

情報通信審議会 情報通信技術分科会
放送システム委員会
ケーブルテレビ UHDTV 作業班

報告
(素案)

目次

- I 審議事項
- II 委員会及び作業班の構成
- III 検討経過
- IV 検討概要
- V 審議結果

別表 1（委員会構成員）

別表 2（作業班構成員）

別紙 1（IV検討概要）

- 1. 検討の背景
- 2. 超高精細度テレビジョン放送に係る有線一般放送方式の要求条件
 - 2.1 要求条件
 - 2.2 要求条件との整合性
- 3. 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式（ITU-T勧告J. 382）に係る技術的条件
 - ※章立ては【TBD】※
- 4. 複数搬送波伝送方式（ITU-T勧告J. 183拡張）に係る技術的条件
 - ※章立ては【TBD】※
- 5. 衛星基幹放送のパススルー伝送方式に係る技術的条件
 - 5.1 概要
 - 5.2 衛星基幹放送における超高精細度テレビジョン放送方式の条件
 - 5.3 電気信号に係る技術的条件
 - 5.3.1 ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件

5.3.2 受信者端子における信号搬送波の条件

6. 情報源符号化方式等に係る技術的条件
7. 想定されるサービスイメージ例
 - 7.1 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式におけるサービスイメージ例
 - 7.2 複数搬送波伝送方式におけるサービスイメージ例
 - 7.3 衛星基幹放送のパススルー伝送方式におけるサービスイメージ例
8. FM一括変換方式に係る技術的条件
9. 保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子並びに受信用光伝送装置の入力端子での測定に係る技術的条件
10. 今後の検討課題

別紙2（答申案）

参考資料

- 参考資料1 TG1 実験結果報告書（J.382、J.183 拡張）
- 参考資料2 ITU-T 勧告 J.382
- 参考資料3 ETSI EN 302 769 V1.2.1(2011) (DVB-C2)
- 参考資料4 ITU-T 勧告 J.183
- 参考資料5 9月 SG9 会合資料（TD576R1 及び C59）
- 参考資料6 TG2 実験結果報告書（パススルー）
- 参考資料7 デジタルテレビジョン放送方式の比較
- 参考資料8 FM 一括変換方式の検討結果

I 審議事項

放送システム委員会では、情報通信審議会諮問第 2024 号「ケーブルテレビシステムの技術的条件」（平成 18 年 9 月 28 日諮問）のうち「ケーブルテレビにおける超高精細度テレビジョン放送の導入に関する技術的条件」について検討を行い、本報告（案）を取りまとめた。

II 委員会及び作業班の構成

放送システム委員会の構成は、別表 1 のとおり。

なお、放送システム委員会の下に、委員会における調査のために必要な情報を収集し、委員会の検討を促進させるために、ケーブルテレビ UHDTV 作業班を設置した。ケーブルテレビ UHDTV 作業班の構成は別表 2 のとおり。

III 検討経過

1. 放送システム委員会での検討

本件に関する放送システム委員会での検討経過は、次のとおり。

① 第 45 回（平成 26 年 8 月 6 日）

ケーブルテレビ UHDTV 作業班の設置並びに同作業班の運営方針、検討課題及びスケジュールについて検討を行った。

また、ケーブルテレビにおける超高精細度テレビジョン放送の導入に関する技術的条件について、広く意見陳述の機会を設けることとし、平成 26 年 8 月 13 日から同年 9 月 10 日まで希望者を募集したが、意見陳述の申出はなかった。

② 第 46 回（平成〇年〇月〇日）【予定】

ケーブルテレビ UHDTV 作業班での報告を受け、委員会報告（案）について検討を行った。

③ 第 47 回（平成〇年〇月〇日）【予定】

〇月〇日から〇月〇日まで行ったパブリックコメントの結果を踏まえ、検討を行い、放送システム委員会報告書を取りまとめた。

2. ケーブルテレビ UHDTV 作業班での調査

ケーブルテレビ UHDTV 作業班の検討経過は次のとおり。

① 第 1 回（平成 26 年 8 月 7 日）

作業班における検討事項、スケジュール及び超高精細度テレビジョン放送に係る有線一般放送方式の要求条件（素案）について検討を行った。

② 第2回（平成26年9月5日）

超高精細度テレビジョン放送に係る有線一般放送方式の要求条件（案）について検討を行った。

③ 第3回（平成26年9月26日）

超高精細度テレビジョン放送に係る有線一般放送方式の技術的条件について検討を行った。

④ 第4回（平成26年10月10日）【予定】

超高精細度テレビジョン放送に係る有線一般放送方式の技術的条件及び作業班報告骨子（案）について検討を行った。

⑤ 第5回（平成26年〇月〇日）【予定】

引き続き超高精細度テレビジョン放送に係る有線一般放送方式の技術的条件について検討を行い、作業班報告書を取りまとめた。

IV 検討概要

別紙1のとおり。

V 審議結果

「ケーブルテレビシステムの技術的条件」のうち「ケーブルテレビにおける超高精細度テレビジョン放送の導入に関する技術的条件」について、一部答申（案）を取りまとめた。

情報通信審議会 情報通信技術分科会 放送システム委員会 構成員

(敬称略、構成員は、主任及び主任代理を除き五十音順)

主 査	伊東 晋	東京理科大学 理工学部 教授
主査代理	都竹 愛一郎	名城大学 理工学部 教授
委 員	相澤 彰子	国立情報学研究所 情報学資源研究センター 教授
専門委員	井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
〃	伊丹 誠	東京理科大学 基礎工学部 教授
〃	甲藤 二郎	早稲田大学 基幹理工学部 教授
〃	喜安 拓	一般社団法人日本CATV技術協会 副理事長
〃	関根 かをり	明治大学 理工学部 教授
〃	高田 潤一	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
〃	丹 康雄	北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 教授
〃	野田 勉	一般社団法人日本ケーブルラボ 実用化開発グループ 主任研究員
〃	松井 房樹	一般社団法人電波産業会 専務理事
〃	村山 優子	岩手県立大学 ソフトウェア情報学部 教授
〃	矢野 博之	(独) 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 所長
〃	山田 孝子	関西学院大学 総合政策学部 教授

情報通信技術分科会 放送システム委員会
ケーブルテレビ UHDTV 作業班 構成員

(敬称略、構成員は、主任及び主任代理を除き五十音順)

主任	野田 勉	一般社団法人 日本ケーブルラボ 実用化開発グループ 主任研究員
主任代理	杉本 明久	一般社団法人 日本CATV技術協会 事業部長
	青山 繁行	シンクレイヤ株式会社 常務取締役兼営業推進本部長
	岩瀬 宗彦	一般社団法人 日本CATV技術協会 規格・標準化委員会 ケーブル伝送方式高度化WG 主査
	上園 一知	株式会社ジュピターテレコム 技術企画本部 端末技術部 マネージャー
	大原 久典	マスプロ電気株式会社 執行役員 営業開発部長
	尾関 信圭	株式会社ハートネットワーク 事業推進室長
	久保 歳弘	日本放送協会 送受信技術センター 放送網施設部 副部長
	小西 孝明	パナソニック株式会社 AVCネットワークス社 STBネットワークビジネスユニット 商品技術グループ 主幹技師
	柴田 達雄	一般社団法人 日本ケーブルラボ 実用化開発グループ長
	白石 俊己	NECマグナスコミュニケーションズ株式会社 CATV統括部長
	白柳 芳和	DXアンテナ株式会社 次世代技術推進室長
	須川 智規	NTTアクセスサービスシステム研究所 光アクセスサービスプロジェクト 光アクセスサービス高度化グループ グループリーダー
	杉本 明久	一般社団法人 日本CATV技術協会 事業部長
	多田 貴	株式会社関電工 情報通信システム本部 東京東支社 施工チーム 副長

	中村 俊一	古河電気工業株式会社 執行役員 ブロードバンド事業部門長
	中村 直義	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部 上級研究員
	成田 克巳	ソニー株式会社 RDSPF SRDG ITDO 標準技術開発1部 専任部長
	伴 泰次	株式会社ブロードネットマックス 経営企画本部長 (～H26.9.30) 住友電気工業株式会社 ブロードネットワークス事業部 企画推進部 担当技師長(H26.10.1～)
	平井 利彦	大分ケーブルテレコム株式会社 経営戦略本部長
	宮地 悟史	KDDI株式会社 メディア・CATV推進本部 メディアプロダクト技術部 技術開発グループリーダー
	門馬 稔	ミハル通信株式会社 新規事業推進部長
	山平 時広	イツツ・コミュニケーションズ株式会社 取締役常務執行役員
	和食 暁	一般社団法人 日本ケーブルテレビ連盟 常務理事

検 討 概 要

1 検討の背景

1.1 4 K・8 Kを巡る環境

1.1.1 高画質映像に対するニーズの高まり

テレビ受信機の日本国内市場は、2011年の地上放送の完全デジタル化による需要急増の反動で、依然として需要が回復せず、2013年の累積出荷台数は約538万台と厳しい状況(2002年時の水準の約6割)にある一方で、大型化の進展や4Kテレビの販売好調、平均単価の上昇等、回復の材料も見えつつある。4Kテレビの2013年の出荷台数は、グローバル市場では約98万台、国内市場では、約27万台となっており、今後も急速な普及が予測されている。

テレビ以外についても、4K対応機器(カメラ、業務用プロジェクター等)の市場投入が活発化している。ゲーム機やネット上で視聴可能なコンテンツも一部4K化が進展しており、4K動画撮影に対応したスマートフォンも発売される等、業務用のみならず、民生用の4K対応製品も市場投入され始めている。

1.1.2 諸外国の動向

例年開催されるコンシューマ関連機器や放送機器の国際的展示会(CES(Consumer Electronics Show。米・ラスベガスにて1月に開催)、NAB SHOW(国際放送機器展。NAB(全米放送事業者協会が主催となり、米・ラスベガスにて4月に開催)、IFA(Internationale Funkausstellung Berlin。独・ベルリンにて開催)、IBC(International Broadcasting Convention。オランダ・アムステルダムにて9月に開催。)等)において、4Kテレビをはじめとする4K製品(民生用、業務用)の展示が本格的になっていると報じられている。また、製品のみならず、様々な4K関連サービスの提供についても発表がなされている。

4Kについては、必要な技術の標準化が進んだことを受け、各国、各事業者において製品化やサービスの検討等が加速している状況にあるといえる。

韓国においては、地上放送、ケーブルテレビ、IPTV及び衛星放送それぞれについて、伝送実験又は試験放送の取組が進められていたところ、ケーブルテレビについては、2014年4月から4K専用ケーブルチャンネルが開局し、商用放送が開始された。IPTVについても、2014年4月から一部対応機種に対して4K VODのサービスが提供されている。

衛星放送については、2014年6月に4Kチャンネルを開局し、年内に本放送を開始する予定となっている。直近の1年間で、各伝送路とも、当初計画の前倒し等取組を加速している状況である。

また、仏国、英国等においては、関係事業者がコンソーシアム形式で4Kに関する技術開発・標準化や伝送実験等の取組を進めている。個別の事業者の動向としては、欧州を拠点とする衛星運営会社が、2013年9月から欧州向け、2014年4月から北米・中米向けに4Kの試験放送を開始しており、現在はPCで受信する形態で画質も高くはないが、2015年に

は商用サービスを開始予定とされている。また、米国においては、大手衛星放送事業者等が4Kのサービス開始に向けて準備をしているとの情報もある一方で、ネット系事業者は4Kサービスを開始した。

1.1.3 技術の国際標準化の動向

4K・8Kの放送サービスの導入のために必要となる様々な要素技術については、国際標準機関における検討が進展している。

放送に対応した映像フォーマットについては、ITU-Rにおいて、8K等に対応した映像フォーマット放送で用いる際に必要となるパラメータ等を規定し、BT.2020が2012年8月に勧告化された。また、映像符号化方式についてもITU-Tにおいて、4Kに対応したH.265(HEVC)が2013年4月に勧告化されている。

一方、音声フォーマットについては、最大入力音声チャンネル数を22.2チャンネルとする等の対応を図るため、音声符号化方式に係る国際標準化が完了し、ITU-Rにおいて、BS.2051が2014年2月に勧告化された。

さらに、多重化方式については、IPベースの新たな方式であるMMTに関しては2013年11月に最終国際規格案が承認され、ISO/IECにおいて、2014年5月にMPEG-H MMT (ISO/IEC 23008-1:2014)が発行される等、国際標準化が進められ、また、現在各国で使用されている多重化方式であるMPEG-2 TS方式の新たな映像符号化方式への対応に係る規格化も行われている。

ケーブル伝送については、ITU-Tにおいて、より高い伝送効率のケーブル伝送路符号化方式であるJ.382が2014年1月に勧告化された。また、米国ケーブルラボにおいて、より高い伝送効率のデータ通信方式であるDOCSIS3.1の仕様が、2013年10月に公表され、今後ITU-Tにおいても勧告化が審議される見込みとなっている。

こうした標準化等の動きを受けて、関係事業者における製品化やサービス検討の動きが加速しているところである。

1.1.4 2020年オリンピック・パラリンピック東京大会開催の決定

2013年9月に2020年のオリンピック・パラリンピックの開催地が東京に決定した。世界中で多くの人々がテレビ観戦を楽しむオリンピック・パラリンピックは、これまでも放送関連技術の進展において重要な役割を果たしてきたところである。2020年には4K・8Kを本格的に普及させ、東京オリンピック・パラリンピックを、競技場の観客のみならず、日本全国の国民視聴者が、4K・8Kの臨場感ある映像で楽しんでいただける環境を整備するとともに、我が国の最先端技術を世界に発信する機会とすることも期待されている。

1.2 「4K・8K推進のためのロードマップ」の策定

放送のデジタル化が完了し、より高度な放送サービスの提供が可能な基盤が構築された。このデジタル化のメリットを生かし、更なる高精細な映像技術（4K・8K）やスマートテレビ等の機能を活用した放送を早期に実現し、より高画質・高機能なサービスを求める視聴者のニーズに応えるとともに、新たなコンテンツ、サービス及びビジネスの創出並びに関連産業の国際競争力の強化を図るため、「放送サービスの高度化に関する検討会」（座長：須藤 修東京大学大学院情報学環長・教授、2012年11月～2013年6月）（以下「高度化検討会」という。）を開催し、2013年6月、4K・8K等の推進に関するロードマップ（以下「ロードマップ」という。）を策定・公表した。

これを受けて関係事業者等において取組が進められる一方、ロードマップ策定以降、1.1で記述したとおり、4K・8Kを巡る様々な状況変化が生じている。これらを踏まえて、ロードマップの更なる具体化、加速化及び課題解決のための具体的方策の検討を進めることにより、4K・8Kのサービスの早期普及を図ることを目的として、2014年2月から「4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合」（座長：伊東 晋東京理科大学理工学部教授）を開催した。当会合の中で各目標年の取組の具体化・加速化、並びに、ロードマップに示された目標実現に際しての課題及び課題解決のための具体的方策等について、検討を進め、2014年9月には、以下のとおり「4K・8K推進のためのロードマップ」を策定した。

＜4K・8K推進のためのロードマップ＞

2014年（実績を含む）	
衛星	124/128度CSにおいて、4K試験放送開始（6月）
ケーブルテレビ （注1）	4K試験放送開始（6月） 4K VOD トライアル開始
IPTV等（注2）	4K VOD トライアル開始（4月） 4K試験放送開始（6月） 4K VOD 実用サービス開始（10月）
2015年	
衛星	124/128度CSにおいて、4K実用放送開始（3月）
ケーブルテレビ	4K実用放送開始
IPTV等	4K実用放送開始（RF方式）（春） 4K実用放送開始（IP方式）
2016年（リオデジャネイロ・オリンピック・パラリンピックの開催年）	
衛星	衛星セーフティネット終了後の空き周波数帯域（BS）において 4K試験放送（最大3チャンネル）及び8K試験放送（1チャンネル） を開始（4Kと8Kを時分割で放送）
ケーブルテレビ	8Kに向けた実験的取組開始
IPTV等	8Kに向けた実験的取組開始
2018年	
衛星	BS等において4K及び8Kの実用放送開始（2018年までに可能な限り 早期に開始）（注3）
2020年（東京オリンピック・パラリンピックの開催年）	
《2020年の目指す姿》 ・東京オリンピック・パラリンピックの数多くの中継が4K・8Kで放送されている。 また、全国各地におけるパブリックビューイングにより、東京オリンピック・パラ リンピックの感動が会場のみでなく全国で共有されている。 ・4K・8K放送が普及し、多くの視聴者が市販のテレビで4K・8K番組を楽しんで いる。	

（注1）ケーブルテレビ事業者がIP方式で行う放送は「ケーブルテレビ」に分類することとする。

（注2）「ケーブルテレビ」以外の有線一般放送は「IPTV等」に分類することとする。

（注3）伝送路として、衛星セーフティネット終了後の空き周波数帯域（BS）の他、110度CS左旋及び帯域再編や国際調整等により今後新たに活用可能となる帯域も想定され得る。

1.3 「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」についての一部答申

高精細度テレビジョン放送を超える空間解像度等を有する超高精細度テレビジョン放送の実用化、普及促進等を図るため、より効率的な伝送を可能とする最新技術の導入等、必要な技術的条件を取りまとめることを目的に、2013年5月に情報通信審議会において審議が開始された。

円滑なサービス導入が可能と考えられる技術等について検討をした結果、2014年3月25日、情報通信審議会より「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」について一部答申を受けた。技術基準の概要は図〇〇のとおり。

情報通信審議会からの一部答申を踏まえて、電波法施行規則の一部を改正する省令案等の意見募集を行い、その結果を踏まえ、2014年6月11日電波監理審議会に省令案等を諮問し、原案を適当とする旨の答申を受けた。これを踏まえ、2014年7月3日に、電波法施行規則の一部を改正する省令案等の官報公布を行った。

「衛星基幹放送」		「衛星一般放送」	
		BS放送、東経110度CS放送	東経124/128度CS放送
		高度広帯域伝送方式 【今回の規定整備により4K/8Kに対応】	
使用周波数帯	11.7~12.2GHz (BS)、12.2~12.75GHz (CS)	使用周波数帯	12.2~12.75GHz
伝送帯域幅	34.5MHz	伝送帯域幅	27MHz
変調方式	$\pi/2$ シフトBPSK、QPSK、8PSK、16APSK	変調方式	8PSK
変調速度 (※情報レート(参考))	33.7561Mbaud (※最大約100Mbps(参考))	情報レート (標準レート)	最大約45Mbps
多重化方式	MPEG-2 TS MMT-TLV	多重化方式	MPEG-2 TS
映像符号化方式	H.265 | HEVC	映像符号化方式	MPEG-2 ^{※1} H.264 | MPEG-4 AVC ^{※1} H.265 | HEVC ^{※2}
音声符号化方式	MPEG-4 AAC、MPEG-4 ALS (最大入力音声チャンネル数は22.2)	音声符号化方式	MPEG-2 AAC、MPEG-4 AAC MPEG-4 ALS
映像入力フォーマット	1080/I、1080/P [HD] 2160/P、4320/P [UHD]	映像入力フォーマット	480/I、480/P [SD] 720/P、1080/I、1080/P [HD] 2160/P [UHD]
色域	ITU-R BT.709 ^{※1} 、IEC 61966-2-4 ^{※1} 、 ITU-R BT.2020 ^{※2}	色域	ITU-R BT.709 ^{※1} 、IEC 61966-2-4 ^{※3} 、 ITU-R BT.2020 ^{※4}
スクランブル方式	AES、Camellia	スクランブル方式	MULTI2

※1 1080/I、1080/Pの場合
※2 2160/P、4320/Pの場合

※1 2160/Pを除く
※2 1080/I、1080/P、2160/Pの場合
※3 1080/I、1080/Pの場合
※4 2160/Pの場合

2 超高精細度テレビジョン放送に係る有線一般放送方式の要求条件

2.1 要求条件

2.1.1 基本的な考え方

超高精細度テレビジョン放送に係る有線一般放送方式の要求条件の基本的な考え方は次のとおりとする。

- ・ 超高精細度テレビジョン放送による高画質サービス、多機能及び多様で柔軟なサービスを実現できること。
- ・ 将来の技術動向を考慮し、実現可能な技術を採用するとともに、その後に想定されるサービスや機能の追加等にも配慮した拡張性を有する方式とすること。
- ・ 現行の放送サービスや他のデジタル放送メディアとの相互運用性をできる限り確保するとともに、通信との連携による新たなサービスにも対応できること。
- ・ 既存の設備や端末の活用並びに既存の運用形態の適用が最大限行えること。
- ・ 送信設備、受信機及び伝送設備が満たすべき条件が開示されていること。

2.1.2 システム

項目	要求条件	備考	
インターオペラ ビリティ	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送、ケーブルテレビ、IPTV 等の様々なメディア間で、できる限り互換性を有すること。 ・既存のシステムに妨害を与えないこと。 ・ケーブルテレビにおける既存の放送・通信サービスと併存でき、新方式の円滑な導入およびマイグレーションが可能であること 		
サ ー ビ ス	<ul style="list-style-type: none"> ・HDTV を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン (UHDTV) サービス※を基本とすること。 ・高精細度テレビジョン (HDTV) サービスまでを可能とすること。 ・多様で柔軟な高機能サービスを可能とすること。 ・インターネット等の通信系を利用したサービスについても考慮すること。 ・HDTV を超える高画質・高音質・高臨場感サービスと通信系のサービスとの柔軟な組み合わせによる提供についても考慮すること。 ・種々の放送サービスに視聴者が容易にアクセスできること。 ・さらに、放送と通信系のサービスが連携するサービスへのアクセスが容易であること。 ・チャンネル切り替えに要する時間は、可能な限り短いこと。 ・年齢による視聴制限 (パレンタルレート) 設定のような、視聴者によるアクセス制御を可能とすること。 ・緊急警報信号のような非常災害時における対象受信機への起動制御信号及び緊急情報の放送について考慮すること。 	<p>※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する。</p>	
	拡張性	<ul style="list-style-type: none"> ・サービス形態、符号化方式、受信機、限定受信方式等について拡張性を有すること。 	
	アクセシ ビリティ	<ul style="list-style-type: none"> ・高齢者、障がい者等様々な視聴者向けのサービスについても考慮すること。 	
実時間性	<ul style="list-style-type: none"> ・高い実時間性を要求される場合を考慮すること。 ・視聴者に違和感を与えない程度の映像・音声の遅延差であること。 		

システム制御	<ul style="list-style-type: none"> ・放送の要件に応じて伝送パラメータの選択や組合せの変更を行うことができ、また、それに合わせて受信機制御が可能な方式とすること。 ・送出する映像、音声、データの容量やチャンネル数等を任意に選択、変更できること。 	
著作権保護	<ul style="list-style-type: none"> ・放送コンテンツの記録及び利用に関して制御できる機能を有すること。 	
個人情報保護	<ul style="list-style-type: none"> ・受信者の個人情報保護について考慮すること。 	
国際標準との 整合性	<ul style="list-style-type: none"> ・国際標準との整合性を考慮し、容易に導入できるシステムとなるよう考慮すること。 	

2.1.3 放送品質

項目	要求条件	備考
画質	<ul style="list-style-type: none"> ・UHDTV サービス※が望まれることを考慮し、できる限り高い画質を保つこと。 ・情報源符号化による画質劣化の時間率ができるだけ小さいこと。 ・サービスに応じて画像のビットレートを変更できること。 	※自主放送においては4Kフォーマットまでを基本として、再放送においては8Kフォーマットまで考慮する
音質	<ul style="list-style-type: none"> ・UHDTV サービスに対応した、高音質・高臨場感な音声サービスに適した音質が望まれることを考慮し、できる限り高い音質を保つこと。 ・サービスに応じて音声のビットレートを変更できること。 	

2.1.4 技術方式

項目		要求条件	備考
映像入力フォーマット及び符号化方式		<ul style="list-style-type: none"> ・UHDTV サービス*を考慮した映像入力フォーマット及び高効率かつ高画質な符号化方式であること。 ・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 	※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する。
音声入力フォーマット及び符号化方式		<ul style="list-style-type: none"> ・高効率かつ高音質な符号化方式であること。 ・多チャンネル音声放送が可能な符号化方式であること。 ・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 	
データ符号化方式		<ul style="list-style-type: none"> ・将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 ・通信系のサービスとの連携を考慮した符号化方式であること。 	
多重化方式		<ul style="list-style-type: none"> ・UHDTV サービスの伝送に適した方式であること。 ・多様なサービスの柔軟な編成が可能な多重化方式であること。 ・通信系のサービスとの連携を考慮すること。 ・他のサービスとの相互運用性を考慮すること。 ・衛星等による放送波の再放送のような、他の放送ネットワークからの乗り移りの容易性を考慮すること。 ・自主放送信号及び再放送信号の独立性が確保できるように考慮すること。 	
限定受信方式	スクランブルサブシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・高度な秘匿性を有すること。 ・不正受信に対して十分な安全性を有し、脆弱性が発見された場合等に対応可能な機能を有すること。 	
	関連情報サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・関連情報伝送や限定受信機能に関して十分な安全性を有し、その安全性を継続的に維持・改善できること。 ・種々のサービス形態に対応するため、課金・収納方式等に自由度があり、弾力的な運用が可能であること。 ・個々の受信者へ向けた情報の伝送、表示が可能であること。 ・新規関連情報サブシステムへの更新や拡張性を考慮すること。 	

		<ul style="list-style-type: none"> ・関連情報は可能な限り共通の形式によること。 ・関連情報の配付は、効率的で正確、確実なものであること。 	
伝送路符号化方式	使用周波数	<ul style="list-style-type: none"> ・BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送の IF 周波数帯並びに既存の周波数帯を対象とすること。 	
	伝送帯域幅	<ul style="list-style-type: none"> ・他のサービスに干渉妨害を与えず、かつ、他サービスから干渉妨害を受けない帯域幅以下とすること。 	
	伝送路と干渉の要求条件	<ul style="list-style-type: none"> ・既存の放送、通信の両サービスに対して、与干渉、被干渉等の条件を満足すること。 	
	変調系	<ul style="list-style-type: none"> ・周波数有効利用及び多様なサービス、特に UHDTV サービス※を伝送できるように、できるだけ大きな伝送容量を確保できる変調方式であること。 	※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する。
	誤り訂正系	<ul style="list-style-type: none"> ・採用する変調方式との整合性が良いこと。 ・符号化効率が良いこと。 ・サービスの要求に応じた誤り耐性の選択を考慮すること。ただし、伝送容量の低下を最小限にとどめること。 	
	伝送容量	<ul style="list-style-type: none"> ・周波数有効利用、隣接チャンネルへの妨害等を考慮した上で、できるだけ高い伝送ビットレートを確保できること。 	
受信機等への配慮		<ul style="list-style-type: none"> ・現行設備や受信機への負担等を考慮して、技術方式を選定すること。 	

2.1.5 受信機

項目	要求条件	備考
操作性	<ul style="list-style-type: none"> ・操作が簡単であること。 ・受信者や事業者の要求に応じて、受信機機能の更新が可能であること。 ・高齢者、障がい者等に配慮した操作性を有すること。 ・所望のサービスの選択が統一的な操作方法で行えることが望ましい。 	
処理系	<ul style="list-style-type: none"> ・番組視聴に必要となる、必要十分なメモリ容量及びその情報の処理機能・能力を持つこと。 	
インターフェース	<ul style="list-style-type: none"> ・映像、音声出力については、既存の受像機における提供について考慮すること。 ・適切な著作権保護を実現する機能を有すること。 ・高速データ転送が可能であること。 ・多様な機器を複数接続でき、かつ、接続設定が容易であること。 ・受信機が対応するサービスに応じたインターフェースを有すること。 	
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> ・ハードウェア及びソフトウェアの追加、変更について考慮されていること。 	

2.2 要求条件との整合性

2.1.2 から 2.1.5 に示した要求条件の各項目に対して、今回検討した方式との整合性は次のとおり。

*1 : 国際規格 (ITU-T J.382) に準拠した方式 (DVB-C2)

*2 : 複数 TS 伝送フレーム (ITU-T J.183) を拡張した多重フレームにより TS を分割して複数搬送波で伝送する方式

*3 : IF パススルー方式

2.2.1 システム

項目	要求条件	整合性
インターオペラ ビリティ	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送、ケーブルテレビ、IPTV 等の様々なメディア間で、できる限り互換性を有すること。 ・既存のシステムに妨害を与えないこと。 ・ケーブルテレビにおける既存の放送・通信サービスと併存でき、新方式の円滑な導入およびマイグレーションが可能であること 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・多重化方式として、放送・通信連携サービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携のための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用し、通信ネットワークとの互換性や伝送信号の互換性を考慮した。 ・伝送路符号化方式および伝送パラメータの選択にあたっては既存の有線テレビジョン放送への干渉妨害を与えないように考慮した。 <p>*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・方式の円滑な導入のため、衛星デジタル放送 (2K) の再放送等で用いられている複数 TS 伝送方式との互換性を考慮した。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・受信者端子における「信号搬送波レベル」について ARIB-STD-B21 (DIRD の IF 入力信号レベル) と整合しているため新方式の導入が容易である。

<p>サ ー ビ ス</p>	<p>高機能化 ／多様化</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ HDTV を超える高画質サービスである超高精細度テレビジョン (UHDTV) サービス*を基本とすること。 ・ 高精細度テレビジョン (HDTV) サービスまでを可能とすること。 ・ 多様で柔軟な高機能サービスを可能とすること。 ・ インターネット等の通信系を利用したサービスについても考慮すること。 ・ HDTV を超える高画質・高音質・高臨場感サービスと通信系のサービスとの柔軟な組み合わせによる提供についても考慮すること。 ・ 種々の放送サービスに視聴者が容易にアクセスできること。 ・ さらに、放送と通信系のサービスが連携するサービスへのアクセスが容易であること。 ・ チャンネル切り替えに要する時間は、可能な限り短いこと。 ・ 年齢による視聴制限 (パレンタルレート) 設定のような、視聴者によるアクセス制御を可能とすること。 ・ 緊急警報信号のような非常災害時における対象受信機への起動制御信号及び緊急情報の放送について考慮すること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 4K 及び 8K の UHDTV 映像フォーマットを採用した。 ・ 映像フォーマットとして標準画質から HDTV に対応する 1980×1080 の空間解像度も採用した。 ・ 多重化方式として、放送・通信連携サービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携のための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用した。 ・ 最大 22.2 マルチチャンネルステレオに対応した。 ・ MPEG-4 AAC、ALS など高音質サービスに対応した。 ・ 多重化方式として、放送・通信連携サービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携のための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用した。 ・ 従来と同等のチャンネル切り替え時間を実現可能である。 ・ 超高精細度テレビジョン放送システムの技術的条件に示されるアクセス制御機能を運用できる。 ・ 現行のデジタルケーブルテレビ放送方式と同様に、緊急警報指示の起動制御のための情報及び緊急情報の放送が実施できる方式である。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ高機能性／多様性は確保される。
----------------------------	----------------------	--	---

<p>拡張性</p>	<ul style="list-style-type: none"> サービス形態、符号化方式、受信機、限定受信方式等について拡張性を有すること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> 60/P までに対応した受信機でも、将来 120/P 放送を受信できるように、HEVC の時間方向階層符号化のための規定を採用した。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ拡張性は確保される。
<p>アクセシビリティ</p>	<ul style="list-style-type: none"> 高齢者、障がい者等様々な視聴者向けのサービスについても考慮すること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> システムレイヤーでの複数の音声ストリーム多重による、多言語サービス、視覚・聴覚障がい者用副音声サービス、高齢者用音声サービスに対応可能とした。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つアクセシビリティは確保される。

<p>実時間性</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・高い実時間性を要求される場合を考慮すること。 ・視聴者に違和感を与えない程度の映像・音声の遅延差であること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・伝送路符号化方式を高度化するために追加する信号処理による遅延は十分短時間である。 ・衛星放送等をケーブルテレビで再放送した場合の映像・音声の遅延の増加も、サービスに支障のない範囲であることを実験で確認した。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ実時間性は確保される。
<p>システム制御</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・放送の要件に応じて伝送パラメータの選択や組合せの変更を行うことができ、また、それに合わせて受信機制御が可能な方式とすること。 ・送出する映像、音声、データの容量やチャンネル数等を任意に選択、変更できること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・放送の要件に応じて変調方式*1*2や符号化率*1等を選択可能である。 ・チャンネル数やビットレートの配分を柔軟に設定可能である。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つシステム制御は確保される。
<p>著作権保護</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・放送コンテンツの記録及び利用に関して制御できる機能を有すること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現行の衛星デジタル放送や地上デジタル放送、有線テレビジョン放送と同様の機能を実現可能である。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ著作権保護機能は確保される。

<p>個人情報保護</p>	<ul style="list-style-type: none"> 受信者の個人情報保護について考慮すること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> 現行の衛星デジタル放送や地上デジタル放送、有線テレビジョン放送と同様の機能を実現可能である。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ個人情報保護機能は確保される。
<p>国際標準との 整合性</p>	<ul style="list-style-type: none"> 国際標準との整合性を考慮し、容易に導入できるシステムとなるよう考慮すること。 	<p>*1</p> <ul style="list-style-type: none"> 国際規格（ITU-T J.382）に準拠した方式を採用した。 <p>*2</p> <ul style="list-style-type: none"> 複数搬送波伝送のための TS 分割伝送用の多重フレームは、現行の複数 TS 伝送フレーム（ITU-T J.183）を拡張する方式である。 <p>*3 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF帯域で伝送するため、衛星放送と同等の国際標準との整合性が考慮される</p>

※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する。

2.2.2 放送品質

項目	要求条件	整合性
画質	<ul style="list-style-type: none"> ・UHDTV サービス*が望まれることを考慮し、できる限り高い画質を保つこと。 ・情報源符号化による画質劣化の時間率ができるだけ小さいこと。 ・サービスに応じて画像のビットレートを変更できること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・4K 及び8K のUHDTV 映像フォーマットを採用した。これらは広色域表色系に対応し、高フレームレートにも対応している。 ・ビットレートを適切に選定することにより、画質劣化の時間率を小さくすることが可能である。 ・伝送容量の範囲内で、サービスに応じて映像ビットレートを変更可能である。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ画質は確保される。
音質	<ul style="list-style-type: none"> ・UHDTV サービスに対応した、高音質・高臨場感な音声サービスに適した音質が望まれることを考慮し、できる限り高い音質を保つこと。 ・サービスに応じて音声のビットレートを変更できること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・MPEG-4 AAC は最大 22.2 マルチチャンネルステレオ信号に対応し、高音質・高臨場感音声サービスを含む各種ビットレートに対応可能である。 ・MPEG-4 ALS は原音のリニア PCM 音声と同じ高音質・高臨場感音声サービスに対応可能である。 ・サービスに応じて異なる音声ビットレートを使用することができる。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ音質は確保される。

※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する

2.2.3 技術方式

項目	要求条件	整合性
映像入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ UHDTV サービス*を考慮した映像入力フォーマット及び高効率かつ高画質な符号化方式であること。 ・ 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ITU-R 勧告 BT.2020 に基づく 4K 及び 8K フォーマットを採用した。これらは広色域表色系に対応し、高フレームレートにも対応している。 ・ 最新の映像符号化方式として国際標準化されており、高効率な方式である ITU-T 勧告 H.265 を採用した。 ・ 60/P までに対応した受信機でも、将来 120/P 放送を受信できるように、ITU-T 勧告 H.265 における時間方向階層符号化のための規定を採用した。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ将来の拡張性は確保される。
音声入力フォーマット及び符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ 高効率かつ高音質な符号化方式であること。 ・ 多チャンネル音声放送が可能な符号化方式であること。 ・ 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ MPEG-4 AAC は最大 22.2 マルチチャンネルステレオ信号に対応した高効率かつ高音質な符号化方式である。 ・ MPEG-4 ALS は原音（リニア PCM）を劣化させることなくビットレートを下げることができる方式であり、多チャンネルにも対応可能である。 ・ 最新の音声符号化方式として国際標準化されている MPEG-4 AAC、MPEG-4 ALS を採用した。 ・ 補助データによる拡張が可能である。 ・ 現行設備や受信機への負担等を考慮して種々の音声入力フォーマット（モノ、ステレオ、5.1、6.1、7.1、22.2 マルチチャンネルステレオ）に対応可能である。

		<p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ将来の拡張性は確保される。 	
データ符号化方式	<ul style="list-style-type: none"> 将来の拡張性を考慮した符号化方式であること。 通信系のサービスとの連携を考慮した符号化方式であること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> 民間規格において考慮されることを想定した。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ将来の拡張性は確保される。 	
多重化方式	<ul style="list-style-type: none"> UHDTV サービスの伝送に適した方式であること。 多様なサービスの柔軟な編成が可能な多重化方式であること。 通信系のサービスとの連携を考慮すること。 他のサービスとの相互運用性を考慮すること。 衛星等による放送波の再放送のような、他の放送ネットワークからの乗り移りの容易性を考慮すること。 自主放送信号及び再放送信号の独立性が確保できるように考慮すること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> 多重化方式として、放送・通信連携サービスに適した MMT・TLV 方式と、放送・通信連携のための規定を追加した MPEG-2 TS 方式を採用した。 <p>*1</p> <ul style="list-style-type: none"> Multiple-PLP 伝送機能により、各 TS の独立性を保ちながら多重伝送することができる。 <p>*2</p> <ul style="list-style-type: none"> 現行の複数 TS 伝送フレーム(ITU-T J.183)を拡張するフレーム構造により、各 TS の独立性を保ちながら多重伝送することができる。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ多様化ならびに、他のケーブルテレビサービスと同一伝送路にて運用するためサービスの連携は確保される。 	
限定	スクランブルサブシステム	<ul style="list-style-type: none"> 高度な秘匿性を有すること。 不正受信に対して十分な安全性を有し、脆弱性が発見された場合等に対応可能な機能を有すること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> AES (鍵長 128 ビット) ブロック暗号と Camellia (鍵長 128 ビット) ブロック暗号を選択可能とした。

受信方式			<ul style="list-style-type: none"> ・スクランブル方式に脆弱性が発見された場合にも対応可能とするために、送信側でスクランブル方式の暗号アルゴリズムを指定できる仕組みを導入した。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ高度な秘匿性は確保される。
関連情報サブシステム	<ul style="list-style-type: none"> ・関連情報伝送や限定受信機能に関して十分な安全性を有し、その安全性を継続的に維持・改善できること。 ・種々のサービス形態に対応するため、課金・収納方式等に自由度があり、弾力的な運用が可能であること。 ・個々の受信者へ向けた情報の伝送、表示が可能であること。 ・新規関連情報サブシステムへの更新や拡張性を考慮すること。 		<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・安全性の維持・改善については、受信機側でハードウェアを更新する方法、受信機側で記録媒体等を使ってソフトウェアを更新する方法、又は放送や通信を使ってソフトウェアを更新する方法により確保可能である。 ・現行の3重鍵方式を採用して実現可能である。 ・様々のサービス形態に対応するために、柔軟度が高い関連情報（ECM、EMM）のフォーマットにおいて実現可能である。
	<ul style="list-style-type: none"> ・関連情報は可能な限り共通の形式によること。 ・関連情報の配付は、効率的で正確、確実なものであること。 		<p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ弾力的な運用ならびに他のケーブルテレビサービスと同一伝送路で運用するため他のサービスとの連携は確保できる等は確保される。

伝送路符号化方式	使用周波数	<ul style="list-style-type: none"> BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送の IF 周波数帯並びに既存の周波数帯を対象とすること。 	<ul style="list-style-type: none"> *1*2 <ul style="list-style-type: none"> 90～770MHz を使用可能である。 *3 <ul style="list-style-type: none"> 現行 BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送の IF 周波数帯を使用可能である。 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、現状の周波数帯域での運用が可能。将来的にサービスが拡張された場合は、伝送路の拡張を検討する。
	伝送帯域幅	<ul style="list-style-type: none"> 他のサービスに干渉妨害を与えず、かつ、他サービスから干渉妨害を受けない帯域幅以下とすること。 	<ul style="list-style-type: none"> *1*2 <ul style="list-style-type: none"> 隣接チャンネルとの与干渉及び被干渉実験により確認した。 *3 <ul style="list-style-type: none"> 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、現在までの実績で担保されている。
	伝送路と干渉の要求条件	<ul style="list-style-type: none"> 既存の放送、通信の両サービスに対して、与干渉、被干渉等の条件を満足すること。 	<ul style="list-style-type: none"> *1*2 <ul style="list-style-type: none"> 隣接チャンネルとの与干渉及び被干渉実験により確認した。 *3 <ul style="list-style-type: none"> 衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、現在までの実績で担保されている。

<p>変調系</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・周波数有効利用及び多様なサービス、特に UHDTV サービス※を伝送できるように、できるだけ大きな伝送容量を確保できる変調方式であること。 	<ul style="list-style-type: none"> *1*2 <ul style="list-style-type: none"> ・復調用 L S I が製品化済である。 *1 <ul style="list-style-type: none"> ・6MHz 帯域で 17~59Mbps、2 チャンネルボンディングで 100Mbps 程度の伝送が可能である。 ・高耐性の変調方式、符号化率を選択することで実現可能である。 *2 <ul style="list-style-type: none"> ・64QAM または 256QAM の複数搬送波を用いて伝送する方式を採用し、UHDTV サービスを伝送可能な伝送容量を確保できる。 *3 <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ伝送容量は確保できる。
<p>誤り訂正系</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・採用する変調方式との整合性が良いこと。 ・符号化効率が良いこと。 ・サービスの要求に応じた誤り耐性の選択を考慮すること。ただし、伝送容量の低下を最小限にとどめること。 	<ul style="list-style-type: none"> *1*2 <ul style="list-style-type: none"> ・誤り訂正用の LSI は、すでに開発されている。 *1 <ul style="list-style-type: none"> ・高効率の LDPC 符号を採用した。 ・複数の符号化率を選択可能である。 *3 <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ性能は確保できる。

<p>伝送容量</p>	<p>・周波数有効利用、隣接チャンネルへの妨害等を考慮した上で、できるだけ高い伝送ビットレートを確保できること。</p>	<p>*1 ・周波数利用効率が高く、帯域端の減衰が急峻な OFDM 方式を採用。</p> <p>*2 ・64QAM または 256QAM の複数搬送波を用いて高い伝送ビットレートを確保できる。</p> <p>*3 ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送の持つ伝送容量は確保される。</p>
<p>受信機等への配慮</p>	<p>・現行設備や受信機への負担等を考慮して、技術方式を選定すること。</p>	<p>*1 ・既存規格で既に採用済みである変調、及び符号化方式を採用した。</p> <p>*2 ・現行設備に機能拡張することで対応可能な技術方式を採用した。</p> <p>*3 ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF 帯域で伝送するため、既設設備での運用が可能。</p>

※自主放送においては 4K フォーマットまでを基本として、再放送においては 8K フォーマットまで考慮する。

2.2.4 受信機

項目	要求条件	整合性
操作性	<ul style="list-style-type: none"> ・操作が簡単であること。 ・受信者や事業者の要求に応じて、受信機機能の更新が可能であること。 ・高齢者、障がい者等に配慮した操作性を有すること。 ・所望のサービスの選択が統一的な操作方法で行えることが望ましい。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・民間規格及び受信機設計において考慮されることを想定した。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送用受信機を持つ操作性は確保される。
処理系	<ul style="list-style-type: none"> ・番組視聴に必要となる、必要十分なメモリ容量及びその情報の処理機能・能力を持つこと。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・民間規格及び受信機設計において考慮されることを想定した。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送用受信機を使用する。
インターフェース	<ul style="list-style-type: none"> ・映像、音声出力については、既存の受像機における提供について考慮すること。 ・適切な著作権保護を実現する機能を有すること。 ・高速データ転送が可能であること。 ・多様な機器を複数接続でき、かつ、接続設定が容易であること。 ・受信機が対応するサービスに応じたインターフェースを有すること。 	<p>*1*2</p> <ul style="list-style-type: none"> ・民間規格及び受信機設計において考慮されることを想定した。 <p>*3</p> <ul style="list-style-type: none"> ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送用受信機を使用する。

拡張性	・ハードウェア及びソフトウェアの追加、変更について考慮されていること。	*1*2 ・民間規格及び受信機設計において考慮されることを想定した。 *3 ・衛星放送を受信し信号を加工することなく、IF帯域で伝送するため、高度広帯域衛星放送用受信機を使用する。
-----	-------------------------------------	---

3 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式 (ITU-T 勧告 J.382) に係る技術的条件

*本項文中に記載の「[TBD]」から始まる段落に記載の内容、または同記載に続く数値に関しては、実証実験に伴う精査により今後変更の予定。

3.1 本方式の概要

高度なデジタル有線テレビジョン放送方式は ITU-T J.382 方式*を基盤とした方式である。

なお、J.382 における詳細なパラメータや規格値等は、同規格の参照先である ETSI EN 302 769 を合わせて参照する事。

本提案方式では、伝送路符号化方式の 1 搬送波(16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM)の伝送容量を超えるストリーム(TS もしくは TLV, GSE)をしかるべき方式に変換後 複数の搬送波を用いて分割伝送し、受信機で合成する方式である。また、既存の放送や伝送容量を超えるストリーム等の複数ストリームを 1 搬送波に多重し、受信側で分割する機能をも備える。

3.2 受信者端子における電磁波の条件

既存の有線テレビジョン放送施設において高度なデジタル有線テレビジョン放送方式を導入することを前提とすることから、デジタル有線テレビジョン方式に特有な事項を除き、デジタル放送の標準方式に準じることとし、具体的には次による。

3.2.1 搬送波の周波数及び伝送帯域

高度なデジタル有線テレビジョン放送方式の信号を伝送する帯域（以下「伝送帯域」という。）の幅は最大 338MHz、基本はデジタル放送の標準方式に準じた 6MHz とする。連結送信することによりガードバンドの有効活用を実現可能とした。

送信機は、最大 5.71MHz 幅からなるデータスライスを 1 つ、もしくは複数連結した固定長 物理レイヤ TDM フレーム（以下 C2 フレームと言う）を送信する。一方、受信機は当該 C2 フレーム信号の中から所望のデータスライスを 1 つ以上選択し受信する。尚、C2 フレーム内の全データスライス構造や搬送波周波数の情報は、L1 ブロック内のシグナリング箇所に格納される。

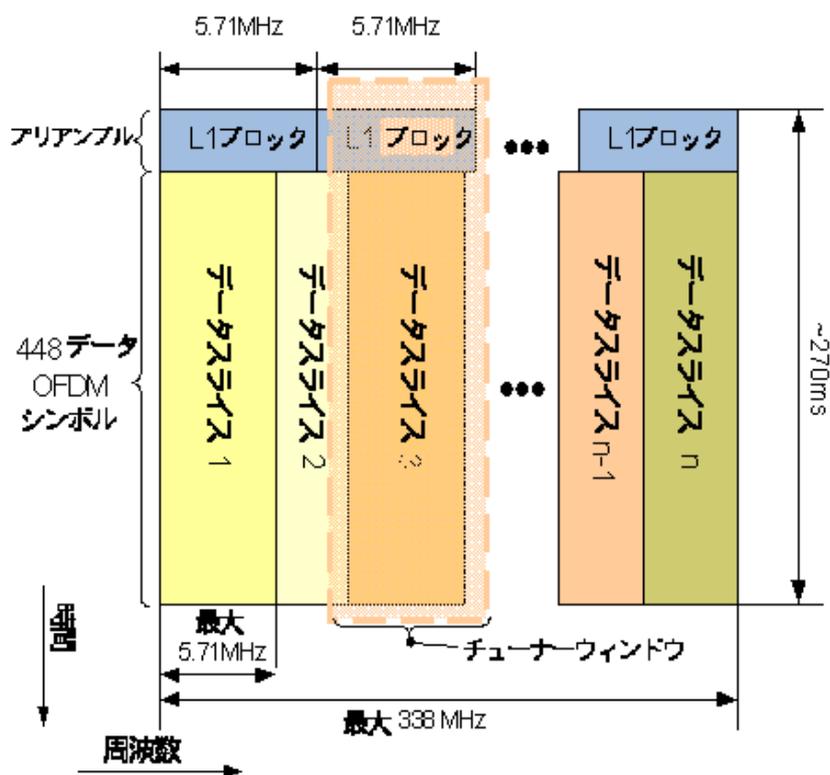


図 3.2-1 搬送波の伝送帯域の構成

(理由)

既存のデジタル有線テレビジョン放送施設において高度なデジタル有線テレビジョン放送方式を導入することを前提とすることから、基本的な伝送帯域の幅はデジタル有線テレビジョン放送の帯域幅と

同様 6MHz とする。さらに、OFDM (orthogonal frequency-division multiplexing)変調技術を用いることにより複数チャンネルの連結送信を実現し、各チャンネルの両脇に必要とされるガードバンド領域(6MHz帯域の場合計 0.29MHz)の有効利用を可能とする。データスライスの帯域幅は従来有線テレビジョン放送の帯域幅 6MHz からガードバンド分を差し引いた 5.71MHz 幅を最大とすることで、従来技術との整合性をとる。

3.2.2 搬送波等の条件

(1) 搬送波の周波数間隔

隣接する搬送波の周波数間隔は 6MHz 以上とし、複数データスライスを連結送信する場合はその帯域幅に合わせて間隔を設定する。

(理由)

デジタル放送の標準方式、デジタル有線テレビジョン放送方式と整合性をとるために 6MHz 幅を基準とし、受信制御情報を含む L1 ブロックサイズも 6MHz からガードバンド分を差し引いた 5.71MHz 幅と定めた。

以下は、各符号化率、変調方式を用いた場合の伝送速度の一覧を表 3.2-1 に、UHDTV 放送の再放送イメージを図 3.2-2 に示す。

表 3.2-1 6MHz帯域あたりのビットレート表

	16QAM	64QAM	256QAM	1 024QAM	4 096QAM
2/3	-	22.1 Mbps	-	-	-
3/4	-	-	33.2 Mbps	41.5 Mbps	-
4/5	17.7 Mbps	26.6 Mbps	-	-	53.1 Mbps
5/6	-	-	36.9 Mbps	46.2 Mbps	55.4 Mbps
9/10	22.1 Mbps	30.0 Mbps	39.9 Mbps	49.9 Mbps	59.9 Mbps

注：“-”は適用外の意。

(パラメータ: 6MHz送信、ガードインターバル 1/128、パイロット密度 1/96)

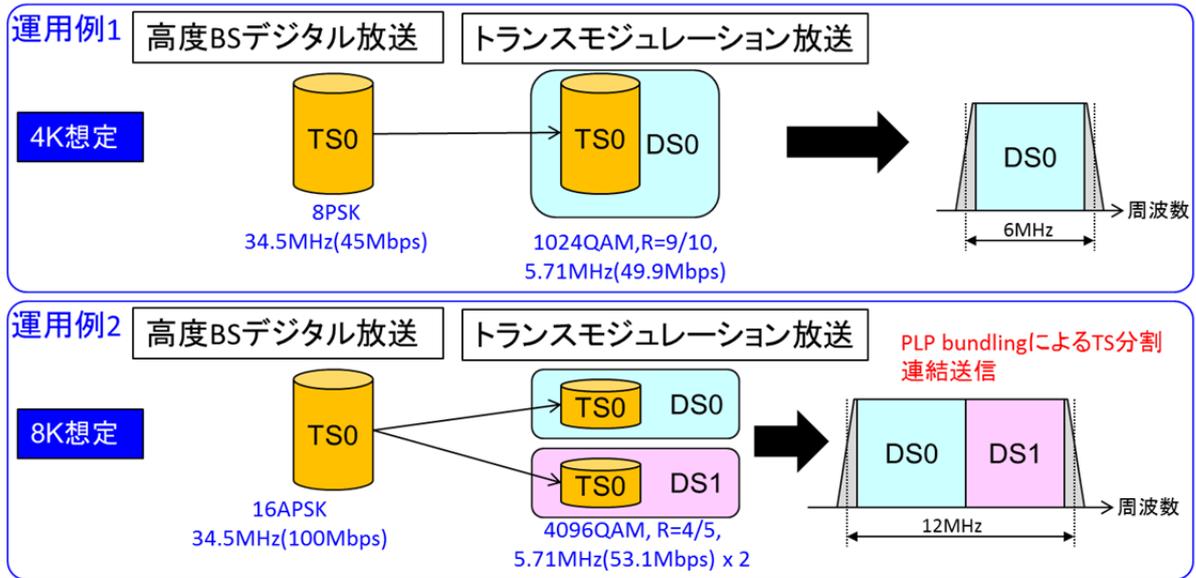


図 3.2-2 UHDTV放送の再放送イメージ

(2) 搬送波の周波数の許容偏差

[TBD] 搬送波の周波数の許容偏差は $\pm 20\text{kHz}$ *以内とする。

(理由)

省令・告示の技術基準と整合するため、 $\pm 20\text{kHz}$ [TBD] 以内とする。なお、本規格値の妥当性は伝送試験により確認し、最終的に決定する。

(3) ヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までの総合周波数特性

[TBD] ヘッドエンドの非変調波の入力端子から受信者端子までの総合周波数特性は、搬送波を中心とする 6MHz の帯域内において、当該搬送波の周波数と等しい周波数の電磁波のレベルを基準とした場合において $\pm 3\text{dB}$ 以内とする。

(理由)

周波数特性の劣化は中継増幅器などの多段接続で発生し、振幅特性については、既存の有線テレビジョン放送施設の許容値が現行同等の為となっていることから上記の値とした。

(4) 搬送波のレベル

[TBD] 搬送波の変調包絡線の最高値に対応するレベル(以下「搬送波のレベル」といい実効値で表す。)は、 $1\mu\text{V}$ を $0\text{dB}\mu\text{V}$ として表す値が、次に掲げる式による A の値以上 B の値以下とする。

$$A=60+10 \log_{10}(Z/75)$$

$$B=85+10 \log_{10}(Z/75)$$

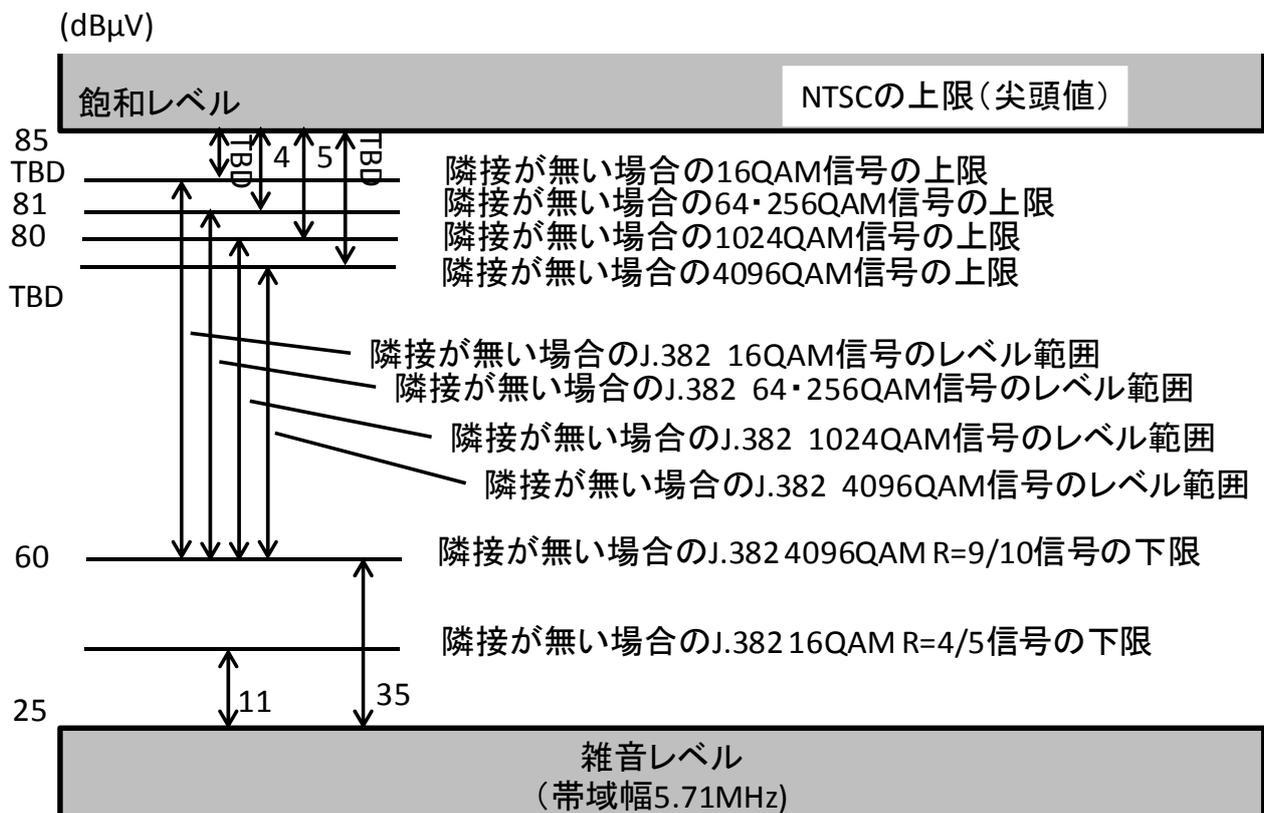
(理由)

搬送波の変調包絡線の最高値に対するレベル(以下「搬送波のレベル」といい、実効値で表す。)の上限については、既存の伝送路を利用する事を考慮し標準テレビジョン放送方式の尖頭値又は現行の J.83

AnnexC の尖頭値と同じとすることとし、出力端子の定格出力インピーダンスが 75 オームの場合において 85dB μ V とする。

一方、雑音レベルについては、デジタル放送の標準方式の下限値 47dB μ V、所要 CN 比 24dB 及び当該帯域幅による雑音のレベル換算 2dB より、25dB μ V とする。

ここで、デジタル放送の標準方式の下限値 47dB μ V は、電気通信技術審議会諮問大 98 号「デジタル放送導入のための地上放送の置局に関する技術的条件」のうち「地上デジタルテレビジョン放送の置局に関する技術的条件」の一部答申(平成 11 年 5 月 24 日)において、放送区域内における所要の電界強度は毎メートル 1 ミリボルト(60dB μ V/m)以上と規定されており、これに準拠することとし、受信空中線の出力端子における搬送波のレベルは、当該電界強度の地域内で 14 素子の受信空中線により受信した場合の受信周波数 470MHz における空中戦利得 8dB、アンテナ実行長-13.8dB、フィーダ損失 2dB 及びアンテナインピーダンス整合損失 6dB から受信端子レベルが 46.2dB μ V となることから算出した。搬送波のレベルの下限については、J.382 本伝送条件の最大値 4096QAM, R=9/10 の時の所要 CN 比 (35dB) であることから、60dB μ V (平均値) となるよう上記の値とした。



※ J.382信号が上側、下側に隣接する場合のレベル範囲は実測の上、最終報告に追記

図 3.2-3 J.382搬送波のレベル

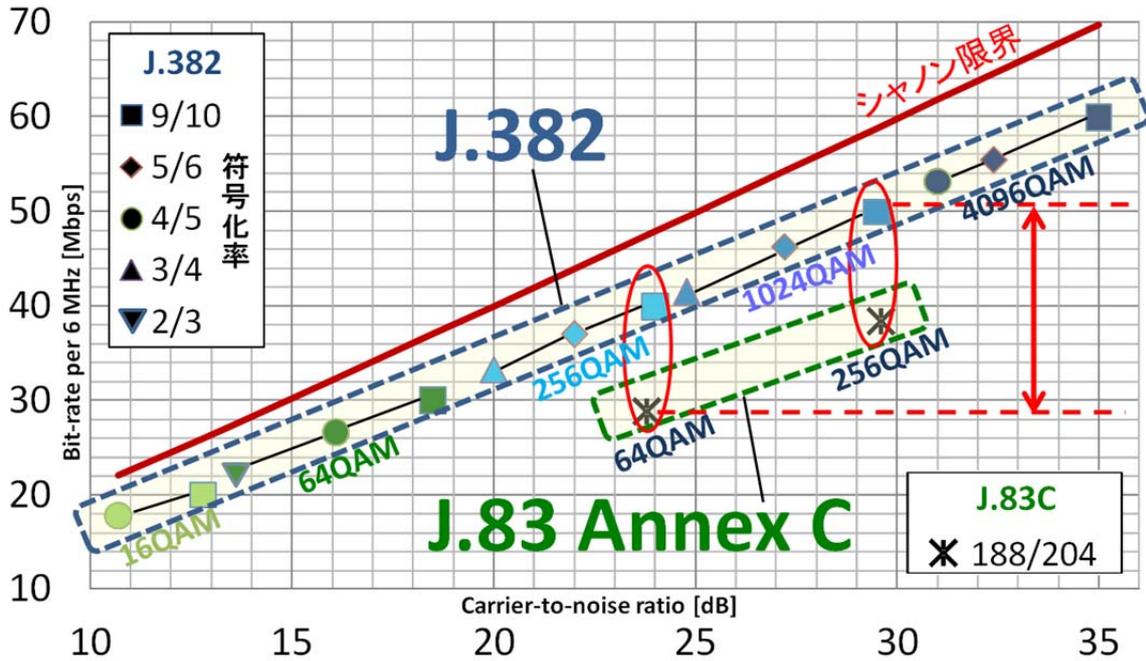


図 3.2-4 J.382 LDPC符号による符号化利得と所要CN比

(5) 搬送波のレベルと変動

[TBD] 搬送波のレベル変動は1分間において3dB以内とする。

(理由)

搬送波のレベル変動はヘッドエンドの送出電力の変動、中継増幅器の利得変動などが複合して発生すると考えられる。

受信機のAGC範囲は充分大きいですが低いレベルにおいて変動が大きいと誤り率が增大することもあるので3dB以内とした。

(6) 搬送波のレベルと隣接する他のデジタル有線テレビジョン放送の搬送波のレベルとの差

[TBD] 本方式の1024QAMの搬送波のレベルとデジタル有線テレビジョン放送方式の256QAMの搬送波のレベルを同一とする。

また、QAMのオーダーを一つ上げる毎に各搬送波のバックオフを6dB上げることとする。

(理由)

実験結果から、本方式1024QAMとデジタル有線テレビジョン放送方式の256QAMの搬送波のレベルを同一にし、QAMのオーダーを一つ上げると所要D/Uが6dB上がることから上記の値を選定した。

(7) 搬送波のレベルと雑音のレベルとの差

[TBD] 搬送波のレベルに対する雑音(ヘッドエンドの非変調波の入力端子から受信者端子までのものであって、当該搬送波の周波数を中心とする5.71MHzの周波数帯の範囲にあるすべてのものに限る。)

のレベルは-39dB 以下とする。

(理由)

4096QAM 変調によるデジタル伝送においては、搬送波尖頭レベルと平均レベルとの差は[TBD]dB となる。

目標とする誤り率は[TBD] 1×10^{-11} (BCH 復号後) であり、実験による受信機の CN 比対 BER 特性より、所要 CN 比は 35dB であるが、測定は平均レベルでおこなわれているので、セットレベルに換算すれば $35+3.7=38.7\text{dB}$ となる。

以上のことから搬送波レベルに対する雑音のレベルは-39dB 以下とした。

(8) 搬送波のレベルと妨害波のレベルとの差

[TBD] 搬送波のレベルに対する妨害波(ヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までのものに限る。)のレベルは、単一周波数妨害の場合にあっては伝送帯域内において-30dB 以下とし、三次相互変調による妨害の場合にあっては図 3.2-5 に示す値-43dB (TBD) 以下とする。

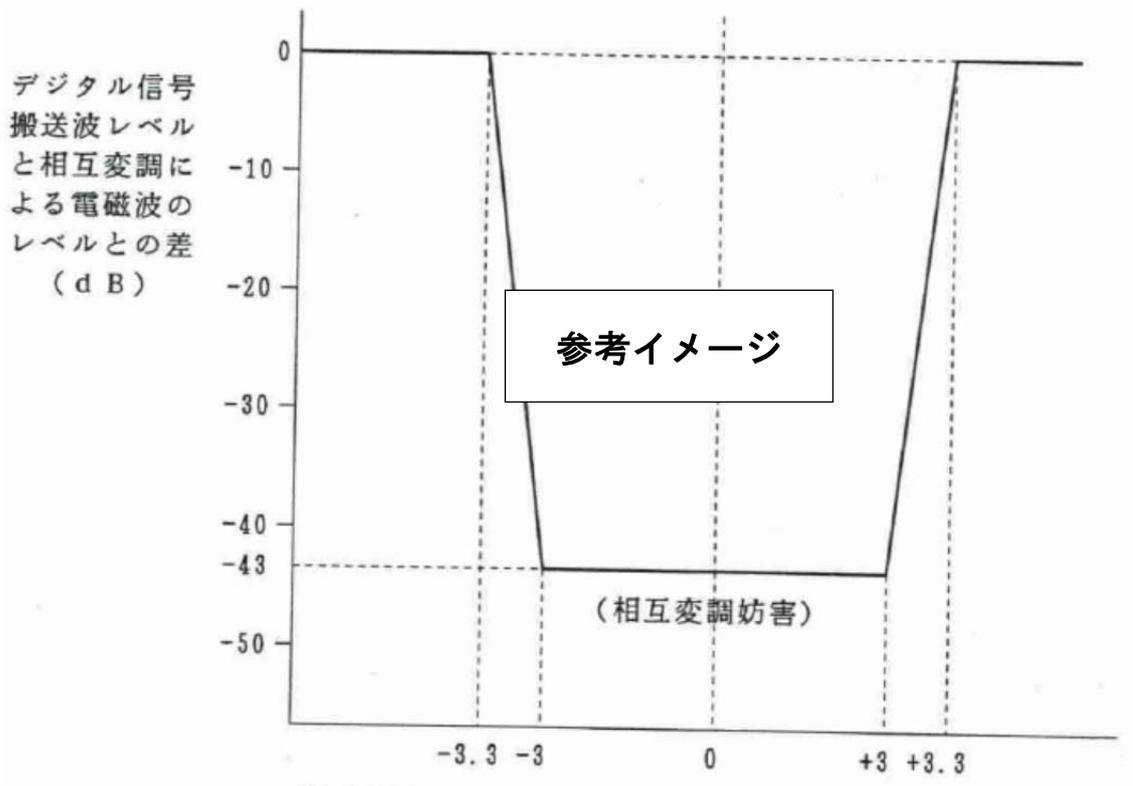


図 3.2-5 三次相互変調妨害の限度

(理由)

デジタル有線テレビジョン放送の中継増幅器が 2 以上の搬送波を同時に増幅すると増幅器の非直線性から 2 次、3 次等多くのひずみが発生し、デジタル信号に妨害を与える。

[TBD] BCH 復号後の誤り率 1×10^{-11} のときの相互変調妨害波のレベルは、実験の結果、搬送波のレベルに対し-42dB であったが、これに余裕 1dB をみて-43dB とした。

また、単一周波数妨害についても、実験の結果より [TBD] BCH 復号後の誤り率 1×10^{-11} に対する値で上記のとおり規定した。

(9) 搬送波のレベルと当該搬送波の反射による電磁波とのレベルとの差

[TBD] 搬送波のレベルに対する当該搬送波の反射(ヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までのものに限る。)による電磁波のレベルは図 3.2-6 に示す値-30dB 以下とする。

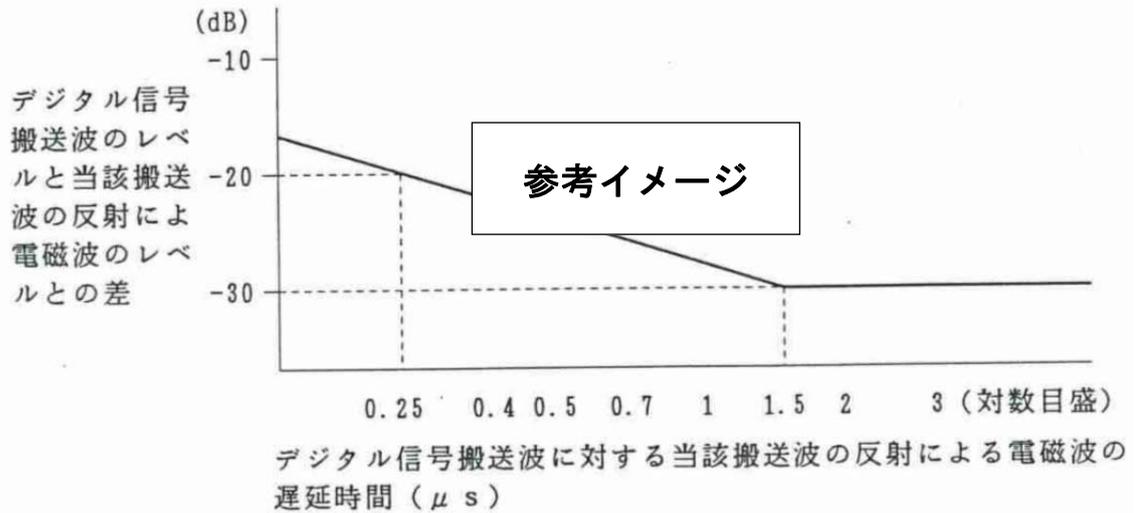


図 3.2-6 反射波の限度

(理由)

既存の施設で有線テレビジョン放送を導入することを前提とすると、この項目は現行の技術基準に準じて定めるのが適当である。

有線テレビジョン放送施設の中継増幅器、分岐器、分配器、タップオフ等の装置により反射が生じると希望する信号の外に時間的に遅れた信号が到着し、伝送誤りを発生させる。

伝送誤りの程度は直接波と反射波のレベル差、遅延時間差により定まるが、実験結果より、デジタル放送の標準方式の場合の基準と同一とした。

(10) 交流電源に起因する電磁波による搬送波の変調度

[TBD] 次の式による値が-30dB 以下とする。

$$20 \log_{10}((a-b)/a) \quad (\text{dB})$$

a は搬送波の変調包絡線の最高点における振幅とする。

b は搬送波の変調包絡線の最低点における振幅とする。

(理由)

実験により、交流電源による変調からデジタル有線テレビジョン信号に対する影響は、-30dB 以下であれば影響がないことを確認した。

(11) その他の妨害波及びひずみ

その他の妨害波及びひずみ(いずれもヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までのものに限る。)はデータに障害を与えないものとする。

(理由)

データは誤り訂正がおこなわれているが、訂正が不能になるような障害 ([TBD] BCH 復号後で誤り率がおおむね 1×10^{-11} 以上) は許容できない。

3.3 伝送信号の技術的条件

3.3.1 システムのアーキテクチャ

(1) 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式の概要

高度なデジタル有線テレビジョン放送方式のシステム全体概要を図 3.3-1 に示す。本システムは、伝送路符号化方式の 1 搬送波(16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM)の伝送容量を超えるストリーム(TS もしくは TLV, GSE)をしかるべき方式に変換後 複数の搬送波を用いて分割伝送し、受信機で合成する方式である。また、既存の放送や伝送容量を超えるストリーム等の複数ストリームを 1 搬送波に多重し、受信側で分割する機能をも備える。

本方式を実現するため、伝送路の有効活用を実現する新たな伝送路符号化方式を導入する。本伝送路符号化方式は、ITU-T J.382 方式*を基盤とし拡張された方式である。また、新たに高度なデジタル有線テレビジョン放送方式伝送分配システム記述子を定義する。

* ITU-T J.382 方式については別途規格書を参照のこと

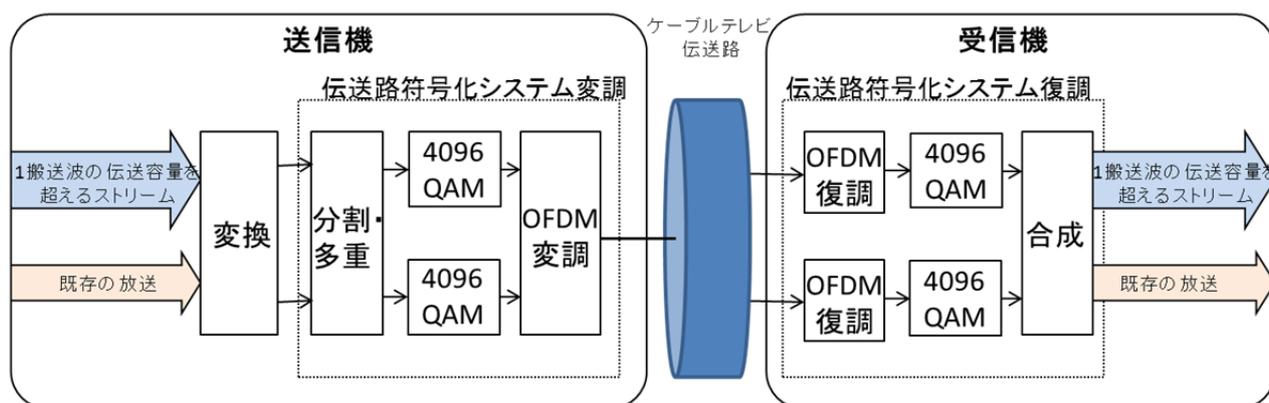


図 3.3-1 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式システム全体の高レベルブロック図

高度なデジタル有線テレビジョン放送方式の伝送路符号化システム（以降 C2 システムと呼ぶ）の概略を図 3.3-1 に示す。システム入力 は 1 つまたは複数の MPEG-2 トランスポートストリーム、1 つまたは複数の汎用システム、あるいは両方である。入力プリプロセッサはシステムの一部ではなく、サービスをシステム入力の 1 つまたは複数の論理データストリームに分割するために使用される、トランスポートストリーム(TS)用のサービススプリッタまたはデマルチプレクサを含むことが許される。その後、これらは個別の物理レイヤーパイプ(以降 PLP と呼ぶ)によって搬送される。

システム出力は単一の信号で単一の RF チャネルにより伝送される。

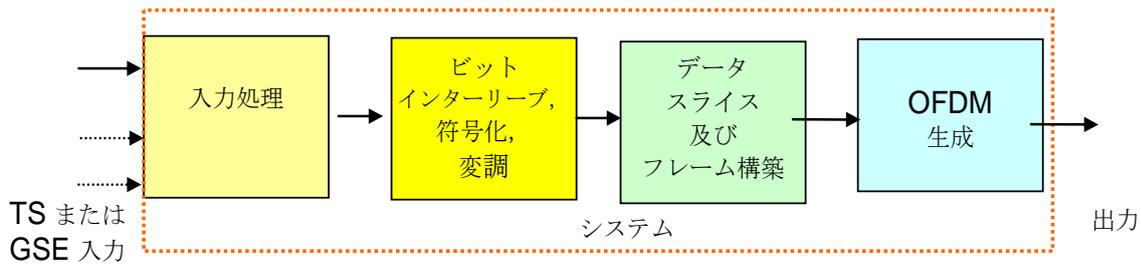


図 3.3-2 伝送路符号化システムの高レベル・ブロック図

入力データストリームには、1つの物理レイヤーフレーム(すなわち C2 フレーム)の期間における入力データの総容量が C2 システムの容量を超えてはならないという制約がある。1つまたは複数の PLP が PLP グループに配列され、1つまたは複数の PLP グループによりデータスライスが形成される。システムは、1つまたは複数のデータスライスで構成される。PLP の各グループに含めることのできる共通 PLP は1つだけだが、PLP グループに必ずしも共通 PLP を含める必要はない。高度なデジタル有線テレビジョン放送方式信号が単一の PLP を搬送するとき、共通 PLP は存在しない。レシーバーは常に、1つのデータ PLP と、存在するならば関連付けられた共通 PLP を受信することが想定される。

(2) C2 システムのアーキテクチャ

入力処理のブロックを図 3.3-2 に示す。この図はいくつかの部分に分割される。図 3.3-3(a)は、複数の PLP が存在する場合の入力処理を示している。図 3.3-3(b)は BICM モジュールを、図 3.3-3(c)はフレームビルダモジュールを示している。図 3.3-3(d)は OFDM 生成モジュールを示している。

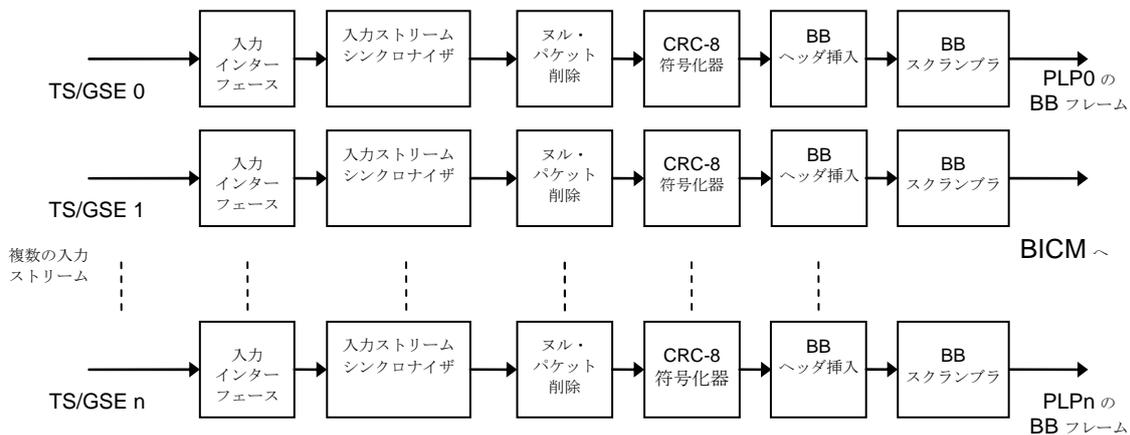


図 3.3-3 (a) 複数の入力ストリーム(PLP)へのモード適合

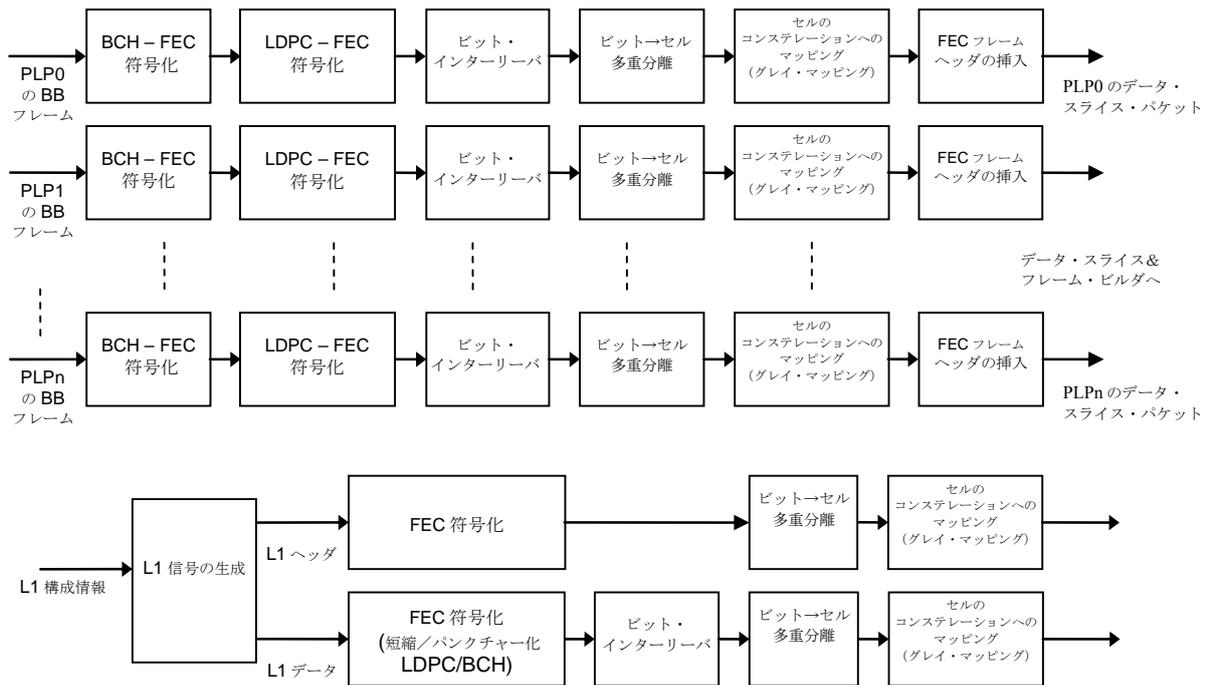


図 3.3-3(b) ビットインターリーブ符号化変調(BICM)

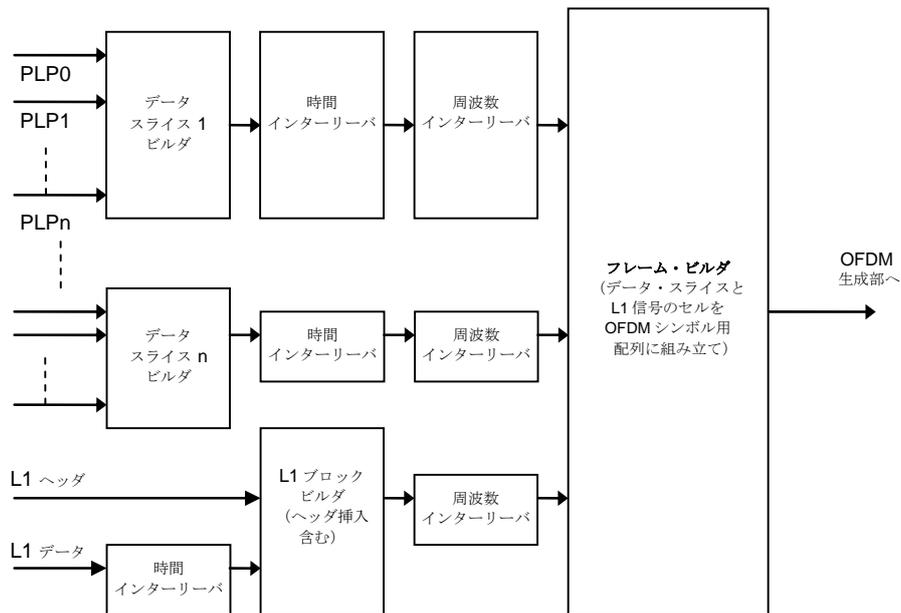


図 3.3-3 (c) データスライス及びフレームビルダ

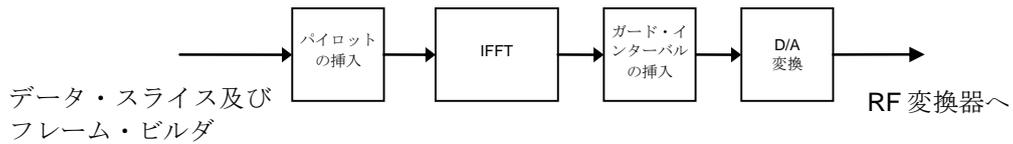


図 3.3-3(d) OFDM信号の生成

図 3.3-3(e)は、(a)から(d)までの図に示された機能を組み合わせたもので、1つの簡素化された全体のブロック図である。

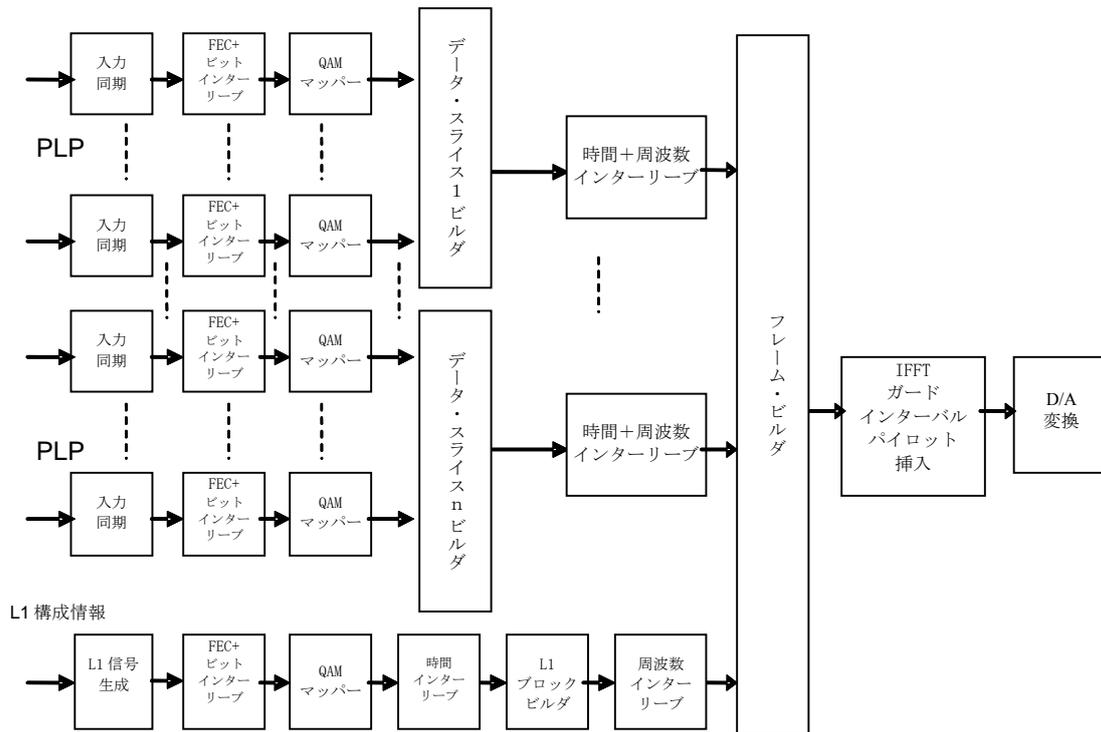


図 3.3-3 (e) 変調器ブロック図

3.3.2 C2システム入力処理

3.3.2.1 モード適合

C2システムへの入力は、1つまたは複数の論理データストリームで構成される。1つの論理データストリームは、1つのPLPにより搬送される。モード適合モジュールは各PLPのコンテンツに対して別々に動作し、入力データストリームをデータフィールドに分割する。これらのデータフィールドはストリーム適合の後でベースバンドフレーム(BBFrame)を形成する。

各入力PLPは、(1)で定義されるうちの、いずれか1つのフォーマットを持つ。モード適合モジュール

は、通常モード(以降 NM と呼ぶ)または高効率モード(以降 HEM と呼ぶ)のいずれかのモードで入力データを処理できる。これらのモードについては、それぞれ(6)と(7)で解説する。HEM では信号オーバーヘッドを削減するためさらなる最適化を実行する。ベースバンドヘッダー (以降 BBHeader と呼ぶ)は、入力ストリームの種類と処理モードを通知する。

(1) 入力フォーマット

入力信号は、単一または複数のストリームの形でモード適合モジュールへ供給される。トランスポートストリーム(TS)の場合パケット転送速度は常に一定だが、パケットの一部のみがサービスのデータに対応し、残りはヌルパケットであることも許容される。

C2 システムの各入力ストリーム(PLP)は、静的に構成される変調および FEC モードに関連付けられる。

入力 PLP は次のいずれかのフォーマットであり、BBHeader の TS/GS フィールドにて指定される。

- トランスポート・ストリーム(以降 TS と呼ぶ)
- 汎用カプセル化ストリーム(以降 GSE と呼ぶ)
- 汎用連続ストリーム(以降 GCS と呼ぶ)
- 汎用固定長パケット化ストリーム(以降 GFPS と呼ぶ)

尚、TLV 方式で受信された信号は C2 システム前段の変換モジュールにて GSE 方式へと変換される。(変換方法については 3.3.10 参照)

トランスポートストリーム(TS)は固定長のユーザーパケット(UP)を持ち、長さは $O-UPL = 188 \times 8$ ビット(1MPEG.TS パケットあたり)、先頭は SYNC バイト(47_{HEX})である。

GSE ストリームは可変長または固定長のパケットを持ち、その長さは GSE パケットヘッダー内で指定される。

GCS は連続的なビットストリームである。可変長パケットストリームでモジュレータがパケット境界を認識しない場合、または 64 k ビットを超える固定長パケットストリームは GCS として扱われ、BBHeader の TS/GS フィールドで GCS および $UPL = 0_0$ として指定される。

GFPS は固定長ユーザー・パケット(UP)のストリームで、長さは $O-UPL$ ビット($O-UPL$ の最大値は 64 K)、BBHeader の TS/GS フィールドで指定される。伝送されるユーザーパケット長 UPL は BBHeader で指定される。

(理由)

現在放送に使われているトランスポート層の方式は MPEG2-TS が主流であり、さらに GSE 方式を用いることでインターネットプロトコル(IP)をベースとする伝送が実現可能である。また、GCS、GFPS 方式に対応することにより、他放送規格との親和性も確保され放送で実現されるほぼ全方式の網羅が可能となる。

(2) 入力インターフェイス

入力インターフェイスサブシステムは、入力を内部論理ビットフォーマットにマップする。最初に受信されるビットが最上位ビット(MSB)と見なされる。入力インターフェイスは、それぞれの物理レイヤーパイプ(PLP)について別々に適用される。図 3.3-3(a)を参照のこと。

入力インターフェイスはデータフィールドを読み取る。データフィールドの長さは DFL (Date Field Length)ビットで、次の条件が適用される。

$$0 \leq \text{DFL} \leq (K_{\text{bch}} - 80)$$

ここで K_{bch} は、BCH および LDPC 符号により保護されるビット数を示す。

DFL の最大値は選択されている LDPC 符号に依存し、 K_{bch} ビットのペイロードを搬送する。データフィールドの前には 10 バイト(80 ビット)の BBHeader が追加され、同様に BCH および LDPC 符号により保護される。

入力インターフェイスは、UP サイズとデータフィールド容量 $K_{\text{bch}} - 80$ の関係に応じて、1UP 内の入力ビットを均等に複数のデータフィールドに割当て分割するか、データフィールド内に整数個の UP を割当てて。DFL の値が $K_{\text{bch}} - 80$ より小さい場合ストリームアダプター(3.3.2.2 参照)を用いてパディングフィールドを挿入する。

(理由)

誤り訂正方式としてブロック符号である BCH 符号、LDPC 符号を用いている為、規定されたブロックサイズを実現する必要がある。

(3) 入力ストリームの同期(オプション)

C2 モジュレータにおけるデータ処理では伝送遅延が変動することが許される。入力ストリーム同期サブシステムは、いかなる入力データフォーマットに対しても一定のビット転送速度(CBR)と一定のエンドツーエンド伝送遅延を保証する方法を提供する。入力ストリーム同期サブシステムの使用はオプションだが、C2 フレームごとに FEC ブロック数が増減する場合には必ず使用する必要がある。また、この機能は異なるデータスライスにまたがって単一 PLP を伝送する場合の同期にも使用可能である。

ISSY フィールド(入力ストリーム同期、2 バイトまたは 3 バイト)は、モジュレータのクロック速度で駆動するカウンタ値を搬送し、レシーバーにおいて出力ストリームの正確なタイミングを再生成するために使用される。ISSY フィールドの搬送は(6),(7) および図 3.3-4~図 3.3-8 に従い入力ストリームフォーマットとモードによって変化する。通常モードでは、ISSY フィールドはパケット化されたストリームの UP に追加される。高効率モードでは遅延やジッターが共通であることを利用して BBFrame ごとに 1 つの ISSY フィールドが伝送される。

ISSY 機能が使用されない場合、BBHeader が存在するならば、該当フィールドは「0」に設定する。

(理由)

シームレスな放送を実現するためにビット転送速度一定とエンドツーエンド伝送遅延を保証することが必要である一方、無効信号を送らないというような伝送の効率化も必要である。ISSY システムを用いることにより、受信機側で変動ビットレート信号を元の定ビットレート信号に変換することが可能となり、結果、伝送の効率化が実現可能となる。

(4) ヌルパケットの削除(オプション、TS のみ、NM および HEM)

トランスポートストリームの規定により、送信機のマルチプレクサ出力および受信機のデマルチプレクサ入力のビット速度が一定でありエンドツーエンド遅延も一定であることが要求される。一方、トランスポートストリーム入力信号には多くのヌルパケットが存在することがありうる。この場合、不要な伝送オーバーヘッドを回避するため、TS ヌルパケットは(PID = 8191_D)で識別し削除しても良い。この処理により、削除されたヌルパケットが受信機において削除前と同じ場所に再挿入され、一定のビット転送速度を保証すると同時にタイムスタンプ(PCR)の更新を不要にする。

ヌルパケット削除が実行される場合、有効パケット(PID ≠ 8191_D の TS パケット)には ISSY フィールドも含めて伝送され、ヌルパケット(PID = 8191_D の TS パケット)は ISSY フィールドも含めて削除が許される(図 3.3-4 を参照)。

UP の伝送後に、DNP (削除済みヌルパケット、1 バイト)と呼ばれるカウンタを最初にリセットし、その後削除されたヌルパケット数分インクリメントする。

DNP が最大許容値である DNP = 255_D に到達し、次のパケットが再度ヌルパケットである場合、そのヌルパケットは有効なパケットとして保持され伝送される。

DNP フィールド(1 バイト)は(7)および図 3.3-4 の記述に従い伝送される各 UP の後に挿入される。

(理由)

ヌルパケットを削除することにより伝送の効率化が可能となる。削除されたヌルパケットは ISSY システムにより受信機にて再現され、効率化と同時に一定の伝送速度が保証される。

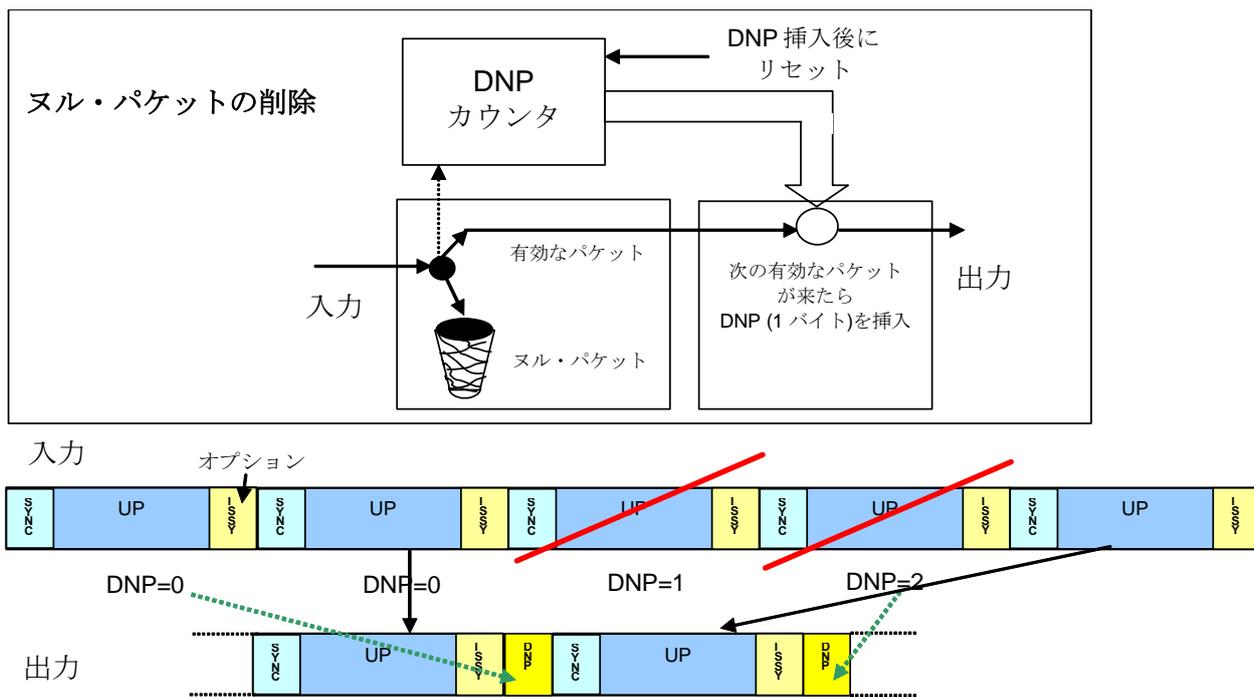


図 3.3-4 ヌルパケットの削除処理

(5) CRC-8 符号化(GFPS および TS、NM のみ)

CRC-8 は、UP レベルのエラー検出に適用される(通常モードおよびパケット化ストリームのみ)。該当する場合((7)を参照)、UPL から 8 ビットの UP を差し引いたもの(SYNC バイトの削除後)を、添付規格書の付録 E に定義されている組織的な 8 ビット CRC-8 符号化器で処理する必要がある。計算された CRC-8 は、(7) に従い、UP の後に追加する。

(理由)

CRC 符号化を行うことにより BB Header の各種パラメータとして受信機側で解釈した値が正しいものである保障を得ることが可能となる。

(6) ベースバンドヘッダー(BBHeader)の挿入

ベースバンドデータフィールドの前にデータフィールドのフォーマットを記述するための 10 バイト BBHeader を挿入する。BBHeader は通常モード(N)では図 3.3-5 (a)、高効率モード(HEM)では図 3.3-5 (b) を使用する。現在のモード(NM または HEM)は、MODE フィールドにより検出される(CRC-8 フィールドとの XOR 演算により得られる)。

(理由)

BB Frame を処理する上での基本的情報を、受信時に最初に解釈すべき BBHeader としてシグナリングすることにより、その後のスムーズな受信処理が可能となる。

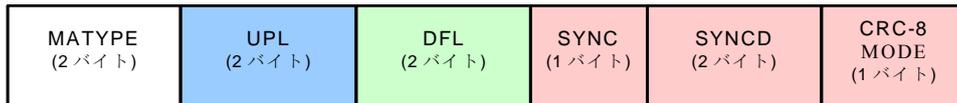


図 3.3-5 (a) BBヘッダの形式 (NM)



図 3.3-5 (b) BBヘッダの形式 (HEM)

MATYPE (2 バイト): 入力ストリームのフォーマットと、モード適合の種類を、表 3.3-1 に従って記述する。MATYPE フィールドのビットの使用法は以下のとおり。

最初のバイト(MATYPE-1):

- TS/GS フィールド(2 ビット)、入力ストリームのフォーマット: 汎用パケット化ストリーム(GFPS)、トランスポート・ストリーム(TS)、汎用連続ストリーム(GCS)、汎用カプセル化ストリーム(GSE)
- SIS/MIS フィールド(1 ビット): 単一または複数の入力ストリーム
- CCM/ACM フィールド(1 ビット): 固定符号化および変調、または可変/適合型符号化および変調
- ISSYI (1 ビット)、入力ストリーム同期インジケータ: ISSYI = 1 (アクティブ)のとき、(7)に従ってISSY フィールドを計算し挿入する。
- NPD (1 ビット): ヌルパケット削除のアクティブ/非アクティブ。NPD がアクティブなとき、DNP を計算し UP の後に追加する。
- EXT (2 ビット): メディア固有情報(C2 の場合は EXT = 0 で、将来使用のため予約)

表 3.3-1 MATYPE-1のフィールドの定義

TS/GS (2ビット)	SIS/MIS (1ビット)	CCM/ACM (1ビット)	ISSYI (1ビット)	NPD (1ビット)	EXT (2ビット)
00 = GFPS 11 = TS 01 = GCS 10 = GSE	1 = 単一 0 = 複数	1 = CCM 0 = ACM	1 = アクティブ 0 = 非アクティブ	1 = アクティブ 0 = 非アクティブ	将来使用の為に予約
注: 通常モードでGSEが使用される場合、連続ストリームとして扱わなければならない、TS/GS = 01と明示しなければならない。					

2 番目のバイト(MATYPE-2):

- SIS/MIS = 0 (複数入力ストリーム)の場合、2 番目のバイト = 入力ストリーム識別子(PLP_ID)。そうでない場合、2 番目のバイト = 「0」(将来使用のため予約)。

BBHeader の他のフィールドの使用法を、表 3.2-2 に示す。

表 3.3-2 BBヘッダのフィールドの詳細

フィールド	サイズ(バイト)	詳細
MATYPE	2	前述の通り.
UPL	2	ユーザーパケット長 (0~65535ビット)
DFL	2	データフィールド長 (0~58112ビット)
SYNC	1	ユーザパケットのSYNCバイトに等しい. GCSでは0xB9~0xFFのいずれかに設定.
SYNCD	2	データフィールドの開始位置とデータフィールド内の最初に送信されたユーザーパケットの開始位置の距離. SYNCD=0であれば最初のユーザーパケットはデータフィールドの先頭であり, SYNCD = 65535 であればユーザーパケットはデータフィールド内には無いこととなる. GCSではSYNCDは将来の為に予約されていて, 定義されない限り, 0としなければならない.
CRC-8 MODE	1	CRC-8フィールド (1バイト) とMODEフィールド (1バイト) の排他的論理和. CRC-8はBBヘッダの最初の9バイトに割り当てられたエラー検出符号 (附録E参照). MODE (8ビット)は以下の値をとるものとする. <ul style="list-style-type: none"> ● 0 : 通常モード. ● 1 : 高効率モード ● 上記以外の値 : 将来使用の為に予約

(理由)

入力ストリームのフォーマット、及びモード適合情報、パケット長、データフィールド長など受信に必要な基礎情報をフレームの先頭に置き、受信機が最初に処理できるようにする。また、これら情報は受信する上で重要な情報であるため、その信頼性を保証するためのCRC符号化を施す。

(7) モード適合サブシステムの出力ストリームのフォーマット

この節では、各種のモードと入力ストリームのフォーマットについてのモード適合処理とフラグメンテーションについて解説し、出力ストリームのフォーマットを示す。

通常モード、GFPS および TS

BBHeader の信号については(6)を参照のこと。

トランスポートストリームではO-UPL = 188 × 8ビットで、最初のバイトはSYNCバイト(47_{HEX})である。

UPL (伝送されるユーザーパケット長)は最初はO-UPLと同じに設定される必要がある。

モード適合ユニットは次の動作シーケンスを実行する(図 3.3-6 を参照)。

- 入力ストリーム同期を挿入する (オプション)。ISSY フィールド長に応じて、UPL が 16_D または 24_D ビットだけ増やされる。ISSY フィールドが各 UP の後に追加される。TS については、短いまたは長いフォーマットの ISSY 両方の使用が許可される。GFPS については短いフォーマットのみ。
- UP の先頭バイトが SYNC バイトである場合、その 1 バイトを削除し BBHeader の SYNC フィールドに格納して UPL を 8_D ビットだけ減らす。そうでない場合、BBHeader の SYNC を 0 に設定し UPL は変更しない。

- TS についてのみヌルパケット削除を実行する (オプション)。DNP を計算し次に伝送される UP の後に格納する。UPL を 8_D だけ増やす。
- CRC-8 を計算する。UP の後に CRC-8 を格納し UPL を 8_D だけ増やす。
- SYNC D を計算(データフィールド内で最初に伝送される UP の最初のビットを指す)し、BBHeader に格納する。伝送される UP のビットは、前の UP の CRC-8 (使用される場合)で始まり、元 UP が続き、ISSY および DNP フィールド(使用される場合)で終了する。このため SYNC D は前の UP の CRC-8 の最初のビットを指す。
- GFPS の場合: BBHeader に UPL が格納される。

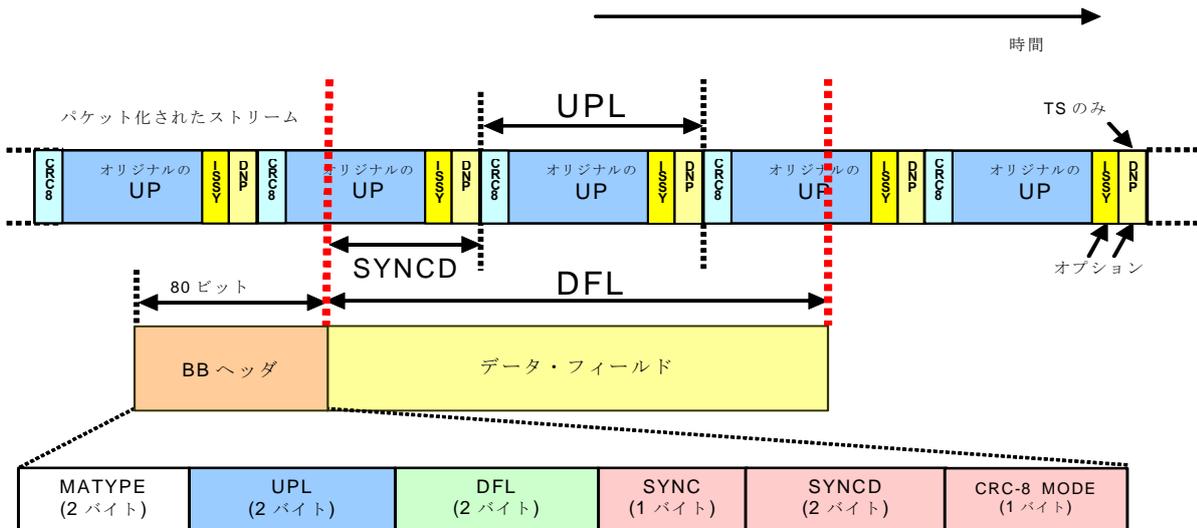


図 3.3-6 通常モード, GFPS, TSでのモードアダプタ出力に於けるストリームの形式

高効率モード、トランスポートストリーム

トランスポートストリームについては、SYNC バイトと O-UPL = 188×8 の情報を受信機側は既知であるため、UPL および SYNC フィールドは ISSY フィールドの伝送に利用される。モード適合ユニットは次の動作シーケンスを実行する(図 3.3-7 を参照)。

- データフィールドの最初の UP に関する入カストリーム同期(3)を参照)を挿入 (オプション)。つまり BBHeader の UPL および SYNC フィールドに ISSY フィールドが挿入される。
- 同期バイトが削除されるが、BBHeader の SYNC フィールドに格納しない。
- ヌルパケットを削除する((4)を参照)(オプション)。DNP を計算し次に伝送される UP 後に格納する。
- UP レベルでの CRC-8 は計算されず挿入もされない。
- SYNC D を計算(データフィールド内の最初の UP の最初のビットを指す)し、BBHeader に格納する。伝送される UP のビットは SYNC バイト削除後の元 UP で始まり DNP フィールド(使用される場合)で終了する。このため SYNC D は SYNC バイトに続く元 UP の最初のビットを指す。
- UPL は計算されず BBHeader で伝送もされない。

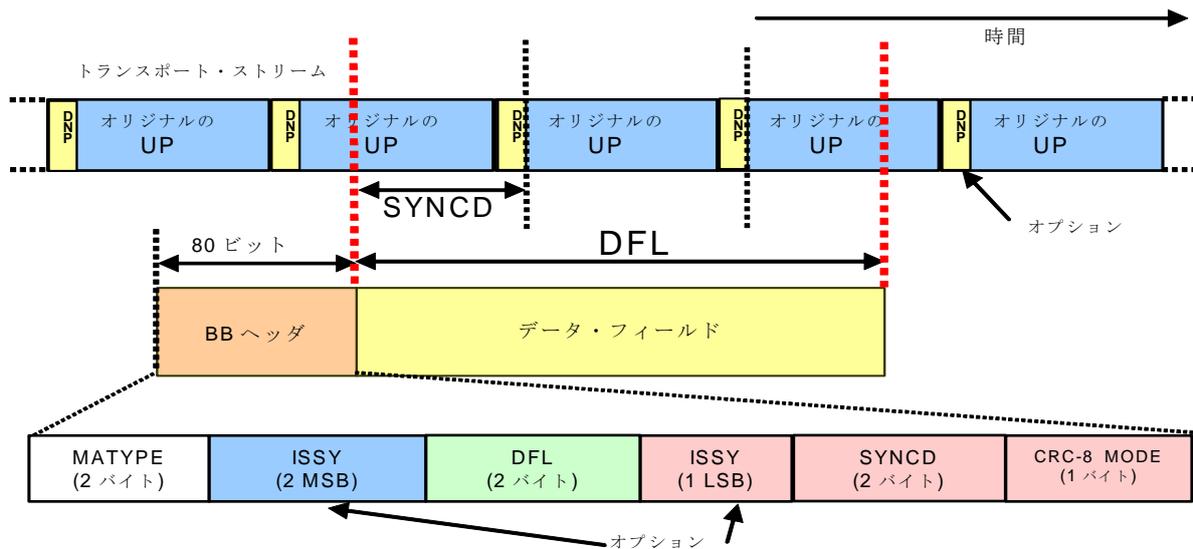


図 3.3-7 TS用高効率モードでのモードアダプタ出力に於けるストリームの形式
(UP用CRC-8無し, BBヘッダにオプションの単一ISSY有り, UPL無し)

通常モード、GCS および GSE

BBHeader の信号については(6)を参照のこと。GCS については入力ストリームに構造が存在しないかモジュレータが構造を認識しない。GSE については、最初の GSE パケットは常にデータフィールドに同期される。

GCS と GSE の双方について、モード適合ユニットは次の動作シーケンスを実行する(図 3.3-8 を参照)。

- UPL = 0_D を設定する。SYNC を設定する。SYNC = 0x00~0xB8 はトランスポートレイヤープロトコル信号用に予約されており参考文献¹に従って設定する必要がある。SYNC = 0xB9~0xFF はユーザーのプライベート。SYNCD は将来使用のため予約されており、他の定義がない限り 0_D に設定すること。
- ヌルパケットの削除((4)を参照)およびデータフィールドの CRC-8 の計算((5)を参照)は行わない。

¹ ETSI TS 101 162: 「デジタル・ビデオ放送(DVB): サービス情報(SI)の割り当て、およびデジタル・ビデオ放送(DVB)システム用のデータ放送コード(Digital Video Broadcasting (DVB); Allocation of Service Information (SI) and Data Broadcasting Codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems)」

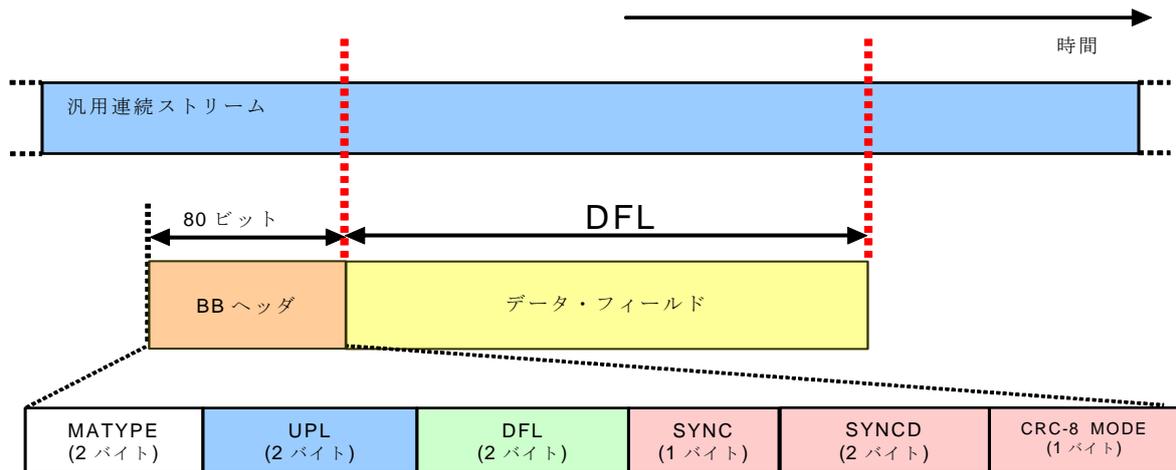


図 3.3-8 通常モード (GSE及びGCS) でのモードアダプタ出力に於けるストリームの形式

高効率モード、GSE

GSE の可変長または固定長 UP を HEM で伝送できる。GSE パケットの分割が行われる場合、SYNC D を計算する必要がある。GSE パケットが分割されない場合、最初のパケットはデータフィールドに同期され、したがって SYNC D は常に 0_D に設定される。レシーバーは UP を導出可能である為、BBHeader での UPL 伝送は行わない。TS と同様 ISSY フィールドをオプションとして BBHeader で伝送可能である。モード適合ユニットは次の動作シーケンスを実行する(図 3.3-9 を参照)。

- データフィールド内最初の UP に関連する入力ストリーム同期を挿入(オプション)。つまり BBHeader の UPL および SYNC フィールドに ISSY フィールドが挿入される。
- ヌルパケット削除および UP レベルでの CRC-8 は計算されず挿入もされない。
- SYNC D を計算(データフィールド内最初の UP の最初のビットを指す)し、BBHeader に格納する。伝送される UP は元 UP 自体に対応する。このため SYNC D は元 UP の最初のビットを指す。
- UPL は計算されず伝送もされない。

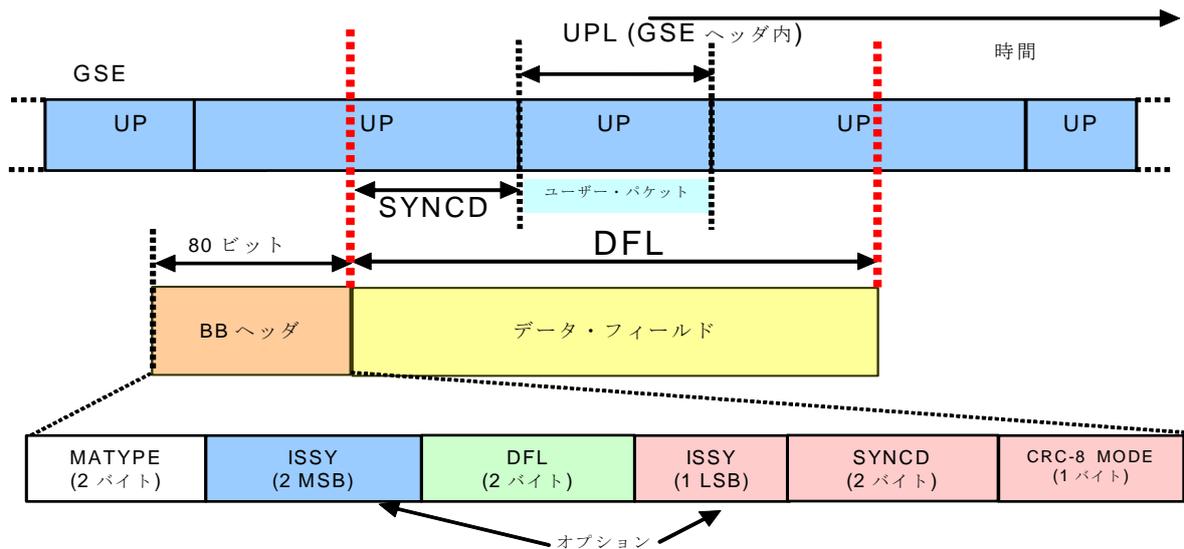


図 3.3-9 GSE用高効率モードでのモードアダプタ出力に於けるストリームの形式
(UP用CRC-8無し, BBヘッダにオプションの単一ISSY有り, UPL無し)

高効率モード、GFPS および GCS

これらのモードは定義されない。

(理由)

TS パケット長情報や SYNC バイト情報など、受信情報での既知情報の伝送領域を再利用することでより一層の効率化を図ることが可能となる。

3.3.2.2 ストリーム適合

ストリーム適合(図 3.3-3(a)~(c)を参照)は次の機能を備える。

- a) スケジューリング((1)を参照)
- b) 固定長(K_{bch} ビット)の BBFrame を完成するためのパディング((2)を参照)
- c) エネルギー分散のためのスクランブル((3)を参照)

ストリーム適合モジュールへの入力ストリームは、BBHeader の後にデータフィールドが続いたものである。出力ストリームは、図 3.3-10 に示す BBFrame である。



図 3.3-10 ストリームアダプタ出力に於けるBBフレームの形式

(1) スケジューラ

L1 パート 2 シグナリング情報を生成するため、スケジューラはデータスライズビルダーとともに、最終的な C2 システムでどのデータスライスがどの PLP に属するデータを搬送するかを決定する。

(理由)

C2 システムの構造に関する情報をスケジューラモジュールに持たせることにより、フレーム構築制御を効率的に行うことが可能となる。

(2) パディング

K_{bch} は表 3.3-3(a)および(b)に示される符号化率に依存する。ユーザーデータ長が BBFrame を完全に満たすのに十分でない場合または BBFrame 内に整数個の UP を割当てて必要がある場合、 $(K_{bch} - DFL - 80)$ 個のビット 0 がデータフィールド後に追加される。結果、BBFrame は K_{bch} ビットの固定長となる。

(理由)

適用する誤り訂正符号がブロック符号であるため、特定のブロック長を実現する必要があり、不足分にビット 0 を詰めることでそのブロック長を実現する。

(3) BB スクランブル

BBFrame はスクランブルシーケンスによってランダム化される必要がある。スクランブルシーケンスは BBFrame と同期し MSB から開始されて K_{bch} ビット後に終了する。

スクランブルシーケンスは図 3.3-11 のフィードバックシフトレジスタにより生成され、その定義多項式は以下の通り。

$$1 + X^{14} + X^{15}$$

BBFrame 開始時に初期値シーケンス(100101010000000)をレジスタへロードし動作を開始する。

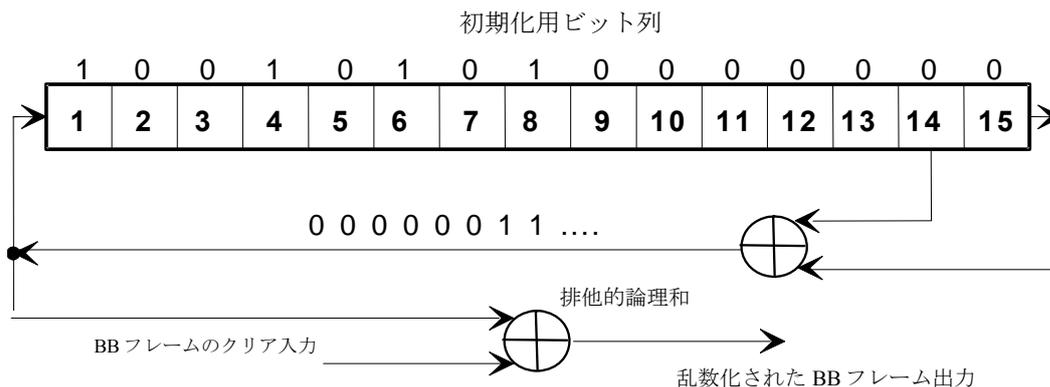


図 3.3-11 PRBS符号化器の実装例

(理由)

データに依存し特定のビットシーケンスが連続することを避けるため、信号のランダムイズは必須である。また、その周期は $2^{15}-1$ 程度で十分である。

3.3.3 ビットインターリーブされた符号化と変調

本項で、規定する変調方式と符号化方式の組み合わせは、3.2.2の表 3.2-1 に記載の内容に限定する

3.3.3.1 FEC符号化

このサブシステムは、外符号化(BCH)、内符号化(LDPC)、およびビットインターリーブを実行する。各 BBFrame (K_{bch} ビット)は FEC 符号化サブシステムにより処理され、FECFrame (N_{ldpc} ビット)が生成される。図 3.3-12 に示すように、組織的な BCH 外符号のパリティチェックビット(BCHFEC)が BBFrame の後に追加され、LDPC 内符号化器のパリティチェックビット(LDPCFEC)が BCHFEC フィールドの後に追加される。

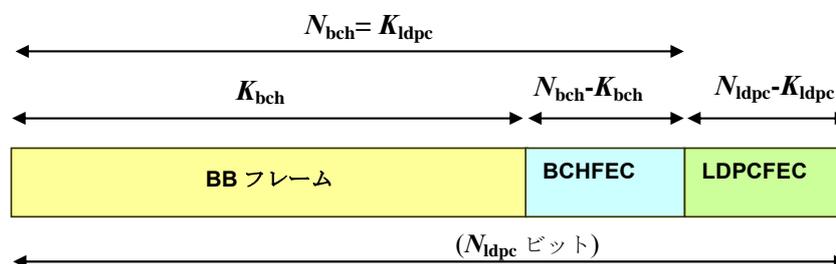


図 3.3-12 ビットインターリーブ前のデータ形式
(通常FECFrame時 $N_{ldpc} = 64\,800$ ビット, 短縮FECFrame時, $N_{ldpc} = 16\,200$ ビット)

表 3.3-3(a) 符号化パラメータ(通常FECフレーム $N_{ldpc} = 64800$ 時)

LDPC 符号 符号化率	BCH 情報ブロック K_{bch}	BCH符号ブロック N_{bch} LDPC情報ブロック K_{ldpc}	BCH エラー訂正 ビット数 t	$N_{bch}-K_{bch}$	LDPC符号ブロック N_{ldpc}
2/3	43 040	43 200	10	160	64 800
3/4	48 408	48 600	12	192	64 800
4/5	51 648	51 840	12	192	64 800
5/6	53 840	54 000	10	160	64 800
9/10	58 192	58 320	8	128	64 800

表 3.3-3(b) 符号化パラメータ(短縮FECフレーム $N_{ldpc}=16200$ 時)

LDPC 符号 識別子	BCH 情報ブロック K_{bch}	BCH符号ブロック N_{bch} LDPC情報ブロック K_{ldpc}	BCH エラー訂正 ビット数 t	$N_{bch}-K_{bch}$	実効LDPC 符号化率 K_{ldpc} / N_{ldpc}	LDPC符号 ブロック N_{ldpc}
1/2 (注参照)	7 032	7 200	12	168	4/9	16 200
2/3	10 632	10 800	12	168	2/3	16 200
3/4	11 712	11 880	12	168	11/15	16 200
4/5	12 432	12 600	12	168	7/9	16 200
5/6	13 152	13 320	12	168	37/45	16 200
8/9	14 232	14 400	12	168	8/9	16 200

注：この符号化率はL1プリングナリング参照用識別子であり，実際のデータの符号化率と異なる。

(1) BCH 符号化

t-エラー訂正 BCH (N_{bch} , K_{bch})符号を各 BBFrame に適用しエラー保護されたパケットを生成する。 $N_{ldpc} = 64,800$ の BCH 符号のパラメータを表 3.3-3(a)に、 $N_{ldpc} = 16,200$ のパラメータを表 3.3-3(b)に示す。

t エラー訂正 BCH 符号化の生成多項式 $g(x)$ は、 $N_{ldpc} = 64,800$ の場合は表 3.3-4(a)、 $N_{ldpc} = 16,200$ の場合は表 3.3-4 (b)にある最初の t 個の多項式を乗算して得られる。

表 3.3-4(a) BCH 多項式 (通常 FEC フレーム $N_{ldpc} = 64\ 800$)

$g_1(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^{16}$
$g_2(x)$	$1+x+x^4+x^5+x^6+x^8+x^{16}$
$g_3(x)$	$1+x^2+x^3+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_4(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}+x^{16}$
$g_5(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{16}$
$g_6(x)$	$1+x^2+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{15}+x^{16}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{15}+x^{16}$
$g_8(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_9(x)$	$1+x^5+x^7+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_{10}(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_{11}(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^5+x^6+x^7+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{16}$

表 3.3-4(b) BCH 多項式 (短縮 FEC フレーム $N_{ldpc} = 16\ 200$)

$g_1(x)$	$1+x+x^3+x^5+x^{14}$
$g_2(x)$	$1+x^6+x^8+x^{11}+x^{14}$
$g_3(x)$	$1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{14}$
$g_4(x)$	$1+x^4+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{14}$
$g_5(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{14}$
$g_6(x)$	$1+x^3+x^7+x^8+x^9+x^{13}+x^{14}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{14}$
$g_8(x)$	$1+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{14}$
$g_9(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^9+x^{10}+x^{14}$
$g_{10}(x)$	$1+x^3+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}$
$g_{11}(x)$	$1+x^4+x^{11}+x^{12}+x^{14}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8+x^{10}+x^{13}+x^{14}$

情報ビット $M = (m_{K_{bch}-1}, m_{K_{bch}-2}, m_1, m_0)$ からパリティビット BCHFEC は次のように得られる。

メッセージ多項式 $m(x) = m_{K_{bch}-1}x^{K_{bch}-1} + m_{K_{bch}-2}x^{K_{bch}-2} + \dots + m_1x + m_0$ を $x^{N_{bch}-K_{bch}}$ で乗算する。
 $x^{N_{bch}-K_{bch}}m(x)$ を、生成多項式 $g(x)$ で除算した時の剰余多項式を $d(x) = d_{N_{bch}-K_{bch}-1}x^{N_{bch}-K_{bch}-1} + \dots + d_1x + d_0$ とした場合、その係数のビット列が BCHFEC となる。

(理由)

LDPC 符号はシャノン限界に迫る高い性能を誇る一方、伝送電力をあげてもエラー耐性が上がらないエラーフロアと呼ばれる現象を併せ持つことが知られている。BCH 符号を外符号として備えることにより、エラーフロアの影響を低減することが可能となる。

(2) LDPC 符号化

LDPC 符号化器は、BCH 符号化の出力 $I = (i_0, i_1, \dots, i_{N_{\text{bch}}-1})$ をサイズ $K_{\text{ldpc}} = N_{\text{bch}}$ の情報ブロックとして扱い、サイズ N_{ldpc} の符号語 A 上に組織的に符号化する。ここで

$$A = (\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N_{\text{ldpc}}-1}) = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{\text{ldpc}}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1})$$

LDPC 符号パラメータ ($N_{\text{ldpc}}, K_{\text{ldpc}}$) を、表 3.3-3(a) および (b) に示す。

● LDPC 符号化

符号化器は K_{ldpc} 個の情報ビット ($i_0, i_1, \dots, i_{K_{\text{ldpc}}-1}$) から $N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}$ 個のパリティビット ($p_0, p_1, \dots, p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1}$) を以下の手順で決定する。

- $p_0 = p_1 = p_2 = \dots = p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1} = 0$ に初期化する。
- 対応する符号インデックス²表の 1 行目に指定されているインデックス k_{0j} を持つパリティビットに最初の情報ビット i_0 を加算する。(尚すべての加算 \oplus は排他的論理和)。また、インデックスを $Q_{\text{ldpc}}l$ 増やし i_l を加算する。ここで l は 1 以上 360 未満の整数である。

$$\begin{array}{lll}
 p_{k00} = p_{k00} \oplus i_0 & p_{k01} = p_{k01} \oplus i_0 & \dots \dots \dots p_{k0w0} = p_{k0w0} \oplus i_0 \\
 p_{k00+Q} = p_{k00+Q} \oplus i_l & p_{k01+Q} = p_{k01+Q} \oplus i_l & \dots \dots \dots p_{k0w0+Q} = p_{k0w0+Q} \oplus i_l \\
 \dots \dots \dots & & \\
 p_{k00+Ql} = p_{k00+Ql} \oplus i_l & p_{k01+Ql} = p_{k01+Ql} \oplus i_l & \dots \dots \dots p_{k0w0+Ql} = p_{k0w0+Ql} \oplus i_l
 \end{array}$$

- 同様に符号インデックス表の $i+1$ 行目に指定されているインデックス k_{ij} を持つパリティビットに最初の情報ビット i_{360i} を加算する。また、インデックスを $Q_{\text{ldpc}}l$ 増やし i_l を加算する。ここで l は 0 以上 360 未満の整数である。

すべての情報ビットが処理された後で、次の方法により最終的なパリティビットが得られる。

- 次の演算を、 $i = 1$ から順に実行する。

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}} - 1$$

尚、 Q_{ldpc} の値は以下の表の通り。

² ETSI EN 302 769 Annex A, B にある Table A, B を参照

表 3.3-5(a) 通常フレームに於ける Q_{ldpc}

符号化率	Q_{ldpc}
2/3	60
3/4	45
4/5	36
5/6	30
9/10	18

表 3.3-5(b) 短縮フレームに於ける Q_{ldpc}

符号化率	Q_{ldpc}
1/2	25
2/3	15
3/4	12
4/5	10
5/6	8
8/9	5

(理由)

シャノン限界に迫る高い性能を持つ LDPC 符号を用いることで、高い伝送効率を確保することが可能となる。また、準巡回構造をもつ LDPC 符号を用いることにより符号化器・復号器の平行実装が可能となり、伝送のスループットを上げることが可能となる。

(3) ビットインターリーブ

LDPC 符号化器の出力 A は最初にパリティインターリーブされ、後にカラムツイストインターリーブされる。パリティインターリーブの出力を U 、カラムツイストインターリーブの出力を V で表す。

パリティインターリーブ部分では、パリティビットは次のようにインターリーブされる。

$$u_i = \lambda_i \quad \text{for } 0 \leq i < K_{ldpc}$$

$$u_{K_{ldpc} + 360t + s} = \lambda_{K_{ldpc} + Q_{ldpc}s + t} \quad \text{for } 0 \leq s < 360, 0 \leq t < Q_{ldpc}$$

各変調フォーマットについてのカラムツイストインターリーブメモリの構成を表 3.2-6 に示す。

表 3.3-6 カラムツイストインターリーブメモリの構成

変調	行数 N_r		列数 N_c
	$N_{\text{ldpc}} = 64\,800$	$N_{\text{ldpc}} = 16\,200$	
16QAM	8 100	2 025	8
64QAM	5 400	1 350	12
256QAM	4 050	-	16
	-	2 025	8
1024QAM	3 240	810	20
4096QAM	5 400	-	12
	-	675	24

パリティインターリーブバの出力ビット u_i は、図 3.3-13 に示すように、カラムツイストインターリーブの列方法に書き込まれ、行方向に読み出される(BBHeader の MSB が最初に読み出される)。このとき、各列の書き込み開始位置は、表 3.3-7(b)に従い、 t_c だけシフトされる。この出力を V とする。

- インデックス i の入力ビット u_i が、 $0 \leq i < N_{\text{ldpc}}$ について、インターリーブバの列 c_i 、行 r_i に書き込まれる。ここで、

$$c_i = i \operatorname{div} N_r$$

$$r_i = i + t_{c_i} \operatorname{mod} N_r$$

- インデックス j の出力ビット v_j が、 $0 \leq j < N_{\text{ldpc}}$ について、行 r_j 、列 c_j から読み出される。ここで、

$$r_j = j \operatorname{div} N_c$$

$$c_j = j \operatorname{mod} N_c$$

表 3.3-7(a) カラムツイストパラメータ t_c (0~11列目)

変調	列数 N_c	N_{ldpc}	ツイストパラメータ t_c											
			列 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16 QAM	8	64 800	0	0	2	4	4	5	7	7	-	-	-	-
		16 200	0	0	0	1	7	20	20	21	-	-	-	-
64 QAM	12	64 800	0	0	2	2	3	4	4	5	5	7	8	9
		16 200	0	0	0	2	2	2	3	3	3	6	7	7
256 QAM	16	64 800	0	2	2	2	2	3	7	15	16	20	22	22
	8	16 200	0	0	0	1	7	20	20	21	-	-	-	-
1024 QAM	20	64 800	0	1	3	4	5	6	6	9	13	14	14	16
		16 200	0	0	0	2	2	2	2	2	5	5	5	5
4096 QAM	12	64 800	0	0	2	2	3	4	4	5	5	7	8	9
	24	16 200	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2

表 3.3-7(b) カラムツイストパラメータ t_c (12~23列目)

変調	列数 N_c	N_{ldpc}	ツイストパラメータ t_c												
			列12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
16 QAM	8	64 800	-	-	-	-									
		16 200	-	-	-	-									
64 QAM	12	64 800	-	-	-	-									
		16 200	-	-	-	-									
256 QAM	16	64 800	27	27	28	32									
	8	16 200	-	-	-	-									
1024 QAM	20	64 800	21	21	23	25	25	26	28	30					
		16 200	5	7	7	7	7	8	8	10					
4096 QAM	12	64 800													
	24	16 200	2	3	7	9	9	9	10	10	10	10	10	11	

(理由)

パリティインターリーブを行うことにより対応するパリティ検査行列のパリティビット対応部分の構造が準巡回となる。また、カラムツイストインターリーブを行うことによりフェイジング環境への耐性が強化される。

3.3.3.2 変調方式

(1) 変調ビットマッピング

各 FECFrame は、最初に入力ビットをデマルチプレクサによりセルに変換し、次にそれらのセルをコンスタレーション値にマップする。出力セルの数と、セルごとのビット数 η_{MOD} を、表 3.3-8 に示す。

表 3.3-8 コンスタレーションへのビットのマッピングパラメータ

LDPCブロックの長さ (N_{ldpc})	変調方式	η_{MOD}	セル出力数
64 800	4096QAM	12	5 400
	1024QAM	10	6 480
	256QAM	8	8 100
	64QAM	6	10 800
	16QAM	4	16 200
16 200	4096QAM	12	1 350
	1024QAM	10	1 620
	256QAM	8	2 025
	64QAM	6	2 700
	16QAM	4	4 050
	QPSK	2	8 100

(理由)

より効率的な伝送を実現するために、1024QAMや4096QAMの様な高次元多値変調を導入した。また、16QAMから4096QAMという多様な変調方式を具備することにより伝送所要 CN 比のレンジが広範なものとなり、伝送環境に応じた CN 比選択が可能となる。

(2) ビットからセルへのデマルチプレクサ

ビットインターリーブからのビットストリーム v_i は、図 3.3-13 に示すようにデマルチプレクスされ、 $N_{\text{substreams}}$ 個のサブストリームに変換される。 $N_{\text{substreams}}$ の値は表 3.3-9 の通り。

表 3.3-9 デマルチプレクサから出力されるサブストリーム数

変調	N_{ldpc}	サブストリーム数 $N_{\text{substreams}}$
QPSK	任意	2
16QAM	任意	8
64QAM	任意	12
256QAM	64 800	16
	16 200	8
1024QAM	任意	20
4096QAM	64 800	12
	16 200	24

デマルチプレクスは、ビットインターリーブされた入力ビット v_{di} から、出力ビット $b_{e,do}$ へのマッピングとして定義される。ここで、

- $do = di \text{ div } N_{\text{substreams}}$
- e はデマルチプレクスされたビットサブストリーム番号 ($0 \leq e < N_{\text{substreams}}$) で、表 3.3-10 に定義されている di に依存する。
- v_{di} はデマルチプレクサへの入力。
- di は入力ビット番号。
- $b_{e,do}$ はデマルチプレクサからの出力。
- do は、デマルチプレクサの出力における、与えられたストリームのビット番号。

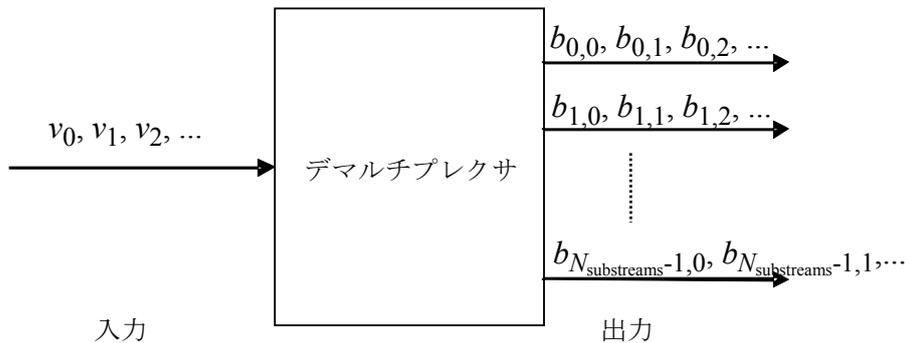


図 3.3-13 ビット列のサブストリームへのデマルチプレクス

表 3.3-10(a) ビット列からサブストリームへのデマルチプレクスパラメータ

変調方式	QPSK																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1																		
出力ビット番号 e	0	1																		
変調方式	16QAM																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7												
出力ビット番号 e	7	1	4	2	5	3	6	0												
変調方式	64QAM																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 e	11	7	3	10	6	2	9	5	1	8	4	0								
変調方式	256QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
出力ビット番号 e	15	1	13	3	8	11	9	5	10	6	4	7	12	2	14	0				
変調方式	256QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$)																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7												
出力ビット番号 e	7	3	1	5	2	6	4	0												
変調方式	1024QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
出力ビット番号 e	8	16	7	19	4	15	3	12	0	11	10	9	13	2	14	5	17	6	18	1
変調方式	1024QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$)																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
出力ビット番号 e	8	3	7	10	19	4	9	5	17	6	14	11	2	18	16	15	0	1	13	12
変調方式	4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 e	8	0	6	1	4	5	2	3	7	10	11	9								
変調方式	4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$), パート1																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 e	10	15	4	19	21	16	23	18	11	14	22	5								
変調方式	4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$), パート2																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23								
出力ビット番号 e	6	17	13	20	1	3	9	2	7	8	12	0								

(符号化率1/2, 3/4, 4/5, 5/6, 9/10(8/9)の時)

表 3.3-10 (b) ビット列からサブストリームへのデマルチプレクスパラメータ (符号化率2/3の時)

変調方式	QPSK																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1																		
出力ビット番号 e	0	1																		
変調方式	16QAM																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7												
出力ビット番号 e	7	1	4	2	5	3	6	0												
変調方式	64QAM																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 e	11	7	3	10	6	2	9	5	1	8	4	0								
変調方式	256QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
出力ビット番号 e	7	2	9	0	4	6	13	3	14	10	15	5	8	12	11	1				
変調方式	256QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$)																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7												
出力ビット番号 e	7	3	1	5	2	6	4	0												
変調方式	1024QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
出力ビット番号 e	8	16	7	19	4	15	3	12	0	11	10	9	13	2	14	5	17	6	18	1
変調方式	1024QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$)																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
出力ビット番号 e	8	3	7	10	19	4	9	5	17	6	14	11	2	18	16	15	0	1	13	12
変調方式	4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 e	8	0	6	1	4	5	2	3	7	10	11	9								
変調方式	4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$), パート1																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
出力ビット番号 e	10	15	4	19	21	16	23	18	11	14	22	5								
変調方式	4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$), パート2																			
入力ビット番号 $di \bmod N_{\text{substreams}}$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23								
出力ビット番号 e	6	17	13	20	1	3	9	2	7	8	12	0								

(理由)

LDPC 符号ビットとコンスタレーションポイントの各ビットのエラー耐性の組み合わせをでマルチプレクサにより最適化することで、より高い伝送効率を実現できる。

(3) セルから I/Q コンスタレーションへのマップ

$$(2) \text{のデマルチプレクサからの各セルワード} [y_{0,do} \dots y_{\eta \text{MOD}-1,do}] = [b_{0,do} \dots b_{N_{\text{substreams}}-1,do}]$$

は、QPSK、16QAM、64QAM、256QAM、1024QAM、4096QAM コンスタレーションのいずれかを使用して変調され、正規化の前にコンスタレーションポイント z_q が与えられる。

z_q の座標 $\text{Re}(z_q)$ および $\text{Im}(z_q)$ は、入力ビット $y_{e,q}$ に対して表 3.3-11(a)~(m) で与えられる。

表 3.3-11(j) および (k) は、1024QAM マッピングおよび対応するビット・パターンの記述を示している。
 表 3.3-11(l) および (m) は、4096QAM マッピングおよび対応するビット・パターンの記述を示している。
 各入力セル ($y_{0,q} \dots y_{\eta \text{MOD}-1,q}$) について、コンスタレーションポイント z_q は電力 1 に正規化され、使用すべき正しい複素数セル値 f_q が得られる。

表 3.3-11(a) 変調・マッピング (BPSK)

$y_{0,q}$	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-1	1
$\text{Im}(z_q)$	0	0

表 3.3-11(b) 変調・マッピング (QPSK 実数部)

$y_{0,q}$	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-1	1

表 3.3-11(c) 変調・マッピング (QPSK 虚数部)

$y_{1,q}$	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-1	1

表 3.3-11(d) 変調・マッピング (16QAM 実数部)

$y_{0,q}$	1	1	0	0
$y_{2,q}$	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-3	-1	1	3

表 3.3-11(e) 変調・マッピング (16QAM 虚数部)

$y_{1,q}$	1	1	0	0
$y_{3,q}$	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-3	-1	1	3

表 3.3-11(f) 変調・マッピング (64QAM 実数部)

$y_{0,q}$	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{2,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{4,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7

表 3.3-11(g) 変調・マッピング (64QAM 虚数部)

$y_{1,q}$	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{5,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7

表 3.3-11(h) 変調・マッピング (256QAM 実数部)

$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{2,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{4,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{6,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15

表 3.3-11(i) 変調・マッピング (256QAM 虚数部)

$Y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{7,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15

表 3.3-11(j) 変調・マッピング (1024QAM 実数部)

$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{4,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{6,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{8,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$Y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{4,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{6,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{8,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31

表 3.3-11(k) 変調・マッピング (1024QAM 虚数部)

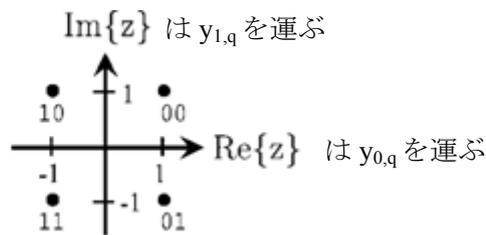
$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31

表 3.3-11(l) 変調・マッピング (4096QAM 実数部)

$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{4,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51	-49	-47	-45	-43	-41	-39	-37	-35	-33
$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{4,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$Y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{4,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
$Y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{4,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63

表 3.3-11(m) 変調・マッピング (4096QAM 虚数部)

$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51	-49	-47	-45	-43	-41	-39	-37	-35	-33
$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63



QPSK

ビット順序 :

$y_{0,q} y_{1,q}$

図 3.3-14 ビット・パターン・コンステレーションへのマッピング(QPSK)

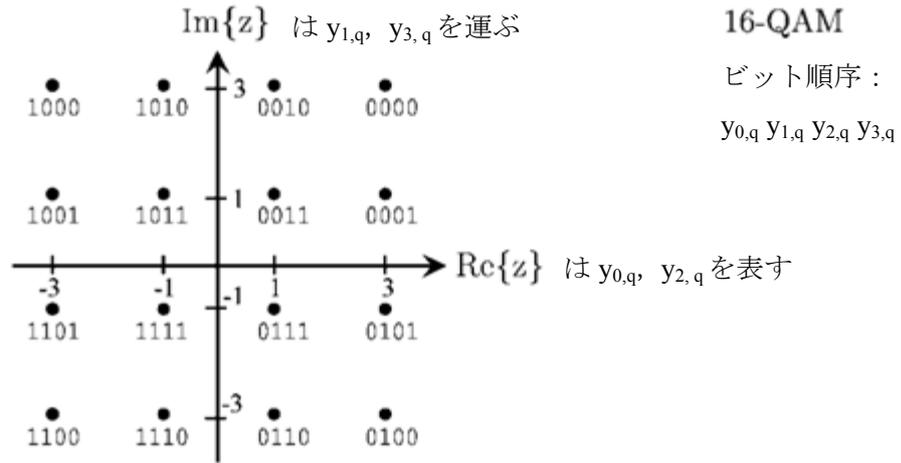


図 3.3-15 ビット・パターン・コンステレーションへのマッピング(16QAM)

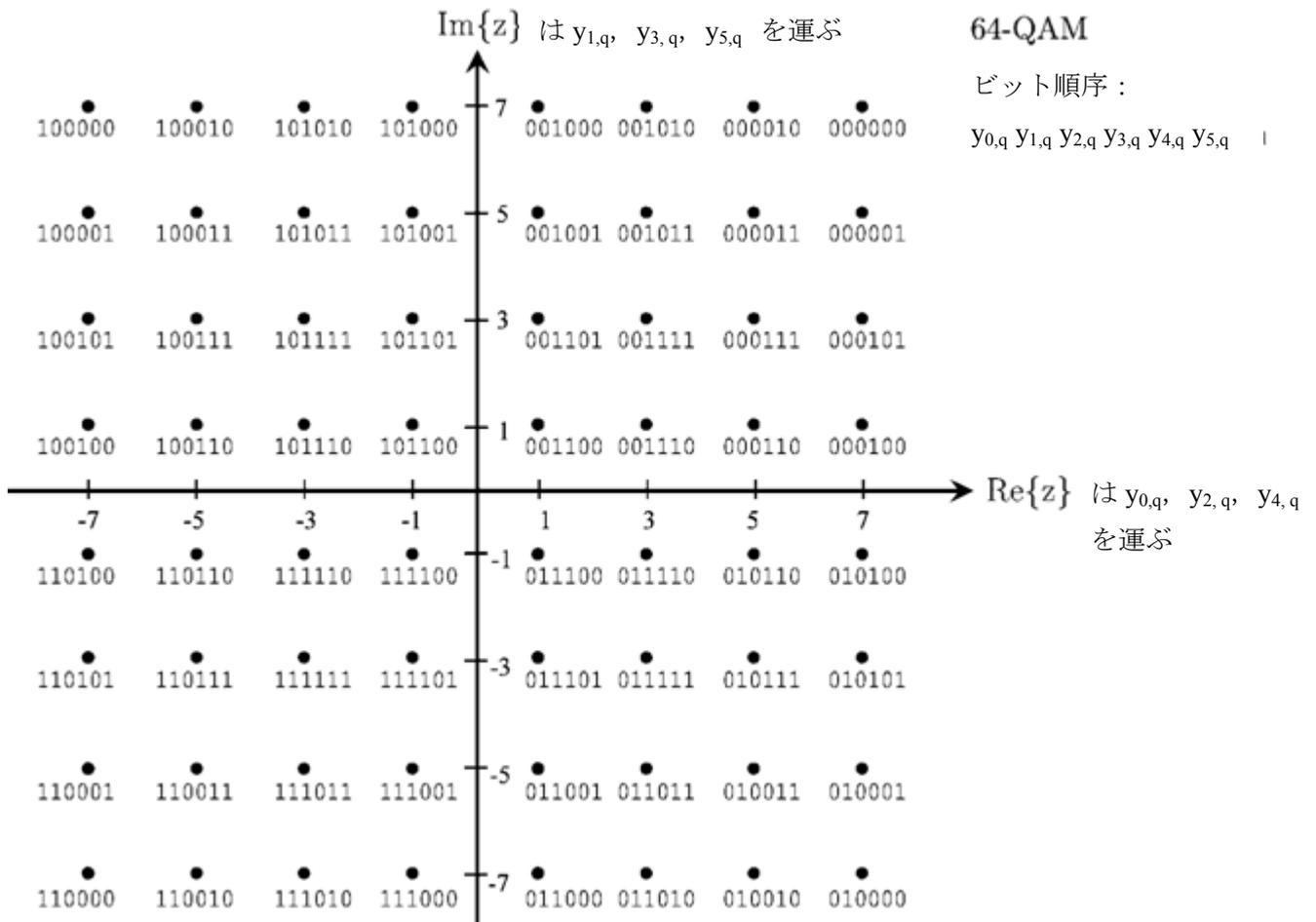


図 3.3-16 ビット・パターン・コンステレーションへのマッピング(64QAM)

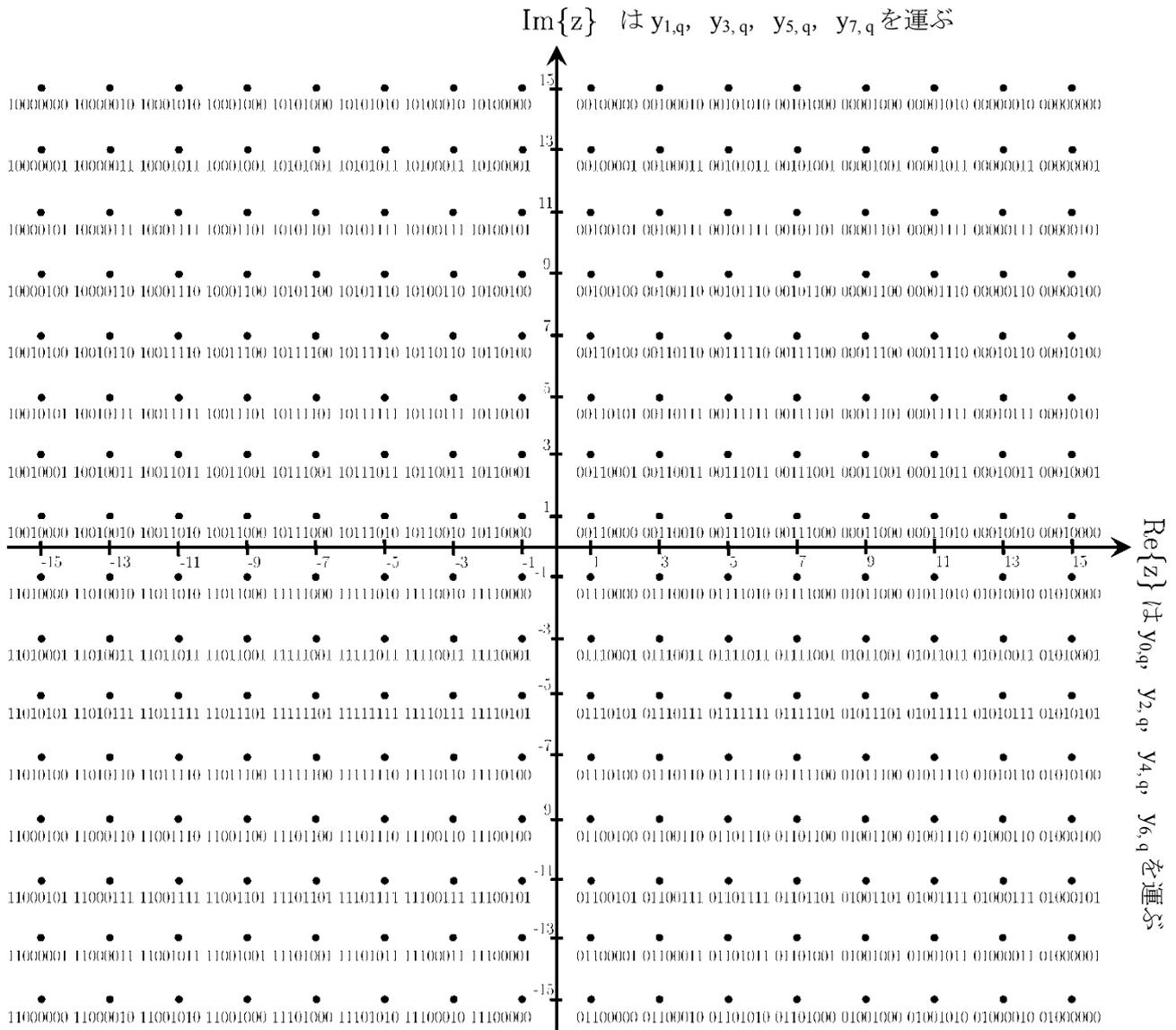


図 3.3-17 ビット・パターンのコンステレーションへのマッピング(256QAM)

表 3.3-12 データ・セルに対する正規化係数

変調	正規化
QPSK	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{2}}$
16QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{10}}$
64QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{42}}$
256QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{170}}$
1024QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{682}}$
4096QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{2730}}$

(理由)

より効率的な伝送を実現するために、1024QAMや4096QAMの様な高次元多値変調を導入した。また、16QAMから4096QAMという多様な変調方式を具備することにより伝送所要 CN 比のレンジが広範なものとなり、伝送環境に応じた CN 比選択が可能となる。

3.3.4 データスライスパケットの生成

3.3.4.1 データスライスタイプ1のデータスライスパケット

タイプ1のデータスライス(DSLICE_TYPE=0)で伝送されるデータスライスパケットは、1つのLDPC符号語に含まれる $[N_{ldpc}/\eta_{MOD}] = N_{DP}$ 個のセル g により形成される。

タイプ1のデータスライスのシグナリングはプリアンブル内、すなわちレイヤー1 - パート2で行われる。データスライスタイプ1では、フレームごとに変調と符号化パラメータが固定で1PLPのみ伝送可能である。

(理由)

フレーム内のパラメータ変動を制限することにより無駄なシグナリング伝送を省き、伝送の効率化が実現可能となる。

3.3.4.2 データスライスタイプ2のデータスライスパケット

データスライスタイプ 2 のデータスライスパケットは、1 つまたは 2 つの FECFrame の前に追加の FECFrame ヘッダーを伝送する。このヘッダーは次の XFECFrame の PLP_ID、符号化と変調のパラメータ、および XFECFrame 数を通知する。これらのデータスライスパケットの構造を、図 3.3-18 に示す。

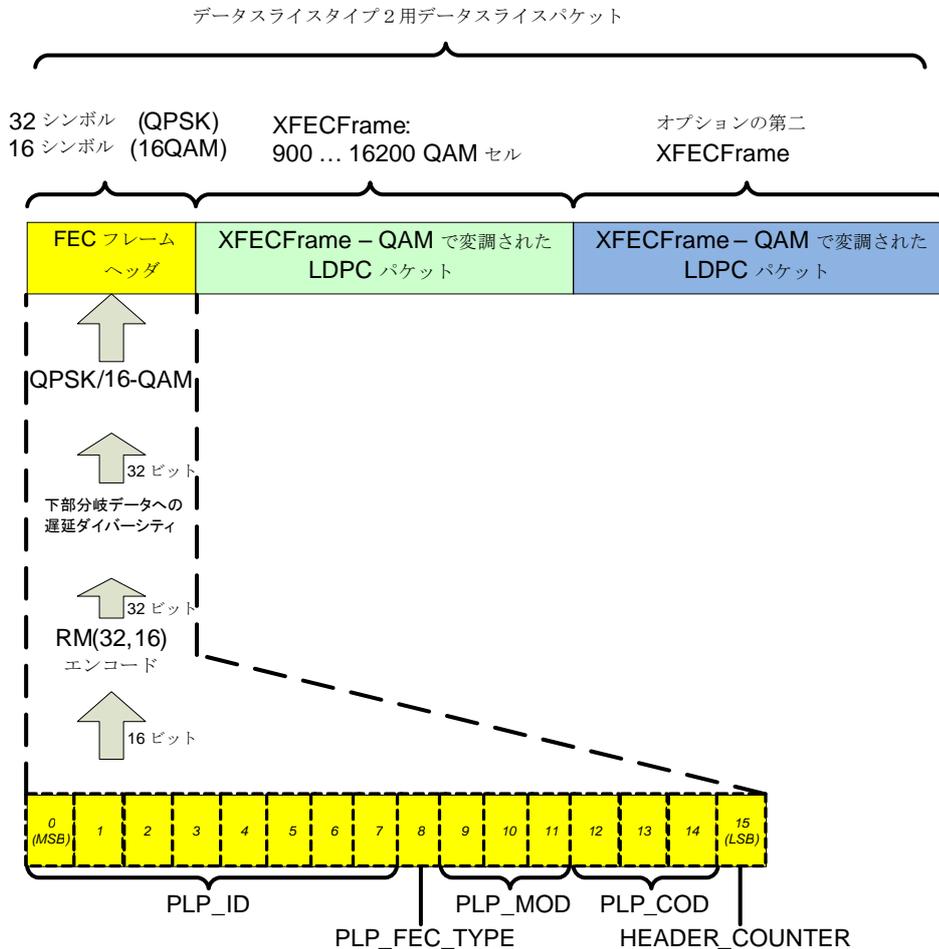


図 3.3-18 FECフレームヘッダとそれに続くXFECFrameパケットから成るデータスライスパケット

(1) FECFrame ヘッダーのシグナリングデータ

FECFrame ヘッダーの 16 個の情報ビットは次のように定義される。常に MSB が最初にマップされる。

PLP_ID(8 ビット): C2 システム内で PLP を一意に識別する。

PLP_FEC_TYPE(1 ビット): 次の FECFrame のサイズを通知する(0 = 16,200 ビット、1 = 64,800 ビット)。

PLP_MOD(3 ビット): 表 3.3-13 に従い使用される QAM マッピングを示す。

表 3.3-13 QAMマッピングに対するPLP_MOD値

PLP_MOD	QAMマッピング
000	予約済み
001	16QAM
010	64QAM
011	256QAM
100	1024QAM
101	4096QAM
110 ~ 111	将来使用の為に予約

PLP_COD(3 ビット): 表 3.3-14 に従い FECFrame の LDPC 符号化率を示す。

表 3.3-14 符号化率に対するPLP_COD値

PLP_COD値	符号化率
000	予約済み
001	2/3
010	3/4
011	4/5
100	5/6
101	8/9 (16K LDPC) 9/10 (64K LDPC)
110 ~ 111	将来使用の為に予約

HEADER_COUNTER(1 ビット): FECFrame の数を通知する。「0」は FECFrame が 1 つだけであることを示す。「1」は FECFrame が 2 つで、両方の FECFrame の PLP_ID、PLP_FEC_TYPE、PLP_MOD、PLP_COD が同じであることを示す。

(理由)

PLP ID、FECFrame の長さ、符号や変調のパラメータ等、FECFrame の受信に必要な不可欠なパラメータを FECFrame の先頭に置くことにより、受信機側ではその情報を速やかに取得し FECFrame の受信処理を進めることが可能となる。

(2) FECFrame ヘッダの符号化

FECFrame ヘッダデータ 16 ビットは最初にリード・マラー(32,16)符号化される。次に、32 ビットのリード・マラー符号語は上下 2 ブランチに分割され、下ブランチのみ符号語内でサイクリックシフトされ PN シーケンスによりスクランブルされる。その後、QPSK 変調 (高耐性 FECFrame) または 16QAM 変調(高効率 FECFrame)にマップされる。

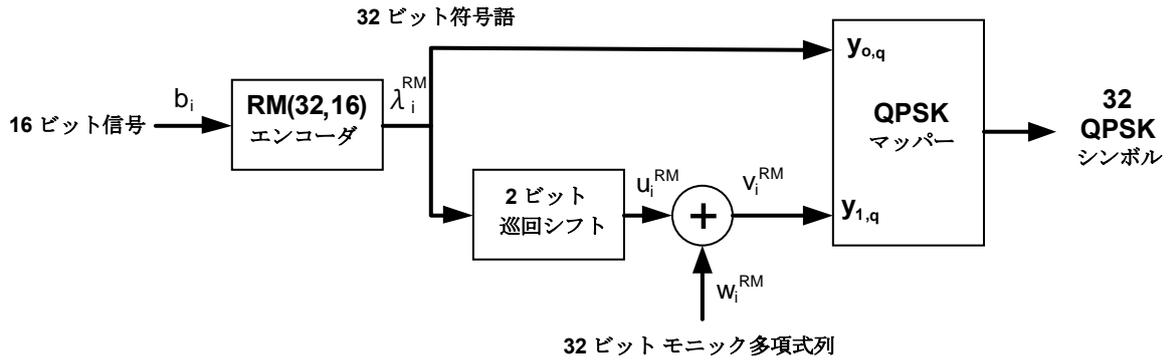


図 3.3-19(a) 高耐性FECフレームヘッダ

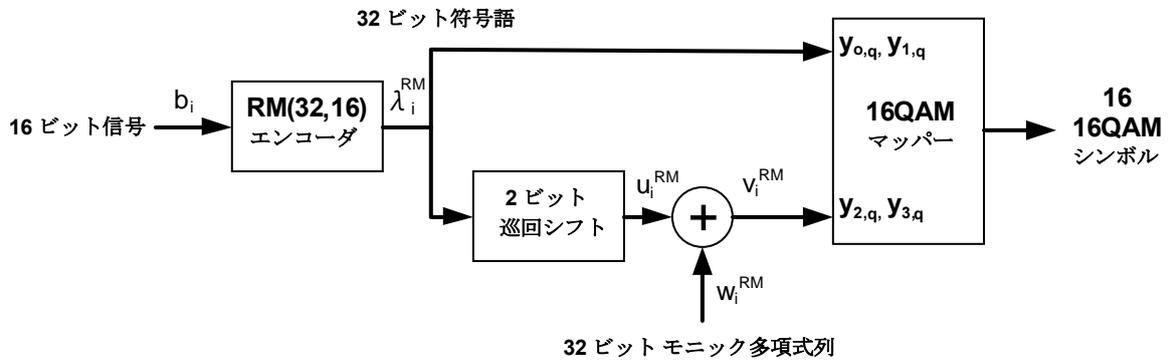


図 3.3-19(b) 高効率FECフレームヘッダ

● エラー訂正符号化

情報 16 ビットはリード・マラー(32,16)符号により符号化される。

このリード・マラー(32,16)符号の生成行列 G を以下に示す。

ため、FECFrame ヘッダの符号化に適した符号であると言える。また信号をサイクリックにシフトし拡散することで時間的なダイバーシティを得ることによりエラー耐性を強化している。

(3) QAM 変調へのマッピング

上ブランチの 32 ビットと、下ブランチの 32 ビットは、2 種類の QAM 変調へマップされる。

● 高耐性 FECFrame ヘッダ

高耐性 FECFrame ヘッダは 3.3.3.2(3) に定義されている QPSK を使用して変調され 32 個の複素数セル値 f_q が得られる。32 個のマッパー入力セルは、次のように定義される。

$$[y_{0,i}, y_{1,i}] = [\lambda_i^{\text{RM}}, v_i^{\text{RM}}] \quad i = 0, 1, \dots, 31$$

● 高効率 FECFrame ヘッダ

高効率 FECFrame ヘッダは 3.3.3.2(3) に定義されている 16QAM を使用して変調され、16 個の複素数セル値 f_q が得られる。16 個のマッパー入力セルは、次のように定義される。

$$[y_{0,i}, y_{1,i}, y_{2,i}, y_{3,i}] = [\lambda_{2i}^{\text{RM}}, \lambda_{2i+1}^{\text{RM}}, v_{2i}^{\text{RM}}, v_{2i+1}^{\text{RM}}] \quad i = 0, 1, \dots, 15$$

(理由)

高耐性・高効率の 2 モードを選択肢として用意することにより、利用者のニーズに合わせた運用が可能となる。

3.3.5 レイヤー1パート2シグナリングの生成、符号化、変調

3.3.5.1 概要

C2 フレームの構造を図 3.3-20 に示す。L1 シグナリングパート 2 は、OFDM パラメータに加えてデータスライス、PLP、およびノッチバンドについて関連するすべての情報を伝送する。

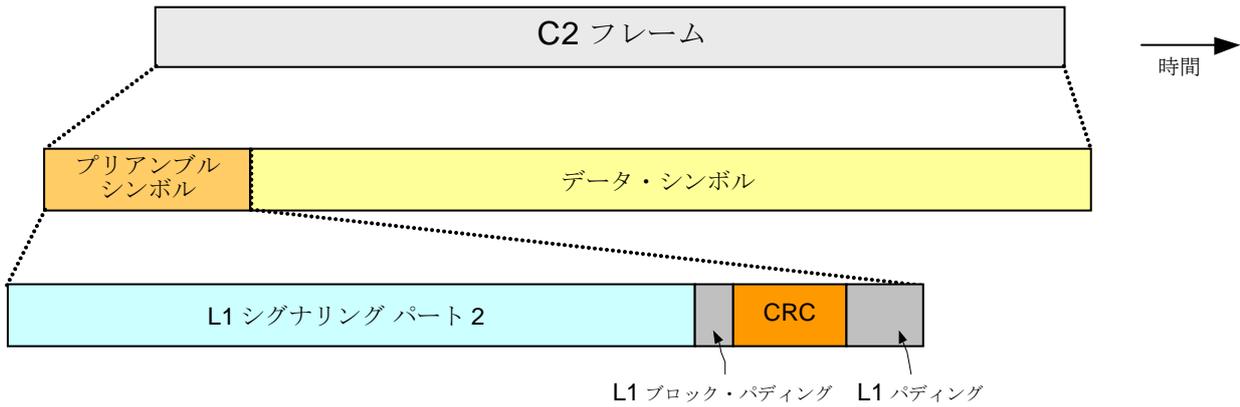


図 3.3-20 L1パート2シグナリングの構成

3.3.5.2 プリアンブルヘッダ

図 3.3-21 に示すように、各プリアンブルシンボルの L1 時間インターリーブブロックの前に、32OFDM セルからなるプリアンブルヘッダを挿入する。1 つの C2 フレーム内においてすべてのヘッダは同一である。プリアンブルヘッダには、L1 パート 2 の長さや L1 ブロックの時間インターリーブモードを記述する。プリアンブルヘッダに含まれる 16 個の情報ビットはリード・マラー(32,16)符号により符号化され QPSK に変調される。

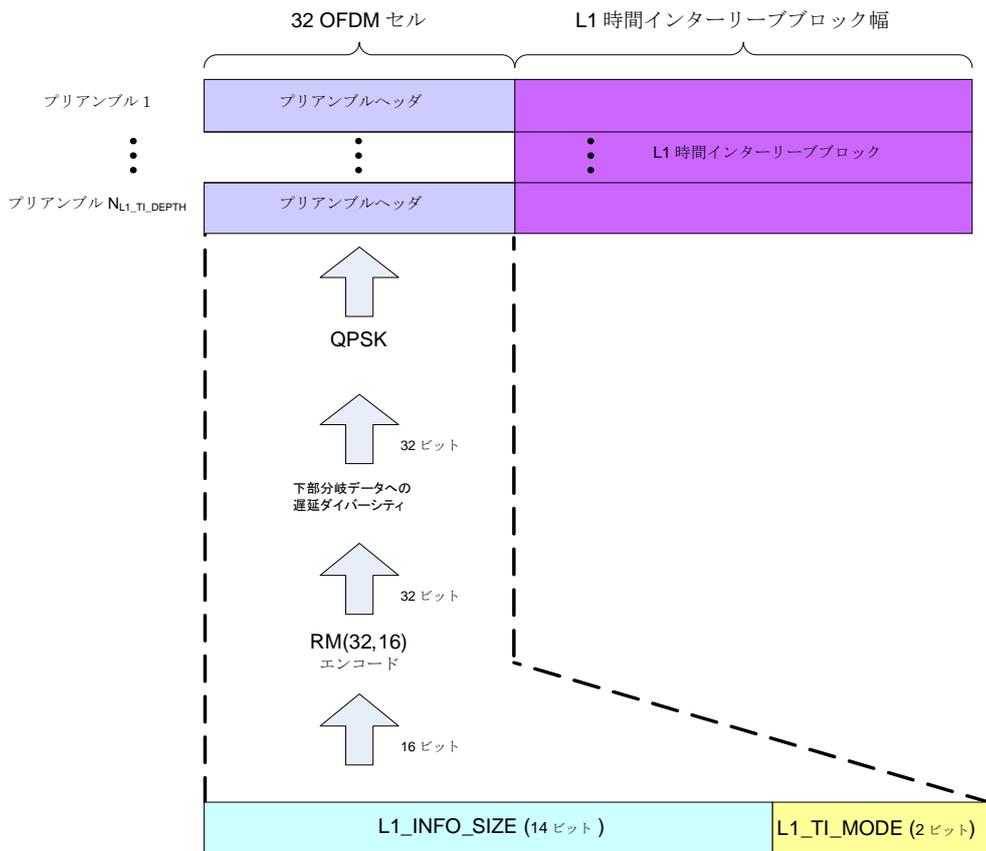


図 3.3-21 プリアンブルヘッダの生成と伝送形式フィールド

L1_INFO_SIZE(14 ビット): L1 パート 2 サイズの半分を示す。 $K_{L1part2_ex_pad}$ の値はパリティの長さ 32 と $L1_INFO_SIZE \times 2$ とを加算して求められる。

L1_TI_MODE(2 ビット): 現在の C2 フレームの L1 パート 2 の時間インターリーブモードを示す。時間インターリーブモードは、表 3.3-16 に従って通知される。

表 3.3-16 L1_TI_MODEフィールドの定義

L1_TI_MODE	モード(インターリーブ長)
00	インターリーブ無し
01	最適
10	4 OFDM シンボル
11	8 OFDM シンボル

(理由)

プリアンブルヘッダ領域には L1 シグナリングパート 2 の受信に必要な全情報が格納される。受信機はプリアンブルの先頭にあるヘッダの情報をまず解釈し、以降に続く L1 パート 2 信号の受信動作への準備が可能となる。プリアンブルヘッダの情報取得に失敗すると以降の動作を進めることが出来ない為、リード・マラー符号化を行い、また最もエラー耐性のある QPSK 変調で送信する。

3.3.5.3 L1シグナリングパート2のデータ

L1 シグナリングパート 2 のデータについて、フィールドの詳細な使用法を表 3.3-17 に示す。

表 3.3-17 L1シグナリングパート2のデータフィールド

フィールド	サイズ(ビット)
NETWORK_ID	16
C2_SYSTEM_ID	16
START_FREQUENCY	24
C2_BANDWIDTH	16
GUARD_INTERVAL	2
C2_FRAME_LENGTH	10
L1_PART2_CHANGE_COUNTER	8
NUM_DSLICE	8
NUM_NOTCH	4
for i=0..NUM_DSLICE-1 {	
DSLICE_ID	8
DSLICE_TUNE_POS	14 or 13
DSLICE_OFFSET_LEFT	9 or 8
DSLICE_OFFSET_RIGHT	9 or 8
DSLICE_TI_DEPTH	2
DSLICE_TYPE	1
if DSLICE_TYPE=='1' {	
FEC_HEADER_TYPE	1
}	
DSLICE_CONST_CONF	1
DSLICE_LEFT_NOTCH	1
DSLICE_NUM_PLP	8
for i=0..DSLICE_NUM_PLP-1 {	
PLP_ID	8
PLP_BUNDLED	1
PLP_TYPE	2
PLP_PAYLOAD_TYPE	5
if PLP_TYPE=='00' or '01' {	
PLP_GROUP_ID	8
}	
if DSLICE_TYPE=='0' {	
PLP_START	14
PLP_FEC_TYPE	1
PLP_MOD	3
PLP_COD	3
}	
PSI/SI_REPROCESSING	1
if PSI/SI_REPROCESSING=='0' {	
transport_stream_id	16
original_network_id	16
}	
RESERVED_1	8
}	
RESERVED_2	8
}	
for i=0..NUM_NOTCH-1 {	
NOTCH_START	14 or 13
NOTCH_WIDTH	9 or 8
RESERVED_3	8
}	
RESERVED_TONE	1
EMERGENCY_INDICATOR*	1
RESERVED_4	15

注) EMERGENCY_INDIDATOR は ITU-T J.382 に追加された新規機能となる。

NETWORK_ID(16 ビット): 現在のネットワークを一意に識別する。

C2_SYSTEM_ID(16 ビット): ネットワーク内の C2 システムを一意に識別する。

START_FREQUENCY(24 ビット): 現在の C2 システムの開始周波数を、0 Hz からの距離として示し、現在の C2 システムのキャリア間隔の整数倍として unsigned int の値をとる。

C2_BANDWIDTH(16 ビット): 現在の C2 システムの帯域幅を示す。

GUARD_INTERVAL(2 ビット): 表 3.3-18 に従い、現在の C2 フレームのガードインターバルを示す。

表 3.3-18 ガードインターバルフィールドの定義

GUARD_INTERVAL	ガードインターバル比率
00	1/128
01	1/64
10 ~ 11	将来使用の為に予約

C2_FRAME_LENGTH(10 ビット): C2 フレームごとのデータシンボル数(L_{data})を示す。本ドキュメントに従う C2 システムでは $C2_FRAME_LENGTH = 0x1C0$ (10 進数の 448)のみが許される。

L1_PART2_CHANGE_COUNTER(8 ビット): 構成が変化する場所の前にある C2 フレームの数を示す。

NUM_DSLSICE(8 ビット): 現在の C2 フレーム内で搬送されるデータスライス数を示す。

NUM_NOTCH(4 ビット): ノッチバンド数を示す。

以下のフィールドは、データスライスループに出現する。

- **DSLSICE_ID(8 ビット):** C2 システム内でデータスライスを一意に識別する。
- **DSLSICE_TUNE_POS(13 または 14 ビット):** データスライスのチューニング位置を START_FREQUENCY との相対値として示す。
- **DSLSICE_OFFSET_LEFT(8 または 9 ビット):** 関連するデータスライスの開始位置をチューニング位置から左への距離として示す。
- **DSLSICE_OFFSET_RIGHT(8 または 9 ビット):** 関連するデータスライスの終了位置をチューニング位置から右への距離として示す。
- **DSLSICE_TI_DEPTH(2 ビット):** 表 3.3-19 に従い、関連するデータスライス内での時間インターリーブの深さを示す。

表 3.3-19 時間インターリーブの深さフィールドの定義

DSLSICE_TI_DEPTH	時間インターリーブの深さ
00	インターリーブ無し
01	4 OFDMシンボル
10	8 OFDMシンボル
11	16 OFDMシンボル

- **DSLSICE_TYPE(1 ビット):** 表 3.3-20 に従い関連するデータスライスのタイプを示す。

表 3.3-20 データスライスタイプフィールドの定義

DSLICE_TYPE	データスライスタイプ
0	データスライスタイプ1
1	データスライスタイプ2

次のフィールドは DSLICE_TYPE が「1」のときのみ出現する。

- **FEC_HEADER_TYPE(1 ビット):** 表 3.3-21 に従い、関連するデータスライス内の FECFrame ヘッダのタイプを示す。

表 3.3-21 FECフレームヘッダタイプフィールドの定義

FEC_HEADER_TYPE	FECフレームヘッダタイプ
0	高耐性モード
1	高効率モード

- **DSLICE_CONST_CONF(1 ビット):** 関連するデータスライスの構成が可変か固定かを示す。このフィールドが値「1」に設定されている場合関連するデータスライスの構成は変化しない。そうでない場合「0」に設定される。
- **DSLICE_LEFT_NOTCH(1 ビット):** 関連するデータフィールドの左に隣接するノッチバンドの存在を示す。関連するデータスライスの開始位置に隣接するノッチバンドが存在する場合、このフィールドは「1」に設定される。そうでない場合「0」に設定される。
- **DSLICE_NUM_PLP(8 ビット):** 関連するデータスライス内で搬送される PLP 数を示す。

以下のフィールドは、PLP ループに出現する。

- **PLP_ID(8 ビット):** C2 システム内で PLP を識別する。
- **PLP_BUNDLED(1 ビット):** 現在の C2 システム内で、関連する PLP が他の PLP とバンドルされるかどうかを示す。関連する PLP がバンドルされる場合、このフィールドは「1」に設定される。そうでない場合「0」に設定される。
- **PLP_TYPE(2 ビット):** 関連する PLP のタイプを示す。

表 3.3-22 PLP_TYPEフィールドの定義

PLP_TYPE	PLPのタイプ
00	共通PLP
01	グループ化データPLP
10	通常データPLP
11	将来使用の為に予約

- **PLP_PAYLOAD_TYPE(5 ビット):** 関連する PLP により搬送されるペイロードデータのタイプを示す。

表 3.3-23 PLP_PAYLOAD_TYPEフィールドの定義

PLP_PAYLOAD_TYPE	ペイロードのタイプ
00000	GFPS
00001	GCS
00010	GSE
00011	TS
00100 ~ 11111	将来使用の為に予約

次のフィールドは、PLP_TYPEが「00」または「01」のときのみ出現する。

- **PLP_GROUP_ID(8ビット):** 現在のPLPが、C2システム内でどのPLPグループに関連付けられているかを識別する。

以下のフィールドは、データスライスタイプ1が使用されているときのみ出現する。

- **PLP_START(14ビット):** 関連するPLPの最初の完全なXFECframeの開始位置を、現在のC2フレーム内で示す。
- **PLP_FEC_TYPE(1ビット):** 関連するPLPで使用されるFECタイプを示す。
- **PLP_MOD(3ビット):** 関連するPLPで使用される変調を示す。

表 3.3-24 PLP_MOD及びPLP_FEC_TYPEフィールドの定義

PLP_FEC_TYPE	PLP_MOD	PLP FECタイプ	変調	XFECFrameの長さ
0	000	16K LDPC	予約済み	NA
	001		16QAM	4 050
	010		64QAM	2 700
	011		256QAM	2 025
	100		1024QAM	1 620
	101		4096QAM	1 350
	110		予約済み	1 158
	111		予約済み	1 013
1	000	64K LDPC	予約済み	900
	001		16QAM	16 200
	010		64QAM	10 800
	011		256QAM	8 100
	100		1024QAM	6 480
	101		4096QAM	5 400
	110		予約済み	4 629
	111		予約済み	4 050

- **PLP_COD(3ビット):** 関連するPLPで使用される符号化率を示す。

表 3.3-25 符号化率フィールドの定義

PLP_COD	符号化率
000	将来使用の為に予約
001	2/3
010	3/4
011	4/5
100	5/6
101	8/9 (16K LDPC) 9/10 (64K LDPC)
110 ~ 111	将来使用の為に予約

- **PSI/SI_REPROCESSING(1 ビット):** PSI/SI 再処理が実行されるかどうかを示す。この値は、受信機にて処理が PSI/SI パートに依存するかどうかを認識するために使用される。PSI/SI 再処理が実行される場合このフィールドは「1」に、そうでない場合は「0」に設定される。

以下のフィールドは、PSI/SI_REPROCESSING が「0」のときのみ出現する。

- **transport_stream_id(16 ビット):** 配信システム内でこの TS を他の多重化から識別するためのラベルとして機能する。
- **original_network_id(16 ビット):** 元になる配信システムの network_id を識別するためのラベルとなる。
- **RESERVED_1(8 ビット):** 将来使用のため予約されている。
- **RESERVED_2(8 ビット):** 将来使用のため予約されている。

以下の 3 フィールドはノッチループに出現する。

- **NOTCH_START(13 または 14 ビット):** 関連するノッチバンドの開始位置を、START_FREQUENCY との相対値として unsigned int で示す。
- **NOTCH_WIDTH(8 または 9 ビット):** 関連するノッチバンドの幅を、unsigned int として示す。
- **RESERVED_3(8 ビット):** 将来使用のため予約されている。
- **RESERVED_TONE(1 ビット):** 一部のキャリアが予約されているかどうかを示す。現在の C2 フレーム内に予約キャリアが存在する場合、このビットは「1」に設定される。そうでない場合、「0」に設定される。
- **EMERGENCY_INDICATOR(1 ビット):** 緊急警報指示の有無を表す。起動制御が行われている場合、このビットは「1」に設定される。そうでない場合、「0」に設定される。尚、本機能は ITU-T J.382 に追加予定の機能である。
- **RESERVED_4(15 ビット):** 将来使用のため予約されている。

(理由)

受信に必要な基本的パラメータを L1 シグナリングパート 2 部分に格納し、受信機はこの領域の解釈をすることでペイロードデータの受信への準備が可能となる。また、各フレームごと、PLP ごとに変更されるパラメータに対応し動的にそのデータ量を変更することが可能となっており、必要最低限のシグ

ナリング情報を伝送すれば良いので効率的な伝送が可能となっている。更に、L1 シグナリング領域は受信機の初動フェイズにて解釈される領域である為、緊急警報指示などの低遅延での処理が必要とされる情報の格納に適している。

その他、L1 シグナリングパート 2 に続くプリアンブルシンボル領域に以下の情報が格納される。

(図 3.3-21 参照)

(1) L1 ブロックのパディング

1 ビットのフィールドであり、L1 シグナリングパート 2 データと本領域をあわせた L1 シグナリングパート 2 の長さが 2 の倍数であることを保証する。値は「0」に設定する。

(理由)

プリアンブルヘッダのシグナリング L1_INFO_SIZE が L1 シグナリングパート 2 サイズの半分として定義されている為、L1 シグナリングパート 2 の長さは 2 の倍数である必要がある。

(2) L1 シグナリングパート 2 の CRC

L1 シグナリングパート 2 の、L1 シグナリングパート 2 データと L1 ブロックパディングを含めた全体に、32 ビット CRC 符号が適用される。

● CRC 符号語の計算

CRC 符号化器は図 3.3-22 に示す通りシフト・レジスタによって実現される。

データブロックの最初のビット(MSB が最初となる)を入力した後、レジスタの内容は各係数に応じて排他的論理和演算した後に MSB 側へ 1 シフトされる。この手順は、各データビットについて繰り返される。データブロックの最後のビット(LSB)を入力し 1 シフトした時点での 32 レジスタの中身が CRC 符号語となる。データと CRC の符号語は、MSB から先に伝送される。

$$G_{32}(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

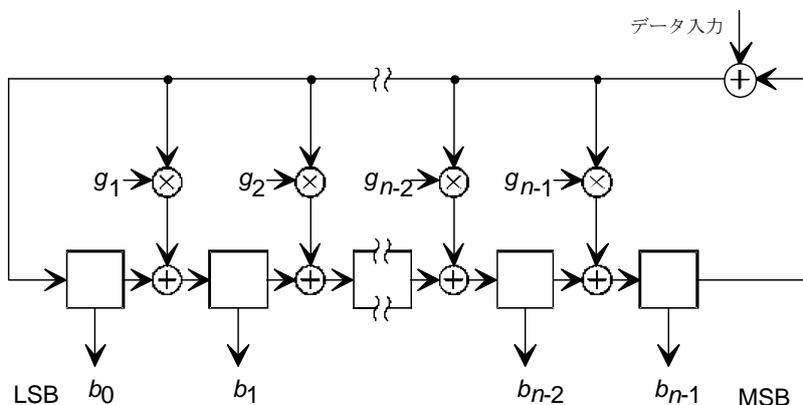


図 3.3-22 CRC符号化器のブロック図

また、入力開始前に全レジスタは1に初期化される。

(理由)

L1 シグナリングパート 2 に格納される情報はペイロードデータを受信処理する上での基本情報である為、誤り検出符号である CRC 符号化を行うことで情報の信頼性を保証することが可能となる。

(3) L1 パディング

可変長のフィールドで、L1 シグナリングパート 2 の CRC フィールドに続けて挿入される。これによって、L1 シグナリングパート 2 が複数のブロックに分割された場合に、各 LDPC ブロックが同じ情報サイズを持つことを保証できる。L1 パディングビットが存在する場合、値は「0」に設定すること。

(理由)

分割された複数ブロックのサイズをパディングすることにより統一することが可能となり、L1 シグナリングパート 2 で用いられる LDPC 符号の種類を統一することが可能となる。

3.3.5.4 L1シグナリングパート2のデータの変調と誤り訂正符号化

(1) 概要

L1 シグナリングパート 2 の符号化および変調の概念的な処理を図 3.3-23 に示す。

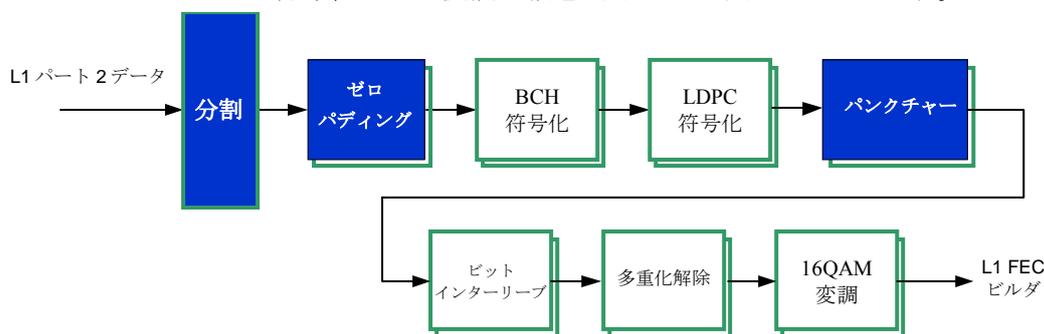


図 3.3-23 L1シグナリングパート2の符号化及び変調

各 L1 FECFrame パッケージは、OFDM シンボル内の 1L1 ブロックに対応する。複数の L1 FECFrame パッケージが必要になると同じ数の OFDM シンボル、プリアンブルシンボルも必要になる。L1 パート 2 のデータの長さが $N_{L1part2_max_per_Symbol}$ を超える場合、L1 パート 2 データを同じ長さのブロックに分割する必要がある。図 3.3-24(a)および(b)は、次のような場合の処理例を示している。

- a) L1 パート 2 が、1 つの L1-part2 LDPC FECFrame に収まる場合(図 3.3-24(a)を参照)。
- b) L1 パート 2 が、1 つの L1-part2 LDPC FECFrame を超える場合(図 3.3-24(b)を参照)。

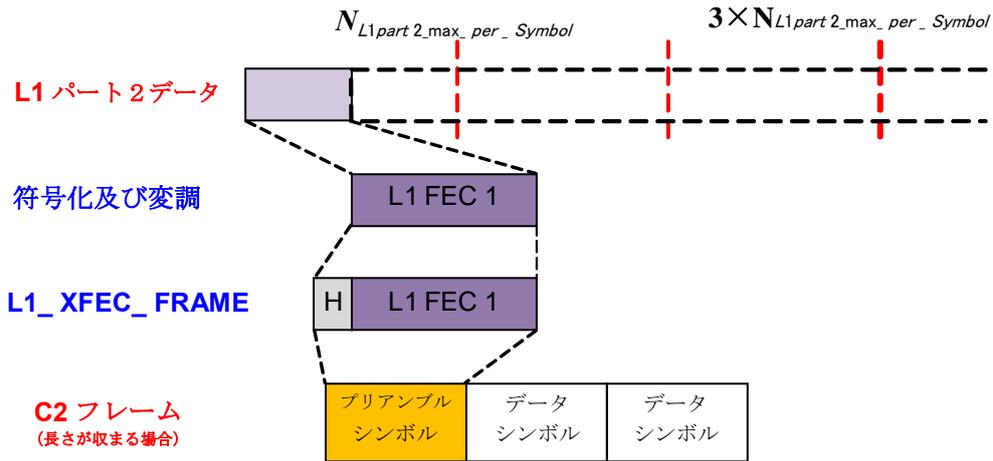


図 3.3-24(a) 一つのL1パート2 LDPC FECフレームにL1パート2が収まる場合

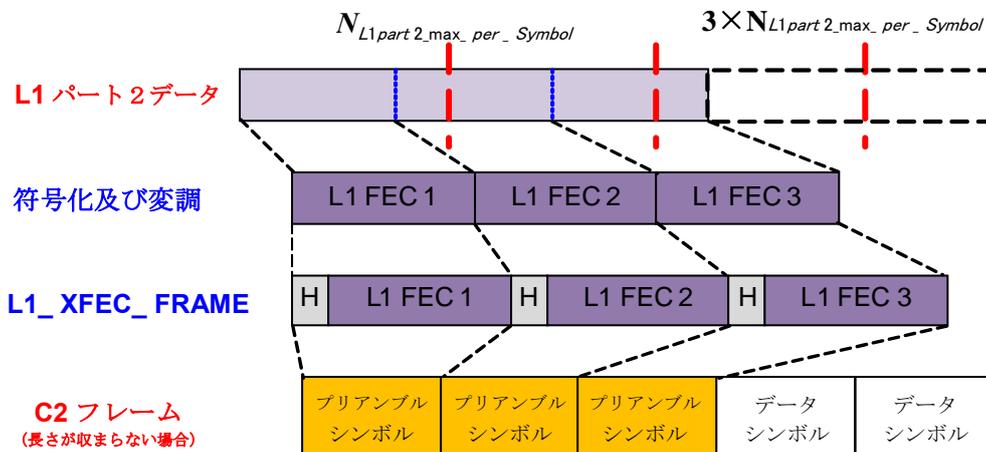


図 3.3-24(b) 一つのL1パート2 LDPC FECFrameにL1パート2が収まらない場合

L1 シグナリングパート 2 ヘッダーに含まれる時間インターリーブのシグナリングフィールド「L1_TI_MODE」に従い、時間インターリーブを L1 FECFrame へ適用する。

各 L1 FECFrame をプリアンブルへマップした後に余りのセルが存在する場合には、L1 パート 2 ヘッダを含んだ L1 FECFrame はプリアンブルブロック全体が満たされるまで繰り返される。プリアンブル内における L1 FECFrame の構造情報は L1 パート 2 ヘッダーに記述される。

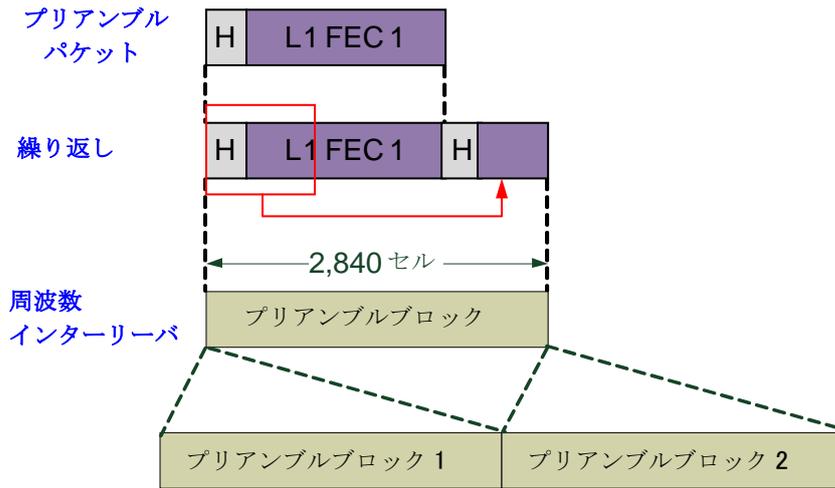


図 3.3-25 L1 FECフレームのL1ブロック（プリアンブルブロック）への配置

(2) L1 パート 2 データの符号化のパラメータ

L1 パート 2 のデータビット数は可変であり、長さに応じて 1 つまたは複数の 16K LDPC ブロックとして伝送される。L1 パート 2 データ用の LDPC ブロック数 $N_{L1part2_FEC_Block}$ は、次のように計算される。

$$N_{L1part2_FEC_Block} = \left\lceil \frac{K_{L1part2_ex_pad}}{N_{L1part2_max_per_Symbol}} \right\rceil$$

ここで $\lceil x \rceil$ は、 x 以上の最小の整数を意味し、 $K_{L1part2_ex_pad}$ は $2 \times L1_INFO_SIZE + 32$ である。

$N_{L1part2_max_per_Symbol}$ は 4,759、さらに L1_PADDING フィールドの長さ $K_{L1part2_PADDING}$ は次のように計算される。

$$K_{L1part2_PADDING} = \left\lceil \frac{K_{L1part2_ex_pad}}{N_{L1part2_FEC_Block}} \right\rceil \times N_{L1part2_FEC_Block} - K_{L1part2_ex_pad}$$

パディングフィールド $K_{L1part2}$ を含む、L1 シグナリングパート 2 全体の最終的な長さは次のように設定される。

$$K_{L1part2} = K_{L1part2_ex_pad} + K_{L1_PADDING}$$

そして、 $N_{L1part2_FEC_Block}$ 個の各ブロック内の情報ビット数 K_{sig} は次の式で定義される。

$$K_{sig} = \frac{K_{L1part2}}{N_{L1part2_FEC_Block}}$$

情報サイズ K_{sig} の各ブロックは、外符号として BCH 符号および内符号として LDPC 符号の接続によ

り保護される。与えられた K_{sig} および変調方式に応じ、 N_{punc} は次の手順で決定される。

手順 1) パンクチャーするビットの数を、次の式で計算する。

$$N_{\text{punc_temp}} = \left\lfloor \frac{6}{5} \times (K_{\text{bch}} - K_{\text{sig}}) \right\rfloor$$

ここで K_{bch} は符号化率 1/2 の 16K LDPC 符号を選択した場合の BCH 符号情報長 7,032 であり、演算 $\lfloor x \rfloor$ は x 以下の最大の整数を意味する。

$$\text{手順 2) } N_{L1\text{part}2_temp} = K_{\text{sig}} + N_{\text{bch_parity}} + N_{\text{ldpc}} \times (1 - R_{\text{eff_16K_LDPC_1_2}}) - N_{\text{punc_temp}}$$

16K LDPC 符号で符号化率が 1/2 の場合、 $N_{\text{ldpc}} \times (1 - R_{\text{eff_16K_LDPC_1_2}}) = 9,000$ である。

手順 3) L1 パート 2 ヘッダー内の時間インターリーブフィールド「L1_TI_MODE」の値(3.2.5.2 節を参照)に従い、 $N_{L1\text{part}2}$ を次のように計算する。

$$N_{L1\text{part}2} = \begin{cases} \text{L1_TI_MODE} = 00 \text{ または } 01 \text{ なら} \\ \left\lfloor \frac{N_{L1\text{part}2_temp}}{2\eta_{\text{MOD}} \times N_{L1\text{part}2_FEC_Block}} \right\rfloor \times 2\eta_{\text{MOD}} \times N_{L1\text{part}2_FEC_Block} \\ \text{そうでないなら} \\ \left\lfloor \frac{N_{L1\text{part}2_temp}}{2\eta_{\text{MOD}} \times N_{L1_TI_Depth}} \right\rfloor \times 2\eta_{\text{MOD}} \times N_{L1_TI_Depth} \end{cases}$$

ここで、 η_{MOD} は 16QAM なので 4、 $N_{L1_TI_Depth}$ は L1_TI_MODE = 10 および 11 についてそれぞれ 4 および 8 である。

$$\text{手順 4) } N_{\text{punc}} = N_{\text{punc_temp}} - (N_{L1\text{part}2} - N_{L1\text{part}2_temp})$$

$N_{L1\text{part}2}$ は各情報ブロックの符号化ビットの数である。短縮およびパンクチャーの後で、各ブロックの符号化されたビットは、 $N_{\text{MOD_per_Block}} = \frac{N_{L1\text{part}2}}{\eta_{\text{MOD}}}$ 個の変調されたシンボルにマップされる。 $N_{L1\text{part}2_FEC_Block}$ 個のブロックの変調シンボルの総数 $N_{\text{MOD_Total}}$ は、 $N_{\text{MOD_Total}} = N_{\text{MOD_per_Block}} \times N_{L1\text{part}2_FEC_Block}$ で与えられる。

(理由)

L1 シグナリングパート 2 は基本的に可変長であるが、それを保護する誤り訂正符号は符号長がある程度定まったブロック符号である為、長さをブロック長に調整する必要がある。また、プリアンブルシンボ

ルのサイズも単位ブロックの整数倍である必要があるため、長さの調整が必要である。

(3) FEC 符号化

- BCH 情報ビットの 0 パディング

(2) で定義された K_{sig} 個のビットは、BCH 符号化後に、16K ($N_{ldpc}=16,200$) の LDPC 符号語へ符号化される。 K_{sig} は常に、BCH 情報ビットの数($K_{bch}=7,032$)より小さいため、BCH 符号は短縮される。情報ビットの K_{bch} ビットに満たない部分には 0 がパディングされる。パディングビットは伝送されない。 K_{bch} 個の BCH 情報ビットは $\{m_0, m_1, \dots, m_{K_{bch}-1}\}$ で表記され、次のように N_{group} ($=K_{ldpc}/360$) 個のグループに分割される。

$$X_j = \left\{ m_k \mid j = \left\lfloor \frac{k}{360} \right\rfloor, 0 \leq k < K_{bch} \right\} \text{ for } 0 \leq j < N_{group}$$

L1 パート 2 データの符号パラメータ (K_{bch}, K_{ldpc}) を、表 3.3-26 に示す。

表 3.3-26 L1パート2データ用の符号パラメータ (K_{bch}, K_{ldpc})

	K_{bch}	K_{ldpc}
L1シグナリングパート2	7 032	7 200

図 3.3-26 に示すように $0 \leq j \leq N_{group}-2$ について各ビットグループ X_j は 360 ビットで最後のビットグループ $X_{N_{group}-1}$ は $360 - (K_{ldpc} - K_{bch}) = 192$ ビットとなる。

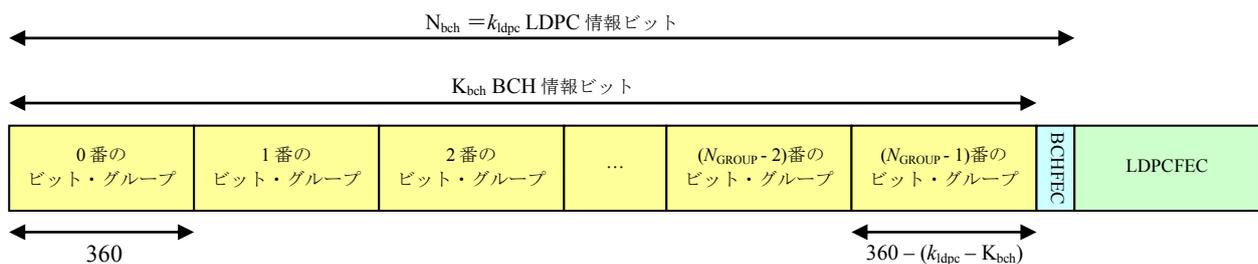


図 3.3-26 L1シグナリングパート2のLDPC符号化後のデータ構造

任意の K_{sig} について 0 パディングビットの数は $(K_{bch} - K_{sig})$ で計算され、次のように短縮される。

手順 1) すべてのビットがパディングされるグループの数 N_{pad} を、次のように求める。

$$0 < K_{sig} \leq 360 \text{ なら, } N_{pad} = N_{group} - 1$$

$$\text{そうでないなら、} N_{\text{pad}} = \left\lceil \frac{K_{\text{bch}} - K_{\text{sig}}}{360} \right\rceil$$

手順 2) N_{pad} 個のグループ $X_{\pi_S(0)}, X_{\pi_S(1)}, \dots, X_{\pi_S(m-1)}, X_{\pi_S(N_{\text{pad}}-1)}$ については、グループのすべての情報ビットが 0 でパディングされる。ここで、 π_S は表 3.2-27 に記述されている、符号化率と変調方式に依存する置換演算子である。

手順 3) $N_{\text{pad}} = N_{\text{group}} - 1$ の場合、 $(360 - K_{\text{sig}})$ 個の情報ビットがビットグループ $X_{\pi_S(N_{\text{group}}-1)}$ の最後の部分に追加でパディングされる。そうでない場合、グループ $X_{\pi_S(N_{\text{pad}})}$ について、 $(K_{\text{bch}} - K_{\text{sig}} - 360 \times N_{\text{pad}})$ 個の情報ビットが $X_{\pi_S(N_{\text{pad}})}$ の最後の部分に追加でパディングされる。

手順 4) 最後に K_{sig} 個の情報ビットが上述の手順により K_{bch} 個の BCH 情報ビット $\{m_0, m_1, \dots, m_{K_{\text{bch}}-1}\}$ にパディングされないビット位置へ シーケンシャルにマップされる。

表 3.3-27 L1シグナリングパート2用にパディングされる情報ビットグループの置換

変調及び 符号化率		N_{group}	$\pi_S(j) \ (0 \leq j < N_{\text{group}})$									
			$\pi_S(0)$	$\pi_S(1)$	$\pi_S(2)$	$\pi_S(3)$	$\pi_S(4)$	$\pi_S(5)$	$\pi_S(6)$	$\pi_S(7)$	$\pi_S(8)$	$\pi_S(9)$
			$\pi_S(10)$	$\pi_S(11)$	$\pi_S(12)$	$\pi_S(13)$	$\pi_S(14)$	$\pi_S(15)$	$\pi_S(16)$	$\pi_S(17)$	$\pi_S(18)$	$\pi_S(19)$
16QAM	1/2	20	18	17	16	15	14	13	12	11	4	10
			9	8	7	3	2	1	6	5	19	0

(理由)

LDPC 符号ブロックにおいては、エラー耐性の強いビットと弱いビットがあるため、なるべくエラー耐性の強いビットに有効情報をマッピングすることにより、L1 シグナリングパート 2 情報の伝送を強靱なものとするのが可能となる。

- BCH の符号化

K_{bch} 個の情報ビット ($K_{\text{bch}} - K_{\text{sig}}$ 個の 0 パディングビットを含む) は、3.3.3.1(1) に従い BCH 符号化され、 $N_{\text{bch}} = K_{\text{ldpc}}$ 個の出力ビット ($i_0 \dots i_{N_{\text{bch}}-1}$) が生成される。

(理由)

ペイロードデータと同様に LDPC 符号で除去しきれなかったエラーを BCH 符号により除去することが可能である。

- LDPC の符号化

BCH 符号化器の $N_{\text{bch}} = K_{\text{ldpc}}$ 個の出力ビット ($i_0 \dots i_{N_{\text{bch}}-1}$) は、 $(K_{\text{bch}} - K_{\text{sig}})$ 個の 0 パディングビットと、 $(K_{\text{ldpc}} - K_{\text{bch}})$ 個の BCH パリティビットを含み、LDPC 符号化器用の K_{ldpc} 個の情報ビット $I = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{\text{ldpc}}-1})$ を形成する。LDPC 符号化器は、 K_{ldpc} 個の情報ビットを、サイズ N_{ldpc} の符号語 A へ組織的に符号化する。

$$A = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{\text{ldpc}}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1}) \quad 3.3.3.1(2)\text{を参照}$$

(理由)

ペイロードデータと同様に理論限界に迫る性能を実現可能な LDPC 符号を用いることで、L1 シグナリングパート 2 情報をエラーから保護することが可能となる。

● LDPC パリティビットのパンクチャー

シグナリングビット符号化の際、一部の LDPC パリティビットは LDPC 符号化後にパンクチャーされる。これらパンクチャーされるビットは伝送されない。

$N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}$ 個の LDPC パリティビットは $\{p_0, p_1, \dots, p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1}\}$ で表記され、すべてが Q_{ldpc} 個のパリティグループに分割される。各パリティグループは次のように、 $N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}$ 個の LDPC パリティビットのサブセットとして形成される。

$$P_j = \{p_k \mid k \bmod Q_{\text{ldpc}} = j, 0 \leq k < N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}\} \quad \text{for } 0 \leq j < Q_{\text{ldpc}}$$

ここで P_j は j 番目のパリティグループを表し、 Q_{ldpc} は表 3.3-5(b) で与えられる。各グループは、図 3.3-27 に示すように $(N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}) / Q_{\text{ldpc}} = 360$ ビットである。

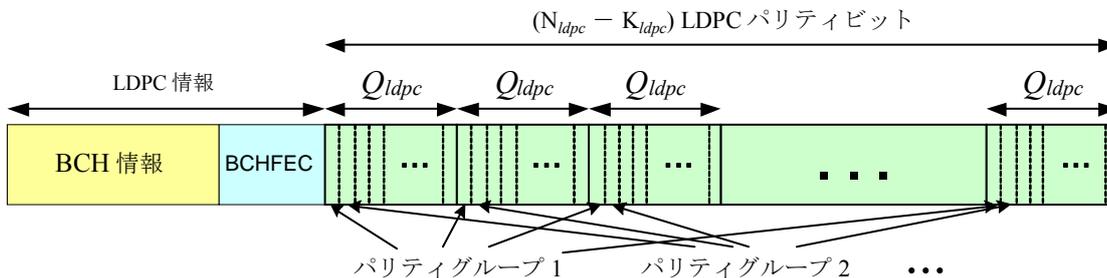


図 3.3-27 FECブロック内のパリティビットグループ

パンクチャーされるパリティビットの数について、 N_{punc} は 3.3.5.4(2)節で与えられる。

手順 1) すべてのビットがパンクチャーされるグループの数 $N_{\text{punc_groups}}$ を、次のように求める。

$$N_{\text{punc_groups}} = \left\lfloor \frac{N_{\text{punc}}}{360} \right\rfloor \quad \text{for } 0 \leq N_{\text{punc}} < N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}$$

手順 2) $N_{\text{punc_groups}}$ 個のパリティビットグループ $P_{\pi_P(0)}, P_{\pi_P(1)}, \dots, P_{\pi_P(N_{\text{punc_groups}}-1)}$ については、グループのすべてのパリティビットがパンクチャーされる。ここで、 π_P は符号化率と変調方式に依存する順列演算子で、表 3.3-28 に示されている。

手順 3) グループ $P_{\pi_P(N_{\text{punc_groups}})}$ について、グループの最初の部分にある $(N_{\text{punc}} - 360 \times N_{\text{punc_groups}})$ 個のパ

リティビットが追加でパンクチャーされる。

表 3.3-28 L1シグナリングパート2用にパンクチャーされるパリティグループの置換

変調及び符号化率		パンクチャーされるパリティグループの置換 $\{\pi_p(j), 0 \leq j < Q_{ldpc} = 25\}$												
		$\pi_p(0)$	$\pi_p(1)$	$\pi_p(2)$	$\pi_p(3)$	$\pi_p(4)$	$\pi_p(5)$	$\pi_p(6)$	$\pi_p(7)$	$\pi_p(8)$	$\pi_p(9)$	$\pi_p(10)$	$\pi_p(11)$	$\pi_p(12)$
16QAM	1/2	$\pi_p(13)$	$\pi_p(14)$	$\pi_p(15)$	$\pi_p(16)$	$\pi_p(17)$	$\pi_p(18)$	$\pi_p(19)$	$\pi_p(20)$	$\pi_p(21)$	$\pi_p(22)$	$\pi_p(23)$	$\pi_p(24)$	-
		6	4	13	9	18	8	15	20	5	17	2	22	24
		7	12	1	16	23	14	0	21	10	19	11	3	-

(理由)

BCH 符号の短縮と同様、LDPC 符号ビットにはエラー耐性が強いビット弱いビットがある為、LDPC 符号の特性に応じたパンクチャーを行うことで結果的に効率的な伝送が実現される。

● L1シグナリングパート2用のビットインターリーブ

L1シグナリングパート2はLDPC符号化後ブロックインターリーバーを用いてビットインターリーブされる。ビットインターリーバーの構成を、表 3.3-29 に示す。

表 3.3-29 ビットインターリーバの諸元

変調及び符号化率	行数Nr	列数Nc
16QAM	1/2	$N_{L1part2} / 8$
		8

LDPC 符号語は、インターリーバーに列方向に書き込まれ行方向に読み出される(L1シグナリングパート2のMSBが最初に読み出される)。

(理由)

符号ビットをインターリーバにより攪拌することで同一シンボル内にマップされるビットのエラー耐性が平均化され、結果より効率的な伝送が実現される。

(4) ビットから変調へのマッピング

● L1シグナリングパート2のデマルチプレクス

インターリーブされた各LDPC符号語は、次に変調方式へマップされる。出力データセルの数と、セルごとの実効ビット数 η_{MOD} の定義を、表 3.3-30 に示す。

入力ビットストリーム v_{di} は、3.3.3.2(1)の図 3.3-13 に示すように、デマルチプレクスされて $N_{substreams}$ 個のサブストリーム $b_{e,do}$ に変換される。1 デマルチプレクスのパラメータは、3.3.3.2(2)の表 3.3-10(a) のものと同じ。

表 3.3-30 変調へのマッピング・パラメータ

変調方式	η_{MOD}	出力データ・セル数	サブ・ストリーム数 $N_{substreams}$
16QAM	4	$N_{L1part2} / 4$	8

16QAM については、デマルチプレクスによる出力ワードは幅 $N_{substreams}$, $[b_{0,do} \dots b_{N_{substreams}-1,do}]$ で、幅 η_{MOD}

$=N_{\text{substreams}}/2$, $[y_{0,2do} \cdot y_{\eta_{\text{MOD}}-1,2do}]$ および $[y_{0,2do+1} \cdot y_{\eta_{\text{MOD}}-1,2do+1}]$ の2つのワードに分割される。

(理由)

LDPC 符号ビットのエラー耐性と 16QAM 変調の各ビットのエラー耐性の間の組み合わせを最適化することでより伝送効率を上げることが可能となる。

- QAM 変調へのマップ

符号化された L1 シグナリングパート 2 それぞれのセルワード $[y_{0,q} \cdot y_{\eta_{\text{MOD}}-1,q}]$ は、3.3.3.2(2),(3) に従い、16QAM 変調 f_q へマップされる。ここで、 q はビットインターリーブされた各 LDPC 符号語内のセルのインデックスである。

(理由)

L1 シグナリングパート 2 はペイロードデータを受信する上で不可欠な基本情報を伝送する領域であるため、より高耐性な伝送を行う必要がある。16QAM という低次変調を用いることでペイロードよりも強靱な伝送が可能となる。

3.3.5.5 L1シグナリングパート2データの時間インターリーブ

時間インターリーブ用パラメータと L1 ブロック構造の関係を図 3.3-28 に示す。

L1_TI_MODE は L1 パート 2 データの時間インターリーブの深さを示し、L1 ヘッダー信号で通知される。L1_TI_MODE = 「00」は L1 パート 2 に時間インターリーブが適用されないことを意味する。L1_TI_MODE = 「01」のとき、時間インターリーブの深さは L1 ブロックを搬送するために必要な最小 OFDM シンボル数、または $N_{L1\text{part2_FEC_Block}}$ となる。そうでない場合、時間インターリーブの深さは明示的に通知される。例えば L1_TI_MODE = 「10」の時、深さは 4 OFDM シンボルとなる。

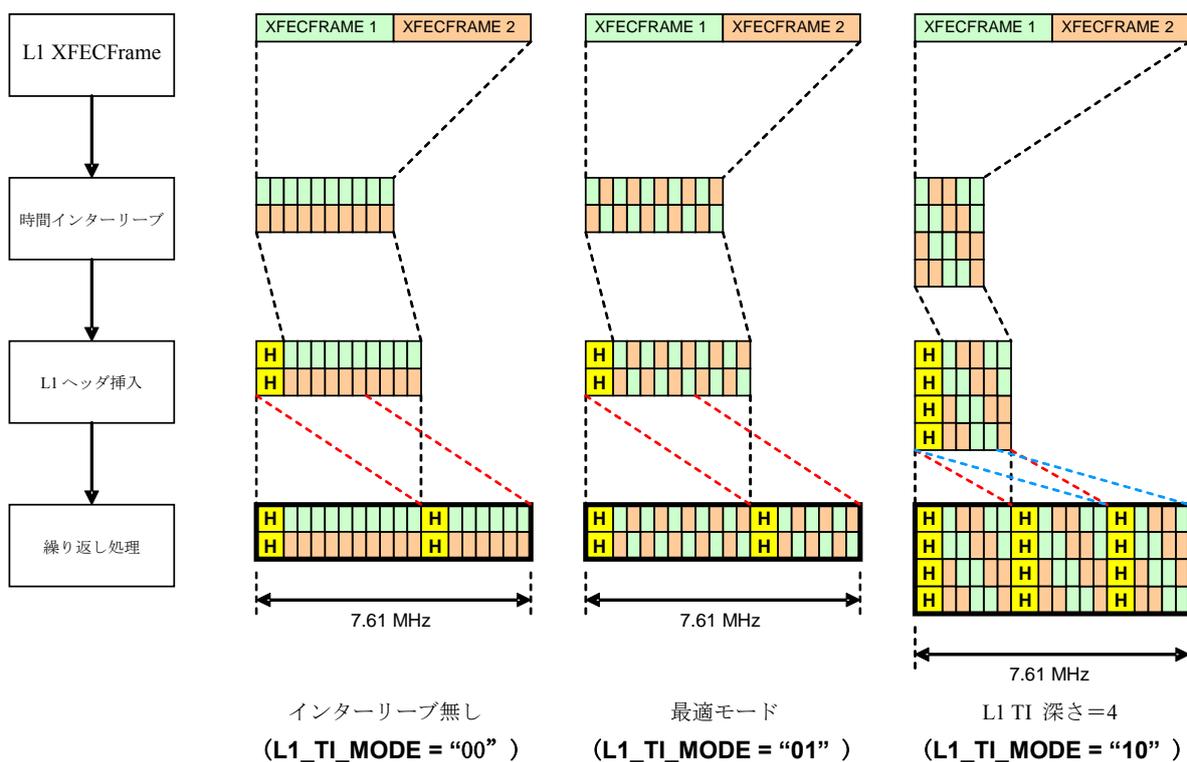


図 3.3-28 L1パート2データの時間インターリーブ

時間インターリーブ期間の長さ T_P は次のように計算される。

$$T_P = T_S \times N_{L1_TI_DEPTH}$$

ここで、 T_S は OFDM シンボルの総持続期間、 $N_{L1_TI_DEPTH}$ は時間インターリーブの深さで、L1 ヘッダ一信号により通知される L1_TI_MODE から決定される。

TI メモリの行数 N_r は $N_{L1_TI_DEPTH}$ に等しく、列数 N_c は次の式で計算される。

$$N_c = N_{MOD_Total} / N_{L1_TI_DEPTH}$$

ここで、 N_{MOD_Total} は L1 パート 2 データセルの総数である。 $N_{L1_TI_DEPTH}$ は、L1 ブロック $N_{L1part2_FEC_Block}$ を搬送するために必要な OFDM シンボルの最小数と等しいか、より大きい。

図 3.3-29 に示すように入力 L1 パート 2 データセルは TI メモリへ斜め方向に書き込まれ行方向に読み出される。

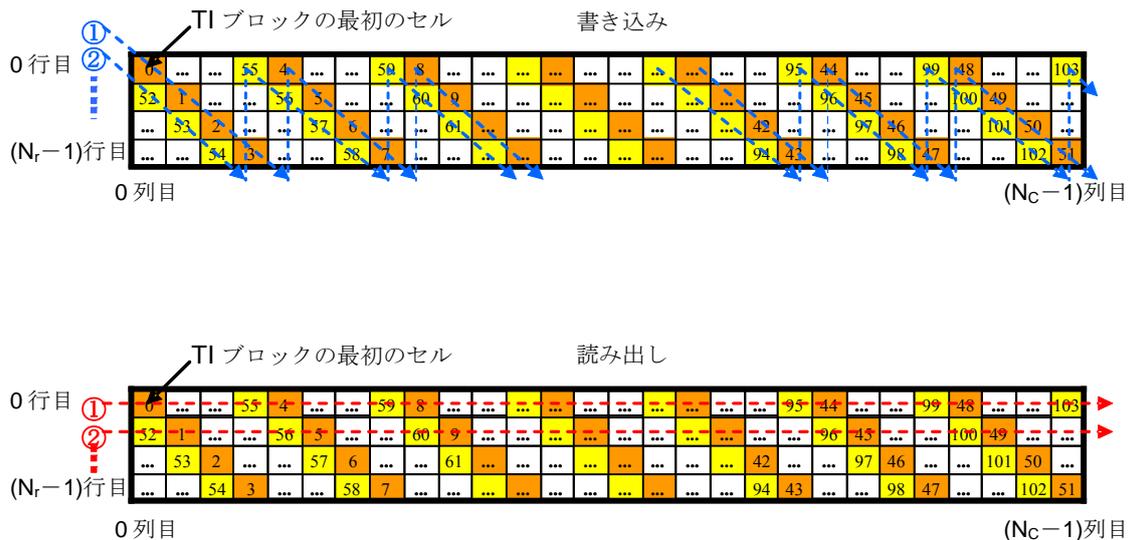


図 3.3-29 L1データの時間インターリーブ ($N_{MOD_TOTAL}=208, N_{LI_TI_DEPTH}=4$)

時間インターリーバへ入力される L1 パート 2 データセルが $d_i (i=0, \dots, N_{MOD_Total} -1)$ である時、 d_i を格納するための列インデックス C_i 、行インデックス R_i 、および関連するツイストパラメータ T_{C_i} は次のように計算される。

$$C_i = i \bmod N_c$$

$$T_{C_i} = C_i \bmod N_r$$

$$R_i = (T_{C_i} + (i \operatorname{div} N_c)) \bmod N_r$$

(理由)

時間インターリーバの深さを可変にすることにより、伝送路の状況に応じた時間インターリーバを選択することが可能となる。また、時間インターリーブを用いることにより時間ダイバーシティを得ることとなり、フェージング環境への耐性が強化される。

3.3.6 フレームビルダ

3.3.6.1 C2フレームの構造

C2 フレームは L_p 個のプリアンブルシンボル ($L_p \geq 1$) とそれに続く L_{data} 個のデータシンボルで形成される。プリアンブルシンボルは周波数方向に固定帯域幅 (3,408 サブキャリア、約 5.71MHz) の L1 ブロックシンボルへ分割される。データスライスの帯域幅は任意であるが L1 ブロックシンボルの帯域幅を超えない。また C2 信号内に周波数ノッチを挿入できる。

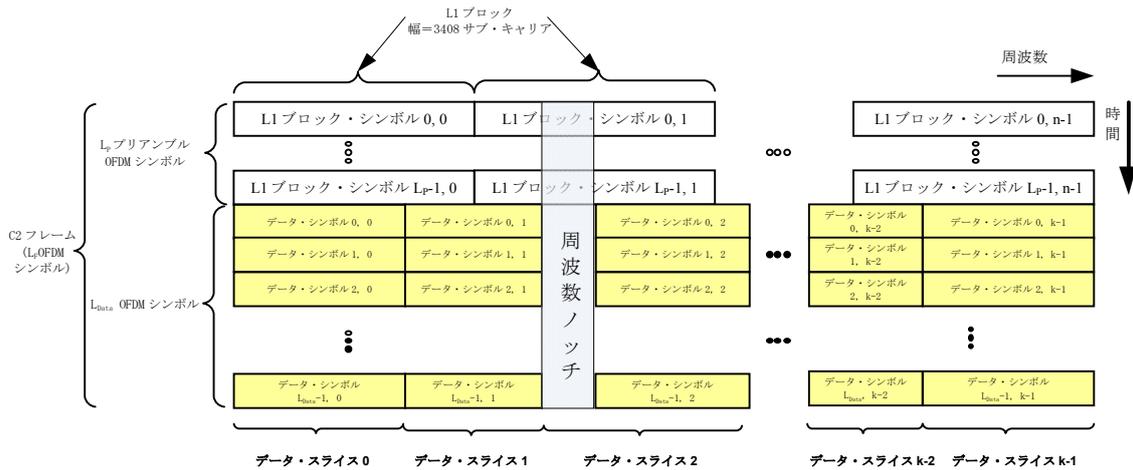


図 3.3-30 C2フレームの構成

(C2フレームは L_p 個のプリアンブルシンボルで始まり、それに L_{data} 個のデータシンボルが続く)

(理由)

受信機が最初に受信し解釈する必要がある部分が L1 ブロックであるため、その位置は受信機にとって既知であることが望ましい。また、データスライスの幅に上限を与えることにより、受信機コストを抑えることが可能となる。

(1) C2 フレームの持続期間

プリアンブルシンボルは C2 フレームの開始を伝える。C2 フレームのデータ部分は、 $L_{data}=448$ 個のシンボル($GI=1/64$ で約 362.4ms、 $GI=1/12$ で約 359.6ms)で構成される。プリアンブルシンボルの数 L_p は、各 L1 シグナリングパート 2 ブロックの先頭にある長さ情報から導出できる。

したがって、C2 フレームの持続期間は次の式で与えられる。

$$T_F = (L_p + L_{data}) \times T_s$$

ここで、 T_s は 1OFDM シンボル辺りの持続時間を意味する。

(理由)

C2 フレームのデータシンボル数を一定にすることにより持続時間もほぼ一定となり、受信機の起動時間が一定に保証されることとなる。単位時間当たりの処理データ量も一定であることが保証される。

3.3.6.2 パイロット用シーケンス

(1) データのスクランブルシーケンス

以下のシーケンスはプリアンブルデータをスクランブルし、パイロット信号を生成する。

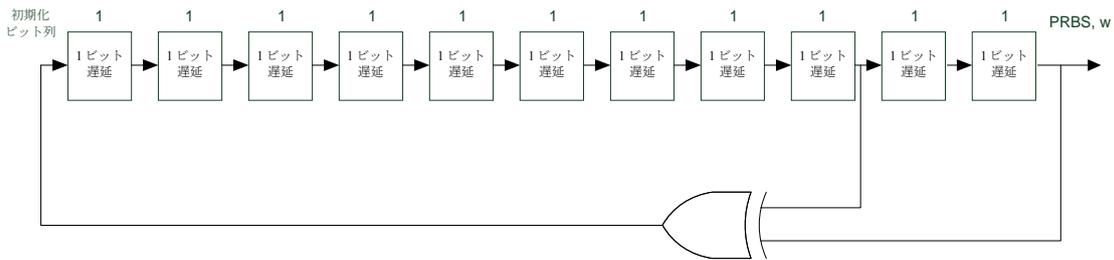


図 3.3-31 PRBSの生成

PRBS シーケンス w_i は図 3.3-31 に従い生成される。全シフトレジスタの初期値は「1」である。ここで、 w_i は PRBS 発生器の i 番目の出力値であり、生成多項式は以下のとおり。

$$X^{11} + X^2 + 1$$

(理由)

スクランブルをかけることにより、データに特定のビットシーケンスが現れることが避けられ伝送信号の偏りが軽減されることとなる。

(2) パイロットのスクランブルシーケンス

パイロットは OFDM の絶対キャリアインデックス k に応じた独自の同期シーケンス w_k^P を搬送する。

$$w_k^P = w_k \oplus w_i'$$

ここで w_k は(1)で定義されている参照シーケンスの k 番目の出力、 w_i' は図 3.3-32 で定義される PRBS 発生器の i 番目の出力、 $i = (k \bmod K_{LI}) / D_P$ 、 $D_P = 6$ はプリアンブルパイロットの周期を示す。 w_k^P はパイロット位置にのみ定義される為 i は整数となる。

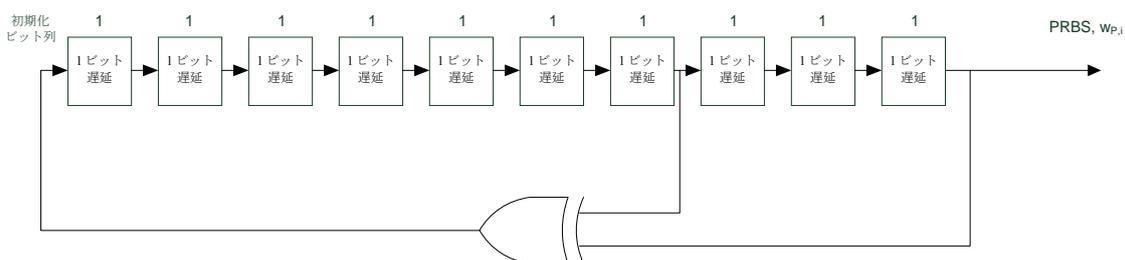


図 3.3-32 パイロット用PRBSの生成

尚、全シフトレジスタの初期値は「1」である。シーケンス w_i' の生成多項式は次のとおり。

$$X^{10} + X^3 + 1$$

(理由)

既知ビットシーケンスをパイロット信号として送出することにより、受信側でのパイロット検出が容易となる。また、絶対キャリアインデックス k に応じたシーケンスを多重することにより受信側でキャリアインデックス情報を得ることが可能となる。

(3) パイロットシーケンス

OFDM パイロットのパイロットシーケンスは、位置 k について次の式で与えられる。

$$r_k = \begin{cases} w_k^p & k \bmod K_{L1} = 0 \text{ の場合} \\ r_{k-6} \oplus w_k^p & \text{それ以外の場合} \end{cases}$$

ここで r_k は、 k が 6 の倍数のときのみ定義される。

(理由)

パイロット信号にのみ独自のシーケンスを重ねることにより、受信側でパイロット位置を検出することが可能となる。

3.3.6.3 プリアンブルシンボル

(1) プリアンブルシンボルの概要

すべてのフレームの先頭ではプリアンブルシンボルを送信する必要がある。プリアンブルシンボルは L_p 個の OFDM シンボルで構成され、プリアンブルシンボルは通常のデータシンボルと同じ OFDM パラメータを持つ。周波数ドメインで、プリアンブルはさらに $L1$ シグナリングブロックへ分割される。各 $L1$ シグナリングブロックは、3.3.5 節で定義されているすべての $L1$ パート 2 情報を含む。

OFDM セル $c_{m,L,k}^p$ は $k = 0, \dots, \infty$ について包括的に定義されるが、実際に伝送される OFDM キャリアはある帯域内のセル $K_{min} \leq k \leq K_{max}$ に限定される。

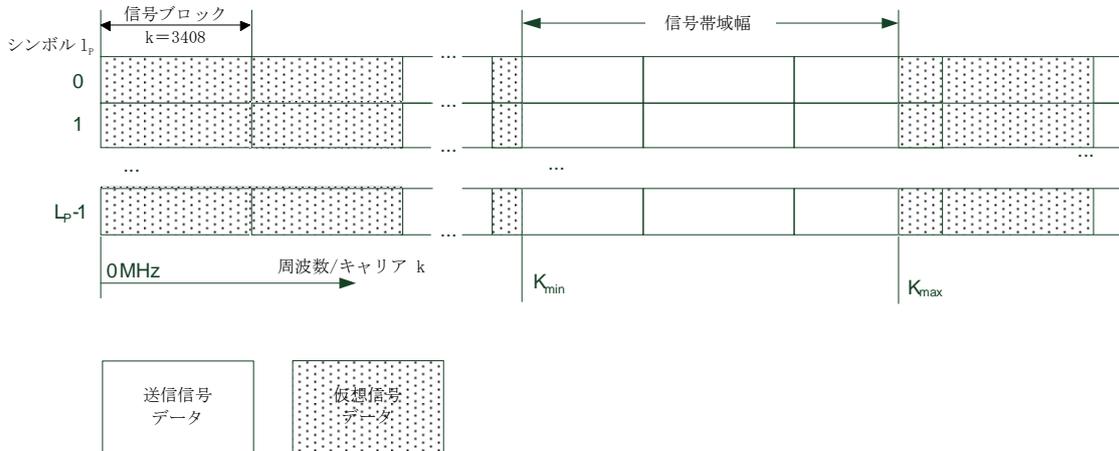


図 3.3-33 周波数領域でのプリアンブルシンボルの構成

(2) 周波数インターリーブ

プリアンブルにもデータと同じ周波数インターリーバ(3.3.6.4(5)節を参照)を使用する。これは各 L1 ブロックの $N_{L1}=2,840$ 個のデータセルに対して動作する。

インターリーブされたベクタ $A_{l_p,0}^P = (a_{l_p,0}^P, a_{l_p,1}^P, \dots, a_{l_p,N_{L1}-1}^P)$ は次のように定義される。

$$a_{l_p,q}^P = x_{l_p,H_0(q)} \quad l_p \bmod 2 = 0, \quad q = 0, 1, \dots, N_{L1} - 1 \text{ の場合}$$

$$a_{l_p,q}^P = x_{l_p,H_1(q)} \quad l_p \bmod 2 = 1, \quad q = 0, 1, \dots, N_{L1} - 1 \text{ の場合}$$

(理由)

プリアンブル周波数インターリーバにより、隣接するデータセルが分離され、ナローバンド干渉や周波数選択性により起きるエラーバーストを回避することが可能となる。

(3) パイロット挿入

各信号ブロックのパイロットは一意に定義されプリアンブルへの時間および周波数の同期が可能となる。また、通常のパイロットとは異なりプリアンブル内のパイロットはデータと同じパワーレベルで伝送される。これらのパイロットは差動 BPSK 変調され、受信機はこの差動符号化された参照情報に同期することができる。

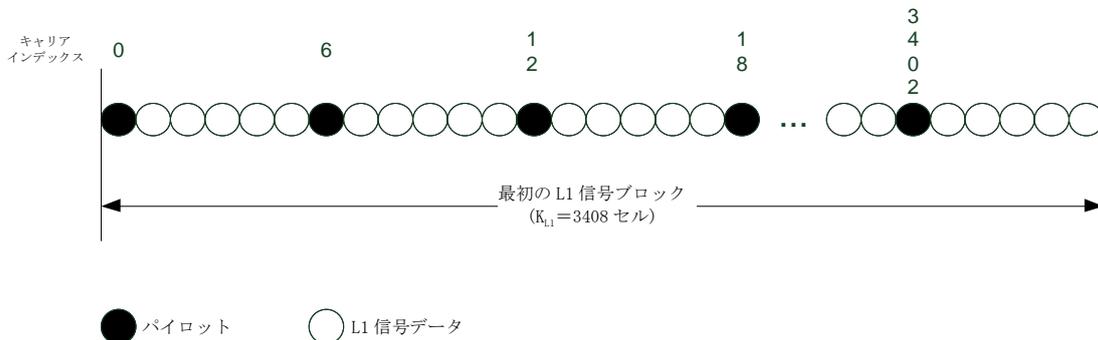


図 3.3-34 L1ブロック信号

● プリアンブルパイロットの位置

プリアンブルシンボルの与えられた OFDM キャリア k は、次の等式が成立するときにパイロットである。

$$k \bmod D_P = 0$$

ここで、 k は OFDM キャリアのインデックス、 $D_P = 6$ はプリアンブルパイロットの周期である。

(理由)

パイロット信号を伝送することにより、チャンネル推定が可能となり、また時間・周波数同期が可能とな

る。

- プリアンブルパイロットの振幅と変調

パイロットは、次のように変調される。

$$\operatorname{Re}\{c_{m,l_p,k}^P\} = A_{pp} \cdot 2(1/2 - r_k)$$

$$\operatorname{Im}\{c_{m,l_p,k}^P\} = 0$$

ここで、 A_{pp} はプリアンブルパイロットの振幅、 r_k は 3.6.2.2(3)で定義されるパイロットシーケンス、 m は C2 フレーム番号、 l_p はプリアンブルシンボルの番号、 k は絶対キャリアインデックスである。

プリアンブルパイロットの振幅(A_{pp}) は、1/128 ガードインターバルでは $A_{pp}=6/5$ に、1/64 ガードインターバルでは $A_{pp}=4/3$ に固定されている。

(理由)

差動変調を行うことにより時間同期が容易となる。また、パイロット信号の電力を上げることにより同期やチャネル推定が容易となる。

(4) シグナリングデータのマッピングとスクランブル

パイロット以外の OFDM セルはシグナリングデータを搬送する。シグナリングデータは周波数ドメイン内で巡回する為スクランブルされる。各データプリアンブル OFDM セル k は次のように定義される。

$$\operatorname{Re}\{c_{m,l_p,k}^P\} = \operatorname{Re}\{a_{l_p,q}^P\} \cdot (-1)^{w_k}$$

$$\operatorname{Im}\{c_{m,l_p,k}^P\} = \operatorname{Im}\{a_{l_p,q}^P\} \cdot (-1)^{w_k} \quad q = (k \bmod K_{L1}) - [(k \bmod K_{L1})/6] \text{ の場合}$$

ここで、 $a_{l_p,q}^P$ は OFDM シンボル l_p のインデックス q の周波数インターリーバー出力で、 w_k は 3.3.6.2(1)で定義されたシーケンスの k 番目の出力、 $K_{L1}=3,408$ は L1 シグナリングブロックごとの OFDM キャリア数である。

(理由)

スクランブルシーケンスを元に差動符号化することで、受信機側での同期が容易となる。

(5) プリアンブルシンボル内のノッチ

データスライスと同様に、プリアンブルシンボルもノッチを含むことができる。プリアンブルノッチ内のセルは、一切の伝送パワーを搬送しない。プリアンブルノッチは常に、データスライスノッチと一致する、すなわち同じ OFDM サブキャリアが省略される。ノッチをプリアンブルシンボルに適用する方法は 2 つ存在する。

- ナローバンドノッチ

ナローバンドノッチは、48 OFDM サブキャリア未満の帯域幅を持つ。データスライスの帯域幅はガードインターバル粒度($GI = 1/64$ について 11、23、35、47 サブキャリア、 $GI = 1/128$ について 23、47 サブキャリア)の整数倍である。

3408 OFDM サブキャリア帯域幅のいかなるチューニング位置でも、ナローバンドノッチは 1 つだけ許される。

- ブロードバンドノッチ

ブロードバンドノッチは、48 サブキャリア以上の帯域幅を持つ。

ブロードバンド・ノッチは、3,408 サブキャリアよりも上に、最低 1 つの隣接する連続 L1 シグナリングブロック領域が利用可能でない限り、C2 システムに挿入してはならない。これによって、C2 システムの初期取得時にレシーバーはブロードバンドノッチを認識し、整合した L1 シグナリングデータが存在する周波数範囲へ再同調できる。

ブロードバンドノッチは常に、異なるデータスライス間に配置される。

ブロードバンドノッチに隣接する C2 システムのサブキャリアの組が 3,408 サブキャリア未満である(すなわち、L1 ブロックを信頼性の高い方法で復号不能な)場合、このサブキャリアの組に含まれるすべてのデータスライスはデータスライスタイプ 2 を使用し、「固定」に構成(すなわち、L1-part2 信号の `DSLICE_CONST_CONF` フラグが 1 に設定される)しなければならない。

(理由)

C2 システムの初期取得時にレシーバーはブロードバンドノッチを認識し、整合した L1 シグナリングデータが存在する周波数範囲へ再同調することが可能となる。また、どのような場合も、ブロードバンドノッチに隣接する C2 システムのサブキャリアの最小の組は 841 サブキャリアで、これによってレシーバーで信号が正しく処理されるよう、関連する周波数帯に最低でも 5 つの連続したパイロットが利用可能なことが保証される。

3.3.6.4 データスライスの生成

データスライスは別のチャンネルとして扱うことができ、異なるスライス間でインターリーブは実行されない。各データスライスは、OFDM キャリアの開始 $K_{DS,min}$ と、OFDM キャリアの終了 $K_{DS,max}$ により識別され、このとき $K_{DS,min} < K_{min}$ かつ $K_{DS,max} < K_{max}$ である。データスライスの開始および終了は必ずスキッタードパイロットの位置で、終了はスキッタードパイロット位置のとなりとなる。また、データスライスは互いにオーバーラップしてはならない。

(1) データスライスの位置

- データスライスの OFDM キャリアの開始と終了

データスライスの開始および終了周波数は、レイヤー1 シグナリングで `START_FREQUENCY`、`DSLICE_TUNE_POS`、`DSLICE_OFFSET_LEFT`、および `DSLICE_OFFSET_RIGHT` の値により伝送される。`START_FREQUENCY` と `DSLICE_TUNE_POS` は異なる C2 フレーム間で準静的であるが、他の 2 つの値は選択したモードによってはフレームごとに変化することが許される。データスライスはスキッター

ドパイロットの位置でのみ開始し、そのとなりでのみ終了するため、信号は値 D_X (この値はガードインターバルのサイズに依存する) に依存する。さらに、`START_FREQUENCY` の値は同様に D_X の整数倍である必要がある。このため、データスライスの開始周波数と終了キャリアは次のようになる。

$$K_{DS,min} = (\text{DSLICE_TUNING_POS} + \text{DSLICE_OFFSET_LEFT}) \cdot D_X + \text{START_FREQUENCY}$$

$$K_{DS,max} = (\text{DSLICE_TUNING_POS} + \text{DSLICE_OFFSET_RIGHT}) \cdot D_X + \text{START_FREQUENCY} - 1$$

(理由)

データスライスの帯域幅は 5.71MHz 以下である制限があるものの任意であるため、その開始位置、終了位置を受信機に明示的に知らせる必要がある。

- データスライスの最大幅
各データスライスの幅は 3,408 OFDM キャリアを超えてはならない。すなわち

$$K_{DS,max} - K_{DS,min} < 3408$$

(理由)

データスライス幅に制限を与えることで、受信機コストが抑えられる。

- データスライスの最小幅
レイヤー1 シグナリングでは、ペイロード容量を一切持たないデータスライスを示すことが許される。伝送すべきペイロードデータが存在しない場合このようなデータスライスを使用できる。これらのデータスライスは次のように通知される。

$$\text{DSLICE_OFFSET_LEFT} = \text{DSLICE_OFFSET_RIGHT}$$

負の幅を持つデータスライスは通知されてはならない。`DSLICE_TYPE` が「0」で、データスライスの幅が 0 より大きい場合、そのデータスライスは最低 1 つの完全なデータスライスパッケージを伝送できる。

(理由)

幅 0 のデータスライスを許容することで動的なフレーム構造変動へのより柔軟な対応を可能とする。

- データスライス内のノッチ
データスライスはノッチを含むことができる。これらのノッチ内のセルは一切の伝送パワーを搬送しない。各ノッチの開始および終了キャリアは、対応するレイヤー1 シグナリング内で示される。ノッチは常に、分散したパイロット位置のとなりで開始および終了する。各ノッチの開始キャリアと終了キャリアは次のように定義される。

$$K_{N,\min} = \text{NOTCH_START} \cdot D_X + \text{START_FREQUENCY} + 1$$

$$K_{N,\max} = (\text{NOTCH_START} + \text{NOTCH_WIDTH}) \cdot D_X + \text{START_FREQUENCY} - 1$$

ここで、 D_X はガードインターバルに依存するパイロットの再分割周期である。

(理由)

従来であればノッチ領域を包含する1チャンネル分がすべて使用不可な状況であったが、ノッチ機能を搭載することにより領域の境界まで有効利用することが可能となった。

(2) データスライスのペイロードセルの数

OFDM シンボルごと、データスライスごとのペイロードセルの数 N_{DS} は、 $(K_{DS,\max} - K_{DS,\min} + 1)$ から、コンティニューアルパイロット、スキッタードパイロット、予約トーン、およびノッチに配置されたセルを引いた結果に等しい。

データスライス内のペイロードセルの数は、1つのC2フレーム内でもOFDMシンボルごとに異なる可能性がある。

(理由)

パイロット信号などの各種信号を、伝送環境に応じてシンボルごとに配置し、より柔軟な伝送環境の実現が可能となっている。

(3) データスライスパケットのマッピング

データスライスパケットは、OFDMシンボルごとに N_{DS} 個のデータセルにマップされる。データスライスパケットのデータ g_0, \dots, g_{N_x-1} にはOFDMシンボルのデータセル $a_{m,l,k}$ がインデックスの昇順にマップされる。ここでインデックス k は $K_{DS,\min} \leq k \leq K_{DS,\max}$ の範囲内で定義される。

1つのデータスライスパケットのデータの長さがC2フレームの長さを超える場合、データは次のC2フレームへ継続される。前のC2フレームにデータスライスが存在しない(幅0のデータスライスが存在する)場合、データスライスパケットはデータスライス内の最初の有効データセルにマップされる。

DSLICE_TYPE が「0」の時、データスライスパケット開始位置が、レイヤー1シグナリングのPLP_STARTに通知される。データスライス幅が0の場合、PLP_STARTは0に設定される。

DATA_SLICE_TYPE が「1」でペイロードデータを伝送しない場合には代わりにダミーのデータスライスパケットを伝送する必要がある。

(理由)

あらゆるサイズやタイプのデータスライスに対応する柔軟なマッピング機能を備えている。

(4) 時間インターリーブ

時間インターリーバー(TI)はデータスライスレベルで動作する。時間インターリーブのパラメータは

C2 システム内のデータスライスごとに異なることが許されるが、データスライス内のすべての PLP については同一である。各データスライス内の、すべてのパイロットおよび予約トーンの正確な数と位置は、フレーム構築前に TI に通知される。

各データスライス内データセルは時間インターリーブブロックとしてグループ化される。データスライスを構成する各 PLP のデータスライスパケットの開始と終了は、時間インターリーブブロックの開始や終了とは同期していないことがある。データスライス内の各時間インターリーブブロックには、 $N_{\text{DSLICE_TI_DATA_CELL}}$ 個のペイロードデータセルが含まれ、 $N_{\text{DSLICE_TI_DEPTH}}$ 個のデータシンボルにより搬送される。 $N_{\text{DSLICE_TI_DEPTH}}$ は、L1 シグナリングパート 2 で通知される DSLICE_TI_DEPTH から得られる。また、 $N_{\text{DSLICE_TI_DATA_CELL}}$ は次の式で計算される。

$$N_{\text{DSLICE_TI_DATA_CELL}} = \sum_{l \in \text{TI block}} N_{\text{DS}}^l$$

ここで N_{DS}^l は時間インターリーブブロックの l 番目のデータシンボルのペイロードセル数であり、データスライスのすべての時間インターリーブブロックには同じ数のペイロードセルが存在する。

時間インターリーブ期間の長さ T_P は次のように計算される。

$$T_P = T_S \times N_{\text{DSLICE_TI_DEPTH}}$$

ここで、 T_S は 1 OFDM シンボル辺りの持続時間である。

TI は、データスライスビルダ出力データセルを TI メモリに格納する。すべてのパイロットおよび予約トーンの数と位置は TI に対して事前に通知されるため、データセルはパイロットまたは予約トーン的位置には格納されない。

TI はツイストされたブロックインスーリーバーである。インターリーバーの行数 N_r は時間インターリーブの深さ $N_{\text{DSLICE_TI_DEPTH}}$ に等しく、列数 N_c はデータスライスの幅 $N_{\text{DSLICE_WIDTH}}$ に等しい。データスライスの幅は次の式で表される。

$$N_{\text{DSLICE_WIDTH}} = K_{\text{DS,max}} - K_{\text{DS,min}}$$

ここで、 $K_{\text{DS,max}}$ および $K_{\text{DS,min}}$ はそれぞれデータスライス内の開始と終了 OFDM セルインデックスである。図 3.3-35 に示すように、入力セルはインターリーバーメモリへ斜め方向に書き込まれ、行方向に読み出される。

インデックス i の範囲が 0 から $(N_{\text{DSLICE_TI_CELL}}-1)$ までであると想定する。ここで、 $N_{\text{DSLICE_TI_CELL}}$ はデータスライスの $N_{\text{DSLICE_TI_DEPTH}}$ 個のデータシンボルに含まれるセルの総数で、次の式で計算される。

$$N_{\text{DSLICE_TI_CELL}} = N_{\text{DSLICE_TI_DEPTH}} \times N_{\text{DSLICE_WIDTH}}$$

列インデックス C_i 、行インデックス R_i 、および関連するツイスト・パラメータ T_{C_i} は次のように計算

される。

$$C_i = i \bmod N_c$$

$$T_{C_i} = C_i \bmod N_r$$

$$R_i = (T_{C_i} + (i \operatorname{div} N_c)) \bmod N_r$$

このとき、TIメモリ内のすべてのセルの位置は、座標 (R_i, C_i) によって一意に定義される。入力データ・セル $d_k (k = 0, \dots, N_{\text{DSLICE_TI_DATA_CELL}} - 1)$ は、その位置がペイロードデータセルに割り当てられている場合のみ位置 (R_i, C_i) のTIメモリ内へ書き込まれる。

$k = 0;$

for ($i = 0; i < N_{\text{DSLICE_TI_CELL}}; i = i + 1$) {

GENERATE (R_i, C_i);

if ($R_i, C_i =$ データ・セルの位置 {

WRITE d_{kto} (R_i, C_i);

$k = k + 1;$

 }

}

(理由)

時間インターリーブを導入することにより、ペイロードデータに時間ダイバーシティが得られ、より高耐性な伝送を行うことが可能となる。また、時間インターリーブの単位をデータスライスとしたことによって、受信機は所望のデータスライスのみを処理すれば良いこととなる。

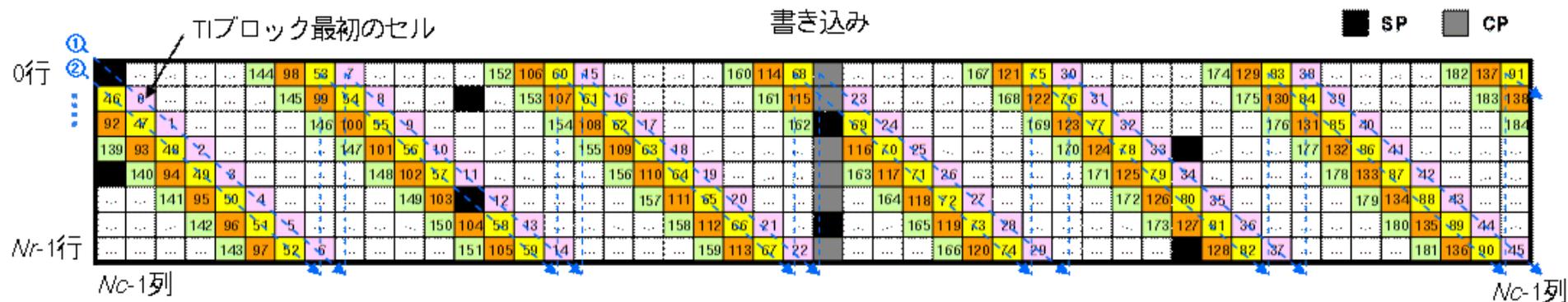


図 3.3-35 時間インターリーブ ($D_x=12, GI=1/64, N_r=8, N_c=48, DSLICE_WIDTH=4$)

(5) 周波数インターリーブ

周波数インターリーバは、1つの OFDM シンボルのデータセルに対して動作し、フレームビルダ出力としてのデータセルを各 OFDM シンボル内の N_{data} 個のデータキャリアにマップする。

周波数インターリーバは、データスライス n における C2 Frame m 内の OFDM Symbol l に含まれるデータセル $X_{m,l} = (x_{m,l,0}, x_{m,l,1}, \dots, x_{m,l,N_{\text{data}}(n)-1})$ を処理する。

M_{max} は、データスライスの最大セル幅である 3,408 よりも大きい最小の 2 べき数、すなわち 4,096 と定義される。

データスライス n が、 $N_{\text{data}}(n)$ 個のデータキャリアを OFDM シンボル l 内に持ち、 M_{max} 個のサブキャリアである場合、インターリーブされたベクタ $A_{m,l} = (a_{m,l,0}, a_{m,l,1}, a_{m,l,2}, \dots, a_{m,l,N_{\text{data}}(n)-1})$ は次のように定義される。

$$l = 0 \pmod{2} \text{ の時} \quad a_{m,l,q} = x_{m,l,H_0}(q)$$

$$l = 1 \pmod{2} \text{ の時} \quad a_{m,l,q} = x_{m,l,H_1}(q)$$

ここで、 $H_0(q)$ および $H_1(q)$ は置換関数であり、元となるシーケンス R'_i は次のように定義される。

$N_r = \log_2 M_{\text{max}} = 12$ であるとき、 $(N_r - 1)$ ビットのバイナリワード R'_i は次の値となる。

$$i = 0, 1 \text{ の時} \quad R'_i [N_r - 2, N_r - 3, \dots, 1, 0] = 0, 0, \dots, 0, 0$$

$$i = 2 \text{ の時} \quad R'_i [N_r - 2, N_r - 3, \dots, 1, 0] = 0, 0, \dots, 0, 1$$

$$2 < i < M_{\text{max}} \text{ の時} \quad R'_i [N_r - 3, N_r - 4, \dots, 1, 0] = R'_{i-1} [N_r - 2, N_r - 3, \dots, 2, 1]; \quad R'_i [N_r - 2] = R'_{i-1} [0] \oplus R'_{i-1} [2]$$

ベクタ R_i はベクタ R'_i から、表 3.3-31 に与えられているビット置換により導出される。

表 3.3-31 4Kモードでのビット順列

R_i ビット位置	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
R_i ビット位置(H_0)	7	10	5	8	1	2	4	9	0	3	6
R_i ビット位置(H_1)	6	2	7	10	8	0	3	4	1	9	5

それぞれの順列関数 $H(q)$ は、次のアルゴリズムで定義される。

$$q = 0;$$

$$\text{for } (i = 0; i < M_{\text{max}}; i = i + 1)$$

$$\{ H(q) = (i \pmod{2}) \cdot 2^{N_r - 1} + \sum_{j=0}^{N_r - 2} R_i(j) \cdot 2^j;$$

$$\text{if } (H(q) < N_{\text{data}}(n)) \quad q = q + 1; \}$$

置換関数の生成に使用されるアルゴリズムの構造的なブロック図を、図 3.3-36 に示す。

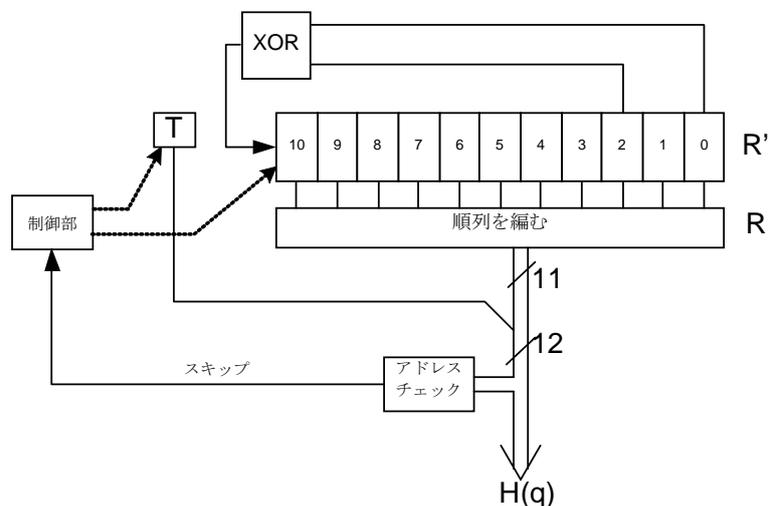


図 3.3-36 4KモードOFDM用の周波数インターリーバのアドレス生成処理

データスライス n についての周波数インターリーバの出力を $A_{m,l} = (a_{m,l,0}, a_{m,l,1}, a_{m,l,2}, \dots, a_{m,l,N_{\text{data}}(n)-1})$ と表すと、これらは C2 フレーム m のシンボル l に含まれるデータセル $v_{m,l,j}$ へ次のように割り当てられる。

$$v_{m,l,B(n)+i} = a_{m,l,i}$$

ここで $B(n)$ は、スライス n に割り当てられる最初のデータセルの位置である。

(理由)

周波数インターリーブを施すことにより周波数ダイバーシティを得、周波数選択制の高いフェージング環境でのエラー耐性が高まる。

3.3.6.5 スタッフィングデータスライス

OFDM 信号内ではスタッフィングデータスライスを伝送できる。スタッフィングデータスライスは L1 シグナリング内では通知されない。パイロットおよびダミーキャリアは、通常のデータスライスの場合と同じ位置で伝送される。

パイロットまたは予約トーンにマップされないセル信号は平均パワー値 1 で搬送される。送信機は信号がほぼランダムに分散することを保証する必要がある。

(理由)

C2 フレームの空き領域をスタッフィングデータスライスで満たすことにより、C2 フレーム構造を一定に保持することが可能となる。

3.3.6.6 パイロットの挿入

(1) 概要

OFDM フレーム内の各種のセルは、受信機側で既知な参照情報付きで変調される。参照情報を含むセルは、ブーストされたパワーレベルで伝送され、スキャッタード、コンティニュアル、およびエッジパイロットと呼ばれる。パイロット情報の値は、参照シーケンス r_k から導出される。

表 3.3-32 シンボルに含まれる各種パイロット(X=有り)

シンボル	パイロットの種類			
	スキャッタード	コンティニュアル	エッジ	プリアンブル
プリアンブル				X
データ	X	X	X	

(理由)

パイロット信号の挿入により、フレーム同期、周波数同期、時間同期、チャンネル推定、また位相ノイズを追跡することも可能となる。

(2) スキャッタードパイロットの挿入

● スキャッタードパイロットの位置

スキャッタードパイロットの位置は、シンボルインデックス l 、キャリアインデックス k 、および GI 比率にのみ依存する。シンボル l 上の OFDM 信号のキャリア k は、次の等式が満たされる時、スキャッタードパイロットの位置となる。

$$k \bmod (D_X \cdot D_Y) = D_X (l \bmod D_Y)$$

ここで、 D_X 、 D_Y は表 3.2-32 で定義される。

- k : 0 RF を原点としたキャリアインデックス
- l : データシンボルインデックス

表 3.3-33 スキャッタードパイロットのパターンを決めるパラメータ

GI比率	パイロットを含む キャリア間隔(D_X)	スキャッタードパイロットのパターンの シンボル周期(D_Y)
1/64	12	4
1/128	24	4

(理由)

複数のキャリア間隔を備えることにより、伝送路の状況に応じてスキッターードパイロットの比率を変更することが可能である。

- スキッターードパイロットの振幅

スキッターードパイロットの振幅 A_{SP} は 7/3 に固定されている。この振幅は、コンティニュアルパイロットとエッジパイロットにも共通に使用される。

(理由)

パイロット信号の電力を通常データよりもあげることにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャンネル推定することも可能となる。

- スキッターードパイロットの変調

スキッターードパイロットの位相は、3.3.6.2 節に記載されている参照シーケンスから導出される。

スキッターードパイロットの変調値は次のように与えられる。

$$\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = A_{SP} \sqrt{2(1-r_k)}$$

$$\text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0$$

ここで、 A_{SP} は上記の定義に従い、 r_k は 3.3.6.2 節で定義され、 m は C2 フレームのインデックス、 k はキャリアの周波数インデックスである。

(理由)

パイロット信号をより高耐性である差動 BPSK 変調によって送出することにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャンネル推定することも可能となる。

(3) コンティニュアルパイロットの挿入

上述のスキッターードパイロットに加えて、フレームの、プリアンブルシンボルを除くすべてのシンボルにはコンティニュアルパイロットが挿入される。コンティニュアルパイロットの数と位置はすべての GI 比率について同じである。

- コンティニュアルパイロットの位置

コンティニュアルパイロットの位置は $K_{L1} = 3,408$ キャリアのブロック内で定義され、全キャリア内でこのパターンが繰り返される。 K_{L1} キャリアインデックスブロックは L1 シグ

ナリングブロックと同期する。

コンティニューアルパイロットの K_{L1} キャリアブロック内での位置を表 3.3-34 に示す。OFDM 信号のキャリアインデックス $k \bmod K_{L1}$ は、表 3.3-33 のいずれかの数値と一致する場合コンティニューアルパイロットである。

表 3.3-34 コンティニューアルパイロットのキャリア・インデックス

インデックス							
96	216	306	390	450	486	780	804
924	1 026	1 224	1 422	1 554	1 620	1 680	1 902
1 956	2 016	2 142	2 220	2 310	2 424	2 466	2 736
3 048	3 126	3 156	3 228	3 294	3 366		

- コンティニューアルパイロットの振幅

コンティニューアルパイロットの振幅 A_{CP} は 7/3 に固定されている。この振幅は、スキッタードパイロットとエッジ・パイロットにも共通に使用される。

(理由)

パイロット信号の電力を通常データよりもあげることにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャネル推定することも可能となる。

- コンティニューアルパイロットの変調

コンティニューアルパイロットの位相は、3.3.6.3 節に記載されている参照シーケンスから導出される。

コンティニューアルパイロットの変調値は次のように与えられる。

$$\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = 2 A_{CP} (1/2 - r_k)$$

$$\text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0$$

ここで、 r_k は 3.3.6.2 節で定義されている。

(理由)

パイロット信号をより高耐性である差動 BPSK 変調によって送出することにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャネル推定することも可能となる。

(4) エッジパイロットの挿入

スキッタードおよびコンティニューアルパイロットに加えて、プリアンブルシンボルを

除くすべてのシンボルの「エッジ」キャリア位置には、多くのエッジパイロットも挿入される。エッジパイロットの数は、OFDM 信号内のスペクトラムノッチの数に依存する。

(理由)

エッジパイロットの挿入により、OFDM 信号の両端を検出することが可能となる。

● エッジパイロットの位置

エッジキャリアには、OFDM スペクトラムの上限および下限に配置されるキャリアと、スペクトラムノッチの上限及び下限に配置されるキャリアの 2 種類がある。どちらの場合にもエッジパイロットが挿入される。

OFDM スペクトラムの最低周波数のエッジパイロットは、データもしくはスキッタードパイロットキャリアに置き換えて挿入される。これに対して、最高周波数のエッジパイロットは、データキャリアへの追加キャリアとして挿入される。これによって、エッジパイロットがスキッタードパイロットのベアリングキャリアに存在することが保証される。これらのパイロットの位置を、図 3.2-33 に示す。

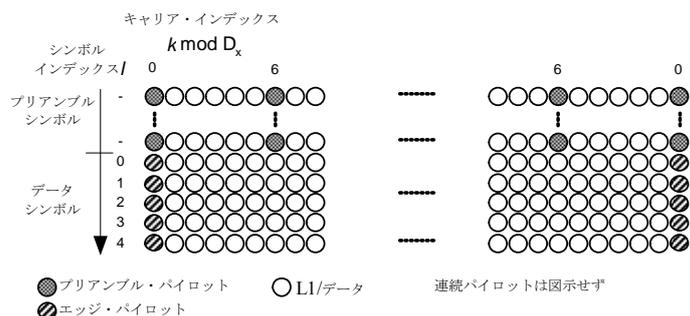


図 3.3-37 OFDMスペクトラムに於けるエッジ・パイロットの位置

エッジ・パイロットはスペクトラムノッチのいずれの側にも配置される。ノッチの低周波数側エッジ・パイロットはキャリアインデックス $K_{N,\min} - 1$ に挿入され、ノッチの高周波数側エッジ・パイロットはキャリア・インデックス $K_{N,\max} + 1$ に挿入される。ここで、 $K_{N,\min}$ および $K_{N,\max}$ は、スペクトラムノッチの開始および終了のキャリアインデックスである。これらのエッジパイロットはスキッタードパイロットのベアリングサブキャリア上に配置される。

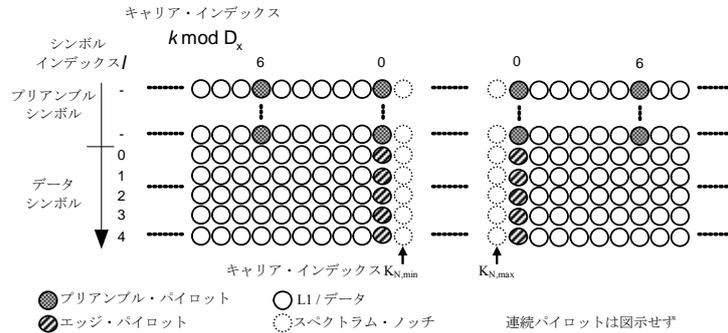


図 3.3-38 スペクトラムノッチのエッジパイロットの位置

注意: エッジパイロットの位置は常に D_x の整数倍である。これらは、スキッタードパイロットのベアリングキャリアである。

(理由)

エッジパイロットを挿入することにより、受信機はC2システムの両端の検出が可能となる。

- エッジパイロットの振幅

エッジパイロットの振幅は $7/3$ である。

(理由)

パイロット信号の電力を通常データよりもあげることにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャネル推定することも可能となる。

- エッジパイロットの変調

これらのセルの変調はスキッタードパイロットと同じである。

$$\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = A_{\text{SP}} 2(1/2 - r_k)$$

$$\text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0$$

(理由)

パイロット信号をより高耐性である差動 BPSK 変調によって送出することにより、受信機はより高い信頼性をもって同期をとることが可能となり、またチャネル推定することも可能となる。

3.3.6.7 予約ダミーキャリア

PAPR 低減など各種の目的で OFDM セルの予約が可能である。これらのセルの振幅は自

由に定義可能だがパワーレベルはデータ OFDM シンボル内のパイロットのパワーレベルを超えてはならない。

プリアンブルシンボルを除くデータシンボルにおいて、表 3.3-35 に定義されているキャリアとそれらをサイクリックシフトしたキャリアの組は、L1 シグナリングパート 2 「RESERVED_TONES」により予約トーンがアクティブにされた時、OFDM シンボルのインデックスに応じて予約される。2 つの連続する OFDM シンボル間のシフト量は、パイロットのベアリングキャリア周期 D_X 、およびスキッタードパイロットシーケンスのシンボル周期 D_Y により決定される(3.3.6.6(2)節の表 3.3-33 を参照)。さらに、予約されたキャリアのパターンは、 $K_{L1}=3,408$ キャリアを 1 ブロックとした時の 8 ブロックごとに繰り返される。このため、C2 フレームのデータシンボル l では次の条件が満たされる場合に OFDM セルが予約される。

$$[k \bmod (8 \cdot K_{L1})] - D_X(l \bmod D_Y) \in S_0 \quad 0 \leq k < L_{Data}$$

ここで、 k は絶対キャリアインデックス、 L_{data} は C2 フレーム内のデータシンボル数を表し、 S_0 は表 3.3-35 に記載されているキャリアインデックスの組である

ノッチ内の予約キャリアの位置は、予約されるキャリアの組から除外される。

表 3.3-35 予約済みのキャリアインデックス S_0

予約済みのキャリアインデックス S_0
161, 243, 296, 405, 493, 584, 697, 741, 821, 934, 1021, 1160, 1215, 1312, 1417, 1462, 1591, 1693, 1729, 1845, 1910, 1982, 2127, 2170, 2339, 2365, 2499, 2529, 2639, 2745, 2864, 2950, 2992, 3119, 3235, 3255, 3559, 3620, 3754, 3835, 3943, 3975, 4061, 4210, 4270, 4371, 4417, 4502, 4640, 4677, 4822, 4904, 5026, 5113, 5173, 5271, 5317, 5426, 5492, 5583, 5740, 5757, 5839, 5935, 6033, 6146, 6212, 6369, 6454, 6557, 6597, 6711, 6983, 7047, 7173, 7202, 7310, 7421, 7451, 7579, 7666, 7785, 7831, 7981, 8060, 8128, 8251, 8326, 8369, 8445, 8569, 8638, 8761, 8873, 8923, 9017, 9104, 9239, 9283, 9368, 9500, 9586, 9683, 9782, 9794, 9908, 9989, 10123, 10327, 10442, 10535, 10658, 10739, 10803, 10925, 11006, 11060, 11198, 11225, 11326, 11474, 11554, 11663, 11723, 11810, 11902, 11987, 12027, 12117, 12261, 12320, 12419, 12532, 12646, 12676, 12808, 12915, 12941, 13067, 13113, 13246, 13360, 13426, 13520, 13811, 13862, 13936, 14073, 14102, 14206, 14305, 14408, 14527, 14555, 14650, 14755, 14816, 14951, 15031, 15107, 15226, 15326, 15392, 15484, 15553, 15623, 15734, 15872, 15943, 16043, 16087, 16201, 16299, 16355, 16444, 16514, 16635, 16723, 16802, 16912, 17150, 17285, 17387, 17488, 17533, 17603, 17708, 17793, 17932, 18026, 18081, 18159, 18285, 18356, 18395, 18532, 18644, 18697, 18761, 18874, 18937, 19107, 19119, 19251, 19379, 19414, 19522, 19619, 19691, 19748, 19875, 19935, 20065, 20109, 20261, 20315, 20559, 20703, 20737, 20876, 20950, 21069, 21106, 21231, 21323, 21379, 21494, 21611, 21680, 21796, 21805, 21958, 22027, 22091, 22167, 22324, 22347, 22459, 22551, 22691, 22761, 22822, 22951, 22981, 23089, 23216, 23290, 23402, 23453, 23529, 23668, 23743, 24019, 24057, 24214, 24249, 24335, 24445, 24554, 24619, 24704, 24761, 24847, 24947, 25089, 25205, 25274, 25352, 25474, 25537, 25612, 25711, 25748, 25874, 25984, 26078, 26155, 26237, 26324, 26378, 26545, 26623, 26720, 26774, 26855, 26953, 27021, 27123

(理由)

予約トーンを用いて送信信号のピーク電力を制御することにより、C2 システムで心配される、1024QAM や 4096QAM の様な高次変調や multiple-PLP による TS 多重などに起因する PAPR の増加が低減される。

3.3.7 OFDMの生成

OFDM 生成モジュールの機能は、フレームビルダにより生成されたセルを周波数ドメインへ変換することである。

(1) IFFT - OFDM 変調

この節では、それぞれの伝送モードを使用するための OFDM 構造について説明する。伝送される信号は、フレーム単位に編成される。各フレームの持続期間は T_F で、 L_F 個の OFDM シンボルにより構成される。それぞれのシンボルは K_{total} 個のキャリアの組で構成され、持続期間 T_S で伝送される。これは、持続期間 T_U の有効な部分と、持続期間 Δ のガードインターバルの 2 つの部分で構成される。ガードインターバルは有用データ T_U のサイクリックなコピーより構成される。FFT サイズとガードインターバル比率の許容される組み合わせを、表 3.3-37 に示す。

C2 フレームのシンボルには 0 から $L_F - 1$ までの番号が付けられる。すべてのシンボルにはデータと既知参照情報が含まれる。

キャリアには、 $k \in [K_{min}; K_{max}]$ の範囲でインデックスが付けられている。隣接するキャリアの間隔は $1/T_U$ で、キャリアの間隔 K_{min} および K_{max} は K_{total}/T_U で決定される。送信信号は次の式で記述される。

$$s(t) = \text{Re} \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} \left[\frac{1}{\sqrt{K_{total}}} \sum_{l=0}^{L_F-1} \sum_{k=K_{min}}^{K_{max}} C_{m,l,k} \psi_{m,l,k}(t) \right] \right\}$$

ここで

$$\psi_{m,l,k}(t) = \begin{cases} e^{j2\pi\frac{k}{T_U}(t-\Delta-lT_S-mT_F)} & mT_F + lT_S \leq t < mT_F + (l+1)T_S \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

ここで各変数定義は以下の通り。

- k キャリア番号
- l OFDM シンボル番号、フレーム先頭のプリアンブルシンボルのインデックスは 0
- m C2 フレーム番号
- K_{total} 伝送されるキャリアの数、すなわち $K_{total} = K_{max} - K_{min} + 1$
- L_F フレームごとの OFDM シンボル総数(プリアンブルを含む)

T_S	すべてのシンボルの合計シンボル持続期間で、 $T_S = T_U + \Delta$
T_U	表 3.3-37 で定義されているアクティブなシンボルの持続期間
Δ	ガードインターバルの持続期間、(2)を参照
$C_{m,l,k}$	キャリア k の複素数の変調値、OFDM シンボル番号 l 、C2 フレーム番号 m に対応
T_F	フレームの持続期間、 $T_F = L_F T_S$
K_{min}	最初(最低周波数)のアクティブなキャリアのキャリアインデックス
K_{max}	最後(最高周波数)のアクティブなキャリアのキャリアインデックス

OFDM パラメータの要約を、表 3.3-37 に示す。時間に関係するさまざまなパラメータの値は基本期間 T の倍数として、マイクロ秒単位で与えられる。

表 3.3-36 チャンネルラスタに対する基本期間

チャンネルラスタ	"6 MHz"
基本期間 T	7/48 μ s

表 3.3-37 OFDM パラメータ

パラメータ	"6 MHz" 1/64	"6 MHz" 1/128
L1ブロック K_{L1} 当たりのOFDMキャリア数	3 408	3 408
L1シグナリングブロックの帯域幅 (注参照)	5,71 MHz	5,71 MHz
期間 T_U	4 096 T	4 096 T
期間 T_U μ s (注参照)	597,3	597,3
キャリア間隔 $1/T_U$ (Hz) (注参照)	1 674	1 674
ガードインターバル期間 ΔT_U	64 T	32 T
ガードインターバル 期間 ΔT_U μ s (注参照)	9,33	4,66
注：斜体の数値は凡その値		

(理由)

OFDM 変調方式を導入することにより、よりマルチパス環境、フェイジング環境に強靭な伝送が可能となる。また、連結送信が可能となるため、ガードバンド領域の有効利用が可能となる。

(2) ガードインターバルの挿入

2つの異なるガードインターバル比率(ΔT_U)が定義されている。

(理由)

OFDM の導入とガードインターバルの挿入により、ガードインターバル内の干渉波の除去が可能となる。また、伝送環境に応じてより高耐性なモードが高効率なモードかを選択することも可能となっている。

(3) スペクトラム特性

OFDM シンボルは等間隔の直交キャリアを構成する。データセルキャリアの振幅と位相はシンボルごとに変化する。各キャリアのパワースペクトル密度 $P_k(f)$ は、周波数

$$f_k = \frac{k}{T_u} \quad (K_{\min} \leq k \leq K_{\max} \text{ について})$$

において、次の式で定義される。

$$P_k(f) = \left[\frac{\sin \pi(f - f_k)T_s}{\pi(f - f_k)T_s} \right]^2$$

変調されたデータセルキャリアの総合的なパワースペクトル密度は、これらのキャリアすべてのパワースペクトル密度の和となる。理論的な送信信号スペクトラムを図 3.2-35 に示す。青の曲線は、幅 5.71 MHz 信号の理論的なスペクトラムを示す(最初のサブキャリア K_{\min} は相対周波数 0 MHz に配置)。赤の曲線は 338 MHz 幅の信号の周波数下限エッジを示している。OFDM シンボルの持続期間はキャリアの間隔の逆数よりも大きいため、各キャリアのパワースペクトル密度のメインローブは、キャリア間隔の 2 倍よりも狭くなる。このためスペクトル密度は帯域幅内で一定ではない。

注意: この理論的なスペクトラムでは、パイロットキャリアのブーストによって起きるキャリア間でのパワー変動は考慮されていない。

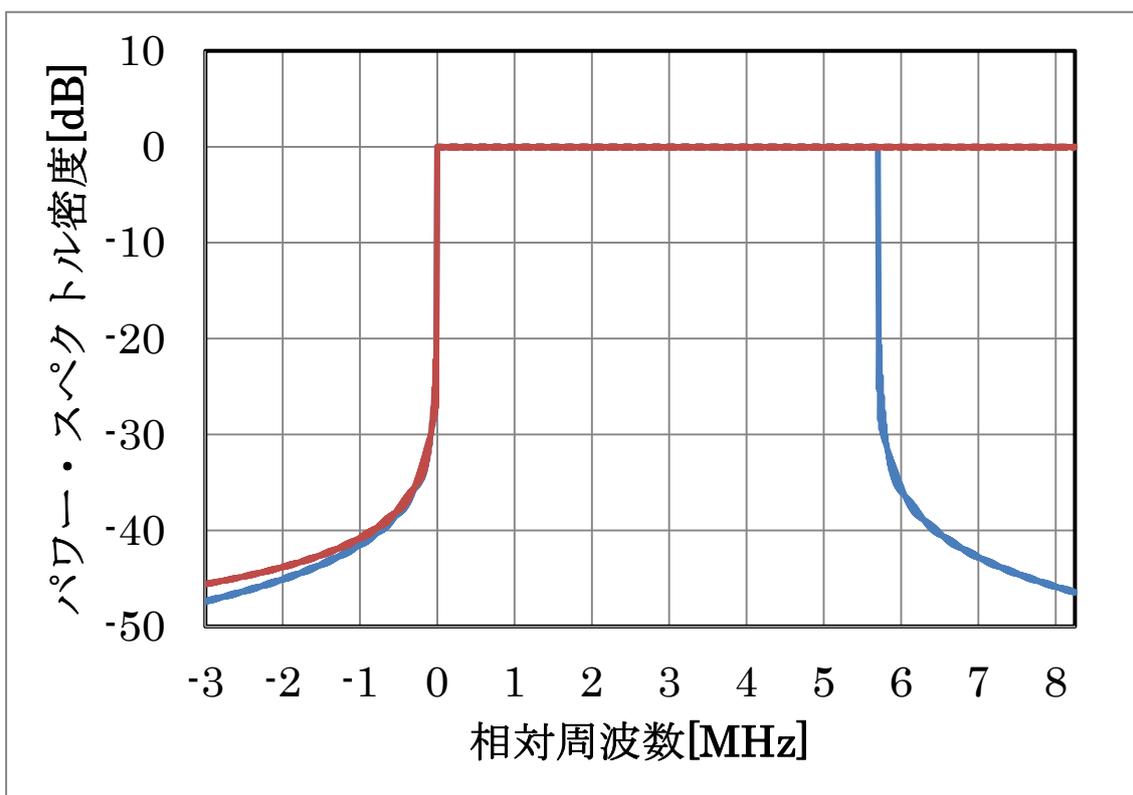


図 3.3-39 C2信号のスペクトラムの理論値
(GI比=1/128, 帯域幅6 MHzと338 MHz (下側エッジのみ))

増幅とフィルタ処理の後で、スペクトラム特性について特別な要件は設定されない。これは、関連する標準化機関により、C2 システムが展開される地域および周波数帯に応じてより適切に定義されることが考慮されているためである。

3.3.8 PLPバンドル

(1) PLP バンドルの概要

基本動作モード(すなわち、1つまたは複数の PLP が 1つのデータ・スライスに配置される)に加えて、C2 システムでは単一の PLP 接続のデータを、複数のデータ・スライスに分散させることもできる(PLP バンドル)。結果として、単一の PLP 接続のスループット率は、C2 システムの総合的なスループット率まで向上可能となる。この動作モードは、単一データ・スライスの容量を超えるスループット率を要求する、高度なサービスを意図したものである。

バンドルされた PLP 接続のすべてのデータ・パケットは、同じ入力処理ブロックを通過する必要がある。この動作モードでは、異なるデータ・スライスからのパケットをレシーバー側で再度順序付け可能にするため、モード適合ブロックに ISSY タイムスタンプを必ず

挿入する必要がある。入力処理ブロックの出力において、バンドルされた PLP の BBFrame は、異なるデータ・スライスに分散している。PLP バンドル動作モードのブロック図を、図 3.3-40 に示す。

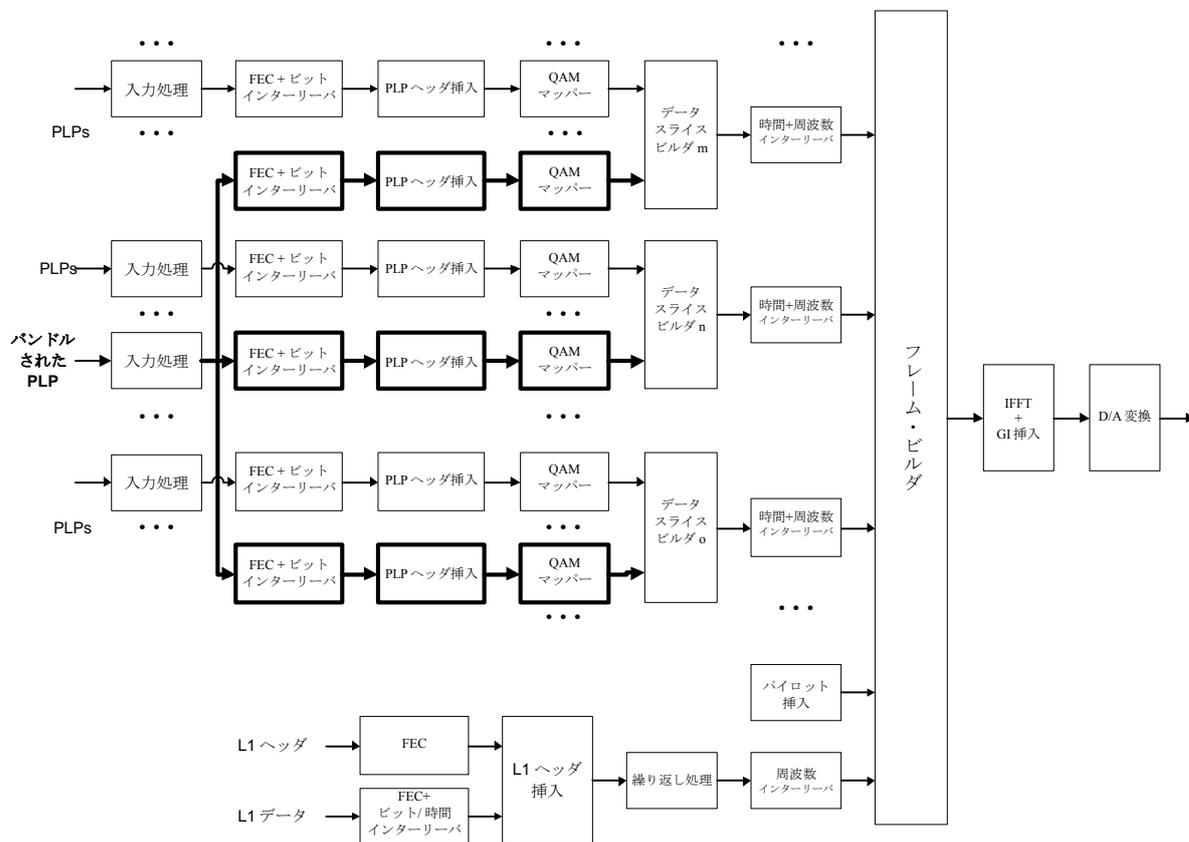


図 3.3-40 バンドルされたPLP

PLP バンドル動作モードでは、バンドルされる PLP からのパケットを含むデータ・スライスに、必ず FECFrame ヘッダーを使用する必要がある。

注意 1: 基本動作モードと同様に、バンドルされる PLP からの FECFrame を含むデータ・スライスも、他の PLP の FECFrame パケットを含むことが許される。

注意 2: 単一の 8 MHz 受信チューナーを持つ C2 レシーバーでは、バンドルされた PLP を復号する必要はない。これらの C2 レシーバーは、バンドルされた PLP を L1-part2 信号から認識し、関連するデータ・スライス・パケットを破棄する。

(2) PLP バンドルの送信設定

PLP をバンドルして送信する時、L1 信号 part2 の PLP_BUNDLED を 1 に設定する。

また、BBFrame は高効率モードを使用する。

(3) PLP バンドルのチャンネル割り当て

PLP bundling 使用時に、複数チャンネルへ BBFrame を割り当てる方法を規定する。チャンネルの割り当てには以下 2 つの制約を与えることとする。

- 各チャンネルの伝送可能データレートの比に従い各チャンネルに BBFrame を割り当てる
- チャンネル 1 のデータレートを A、チャンネル 2 のデータレートを B とすると、チャンネル 1 とチャンネル 2 のデータレートはそれぞれ、 $A/(A+B)$ 、 $B/(A+B)$ の割合で BBFrame を割り当てる。
- 送信側スケジューラは規定の割合を最も下回っているチャンネルを選択する。
- 同一チャンネルに 5BBFrame 以上連続で送ることがないようにデータレート比を決定する。

(理由)

チャンネル間の復調、復号の遅延調整、およびデータレートの差異による遅延調整のため、受信機はバッファを搭載する必要がある。受信機側で実装しておくべきバッファ量を算出するために送信側の振り分け方法に制約を与える。本規格における変調方式、符号化率の組み合わせから算出される最小と最大のデータレートの比が 4 倍未満であることから、5BBFrame を超える連続送信を行う必要性は低い。

3.3.9 緊急地震速報への対応

(1) 地震動警報情報

共通 PLP を用いて 204 ビットの地震動警報情報を伝送する。

204 ビットの地震動警報情報の構成に関しては、デジタル放送に関する送信の標準方式（平成 23 年総務省令第 87 号）第 22 条第 2 項に規定する地震動警報情報を伝送するための AC 信号の構成と同等とする。

地震動警報情報を伝送する共通 PLP が使用するパラメータを表 3.2-39 に示す。また、地震動警報情報を伝送する共通 PLP の BBFrame 内の配置を表 3.2-40 に示す。

(理由)

共通 PLP を活用することで、複数ある PLP のどの PLP を受信している場合にも受信処理をしながら当該地震動警報情報を取得することが可能となる。

表 3.3-38 common PLPが使用するパラメータ

パラメータ	値
変調方式	16QAM
LDPC 符号長	16200bit
LDPC 符号化率	4/5
BBFrame 長	12432bit

表 3.3-39 BBFrame内の配置

シンタックス	ビット数	説明
BBHeader	80	BBFrame の Header 地震動警報情報 予約領域
Emergency_information	204	
RESERVED	12148	

3.3.10 多重化

(1) サービス多重の基本方式

衛星デジタル放送方式の技術的条件と同一とする。

(2) データグループ

衛星デジタル放送方式の技術的条件と同一とする。

(3) 伝送パケット

衛星デジタル放送方式の技術的条件と同一とする。

ただし、TLV パケットで伝送された場合には TLV パケットから GSE パケットへの変換を行った上で、GSE パケットを伝送する。図 3.3-41 に変換方法を示す。また、TLV のペイロードサイズによって、使用する GSE のタイプを変えることとする。表 3.3-40 に TLV のペイロードサイズと GSEtype の関係を示す。

(理由)

TLV のデータ長は 16 ビットで規定されるが、GSE のデータ長は 12 ビットであるため、TLV のデータ量のほうが多い状況が想定される。そのため、TLV パケットを GSE パケットの分割機能を用いて伝送することができる。このとき、パケット種別からプロトコルタ

IPへの変換を適切に行うことにより、TLV パケットの必要な情報を GSE パケットで伝送することが可能となる。

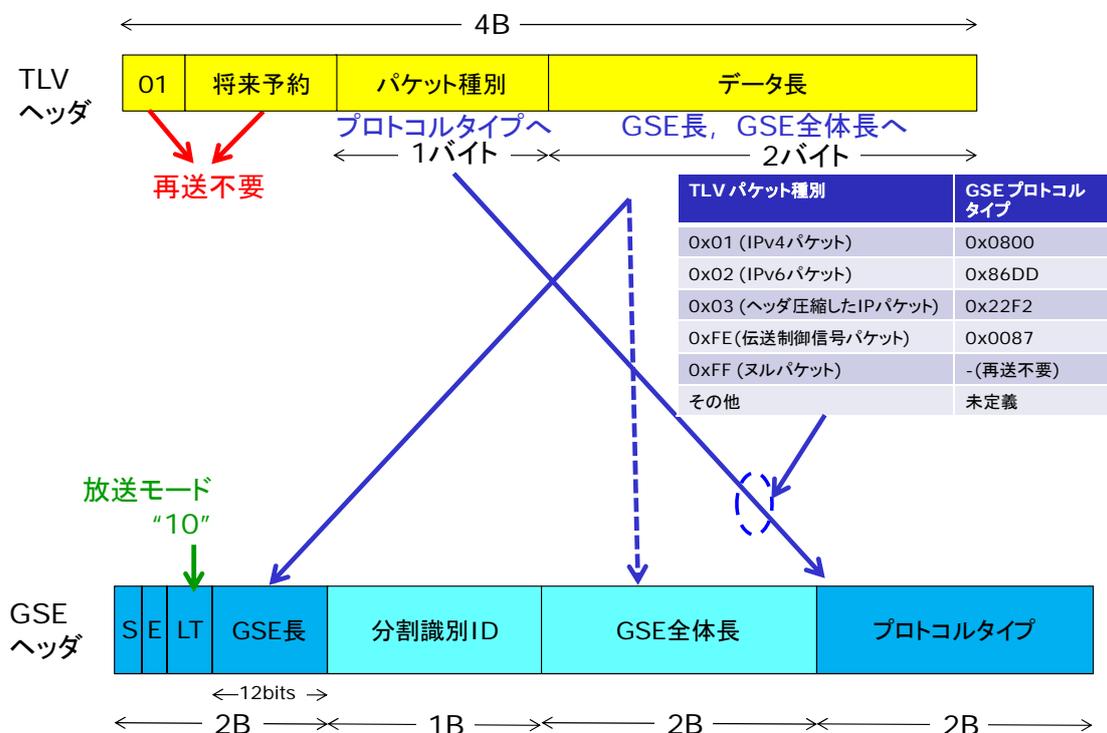


図 3.3-41 TLVパケットからGSEパケットへの変換

表 3.3-40 TLVのペイロードサイズとGSEtypeの関係

TLV のペイロードサイズ	GSEtype
1800 バイト以下	GSE-Lite
4093 バイト以下	GSE(分割なし)
4094 バイト以上	GSE(分割あり)

(4) 伝送制御、番組配列情報等は衛星デジタル放送方式に準じるものとする。

なお、伝送制御で使用する NIT(Network information table)の第 2 ループで使用する記述子(descriptor)として C2_delivery_system_descriptor を定める。

記述子タグ(descriptor_tag)の割り当て、データ構成及びデータ構造は、それぞれ表 3.3-41、図 3.3-42、表 3.3-42 に示す通りである。

表 3.3-41 descriptor一覧

記述子タグ (descriptor_tag)	割り当て
0x00~0xXX	(衛星デジタル放送方式と同一。)
0xXX	C2_delivery_system_descriptor
0xXX~0xFF	(衛星デジタル放送方式と同一。)

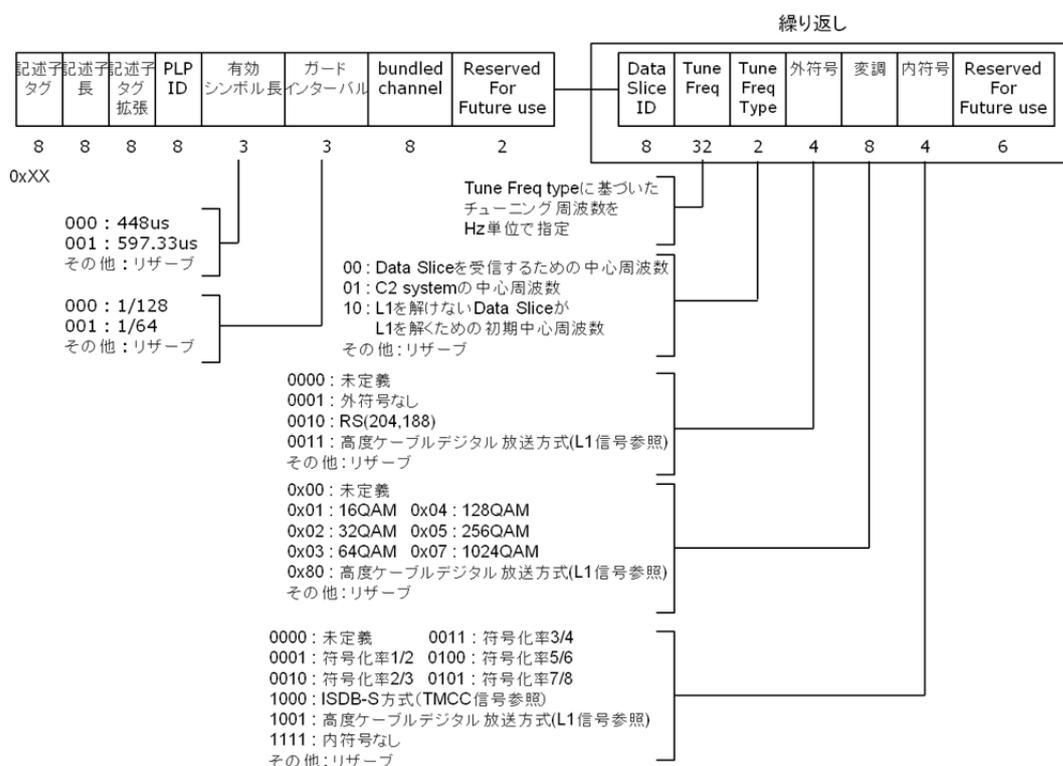


図 3.3-42 データ構成

表 3.3-42 データ構造

シンタックス	ビット数	備考
C2_delivery_system_descriptor(){		
descriptor_tag	8	0xXX
descriptor_length	8	-
descriptor_tag_extension	8	-
plp_id	8	-
active_OFDM_symbol_duration	3	000 : 448us 001 : 597.33us その他：リザーブ
guard_interval	3	000 : 1/128 001 : 1/64 その他：リザーブ
bundled_channel	8	-
reserved_for_future_use	2	0x3(未定義)
for(i = 0; i < N; ++i){		
data_slice_id	8	-
C2_tuning_frequency	32	Tune Freq typeに基づいたチューニング周波数をHz単位で指定 00 : Data Sliceを受信するための中心周波数
C2_tuning_frequency_type	2	01 : C2 systemの中心周波数 10 : L1を解けないData Sliceが L1を解くための初期中心周波数 その他：リザーブ
outer_code	4	0000 : 未定義 0001 : 外符号なし 0010 : RS(204,188) 0011 : 高度ケーブルデジタル放送方式(L1信号参照) その他：リザーブ
modulation	8	0x00 : 未定義 0x01 : 16QAM 0x04 : 128QAM 0x02 : 32QAM 0x05 : 256QAM 0x03 : 64QAM 0x07 : 1024QAM 0x80 : 高度ケーブルデジタル放送方式(L1信号参照) その他：リザーブ
inner_code	4	0000 : 未定義 0011 : 符号化率3/4 0001 : 符号化率1/2 0100 : 符号化率5/6 0010 : 符号化率2/3 0101 : 符号化率7/8 1000 : ISDB-S方式(TMCC信号参照) 1001 : 高度ケーブルデジタル放送方式(L1信号参照) 1111 : 内符号なし その他：リザーブ
reserved_for_future_use	6	-
}		
}		

(5)多重信号に関する識別子

衛星デジタル放送方式の技術的条件と同一とする。

3.3.11 参照

以下で参照されているドキュメントは、3.3 節の記述の引用元である。

[1] ETSI EN 302 769: 「デジタルビデオ放送(DVB): ケーブルシステム向けの第 2 世代デジタル伝送システム(DVB-C2)のフレーム構造、チャンネルの符号化および変調 (Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2))」

また、以下で参照されているドキュメントは、3.3 節の応用のため必要となる。

[2] ETSI TS 101 162: 「デジタル・ビデオ放送(DVB): サービス情報(SI)の割り当て、およびデジタル・ビデオ放送(DVB)システム用のデータ放送コード(Digital Video Broadcasting (DVB); Allocation of Service Information (SI) and Data Broadcasting Codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems)」

3.3.12 用語の定義

3.3 節の記述において、以下の用語と定義を使用している。

用語	説明
⊕	排他的論理和/モジュロ 2 加算
0xkk	「kk」の部分は 16 進数と解釈される。
アクティブセル	L1 シグナリングまたは PLP のコンスタレーションポイントを搬送する OFDM セル
補助データ	その時点で未定義の変調および符号化を搬送するセルのシーケンスで、データスライスのスタッフィングとして、またはデータスライスパケットのスタッフィングとして使用される可能性がある。
BBFrame	モードおよびストリーム適合後の入力信号のフォーマット
BBHeader	ベースバンドデータフィールドの前のヘッダ
BUFS	遅延変動を補償するためレシーバーに必要なバッファの最大サイズ
BUFSTAT	レシーババッファの実際のステータス
C2 フレーム	固定の物理レイヤ TDM フレームで、各種のサイズのデータスライスにさらに分割される。
C2 システム	伝送される一塊の C2 信号で対応するプリアンプルの

	L1-part2 ブロックで記述される。
共通 PLP	特別な PLP で、複数の PLP (トランスポートストリーム)により共有されるデータが含まれる。
データセル	パイロットまたはトーン予約セルのいずれでもない OFDM セル
データ PLP	ペイロードデータを搬送する PLP
データスライス	特定の周波数のサブバンドで 1 つ以上の PLP を搬送する、OFDM セルのグループ
データスライスパッケージ	関連する FECFrame ヘッダを含む、XFECFrame
データシンボル	C2 フレーム内の、プリアンブルシンボル以外の OFDM シンボル
div	整数除算で、次のように定義される。 $x \text{ div } y = \left\lfloor \frac{x}{y} \right\rfloor$
ダミーセル	疑似ランダム値を搬送する OFDM セルで、L1 シグナリング、PLP、および補助データにより使用されない、残りの容量を埋めるため使用される。
基本期間	チャンネルのラスタに依存する期間で、C2 システム内の他の期間を定義するために使用される。
FECFrame	1 回の LDPC 符号化操作で処理される N_{LDPC} (16,200 または 64,800) ビットの組 注意: 単一の PLP を搬送するデータスライスで、一定の変調および符号化が適用される場合、FECFrame ヘッダ情報をレイヤ 1 パート 2 で搬送でき、データスライスパッケージは XFECFrame と同一になる。
FFT サイズ	C2 レシーバ用の FFT の公称サイズは 4K である。
Im(x)	x の虚数部
レイヤ 1 (L1)	C2 信号方式の最初のレイヤ名(物理レイヤパラメータの信号)
L1 ブロック	L1-part2 COFDM セルの組で、周波数ドメイン内でサイクリックに繰り返される。
L1-part1	データスライスパッケージのヘッダで搬送される信号で、関連する XFECFrame の変調および符号化のパラメータを搬送する。
L1-part2	プリアンブル内でサイクリックに伝送されるレイヤ 1 信号で、C2 システム、データスライス、ノッチ、および PLP に

	ついでにより詳細な L1 情報を搬送する。
レイヤ 2 (L2)	C2 信号方式の 2 番目のレイヤー名(物理レイヤパラメーターの信号)
mod	モジュロ演算子で、次のように定義される。 $x \bmod y = x - y \left\lfloor \frac{x}{y} \right\rfloor$
モードアダプタ	入力信号処理ブロックで、出力として BBFrame を配信する。
nn _D	「nn」を 10 進数と解釈する。
ノッチ	各 OFDM シンボル内で隣接する OFDM セルの組で、エネルギー伝送を伴わないもの。
ヌルパケット	Packet_ID が 0x1FFF の MPEG パケットで、ペイロードデータを搬送せず、パディングに使用される。
OFDM セル	1 つの OFDM シンボル、たとえば単一のコンスタレーションポイント内における、1 つの OFDM キャリアの変調値
OFDM シンボル	対応する変調値で変調されるすべてのアクティブなキャリアで構成され、ガードインターバルを含む期間を持つ波形 Ts
物理レイヤパイプ(PLP)	1 つ以上のデータスライス内で搬送される論理チャネル
PLP バンドル	複数のデータスライスを使用して 1 つの PLP を伝送すること。
PLP_ID	8 ビットのフィールドで、C2 伝送信号内の PLP を一意に識別する。
プリアンブルヘッダ	プリアンブルの最初の部分で伝送される固定サイズの信号で、レイヤ 1 パート 2 データの長さインターリーブのパラメータを搬送する。
プリアンブルシンボル	各 C2 フレームの最初に伝送される 1 つまたは複数の OFDM シンボルで、レイヤ 1 パート 2 シグナリングデータを搬送する。
Re(x)	x の実数部
将来使用のため予約	「将来使用のため予約」と示されているすべてのフィールドの値は、他の定義がない限り「0」とすること。
START_FREQUENCY	C2 システムの OFDM サブキャリアで使用される最も低いインデックス。START_FREQUENCY の値は D _X の整数倍であること。
x*	x の複素共役

XFECFrame	QAM コンスタレーションにマップされる FECFrame
[x]	x より小さい、または等しい最大の整数。
[x]	x より大きい、または等しい最少の整数。

(付録) LDPC 符号の検査行列を定義する符号テーブル

符号テーブルをパリティビット・アキュムレータのアドレスに変換する方法を、表 A.1 を参考に、以下の通り示す。

表 A.1 の解釈の例

p317	= p317 □ i0	p2255	= p2255 □ i0	p2324	= p2324 □ i0
p2723	= p2723 □ i0	p3538	= p3538 □ i0	p3576	= p3576 □ i0
p6194	= p6194 □ i0	p6700	= p6700 □ i0	p9101	= p9101 □ i0
p10057	= p10057 □ i0	p12739	= p12739 □ i0	p17407	= p17407 □ i0
p21039	= p21039 □ i0	p377	= p377 □ i0	p2315	= p2315 □ i0
p2384	= p2384 □ i0	p2783	= p2783 □ i0	p3598	= p3598 □ i0
p3636	= p3636 □ i0	p6254	= p6254 □ i0	p6760	= p6760 □ i0
p9161	= p9161 □ i0	p10117	= p10117 □ i0	p12799	= p12799 □ i0
p17467	= p17467 □ i0	p21099	= p21099 □ i0		
p21857	= p21857 □ i359	p23795	= p23795 □ i359	p23864	= p23864 □ i359
p24263	= p24263 □ i359	p25078	= p25078 □ i359	p25116	= p25116 □ i359
p27734	= p27734 □ i359	p28240	= p28240 □ i359	p30641	= p30641 □ i359
p31597	= p31597 □ i359	p34279	= p34279 □ i359	p38947	= p38947 □ i359
p42579	= p42579 □ i359				
p1958	= p1958 □ i360	p2007	= p2007 □ i360	p3294	= p3294 □ i360
p4394	= p4394 □ i360	p12762	= p12762 □ i360	p14505	= p14505 □ i360
p14593	= p14593 □ i360	p14692	= p14692 □ i360	p16522	= p16522 □ i360
p17737	= p17737 □ i360	p19245	= p19245 □ i360	p21272	= p21272 □ i360
p21379	= p21379 □ i360				

付録 A (規定) $N_{ldpc} = 64\ 800$ のパリティビット・アキュムレータのアドレス
 本方式で採用する通常 FEC フレームでの LDPC 符号の検査行列を定義する符号テーブルを
 付表 A.1 ~ 付表 A.5 に示す。

付表 A.1. 符号化率 2/3 ($N_{ldpc} = 64\ 800$)

317	2255	2324	2723	3538	3576	6194	6700	9101	10574	11268
10057	12739	17407	21039						17932	
1958	2007	3294	4394	12762	14505	14593	14692		15442	17266
16522	17737	19245	21272	21379					20482	
127	860	5001	5633	8644	9282	12690	14644		390	3371
17553	19511	19681	20954	21002					8781	
2514	2822	5781	6297	8063	9469	9551	11407		10512	12216
11837	12985	15710	20236	20393					17180	
1565	3106	4659	4926	6495	6872	7343	8720		4309	14068
15785	16434	16727	19884	21325					15783	
706	3220	8568	10896	12486	13663	16398	16599		3971	11673
19475	19781	20625	20961	21335					20009	
4257	10449	12406	14561	16049	16522	17214			9259	14270
18029	18033	18802	19062	19526	20748				17199	
412	433	558	2614	2978	4157	6584	9320	11683	2947	5852
11819	13024	14486	16860						20101	
777	5906	7403	8550	8717	8770	11436	12846		3965	9722
13629	14755	15688	16392	16419					15363	
4093	5045	6037	7248	8633	9771	10260	10809		1429	5689
11326	12072	17516	19344	19938					16771	
2120	2648	3155	3852	6888	12258	14821	15359		6101	6849
16378	16437	17791	20614	21025					12781	
1085	2434	5816	7151	8050	9422	10884	12728		3676	9347
15353	17733	18140	18729	20920					18761	
856	1690	12787							350	11659
6532	7357	9151							18342	
4210	16615	18152							5961	14803
11494	14036	17470							16123	
2474	10291	10323							2113	9163
1778	6973	10739							13443	
4347	9570	18748							2155	9808

2189	11942	20666	12885	
3868	7526	17706	2861	7988
8780	14796	18268	11031	
160	16232	17399	7309	9220
1285	2003	18922	20745	
4658	17331	20361	6834	8742
2765	4862	5875	11977	
4565	5521	8759	2133	12908
3484	7305	15829	14704	
5024	17730	17879	10170	13809
7031	12346	15024	18153	
179	6365	11352	13464	14787
2490	3143	5098	14975	
2643	3101	21259	799	1107
4315	4724	13130	3789	
594	17365	18322	3571	8176
5983	8597	9627	10165	
10837	15102	20876	5433	13446
10448	20418	21478	15481	
3848	12029	15228	3351	6767
708	5652	13146	12840	
5998	7534	16117	8950	8974
2098	13201	18317	11650	
9186	14548	17776	1430	4250
5246	10398	18597	21332	
3083	4944	21021	6283	10628
13726	18495	19921	15050	
6736	10811	17545	8632	14404
10084	12411	14432	16916	
1064	13555	17033	6509	10702
679	9878	13547	16278	
3422	9910	20194	15900	16395
3640	3701	10046	17995	
5862	10134	11498	8031	18420
5923	9580	15060	19733	
1073	3012	16427	3747	4634

5527	20113	20883	17087
7058	12924	15151	4453 6297
9764	12230	17375	16262
772	7711	12723	2792 3513
555	13816	15376	17031
			14846 20893
			21563
			17220 20436
			21337
			275 4107
			10497
			3536 7520
			10027
			14089 14943
			19455
			1965 3931
			21104
			2439 11565
			17932
			154 15279
			21414
			10017 11269
			16546
			7169 10161
			16928
			10284 16791
			20655
			36 3175
			8475
			2605 16269
			19290
			8947 9178
			15420
			5687 9156
			12408
			8096 9738

	14711
	4935 8093
	19266
	2667 10062
	15972
	6389 11318
	14417
	8800 18137
	18434
	5824 5927
	15314
	6056 13168
	15179
	3284 13138
	18919
	13115 17259
	17332

付表 A.2. 符号化率 3/4 ($N_{\text{dpc}} = 64\ 800$)

0 6385 7901 14611 13389 11200 3252 5243	23 5865 1768
2504 2722 821 7374	24 2655 14957
1 11359 2698 357 13824 12772 7244 6752	25 5565 6332
15310 852 2001 11417	26 4303 12631
2 7862 7977 6321 13612 12197 14449 15137	27 11653 12236
13860 1708 6399 13444	28 16025 7632
3 1560 11804 6975 13292 3646 3812 8772 7306	29 4655 14128
5795 14327 7866	30 9584 13123
4 7626 11407 14599 9689 1628 2113 10809	31 13987 9597
9283 1230 15241 4870	32 15409 12110
5 1610 5699 15876 9446 12515 1400 6303 5411	33 8754 15490
14181 13925 7358	34 7416 15325
6 4059 8836 3405 7853 7992 15336 5970 10368	35 2909 15549
10278 9675 4651	36 2995 8257
7 4441 3963 9153 2109 12683 7459 12030	37 9406 4791
12221 629 15212 406	38 11111 4854
8 6007 8411 5771 3497 543 14202 875 9186	39 2812 8521
6235 13908 3563	40 8476 14717
9 3232 6625 4795 546 9781 2071 7312 3399	41 7820 15360
7250 4932 12652	42 1179 7939
10 8820 10088 11090 7069 6585 13134 10158	43 2357 8678
7183 488 7455 9238	44 7703 6216
11 1903 10818 119 215 7558 11046 10615	0 3477 7067
11545 14784 7961 15619	1 3931 13845
12 3655 8736 4917 15874 5129 2134 15944	2 7675 12899
14768 7150 2692 1469	3 1754 8187
13 8316 3820 505 8923 6757 806 7957 4216	4 7785 1400
15589 13244 2622	5 9213 5891
14 14463 4852 15733 3041 11193 12860 13673	6 2494 7703
8152 6551 15108 8758	7 2576 7902
15 3149 11981	8 4821 15682
16 13416 6906	9 10426 11935
17 13098 13352	10 1810 904
18 2009 14460	11 11332 9264
19 7207 4314	12 11312 3570

20 3312 3945	13 14916 2650
21 4418 6248	14 7679 7842
22 2669 13975	15 6089 13084
23 7571 9023	16 3938 2751
24 14172 2967	17 8509 4648
25 7271 7138	18 12204 8917
26 6135 13670	19 5749 12443
27 7490 14559	20 12613 4431
28 8657 2466	21 1344 4014
29 8599 12834	22 8488 13850
30 3470 3152	23 1730 14896
31 13917 4365	24 14942 7126
32 6024 13730	25 14983 8863
33 10973 14182	26 6578 8564
34 2464 13167	27 4947 396
35 5281 15049	28 297 12805
36 1103 1849	29 13878 6692
37 2058 1069	30 11857 11186
38 9654 6095	31 14395 11493
39 14311 7667	32 16145 12251
40 15617 8146	33 13462 7428
41 4588 11218	34 14526 13119
42 13660 6243	35 2535 11243
43 8578 7874	36 6465 12690
44 11741 2686	37 6872 9334
0 1022 1264	38 15371 14023
1 12604 9965	39 8101 10187
2 8217 2707	40 11963 4848
3 3156 11793	41 15125 6119
4 354 1514	42 8051 14465
5 6978 14058	43 11139 5167
6 7922 16079	44 2883 14521
7 15087 12138	
8 5053 6470	
9 12687 14932	
10 15458 1763	

11 8121 1721	
12 12431 549	
13 4129 7091	
14 1426 8415	
15 9783 7604	
16 6295 11329	
17 1409 12061	
18 8065 9087	
19 2918 8438	
20 1293 14115	
21 3922 13851	
22 3851 4000	

付表 A.3. 符号化率 4/5 ($N_{\text{dpc}} = 64\ 800$)

0 149 11212 5575 6360 12559 8108 8505 408 10026 12828	0 5647 4935 1 4219 1870
1 5237 490 10677 4998 3869 3734 3092 3509 7703 10305	2 10968 8054 3 6970 5447
2 8742 5553 2820 7085 12116 10485 564 7795 2972 2157	4 3217 5638 5 8972 669
3 2699 4304 8350 712 2841 3250 4731 10105 517 7516	6 5618 12472 7 1457 1280
4 12067 1351 11992 12191 11267 5161 537 6166 4246 2363	8 8868 3883 9 8866 1224
5 6828 7107 2127 3724 5743 11040 10756 4073 1011 3422	10 8371 5972 11 266 4405
6 11259 1216 9526 1466 10816 940 3744 2815 11506 11573	12 3706 3244 13 6039 5844
7 4549 11507 1118 1274 11751 5207 7854 12803 4047 6484	14 7200 3283 15 1502 11282
8 8430 4115 9440 413 4455 2262 7915 12402 8579 7052	16 12318 2202 17 4523 965
9 3885 9126 5665 4505 2343 253 4707 3742 4166 1556	18 9587 7011 19 2552 2051
10 1704 8936 6775 8639 8179 7954 8234 7850 8883 8713	20 12045 10306 21 11070 5104
11 11716 4344 9087 11264 2274 8832 9147 11930 6054 5455	22 6627 6906 23 9889 2121
12 7323 3970 10329 2170 8262 3854 2087 12899 9497 11700	24 829 9701 25 2201 1819
13 4418 1467 2490 5841 817 11453 533 11217 11962 5251	26 6689 12925 27 2139 8757
14 1541 4525 7976 3457 9536 7725 3788 2982 6307 5997	28 12004 5948 29 8704 3191
15 11484 2739 4023 12107 6516 551 2572 6628 8150 9852	30 8171 10933 31 6297 7116
16 6070 1761 4627 6534 7913 3730 11866 1813 12306 8249	32 616 7146 33 5142 9761
17 12441 5489 8748 7837 7660 2102 11341	34 10377 8138

2936 6712 11977	35 7616 5811
18 10155 4210	0 7285 9863
19 1010 10483	1 7764 10867
20 8900 10250	2 12343 9019
21 10243 12278	3 4414 8331
22 7070 4397	4 3464 642
23 12271 3887	5 6960 2039
24 11980 6836	6 786 3021
25 9514 4356	7 710 2086
26 7137 10281	8 7423 5601
27 11881 2526	9 8120 4885
28 1969 11477	10 12385 11990
29 3044 10921	11 9739 10034
30 2236 8724	12 424 10162
31 9104 6340	13 1347 7597
32 7342 8582	14 1450 112
33 11675 10405	15 7965 8478
34 6467 12775	16 8945 7397
35 3186 12198	17 6590 8316
0 9621 11445	18 6838 9011
1 7486 5611	19 6174 9410
2 4319 4879	20 255 113
3 2196 344	21 6197 5835
4 7527 6650	22 12902 3844
5 10693 2440	23 4377 3505
6 6755 2706	24 5478 8672
7 5144 5998	25 4453 2132
8 11043 8033	26 9724 1380
9 4846 4435	27 12131 11526
10 4157 9228	28 12323 9511
11 12270 6562	29 8231 1752
12 11954 7592	30 497 9022
13 7420 2592	31 9288 3080
14 8810 9636	32 2481 7515
15 689 5430	33 2696 268
16 920 1304	34 4023 12341

17 1253 11934	35 7108 5553
18 9559 6016	
19 312 7589	
20 4439 4197	
21 4002 9555	
22 12232 7779	
23 1494 8782	
24 10749 3969	
25 4368 3479	
26 6316 5342	
27 2455 3493	
28 12157 7405	
29 6598 11495	
30 11805 4455	
31 9625 2090	
32 4731 2321	
33 3578 2608	
34 8504 1849	
35 4027 1151	

付表 A.4. 符号化率 5/6 ($N_{\text{dpc}} = 64\ 800$)

0 4362 416 8909 4156 3216 3112 2560 2912	20 4766 2697	10 7868 5731
6405 8593 4969 6723	21 4069 6675	11 6121 10732
1 2479 1786 8978 3011 4339 9313 6397 2957	22 1117 1016	12 4843 9132
7288 5484 6031 10217	23 5619 3085	13 580 9591
2 10175 9009 9889 3091 4985 7267 4092	24 8483 8400	14 6267 9290
8874 5671 2777 2189 8716	25 8255 394	15 3009 2268
3 9052 4795 3924 3370 10058 1128 9996	26 6338 5042	16 195 2419
10165 9360 4297 434 5138	27 6174 5119	17 8016 1557
4 2379 7834 4835 2327 9843 804 329 8353	28 7203 1989	18 1516 9195
7167 3070 1528 7311	29 1781 5174	19 8062 9064
5 3435 7871 348 3693 1876 6585 10340 7144	0 1464 3559	20 2095 8968
5870 2084 4052 2780	1 3376 4214	21 753 7326
6 3917 3111 3476 1304 10331 5939 5199	2 7238 67	22 6291 3833
1611 1991 699 8316 9960	3 10595 8831	23 2614 7844
7 6883 3237 1717 10752 7891 9764 4745	4 1221 6513	24 2303 646
3888 10009 4176 4614 1567	5 5300 4652	25 2075 611
8 10587 2195 1689 2968 5420 2580 2883	6 1429 9749	26 4687 362
6496 111 6023 1024 4449	7 7878 5131	27 8684 9940
9 3786 8593 2074 3321 5057 1450 3840 5444	8 4435 10284	28 4830 2065
6572 3094 9892 1512	9 6331 5507	29 7038 1363
10 8548 1848 10372 4585 7313 6536 6379	10 6662 4941	0 1769 7837
1766 9462 2456 5606 9975	11 9614	1 3801 1689
11 8204 10593 7935 3636 3882 394 5968	10238	2 10070 2359
8561 2395 7289 9267 9978	12 8400 8025	3 3667 9918
12 7795 74 1633 9542 6867 7352 6417 7568	13 9156 5630	4 1914 6920
10623 725 2531 9115	14 7067 8878	5 4244 5669
13 7151 2482 4260 5003 10105 7419 9203	15 9027 3415	6 10245 7821
6691 8798 2092 8263 3755	16 1690 3866	7 7648 3944
14 3600 570 4527 200 9718 6771 1995 8902	17 2854 8469	8 3310 5488
5446 768 1103 6520	18 6206 630	9 6346 9666
15 6304 7621	19 363 5453	10 7088 6122
16 6498 9209	20 4125 7008	11 1291 7827
17 7293 6786	21 1612 6702	12 10592 8945
18 5950 1708	22 9069 9226	13 3609 7120
19 8521 1793	23 5767 4060	14 9168 9112

20 6174 7854	24 3743 9237	15 6203 8052
21 9773 1190	25 7018 5572	16 3330 2895
22 9517 10268	26 8892 4536	17 4264 10563
23 2181 9349	27 853 6064	18 10556 6496
24 1949 5560	28 8069 5893	19 8807 7645
25 1556 555	29 2051 2885	20 1999 4530
26 8600 3827	0 10691 3153	21 9202 6818
27 5072 1057	1 3602 4055	22 3403 1734
28 7928 3542	2 328 1717	23 2106 9023
29 3226 3762	3 2219 9299	24 6881 3883
0 7045 2420	4 1939 7898	25 3895 2171
1 9645 2641	5 617 206	26 4062 6424
2 2774 2452	6 8544 1374	27 3755 9536
3 5331 2031	7 10676 3240	28 4683 2131
4 9400 7503	8 6672 9489	29 7347 8027
5 1850 2338	9 3170 7457	
6 10456 9774		
7 1692 9276		
8 10037 4038		
9 3964 338		
10 2640 5087		
11 858 3473		
12 5582 5683		
13 9523 916		
14 4107 1559		
15 4506 3491		
16 8191 4182		
17 10192 6157		
18 5668 3305		
19 3449 1540		

付表 A.5. 符号化率 9/10 ($N_{\text{dpc}} = 64\ 800$)

0 5611 2563 2900	17 3216	16 6296	15 1263	14 3267
1 5220 3143 4813	2178	2583	293	649
2 2481 834 81	0 4165	17 1457	16 5949	15 6236
3 6265 4064 4265	884	903	4665	593
4 1055 2914 5638	1 2896	0 855	17 4548	16 646
5 1734 2182 3315	3744	4475	6380	2948
6 3342 5678 2246	2 874	1 4097	0 3171	17 4213
7 2185 552 3385	2801	3970	4690	1442
8 2615 236 5334	3 3423	2 4433	1 5204	0 5779
9 1546 1755 3846	5579	4361	2114	1596
10 4154 5561 3142	4 3404	3 5198	2 6384	1 2403
11 4382 2957 5400	3552	541	5565	1237
12 1209 5329 3179	5 2876	4 1146	3 5722	2 2217
13 1421 3528 6063	5515	4426	1757	1514
14 1480 1072 5398	6 516	5 3202	4 2805	3 5609
15 3843 1777 4369	1719	2902	6264	716
16 1334 2145 4163	7 765	6 2724	5 1202	4 5155
17 2368 5055 260	3631	525	2616	3858
0 6118 5405	8 5059	7 1083	6 1018	5 1517
1 2994 4370	1441	4124	3244	1312
2 3405 1669	9 5629	8 2326	7 4018	6 2554
3 4640 5550	598	6003	5289	3158
4 1354 3921	10 5405	9 5605	8 2257	7 5280
5 117 1713	473	5990	3067	2643
6 5425 2866	11 4724	10 4376	9 2483	8 4990
7 6047 683	5210	1579	3073	1353
8 5616 2582	12 155	11 4407	10 1196	9 5648
9 2108 1179	1832	984	5329	1170
10 933 4921	13 1689	12 1332	11 649	10 1152
11 5953 2261	2229	6163	3918	4366
12 1430 4699	14 449	13 5359	12 3791	11 3561
13 5905 480	1164	3975	4581	5368
14 4289 1846	15 2308	14 1907	13 5028	12 3581
15 5374 6208	3088	1854	3803	1411
16 1775 3476	16 1122	15 3601	14 3119	13 5647

669	5748	3506	4661
17 2268	16 6056	15 4779	14 1542
5758	3266	431	5401
0 5878	17 3322	16 3888	15 5078
2609	4085	5510	2687
1 782	0 1768	17 4387	16 316
3359	3244	4084	1755
2 1231	1 2149	0 5836	17 3392
4231	144	1692	1991
3 4225	2 1589	1 5126	
2052	4291	1078	
4 4286	3 5154	2 5721	
3517	1252	6165	
5 5531	4 1855	3 3540	
3184	5939	2499	
6 1935	5 4820	4 2225	
4560	2706	6348	
7 1174	6 1475	5 1044	
131	3360	1484	
8 3115	7 4266	6 6323	
956	693	4042	
9 3129	8 4156	7 1313	
1088	2018	5603	
10 5238	9 2103	8 1303	
4440	752	3496	
11 5722	10 3710	9 3516	
4280	3853	3639	
12 3540	11 5123	10 5161	
375	931	2293	
13 191	12 6146	11 4682	
2782	3323	3845	
14 906	13 1939	12 3045	
4432	5002	643	
15 3225	14 5140	13 2818	
1111	1437	2616	

付録 B（規定） $N_{ldpc} = 16,200$ のパリティビット・アキュムレータのアドレス
 本方式で採用する短縮 FEC フレームでの LDPC 符号の検査行列を定義する符号テーブルを
 付表 B.1～付表 B.6 に示す。

付表 B.1. 符号化率 1/2 ($N_{ldpc} = 16\ 200$)

20 712 2386 6354 4061 1062 5045	5 5924 290
5158	6 1467 4049
21 2543 5748 4822 2348 3089 6328	7 7820 2242
5876	8 4606 3080
22 926 5701 269 3693 2438 3190	9 4633 7877
3507	10 3884 6868
23 2802 4520 3577 5324 1091 4667	11 8935 4996
4449	12 3028 764
24 5140 2003 1263 4742 6497 1185	13 5988 1057
6202	14 7411 3450
0 4046 6934	
1 2855 66	
2 6694 212	
3 3439 1158	
4 3850 4422	

付表 B.2. 符号化率 2/3 ($N_{\text{dpc}} = 16\ 200$)

0 2084 1613 1548 1286 1460 3196 4297	1 2583 1180
2481 3369 3451 4620 2622	2 1542 509
1 122 1516 3448 2880 1407 1847 3799	3 4418 1005
3529 373 971 4358 3108	4 5212 5117
2 259 3399 929 2650 864 3996 3833 107	5 2155 2922
5287 164 3125 2350	6 347 2696
3 342 3529	7 226 4296
4 4198 2147	8 1560 487
5 1880 4836	9 3926 1640
6 3864 4910	10 149 2928
7 243 1542	11 2364 563
8 3011 1436	12 635 688
9 2167 2512	13 231 1684
10 4606 1003	14 1129 3894
11 2835 705	
12 3426 2365	
13 3848 2474	
14 1360 1743	
0 163 2536	

付表 B.3. 符号化率 3/4 ($N_{\text{dpc}} = 16\ 200$)

3 3198 478 4207 1481 1009 2616 1924	8 1015 1945
3437 554 683 1801	9 1948 412
4 2681 2135	10 995 2238
5 3107 4027	11 4141 1907
6 2637 3373	0 2480 3079
7 3830 3449	1 3021 1088
8 4129 2060	2 713 1379
9 4184 2742	3 997 3903
10 3946 1070	4 2323 3361
11 2239 984	5 1110 986
0 1458 3031	6 2532 142
1 3003 1328	7 1690 2405
2 1137 1716	8 1298 1881
3 132 3725	9 615 174

4 1817 638	10 1648 3112
5 1774 3447	11 1415 2808
6 3632 1257	
7 542 3694	

付表 B.4. 符号化率 4/5 ($N_{\text{dpc}} = 16\ 200$)

5 896 1565	3 465 2552
6 2493 184	4 1038 2479
7 212 3210	5 1383 343
8 727 1339	6 94 236
9 3428 612	7 2619 121
0 2663 1947	8 1497 2774
1 230 2695	9 2116 1855
2 2025 2794	0 722 1584
3 3039 283	1 2767 1881
4 862 2889	2 2701 1610
5 376 2110	3 3283 1732
6 2034 2286	4 168 1099
7 951 2068	5 3074 243
8 3108 3542	6 3460 945
9 307 1421	7 2049 1746
0 2272 1197	8 566 1427
1 1800 3280	9 3545 1168
2 331 2308	

付表 B.5. 符号化率 5/6 ($N_{\text{dpc}} = 16\ 200$)

3 2409 499 1481 908 559 716 1270 333	6 497 2228
2508 2264 1702 2805	7 2326 1579
4 2447 1926	0 2482 256
5 414 1224	1 1117 1261
6 2114 842	2 1257 1658
7 212 573	3 1478 1225
0 2383 2112	4 2511 980
1 2286 2348	5 2320 2675
2 545 819	6 435 1278
3 1264 143	7 228 503
4 1701 2258	0 1885 2369
5 964 166	1 57 483
6 114 2413	2 838 1050
7 2243 81	3 1231 1990
0 1245 1581	4 1738 68
1 775 169	5 2392 951
2 1696 1104	6 163 645
3 1914 2831	7 2644 1704
4 532 1450	
5 91 974	

付表 B.6. 符号化率 8/9 ($N_{\text{dpc}} = 16\ 200$)

0 1558 712 805	4 1496 502	3 544 1190
1 1450 873 1337	0 1006 1701	4 1472 1246
2 1741 1129 1184	1 1155 97	0 508 630
3 294 806 1566	2 657 1403	1 421 1704
4 482 605 923	3 1453 624	2 284 898
0 926 1578	4 429 1495	3 392 577
1 777 1374	0 809 385	4 1155 556
2 608 151	1 367 151	0 631 1000
3 1195 210	2 1323 202	1 732 1368
4 1484 692	3 960 318	2 1328 329
0 427 488	4 1451 1039	3 1515 506
1 828 1124	0 1098 1722	4 1104 1172
2 874 1366	1 1015 1428	
3 1500 835	2 1261 1564	

4.1 複数搬送波伝送方式の概要

複数搬送波伝送方式は、図 4.1-1 に示すように複数 TS 伝送方式の 1 搬送波(64 QAM/256 QAM)の伝送容量を超えるストリーム（TS もしくは TLV）を複数の搬送波を用いて分割伝送し、受信機で合成する方式である。分割した大容量ストリームの一部と既存のデジタル放送の TS パケットを区別して同一フレーム内に多重化することも可能である。

本方式を実現するため、既存の複数 TS 多重フレーム(TSMF)*を拡張する。以下の説明では、拡張する複数 TS 多重フレームを” 拡張 TSMF (Extended TSMF) ” と称する。

また、複数搬送波伝送方式の信号を受信するため、新たに有線複数搬送波伝送分配システム記述子(channel_bonding_cable_delivery_system_descriptor) を定義する。

*TSMF: Transport Stream Multiplexing Frame (ITU-T J.183)

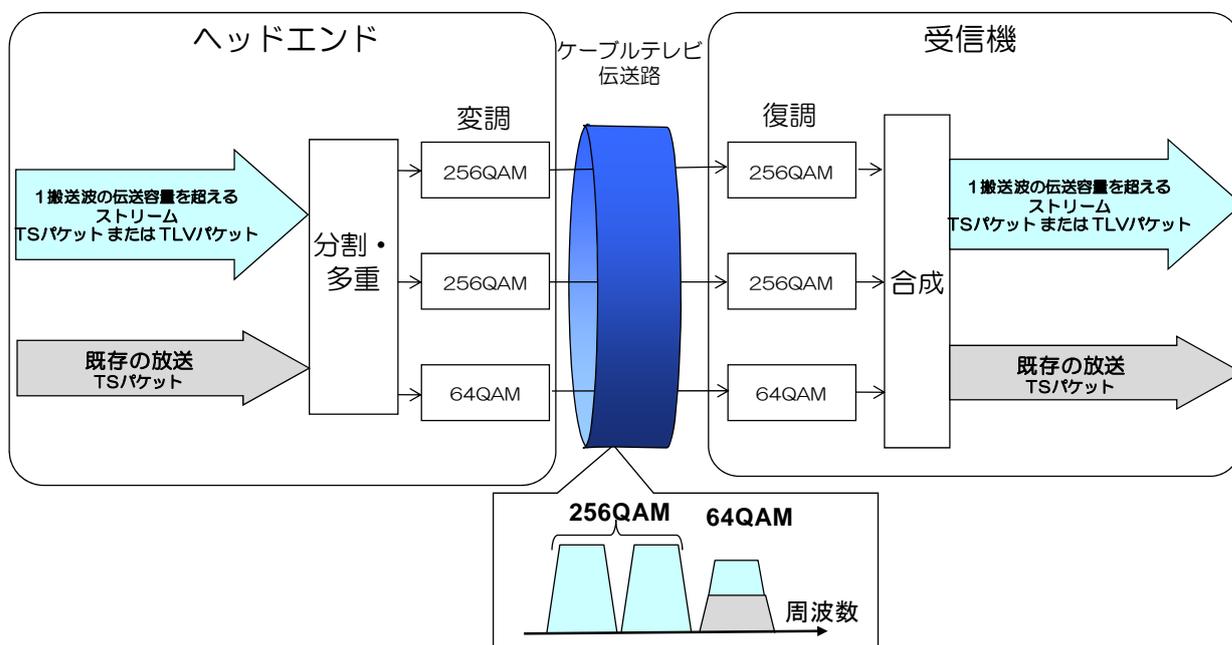


図 4.1-1 複数搬送波伝送方式の概要

(拡張TSMFを適用して2つの256 QAMと1つの64 QAMで分割伝送する例)

4.2 変調方式及び伝送路符号化方式

複数搬送波伝送方式で送信する分割したストリームの伝送路符号化方式は、既存のデジタル有線テレビジョン放送方式の伝送路符号化方式と同一とする。シンボルレートは搬送波間で同期しているものとする。

(理由)

複数搬送波伝送方式の各搬送波は、既存のデジタル有線テレビジョン放送方式と同一の伝送路符号化方式（変調方式、ロールオフ率、エネルギー拡散方式、誤り訂正方式、インターリーブ方式、フレーム同期信号、フレーム構造）を用いることにより、図 4.2-1に示すように、既存のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じ信号形式として処理することが可能でありこれまでに開発してきた技術や規格を活用することが可能であることが、実証実験^(註)により確認された（予定）。

先頭バイトの値が0x47で188バイトのデータ列を採用することにより、単一TS伝送方式や複数TS伝送方式と同様に複数搬送波伝送方式を既存の伝送路符号化方式で扱うことが可能である。シンボルレートを同期させることで送受信機の構成を簡素化できる。

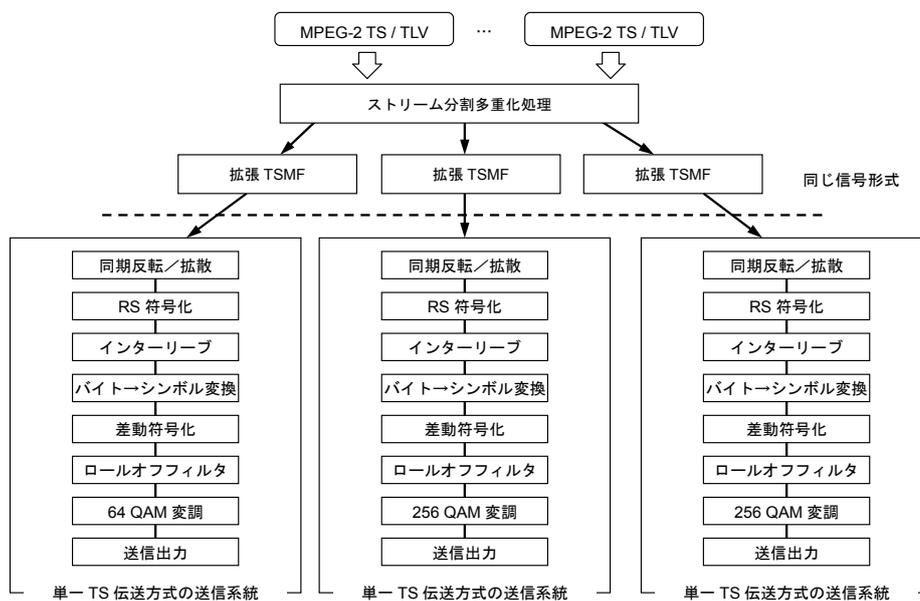


図 4.2-1 複数搬送波伝送方式

(大容量のストリームを1つの64 QAMと2つの256 QAMに分割して伝送する例)

^(註)複数搬送波伝送方式によるデジタル有線テレビジョン放送の実現性を実証するために、平成26年*月から同年*月にかけて、一般社団法人日本CATV技術協会における実験作業班によって実施された伝送実験。

4.3 拡張TSMF多重フレームヘッダ(Extended_TSMF_header)

拡張TSMF多重フレームヘッダの構成を図 4.3-1に示す。各領域の値は、最上位ビットを先頭として格納する。また、単位の無い数はその領域のビット数を示す。以下、同様とする。

拡張情報以外の情報を基本情報とする。基本情報の構成は、TSMFと同様である。

(理由)

一定の制約のもとでは、TSMFを受信可能な既存の受信機により、多重されている一部のストリームを受信することができ、既存の複数TS伝送方式との互換性を持たせることが可能である。

パケットヘッダ	多重フレーム同期信号	変更指示	スロット情報	識別子／ 相対ストリーム番号 対応情報	送受信制御情報	相対ストリーム番号／ スロット対応情報	拡張情報	CRC
32	16	3	21	480	32	208	680	32

図 4.3-1 拡張TSMF多重フレームヘッダの構成

4.3.1 シンタックス（符号化データ列の規則）

表 4.3-1に概要を示す。

表 4.3-1 拡張TSMF多重フレームヘッダのシンタックス概要

(名称)		(説明)	
パケットヘッダ		同期バイト、frame_PID、および連続性指標	
frame_sync		多重フレーム同期信号	
version_number		変更指示	
relative_stream_number_mode		スロット配置法の区別	
frame_type		多重フレーム形式の区別	※
stream_status		相対ストリーム番号に対する有効、無効指示	
stream_id/original_network_id		識別子／相対ストリーム番号対応情報	
receive_status		ヘッドエンドでの受信状態	
reserved_for_future_use		未定義	
emergency_indicator		緊急警報指示	
relative_stream_number		相対ストリーム番号対スロット対応情報	※
拡張情報	earthquake_early_warning	地上波デジタル放送の地震動警報情報	
	stream_type	ストリーム種別（TS または TLV を区別）	※
	group_id	搬送波群の識別	※
	number_of_carriers	搬送波群を構成する搬送波の総数	※
	carrier_sequence	搬送波の復調出力の合成順	※
	number_of_frames	拡張 TSMF のフレーム数	※
	frame_position	拡張 TSMF のフレーム位置情報	※
reserved_for_future_use		将来利用（未定義）	※
CRC		誤り検出	

注1 ※TSMF 多重フレームヘッダに追加または改定する部分

4.3.2 拡張 TSMF のシンタックス

表 4.3-2に拡張TSMFのシンタックスを示す。

表 4.3-2 拡張 TSMF のシンタックス

シンタックス	ビット数	ニーモニック
Extended_TSMF_header (){		
sync_byte	8	ビット列
'000'	3	ビット列
frame_PID	13	符号無し整数
'0001'	4	ビット列
continuity counter	4	符号無し整数
reserved_for_future_use	3	符号無し整数
frame_sync	13	ビット列
version_number	3	符号無し整数
relative_stream_number_mode	1	ビット列
frame_type	4	符号無し整数
for(i=0; i<N; ++i){		N=15
stream_status[i]	1	ビット列
}		
reserved_for_future_use	1	
for(i=0; i<N; ++i){		N=15
stream_id[i]	16	符号無し整数
original_network_id [i]	16	符号無し整数
}		
for(i=0; i<N; ++i){		
receive_status[i]	2	ビット列
}		
reserved_for_future_use	1	
emergency_indicator	1	ビット列
for(i=0; i<N; ++i){		N=52
relative_stream_number[i]	4	符号無し整数
}		
earthquake_early_warning	204	ビット列
'0000'	4	ビット列
for(i=0; i<N; ++i){		N=15
stream_type [i]	1	ビット列
}		
'0'	1	ビット列

group_id	8	符号無し整数
number_of_carriers	8	符号無し整数
carrier_sequence	8	符号無し整数
number_of_frames	4	符号無し整数
frame_position	4	符号無し整数
reserved_for_future_use	424	
CRC	32	符号無し整数
}		

4.3.3 基本情報

4.3.3.1 パケットヘッダ

図 4.3-2に、パケットヘッダの構成を示す。パケットヘッダを構成する32ビットは、シンタックスをTSパケットと共通にして、拡張TSMF多重フレームヘッダをTSパケットと同様に扱えるようにしている。

同期バイト 0x47	'000'	多重フレームPID	'0001'	連続性指標
8	3	13	4	4

図 4.3-2 パケットヘッダの構成

(理 由)

既存のデジタル有線テレビジョン放送方式と同一の変調方式を用いることにより、これまでに開発してきた技術や規格を活用することが可能である。単一TS伝送方式、複数TS伝送方式とともに複数搬送波伝送方式を同一の変調器で運用することができる。

(1) 同期バイト (sync_byte)

sync_byteは、8ビットのフィールドである。値は0x47とする。またsync_byteからcontinuity counterまでの32ビットは、シンタックスをTSパケットと共用して拡張TSMF多重フレームヘッダをTSパケットと同様に扱えるようにしている。

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

既存のデジタル有線テレビジョン放送方式の伝送路符号化方式を用いるため、拡張TSMF多重フレームヘッダの先頭の1バイトは、TSパケットの同期バイトと同じ値を用いる必要がある。

(2) 多重フレームPID (frame_PID)

多重フレームPIDは、13ビットのフィールドである。値として0x002Fを用いることがJCTEAおよびARIBにより確認されている。

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

多重フレームPIDは、拡張TSMFの多重フレームヘッダを確実に識別するため、他のスロットで使われるPIDとは異なる値を用いる。平成23年総務省告示第311号によれば、デジタル有線テレビジョン放送方式の多重フレームヘッダ情報の構成のうち多重フレームPIDは、0x0011 から0x002F までの中から割当てるとすると定められている。

なお平成11年12月24日、一般社団法人日本CATV技術協会(JCTEA)と社団法人電波産業会(ARIB)衛星デジタル放送開発部会共通分科会多重化作業班との間で、0x002Fをケーブルテレビ用のPIDとすることが確認され、JCTEA STD-002 "デジタル有線テレビジョン放送多重化装置"およびARIB STD-B10"第1部デジタル放送における番組配列情報の構成及び識別子の運用基準"に規定されている。

(3) 連続性指標 (continuity_counter)

continuity_counterは、多重フレームごとに1ずつ増加する4ビットのフィールドである。continuity_counterが最大の場合、次は0x0とする。

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

連続性指標をTSパケットのヘッダ部分と同様の構造として設けることで、拡張TSMF多重フレームヘッダの脱落等を検出することを可能としている。

4.3.3.2 多重フレーム同期信号 (frame_sync)

図 4.3-3に、多重フレーム同期信号の構成を示す。frame_syncは、13ビットのフィールドである。その値は、0x1A86とし、拡張TSMF多重フレーム毎に全ビットを反転させる。反転したframe_syncの値は、0x0579である。frame_PIDとともに多重フレームヘッダを識別するために用いることができる。

未定義	多重フレーム同期信号
3	13

図 4.3-3 多重フレーム同期信号の構成

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

多重フレーム同期信号の値は、‘0’及び‘1’の数がほぼ均等であり、ビット毎の同値連続が長くないような値である。

また、多重フレーム毎に全ビットを反転させることは、多重フレームの疑似同期の確率を減らすのに有効であるため採用している。

4.3.3.3 変更指示 (version_number)

図4.3-4に、変更指示の構成を示す。version_numberは、拡張TSMF多重フレームヘッダの情報に変更があった場合に1ずつ増加する3ビットのフィールドである。version_number値が最大値の場合、次の値は0x0とする。拡張TSMF多重フレームヘッダの情報の変更と伝送誤りを区別するために利用できる。

変更を調べる対象となる領域は、version_numberの直後から拡張情報のnumber_of_framesまでの領域とする。

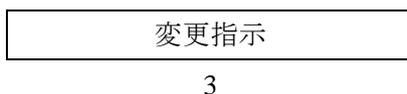


図 4.3-4 変更指示の構成

(理 由)

拡張TSMF多重フレームヘッダの情報に変更があったのか、伝送誤りなのかを区別するために必要である。TSMFと異なり、拡張TSMFでは変更を調べる対象に拡張情報のnumber_of_framesまでの領域を含めることが適当である。

4.3.3.4 スロット情報

図4.3-5にスロット情報の構成を示す。

スロット 配置法の 区別	多重フレー ム形式	相対ストリーム 番号 1に対する 有効、無効指示	相対ストリーム 番号 2に対する 有効、無効指示	……	相対ストリーム 番号 15に対する 有効、無効指示	未定義
1	4	1	1		1	1

図 4.3-5 スロット情報の構成

(4) スロット配置法の区別 (relative_stream_number_mode)

スロット割当を区別するための1ビットのフィールドであり、その値を表 4.3-3に示す。毎多重フレームで同じスロットに割り当てる「静的割り当て法」のとき、

relative_stream_number_modeの値は'0'とする。将来、それ以外の割り当て法が規定される可能性を考慮して値'1'をreserved_for_future_useとする。

表 4.3-3 スロット配置法の区別

値	意味
'0'	静的割当
'1'	reserved_for_future_use

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

平成12年のJCTEAにおける複数TS伝送方式の実証実験で確認された「静的割当」を規定し、値を'0'とする。将来、それ以外の割当法が規定される可能性を考慮して、値'1'を未定義としている。

(5) 多重フレーム形式 (frame_type)

frame_typeは多重フレームの形式(多重フレーム長、最大多重ストリーム数の組、ならびに複数TS伝送方式もしくは複数搬送波伝送方式の運用)を指定する4ビットのフィールドであり、その値を表 4.3-4に示す。

0x1: 複数TS伝送方式の信号のみをTSMFに多重化する場合、もしくは複数搬送波伝送方式の信号の一部と複数TS伝送方式の信号を拡張TSMFに多重化する場合。

0x2: 複数搬送波伝送方式の信号のみを多重化する場合。

表 4.3-4 多重フレーム形式

値	[多重フレーム長、最大多重ストリーム数]
0x1	[53、15]
0x2	[53、15] 複数TS伝送方式で受信できない
0xF	使用しない
その他	未定義

frame_type は、原則として有線複数搬送波伝送分配システム記述子の値と同じ値を用いる。ただし、表 4.3-4 に記載されている”多重フレーム化なしの単一 TS 伝送”を意味する値 0xF は、多重フレームヘッダ内の frame_type の値として使用されることは無い。

(理由)

0x1はTSMFによる従来の複数TS伝送方式の運用に加えて、拡張TSMFによる複数搬送波伝送方式の運用を可能とした。frame_typeが0x1のときは、複数TS伝送方式のみに対応する受信機であっても、TSMFに準じて多重されたストリームを受信することができる。

0x2は拡張TSMFによる複数搬送波伝送方式のみ運用されている場合を示す。frame_typeが0x2のときは、複数TS伝送方式のみに対応する受信機は、多重されたいずれのストリームも受信しようとするると不具合が生じる可能性があるため、この多重フレームを無視することが望ましい。

有線複数搬送波伝送分配システム記述子において0xFは単一TS伝送方式の多重フレーム形式番号として割り当てられているため、多重フレームヘッダ内の多重フレーム形式の値としては0xFは使用しないこととした。

(6) 相対ストリーム番号に対する有効、無効指示 (stream_status)

この表は、stream_id/original_network_idの表の各要素が有効か無効かを示すものである。表の大きさは、frame_typeで指定される最大多重ストリーム数(=15)とする。各要素は1ビットのフィールドであり、その値を表 4.3-5に示す。最初の要素は相対ストリーム番号が1に対応し、以下相対ストリーム番号の順に対応させる。

表 4.3-5 相対ストリーム番号に対する有効、無効指示

値	意味
'0'	無効
'1'	有効

(理由)

拡張TSMFの各スロットにはTSパケットまたは分割されたTLVのいずれかを多重することができる。そこで、既存のTSMFのフレームヘッダ情報におけるTS_statusをstream_statusと称することとした。これによりストリームまたは相対ストリーム番号に対する有効、無効指示は、実際に多重するストリーム (TSまたはTLV) の数が最大多重ストリーム数よりも少ない場合、各ストリームが受信可能かどうかを示すために必要である。

4.3.3.5 識別子／相対ストリーム番号対応情報(stream_id/original_network_id)

図 4.3-6 識別子／相対ストリーム番号対応情報の構成に識別子／相対ストリーム番号対応情報の構成を示す。多重するストリーム (TSまたはTLV) は、相対ストリーム番号を用いて間接的にstream_id/original_network_idと対応させる。この表は、相対

ストリーム番号と stream_id / original_network_id の対応を示す。表の大きさは、frame_type で指定される最大多重ストリーム数 (=15) とする。表の各要素は、stream_id と original_network_id (各16ビット) をこの順に指定する。

stream_id は、TS の場合 TS_id とし、TLV の場合 TLV_id とする。

相対ストリーム番号1に対するストリーム識別及びオリジナルネットワーク識別	相対ストリーム番号2に対するストリーム識別及びオリジナルネットワーク識別	相対ストリーム番号3に対するストリーム識別及びオリジナルネットワーク識別	.....	相対ストリーム番号15に対するストリーム識別及びオリジナルネットワーク識別
32	32	32		32

図 4.3-6 識別子/相対ストリーム番号対応情報の構成

(理由)

TS または TLV とスロットとの関係を示すために相対ストリーム番号を使用している。相対ストリーム番号とストリーム識別/オリジナルネットワーク識別とを対応させるために必要である。

4.3.3.6 送受信制御情報

図 4.3-7 に送受信制御情報の構成を示す。

相対ストリーム番号1に対する受信状態	相対ストリーム番号2に対する受信状態	.....	相対ストリーム番号15に対する受信状態	未定義	緊急警報指示
2	2		2	1	1

図 4.3-7 送受信制御情報の構成

4.3.3.7 受信状態(receive_status)

ヘッドエンドで各ストリーム(TS または TLV) の受信状態を示す表である。表の大きさは、frame_type で指定される最大多重ストリーム数 (=15) とする。各要素は、2ビットのフィールドであり、その値を表 4.3-6 に示す。最初の要素は相対ストリーム番号が1に対応し、以下相対ストリーム番号の順に対応させる。各要素の値は、良い状態から悪い状態を、'00'、'01'、'10' の順に対応させる。

なお、各受信状態の定義や受信装置の動作は、運用上の課題とする。

表 4.3-6 受信状態

値	意味
'00'	受信状態（'00'、'01'、'10'の順で良い状態から悪い状態を表す）
'01'	
'10'	
'11'	未定義

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

受信機でヘッドエンドにおける受信状態を知る手段を設けることにより、BSデジタル放および高度BSデジタル放送が階層化サービスを行っている場合、受信機が階層化サービスを受信する際にその情報を利用できるようにするために必要である。

4.3.3.8 緊急警報指示(emergency_indicator)

emergency_indicator は、デジタル放送の TMCC 内で送られてくる起動制御の情報を格納する 1 ビットのフィールドであり、その値を表4.3-7に示す。デジタル放送の複数の搬送波からのストリームを一つの多重フレームに多重したとき、いずれかの搬送波で起動制御が行われる場合に、emergency_indicatorは「起動制御が行われている」を示す'1'とする。受信装置の動作は運用上の課題とする。

表 4.3-7 緊急警報指示

値	意味
'0'	起動制御が行われていない
'1'	起動制御が行われている

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

BSデジタル放送、高度BSデジタル放送、地上デジタル放送の起動制御信号が、一搬送波（例えば、BSデジタル放送では一中継器、地上デジタルテレビジョン放送では6 MHz帯域幅）当たり 1 ビット割り当てられている。この情報を伝送するために必要である。

4.3.3.9 相対ストリーム番号対スロット対応情報 (relative_stream_number)

図4.3-8に、相対TS番号/スロット対応情報の構成を示す。多重フレームの各スロットに格納された TSまたはTLV分割パケットの相対ストリーム番号を示す。表の大きさは、frame_typeで指定される多重フレーム長(=53)から多重フレームヘッダのスロット数(=1)を減じた値とする。各要素は 4ビットのフィールドであり、値の最小値は1、

最大値はframe_typeで指定される最大多重ストリーム数 (=15)とする。TSまたはTLV分割パッケージを配置していないスロットに対応する要素の値は 0x0とする。最初の要素は拡張TSMF多重フレームヘッダの直後のスロットに対応し、以下スロットの順に対応させる。

スロット1 に対する 相対ストリ ーム番号	スロット2 に対する 相対ストリ ーム番号	スロット3 に対する 相対ストリ ーム番号	……	スロット51 に対する 相対ストリ ーム番号	スロット52 に対する 相対ストリ ーム番号
4	4	4		4	4

図 4.3-8 相対ストリーム番号/スロット対応情報の構成

(理 由)

多重フレーム内に複数のストリーム(TSまたはTLV)を多重するために、各ストリームが多重フレーム内のどのスロットに配置されているかを明示する必要がある。多重するストリームとスロット位置の関係は、スロット毎にストリーム識別とオリジナルネットワーク識別を直接記述することより、相対ストリーム番号を用いて間接的に対応させる方が伝送効率が高い。最大ストリーム数が15であるので4ビットの相対ストリーム番号を使用することで各ストリームを識別できる。

4.3.3.10 CRC

図 4.3-9に、CRCの構成を示す。CRCは、CRC値を格納するための32ビットのフィールドである。CRC値は、ISO/IEC 13818-1 Annex:Bで定義するデコーダにおいて、多重フレームヘッダのうち先頭の4バイトを除いた184バイトをレジスタに入力した時のレジスタ出力がゼロになる値である。

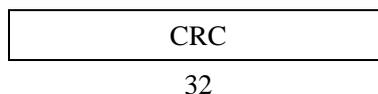


図 4.3-9 CRC の構成

(理 由) ※既存の TSMF と同じ

拡張TSMF多重フレームヘッダの伝送誤りの検出に使用するために必要である。静的割当では多重フレームヘッダの内容変更の頻度は低いため、誤りが検出された際に前多重フレームヘッダの内容を利用することが可能である

4.3.4 拡張情報

図 4.3-10に、拡張情報の構成を示す。このフィールド（680ビット）に複数搬送波伝送方式を運用するために必要な情報を多重する。

地上波デジタル放送地震動警報情報 AC信号	'0000'	ストリーム種別	'0'	搬送波群の識別	搬送波の総数	搬送波の順序	フレーム数	フレーム位置情報	未定義
204	4	15	1	8	8	8	4	4	424

図 4.3-10 拡張情報の構成

4.3.4.1 地震動警報情報 (earthquake_early_warning)

図 4.3-11に地震動警報情報の構成を示す。既存のTSMFにおける拡張情報(680ビット)の先頭204ビットを地上波デジタル放送の地震動警報情報を送るための領域として特定し、他の用途に用いないこととする。地上波デジタル放送の再放送で地震動警報情報を伝送するためのAC信号を併せ送らない場合は、全ビット'1'とする。



図 4.3-11 地震動警報情報の構成

(理 由)

平成23年 総務省告示第311号¹により、有線一般放送の品質に関する技術基準のうち、地震動警報情報を併せ送る地上デジタル放送を複数TS伝送方式で再放送するときに、地震動警報情報を配置する位置を定める規定が追加された。

¹標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式（平成 23 年総務省令第 87 号）第 22 条第 2 項に規定する地震動警報情報を伝送するための AC 信号*1を併せ送る放送を再放送する場合において、当該放送に当該 AC 信号を併せ送るときは、拡張領域の先頭 204 ビットに AC シンボルを配置するものとする。

*1：「地上デジタルテレビジョン放送の伝送方式標準規格」 ARIB STD-B31 の 3.16 で示される AC(Auxiliary Channel)参照

4.3.4.2 ストリーム種別(stream_type)

relative_stream_number毎に、ストリームがTSであるかTLVであるかを識別する1ビットのフィールドである。表の大きさは、frame_typeで指定される最大多重ストリーム数(=15)とする。各要素は1ビットのフィールドであり、その値を表4.3-8に示す。relative_stream_numberに対応する領域にストリームが無い場合、stream_typeの値は、'1'とする。

表 4.3-8 ストリーム種別

値	意味
'0'	TLVパケット
'1'	TSパケット またはストリームが無い場合

(理 由)

拡張TSMFの各スロットにはTSパケットまたは分割されたTLVパケットのいずれかを多重することができる。このため、各スロットに多重されている信号種別を明示する必要がある。この表では相対ストリーム番号に対応するストリーム種別を示す値、すなわちTLVパケットの場合には'0'、TSパケットまたはストリームが無い場合には'1'の値を用いることとした。これらは、相対ストリーム番号に対する有効、無効指示(stream_status)と合わせて用いる。

4.3.4.3 搬送波群の識別(group_id)

図4.3-12に、搬送波群の識別の構成を示す。拡張TSMFを伝送する搬送波を含む搬送波群を識別する情報を示す8ビットのフィールドである。値'0'は用いないこととする。複数搬送波伝送方式で伝送される各ストリームは、それぞれ一つの搬送波群に属する搬送波のみで伝送する。一つのストリームを複数の搬送波群にまたがって伝送することはしない。

搬送波群の識別

8

図 4.3-12 搬送波群の識別の構成

(理 由)

搬送波群の識別により、受信機はストリームを再生しようとするとき、どの複数の搬送波を受信すればよいかを知ることができる。

4.3.4.4 搬送波の総数(number_of_carriers)

図 4.3-13に、搬送波の総数を示す。複数搬送波伝送される各搬送波群に属する搬送波の総数を示す8ビットのフィールドである。値の最小値は2、最大値は255以下である。値'0'および'1'は用いない。



図 4.3-13 搬送波の総数の構成

(理 由)

受信機が、ある搬送波群に含まれるすべての搬送波を検知するために、全搬送波を掃引して搬送波群の識別をしようとするとき、その搬送波群に含まれる搬送波の総数を知ることができる。有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令では、ケーブルテレビの搬送波の周波数が定められている。90 MHzから770 MHzの範囲に適用するケーブルテレビの搬送波の数は113ある。このため、8ビットのフィールドにより最大値255まで適用できるようにした。

4.3.4.5 搬送波の順序(carrier_sequence)

図 4.3-14に、搬送波の順序を示す。受信機で複数の搬送波を復調した出力から、ストリームを再生するための合成の順序を示す8ビットのフィールドである。値の最小値は1、最大値は255以下である。値'0'は用いない。



図 4.3-14 搬送波の順序の構成

(理 由)

受信機が、複数の搬送波で分割して伝送されているストリームを、元のストリームに再生するとき、合成するための順番を知るために必要である。number_of_carriersの最大値に対応させるため、8ビットのフィールドを用いることとした。

4.3.4.6 フレーム数(number_of_frames)

複数搬送波伝送方式において、複数の拡張TSMFで構成されるフレーム（以下、スーパーフレーム）を定義する。number_of_framesは、スーパーフレームに含まれる、一つの搬送波の拡張TSMFの数を示す4ビットのフィールドであり、その値を表 4.3-9に示す。

64 QAMの搬送波では、スーパーフレームは3つの拡張TSMFで構成される。256 QAMの搬送波では、スーパーフレームは4つの拡張TSMFで構成される。その他の値は未定義とする。

表 4.3-9 フレーム数

値	意味
0x03	3
0x04	4
その他	未定義

(理由)

搬送波群に変調方式の異なる搬送波が含まれる場合、それぞれの伝送速度が異なるため、複数の搬送波で分割して伝送されているストリームを元のストリームに再生するとき、相互を同期させることが必要になる。それを実現するためにスーパーフレームを導入した。受信機で各搬送波を同期させるためには、それぞれのスーパーフレームのサイズを知る必要がある。

将来の拡張性を考慮し、フィールドの領域を4ビットとして、スーパーフレームの長さを最大15まで適用できるようにした。

4.3.4.7 フレーム位置情報(frame_position)

図4.3-15に、フレーム位置情報の構成を示す。frame_positionは、当該拡張TSMFがスーパーフレーム内の何番目に配置されているかを示す位置情報であり、4ビットのフィールドである。値は、スーパーフレーム内の時間順に1番目は'0'、2番目は'1'、3番目は'2'、4番目は'3'を用いる。その他の値は未定義とする。

フレーム位置情報

4

図 4.3-15 フレーム位置情報の構成

(理由)

上述のように、複数の搬送波で分割して伝送されているストリームを元のストリームに再生するとき、相互を同期させることが必要になる。受信機で各搬送波の復調出力であるスーパーフレームを同期させるためには、それぞれのスーパーフレームのサイズとともに、スーパーフレームの位相をそろえるために拡張TSMFがスーパーフレームのどの位置にあるかを知る必要がある。64 QAMの場合の値は'0'から'2'までの範囲、

256 QAMの場合は'0'から'3'までの範囲となる。

4.3.4.8 未定義領域(reserved_for_future_use)

図4.3-16に、拡張情報における未定義領域の構成を示す。将来利用のため全ビット'1'とする。



図 4.3-16 未定義領域の構成

4.4 有線複数搬送波伝送分配システム記述子

伝送路で使用される周波数、変調方式などの物理条件の情報伝送には、NIT(Network Information Table)が用いられる。NITの記述子の領域2に配置される既存の有線分配システム記述子では、搬送波の周波数、誤り訂正符号の形式、変調方式、シンボルレート等の物理伝送情報が指定される。

複数搬送波伝送方式の信号を受信するためには、分割伝送された各搬送波の物理伝送情報、各搬送波の搬送波群の識別(group_id)およびフレーム位置情報(frame_position)を知る必要がある。

本方式では新たに有線複数搬送波伝送分配システム記述子(channel_bonding_cable_delivery_system_descriptor)を定義する。有線複数搬送波伝送分配システム記述子の構成及びシンタックスは、それぞれ図4.4-1及び表4.4-1に示す通りとする。繰り返しループ数Nは、拡張TSMFヘッダ内のnumber_of_carriersと等しい。ループ内の順番はcarrier_sequenceの順とする。

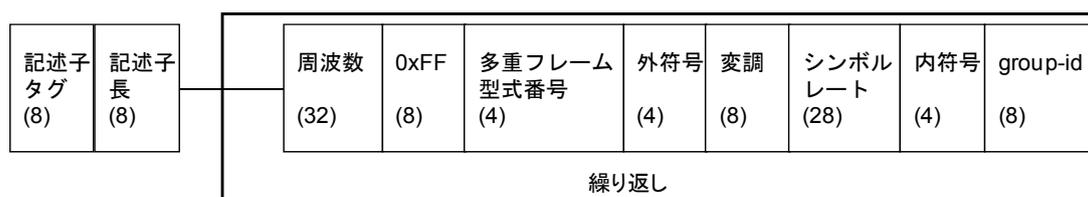


図 4.4-1 有線複数搬送波伝送分配システム記述子の構成

(理由)

複数搬送波伝送方式の信号を受信するためには、分割伝送に用いる各搬送波の物理伝送情報、各搬送波の搬送波群の識別(group_id)および搬送波の順序(carrier_sequence)を知る必要がある。そのため有線複数搬送波伝送分配システム記述子により、これらの情報の記述を可能にした。

表 4.4-1 有線複数搬送波伝送分配システム記述子のシンタックス

データ構造	説明	ビット数	ニーモニク
channel_bonding_cable_delivery_system_descriptor(){			
descriptor_tag	新たに定義するタグ値 0x**	8	符号なし整数
descriptor_length		8	符号なし整数
for(i=0;i<N;i++){	N=number_of_carriers		
frequency	周波数	32	ビット列
reserved_for_future_use	未定義	8	
frame_type	多重フレーム形式番号	4	符号なし整数
FEC_outer	外符号	4	ビット列
modulation	変調	8	ビット列
symbol_rate	シンボルレート	28	ビット列
FEC_inner	0xf	4	ビット列
group_id		8	ビット列
}			
}			

4.4.1 周波数 (frequency)

これは32ビットのフィールドで、4ビットBCDコード8桁で周波数を表す。有線分配システム記述子では、周波数は、最上位桁より起算して第4桁の後ろが小数点となるMHz単位で符号化される。

4.4.2 多重フレーム形式番号 (frame_type)

これは4ビットのフィールドで、表 4.4-2に従って多重フレーム形式の種別を表す。

表 4.4-2 多重フレーム形式番号 (frame_type)

値	[多重フレーム長、最大多重ストリーム数]
0x1	[53、15]
0x2	[53、15] 複数TS伝送方式で受信できない
0xF	単一TS伝送方式
その他	未定義

4.4.3 外符号 (FEC_outer)

これは4ビットのフィールドで、表4.4-3に従って外符号を表す。

表 4.4-3 外符号 (FEC_outer)

FEC_outer (外符号)	意味
0000	未定義
0001	外符号なし*
0010	RS(204,188)*
0011-1111	将来使用のためリザーブ

*: 平成 23 年総務省告示第 312 号による

4.4.4 変調 (modulation)

これは8ビットのフィールドで、表4.4-4に従って有線分配システムで使用される変調方式を示す。

表 4.4-4 変調 (modulation)

変調	意味
0x00	未定義
0x01	16 QAM
0x02	32 QAM
0x03	64 QAM*
0x04	128 QAM
0x05	256 QAM*
0x07	1024 QAM
0x06, 0x08-0xFF	将来使用のためリザーブ

*: 平成 23 年総務省告示第 312 号による

4.4.5 シンボルレート (symbol_rate)

これは28ビットフィールドで、4ビットBCDコード7桁で、最上位桁より起算して第3桁の後ろが小数点となるMsymbol/s単位でシンボルレート値を表す。

4.4.6 内符号 (FEC_inner)

これは4ビットのフィールドで、表 4.4-5に従って内符号を表す。
このフィールドの値は‘1111’(*)とする。

表 4.4-5 内符号 (FEC_inner)

F E C (内符号)	意 味
0000	未定義
0001	符号化率 1/2
0010	符号化率 2/3
0011	符号化率 3/4
0100	符号化率 5/6
0101	符号化率 7/8
1000	ISDB-S 方式 (TMCC 信号参照)
1111	内符号なし
0110-0111 1001-1110	将来使用のためリザーブ

(*) : 平成23年総務省告示第312号による

4.4.7 group_id (搬送波群の識別)

この拡張TSMFを伝送する搬送波を含む搬送波群を識別する情報を示す8ビットのフィールドである。値'0'は用いないこととする。

4.5 複数搬送波伝送された信号の選局手順

図 4.5-1 にTSの番組選択フローを一例として示す。

TLVの番組選択フローについては、ARIB標準規格と運用規定策定後に検討する。

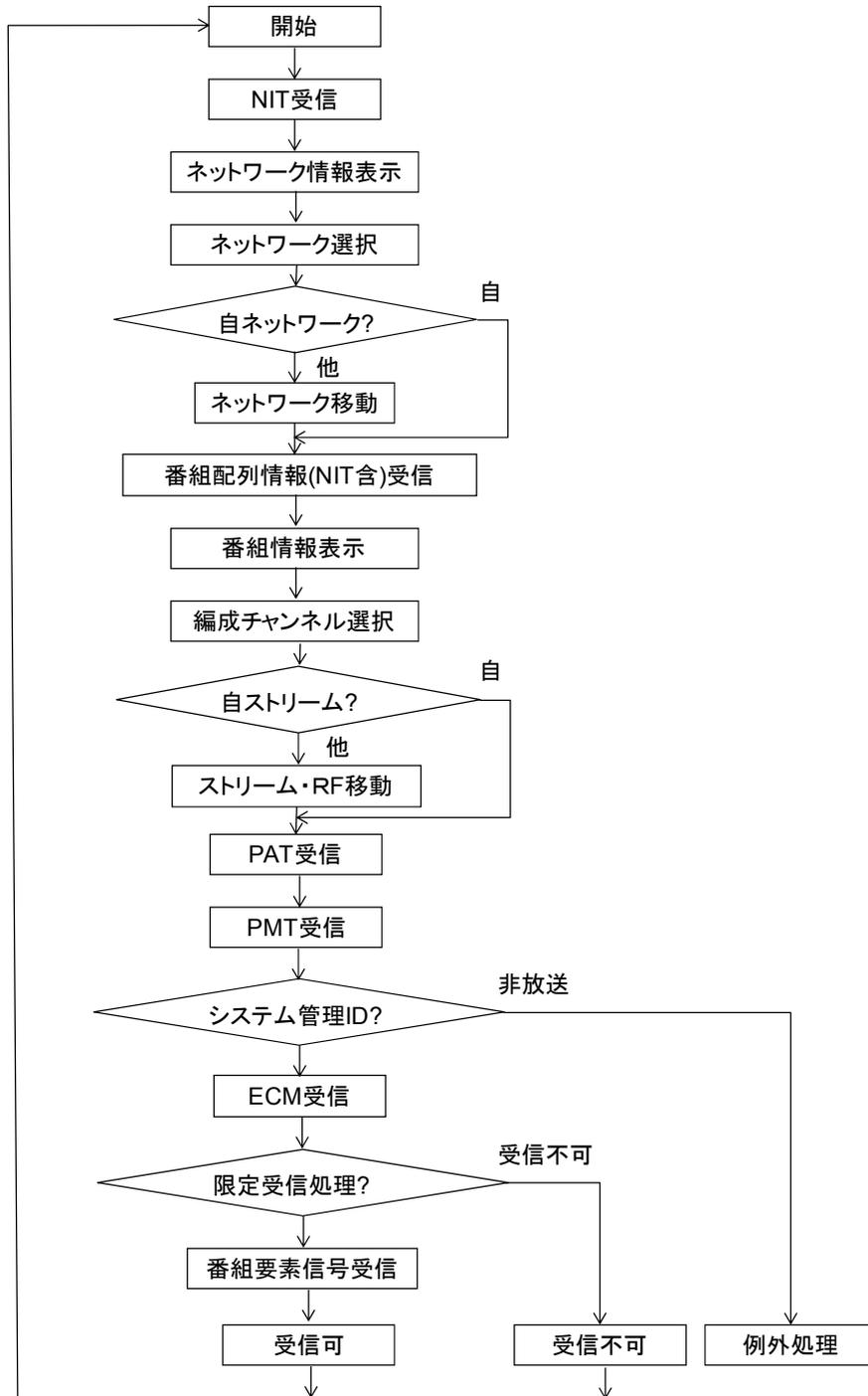


図 4.5-1 TSの番組選択フロー

4.6 TLV信号の拡張TSMFへの多重化

拡張TSMF多重化装置は、TS信号入力ポートに入力したTS信号もしくはTLV信号入力ポートに入力したTLV信号を、拡張TSMF上のスロットに、入力TS信号もしくは入力TLV信号の独立性を保ちながら多重化し、出力するものである。

4.6.1 TLV信号の拡張TSMFへの多重化

多重化するTLV信号に含まれるTLV-NITがケーブルテレビネットワーク（自ネットワーク）用のものでないときは、ケーブルテレビネットワーク（自ネットワーク）用書き換えたTLV-NITをTLV信号に挿入して出力するものとする。

TLV信号は、可変長なTLVパケットの集合である。拡張TSMF多重化装置では、TLVパケットを固定長（188バイト）の分割TLVパケットに変換しスロットに多重する。分割TLVパケットは、先頭の3バイトをヘッダとし、これに続く185バイトをペイロードとする。図4.6-1にTLVパケットを分割して、分割TLVパケットが生成される例を示す。ペイロードには、分割された複数のTLVパケットが含まれることもある。

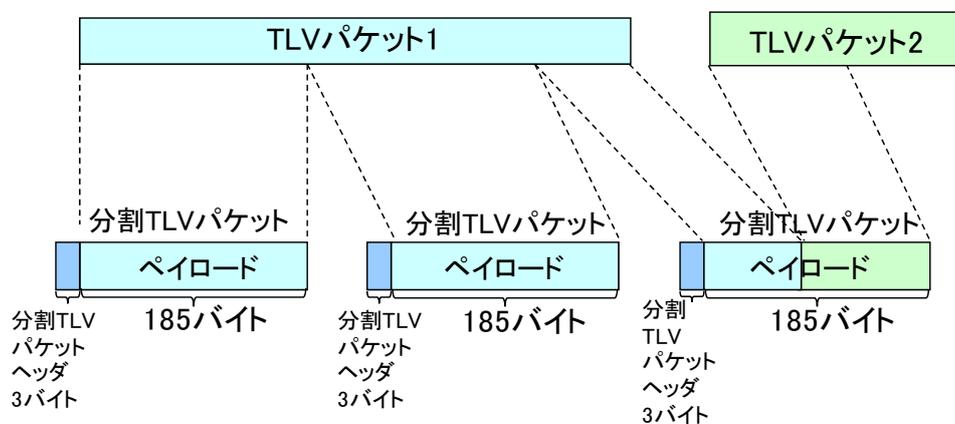


図 4.6-1 分割 TLV パケットの例

分割 TLV パケットの構成を図 4.6-2 に示す。

- ・ 同期バイトは、0x47 とする。
- ・ トランスポートエラーインジケータは、分割 TLVパケット内のビットエラーの有無を示すフラグとし、‘1’ のとき、少なくとも1 ビットの訂正不可能なエラーが分割TLVパケットに存在することを示す。
- ・ TLVパケット開始インジケータは ‘1’ のとき、この分割TLVパケットのペイロード内にTLVパケットの先頭が含まれていることを示す。
- ・ PID は、ペイロードのデータがTLVデータであることを識別するために使用する領域とする。(値はT.B.D.：規定が必要 or ヌル 0x1FFF)
- ・ 先頭TLV指示は、TLVパケット開始インジケータが ‘1’ のときに用いるペイロードの先頭 1 バイトである。先頭TLV指示の値により、ペイロードの何バイト目にTLVパケットの先頭位置があるかを示す。これにより受信機は、分割TLVパケットのペイロード内に含まれるTLVパケットの先頭位置を検知できる。TLVパケット開始インジケータが ‘0’ のときには、先頭TLV指示を挿入しない。

同期 バイト	トランスポートエラーインジケータ	TLVパケット開始インジケータ	‘0’	PID	ペイロード 先頭TLV指示 (8)
8	1	1	1	13	185×8

図 4.6-2 分割 TLV パケットの構成

(参考) 拡張TSMF多重化の機能ブロック構成例

- ・ 拡張TSMF多重化装置では、入力TLV信号の伝送速度に対して、これを欠落無く送出可能とするスロット数をあらかじめ確保しておく。換算された伝送速度が入力TLV信号の伝送速度を上回る場合には、ヌルTLVパケット（別紙参照）を挿入して速度調整を行い、確保されたスロットの全てを分割TLVパケットで埋めなくてはならない。

TLV信号の拡張TSMF多重化の機能ブロック構成例を図4.6-3 に示す。

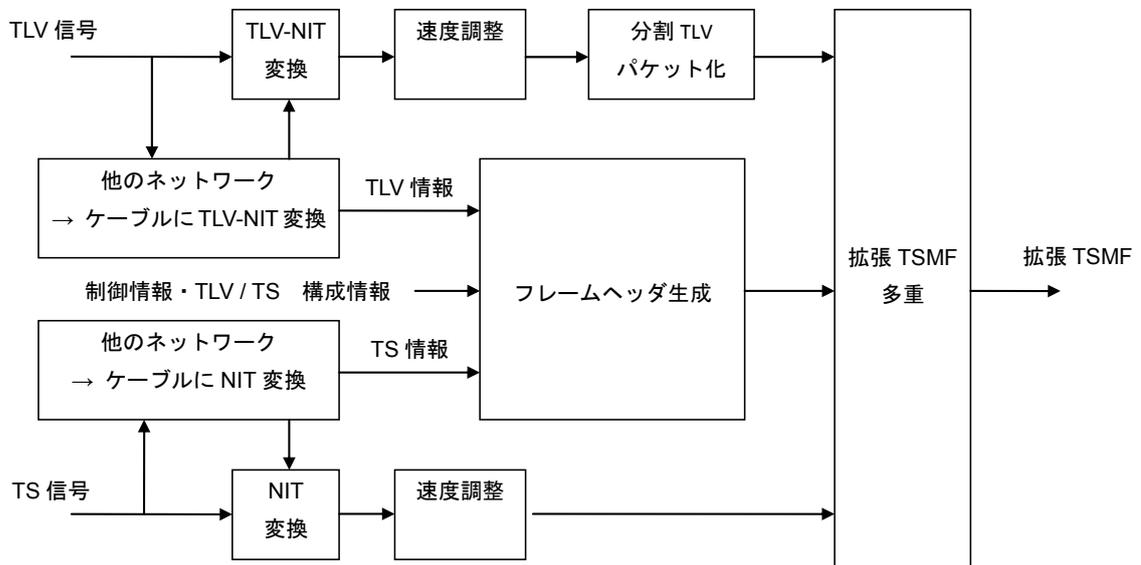


図 4.6-3 TS 信号および TLV 信号を拡張 TSMF 多重する構成例

(別紙) 抜粋して引用²

別表第八号 TLV パケットの送出手順

'01'	'111111'	パケット種別	データ長	データ
2	6	8	16	8×N

送出順→

注

- 1 パケット種別は、TLV に格納するパケットの種別を識別するために使用する領域とし、その割当ては別記に示すとおりとする。
- 2 データ長は、これより後に続くデータバイト数を書き込む領域とする。

別記 パケット種別の割当て

パケット種別の値	割当て
0x00	未定義
0x01	IPv4 パケット
0x02	IPv6 パケット
0x03	ヘッダ圧縮した IP パケット
0x04 - 0xFD	未定義
0xFE	伝送制御信号パケット
0xFF	ヌルパケット

注 ヌルパケットは、データ長に示される長さの 0xFF のバイト列をデータに書き込んだパケットとする。

² 関連情報の構成及び送出手順、PES パケット等の送出手順並びに伝送制御信号及び識別子の構成等（標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式第3条、第16条、第22条の4、第22条の13、第22条の23、第22条の24、第35条の3、別表第19号の23）平成二十一年二月二十日 総務省告示第八十八号 平成二十二年四月二十三日 総務省告示第百七十一号

4.7 パケットの配置順

TSパケットまたはTLV分割パケットのロットへの配置順（拡張TSMFロットへの配置の順序）については、以下の通り定める。

4.7.1 搬送波間のフレームの位相合わせ

搬送波間のフレームの位相合わせは、各搬送波のスーパーフレームの先頭のロット（フレーム位置情報(frame_position)が'0'のTSMFの拡張TSMF多重フレームヘッダ）を基準として合わせるものとする。次節以降では、搬送波間のフレームの位相合わせは、すでに行われているものとする。

(理 由)

パケットの送出順を決めるには、搬送波間の位相をそろえておく必要がある。特に、伝送中に搬送波ごとに伝搬遅延時間が異なる場合に、受信機では処理を開始する前に搬送波間の位相をそろえておくことが必須である。

4.7.2 スロットの配列順

各搬送波のスーパーフレームの先頭のロットからフレーム数(number_of_frames)と同じ数のロットごとに区切り、それぞれをサブフレームと定義する。一つのスーパーフレームに含まれる各搬送波のサブフレームの数は、搬送波の変調方式によらず 53 である。サブフレーム内のロット配列順は、図 4.7-1 に示す'0'から'3'の範囲のロット位置情報 (sp: slot_position) の値が小さい順とする。サブフレーム内でのロット位置情報が同一の場合には、搬送波の順序 (carrier_sequence) の値が小さい順とする。

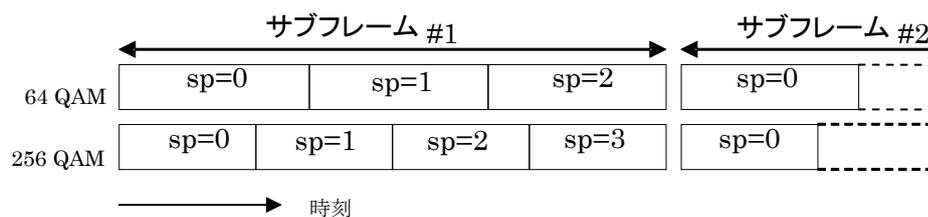


図 4.7-1 サブフレームとロット位置情報の定義 (64 QAM, 256 QAM)

(理 由)

異なる変調方式の搬送波を搬送波群とする場合には、一つのパケットを送出する時間が搬送波間で異なるが、サブフレームを定義することで、ロットの配列順の定義が容易になる。例として、図 4.7-2 搬送波群に属する搬送波の変調方式が等しい場合のロットの配列順に、同じ変調方式の 4 波で搬送波群を構成した場合のロットの配列順を示す。また異なる変調方式の 2 波で搬送波群を構成した場合の例として、図 4.7-3 および図 4.7-4 に、

64 QAM (2波) と 256 QAM (2波) の合計 4 波を用いる場合のスロットの配列順を示す。

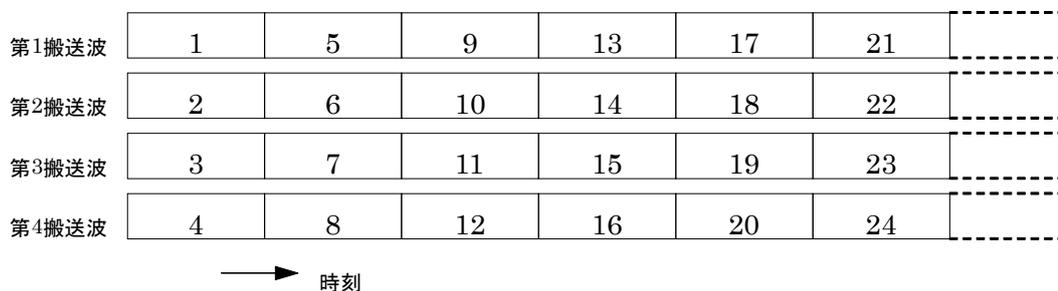


図 4.7-2 搬送波群に属する搬送波の変調方式が等しい場合のスロットの配列順

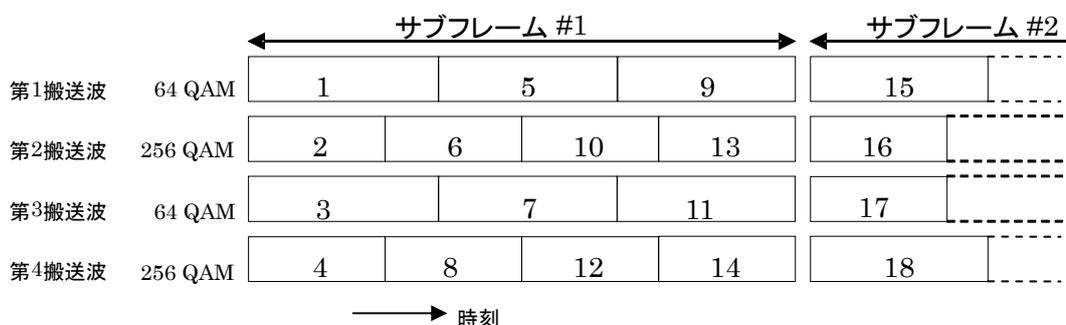


図 4.7-3 搬送波群に属する搬送波の変調方式が異なる場合のスロットの配列順 (時間軸)



図 4.7-4 搬送波群に属する搬送波の変調方式が異なる場合のスロットの配列順 (メモリ空間)

4.7.3 パケットのロットへの配置順

ストリームのパケットは、一つの搬送波群に含まれる搬送波の拡張TSMF多重フレームヘッダの相対ストリーム番号対ロット対応情報 (`relative_stream_number`) によってそのストリームに割り当てられているロットに配置される。ストリームのパケットは、そのストリームに割り当てられている搬送波の拡張TSMFにおけるロットの配列順に従って配置される。

(理 由)

パケットのロットへの配置順を規定することにより、受信機は複数搬送波で分割伝送されたストリームを正しく復元することができる。定められたロットの配列順に従って配置することで、送信機・受信機の処理による遅延時間が少なくなるように配慮した。

以上

4.8 参考文献

- (1) 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち、
有線テレビジョン放送におけるデジタル放送方式の技術的条件 (平成 8 年 5 月)
- (2) 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち、
地上デジタルテレビジョン放送方式の技術的条件 (平成 11 年 5 月)
- (3) 電気通信技術審議会答申 諮問第 74 号「デジタル放送方式に係る技術的条件」のうち、デジタル
有線テレビジョン放送における高精細度テレビジョン放送等の導入のための技術的条件
(平成 12 年 5 月)
- (4) 平成 23 年総務省令第 95 号 「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」
(平成 23 年 6 月)
- (5) 平成 23 年総務省令第 311 号
「デジタル有線テレビジョン放送方式に関する多重フレームヘッダ情報の構成を定める件」
(平成 23 年 6 月)
- (6) 平成 23 年総務省令第 87 号
「標準テレビジョン放送のうちデジタル放送に関する送信の標準方式」 (平成 23 年 6 月)
デジタル有線放送テレビジョン放送 番組配列情報の構成及び識別子の運用基準
- (7) 一般社団法人 日本 CATV 技術協会標準規格 JCTEA STD-007
デジタル有線放送テレビジョン放送 デジタルケーブルテレビジョン受信装置
- (8) ITU-T J. 83, "Digital multi-programme systems for television, sound and data services for
cable distribution"
- (9) ITU-T J. 183, "Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams over cable
television systems"

学会論文、国際会議等の公表資料

- [1] 袴田, 他, “ケーブルテレビにおける可変長パケットの伝送方式”, 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-8-34, (Sep. 2011)
- [2] Y. Hakamada, et al, “An UHDTV Cable Television Distribution in Combinations of Multiple 64 and 256 QAM Channels”, IEEE ICCE2013 vol.2, pp.488-489, (Jan. 2013)
- [3] 木下, 他, “ケーブルテレビでのスーパーハイビジョンのVOD伝送実験”, 映像情報メディア学会年次大会, ITE Annual convention, 7-1-1 (Aug. 2013)
- [4] Y. Hakamada, N. Nakamura, T. Kurakake, T. Kusakabe, and K. Oyamada : “UHDTV (8K) Distribution Technology and Field Trial on Cable Television Networks”, ITE Trans. on MTA, 2, 1, pp. 2-7 (Jan. 2014)
- [5] 袴田, 他, “大規模ケーブルテレビ商用回線での8K・スーパーハイビジョン伝送実験”, 映像情報メディア学会年次大会, ITE Annual convention, 21-9 (Sep. 2014)

4.9 用語解説

用語	説明
MPEG-2 Systems	複数の MPEG 映像及び音声のデータストリームを多重する方式。
NIT	Network Information Table 多重方式で使用される伝送制御信号の一つで、ネットワークで使用される周波数・変調方式等の物理条件の情報伝送に使用されるテーブル。
PID	Packet Identifier 該当パケットの個別ストリームの属性を示す識別情報。
reserved_for_future_use	符号化ビットストリームを定義する項の中で使用する場合、その値が将来、標準化団体が定義する拡張子として使用されるかもしれないことを表す。別途定義されない限り、全てのビットは'1'に設定する。
SI	Service Information (番組配列情報) 放送データストリームの分配システム、内容、スケジュール/タイミングなどを記述するデジタルデータ。独自に定義された拡張部分とともに MPEG-2 プログラムスペシフィックインフォメーション (PSI) を含む。
TS	Transport Stream ISO/IEC13818-1(MPEG-2 Systems)で規定されるデータ構造。符号誤りが発生する環境において、複数のビデオ、オーディオ、データで構成される複数の番組を多重化したストリームを伝送(蓄積)の目的で規定した多重化ストリーム。
TS パケット	Transport Stream Packet 188 バイトの固定長パケット。ISO/IEC 13818-1 で規定される。
TS 分割方式	デジタル放送信号等の 1 個の TS を複数の搬送波を用いて分割伝送する方式。1TS の帯域が CATV の伝送帯域より大きい東経 110 度 CS デジタル放送の再放送に用いられる。

拡張 TSMF	Extended TSMF 複数 TS 伝送方式で用いられている TSMF のうち、拡張情報の領域を利用して、複数搬送波伝送方式に適用するため定義したフレーム
スロット	188 バイトの大きさを持つデータを格納する構造であって、複数 TS 伝送方式に於ける多重フレームの構成単位である。
デジタル有線テレビジョン放送方式	周波数 90～770 MHz の周波数範囲の複数の 6 MHz 帯域を用いて、伝送符号は 64 値あるいは 256 値直交振幅変調(64 / 256 QAM)方式による有線テレビジョン放送方式。
デジタル有線テレビジョン放送用受信装置	デジタル有線テレビジョン放送方式におけるデジタル化映像番組の受信装置。アナログホームターミナルに対応するデジタル受信装置。通称セット・トップ・ボックス(STB)と呼ばれる。
多重フレーム	複数個のスロットで構成した同期データ構造。
多重フレームヘッダ	多重フレームの先頭の 1 スロットで送るデータで、多重フレーム同期信号、TS の配置情報などを含む。
多重フレーム構造	BS デジタル放送の TMCC 等をデジタル有線テレビジョン放送するため、新たに構成した TS パケットのフレーム。
単一 TS 伝送方式	複数 TS 伝送方式に対して、従来の一つの伝送路で一つの TS を伝送する方式を単一 TS 伝送方式と呼ぶ。
複数 TS 伝送方式	複数の TS を一つの伝送路で伝送する場合、一つの TS に組み直すのではなく各 TS を区別可能な形で伝送する方式。各 TS を区別する仕組みとして、多重フレーム構造と多重フレームヘッダが用いられる。
有線複数搬送波伝送分配システム記述子	channel_bonding_cable_delivery_system_descriptor 複数搬送波伝送方式の各搬送波を受信して合成するために、物理伝送情報、各搬送波の搬送波群の識別および搬送波の順序に関する情報を含む記述子。

5 衛星基幹放送のパススルー伝送方式に係る技術的条件

(※注記) 衛星基幹放送における超高精細度テレビジョン放送方式の変調方式として、現行の BPSK、QPSK、8PSK に加え、今回は超高精細度テレビジョン放送の変調方式の内、高度広帯域伝送方式規定される 16APSK(符号化率 7/9)信号について検討を行った。

参考資料 6 の TG2 実験結果報告書には、16APSK(符号化率 9/10)信号についても実験結果が得られているため、この結果の扱いについては要検討である。

5.1 衛星基幹放送のパススルー伝送方式の概要

(事務局にて追記予定。)

5.2 衛星基幹放送における超高精細度テレビジョン放送方式の条件

表5.2-1 衛星基幹放送の放送方式の条件

区分	条件	
	高度 BS デジタル放送	高度広帯域 CS デジタル放送
放送方式	標準テレビジョン放送等のうち、デジタル放送に関する放送の標準方式(平成 23 年総務省令第 87 号)第 5 章に規定する 11.7GHz を超え 12.2GHz 以下の周波数の電波を使用する衛星基幹放送局の行う超高精細度テレビジョン放送に準拠する高度広帯域伝送方式	標準テレビジョン放送等のうち、デジタル放送に関する放送の標準方式(平成 23 年総務省令第 87 号)第 6 章に規定する 12.2GHz を超え 12.75GHz 以下の周波数の電波を使用する衛星基幹放送局の行う超高精細度テレビジョン放送に準拠する高度広帯域伝送方式
適用の範囲	11.7GHz を超え 12.2GHz 以下の周波数の電波を使用する衛星基幹放送局の行う超高精細度テレビジョン放送	12.2GHz を超え 12.75GHz 以下の周波数の電波を使用する衛星基幹放送局の行う超高精細度テレビジョン放送
周波数帯域幅等	34.5MHz	34.5MHz
主搬送波の変調	16APSK(符号化率 7/9)	16APSK(符号化率 7/9)

BS デジタル放送及び広帯域 CS デジタル放送の変調方式について、「有線一般放送の品

質に関する技術基準に定める省令（H25年12月10日総務省令113号）において規定済みのBPSK、QPSK、8PSKに加え、今回は超高精細度テレビジョン放送の変調方式の内、高度広帯域伝送方式規定される16APSK(符号化率7/9)信号について検討を行った。

5.3 電気信号に係る技術的条件

5.3.1 ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件

表 5.3.1-1 ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件

区分	条件	
	高度 BS デジタル放送	高度広帯域 CS デジタル放送
信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差	降雨による減衰の最悪月において時間率 99 パーセントの確率で、ヘッドエンド入力 CN 比 21dB 以上【TBD】 ただし、ヘッドエンド入力信号が、他のヘッドエンド装置等から連絡線等において伝送された信号では無きこと。	

理由)

有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令（平成 23 年 6 月 29 日総務省令第 95 号）では、デジタル有線テレビジョン放送方式による有線テレビジョン放送等を行う場合のヘッドエンドの主たる機器の入力端子における入力信号として、入力信号の区別にて、デジタル放送の標準方式のうち衛星基幹放送局に係るものによる基幹放送、衛星一般放送又は通信衛星経由で配信される放送番組を受信し、そのデジタル信号を再放送又は送信する場合においては、復調後におけるビット誤り率として、最悪月において 99 パーセントの確率で 1×10^{-8} 以下（短縮化リードソロモン（204,188）符号による誤り訂正前とする。）として性能規定している。

しかしながら、放送波を利用して、この誤り率を正確に測定する測定器（ 1×10^{-10} 程度測定可能な機器）が無い場合や、誤り率を測定するに際して長時間の測定が必要となり測定が困難な場合があること、また高度広帯域衛星放送で使用される誤り訂正方式の LDPC 符号は、CN 比性能に対して急峻なビット誤り率特性を有していることから、ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件としては、ビット誤り率による規定ではなく、信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差にて規定することが妥当である。

諮問第 2023 号に対する放送システム委員会の報告における BS 衛星伝送実験の結果においては、16APSK(符号化率 7/9)信号の所要 CN 比は 12.6dB となっている。回線設計例においては、16APSK (7/9) の晴天時の受信 CN 比は 18.1dB となっており、所要 CN 比に対して 5.5dB のシステムマージンがあり、降雨による減衰の最悪月におけるサービス時間率としては 99.70%となっている。

これを参照し、業務用衛星放送受信アンテナを適用した際に、この回線におけるサービス時間率が 99%となる場合のシステムマージンは 9.2dB となる。従って、ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件として、信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差は所要 CN 比にこのシステムマージンを加算して得られる 21.8dB となる。

諮問第 2024 号答申において検討を行った結果では、光送信機と光伝送路、および V-ONU 間の伝送路 CN 比 24dB が劣化すると考えられるが、BS-IF パススルー伝送の信号については光送信機の入力信号偏差が±3dB であることから、この偏差下限値を考慮すると光伝送路の CN 比は 21dB となる。また、省令・告示においては、棟内伝送路（保安装置、又は受信用光伝送装置の出力端子から受信者端子までの間）における CN 比は 24dB 以下となっているが、棟内調整不良等により棟内システム CN 比が 15dB となる場合についての検討もされており、これらを考慮すると、想定する伝送路の総合 CN 比は 14.0dB となる。

$$C/N = -10 \log_{10} (10^{-21/10} + 10^{-15/10}) = 14.0\text{dB}$$

この場合、ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件として信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差を 21.8dB とした場合には、受信者端子における信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差は 13.4dB となり、16APSK(符号化率 7/9)信号の所要 CN 比の 12.6dB を満足する。

$$C/N = -10 \log_{10} (10^{-21.8/10} + 10^{-14/10}) = 13.4\text{dB}$$

従って、このヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件としての信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差である 21.8dB の小数点以下を切り下げて 21dB 以上とする。

なお、これを 21dB とした場合でも受信者端子における信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差は 13.2dB となり、16APSK(符号化率 7/9)信号の所要 CN 比の 12.6dB を満足する。

$$C/N = -10 \log_{10} (10^{-21/10} + 10^{-14/10}) = 13.2\text{dB}$$

5.3.2 受信者端子における信号搬送波の条件

表 5.3.2-1 受信者端子における信号搬送波の条件

区分	条件	
	BS デジタル放送	広帯域 CS デジタル放送
搬送波の周波数	1049.48、1087.84、1126.20、 1164.56、1202.92、1241.28、 1279.64、1318.00、1356.36、 1394.72、1433.08、1471.44MHz	1613、1653、1693、1733、1773、 1813、1853、1893、1933、1973、 2013、2053MHz
信号搬送波の周波数の許容偏差	±1.5MHz 以内 【TBD】	
信号搬送波のレベル	次に掲げる式による A の値以上 B の値以下 【TBD】 $A = 48 + 10 \log_{10} Z / 75$ [dB μ V] $B = 81 + 10 \log_{10} Z / 75$ [dB μ V]	
信号搬送波のレベルと他の信号搬送波のレベルとの差	隣々接チャンネル間は 3dB 以内 【TBD】	
信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差	(一) 13dB 以上	
信号搬送波のレベルと当該信号搬送波の反射による電磁波のレベルとの差	図 5.3.2-1 で示す値以下 【TBD】	
信号搬送波のレベルと妨害波のレベルとの差	単一周波数による妨害にあつては、伝送帯域内において (一) 20dB 以下 【TBD】	
その他の妨害波及びひずみ	映像、音声その他の音響又はデータに障害を与えないものであること。	

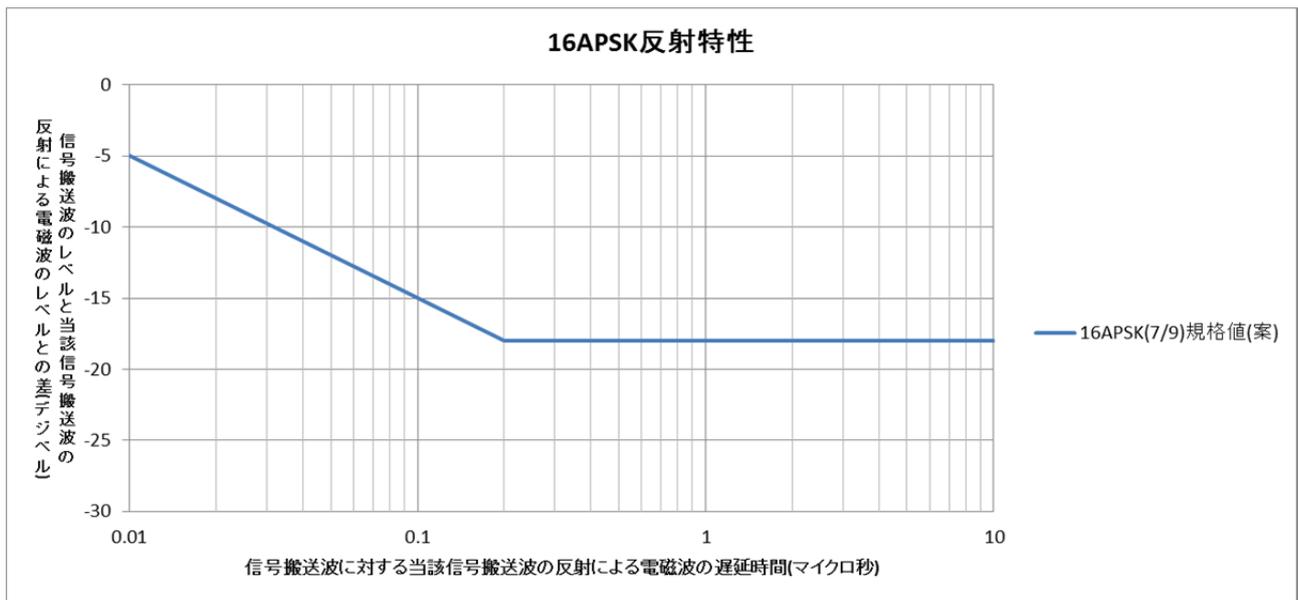


図 5.3.2-1 信号搬送波のレベルと当該信号搬送波の反射による電磁波のレベルとの差

理由)

5.3.2.1 搬送波の周波数

現在、衛星放送（BS17ch）の周波数帯域を活用して、地上デジタル放送の受信環境が整備されていない世帯に対し、「衛星セーフティネット事業」が予定どおり、2015年3月末をもって終了することが確認された。

これにより、当該事業に使用されていた周波数帯域（BS17ch）については、2015年3月末以降、他の目的に使用することが可能となったことを受け、1356.36MHz（BS17chのIF帯域周波数）を追加した。

但し、超高精細度テレビジョン放送を実施するために、現行の衛星放送で利用している右旋円偏波に加え、新たに左旋円偏波の利用の可能性が検討されている。今後新しい伝送路が利用可能となった場合には、それを反映させることとする。

5.3.2.2 信号搬送波の周波数の許容偏差

省令・告示の技術基準と整合するため、±1.5MHz以内とした。

諮問第2023号に対する放送システム委員会の報告における衛星伝送実験において、受信機入力信号を想定するチャンネルのIF周波数から±5MHzまで変化させ、8PSK3/4、16APSK3/4のキャプチャレンジC/N、ロックレンジC/Nの測定を実施した。いずれの場合でも、-5MHz～+4MHzの範囲で、-1dB以下で同期が確保できることを確認した。

5.3.2.3 信号搬送波のレベル

一般社団法人日本CATV技術協会 高度広帯域衛星基幹放送のIFパススルー実証実験結果において、16APSK（符号化率7/9）信号の搬送波レベルが32dB μ V以上83dB μ V以下

の範囲で正常受信する事が確認された。

また、ARIB のデジタル受信機規格と整合するため、定格出力インピーダンスが 75 オームの場合において、48dB μ V 以上 81dB μ V とする。

5.3.2.4 信号搬送波のレベルと他の信号搬送波のレベルとの差

省令・告示の技術基準と整合するため、隣々接チャンネル間は 3dB 以内とした。

一般社団法人日本 CATV 技術協会 高度広帯域衛星基幹放送の IF パススルー実証実験結果において、主信号を 16APSK (符号化率 7/9) 信号とし、妨害信号を TC8PSK 信号とした場合、受信機の隣々接チャンネル信号妨害除去能力 (DU 比) は、-13dB 以下となり、妨害信号を 16APSK (符号化率 7/9) とした場合、受信機の隣々接チャンネル信号妨害除去能力 (DU 比) は、-16dB 以下となる事が確認されている。

5.3.2.5 信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差

諮問第 2023 号に対する放送システム委員会の報告における BS 衛星伝送実験の結果において、16APSK(符号化率 7/9)信号の所要 CN 比は、12.6dB となっており、切り上げて 13dB とした。

5.3.2.6 信号搬送波のレベルと当該信号搬送波の反射による電磁波のレベルとの差

一般社団法人日本 CATV 技術協会 高度広帯域衛星基幹放送の IF パススルー実証実験結果 (16APSK 符号化率 7/9) において、図 3.2.2 により、主波より 0.2 μ s 程度以上遅れた反射波に対しては、信号搬送波のレベルと当該信号搬送波の反射による電磁波のレベルとの差 (以下、「UD 比」という) は(-)14~(-)15dB、主波から 0.01 μ s 遅れた反射波では(-)2dB 程度まで受信可能であると報告されている。

以上のことから、0.2 μ s 以上遅れた反射波に対しては実験結果の最悪値の UD 比(-)15dB に対して 3dB のマージンを見込み(-)18dB とし、また、0.01 μ s 遅れた反射波における UD 比(-)2dB に対して 3dB のマージンを見込み(-)5dB とし、両点を直線で結んだ線を技術的条件とすることとし、図 5.3.2-2 の通りとした。

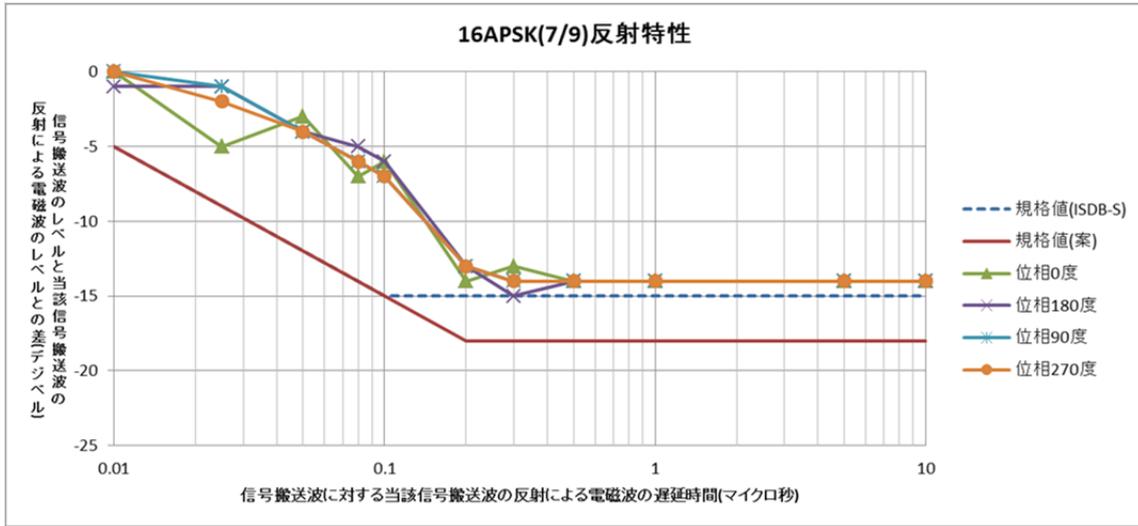


図 5.3.2-2 高度広帯域衛星基幹放送の IF パススルー実証実験結果

モデルケースとして、VSWR2.5 の一般的な宅内ブースターを S-4C-FB の同軸ケーブルで接続した場合を考えてみる。現在 $0.2 \mu s$ 付近が一番厳しいと考えられるので、同軸ケーブルの長さ L は波長短縮率を $K=80\%$ として反射波は反射点で行って帰ってくる分の遅延が発生するので遅延時間の半分の時間の長さが L となるので

$$2L = Vc \times K \times 0.2 (\mu s)$$

$$= 3.0 \times 10^8 \times 0.8 \times 0.2 \times 10^{-6} = 48(m)$$

よって

$$L = 24m$$

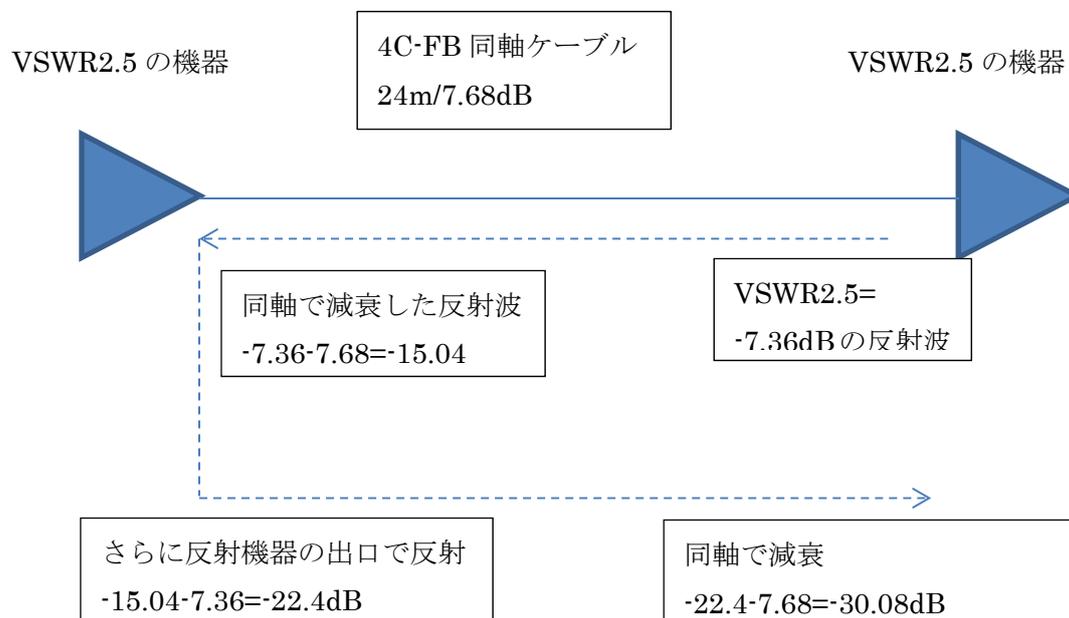
このとき、4C-FB の一般的なロス $320dB/km$ (@1300MHz) として、24m のロス α は $\alpha = 320 \times 0.024 = 7.68dB$

また、VSWR=2.5 はリターンロスで 7.36dB を考慮すると、VSWR2.5 の接続点の2点間で発生する $0.2 \mu s$ の遅延波のレベルは

- ・ 1 つめの反射点で -7.36dB の反射波
- ・ 2 つ目の反射点まで同軸の損失 $24m/7.68dB$
- ・ 2 つ目の反射点で -7.36dB の反射波
- ・ 最初の反射点までの同軸の損失 $24m/7.68dB$

を考慮して合計すればよいことになる。

図示すると下記のようなになる。



よって、搬送波と反射による $0.2 \mu s$ 遅延波との UD 比は 30.08dB となり、上記の定義した SPEC18dB を十分満たすものと考えられ、市場の機器でも実用上問題はないと考えられる。

5.3.2.7 信号搬送波のレベルと妨害波のレベルとの差

一般社団法人日本CATV技術協会 高度広帯域衛星基幹放送のIFパススルー実証実験結果において、単一波信号による妨害の BER 値（誤り訂正後）が疑似エラーフリーとなる信号搬送波のレベル（16APSK 符号化率 7/9）と妨害波のレベルとの差は、(-)14dB 以下となる事が確認されている。ARIB の資料などから、6dB のマージンを加え、(-)20dB 以下とした。（詳細根拠については別途検討予定）【TBD】

5.3.2.8 その他の妨害波及びひずみ

他のデジタルテレビジョン放送方式による有線テレビジョン放送を行う施設に係る条件と同様に、映像、音声その他の音響又はデータに障害を与えないものであることとした。

平成 26 年 7 月「標準テレビジョン放送のうちデジタル放送に関する送信の標準方式」等の一部改正が行われ、情報源符号化方式等に係る技術的条件として、以下の内容が、それぞれ高度広帯域伝送方式による BS デジタル放送及び CS デジタル放送、並びに高度狭帯域伝送方式による CS デジタル放送に規定された。

＜情報源符号化方式等に係る技術的条件＞

- ・映像符号化方式として H. 265
- ・映像入力フォーマットとして UHD TV フォーマット（4 K・8 K）
- ・音声符号化方式として MPEG-4 AAC 及び MPEG-4 ALS
- ・色域として ITU-R BT. 2020
- ・スクランブル方式として AES 及び Camellia
- ・多重化方式として MMT・TLV

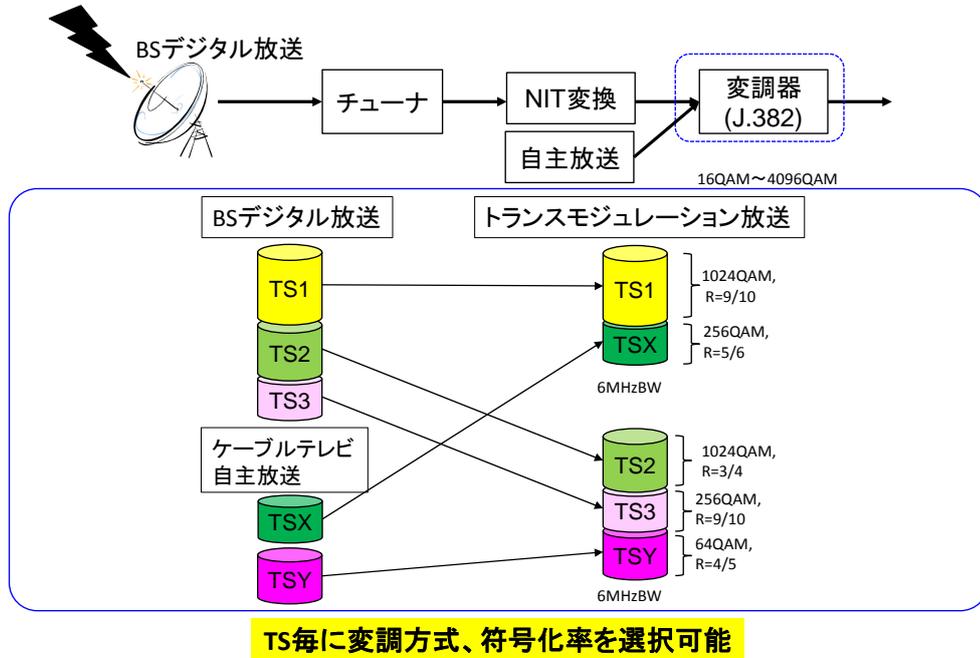
本ケーブルテレビ UHD TV 作業班で検討した結果、有線一般放送方式において、H. 265 等の情報源符号化方式等を適用することについて、特段技術的な課題等はなかった。

当該デジタル放送方式の規定を「放送法施行規則」及び「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」等において準用することにより、ケーブルテレビシステムにおいても、これらの技術が適用可能となる。（参考資料 7 「デジタルテレビジョン放送方式の比較」参照）

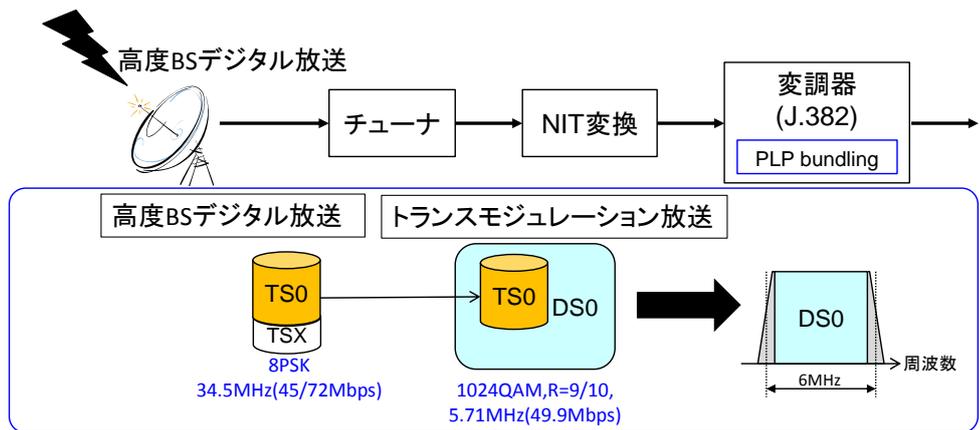
7 想定されるサービスイメージ例

7.1 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式におけるサービスイメージ例

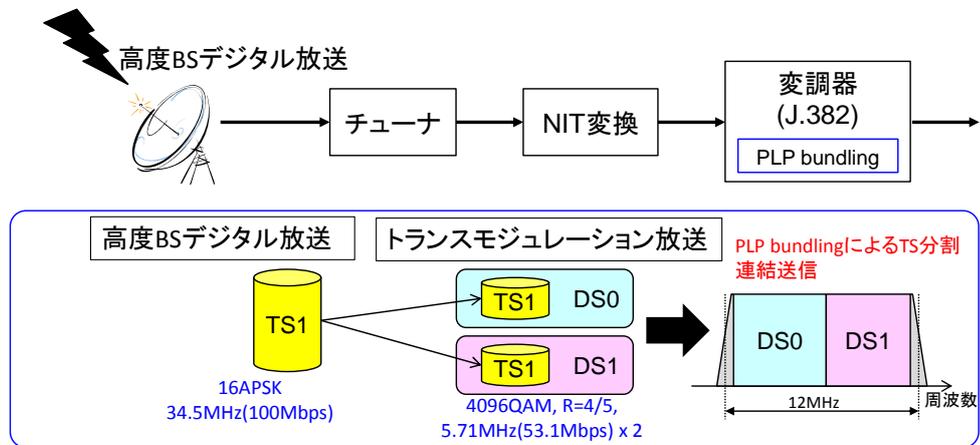
(1) Multiple PLP による TS 多重方式のイメージ例



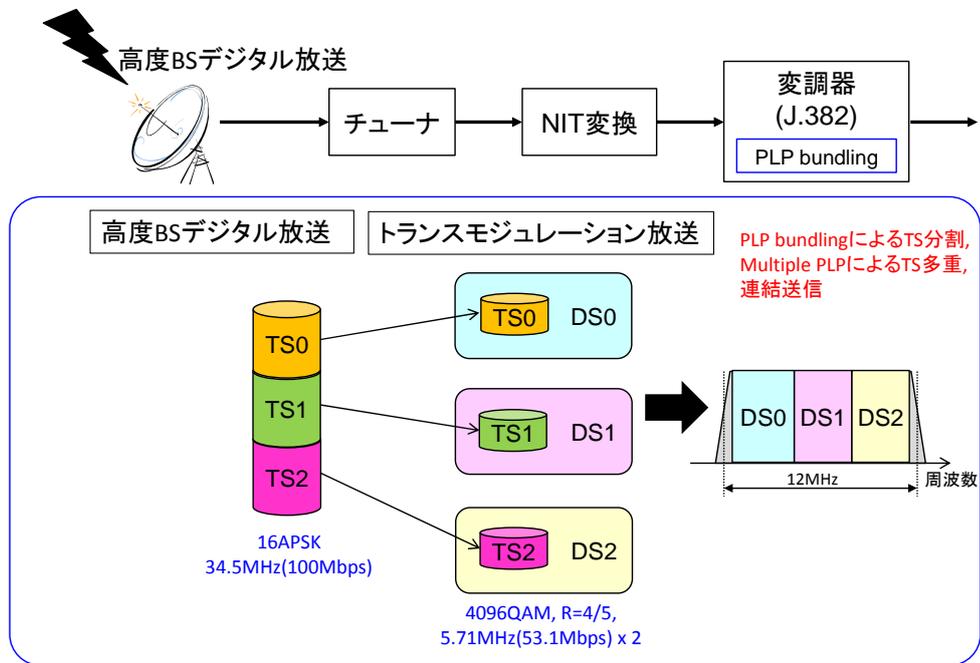
(2) 4K の 1 チャンネルサービス例



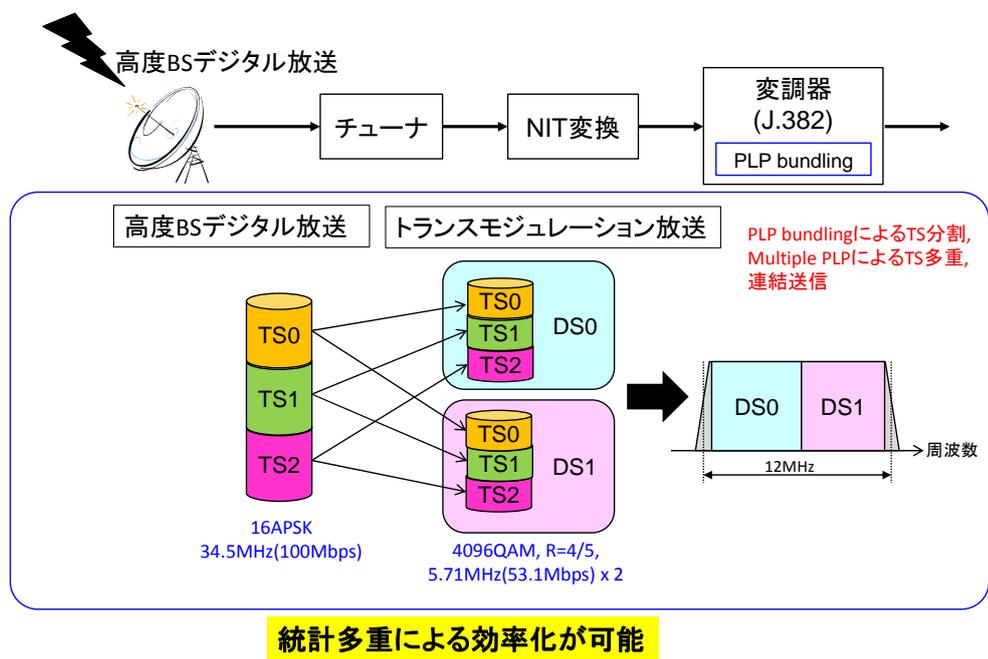
(3) 8K の1チャンネルサービス例



(4) 4K の3チャンネルサービス例

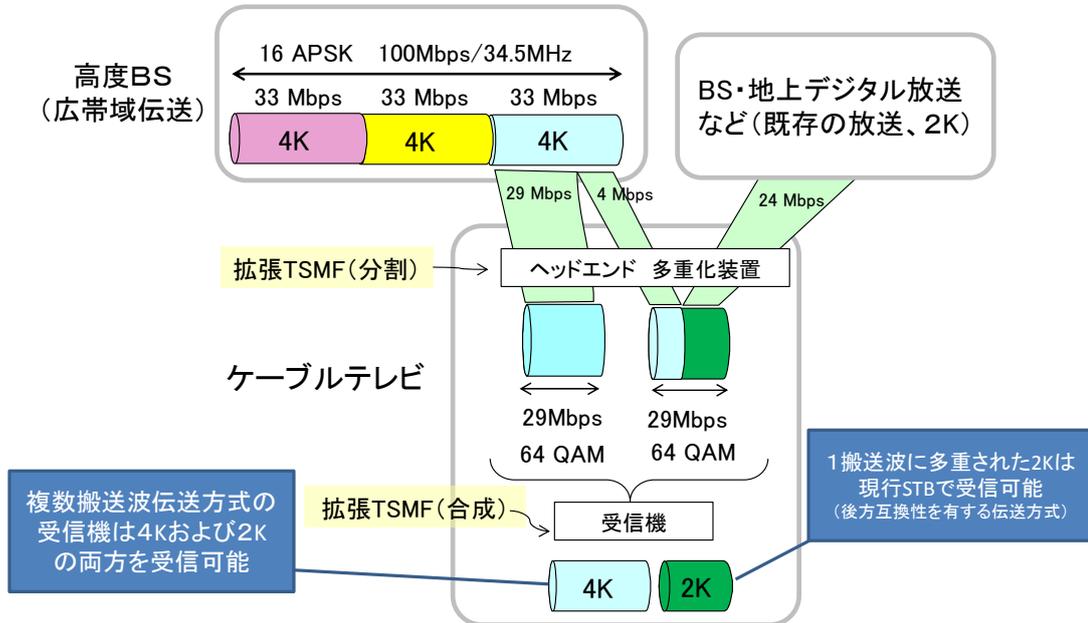


(5) 統計多重による 4K の 3 チャンネルサービス例

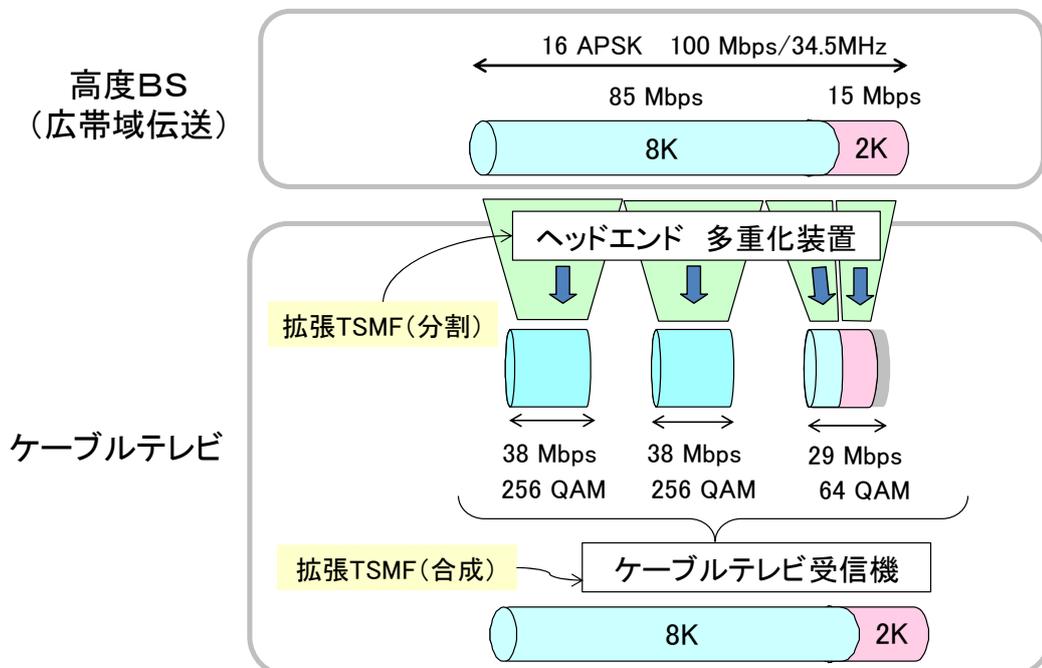


7.2 複数搬送波伝送方式におけるサービスイメージ例

(1) 4K 1 チャンネル、2K 1 チャンネルのサービス例

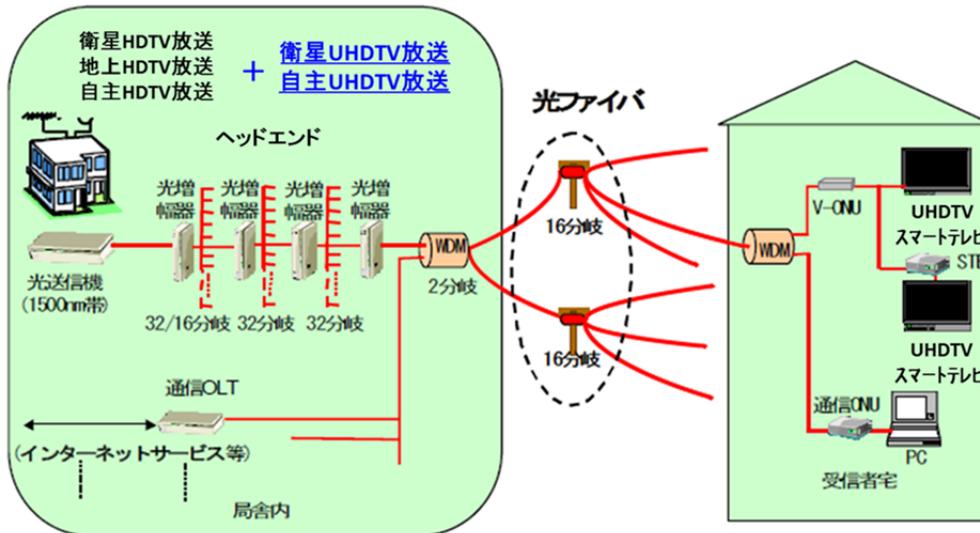


(2) 8K 1 チャンネル、2K 1 チャンネルのサービス例



7.3 衛星基幹放送のパススルー伝送方式におけるサービスイメージ例

衛星IFパススルー方式でケーブルテレビサービスを行う事により、受信（BS放送、東経110度CS放送）した全てのサービス(HDTV、UHDTV)の品質(超高精細、高音質広色域ほか)を損なうことなく、加入者へ提供が可能となります。
 また、ケーブルインターネットサービスとの連携により、**Hybridcast**など多様な放送・通信の融合サービスが、一つのサービス事業者により提供されます。



8.1 FM一括変換方式によるBS-IF等パススルー伝送について

FM一括変換方式によるBS-IF等のパススルー伝送については、2007年の情報通信審議会情報通信技術分科会ケーブルテレビシステム委員会報告の「7.1 FM一括変換方式によるBS-IF等パススルー伝送に関する技術的条件」に、「FM一括変換方式によるBS-IF等パススルー伝送に関する技術的条件については、未だ研究開発中で導入実績がなく、また、V-ONU出力端子に広帯域FM信号の漏れ込みが生じた場合、V-ONU出力信号のCN比特性が劣化するおそれがあることから、今後の検討課題とすることが適当である。」とあるように、今後の検討課題となっていた。

スペクトルの重なりに関する前回の報告後、当該の漏れ込みの影響を回避する方式を確立するとともに、すでに当該伝送について多数の導入を進めてきた。本報告書では、当該の課題について作業班において検討を行った結果を報告する。

8.1.1 漏れ込みの影響の回避について

FM一括変換方式は、伝送する周波数多重信号を1つのFM信号に変換して光ファイバ区間を伝送し、V-ONUにおいて遅延検波によりFM復調を行っている。そのFM中心周波数は3GHzであるため、周波数帯域が約1~2.1GHzのBSデジタル放送又は広帯域CSデジタル放送のIF信号を伝送する場合、図8.1に示すように、V-ONU出力端子に広帯域FM信号の漏れ込みが生じ、BSデジタル放送又は広帯域CSデジタル放送のIF信号とスペクトルが重なり、V-ONU出力信号のCN比特性が劣化するおそれがあった。

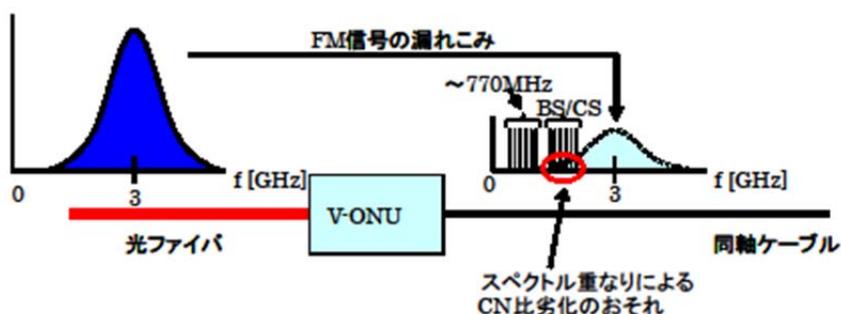


図 8.1 FM 信号の漏れ込みによる出力信号 CN 比劣化

これに対し、図 8.2 に示すように、FM 復調器において復調器入力信号の立ち上がり、立ち下がり両方に対して遅延検波を行い、見かけ上入力 FM 信号を倍周した信号に対して FM 復調を行うことにより、この漏れ込みの影響を回避することができる。図 8.3 に、FM 信号の立ち上がりのみ（片側）を検波した場合と、立ち上がりおよび立ち下がり（両側）を検

波したときのシミュレーション結果を示す。図 8.3 より、立ち上がりおよび立ち下りの両側を検波することにより、FM 信号の漏れ込み量が抑えられており、さらに信号成分も増加していることがわかる。図 8.4 には、BS デジタル放送および広帯域 CS デジタル放送の IF 信号を含む多チャンネル映像信号を FM 一括変換方式により伝送した時の測定結果の一例を示す。測定結果は技術基準を満たしており、技術基準の値に対して漏れ込みの影響が回避されていることがわかる。

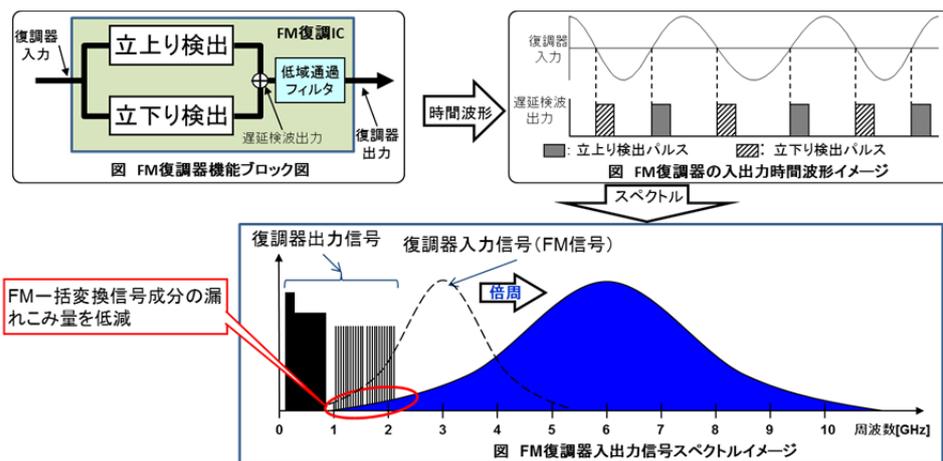


図 8.2 立ち上がり、立ち下り検波による FM 復調と漏れ込み量の低減

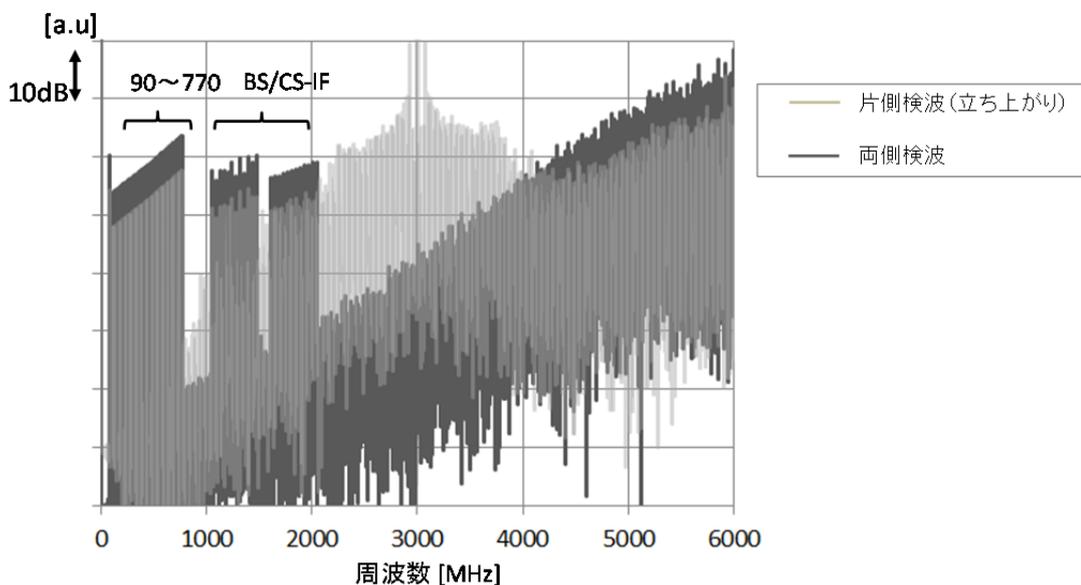


図 8.3 片側検波、両側検波による漏れ込み量の違い

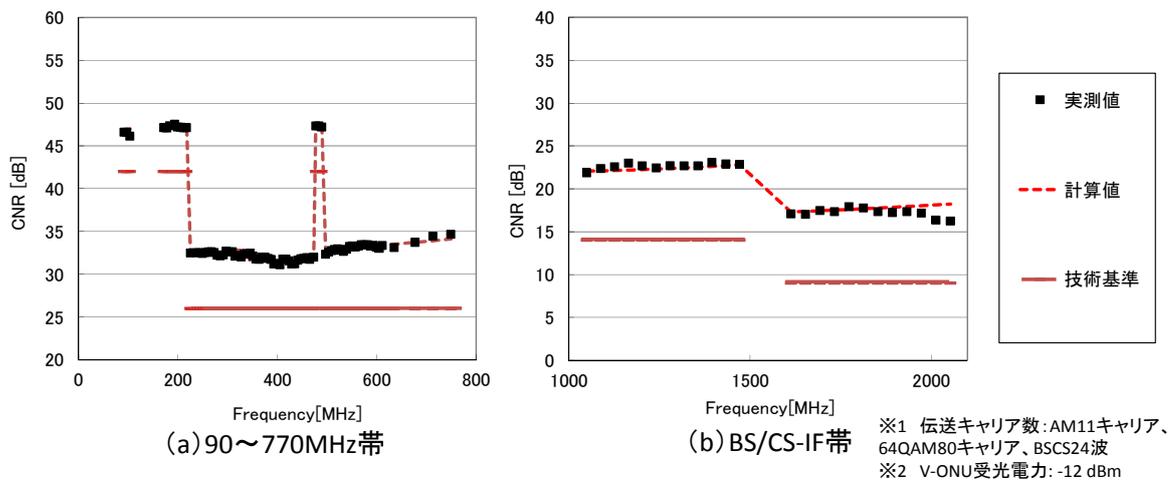


図 8.4 測定結果と計算値

8.1.2 実験結果と計算値との整合性

FM 信号の漏れ込みについては、FM 信号の立ち上がり、立ち下がりを検波することにより低減化を図ることができたが、図 8.2 や図 8.3 から、その影響を完全に無くすることはできないと推測されることから、漏れ込み量について考察する。図 8.4 には、測定結果と合わせて、式 (8-1) による CN 比の計算値についても示している。

$$C/N = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{2 \cdot B_N} \cdot \frac{\Delta F^2(f)}{f^2} \cdot \frac{1}{\frac{1}{C/N_{mod}(f)} + \frac{1}{C/N_{ONU}}} \right) \quad [\text{dB}] \quad \dots \dots \dots (8-1)$$

ただし、

C/N : 当該搬送波の搬送波のレベルと雑音のレベルとの差

f : 当該搬送波の搬送波周波数 [MHz]

B_N : 雑音帯域幅であり、代入値は以下のとおり。

標準テレビジョン放送方式 : 4.0×10^6 [Hz]

デジタル有線テレビジョン放送方式 : 5.3×10^6 [Hz]

標準デジタルテレビジョン放送方式 : 5.6×10^6 [Hz]

標準衛星デジタルテレビジョン放送方式又は広帯域伝送デジタル放送方式 : 28.86×10^6 [MHz]

$\Delta F(f)$: 当該搬送波の周波数偏移量 [MHz_{0-p}/波]

$C/N_{mod}(f)$: 当該搬送波に影響を及ぼす FM 変調器の単位周波数幅当たりの雑音特性 [1/Hz⁻¹]

C/N_{ONU} : FM 伝送区間の単位周波数幅当たりの雑音特性 [1/Hz⁻¹]

であり、FM 伝送区間の単位周波数幅当たりの雑音特性 C/N_{ONU} は以下の式により求まる。

$$C/N_{ONU} = \frac{\frac{1}{2} \cdot (m \cdot R \cdot P_r)^2}{RIN \cdot (R \cdot P_r)^2 + 2 \cdot e \cdot (I_{d0} + R \cdot P_r) + I_{eq}^2} \quad [1/\text{Hz}^{-1}]$$

ただし、

m	:	FM 一括変換信号の光変調度
R	:	受光素子の光-電気変換効率 [A/W]
P_r	:	受光電力 [W]
RIN	:	入力信号光の相対強度雑音 (RIN) [1/Hz]
e	:	電気素量 (1.602×10^{-19} [C])
I_{d0}	:	受光素子の暗電流 [A]
I_{eq}	:	受光部の入力換算雑音 [A/ $\sqrt{\text{Hz}}$]

である。

式 (8-1) は、広帯域 CS デジタル放送の IF 信号の高周波側を除き CN 比の測定値をよく表しているが、広帯域 CS デジタル放送の IF の高周波側では計算値よりも測定値の方が劣化しており、このかい離は FM 信号からの漏れ込みに起因するものと考えられる。したがって、周波数帯域が約 1~2.1GHz の BS デジタル放送および広帯域 CS デジタル放送の IF 信号に対しては、式 (8-1) に漏れ込み量の項を追加する必要がある。

ここで、この FM 信号からの漏れ込み量は FM 信号自体のスペクトル形状に依存し、FM 信号のスペクトル形状は伝送される多チャンネル信号の各キャリアのレベルやチャンネルプランなどに依存することから、漏れ込み量は伝送される多チャンネル信号の各キャリアのレベルやチャンネルプランに依存して変動する。さらに、漏れ込み量の定量的な算出のためには遅延検波後の波形に対してフーリエ変換によりスペクトル形状を求める必要があることから、漏れ込み量の定式化は難しく、したがって FM 一括変換信号における BS デジタル放送および広帯域 CS デジタル放送の IF 信号に対する CN 比の定式化は困難である。このため、FM 一括変換方式における BS デジタル放送および広帯域 CS デジタル放送の IF 信号に対する光信号による性能規定は、検討の対象外とした。

8.1.3 技術的条件

FM 一括変換方式に対する技術的条件については、2007 年の情報通信審議会 情報通信技術分科会ケーブルテレビシステム委員会報告の「4.4 FM 一括変換方式による BS-IF 等パルスルー伝送について」に、「なお、V-ONU 出力端子の搬送波のレベルと雑音（ヘッドエンドの変調波の入力端子から保安装置まで又は V-ONU 出力端子までのもの）のレベルとの差を測定する場合においては、4.3.1 の強度変調方式と同じ技術的条件を用いることが適当である。」とあることから、その記述に従うこととする。ただし、8.2 で述べたとおり、BS デジタル放送および広帯域 CS デジタル放送の IF 信号に対しての、光信号による性能規定を

除く。

8.2 FM 一括変換方式による 16APSK パススルー伝送について

8.2.1 CN 比特性

16APSK については、x. x にあるように、保安装置又は V-ONU 出力端子における CN 比として(-)18dB 以下の値を満たすことが適当である。

これに対して、FM 一括変換方式においても、図 8.4 にあるように、BS デジタル放送の IF 信号に対しては、所要 CN 比の(-)18dB 以下を満たしていることが分かる。

尚、広帯域 CS デジタル放送の IF 信号に対しては、図 8.4 では(-)18dB 以下を満たしていないが、キャリア条件等の調整により、所要 CN 比を満たすことができる。

以上より、FM 一括変換方式による 16APSK パススルー伝送が可能である。

8.2.2 技術的条件

FM 一括変換方式に対する技術的条件については、8.1.3 と同様に、強度変調方式と同じ技術的条件を用いることが適当である。ただし、8.1.1 で述べたとおり、BS デジタル放送および広帯域 CS デジタル放送の IF 信号に対しての、光信号による性能規定を除く。

9 保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子並びに受信用光伝送装置の入力端子での測定に係る技術的条件

【10/15 までに追記予定】

デジタル有線テレビジョン放送方式において、現状は 64QAM シングルキャリアのみでしか規定されていないので、256QAM シングルキャリアについても規定する必要がある。

また、64QAM シングルキャリアについても前提条件を再整理する必要がある。

更に、今回導入予定の J. 382、J. 183 拡張、16APSK の IF パススルー、FM 一括等についても、この章にまとめる予定。→ 要検討

10 今後の検討課題

10.1 国際標準化に関する課題

10.1.1 ITU-T 勧告 J.382 の 4096QAM への符号化率 4/5 の追加について

第3章で述べたとおり、現状の ITU-T 勧告 J.382 では、4096QAM の符号化率 4/5 は含まれていない。勧告 J.382 は ETSI の DVB-C2 とリンクしているため、ITU と ETSI の双方に働きかけ、当該勧告に 4096QAM の符号化率 4/5 を盛り込むことについて、今後の検討課題とすることが適当である。

10.1.2 ITU-T 勧告 J.183 への複数搬送波伝送方式の追加について

第4章で述べたとおり、現状の ITU-T 勧告 J.183 では、UHDTV を既存ケーブルネットワークで、ITU-T 勧告 J.83 Annex C のシングルキャリアの 64QAM と 256QAM のチャンネルをボンディングして配信するための複数搬送波伝送方式は、規定されていない。そこで、平成 26 年 9 月に開催された ITU-T SG9 会合において、我が国から、複数搬送波伝送方式の ITU-T 勧告 J.183 への導入について新規ワークアイテムとして提案し、承認された。

今後、「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」等の技術基準に、複数搬送波伝送方式に関する規定を追加する作業と並行し、我が国から、ITU に対し、引き続き、勧告 J.183 の改訂を働きかけ、当該勧告に複数搬送波伝送方式の規定を盛り込むことについて、今後の検討課題とすることが適当である。

10.2 各方式の更なる高度化に関する課題

10.2.1 分散している周波数帯域の有効利用について

ケーブルテレビでは周波数逼迫しており、周波数利用効率向上が求められている。一方、現状では、6MHz 間隔でチャンネルが必要に応じて配置されていることから、空き帯域が分散している場合がある。

このように、分散している空き周波数帯域を UHDTV に利用したい場合は、複数搬送波伝送方式では、それらのボンディングが可能である。しかし、周波数あたりの伝送容量が高い J.382 方式では、12MHz 以内の分散であれば、ノッチを 10 カ所までかけて、分散している周波数帯域を活用することができるが、12MHz 以上及び 10 カ所以上の分散には対応できない。

そこで、この点を改善するために、2つの高度化が考えられる。一つ目は、J.382 方式自体を高度化して、これらの分散している周波数帯域を有効利用できるようにする方法であり、二つ目は、チャンネルバンドリングしていない J.382 方式を、複数搬送波伝送方式でチャンネルボンディングする方法である。

双方とも、実現の可否を含めて、更なる検討が必要と考えられるので、ケーブルテレビ事業者におけるニーズ等も考慮しながら、今後の検討課題とすることが適当である。

10.3 左旋用IF周波数に関する課題

10.3.1 110度CS左旋用IF周波数について

110度CS左旋については、総務省が、平成26年9月に公表した「4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合 中間報告」において、「110度CS左旋については、(中略)受信環境の整備について多くの解決すべき課題があることから、引き続きARIB等において技術的な検討を行い、解決の目処がついた時点で、ロードマップにおける位置づけについて検討を行うこととする。」としている。

ケーブルテレビで110度CS左旋をパススルー方式で伝送するためには、IF周波数を特定する必要があるが、上述の通り、これらの技術的な検討がARIB等において、解決の目処がついた時点で、検討することが適当である。

10.3.2 BS左旋用IF周波数について

BS左旋についても、上記の「4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合 中間報告」で記述があり、「BS左旋等国际調整等により、今後新しい伝送路が利用可能となった場合は、今後のロードマップ見直しの中でそれを反映させることとする。」としている。

従って、BS左旋用IF周波数については、利用可能となった時点で検討することとし、今後の検討課題とすることが適当である。

10.4 IPマルチキャスト方式に関する課題

IPマルチキャスト方式については、平成19年3月28日情報通信審議会答申において、「IPマルチキャスト方式を含むIPTVについては、国内外で標準化に関する議論が精力的に行われているところであり、今後、IPマルチキャスト方式に汎用的に適用可能な画質や伝送品質の評価方法が確立された場合や、多くの事業者が統一された伝送方式を採用するようになった場合には、当該評価方法や伝送方式について技術的条件を検討することも合理性があると考えられる。」となっていた。

評価方法はITU-T勧告G.1080が一般的に参照されているところであり、伝送方式はIPマルチキャスト方式を含んだ形で4K試験放送が開始され、「IPマルチキャスト方式を多くの事業者が統一された伝送方式を採用するようになった場合」に当たる状況となりつつあることを踏まえ、現状の技術の進展に合わせて、IPマルチキャスト方式に関する技術的条件を検討することを、今後の検討課題とすることが適当である。

答 申 案

諮問第 2024 号

「ケーブルテレビシステムの技術的条件」

のうち

「ケーブルテレビにおける超高精細度テレビジョン放送の導入に関する技術的条件」

諮問第 2024 号「ケーブルテレビシステムの技術的条件」のうち「ケーブルテレビにおける超高精細度テレビジョン放送の導入に関する技術的条件」については、次のとおりとすることが適当である。

1. 適用範囲

この技術的条件は、有線一般放送に適用する。

2. 高度なデジタル有線テレビジョン放送方式（ITU-T 勧告 J. 382）に係る技術的条件

2. 1 周波数等の条件

2. 1. 1 一般的条件

2. 1. 1. 1 受信空中線

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

2. 1. 1. 2 使用する光の波長

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

2. 1. 1. 3 受信者端子間分離度

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

2. 1. 1. 4 受信者端子におけるその他の条件

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

2. 1. 1. 5 漏えい電界強度の許容値

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

2. 1. 2 個別的条件

2. 1. 2. 1 入力信号の条件

16APSK(7/9)信号のヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件は、表 2.1-1 のとおりとする。その他の信号は、現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

→16APSK(9/10)信号については要検討。

表 2.1-1 ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件

区分	条件	
	高度 BS デジタル放送	高度広帯域 CS デジタル放送
信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差	降雨による減衰の最悪月において時間率 99 パーセントの確率で、ヘッドエンド入力 CN 比 21dB 以上【TBD】 ただし、ヘッドエンド入力信号が、他のヘッドエンド装置等から連絡線等において伝送された信号では無きこと。	

2. 1. 2. 2 搬送波の周波数

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。ただし、連結送信することによりガードバンドの有効活用を実現可能とする。

2. 1. 2. 3 搬送波の変調等

2. 1. 2. 3. 1 搬送波の変調の型式

【TBD】16QAM、256QAM、1024QAM、4096QAM をサブキャリア変調方式とする OFDM 変調とする。<ここに、サブキャリア変調方式と符号化率の組合せ等の ITU-T 勧告 J. 382 方式の内容を追記する予定。J. 382 のサブキャリア変調方式の 256QAM、1024QAM、4096QAM(4/5)、4096QAM(9/10)に分けて記述する方針。>

2. 1. 2. 3. 2 周波数帯域の幅

高度なデジタル有線テレビジョン放送方式の信号を伝送する帯域（以下「伝送帯域」という。）の幅は最大 338MHz、基本はデジタル放送の標準方式に準じた 6MHz とする。また、連結送信することによりガードバンドの有効活用を実現可能とする。

送信機は、最大 5.71MHz 幅からなるデータスライスを 1 つ、もしくは複数連結した固定長物理レイヤ TDM フレーム（以下 C2 フレームと言う）を送信する。一方、受信機は当該 C2 フレーム信号の中から所望のデータスライスを 1 つ以上選択し受信する。尚、C2 フレーム内の全データスライス構造や搬送波周波数の情報は、L1 ブロック内のシグナリング箇所に格納される。

2. 1. 2. 3. 3 誤り訂正方式

外符号符号化方式は、t-エラー訂正 BCH (N_{bch} 、 K_{bch}) 符号を各 BBFrame に適用しエラー保護されたパケットを生成する。 $N_{\text{dpc}} = 64,800$ の BCH 符号のパラメータを表 2.1-2(a) に、 $N_{\text{dpc}} = 16,200$ のパラメータを表 2.1-2(b) に示す。t エラー訂正 BCH 符号化の生成多項式 $g(x)$ は、 $N_{\text{dpc}} = 64,800$ の場合は表 2.1-(a)、 $N_{\text{dpc}} = 16,200$ の場合は表 2.1-1(b) にある最初の t 個の多項式を乗算して得られる。

表 2.1-2 (a) BCH 多項式 (通常 FEC フレーム $N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)

$g_1(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^{16}$
$g_2(x)$	$1+x+x^4+x^5+x^6+x^8+x^{16}$
$g_3(x)$	$1+x^2+x^3+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_4(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}+x^{16}$
$g_5(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{16}$
$g_6(x)$	$1+x^2+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{15}+x^{16}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{15}+x^{16}$
$g_8(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_9(x)$	$1+x^5+x^7+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_{10}(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_{11}(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^5+x^6+x^7+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{16}$

表 2.1-2 (b) BCH 多項式 (短縮 FEC フレーム $N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$)

$g_1(x)$	$1+x+x^3+x^5+x^{14}$
$g_2(x)$	$1+x^6+x^8+x^{11}+x^{14}$
$g_3(x)$	$1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{14}$
$g_4(x)$	$1+x^4+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{14}$
$g_5(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{14}$
$g_6(x)$	$1+x^3+x^7+x^8+x^9+x^{13}+x^{14}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{14}$
$g_8(x)$	$1+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{14}$
$g_9(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^9+x^{10}+x^{14}$
$g_{10}(x)$	$1+x^3+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}$
$g_{11}(x)$	$1+x^4+x^{11}+x^{12}+x^{14}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8+x^{10}+x^{13}+x^{14}$

情報ビット $\mathbf{M} = (m_{K_{\text{bch}}-1}, m_{K_{\text{bch}}-2}, m_1, m_0)$ からパリティビット BCHFEC は次のように得られる。

メッセージ多項式 $m(x) = m_{K_{\text{bch}}-1}x^{K_{\text{bch}}-1} + m_{K_{\text{bch}}-2}x^{K_{\text{bch}}-2} + \dots + m_1x + m_0$ を $x^{N_{\text{bch}}-K_{\text{bch}}}$ で乗算する。

$x^{N_{\text{bch}}-K_{\text{bch}}} m(x)$ を、生成多項式 $g(x)$ で除算した時の剰余多項式を $d(x) = d_{N_{\text{bch}}-K_{\text{bch}}-1}x^{N_{\text{bch}}-K_{\text{bch}}-1} + \dots + d_1x + d_0$ とした場合、その係数のビット列が BCHFEC となる。

内符号符号化方式は、LDPC 符号とし、LDPC 符号化器は、BCH 符号化の出力 $I = (i_0, i_1, \dots, i_{N_{\text{bch}}-1})$ をサイズ $K_{\text{ldpc}} = N_{\text{bch}}$ の情報ブロックとして扱い、サイズ N_{ldpc} の符号語 \mathbf{A} 上に組織的に符号化する。ここで

$$\mathbf{A} = (\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N_{\text{ldpc}}-1}) = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{\text{ldpc}}-1}, p_0, p_1, p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1})$$

LDPC 符号パラメータ (N_{ldpc} , K_{ldpc}) を、表 2.1-2(a) および (b) に示す。

● LDPC 符号化

符号化器は K_{ldpc} 個の情報ビット ($i_0, i_1, \dots, i_{K_{\text{ldpc}}-1}$) から $N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}}$ 個のパリティビット ($p_0, p_1, \dots, p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1}$) を以下の手順で決定する。

- $p_0 = p_1 = p_2 = \dots = p_{N_{\text{ldpc}}-K_{\text{ldpc}}-1} = 0$ に初期化する。
- 対応する符号インデックス¹表の l 行目に指定されているインデックス k_{0j} を持つパリティビットに最初の情報ビット i_0 を加算する。(尚すべての加算 \oplus は排他的論理和)。また、インデックスを $Q_{\text{ldpc}}l$ 増やし i_l を加算する。ここで l は 1 以上 360 未満の整数である。

$$\begin{array}{lll} p_{k00} = p_{k00} \oplus i_0 & p_{k01} = p_{k01} \oplus i_0 & \dots \dots \dots p_{k0w0} = p_{k0w0} \oplus i_0 \\ p_{k00+Q} = p_{k00+Q} \oplus i_l & p_{k01+Q} = p_{k01+Q} \oplus i_l & \dots \dots \dots p_{k0w0+Q} = p_{k0w0+Q} \oplus i_l \\ \dots \dots \dots & \dots \dots \dots & \dots \dots \dots \\ p_{k00+Ql} = p_{k00+Ql} \oplus i_l & p_{k01+Ql} = p_{k01+Ql} \oplus i_l & \dots \dots \dots p_{k0w0+Ql} = p_{k0w0+Ql} \oplus i_l \end{array}$$

- 同様に符号インデックス表の $i+1$ 行目に指定されているインデックス k_{ij} を持つパリティビットに最初の情報ビット i_{360i} を加算する。また、インデックスを $Q_{\text{ldpc}}l$ 増やし i_l を加算する。ここで l は 0 以上 360 未満の整数である。

すべての情報ビットが処理された後で、次の方法により最終的なパリティビットが得られる。

- 次の演算を、 $i = 1$ から順に実行する。

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, N_{\text{ldpc}} - K_{\text{ldpc}} - 1$$

尚、 Q_{ldpc} の値は以下の表の通り。

¹ ETSI EN 302 769 Annex A, B にある Table A, B を参照

表2.1-2(a) 通常フレームに於ける Q_{ldpc}

符号化率	Q_{ldpc}
2/3	60
3/4	45
4/5	36
5/6	30
9/10	18

表2.1-2(b) 短縮フレームに於ける Q_{ldpc}

符号化率	Q_{ldpc}
1/2	25
2/3	15
3/4	12
4/5	10
5/6	8
8/9	5

2. 1. 2. 3. 4 情報源符号化等

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式における内容に加えて、以下の内容を追加することとする。

- ・映像符号化方式として H.265
- ・映像入力フォーマットとして UHD TV フォーマット (4K・8K)
- ・音声符号化方式として MPEG-4 AAC 及び MPEG-4 ALS
- ・色域として ITU-R BT.2020
- ・スクランブル方式として AES 及び Camellia
- ・多重化方式として MMT・TLV

2. 1. 2. 4 搬送波等の条件

2. 1. 2. 4. 1 搬送波の周波数の許容偏差

[TBD] 搬送波の周波数の許容偏差は $\pm 20\text{kHz}^*$ 以内とする。

2. 1. 2. 4. 2 ヘッドエンドの変調波の入力端子から受信者端子までの総合周波数特性

[TBD] ヘッドエンドの非変調波の入力端子から受信者端子までの総合周波数特性は、搬送波を中心とする 6MHz の帯域内において、当該搬送波の周波数と等しい周波数の電磁波のレベルを基準とした場合において $\pm 3\text{dB}$ 以内とする。

2. 1. 2. 4. 3 搬送波のレベル

[TBD] 搬送波の変調包絡線の最高値に対応するレベル（以下「搬送波のレベル」といい実効値で表す。）は、 $1\mu\text{V}$ を $0\text{dB}\mu\text{V}$ として表す値が、次に掲げる式による A の値以上 B の値以下とする。

$$A=60+10 \log_{10}(Z/75)$$

$$B=85+10 \log_{10}(Z/75)$$

< ↑ 256QAM、1024QAM、4096QAM をサブキャリアごとのレベル設定とする方針。但し、4096QAM は 4/5, 9/10 で分ける予定。 >

2. 1. 2. 4. 4 搬送波のレベルの変動

[TBD] 搬送波のレベル変動は 1 分間において 3dB 以内とする。

（保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子における条件）
第 5 章のとおり。

2. 1. 2. 4. 5 搬送波のレベルと隣接する他のデジタル有線テレビジョン放送方式となっている有線テレビジョン放送等の搬送波のレベルとの差

[TBD] 本方式の 1024QAM の搬送波のレベルとデジタル有線テレビジョン放送方式の 256QAM の搬送波のレベルを同一とする。

また、QAM のオーダーを一つ上げる毎に各搬送波のバックオフを 6dB 上げることとする。
< ↑ 下げる場合も記載する方針。 >

2. 1. 2. 4. 6 搬送波のレベルと雑音のレベルとの差

[TBD] 搬送波のレベルに対する雑音（ヘッドエンドの非変調波の入力端子から受信者端子までのものであって、当該搬送波の周波数を中心とする 5.71MHz の周波数帯の範囲にあるすべてのものに限る。）のレベルは -39dB 以下とする。

< ↑ 256QAM、1024QAM、4096QAM をサブキャリアごとの CN 比設定とする方針。但し、4096QAM は 4/5, 9/10 で分ける予定。 >

（保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子における条件）
第 5 章のとおり。

2. 1. 2. 4. 7 搬送波のレベルと妨害波のレベルとの差

[TBD] 搬送波のレベルに対する妨害波（ヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までのものに限る。）のレベルは、単一周波数妨害の場合にあっては伝送帯域内において -30dB 以下とし、三次相互変調による妨害の場合にあっては図 2. 1-1 に示す値 -43dB（TBD）以下とする。

< ↑ 256QAM、1024QAM、4096QAM をサブキャリアごとの DU 比設定とする方針。但し、4096QAM は 4/5, 9/10 で分ける予定。但し、アナログ停波を前提とした場合、CTB での規定が良いかは要検討。（データ取得済） >

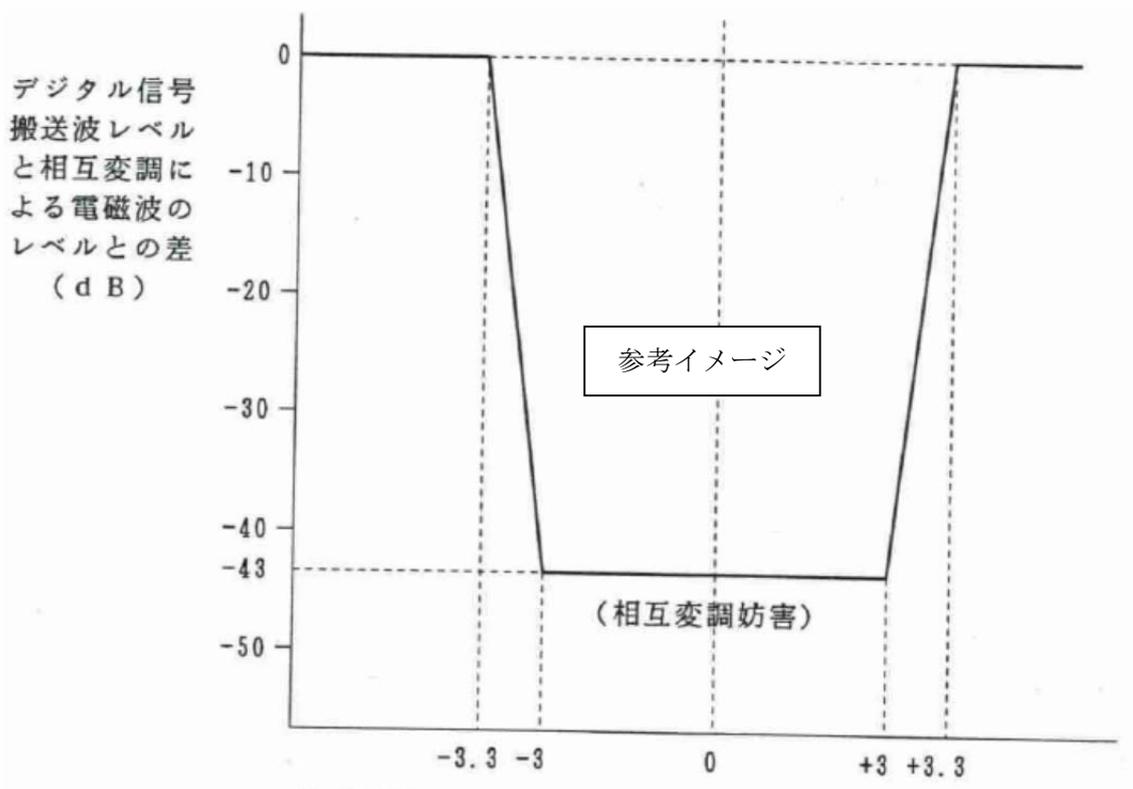


図 2.1-1 三次相互変調妨害の限度

2. 1. 2. 4. 8 搬送波のレベルと当該搬送波の反射による電磁波のレベルとの差

[TBD] 搬送波のレベルに対する当該搬送波の反射 (ヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までのものに限る。) による電磁波のレベルは図 2.1-2 に示す値-30dB 以下とする。

< ↑ 現行 256QAM のものと同じにする方針。10 μ s で-35dB を想定。 >

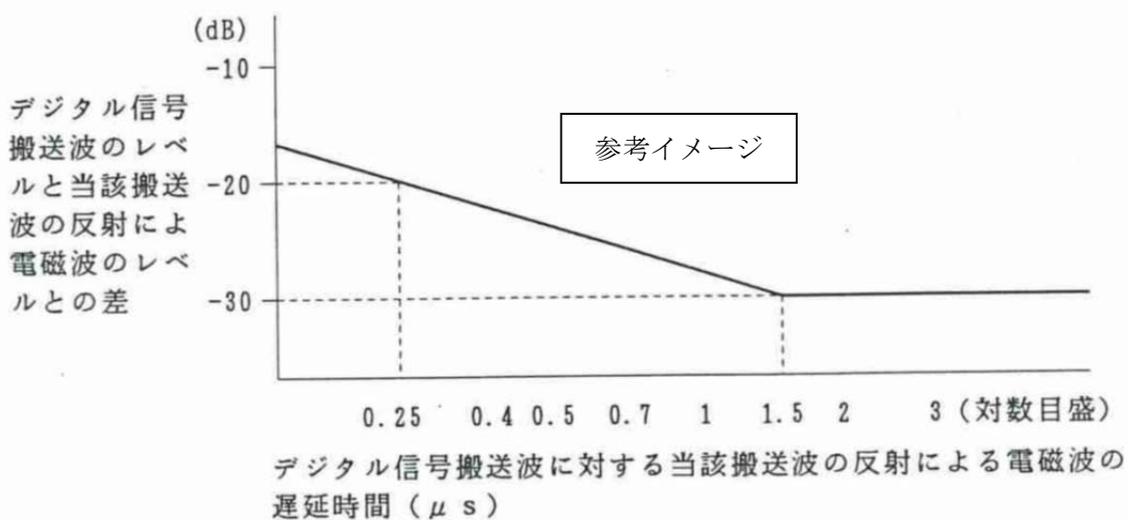


図 2.1-2 反射波の限度

2. 1. 2. 4. 9 交流電源に起因する電磁波による搬送波の変調度

[TBD] 次の式による値が-30dB以下とする。

$$20 \log_{10}((a-b)/a) \quad (\text{dB})$$

a は搬送波の変調包絡線の最高点における振幅とする。

b は搬送波の変調包絡線の最低点における振幅とする。

<↑ ほとんどスイッチング電源に移行している現状から、今回より省令の対象外にすることも要検討>

2. 1. 2. 4. 10 その他の妨害波及びひずみ

その他の妨害波及びひずみ (いずれもヘッドエンドの被変調波の入力端子から受信者端子までのものに限る。) はデータに障害を与えないものとする。

3. 複数搬送波伝送方式（ITU-T 勧告 J.183 拡張）に係る技術的条件

3. 1 周波数等の条件

3. 1. 1 一般的条件

3. 1. 1. 1 受信空中線

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 1. 1. 2 使用する光の波長

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 1. 1. 3 受信者端子間分離度

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 1. 1. 4 受信者端子におけるその他の条件

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 1. 1. 5 漏えい電界強度の許容値

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 2. 2 個別的条件

3. 2. 2. 1 入力信号の条件

16APSK(7/9)信号のヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件は、表2. 1のとおりとする。その他の信号は、現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

→16APSK(9/10)信号については要検討。

表 3.2-1 ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件

区分	条件	
	高度 BS デジタル放送	高度広帯域 CS デジタル放送
信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差	降雨による減衰の最悪月において時間率 99 パーセントの確率で、ヘッドエンド入力 CN 比 21dB 以上【TBD】 ただし、ヘッドエンド入力信号が、他のヘッドエンド装置等から連絡線等において伝送された信号では無きこと。	

3. 2. 2. 2 搬送波の周波数

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 2. 2. 3 搬送波の変調等

3. 2. 2. 3. 1 搬送波の変調の型式

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。シンボルレートは搬送波間で同期しているものとする。

3. 2. 2. 3. 2 周波数帯域の幅

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。ただし、複数の搬送波を用いて伝送することとする。シンボルレートは搬送波間で同期しているものとする。

3. 2. 2. 3. 3 誤り訂正方式

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。シンボルレートは搬送波間で同期しているものとする。

3. 2. 2. 3. 4 情報源符号化等

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式における内容に加えて、以下の内容を追加することとする。

- ・映像符号化方式として H. 265
- ・映像入力フォーマットとして UHD TV フォーマット (4 K・8 K)
- ・音声符号化方式として MPEG-4 AAC 及び MPEG-4 ALS
- ・色域として ITU-R BT. 2020
- ・スクランブル方式として AES 及び Camellia
- ・多重化方式として MMT・TLV

また、複数搬送波伝送方式の伝送制御信号については、以下の通りとする。

(1) 拡張TSMF多重フレームヘッダ(Extended_TSMF_header)

拡張TSMF多重フレームヘッダの構成を図3. 2-1に示す。各領域の値は、最上位ビットを先頭として格納する。また、単位のない数はその領域のビット数を示す。以下、同様とする。拡張情報以外の情報を基本情報とする。基本情報の構成は、TSMFと同様である。

パケットヘッダ	多重フレーム同期信号	変更指示	スロット情報	識別子／ 相対ストリーム番号 対応情報	送受信制御情報	相対ストリーム番号／ スロット対応情報	拡張情報	CRC
32	16	3	21	480	32	208	680	32

図3. 2-1 拡張TSMF多重フレームヘッダの構成

○シンタックス（符号化データ列の規則）

表3.2-2に概要を示す。

表3.2-2 拡張TSMF多重フレームヘッダのシンタックス概要

(名称)		(説明)	
パケットヘッダ		同期バイト、frame_PID、および連続性指標	
frame_sync		多重フレーム同期信号	
version_number		変更指示	
relative_stream_number_mode		スロット配置法の区別	
frame_type		多重フレーム形式の区別	※
stream_status		相対ストリーム番号に対する有効、無効指示	
stream_id/original_network_id		識別子/相対ストリーム番号対応情報	
receive_status		ヘッドエンドでの受信状態	
reserved_for_future_use		未定義	
emergency_indicator		緊急警報指示	
relative_stream_number		相対ストリーム番号対スロット対応情報	※
拡張情報	earthquake_early_warning	地上波デジタル放送の地震動警報情報	
	stream_type	ストリーム種別（TSまたはTLVを区別）	※
	group_id	搬送波群の識別	※
	number_of_carriers	搬送波群を構成する搬送波の総数	※
	carrier_sequence	搬送波の復調出力の合成順	※
	number_of_frames	拡張TSMFのフレーム数	※
	frame_position	拡張TSMFのフレーム位置情報	※
	reserved_for_future_use	将来利用（未定義）	※
CRC		誤り検出	

注1 ※TSMF多重フレームヘッダに追加または改定する部分

○拡張TSMFのシンタックス

表3.2-3に拡張TSMFのシンタックスを示す。

表 3.2-3 拡張 TSMF のシンタックス

シンタックス	ビット数	ニーモニック
Extended_TSMF_header (){		
sync_byte	8	ビット列
'000'	3	ビット列
frame_PID	13	符号無し整数
'0001'	4	ビット列
continuity counter	4	符号無し整数
reserved_for_future_use	3	符号無し整数
frame_sync	13	ビット列
version_number	3	符号無し整数
relative_stream_number_mode	1	ビット列
frame_type	4	符号無し整数
for(i=0; i<N; ++i){		N=15
stream_status[i]	1	ビット列
}		
reserved_for_future_use	1	
for(i=0; i<N; ++i){		N=15
stream_id[i]	16	符号無し整数
original_network_id [i]	16	符号無し整数
}		
for(i=0; i<N; ++i){		
receive_status[i]	2	ビット列
}		
reserved_for_future_use	1	
emergency_indicator	1	ビット列
for(i=0; i<N; ++i){		N=52
relative_stream_number[i]	4	符号無し整数
}		
earthquake_early_warning	204	ビット列
'0000'	4	ビット列
for(i=0; i<N; ++i){		N=15
stream_type [i]	1	ビット列
}		
'0'	1	ビット列
group_id	8	符号無し整数
number_of_carriers	8	符号無し整数
carrier_sequence	8	符号無し整数
number_of_frames	4	符号無し整数

frame_position	4	符号無し整数
reserved_for_future_use	424	
CRC	32	符号無し整数
}		

○基本情報

・パケットヘッダ

図3.2-2に、パケットヘッダの構成を示す。パケットヘッダを構成する32ビットは、シンタックスをTSパケットと共通にして、拡張TSMF多重フレームヘッダをTSパケットと同様に扱えるようにしている。

同期バイト 0x47	'000'	多重フレームPID	'0001'	連続性指標
8	3	13	4	4

図 3.2-2 パケットヘッダの構成

・多重フレーム同期信号 (frame_sync)

図3.2-3に、多重フレーム同期信号の構成を示す。frame_syncは、13ビットのフィールドである。その値は、0x1A86とし、拡張TSMF多重フレーム毎に全ビットを反転させる。反転したframe_syncの値は、0x0579である。frame_PIDとともに多重フレームヘッダを識別するために用いることができる。

未定義	多重フレーム同期信号
3	13

図 3.2-3 多重フレーム同期信号の構成

・変更指示 (version_number)

図3.2-4に、変更指示の構成を示す。version_numberは、拡張TSMF多重フレームヘッダの情報に変更があった場合に1ずつ増加する3ビットのフィールドである。version_number値が最大値の場合、次の値は0x0とする。拡張TSMF多重フレームヘッダの情報の変更と伝送誤りを区別するために利用できる。

変更を調べる対象となる領域は、version_numberの直後から拡張情報のnumber_of_framesまでの領域とする。

変更指示
3

図 3.2-4 変更指示の構成

・スロット情報

図3.2-5にスロット情報の構成を示す。

スロット 配置法の 区別	多重フレー ム形式	相対ストリー ム番号 1に対する 有効、無効指示	相対ストリー ム番号 2に対する 有効、無効指示	……	相対ストリー ム番号 15に対する 有効、無効指示	未定義
1	4	1	1		1	1

図 3.2-5 スロット情報の構成

・送受信制御情報

図3.2-6に送受信制御情報の構成を示す。

相対ストリー ム番号1に対 する受信状態	相対ストリー ム番号2に対 する受信状態	……	相対ストリー ム番号15に対 する受信状態	未定義	緊急警報 指示
2	2		2	1	1

図 3.2-6 送受信制御情報の構成

・受信状態(receive_status)

ヘッドエンドで各ストリーム(TSまたはTLV)の受信状態を示す表である。表の大きさは、frame_typeで指定される最大多重ストリーム数(=15)とする。各要素は、2ビットのフィールドであり、その値を表3.2-4に示す。最初の要素は相対ストリーム番号が1に対応し、以下相対ストリーム番号の順に対応させる。各要素の値は、良い状態から悪い状態を、'00'、'01'、'10'の順に対応させる。

なお、各受信状態の定義や受信装置の動作は、運用上の課題とする。

表 3.2-4 受信状態

値	意味
'00'	受信状態 ('00'、'01'、'10'の順で良い状態から悪い状態を表す)
'01'	
'10'	
'11'	未定義

・緊急警報指示(emergency_indicator)

emergency_indicator は、デジタル放送の TMCC 内で送られてくる起動制御の情報を格納する 1 ビットのフィールドであり、その値を表3.2-4に示す。デジタル放送の複数の搬送波

からのストリームを一つの多重フレームに多重したとき、いずれかの搬送波で起動制御が行われる場合に、emergency_indicatorは「起動制御が行われている」を示す'1'とする。受信装置の動作は運用上の課題とする。

表 3.2-5 緊急警報指示

値	意味
'0'	起動制御が行われていない
'1'	起動制御が行われている

・ 相対ストリーム番号対スロット対応情報 (relative_stream_number)

図3.2-7に、相対TS番号／スロット対応情報の構成を示す。多重フレームの各スロットに格納された TSまたはTLV分割パケットの相対ストリーム番号を示す。表の大きさは、frame_typeで指定される多重フレーム長 (=53) から多重フレームヘッダのスロット数 (=1) を減じた値とする。各要素は 4ビットのフィールドであり、値の最小値は1、最大値はframe_typeで指定される最大多重ストリーム数 (=15) とする。TSまたはTLV分割パケットを配置していないスロットに対応する要素の値は 0x0とする。最初の要素は拡張TSMF多重フレームヘッダの直後のスロットに対応し、以下スロットの順に対応させる。

スロット1 に対する 相対スト リーム番 号	スロット2 に対する 相対スト リーム番 号	スロット3 に対する 相対スト リーム番 号	.....	スロット51 に対する 相対スト リーム番 号	スロット52 に対する 相対スト リーム番 号
4	4	4		4	4

図 3.2-7 相対ストリーム番号／スロット対応情報の構成

・ CRC

図3.2-8に、CRCの構成を示す。CRCは、CRC値を格納するための32ビットのフィールドである。CRC値は、ISO/IEC 13818-1 Annex:Bで定義するデコーダにおいて、多重フレームヘッダのうち先頭の4バイトを除いた184バイトをレジスタに入力した時のレジスタ出力がゼロになる値である。



32

図 3.2-8 CRC の構成

・拡張情報

図3.2-9に、拡張情報の構成を示す。このフィールド（680ビット）に複数搬送波伝送方式を運用するために必要な情報を多重する。

地上波デジタル放送地震動警報情報AC信号	'0000'	ストリーム種別	'0'	搬送波群の識別	搬送波の総数	搬送波の順序	フレーム数	フレーム位置情報	未定義
204	4	15	1	8	8	8	4	4	424

図 3.2-9 拡張情報の構成

・地震動警報情報 (earthquake_early_warning)

図3.2-10に地震動警報情報の構成を示す。既存のTSMFにおける拡張情報（680ビット）の先頭204ビットを地上波デジタル放送の地震動警報情報を送るための領域として特定し、他の用途に用いないこととする。地上波デジタル放送の再放送で地震動警報情報を伝送するためのAC信号を併せ送らない場合は、全ビット'1'とする。

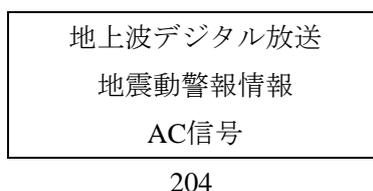


図 3.2-10 地震動警報情報の構成

・ストリーム種別 (stream_type)

relative_stream_number毎に、ストリームがTSであるかTLVであるかを識別する1ビットのフィールドである。表の大きさは、frame_typeで指定される最大多重ストリーム数(=15)とする。各要素は1ビットのフィールドであり、その値を表3.2-6に示す。relative_stream_numberに対応する領域にストリームが無い場合、stream_typeの値は、'1'とする。

表 3.2-6 ストリーム種別

値	意味
'0'	TLVパッケージ
'1'	TSパッケージ またはストリームが無い場合

- ・搬送波群の識別 (group_id)

図3.2-11に、搬送波群の識別の構成を示す。拡張TSMFを伝送する搬送波を含む搬送波群を識別する情報を示す8ビットのフィールドである。値'0'は用いないこととする。複数搬送波伝送方式で伝送される各ストリームは、それぞれ一つの搬送波群に属する搬送波のみで伝送する。一つのストリームを複数の搬送波群にまたがって伝送することはしない。

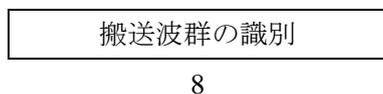


図 3.2-11 搬送波群の識別の構成

- ・搬送波の総数 (number_of_carriers)

図3.2-11に、搬送波の総数を示す。複数搬送波伝送される各搬送波群に属する搬送波の総数を示す8ビットのフィールドである。値の最小値は2、最大値は255以下である。値'0'および'1'は用いない。

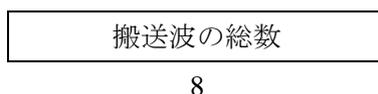


図 3.2-12 搬送波の総数の構成

- ・搬送波の順序 (carrier_sequence)

図3.2-13に、搬送波の順序を示す。受信機で複数の搬送波を復調した出力から、ストリームを再生するための合成の順序を示す8ビットのフィールドである。値の最小値は1、最大値は255以下である。値'0'は用いない。

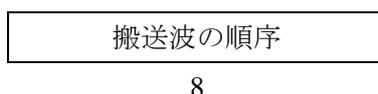


図 3.2-13 搬送波の順序の構成

- ・フレーム数 (number_of_frames)

複数搬送波伝送方式において、複数の拡張TSMFで構成されるフレーム（以下、スーパーフレーム）を定義する。number_of_framesは、スーパーフレームに含まれる、一つの搬送波の拡張TSMFの数を示す4ビットのフィールドであり、その値を表3.2-7に示す。64 QAMの搬送波では、スーパーフレームは3つの拡張TSMFで構成される。256 QAMの搬送波では、スーパーフレームは4つの拡張TSMFで構成される。その他の値は未定義とする。

表 3.2-7 フレーム数

値	意味
0x03	3
0x04	4
その他	未定義

・フレーム位置情報(frame_position)

図3.2-14に、フレーム位置情報の構成を示す。frame_positionは、当該拡張TSMFがスーパーフレーム内の何番目に配置されているかを示す位置情報であり、4ビットのフィールドである。値は、スーパーフレーム内の時間順に1番目は'0'、2番目は'1'、3番目は'2'、4番目は'3'を用いる。その他の値は未定義とする。



図 3.2-14 フレーム位置情報の構成

・未定義領域(reserved_for_future_use)

図3.2-15に、拡張情報における未定義領域の構成を示す。将来利用のため全ビット'1'とする。



図 3.2-15 未定義領域の構成

(2) 有線複数搬送波伝送分配システム記述子

伝送路で使用される周波数、変調方式などの物理条件の情報伝送には、NIT(Network Information Table)が用いられる。NITの記述子の領域2に配置される既存の有線分配システム記述子では、搬送波の周波数、誤り訂正符号の形式、変調方式、シンボルレート等の物理伝送情報が指定される。

複数搬送波伝送方式の信号を受信するためには、分割伝送された各搬送波の物理伝送情報、各搬送波の搬送波群の識別(group_id)およびフレーム位置情報(frame_position)を知る必要がある。

本方式では新たに有線複数搬送波伝送分配システム記述子(channel_bonding_cable_delivery_system_descriptor)を定義する。有線複数搬送波伝送分配システム記述子の構成及びシンタックスは、それぞれ図3.2-16及び表3.2-8に示す通りとする。繰り返しループ数Nは、拡張TSMFヘッダ内のnumber_of_carriersと等しい。ループ内の順番はcarrier_sequenceの順とする。

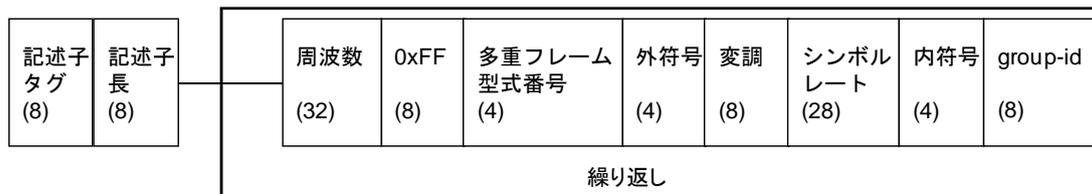


図 3.2-16 有線複数搬送波伝送分配システム記述子の構成

表 3.2-8 有線複数搬送波伝送分配システム記述子のシンタックス

データ構造	説明	ビット数	ニーモニク
channel_bonding_cable_delivery_system_descriptor(){			
descriptor_tag	新たに定義するタグ値 0x**	8	符号なし整数
descriptor_length		8	符号なし整数
for(i=0;i<N;i++){	N=number_of_carriers		
frequency	周波数	32	ビット列
reserved_for_future_use	未定義	8	
frame_type	多重フレーム形式番号	4	符号なし整数
FEC_outer	外符号	4	ビット列
modulation	変調	8	ビット列
symbol_rate	シンボルレート	28	ビット列
FEC_inner	0xf	4	ビット列
group_id		8	ビット列
}			
}			

・周波数 (frequency)

これは32ビットのフィールドで、4ビットBCDコード8桁で周波数を表す。有線分配システム記述子では、周波数は、最上位桁より起算して第4桁の後ろが小数点となるMHz単位で符号化される。

・多重フレーム形式番号 (frame_type)

これは4ビットのフィールドで、表3.2-9に従って多重フレーム形式の種別を表す。

表 3.2-9 多重フレーム形式番号 (frame_type)

値	[多重フレーム長、最大多重ストリーム数]
0x1	[53、15]
0x2	[53、15] 複数TS伝送方式で受信できない
0xF	単一TS伝送方式
その他	未定義

・外符号 (FEC_outer)

これは4ビットのフィールドで、表3.2-10に従って外符号を表す。

表 3.2-10 外符号 (FEC_outer)

FEC_outer (外符号)	意 味
0000	未定義
0001	外符号なし*
0010	RS(204,188)*
0011-1111	将来使用のためリザーブ

*：平成 23 年総務省告示第 312 号による

・変調 (modulation)

これは8ビットのフィールドで、表3.2-11に従って有線分配システムで使用される変調方式を示す。

表 3.2-11 変調 (modulation)

変調	意 味
0x00	未定義
0x01	16 QAM
0x02	32 QAM
0x03	64 QAM*
0x04	128 QAM
0x05	256 QAM*
0x07	1024 QAM
0x06, 0x08-0xFF	将来使用のためリザーブ

*：平成 23 年総務省告示第 312 号による

・シンボルレート (symbol_rate)

これは28ビットフィールドで、4ビットBCDコード7桁で、最上位桁より起算して第3桁の後ろが小数点となるMsymbol/s単位でシンボルレート値を表す。

・内符号 (FEC_inner)

これは4ビットのフィールドで、表3.2-12に従って内符号を表す。

このフィールドの値は‘1111’(*)とする。

表 3.2-12 内符号 (FEC_inner)

F E C (内符号)	意 味
0000	未定義

0001	符号化率 1/2
0010	符号化率 2/3
0011	符号化率 3/4
0100	符号化率 5/6
0101	符号化率 7/8
1000	ISDB-S 方式 (TMCC 信号参照)
1111	内符号なし
0110-0111 1001-1110	将来使用のためリザーブ

(*) : 平成23年総務省告示第312号による

・ group_id (搬送波群の識別)

この拡張TSMFを伝送する搬送波を含む搬送波群を識別する情報を示す8ビットのフィールドである。値'0'は用いないこととする。

3. 2. 2. 4 搬送波等の条件

3. 2. 2. 4. 1 搬送波の周波数の許容偏差

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 2. 2. 4. 2 ヘッドエンドの変調波の入力端子から受信者端子までの総合周波数特性

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 2. 2. 4. 3 搬送波のレベル

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 2. 2. 4. 4 搬送波のレベルの変動

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

(保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子における条件)

第5章のとおり。

3. 1. 2. 4. 5 搬送波のレベルと隣接する他のデジタル有線テレビジョン放送方式となっている有線テレビジョン放送等の搬送波のレベルとの差

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 1. 2. 4. 6 搬送波のレベルと雑音のレベルとの差

現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

(保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子における条件)
第5章のとおり。

3. 1. 2. 4. 7 搬送波のレベルと妨害波のレベルとの差
現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 1. 2. 4. 8 搬送波のレベルと当該搬送波の反射による電磁波のレベルとの差
現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 1. 2. 4. 9 交流電源に起因する電磁波による搬送波の変調度
現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

3. 1. 2. 4. 10 その他の妨害波及びひずみ
現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

4. 衛星基幹放送のパススルー伝送に係る技術的条件

4. 1 周波数等の条件

4. 1. 1 一般的条件

4. 1. 1. 1 受信空中線

現行の標準衛星デジタルテレビジョン放送方式及び広帯域伝送デジタル放送方式と同じとする。

4. 1. 1. 2 使用する光の波長

現行の標準衛星デジタルテレビジョン放送方式及び広帯域伝送デジタル放送方式と同じとする。

4. 1. 1. 3 受信者端子間分離度

現行の標準衛星デジタルテレビジョン放送方式及び広帯域伝送デジタル放送方式と同じとする。

4. 1. 1. 4 受信者端子におけるその他の条件

現行の標準衛星デジタルテレビジョン放送方式及び広帯域伝送デジタル放送方式と同じとする。

4. 1. 1. 5 漏えい電界強度の許容値

現行の標準衛星デジタルテレビジョン放送方式及び広帯域伝送デジタル放送方式と同じとする。

4. 1. 2 個別的条件

(※注記) 衛星基幹放送における超高精細度テレビジョン放送方式の変調方式として、現行のBPSK、QPSK、8PSKに加え、今回は超高精細度テレビジョン放送の変調方式の内、高度広帯域伝送方式規定される16APSK(符号化率7/9)信号について検討を行った。

参考資料6のTG2実験結果報告書には、16APSK(符号化率9/10)信号についても実験結果が得られているため、この結果の扱いについては要検討である。

4. 1. 2. 1 入力信号の条件

16APSK(7/9)信号のヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件は、表4.1-1のとおりとする。その他の信号は、現行のデジタル有線テレビジョン放送方式と同じとする。

→16APSK(9/10)信号については要検討。

表 4.1-1 ヘッドエンドの入力端子における入力信号の条件

区分	条件	
	高度 BS デジタル放送	高度広帯域 CS デジタル放送

信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差	降雨による減衰の最悪月において時間率 99 パーセントの確率で、ヘッドエンド入力 CN 比 21dB 以上【TBD】 ただし、ヘッドエンド入力信号が、他のヘッドエンド装置等から連絡線等において伝送された信号では無きこと。
---------------------	---

4. 1. 2. 2 搬送波の周波数及び搬送波等の条件
表 4.1-2 のとおりとする。

表 4.1-2 搬送波の周波数及び搬送波等の条件

区分	条件	
	BS デジタル放送	広帯域 CS デジタル放送
搬送波の周波数	1049.48、1087.84、1126.20、 1164.56、1202.92、1241.28、 1279.64、1318.00、 <u>1356.36 (追加)</u> 、 1394.72、1433.08、1471.44MHz	1613、1653、1693、1733、1773、 1813、1853、1893、1933、1973、 2013、2053MHz
信号搬送波の周波数の許容偏差	±1.5MHz 以内【TBD】	
信号搬送波のレベル	次に掲げる式による A の値以上 B の値以下【TBD】 A = $48 + 10\log_{10}Z / 75$ [dB μ V] B = $81 + 10\log_{10}Z / 75$ [dB μ V]	
信号搬送波のレベルと他の信号搬送波のレベルとの差	隣々接チャンネル間は 3dB 以内【TBD】	
信号搬送波のレベルと雑音のレベルとの差	(－) 13dB 以上	
信号搬送波のレベルと当該信号搬送波の反射による電磁波のレベルとの差	図 4.1 で示す値以下【TBD】	
信号搬送波のレベルと妨害波のレベルとの差	単一周波数による妨害にあつては、伝送帯域内において (－) 20dB 以下【TBD】	
その他の妨害波及びひずみ	映像、音声その他の音響又はデータに障害を与えないものであること。	

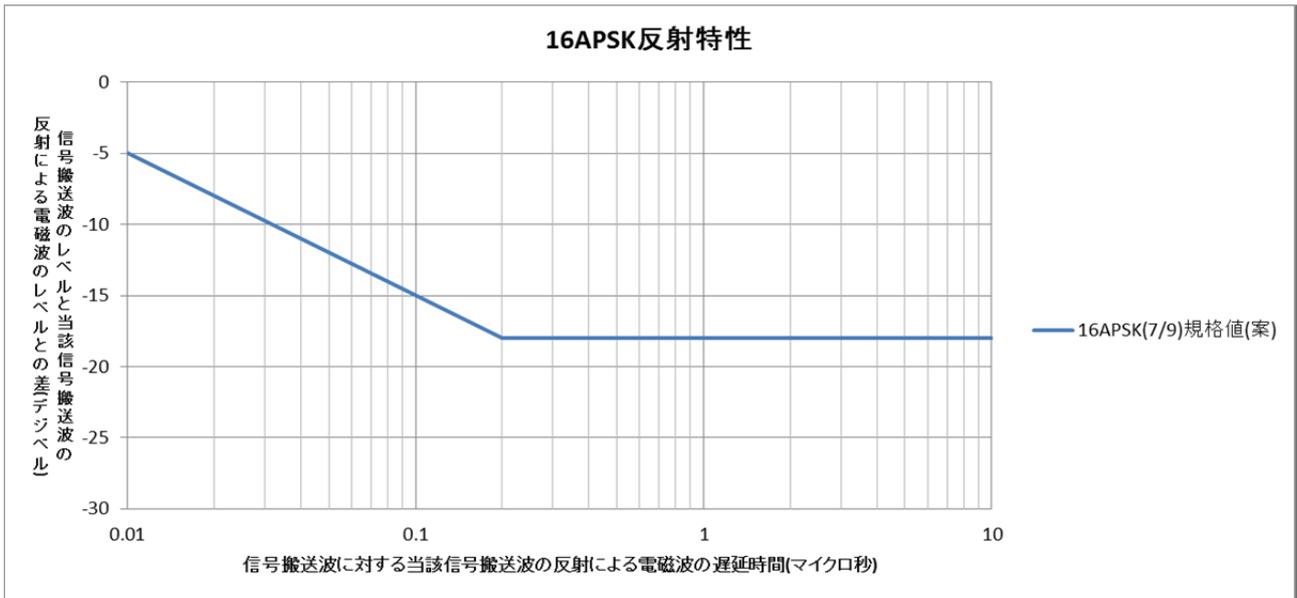


図 4.1-1 信号搬送波のレベルと当該信号搬送波の反射による電磁波のレベルとの差

4. 1. 2. 3 搬送波のレベルと雑音のレベルとの差に関する保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子における条件

第5章のとおり。

4. 2 伝送路符号化方式等

衛星デジタル放送方式の高度広帯域伝送方式と同じとする。

4. FM一括変換方式に係る技術的条件

【10/15 までに追記予定】

1. 既存 BS/110CS への適用 → 可能
2. 16APSK への適用 → 要検討

5. 保安装置又は受信用光伝送装置の出力端子並びに受信用光伝送装置の入力端子での測定に係る技術的条件

【10/15 までに追記予定】

デジタル有線テレビジョン放送方式において、現状は 64QAM シングルキャリアのみでしか規定されていないので、256QAM シングルキャリアについても規定する必要がある。

また、64QAM シングルキャリアについても前提条件を再整理する必要がある。

更に、今回導入予定の J. 382、J. 183 拡張、16APSK の IF パススルー、FM 一括等についても、この章にまとめる予定。→ 要検討

参 考 資 料

- | | |
|--------|---------------------------------------|
| 参考資料 1 | TG1 実験結果報告書(J.382、J.183 拡張) |
| 参考資料 2 | ITU-T 勧告 J.382 |
| 参考資料 3 | ETSI EN 302 769 V1.2.1(2011) (DVB-C2) |
| 参考資料 4 | ITU-T 勧告 J.183 |
| 参考資料 5 | 9月 SG9 会合資料(TD576R1 及び C59) |
| 参考資料 6 | TG2 実験結果報告書(パススルー) |
| 参考資料 7 | デジタルテレビジョン放送方式の比較 |
| 参考資料 8 | FM 一括変換方式の検討結果 |

TG1実験結果報告書(中間報告) (J.382)

一般社団法人 日本CATV技術協会

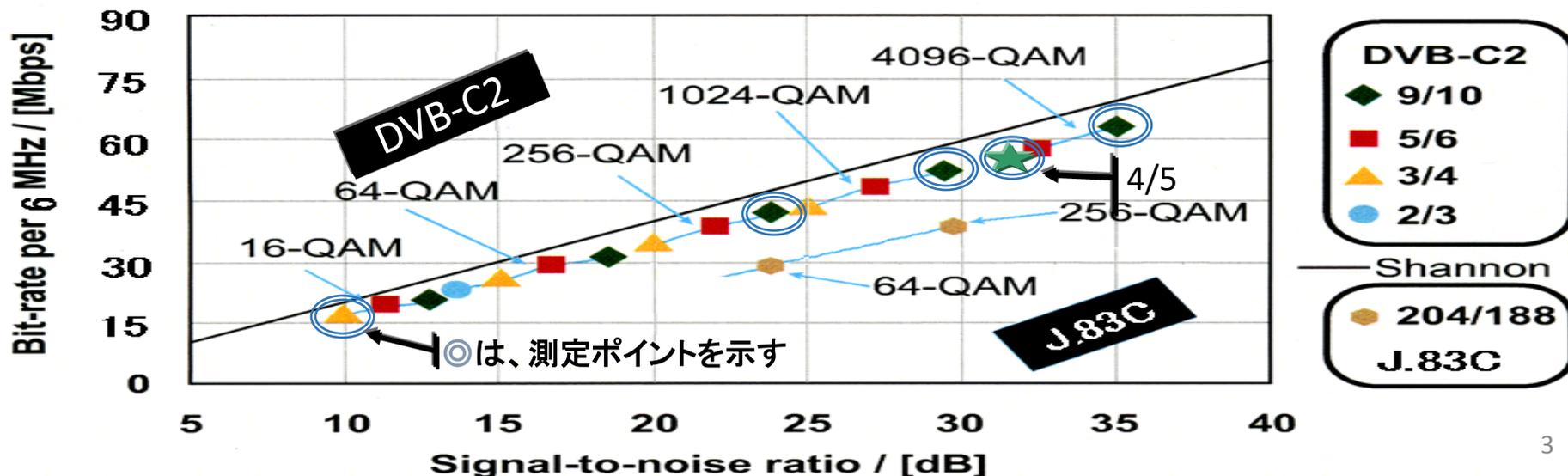
2014年10月10日

測定項目

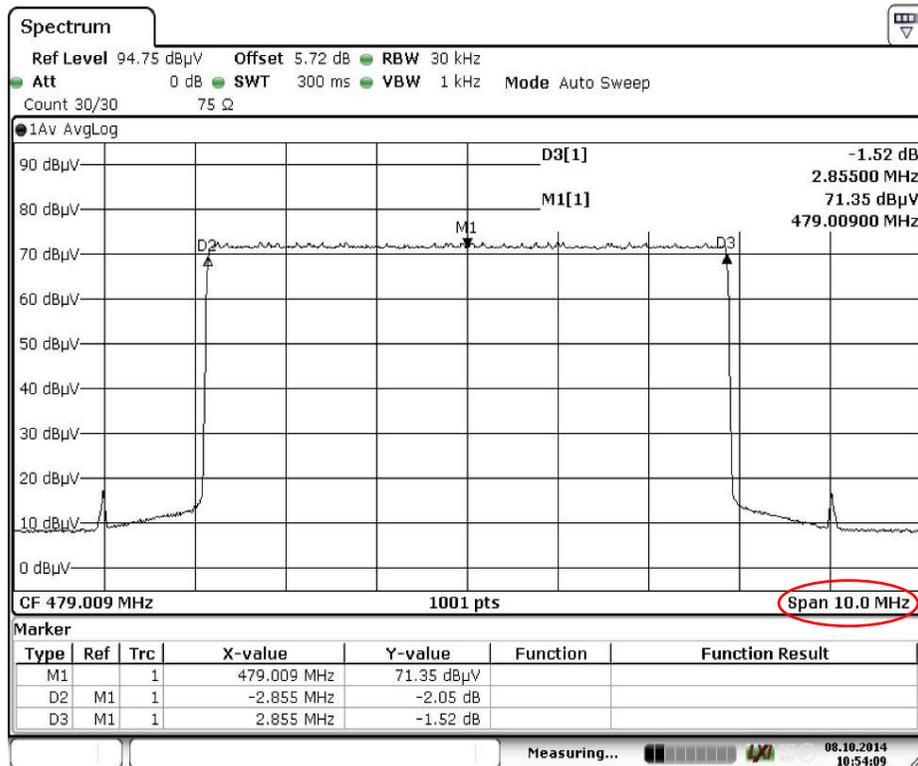
- J.382測定パラメータ
- J.382信号スペクトル
- 受信レベル(下限レベル)と周波数許容偏差
- 白色雑音 CN比 対 BER特性
- 隣接妨害 DU比 対 BER
 - 1. 与干渉特性
 - 2. 被干渉特性
- 多チャンネル伝送歪 対 BER
- 伝送路反射特性
- 単一妨害波特性

J.382 : <測定パラメータの選定>

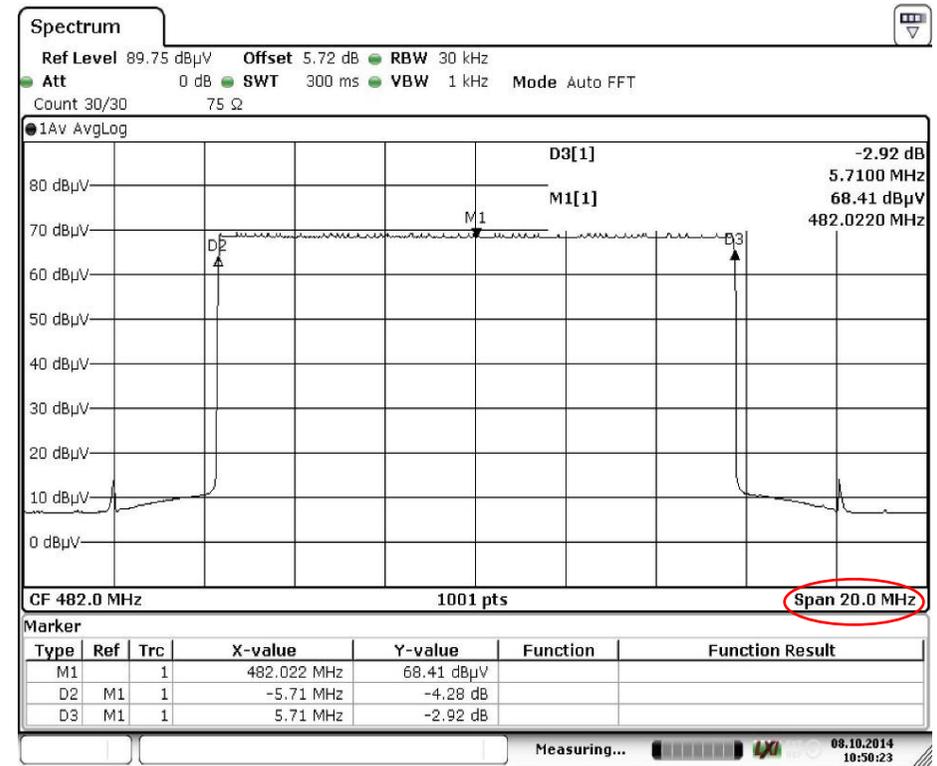
パラメータ	選択肢	備考
FEC符号長	Normal Code(符号長64800) Short Code(符号長16200)	放送に一般的に使用されるNormal Codeを選択
FEC符号化率	2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 9/10(Normal Code) 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9(Short Code)	Normal Codeの組合せ <ul style="list-style-type: none"> ・256QAM : 9/10 ・1024QAM : 9/10 ・4096QAM : 4/5、5/6(一部) ・4096QAM : 9/10(C/Nのみ測定)
変調方式	16QAM, 64QAM , 256QAM, 1024QAM, 4096QAM	
時間インターリーブ	なし , 4, 8, 16 symbol	通常4か8だが、4のほうが影響大なので4で測定する
ガードインターバル	<u>1/64</u> , 1/128	ガードインターバルは、システムの遅延時間が3 μ s以下と想定して、1/128、4.66 μ sとした。 尚、 <u>反射は1/64:9.33μsも測定する。</u>



J.382 : <信号スペクトル>



1DS 6MHz伝送 4096QAM 4/5 1/128



2DS 12MHz伝送 4096QAM 4/5 1/128
(PLP バンドリング)

受信レベル(下限レベル)と周波数許容偏差

受信レベル(下限レベル)

4096QAM 9/10

受信周波数 479MHz

入力レベル (dB μ V)	59.2	58.4	58	57.5	57.2	57	56.85	56.26
BER	1.00E-11	1.00E-07	2.22E-06	1.14E-04	1.59E-04	4.92E-04	8.10E-04	

受信周波数 761MHz

入力レベル (dB μ V)	60.1	58.4	58	57.5	57	56.5	56.4	
BER	1.00E-11	2.16E-06	3.17E-05	1.60E-04	4.42E-04	1.96E-03		

4096QAM 4/5

受信周波数 479MHz

入力レベル (dB μ V)	51.2	50.1	50	49.9	49.8	49.7	
BER	1.00E-11		2.00E-05	8.14E-05	1.27E-04		

受信周波数 761MHz

入力レベル (dB μ V)	51.5	51	50.7	50.5	50.4	50.2	50	49.9
BER	1.00E-11		1.97E-06	2.13E-05	5.70E-05	4.53E-04	2.10E-03	

1024QAM 9/10

受信周波数 479MHz

入力レベル (dB μ V)	48.0	47.4	47.3	47.2	47.1	47
BER	1.00E-11		3.60E-05	1.95E-04	1.04E-03	

1024QAM 9/10

受信周波数 761MHz

入力レベル (dB μ V)	48.2	47.8	47.7	47.6	47.5	47.4
BER	1.00E-11		1.25E-05	2.47E-04	1.45E-03	

256QAM 9/10

受信周波数 479MHz

入力レベル (dB μ V)	42.0	41.6	41.5	41.4	41.3	41.2
BER	1.00E-11		1.00E-05	1.35E-04	1.19E-03	

受信周波数 761MHz

入力レベル (dB μ V)	42.2	41.9	41.8	41.7	41.6	
BER	1.00E-11		1.80E-05	2.65E-04		

注)

1. 白色雑音無しで測定
2. BER 1E-11は、直前の3ポイントの測定値より算出。
3. 赤色は、アンロックを示す

周波数許容偏差

受信信号	中心周波数 (MHz)	マイナス側 (kHz)	プラス側 (kHz)
1DS 4096QAM, 1024QAM, 256QAM	479.003	-210	210
	758.004	-210	210
2DS 4096QAM 4/5 PLPバンドリング	482.024	-210	210
	758.004	-210	210

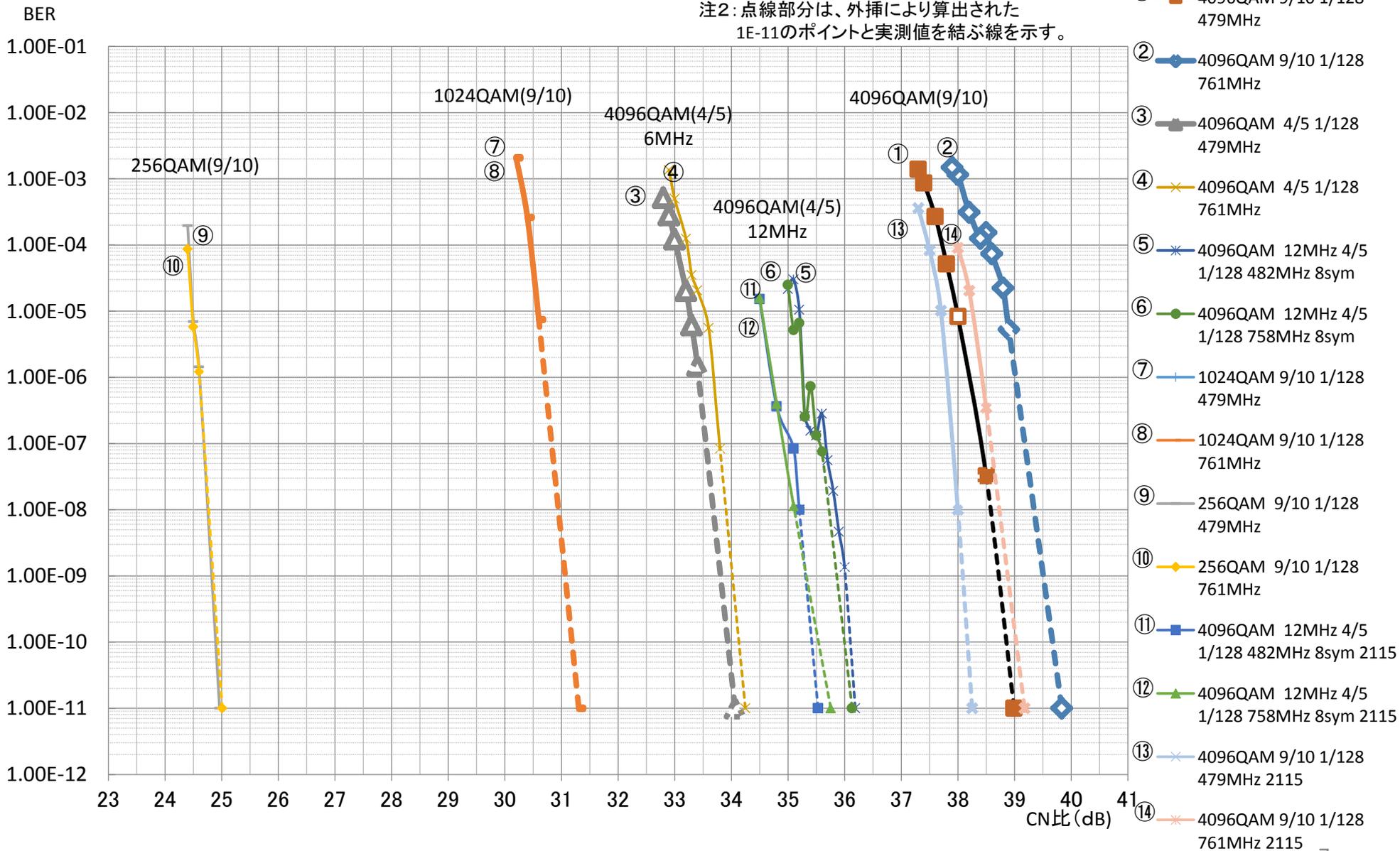
白色雑音 CN比 対 BER特性

白色雑音 CN比 対 BER

注1: ⑪、⑫、⑬、⑭は、DTA-2115による測定。

他は、DTA-2111で測定

注2: 点線部分は、外挿により算出された
1E-11のポイントと実測値を結ぶ線を示す。

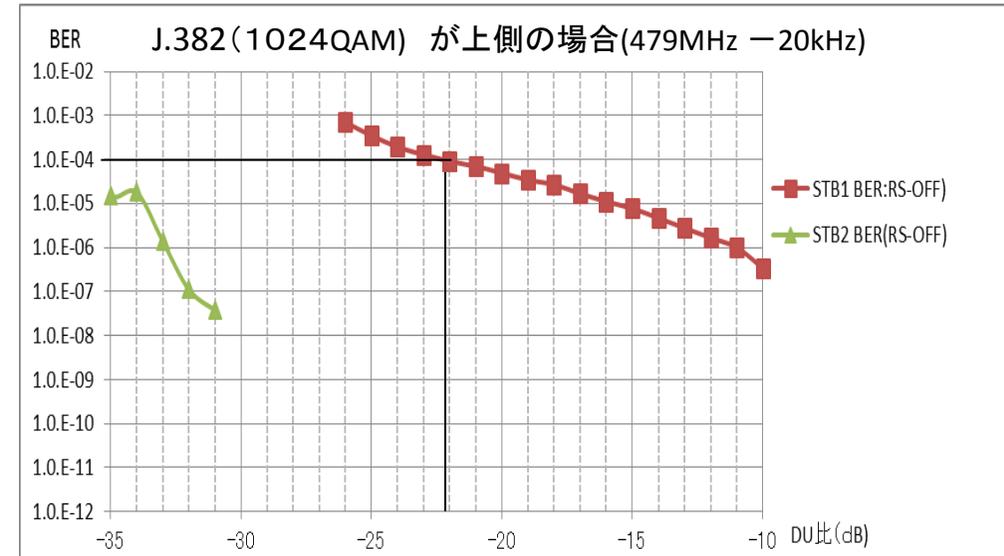
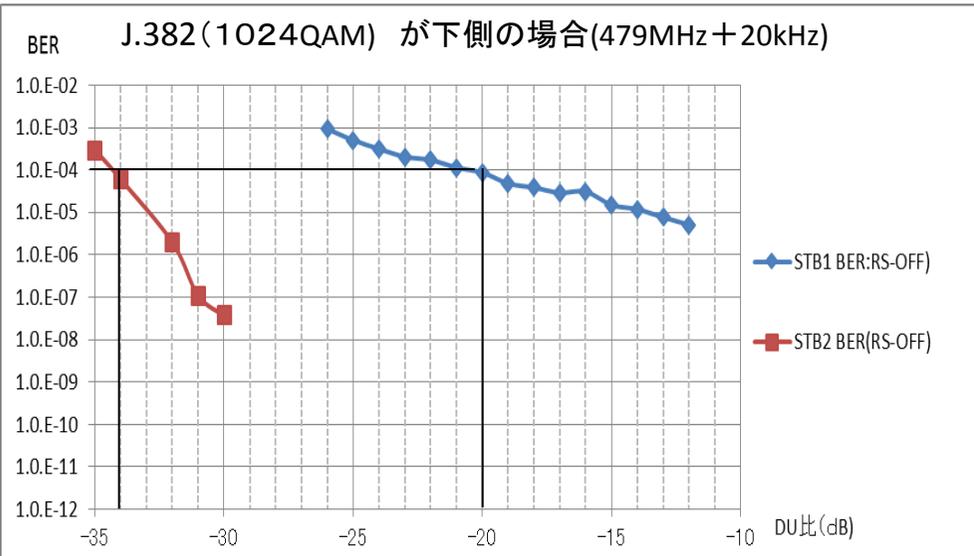
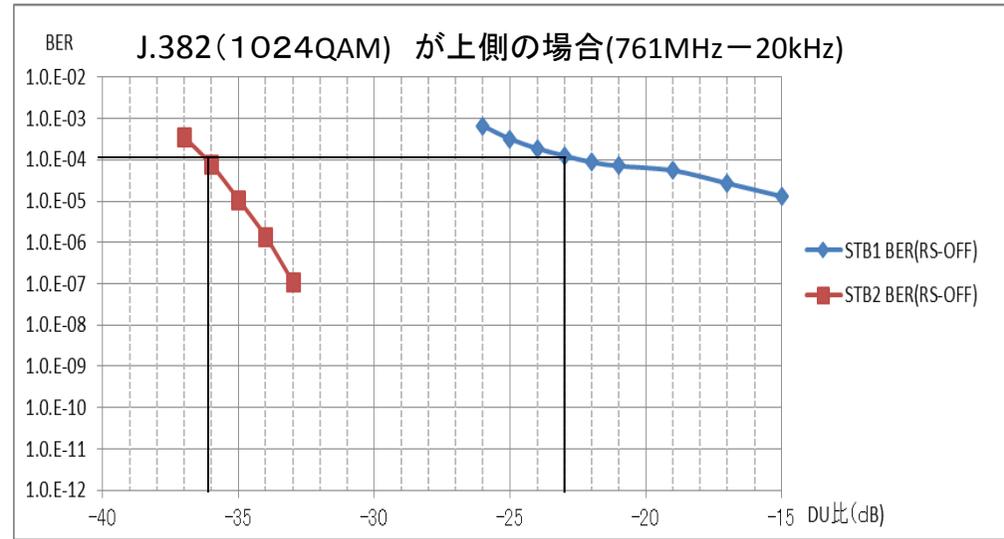
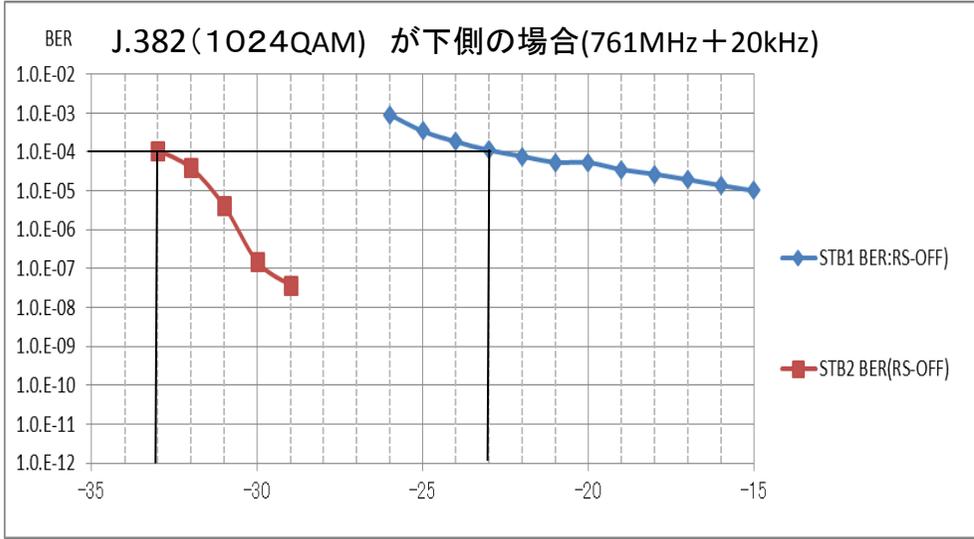


隣接妨害 DU比 対 BER

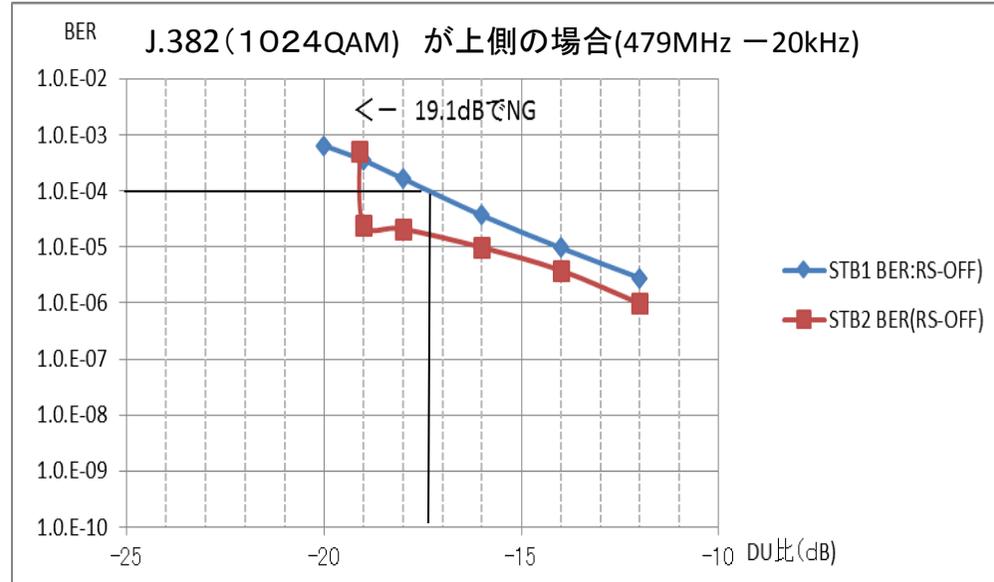
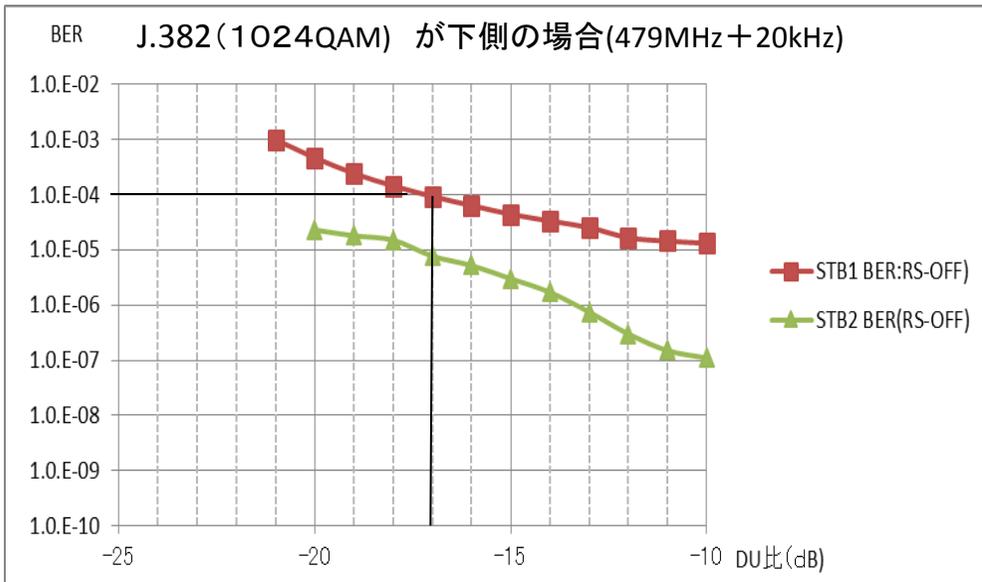
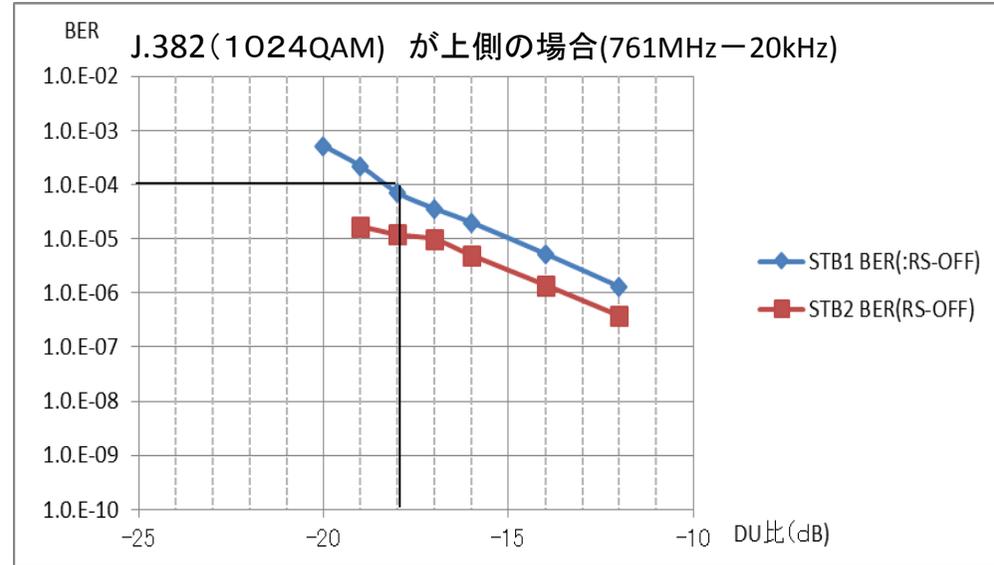
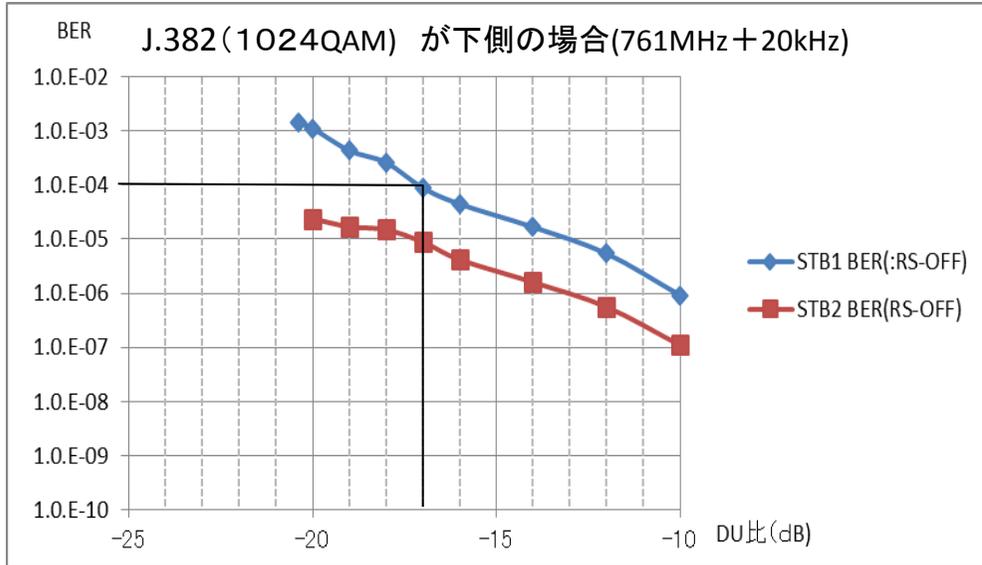
1.与干渉特性

- ①J.382=>J.83C 64QAM 与干渉
- ②J.382=>J.83C 256QAM 与干渉
- ③J.382=>ISDB-T 与干渉

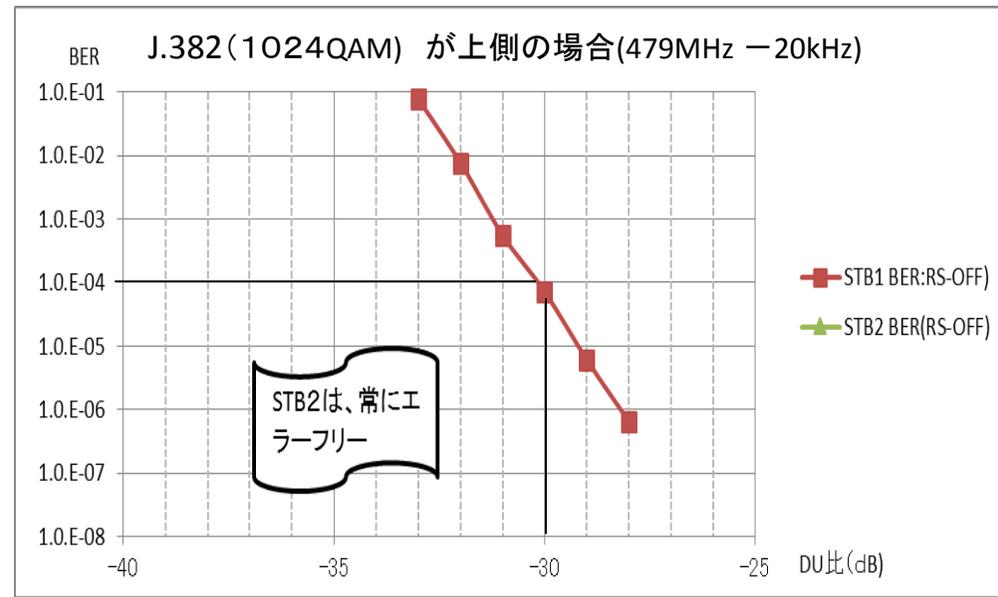
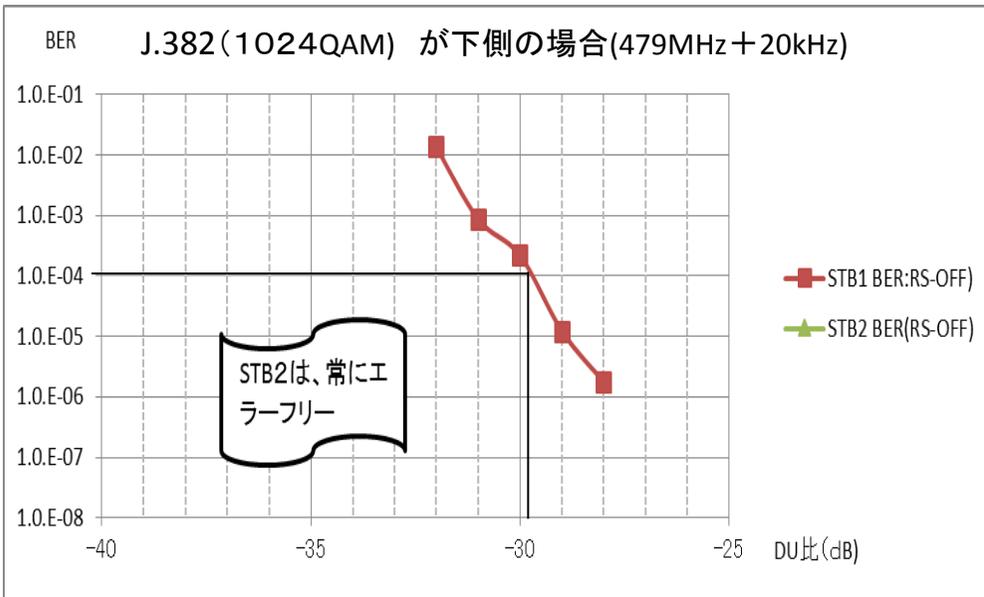
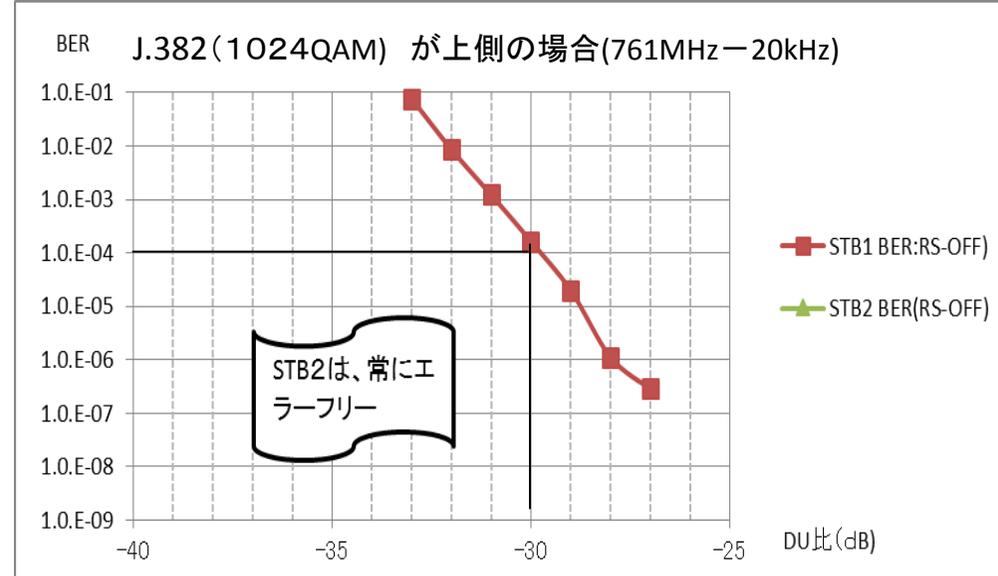
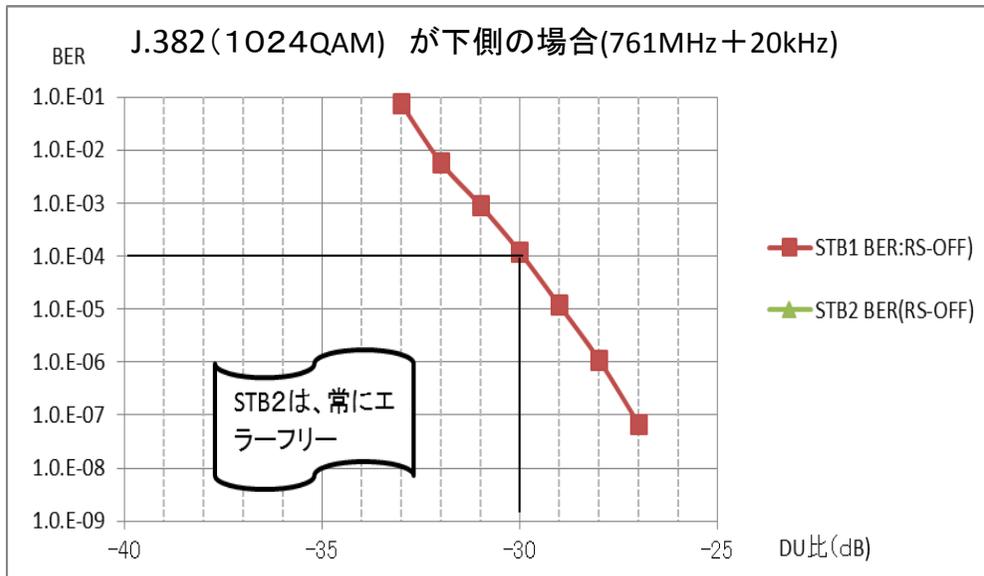
J.382 => J.83C 64QAM 与干涉 (64QAM信号レベル=60dB μ V)



J.382 => J.83C 256QAM 与干涉 (256QAM信号レベル=66dB μ V)



J.382 => ISDB-T(OFDM) 与干涉 (ISDB-T信号レベル=60dB μ V)



隣接妨害 DU比 対 BER

2.被干渉特性

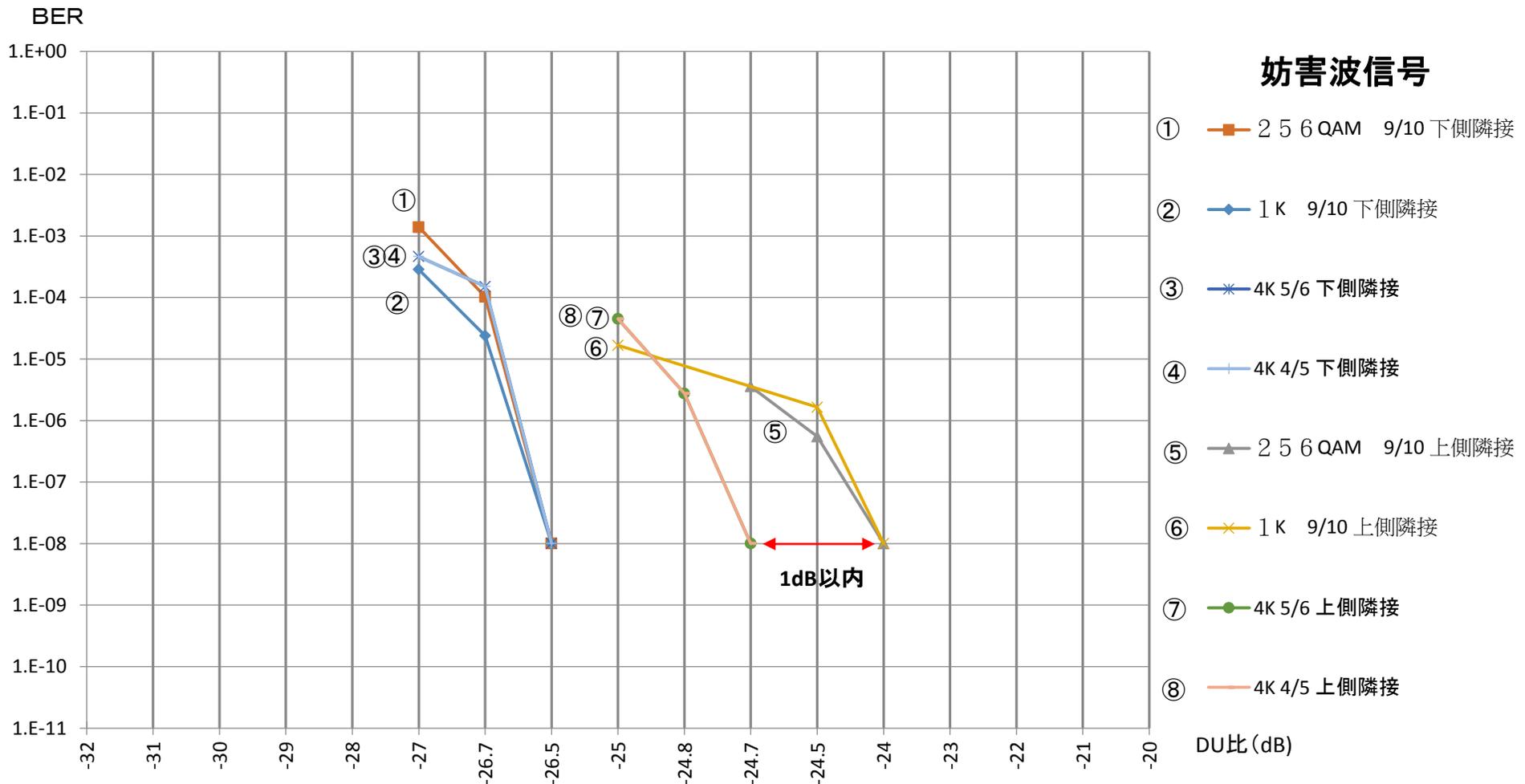
- ① 被干渉信号: 4096QAM 5/6 1/128に対するJ.382各変調方式による特性
- ② 被干渉信号: 4096QAM 5/6 1/128
- ③ 被干渉信号: 4096QAM 4/5 1/128
- ④ 被干渉信号: 1024QAM 9/10 1/128
- ⑤ 被干渉信号: 256QAM 9/10 1/128

被干渉特性(1)

4096QAM 5/6 1/128に対するJ.382各変調方式による特性

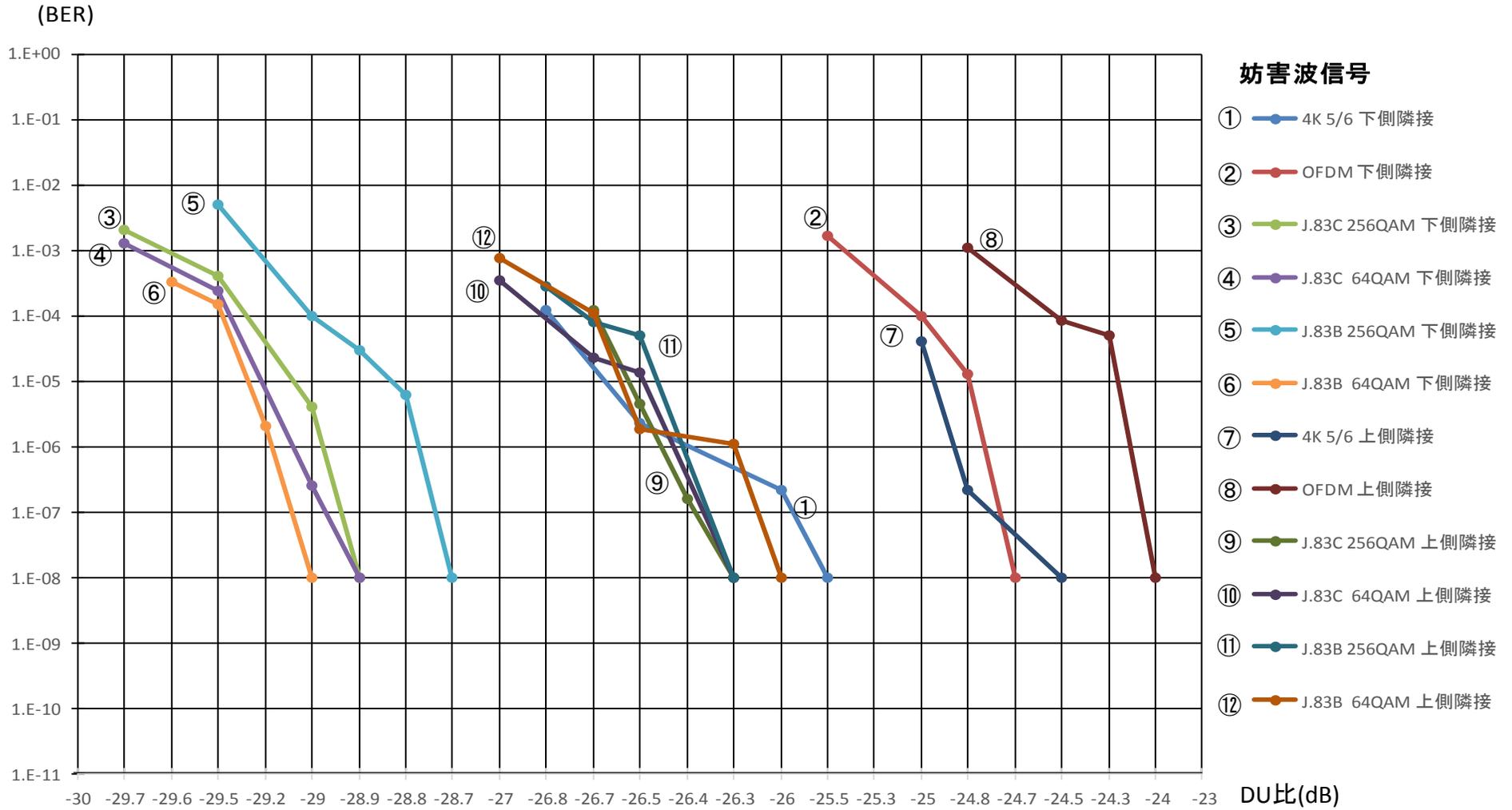
(被干渉信号条件:入力レベル70dB μ V、物理周波数=479MHz、論理周波数=479.009MHz)

J. 382被干渉信号に対し、J. 382の各種信号を妨害波として加えたが、妨害レベルの差異が1dB以内と少ない為、以降の被干渉特性試験のJ.382を使用した妨害波は、**被干渉信号と同一の信号形式**で試験を行う。



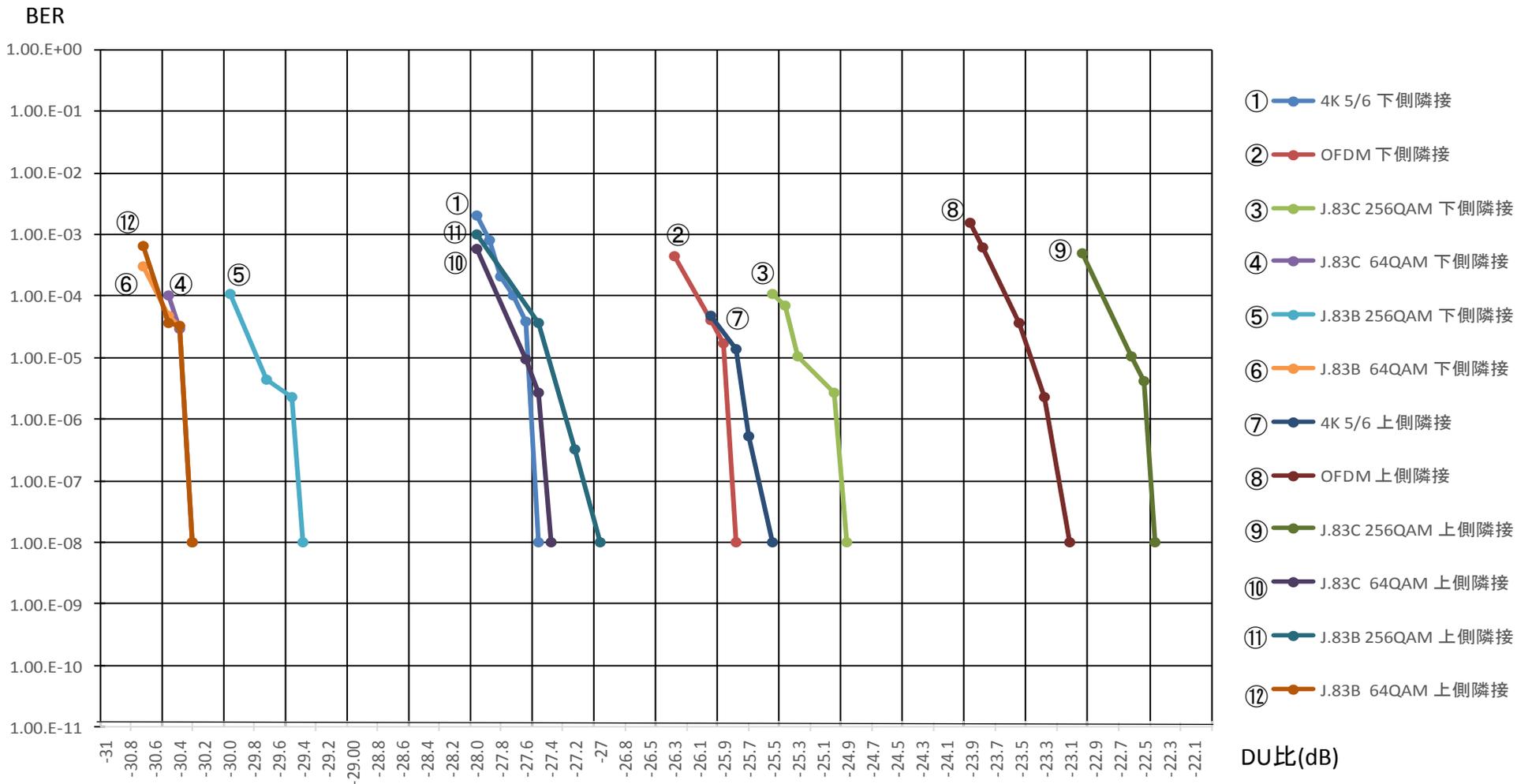
被干渉特性(2)

(被干渉信号: 4096QAM(4K) 5/6 1/128 入力レベル70dB μ V、物理周波数=479MHz、論理周波数=479.009MHz)



被干渉特性(3)

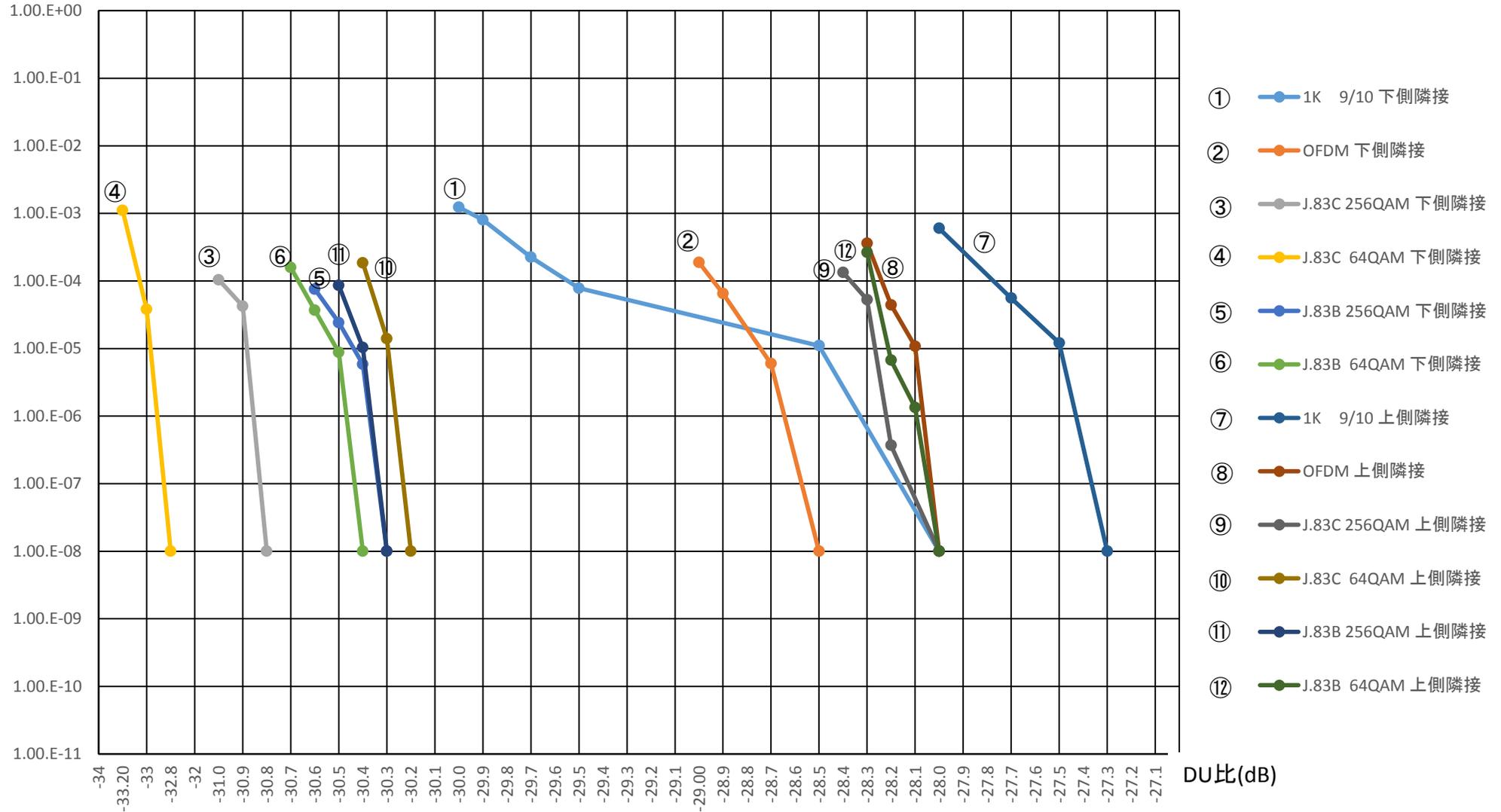
(被干渉信号:4096QAM(4K) 4/5 1/128 入力レベル68dBμV、物理周波数=479MHz、論理周波数=479.009MHz)



被干渉特性(4)

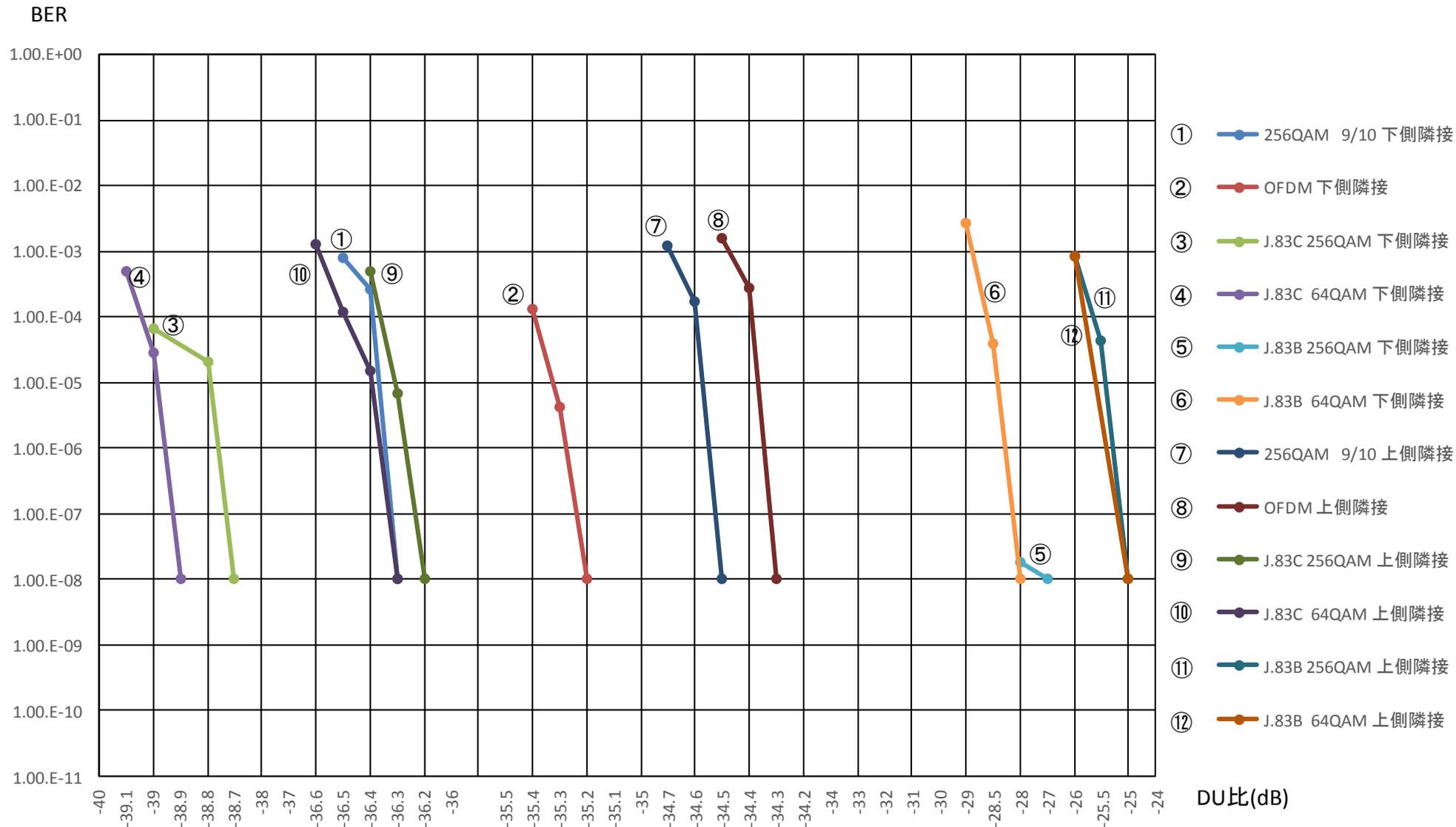
(被干渉信号:1024QAM(1K) 9/10 1/128 入力レベル66dBμV、物理周波数=479MHz、論理周波数=479.009MHz)

BER



被干涉特性(5)

(被干涉信号: 256QAM 9/10 1/128 入力レベル60dB μ V、物理周波数=479MHz、論理周波数=479.009MHz)



多チャンネル伝送歪 対 BER

- ① 多チャンネル伝送歪 対 BER
- ② 多チャンネル伝送歪 対 BER 測定信号

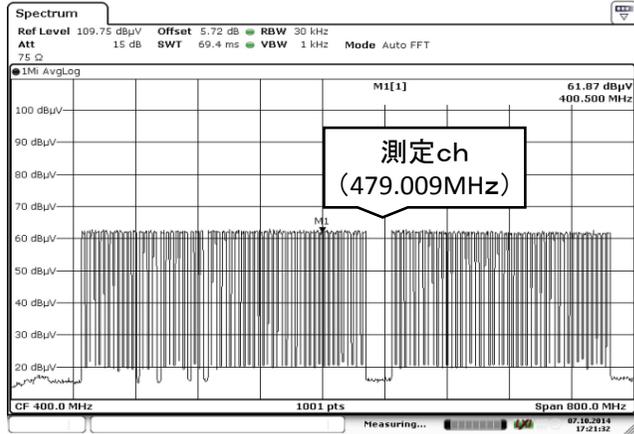
① 多チャンネル伝送歪 対 BER

歪 DU比 (dB)		-54	-53	-52	-51	-50	-49	-48	-47	-46	-45	-44	-43	-42	-41	-40	-39	-38	-37	-36	-35	-34	-33	-32	-31	-30		
変調無し	CW 4096QAM 9/10 1/128	1.00.E-08	5.37.E-05	1.20.E-03	1.00.E-03																							
	CW 4096QAM 5/6 1/128		1.00.E-08	3.34.E-05	1.55.E-05																							
	CW 4096QAM 4/5 1/128				1.00.E-08	3.57.E-05	1.75.E-02																					
	CW 1024QAM 9/10 1/128								1.00.E-08	3.75.E-05																		
	CW 256QAM 9/10 1/128													1.00.E-08	6.34.E-04													
変調有	Mod 4096QAM 9/10 1/128										1.00.E-08	1.25.E-05																
	Mod 4096QAM 5/6 1/128																1.00.E-08											
	Mod 4096QAM 4/5 1/128																				1.00.E-08	1.50.E-04						
	Mod 1024QAM 9/10 1/128																						1.00.E-08	1.70.E-03				
	Mod 256QAM 9/10 1/28																						1.00.E-08					

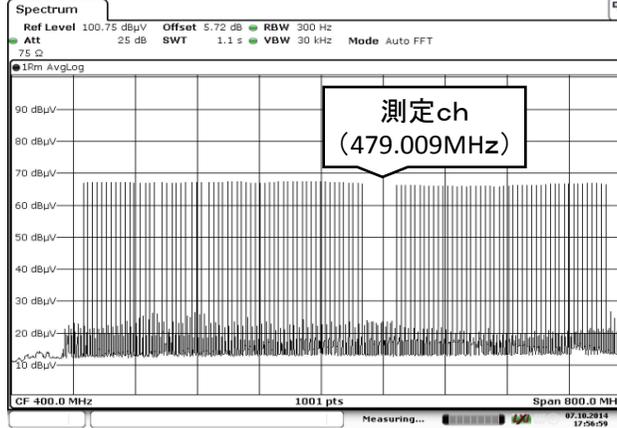
: アンロックを示す
 : エラーフリーを示す

変調 モード と波数	NTSC	NTSC	16波
	J.83C	6 4 QAM	80波
	J.83B	2 5 6 QAM	31波

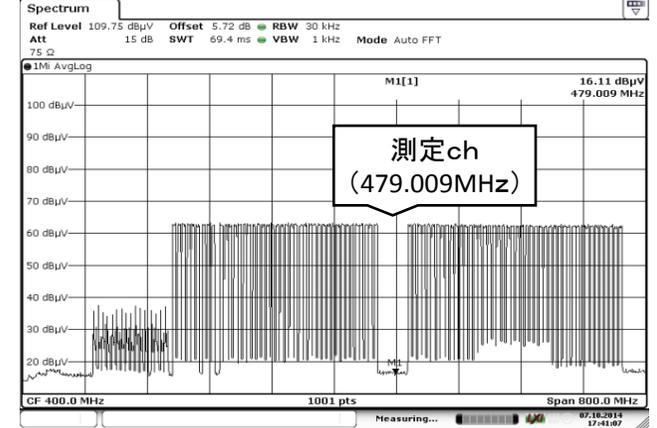
② 多チャンネル伝送歪 対 BER 測定信号



無変調 111波 周波数信号(同期の場合)

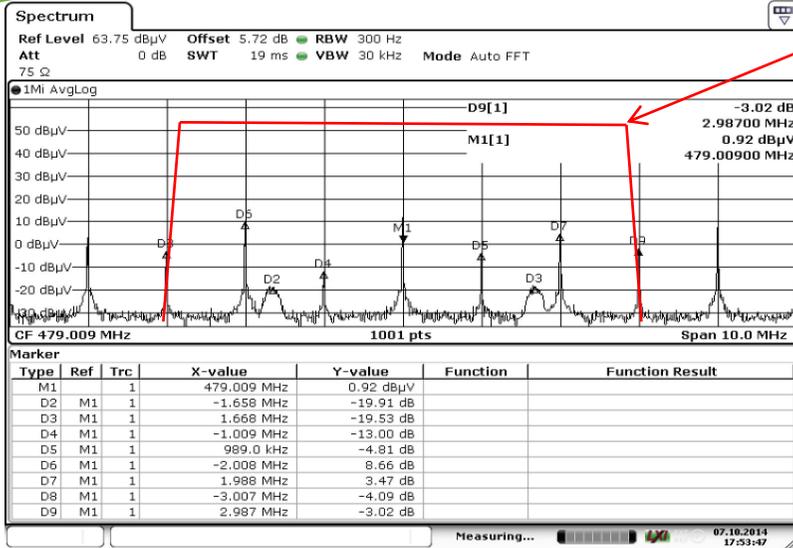


無変調 111波 周波数オフセット付き信号
(SCTE 06 2009による)



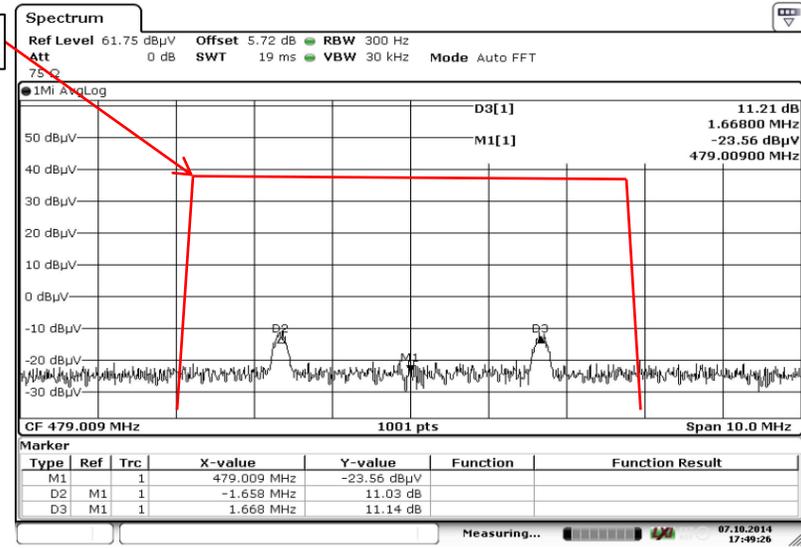
変調有り 111波 周波数オフセット付き信号
(SCTE 06 2009による)

試験に使用した信号



無変調 111波 周波数オフセット付き信号の歪成分

信号帯域



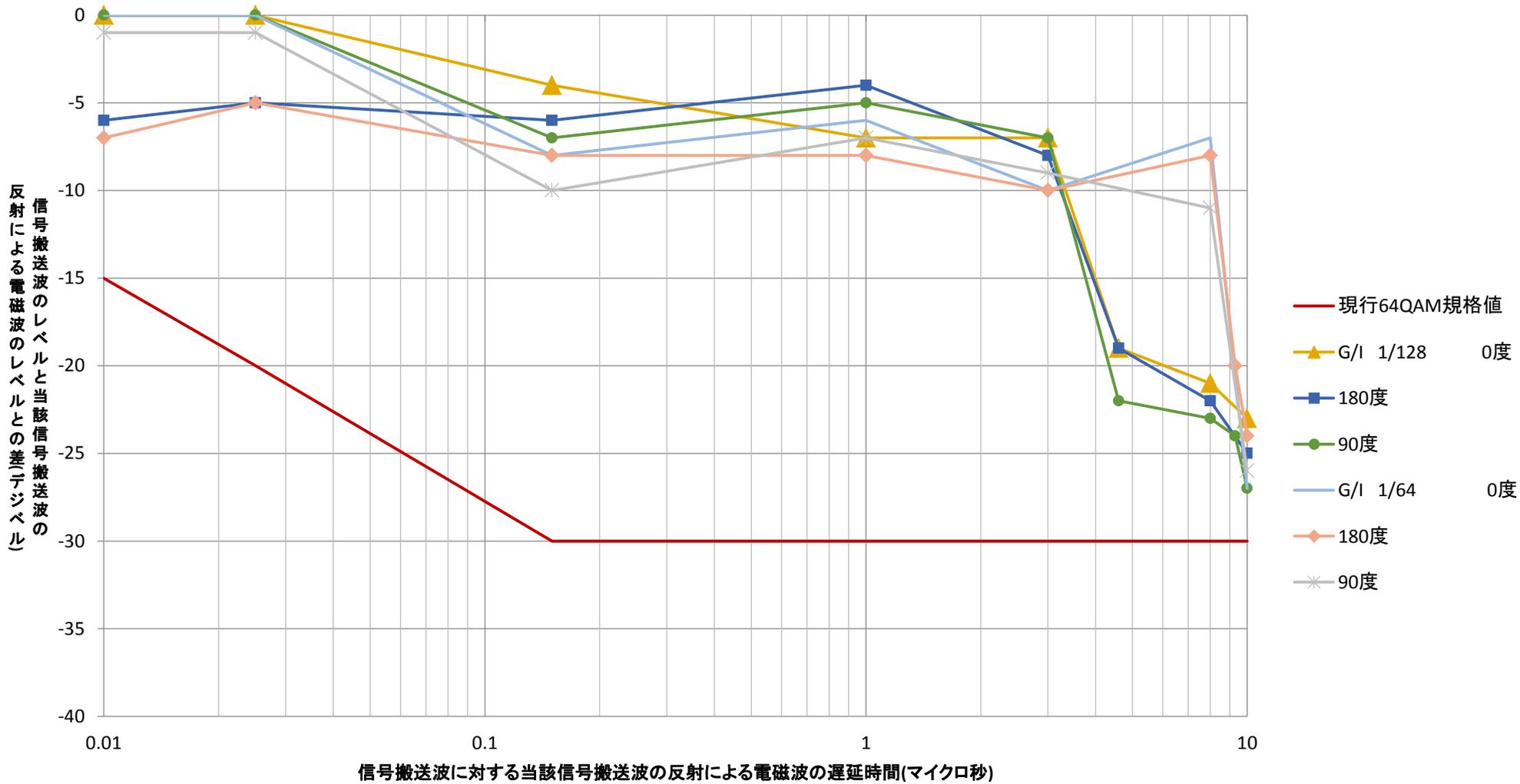
変調有り 111波 周波数オフセット付き信号の歪成分

過入力歪のスペクトラム

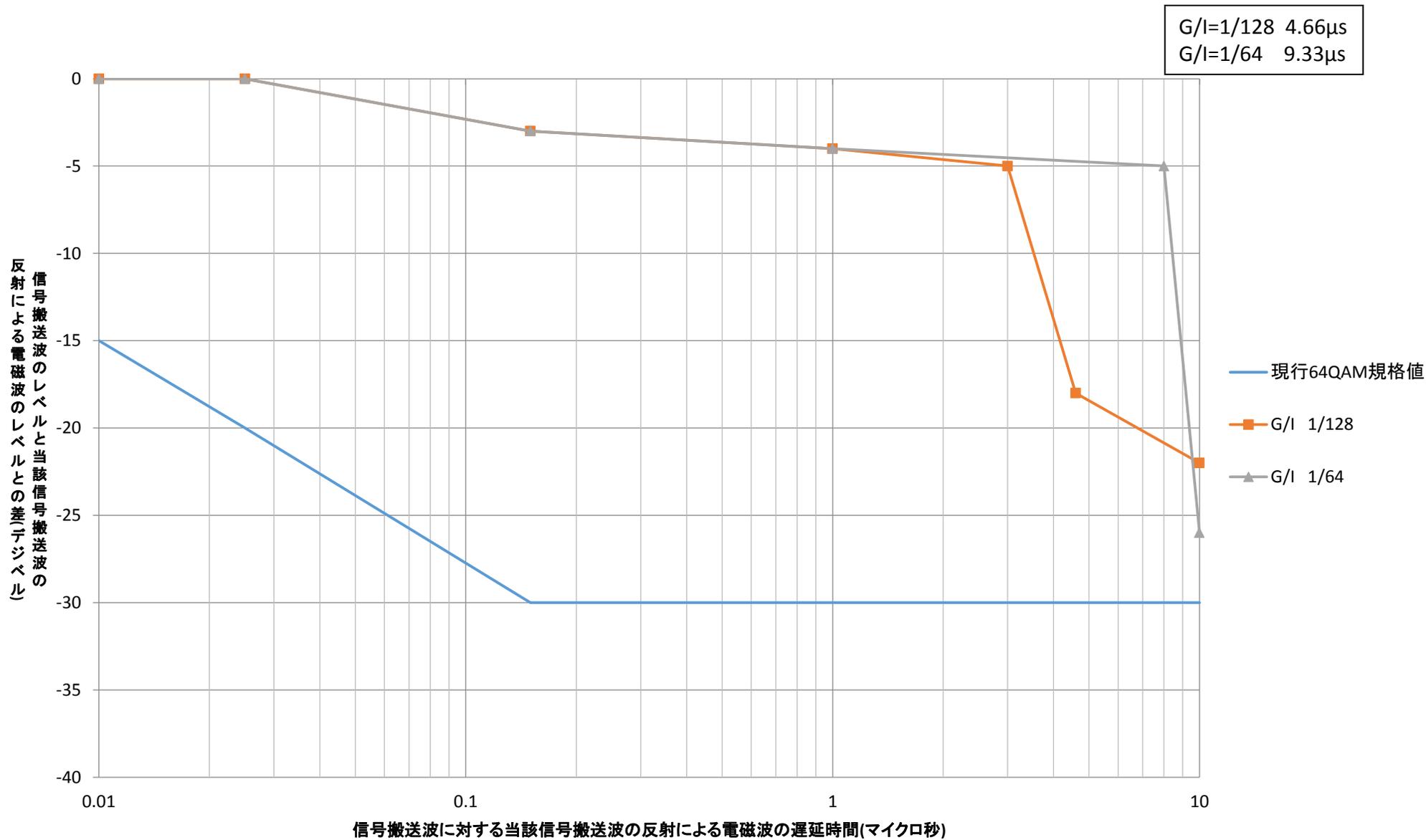
伝送路反射特性

4096QAM(5/6)反射特性

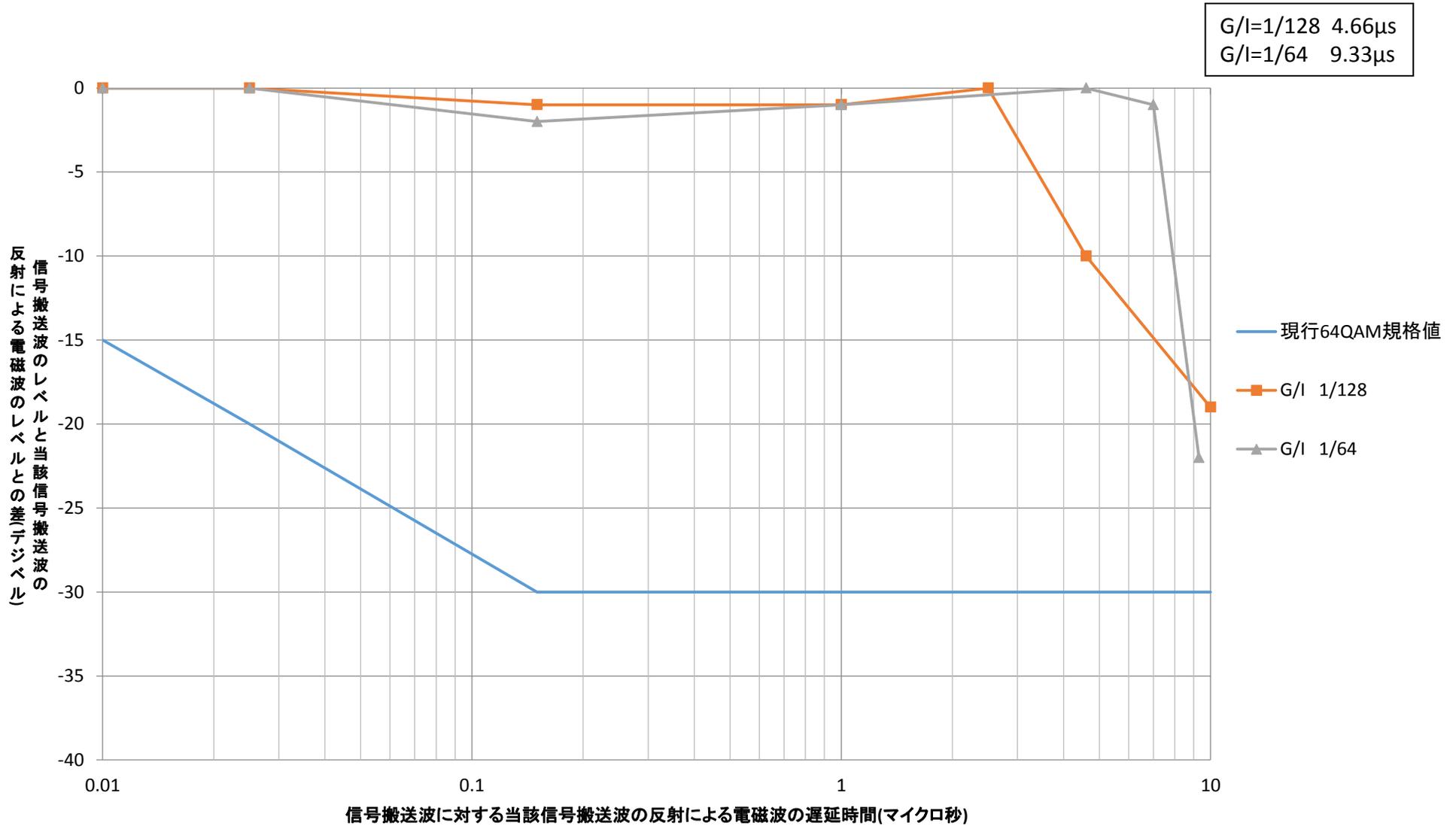
G/l=1/128 4.66μs
G/l=1/64 9.33μs



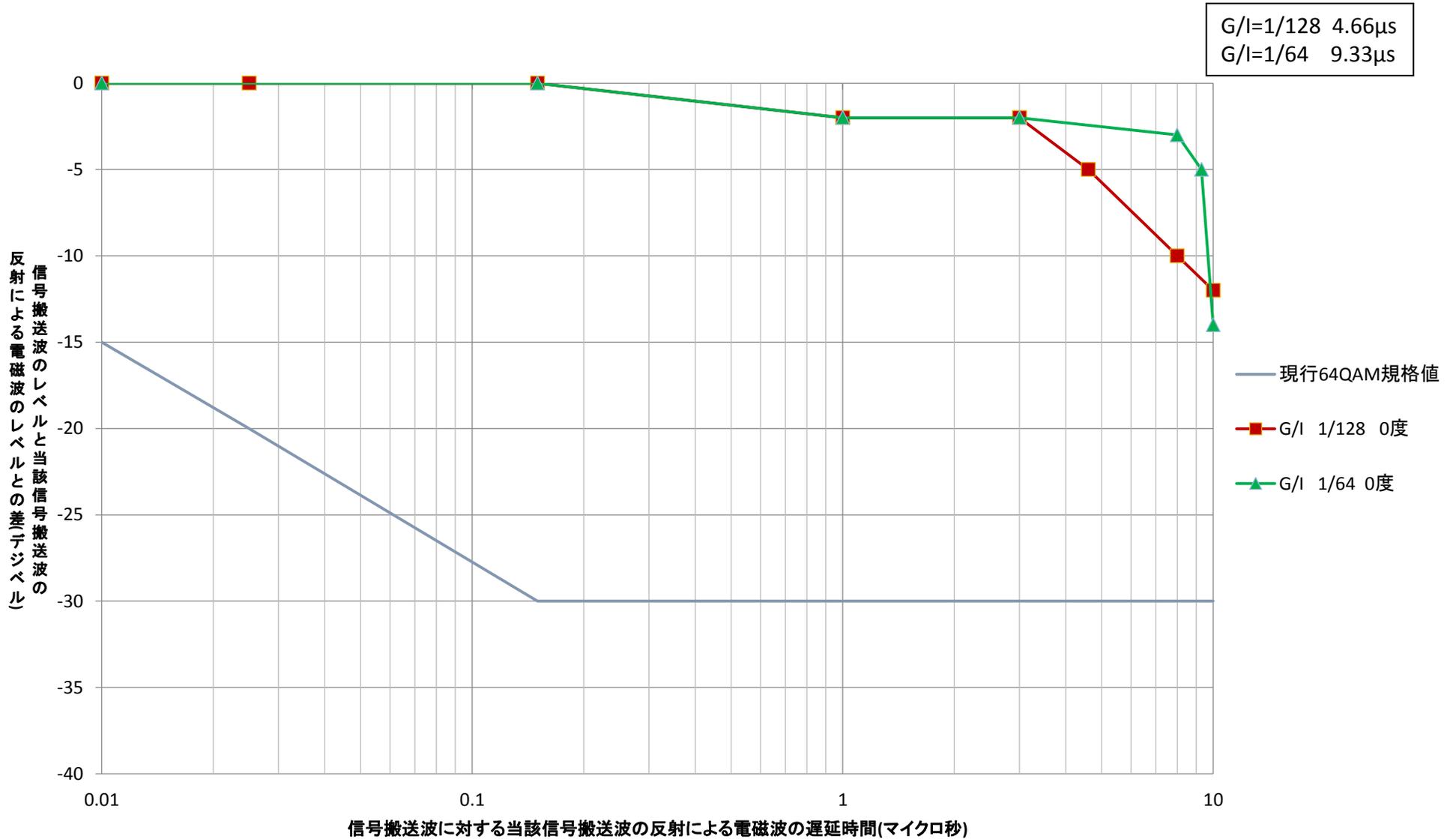
4096QAM(4/5)反射特性



1024QAM(9/10)反射特性

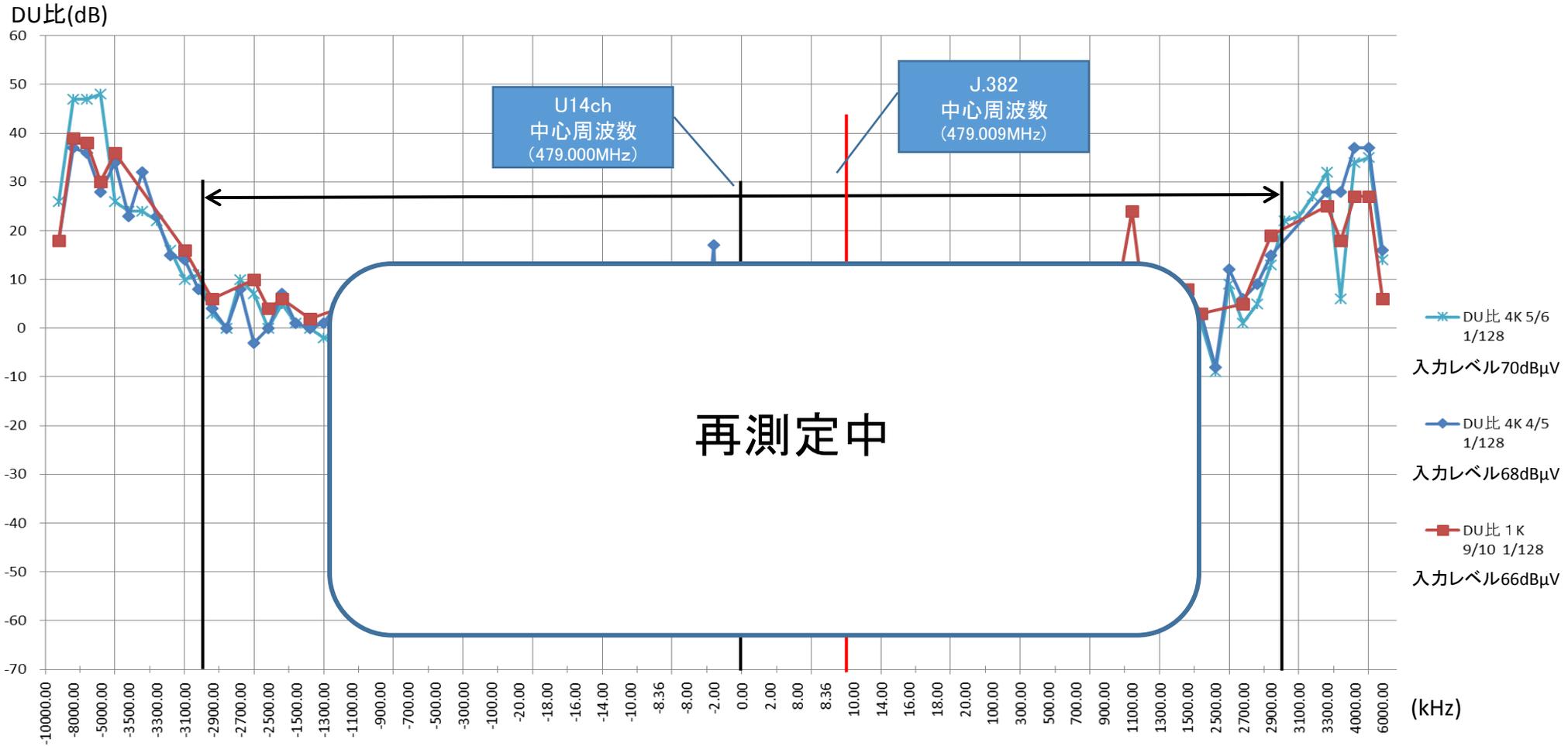


256QAM(9/10)反射特性



单一妨害波特性

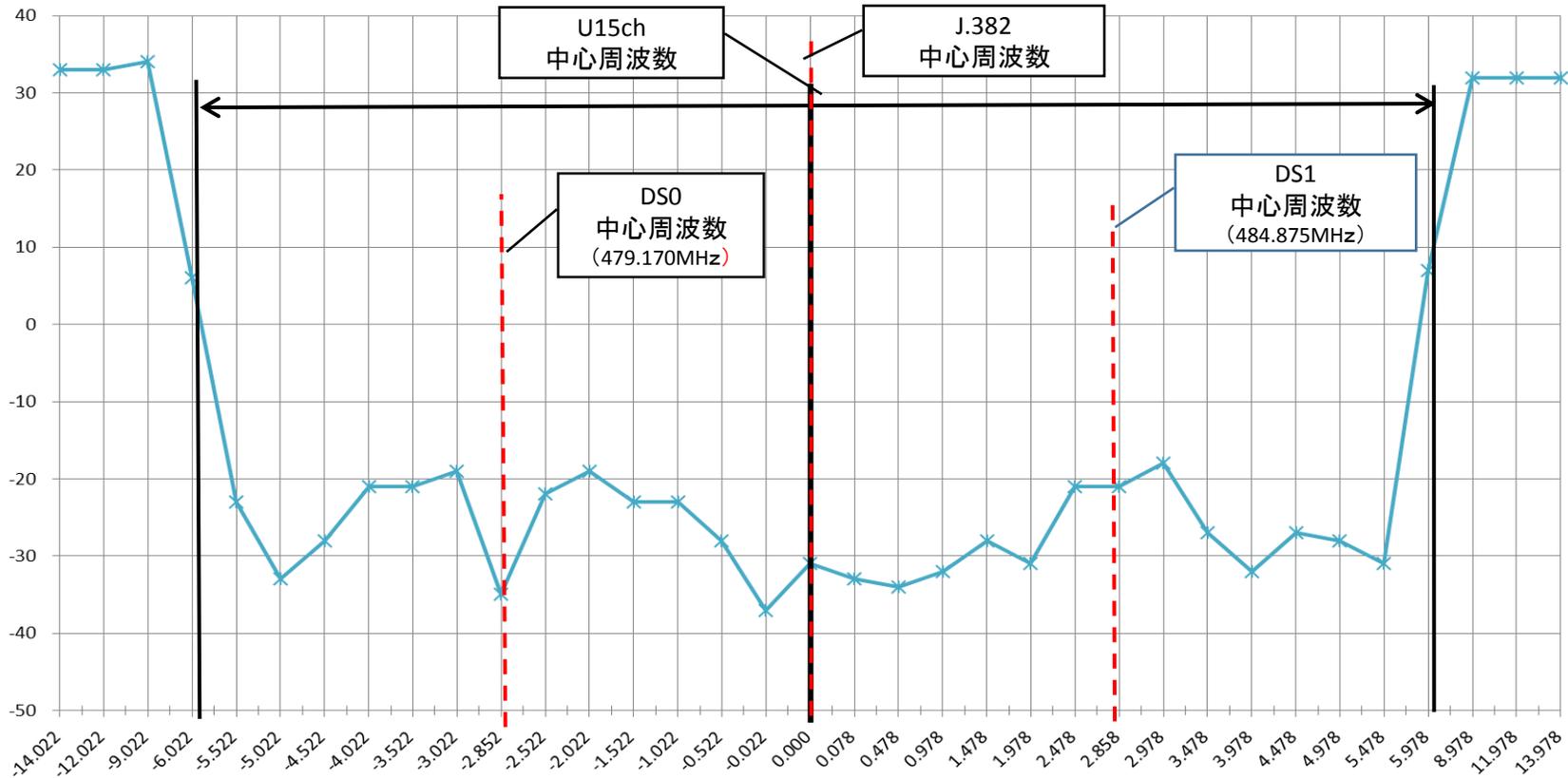
J.382 単一妨害波特性(6MHz 帯域)



J.382 単一妨害波特性(12MHz 帯域)

信号: J.382 4096QAM 12MHz 4/5 1/128 中心周波数482.022MHz、入力レベル68dB μ V

DU比(dB)



—*— DU比 4K 12MHz 4/5 1/128

入力レベル68dB μ V

International Telecommunication Union

ITU-T

TELECOMMUNICATION
STANDARDIZATION SECTOR
OF ITU

J.382

(01/2014)

SERIES J: CABLE NETWORKS AND TRANSMISSION
OF TELEVISION, SOUND PROGRAMME AND OTHER
MULTIMEDIA SIGNALS

Digital transmission of television signals

**Advanced digital downstream transmission
systems for television, sound and data services
for cable distribution**

Recommendation ITU-T J.382

Recommendation ITU-T J.382

Advanced digital downstream transmission systems for television, sound and data services for cable distribution

Summary

Recommendation ITU-T J.382 provides specifications that should be considered for advanced digital cable downstream transmission technologies to provide high spectral efficiency schemes saving transmission resources for downstream in hybrid fibre coax (HFC) based networks.

This Recommendation covers the common definition of framing structure, channel coding and modulation for television, sound and data services including high quality broadcast and multicast services distributed through HFC based networks.

History

Edition	Recommendation	Approval	Study Group	Unique ID*
1.0	ITU-T J.382	2014-01-13	9	11.1002/1000/12104-en

Keywords

Advanced transmission systems, cable distribution, DVB-C2, HFC, OFDM.

* To access the Recommendation, type the URL <http://handle.itu.int/> in the address field of your web browser, followed by the Recommendation's unique ID. For example, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

FOREWORD

The International Telecommunication Union (ITU) is the United Nations specialized agency in the field of telecommunications, information and communication technologies (ICTs). The ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) is a permanent organ of ITU. ITU-T is responsible for studying technical, operating and tariff questions and issuing Recommendations on them with a view to standardizing telecommunications on a worldwide basis.

The World Telecommunication Standardization Assembly (WTSA), which meets every four years, establishes the topics for study by the ITU-T study groups which, in turn, produce Recommendations on these topics.

The approval of ITU-T Recommendations is covered by the procedure laid down in WTSA Resolution 1.

In some areas of information technology which fall within ITU-T's purview, the necessary standards are prepared on a collaborative basis with ISO and IEC.

NOTE

In this Recommendation, the expression "Administration" is used for conciseness to indicate both a telecommunication administration and a recognized operating agency.

Compliance with this Recommendation is voluntary. However, the Recommendation may contain certain mandatory provisions (to ensure, e.g., interoperability or applicability) and compliance with the Recommendation is achieved when all of these mandatory provisions are met. The words "shall" or some other obligatory language such as "must" and the negative equivalents are used to express requirements. The use of such words does not suggest that compliance with the Recommendation is required of any party.

INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

ITU draws attention to the possibility that the practice or implementation of this Recommendation may involve the use of a claimed Intellectual Property Right. ITU takes no position concerning the evidence, validity or applicability of claimed Intellectual Property Rights, whether asserted by ITU members or others outside of the Recommendation development process.

As of the date of approval of this Recommendation, ITU had not received notice of intellectual property, protected by patents, which may be required to implement this Recommendation. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information and are therefore strongly urged to consult the TSB patent database at <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2014

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, by any means whatsoever, without the prior written permission of ITU.

Table of Contents

	Page
1 Scope	1
2 References.....	1
3 Definitions	1
3.1 Terms defined elsewhere.....	1
3.2 Terms defined in this Recommendation.....	1
4 Abbreviations and acronyms	1
5 Conventions.....	3
6 Advanced digital downstream transmission systems for cable distribution.....	3
6.1 System concept.....	3
6.2 Specifications of advanced digital downstream transmission systems	4
Appendix I – A digital video broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2)	6
I.1 Introduction	6
I.2 Main building blocks of a DVB-C2 modulator.....	7
I.3 Summary of the key DVB-C2 features	9
I.4 Cable system concept	10
Bibliography.....	12

Introduction

As the demand of high quality broadcast and multicast services from consumer's side is increasing, cable operators seriously search for more efficient ways to transmit those services through hybrid fibre coax (HFC) based networks.

Modulation and coding schemes for global use in cable industry are based on [b-ITU-T J.83], which was developed and deployed in the 1990s. These technologies, specified in [b-ITU-T J.83], can support up to 38 Mbit/s per 6 MHz channel when using 256 QAM modulation scheme and thus do not serve demands for advanced digital downstream transmission systems.

In the near future, advanced digital transmission systems including enhanced coding and modulation, can replace digital cable transmission systems defined in [b-ITU-T J.83].

Recommendation ITU-T J.382

Advanced digital downstream transmission systems for television, sound and data services for cable distribution

1 Scope

The scope of this Recommendation is to define a globally common specification for framing structure, channel coding and modulation schemes for television, sound and data services including high quality broadcast and multicast services for downstream distributed through hybrid fibre coax (HFC) based networks to provide high spectral efficiency. This Recommendation will contribute to the development of common products for cable broadcast and telecommunication downstream physical layer (PHY).

The specifications included in this Recommendation are based on the requirements defined in [ITU-T J.381].

2 References

The following ITU-T Recommendations and other references contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this Recommendation. At the time of publication, the editions indicated were valid. All Recommendations and other references are subject to revision; users of this Recommendation are therefore encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the Recommendations and other references listed below. A list of the currently valid ITU-T Recommendations is regularly published. The reference to a document within this Recommendation does not give it, as a stand-alone document, the status of a Recommendation.

[ITU-T J.381] Recommendation ITU-T J.381 (2012), *Requirements for advanced digital transmission technologies*.

[ETSI EN 302 769] ETSI EN 302 769 V1.2.1 (2011), *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2)*.

3 Definitions

3.1 Terms defined elsewhere

This Recommendation uses the following term defined elsewhere:

3.1.1 HFC-based networks [ITU-T J.381]: HFC-based networks include legacy cable networks such as hybrid fibre coax; recent technology deployments such as radio frequency over glass (RFoG) and cable network technologies that may be deployed in the near future.

3.2 Terms defined in this Recommendation

None.

4 Abbreviations and acronyms

This Recommendation uses the following abbreviations and acronyms:

16-QAM	16-ary Quadrature Amplitude Modulation
64-QAM	64-ary Quadrature Amplitude Modulation
256-QAM	256-ary Quadrature Amplitude Modulation

1024-QAM	1024-ary Quadrature Amplitude Modulation
4096-QAM	4096-ary Quadrature Amplitude Modulation
ACM	Adaptive Coding and Modulation
ADC	Analogue-to-Digital Converter
AWGN	Additive White Gaussian Noise
BB	Baseband
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem multiple error correction binary block code
CCM	Constant Coding and Modulation
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
CNR	Carrier-to-Noise Ratio
CRC	Cyclic Redundancy Check
dB	decibel
DEMUX	De-Multiplexer
DS	Data Slice
DVB	Digital Video Broadcasting project
DVB-C	DVB system for cable transmission
DVB-C2	DVB system for second generation cable transmission
EBU	European Broadcasting Union
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FEC	Forward Error Correction
FFT	Fast Fourier Transform
GI	Guard Interval
GSE	Generic Stream Encapsulation
HFC	Hybrid Fibre Coax
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform
IP	Internet Protocol
ISO/IEC	International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission
JTC	Joint Technical Committee
LDPC	Low Density Parity Check (codes)
MATV	Master Antenna Television
Mbit	$2^{20} = 1,048,576$ bits
Mbit/s	Mbit per second
MHz	10^6 Hertz
MPEG	Moving Pictures Experts Group
NA	Not Applicable
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex

PAPR	Peak to Average Power Ratio
PHY	Physical Layer
PLP	Physical Layer Pipe
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
RF(oG)	Radio Frequency (over Glass)
SMATV	Satellite Master Antenna Television
SNR	Signal-to-Noise Ratio
TDM	Time Division Multiplex
TI	Time Interleaver
TS	Transport Stream
VCM	Variable Coding and Modulation

5 Conventions

None.

6 Advanced digital downstream transmission systems for cable distribution

6.1 System concept

A downstream framer, capable of receiving multiple formats of streams, such as MPEG-2 transport streams and Ethernet packet streams, has the function of framing these streams for efficient transmission. A downstream forward error correction (FEC) encoder, followed by a downstream framer, adds an encoding function to protect information data from channel noise through HFC based networks. The downstream modulator covers functions of mapping high order quadrature amplitude modulation (QAM) constellation in order to improve spectral efficiency, as well as interleaving mechanisms for the protection of information data from burst noise in time and frequency domain.

The basic block diagram of advanced digital transmission processing is shown in Figure 1.

Input stream does not only represent a single stream, but instead can consist of multiple independent data streams, containing signals and components of advanced digital downstream transmission systems for television, sound and data services for cable distribution.

The channel model of HFC-based networks is primarily a bandwidth-limited linear channel, with a balanced combination of white noise, interference and multi-path distortion. Orthogonal frequency division multiplex (OFDM) technique with channel coding can have advantages to minimize the loss due to typical channel distortions in HFC-based networks.

The advanced digital downstream transmission system shall be fully transparent with respect to the different transmitter input and related receiver output signals.

Upstream advanced digital transmission technologies are not covered by this Recommendation.

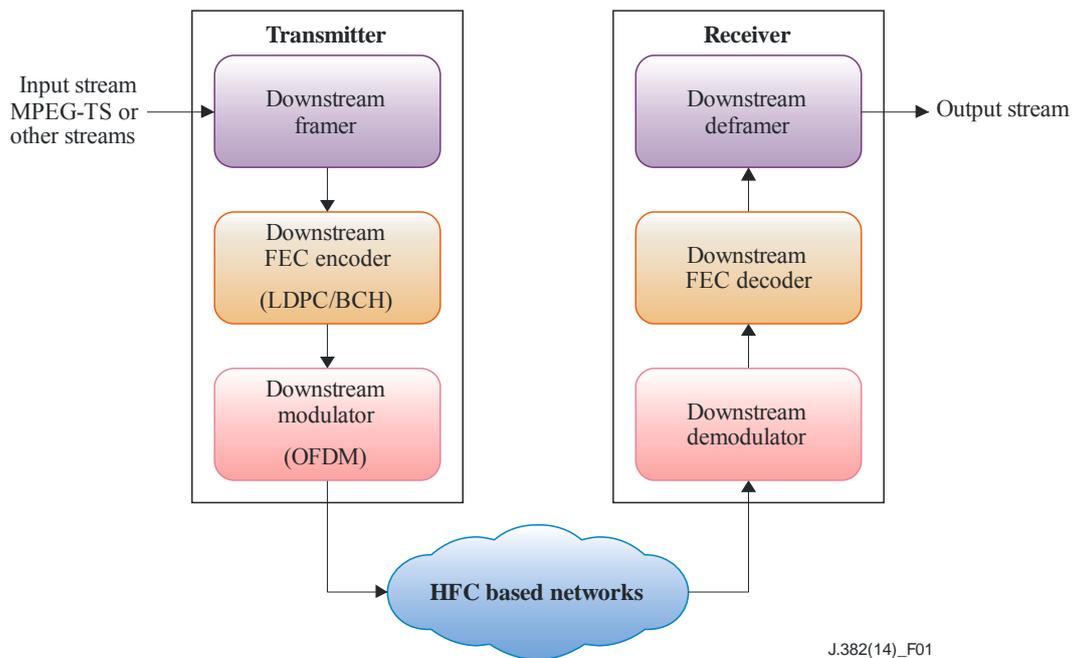


Figure 1 – System concept for advanced digital downstream transmission system

6.2 Specifications of advanced digital downstream transmission systems

Advanced digital downstream transmission systems are required to support the following technical specifications regarding framing, channel coding, and modulation. Fundamental framework is described in Table 1 and extended parameters are defined in Table 2.

Table 1 – PHY downstream specifications in summary form indicating fundamental framework

Item	Specification
Input signals	MPEG-TS, any packetized or continuous stream
Framing structure	Two dimensional TDM structure: physical layer pipes (PLPs) and data slice (DS)
Signalling method	Embedded in the TDM framing structure
Modulation scheme	OFDM
FFT size	4096 for 8 MHz channel (2.232 kHz carrier spacing) or 4096 for 6 MHz channel (1.674 kHz carrier spacing)
Number of payload carriers	3408 for a 8 MHz channel
Channel coding	
Randomization	FEC frame scrambling (1 + X ¹⁴ + X ¹⁵)
FEC	LDPC/BCH
Interleaving	Bit-, time and frequency interleaving
Modulation	
Bandwidth	6 or 8 MHz basis, flexibility for wider bandwidth (up to 450 MHz)
Constellation	16/64/256/1024/4096 – QAM
Pilots	Scattered, continual and edge-pilots
Guard interval (GI)	1/64 or 1/128

Table 2 – Extended parameters

Item		Specification
Channel coding	Bit-Interleaving	Parity- and column twist Interleaving
	Time-Interleaving	At data slice (DS) level: Block interleaving with 0, 4, 8,16 symbols interleaving depth
	Frequency-Interleaving	At DS level
	Service-related robustness	Robustness parameters (modulation scheme and FEC parameters) can be chosen per PLP
	Variable coding and modulation (VCM)	Modulation parameters may be changed each DVB-C2 Frame
	Adaptive coding and modulation (ACM)	Possible
	Two layer Multiplexing structure	Physical layer pipe (PLP): individual modulation parameters data slice (DS): Group of PLPs with individual time-/frequency interleaving settings
Modulation	Byte to symbol mapping	Depending on modulation scheme and FEC code rate
	Roll-off factor	Not defined
	Baseband filter characteristics	Not defined
	Pilots	Pilot density depending on guard interval (GI) choice
	Peak-to-average-power-ratio (PAPR)	Reduction of PAPR is possible by reserved tones
	Hooks for extensions	Available

The frequency allocation is not specified in this Recommendation, however the system is recommended to allow flexibility in order to reflect each country's usage of the frequency space.

The text of [ETSI EN 302 769] is applied with the modifications as given below.

Un-numbered clauses "Intellectual Property Rights" and "Foreword"

The introductory clauses labelled "Intellectual Property Rights" and 'Foreword' do not apply in the context of this Recommendation.

Appendix I

A digital video broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2)

(This appendix does not form an integral part of this Recommendation.)

I.1 Introduction

This appendix derives from work done by the Digital Video Broadcasting Project (DVB). The specification of the second generation DVB cable transmission system (i.e., DVB-C2) has been adopted by the Joint Technical Committee (JTC) of the European Broadcasting Union (EBU), Comité Européen de Normalization ELECTrotechnique (CENELEC) and the European Telecommunications Standards Institute (ETSI) as European Norm [ETSI EN 302 769].

DVB-C2 specifies the framing structure, channel coding and modulation for a second generation digital multi-programme television distribution by cable.

Although the MPEG transport stream (TS) is still the favourite protocol used in digital broadcasting, DVB-C2 supports TS, any packetized and continuous input formats as well as the so called generic stream encapsulation (GSE). All input streams are multiplexed into a baseband (BB) frame format. The forward error correction (FEC) scheme is applied to these BB frames. In line with the other DVB-X2 systems, DVB-C2 uses a combination of low density parity check (LDPC) and BCH codes, which is a very powerful FEC method providing about 6 dB improvement of signal-to-noise ratio (SNR) with reference to DVB-C. Appropriate bit-interleaving schemes optimise the overall robustness of the FEC system. Extended by a header, those frames are called physical layer pipes (PLP). One or several of such PLPs are multiplexed into a data slice (DS). A two-dimensional interleaving (in time and frequency domain) is applied to each slice enabling the receiver to eliminate impacts of burst impairments and frequency selective interference such as single frequency ingress. One or several data slices (DSs) compose the payload of a C2-frame. The frame building process includes, inter alia, the insertion of continual and scattered pilots. The first symbol of a DVB-C2 frame, the so-called "Preamble", carries the signalling data. A DVB-C2 receiver will find all relevant configuration data about the structure and the technical parameters of the DVB-C2 signal in the signalling data block in the Preamble as well as in the headers of the PLPs. In the following step the OFDM symbols are generated by means of an inverse fast Fourier transform (IFFT). A 4K-IFFT algorithm is applied generating a total of 4096 sub-carriers, 3409 of which are actively used for the transmission of data and pilots within a frequency band of 8 MHz. The guard interval (GI), used between the OFDM symbols, has a relative length of either 1/128 or 1/64 in reference to the symbol length (448 μ s).

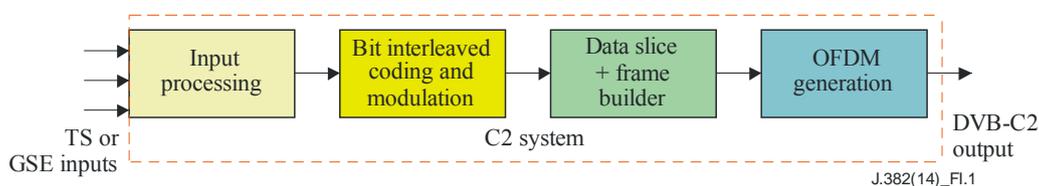


Figure I.1 – High level block diagram of a DVB-C2 modulator

Figure I.1 shows the block diagram of a DVB-C2 modulator. The input processing block is able to process a traditional MPEG transport stream or any packetized or continuous input stream. The second block (identified as: Bit interleaved coding as modulation) adds the FEC information and maps the data into cells. The third block (identified as: Data slice + frame builder) covers the

multiplexing of the different input components to the framing structure, whereas in the last block the final OFDM modulation and frequency up-conversion is performed.

I.2 Main building blocks of a DVB-C2 modulator

The following clauses give a short overview of the functionalities available in the four building blocks identified in Figure I.1.

I.2.1 DVB-C2 modulator input processing

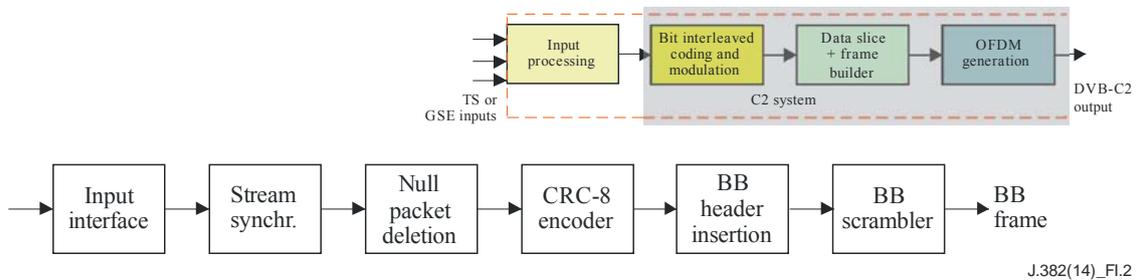


Figure I.2 – Building blocks of the input processing part

Figure I.2 shows the main building blocks of the input processing part for one input signal of a DVB-C2 modulator. Different types of input formats are possible: MPEG transport stream, GSE signals or any continuous or packetized signal format. The signal is synchronized and mapped into a baseband (BB) framing structure. Null packets are deleted in case of MPEG transport streams, a baseband frame header and a cyclic redundancy check (CRC) code are added and the frames are spectrum formed by a scrambler. A baseband (BB) frame is the payload of a physical layer pipe (PLP).

I.2.2 Bit interleaved FEC processing and mapping

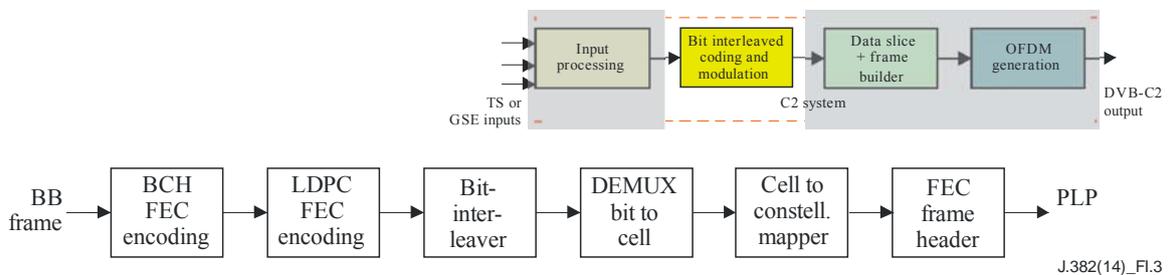


Figure I.3 – Building blocks of the FEC processing part

Figure I.3 shows the main building blocks of the FEC processing part of a DVB-C2 modulator. Baseband frames are extended by both BCH and LDPC FEC data. The bit stream is de-multiplexed and mapped to QAM cells. A FEC-frame header is added. The output signal of this processing part is called a PLP. A DVB-C2 modulator is able to process multiple PLPs.

I.2.3 Data slice and frame builder

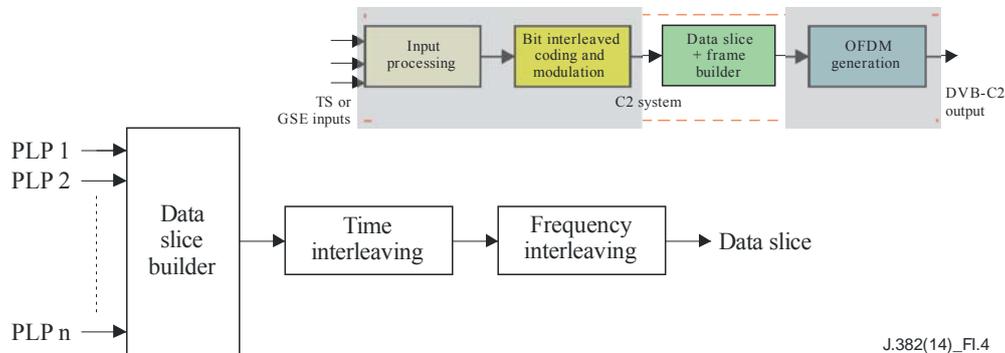


Figure I.4 – Building blocks of the data slice building part

Figure I.4 shows the data slice builder, which multiplexes different PLPs to one data slice. Per data slice (DS), time- and frequency interleaving is applied. A DVB-C2 modulator is able to process multiple data slices, as shown in Figure I.5. The frame builder multiplexes the different data slices (DSs) into a DVB-C2 frame. Furthermore the frame builder adds pilot signals components and the preamble, which carries the DVB-C2 signalling data, the DVB-C2 frame.

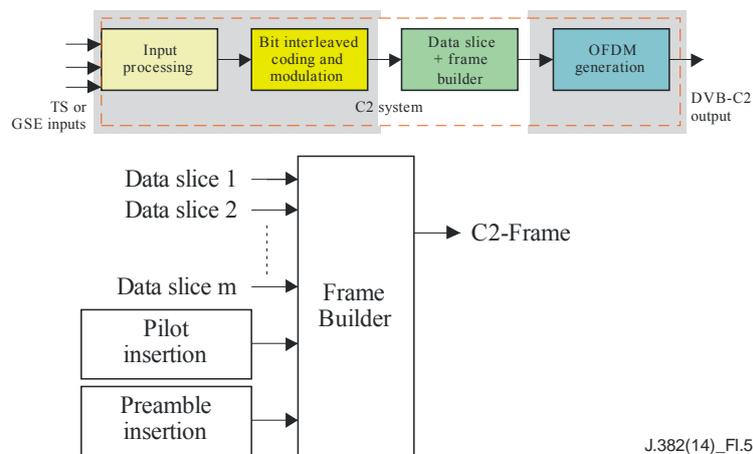


Figure I.5 – Building blocks of the frame building part

I.2.4 OFDM generation

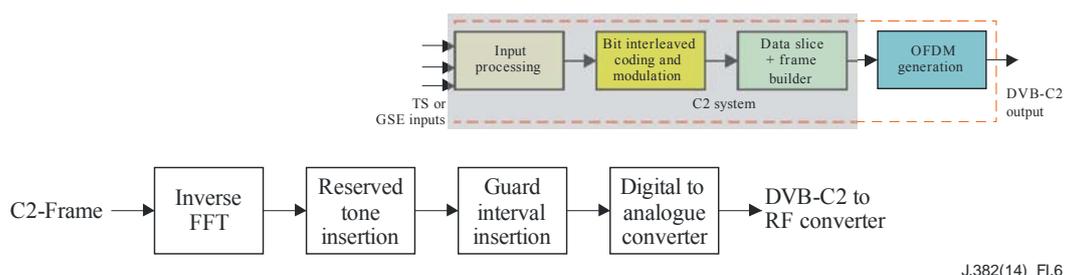


Figure I.6 – Building blocks of the OFDM generation part

Figure I.6 shows the main building blocks of the OFDM generation unit of a DVB-C2 modulator. After the inverse fast Fourier transform (IFFT) processing, the guard interval is added and an analogue-to-digital conversion is carried out. In the unlikely event of high peak-to-average power ratio (PAPR), reserved tone symbols can be inserted.

I.3 Summary of the key DVB-C2 features

I.3.1 Single pipe versus multiple pipes and formats

The first generation transmission systems were designed to carry one MPEG transport stream. One key requirement for DVB-C2 was to implement significantly more flexibility in terms of supporting multiple input signals and in terms of supporting more packetized and even continuous input formats, including IP. The flexibility allows the integration of different input signals in physical layer pipes (PLPs) and to bundle PLPs in data slices (DSs). DVB-C2 provides a very flexible multiplexing scheme, capable of supporting future complex services.

I.3.2 Orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) modulation

Although single carrier QAM-modulation was successful for many years in digital cable transmission systems, DVB has taken the decision to choose orthogonal frequency division multiplex (OFDM) for reasons of excellent spectrum efficiency and superb flexibility.

I.3.3 Low density parity check (LDPC) code for FEC

The chosen forward error correction (FEC) scheme is a combination of low density parity check (LDPC) code as the inner code and Bose Chaudhuri Hoquenghem (BCH) code as the outer code. The combination is both very powerful and efficient in relation to typical and relevant interference scenarios in cable networks. The excellent performance of the chosen FEC-scheme is the major reason for the significantly higher spectrum efficiency of DVB-C2. Those state of the art FEC codes are very complex. The LDPC-FEC processing part will require about half of the chip size of a DVB-C2 demodulator.

I.3.4 From 16-QAM to 4096-QAM constellations

The requirement and performance figures of cable networks are covering a wide range from low cost master antenna TV (MATV) solutions to high quality professional HFC networks. Therefore, DVB-C2 offers a fine granularity of solutions from very robust modes up to highest spectrum efficiency, mainly limited by cost constraints of receiver analogue-to-digital converters (ADCs). Different FEC code rates and QAM-schemes allow the granularity of about 2 dB over the whole range from 15 to 35 dB carrier-to-noise ratio (CNR). Further, higher modulation constellations may be introduced in the future in a backwards compatible way. At least there are already hooks available for future extensions of DVB-C2.

I.3.5 Fixed 8 MHz versus flexible bandwidth

Although DVB-C2 is perfectly in line with the European 8 MHz channel raster (and the 6 MHz United States raster) implemented in cable, one of the outstanding features of DVB-C2 is its flexibility in terms of bandwidth allocation. DVB-C2 allows increased spectrum efficiency and broader transmission signals entailing a higher gain for statistical multiplexing while maintaining the support for simple receivers with a fixed 8 MHz (6 MHz in the United States) receiving window for Europe. For the implementation of future broadband tuner concepts, DVB-C2 opens more options for all kinds of broadband applications.

I.3.6 Constant coding and modulation (CCM) versus variable and adaptive coding and modulation (VCM and ACM)

DVB-C2 offers another dimension of flexibility. Up to now the coding schemes for cable transmission systems were fixed. With DVB-C2 the modulation parameters may vary over time and

this variation may be even related to individual services within a transmitted DVB-C2 signal. The first option is to vary the robustness over time. This may be required for different quality of service (QoS) levels. However, it is also possible to adapt the performance of a DVB-C2 transmission to individual requirements of a customer by means of adaptive coding and modulation. The receiving conditions of an individual customer may be used to adjust the robustness parameters of the DVB-C2 transmission.

I.3.7 Physical layer pipes (PLP), data slices, and frames

In terms of broadband access and in the terms of video quality the end customer demand is permanently growing. From a cable network operator's point of view, bigger pipes are required to transmit the requested services over networks in an efficient way. The big difference between narrowband and broadband services require flexible multiplexing schemes. DVB-C2 offers therefore a two stage multiplexing scheme. Different input signals, converted to so called physical layer pipes (PLPs) are multiplexed to a data slice (DS) and different DSs are combined to a "DVB-C2 frame" in the second stage. So, in simple broadcasting applications a DVB-C2 transmission signal will consist of one PLP and one data slice (DS), in case a single MPEG transport stream has to be transmitted. However, in more complex services configurations DVB-C2 will allow to structure the offering in PLPs and DSs and would even be able to provide service related robustness and allow that the payload capacity of those PLPs or DSs slightly vary over time.

I.3.8 Two dimensional interleaving in time and frequency domain

DVB-C2 offers both, time and frequency interleaving, which are powerful tools to cope with critical interference scenarios in cable networks.

I.3.9 Signalling issues

The flexibility of DVB-C2 requires an appropriate signalling scheme, allowing a receiver a fast synchronisation and an easy access to all relevant parameters required to configure the demodulation and decoding of the requested service. All relevant signalling information is transported in the Preamble, which is repeated for every DVB-C2 frame.

I.3.10 Backward compatibility

DVB-C2 is not backward compatible with the System B of [b-ITU-T J.83] (DVB-C) which had been developed by the DVB consortium as well. However, it is assumed that all implementations of the second generation cable transmission system will support DVB-C2 and the first generation solutions in parallel. Such an approach would provide backward compatibility during the transition period to the second generation systems.

I.4 Cable system concept

The DVB-C2 system provides a wide range of solutions for all kind of cable networks deployed worldwide. With 16-QAM modulation very robust modulation schemes for very simple networks (e.g., satellite master antenna television (SMATV) networks) are available, whereas the 4096-QAM modulation scheme can be considered as headroom for future enhanced HFC infrastructures. The granularity of solutions of DVB-C2 is about 2 dB in the range from 12 dB SNR to 35 dB SNR.

With the growing demand of cable customers for more bandwidth, cable operators are forced to upgrade their cable infrastructures. Fibre-based backbone systems are used for the core network. More and more network segments based on coaxial cable are replaced by fibre and so generally fibre gets closer and closer to the customers and coaxial cable is in many cases only used for the so called the last mile. Those necessary network upgrades provide not only more available bandwidth per customer due to optimizations of the network topology, but also higher signal quality, which allows the cable operator to deploy higher order of modulation for their digital services.

The first generation digital cable transmission systems did neither provide solutions with state of the art spectrum efficiency nor the flexibility and higher order modulation needed to optimize the throughput of digital data in those upgraded networks.

DVB-C2 provides a fine granularity of solutions very close to the theoretical "Shannon Limit" for all kinds of cable networks (see Figure I.7).

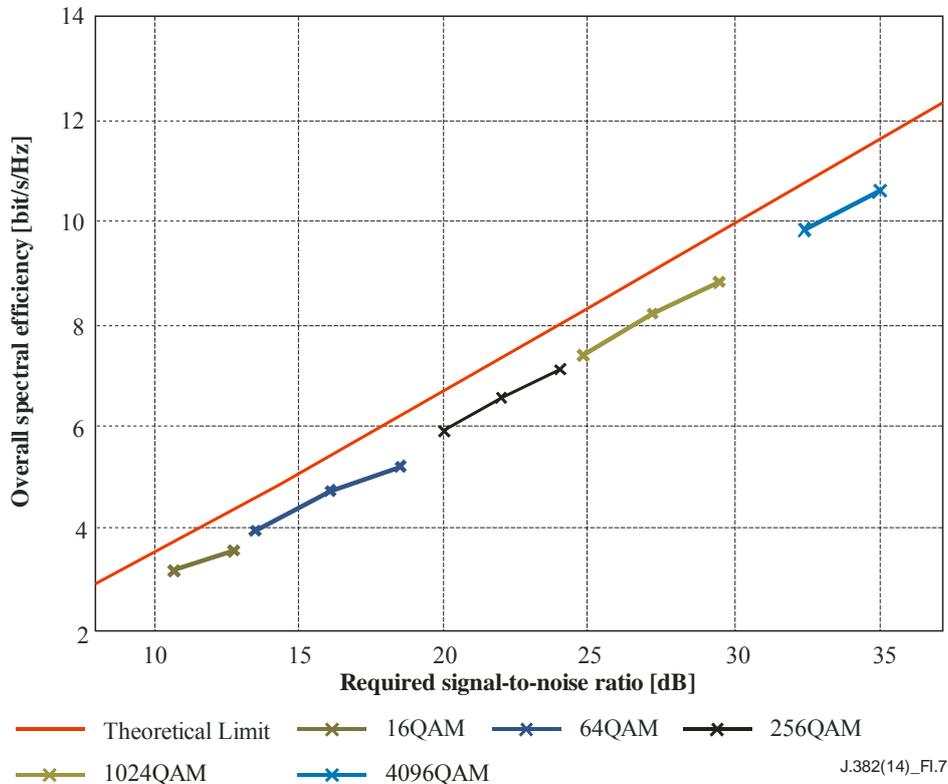


Figure I.7 – DVB-C2 performance in an AWGN channel

In summary, the key technical features of DVB-C2 are the combination of flexibility and efficiency. It is expected that the deployment of DVB-C2 on one hand will increase the downstream capacity of cable networks by 30% and for optimized networks up to 60%. On the other hand, DVB-C2 will allow network operators to utilize the available frequency resources in a more flexible way and allow the introduction of both enhanced services and bigger pipes, for all kinds of service containers, including the support of IP-based transport mechanisms.

Bibliography

- [b-ITU-T H.222.0] Recommendation ITU-T H.222.0 (2012) | ISO/IEC 13818-1:2013, *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems*.
- [b-ITU-T J.83] Recommendation ITU-T J.83 (2007), *Digital multi-programme systems for television, sound and data services for cable distribution*.
- [b-ITU-T J.112 Anx B] Recommendation ITU-T J.112 Annex B (2004), *Transmission systems for interactive cable television services, Annex B: Data-over-cable service interface specifications: Radio-frequency interface specification*.

SERIES OF ITU-T RECOMMENDATIONS

Series A	Organization of the work of ITU-T
Series D	General tariff principles
Series E	Overall network operation, telephone service, service operation and human factors
Series F	Non-telephone telecommunication services
Series G	Transmission systems and media, digital systems and networks
Series H	Audiovisual and multimedia systems
Series I	Integrated services digital network
Series J	Cable networks and transmission of television, sound programme and other multimedia signals
Series K	Protection against interference
Series L	Construction, installation and protection of cables and other elements of outside plant
Series M	Telecommunication management, including TMN and network maintenance
Series N	Maintenance: international sound programme and television transmission circuits
Series O	Specifications of measuring equipment
Series P	Terminals and subjective and objective assessment methods
Series Q	Switching and signalling
Series R	Telegraph transmission
Series S	Telegraph services terminal equipment
Series T	Terminals for telematic services
Series U	Telegraph switching
Series V	Data communication over the telephone network
Series X	Data networks, open system communications and security
Series Y	Global information infrastructure, Internet protocol aspects and next-generation networks
Series Z	Languages and general software aspects for telecommunication systems

ETSI EN 302 769 V1.2.1 (2011-04)

European Standard

**Digital Video Broadcasting (DVB);
Frame structure channel coding and modulation
for a second generation digital transmission system
for cable systems (DVB-C2)**



Reference

REN/JTC-DVB-288

Keywordsaudio, broadcasting, cable, data, digital, DVB,
MPEG, TV, video**ETSI**650 Route des Lucioles
F-06921 Sophia Antipolis Cedex - FRANCE

Tel.: +33 4 92 94 42 00 Fax: +33 4 93 65 47 16

Siret N° 348 623 562 00017 - NAF 742 C
Association à but non lucratif enregistrée à la
Sous-Préfecture de Grasse (06) N° 7803/88

Important notice

Individual copies of the present document can be downloaded from:

<http://www.etsi.org>

The present document may be made available in more than one electronic version or in print. In any case of existing or perceived difference in contents between such versions, the reference version is the Portable Document Format (PDF). In case of dispute, the reference shall be the printing on ETSI printers of the PDF version kept on a specific network drive within ETSI Secretariat.

Users of the present document should be aware that the document may be subject to revision or change of status. Information on the current status of this and other ETSI documents is available at

<http://portal.etsi.org/tb/status/status.asp>

If you find errors in the present document, please send your comment to one of the following services:

http://portal.etsi.org/chaicor/ETSI_support.asp

Copyright Notification

No part may be reproduced except as authorized by written permission.
The copyright and the foregoing restriction extend to reproduction in all media.

© European Telecommunications Standards Institute 2011.

© European Broadcasting Union 2011.

All rights reserved.

DECT™, PLUGTESTS™, UMTS™, TIPHON™, the TIPHON logo and the ETSI logo are Trade Marks of ETSI registered for the benefit of its Members.

3GPP™ is a Trade Mark of ETSI registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

LTE™ is a Trade Mark of ETSI currently being registered for the benefit of its Members and of the 3GPP Organizational Partners.

GSM® and the GSM logo are Trade Marks registered and owned by the GSM Association.

Contents

Intellectual Property Rights.....	6
Foreword.....	6
1 Scope.....	7
2 References.....	8
2.1 Normative references.....	8
2.2 Informative references.....	8
3 Definitions, symbols and abbreviations.....	9
3.1 Definitions.....	9
3.2 Symbols.....	11
3.3 Abbreviations.....	14
4 DVB-C2 System architecture.....	16
4.1 System overview.....	16
4.2 System architecture.....	16
4.3 Target performance.....	19
5 Input processing.....	19
5.1 Mode adaptation.....	19
5.1.1 Input Formats.....	20
5.1.2 Input Interface.....	20
5.1.3 Input Stream Synchronization (Optional).....	21
5.1.4 Null Packet Deletion (optional, for TS only, NM and HEM).....	21
5.1.5 CRC-8 encoding (for GFPS and TS, NM only).....	22
5.1.6 Baseband Header (BBHeader) insertion.....	22
5.1.7 Mode adaptation sub-system output stream formats.....	24
5.2 Stream adaptation.....	27
5.2.1 Scheduler.....	27
5.2.2 Padding.....	27
5.2.3 BB scrambling.....	27
6 Bit-interleaved coding and modulation.....	28
6.1 FEC encoding.....	28
6.1.1 Outer encoding (BCH).....	29
6.1.2 Inner encoding (LDPC).....	30
6.1.2.1 Inner coding for normal FECFrame.....	30
6.1.2.2 Inner coding for short FECFrame.....	32
6.1.3 Bit Interleaver.....	32
6.2 Mapping bits onto constellations.....	34
6.2.1 Bit to cell word demultiplexer.....	35
6.2.2 Cell word mapping into I/Q constellations.....	38
7 Data Slice Packet Generation.....	45
7.1 Data Slice Packets for Data Slice Type 1.....	45
7.2 Data Slice Packets for Data Slice Type 2.....	45
7.2.1 FECFrame header signalling data.....	46
7.2.2 Coding of the FECFrame header.....	47
7.2.2.1 Error Coding.....	48
7.2.2.2 Cyclic Delay.....	48
7.2.2.3 Scrambling of the lower branch.....	48
7.2.3 Mapping onto QAM constellations.....	49
7.2.3.1 Robust FECFrame header.....	49
7.2.3.2 High efficiency FECFrame header.....	49
7.2.4 Mapping of the XFECFrame cells.....	49
7.2.5 Length of the Data Slice Packet for Data Slice Type 2.....	49
7.2.6 Stuffing Data Slice Packets.....	50

8	Generation, coding and modulation of Layer 1 part 2 signalling.....	51
8.1	Overview.....	51
8.2	Preamble Header.....	51
8.3	L1 signalling part 2 data.....	53
8.3.1	L1 block padding.....	58
8.3.2	CRC for the L1 signalling part 2.....	58
8.3.3	L1 padding.....	58
8.4	Modulation and error correction coding of the L1 part 2 data.....	58
8.4.1	Overview.....	58
8.4.2	Parameters for FEC encoding of L1 part 2 data.....	60
8.4.3	FEC Encoding.....	62
8.4.3.1	Zero padding of BCH information bits.....	62
8.4.3.2	BCH encoding.....	64
8.4.3.3	LDPC encoding.....	64
8.4.3.4	Puncturing of LDPC parity bits.....	64
8.4.3.5	Removal of zero padding bits.....	65
8.4.3.6	Bit interleaving for L1 signalling part 2.....	65
8.4.4	Mapping bits onto constellations.....	66
8.4.4.1	Demultiplexing of L1 signalling part 2.....	66
8.4.4.2	Mapping onto QAM constellations.....	66
8.5	Time interleaving of L1 signalling part 2 data.....	67
9	Frame Builder.....	69
9.1	C2 Frame structure.....	69
9.1.1	Duration of the C2 Frame.....	69
9.2	Pilot Reference Sequence.....	70
9.2.1	Data Scrambling Sequence.....	70
9.2.2	Pilot Scrambling Sequence.....	70
9.2.3	Pilot Reference Sequence.....	71
9.3	Preamble Symbol.....	71
9.3.1	Preamble Symbol overview.....	71
9.3.2	Frequency Interleaving.....	71
9.3.3	Pilot insertion.....	72
9.3.3.1	Locations of the preamble pilots.....	72
9.3.3.2	Amplitude and modulation of the preamble pilots.....	72
9.3.4	Mapping and scrambling of the signalling data.....	73
9.3.5	Notches within Preamble Symbols.....	73
9.3.5.1	Narrowband Notches.....	73
9.3.5.2	Broadband Notches.....	74
9.4	Data Slice generation.....	74
9.4.1	Location of Data Slices.....	74
9.4.1.1	Start and end OFDM carrier of Data Slices.....	74
9.4.1.2	Maximum width of Data Slices.....	74
9.4.1.3	Minimum width of Data Slices.....	75
9.4.1.4	Notches within Data Slices.....	75
9.4.2	Number of payload cells in Data Slice.....	75
9.4.3	Mapping of the Data Slice Packets.....	75
9.4.4	Time Interleaving.....	76
9.4.5	Frequency Interleaving.....	80
9.5	Stuffing Data Slices.....	81
9.6	Pilot Insertion.....	81
9.6.1	Introduction.....	81
9.6.2	Scattered pilot insertion.....	82
9.6.2.1	Locations of the scattered pilots.....	82
9.6.2.2	Amplitudes of the scattered pilots.....	82
9.6.2.3	Modulation of the scattered pilots.....	82
9.6.3	Continual pilot insertion.....	82
9.6.3.1	Locations of the continual pilots.....	83
9.6.3.2	Amplitudes of the Continual Pilots.....	83
9.6.3.3	Modulation of the Continual Pilots.....	83
9.6.4	Edge pilot insertion.....	83
9.6.4.1	Locations of the edge pilots.....	83

9.6.4.2	Amplitudes of the Edge Pilots.....	84
9.6.4.3	Modulation of the Edge Pilots.....	84
9.7	Dummy carrier reservation.....	85
10	OFDM generation	85
10.1	IFFT - OFDM Modulation	85
10.2	Guard interval insertion.....	87
10.3	Spectrum characteristics.....	87
Annex A (normative):	Addresses of parity bit accumulators for Nldpc = 64 800	89
Annex B (normative):	Addresses of parity bit accumulators for Nldpc = 16 200	95
Annex C (normative):	Input stream synchronizer.....	97
Annex D (normative):	Input Remultiplexing Subsystem: Splitting of input MPEG-2 Transport Streams into Data PLPs, generation of a Common PLP of a group of PLPs and insertion of Null Packets into Transport Streams	99
D.1	Overview	99
D.2	Splitting of a group of input TSs into TSPSS streams and a TSPSC stream.....	100
D.2.1	General	100
D.2.2	Extraction of the Common PLP from a group of TS.....	100
D.2.3	Insertion of additional Null Packets into TSPSS.....	101
D.3	Receiver Implementation Considerations.....	102
D.3.1	Recombination of TSPSS and TSPSC in a receiver.....	102
Annex E (normative):	Calculation of the CRC word	104
Annex F (normative):	Bundling of PLPs	105
Annex G (informative):	Transport Stream regeneration and clock recovery using ISCR.....	106
Annex H (informative):	Pilot patterns	107
Annex I (informative):	Bibliography.....	110
History	.....	111

Intellectual Property Rights

IPRs essential or potentially essential to the present document may have been declared to ETSI. The information pertaining to these essential IPRs, if any, is publicly available for **ETSI members and non-members**, and can be found in ETSI SR 000 314: "*Intellectual Property Rights (IPRs): Essential, or potentially Essential, IPRs notified to ETSI in respect of ETSI standards*", which is available from the ETSI Secretariat. Latest updates are available on the ETSI Web server (<http://webapp.etsi.org/IPR/home.asp>).

Pursuant to the ETSI IPR Policy, no investigation, including IPR searches, has been carried out by ETSI. No guarantee can be given as to the existence of other IPRs not referenced in ETSI SR 000 314 (or the updates on the ETSI Web server) which are, or may be, or may become, essential to the present document.

Foreword

This European Standard (EN) has been produced by Joint Technical Committee (JTC) Broadcast of the European Broadcasting Union (EBU), Comité Européen de Normalisation ELECTrotechnique (CENELEC) and the European Telecommunications Standards Institute (ETSI).

NOTE: The EBU/ETSI JTC Broadcast was established in 1990 to co-ordinate the drafting of standards in the specific field of broadcasting and related fields. Since 1995 the JTC Broadcast became a tripartite body by including in the Memorandum of Understanding also CENELEC, which is responsible for the standardization of radio and television receivers. The EBU is a professional association of broadcasting organizations whose work includes the co-ordination of its members' activities in the technical, legal, programme-making and programme-exchange domains. The EBU has active members in about 60 countries in the European broadcasting area; its headquarters is in Geneva.

European Broadcasting Union
 CH-1218 GRAND SACONNEX (Geneva)
 Switzerland
 Tel: +41 22 717 21 11
 Fax: +41 22 717 24 81

The Digital Video Broadcasting Project (DVB) is an industry-led consortium of broadcasters, manufacturers, network operators, software developers, regulatory bodies, content owners and others committed to designing global standards for the delivery of digital television and data services. DVB fosters market driven solutions that meet the needs and economic circumstances of broadcast industry stakeholders and consumers. DVB standards cover all aspects of digital television from transmission through interfacing, conditional access and interactivity for digital video, audio and data. The consortium came together in 1993 to provide global standardisation, interoperability and future proof specifications.

National transposition dates	
Date of adoption of this EN:	18 April 2011
Date of latest announcement of this EN (doa):	31 July 2011
Date of latest publication of new National Standard or endorsement of this EN (dop/e):	31 January 2012
Date of withdrawal of any conflicting National Standard (dow):	31 January 2012

1 Scope

The present document describes a second generation baseline transmission system for digital television broadcasting via Hybrid Fibre Coax (HFC) cable networks and Master Antenna Television (MATV) installations. It specifies the channel coding, modulation and lower layer signalling protocol system intended for the provision of digital television services and generic data streams.

The scope is as follows:

- it gives a general description of the Baseline System for digital cable TV;
- it specifies the digital signal processing in order to establish compatibility between pieces of equipment developed by different manufacturers. This is achieved by describing in detail the signal processing at the transmitting side, while the processing at the receiving side is left open to individual implementations. However, for the purpose of securing interoperability it is necessary in this text to refer to certain implementation aspects of the receiving end.

DVB-C [i.4] was introduced as a European Norm in 1994. It specifies single carrier QAM modulation and Reed-Solomon channel coding and is used today by many cable operators worldwide for television and data broadcasting as well as for forward channel transmission of the Data Over Cable System defined in [i.7].

Since 1994 enhanced digital transmission technologies have evolved somewhat:

- New channel coding schemes, combined with higher order modulation, promise more powerful alternatives to the DVB-C coding and modulation schemes. The result is a capacity gain in the order of 30 % at a given cable channel bandwidth and CATV network performance.
- Variable Coding and Modulation (VCM) may be applied to provide different levels of error protection to different services (e.g. SDTV and HDTV, audio, multimedia).
- In the case of interactive and point-to-point applications, the VCM functionality may be combined with the use of return channels, to achieve Adaptive Coding and Modulation (ACM). This technique provides more exact channel protection and dynamic link adaptation to propagation conditions, targeting each individual receiving terminal.
- DVB-C is strictly focused on a unique data format, the MPEG Transport Stream (ISO/IEC 13818-1 [i.1] or a reference to it). Extended flexibility to cope with other input data formats (such as multiple Transport Streams, or generic data formats) is now possible without significant complexity increase.

The present document defines a "second generation" modulation and channel coding system (denoted the "C2 System" or "DVB-C2" for the purposes of the present document) to make use of the improvements listed above. DVB-C2 is a single, very flexible standard, covering a variety of applications by cable, as described below. It is characterized by:

- a flexible input stream adapter, suitable for operation with single and multiple input streams of various formats (packetized or continuous);
- a powerful FEC system based on LDPC (Low-Density Parity Check) codes concatenated with BCH (Bose Chaudhuri Hocquenghem) codes, allowing Quasi Error Free operation close to the Shannon limit, depending on the transmission mode (AWGN channel, modulation constrained Shannon limit);
- a wide range of code rates (from 2/3 up to 9/10); 5 constellations, ranging in spectrum efficiency from 1 to 10,8 bit/s/Hz, optimized for operation in cable networks;
- Adaptive Coding and Modulation (ACM) functionality, optimizing channel coding and modulation on a frame-by-frame basis.

2 References

References are either specific (identified by date of publication and/or edition number or version number) or non-specific. For specific references, only the cited version applies. For non-specific references, the latest version of the reference document (including any amendments) applies.

Referenced documents which are not found to be publicly available in the expected location might be found at <http://docbox.etsi.org/Reference>.

NOTE: While any hyperlinks included in this clause were valid at the time of publication ETSI cannot guarantee their long term validity.

2.1 Normative references

The following referenced documents are necessary for the application of the present document.

- [1] ETSI TS 101 162: "Digital Video Broadcasting (DVB); Allocation of Service Information (SI) and Data Broadcasting Codes for Digital Video Broadcasting (DVB) systems".

2.2 Informative references

The following referenced documents are not necessary for the application of the present document but they assist the user with regard to a particular subject area.

- [i.1] ISO/IEC 13818-1: "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems".
- [i.2] ETSI TS 102 606: "Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) Protocol".
- [i.3] ETSI EN 302 307: "Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)".
- [i.4] ETSI EN 300 468: "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems".
- [i.5] ETSI EN 300 429: "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems".
- [i.6] ETSI EN 302 755: "Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)".
- [i.7] CENELEC EN 50083-2:2006: "Cable networks for television signals, sound signals and interactive services - Part 2: Electromagnetic compatibility for equipment".
- [i.8] ETSI EN 300 421: "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services".

3 Definitions, symbols and abbreviations

3.1 Definitions

For the purposes of the present document, the following terms and definitions apply:

\oplus : Exclusive OR / modulo-2 addition operation

0xkk: digits 'kk' should be interpreted as a hexadecimal number

active cell: OFDM Cell carrying a constellation point for L1 signalling or a PLP

auxiliary data: sequence of cells carrying data of as yet undefined modulation and coding, which may be used for stuffing Data Slices or stuffing Data Slice Packets

BBFrame: signal format of an input signal after mode and stream adaptation

BBHeader: header in front of a baseband data field

NOTE: See clause 5.1.

BUFS: maximum size of the requested receiver buffer to compensate delay variations

BUFSTAT: actual status of the receiver buffer

C2 frame: fixed physical layer TDM frame that is further divided into variable size Data Slices

NOTE: C2 Frame starts with one or more Preamble Symbol.

C2 system: complete transmitted DVB-C2 signal, as described in the L1-part2 block of the related Preamble

common PLP: special PLP, which contains data shared by multiple PLPs (Transport Stream)

data cell: OFDM Cell which is not a pilot or tone reservation cell

data PLP: PLP carrying payload data

data slice: group of OFDM Cells carrying one or multiple PLPs in a certain frequency sub-band

NOTE: This set consists of OFDM Cells within a fixed range of consecutive cell addresses within each Data Symbol and spans over the complete C2 Frame, except the Preamble Symbols.

data slice packet: XFECFrame including the related FECFrame Header

data symbol: OFDM Symbol in a C2 Frame which is not a Preamble Symbol

div: integer division operator, defined as:

$$x \text{ div } y = \left\lfloor \frac{x}{y} \right\rfloor$$

dummy cell: OFDM Cell carrying a pseudo-random value used to fill the remaining capacity not used for L1 signalling, PLPs or Auxiliary Data

elementary period: time period which depends on the channel raster and is used to define the other time periods in the C2 System

FECFrame: set of N_{LDPC} (16 200 or 64 800) bits of one LDPC encoding operation

NOTE: In case of Data Slices carrying a single PLP and constant modulation and encoding is applied, FECFrame Header information may be carried in Layer1 part2 and the Data Slice Packet is identical with the XFECFrame.

FFT size: nominal FFT size for a DVB-C2 receiver is 4K

NOTE: Further details are discussed in clause 10.1.

for i=0..xxx-1: when used with the signalling loops, this means that the corresponding signalling loop is repeated as many times as there are elements of the loop

NOTE: If there are no elements, the whole loop is omitted.

Im(x): Imaginary part of x

Layer 1 (L1): name of the first layer of the DVB-C2 signalling scheme (signalling of physical layer parameters)

L1 block: set of L1-part2 COFDM Cells, cyclically repeated in the frequency domain

NOTE: L1 Blocks are transmitted in the Preamble.

L1-part1: signalling carried in the header of the Data Slice Packets carrying modulation and coding parameters of the related XFECFrame

NOTE: L1-part1 parameters may change per XFECFrame.

L1-part2: Layer 1 Signalling cyclically transmitted in the preamble carrying more detailed L1 information about the C2 System, Data Slices, Notches and the PLPs

NOTE: L1-part2 parameters may change per C2 Frame.

Layer 2 (L2): name of the second layer of the DVB-C2 signalling scheme (signalling of transport layer parameters)

mod: modulo operator, defined as:

$$x \bmod y = x - y \left\lfloor \frac{x}{y} \right\rfloor$$

mode adapter: input signal processing block, delivering BBFrames at its output

nn_D: digits 'nn' should be interpreted as a decimal number

notch: set of adjacent OFDM Cells within each OFDM Symbol without transmitted energy

null packet: MPEG Packet with the Packet_ID 0x1FFF, carrying no payload data and intended for padding

OFDM cell: modulation value for one OFDM carrier during one OFDM Symbol, e.g. a single constellation point

OFDM symbol: waveform Ts in duration comprising all the active carriers modulated with their corresponding modulation values and including the guard interval

Physical Layer Pipe (PLP): logical channel carried within one or multiple Data Slice(s)

NOTE 1: All signal components within a PLP share the same transmission parameters such as robustness, latency.

NOTE 2: A PLP may carry one or multiple services. In case of PLP Bundling a PLP may be carried in several Data Slices. Transmission parameters may change each XFECFrame.

PLP bundling: transmission of one PLP via multiple Data Slices

PLP_ID: this 8-bit field identifies uniquely a PLP within a C2 transmission signal

preamble header: fixed size signalling transmitted in the first part of the Preamble, carrying the length and Interleaving parameters of Layer 1 part 2 data

preamble symbol: one or multiple OFDM Symbols, transmitted at the beginning of each C2 Frame, carrying Layer 1 part 2 signalling data

Re(x): Real part of x

reserved for future use: value of any field indicated as "reserved for future use" shall be set to "0" unless otherwise defined

START_FREQUENCY: index of lowest used OFDM subcarrier of a C2 System. The value of START_FREQUENCY shall be a multiple of D_x

x^* : Complex conjugate of x

XFECFrame: FECFrame mapped onto QAM constellations:

- $\lfloor x \rfloor$: round towards minus infinity: the most positive integer less than or equal to x .
- $\lceil x \rceil$: round towards plus infinity: the most negative integer greater than or equal to x .

3.2 Symbols

For the purposes of the present document, the following symbols apply:

Δ	Absolute guard interval duration
A	LDPC codeword of size N_{ldpc}
λ_i	LDPC codeword bits
λ^{RM}	32 output bits of Reed-Muller encoder
λ_i^{RM}	Bit number of index i of 32 bit long output bits of Reed-Muller encoder
$\eta_{MOD}, \eta_{MOD}(i)$	Number of transmitted bits per constellation symbol (for PLP i)
π_p	Permutation operator defining parity bit groups to be punctured for L1 signalling
π_s	Permutation operator defining bit-groups to be padded for L1 signalling
$A_{m,l}$	Output vector of the frequency interleaver of OFDM Symbol l and C2 Frame m
A_{CP}	Amplitude of the continual pilot cells
A_{SP}	Amplitude of the scattered pilot cells
$a_{m,l,q}$	Frequency-Interleaved cell value, cell index q of symbol l of C2 Frame m
$B(n)$	Location of the first Data Cell of symbol l allocated to Data Slice n in the frequency interleaver
b	16 bit long FECFrame signalling data vector
b_{e,d_o}	Output from the demultiplexer, depending on the demultiplexed bit sub-stream number e and the input bit number d_i of the bit interleaver demultiplexer
b_i	Bit number of index i of 16 bit long FECFrame signalling data vector
C/N	Carrier-to-noise power ratio
$C/N+I$	Carrier-to-(Noise+Interference) ratio
C_i	Column of index i of time interleaver
c_i	Column of index i of bit interleaver
$c(x)$	Equivalent BCH codeword polynomial
$c_{m,l,k}$	Cell value for carrier k of symbol l of C2 Frame m
DFL	Data field length
D_p	Difference in carrier index between adjacent preamble-pilot-bearing carriers
D_x	Difference in carrier index between adjacent scattered-pilot-bearing carriers
D_y	Difference in symbol number between successive scattered pilots on a given carrier
$d(x)$	Remainder of dividing message polynomial by the generator polynomial $g(x)$ during BCH encoding
d_i	Input bit number d_i of the bit interleaver demultiplexer
d_o	Bit number of a given stream at the output of the demultiplexer of the bit interleaver
e	Demultiplexed bit sub stream number ($0 \leq e < N_{substreams}$), depending on input bit number d_i of the bit interleaver demultiplexer
f_q	Constellation point normalized to mean energy of 1
G	Reed-Muller encoder matrix
$g(x)$	BCH generator polynomial

$g_1(x), g_2(x), \dots, g_{12}(x)$	Polynomials to obtain BCH code generator polynomial
g_q	Complex cell of index q of a Data Slice Packet
$H(q)$	Frequency interleaver permutation function, element q
I	Output codeword of BCH encoder
i_j	BCH codeword bits which form the LDPC information bits
j	$\sqrt{-1}$
K_{bch}	Number of bits of BCH uncoded Block
K_i	L1 signalling part 2 parameter selected as $N_{L1part2}(K_i) \leq N_{L1part2_Cells} \times \eta_{MOD}$
K_{ldpc}	Number of bits of LDPC uncoded Block
$K_{L1_PADDING}$	Length of L1_PADDING field
$K_{L1part2}$	Length of L1-part2 signalling field including the padding field
$K_{L1part2_ex_pad}$	Number of information bits in L1-part2 signalling excluding the padding field
$K_{N,min}$	Lowest frequency carrier index of a frequency Notch
$K_{N,max}$	Highest frequency carrier index of a frequency Notch
K_{sig}	Number of signalling bits per FEC block for L1 signalling part 2
K_{min}	Lowest frequency carrier index of a C2 signal, shall be identical to the START_FREQUENCY and shall be multiple of D_X
K_{max}	Highest frequency carrier index of a C2 signal, shall be multiple of D_X
K_{total}	Number of OFDM carriers per OFDM symbol
k	Absolute OFDM carrier index
L_{data}	Number of data OFDM Symbols per C2 Frame (excluding Preamble)
L_F	Number of OFDM Symbols per C2 Frame including excluding preamble
L_P	Number of preamble OFDM Symbols within the C2 Frame
l	Index of OFDM Symbol within the C2 Frame (excluding preamble)
l_P	Index of preamble OFDM Symbol in C2 Frame
m	C2 Frame number
$m(x)$	Message polynomial within BCH encoding
m_i	Input bit of index i from uncoded bit vector M before BCH encoder
M	Uncoded bit vector before BCH encoder
M_{max}	Maximum Sequence length for the frequency interleaver
N_{bch}	Number of bits of BCH coded Block
N_{bch_parity}	Number of BCH parity bits
N_c	Number of columns of bit or time interleaver
N_{data}	Number of Data Cells in a Data Slice in frequency interleaver
N_{DP}	Number of complex cells per Data Slice Packet
N_{group}	Number of bit-groups for BCH shortening
$N_{L1part2}$	Length of punctured and shortened LDPC codeword for L1-part2 signalling
$N_{L1part2_Cells}$	Number of available cells for L1 signalling part 2 in one OFDM Symbol
$N_{L1part2_FEC_Block}$	Number of LDPC blocks for the L1 signalling part 2
$N_{L1part2_max_per_Symbol}$	Maximum number of L1 information bits for transmitting the encoded L1 signalling part 2 through one OFDM Symbol
$N_{L1_TI_Depth}$	Time interleaving depth for L1 signalling part 2
$N_{L1part2_temp}$	Intermediate value used in L1 puncturing calculation
N_{ldpc}	Number of bits of LDPC coded Block
$N_{MOD_per_Block}$	Number of modulated cells per FEC block for the L1-part2 signalling
N_{MOD_Total}	Total number of modulated cells for the L1-part2 signalling
N_{pad}	Number of BCH bit-groups in which all bits will be padded for L1-part2 signalling
N_{punc}	Number of LDPC parity bits to be punctured
N_{punc_groups}	Number of parity groups in which all parity bits are punctured for L1 signalling
N_{punc_temp}	Intermediate value used in L1 puncturing calculation
N_r	Number of bits in Frequency Interleaver sequence
N_r	Number of rows of bit or time interleaver

N_{RT}	Number of reserved carriers
$N_{substreams}$	Number of substreams produced by the bit-to-sub-stream demultiplexer
n	Data slice number
$P_k(f)$	Power spectral density
p_i	LDPC parity bits
Q_{ldpc}	Code-rate dependent LDPC constant
q	Data Cell index within the OFDM Symbol prior to frequency interleaving and pilot insertion
$R_{eff_16K_LDPC_1_2}$	Effective code rate of 16K LDPC with nominal rate $\frac{1}{2}$
$R_{eff_L1part2}$	Effective code rate of L1-part2 signalling
R_i	Row of index i of time interleaver
R_i	Value of element i of the frequency interleaver sequence following bit permutations
R'_i	Value of element i of the frequency interleaver sequence prior to bit permutations
r_i	Row of index i of bit interleaver
r_k	DBPSK modulated pilot reference sequence
S_0	List of reserved carriers
T	Elementary period
T_{Ci}	Column-twist value for column C of time interleaver
T_{CH}	Component set of carrier indices for reserved carriers
T_F	Duration of one C2 Frame
T_P	Time interleaving period
T_S	Total OFDM Symbol duration
T_U	Useful OFDM Symbol duration
t	BCH error correction capability
t_c	Column-twist value for column c of bit interleaver
U	Parity interleaver output
UPL	User Packet Length
u_i	Parity-interleaver output bits
u^{RM}	32 bit output vector of the cyclic delay block in the FECFrame header encoding
$u_{(i+2)mod32}^{RM}$	Output of the cyclic delay block for input bit i in the FECFrame header encoding
V	Column-twist interleaver output
v_i	Column-twist interleaver output bits
$v_{m,l,i}$	Output vector of frequency interleaver, starting at carrier index i (= Data slice start carrier) of the current OFDM Symbol l and C2 Frame m
v^{RM}	Scrambled output sequence in the lower branch of the FECFrame header encoder
v_i^{RM}	Bit i of scrambled output sequence in the lower branch of the FECFrame header encoder
w_i	Bit i of the data scrambling sequence
w^{RM}	32 bit scrambling sequence in the lower branch of the FECFrame header encoder
w_i^{RM}	Bit i of scrambling sequence in the lower branch of the FECFrame header encoder
w^P	Pilot synchronization sequence, build out of w_i and w'
w_k^P	Bit of index k of pilot synchronization sequence
w'	L1 block specific pilot synchronization sequence
w'_i	Bit of index k of L1 block specific pilot synchronization sequence
X_j	The set of bits in group j of BCH information bits for L1 shortening
$X_{m,l}$	Frequency interleaver input Data Cells of the OFDM Symbol l and the C2 Frame m
x	Address of the parity bit accumulator according to i_{360} in LDPC encoder
$y_{i,q}$	Bit i of cell word q from the bit-to-cell-word demultiplexer
z_q	Constellation point prior to normalization

The symbols s, t, i, j, k are also used as dummy variables and indices within the context of some clauses or equations.

In general, parameters which have a fixed value for a particular PLP for one processing block (e.g. C2 Frame, Interleaving Frame, TI-block) are denoted by an upper case letter. Simple lower-case letters are used for indices and dummy variables. The individual bits, cells or words processed by the various stages of the system are denoted by lower case letters with one or more subscripts indicating the relevant indices.

3.3 Abbreviations

For the purposes of the present document, the following abbreviations apply:

1024QAM	1024-ary Quadrature Amplitude Modulation
16QAM	16-ary Quadrature Amplitude Modulation
256QAM	256-ary Quadrature Amplitude Modulation
4096QAM	4096-ary Quadrature Amplitude Modulation
64QAM	64-ary Quadrature Amplitude Modulation
ACM	Adaptive Coding and Modulation
AWGN	Additive White Gaussian Noise
BB	BaseBand
BBFrame	BaseBand Frame
BCH	Bose-Chaudhuri-Hocquenghem multiple error correction binary block code
BCHFEC	BCH Forward Error Correction
BICM	Bit Interleaved Coding and Modulation
C/N	Carrier to noise ratio
C/N+I	Carrier to noise and intermodulation power ratio
CATV	Community Antenna Television
CBR	Constant Bit Rate
CCM	Constant Coding and Modulation
CRC	Cyclic Redundancy Check
D	Decimal notation
DBPSK	Differential Binary Phase Shift Keying
DEMUX	DEMUltipleXer
DFL	Data Field Length
DNP	Deleted Null Packets
DVB	Digital Video Broadcasting project
DVB-C	DVB System for cable transmission

NOTE: As defined in EN 300 429 [i.5].

DVB-C2 DVB-C2 System

NOTE: As specified in the present document.

DVB-S DVB System for digital broadcasting via satellites

NOTE: As specified in EN 300 421 [i.8].

DVB-S2 Second Generation DVB System for satellite broadcasting

NOTE: As specified in EN 302 307 [i.3].

DVB-T DVB System for terrestrial broadcasting

NOTE: As specified in EN 302 755 [i.6].

DVB-T2 Second Generation DVB System for terrestrial broadcasting

NOTE: As specified in EN 302 755 [i.6].

EBU	European Broadcasting Union
EIT	Event Information Table (DVB SI Table)
EMM	Entitlement Management Message
FEC	Forward Error Correction
FFT	Fast Fourier Transformation
FIFO	First In First Out
GCS	Generic Continuous Stream

GF	Galois Field
GFPS	Generic Fixed-length Packetized Stream
GI	Guard Interval
GS	Generic Stream
GSE	Generic Stream Encapsulation
HDTV	High Definition Television
HEM	High Efficiency Mode
HFC	Hybrid Fibre Coax
IF	Intermediate Frequency
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform
IS	Interactive Services
ISCR	Input Stream Clock Reference
ISI	Input Stream Identifier
ISSY	Input Stream SYNchronizer
ISSYI	Input Stream SYNchronizer Indicator
Kbit	$2^{10} = 1\,024$ bits
LDPC	Low Density Parity Check (codes)
LDPCFEC	LDPC Forward Error Correction
LSB	Least Significant Bit
MATV	Master Antenna Television
Mbit	$2^{20} = 1\,048\,576$ bits
MIS	Multiple Input Stream
MPEG	Moving Pictures Experts Group
MSB	Most Significant Bit

NOTE: In DVB-C2 the MSB is always transmitted first.

NA	Not Applicable
NM	Normal Mode
NPD	Null Packet Deletion
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
PAPR	Peak to Average Power Ratio
PCR	Presentation Clock Reference
PER	(MPEG TS) Packet Error Rate
PID	Packet Identifier
PLL	Phase-Locked Loop
PLP	Physical Layer Pipe
PRBS	Pseudo Random Binary Sequence
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QEF	Quasi Error Free
QPSK	Quaternary Phase Shift Keying
RF	Radio Frequency
SDT	Service Description Table (DVB SI Table)
SDTV	Standard Definition TV
SIS	Single Input Stream
TDM	Time Division Multiplex
TF	Time/Frequency
TI	Time Interleaver
TS	Transport Stream
TSPS	Transport Stream Partial Stream
TSPSC	Transport Stream Partial Stream Common
TSPSS	Transport Stream Partial Stream Synchronized
UP	User Packet
UPL	User Packet Length
VCM	Variable Coding and Modulation
XFECFrame	XFEC Frame

4 DVB-C2 System architecture

4.1 System overview

The generic C2 System model is represented in figure 1. The system input(s) may be one or more MPEG-2 Transport Stream(s) [i.1] and/or one or more Generic Stream(s) [i.2]. The Input pre-processor, which is not part of the C2 System, may include a service splitter or a demultiplexer for Transport Streams (TS) used to separate the services into the C2 System inputs, which are one or more logical data streams. These are then carried in individual Physical Layer Pipes (PLPs).

The system output is a single signal to be transmitted on a single RF channel.

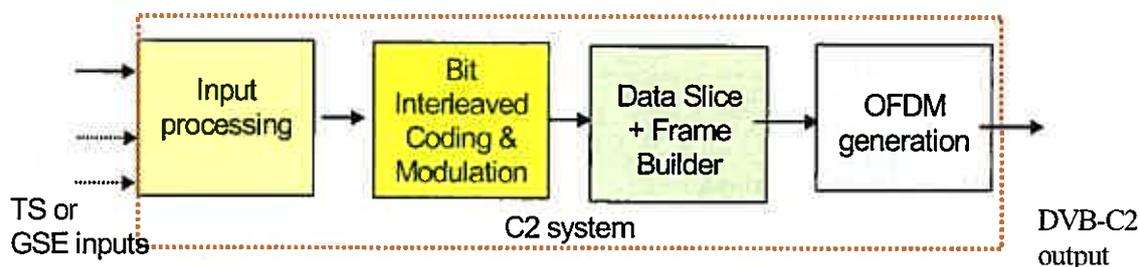


Figure 1: High level C2 block diagram

The input data streams shall be subject to the constraint that, over the duration of one physical-layer frame (C2 Frame), the total input data capacity (in terms of cell throughput, following Null Packet Deletion, if applicable, and after coding and modulation), shall not exceed the C2 available capacity (in terms of Data Cells, constant in time) of the C2 Frame for the current frame parameters. One or more PLPs are arranged in a group of PLPs and one or more of such groups of PLPs form a Data Slice. A C2 System may consist of one or more Data Slices. Each group of PLPs may contain one Common PLP, but a group of PLPs need not contain a Common PLP. When the DVB-C2 signal carries a single PLP there is no Common PLP. It is assumed that the receiver will always be able to receive one Data PLP and its associated Common PLP, if any.

More generally, the group of statistically multiplexed services can use Variable Coding and Modulation (VCM) for different services, provided they generate a constant total output capacity (i.e. in terms of cell rate including FEC and modulation).

When multiple input MPEG-2 TSs are transmitted via a group of PLPs, splitting of input TSs into TSPS streams (carried via the Data PLPs) and a TSPSC stream (carried via the associated Common PLP), as described in annex D, shall be performed immediately before the Input processing block shown in figure 1. This processing shall be considered an integral part of an extended DVB-C2 System.

4.2 System architecture

The C2 input processing block diagram is shown in figures 2, which is split into several parts. Figure 2(a) shows the input processing in case of multiple PLPs. Figure 2(a) shows the BICM module and figure 2(c) shows the frame builder module. Figure 2(d) shows the OFDM generation module.

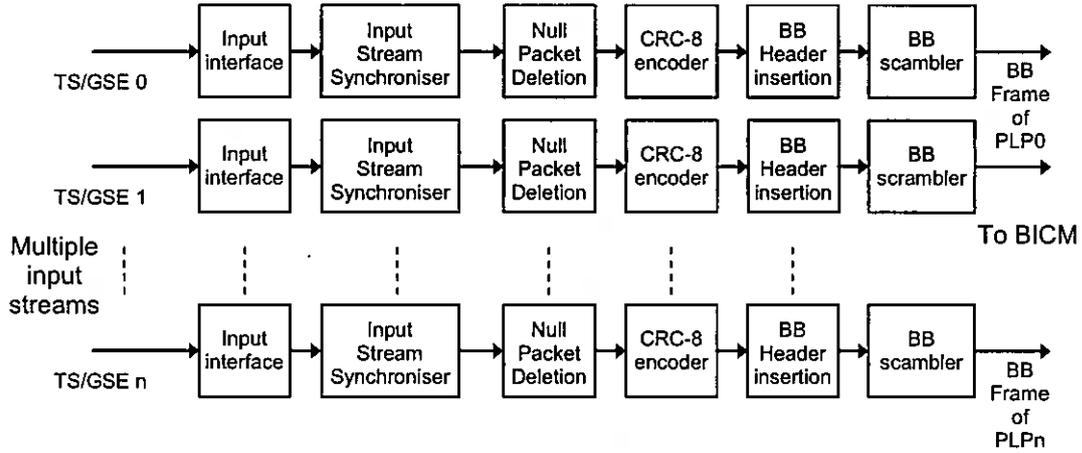


Figure 2(a): Mode adaptation for multiple input streams (PLP)

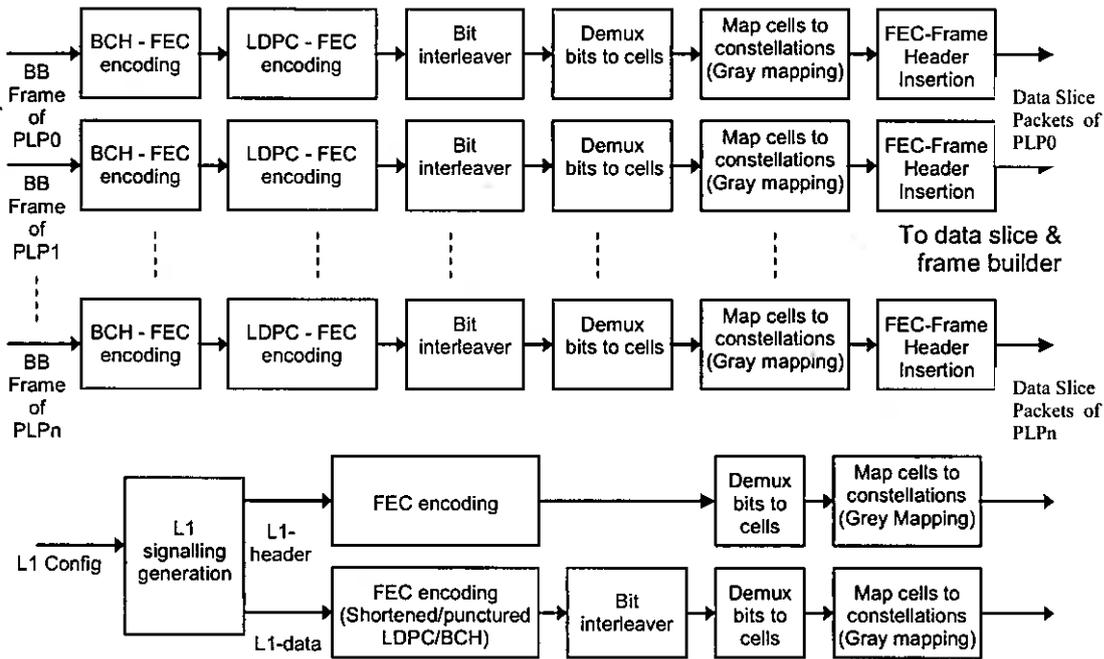


Figure 2(b): Bit Interleaved Coding and Modulation (BICM)

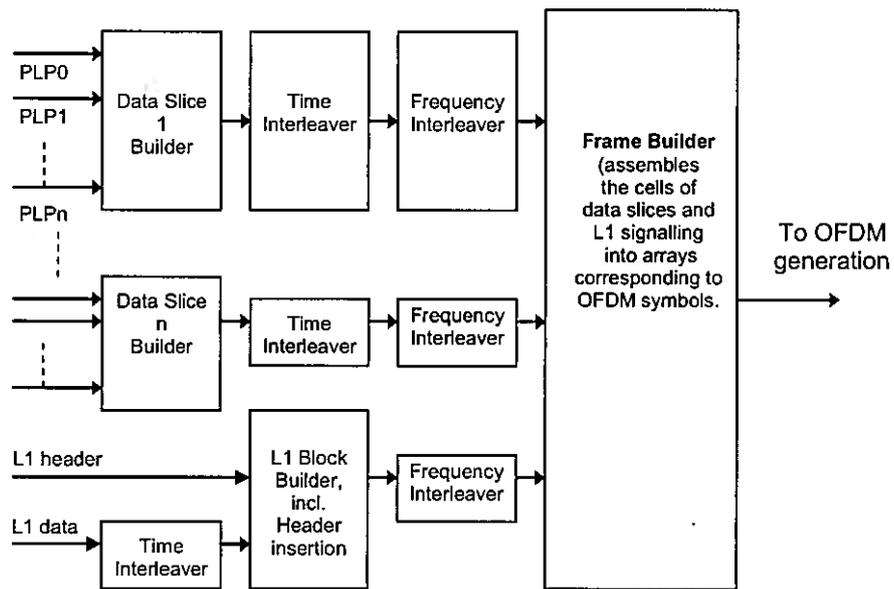


Figure 2(c): Data Slice + Frame builder

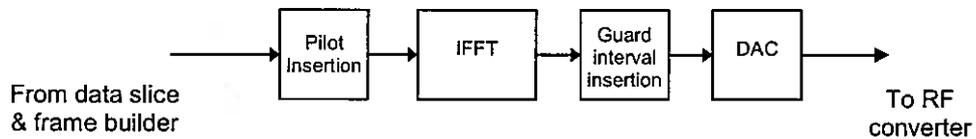


Figure 2(d): OFDM generation

Figure 2(e) combines the functions given in figures 2(a) to 2(d) in one simplified overall DVB-C2 block diagram.

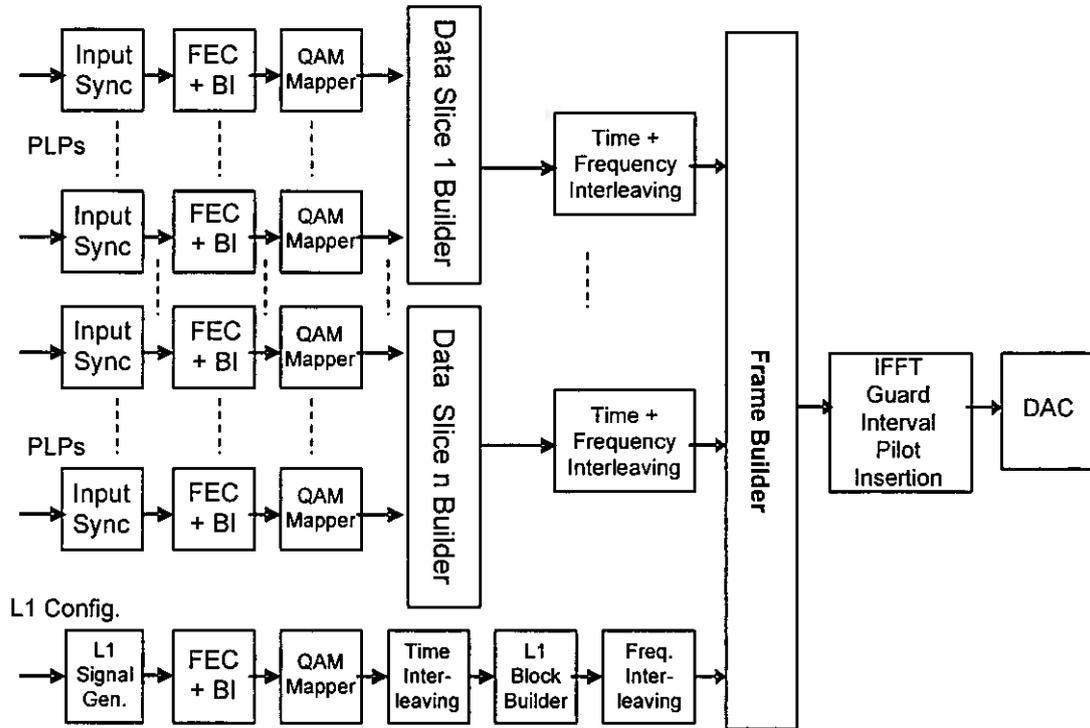


Figure 2(e): DVB-C2 modulator block diagram

4.3 Target performance

If the received signal is above the $C/N+I$ threshold, the Forward Error Correction (FEC) technique adopted in the C2 System is designed to provide a "Quasi Error Free" (QEF) quality target. The definition of QEF adopted for DVB-C2 is "less than one uncorrected error-event per transmission hour at the level of a 5 Mbit/s single TV service decoder", corresponding to a Transport Stream Packet Error Rate of approximately $PER < 10^{-7}$ measured at the input of the demultiplexer unit at the receiving end.

5 Input processing

5.1 Mode adaptation

The input to the C2 System shall consist of one or more logical data streams. One logical data stream is carried by one Physical Layer Pipe (PLP). The mode adaptation modules, which operate separately on the contents of each PLP, slice the input data stream into data fields which, after stream adaptation, will form baseband frames (BBFrame). The mode adaptation module comprises the input interface, followed by three optional sub-systems (the input stream synchronizer, the Null Packet deletion unit and the CRC-8 encoder) and then finishes by slicing the incoming data stream into data fields and inserting the baseband header (BBHeader) at the start of each data field. Each of these sub-systems is described in the following clauses.

Each input PLP may have one of the formats specified in clause 5.1.1. The mode adaptation module can process input data in one of two modes, normal mode (NM) or high efficiency mode (HEM). These modes are described in clauses 5.1.6 and 5.1.7 respectively. NM is in line with the Mode Adaptation in [i.3], whereas in HEM, further stream specific optimizations may be performed to reduce signalling overhead. The BBHeader (see clause 5.1.6) signals the input stream type and the processing mode.

5.1.1 Input Formats

The input signals in terms of either single or multiple streams (one connected to each Mode Adaptation Module) (see figure 1) shall be supplied to the Mode Adaptation Module(s). In the case of a Transport Stream (TS), the packet rate will be a constant value, although only a proportion of the packets may correspond to service data and the remainder may be Null Packets.

Each input stream (PLP) of the C2 System shall be associated with a modulation and FEC protection mode which is statically configurable.

Each input PLP may take one of the following formats:

- Transport Stream (TS).
- Generic Encapsulated Stream (GSE) [i.2].
- Generic Continuous Stream (GCS) (a variable length packet stream where the modulator is not aware of the packet boundaries).
- Generic Fixed-length Packetized Stream (GFPS); this form is retained for compatibility with DVB-S2, but it is expected that GSE would now be used instead.

A Transport Stream shall be characterized by User Packets (UP) of fixed length O-UPL = 188×8 bits (one MPEG TS packet), the first byte being a SYNC byte (47_{HEX}) and shall be signalled in the BBHeader TS/GS field, see clause 5.1.6.

A GSE stream shall be characterized by variable length packets or constant length packets, as signalled within GSE packet headers, and shall be signalled in the BBHeader by TS/GS field, see clause 5.1.6.

A GCS shall be characterized by a continuous bit-stream and shall be signalled in the BBHeader by TS/GS field and $UPL = 0_D$, see clause 5.1.6. A variable length packet stream where the modulator is not aware of the packet boundaries, or a constant length packet stream exceeding 64 kbit, shall be treated as a GCS, and shall be signalled in the BBHeader by TS/GS field as a GCS and $UPL = 0_D$, see clause 5.1.6.

A GFPS shall be a stream of constant-length User Packets (UP), with length O-UPL bits (maximum O-UPL value 64 K), and shall be signalled in the BBHeader TS/GS field, see clause 5.1.6. O-UPL is the Original User Packet Length. UPL is the transmitted User Packet Length, as signalled in the BBHeader.

5.1.2 Input Interface

The input interface sub-system shall map the input into internal logical-bit format. The first received bit will be indicated as the Most Significant Bit (MSB). Input interfacing is applied separately for each single Physical Layer Pipe (PLP), see figure 2(a).

The Input Interface shall read a data field, composed of DFL bits (Data Field Length), where:

$$0 \leq DFL \leq (K_{bch} - 80)$$

where K_{bch} is the number of bits protected by the BCH and LDPC codes (see clause 6.1).

The maximum value of DFL depends on the chosen LDPC code, carrying a protected payload of K_{bch} bits. The 10-byte (80 bits) BBHeader is appended to the front of the data field, and is also protected by the BCH and LDPC codes.

The input interface shall either allocate a number of input bits equally to the available data field capacity, thus breaking UPs in subsequent data fields (this operation being called "fragmentation"), or shall allocate an integer number of UPs within the data field (no fragmentation). The available data field capacity is equal to $K_{bch} - 80$. When the value of $DFL < K_{bch} - 80$, a padding field shall be inserted by the stream adapter (see clause 5.2) to complete the LDPC/BCH code block capacity.

5.1.3 Input Stream Synchronization (Optional)

Data processing in the DVB-C2 modulator may produce variable transmission delay on the user information. The Input Stream Synchronizer sub-system shall provide suitable means to guarantee Constant Bit Rate (CBR) and constant end-to-end transmission delay for any input data format. The use of the Input Stream Synchronizer subsystem is optional, except that it shall always be used for PLPs carrying transport streams where the number of FEC blocks per C2 Frame may vary. This process shall follow the specification given in annex C, which is similar to [i.3]. Examples of receiver implementation are given in annex G. This process will also allow synchronization of a single PLP travelling in different Data Slices, since the reference clock and the counter of the input stream synchronizers shall be the same (see annex F).

The ISSY field (Input Stream Synchronization, 2 bytes or 3 bytes) carries the value of a counter clocked at the modulator clock rate ($1/T$ where T is defined in clause 10.) and can be used by the receiver to regenerate the correct timing of the regenerated output stream. The ISSY field carriage shall depend on the input stream format and on the Mode, as defined in clauses 5.1.6 and 5.1.7 and figures 4 to 8. In Normal Mode the ISSY Field is appended to UPs for packetized streams. In High Efficiency Mode a single ISSY field is transmitted per BBFrame in the BBHeader, taking advantage that UPs of a BBFrame travel together, and therefore experience the same delay/jitter.

When the ISSY mechanism is not being used, the corresponding fields of the BBHeader, if any, shall be set to '0'.

A full description of the format of the ISSY field is given in annex C.

5.1.4 Null Packet Deletion (optional, for TS only, NM and HEM)

Transport Stream rules require that bit rates at the output of the transmitter's multiplexer and at the input of the receiver's demultiplexer are constant in time and the end-to-end delay is also constant. For some Transport Stream input signals, a large percentage of Null Packets may be present in order to accommodate variable bit-rate services in a constant bit-rate TS. In this case, in order to avoid unnecessary transmission overhead, TS Null Packets shall be identified ($PID = 8191_D$) and removed. The process is carried out in a way that the removed Null Packets can be re-inserted in the receiver in the exact place where they were originated, thus guaranteeing a constant bit rate and avoiding the need for time stamp (PCR) updating.

When Null Packet Deletion is used useful packets (i.e. TS packets with $PID \neq 8191_D$), including the optional ISSY appended field shall be transmitted while Null Packets (i.e. TS packets with $PID = 8191_D$, including the optional ISSY appended field may be removed (see figure 3).

After transmission of a UP, a counter called DNP (Deleted Null Packets, 1 byte) shall be first reset and then incremented at each deleted Null Packet. When DNP reaches the maximum allowed value $DNP = 255_D$, then if the following packet is again a Null Packet this Null Packet is kept as a useful packet and transmitted.

Insertion of the DNP field (1 byte) shall be after each transmitted UP according to clause 5.17 and figure 3.

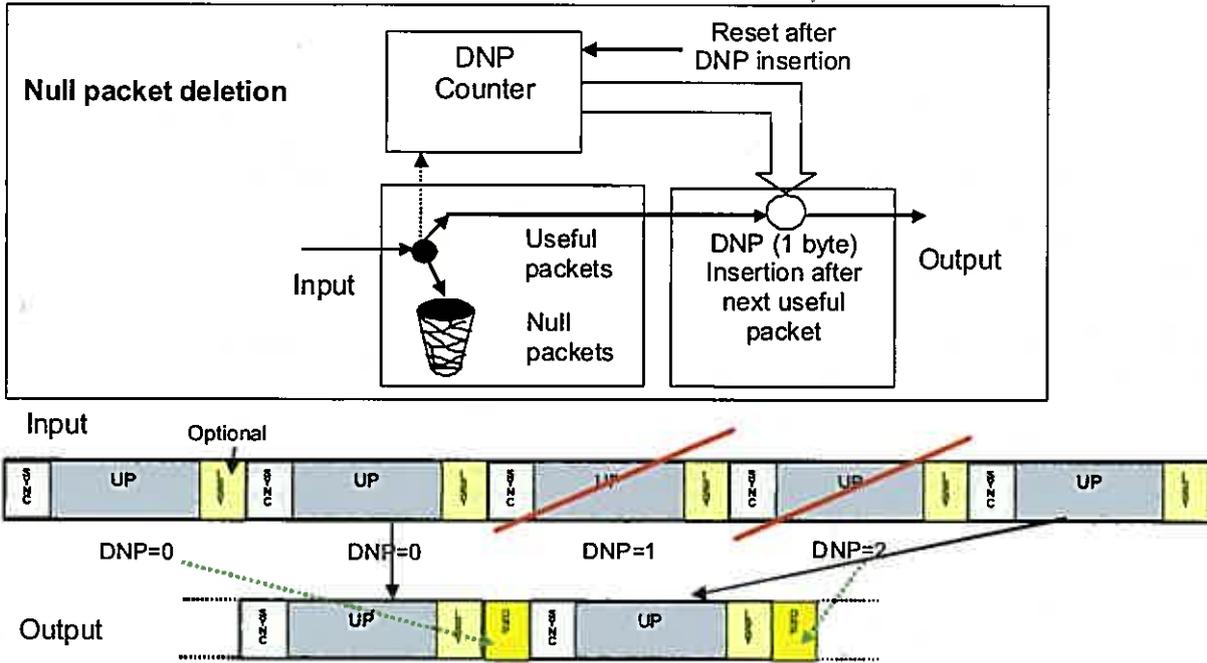


Figure 3: Null Packet deletion scheme

5.1.5 CRC-8 encoding (for GFPS and TS, NM only)

CRC-8 is applied for error detection at UP level (Normal Mode and packetized streams only). When applicable (see clause 5.1.7), the UPL minus 8 bits of the UP (after SYNC byte removal, when applicable) shall be processed by the systematic 8-bit CRC-8 encoder defined in annex E. The computed CRC-8 shall be appended after the UP according to clause 5.1.7.

5.1.6 Baseband Header (BBHeader) insertion

A fixed length BBHeader of 10 bytes shall be inserted in front of the baseband data field in order to describe the format of the data field. The BBHeader shall take one of two forms as shown in figure 4(a) for Normal Mode (NM) and in figure 4(b) for High Efficiency Mode (HEM). The current mode (NM or HEM) may be detected by the MODE field (EXORed with the CRC-8 field).



Figure 4(a): BBHeader format (NM)



Figure 4(b): BBHeader format (HEM)

MATYPE (2 bytes): describes the input stream format and the type of Mode Adaptation as explained in table 1. The use of the bits of the MATYPE field is described below.

First byte (MATYPE-1):

- TS/GS field (2 bits), Input Stream Format: Generic Packetized Stream (GFPS); Transport Stream; Generic Continuous Stream (GCS); Generic Encapsulated Stream (GSE).
- SIS/MIS field (1 bit): Single or Multiple Input Streams (referred to the global signal, not to each PLP).
- CCM/ACM field (1 bit): Constant Coding and Modulation or Variable/Adaptive Coding and Modulation.
- ISSYI (1 bit), (Input Stream Synchronization Indicator): If ISSYI = 1 = active, the ISSY field shall be computed (see annex C) and inserted according to clause 5.1.7.
- NPD (1 bit): Null Packet deletion active/not active. If NPD active, then DNP shall be computed and appended after UPs.
- EXT (2 bits), media specific (for C2, EXT=0: reserved for future use).

Table 1: MATYPE-1 field mapping

TS/GS (2 bits)	SIS/MIS (1 bit)	CCM/ACM (1 bit)	ISSYI (1 bit)	NPD (1 bit)	EXT (2 bits)
00 = GFPS 11 = TS 01 = GCS 10 = GSE	1 = single 0 = multiple	1 = CCM 0 = ACM	1 = active 0 = not-active	1 = active 0 = not-active	Reserved for future use (see note 1)
NOTE 1: For C2, EXT=reserved for future use and for S2, EXT=RO =transmission roll-off.					
NOTE 2: For compatibility with DVB-S2 [i.3], when GSE is used with normal mode, it shall be treated as a Continuous Stream and indicated by TS/GS = 01.					

Second byte (MATYPE-2):

- If SIS/MIS = Multiple Input Stream, then second byte = Input Stream Identifier (ISI); else second byte = '0' (reserved for future use).

NOTE: The term ISI is retained here for compatibility with DVB-S2 [i.3], but has the same meaning as the term PLP_ID which is used throughout the present document.

The use of the remaining fields of the BBHeader is described in table 2.

Table 2: Description of the fields of the BBHeader

Field	Size (Bytes)	Description
MATYPE	2	As described above.
UPL	2	User Packet Length in bits, in the range [0,65535].
DFL	2	Data Field Length in bits, in the range [0,58112].
SYNC	1	A copy of the User Packet SYNC byte. In the case of GCS, SYNC=0x00-0xB8 is reserved for transport layer protocol signalling and shall be set according to [1], SYNC=0xB9-0xFF user private.
SYNCD	2	The distance in bits from the beginning of the DATA FIELD to the beginning of the first transmitted UP which starts in the data field. SYNCD=0 _D means that the first UP is aligned to the beginning of the Data Field. SYNCD = 65535 _D means that no UP starts in the DATA FIELD; for GCS, SYNCD is reserved for future use and shall be set to 0 _D unless otherwise defined.
CRC-8 MODE	1	The XOR of the CRC-8 (1-byte) field with the MODE field (1-byte). CRC-8 is the error detection code applied to the first 9 bytes of the BBHeader (see annex E). MODE (8 bits) shall be: <ul style="list-style-type: none"> • 0_D Normal Mode. • 1_D High Efficiency Mode. • Other values: reserved for future use.

5.1.7 Mode adaptation sub-system output stream formats

This clause describes the mode adaptation processing and fragmentation for the various modes and input stream formats, as well as illustrating the output stream format.

Normal Mode, GFPS and TS

See clause 5.1.6 for BBHeader signalling.

For Transport Stream, O-UPL=188x8 bits, and the first byte shall be a SYNC byte (47_{HEX}). UPL (the transmitted User Packet Length) shall initially be set equal to O-UPL.

The mode adaptation unit shall perform the following sequence of operations (see figure 5):

- Optional input stream synchronization (see clause 5.1.3); UPL increased by 16_D or 24_D bits according to ISSY field length; ISSY field appended after each UP. For TS, either the short or long format of ISSY may be used; for GFPS, only the short format may be used.
- If a SYNC byte is the first byte of the UP, it shall be removed, and stored in the SYNC field of the BBHeader, and UPL shall be decreased by 8_D. Otherwise SYNC in the BBHeader shall be set to 0 and UPL shall remain unmodified.
- For TS only, optional Null Packet Deletion (see clause 5.1.4); DNP computation and storage after the next transmitted UP; UPL increased by 8_D.
- CRC-8 computation at UP level (see clause 5.1.5); CRC-8 storage after the UP; UPL increased by 8_D.
- SYNCD computation (pointing at the first bit of the first transmitted UP which starts in the Data Field) and storage in BBHeader. The bits of the transmitted UP start with the CRC-8 of the previous UP, if used, followed by the original UP itself, and finish with the ISSY and DNP fields, if used. Hence SYNCD points to the first bit of the CRC-8 of the previous UP.
- For GFPS: UPL storage in BBHeader.

NOTE 1: O-UPL in the modulator may be derived by static setting (GFPS only) or un-specified automatic signalling.

NOTE 2: Normal Mode is compatible with DVB-S2 BBFrame Mode Adaptation [i.3]. SYNCD=0 means that the UP is aligned to the start of the Data Field and when present, the CRC-8 (belonging to the last UP of the previous BBFrame) will be replaced in the receiver by the SYNC byte or discarded.

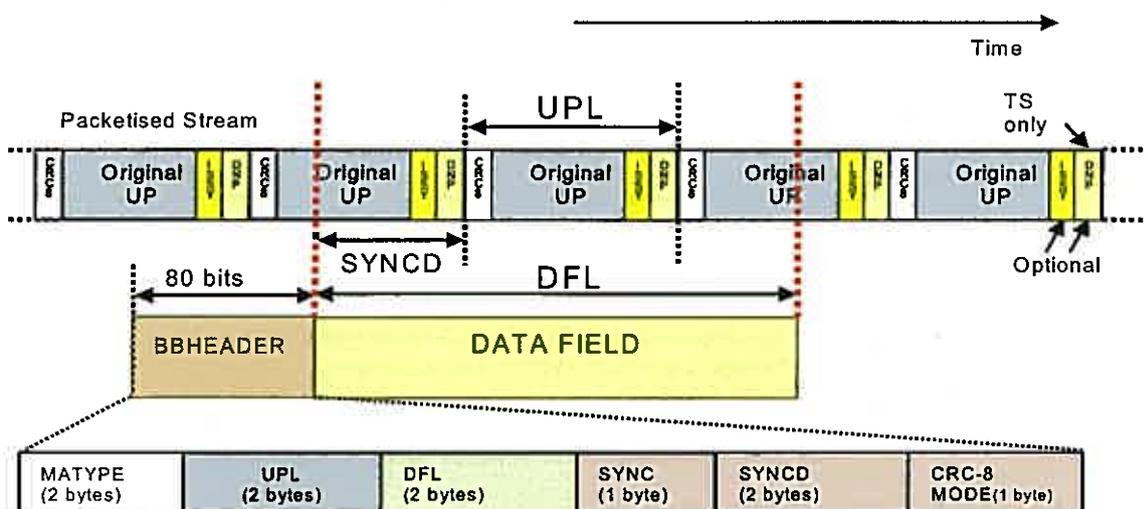


Figure 5: Stream format at the output of the Mode Adapter, Normal Mode, GFPS and TS

High Efficiency Mode, Transport Streams

For **Transport Streams**, the receiver knows a-priori the SYNC byte configuration and $O\text{-UPL}=188 \times 8$ bits, therefore UPL and SYNC fields in the BBHeader shall be re-used to transmit the ISSY field. The Mode Adaptation unit shall perform the following sequence of operations (see figure 6):

- Optional input stream synchronization (see clause 5.1.3) relevant to the first complete transmitted UP of the data field; ISSY field inserted in the UPL and SYNC fields of the BBHeader.
- Sync-byte removed, but not stored in the SYNC field of the BBHeader.
- Optional Null Packet Deletion (see clause 5.1.4); DNP computation and storage after the next transmitted UP.
- CRC-8 at UP level shall not be computed nor inserted.
- SYNC D computation (pointing at the first bit of the first transmitted UP which starts in the Data Field) and storage in BBHeader. The bits of the transmitted UP start with the original UP itself after removal of the SYNC byte, and finish with the DNP field, if used. Hence SYNC D points to the first bit of the original UP following the SYNC byte.
- UPL not computed nor transmitted in the BBHeader.

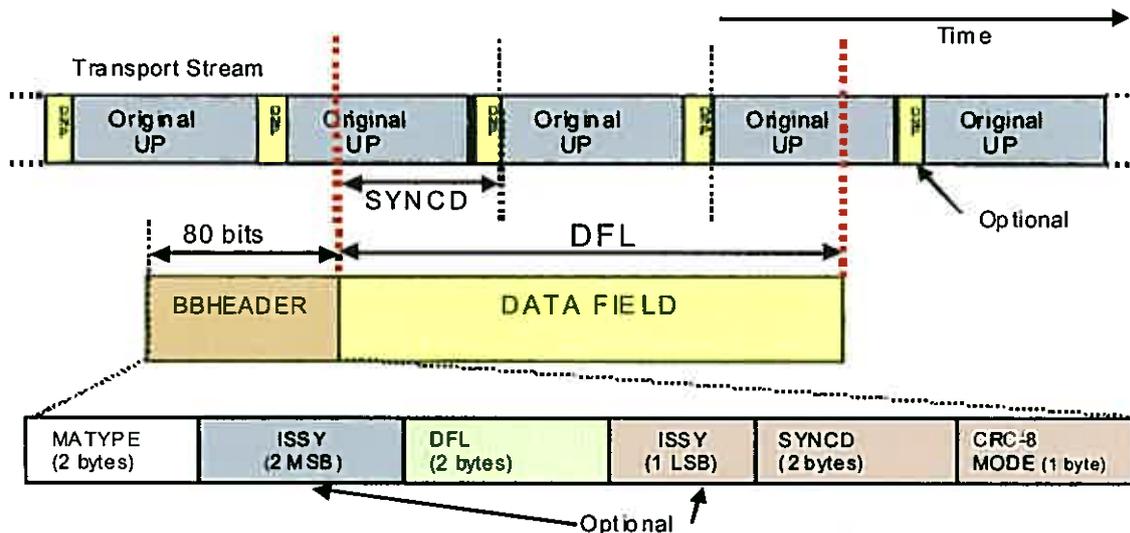


Figure 6: Stream format at the output of the Mode Adapter, High Efficiency Mode for TS, (no CRC-8 computed for UPs, optional single ISSY inserted in the BBHeader, UPL not transmitted)

Normal Mode, GCS and GSE

See clause 5.1.6 for BBHeader signalling. For GCS the input stream shall have no structure, or the structure shall not be known by the modulator. For GSE the first GSE packet shall always be aligned to the data field (no GSE fragmentation allowed).

For both GCS and GSE the Mode Adaptation unit shall perform the following sequence of operations (see figure 6):

- Set $UPL=0_D$; set $SYNC=0x00-0xB8$ is reserved for transport layer protocol signalling and should be set according to Reference [1], $SYNC=0xB9-0xFF$ user private; SYNC D is reserved for future use and shall be set to 0_D when not otherwise defined.
- Null Packed Deletion (see clause 5.1.4) and CRC-8 computation for Data Field (see clause 5.1.5) shall not be performed.

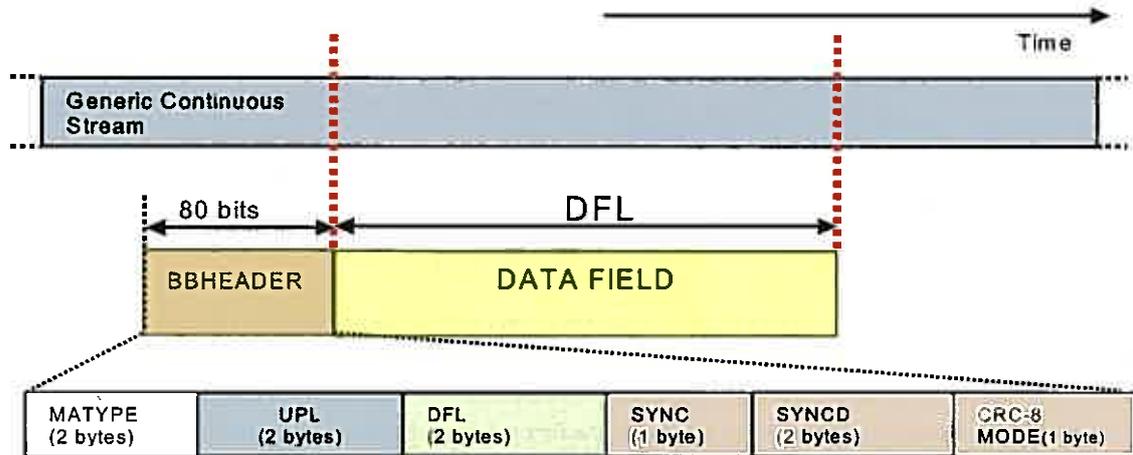


Figure 7: Stream format at the output of the Mode Adapter, Normal Mode (GSE & GCS)

High Efficiency Mode, GSE

GSE variable length or constant length UPs may be transmitted in HEM. If GSE packet fragmentation is used, SYNCDC shall be computed. If the GSE packets are not fragmented, the first packet shall be aligned to the Data Field and thus SYNCDC shall always be set to 0_D. The receiver may derive the length of the UPs from [i.2], therefore UPL transmission in BBHeader is not performed. As per TS, the optional ISSY field is transmitted in the BBHeader.

The Mode Adaptation unit shall perform the following sequence of operations (see figure 7):

- Optional input stream synchronization (see clause 5.1.3) relevant to the first transmitted UP which starts in the data field; ISSY field inserted in the UPL and SYNC fields of the BBHeader.
- Null Packet Deletion and CRC-8 at UP level shall not be computed nor inserted.
- SYNCDC computation (pointing at the first bit of the first transmitted UP which starts in the Data Field) and storage in BBHeader. The transmitted UP corresponds exactly to the original UP itself. Hence SYNCDC points to the first bit of the original UP.
- UPL not computed nor transmitted.

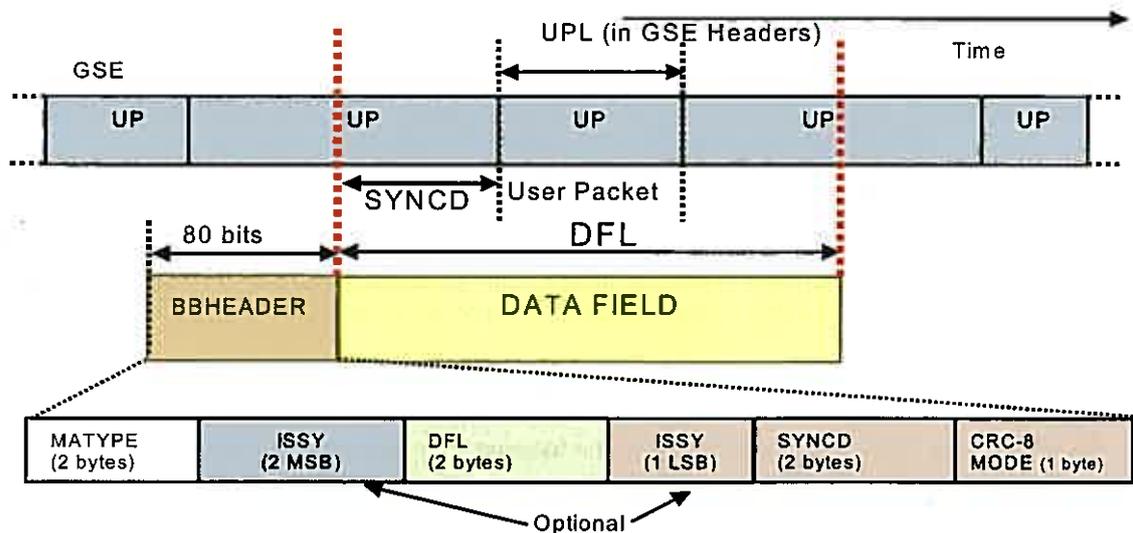


Figure 8: Stream format at the output of the Mode Adapter, High Efficiency Mode for GSE, (no CRC-8 computed for UPs, optional single ISSY inserted in the BBHeader, UPL not transmitted)

High Efficiency Mode, GFPS and GCS

These modes are not defined (except for the case of TS, as described above).

5.2 Stream adaptation

Stream adaptation (see figures 2(a) to 2(c)) provides:

- scheduling (see clause 5.2.1);
- padding (see clause 5.2.2) to complete a constant length (K_{bch} bits) BBFrame;
- scrambling (see clause 5.2.3) for energy dispersal.

The input stream to the stream adaptation module shall be a BBHeader followed by a DATA FIELD. The output stream shall be a BBFrame, as shown in figure 9.

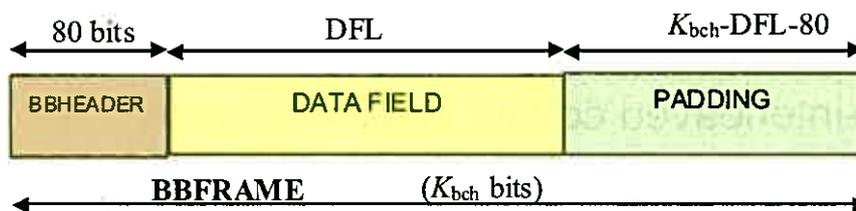


Figure 9: BBFrame format at the output of the stream adapter

5.2.1 Scheduler

In order to generate the required L1-part2 signalling information, the scheduler shall decide together with the Data Slice builder which Data Slices of the final C2 System will carry data belonging to which PLPs, as shown in figures 2(a) to 2(c). Although this operation has no effect on the data stream itself at this stage, the scheduler shall already define the composition of the Data Slice and C2 Frame structure, as described in clause 7.

5.2.2 Padding

K_{bch} depends on the FEC rate, as reported in tables 3(a) and 3(b). Padding may be applied in circumstances when the user data available for transmission is not sufficient to completely fill a BBFrame, or when an integer number of UPs has to be allocated in a BBFrame.

$(K_{\text{bch}} - \text{DFL} - 80)$ zero bits shall be appended after the DATA FIELD. The resulting BBFrame shall have a constant length of K_{bch} bits.

5.2.3 BB scrambling

The complete BBFrame shall be randomized. The randomization sequence shall be synchronous with the BBFrame, starting from the MSB and ending after K_{bch} bits.

The scrambling sequence shall be generated by the feed-back shift register of figure 10. The polynomial for the Pseudo Random Binary Sequence (PRBS) generator shall be:

$$1 + X^{14} + X^{15}$$

Loading of the sequence (10010101000000) into the PRBS register, as indicated in figure 10, shall be initiated at the start of every BBFrame.

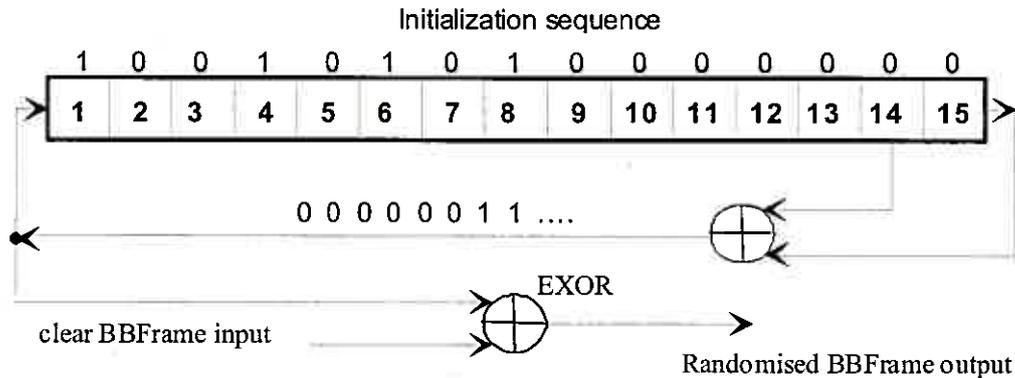


Figure 10: Possible implementation of the PRBS encoder

6 Bit-interleaved coding and modulation

6.1 FEC encoding

This sub-system shall perform outer coding (BCH), inner coding (LDPC) and bit interleaving. The input stream shall be composed of BBFrames and the output stream of FECFrames.

Each BBFrame (K_{bch} bits) shall be processed by the FEC coding sub-system, to generate a FECFrame (N_{ldpc} bits). The parity check bits (BCHFEC) of the systematic BCH outer code shall be appended after the BBFrame, and the parity check bits (LDPCFEC) of the inner LDPC encoder shall be appended after the BCHFEC field, as shown in figure 11.

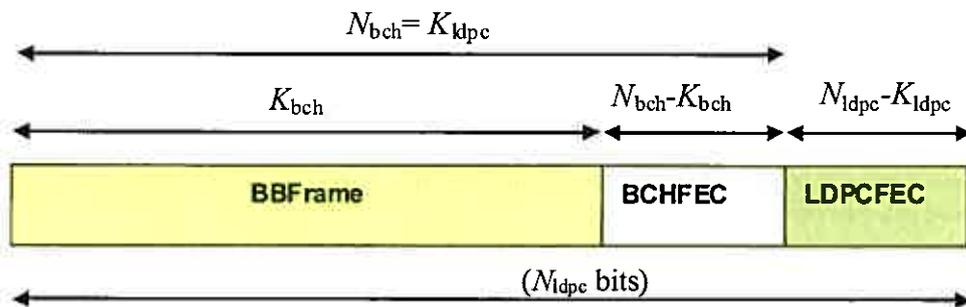


Figure 11: Format of data before bit interleaving
($N_{\text{ldpc}} = 64\,800$ bits for normal FECFrame, $N_{\text{ldpc}} = 16\,200$ bits for short FECFrame)

Table 3(a) defines the FEC coding parameters for the normal FECFrame ($N_{\text{ldpc}} = 64\,800$ bits) and table 3(b) for the short FECFrame ($N_{\text{ldpc}} = 16\,200$ bits).

Table 3(a): Coding parameters (for normal FECFrame $N_{ldpc} = 64\ 800$)

LDPC Code	BCH Uncoded Block K_{bch}	BCH coded block N_{bch} LDPC Uncoded Block K_{ldpc}	BCH t -error correction	$N_{bch} - K_{bch}$	LDPC Coded Block N_{ldpc}
2/3	43 040	43 200	10	160	64 800
3/4	48 408	48 600	12	192	64 800
4/5	51 648	51 840	12	192	64 800
5/6	53 840	54 000	10	160	64 800
9/10	58 192	58 320	8	128	64 800

Table 3(b): Coding parameters (for short FECFrame $N_{ldpc} = 16\ 200$)

LDPC Code Identifier	BCH Uncoded Block K_{bch}	BCH coded block N_{bch} LDPC Uncoded Block K_{ldpc}	BCH t -error correction	$N_{bch} - K_{bch}$	Effective LDPC Rate $K_{ldpc}/16\ 200$	LDPC Coded Block N_{ldpc}
1/2 (see note)	7 032	7 200	12	168	4/9	16 200
2/3	10 632	10 800	12	168	2/3	16 200
3/4	11 712	11 880	12	168	11/15	16 200
4/5	12 432	12 600	12	168	7/9	16 200
5/6	13 152	13 320	12	168	37/45	16 200
8/9	14 232	14 400	12	168	8/9	16 200

NOTE: This code rate is only used for protection of L1 pre-signalling and not for data.

NOTE: For $N_{ldpc} = 64\ 800$ and for $N_{ldpc} = 16\ 200$ the LDPC code rate is given by K_{ldpc} / N_{ldpc} . In table 3(a) the LDPC code rates for $N_{ldpc} = 64\ 800$ are given by the values in the 'LDPC Code' column. In table 3(b) the LDPC code rates for $N_{ldpc} = 16\ 200$ are given by the values in the 'Effective LDPC rate' column, i.e. for $N_{ldpc} = 16\ 200$ the 'LDPC Code identifier' is *not* equivalent to the LDPC code rate.

6.1.1 Outer encoding (BCH)

A t -error correcting BCH (N_{bch}, K_{bch}) code shall be applied to each BBFrame to generate an error protected packet. The BCH code parameters for $N_{ldpc} = 64\ 800$ are given in table 3(a) and for $N_{ldpc} = 16\ 200$ in table 3(b).

The generator polynomial of the t error correcting BCH encoder is obtained by multiplying the first t polynomials in table 4(a) for $N_{ldpc} = 64\ 800$ and in table 4(b) for $N_{ldpc} = 16\ 200$.

Table 4(a): BCH polynomials (for normal FECFrame $N_{ldpc} = 64\ 800$)

$g_1(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^{16}$
$g_2(x)$	$1+x+x^4+x^5+x^6+x^8+x^{16}$
$g_3(x)$	$1+x^2+x^3+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_4(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}+x^{16}$
$g_5(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{12}+x^{16}$
$g_6(x)$	$1+x^2+x^4+x^5+x^7+x^8+x^9+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{15}+x^{16}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{15}+x^{16}$
$g_8(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^6+x^8+x^9+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_9(x)$	$1+x^5+x^7+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{16}$
$g_{10}(x)$	$1+x+x^2+x^5+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{13}+x^{14}+x^{16}$
$g_{11}(x)$	$1+x^2+x^3+x^5+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{13}+x^{16}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^5+x^6+x^7+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{16}$

Table 4(b): BCH polynomials (for short FECFrame $N_{ldpc} = 16\ 200$)

$g_1(x)$	$1+x+x^3+x^5+x^{14}$
$g_2(x)$	$1+x^6+x^8+x^{11}+x^{14}$
$g_3(x)$	$1+x+x^2+x^6+x^9+x^{10}+x^{14}$
$g_4(x)$	$1+x^4+x^7+x^8+x^{10}+x^{12}+x^{14}$
$g_5(x)$	$1+x^2+x^4+x^6+x^8+x^9+x^{11}+x^{13}+x^{14}$
$g_6(x)$	$1+x^3+x^7+x^8+x^9+x^{13}+x^{14}$
$g_7(x)$	$1+x^2+x^5+x^6+x^7+x^{10}+x^{11}+x^{13}+x^{14}$
$g_8(x)$	$1+x^5+x^8+x^9+x^{10}+x^{11}+x^{14}$
$g_9(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^9+x^{10}+x^{14}$
$g_{10}(x)$	$1+x^3+x^6+x^9+x^{11}+x^{12}+x^{14}$
$g_{11}(x)$	$1+x^4+x^{11}+x^{12}+x^{14}$
$g_{12}(x)$	$1+x+x^2+x^3+x^5+x^6+x^7+x^8+x^{10}+x^{13}+x^{14}$

BCH encoding of information bits $M = (m_{K_{bch}-1}, m_{K_{bch}-2}, \dots, m_1, m_0)$ onto a codeword is achieved as follows:

- Multiply the message polynomial $m(x) = m_{K_{bch}-1}x^{K_{bch}-1} + m_{K_{bch}-2}x^{K_{bch}-2} + \dots + m_1x + m_0$ by $x^{N_{bch}-K_{bch}}$.
- Divide $x^{N_{bch}-K_{bch}}m(x)$ by $g(x)$, the generator polynomial. Let $d(x) = d_{N_{bch}-K_{bch}-1}x^{N_{bch}-K_{bch}-1} + \dots + d_1x + d_0$ be the remainder.
- Construct the output codeword I , which forms the information word I for the LDPC coding, as follows:

$$I = (i_0, i_1, \dots, i_{N_{bch}-1}) = (m_{K_{bch}-1}, m_{K_{bch}-2}, \dots, m_1, m_0, d_{N_{bch}-K_{bch}-1}, d_{N_{bch}-K_{bch}-2}, \dots, d_1, d_0)$$

NOTE: The equivalent codeword polynomial is $c(x) = x^{N_{bch}-K_{bch}}m(x) + d(x)$.

6.1.2 Inner encoding (LDPC)

The LDPC encoder treats the output of the outer encoding, $I = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1})$, as an information block of size $K_{ldpc} = N_{BCH}$, and systematically encodes it onto a codeword Λ of size N_{ldpc} , where:

$$\Lambda = (\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{N_{LDPC}}) = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1}).$$

The LDPC code parameters (N_{ldpc}, K_{ldpc}) are given in tables 3(a) and 3(b).

6.1.2.1 Inner coding for normal FECFrame

The task of the encoder is to determine $N_{ldpc} - K_{ldpc}$ parity bits $(p_0, p_1, \dots, p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1})$ for every block of k_{ldpc} information bits, $(i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1})$. The procedure is as follows:

- Initialize $p_0 = p_1 = p_2 = \dots = p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1} = 0$
- Accumulate the first information bit, i_0 , at parity bit addresses specified in the first row of tables A.1 through A.5. For example, for rate 2/3 (A.1), (all additions are in GF(2)):

$$\begin{aligned} p_{317} &= p_{317} \oplus i_0 & p_{6700} &= p_{6700} \oplus i_0 \\ p_{2255} &= p_{2255} \oplus i_0 & p_{9101} &= p_{9101} \oplus i_0 \end{aligned}$$

$$P_{2324} = P_{2324} \oplus i_0$$

$$P_{10057} = P_{10057} \oplus i_0$$

$$P_{2723} = P_{2723} \oplus i_0$$

$$P_{12739} = P_{12739} \oplus i_0$$

$$P_{3538} = P_{3538} \oplus i_0$$

$$P_{17407} = P_{17407} \oplus i_0$$

$$P_{3576} = P_{3576} \oplus i_0$$

$$P_{21039} = P_{21039} \oplus i_0$$

$$P_{6194} = P_{6194} \oplus i_0$$

- For the next 359 information bits, $i_m, m=1, 2, \dots, 359$ accumulate i_m at parity bit addresses $\{x + m \bmod 360 \times Q_{ldpc}\} \bmod (N_{ldpc} - K_{ldpc})$ where x denotes the address of the parity bit accumulator corresponding to the first bit i_0 , and Q_{ldpc} is a code rate dependent constant specified in table 5(a). Continuing with the example, $Q_{ldpc} = 60$ for rate 2/3. So for example for information bit i_1 , the following operations are performed:

$$P_{377} = P_{377} \oplus i_1$$

$$P_{6760} = P_{6760} \oplus i_1$$

$$P_{2315} = P_{2315} \oplus i_1$$

$$P_{9161} = P_{9161} \oplus i_1$$

$$P_{2384} = P_{2384} \oplus i_1$$

$$P_{10117} = P_{10117} \oplus i_1$$

$$P_{2783} = P_{2783} \oplus i_1$$

$$P_{12799} = P_{12799} \oplus i_1$$

$$P_{3598} = P_{3598} \oplus i_1$$

$$P_{17467} = P_{17467} \oplus i_1$$

$$P_{3636} = P_{3636} \oplus i_1$$

$$P_{21099} = P_{21099} \oplus i_1$$

$$P_{6254} = P_{6254} \oplus i_1$$

- For the 361st information bit i_{360} , the addresses of the parity bit accumulators are given in the second row of the tables A.1 through A.5. In a similar manner the addresses of the parity bit accumulators for the following 359 information bits $i_m, m = 361, 362, \dots, 719$ are obtained using the formula $\{x + (m \bmod 360) \times Q_{ldpc}\} \bmod (N_{ldpc} - K_{ldpc})$ where x denotes the address of the parity bit accumulator corresponding to the information bit i_{360} , i.e. the entries in the second row of tables A.1 through A.5.
- In a similar manner, for every group of 360 new information bits, a new row from tables A.1 through A.5 are used to find the addresses of the parity bit accumulators.

After all of the information bits are exhausted, the final parity bits are obtained as follows:

- Sequentially perform the following operations starting with $i = 1$.

$$p_i = p_i \oplus p_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, N_{ldpc} - K_{ldpc} - 1$$

- Final content of $p_i, i = 0, 1, \dots, N_{ldpc} - K_{ldpc} - 1$ is equal to the parity bit p_i .

Table 5(a): Q_{ldpc} values for normal frames

Code Rate	Q_{ldpc}
2/3	60
3/4	45
4/5	36
5/6	30
9/10	18

6.1.2.2 Inner coding for short FECFrame

K_{ldpc} BCH encoded bits shall be systematically encoded to generate N_{ldpc} bits as described in clause 6.1.2.1, replacing table 5(a) with table 5(b) and the tables of annex A with the tables of annex B.

Table 5(b): Q_{ldpc} values for short frames

Code Rate	Q_{ldpc}
1/2	25
2/3	15
3/4	12
4/5	10
5/6	8
8/9	5

6.1.3 Bit Interleaver

The output A of the LDPC encoder shall be bit interleaved, which consists of parity interleaving followed by column-twist interleaving. The parity interleaver output is denoted by U and the column-twist interleaver output by V .

In the parity interleaving part, parity bits are interleaved by:

$$u_i = \lambda_i \text{ for } 0 \leq i < K_{ldpc} \text{ (information bits are not interleaved);}$$

$$u_{K_{ldpc}+360t+s} = \lambda_{K_{ldpc}+Q_{ldpc}\cdot s+t} \text{ for } 0 \leq s < 360, 0 \leq t < Q_{ldpc};$$

where Q_{ldpc} is defined in tables 5(a) and 5(b).

The configuration of the column-twist interleaving for each modulation format is specified in table 6.

Table 6: Bit Interleaver structure

Modulation	Rows N_r		Columns N_c
	$N_{ldpc} = 64\ 800$	$N_{ldpc} = 16\ 200$	
16QAM	8 100	2 025	8
64QAM	5 400	1 350	12
256QAM	4 050	-	16
	-	2 025	8
1024QAM	3 240	810	20
4096QAM	5 400	-	12
	-	675	24

In the column-twist interleaving part, the data bits u_i from the parity interleaver are serially written into the column-twist interleaver column-wise, and serially read out row-wise (the MSB of BBHeader is read out first) as shown in figure 12, where the write start position of each column is twisted by t_c according to table 7. This interleaver is described by the following:

- The input bit u_i with index i , for $0 \leq i < N_{ldpc}$, is written to column c_i , row r_i of the interleaver, where:

$$c_i = i \operatorname{div} N_r$$

$$r_i = i + t_{c_i} \operatorname{mod} N_r$$

- The output bit v_j with index j , for $0 \leq j < n_{ldpc}$, is read from row r_j , column c_j , where:

$$r_j = j \operatorname{div} N_c$$

$$c_j = j \operatorname{mod} N_c$$

- So for 64QAM and $N_{LDPC} = 64\,800$, the output bit order of column twist interleaving would be:

$$(v_0, v_1, v_2, \dots, v_{64799}) = (u_0, u_{5400}, u_{16198}, \dots, u_{53992}, u_{59231}, u_{64790}).$$

A longer list of the indices on the right hand side, illustrating all 12 columns, is: 0, 5 400, 16 198, 21 598, 26 997, 32 396, 37 796, 43 195, 48 595, 53 993, 59 392, 64 791, 5 399, 10 799, 16 197, 21 597, 26 996, 32 395, 37 795, 43 194, 48 594, 53 992, 59 391, 64 790.

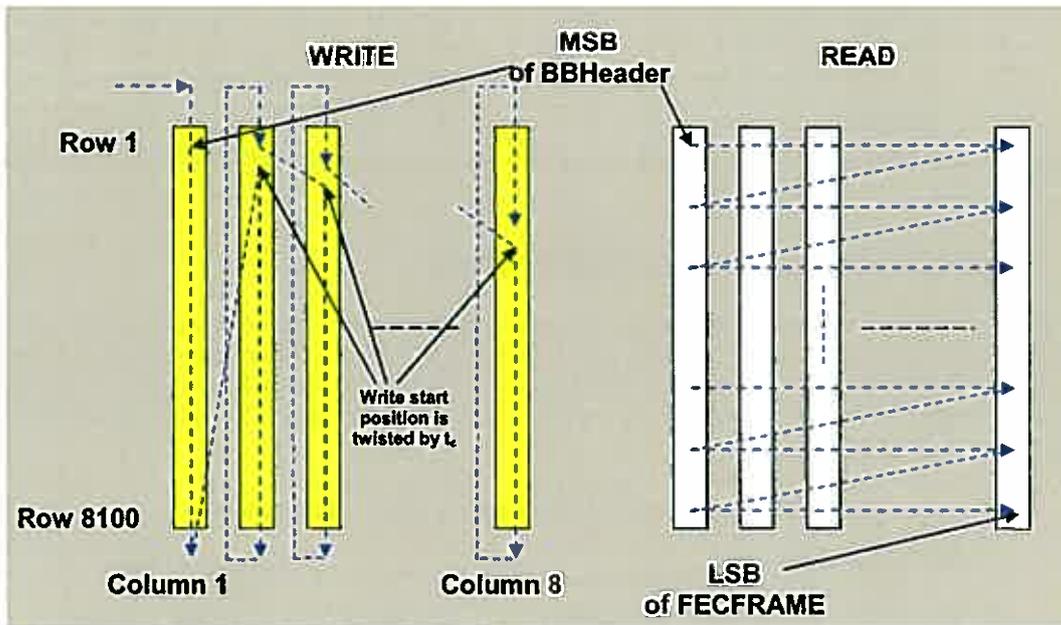


Figure 12: Bit interleaving scheme for normal FECFrame length and 16QAM

Table 7(a): Column twisting parameter t_c (column 0 to 11)

Modulation	Columns N_c	N_{ldpc}	Twisting parameter t_c											
			Col. 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16 QAM	8	64 800	0	0	2	4	4	5	7	7	-	-	-	-
		16 200	0	0	0	1	7	20	20	21	-	-	-	-
64 QAM	12	64 800	0	0	2	2	3	4	4	5	5	7	8	9
		16 200	0	0	0	2	2	2	3	3	3	6	7	7
256 QAM	16	64 800	0	2	2	2	2	3	7	15	16	20	22	22
	8	16 200	0	0	0	1	7	20	20	21	-	-	-	-
1024 QAM	20	64 800	0	1	3	4	5	6	6	9	13	14	14	16
		16 200	0	0	0	2	2	2	2	2	5	5	5	5
4096 QAM	12	64 800	0	0	2	2	3	4	4	5	5	7	8	9
	24	16 200	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2

Table 7(b): Column twisting parameter t_c (column 12 to 23)

Modulation	Columns N_c	N_{ldpc}	Twisting parameter t_c											
			Col. 12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
16 QAM	8	64 800	-	-	-	-								
		16 200	-	-	-	-								
64 QAM	12	64 800	-	-	-	-								
		16 200	-	-	-	-								
256 QAM	16	64 800	27	27	28	32								
	8	16 200	-	-	-	-								
1024 QAM	20	64 800	21	21	23	25	25	26	28	30				
		16 200	5	7	7	7	7	8	8	10				
4096 QAM	12	64 800												
	24	16 200	2	3	7	9	9	9	10	10	10	10	10	11

6.2 Mapping bits onto constellations

Each FECFrame (which is a sequence of 64 800 bits for normal FECFrame, or 16 200 bits for short FECFrame), shall be mapped to a coded and modulated FEC block by first demultiplexing the input bits into parallel cell words and then mapping these cell words into constellation values. The number of output Data Cells and the effective number of bits per cell η_{MOD} is defined by table 8. Demultiplexing is performed according to clause 6.2.1 and constellation mapping is performed according to clause 6.2.2.

Table 8: Parameters for bit-mapping into constellations

LDPC block length (N_{ldpc})	Modulation mode	η_{MOD}	Number of output Data Cells
64 800	4096QAM	12	5 400
	1024QAM	10	6 480
	256QAM	8	8 100
	64QAM	6	10 800
	16QAM	4	16 200
16 200	4096QAM	12	1 350
	1024QAM	10	1 620
	256QAM	8	2 025
	64QAM	6	2 700
	16QAM	4	4 050
	QPSK	2	8 100

6.2.1 Bit to cell word demultiplexer

The bit-stream v_i from the bit interleaver is demultiplexed into $N_{substreams}$ sub-streams, as shown in figure 13. The value of $N_{substreams}$ is defined in table 9.

Table 9: Number of sub-streams in demultiplexer

Modulation	N_{ldpc}	Number of sub-streams, $N_{substreams}$
QPSK	Any	2
16QAM	Any	8
64QAM	Any	12
256QAM	64 800	16
	16 200	8
1024QAM	Any	20
4096QAM	64 800	12
	16 200	24

The demultiplexing is defined as a mapping of the bit-interleaved input bits, v_{di} onto the output bits $b_{e,do}$, where:

- $do = di \text{ div } N_{substreams}$;
- e is the demultiplexed bit sub stream number ($0 \leq e < N_{substreams}$), which depends on di as defined in table 10;
- v_{di} is the input to the demultiplexer;
- di is the input bit number;
- $b_{e,do}$ is the output from the demultiplexer;
- do is the bit number of a given stream at the output of the demultiplexer.

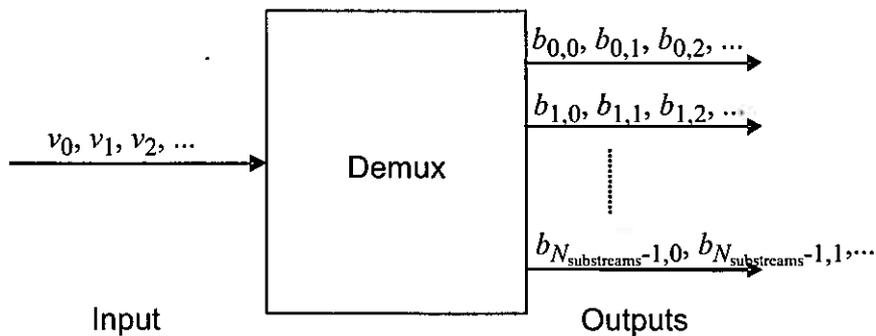


Figure 13: Demultiplexing of bits into sub-streams

Table 10(a): Parameters for demultiplexing of bits to sub-streams for codes rates 1/2, 3/4, 4/5, 5/6, 9/10(8/9)

Modulation format		QPSK																			
		0	1																		
		0	1																		
Modulation format		16QAM																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7												
Output bit-number, e		7	1	4	2	5	3	6	0												
Modulation format		64QAM																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
Output bit-number, e		11	7	3	10	6	2	9	5	1	8	4	0								
Modulation format		256QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
Output bit-number, e		15	1	13	3	8	11	9	5	10	6	4	7	12	2	14	0				
Modulation format		256QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$)																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7												
Output bit-number, e		7	3	1	5	2	6	4	0												
Modulation format		1024QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Output bit-number, e		8	16	7	19	4	15	3	12	0	11	10	9	13	2	14	5	17	6	18	1
Modulation format		1024QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$)																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Output bit-number, e		8	3	7	10	19	4	9	5	17	6	14	11	2	18	16	15	0	1	13	12
Modulation format		4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
Output bit-number, e		8	0	6	1	4	5	2	3	7	10	11	9								
Modulation format		4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$), part 1																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
Output bit-number, e		10	15	4	19	21	16	23	18	11	14	22	5								
Modulation format		4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$), part 2																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23								
Output bit-number, e		6	17	13	20	1	3	9	2	7	8	12	0								

Table 10(b): Parameters for demultiplexing of bits to sub-streams for code rate 2/3 only

Modulation format		QPSK																			
		0	1																		
		0	1																		
Modulation format		16QAM																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7												
Output bit-number, e		7	1	4	2	5	3	6	0												
Modulation format		64QAM																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
Output bit-number, e		11	7	3	10	6	2	9	5	1	8	4	0								
Modulation format		256QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				
Output bit-number, e		7	2	9	0	4	6	13	3	14	10	15	5	8	12	11	1				
Modulation format		256QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$)																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7												
Output bit-number, e		7	3	1	5	2	6	4	0												
Modulation format		1024QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Output bit-number, e		8	16	7	19	4	15	3	12	0	11	10	9	13	2	14	5	17	6	18	1
Modulation format		1024QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$)																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Output bit-number, e		8	3	7	10	19	4	9	5	17	6	14	11	2	18	16	15	0	1	13	12
Modulation format		4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
Output bit-number, e		8	0	6	1	4	5	2	3	7	10	11	9								
Modulation format		4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$), part 1																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11								
Output bit-number, e		10	15	4	19	21	16	23	18	11	14	22	5								
Modulation format		4096QAM ($N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$), part 2																			
Input bit-number, $d_i \text{ mod } N_{\text{substreams}}$		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23								
Output bit-number, e		6	17	13	20	1	3	9	2	7	8	12	0								

Except for 256QAM with $N_{\text{ldpc}} = 16\ 200$ and 4096QAM with $N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$, the words of width $N_{\text{substreams}}$ are split into two cell words of width $\eta_{\text{MOD}} = N_{\text{substreams}}/2$ at the output of the demultiplexer. The first $\eta_{\text{MOD}} = N_{\text{substreams}}/2$ bits $[b_{0,do} \dots b_{N_{\text{substreams}}/2-1,do}]$ form the first of a pair of output cell words $[y_{0,2do} \dots y_{\eta_{\text{MOD}}-1,2do}]$ and the remaining output bits $[b_{N_{\text{substreams}}/2,do} \dots b_{N_{\text{substreams}}-1,do}]$ form the second output cell word $[y_{0,2do+1} \dots y_{\eta_{\text{MOD}}-1,2do+1}]$ fed to the constellation mapper.

In the case of 256QAM with $N_{ldpc} = 16\ 200$ and 4096QAM with $N_{ldpc} = 64\ 800$, the words of width 8 from the demultiplexer form the output cell words and are fed directly to the constellation mapper, so:

$$[y_{0,do} \cdot y_{\eta mod-1,do}] = [b_{0,do} \cdot b_{N_{substreams}-1,do}]$$

The application of the parameters in tables 10(a) and 10(b), for the demultiplexing of the bit-stream v_i from the bit interleaver, is subordinated to the validity of a specific modulation and code rate combination, since DVB-C2 only supports a list of selected ModCod configurations, as shown in tables 11(a) and 11(b) (X indicates a valid configuration).

Table 11(a): ModCods for $N_{ldpc} = 64\ 800$

Code rate	Modulation format					
	QPSK	16QAM	64QAM	256QAM	1024QAM	4096QAM
2/3	NA	NA	X	NA	NA	NA
3/4	NA	NA	NA	X	X	NA
4/5	NA	X	X	NA	NA	NA
5/6	NA	NA	NA	X	X	X
9/10	NA	X	X	X	X	X

Table 11(b): ModCods for $N_{ldpc} = 16\ 200$

Code rate	Modulation format					
	QPSK	16QAM	64QAM	256QAM	1024QAM	4096QAM
1/2	N/A	X	NA	NA	NA	NA
2/3	N/A	NA	X	NA	NA	NA
3/4	N/A	NA	NA	X	X	NA
4/5	N/A	X	X	NA	NA	NA
5/6	N/A	NA	NA	X	X	X
8/9	N/A	X	X	X	X	X

6.2.2 Cell word mapping into I/Q constellations

Each cell word $(y_{0,q} \cdot y_{\eta mod-1,q})$ from the demultiplexer in clause 6.2.1 shall be modulated using either QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM constellations to give a constellation point z_q prior to normalization.

The exact values of the real and imaginary components $\text{Re}(z_q)$ and $\text{Im}(z_q)$ for each combination of the relevant input bits $y_{e,q}$ are given in tables 12(a-m) for the various constellations:

Table 12(a): Constellation mapping for BPSK

$y_{0,q}$	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-1	1
$\text{Im}(z_q)$	0	0

Table 12(b): Constellation mapping for real part of QPSK

$y_{0,q}$	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-1	1

Table 12(c): Constellation mapping for imaginary part of QPSK

$y_{1,q}$	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-1	1

Table 12(d): Constellation mapping for real part of 16QAM

$y_{0,q}$	1	1	0	0
$y_{2,q}$	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-3	-1	1	3

Table 12(e): Constellation mapping for imaginary part of 16QAM

$y_{1,q}$	1	1	0	0
$y_{3,q}$	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-3	-1	1	3

Table 12(f): Constellation mapping for real part of 64QAM

$y_{0,q}$	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{2,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{4,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7

Table 12(g): Constellation mapping for imaginary part of 64QAM

$y_{1,q}$	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{5,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7

Table 12(h): Constellation mapping for real part of 256QAM

$y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{2,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{4,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{6,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Re}(z_q)$	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15

Table 12(i): Constellation mapping for imaginary part of 256QAM

$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{7,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$\text{Im}(z_q)$	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1	1	3	5	7	9	11	13	15

Table 12(j): Constellation mapping for real part of 1024QAM

$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{4,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{6,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Y_{8,q}$																
$Re(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$Y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{4,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{6,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{8,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Y_{8,q}$																
$Re(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31

Table 12(k): Constellation mapping for imaginary part of 1024QAM

$Y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{5,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Y_{9,q}$																
$Im(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$Y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{5,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Y_{9,q}$																
$Im(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31

Table 12(l): Constellation mapping for real part of 4096QAM

$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{4,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{6,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{8,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Y_{10,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Re(z_q)$	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51	-49	-47	-45	-43	-41	-39	-37	-35	-33
$Y_{0,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{4,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Re(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$Y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{2,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{4,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Re(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
$Y_{0,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{2,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{4,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$Y_{6,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$Y_{8,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$Y_{10,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$Re(z_q)$	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63

Table 12(m): Constellation mapping for imaginary part of 4096QAM

$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$y_{11,q}$																
$\text{Im}(z_q)$	-63	-61	-59	-57	-55	-53	-51	-49	-47	-45	-43	-41	-39	-37	-35	-33
$y_{1,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$y_{11,q}$																
$\text{Im}(z_q)$	-31	-29	-27	-25	-23	-21	-19	-17	-15	-13	-11	-9	-7	-5	-3	-1
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{5,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
$y_{7,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{9,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$y_{11,q}$																
$\text{Im}(z_q)$	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
$y_{1,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{3,q}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{5,q}$	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$y_{7,q}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
$y_{9,q}$	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
$y_{11,q}$	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
$y_{11,q}$																
$\text{Im}(z_q)$	33	35	37	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63

The constellations, and the details of the Gray mapping applied to them, are illustrated in figures 14 and 15.

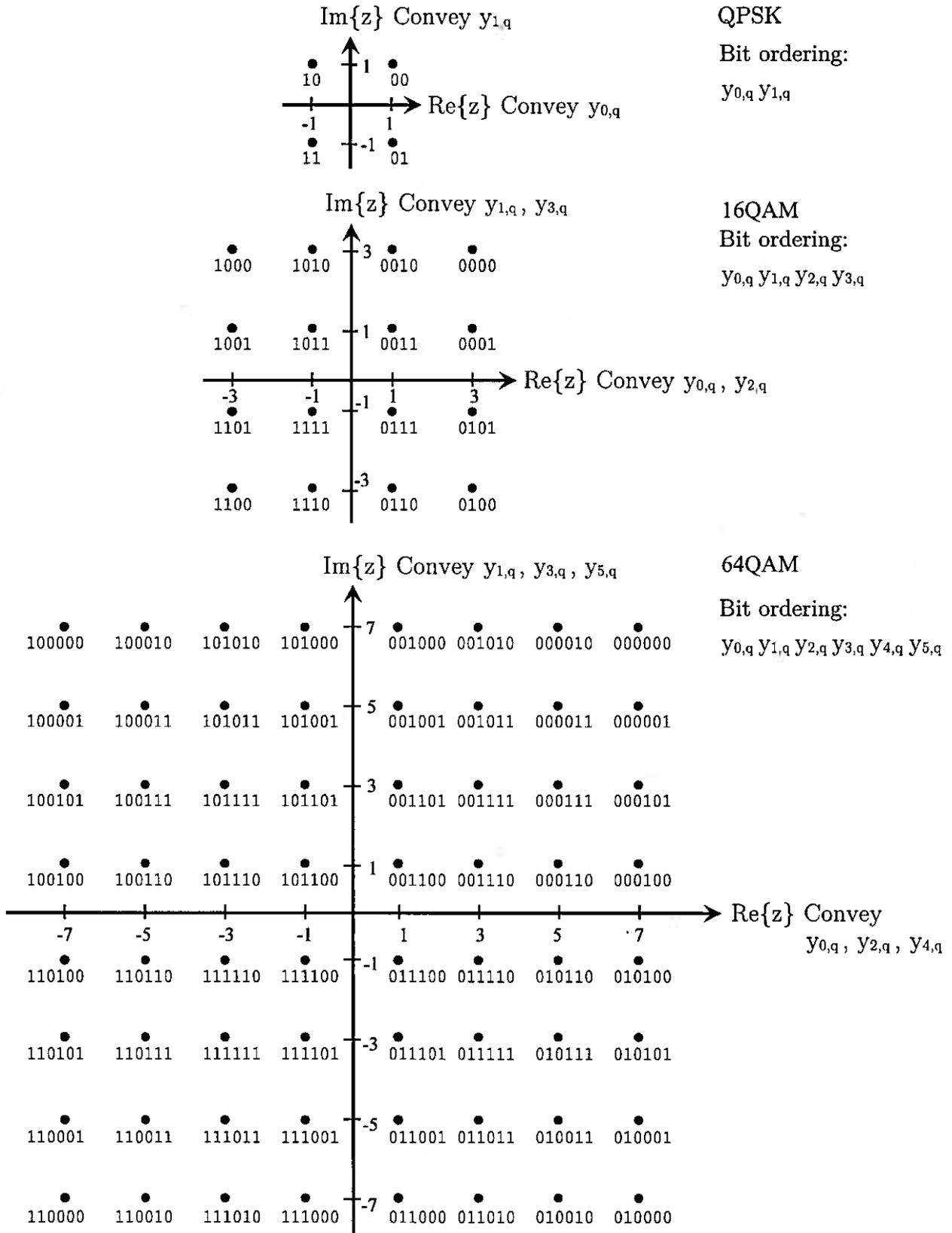


Figure 14: The QPSK, 16QAM and 64QAM mappings and the corresponding bit patterns

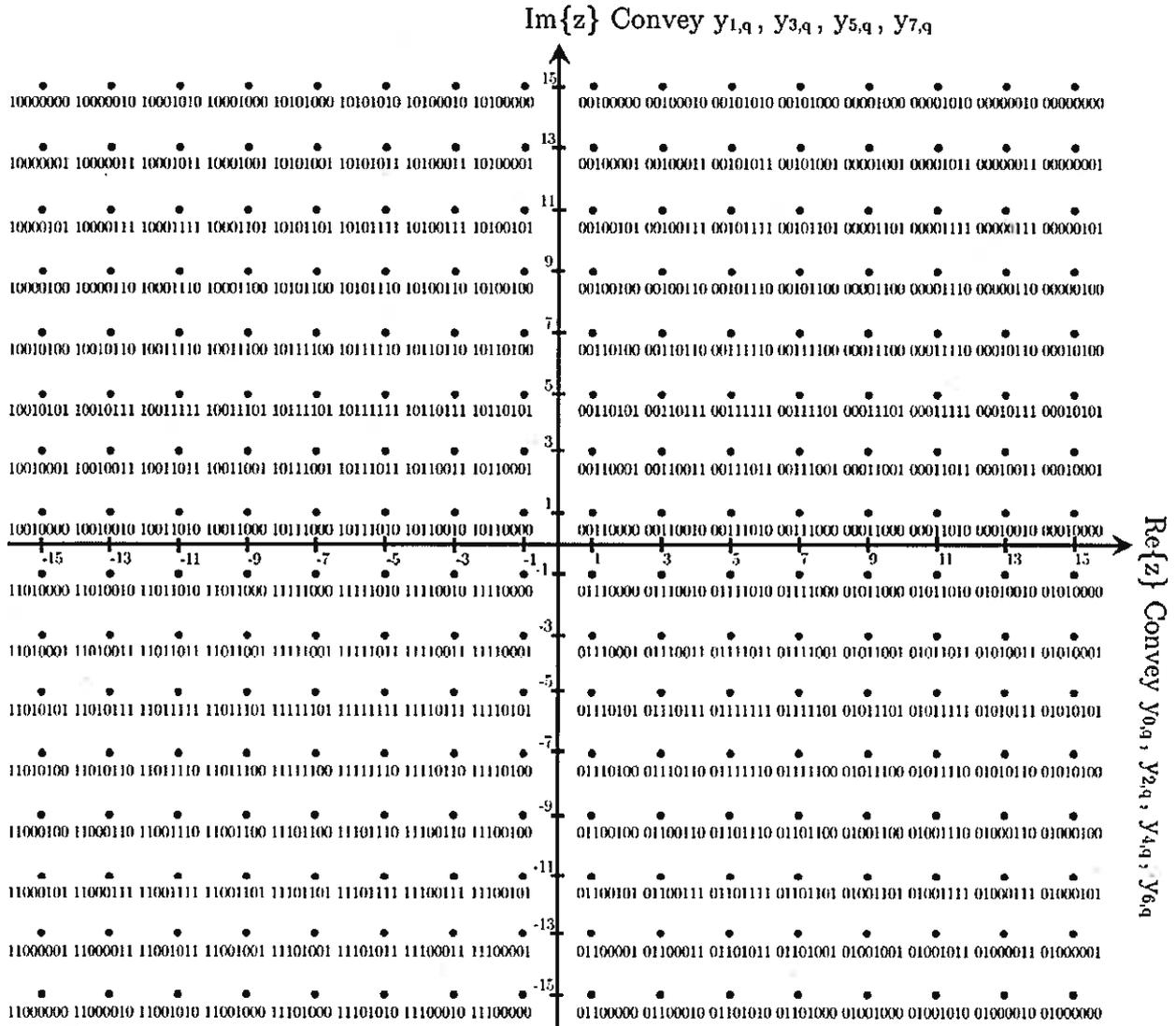


Figure 15: The 256QAM mapping and the corresponding bit pattern

Tables 12(j) and 12(k) provide the description of 1024QAM mapping and the corresponding bit pattern. Tables 12(l) and 12(m) provide the description of 4096QAM mapping and the corresponding bit pattern.

The constellation points z_q for each input cell word $(y_{0,q}, \dots, y_{\eta \bmod L-1,q})$ are normalized according to table 13 to obtain the correct complex cell value f_q to be used.

Table 13: Normalization factors for Data Cells

Modulation	Normalization
QPSK	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{2}}$
16QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{10}}$
64QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{42}}$
256QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{170}}$
1024QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{682}}$
4096QAM	$f_q = \frac{z_q}{\sqrt{2730}}$

7 Data Slice Packet Generation

The complex cells of one or two FECFrame shall form a Data Slice Packet. The Data Slice Packets for Data Slice Type 1 only transmit the FECFrame data and rely on a pointer within the Level 1 Signalling Part 2 to detect their start.

The Data Slice Packets for Data Slice Type 2 carry a FECFrame header that allows for synchronization to the Data Slice Packets without any additional information. The FECFrame header also signals the Modulation and Coding parameters and the PLP_ID, which may change every Data Slice Packet.

7.1 Data Slice Packets for Data Slice Type 1

The complex cells g of Data Slice Packets transmitted in Data Slices of type 1 (DSLICE_TYPE='0') shall be formed by the $\left\lceil \frac{N_{ldpc}}{n_{MOD}} \right\rceil = N_{DP}$ complex cells of one LDPC codeword, i.e.:

$$g_q = f_q \quad q = 0, 1, \dots, N_{DP} - 1$$

The signalling for Data Slices of type 1 is done within the DVB-C2 preamble, i.e. the Layer 1 - part 2. Additional signalling is not required, as only a single PLP with fixed modulation and coding parameters per DVB-C2 frame is allowed for Data Slices Type 1.

7.2 Data Slice Packets for Data Slice Type 2

Data Slice Packets for Data Slice Type 2 shall carry an additional FECFrame Header in front of one or two FECFrames, which signals the PLP_ID, the Coding and Modulation parameters of the following XFECFrame, and the number of XFECFrames following one header. The structure of these Data Slice Packets is given in figure 16.

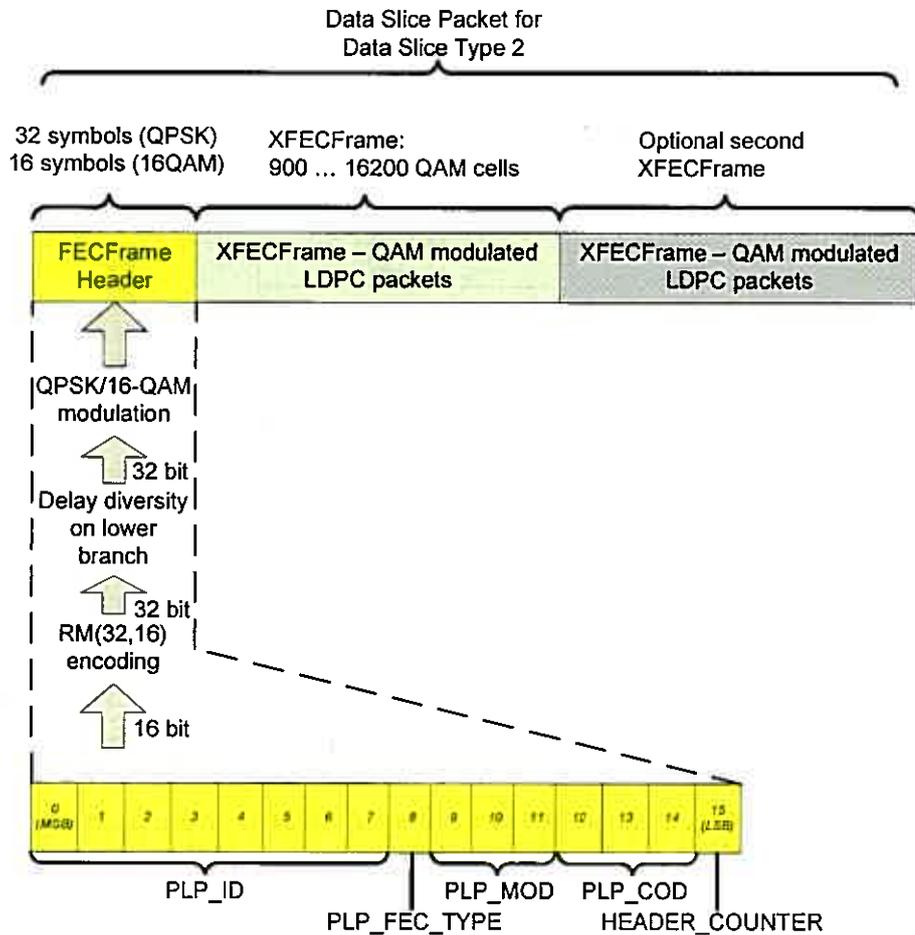


Figure 16: Data Slice Packet, consisting of FECFrame header and following XFECFrame packet

7.2.1 FECFrame header signalling data

The 16 information bits of the FECFrame header are defined as follows, in which the MSB shall always be mapped first:

PLP_ID: This 8-bit field uniquely identifies a PLP within a C2 system.

PLP_FEC_TYPE: This field shall signal the size of the following FECFrame (0 = 16 200 bits, 1 = 64 800 bits).

PLP_MOD: This 3 bit field signals the used QAM mappings according to table 14.

Table 14: PLP_MOD values for the available QAM mappings

Value	QAM mapping
000	Reserved
001	16QAM
010	64QAM
011	256QAM
100	1024QAM
101	4096QAM
110 to 111	Reserved for future use

PLP_COD: This field signals the LDPC code rate of the following FECFrame according to table 15. Please note that not all possible PLP_MOD and PLP_COD combinations are supported (see tables 11(a) and 11(b)).

Table 15: PLP_COD values for the different code rates

Value	Code rate
000	Reserved
001	2/3
010	3/4
011	4/5
100	5/6
101	8/9 (16K LDPC code) 9/10 (64K LDPC code)
110 to 111	Reserved for future use

HEADER_COUNTER: This 1 bit field signals the number of FECFrames following this FECFrame header. '0' indicates that one FECFrame is following the FECFrame header. '1' indicates that 2 FECFrames are following the FECFrame header, while both FECFrames shall have the same PLP_ID, PLP_FEC_TYPE, PLP_MOD and PLP_COD.

7.2.2 Coding of the FECFrame header

The encoding of the FECFrame header data shall ensure a robust synchronization and decoding of the L1 signalling part 1 data. Therefore, the encoding scheme as shown in the figures 17(a) and 17(b) is applied. Initially the 16 bits of the L1 signalling part 1 are FEC encoded by a Reed-Muller (32,16) encoder. Subsequently each bit of the 32 bits Reed-Muller codeword is split to form an upper and a lower branch. The lower branch applies a cyclic shift within each Reed-Muller codeword and scrambles the resulting data using a specific PN sequence. The data is then mapped on a QPSK constellation for the robust FECFrame header or on a 16QAM constellation for the high efficiency FECFrame header.

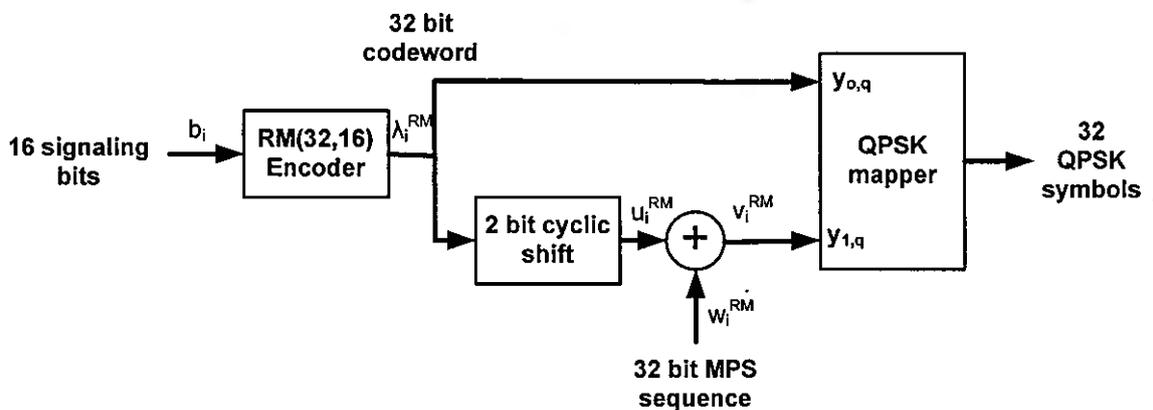


Figure 17(a): Robust FECFrame header

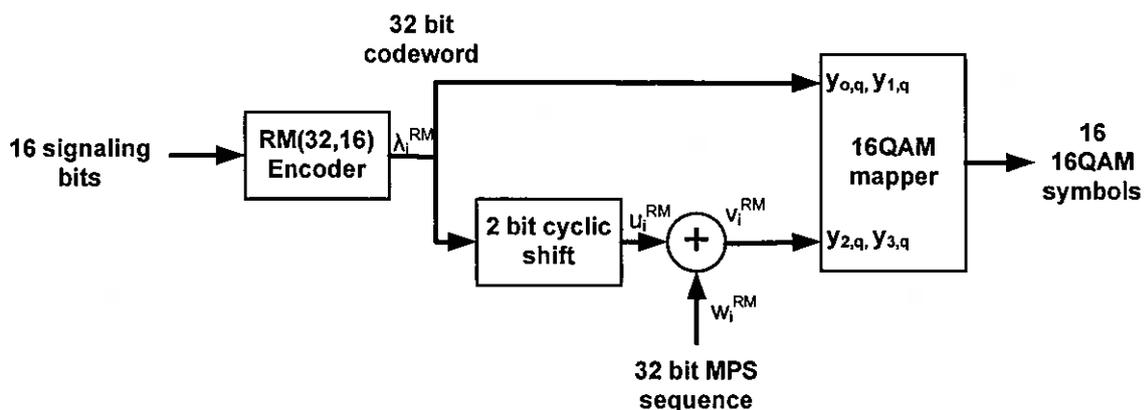


Figure 17(b): High efficiency FECFrame header

7.2.3 Mapping onto QAM constellations

The 32 resulting bits of the upper and the 32 bits of the lower branch shall be mapped onto QAM constellations. Therefore, the same mapping means as described in clause 6.2.2 shall be used. There are 2 different FECFrame header architectures available. While the QPSK based FECFrame header is applied for cable channels with lower C/N, the 16QAM based FECFrame header provides a more efficient implementation (i.e. smaller header length) for cable channels with higher C/N values.

7.2.3.1 Robust FECFrame header

The robust FECFrame header shall be modulated using QPSK as defined in clause 6.2.2 to obtain the 32 complex cell values f_q . The 32 mapper input cell words shall be defined as:

$$[y_{0,i}, y_{1,i}] = [\lambda_i^{RM}, v_i^{RM}] \quad i = 0, 1, \dots, 31$$

This means that the bits of the upper branch are always mapped onto the real part and the bits of the lower branch are always mapped onto the imaginary part of the QAM cell.

7.2.3.2 High efficiency FECFrame header

The high efficiency FECFrame header shall be modulated using 16QAM as defined in clause 6.2.2 to obtain the 16 complex cell values f_q . The 16 mapper input cell words shall be defined as:

$$[y_{0,i}, y_{1,i}, y_{2,i}, y_{3,i}] = [\lambda_{2i}^{RM}, \lambda_{2i+1}^{RM}, v_{2i}^{RM}, v_{2i+1}^{RM}] \quad i = 0, 1, \dots, 15$$

This means that the bits of the upper branch are always modulated onto the MSB of the real and imaginary axis, while the bits of the lower branch are always modulated onto the LSB of the real and imaginary axis.

7.2.4 Mapping of the XFECFrame cells

The 32 cells for the robust FECFrame Header or the 16 cells for the high efficiency FECFrame Header shall be mapped onto the first cells of the Data Slice Packet, i.e. $g_0 = f_0$, etc.

The FECFrame header is followed by the $\left\lceil \frac{N_{ldpc}}{\eta_{MOD}} \right\rceil$ complex cells of one complete LDPC codeword. If

HEADER_COUNT='1', one further FECFrame having the same PLP_ID, PLP_MOD and PLP_COD shall follow the first one.

7.2.5 Length of the Data Slice Packet for Data Slice Type 2

The length N_{DP} of a Data Slice Packet for Data Slice Type 2 can be calculated by means of the FECFrame Header data only. The length for packets using the robust FECFrame header shall be:

$$N_{DP} = 32 + XFECFRAME_LENGTH \cdot (1 + HEADER_COUNTER)$$

and

$$N_{DP} = 16 + XFECFRAME_LENGTH \cdot (1 + HEADER_COUNTER)$$

for the high efficiency FECFrame header.

The value XFECFRAME_LENGTH for the different values of PLP_MOD and PLP_FEC_TYPE are listed in table 16(b).

Table 16(b): Length of the FECFrame

PLP_FEC_TYPE	PLP_MOD	XFECFRAME_LENGTH
0	000	NA
	001	4 050
	010	2 700
	011	2 025
	100	1 620
	101	1 350
	110	1 158
	111	1 013
1	000	900
	001	16 200
	010	10 800
	011	8 100
	100	6 480
	101	5 400
	110	4 629
	111	4 050

7.2.6 Stuffing Data Slice Packets

Stuffing Data Slice Packets provide a mechanism to fill up Data Slices of Type 2 with Auxiliary Data. Stuffing packets shall use the PLP_MOD value '000'. Accordingly they have the minimum FECFrame length of 900QAM cells, while their total length shall be defined according to clause 7.2.4. The settings for the related stuffing FECFrame header are:

PLP_ID:	n/a	(arbitrary value)
PLP_FEC_TYPE:	1	(= 64 800 bits)
PLP_MOD:	000	(= 900QAM cells length)
PLP_COD:	n/a	(arbitrary value)
HEADER_COUNTER:	0	

Stuffing Data Slice Packets can be used in any Data Slice and any location in the C2 Frame. Both regular Data Slice Packets and stuffing Data Slice Packets overlap over different C2 Frames if their end does not coincide with the end of the C2 Frame.

If the Data Slice is discontinued in the following C2 Frame the stuffing Data Slice Packet is only transmitted partially up to the end of the C2 Frame (i.e. not completed in the following C2 Frame). In the case where the remaining part is less than the number of cells in FECFrame header and the data is discontinued the next C2 frame, the remaining cells should be transmitted. The FECFrame headers of stuffing Data Slice Packets shall match with the L1 settings of the related Data Slice.

The data content of the 900QAM stuffing Data Cells is arbitrary but shall meet the average QAM cell energy requirement.

8 Generation, coding and modulation of Layer 1 part 2 signalling

8.1 Overview

Figure 18 illustrates the C2 Frame structure and the related preamble with embedded L1 signalling part 2. The number of Preamble Symbols depend on the amount of L1 signalling, i.e. the number of underlying Data Slices and PLPs and L1 TI mode. This clause concentrates on the structure and the syntax of the L1 signalling part 2 rather than the preamble coding and modulation (being described in more detail in clause 8.4). L1 signalling part 2 indicates OFDM parameters of the C2 channel as well as all relevant information for the Data Slices, PLPs and Notch bands.

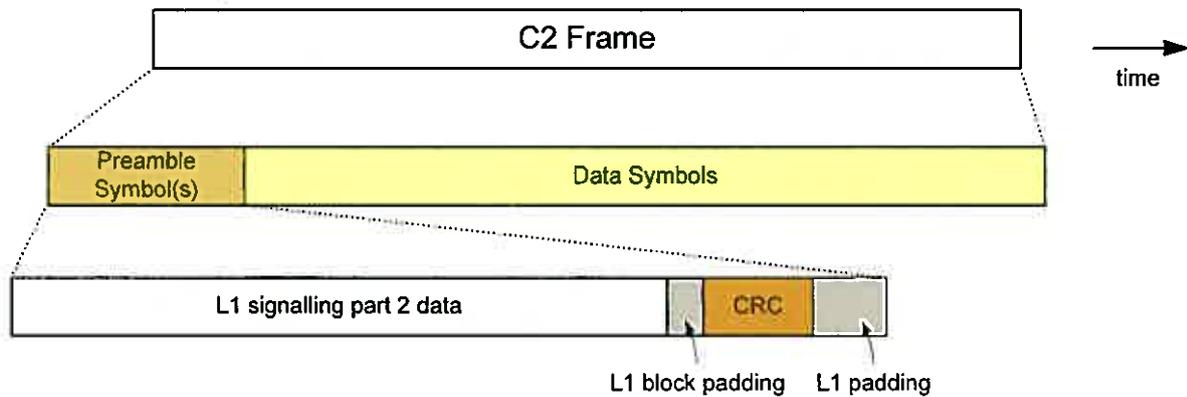


Figure 18: The L1 part 2 signalling structure

8.2 Preamble Header

A fixed length Preamble Header of 32 OFDM Cells shall be inserted in front of the L1 TI-block at each Preamble Symbol as shown in figure 19. All L1 part 2 headers in one C2 Frame shall be same. The Preamble header describes L1-part2 length and TI mode of L1 block. The 16 information bits of the Preamble header are FEC encoded by a Reed-Muller (32,16) code and encoded by QPSK same as the QPSK based FECFrame header in clause 7.2.2.

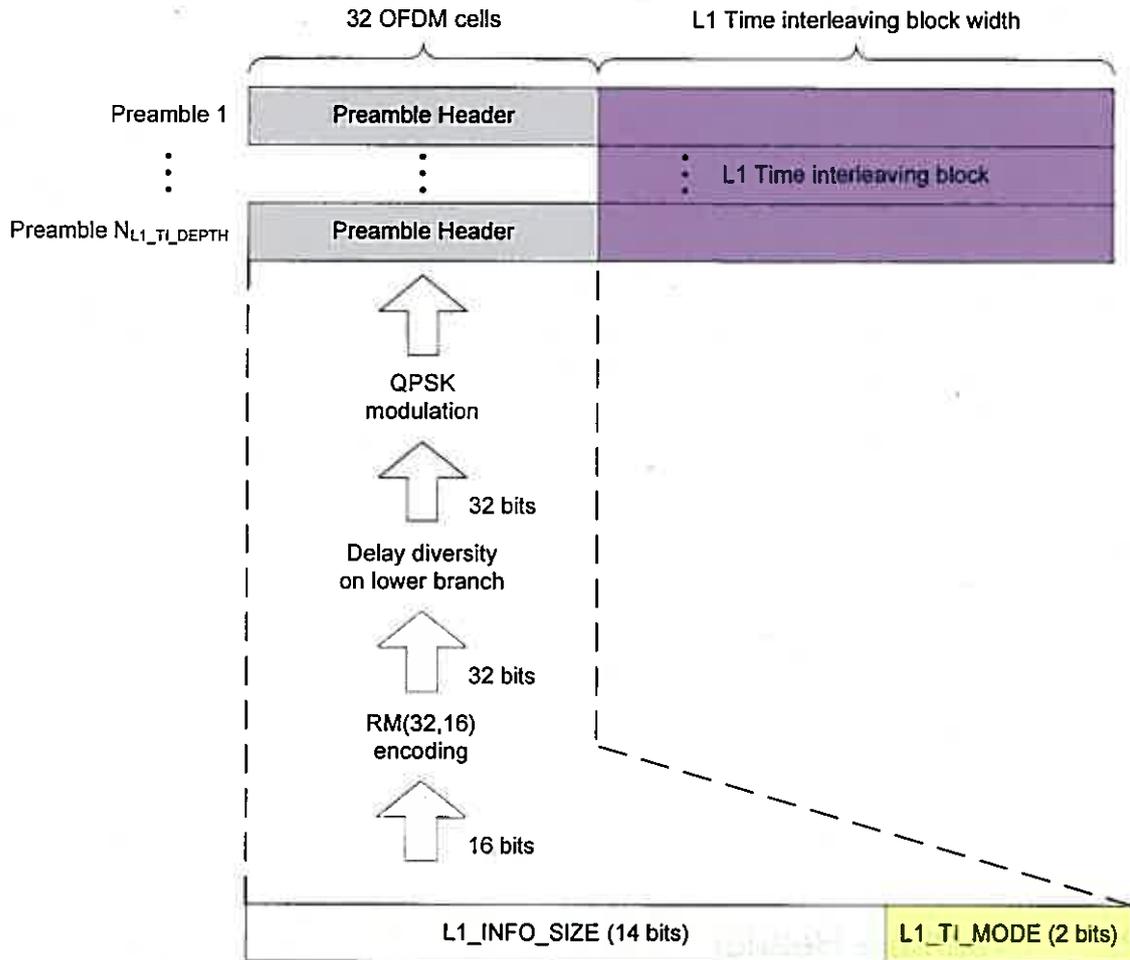


Figure 19: Preamble header generation and signalling fields

L1_INFO_SIZE: This 14-bit field indicates the half size of the L1-part2 including L1 signalling part 2 data and L1 block padding, if present, in bits as shown in figure 20. The value of $K_{L1part2_ex_pad}$ shall be calculated by adding 32 (the length of CRC) to $L1_INFO_SIZE \times 2$.

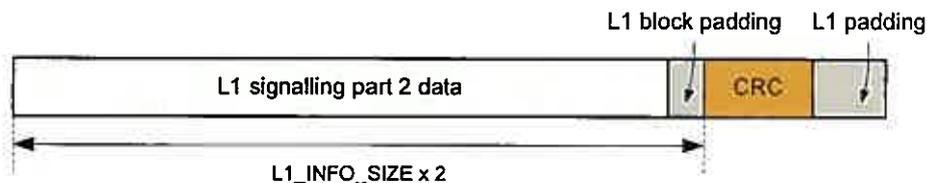


Figure 20: The size indicated by the L1_INFO_SIZE field

L1_TI_MODE: This 2-bit field indicates the mode of time interleaving for L1-part2 of current C2 Frame. The time interleaving mode is signalled according to table 17. See clause 8.5 for more information.

Table 17: Signalling format for the L1_TI_MODE field

Value	Mode
00	No time interleaving
01	Best Fit
10	4 OFDM Symbols
11	8 OFDM Symbols

8.3 L1 signalling part 2 data

Table 18 indicates the detailed use of fields for L1 signalling part 2 data.

Table 18: The signalling fields of L1 signalling part 2 data

Field	Size (bits)
NETWORK ID	16
C2 SYSTEM ID	16
START FREQUENCY	24
C2 BANDWIDTH	16
GUARD INTERVAL	2
C2 FRAME LENGTH	10
L1 PART2 CHANGE COUNTER	8
NUM DSLICE	8
NUM NOTCH	4
for i=0..NUM DSLICE-1 {	
DSLICE ID	8
DSLICE TUNE POS	14 or 13
DSLICE OFFSET LEFT	9 or 8
DSLICE OFFSET RIGHT	9 or 8
DSLICE TI DEPTH	2
DSLICE TYPE	1
if DSLICE TYPE=='1' {	
FEC HEADER TYPE	1
}	
DSLICE CONST CONF	1
DSLICE LEFT NOTCH	1
DSLICE NUM PLP	8
for i=0..DSLICE NUM PLP-1 {	
PLP ID	8
PLP BUNDLED	1
PLP TYPE	2
PLP PAYLOAD TYPE	5
if PLP TYPE=='00' or '01' {	
PLP GROUP ID	8
}	
if DSLICE TYPE=='0' {	
PLP START	14
PLP FEC TYPE	1
PLP MOD	3
PLP COD	3
}	
PSI/SI REPROCESSING	1
if PSI/SI REPROCESSING=='0' {	
transport stream id	16
original network id	16
}	
RESERVED 1	8
}	
RESERVED 2	8
}	
for i=0..NUM NOTCH-1 {	
NOTCH START	14 or 13
NOTCH WIDTH	9 or 8
RESERVED 3	8
}	
RESERVED TONE	1
RESERVED 4	16

NETWORK_ID: This is a 16-bit field which uniquely identifies the current DVB-C2 network.

C2_SYSTEM_ID: This 16-bit field uniquely identifies a C2 System within the DVB-C2 network.

START_FREQUENCY: This 24-bit field indicates the start frequency of the current C2 System by means of the distance from 0 Hz and gives the unsigned integer value in multiples of the carrier spacing of the current C2 System. The value of '0' means 0 Hz. The START_FREQUENCY shall be identical to the OFDM subcarrier with the smallest absolute carrier index $k=K_{min}$ that actually transmits the DVB-C2 preamble for the given C2 system. Additionally, the START_FREQUENCY shall be multiples of the pilot spacing D_X and the START_FREQUENCY shall not change between different C2 frames.

C2_BANDWIDTH: This 16-bit field indicates the bandwidth of the current C2 system. The C2_BANDWIDTH field multiplied with the pilot spacing $D_X + 1$ represents the bandwidth of the C2 system in OFDM subcarriers. The value shall not change between different C2 frames. The bandwidth of the current C2 system is defined by the frequency spacing between the edge pilots next to the most left and the most right Data Slice of the current C2 system.

GUARD_INTERVAL: This 2-bit field indicates the guard interval of the current C2 Frame, according to table 19.

Table 19: Signalling format for the guard interval

Value	Guard interval fraction
00	1/128
01	1/64
10 to 11	Reserved for future use

C2_FRAME_LENGTH: This 10-bit field gives the number of Data Symbols per C2 Frame (L_{data}). The C2 System according to the present document does only allow C2_FRAME_LENGTH = 0x1C0 (448 decimal). All other codes for C2_FRAME_LENGTH are reserved for future use.

L1_PART2_CHANGE_COUNTER: This 8-bit field indicates the number of C2 Frames ahead where the configuration (i.e. the contents of the fields in the L1 signalling part 2 except for the PLP_START and L1_PART2_CHANGE_COUNTER) will change. The next C2 Frame with changes in the configuration is indicated by the value signalled within this field. If this field is set to the value '0', it means that no scheduled change is foreseen. For example, value '1' indicates that there is change in the next C2 Frame.

NUM_DSLICE: This 8-bit field indicates the number of Data Slices carried within the current C2 Frame. The minimum value of this field shall be '1'.

NOTE 1: Both the number of Data Slices and the number of PLPs for each Data Slice of a C2 System are chosen such that the overall L1-part2 signalling does not exceed 32 766 bits.

NUM_NOTCH: This 4-bit field indicates the number of Notch bands. If there is no Notch band within the current C2 Frame, this field shall be set to '0'.

The following fields appear in the Data Slice loop:

- **DSLICE_ID:** This 8-bit field uniquely identifies a Data Slice within the C2 System.
- **DSLICE_TUNE_POS:** This field indicates the tuning position of the associated Data Slice relative to the START_FREQUENCY. Its bit width shall be 13 bits or 14 bits according to the GUARD_INTERVAL value. When GUARD_INTERVAL is '00', the bit width of this field shall be 13 bits and indicate the tuning position in multiples of 24 carriers within current C2 Frame. Otherwise the bit width of this field shall be 14 bits and indicate the tuning position in multiples of 12 carriers within the current C2 Frame relative to the START_FREQUENCY. DSLICE_TUNE_POS must be a value at least 1 704 carriers from the edge of a broadband notch or the start or end of the C2 system.
- **DSLICE_OFFSET_LEFT:** This field indicates the start position of the associated Data Slice by means of the distance to the left from the tuning position and shall be two's complement integer of 8 bits or 9 bits according to the GUARD_INTERVAL value. When GUARD_INTERVAL is '00', this field shall be two's complement integer of 8 bits and indicate the distance from the tuning position in multiples of 24 carriers within current C2 Frame. Otherwise this field shall be two's complement integer of 9 bits and indicate the distance from the tuning position in multiples of 12 carriers within current C2 Frame.

- **DSLICE_OFFSET_RIGHT:** This field indicates the end position of the associated Data Slice by means of the distance to the right from the tuning position and shall be two's complement integer of 8 bits or 9 bits according to the GUARD_INTERVAL value. When GUARD_INTERVAL is '00', this field shall be two's complement integer of 8 bits and indicate the distance from the tuning position in multiples of 24 carriers within current C2 Frame. Otherwise this field shall be two's complement integer of 9 bits and indicate the distance from the tuning position in multiples of 12 carriers within current C2 Frame.

NOTE 2: DSLICE_OFFSET_LEFT and DSLICE_OFFSET_RIGHT may both have positive or negative values, which means that the complete Data Slice is left or right hand side of the tuning position.

- **DSLICE_TI_DEPTH:** This 2-bit field indicates the time interleaving depth within the associated Data Slice according to table 20.

Table 20: Signalling format for the time interleaving depth

Value	Ti depth
00	No time interleaving
01	4 OFDM Symbols
10	8 OFDM Symbols
11	16 OFDM Symbols

- **DSLICE_TYPE:** This 1-bit field indicates the type of the associated Data Slice according to table 21. The Data Slice Type 1 is only for the transmission of a single PLP with fixed modulation and coding parameters within a Data Slice. See clause 7 for more information.

Table 21: Signalling format for the Data Slice type

Value	Data Slice type
0	Data Slice Type 1
1	Data Slice Type 2

The following field appears only if the DSLICE_TYPE is '1'.

- **FEC_HEADER_TYPE:** This 1-bit field indicates the type of the FECFrame header within the associated Data Slice according to table 22.

Table 22: Signalling format for the FECFrame header type

Value	FECFrame header type
0	Robust mode
1	High efficiency mode

- **DSLICE_CONST_CONF:** This 1-bit field indicates whether the configuration of the associated Data Slice is variable or fixed. If this field is set to value '1', the configuration of the associated Data Slice shall not change. Otherwise this field shall be set to '0'. A value of '1' is only allowed in combination with Data Slices Type 2.
- **DSLICE_LEFT_NOTCH:** This 1-bit field indicates the presence of the left neighbored Notch band of the associated Data Slice. If the start of associated Data Slice is neighbored by Notch band, this field shall be set to '1'. Otherwise this field shall be set to '0'.

NOTE 3: The DSLICE_LEFT_NOTCH field can be used by a receiver to assist in finding the number of Data Cells of the current Data Slice. The continual pilots positioned on the edge of the Notch band change the number of Data Cells of its right neighbored Data Slice. See clause 9.6.4.1 for more information.

- **DSLICE_NUM_PLP:** This 8-bit field indicates the number of PLPs carried within the associated Data Slice. The minimum value of this field shall be '1'.

NOTE 4: Both the number of Data Slices and the number of PLPs for each Data Slice of a C2 System are chosen such, that the overall L1-part2 signalling does not exceed 32 766 bits.

The following fields appear in the PLP loop:

- **PLP_ID:** This 8-bit field identifies a PLP within the C2 System.
- **PLP_BUNDLED:** This 1-bit field indicates whether the associated PLP is bundled with other PLP(s) or not within the current C2 System. If the associated PLP is bundled, this field shall be set to '1'. Otherwise this field shall be set to '0'.
- **PLP_TYPE:** This 2-bit field indicates the type of the associated PLP. PLP_TYPE shall be signalled according to table 23.

Table 23: Signalling format for the PLP_TYPE field

Value	PLP type
00	Common PLP
01	Grouped Data PLP
10	Normal Data PLP
11	Reserved for future use

- **PLP_PAYLOAD_TYPE:** This 5-bit field indicates the type of the payload data carried by the associated PLP. PLP_PAYLOAD_TYPE shall be signalled according to table 24. See clause 5.1.1 for more information.

Table 24: Signalling format for the PLP_PAYLOAD_TYPE field

Value	Payload type
00000	GFPS
00001	GCS
00010	GSE
00011	TS
00100 to 11111	Reserved for future use

The following field appears only if the PLP_TYPE is '00' or '01'.

- **PLP_GROUP_ID:** This 8-bit field identifies with which PLP group within the C2 System the current PLP is associated. This can be used by a receiver to link the Data PLP to its associated Common PLP, which will have the same PLP_GROUP_ID.

The following fields appear only if the DSLICE_TYPE is '0', i.e. the Data Slice Type 1 is used.

- **PLP_START:** This 14-bit field indicates the start position of the first complete XFECframe of the associated PLP within the current C2 Frame. It uses the cell addressing scheme defined in clause 9.4.3.
- **PLP_FEC_TYPE:** This 1-bit field indicates the FEC type used by the associated PLP. The FEC type shall be signalled according to table 25.
- **PLP_MOD:** This 3-bit field indicates the modulation used by the associated PLP. The modulation shall be signalled according to table 25.

The signalling is valid for the first XFECframe starting within the DVB-C2 frame.

Table 25: Signalling format for the PLP_MOD and the PLP_COD fields

PLP_FEC_TYPE	PLP_MOD	PLP FEC type	Modulation	XFECFrame Length
0	000	16K LDPC	Reserved	NA
	001		16QAM	4 050
	010		64QAM	2 700
	011		256QAM	2 025
	100		1024QAM	1 620
	101		4096QAM	1 350
	110		Reserved	1 158
	111		Reserved	1 013
1	000	64K LDPC	Reserved	900
	001		16QAM	16 200
	010		64QAM	10 800
	011		256QAM	8 100
	100		1024QAM	6 480
	101		4096QAM	5 400
	110		Reserved	4 629
	111		Reserved	4 050

NOTE 5: The XFECframe length of the associated PLP is determined by PLP_FEC_TYPE and PLP_MOD as shown in table 25.

- **PLP_COD:** This 3-bit field indicates the code rate used by the associated PLP. The code rate shall be signalled according to table 26. When PLP_COD is '101', the code rate is determined by PLP_FEC_TYPE. If PLP_FEC_TYPE is set to '0', PLP_COD of '101' means the code rate of 8/9. Otherwise it means the code rate of 9/10. Please note that not all possible PLP_MOD and PLP_COD combinations are supported (see tables 11(a) and 11(b)).

Table 26: Signalling format for the code rate

Value	Code rate
000	Reserved for future use
001	2/3
010	3/4
011	4/5
100	5/6
101	8/9 (16K LDPC code) 9/10 (64K LDPC code)
110 to 111	Reserved for future use

- **PSI/SI_REPROCESSING:** This 1-bit field indicates whether PSI/SI reprocessing is performed or not. This can be used by a receiver to recognize if it can rely on the related PSI/SI parts. When PSI/SI reprocessing is performed, this field shall be set to '1', otherwise it shall be set to '0'.

The following fields appear only if the PSI/SI_REPROCESSING is '0'.

- **transport_stream_id:** This is a 16-bit field which serves as a label for identification of this TS from any other multiplex within the delivery system (see also [i.4]).
- **original_network_id:** This 16-bit field gives the label identifying the network_id of the originating delivery system (see also [i.4]).
- **RESERVED_1:** This 8-bit field is reserved for future use.
- **RESERVED_2:** This 8-bit field is reserved for future use.

The following fields appear in the Notch loop:

- **NOTCH_START:** This field indicates the start position of the associated Notch band and gives the unsigned integer value relative to the `START_FREQUENCY`. Its bit width shall be 13 bits or 14 bits according to the `GUARD_INTERVAL` value. When `GUARD_INTERVAL` is '00', the bit width of this field shall be 13 bits and indicate the start position in multiples of 24 carriers within the current C2 Frame. Otherwise the bit width of this field shall be 14 bits and indicate the start position in multiples of 12 carriers within the current C2 Frame.
- **NOTCH_WIDTH:** This field indicates the width of the associated Notch band and gives the unsigned integer value. Its bit width shall be 8 bits or 9 bits according to the value of `GUARD_INTERVAL`. When `GUARD_INTERVAL` is '00', the bit width of this field shall be 8 bits and indicate the width in multiples of 24 carriers within the current C2 Frame. Otherwise the bit width of this field shall be 9 bits and indicate the width in multiples of 12 carriers within the current C2 Frame.
- **RESERVED_3:** This 8-bit field is reserved for future use.
- **RESERVED_TONE:** This 1-bit field indicates whether some carriers are reserved. When there are reserved carriers within the current C2 Frame, this bit shall be set to '1', otherwise it shall be set to '0'. The positions of reserved carriers for reserved tones within a C2 Frame are given in clause 9.7.
- **RESERVED_4:** This 16-bit field is reserved for future use.

8.3.1 L1 block padding

This 1-bit field is inserted following the L1 signalling part 2 data to ensure that the length of L1 signalling part 2 including L1 signalling part 2 data and L1 block padding is a multiple of 2 (see figure 20). If the total length of L1 signalling part 2 is not a multiple of 2, this field shall be inserted at the end of the L1 signalling part 2 data. The value of the L1 block padding bit, if any, shall be set to '0'.

8.3.2 CRC for the L1 signalling part 2

A 32-bit error detection code is applied to the entire L1 signalling part 2 including L1 signalling part 2 data and L1 block padding. The location of the CRC field can be found from the length of the L1 signalling part 2, which can be calculated using `L1_INFO_SIZE` in the Preamble header. The CRC-32 is defined in annex E.

8.3.3 L1 padding

This variable-length field is inserted following the L1 signalling part 2 CRC field to ensure that multiple LDPC blocks of the L1 signalling part 2 have the same information size when the L1 signalling part 2 is segmented into multiple blocks and these blocks are separately encoded. Details of how to determine the length of this field are described in clause 8.4. The value of the L1 padding bits, if any, are set to '0'.

8.4 Modulation and error correction coding of the L1 part 2 data

8.4.1 Overview

The L1 part 2 data is protected by a concatenation of BCH outer code and LDPC inner code. The L1 part 2 data shall be first BCH-encoded. The length of the L1 part 2 data bits varies depending on the complexity of the underlying Data Slices. The L1 part 2 data can be segmented into multiple blocks. A segmented L1 part 2 data has a length less than BCH information length $K_{bch} = 7\ 032$. Therefore, a shortening operation (zero padding) is required for BCH or LDPC encoding. After BCH encoding with zero padded information, the BCH parity bits of the L1-part2 data shall be appended to the L1 part 2 data. The concatenated L1 part 2 data and BCH parity bits are further protected by a shortened and punctured 16K LDPC code with code rate $1/2$ ($N_{ldpc} = 16\ 200$). Note that the effective code rate of the 16K LDPC code with code rate $1/2$ is $4/9$, where the effective code rate is defined as the information length over the encoder output length. Details of how to shorten and puncture the 16K LDPC code are described in clauses 8.4.3.1, 8.4.3.4 and 8.4.3.5. Each coded L1 signalling part 2 shall be bit-interleaved (see clause 8.4.3.6) and then shall be mapped onto constellations (see clause 8.4.4). Note that only 16QAM is used for encoding of L1 signalling part 2. The conceptual processing of coding and modulation of L1 signalling part 2 is shown in figure 21.

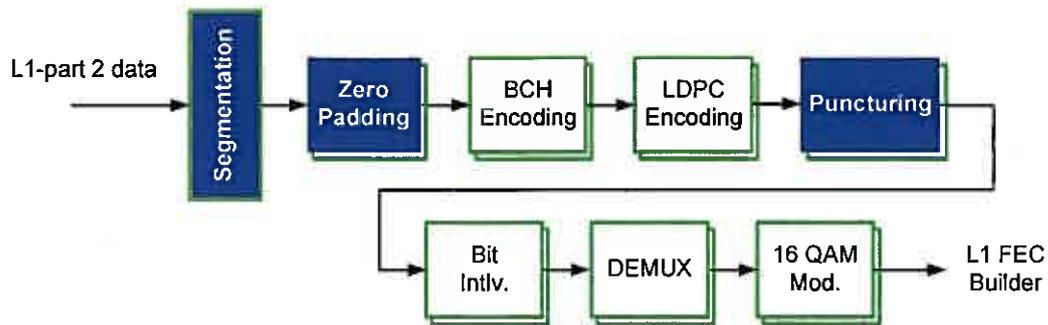


Figure 21: Encoding and Modulation of L1 signalling part 2

Since the length of L1 signalling part 2 is variable, the resulting number of needed L1 frames is also varying. Each L1 FECFrame packet corresponds to one L1 block within an OFDM Symbol. As soon as more than one L1 FECFrame packet is needed, the same number of Preamble Symbols in consecutive OFDM Symbols is needed. If the length of L1 part 2 data exceeds a predetermined number $N_{L1part2_max_per_Symbol}$ (see clause 8.4.2), the L1 part 2 data shall be divided into equidistant blocks. $N_{L1part2_max_per_Symbol}$ means the maximum number of L1 information bits for transmitting the coded L1 signalling part 2 through one OFDM Symbol. Figures 22 (a) and 22 (b) show the handling example for the following cases:

- L1 part 2 fits into one L1 part 2 LDPC FECFrame (see figure 22 (a)).
- L1 part 2 exceeds one L1 part 2 LDPC FECFrame (see figure 22 (b)).

Details of the segmentation are described in clause 8.4.2.

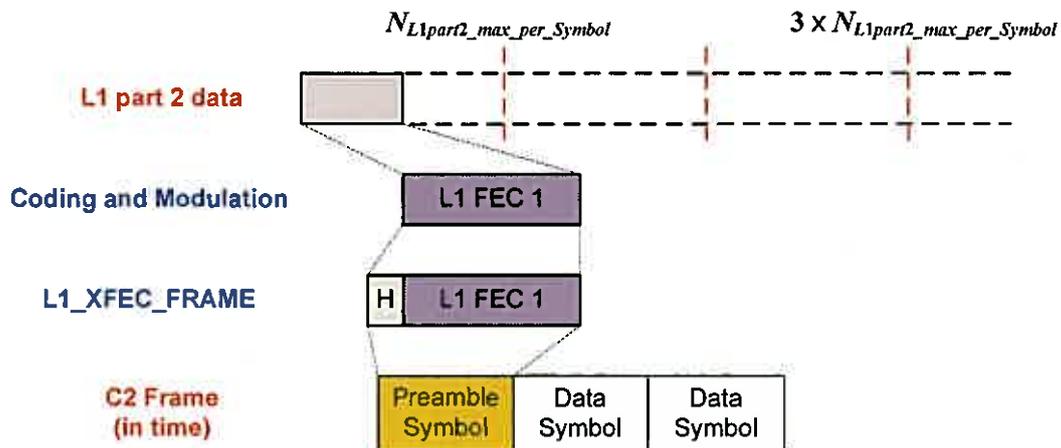


Figure 22(a): L1 part 2 fits into one L1 part 2 LDPC FECFrame

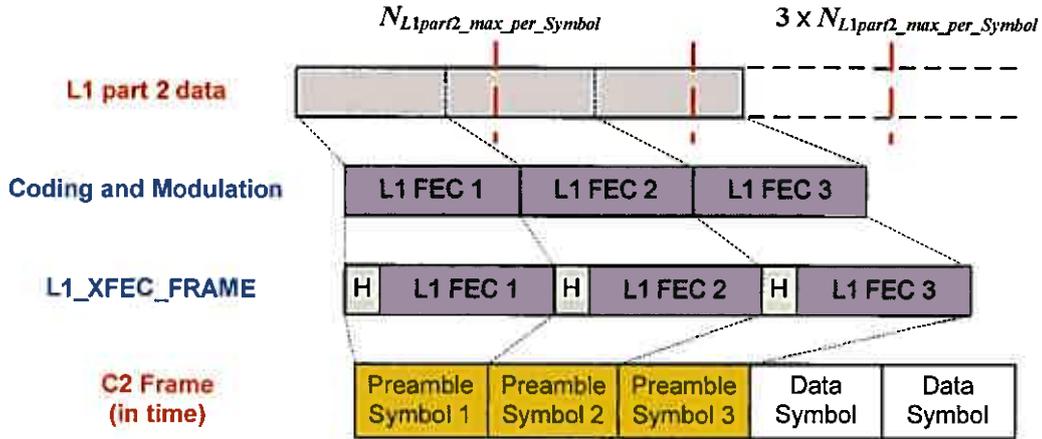


Figure 22(b): L1 part 2 exceeds one L1 part 2 LDPC FECFrame

According to the signalling field for time interleaving in L1 signalling part 2 header, 'L1_TI_MODE', the time interleaving can be applied to L1 FECFrame (see clause 8.2). Details of the time interleaving are described in clause 8.5.

If there are cells remaining from each Preamble Symbol after mapping each L1 FECFrame to the Preamble Symbol, the L1 FECFrame including L1 part 2 header is cyclically repeated until the complete preamble block is filled, as shown in figure 23. The information on the structure of a cyclically repeated L1 FECFrame in a Preamble Symbol is obtained by detecting and extracting of L1 part 2 header.

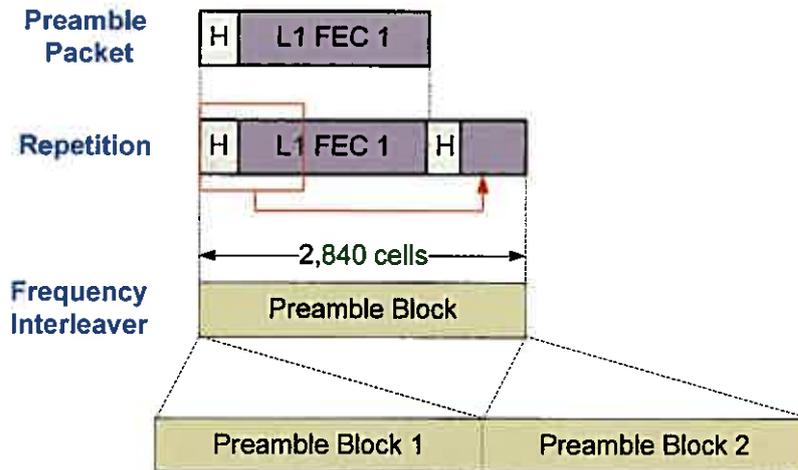


Figure 23: Allocation of L1 FECFrame to L1 blocks (Preamble blocks)

8.4.2 Parameters for FEC encoding of L1 part 2 data

The number of L1 part 2 data bits is variable and the bits shall be transmitted over one or multiple 16K LDPC blocks depending on the length of the L1 part 2 data. The number of LDPC blocks for the L1 part 2 data, $N_{L1part2_FEC_Block}$ shall be determined as follows:

$$N_{L1part2_FEC_Block} = \left\lceil \frac{K_{L1part2_ex_pad}}{N_{L1part2_max_per_Symbol}} \right\rceil,$$

where $\lceil x \rceil$ means the smallest integer larger than or equal to x , and $K_{L1part2_ex_pad}$, which can be found by adding 32 to the parameter $2 \times L1_INFO_SIZE$, denotes the number of information bits of the L1 part 2 signalling excluding the padding field, $L1_PADDING$ (see clause 8.3.3).

$N_{L1part2_max_per_Symbol}$ is 4 759 which is chosen as the minimum value among the maximum values of K_i satisfying that $N_{L1part2}(K_i)$ is less than or equal to $N_{L1part2_Cells} \times \eta_{MOD}$, for $i = 1, 2, \dots, 8$. Here, $N_{L1part2_Cells}$ (= 2 808) denotes the number of available cells for L1 signalling part 2 in one OFDM Symbol, η_{MOD} denotes the modulation order 4 for 16QAM, and $N_{L1part2}(K_i)$ is the length of the encoded L1 signalling part 2 with K_i information bits for $N_{L1part2_FEC_Block} = i$. Then, the length of L1_PADDING field, $K_{L1part2_PADDING}$ shall be calculated as:

$$K_{L1part2_PADDING} = \left\lceil \frac{K_{L1part2_ex_pad}}{N_{L1part2_FEC_Block}} \right\rceil \times N_{L1part2_FEC_Block} - K_{L1part2_ex_pad}.$$

The final length of the whole L1 signalling part 2 including the padding field, $K_{L1part2}$ shall be set as follows:

$$K_{L1part2} = K_{L1part2_ex_pad} + K_{L1_PADDING}.$$

The number of information bits in each of $N_{L1part2_FEC_Block}$ blocks, K_{sig} is then defined by:

$$K_{sig} = \frac{K_{L1part2}}{N_{L1part2_FEC_Block}}.$$

Each block with information size of K_{sig} is protected by a concatenation of BCH outer codes and LDPC inner codes. Each block shall be first BCH-encoded, where its N_{bch_parity} (= 168) BCH parity check bits shall be appended to information bits of each block. The concatenated information bits of each block and BCH parity check bits are further protected by a shortened and punctured 16K LDPC code with code rate 1/2 (effective code rate: $R_{eff_16K_LDPC_1_2} = 4/9$). Details of how to shorten and puncture the 16K LDPC code are described in clauses 8.4.3.1, 8.4.3.4 and 8.4.3.5.

For a given K_{sig} and modulation order (16QAM is used for the L1 signalling part 2), N_{punc} shall be determined by the following steps:

Step 1) Calculate the number of puncturing bits as follows:

$$N_{punc_temp} = \left\lfloor \frac{6}{5} \times (K_{bch} - K_{sig}) \right\rfloor,$$

where K_{bch} is 7 032 for the 16K LDPC code with code rate 1/2, and the operation $\lfloor x \rfloor$ means the largest integer less than or equal to x . A temporary size of puncturing bits is calculated by multiplying the shortening length by a fixed number 6/5.

The effective LDPC code rate of the L1 signalling part 2, $R_{eff_L1part2}$ is always lower than or equal to $R_{eff_16K_LDPC_1_2} \cdot R_{eff_L1part2}$ tends to decrease as the information length K_{sig} decreases. This rate control ensures that the receiving coverage for the L1 signalling part 2 is preserved after the shortening and puncturing. The multiplicative coefficient 6/5 is the ratio of the puncturing length to the shortening length and it is chosen as the best value among those formed of $(B+1)/B$ for an integer B .

$$\text{Step 2) } N_{L1part2_temp} = K_{sig} + N_{bch_parity} + N_{ldpc} \times (1 - R_{eff_16K_LDPC_1_2}) - N_{punc_temp}.$$

For the 16K LDPC code with effective code rate 4/9, $N_{ldpc} \times (1 - R_{eff_16K_LDPC_1_2}) = 9\,000$.

Step 3) According to the value of time interleaving field, 'L1_TI_MODE', in the L1 part 2 header (see clause 8.2), $N_{L1part2}$ shall be calculated as follows:

$$N_{L1part2} = \begin{cases} \text{If } L1_TI_MODE = 00 \text{ or } 01, \\ \left\lceil \frac{N_{L1part2_temp}}{2\eta_{MOD} \times N_{L1part2_FEC_Block}} \right\rceil \times 2\eta_{MOD} \times N_{L1part2_FEC_Block} \\ \text{Otherwise,} \\ \left\lceil \frac{N_{L1part2_temp}}{2\eta_{MOD} \times N_{L1_TI_Depth}} \right\rceil \times 2\eta_{MOD} \times N_{L1_TI_Depth} \end{cases}$$

where η_{MOD} is 4 for 16QAM, and $N_{L1_TI_Depth}$ is 4 and 8 for $L1_TI_MODE = 10$ and 11 , respectively, as shown in clause 8.2.

This step guarantees that $N_{L1part2}$ is a multiple of the number of columns of the bit interleaver, $2\eta_{MOD}$, (described in clause 8.4.3.6) and that $N_{L1part2}/\eta_{MOD}$ is a multiple of the number of OFDM Symbols for transmitting L1 signalling part 2. Note that the number of OFDM Symbols for transmitting L1 signalling part 2 are $N_{L1part2_FEC_Block}$ and $N_{L1_TI_Depth}$ for ' $L1_TI_MODE = 00, 01$ ' and ' $L1_TI_MODE = 10, 11$ ', respectively.

$$\text{Step 4) } N_{punc} = N_{punc_temp} - (N_{L1part2} - N_{L1part2_temp}).$$

$N_{L1part2}$ is the number of the encoded bits for each information block. After the shortening and puncturing, the encoded

bits of each block shall be mapped to $N_{MOD_per_Block} = \frac{N_{L1part2}}{\eta_{MOD}}$ modulated symbols. The total number of the

modulation symbols of $N_{L1part2_FEC_Block}$ blocks, N_{MOD_Total} is $N_{MOD_Total} = N_{MOD_per_Block} \times N_{L1part2_FEC_Block}$.

When 16QAM is used, a bit interleaving shall be applied across each LDPC block. Details of how to interleave the encoded bits are described in clause 8.4.3.6. Demultiplexing is then performed as described in clause 8.4.4.1. The demultiplexer output is then mapped to a 16QAM constellation, as described in clause 8.4.4.2.

8.4.3 FEC Encoding

8.4.3.1 Zero padding of BCH information bits

K_{sig} bits defined in clause 8.4.2 shall be encoded into a 16K ($N_{ldpc} = 16\,200$) LDPC codeword after BCH encoding.

Since the K_{sig} is always less than the number of BCH information bits ($= K_{bch} = 7\,032$) for a given code rate 1/2, the BCH code shall be shortened. A part of the information bits of the 16K LDPC code shall be padded with zeros in order to fill K_{bch} information bits. The padding bits shall not be transmitted.

All K_{bch} BCH information bits, denoted by $\{m_0, m_1, \dots, m_{K_{bch}-1}\}$, are divided into N_{group} ($= K_{ldpc}/360$) groups as follows:

$$X_j = \left\{ m_k \mid j = \left\lfloor \frac{k}{360} \right\rfloor, 0 \leq k < K_{bch} \right\} \text{ for } 0 \leq j < N_{group},$$

where X_j represents the j th bit group. The code parameters (K_{bch}, K_{ldpc}) are given in table 27 for L1 part 2 data.

Table 27: Code parameters (K_{bch}, K_{ldpc}) for L1 part 2 data

	K_{bch}	K_{ldpc}
L1 signalling part 2	7 032	7 200

For $0 \leq j \leq N_{group} - 2$, each bit group X_j has 360 bits and the last bit group $X_{N_{group}-1}$ has $360 - (K_{ldpc} - K_{bch}) = 192$ bits, as illustrated in figure 24.

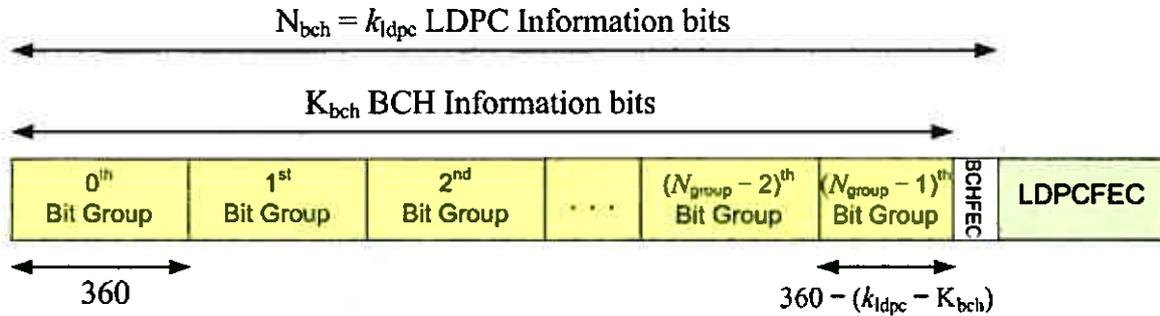


Figure 24: Format of data after LDPC encoding of L1 signalling part 2

For the given K_{sig} , the number of zero-padding bits is calculated as $(K_{bch} - K_{sig})$. Then, the shortening procedure is as follows:

Step 1) Compute the number of groups in which all the bits shall be padded, N_{pad} such that:

$$\text{If } 0 < K_{sig} \leq 360, N_{pad} = N_{group} - 1$$

$$\text{Otherwise, } N_{pad} = \left\lfloor \frac{K_{bch} - K_{sig}}{360} \right\rfloor$$

Step 2) For N_{pad} groups $X_{\pi_s(0)}, X_{\pi_s(1)}, \dots, X_{\pi_s(m-1)}, X_{\pi_s(N_{pad}-1)}$, all information bits of the groups shall be padded with zeros. Here, π_s is a permutation operator depending on the code rate and modulation order, described in table 28.

Step 3) If $N_{pad} = N_{group} - 1$, $(360 - K_{sig})$ information bits in the last part of the bit group $X_{\pi_s(N_{group}-1)}$ shall be additionally padded. Otherwise, for the group $X_{\pi_s(N_{pad})}$, $(K_{bch} - K_{sig} - 360 \times N_{pad})$ information bits in the last part of $X_{\pi_s(N_{pad})}$ shall be additionally padded.

Step 4) Finally, K_{sig} information bits are sequentially mapped to bit positions which are not padded in K_{bch} BCH information bits, $\{m_0, m_1, \dots, m_{K_{bch}-1}\}$ by the above procedure.

EXAMPLE: Suppose for example the value of K_{sig} is 3 986. In this case, from step (1), 8 groups would have all zero padded bits, and from step (2) these groups would be those with numbers 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11. From step (3), and additional 166 bits would be zero padded in Group 4. Finally from step (4) the 3 986 bits would be mapped sequentially to Groups 0, 1, 2, 3 (360 bits each), the first part of Group 4 (194 bits), Groups 5, 6, 7, 8, 9, 10 (360 bits each), and group 19 (192 bits). Figure 25 illustrates the shortening of the BCH information part in this case, i.e. filling BCH information bit positions not zero padded with K_{sig} information bits.

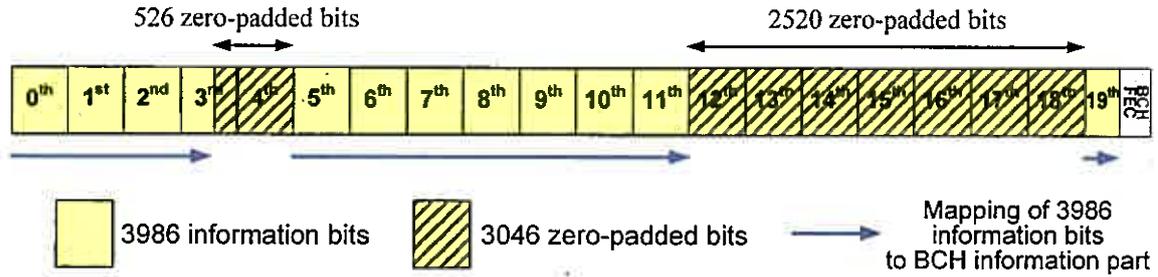


Figure 25: Example of shortening of BCH information part

Table 28: Permutation sequence of information bit group to be padded for L1 signalling part 2

Modulation and code rate		N_{group}	$\pi_s(j)$ ($0 \leq j < N_{group}$)									
			$\pi_s(0)$	$\pi_s(1)$	$\pi_s(2)$	$\pi_s(3)$	$\pi_s(4)$	$\pi_s(5)$	$\pi_s(6)$	$\pi_s(7)$	$\pi_s(8)$	$\pi_s(9)$
16QAM	1/2	20	18	17	16	15	14	13	12	11	4	10
			9	8	7	3	2	1	6	5	19	0

8.4.3.2 BCH encoding

The K_{bch} information bits (including the $K_{bch} - K_{sig}$ zero padding bits) shall first be BCH encoded according to clause 6.1.1 to generate $N_{bch} = K_{ldpc}$ output bits ($i_0 \dots i_{N_{bch}-1}$).

8.4.3.3 LDPC encoding

The $N_{bch} = K_{ldpc}$ output bits ($i_0 \dots i_{N_{bch}-1}$) from the BCH encoder, including the $(K_{bch} - K_{sig})$ zero padding bits and the $(K_{ldpc} - K_{bch})$ BCH parity bits form the K_{ldpc} information bits $I = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1})$ for the LDPC encoder. The LDPC encoder shall systematically encode the K_{ldpc} information bits onto a codeword A of size N_{ldpc} :

$$A = (i_0, i_1, \dots, i_{K_{ldpc}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1}) \text{ according to clause 6.1.2.}$$

8.4.3.4 Puncturing of LDPC parity bits

When the shortening is applied to encoding of the signalling bits, some LDPC parity bits shall be punctured after the LDPC encoding. These punctured bits shall not be transmitted.

All $N_{ldpc} - K_{ldpc}$ LDPC parity bits, denoted by $\{p_0, p_1, \dots, p_{N_{ldpc}-K_{ldpc}-1}\}$, are divided into Q_{ldpc} parity groups where each parity group is formed from a sub-set of the $N_{ldpc} - K_{ldpc}$ LDPC parity bits as follows:

$$P_j = \left\{ p_k \mid k \bmod Q_{ldpc} = j, 0 \leq k < N_{ldpc} - K_{ldpc} \right\} \quad \text{for} \quad 0 \leq j < Q_{ldpc},$$

where P_j represents the j th parity group and Q_{ldpc} is given in table 5(b). Each group has $(N_{ldpc} - K_{ldpc})/Q_{ldpc} = 360$ bits, as illustrated in figure 26.

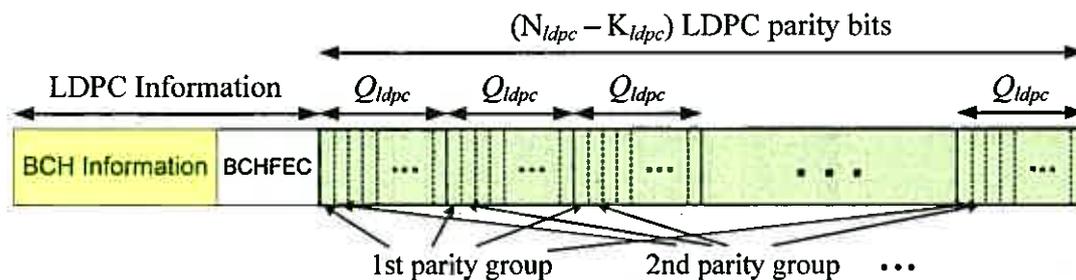


Figure 26: Parity bit groups in an FEC block

For the number of parity bits to be punctured, N_{punc} given in clause 8.4.2.

Step 1) Compute the number of groups in which all parity bits shall be punctured, N_{punc_groups} such that:

$$N_{punc_groups} = \left\lfloor \frac{N_{punc}}{360} \right\rfloor \text{ for } 0 \leq N_{punc} < N_{ldpc} - K_{ldpc}.$$

Step 2) For N_{punc_groups} parity bit groups $P_{\pi_p(0)}$, $P_{\pi_p(1)}$, ..., $P_{\pi_p(N_{punc_groups}-1)}$, all parity bits of the groups shall be punctured. Here, π_p is a permutation operator depending on the code rate and modulation order, described in table 29.

Step 3) For the group $P_{\pi_p(N_{punc_groups})}$, $(N_{punc} - 360 \times N_{punc_groups})$ parity bits in the first part of the group shall be additionally punctured.

Table 29: Permutation sequence of parity group to be punctured for L1 signalling part 2

Modulation and code rate		Order of parity group to be punctured, $\{\pi_p(j), 0 \leq j < Q_{ldpc} = 25\}$												
		$\pi_p(0)$	$\pi_p(1)$	$\pi_p(2)$	$\pi_p(3)$	$\pi_p(4)$	$\pi_p(5)$	$\pi_p(6)$	$\pi_p(7)$	$\pi_p(8)$	$\pi_p(9)$	$\pi_p(10)$	$\pi_p(11)$	$\pi_p(12)$
		$\pi_p(13)$	$\pi_p(14)$	$\pi_p(15)$	$\pi_p(16)$	$\pi_p(17)$	$\pi_p(18)$	$\pi_p(19)$	$\pi_p(20)$	$\pi_p(21)$	$\pi_p(22)$	$\pi_p(23)$	$\pi_p(24)$	-
16QAM	1/2	6	4	13	9	18	8	15	20	5	17	2	22	24
		7	12	1	16	23	14	0	21	10	19	11	3	-

8.4.3.5 Removal of zero padding bits

The $(K_{bch} - K_{sig})$ zero padding bits are removed and shall not be transmitted. This leaves a word consisting of the K_{sig} information bits, followed by the 168 BCH parity bits and $(N_{ldpc} - K_{ldpc} - N_{punc})$ LDPC parity bits.

8.4.3.6 Bit interleaving for L1 signalling part 2

When 16QAM modulation is used for the L1 signalling part 2, the LDPC codeword of length $N_{L1part2}$, consisting of K_{sig} information bits, 168 BCH parity bits, and $(9\,000 - N_{punc})$ LDPC parity bits, shall be bit-interleaved using a block interleaver. The configuration of the bit interleaver for the chosen 16QAM modulation is specified in table 30.

Table 30: Bit Interleaver structure

Modulation and code rate	Rows N_r	Columns N_c
16QAM	$\frac{1}{2}$	$N_{L1part2} / 8$

The LDPC codeword is serially written into the interleaver column-wise, and serially read out row-wise (the MSB of the L1 signalling part 2 is read out first) as shown in figure 27.

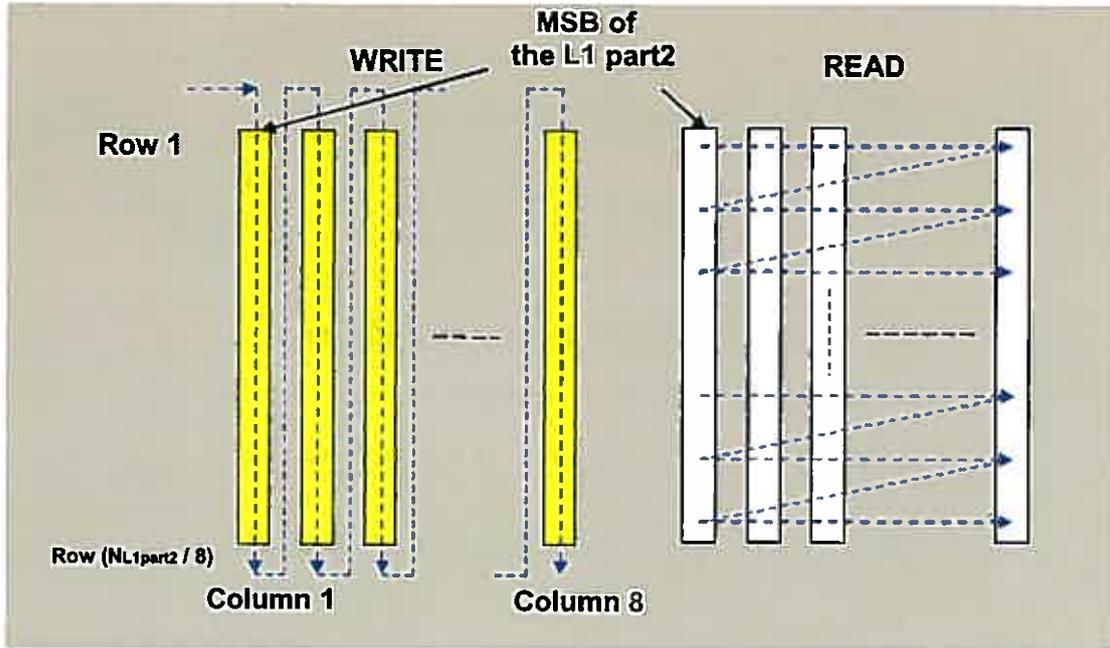


Figure 27: Bit interleaving scheme for L1 part 2 (16QAM)

8.4.4 Mapping bits onto constellations

Each bit-interleaved LDPC codeword shall be mapped onto constellations. The L1 signalling part 2 is first demultiplexed into cell words according to clause 8.4.4.1 and then the cell words are mapped into constellations according to clause 8.4.4.2.

8.4.4.1 Demultiplexing of L1 signalling part 2

Each bit-interleaved LDPC codeword, a sequence of $N_{L1part2}$ ($= K_{sig} + 168 + 9\,000 - N_{punc}$) bits shall be mapped onto constellations by first demultiplexing the input bits into parallel cell words and then mapping these cell words into constellation values. The number of output Data Cells and the effective number of bits per cell, η_{MOD} are defined in table 31.

The input bit-stream v_{di} is demultiplexed into $N_{substreams}$ sub-streams $b_{e,do}$, as shown in figure 13 in clause 6.2.1. The value of $N_{substreams}$ is also defined in table 31. Details of demultiplexing are described in clause 6.2.1. For 16QAM, the parameters for demultiplexing of bits to cells are the same as that of table 10(a) in clause 6.2.1.

Table 31: Parameters for bit-mapping into constellations

Modulation mode	η_{MOD}	Number of output Data Cells	Number of sub-streams, $N_{substreams}$
16QAM	4	$N_{L1part2} / 4$	8

For 16QAM, the output words from the demultiplexing of width $N_{substreams}$, $[b_{0,do} \dots b_{N_{substreams}-1,do}]$ are split into two words of width $\eta_{MOD} = N_{substreams} / 2$, $[y_{0,2do} \dots y_{\eta_{MOD}-1,2do}]$ and $[y_{0,2do+1} \dots y_{\eta_{MOD}-1,2do+1}]$, as described in clause 6.2.1.

8.4.4.2 Mapping onto QAM constellations

The cell words of each coded L1 signalling part 2, $[y_{0,q} \dots y_{\eta_{MOD}-1,q}]$ are mapped into constellations f_q according to clause 6.2.2, where q is the index of the cells within each bit-interleaved LDPC codeword. For each coded L1 signalling part 2, $0 \leq q < N_{MOD_per_Block}$

8.5 Time interleaving of L1 signalling part 2 data

The purpose of time interleaving of the L1-part 2 data is to make L1-part2 data transmission more robust than the payload data, especially when time interleaving is applied to Data Slice. Time interleaving of L1-part2 data is identical to that of Data Slice except that pilot and reserved tone positions in a preamble are completely excluded in time interleaving process.

The Time Interleaver (TI) shall operate at L1-part2 data level before the L1 XFECFrame with L1 header is repeated to fill a L1 block symbol bandwidth. The time interleaving and L1 block building with different interleaving parameters are depicted in figure 28.

The L1 TI MODE indicates the depth of L1-part2 data time interleaving and signalled in L1 header signalling. L1_TI_MODE = "00" means no time interleaving is applied for L1-part2 data. When L1_TI_MODE = "01" (best-fit), the time interleaving depth is the minimum number of OFDM Symbols necessary for carrying a L1 block, or $N_{L1part2_FEC_Block}$ (see clause 8.4.2 for more details of segmentation of L1-part2 data). Otherwise, the time interleaving depth is explicitly signalled and the depth is 4 OFDM Symbols when L1_TI_MODE = "10" as shown in figure 28.

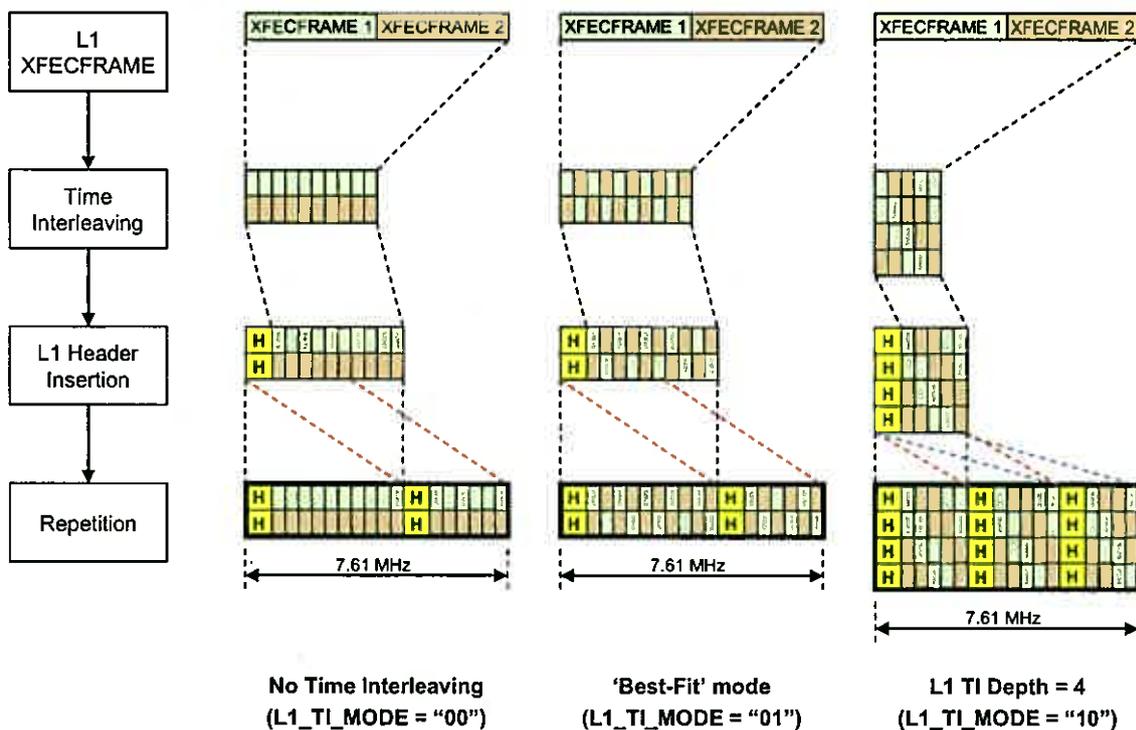


Figure 28: Time interleaving of L1-part2 data

All L1-part2 Data Cells after constellation mapping are grouped into one L1 TI block. As a result, there exists one L1 TI block per C2 Frame. The length of time interleaving period T_P is calculated as:

$$T_P = T_S \times N_{L1_TI_DEPTH},$$

where T_S is a total OFDM Symbol duration and $N_{L1_TI_DEPTH}$ is the time interleaving depth determined by L1_TI_MODE signalled in L1 header signalling.

The TI shall be a twisted row-column block interleaver like as in the Data Slice. The number of rows N_r of a TI memory is equal to $N_{LI_TI_DEPTH}$ and the number of columns N_c is calculated as:

$$N_c = N_{MOD_Total} / N_{LI_TI_DEPTH}$$

where N_{MOD_Total} is the total number of the L1-part2 Data Cells. Note that $N_{LI_TI_DEPTH}$ should be equal or larger than minimum number of OFDM Symbols required for carrying the L1 block, $N_{L1part2_FEC_Block}$. Details of required number of bits and cells for carrying L1-part2 data is described in clause 8.4.2.

The input L1-part2 Data Cells are serially written into the TI memory in a diagonal direction, and serially read out row-wise as shown in figure 29.

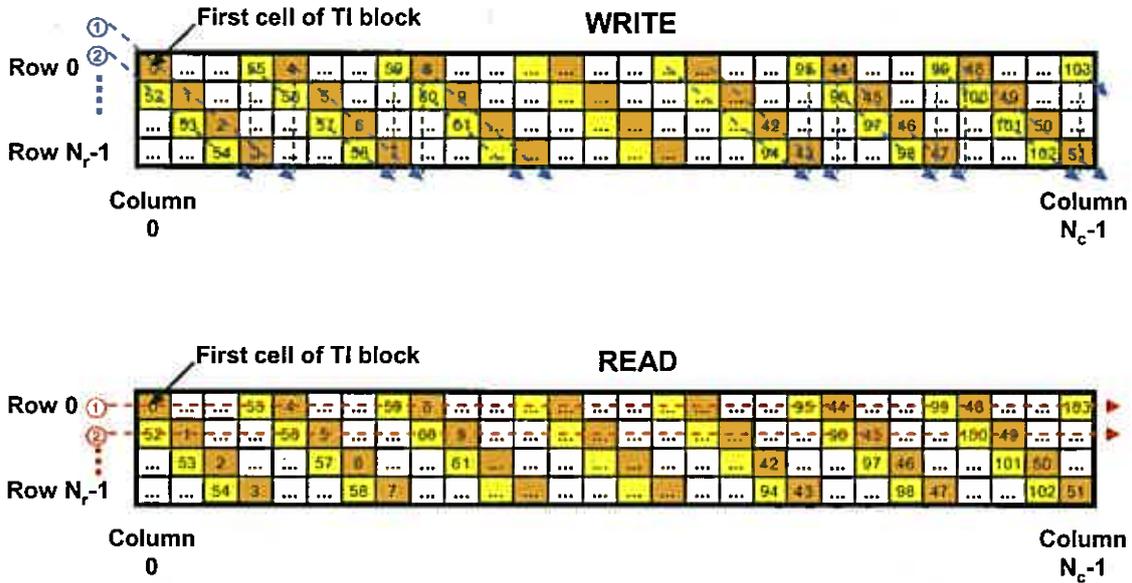


Figure 29: Time interleaving of L1 data ($N_{MOD_TOTAL}=208$, $N_{LI_TI_DEPTH}=4$)

Assuming d_i ($i = 0, \dots, N_{MOD_Total} - 1$) as the L1-part2 Data Cells input to the time interleaver, the column index C_i , the row index R_i and associated twisting parameter T_{C_i} to store d_i is calculated as:

$$\begin{aligned} C_i &= i \bmod N_c \\ T_{C_i} &= C_i \bmod N_r \\ R_i &= (T_{C_i} + (i \operatorname{div} N_c)) \bmod N_r. \end{aligned}$$

Every cell position in the TI memory is uniquely defined by a coordinate (R_i, C_i) . The L1-part2 Data Cells d_i are written in positions (R_i, C_i) :

```
for ( $i = 0$ ;  $i < N_{MOD\_Total}$ ;  $i = i + 1$ ) {
    GENERATE ( $R_i, C_i$ );
    WRITE  $d_i$  to ( $R_i, C_i$ );
}
```

Note that the time interleaving structure shall not be changed after frame building although neither pilot nor reserved tone position is considered in L1-part2 data time interleaving process, which is different from the case of Data Slice.

9 Frame Builder

This clause defines the frame builder functions that always apply for a C2 System. The function of the frame builder is to assemble the cells of the Preamble Symbols(s) as well as the cells produced for each of the Data Slices into arrays of active OFDM Cells corresponding to the preamble structure and each of the Data Slices and OFDM Symbols which make up the overall frame structure. The frame builder operates according to the dynamic information produced by the scheduler (see clause 5.2.1) and the configuration of the frame structure.

9.1 C2 Frame structure

The C2 Frame structure is shown in figure 30. The C2 Frame structure comprises L_P Preamble Symbols ($L_P \geq 1$) followed by L_{data} Data Symbols. The Preamble Symbols are divided in frequency direction into L1 block symbols of same bandwidth (3 408 subcarriers or approximately 7,61 MHz). The Data Slices have an arbitrary bandwidth as a multiple of the pilot pattern specific granularity but shall not exceed the L1 block symbol bandwidth. Frequency Notches can be inserted into the C2 signal across a C2 Frame. The insertion of frequency Notches is described in clauses 9.3.5 and 9.4.1.3.

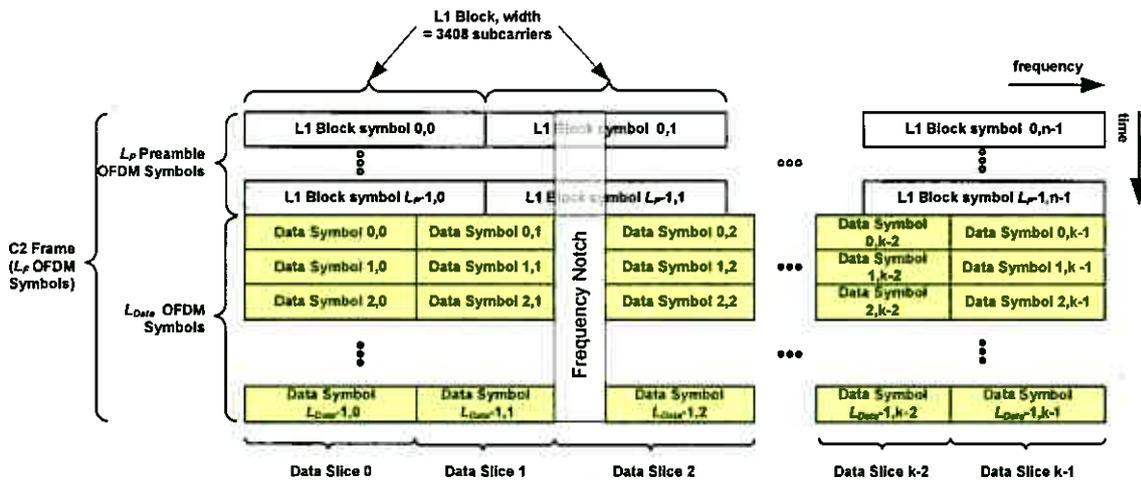


Figure 30: The C2 Frame structure: the C2 Frame starts with at least one Preamble Symbol (L_P) followed by L Data Symbols

The special properties of the Preamble Symbols are explained in clause 9.3. The L1 block symbols of the Preamble Symbol(s) allow reliable time and frequency synchronization and also carry the L1 signalling data part 2. The L1 signalling part 2 data to be carried is described in clause 8.3, its modulation, error correction and coding and the mapping of this data onto the L1 block symbols is described in clause 8.4.

9.1.1 Duration of the C2 Frame

The beginning of the first Preamble Symbol marks the beginning of the C2 Frame. The data part of the C2 Frame consists of $L_{data} = 448$ symbols (approx. 203,8 ms for $GI = 1/64$ or 202,2 ms for $GI = 1/128$, $T_U = 448 \mu s$).

The number of Preamble Symbols L_P can be derived from the length information at the beginning of each L1 signalling part 2 block.

The C2 Frame duration is therefore given by:

$$T_F = (L_P + L_{data}) \times T_s$$

where T_s is the total OFDM Symbol duration.

9.2 Pilot Reference Sequence

9.2.1 Data Scrambling Sequence

The reference sequence described below is used to scramble the preamble data and is used to generate the pilot's modulation.

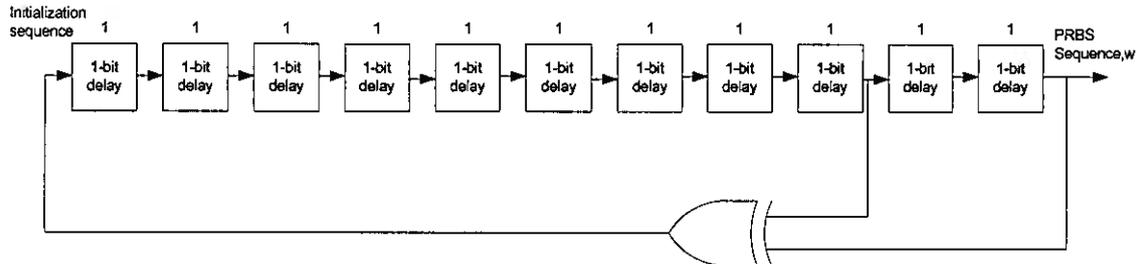


Figure 31: Generation of PRBS sequence

The PRBS sequence, w_i is generated according to figure 31, where w_i is the i -th output value of the PRBS generator. Its polynomial for the PRBS generator shall be:

$$X^{11} + X^2 + 1$$

The shift register is initialized with all '1's so that the sequence begins with $w_0, w_1, w_2 \dots = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, \dots$

9.2.2 Pilot Scrambling Sequence

The pilots shall carry a unique synchronization sequence w_k^p , where k is the absolute OFDM carrier index.

The sequence is defined as:

$$w_k^p = w_k \oplus w_i' \text{ with } i = (k \bmod K_{LI}) / D_p$$

Where: k is the OFDM carrier index, w_i' is the i -th output of the PRBS generator defined below, w_k is the k -th output of the reference sequence defined in clause 9.2.1 and $D_p = 6$ is the separation of the preamble pilots. Please note that i is always an integer value, as the reference sequence is only defined for pilot positions (i.e. $k \bmod D_p = 0$).

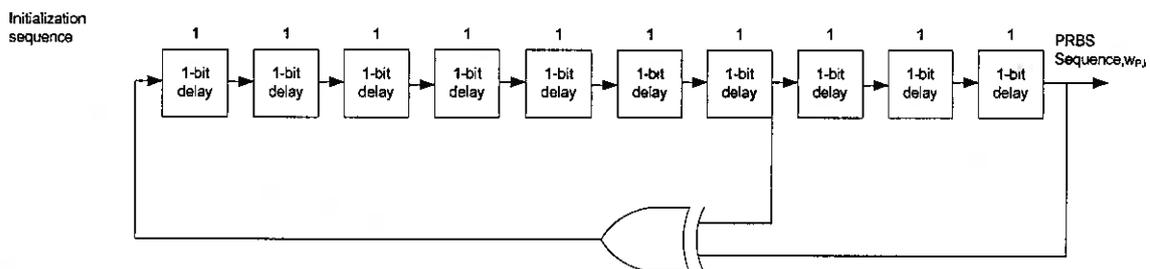


Figure 32: Definition of pilot modulation

The corresponding sequence w_i' is generated by the PRBS defined in figure 32. Its polynomial shall be:

$$X^{10} + X^3 + 1$$

The register is initialized to all '1's and the sequence begins $w_0', w_1', w_2' \dots = 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, \dots$

9.2.3 Pilot Reference Sequence

The preamble pilots shall be differentially BPSK modulated against each other. Therefore, the pilot reference sequence is generated by differential modulation of the pilot scrambling sequence, which is achieved by an XOR operation.

The pilot reference sequence for each OFDM pilot at position k is therefore given by:

$$r_k = \begin{cases} w_k^P & \text{if } k \bmod K_{L1} = 0 \\ r_{k-6} \oplus w_k^P & \text{otherwise} \end{cases}$$

where r_k only has to be defined if k is multiple of 6.

9.3 Preamble Symbol

9.3.1 Preamble Symbol overview

At the beginning of every frame a Preamble Symbol shall be sent. The Preamble Symbol is constructed with L_P OFDM Symbols, while the Preamble Symbol shares the same OFDM parameters as the normal Data Symbols. In the frequency domain, the preamble is subdivided into L1 Signalling Blocks. Each L1 Signalling Block contains all Layer 1-part 2 information as defined in clause 8.

The definition of the OFDM Cell $c_{m,l,k}^P$ is calculated generically for $k = 0, \dots, \infty$. However, this definition is for simplicity only and only the OFDM carriers $K_{\min} \leq k \leq K_{\max}$ have to be calculated and are transmitted, where K_{\min} is the lowest frequency used by the C2 Signal and K_{\max} is the highest frequency used by the C2 Signal. This structure is also depicted in figure 33. The carriers outside the actual signal bandwidth are referred to as virtual signalling data. Their purpose is the clarification of the cyclic frequency structure of the signalling data.

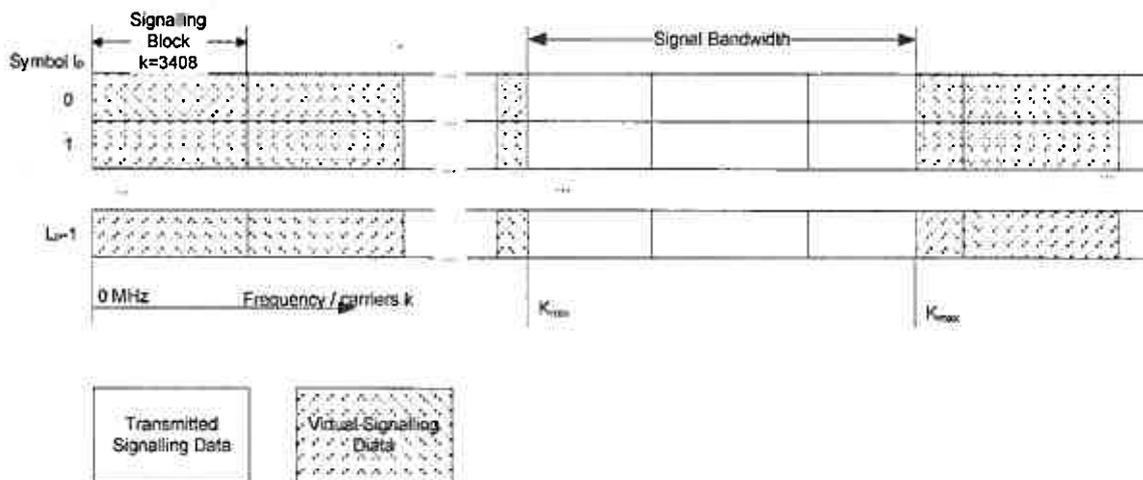


Figure 33: Preamble symbol structure in the frequency domain

9.3.2 Frequency Interleaving

The purpose of the preamble frequency interleaver is the separation of neighbouring data cells and to avoid error bursts caused by narrow band interferers or frequency selectivity. Therefore, the same frequency interleaver as for the Data Slices shall be used (see clause 9.4.5), which works on the $N_{L1} = 2\,840$ data cells of each L1 Block.

The interleaved vector $A_{l_p}^P = (a_{l_p,0}^P, a_{l_p,1}^P, \dots, a_{l_p, N_{L1}-1}^P)$ is defined by:

$$a_{l_p,q}^P = x_{l_p, H_0(q)} \text{ for even symbols in the preamble } (l_p \bmod 2 = 0) \text{ for } q = 0, 1, \dots, N_{L1} - 1$$

$$a_{l_p,q}^P = x_{l_p, H_1(q)} \text{ for odd symbols in the preamble } (l_p \bmod 2 = 1) \text{ for } q = 0, 1, \dots, N_{L1} - 1$$

with $N_{L1} = 2840$.

9.3.3 Pilot insertion

The pilots of each Signalling Block are uniquely defined and allow for the time and frequency synchronization to the preamble. Unlike the normal pilots, the pilots within the preamble are transmitted at the same power level as the data, i.e. they are not boosted. The pilots are differentially BPSK modulated against each other, giving a receiver the possibility to synchronize on this differentially encoded reference information.

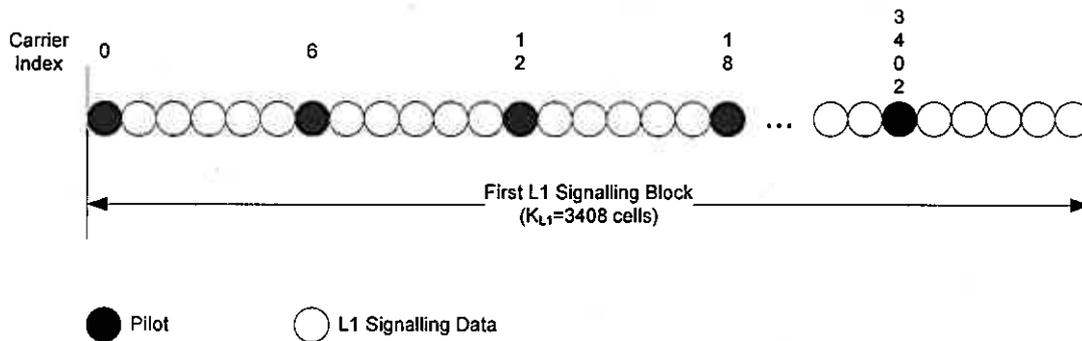


Figure 34: L1 Block signalling

9.3.3.1 Locations of the preamble pilots

A given OFDM carrier k of the Preamble Symbol is a pilot if the following equation is fulfilled:

$$k \bmod D_p = 0$$

Where: k is the OFDM carrier index and $D_p = 6$ is the separation of the preamble pilots.

9.3.3.2 Amplitude and modulation of the preamble pilots

The pilots shall be modulated as:

$$\operatorname{Re}\{c_{m,l_p,k}^P\} = A_{pp} \cdot 2(1/2 - r_k)$$

$$\operatorname{Im}\{c_{m,l_p,k}^P\} = 0$$

Where A_{pp} is the amplitude of the preamble pilots, r_k is the pilot reference sequence as defined in clause 9.2.3, m is the C2 Frame, l_p is the Preamble Symbol number and k is the absolute carrier index.

The amplitude of preamble pilots (A_{pp}) is fixed to $A_{pp}=6/5$ in case of 1/128 Guard Interval and fixed to $A_{pp}=4/3$ in case of 1/64 Guard Interval.

9.3.4 Mapping and scrambling of the signalling data

The OFDM Cells that are not occupied by pilots shall carry signalling data. As the signalling data is cyclic in the frequency domain, it shall be scrambled. The content of each data preamble OFDM Cell k is defined as:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}\{c_{m,l_p,k}^P\} &= \operatorname{Re}\{a_{l_p,q}^P\} \cdot (-1)^{w_k} \\ \operatorname{Im}\{c_{m,l_p,k}^P\} &= \operatorname{Im}\{a_{l_p,q}^P\} \cdot (-1)^{w_k} \end{aligned} \quad \text{with } q = (k \bmod K_{L1}) - \lceil (k \bmod K_{L1}) / 6 \rceil$$

Where $a_{l_p,q}^P$ is the output of the frequency interleaver of OFDM Symbol l_p at index q , w_k is the k -th output of the reference sequence defined in clause 9.2.1 and $K_{L1} = 3408$ is the number of OFDM carriers per L1 Signalling Block.

Since Data Slices are typically not aligned to L1 signalling blocks the receiver tuning window typically contains parts of different L1 signalling blocks. The re-ordering of the included sub-carriers to retrieve the L1 block in the frequency domain (i.e. after FFT on receiver side) is shown in figure 35.

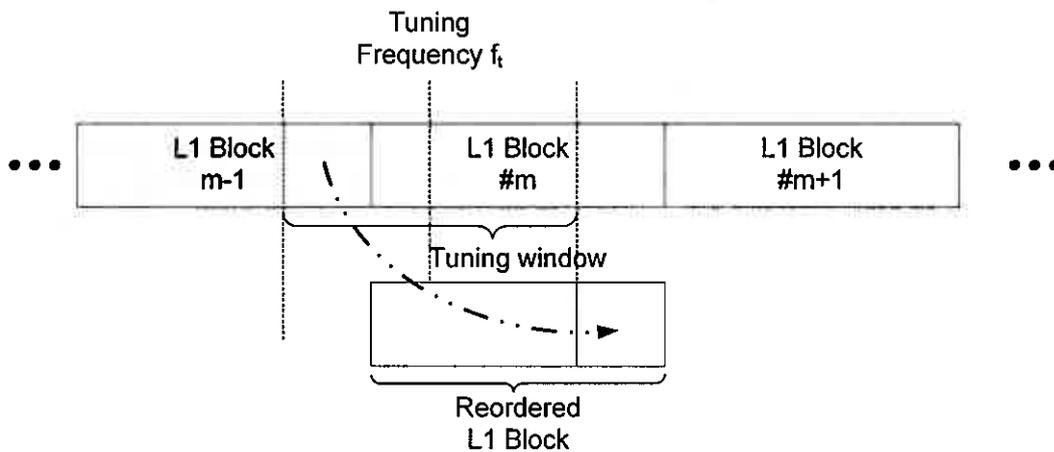


Figure 35: Retrieving a complete L1 block out of two partial L1 blocks

Depending on the receiver tuning frequency f_t , (given as actual tuning position as OFDM subcarrier mod K_{L1}) the reordered L1 Block (including pilots) is described as follows (3 584 subcarrier receiver example):

- $f_t \bmod K_{L1} < 1704$: $L1_subcarriers = [L1_m(f_t \dots (f_t + 1704)), L1_{m-1}((f_t + K_{L1} - 1703) \dots K_{L1})]$
- $f_t \bmod K_{L1} \geq 1704$: $L1_subcarriers = [L1_m((f_t - 1703) \dots K_{L1}), L1_{m+1}(1 \dots (f_t - K_{L1} + 1704))]$

With m as the index of the L1 block.

9.3.5 Notches within Preamble Symbols

Equivalent to Data Slices Preamble Symbols may contain Notches. The cells within preamble Notches shall not carry any transmit power. Preamble Notches always coincide with Data Slice Notches, i.e. the same OFDM sub-carriers are omitted. Notches can be applied to Preamble Symbols in 2 different ways.

9.3.5.1 Narrowband Notches

Narrowband Notches have a bandwidth below 48 OFDM subcarriers. The Data Slices bandwidth is a multiple of the guard interval granularity (i.e. 11, 23, 35, 47 subcarriers for $GI = 1/64$ or 23, 47 subcarriers for $GI = 1/128$).

The lack of L1 signalling in narrowband Notches is compensated by the preamble FEC. Only one narrowband Notch shall be allowed at any tuning position of 3408 OFDM subcarriers (i.e. 7,61 MHz for the 8 MHz mode and 5,71 MHz for the 6 MHz mode) bandwidth.

9.3.5.2 Broadband Notches

Broadband Notches have a bandwidth higher than 47 subcarriers. For Data Slice decoding the receiver tuner shall not tune to a region with a broadband Notch since a reliable L1 decoding cannot be guaranteed (missing L1 blocks cannot be recovered by the preamble FEC in every case).

Broadband Notches shall not be inserted in the C2 System unless at least one neighbored continuous L1 signalling block region above 3 408 subcarriers is available. During initial acquisition to a C2 System this allows the receiver to recognize the broadband Notch and to retune to a frequency range with consistent L1 signalling data.

Broadband Notches shall always be located between different Data Slices.

In case the set of subcarriers of C2 system neighbored to a broadband notch is below 3 408 subcarriers (i.e. L1 blocks can't be decoded in a reliable way), all Data Slices within this set of subcarriers shall use the Data Slice Type 2 and be configured to 'fixed' (i.e. DSLICE_CONST_CONF flag in L1 part 2 signalling is set to 1).

In any case the minimum set of subcarriers of a C2 System neighbored to a broadband notch is 841 subcarriers, ensuring that at least 5 continual pilots are available in the related frequency band for proper signal processing in receivers.

9.4 Data Slice generation

Data Slices can be treated as separate channels and no interleaving is performed between different ones. Each Data Slice is identified by a start OFDM carrier $K_{DS,min}$ and an end OFDM carrier $K_{DS,max}$, whereby $K_{DS,min} \geq K_{min}$ and $K_{DS,max} < K_{max}$. Data Slices shall only start and end at scattered pilots positions and end next to a scattered pilot position. Additionally, Data Slices shall not overlap each other.

9.4.1 Location of Data Slices

9.4.1.1 Start and end OFDM carrier of Data Slices

The start and the end frequency of the Data Slices is signalled in the Layer 1 Signalling by means of the START_FREQUENCY, the DSLICE_TUNE_POS, the DSLICE_OFFSET_LEFT and DSLICE_OFFSET_RIGHT values. While the START_FREQUENCY and the DSLICE_TUNE_POS are quasi static between different C2 Frames, the other two values may change every frame, depending on the chosen mode. As the Data Slices shall only start at scattered pilots positions and end next to them, the signalling depends on the value D_X (which depends on the Guard Interval size). Furthermore, the value of START_FREQUENCY shall be a multiple of D_X as well.

Thus, the start frequency and end carrier of a Data Slice shall be:

$$K_{DS,min} = (DSLICE_TUNING_POS + DSLICE_OFFSET_LEFT) \cdot D_X + START_FREQUENCY$$

$$K_{DS,max} = (DSLICE_TUNING_POS + DSLICE_OFFSET_RIGHT) \cdot D_X + START_FREQUENCY - 1$$

9.4.1.2 Maximum width of Data Slices

The width of each Data Slice shall not exceed 3 408 OFDM carriers (7,61 MHz for $T_U = 448 \mu s$), i.e.:

$$K_{DS,max} - K_{DS,min} < 3408$$

If the width of a Data Slice exceeds 3 408 OFDM carriers, the receiver shall ignore the Data Slice, i.e. treat it as not present.

9.4.1.3 Minimum width of Data Slices

The Layer 1 signalling may indicate Data Slices without any payload capacity. Such Data Slices may be used if no payload data has to be transmitted. These Data Slices shall be signalled by:

$$DSLICE_OFFSET_LEFT = DSLICE_OFFSET_RIGHT$$

No Data Slices with negative width shall be signalled. If Data Slices with negative width are received, these Data Slices shall be ignored by the receiver.

If DSLICE_TYPE is '0' and the Data Slice has a width > 0, the Data Slice shall be able to transmit at least one complete Data Slice Packet.

9.4.1.4 Notches within Data Slices

Data Slices may contain Notches. The cells within these Notches shall not carry any transmit power. The start and the end carrier of each Notch are indicated within the corresponding Layer 1 signalling. Notches always start and end next to scattered pilot positions.

The start carrier and end carrier of each Notch shall be defined as:

$$K_{N,\min} = NOTCH_START \cdot D_X + START_FREQUENCY + 1$$

$$K_{N,\max} = (NOTCH_START + NOTCH_WIDTH) \cdot D_X + START_FREQUENCY - 1$$

where D_X is the guard interval dependent pilots repartition. Notches having a NOTCH_WIDTH of 0 shall be ignored by the receiver.

9.4.2 Number of payload cells in Data Slice

The number of payload cells per Data Slice per OFDM Symbol N_{DS} equals $(K_{DS,\max} - K_{DS,\min} + 1)$ minus the number of continual pilots, scattered pilots, reserved tones and cells that are located in Notches.

Please note that the number of payload cells in a Data Slice may vary between different OFDM Symbols in one C2 Frame.

9.4.3 Mapping of the Data Slice Packets

The Data Slice Packets shall be mapped onto the N_{DS} Data Cells per OFDM Symbol. Data Cells within a Data Slice are cells, which are not pilots, reserved tones or Notches. The Data Slice Packet data g_0, \dots, g_{N_X-1} shall be mapped onto the Data Cells $a_{m,l,k}$ of the OFDM Symbol in an increasing value of the carrier index k within the range:

$$K_{DS,\min} \leq k \leq K_{DS,\max}$$

If the data of one Data Slice Packet exceeds the length of a C2 Frame, the data shall cross seamlessly into the next C2 Frame. If a Data Slice was not present in the previous C2 Frame (a Data Slice of width 0 was present), the Data Slice Packet data shall be mapped to the first available Data Cell of the Data Slice.

For DSLICE_TYPE='0' the start of the first complete Data Slice Packet shall be signalled within the PLP_START value of the Layer 1 signalling. If the Data Slice has zero width, the PLP_START shall be set to zero.

If no payload data is to be transmitted for DATA_SLICE_TYPE '1', dummy Data Slice Packets shall be transmitted instead (see clause 7.2).

9.4.4 Time Interleaving

The time interleaver (TI) shall operate at Data Slice level. The parameters of time interleaving may be different for different Data Slices within a C2 System, while it is the same for all PLPs within a Data Slice. The exact number and positions of all pilots and reserved tones within each Data Slice shall be known to the TI prior to frame building.

The Data Cells from a Data Slice builder for each Data Slice shall be grouped into TI blocks. The start and/or end of Data Slice Packets of each PLP constituting the Data Slice may not be aligned with those of TI blocks. Each TI block within the Data Slice shall contain $N_{DSLICE_TI_DATA_CELL}$ payload Data Cells carried by $N_{DSLICE_TI_DEPTH}$ Data Symbols. $N_{DSLICE_TI_DEPTH}$ is known from DSLICE_TI_DEPTH signalled in L1 signalling part2 (see clause 8.3). $N_{DSLICE_TI_DATA_CELL}$ is calculated as:

$$N_{DSLICE_TI_DATA_CELL} = \sum_{l \in TI\ block} N_{DS}^l$$

where N_{DS}^l is the number of payload cells of l -th Data Symbol of the TI block, which is described in clause 9.4.2 in more detail. Every TI block of the Data Slice shall have the same number of payload cells.

The length of time interleaving period T_p is defined as:

$$T_p = T_s \times N_{DSLICE_TI_DEPTH}$$

where T_s is a total OFDM Symbol duration.

Simple and typical TI memory space (one per Data Slice) is identical to the space of $N_{DSLICE_TI_DEPTH}$ Data Symbols within the Data Slice. In other words, the TI memory space includes the positions of all pilot and reserved tone cells as well as $N_{DSLICE_TI_DATA_CELL}$ Data Cells. The pilot and reserved tone cell positions within TI memory may be filled with dummy zeros. Notch bands in the Data Slice may be discarded from the TI memory.

The TI shall store in the TI memories the Data Cells from the output of Data Slice builder. As the number and position of all pilots and reserved tones are previously known to the TI, the Data Cells should not be stored in pilot or reserved tone positions. Reserved pilot and reserved tone positions in the TI memory guarantees the time interleaving structure of Data Cells (shown in figure 37) are unchanged after frame building.

Typically, the time interleaver will also act as a buffer for Data Slice cells prior to the process of frame building. This can be achieved by means of two memory banks for each Data Slice. The first TI block is written to the first bank. The second TI block is written to the second bank whilst the first bank is being read from and so on, see figure 36.

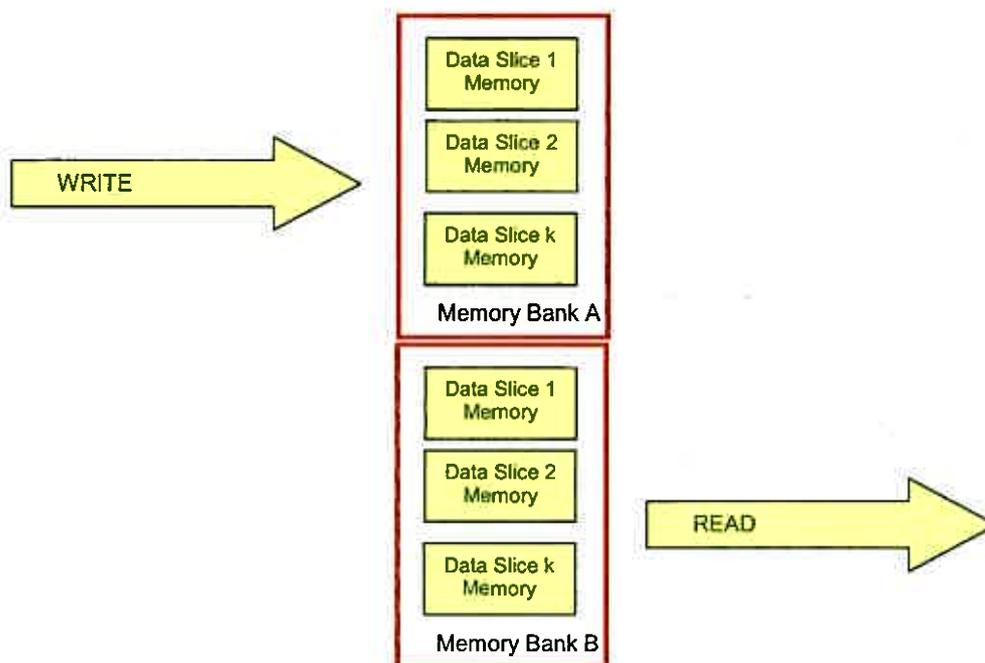


Figure 36: Example of operation of time interleaver memory banks

The TI shall be a twisted row-column block interleaver: the number of rows N_r in the interleaver is equal to the time interleaving depth $N_{DSLICE_TI_DEPTH}$ and the number of columns N_c to Data Slice width N_{DSLICE_WIDTH} . The Data Slice width is identified by:

$$N_{DSLICE_WIDTH} = K_{DS,max} - K_{DS,min} + 1,$$

where $K_{DS,max}$ and $K_{DS,min}$ is the start and end OFDM Cell index of the Data Slice respectively. More details of Data Slice configuration is described in clause 9.4.1.1. The input cells are serially written into the interleaver memory in a diagonal direction, and serially read out row-wise as shown in figure 37.

Assuming the index i ranging from 0 to $(N_{DSLICE_TI_CELL}-1)$, where $N_{DSLICE_TI_CELL}$ is the total number of cells within $N_{DSLICE_TI_DEPTH}$ Data Symbols of the Data Slice and calculated as:

$$N_{DSLICE_TI_CELL} = N_{DSLICE_TI_DEPTH} \times N_{DSLICE_WIDTH}.$$

The column index C_i , the row index R_i and associated twisting parameter T_{C_i} is calculated as:

$$C_i = i \bmod N_c$$

$$T_{C_i} = C_i \bmod N_r$$

$$R_i = (T_{C_i} + (i \text{ div } N_c)) \bmod N_r.$$

Then, every cell positions in the TI memory is uniquely defined by a coordinate (R_i, C_i) . The input Data Cells d_k ($k = 0, \dots, N_{DSLICE_TI_DATA_CELL}-1$) are written in positions (R_i, C_i) ($i = 0, \dots, N_{DSLICE_TI_CELL}-1$) within the TI memory only if the positions are assigned for payload Data Cells:

```

k = 0;
for (i = 0; i < NDSLICE_TI_CELL; i = i + 1) {
    GENERATE (Ri, Ci);
    if (Ri, Ci) = data cell position {
        WRITE dk to (Ri, Ci);
        k = k + 1;
    }
}

```

Note that the TI outputs only Data Cells from the TI memory excluding dummy pilot cells and reserved tones. As a result, the input and output Data Cell rates are unchanged after time interleaving.

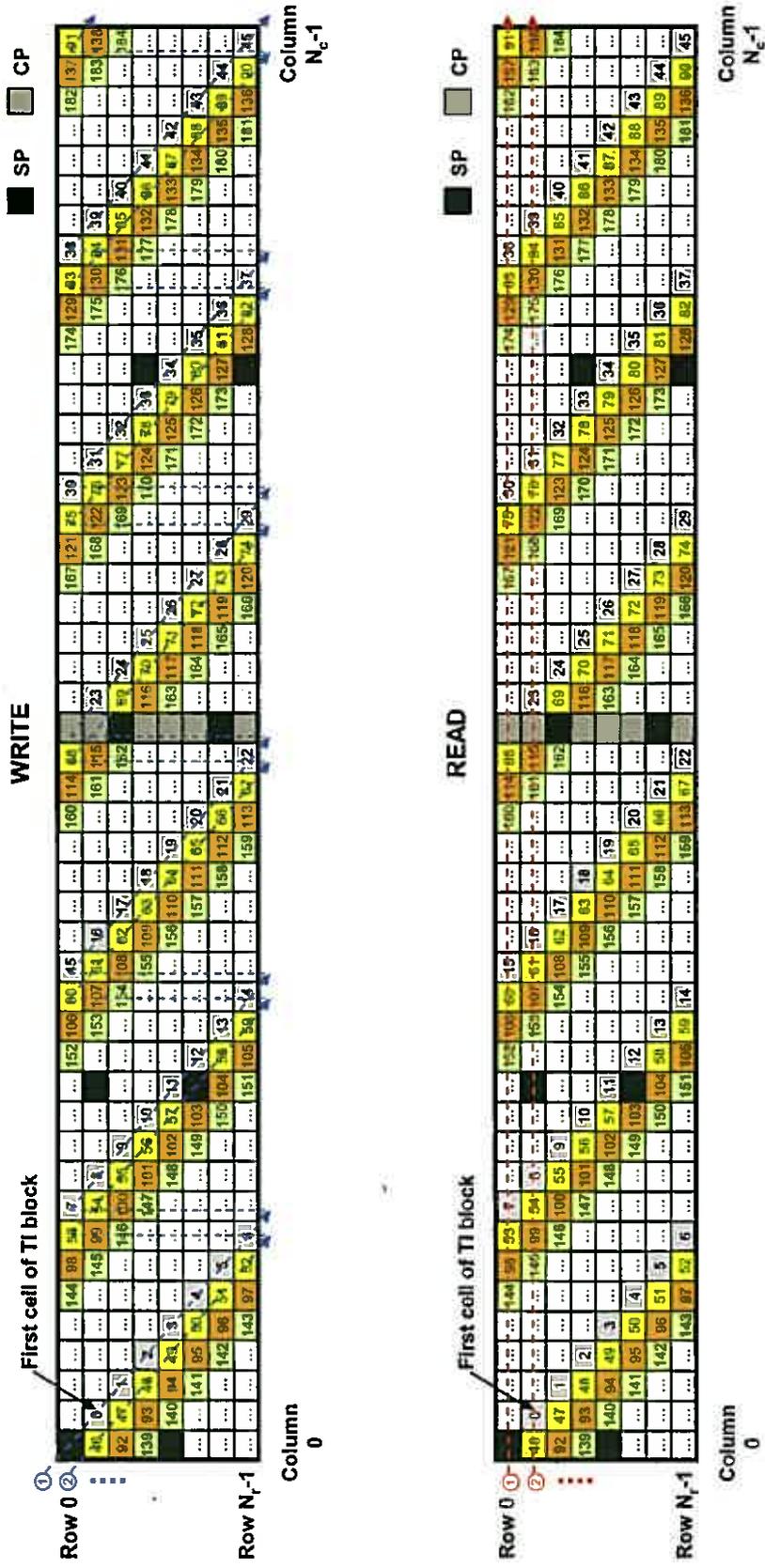


Figure 37: Time interleaver ($D_x=12$, $G_l=1/64$, $N_r=8$, $N_c=48$, $DSLICE_WIDTH=4$)

9.4.5 Frequency Interleaving

The frequency interleaver operates on the Data Cells of one OFDM Symbol that comprise the slice of cells allocated to a given Data Slice. Its purpose is to map the Data Cells of this slice from the frame builder onto the N_{data} data carriers allocated for the given Data Slice in each OFDM Symbol.

For Data Slice n , the frequency interleaver shall process the Data Cells $X_{m,l} = (x_{m,l,0}, x_{m,l,1}, \dots, x_{m,l,N_{\text{data}}(n)-1})$ of the OFDM Symbol l of C2 Frame m from the frame builder.

The parameter M_{max} is defined as 4 096, i.e. the smallest power of 2 higher than the maximum Data Slice width of 3 408 OFDM Cells.

For Data Slice n with $N_{\text{data}}(n)$ data carriers in OFDM symbol l of M_{max} sub-carriers the interleaved vector $A_{m,l} = (a_{m,l,0}, a_{m,l,1}, a_{m,l,2}, \dots, a_{m,l,N_{\text{data}}(n)-1})$ is defined by:

$$a_{m,l,q} = x_{m,l,H_0(q)} \text{ for even symbols of the frame } (l \bmod 2 = 0) \text{ for } q = 0, \dots, N_{\text{data}}(n)-1$$

$$a_{m,l,q} = x_{m,l,H_1(q)} \text{ for odd symbols of the frame } (l \bmod 2 = 1) \text{ for } q = 0, \dots, N_{\text{data}}(n)-1$$

$H_0(q)$ and $H_1(q)$ are permutation function based on the sequence R'_i defined by the following.

An $(N_r - 1)$ bit binary word R'_i is defined, with $N_r = \log_2 M_{\text{max}}$, where R'_i takes the following values:

$$i = 0,1: \quad R'_i [N_r-2, N_r-3, \dots, 1, 0] = 0, 0, \dots, 0, 0$$

$$i = 2: \quad R'_i [N_r-2, N_r-3, \dots, 1, 0] = 0, 0, \dots, 0, 1$$

$$2 < i < M_{\text{max}}: \quad \{ R'_i [N_r-3, N_r-4, \dots, 1, 0] = R'_{i-1} [N_r-2, N_r-3, \dots, 2, 1];$$

$$\text{where: } N_r = 12 \text{ and } R'_i [10] = R'_{i-1} [0] \oplus R'_{i-1} [2].$$

A vector R_i is derived from the vector R'_i by the bit permutations given in table 32.

Table 32: Bit permutations for the 4K mode

R'_i bit positions	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
R_i bit positions (H_0)	7	10	5	8	1	2	4	9	0	3	6
R_i bit positions (H_1)	6	2	7	10	8	0	3	4	1	9	5

Each permutation function $H(q)$ is defined by the following algorithm:

$$q = 0;$$

$$\text{for } (i = 0; i < M_{\text{max}}; i = i + 1)$$

$$\{ H(q) = (i \bmod 2) \cdot 2^{N_r-1} + \sum_{j=0}^{N_r-2} R_i(j) \cdot 2^j;$$

$$\text{if } (H(q) < N_{\text{data}}(n)) \quad q = q + 1; \}$$

A schematic block diagram of the algorithm used to generate the permutation function is represented in figure 38.

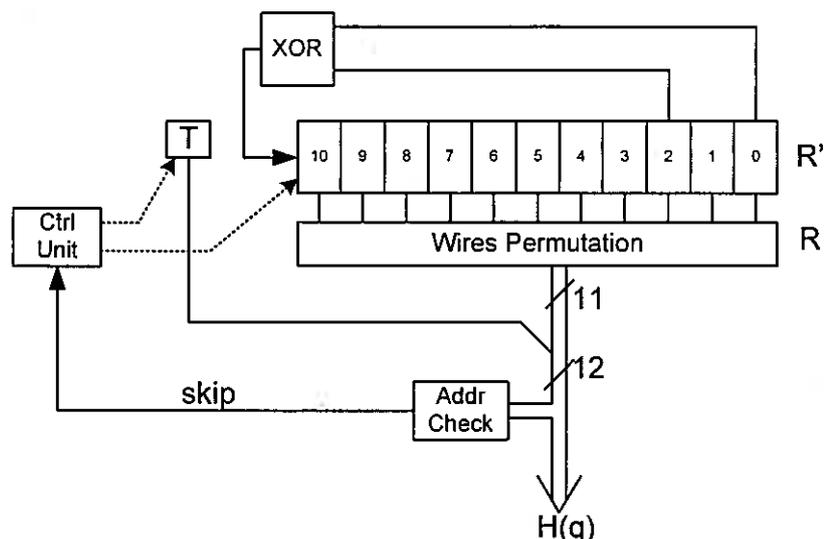


Figure 38: Frequency interleaver address generation scheme for the 4K mode OFDM

The output of the frequency interleaver for Data Slice n is the interleaved vector of Data Cells $A_{m,l} = (a_{m,l,0}, a_{m,l,1}, a_{m,l,2}, \dots, a_{m,l,N_{\text{data}}(n)-1})$ that is then allocated to Data Cells $v_{m,l,i}$ of symbol l of C2 Frame m according to:

$$v_{m,l,B(n)+i} = a_{m,l,i}$$

where $B(n)$ is the location of the first Data Cell of symbol l allocated to slice n and $i = 0, 1, 2, \dots, N_{\text{data}}(n)-1$.

9.5 Stuffing Data Slices

Within an OFDM signal Stuffing Data Slices may be transmitted. The Stuffing Data Slices shall not be signalled within the L1 signalling. Pilots and dummy carriers shall be transmitted at the same positions as in normal Data Slices.

The modulation of the cells not mapped to pilots or reserved tones shall carry a mean power value of 1. The transmitter shall ensure a random-like distribution of the modulation values.

9.6 Pilot Insertion

9.6.1 Introduction

Various cells within the OFDM frame are modulated with reference information whose transmitted value is known to the receiver. Cells containing reference information are transmitted at "boosted" power level. These cells are termed scattered, continual and edge pilots. The locations and amplitudes of these pilots are defined in clauses 9.6.2 to 9.6.4. The value of the pilot information is derived from a reference sequence, r_k which is a series of values, one for each transmitted carrier on any given symbol. The reference sequence is defined in clause 9.2.3.

The pilots can be used for frame synchronization, frequency synchronization, time synchronization, channel estimation and can also be used to follow the phase noise.

Table 33 gives an overview of the different types of pilot and the symbols in which they appear. This clause only describes pilots inserted to Data Symbols i.e. scattered, continual and edge pilots. Preamble pilots are described in clause 9.3.3.

Table 33: Presence of the various types of pilots in each type of symbol (X=present)

Symbol	PILOT TYPE			
	Scattered	Continual	Edge	Preamble
Preamble				X
Data	X	X	X	

The following clauses specify values for $c_{m,l,k}$ for certain values of m , l and k , where m and l are the C2 Frame and symbol number as previously defined, and k is the OFDM carrier index (see clause 3.2).

9.6.2 Scattered pilot insertion

Reference information, taken from the reference sequence, is transmitted in scattered pilot cells in every symbol except Preamble Symbol(s) of the C2 Frame. The locations of the scattered pilots are defined in clause 9.6.2.1, their amplitudes are defined in clause 9.6.2.2 and their modulation is defined in clause 9.6.2.3.

9.6.2.1 Locations of the scattered pilots

The locations of scattered pilots depend only upon the symbol index l , carrier index k and the GI fraction. A given carrier k of the OFDM signal on a given symbol l will be a scattered pilot if the appropriate equation below is satisfied:

$$k \bmod (D_X \cdot D_Y) = D_X (l \bmod D_Y)$$

where: D_X, D_Y are defined in table 34.
 k : 0 RF origin carrier index.
 l : Data Symbol index.

Table 34: Parameters defining the scattered pilot patterns

GI Fraction	Separation of pilot bearing carriers (D_X)	Number of symbols forming one scattered pilot sequence (D_Y)
1/64	12	4
1/128	24	4

The scattered pilot patterns are illustrated in annex H.

9.6.2.2 Amplitudes of the scattered pilots

The amplitudes of the scattered pilots, A_{SP} , are fixed as $\sqrt{3}/3$. This amplitude is commonly used for continual pilots and edge pilots as well.

9.6.2.3 Modulation of the scattered pilots

The phases of the scattered pilots are derived from the reference sequence given in clause 9.3.

The modulation value of the scattered pilots is given by:

$$\operatorname{Re}\{c_{m,l,k}\} = A_{SP} 2^{(1/2 - r_k)}$$

$$\operatorname{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0.$$

where A_{SP} is as defined in clause 9.6.2.2, r_k is defined in clause 9.3, m is the C2 Frame index, k is the frequency index of the carriers.

9.6.3 Continual pilot insertion

In addition to the scattered pilots described above, a number of continual pilots are inserted in every symbol of the frame except for Preamble Symbol(s). The number and location of continual pilots are the same for all GI fractions (i.e. for scattered pilot patterns).

9.6.3.1 Locations of the continual pilots

The continual pilot locations are defined within a block of $K_{L1} = 3\,408$ carriers and this pattern is repeated to support the entire range of possible carriers. The K_{L1} carrier index block is aligned with the L1 signalling block, whose length is also K_{L1} .

The continual pilot locations within the K_{L1} carrier index block are defined in table 35. A given carrier index k of the OFDM signal will be a continual pilot if $k \bmod K_{L1}$ is matched with one of the numbers in table 34.

Table 35: Continual Pilot Carrier Indices

Indices							
96	216	306	390	450	486	780	804
924	1 026	1 224	1 422	1 554	1 620	1 680	1 902
1 956	2 016	2 142	2 220	2 310	2 424	2 466	2 736
3 048	3 126	3 156	3 228	3 294	3 366		

9.6.3.2 Amplitudes of the Continual Pilots

The amplitudes of the continual pilots, A_{CP} , are fixed as $7/3$. This amplitude is commonly used for scattered pilots and edge pilots as well.

9.6.3.3 Modulation of the Continual Pilots

The phases of the continual pilots are derived from the reference sequence given in clause 9.3.

The modulation value for the continual pilots is given by:

$$\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = 2 A_{CP} (1/2 - r_k)$$

$$\text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0.$$

where r_k is defined in clause 9.3.

9.6.4 Edge pilot insertion

In addition to the scattered and continual pilots, a number of edge pilots are also inserted at the 'edge' carrier locations in every symbol except Preamble Symbol(s). The number of edge pilots depends upon the number of spectrum Notches within an OFDM signal.

9.6.4.1 Locations of the edge pilots

There are two kinds of edge carrier; those carriers at the upper and lower extremes of the OFDM spectrum and those carriers either side of a spectrum Notch. The edge pilots are inserted in both cases.

The lowest frequency edge pilot of the OFDM spectrum is inserted by replacing potential data and scattered pilot carriers. On the other hand the highest frequency edge pilot of the OFDM spectrum is inserted as an extra carrier to the data carriers. This ensures that the edge pilots are on the scattered pilot bearing carriers. These pilot locations are shown in figure 39.

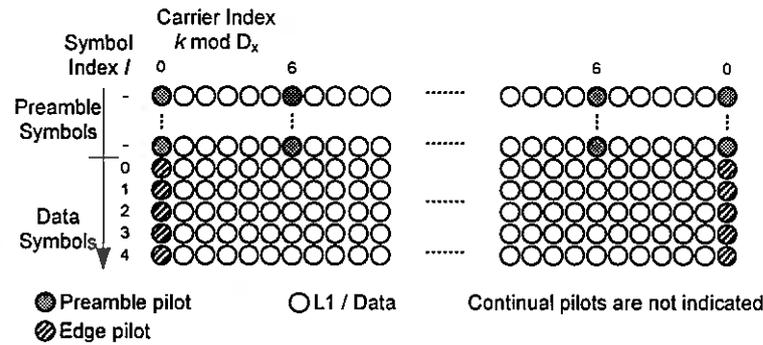


Figure 39: OFDM spectrum edge pilot locations

Edge pilots are also placed either side of spectrum Notches. The edge pilot for the lower frequency edge of a Notch is inserted at carrier index $K_{N,\min} - 1$, whereas the edge pilot for the higher frequency edge of a Notch is inserted at carrier index $K_{N,\max} + 1$. Where $K_{N,\min}$ and $K_{N,\max}$ are the start and end carrier indices for a spectrum Notch, details are defined in clause 9.4.1.3. These edge pilots will lie on scattered pilot bearing subcarriers. These pilot locations are shown in figure 40.

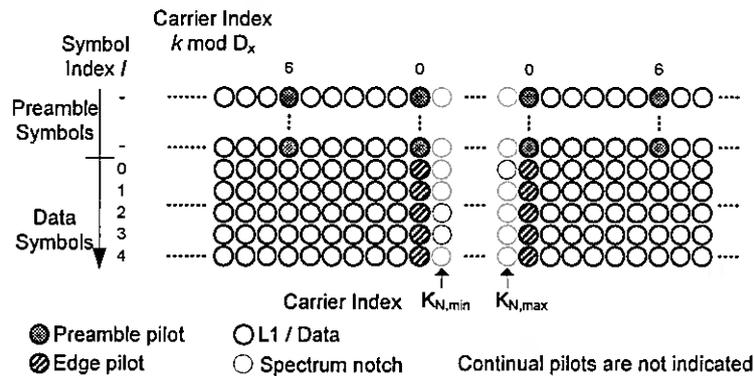


Figure 40: Spectrum Notch edge pilot locations

NOTE: The edge pilot locations are always be at integer multiples of D_x . They are scattered pilot bearing carriers.

9.6.4.2 Amplitudes of the Edge Pilots

The amplitude of the edge pilots and the scattered pilots is $7/3$.

9.6.4.3 Modulation of the Edge Pilots

The modulation of these cells is exactly the same as for the scattered pilots, as defined in clause 9.6.2.3:

$$\text{Re}\{c_{m,l,k}\} = 2 A_{SP} (1/2 - r_k)$$

$$\text{Im}\{c_{m,l,k}\} = 0.$$

9.7 Dummy carrier reservation

Some OFDM Cells can be reserved for varying purposes, e.g. PAPR reduction. The amplitudes of these cells can be defined freely, while their power level shall not exceed the power level of pilots within the data OFDM Symbols.

In the Data Symbols excluding Preamble Symbols, the set of carriers corresponding to carrier indices defined in table 36 or their circularly shifted set of carriers shall be reserved depending on the OFDM Symbol index of the Data Symbol, when the reserved tones are activated by a relevant L1 signalling part 2, 'RESERVED_TONES'. The amount of shift between two consecutive OFDM Symbols shall be determined by the separation of pilot bearing carriers, D_X and the number of symbols forming one scattered pilot sequence, D_Y (see table 34 in clause 9.6.2.1). Furthermore, the reserved carrier patterns are repeated at every interval of 8 blocks of $K_{LI}=3$ 408 carriers. Thus, in the Data Symbol corresponding to Data Symbol index l of a C2 Frame, the OFDM Cell is a reserved tone if:

$$[k \bmod (8 \cdot K_{LI})] - D_X(l \bmod D_Y) \in S_0 \quad 0 \leq l < L_{Data}$$

where k is the absolute carrier index, L_{data} denotes the number of Data Symbols in a C2 Frame, and S_0 is the set of carrier indices listen in table 36.

Positions of reserved carriers within Notches shall be excluded from the set of reserved carriers.

Table 36: Reserved carrier indices S_0

Reserved Carrier Indices S_0
161, 243, 296, 405, 493, 584, 697, 741, 821, 934, 1021, 1160, 1215, 1312, 1417, 1462, 1591, 1693, 1729, 1845, 1910, 1982, 2127, 2170, 2339, 2365, 2499, 2529, 2639, 2745, 2864, 2950, 2992, 3119, 3235, 3255, 3559, 3620, 3754, 3835, 3943, 3975, 4061, 4210, 4270, 4371, 4417, 4502, 4640, 4677, 4822, 4904, 5026, 5113, 5173, 5271, 5317, 5426, 5492, 5583, 5740, 5757, 5839, 5935, 6033, 6146, 6212, 6369, 6454, 6557, 6597, 6711, 6983, 7047, 7173, 7202, 7310, 7421, 7451, 7579, 7666, 7785, 7831, 7981, 8060, 8128, 8251, 8326, 8369, 8445, 8569, 8638, 8761, 8873, 8923, 9017, 9104, 9239, 9283, 9368, 9500, 9586, 9683, 9782, 9794, 9908, 9989, 10123, 10327, 10442, 10535, 10658, 10739, 10803, 10925, 11006, 11060, 11198, 11225, 11326, 11474, 11554, 11663, 11723, 11810, 11902, 11987, 12027, 12117, 12261, 12320, 12419, 12532, 12646, 12676, 12808, 12915, 12941, 13067, 13113, 13246, 13360, 13426, 13520, 13811, 13862, 13936, 14073, 14102, 14206, 14305, 14408, 14527, 14555, 14650, 14755, 14816, 14951, 15031, 15107, 15226, 15326, 15392, 15484, 15553, 15623, 15734, 15872, 15943, 16043, 16087, 16201, 16299, 16355, 16444, 16514, 16635, 16723, 16802, 16912, 17150, 17285, 17387, 17488, 17533, 17603, 17708, 17793, 17932, 18026, 18081, 18159, 18285, 18356, 18395, 18532, 18644, 18697, 18761, 18874, 18937, 19107, 19119, 19251, 19379, 19414, 19522, 19619, 19691, 19748, 19875, 19935, 20065, 20109, 20261, 20315, 20559, 20703, 20737, 20876, 20950, 21069, 21106, 21231, 21323, 21379, 21494, 21611, 21680, 21796, 21805, 21958, 22027, 22091, 22167, 22324, 22347, 22459, 22551, 22691, 22761, 22822, 22951, 22981, 23089, 23216, 23290, 23402, 23453, 23529, 23668, 23743, 24019, 24057, 24214, 24249, 24335, 24445, 24554, 24619, 24704, 24761, 24847, 24947, 25089, 25205, 25274, 25352, 25474, 25537, 25612, 25711, 25748, 25874, 25984, 26078, 26155, 26237, 26324, 26378, 26545, 26623, 26720, 26774, 26855, 26953, 27021, 27123

10 OFDM generation

The function of the OFDM generation module is to take the cells produced by the frame builder, as frequency domain coefficients and to transform them into the frequency domain.

10.1 IFFT - OFDM Modulation

This clause specifies the OFDM structure to use for each transmission mode. The transmitted signal is organized in frames. Each frame has duration of T_F , and consists of L_F OFDM Symbols. Each symbol is constituted by a set of K_{total} carriers transmitted with a duration T_S . It is composed of two parts: a useful part with duration T_U and a guard interval with duration Δ . The guard interval consists of a cyclic continuation of the useful part, T_U , and is inserted before it. The allowed combinations of FFT size and guard interval are defined in table 38.

The symbols in a C2 Frame are numbered from 0 to L_F-1 . All symbols contain data and reference information.

Since the OFDM signal comprises many separately modulated carriers, each symbol can in turn be considered to be divided into cells, each corresponding to the modulation carried on one carrier during one symbol.

The carriers are indexed by $k \in [K_{\min}; K_{\max}]$ and determined by K_{\min} and K_{\max} . The spacing between adjacent carriers is $1/T_U$ while the spacing between carriers K_{\min} and K_{\max} are determined by K_{total}/T_U .

The emitted signal is described by the following expression:

$$s(t) = \text{Re} \left\{ \sum_{m=0}^{\infty} \left[\frac{1}{\sqrt{K_{\text{total}}}} \sum_{l=0}^{L_F-1} \sum_{k=K_{\min}}^{K_{\max}} c_{m,l,k} \times \psi_{m,l,k}(t) \right] \right\}$$

Where:

$$\psi_{m,l,k}(t) = \begin{cases} e^{j2\pi \frac{k}{T_U}(t-\Delta-lT_s-mT_F)} & mT_F + lT_S \leq t < mT_F + (l+1)T_S \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

and:

k denotes the carrier number;

l denotes the OFDM Symbol number starting from 0 for the first Preamble Symbol of the frame;

m denotes the C2 Frame number;

K_{total} is the number of transmitted carriers, i.e. $K_{\text{total}} = K_{\max} - K_{\min} + 1$;

L_F total number of OFDM Symbols per frame (including the preamble);

T_S is the total symbol duration for all symbols, and $T_S = T_U + \Delta$;

T_U is the active symbol duration defined in table 38;

Δ is the duration of the guard interval, see clause 10.2;

$c_{m,l,k}$ is the complex modulation value for carrier k of the OFDM Symbol number l in C2 Frame number m ;

T_F is the duration of a frame, $T_F = L_F T_S$;

K_{\min} Carrier index of first (lowest frequency) active carrier;

K_{\max} Carrier index of last (highest frequency) active carrier.

The OFDM parameters are summarized in table 38. The values for the various time-related parameters are given in multiples of the Elementary Period T and in microseconds. The Elementary Period T is specified for each channel raster bandwidth in table 37.

Table 37: Elementary period as a function of channel raster bandwidth

Channel Raster	"6 MHz"	"8 MHz"
Elementary period T	7/48 μs	7/64 μs

Table 38: OFDM parameters

Parameter	"6 MHz" 1/64	"6 MHz" 1/128	"8 MHz" 1/64	"8 MHz" 1/128
Number of OFDM carriers per L1 Block K_{L1}	3 408	3 408	3 408	3 408
Bandwidth of L1 Signalling Block (see note)	<i>5,71 MHz</i>	<i>5,71 MHz</i>	<i>7,61 MHz</i>	<i>7,61 MHz</i>
Duration T_U	<i>4 096 T</i>	<i>4 096 T</i>	<i>4 096 T</i>	<i>4 096 T</i>
Duration T_U μ s (see note)	<i>597,3</i>	<i>597,3</i>	<i>448</i>	<i>448</i>
Carrier spacing $1/T_U$ (Hz) (see note)	<i>1 674</i>	<i>1 674</i>	<i>2 232</i>	<i>2 232</i>
Guard Interval Duration Δ/T_U	<i>64T</i>	<i>32T</i>	<i>64T</i>	<i>32T</i>
Guard Interval Duration Δ/T_U μ s (see note)	<i>9,33</i>	<i>4,66</i>	<i>7</i>	<i>3,5</i>
NOTE: Numerical values in italics are approximate values.				

10.2 Guard interval insertion

Two different guard interval fractions (Δ/T_U) are defined. Further details are given in table 38 in clause 10.1.

10.3 Spectrum characteristics

The OFDM Symbols constitute a juxtaposition of equally-spaced orthogonal carriers. The amplitudes and phases of the Data Cell carriers are varying symbol by symbol according to the mapping process previously described.

The power spectral density $P_k(f)$ of each carrier at frequency:

$$f_k = \frac{k}{T_u} \text{ for } K_{\min} \leq k \leq K_{\max}$$

is defined by the following expression:

$$P_k(f) = \left[\frac{\sin \pi(f - f_k)T_s}{\pi(f - f_k)T_s} \right]^2$$

The overall power spectral density of the modulated Data Cell carriers is the sum of the power spectral densities of all these carriers. A theoretical DVB transmission signal spectrum is illustrated in figure 41. The blue curve illustrates the theoretical spectrum of a 7,61 MHz wide signal (The first used subcarrier K_{\min} is located at the relative frequency of 0 MHz). The red curve illustrates the lower frequency edge of a 445 MHz wide signal. Because the OFDM Symbol duration is larger than the inverse of the carrier spacing, the main lobe of the power spectral density of each carrier is narrower than twice the carrier spacing. Therefore the spectral density is not constant within the nominal bandwidth.

NOTE: This theoretical spectrum takes no account of the variations in power from carrier to carrier caused by the boosting of the pilot carriers.

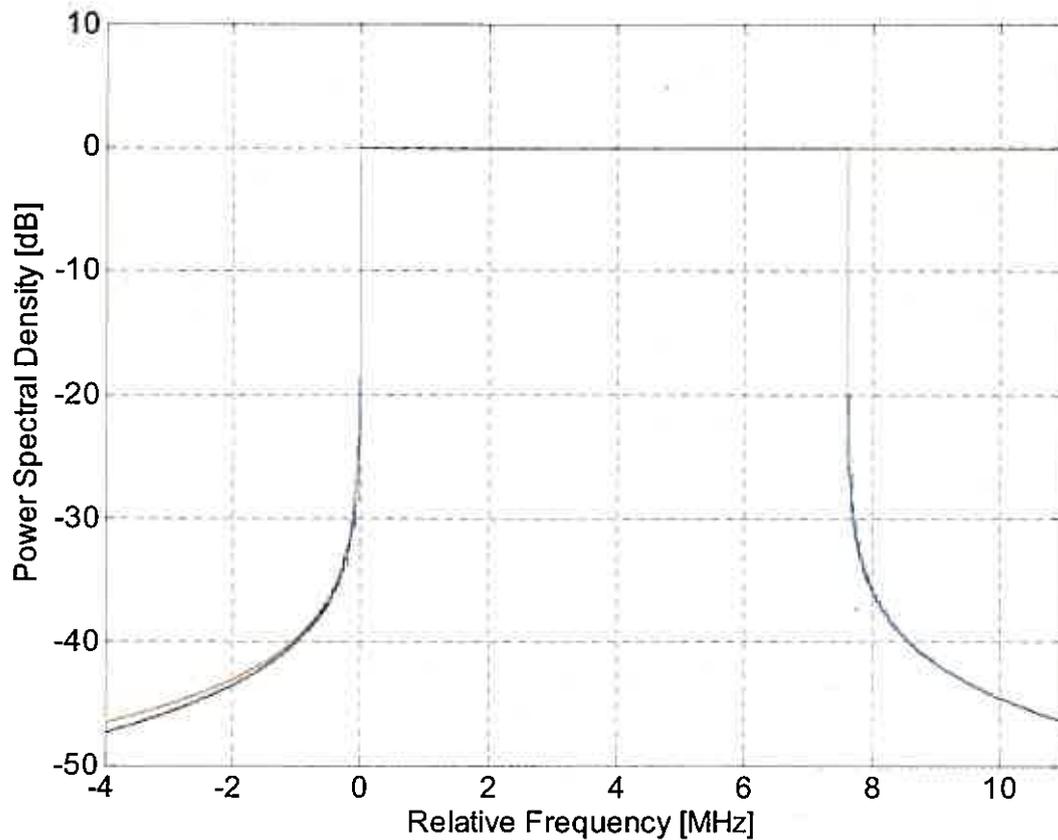


Figure 41: Theoretical DVB-C2 signal spectrum for guard interval fraction 1/128 and different signal bandwidths (8 MHz and 445 MHz (lower edge only))

No specific requirements are set in terms of the spectrum characteristics after amplification and filtering, since it is considered to be more appropriately defined by the relevant standardization authorities, depending on both the regions and the frequency bands in which the C2 System is to be deployed.

Annex A (normative): Addresses of parity bit accumulators for Nldpc = 64 800

Example of interpretation of table A.1.

$$\begin{aligned}
 p_{317} &= p_{317} \oplus i_0 & p_{2255} &= p_{2255} \oplus i_0 & p_{2324} &= p_{2324} \oplus i_0 & p_{2723} &= p_{2723} \oplus i_0 & p_{3538} &= p_{3538} \oplus i_0 \\
 p_{3576} &= p_{3576} \oplus i_0 & p_{6194} &= p_{6194} \oplus i_0 & p_{6700} &= p_{6700} \oplus i_0 & p_{9101} &= p_{9101} \oplus i_0 & p_{10057} &= p_{10057} \oplus i_0 \\
 p_{12739} &= p_{12739} \oplus i_0 & p_{17407} &= p_{17407} \oplus i_0 & p_{21039} &= p_{21039} \oplus i_0 & & & &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_{377} &= p_{377} \oplus i_0 & p_{2315} &= p_{2315} \oplus i_0 & p_{2384} &= p_{2384} \oplus i_0 & p_{2783} &= p_{2783} \oplus i_0 & p_{3598} &= p_{3598} \oplus i_0 \\
 p_{3636} &= p_{3636} \oplus i_0 & p_{6254} &= p_{6254} \oplus i_0 & p_{6760} &= p_{6760} \oplus i_0 & p_{9161} &= p_{9161} \oplus i_0 & p_{10117} &= p_{10117} \oplus i_0 \\
 p_{12799} &= p_{12799} \oplus i_0 & p_{17467} &= p_{17467} \oplus i_0 & p_{21099} &= p_{21099} \oplus i_0 & & & &
 \end{aligned}$$

: : : : : : : :

: : : : : : : :

$$\begin{aligned}
 p_{21857} &= p_{21857} \oplus i_{359} & p_{23795} &= p_{23795} \oplus i_{359} & p_{23864} &= p_{23864} \oplus i_{359} & p_{24263} &= p_{24263} \oplus i_{359} \\
 p_{25078} &= p_{25078} \oplus i_{359} & p_{25116} &= p_{25116} \oplus i_{359} & p_{27734} &= p_{27734} \oplus i_{359} & p_{28240} &= p_{28240} \oplus i_{359} \\
 p_{30641} &= p_{30641} \oplus i_{359} & p_{31597} &= p_{31597} \oplus i_{359} & p_{34279} &= p_{34279} \oplus i_{359} & p_{38947} &= p_{38947} \oplus i_{359} \\
 p_{42579} &= p_{42579} \oplus i_{359} & & & & & &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 p_{1958} &= p_{1958} \oplus i_{360} & p_{2007} &= p_{2007} \oplus i_{360} & p_{3294} &= p_{3294} \oplus i_{360} & p_{4394} &= p_{4394} \oplus i_{360} & p_{12762} &= p_{12762} \oplus i_{360} \\
 p_{14505} &= p_{14505} \oplus i_{360} & p_{14593} &= p_{14593} \oplus i_{360} & p_{14692} &= p_{14692} \oplus i_{360} & p_{16522} &= p_{16522} \oplus i_{360} \\
 p_{17737} &= p_{17737} \oplus i_{360} & p_{19245} &= p_{19245} \oplus i_{360} & p_{21272} &= p_{21272} \oplus i_{360} & p_{21379} &= p_{21379} \oplus i_{360}
 \end{aligned}$$

: : : : : : : :

: : : : : : : :

Table A.1: Rate 2/3 ($N_{ldpc} = 64\ 800$)

317	2255	2324	2723	3538	3576	6194	6700	9101	10057	12739	17407	21039	10574	11268	17932
1958	2007	3294	4394	12762	14505	14593	14692	16522	17737	19245	21272	21379	15442	17266	20482
127	860	5001	5633	8644	9282	12690	14644	17553	19511	19681	20954	21002	390	3371	8781
2514	2822	5781	6297	8063	9469	9551	11407	11837	12985	15710	20236	20393	10512	12216	17180
1565	3106	4659	4926	6495	6872	7343	8720	15785	16434	16727	19884	21325	4309	14068	15783
706	3220	8568	10896	12486	13663	16398	16599	19475	19781	20625	20961	21335	3971	11673	20009
4257	10449	12406	14561	16049	16522	17214	18029	18033	18802	19062	19526	20748	9259	14270	17199
412	433	558	2614	2978	4157	6584	9320	11683	11819	13024	14486	16860	2947	5852	20101
777	5906	7403	8550	8717	8770	11436	12846	13629	14755	15688	16392	16419	3965	9722	15363
4093	5045	6037	7248	8633	9771	10260	10809	11326	12072	17516	19344	19938	1429	5689	16771
2120	2648	3155	3852	6888	12258	14821	15359	16378	16437	17791	20614	21025	6101	6849	12781
1085	2434	5816	7151	8050	9422	10884	12728	15353	17733	18140	18729	20920	3676	9347	18761
856	1690	12787											350	11659	18342
6532	7357	9151											5961	14803	16123
4210	16615	18152											2113	9163	13443
11494	14036	17470											2155	9808	12885
2474	10291	10323											2861	7988	11031
1778	6973	10739											7309	9220	20745
4347	9570	18748											6834	8742	11977
2189	11942	20666											2133	12908	14704
3868	7526	17706											10170	13809	18153
8780	14796	18268											13464	14787	14975
160	16232	17399											799	1107	3789
1285	2003	18922											3571	8176	10165
4658	17331	20361											5433	13446	15481
2765	4862	5875											3351	6767	12840
4565	5521	8759											8950	8974	11650
3484	7305	15829											1430	4250	21332
5024	17730	17879											6283	10628	15050
7031	12346	15024											8632	14404	16916
179	6365	11352											6509	10702	16278
2490	3143	5098											15900	16395	17995
2643	3101	21259											8031	18420	19733
4315	4724	13130											3747	4634	17087
594	17365	18322											4453	6297	16262
5983	8597	9627											2792	3513	17031
10837	15102	20876											14846	20893	21563
10448	20418	21478											17220	20436	21337
3848	12029	15228											275	4107	10497
708	5652	13146											3536	7520	10027
5998	7534	16117											14089	14943	19455
2098	13201	18317											1965	3931	21104
9186	14548	17776											2439	11565	17932
5246	10398	18597											154	15279	21414
3083	4944	21021											10017	11269	16546
13726	18495	19921											7169	10161	16928
6736	10811	17545											10284	16791	20655
10084	12411	14432											36	3175	8475
1064	13555	17033											2605	16269	19290
679	9878	13547											8947	9178	15420
3422	9910	20194											5687	9156	12408
3640	3701	10046											8096	9738	14711
5862	10134	11498											4935	8093	19266
5923	9580	15060											2667	10062	15972
1073	3012	16427											6389	11318	14417
5527	20113	20883											8800	18137	18434
7058	12924	15151											5824	5927	15314
9764	12230	17375											6056	13168	15179
772	7711	12723											3284	13138	18919
555	13816	15376											13115	17259	17332

Table A.2: Rate 3/4 ($N_{\text{ldpc}} = 64\ 800$)

0 6385 7901 14611 13389 11200 3252 5243 2504 2722 821 7374	23 5865 1768
1 11359 2698 357 13824 12772 7244 6752 15310 852 2001 11417	24 2655 14957
2 7862 7977 6321 13612 12197 14449 15137 13860 1708 6399 13444	25 5565 6332
3 1560 11804 6975 13292 3646 3812 8772 7306 5795 14327 7866	26 4303 12631
4 7626 11407 14599 9689 1628 2113 10809 9283 1230 15241 4870	27 11653 12236
5 1610 5699 15876 9446 12515 1400 6303 5411 14181 13925 7358	28 16025 7632
6 4059 8836 3405 7853 7992 15336 5970 10368 10278 9675 4651	29 4655 14128
7 4441 3963 9153 2109 12683 7459 12030 12221 629 15212 406	30 9584 13123
8 6007 8411 5771 3497 543 14202 875 9186 6235 13908 3563	31 13987 9597
9 3232 6625 4795 546 9781 2071 7312 3399 7250 4932 12652	32 15409 12110
10 8820 10088 11090 7069 6585 13134 10158 7183 488 7455 9238	33 8754 15490
11 1903 10818 119 215 7558 11046 10615 11545 14784 7961 15619	34 7416 15325
12 3655 8736 4917 15874 5129 2134 15944 14768 7150 2692 1469	35 2909 15549
13 8316 3820 505 8923 6757 806 7957 4216 15589 13244 2622	36 2995 8257
14 14463 4852 15733 3041 11193 12860 13673 8152 6551 15108 8758	37 9406 4791
15 3149 11981	38 11111 4854
16 13416 6906	39 2812 8521
17 13098 13352	40 8476 14717
18 2009 14460	41 7820 15360
19 7207 4314	42 1179 7939
20 3312 3945	43 2357 8678
21 4418 6248	44 7703 6216
22 2669 13975	0 3477 7067
23 7571 9023	1 3931 13845
24 14172 2967	2 7675 12899
25 7271 7138	3 1754 8187
26 6135 13670	4 7785 1400
27 7490 14559	5 9213 5891
28 8657 2466	6 2494 7703
29 8599 12834	7 2576 7902
30 3470 3152	8 4821 15682
31 13917 4365	9 10426 11935
32 6024 13730	10 1810 904
33 10973 14182	11 11332 9264
34 2464 13167	12 11312 3570
35 5281 15049	13 14916 2650
36 1103 1849	14 7679 7842
37 2058 1069	15 6089 13084
38 9654 6095	16 3938 2751
39 14311 7667	17 8509 4648
40 15617 8146	18 12204 8917
41 4588 11218	19 5749 12443
42 13660 6243	20 12613 4431
43 8578 7874	21 1344 4014
44 11741 2686	22 8488 13850
0 1022 1264	23 1730 14896
1 12604 9965	24 14942 7126
2 8217 2707	25 14983 8863
3 3156 11793	26 6578 8564
4 354 1514	27 4947 396
5 6978 14058	28 297 12805
6 7922 16079	29 13878 6692
7 15087 12138	30 11857 11186
8 5053 6470	31 14395 11493
9 12687 14932	32 16145 12251
10 15458 1763	33 13462 7428
11 8121 1721	34 14526 13119
12 12431 549	35 2535 11243
13 4129 7091	36 6465 12690
14 1426 8415	37 6872 9334
15 9783 7604	38 15371 14023
16 6295 11329	39 8101 10187
17 1409 12061	40 11963 4848
18 8065 9087	41 15125 6119
19 2918 8438	42 8051 14465
20 1293 14115	43 11139 5167
21 3922 13851	44 2883 14521
22 3851 4000	

Table A.3: Rate 4/5 ($N_{ldpc} = 64\ 800$)

0 149 11212 5575 6360 12559 8108 8505 408 10026 12828	0 5647 4935
1 5237 490 10677 4998 3869 3734 3092 3509 7703 10305	1 4219 1870
2 8742 5553 2820 7085 12116 10485 564 7795 2972 2157	2 10968 8054
3 2699 4304 8350 712 2841 3250 4731 10105 517 7516	3 6970 5447
4 12067 1351 11992 12191 11267 5161 537 6166 4246 2363	4 3217 5638
5 6828 7107 2127 3724 5743 11040 10756 4073 1011 3422	5 8972 669
6 11259 1216 9526 1466 10816 940 3744 2815 11506 11573	6 5618 12472
7 4549 11507 1118 1274 11751 5207 7854 12803 4047 6484	7 1457 1280
8 8430 4115 9440 413 4455 2262 7915 12402 8579 7052	8 8868 3883
9 3885 9126 5665 4505 2343 253 4707 3742 4166 1556	9 8866 1224
10 1704 8936 6775 8639 8179 7954 8234 7850 8883 8713	10 8371 5972
11 11716 4344 9087 11264 2274 8832 9147 11930 6054 5455	11 266 4405
12 7323 3970 10329 2170 8262 3854 2087 12899 9497 11700	12 3706 3244
13 4418 1467 2490 5841 817 11453 533 11217 11962 5251	13 6039 5844
14 1541 4525 7976 3457 9536 7725 3788 2982 6307 5997	14 7200 3283
15 11484 2739 4023 12107 6516 551 2572 6628 8150 9852	15 1502 11282
16 6070 1761 4627 6534 7913 3730 11866 1813 12306 8249	16 12318 2202
17 12441 5489 8748 7837 7660 2102 11341 2936 6712 11977	17 4523 965
18 10155 4210	18 9587 7011
19 1010 10483	19 2552 2051
20 8900 10250	20 12045 10306
21 10243 12278	21 11070 5104
22 7070 4397	22 6627 6906
23 12271 3887	23 9889 2121
24 11980 6836	24 829 9701
25 9514 4356	25 2201 1819
26 7137 10281	26 6689 12925
27 11881 2526	27 2139 8757
28 1969 11477	28 12004 5948
29 3044 10921	29 8704 3191
30 2236 8724	30 8171 10933
31 9104 6340	31 6297 7116
32 7342 8582	32 616 7146
33 11675 10405	33 5142 9761
34 6467 12775	34 10377 8138
35 3186 12198	35 7616 5811
0 9621 11445	0 7285 9863
1 7486 5611	1 7764 10867
2 4319 4879	2 12343 9019
3 2196 344	3 4414 8331
4 7527 6650	4 3464 642
5 10693 2440	5 6960 2039
6 6755 2706	6 786 3021
7 5144 5998	7 710 2086
8 11043 8033	8 7423 5601
9 4846 4435	9 8120 4885
10 4157 9228	10 12385 11990
11 12270 6562	11 9739 10034
12 11954 7592	12 424 10162
13 7420 2592	13 1347 7597
14 8810 9636	14 1450 112
15 689 5430	15 7965 8478
16 920 1304	16 8945 7397
17 1253 11934	17 6590 8316
18 9559 6016	18 6838 9011
19 312 7589	19 6174 9410
20 4439 4197	20 255 113
21 4002 9555	21 6197 5835
22 12232 7779	22 12902 3844
23 1494 8782	23 4377 3505
24 10749 3969	24 5478 8672
25 4368 3479	25 4453 2132
26 6316 5342	26 9724 1380
27 2455 3493	27 12131 11526
28 12157 7405	28 12323 9511
29 6598 11495	29 8231 1752
30 11805 4455	30 497 9022
31 9625 2090	31 9288 3080
32 4731 2321	32 2481 7515
33 3578 2608	33 2696 268
34 8504 1849	34 4023 12341
35 4027 1151	35 7108 5553

Table A.4: Rate 5/6 ($N_{\text{idpc}} = 64\ 800$)

0 4362 416 8909 4156 3216 3112 2560 2912 6405 8593 4969 6723	20 4766 2697	10 7868 5731
1 2479 1786 8978 3011 4339 9313 6397 2957 7288 5484 6031 10217	21 4069 6675	11 6121 10732
2 10175 9009 9889 3091 4985 7267 4092 8874 5671 2777 2189 8716	22 1117 1016	12 4843 9132
3 9052 4795 3924 3370 10058 1128 9996 10165 9360 4297 434 5138	23 5619 3085	13 580 9591
4 2379 7834 4835 2327 9843 804 329 8353 7167 3070 1528 7311	24 8483 8400	14 6267 9290
5 3435 7871 348 3693 1876 6585 10340 7144 5870 2084 4052 2780	25 8255 394	15 3009 2268
6 3917 3111 3476 1304 10331 5939 5199 1611 1991 699 8316 9960	26 6338 5042	16 195 2419
7 6883 3237 1717 10752 7891 9764 4745 3888 10009 4176 4614 1567	27 6174 5119	17 8016 1557
8 10587 2195 1689 2968 5420 2580 2883 6496 111 6023 1024 4449	28 7203 1989	18 1516 9195
9 3786 8593 2074 3321 5057 1450 3840 5444 6572 3094 9892 1512	29 1781 5174	19 8062 9064
10 8548 1848 10372 4585 7313 6536 6379 1766 9462 2456 5606 9975	0 1464 3559	20 2095 8968
11 8204 10593 7935 3636 3882 394 5968 8561 2395 7289 9267 9978	1 3376 4214	21 753 7326
12 7795 74 1633 9542 6867 7352 6417 7568 10623 725 2531 9115	2 7238 67	22 6291 3833
13 7151 2482 4260 5003 10105 7419 9203 6691 8798 2092 8263 3755	3 10595 8831	23 2614 7844
14 3600 570 4527 200 9718 6771 1995 8902 5446 768 1103 6520	4 1221 6513	24 2303 646
15 6304 7621	5 5300 4652	25 2075 611
16 6498 9209	6 1429 9749	26 4687 362
17 7293 6786	7 7878 5131	27 8684 9940
18 5950 1708	8 4435 10284	28 4830 2065
19 8521 1793	9 6331 5507	29 7038 1363
20 6174 7854	10 6662 4941	0 1769 7837
21 9773 1190	11 9614 10238	1 3801 1689
22 9517 10268	12 8400 8025	2 10070 2359
23 2181 9349	13 9156 5630	3 3667 9918
24 1949 5560	14 7067 8878	4 1914 6920
25 1556 555	15 9027 3415	5 4244 5669
26 8600 3827	16 1690 3866	6 10245 7821
27 5072 1057	17 2854 8469	7 7648 3944
28 7928 3542	18 6206 630	8 3310 5488
29 3226 3762	19 363 5453	9 6346 9666
0 7045 2420	20 4125 7008	10 7088 6122
1 9645 2641	21 1612 6702	11 1291 7827
2 2774 2452	22 9069 9226	12 10592 8945
3 5331 2031	23 5767 4060	13 3609 7120
4 9400 7503	24 3743 9237	14 9168 9112
5 1850 2338	25 7018 5572	15 6203 8052
6 10456 9774	26 8892 4536	16 3330 2895
7 1692 9276	27 853 6064	17 4264 10563
8 10037 4038	28 8069 5893	18 10556 6496
9 3964 338	29 2051 2885	19 8807 7645
10 2640 5087	0 10691 3153	20 1999 4530
11 858 3473	1 3602 4055	21 9202 6818
12 5582 5683	2 328 1717	22 3403 1734
13 9523 916	3 2219 9299	23 2106 9023
14 4107 1559	4 1939 7898	24 6881 3883
15 4506 3491	5 617 206	25 3895 2171
16 8191 4182	6 8544 1374	26 4062 6424
17 10192 6157	7 10676 3240	27 3755 9536
18 5668 3305	8 6672 9489	28 4683 2131
19 3449 1540	9 3170 7457	29 7347 8027

Table A.5: Rate 9/10 ($N_{idpc} = 64\ 800$)

0 5611 2563 2900	17 3216 2178	16 6296 2583	15 1263 293	14 3267 649
1 5220 3143 4813	0 4165 884	17 1457 903	16 5949 4665	15 6236 593
2 2481 834 81	1 2896 3744	0 855 4475	17 4548 6380	16 646 2948
3 6265 4064 4265	2 874 2801	1 4097 3970	0 3171 4690	17 4213 1442
4 1055 2914 5638	3 3423 5579	2 4433 4361	1 5204 2114	0 5779 1596
5 1734 2182 3315	4 3404 3552	3 5198 541	2 6384 5565	1 2403 1237
6 3342 5678 2246	5 2876 5515	4 1146 4426	3 5722 1757	2 2217 1514
7 2185 552 3385	6 516 1719	5 3202 2902	4 2805 6264	3 5609 716
8 2615 236 5334	7 765 3631	6 2724 525	5 1202 2616	4 5155 3858
9 1546 1755 3846	8 5059 1441	7 1083 4124	6 1018 3244	5 1517 1312
10 4154 5561 3142	9 5629 598	8 2326 6003	7 4018 5289	6 2554 3158
11 4382 2957 5400	10 5405 473	9 5605 5990	8 2257 3067	7 5280 2643
12 1209 5329 3179	11 4724 5210	10 4376 1579	9 2483 3073	8 4990 1353
13 1421 3528 6063	12 155 1832	11 4407 984	10 1196 5329	9 5648 1170
14 1480 1072 5398	13 1689 2229	12 1332 6163	11 649 3918	10 1152 4366
15 3843 1777 4369	14 449 1164	13 5359 3975	12 3791 4581	11 3561 5368
16 1334 2145 4163	15 2308 3088	14 1907 1854	13 5028 3803	12 3581 1411
17 2368 5055 260	16 1122 669	15 3601 5748	14 3119 3506	13 5647 4661
0 6118 5405	17 2268 5758	16 6056 3266	15 4779 431	14 1542 5401
1 2994 4370	0 5878 2609	17 3322 4085	16 3888 5510	15 5078 2687
2 3405 1669	1 782 3359	0 1768 3244	17 4387 4084	16 316 1755
3 4640 5550	2 1231 4231	1 2149 144	0 5836 1692	17 3392 1991
4 1354 3921	3 4225 2052	2 1589 4291	1 5126 1078	
5 117 1713	4 4286 3517	3 5154 1252	2 5721 6165	
6 5425 2866	5 5531 3184	4 1855 5939	3 3540 2499	
7 6047 683	6 1935 4560	5 4820 2706	4 2225 6348	
8 5616 2582	7 1174 131	6 1475 3360	5 1044 1484	
9 2108 1179	8 3115 956	7 4266 693	6 6323 4042	
10 933 4921	9 3129 1088	8 4156 2018	7 1313 5603	
11 5953 2261	10 5238 4440	9 2103 752	8 1303 3496	
12 1430 4699	11 5722 4280	10 3710 3853	9 3516 3639	
13 5905 480	12 3540 375	11 5123 931	10 5161 2293	
14 4289 1846	13 191 2782	12 6146 3323	11 4682 3845	
15 5374 6208	14 906 4432	13 1939 5002	12 3045 643	
16 1775 3476	15 3225 1111	14 5140 1437	13 2818 2616	

Annex B (normative): Addresses of parity bit accumulators for $N_{ldpc} = 16\ 200$

Table B.1: Rate 1/2 ($N_{ldpc} = 16\ 200$)

20 712 2386 6354 4061 1062 5045 5158	5 5924 290
21 2543 5748 4822 2348 3089 6328 5876	6 1467 4049
22 926 5701 269 3693 2438 3190 3507	7 7820 2242
23 2802 4520 3577 5324 1091 4667 4449	8 4606 3080
24 5140 2003 1263 4742 6497 1185 6202	9 4633 7877
0 4046 6934	10 3884 6868
1 2855 66	11 8935 4996
2 6694 212	12 3028 764
3 3439 1158	13 5988 1057
4 3850 4422	14 7411 3450

Table B.2: Rate 2/3 ($N_{ldpc} = 16\ 200$)

0 2084 1613 1548 1286 1460 3196 4297 2481 3369 3451 4620 2622	1 2583 1180
1 122 1516 3448 2880 1407 1847 3799 3529 373 971 4358 3108	2 1542 509
2 259 3399 929 2650 864 3996 3833 107 5287 164 3125 2350	3 4418 1005
3 342 3529	4 5212 5117
4 4198 2147	5 2155 2922
5 1880 4836	6 347 2696
6 3864 4910	7 226 4296
7 243 1542	8 1560 487
8 3011 1436	9 3926 1640
9 2167 2512	10 149 2928
10 4606 1003	11 2364 563
11 2835 705	12 635 688
12 3426 2365	13 231 1684
13 3848 2474	14 1129 3894
14 1360 1743	
0 163 2536	

Table B.3: Rate 3/4 ($N_{ldpc} = 16\ 200$)

3 3198 478 4207 1481 1009 2616 1924 3437 554 683 1801	8 1015 1945
4 2681 2135	9 1948 412
5 3107 4027	10 995 2238
6 2637 3373	11 4141 1907
7 3830 3449	0 2480 3079
8 4129 2060	1 3021 1088
9 4184 2742	2 713 1379
10 3946 1070	3 997 3903
11 2239 984	4 2323 3361
0 1458 3031	5 1110 986
1 3003 1328	6 2532 142
2 1137 1716	7 1690 2405
3 132 3725	8 1298 1881
4 1817 638	9 615 174
5 1774 3447	10 1648 3112
6 3632 1257	11 1415 2808
7 542 3694	

Table B.4: Rate 4/5 ($N_{\text{idpc}} = 16\ 200$)

5 896 1565	3 465 2552
6 2493 184	4 1038 2479
7 212 3210	5 1383 343
8 727 1339	6 94 236
9 3428 612	7 2619 121
0 2663 1947	8 1497 2774
1 230 2695	9 2116 1855
2 2025 2794	0 722 1584
3 3039 283	1 2767 1881
4 862 2889	2 2701 1610
5 376 2110	3 3283 1732
6 2034 2286	4 168 1099
7 951 2068	5 3074 243
8 3108 3542	6 3460 945
9 307 1421	7 2049 1746
0 2272 1197	8 566 1427
1 1800 3280	9 3545 1168
2 331 2308	

Table B.5: Rate 5/6 ($N_{\text{idpc}} = 16\ 200$)

3 2409 499 1481 908 559 716 1270 333 2508 2264 1702 2805	6 497 2228
4 2447 1926	7 2326 1579
5 414 1224	0 2482 256
6 2114 842	1 1117 1261
7 212 573	2 1257 1658
0 2383 2112	3 1478 1225
1 2286 2348	4 2511 980
2 545 819	5 2320 2675
3 1264 143	6 435 1278
4 1701 2258	7 228 503
5 964 166	0 1885 2369
6 114 2413	1 57 483
7 2243 81	2 838 1050
0 1245 1581	3 1231 1990
1 775 169	4 1738 68
2 1696 1104	5 2392 951
3 1914 2831	6 163 645
4 532 1450	7 2644 1704
5 91 974	

Table B.6: Rate 8/9 ($N_{\text{idpc}} = 16\ 200$)

0 1558 712 805	4 1496 502	3 544 1190
1 1450 873 1337	0 1006 1701	4 1472 1246
2 1741 1129 1184	1 1155 97	0 508 630
3 294 806 1566	2 657 1403	1 421 1704
4 482 605 923	3 1453 624	2 284 898
0 926 1578	4 429 1495	3 392 577
1 777 1374	0 809 385	4 1155 556
2 608 151	1 367 151	0 631 1000
3 1195 210	2 1323 202	1 732 1368
4 1484 692	3 960 318	2 1328 329
0 427 488	4 1451 1039	3 1515 506
1 828 1124	0 1098 1722	4 1104 1172
2 874 1366	1 1015 1428	
3 1500 835	2 1261 1564	

Annex C (normative): Input stream synchronizer

Delays and packet jitter introduced by DVB-C2 equipment may depend on the transmitted bit-rate and may change in time during bit and/or code rate switching. The "Input Stream Synchronizer" (see figure C.1) shall provide a mechanism to regenerate, in the receiver, the clock of the Transport Stream (or packetized Generic Stream) at the modulator Mode Adapter input, in order to guarantee end-to-end constant bit rates and delays (see also figure C2, example receiver implementation). Table C.1 gives the details of the coding of the ISSY field generated by the input stream synchronizer.

When $ISSYI = 1$ in MATYPE field (see clause 5.1.6) a counter shall be activated (22 bits), clocked by the modulator sampling rate (frequency $R_s = 1/T$, where T is defined in clause 10.). The Input Stream Synchronization field (ISSY, 2 or 3 bytes) shall be transmitted according to clause 5.1.7.

ISSY shall be coded according to table C.1, sending the following variables:

- ISCR (short: 15 bits; long: 22 bits) (ISCR = Input Stream Time Reference), loaded with the LSBs of the counter content at the instant the relevant input packet is processed (at constant rate R_{IN}), and specifically the instant the MSB of the relevant packet arrives at the modulator input stream interface. In case of continuous streams the content of the counter is loaded when the MSB of the Data Field is processed.
- BUFS (2+10 bits) (BUFS = maximum size of the requested receiver buffer to compensate delay variations). This variable indicates the size of the receiver buffer assumed by the modulator for the relevant PLP. It shall have a maximum value of 2 Mbit. When a group of Data PLPs share a Common PLP, the sum of the buffer size for any Data PLP in the group plus the buffer size for the Common PLP shall not exceed 2 Mbit. This field shall not be transmitted in case of PLP bundling as the ISCR field is required in every BBFrame for sorting of the input stream.
- BUFSTAT (2+10 bits) (BUFSTAT = actual status to reset the receiver buffer = number of filled bits). If $ISSYI=1$, this variable shall be transmitted at least 5 times per second, replacing ISCR. This value can be used to set the receiver buffer status during reception start-up procedure, and to verify normal functioning in steady state. This field shall not be transmitted in case of PLP bundling as the ISCR field is required in every BBFrame for sorting of the input stream.

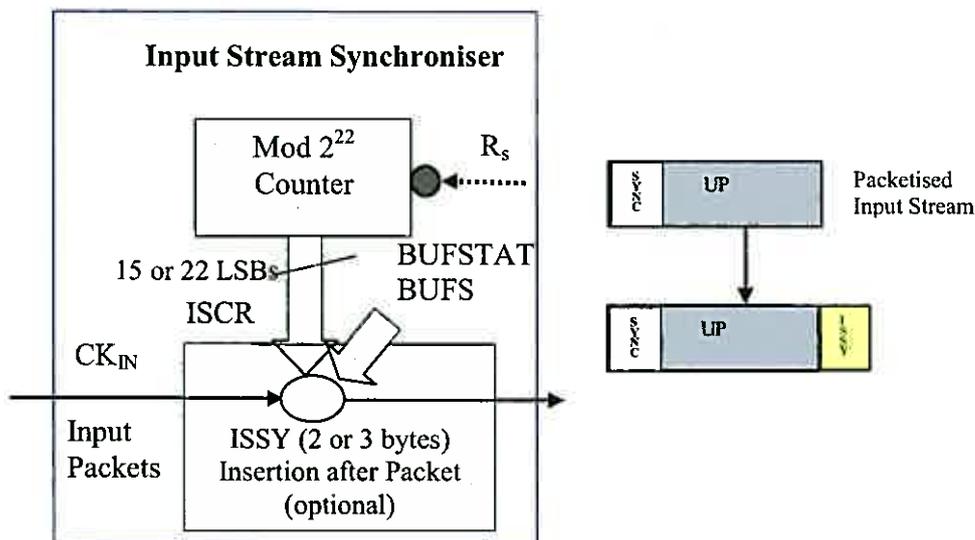


Figure C.1: Input stream synchronizer block diagram

Table C.1: ISSY field coding (2 bytes or 3 bytes)

First Byte					Second Byte	Third Byte
Bit-7 (MSB)	bit-6	bit-5 and bit-4	bit-3 and bit-2	bit-1 and bit-0	bit-7 to bit-0	bit-7 bit-0
0 = ISCR _{short}	MSB of ISCR _{short}	next 6 bits of ISCR _{short}			Next 8 bits of ISCR _{short}	Not present
1	0 = ISCR _{long}	6 MSBs of ISCR _{long}			Next 8 bits of ISCR _{long}	Next 8 bits of ISCR _{long}
1	1	00 = BUFS	BUFS unit 00 = bits 01 = Kbits 10 = Mbits 11 = 8 Kbits	2 MSBs of BUFS	Next 8 bits of BUFS	Not present when ISCR _{short} is used; else reserved for future use
1	1	10 = BUFSTAT	BUFSTAT unit 00 = bits 01 = Kbits 10 = Mbits 11 = BUFS/1 024	2 MSBs of BUFSTAT	Next 8 bits of BUFSTAT	Not present when ISCR _{short} is used; else reserved for future use
1	1	Others = reserved for future use	Reserved for future use	Reserved for future use	Reserved for future use	Not present when ISCR _{short} is used; else reserved for future use

Annex D (normative): Input Remultiplexing Subsystem: Splitting of input MPEG-2 Transport Streams into Data PLPs, generation of a Common PLP of a group of PLPs and insertion of Null Packets into Transport Streams

D.1 Overview

This annex defines a feature of the C2 System applicable in the case of transmission of multiple MPEG-2 Transport Streams [i.1] in a configuration of a group of PLPs and an associated Common PLP. It includes the processing (remultiplexing) that shall be applied for transporting N ($N \geq 2$) MPEG-2 TSs (TS_1 to TS_N) over $N+1$ Data PLPs (PLP1 to PLP $N+1$), one of which is the Common PLP (CPLP) of a group of PLPs, see figure D.1.

If this processing is not applied to a group of Transport Streams, there shall be no Common PLP for this group, and each PLP of the group shall carry the input TS without modification. When several groups of PLPs are used to carry TSs, each such group has its own independent extension functionality.

This annex also describes the processing that can be carried out by the receiver to reconstruct a single input TS from the received Data PLP and its corresponding Common PLP.

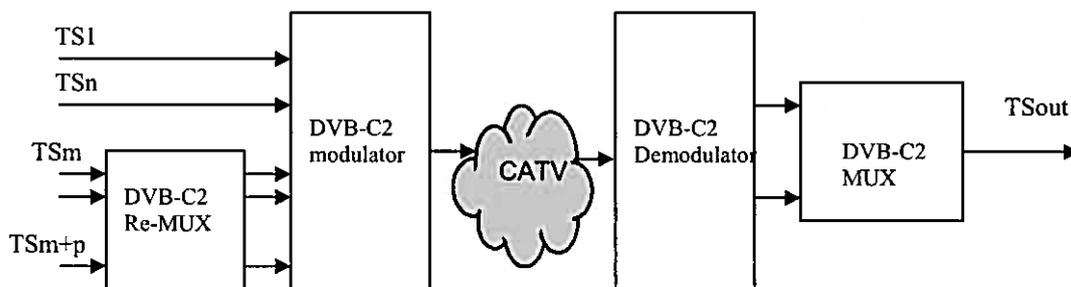


Figure D.1: Extended Re-multiplexing and Multiplexing Functionalities of DVB-C2

The extension consists on the network side conceptually of a remultiplexer and on the receiver side of a multiplexer. In-between the remultiplexer and the multiplexer we have the C2 System, as described in other parts of the present document. The inputs/outputs to the C2 System are syntactically correct TSs, each with unique `transport_stream_ids`, containing all relevant layer 2 (L2) signalling information (i.e. PSI/SI - see [i.1] and [i.4]). The various input TSs may have PSI/SI tables, or other L2 data, in common with other input TSs. When the extension is used the generated TSPS (Transport Stream Partial Stream) and TSPSC (Transport Stream Partial Stream Common) streams are however typically not syntactically correct MPEG-2 TSs, but are still carried in the MPEG-packet format.

NOTE: The parallel TSs may only exist internally in equipment generating the DVB-C2 signal. The parallel TSs may e.g. be generated from a single high bit rate TS source, or may alternatively be generated by centrally-controlled parallel encoders, each producing a constant bit rate TS, with variable proportion of Null Packets. The bit rates of the input TSs may be significantly higher than the capacity of the respective PLPs, because of the existence of a certain proportion of Null Packets, which are removed by the DNP procedure.

An input MPEG-2 TS shall be transported either:

- in its entirety within a single PLP, in which case the TS does not belong to any group of PLPs (and there is no Common PLP); or
- split into a TSPS stream, carried in a Data PLP, and a TSPSC stream, carried in the Common PLP. This annex specifies the splitting and describes how the recombination of the output streams from a Data PLP and a Common PLP can conceptually be achieved by the receiver to form the output TS.

D.2 Splitting of a group of input TSs into TSPSs streams and a TSPSC stream

D.2.1 General

When a set of N TSs ($TS_1, \dots, TS_N, N \geq 2$) are transmitted through a group of $N+1$ PLPs, one being the Common PLP of a group, all TSs may have a different input bit rate, but shall carry all the data packets, which are intended to be transmitted in a Common PLP. The data packets to be carried in the Common PLP are not necessarily co-timed. However it is assumed that all TS in a group have been generated in the same Playout Centre and there may be a skew between those TS concerning the timing of the signals, caused amongst others by different propagation delays on the contribution links.

There are two steps of processing. In the first step TS packets, which shall be transmitted via the Common PLP shall be replaced by Null Packets and in the second step additional Null Packet are inserted in order to reduce the buffering requirements in the receivers.

Each TSPS shall have the same bit rate as the associated input TS and maintain the same time synchronization. The TSPSC is an elementary stream with the same bit rate as the input TS it was extracted from. It contains data packets common to all transport streams within the group of TSs in a certain Data Slice. TSPSC data shall not require time synchronization with the associated TSPS data. The DVB SI tables SDT or EIT shall not be transported via a Common PLP, as a processing of those tables at table_ID level is not foreseen in DVB-C2.

NOTE: The input TSs may contain a certain proportion of Null Packets. The split operation will not introduce further Null Packets into the TSPSs. Null packets will however be removed in the modulator and reinserted in the demodulator in a transparent way, so that the C2 System will be transparent for the TSPSs, despite Null Packets not being transmitted. Furthermore, the DNP and ISSY mechanism of the C2 System will ensure that time synchronization of the TSPSs and the TSPSC at the output of the demodulator is maintained to a certain extent.

D.2.2 Extraction of the Common PLP from a group of TS

For the purpose of specifying the split operation the TS packets that may be transmitted in the Common PLP are identified by one or several PIDs and fall into the following three categories:

- 1) TS packets carrying any type of data, which does not require an exact time synchronization with other TS packets carried in other PLPs of the related group of PLPs.
- 2) EPG data, e.g. based on Event Information Table (EIT) format, but not using the 'actual' and 'other' mechanisms as specified in [i.4].
- 3) Conditional Access control data, e.g. Entitlement Management Messages (EMMs).

DVB-SI TS packets that may not be transmitted in the Common PLP, as this would require complex remultiplexing functionalities, fall into the following two categories:

- 1) TS packets carrying Service Description Table (SDT), i.e. with PID value of 0x0011.
- 2) TS packets carrying Event Information Table (EIT), i.e. with PID value of 0x0012.

The TS packets targeted for transmission via the Common PLP shall be extracted from one input TS. If the input stream carrying the Common PLP data is carrying also payload data which is targeted to go into a PLP, those TS packets of that input stream, which were extracted to the Common PLP, shall be replaced by Null Packets (see figure D.2). All TS packets of the other input TSs belonging to that group of PLPs are processed such that all TS packets with the PID associated to the Common PLP are replaced by Null Packets.

During the process of extraction of Common PLP data optionally components of that TS may be deleted by replacement of the related data packets by Null Packets.

By processing one TS in parallel in two of the re-multiplexing lines and replacing complementary TS packets by Null Packets a separation of one TS into two partial TSs, which are targeted to be transmitted via different PLPs (with different level of robustness), can be achieved. This principle is also applicable if a split of one TS into more than two partial streams is required.

Figure D.2 is simplified insofar as it does not show any Null Packets in the input TSs. In real input TSs these are of course to be expected. The absence of these packets in the figures does however not in any way affect the general applicability of the splitting/re-combining process, as described in this annex.

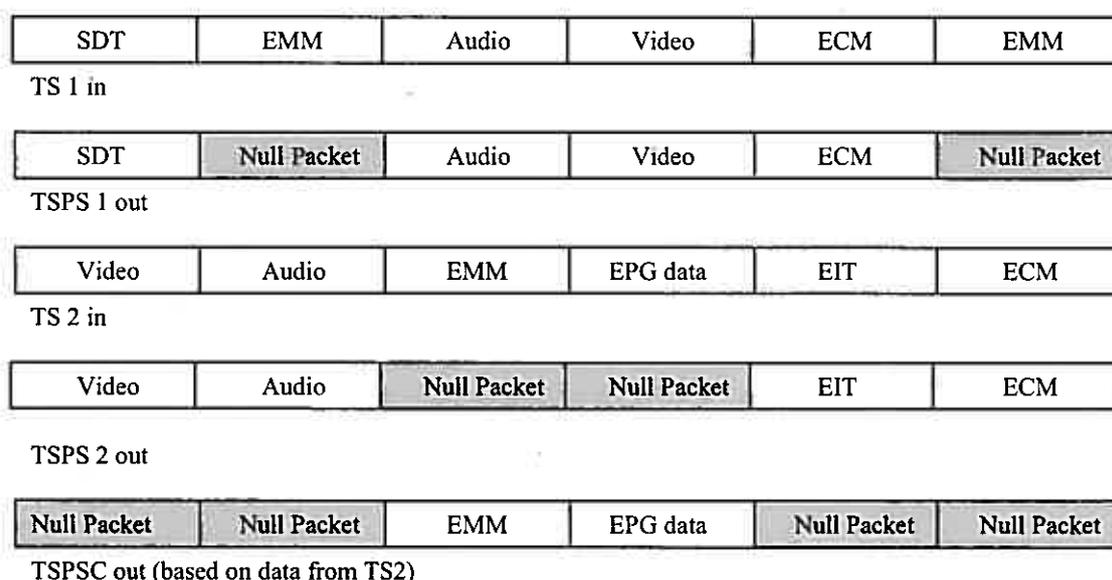


Figure D.2: Example of generation of two TSPS and a TSPSC from two input TS

D.2.3 Insertion of additional Null Packets into TSPSs

TS packets that are not necessarily co-timed but identical on all input TSs of the group before the split shall be replaced by Null Packets in the respective TSPS at the same time positions. Furthermore packets targeted to go into the common. PLP may occur non equidistant in the input stream. If the data packets in the Common PLP do have a "bursty", characteristics and the packets of the Common PLP and the relevant Data PLP are not co-timed, the required buffer size in a receiver could be significantly increased due to the missing time correlation. The insertion of additional Null Packets in the TSPS allows smoothing the characteristics of Null Packets and thus reducing the buffer requirement in receivers.

The number of inserted Null Packets shall be chosen such that a receiver with a 2 Mbit buffer is able to perform the multiplexing of Data PLP and Common PLP properly.

After insertion of Null Packets a PCR restamping has to be performed.

Figure D.3 gives an example of two Transport Streams where after extraction of Common PLP packets additional Null Packets are inserted.

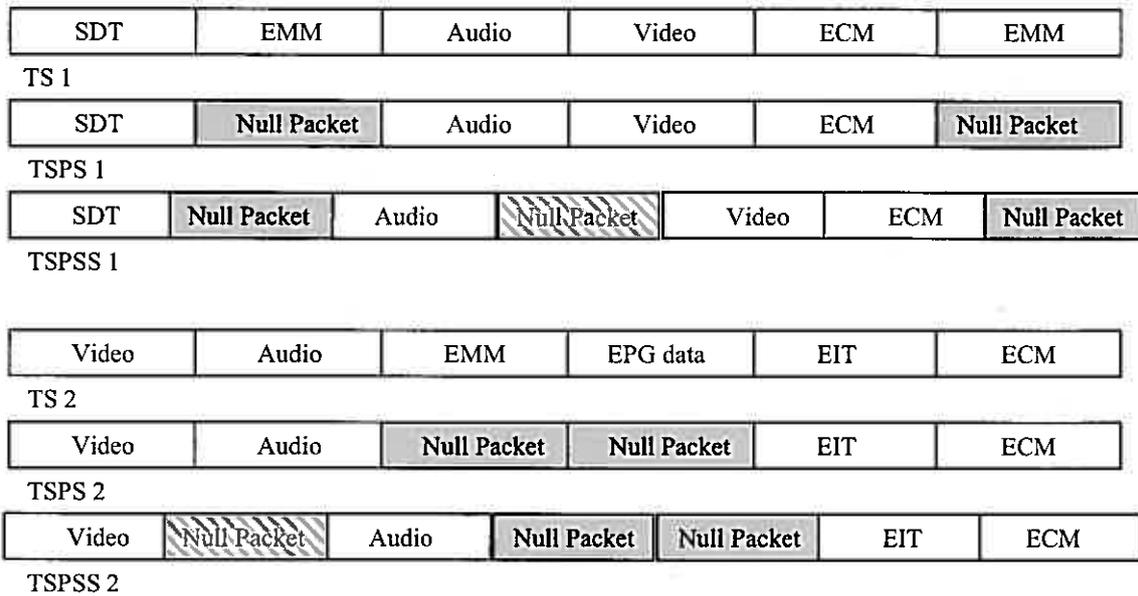


Figure D.3: Example of insertion of Null Packets into two TS / TSPS

D.3 Receiver Implementation Considerations

In view of the key role played by the transport stream as a physical interface in many existing and future receivers it is strongly recommended that at least the core of the merging function as described in this annex is implemented in a channel decoder silicon chip. In particular this applies to the generic merging function between TSPSC and TSPS to form a transport stream for generic data as defined in clause D.2 illustrated in figure D.3.

The channel decoder implementations as defined above should ensure correct integration of many existing DVB system hardware and software solutions for DVB with such channel decoders.

D.3.1 Recombination of TSPSS and TSPSC in a receiver

The receiver shall recreate the targeted TS by multiplexing the received synchronized partial Transport Stream (TSPSS) with the received Common PLP Transport Stream (TSPSC). It shall replace any Null Packets which appear in the received TSPSS, by a packet from its Common PLP (TSPSC) buffer, unless this buffer is empty, see figure D.4. The output signal of the DVB-C2 demodulator delivers the Partial Transport Stream (TSPS) and the Common PLP (TSPSC) multiplexed together. Common PLP packets may be time shifted in relation to the modulator input signal and the amount of additionally inserted Null Packets at the modulator will increase the out data rate of the complete multiplexed output signal accordingly. However, after the PID filtering at the MPEG-Demultiplexer this headroom is removed completely.

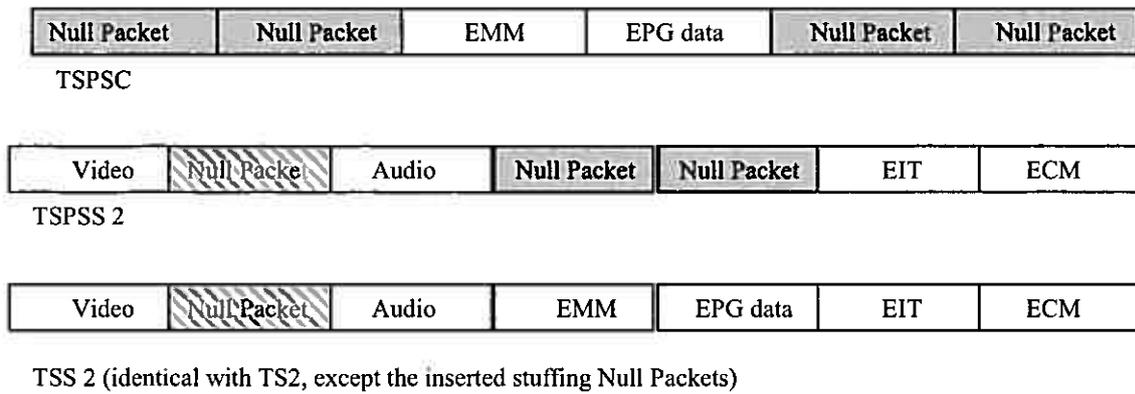


Figure D.4: Example of recombination of input TS from TSPSS and TSPSC

Annex E (normative): Calculation of the CRC word

The implementation of Cyclic Redundancy Check codes (CRC-codes) allows the detection of transmission errors at the receiver side. For this purpose CRC words shall be included in the transmitted data. These CRC words shall be defined by the result of the procedure described in this annex.

A CRC code is defined by a polynomial of degree n :

$$G_n(x) = x^n + g_{n-1}x^{n-1} + \dots + g_2x^2 + g_1x + 1$$

with $n \geq 1$:

and: $g_i \in \{0,1\}$, $i = 1 \dots n-1$

The CRC calculation may be performed by means of a shift register containing n register stages, equivalent to the degree of the polynomial (see figure E.1). The stages are denoted by $b_0 \dots b_{n-1}$, where b_0 corresponds to 1, b_1 to x , b_2 to x^2, \dots, b_{n-1} to x^{n-1} . The shift register is tapped by inserting XORs at the input of those stages, where the corresponding coefficients g_i of the polynomial are '1'.

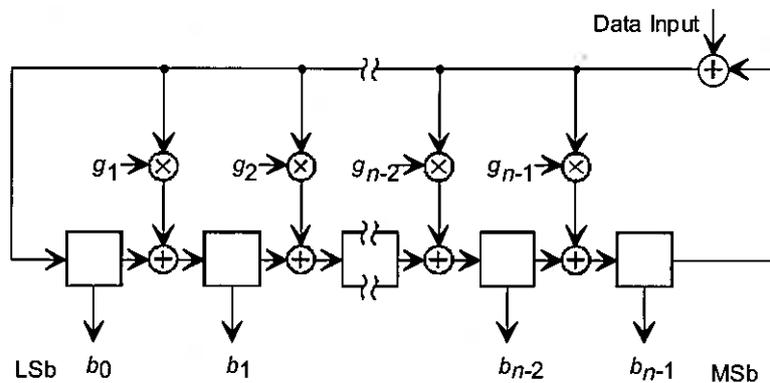


Figure E.1: General CRC block diagram

At the beginning of the CRC-8 calculation (used for GFPS and TS, NM only and BBHeader), all register stage contents are initialized to zeros.

At the beginning of the CRC-32 calculation, all register stage contents are initialized to ones.

After applying the first bit of the data block (MSB first) to the input, the shift clock causes the register to shift its content by one stage towards the MSB stage (b_{n-1}), while loading the tapped stages with the result of the appropriate XOR operations. The procedure is then repeated for each data bit. Following the shift after applying the Last Bit (LSB) of the data block to the input, the shift register contains the CRC word which is then read out. Data and CRC word are transmitted with MSB first.

The CRC codes used in the DVB-C2 system are based on the following polynomials:

- $G_{32}(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$
- $G_8(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + 1$

The assignment of the polynomials to the respective applications is given in each clause.

NOTE: The CRC-32 coder defined in this annex is identical to the implicit encoder defined in EN 300 468 [i.4].

Annex F (normative): Bundling of PLPs

In addition to the basic operation mode (i.e. one or several PLPs are located in one Data Slice) the C2 System allows spreading data of a single PLP connection over different Data Slices (PLP Bundling). As a result, the throughput rate for a single PLP connection can be increased up to the overall throughput rate of the C2 System. This operation mode is intended for advanced services that require throughput rates above the capacity of a single Data Slice.

All data packets of a bundled PLP connection shall pass the same input processing block. Inserting the ISSY timestamp in the mode adaptation block is mandatory for this operation mode in order to allow the correct reordering of the packets from different Data Slices on the receiver side. At the output of the input processing block the BBFrames of the bundled PLP are spread over the different Data Slices. Figure F.1 shows the block diagram for the PLP Bundling operation mode.

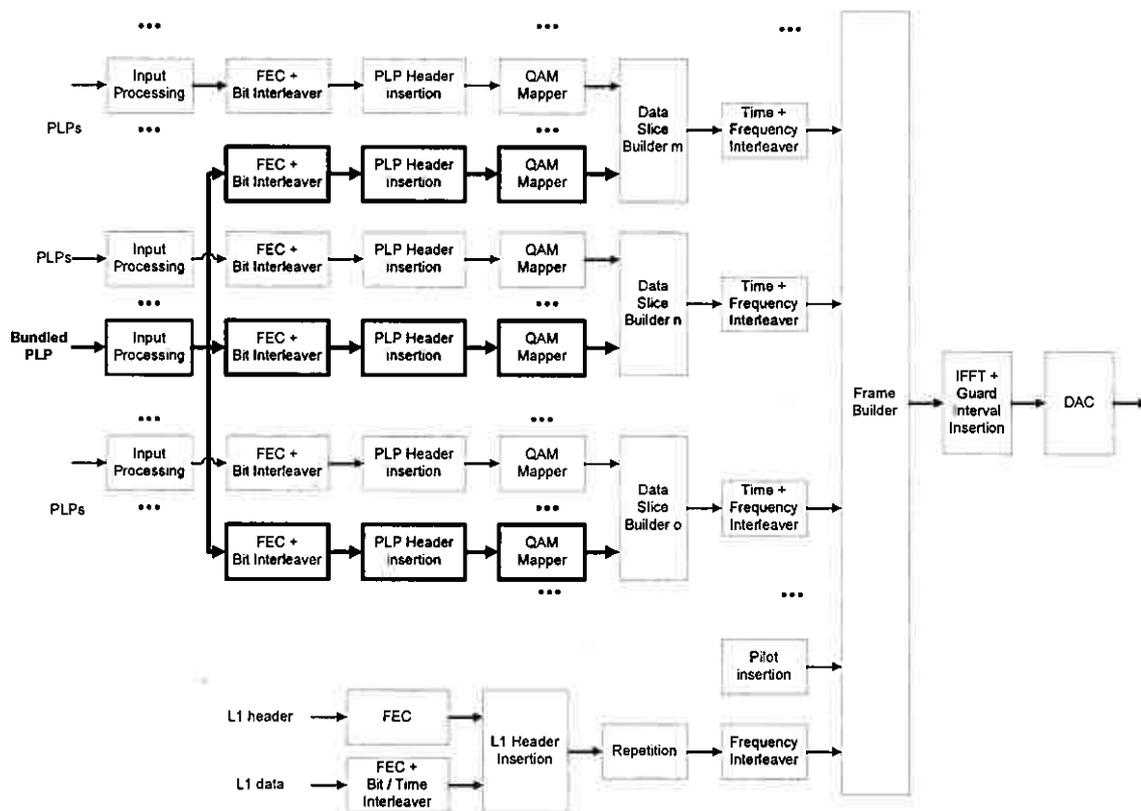


Figure F.1: Bundling PLP - data of a single PLP is spread over different Data Slices

The bundling PLP operation mode mandates the usage of the FECFrame header for the Data Slices that contain packets from the bundled PLP.

NOTE 1: As for the basic operation mode, Data Slices that include FECFrames from a bundled PLP might also contain FECFrame packets of others PLPs.

NOTE 2: C2 receivers with a single 8 MHz reception tuner do not need to decode bundled PLPs. These C2 receivers will recognize bundled PLPs from the L1 part 2 signalling and will discard associated Data Slice Packets.

Annex G (informative): Transport Stream regeneration and clock recovery using ISCR

When the modulator operates in a mode that employs Null Packet Deletion, the receiver may regenerate the Transport Stream by inserting, before each useful packet, DNP in the reception FIFO buffer. As shown in figure G.1, the Transport Stream clock R'_{IN} may be recovered by means of a Phase Locked Loop (PLL). The recovered modulator sampling rate R_s may be used to clock a local counter (which by definition runs synchronously with the input stream synchronization counter of figure G.1). The PLL compares the local counter content with the transmitted ISCR of each TS packet, and the phase difference may be used to adjust the R'_{IN} clock. In this way R'_{IN} remains constant, and the reception FIFO buffer automatically compensates the chain delay variations. Since the reception FIFO buffer is not self-balancing, the BUFSTAT and the BUFS information may be used to set its initial state.

As an alternative, when dynamic variations of the end-to-end delay and bit-rate may be acceptable by the source decoders, the receiver buffer filling condition may be used to drive the PLL. In this case the reception buffer is self-balancing (in steady state half the cells are filled), and the ISSY field may be omitted at the transmitting side.

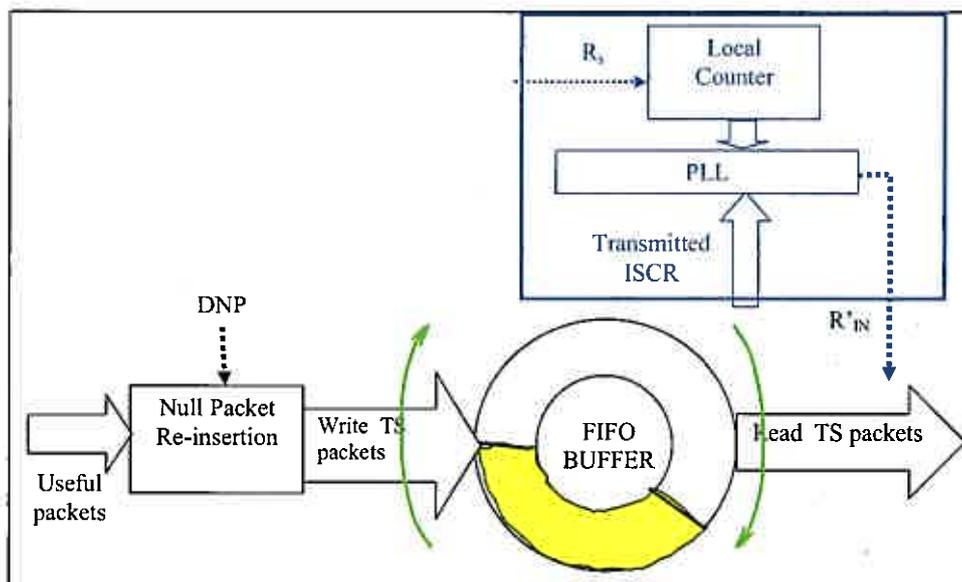


Figure G.1: Example receiver block diagram for Null Packet re-insertion and R'_{IN} clock recovery

Annex H (informative): Pilot patterns

This annex illustrates each of the scattered pilot patterns, showing the pattern of pilots at the low frequency edge of the ensemble for the first a few symbols of a frame. There are two scattered pilot patterns, and each of them has four phases to start with depending upon the frequency of the low frequency edge. Figures H.1 to H.4 shows the patterns in GI 1/64 case with four different phases. Figures H.5 to H.8 show the pilot patterns in GI 1/128 with four different phases. Continual pilot carriers are not shown.

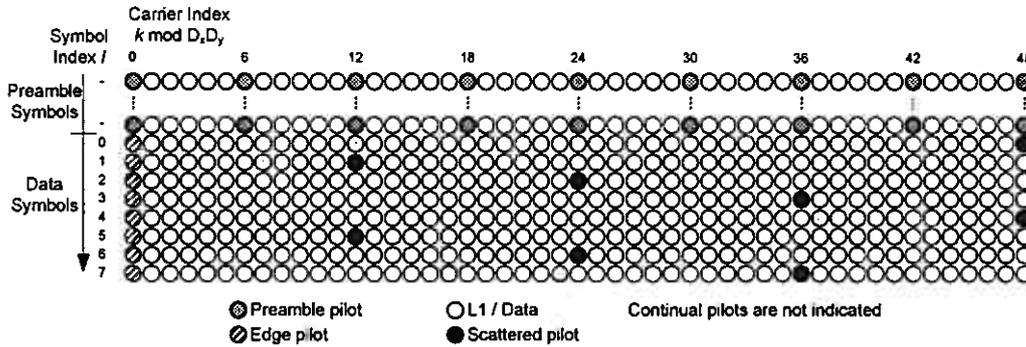


Figure H.1: Scattered pilot pattern for GI 1/64 with the lower edge $k \bmod D_x D_y = 0$

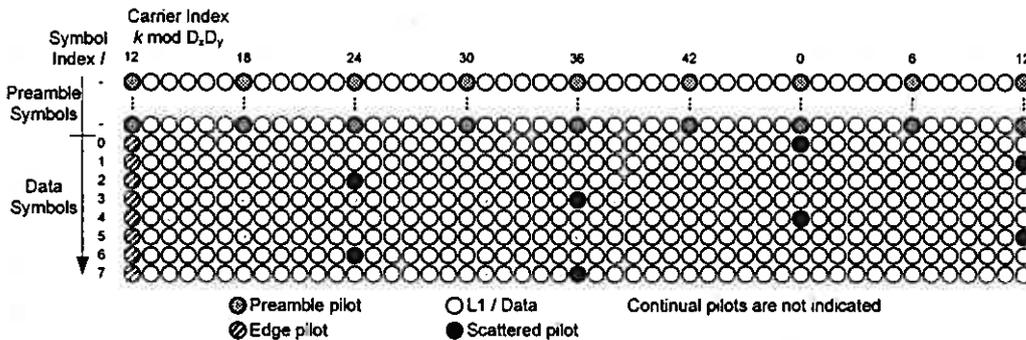


Figure H.2: Scattered pilot pattern for GI 1/64 with the lower edge $k \bmod D_x D_y = 12$

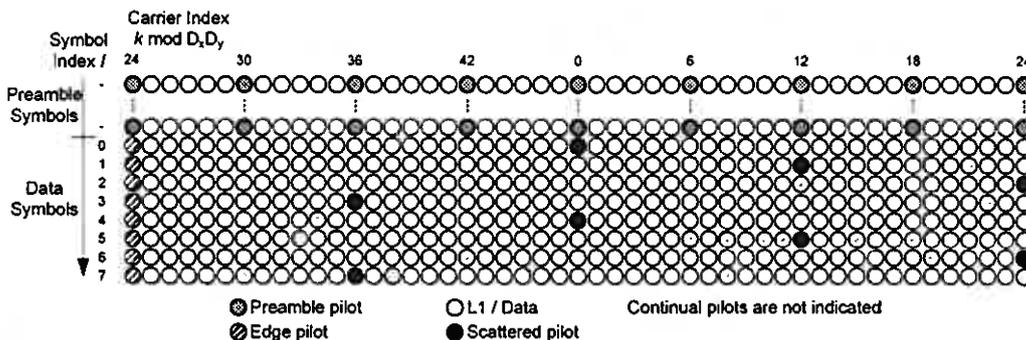


Figure H.3: Scattered pilot pattern for GI 1/64 with the lower edge $k \bmod D_x D_y = 24$

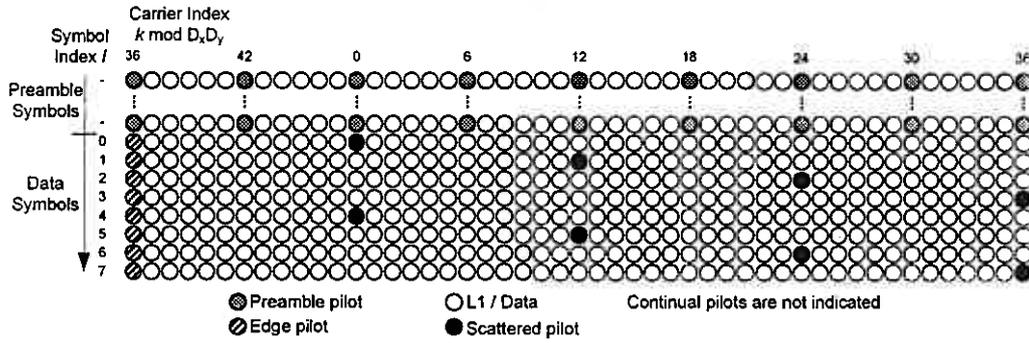


Figure H.4: Scattered pilot pattern for GI 1/64 with the lower edge $k \bmod D_x D_y = 36$

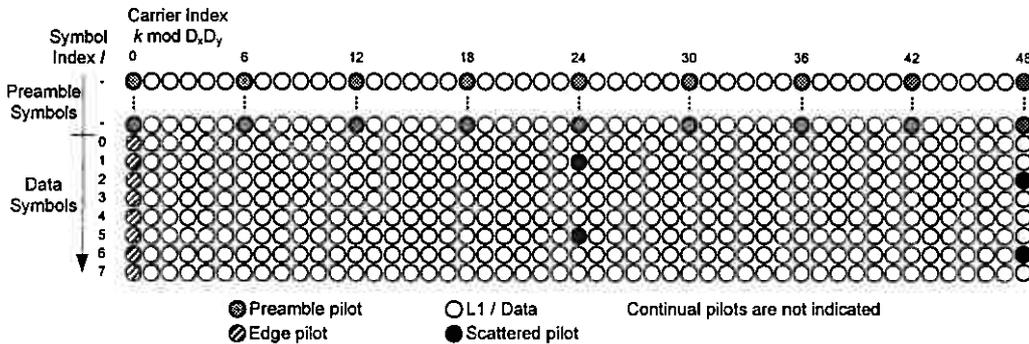


Figure H.5: Scattered pilot pattern for GI 1/128 with the lower edge $k \bmod D_x D_y = 0$

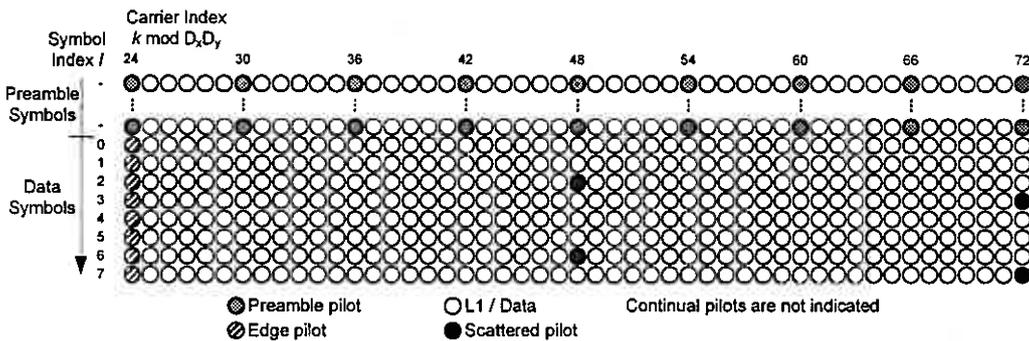


Figure H.6: Scattered pilot pattern for GI 1/128 with the lower edge $k \bmod D_x D_y = 24$

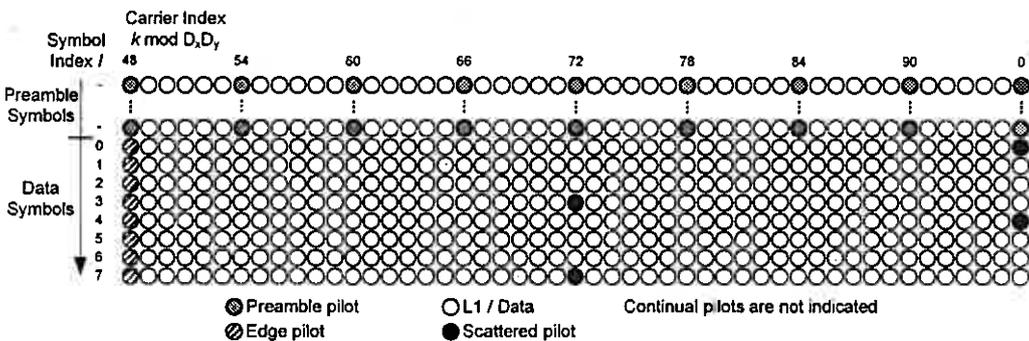


Figure H.7: Scattered pilot pattern for GI 1/128 with the lower edge $k \bmod D_x D_y = 48$

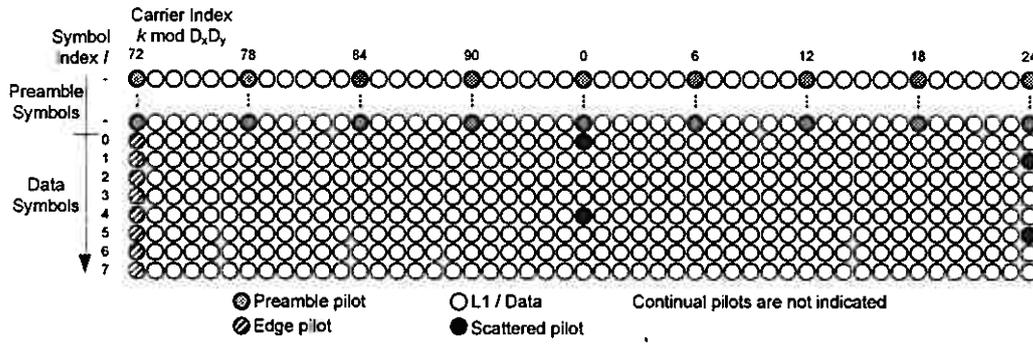


Figure H.8: Scattered pilot pattern for GI 1/128 with the lower edge $k \bmod D_x D_y = 72$

Annex I (informative): Bibliography

- CENELEC 60728-5 (Ed. 2.0): "Cable networks for television signals, sound signals and interactive services - Part 5: Headend equipment".
- CENELEC EN 60728-1:2008: "Cable networks for television signals, sound signals and interactive services - Part 1: System performance of forward paths".
- CENELEC EN 60728-11:2005: "Cable networks for television signals, sound signals and interactive services - Part 11: Safety".
- ETSI ES 201 488-2: "Access and Terminals (AT); Data Over Cable Systems; Part 2: Radio Frequency Interface Specification".
- ETSI TS 102 005: "Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of video and audio coding in DVB services delivered directly over IP".
- U. Reimers, A. Morello, "DVB-S2, the second generation standard for satellite broadcasting and unicasting", submitted to International Journal on Satellite Communication Networks, 2004; 22.
- M. Eroz, F.-W. Sun and L.-N. Lee, "DVB-S2 Low Density Parity Check Codes with near Shannon Limit Performance", submitted to International Journal on Satellite Communication Networks, 2004; 22.
- ETSI EN 300 744: "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television (DVB-T)".
- CENELEC EN 50083-9: "Cable networks for television signals, sound signals and interactive services - Part 9: Interfaces for CATV/SMATV headends and similar professional equipment for DVB/MPEG-2 transport streams".

History

Document history		
V1.1.1	April 2010	Publication
V1.2.1	December 2010	One-step Approval Procedure OAP 20110416: 2010-12-17 to 2011-04-18
V1.2.1	April 2011	Publication



INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION

ITU-T

TELECOMMUNICATION
STANDARDIZATION SECTOR
OF ITU

J.183

(03/2001)

SERIES J: CABLE NETWORKS AND TRANSMISSION
OF TELEVISION, SOUND PROGRAMME AND OTHER
MULTIMEDIA SIGNALS

Miscellaneous

**Time-division multiplexing of multiple MPEG-2
transport streams over cable television systems**

ITU-T Recommendation J.183

(Formerly CCITT Recommendation)

ITU-T J-SERIES RECOMMENDATIONS
**CABLE NETWORKS AND TRANSMISSION OF TELEVISION, SOUND PROGRAMME AND OTHER
MULTIMEDIA SIGNALS**

General Recommendations	J.1–J.9
General specifications for analogue sound-programme transmission	J.10–J.19
Performance characteristics of analogue sound-programme circuits	J.20–J.29
Equipment and lines used for analogue sound-programme circuits	J.30–J.39
Digital encoders for analogue sound-programme signals	J.40–J.49
Digital transmission of sound-programme signals	J.50–J.59
Circuits for analogue television transmission	J.60–J.69
Analogue television transmission over metallic lines and interconnection with radio-relay links	J.70–J.79
Digital transmission of television signals	J.80–J.89
Ancillary digital services for television transmission	J.90–J.99
Operational requirements and methods for television transmission	J.100–J.109
Interactive systems for digital television distribution	J.110–J.129
Transport of MPEG-2 signals on packetised networks	J.130–J.139
Measurement of the quality of service	J.140–J.149
Digital television distribution through local subscriber networks	J.150–J.159
IPCablecom	J.160–J.179
Miscellaneous	J.180–J.199
Application for Interactive Digital Television	J.200–J.209

For further details, please refer to the list of ITU-T Recommendations.

ITU-T Recommendation J.183

Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams over cable television systems

Summary

This Recommendation describes a time-division multiplexing (TDM) format for transmission of multiple MPEG-2 transport streams using a simple implementation on cable television systems. The TDM frame encapsulates the MPEG-2 transport streams prior to transmission.

The format features interoperability with the existing conventional satellite transmodulation format, which is designed based on the specification of Annex C/J.83 and Annex C/J.84 (SMATV system C(III)).

This format may be applicable to other transmission systems. Information about the frame format should be transmitted in the network information table simultaneously, when this format is introduced into the existing digital cable television systems. It is needed for the set-top box to identify the digital channel containing multiple MPEG-2 transport streams.

Source

ITU-T Recommendation J.183 was prepared by ITU-T Study Group 9 (2001-2004) and approved under the WTSA Resolution 1 procedure on 9 March 2001.

FOREWORD

The International Telecommunication Union (ITU) is the United Nations specialized agency in the field of telecommunications. The ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) is a permanent organ of ITU. ITU-T is responsible for studying technical, operating and tariff questions and issuing Recommendations on them with a view to standardizing telecommunications on a worldwide basis.

The World Telecommunication Standardization Assembly (WTSA), which meets every four years, establishes the topics for study by the ITU-T study groups which, in turn, produce Recommendations on these topics.

The approval of ITU-T Recommendations is covered by the procedure laid down in WTSA Resolution 1.

In some areas of information technology which fall within ITU-T's purview, the necessary standards are prepared on a collaborative basis with ISO and IEC.

NOTE

In this Recommendation, the expression "Administration" is used for conciseness to indicate both a telecommunication administration and a recognized operating agency.

INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS

ITU draws attention to the possibility that the practice or implementation of this Recommendation may involve the use of a claimed Intellectual Property Right. ITU takes no position concerning the evidence, validity or applicability of claimed Intellectual Property Rights, whether asserted by ITU members or others outside of the Recommendation development process.

As of the date of approval of this Recommendation, ITU had not received notice of intellectual property, protected by patents, which may be required to implement this Recommendation. However, implementors are cautioned that this may not represent the latest information and are therefore strongly urged to consult the TSB patent database.

© ITU 2001

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from ITU.

CONTENTS

	Page
1 Scope.....	1
2 References.....	1
2.1 Normative references.....	1
2.2 Informative references.....	1
3 Terms and definitions.....	2
4 Abbreviations.....	2
5 Multiple-TS transmission system.....	2
5.1 Framing structure for multiple-TS transmission.....	3
5.2 Physical interface and channel coding of the multiple-TS transmission.....	3
5.3 TSMF header structure.....	3
5.3.1 Packet_header.....	4
5.3.2 TSMF_sync.....	5
5.3.3 Version_number.....	5
5.3.4 Slot_information.....	5
5.3.5 Identifiers_information.....	6
5.3.6 Control information.....	6
5.3.7 Relative TS number information.....	6
Appendix I.....	7

ITU-T Recommendation J.183

Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams over cable television systems

1 Scope

The scope of this Recommendation is the definition of a time-division multiplexing frame format to adapt the multiple MPEG-2 transport streams into the existing physical layer interface specified in Annex C/J.83. This format may be applicable to other transmission systems.

The frame aims to multiplex transport streams without change except that some of the service information (SI) related to the network are replaced. By using this frame structure as an option to the conventional digital transmission equipment, multiple transport streams can be multiplexed as they are. The functionality of multiplexing transport streams into a single transport stream is not needed.

Implementation of this frame format enables the cable television operator to pack multiple transport streams in a single channel. Also, the flexibility on operation of cable distribution network would be obtained if the integration of services could be achieved by the transport stream basis.

This Recommendation provides the information needed by the designers and manufacturers of equipment (including receivers) for digital multi-programme signals distributed by cable networks.

2 References

2.1 Normative references

The following ITU-T Recommendations and other references contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this Recommendation. At the time of publication, the editions indicated were valid. All Recommendations and other references are subject to revision; users of this Recommendation are therefore encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the Recommendations and other references listed below. A list of the currently valid ITU-T Recommendations is regularly published.

- ITU-T H.222.0 (2000) | ISO/IEC 13818-1:2000, *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: systems*.
- ITU-T J.83 (1997), *Digital multi-programme systems for television, sound and data services for cable distribution*.
- ITU-T J.84 (1997), *Distribution of digital multi-programme signals for television, sound and data services thorough SMATV networks*.
- ITU-T J.94 (1998), *Service information for digital broadcasting in cable television systems*.

2.2 Informative references

- JCTEA STD-002-2.0, Multiplexing System for Digital Cable Television.
- JCTEA STD-007-1.0, BS digital compliant Digital Cable Television Receiver.

3 Terms and definitions

This Recommendation defines the following terms:

- 3.1 MPEG-2:** Refers to ISO/IEC 13818 (All parts). Systems coding is defined in ITU-T H.222.0 | ISO/IEC 13818-1. Video coding is defined in ITU-T H.262 | ISO/IEC 13818-2. Audio coding is defined in ISO/IEC 13818-3 and in ISO/IEC 13818-7.
- 3.2 network:** A collection of MPEG-2 transport stream multiplexes transmitted on a single delivery system, e.g., all digital channels on a specific cable system.
- 3.3 original_network_id:** A label identifying the network_id of the originating delivery system.
- 3.4 programme:** A concatenation of one or more events under the control of a broadcaster, e.g., news show, entertainment show.
- 3.5 physical interface:** The interface on a physical layer equipment for transmission.
- 3.6 reserved_for_future_use:** The term "reserved_for_future_use", when used in the clause defining the coded bitstream, indicates that the value may be used in the future defined extensions. All "reserved_for_future_use" bits shall be set to "1".
- 3.7 set-top box:** A hardware box that contains digital signal demodulator, de-multiplexer, MPEG-2 decoder, other functionalities and interfaces related to digital signal reception and presentation of the distributed programme at the subscriber's site.
- 3.8 transport stream (TS):** A TS is a data structure defined in ITU-T H.222.0 | ISO/IEC 13818-1.
- 3.9 transport_stream_id (TS_id):** A unique identifier of a TS within an original network.

4 Abbreviations

This Recommendation uses the following abbreviations:

bslbf	bit string, left bit first
CRC	Cyclic Redundancy Check
rpchof	remainder polynomial coefficients, highest order first
TS	Transport Stream
TSMF	Transport Streams Multiplexing Frame
uimsbf	unsigned integer, most significant bit first

5 Multiple-TS transmission system

The proposed framing structure for a multiple-TS transmission system meets the following requirements:

- Multiple MPEG-2 transport streams should be transmitted over a digital carrier in compliance with existing cable TV systems.
- All packets of all MPEG-2 transport streams should be transmitted without any packet loss.
- All transport streams received are in compliance with the specification of MPEG-2 systems.
- The system should make effective use of cable TV channel capacity.
- Delay time resulting from optional use of signal processing should not affect digital broadcasting services.
- The added cost of introduction of the optional facilities in a cable TV headend and the receiver should be low.

- g) The system should support interoperability with conventional single transport stream transmission systems for cable distribution.

5.1 Framing structure for multiple-TS transmission

The multiple-TS transmission system uses the frame structure shown in Table 1 to multiplex MPEG-2 transport streams (TSs). The frame is called the transport streams multiplexing frame (TSMF). The TS packets shall be assigned to slots in the TSMF. A slot is constituted from 188 bytes of the same size as a TS packet, and the TSMF consists of N slots. The TSMF has a TSMF_header in the first slot. In the TSMF_header, information about multiplexing and de-multiplexing is contained. By outputting this frame repeatedly, multiple TSs are transmitted.

Table 1/J.183 – TSMF structure

Syntax	No. of bytes	Description
TSMF () { TSMF_header() for (i = 1; i < N; i++){ TS_packet[i] } }	188	
	188	

5.2 Physical interface and channel coding of the multiple-TS transmission system

Except for the framing block, channel coding is identical to that of the single-TS transmission system (Figure 1) because the multiplexed signal by using the TSMF is a stream of TS packets. The technology and standards specified for the physical interface of a single-TS transmission system, for example, ITU-T J.83, can be applied.

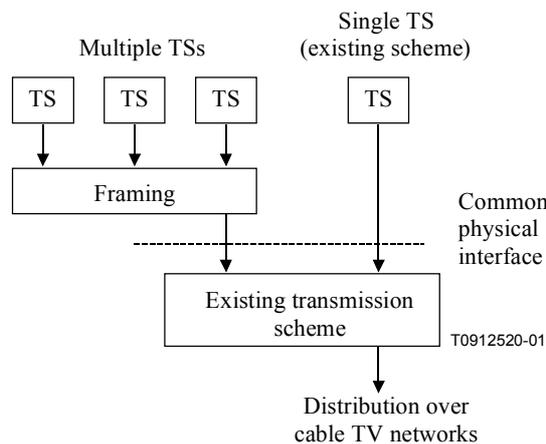


Figure 1/J.183 – System configuration for single TS and multiple TSs transmission

5.3 TSMF header structure

The TSMF_header should be comprised of 188-byte data. The first byte of 0x47 is for packet synchronization purpose, followed by 187 bytes of the following information:

- frame synchronization;
- MPEG-2 TS identification for each slot; and

– others (e.g. version number, flag bit for emergency alert broadcasting).

Each of the MPEG-2 TSs, multiplexed in the TSMF, is uniquely distinguished by the TS identification (TS_id) and original network identification (original_network_id). Instead of directly using the corresponding information between a slot number and TS_id/original_network_id, the relative TS number (relative_TS_number) is employed. The TS_id/original_network_id of a TS, which a TS_packet in a slot belongs to, is resolved in two stages: the first is translation of slot number to relative_TS_number, and the next is translation of relative_TS_number to TS_id/original_network_id. This method reduces the number of bits for the TS identification in the TSMF_header. The content of the TSMF_header is specified in Table 2 and below:

Table 2/J.183 – TSMF_header

Syntax	No. of bits	Description
TSMF_header() {		
packet_header()	32	
TSMF_sync	16	bslbf
version_number	V	
slot_information()	S	
identifiers_information()	32 * M	M = 2 ^m - 1
control_information()	C	bslbf
relative_TS_information()	m * (N - 1)	
private_data	1424 - V - S - 32 * M - C - m * (N - 1)	
CRC	32	rpchof
}		

NOTE 1 – The semantic definition of the fields in the TSMF header is as follows:

TSMF_sync: This is a 16-bit field. Its value shall be determined by the system.

version_number: This V-bit field is the version number that indicates renewal of the area from the slot_information to the control_information in the TSMF_header. It shall be incremented by 1 when a change occurs. When it reaches maximum value, it wraps around to 0.

private_data: This is a field whose syntax and semantics shall be defined by the system.

CRC: CRC (cyclic redundancy check) is added to detect any errors. As defined in ITU-T H.222.0, the value of CRC has zero register output when 184 bytes of a TSMF_header, excluding the first 4 bytes, are input into the register of a decoder.

NOTE 2 – $V + S = 8 * I_1$, where V is the number of bits for version_number, S is the number of bits for slot_information, and I_1 is an integer.

NOTE 3 – $C = 8 * I_2$, where C is the number of bits for control_information, and I_2 is an integer.

NOTE 4 – N is the number of slots in the TSMF, or the total length of the frame.

NOTE 5 – M is the maximum number of transport streams multiplexed in the TSMF.

5.3.1 Packet_header

The first 4 bytes of the TSMF_header have a structure similar to the MPEG-2 TS packet header, as shown in Table 3.

Table 3/J.183 – Packet_header

Syntax	No. of bits	Description
packet_header() {		
sync_byte	8	bslbf
'000'	3	bslbf
TSMF_header_PID	13	uimsbf
'0001'	4	bslbf
continuity_counter	4	uimsbf
}		

NOTE – The semantic definition of the fields in packet header is as follows:

sync_byte: This is a fixed 8-bit field whose value is '0100 0111' (0x47).

TSMF_header_PID: This is a 13-bit field whose value is set to a unique value other than the PIDs of TS packets. The TSMF_header can be identified from other TS packets, as the value of TSMF_header_PID is unique.

continuity_counter: The continuity_counter is a 4-bit field incrementing with each TSMF_header. When the value reaches '1111' (0x0f), it wraps around to 0.

5.3.2 TSMF_sync

The TSMF_sync is used for frame synchronization. Using the TSMF_sync and the TSMF_header_PID together, frame synchronization is ensured. The value shall be defined by the system.

5.3.3 Version_number

The version_number indicates renewal of the TSMF_header information. It shall be incremented each time the TSMF header is renewed. The receiver may decode the TSMF header information only when a change of information occurs. The use of version number and the area where information renewal is examined are optionally defined by the system.

5.3.4 Slot_information

The slot_information (see Table 4) shall include the TSMF_format, and the indicator of the availability of each relative_TS_number, and so on. The TSMF_format may indicate the maximum number of TSs transmitted simultaneously and the number of slots in the TSMF. Each of the availability_for_relative_TS_number shall be transmitted sequentially in order of the relative_TS_number from 1 to M.

Table 4/J.183 – Slot_information

Syntax	No. of bits	Description
slot_information() {		
TSMF_format	F	bslbf
for (i = 1; i <= M; i++) {		M = 2 ^m – 1
availability_for_relative_TS_number[i]	1	bslbf
}		
reserved_for_future_use	S-F-M	
}		

NOTE 1 – F is the number of bits of TSMF_format.

NOTE 2 – M is the maximum number of transport streams multiplexed in the TSMF.

NOTE 3 – S is the number of bits of slot_information.

NOTE 4 – Semantic definition of the fields in the slot information is as follows:

TSMF_format: This is a V-bit field which indicates N and M. The value of N and M should be the same as defined in Annex C/J.94.

availability_for_relative_TS_number[i]: This is a 1-bit field that represents availability of the TS labelled by relative_TS_number i.

5.3.5 Identifiers_information

Table 5 shows the algorithm relating relative_TS_number and TS_id/original_network_id. TS_id/original_network_id shall be composed of 32-bit numbers and shall be arranged in order of the relative_TS_number from 1 to M.

Table 5/J.183 – Identifiers_information

Syntax	No. of bits	Description
<pre> identifiers_information(){ for (i = 1; i <= M; i++) { TS_id[i] original_network_id[i] } } </pre>	 16 16	 $M = 2^m - 1$ uimsbf uimsbf

NOTE 1 – The maximum number of TSs transmitted simultaneously, M, shall be indicated by the 'TSMF_format' as shown in Table 4.

NOTE 2 – The semantic definition of the fields in the identifiers information is as follows:

TS_id[i]: This is a 16-bit field that represents TS_id of the TS labelled as relative_TS_number i.

original_network_id[i]: This is a 16-bit field that represents original_network_id of the TS labelled as relative_TS_number i.

5.3.6 Control information

The control information may be used to control set-top boxes, e.g. a flag for emergency alert broadcasting. The encoding format shall be defined by the system. The number of bits for the control information, "C", is defined in Table 2.

5.3.7 Relative TS number information

The relative_TS_number for each TS_packet shall be transmitted sequentially in order of slot from 1 to (N – 1) as shown in Table 6. The number of slots in TSMF, N, shall be defined by the system.

Table 6/J.183 – Relative TS_number_information

Syntax	No. of bits	Description
<pre>relative_TS_information(){ for (i = 1; i < N; i++) { relative_TS_number[i] } }</pre>	m	uimsbf

NOTE 1 – M is $2^m - 1$.

NOTE 2 – Semantic definition of the fields in the relative TS number information is as follows:

relative_TS_number[i]: This is an m-bit field that represents the relative_TS_number of the i-th TS_packet.

APPENDIX I

Table I.1 shows parameters for the TSMF employed with the physical layer interface specified in Annex C/J.83.

Table I.1/J.183 – System parameters

Parameter	Notation	Value	Remarks
The number of slots in the TSMF, or the total length of the frame	N	53	including TSMF_header
The maximum number of transport streams multiplexed in the TSMF	M	15	
TSMF_sync			reserved 3 bits 0x1a86 13 bits
version_number			3 bits (V = 3)
slot_information			21 bits (S = 21)
TSMF_type			slot_allocation_type 1 bit frame_type ^{a)} 4 bits (F = 5)
control_information			receive_status 2 * M = 30 bits emergency_indicator 1 bit
private_data			85 bytes
^{a)} The "frame_type" in the TSMF_type should be included in the cable delivery system descriptor of network information table (NIT) for the reception. The set-top box could identify whether each channel on cable network is with the TSMF or not. The values of N and M are identical to the definition in Annex C/J.94.			

SERIES OF ITU-T RECOMMENDATIONS

Series A	Organization of the work of ITU-T
Series B	Means of expression: definitions, symbols, classification
Series C	General telecommunication statistics
Series D	General tariff principles
Series E	Overall network operation, telephone service, service operation and human factors
Series F	Non-telephone telecommunication services
Series G	Transmission systems and media, digital systems and networks
Series H	Audiovisual and multimedia systems
Series I	Integrated services digital network
Series J	Cable networks and transmission of television, sound programme and other multimedia signals
Series K	Protection against interference
Series L	Construction, installation and protection of cables and other elements of outside plant
Series M	TMN and network maintenance: international transmission systems, telephone circuits, telegraphy, facsimile and leased circuits
Series N	Maintenance: international sound programme and television transmission circuits
Series O	Specifications of measuring equipment
Series P	Telephone transmission quality, telephone installations, local line networks
Series Q	Switching and signalling
Series R	Telegraph transmission
Series S	Telegraph services terminal equipment
Series T	Terminals for telematic services
Series U	Telegraph switching
Series V	Data communication over the telephone network
Series X	Data networks and open system communications
Series Y	Global information infrastructure and Internet protocol aspects
Series Z	Languages and general software aspects for telecommunication systems

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION

TELECOMMUNICATION
STANDARDIZATION SECTOR

STUDY PERIOD 2013-2016

STUDY GROUP 9

TD 576 Rev.1 (GEN/9)

English only

Original: English

Question(s): 1/9

Geneva, 8-12 September 2014

TD

Source: Rapporteur [for](#) Q1/9

Title: Output – Draft revised Recommendation J.183 " Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams over cable television systems " for progressing

Based on the COM9-C59 discussion, Q1/9 provides TD AAA, the draft revision of J.183 for progressing. Revision marks indicated in this document are developed in this meeting.

Contact: Shigeyuki Sakazawa
KDDI Corporation
Japan

Tel: +81 49 278 7426
Fax: +81 49 278 7510
Email: sh-sakazawa@kddi.com

Attention: This is not a publication made available to the public, but an **internal ITU-T Document** intended only for use by the Member States of ITU, by ITU-T Sector Members and Associates, and their respective staff and collaborators in their ITU related work. It shall not be made available to, and used by, any other persons or entities without the prior written consent of ITU-T.

[DRAFT REVISED] ITU-T RECOMMENDATION J.183

ITU-T Recommendation J.183

**Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams
over cable television systems**

1 Scope

The scope of this Recommendation is the definition of a time-division multiplexing frame format to adapt the multiple MPEG-2 transport streams, some of which exceeds the transmission rate per a single channel, into the existing physical layer interface specified in Annex C/J.83. This format may be applicable to other transmission systems.

The frame aims to multiplex transport streams without change except that some of the service information (SI) related to the network are replaced. By using this frame structure as an option to the conventional digital transmission equipment, multiple transport streams can be multiplexed as they are. The functionality of multiplexing transport streams into a single transport stream is not needed. Also, the expansion of the frame format, being compliant with the first version of J.183 (2001-03-09), can provide the additional functionality for high speed transmission scheme by channel bonding technology.

Implementation of this the first version of the frame format enables the cable television operator to pack multiple transport streams in a single channel. And the second version of this frame format can be additionally applied to high speed transport streams, such as UHDTV signals, to be multiplexed into multiple channels as well. In other words, the second version of J.183 maintains backward compatibility with the first one. {Editor's note: appropriate expression for "first/second version" should be considered.}

書式変更: 蛍光ペン

Also, tThe flexibility on operation of cable distribution network would be obtained if the integration of services could be achieved by the transport stream basis.

This Recommendation provides the information needed by the designers and manufacturers of equipment (including receivers) for digital multi-programme signals distributed by cable networks.

2 References

2.1 Normative references

The following ITU-T Recommendations and other references contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this Recommendation. At the time of publication, the editions indicated were valid. All Recommendations and other references are subject to revision; users of this Recommendation are therefore encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the Recommendations and other references listed below. A list of the currently valid ITU-T Recommendations is regularly published.

- ITU-T H.222.0 (2000) | ISO/IEC 13818-1:2000, *Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: systems.*
- ITU-T J.83 (1997), *Digital multi-programme systems for television, sound and data services for cable distribution.*

- ITU-T J.84 (1997), *Distribution of digital multi-programme signals for television, sound and data services thorough SMATV networks.*
- ITU-T J.94 (1998), *Service information for digital broadcasting in cable television systems.*

2.2 Informative references

- JCTEA STD-002-2.0, Multiplexing System for Digital Cable Television.
- JCTEA STD-007-1.0, BS digital compliant Digital Cable Television Receiver.

3 Terms and definitions

This Recommendation defines the following terms:

- 3.1 MPEG-2:** Refers to ISO/IEC 13818 (All parts). Systems coding is defined in ITU-T H.222.0 | ISO/IEC 13818-1. Video coding is defined in ITU-T H.262 | ISO/IEC 13818-2. Audio coding is defined in ISO/IEC 13818-3 and in ISO/IEC 13818-7.
- 3.2 network:** A collection of MPEG-2 transport stream multiplexes transmitted on a single delivery system, e.g., all digital channels on a specific cable system.
- 3.3 original_network_id:** A label identifying the network_id of the originating delivery system.
- 3.4 programme:** A concatenation of one or more events under the control of a broadcaster, e.g., news show, entertainment show.
- 3.5 physical interface:** The interface on a physical layer equipment for transmission.
- 3.6 reserved_for_future_use:** The term "reserved_for_future_use", when used in the clause defining the coded bitstream, indicates that the value may be used in the future defined extensions. All "reserved_for_future_use" bits shall be set to "1".
- 3.7 set-top box:** A hardware box that contains digital signal demodulator, de-multiplexer, MPEG-2 decoder, other functionalities and interfaces related to digital signal reception and presentation of the distributed programme at the subscriber's site.
- 3.8 transport stream (TS):** A TS is a data structure defined in ITU-T H.222.0 | ISO/IEC 13818-1.
- 3.9 transport_stream_id (TS_id):** A unique identifier of a TS within an original network.

4 Abbreviations

This Recommendation uses the following abbreviations:

bslbf	bit string, left bit first
CRC	Cyclic Redundancy Check
rpchof	remainder polynomial coefficients, highest order first
TS	Transport Stream
TSMF	Transport Streams Multiplexing Frame
uimsbf	unsigned integer, most significant bit first

5 Multiple-TS transmission system

The proposed framing structure for a multiple-TS transmission system meets the following requirements:

- Multiple MPEG-2 transport streams should be transmitted over a digital carrier in compliance with existing cable TV systems.
- All packets of all MPEG-2 transport streams should be transmitted without any packet loss.
- All transport streams received are in compliance with the specification of MPEG-2 systems.
- The system should make effective use of cable TV channel capacity.

- e) Delay time resulting from optional use of signal processing should not affect digital broadcasting services.
- f) The added cost of introduction of the optional facilities in a cable TV headend and the receiver should be low.

- g) The system should support interoperability with conventional single transport stream transmission systems for cable distribution.

5.1 Framing structure for multiple-TS transmission

The multiple-TS transmission system uses the frame structure shown in Table 1 to multiplex MPEG-2 transport streams (TSs). The frame is called the transport streams multiplexing frame (TSMF). The TS packets shall be assigned to slots in the TSMF. A slot is constituted from 188 bytes of the same size as a TS packet, and the TSMF consists of N slots. The TSMF has a TSMF_header in the first slot. In the TSMF_header, information about multiplexing and de-multiplexing is contained. By outputting this frame repeatedly, multiple TSs are transmitted.

Table 1/J.183 – TSMF structure

Syntax	No. of bytes	Description
TSMF () { TSMF_header() for (i = 1; i < N; i++){ TS_packet[i] } }	188	
	188	

5.2 Physical interface and channel coding of the multiple-TS transmission system

Except for the framing block, channel coding is identical to that of the single-TS transmission system (Figure 1) because the multiplexed signal by using the TSMF is a stream of TS packets. The technology and standards specified for the physical interface of a single-TS transmission system, for example, ITU-T J.83, can be applied.

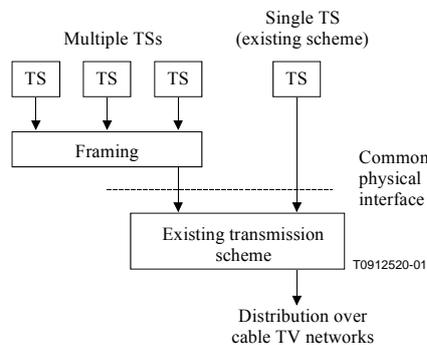


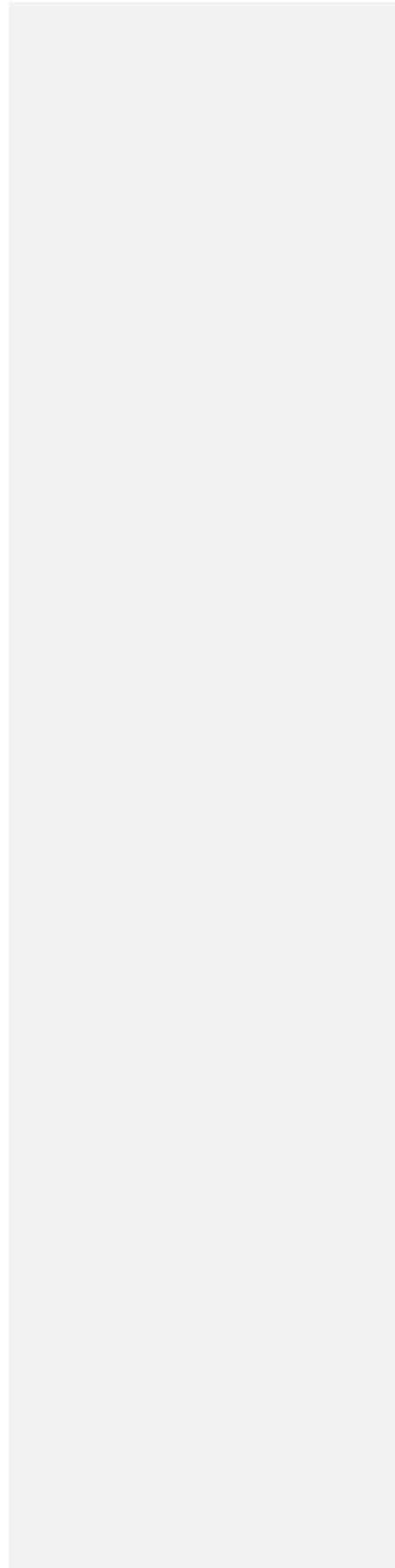
Figure 1/J.183 – System configuration for single TS and multiple TSs transmission

5.3 TSMF header structure

The TSMF_header should be comprised of 188-byte data. The first byte of 0x47 is for packet synchronization purpose, followed by 187 bytes of the following information:

- frame synchronization;

- MPEG-2 TS identification for each slot; and



- others (e.g. version number, flag bit for emergency alert broadcasting).

Each of the MPEG-2 TSs, multiplexed in the TSMF, is uniquely distinguished by the TS identification (TS_id) and original network identification (original_network_id). Instead of directly using the corresponding information between a slot number and TS_id/original_network_id, the relative TS number (relative_TS_number) is employed. The TS_id/original_network_id of a TS, which a TS_packet in a slot belongs to, is resolved in two stages: the first is translation of slot number to relative_TS_number, and the next is translation of relative_TS_number to TS_id/original_network_id. This method reduces the number of bits for the TS identification in the TSMF_header. The content of the TSMF_header is specified in Table 2 and below:

Table 2/J.183 – TSMF_header

Syntax	No. of bits	Description
TSMF_header() {		
packet_header()	32	
TSMF_sync	16	bslbf
version_number	V	
slot_information()	S	
identifiers_information()	32 * M	M = 2 ^m - 1
control_information()	C	bslbf
relative_TS_information()	m * (N - 1)	
private_data	1424 - V - S - 32 * M - C - m * (N - 1)	
CRC	32	rpchof
}		

NOTE 1 – The semantic definition of the fields in the TSMF header is as follows:

TSMF_sync: This is a 16-bit field. Its value shall be determined by the system.

version_number: This V-bit field is the version number that indicates renewal of the area from the slot_information to the control_information in the TSMF_header. It shall be incremented by 1 when a change occurs. When it reaches maximum value, it wraps around to 0.

private_data: This is a field whose syntax and semantics shall be defined by the system.

CRC: CRC (cyclic redundancy check) is added to detect any errors. As defined in ITU-T H.222.0, the value of CRC has zero register output when 184 bytes of a TSMF_header, excluding the first 4 bytes, are input into the register of a decoder.

NOTE 2 – $V + S = 8 * I_1$, where V is the number of bits for version_number, S is the number of bits for slot_information, and I_1 is an integer.

NOTE 3 – $C = 8 * I_2$, where C is the number of bits for control_information, and I_2 is an integer.

NOTE 4 – N is the number of slots in the TSMF, or the total length of the frame.

NOTE 5 – M is the maximum number of transport streams multiplexed in the TSMF.

5.3.1 Packet_header

The first 4 bytes of the TSMF_header have a structure similar to the MPEG-2 TS packet header, as shown in Table 3.

Table 3/J.183 – Packet_header

Syntax	No. of bits	Description
packet_header() {		
sync_byte	8	bslbf
'000'	3	bslbf
TSMF_header_PID	13	uimsbf
'0001'	4	bslbf
continuity_counter	4	uimsbf
}		

NOTE – The semantic definition of the fields in packet header is as follows:

sync_byte: This is a fixed 8-bit field whose value is '0100 0111' (0x47).

TSMF_header_PID: This is a 13-bit field whose value is set to a unique value other than the PIDs of TS packets. The TSMF_header can be identified from other TS packets, as the value of TSMF_header_PID is unique.

continuity_counter: The continuity_counter is a 4-bit field incrementing with each TSMF_header. When the value reaches '1111' (0x0f), it wraps around to 0.

5.3.2 TSMF_sync

The TSMF_sync is used for frame synchronization. Using the TSMF_sync and the TSMF_header_PID together, frame synchronization is ensured. The value shall be defined by the system.

5.3.3 Version_number

The version_number indicates renewal of the TSMF_header information. It shall be incremented each time the TSMF header is renewed. The receiver may decode the TSMF header information only when a change of information occurs. The use of version number and the area where information renewal is examined are optionally defined by the system.

5.3.4 Slot_information

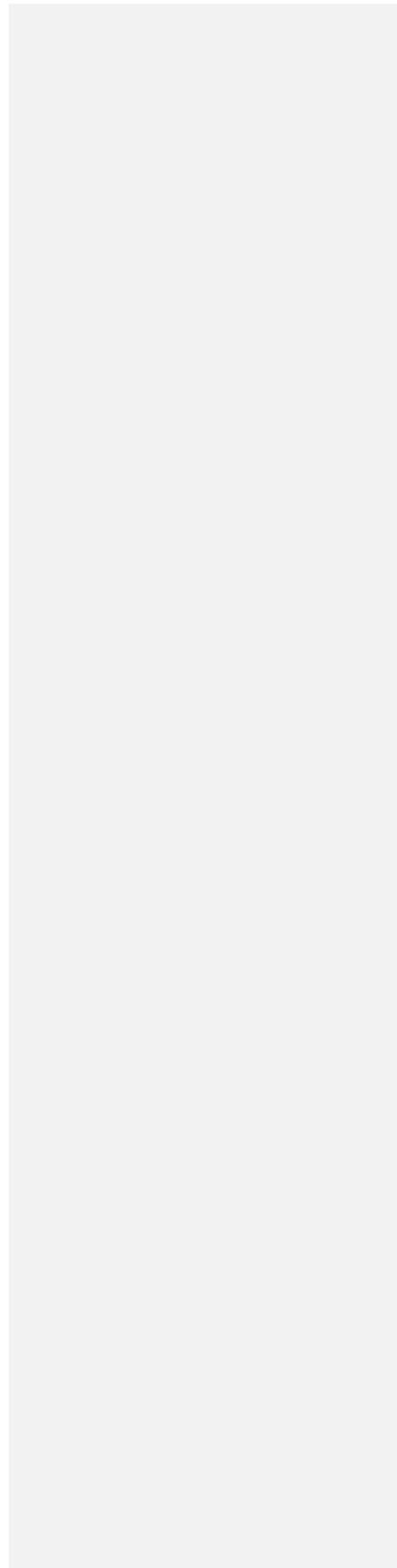
The slot_information (see Table 4) shall include the TSMF_format, and the indicator of the availability of each relative_TS_number, and so on. The TSMF_format may indicate the maximum number of TSs transmitted simultaneously and the number of slots in the TSMF. Each of the availability_for_relative_TS_number shall be transmitted sequentially in order of the relative_TS_number from 1 to M.

Table 4/J.183 – Slot_information

Syntax	No. of bits	Description
slot_information() {		
TSMF_format	F	bslbf
for (i = 1; i <= M; i++) {		M = 2 ^m - 1
availability_for_relative_TS_number[i]	1	bslbf
}		

reserved_for_future_use }	S-F-M	
------------------------------	-------	--

NOTE 1 – F is the number of bits of TSMF_format.



NOTE 2 – M is the maximum number of transport streams multiplexed in the TSMF.

NOTE 3 – S is the number of bits of slot_information.

NOTE 4 – Semantic definition of the fields in the slot information is as follows:

TSMF_format: This is a V-bit field which indicates N and M. The value of N and M should be the same as defined in Annex C/J.94.

availability_for_relative_TS_number[i]: This is a 1-bit field that represents availability of the TS labelled by relative_TS_number i.

5.3.5 Identifiers information

Table 5 shows the algorithm relating relative_TS_number and TS_id/original_network_id.

TS_id/original_network_id shall be composed of 32-bit numbers and shall be arranged in order of the relative_TS_number from 1 to M.

Table 5/J.183 – Identifiers information

Syntax	No. of bits	Description
<pre> identifiers_information(){ for (i = 1; i <= M; i++) { TS_id[i] original_network_id[i] } } </pre>	<p>16</p> <p>16</p>	<p>$M = 2^m - 1$</p> <p>uimsbf</p> <p>uimsbf</p>

NOTE 1 – The maximum number of TSs transmitted simultaneously, M, shall be indicated by the 'TSMF_format' as shown in Table 4.

NOTE 2 – The semantic definition of the fields in the identifiers information is as follows:

TS_id[i]: This is a 16-bit field that represents TS_id of the TS labelled as relative_TS_number i.

original_network_id[i]: This is a 16-bit field that represents original_network_id of the TS labelled as relative_TS_number i.

5.3.6 Control information

The control information may be used to control set-top boxes, e.g. a flag for emergency alert broadcasting. The encoding format shall be defined by the system. The number of bits for the control information, "C", is defined in Table 2.

5.3.7 Relative TS number information

The relative_TS_number for each TS_packet shall be transmitted sequentially in order of slot from 1 to (N – 1) as shown in Table 6. The number of slots in TSMF, N, shall be defined by the system.

Table 6/J.183 – Relative TS_number_information

Syntax	No. of bits	Description
<pre>relative_TS_information(){ for (i = 1; i < N; i++) { relative_TS_number[i] } }</pre>	m	uimsbf

NOTE 1 – M is $2^m - 1$.

NOTE 2 – Semantic definition of the fields in the relative TS number information is as follows:

relative_TS_number[i]: This is an m-bit field that represents the relative_TS_number of the i-th TS_packet.

~~Annex A for digital multi-programme System A~~

(For further study)

~~[Editor's note: provide definition of System A and System B.]~~

~~Annex B for digital multi-programme System B~~

(For further study)

Annex C Extended format of TSMF for System C of J.83

(This annex forms an integral part of this Recommendation)

C.1 Introduction

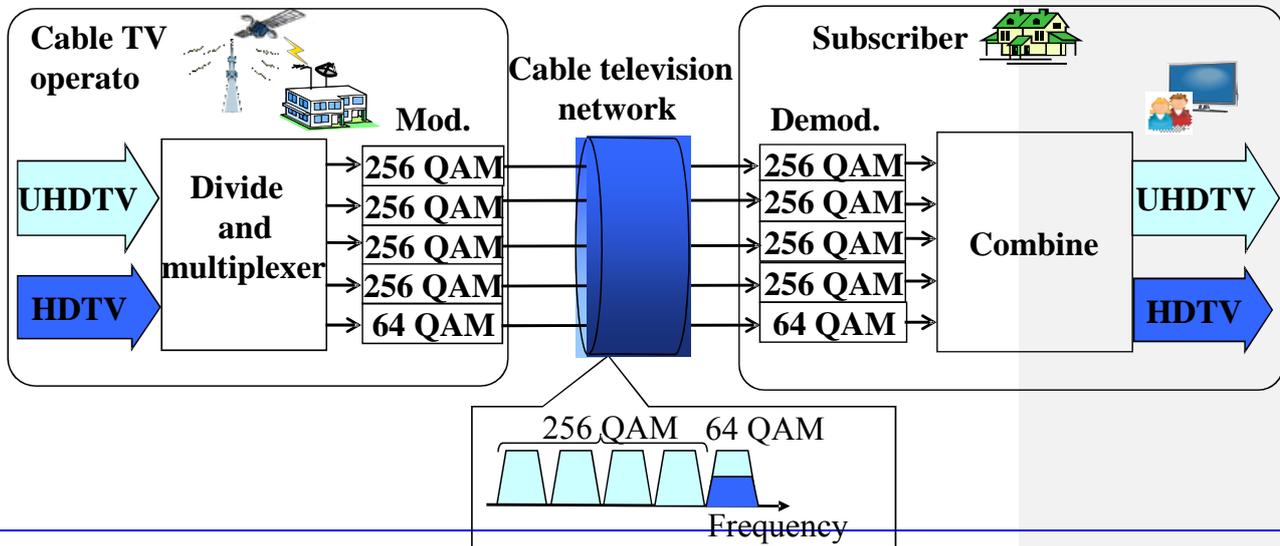
This annex describes the extension format of existing TSMF structure in order to adapt a large capacity of MPEG-2 transport streams, such as an UHDTV signals including a large capacity of transport stream, to be divided into the multiple channel physical layer interfaces specified in Annex C/J.83. The ~~extended~~Extended TSMF is designed for channel bonding technology. It is backward compatible with the first version of TSMF, J.183 (2001-03-09). This technology will support cable TV transmission system to distribute relatively large sized contents with multiple carriers while conventional system having HDTV channels in the same physical layer specification.

C.2 Concept

Figure C.1 overviews the channel bonding technology. The large capacity of MPEG-2 TS is divided at the cable TV headend and multiplexed into time division multiplexing (TDM) frames that are described as "Super Frames" in the following section. Each of the frames is transmitted by a 64 QAM or 256 QAM signal. Each of the QAM channels can be allocated to any frequency. The signal of each channel is separately demodulated and all of the demodulated signals are restored to the original MPEG-2 TS of UHDTV at a receiver.

The channels carrying UHDTV service and those for existing broadcasting services are confirmed not to disturb each other. As 256 QAM offers transmission capacity larger than 64 QAM, the former is preferable to transmit UHDTV signals. However, 256 QAM is less robust against any kind of noise and distortion than 64 QAM.

書式変更: 蛍光ペン



[Figure C.1 Overview of channel bonding technology.](#)

Figure C.2 shows an example of the combination of one 64 QAM and four 256 QAM channels used for a single UHDTV transmission. In this figure, a UHDTV signal occupies four 256 QAM channels and a part of 64 QAM channel. It is noted that another program such as a HDTV may be transmitted with the use of the remained capacity of the 64 QAM channel. Any combination of QAM scheme among the relevant multi carriers group should be allowed for cable TV operation. Since the bitrates transmitted by 64 and 256 QAMs are different, e-TSMF is required for bonding channels with different bitrates.

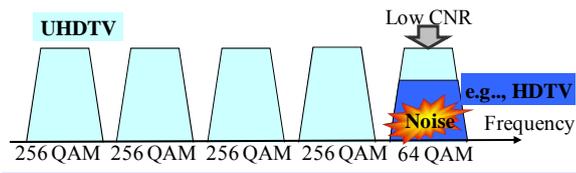
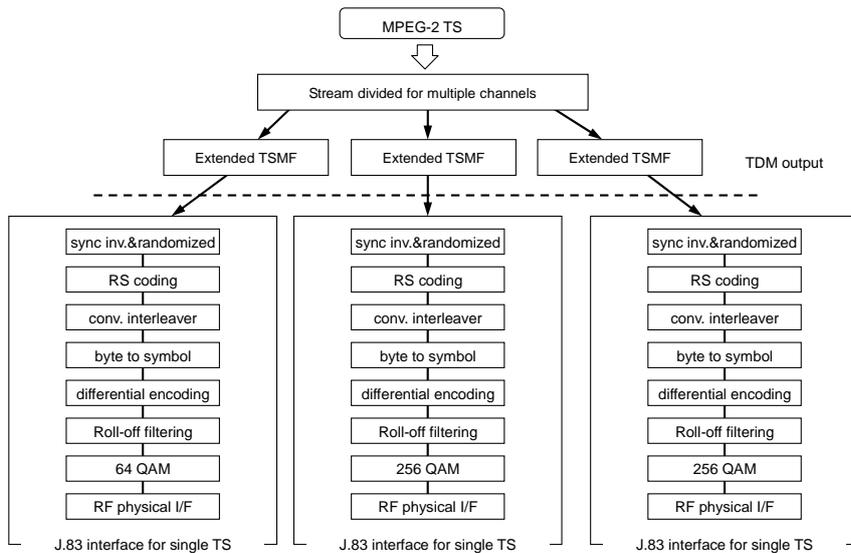


Figure C.2 Multiple channels used for UHDTV transmission.

Figure C.3 shows an example of a TS transmitted by one 64 QAM and two 256 QAM signals by using extended Extended TSMF format. Channel coding is identical to that of the single-TS transmission system because the stream divided for multiple channels by using the Extended TSMF is a stream of TS packets.



変更されたフィールド コード

Figure C.3 Example of a TS carried by one 64 QAM and two 256 QAM signals by using extended Extended TSMF format.

C.3 Super frame

[Figure C.4 outlines the structure of the super frame. The number of TSMFs in a super frame is determined to make the periods of super frames identical regardless of the modulation format.](#)



[Figure C.4 Structure of super-frame for 64 QAM and 256 QAM.](#)

[A super frame for a 64 QAM has three TSMFs and that for a 256 QAM has four TSMFs according to the bit-rate ratio. The modulation scheme of either channel, 64 QAM or 256 QAM, is determined depending on the transmission characteristics of the channel.](#)

[At the receiver, the arrival time of transmitted signals may differ depending on the propagation delay in each channel. A receiver has to temporally align all relevant signals demodulated from received carriers. The TSMF_header of the first TSMF in every super frame is utilized as a marker to synchronize received signals.](#)

[In order to apply the TSMF structure for channel bonding technology, we define some of the additional parameters in the private data of TSMF_header in J.183.](#)

C.4 Extended TSMF

In order to define the ~~extended~~Extended TSMF for channel bonding functionality, additional parameters are specified within the private data of TSMF header as shown in Table C.1:

Table C.1 TSMF and ~~Extended~~Extended TSMF header

<u>TSMF header</u>	<u>Extended TSMF header</u>	<u>No.of bits</u>	<u>Description</u>
<u>TSMF_header() {</u>	<u>Extended_TSMF_header() {</u>		
<u>packet_header()</u>	<u>the same as Table 3/J.183</u>		
<u>TSMF_sync</u>	<u>the same as Table 2/J.183</u>		
<u>version_number</u>	<u>the same as Table 2/J.183</u>		
<u>slot_information()</u>	<u>the same as Table 4/J.183</u>		
<u>identifiers_information()</u>	<u>the same as Table 5/J.183</u>		
<u>control_information()</u>	<u>the same as Table 2/J.183</u>		
<u>relative_TS_number_information()</u>	<u>the same as Table 6/J.183</u>		
<u>private_data</u>	<u>auxiliary code information</u>	<u>AC</u>	<u>bslbf</u>
<u>The field 'private data' is replaced by the field specified as shown in the right column as the second version.</u>	<u>group_id</u>	<u>8</u>	<u>uimsbf</u>
<u>Before implementation, users should confirm that conventional receiver is not affected by the additional definition in this field.</u>	<u>number_of_carriers</u>	<u>8</u>	<u>uimsbf</u>
<u>It was defined as private data field in the first version(2001-03-09).</u>	<u>carrier_sequence</u>	<u>8</u>	<u>uimsbf</u>
	<u>number_of_frames</u>	<u>4</u>	<u>uimsbf</u>
	<u>frame_position</u>	<u>4</u>	<u>uimsbf</u>
	<u>reserved for future use</u>	<u>See NOTE2</u>	
<u>CRC</u>	<u>the same as Table 2/J.183</u>		
<u>}</u>	<u>}</u>		

NOTE1 – The definition of specific fields in the Extended TSMF header is as follows:

auxiliary code information: This code information is used to provide auxiliary information for cable TV subscribers, such as, earthquake early warning message in the specific region. The number of bits for auxiliary code information, "AC", and its coding format shall be defined by the system.

group id: This is a 8-bit field which represents a unique identifier of a group corresponding to bonding channels.

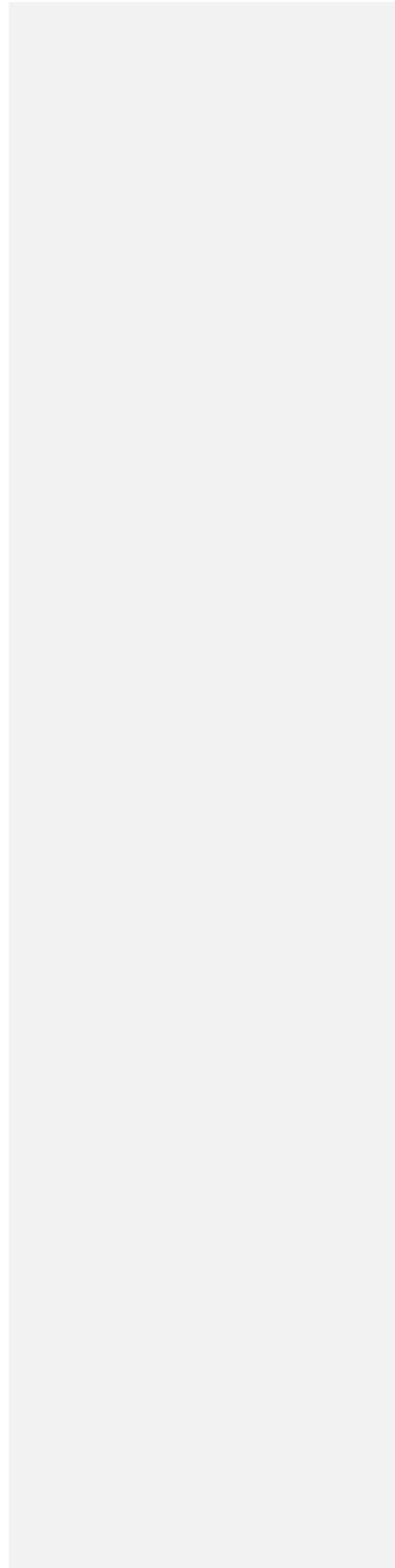
number of carriers: This is a 8-bit field which describes the number of carriers for channel bonding in the same group_id.

carrier sequence: This is a 8-bit field which indicates the sequence number for channel bonding among carriers with the same group id.

number of frames: This is a 4-bit field which represents the number of Extended TSMF included in the super frame. (ex. 0x03 for 64 QAM, 0x04 for 256 QAM in J.83 Annex C)

frame position: This is a 4-bit field which represents the sequence number of multiple Extended TSMFs in the super frame.

NOTE2 – The value is {(No. of bits in private data in Table 2/J.183)–AC–32}



APPENDIX I

Table I.1 shows parameters for the TSMF employed with the physical layer interface specified in Annex C/J.83.

Table I.1/J.183 – System parameters

Parameter	Notation	Value	Remarks
The number of slots in the TSMF, or the total length of the frame	N	53	including TSMF_header
The maximum number of transport streams multiplexed in the TSMF	M	15	
TSMF_sync			reserved 3 bits 0x1a86 13 bits
version_number			3 bits (V = 3)
slot_information			21 bits (S = 21)
TSMF_type			slot_allocation_type 1 bit frame_type ^{a)} 4 bits (F = 5)
control_information			receive_status 2 * M = 30 bits emergency_indicator 1 bit
private_data			85 bytes
^{a)} The "frame_type" in the TSMF_type should be included in the cable delivery system descriptor of network information table (NIT) for the reception. The set-top box could identify whether each channel on cable network is with the TSMF or not. The values of N and M are identical to the definition in Annex C/J.94.			



Question(s): 1/9**STUDY GROUP 9 – CONTRIBUTION 59****Source:** Nippon Hoso Kyokai (NHK) (Japan Broadcasting Corporation)**Title:** Proposed new work item for high speed transmission scheme by channel bonding technology for UHDTV distribution on cable TV networks

List of Authors:

HAKAMADA Yoshitaka, KURAKAKE Takuya, NAKAMURA Naoyoshi, and OYAMADA Kimiyuki

Introduction

Recently, development and standardization of the systems for UHDTV is accelerating. For example, in ITU-R Study Group 4, transmission systems for UHDTV satellite broadcasting is under study as described in Annex 9 to Document 4B/162 “Working document towards a preliminary draft new Recommendation ITU-R BO.[UHDTV_Transmission] - Transmission system for UHDTV satellite broadcasting”. And Japan has a plan for test broadcasting of UHDTV (the 7680 × 4320 system specified in Recommendation ITU-R BT. 2020) via satellite in 2016.

NHK has developed a cable transmission scheme for UHDTV distribution and proposed it to the Japan Cable Television Engineering Association (JCTEA) which is one of the recognized SDOs according to Recommendations ITU-T A.5. It allows a high speed downstream transmission which exceeds the physical bit rate capacity per cable TV channel by channel bonding technology. The channel bonding is achieved by extension of Time Division Multiplexing (TDM) frame format of MPEG-2 transport streams defined in Recommendation J.183 and physical layer specification for secondly distribution defined in Recommendation J.83, and thus the system maintains backward compatibility with Recommendation J.183 and can be commonly used in the transport layer regardless of the format of the physical layer.

Contact:	NAKAMURA Naoyoshi	Tel: +81.3.5494.1125
	Nippon Hoso Kyokai (NHK)	Fax:
	Japan	Email: nakamura.n-es<at>nhk.or.jp

Contact:	HAKAMADA Yoshitaka	Tel: +81.3.5494.1125
	Nippon Hoso Kyokai (NHK)	Fax:
	Japan	Email: hakamada.y-hk<at>nhk.or.jp

Attention: This is not a publication made available to the public, but an **internal ITU-T Document** intended only for use by the Member States of ITU, by ITU-T Sector Members and Associates, and their respective staff and collaborators in their ITU related work. It shall not be made available to, and used by, any other persons or entities without the prior written consent of ITU-T.

Considering its importance of the study in time on UHDTV distribution over cable networks in ITU-T, Study Group 9 should start to study a new work item for seeking high speed transmission scheme, which is easy to implement in operating cable TV facilities.

Two attachments are provided in this document for consideration to the initiation of the new work.

Attachment 1 contains working document with an overview of the system for seeking discussion towards revision of Recommendation or development of a draft new Recommendation. Attachment 2 describes the results of performance evaluation tests of our proposed cable TV transmission system for UHDTV distribution.

Related ITU-T Recommendations and documents/publications to the work described in Attachment 1 and 2 are listed below for information.

ITU-T Recommendations

- [1] Recommendation ITU-T H.222.0 (06/2012) | ISO/IEC 13818-1:2000, Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: systems.
- [2] Recommendation ITU-T J.83 (12/2007), Digital multi-programme systems for television, sound and data services for cable distribution.
- [3] Recommendation ITU-T J.94 (11/2008), Service information for digital broadcasting in cable television systems
- [4] Recommendation ITU-T J.183 (03/2001), Time-division multiplexing of multiple MPEG-2 transport streams over cable television systems

Other documents and publications

- [5] "Proposed working document towards a preliminary draft new recommendation" ITU-R BO.[UHDTV_TRANSMISSION], Document 4B/153, (Jun. 2014)
- [6] "An UHDTV Cable Television Distribution in Combinations of Multiple 64 and 256 QAM Channels," IEEE ICCE2013 vol.2, pp.488-489, (Jan. 2013)
- [7] "UHDTV (8K) Distribution Technology and Field Trial on Cable Television Networks", ITE Trans. on MTA, 2, 1, pp.2-7, (Jan. 2014)
- [8] "Action for installation of UHDTV in Japan," ITU-R WP6C workshop, (Mar. 2014), <http://www.itu.int/oth/R0A07000035>
- [9] "8K Super Hi-vision distribution technology for cable TV networks"(May, 2014) http://www.nhk.or.jp/strl/open2014/tenji/tenji05/index_e.html

ATTACHMENT 1

WORKING DOCUMENT TOWARDS revision of existing recommendation or development of a preliminary draft new Recommendation

1 Background

As shown in the document (4B/153) of ITU-R SG4, The UHD TV satellite broadcasting system, which has been developed in Japan, provides transmission capacity about 100 Mbps through a 34.5 MHz satellite transponder using 16 APSK with an inner coding rate 7/9 and achieves a 99.5% service availability.

Our proposal is based on research activity considering that a cable TV channel is having difficulty of carrying an UHD TV broadcasting signal which is planned to be distributed via satellite in 2016.

2 Scope

The scope of Attachment 1 is an introduction of an extended format of J.183 time-division multiplexing frame (TSMF¹) to adapt a large capacity of MPEG-2 transport stream, such as an UHD TV, to be divided into the multiple channel physical layer interfaces specified in Annex C/J.83. This format may be applicable to other transmission systems.

3 Overview of UHD TV distribution by using multiple channels

Figure 1 overviews our developed channel bonding technology. The large capacity of MPEG-2 TS is divided at the cable TV headend and multiplexed into time division multiplexing (TDM) frames that are described as "Super Frames" in the following Section.

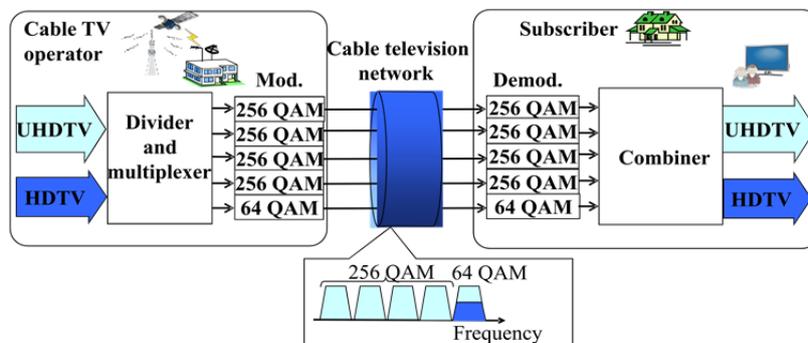


Fig. 1 Overview of channel bonding technology.

¹ TSMF (Transport Stream Multiplexing Frame) is defined in recommendation J.183.

Each of the frames is transmitted by a 64 QAM or 256 QAM signal. Each of the QAM channels can be allocated to any frequency. The signal of each channel is separately demodulated and all of the demodulated signals are restored to the original MPEG-2 TS of UHDTV at a receiver. UHDTV distribution has to coexist with conventional FDM based digital broadcasting distribution on cable television networks. The modulation schemes, 64 and 256 QAM, that the proposed method utilizes, are already standardized for cable transmission. Then channels carrying UHDTV service and those for existing broadcasting services are confirmed not to disturb each other. As 256 QAM offers transmission capacity larger than 64 QAM, the former is preferable to transmit UHDTV signals. However, 256 QAM is less robust against any kind of noise and distortion than 64 QAM. In most cable facilities, transmission characteristics on channels are different and some channels may have a low carrier-to-noise ratio (CNR). They can carry 64 QAM signals, but cannot carry 256 QAM signals. Since the proposed method utilizes both of 64 and 256 QAMs, it makes efficient use of cable channels.

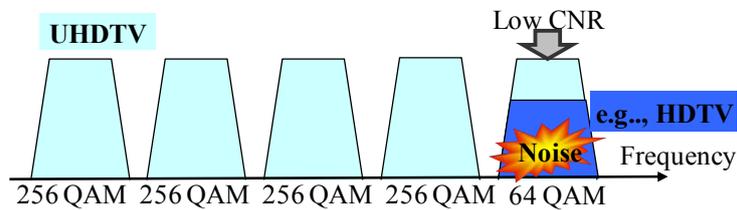


Fig. 2 Multiple channels used for UHDTV transmission.

Fig. 2 shows an example of the combination of one 64 QAM and four 256 QAM channels used for a single UHDTV transmission. In this figure, a UHDTV signal occupies four 256 QAM channels and a part of 64 QAM channel. It is noted that another program such as a HDTV may be transmitted with the use of the remained capacity of the 64 QAM channel. The bitrates transmitted by 64 and 256 QAMs are different. This causes a problem how the bonding channels of different bitrates. To restore the UHDTV signal from data streams of different bitrates, we introduce the Super Frame, which is a large frame containing multiple TSMFs, described in the following section.

Fig.3 shows an example of a TS transmitted by one 64 QAM and two 256 QAM signals by using extended TSMF format. Channel coding is identical to that of the single-TS transmission system because the stream divided for multiple channels by using the Extended TSMF is a stream of TS packets. The specification for the physical interface of a single-TS transmission system, for example, ITU-T J.83, can be applied as J.183(TSMF). The syntax of Extended TSMF is also described in the following section.

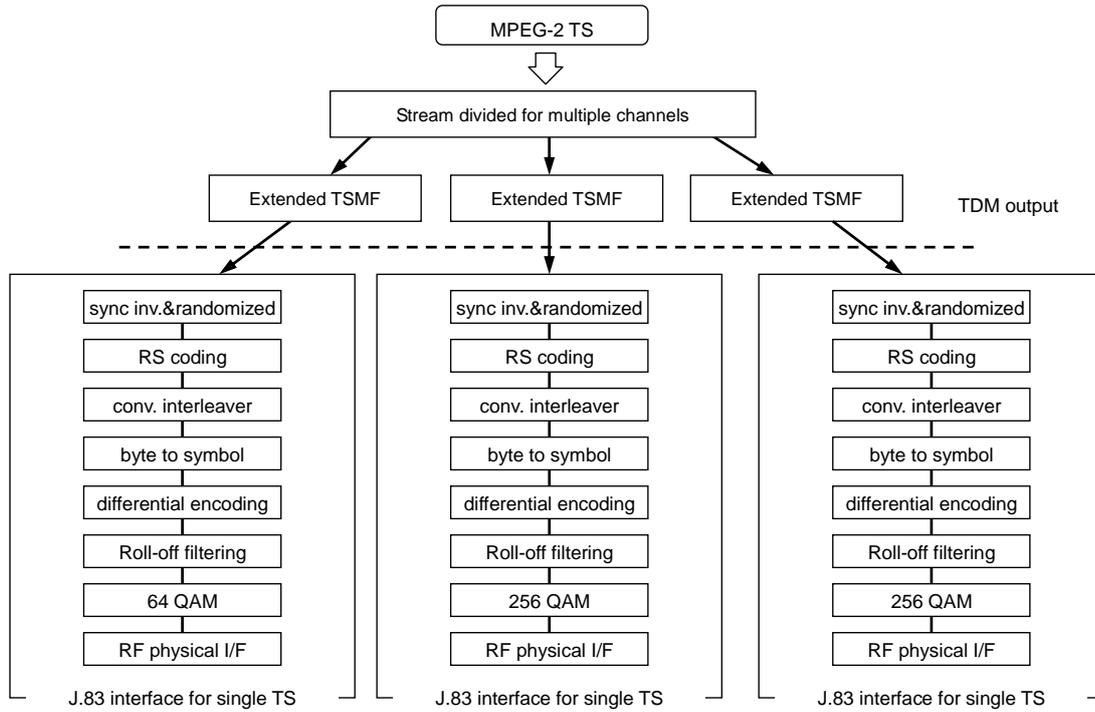


Fig. 3 Example of a TS carried by one 64 QAM and two 256 QAM signals by using extended TSMF format.

4 Proposal for Super Frames

At the cable TV headend, the implementation of framing structure of the transport streams multiplexing frames (TSMF) of ITU-T J.183 enables cable TV operators to encapsulate multiple MPEG-2 TSs into a single stream independently. TSMF adapts the stream into the physical layer interface of existing cable TV modulator.

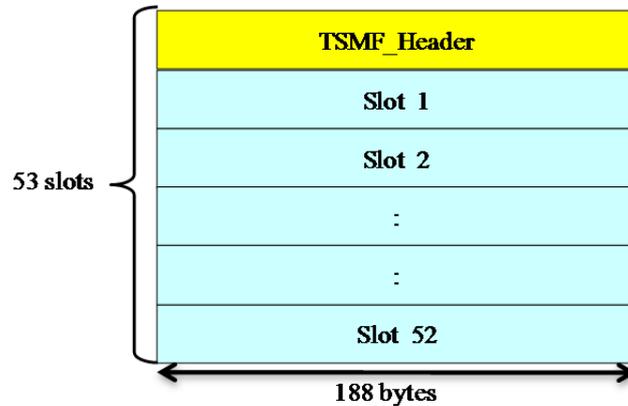


Fig. 4 Framing structure of TSMF.

One of the examples of TSMF (see Appendix I of J.183) is composed of the 53 slots shown in Fig. 4. Each slot is 188 bytes long, which is the same length as a MPEG-2 TS packet. The information identifying bundled MPEG-2 TS streams and other additional information are stored in the TSMF_header located in the first slot of TSMF. The maximum number of MPEG-2 TSs multiplexed in the TSMF is 15.

Since the bitrate for 64 QAM is different from that for 256 QAM, the period to transmit a TSMF frame differs for 64 QAM and 256 QAM, which is 2.73 msec for the former and 2.05 msec for the latter since the symbol rate is 5.274 Mbaud when applied in J.83 Annex C. Therefore, it is necessary to synchronize frames between demodulated signals at the receiver in combinations of multiple 64 and 256 QAM channels. We propose a novel super frame consisting of multiple TSMFs to use channel bonding technology in combinations of multiple 64 and 256 QAM channels.

Fig. 5 outlines the structure of the super frame. The number of TSMFs in a super frame is determined to make the periods of super frames identical regardless of the modulation format.

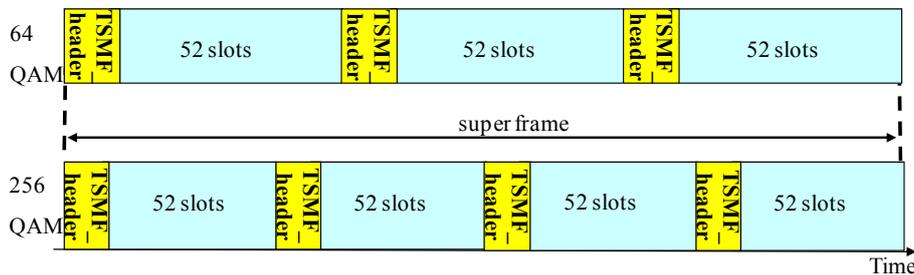


Fig. 5 Structure of super-frame for 64 QAM and 256 QAM.

A super frame for a 64 QAM has three TSMFs and that for a 256 QAM has four TSMFs according to the bit-rate ratio. The modulation scheme of either channel, 64 QAM or 256 QAM, is determined depending on the transmission characteristics of the channel. At the receiver, the arrival time of transmitted signals may differ depending on the propagation delay in each channel. A receiver has to temporally align all relevant signals demodulated from received carriers. The TSMF_header of the first TSMF in every super frame is utilized as a marker to synchronize received signals. The maximum acceptable delay difference between channels is designed so that it is equal to the minimum period of super frames, 8.2 msec, which corresponds to the duration of three TSMF frames for 64 QAM and that of four TSMF frames for 256 QAM. After all signals have been aligned, the receiver restores the split signals to the original MPEG-2 TS of UHDTV.

In order to apply the TSMF structure for channel bonding technology, we define some of the additional parameters in the private_data of TSMF_header in J.183.

For channel bonding functionality, the following parameters (T.B.D.) should be newly defined to have an extension of existing TSMF_header as shown in Table 1:

Table 1 comparison of frame header between J.183 and the extension

TSMF_header (J.183)	Extended TSMF_header (T.B.D.)
TSMF_header() { packet_header() TSMF_sync version_number slot_information() identifiers_information() control_information() relative_TS_information() private_data CRC }	* the same as on the left * * * * * * * group_id number_of_carriers carrier_sequence number_of_frames frame_position *

group_id: a unique identifier of a group corresponding to bonding channels.

number_of_carriers: the number of carriers for channel bonding in the same group_id.

carrier_sequence: the sequence number of carriers which contain Extended TSMF for channel bonding to restore original TSs

number_of_frames: the number of Extended TSMF in which the super frame contains in the carrier. (ex. 0x03 for 64 QAM, 0x04 for 256 QAM in J.83 Annex C)

frame_position: the sequence number of Extended TSMF in the super frame

5 Channel bonding cable delivery system descriptor

Additional descriptor, which will be located in NIT (Network Information Table), should be defined for receivers to identify the physical layer specification of channel bonding in cable TV network.

Table 2 is a proposal of channel bonding cable delivery system descriptor.

Table 2 -channel bonding cable delivery system descriptor (T.B.D.)

Syntax	No. of bits	Identifier
channel_bonding_cable_delivery_system_descriptor(){		
descriptor_tag	8	uimsbf
descriptor_length	8	uimsbf
for(i=0;i<N;i++){		
frequency	32	bslbf
reserved_for_future_use	8	
frame_type	4	uimsbf
FEC_outer	4	bslbf
modulation	8	bslbf
symbol_rate	28	bslbf
FEC_inner	4	bslbf
group_id	8	bslbf
}		
}		

Semantics for channel bonding cable delivery system descriptor

Below are the semantics extracted from Cable delivery system descriptor in J.94 Annex C.

The frame type is to be revised for use in channel bonding cable TV descriptor.

Table C.9/J.94 – Frame type (To be revised)

frame_type bit 3210	Description
0000	Reserved for future use
0001	$(N, M) = (53, 15)^{a)}$
<u>0010</u>	<u>The waveform is limited for channel bonding use.</u>
0011 0010 to 1110	Reserved for future use
1111	None – indicates that the waveform does not use TSMF
^{a)} The frame type (N, M) is (53,15) for Annex C. It might be determined for other transmission systems.	

FEC_outer: The FEC_outer is a 4-bit field specifying the outer Forward Error Correction (FEC) scheme used according to Table C.10.

Table C.10/J.94 – Outer FEC scheme

FEC_outer bit 3210	Description
0000	Not defined
0001	No outer FEC coding
0010	RS(204/188)
0011 to 1111	Reserved for future use

modulation: This is an 8-bit field. It specifies the modulation scheme used on a cable delivery system according to Table C.11.

Table C.11/J.94 – Modulation scheme for cable

Modulation (hex)	Description
0x00	Not defined
0x01	16-QAM
0x02	32-QAM
0x03	64-QAM
0x04	128-QAM
0x05	256-QAM
0x06 to 0xFF	Reserved for future use

symbol_rate: The symbol_rate is a 28-bit field giving the 4-bit BCD values specifying 7 characters of the symbol_rate in Msymbol/s where the decimal point occurs after the third character (e.g. 005.2740).

FEC_inner: The FEC_inner is a 4-bit field specifying the inner FEC scheme used according to Table C.12.

Table C.12/J.94 – Inner FEC scheme

FEC_inner bit 3210	Description
0000	Not defined
0001	1/2 conv. code rate
0010	2/3 conv. code rate
0011	3/4 conv. code rate
0100	5/6 conv. code rate
0101	7/8 conv. code rate
1111	No conv. Coding
0110 to 1110	Reserved for future use

ATTACHMENT 2

Performance Evaluation of the proposed channel bonding transmission system for UHDTV distribution

1 Experimental setup

In order to find out how well our proposed method of transmission works, we evaluated the bit error rate (BER) and the functionality of multiple-channel bonding with our prototype. As shown in Fig. 6, a 181.2 Mbps MPEG-2 TS is transmitted with five channels, consisting of a 64 QAM and four 256 QAMs.

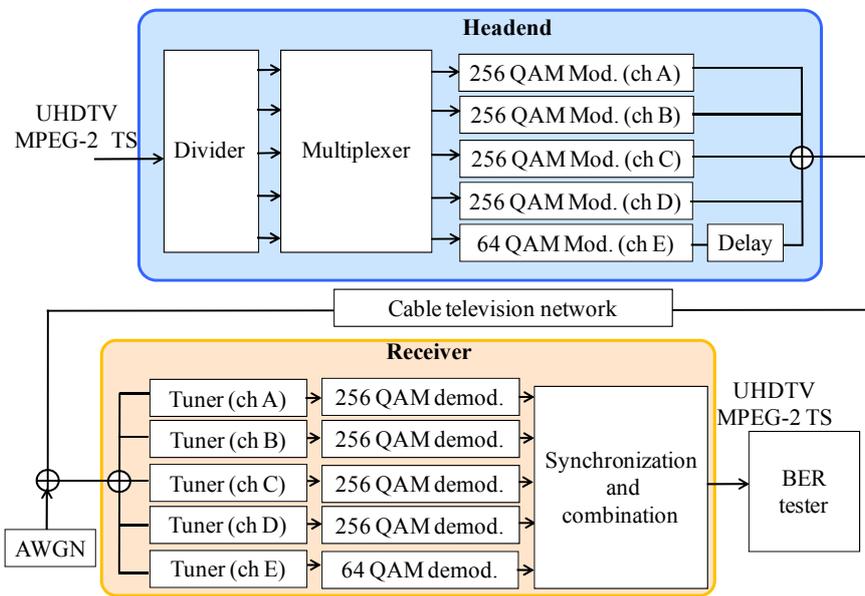


Fig. 6 Experimental setup(indoor test).

Table 3 summarizes the parameters of the transmitted signals. The input power at each tuner of the prototype receiver is -43.7 dBm. Additive white Gaussian noise (AWGN) was added to all the channels. Fig. 7 is a photograph of the experimental setup for UHDTV transmission.

Table 3 Parameters of Transmitted Signals.

MPEG-2 TS rate	181.2 Mbps
Video coding for UHDTV(8K)	MPEG-4 AVC / H.264
Audio coding	MPEG-2 AAC
Bandwidth per channel	6 MHz
Symbol rate	5.274 Mbaud
Bit rate per channel	256 QAM : 38.149 Mbps
w/o parity bits for FEC	64 QAM : 28.611 Mbps
No. of channels	Four channels with 256 QAM and a channel with 64 QAM
Center frequencies (MHz)	256 QAM: 267 MHz, 273 MHz, 279 MHz and 285 MHz, 64 QAM: 291 MHz

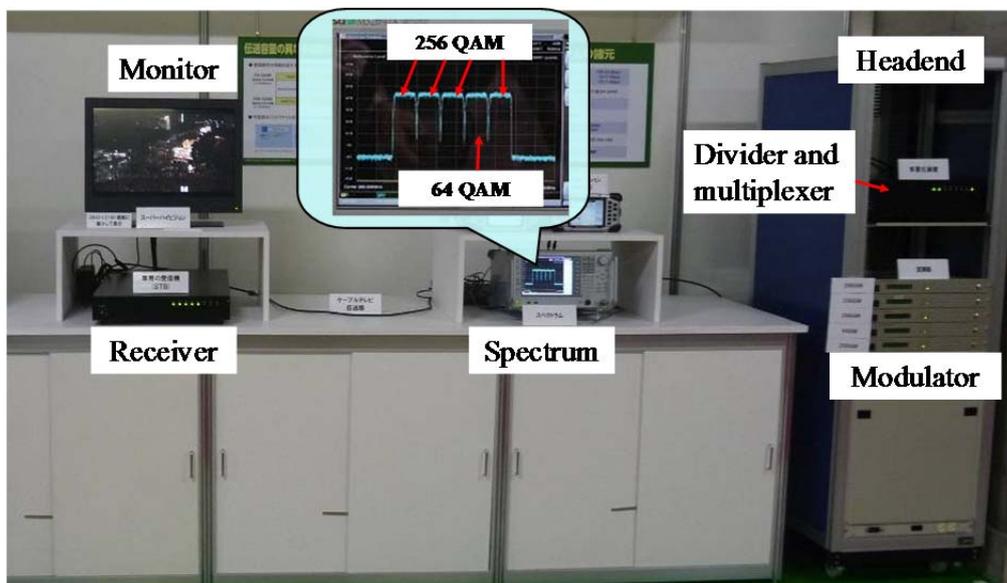


Fig. 7 Setup for UHDTV transmission.

2 BER performance

The theoretical BER of 2^n -QAM with rotational symmetry and gray coding is calculated as:

$$BER = \frac{\sqrt{2^n} + \binom{n/2}{2} - 1}{\sqrt{2^n} \cdot \binom{n/2}{2}} \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{\delta}{\sqrt{2} \sigma}\right), \quad (1)$$

where n is the number of bits per symbol, δ is half the minimum distance between coded symbols, and σ^2 is the variance in AWGN. The BER_{UHDTV} , which is the BER of a restored MPEG-2 TS at a receiver, is derived as:

$$BER_{UHDTV} = \frac{1}{N_{64QAM} + M_{256QAM}} \left\{ \frac{10}{24} \sum_{i=1}^{N_{64QAM}} \operatorname{erfc}\left(\frac{CNR_{64QAM,i}}{42}\right)^{1/2} + \frac{19}{64} \sum_{i=1}^{M_{256QAM}} \operatorname{erfc}\left(\frac{CNR_{256QAM,i}}{170}\right)^{1/2} \right\}, \quad (2)$$

where N_{64QAM} and M_{256QAM} are the number of 64 QAM carriers and 256 QAM carriers, respectively. $CNR_{64QAM,i}$ and $CNR_{256QAM,i}$ are the carrier to noise ratios (CNRs) of the i -th channel of 64 QAM and 256 QAM, respectively.

Considering that the 256 QAM channel is less robust than 64 QAM, and the BER of each 256 QAM is dominant degradation factor for the BER_{UHDTV} at higher CNR, Eq. (2) is applied as the theoretical BER_{UHDTV} at a CNR of 28 dB or higher. Fig. 8 plots the measured BER of a large capacity MPEG-2 signal for UHDTV. The transmitter and receiver were located with a back-to-back connection. The required CNR is theoretically 30 dB for the BER of

2×10^{-4} before forward error correction (FEC) to achieve quasi-error free performance using Reed Solomon (204,188) coding. The results demonstrate that the BER of 2×10^{-4} without FEC at the CNR of 30.9 dB is measured and original MPEG-2 TS signal could be restored error free at the CNR or higher at the receiver.

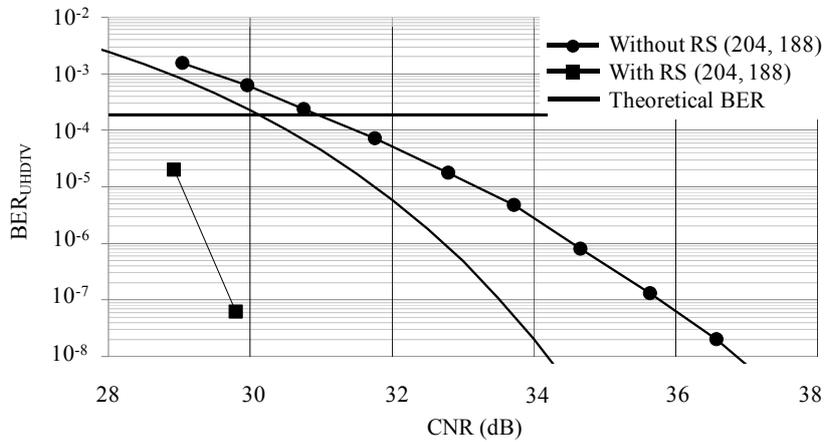


Fig. 8 BER of UHDTV.

3 Time Alignment between Channels

The functionality of adjusting delays between multiple channels was evaluated. An optical fiber was applied to a 64 QAM channel transmission as a delay line at the headend as shown in Fig.6. The delay time varies corresponding to the length of the fiber. For example,

the length of a 500-km long optical fiber caused a delay of 2.5 msec. The received CNR of the signals was adjusted to a constant value of 31.5 dB, independently of the length of the fiber. Fig. 9 plots the BER of signals versus the delay time of a 64 QAM. The experimental

results indicated that the measured $BER_{UHD\text{TV}}$ was almost constant and our prototype receiver could successfully compensate for delays and synchronize the super frames of multiple QAM carriers.

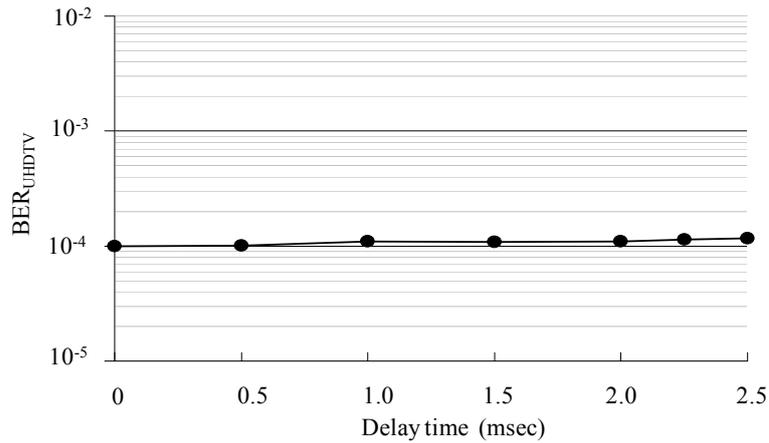


Fig. 9 BER of MPEG-2 TS versus delay time of 64 QAM.

4 Field Trial for UHDTV Cable Television Distribution (February 2012)

This section describes our first field trial for UHDTV distribution with the schemes that were developed through existing cable television distribution networks in Yamanashi prefecture, Japan. The experiments were conducted in the hybrid fiber and coaxial (HFC) and the fiber to the home (FTTH) networks as shown in Fig. 10. The specifications for the cable television facilities used in the experiments are summarized in Table 4.

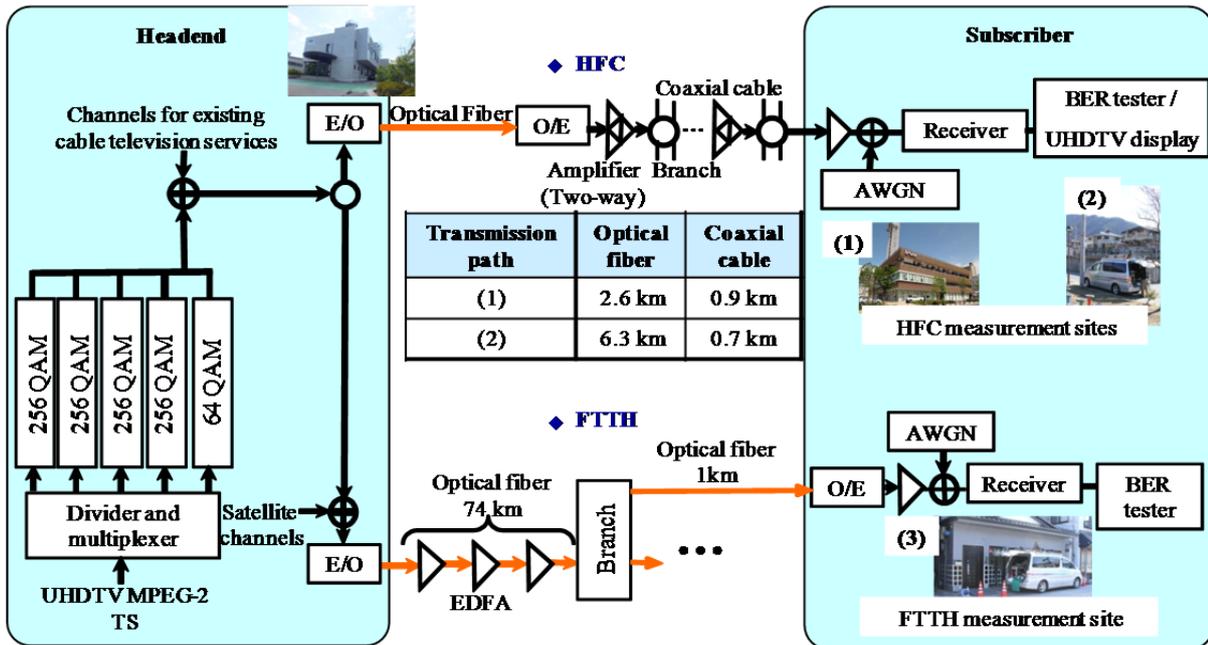


Fig. 10 Experimental setup (Nihon Network Service co., Ltd., Yamanashi prefecture, Japan).

Table 4 Specifications for Cable Television Facilities of NNS.

Transmission band	HFC : 90 MHz-770 MHz FTTH : 90 MHz-2.6 GHz
Location for experiment	Yamanashi prefecture, Japan

The cable television operator's facilities have 53 channels and the occupied bandwidth is 6 MHz per channel in the HFC network. The frequencies on the HFC network ranged from 90 MHz to 770 MHz and that of the FTTH network is from 90 MHz to 2.6 GHz. Eleven

satellite reception channels were added to the upper band of the UHF cable channels in the FTTH distribution network to operate digital cable television services plus additional satellite master television services. Table 5 lists the parameters applied to the transmitted signal in a field trial. We carried out a 181.2 Mbps MPEG-2 TS transmission with five channels on

the HFC and FTTH networks. Five QAM carriers to transmit UHDTV were mixed at the cable television headend. The signals were transmitted on the HFC and FTTH networks.

Fig. 11 shows the frequency spectrum for the transmission signals at the cable television headend. The transmitted power of each QAM carrier for UHDTV transmission was the same as that of existing cable television operator's channels.

Table 5 Parameters for Transmitted Signal in Field Trial.

MPEG-2 TS rate	181.2 Mbps
Video coding for UHDTV(8K)	MPEG-4 AVC / H.264
Audio coding	MPEG-2 AAC
Bandwidth per channel	6 MHz
Symbol rate	5.274 Mbaud
Bit rate per channel w/o parity bits for FEC	256 QAM : 38.149 Mbps 64 QAM : 28.611 Mbps
No. of channels	Four channels with 256 QAM and one channel with 64 QAM
Freq. of multiple QAM channels (center frequency(MHz))	256 QAM : 695 MHz, 701 MHz, 707 MHz, 713 MHz, 64 QAM : 719 MHz

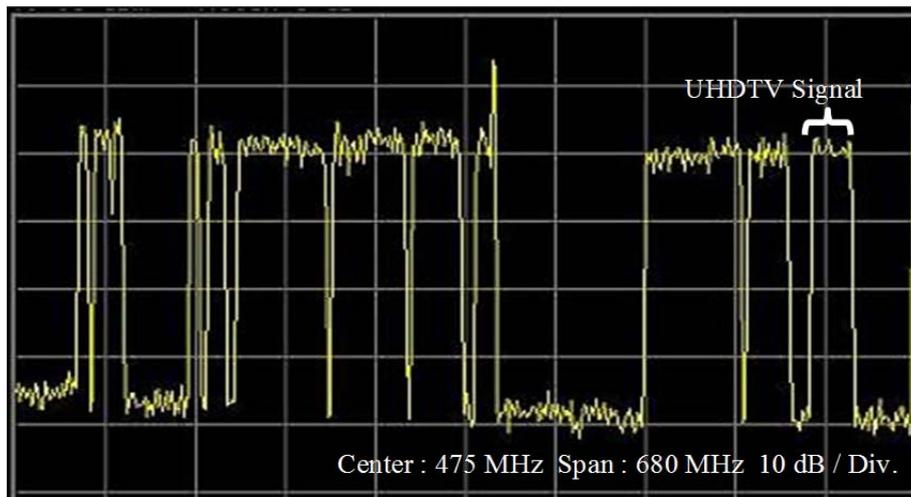


Fig. 11 FDM signals at headend of NNS.

4.1 BER performance

We evaluated the BER of the UHDTV signal transmitted with our prototype to confirm whether the proposed method of transmission worked well in existing cable television networks. As AWGN was added to all the channels at the front-end of the prototype receiver,

the quality of operational cable television signals for subscribers did not degrade during this experiment. We measured the BER at three measurement sites. Two of them were located in the HFC network and one site was chosen from the FTTH network.

Fig. 12 plots the BER without Reed Solomon (204,188) coding at the three measurement sites on the HFC and FTTH networks. The average received CNRs of multiple QAM carriers, without any additional AWGN, was more than 37 dB at each measurement site. The difference between the required CNR for quasi-error-free performance and the average measured CNRs without AWGN was 6 dB or higher. The results revealed that at least 6 dB was permissible for the CNR of the QAM signals to degrade due to further cable distributions at the subscriber's premises. The experimental results revealed that UHDTV distribution with our developed scheme could be achieved on all existing cable television networks having some noise and distortion on the transmission path.

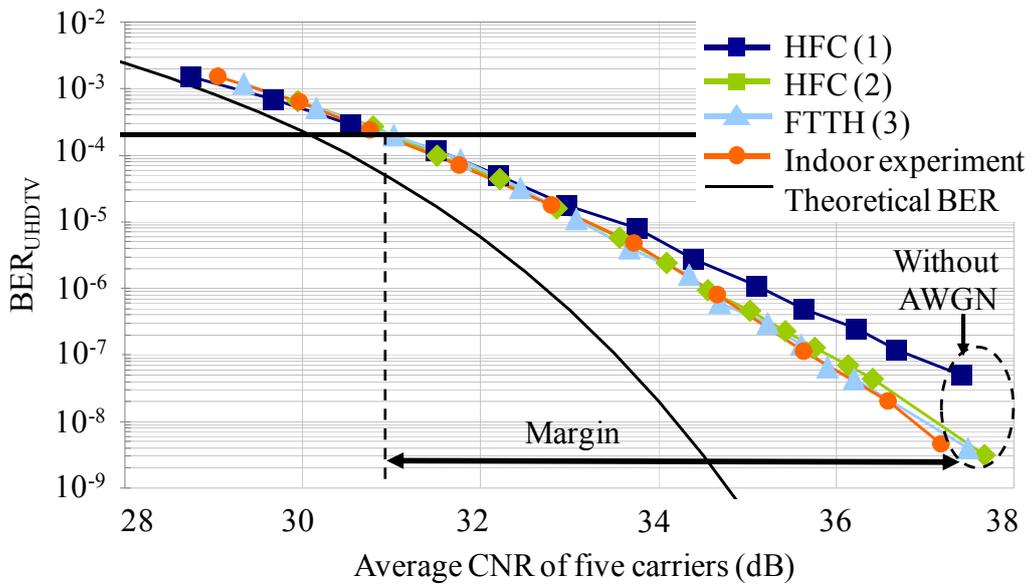


Fig. 12 BER in cable television networks.

4.2 Functionality of Multiple Channel Bonding

We also measured the BERs of five QAM channels separately to clarify that the functionality of channel bonding did not degrade performance at the receiver. The average of five QAM channels' BERs and measured BER with channel bonding are plotted in Fig. 13. The BER with the five channels bonding was used to compare the average of the five QAM channels' BERs. The average of five QAM channels' BERs was in good agreement with the measured BER with channel bonding at the measurement site of HFC (1). This clearly indicates that the receiver could successfully compensate for delays between multiple channels and synchronize the super frames of multiple QAM carriers. And there is almost no loss in implementation caused by our channel bonding scheme at CNRs of 28 dB or higher.

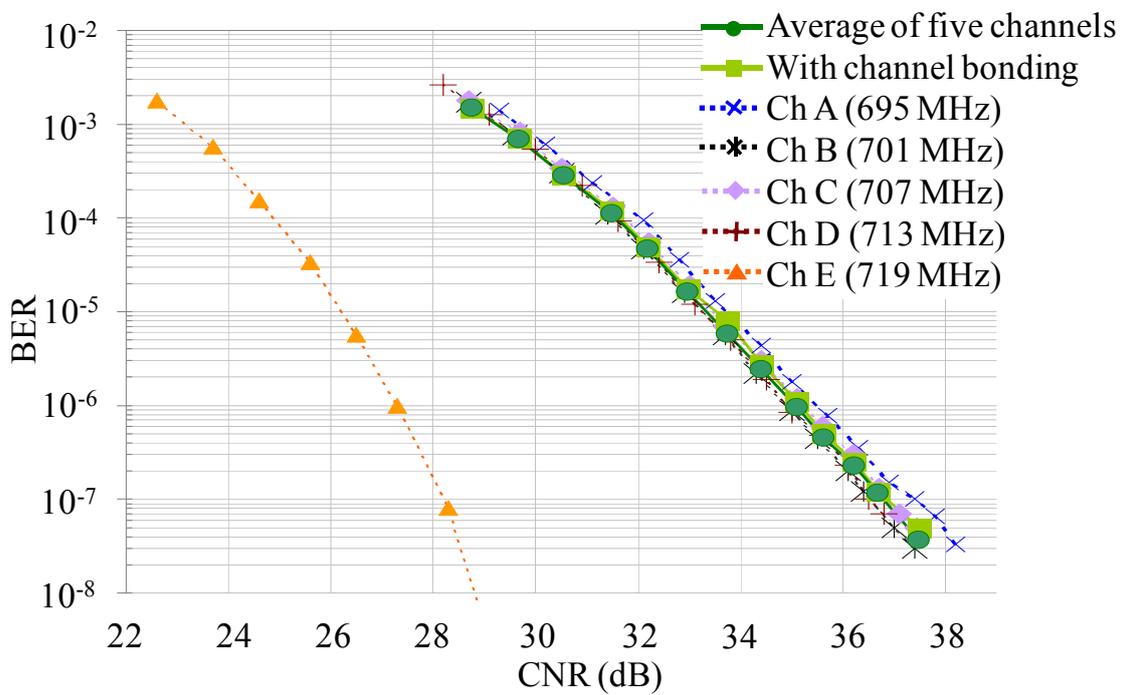


Fig. 13 BER vs. CNR.

4.3 UHDTV (8K) Distribution in NNS network

We also transmitted MPEG-2 TS carrying UHDTV that was divided into a 64 QAM channel and four 256 QAM channels on an HFC network. We demonstrated UHDTV cable television distribution that was stably played on the 85 inch LCD display with 22.2-multichannel sound at one of the HFC reception sites (Fig. 14).



Fig. 14 Demonstration of Received UHDTV.

5 Field Trial for UHDTV Cable Television Distribution (May 2014)

At an open house event of NHK Science and Technology Research Laboratories held in May 2014, we demonstrated UHDTV cable television distribution that was stably played on the 145-inch 8K PDP display through a commercial large-scale cable network in Tokyo.

The trial was conducted in the hybrid fiber and coaxial (HFC) network as shown in Fig. 15. Table 6 lists the parameters applied to the transmitted signal of UHDTV. In total, one hundred four channels, including three channels carrying an UHDTV signal, were frequency division multiplexed and transmitted from the headend.

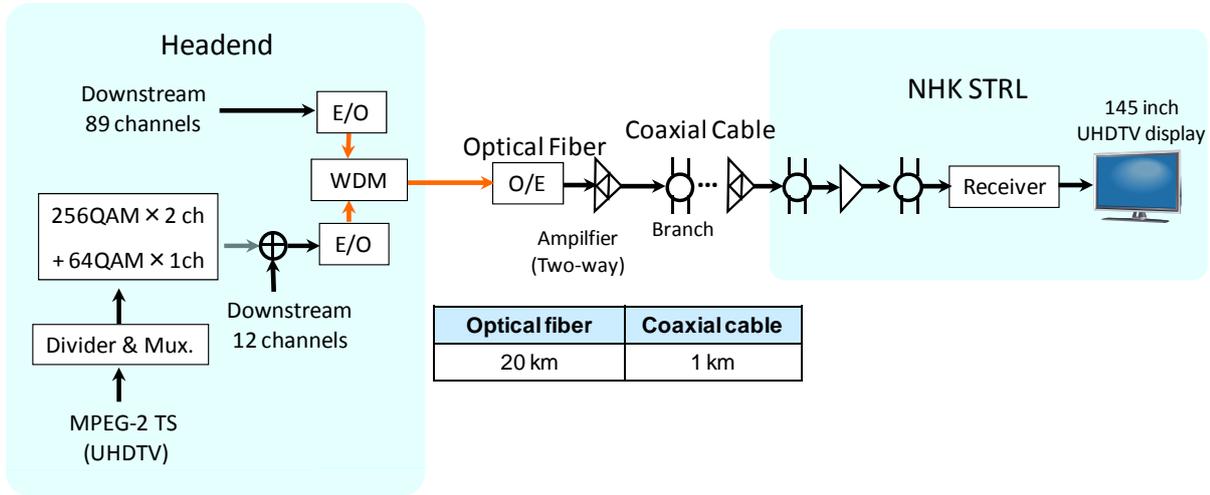


Fig. 15 Experimental setup (Jupiter Telecommunications Co., Ltd., Tokyo, Japan).

Table 6 Parameters for Transmitted Signal.

MPEG-2 TS rate	100 Mbps
Video coding for UHDTV(8K)	MPEG-4 AVC / H.264
Audio coding	MPEG-2 AAC
Bandwidth per channel	6 MHz
Symbol rate	5.274 Mbaud
Bit rate per channel	256 QAM : 38.149 Mbps
w/o parity bits for FEC	64 QAM : 28.611 Mbps
No. of channels	Two channels with 256 QAM and one channel with 64 QAM
Freq. of multiple QAM channels (center frequency(MHz))	256 QAM : 273 MHz, 447 MHz 64 QAM : 635 MHz

5.1 Measurement results

Figure 16 shows the spectrum of FDM signals measured at reception site. Table 7 listed the CNR and BER of three signals carrying UHDTV in this trial. Because the required CNR is 25 dB for 64 QAM and 31.5 dB for 256 QAM before error correction (BER is around 10^{-4}) in our prototype receiver. The received signals had enough margin of CNR to distribute more at subscribers site. As shown in Fig.17, we successfully achieved UHDTV transmission in large scale cable TV network in Tokyo.

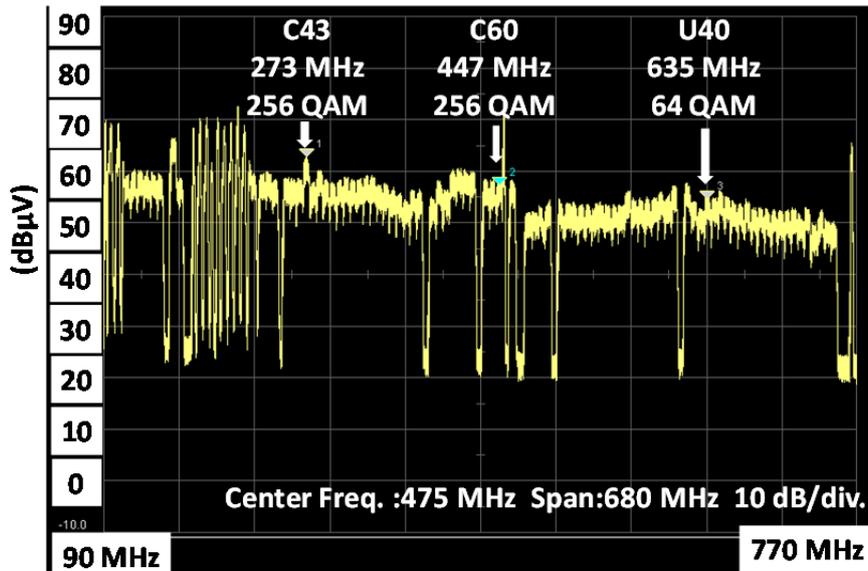


Fig. 16 FDM signals at reception site (NHK STRL).

Table 7 BER performance of three carriers before channel bonding.

Center Freq. [MHz]	Modulation	CNR [dB]	BER w/o FEC
273	256 QAM	37.0 dB	4×10^{-7}
447	256 QAM	36.0 dB	2×10^{-6}
635	64 QAM	33.4 dB	Below 10^{-8}



Fig. 17 Received UHDTV signal on 145 inch 8K PDP display

Acknowledgment

NHK would like to thank Nihon Network Service co., ltd.(NNS) and Jupiter Telecommunications Co., Ltd. (J:COM) for providing their cable television network facilities for field trial of the UHDTV cable distribution.

複数搬送波伝送方式による伝送実験

複数搬送波伝送方式の機能を実証するために、試作機による伝送実験を行った。
室内実験および実施設でのフィールドトライアルの実施結果を示す。

1 室内実験

試作機を用いて室内で行った実験システムを図1に、実験仕様を表1に示す。181.2 MbpsのMPEG-2 TSを分割して、5搬送波で伝送した。4チャンネルは256 QAMの搬送波とし、1チャンネルは64 QAMの搬送波とした。受信装置の各チューナーへの入力レベルは、63dB μ V固定とした。

図2に、試作した装置の外観を示す。

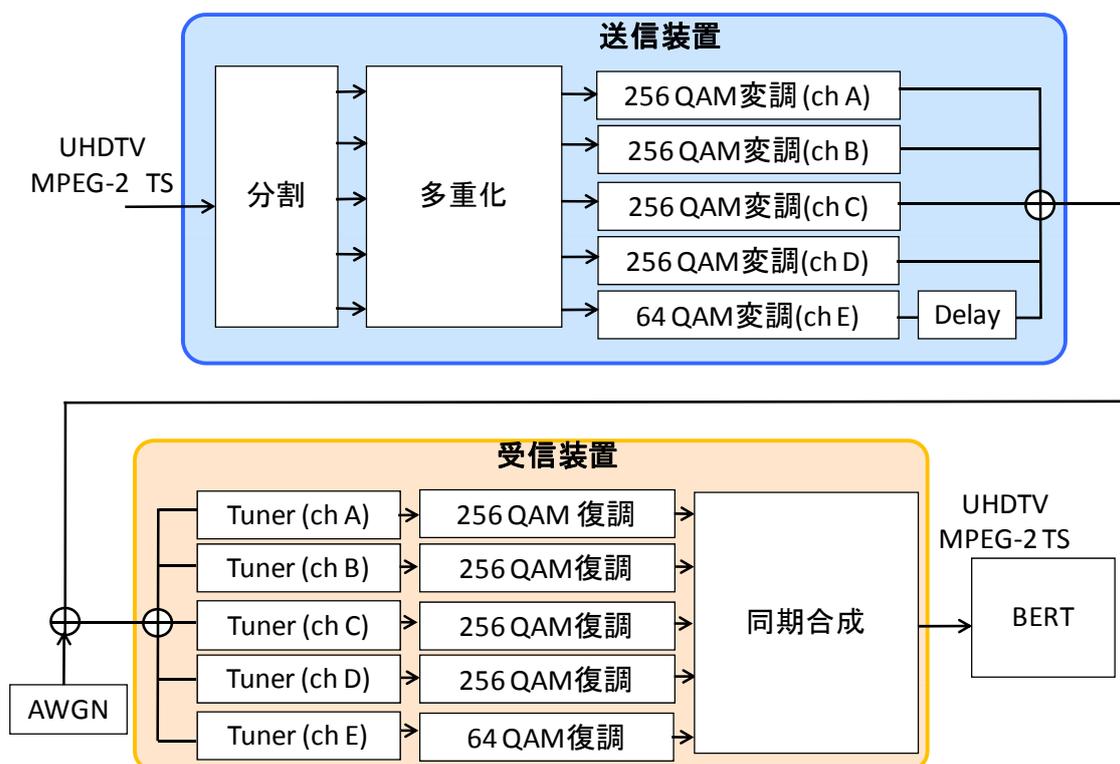


図1 室内実験系統

表 1 実験仕様

MPEG-2 TS 伝送速度	181.2 Mbps
映像符号化	MPEG-4 AVC / H.264
音声符号化	MPEG-2 AAC
1チャンネルの帯域幅	6 MHz
シンボルレート	5.274 Mbaud
情報伝送レート	256 QAM : 38.149 Mbps 64 QAM : 28.611 Mbps
チャンネル数	5
中心周波数	256 QAM: 267 MHz、 273 MHz 279 MHz、 285 MHz 64 QAM: 291 MHz

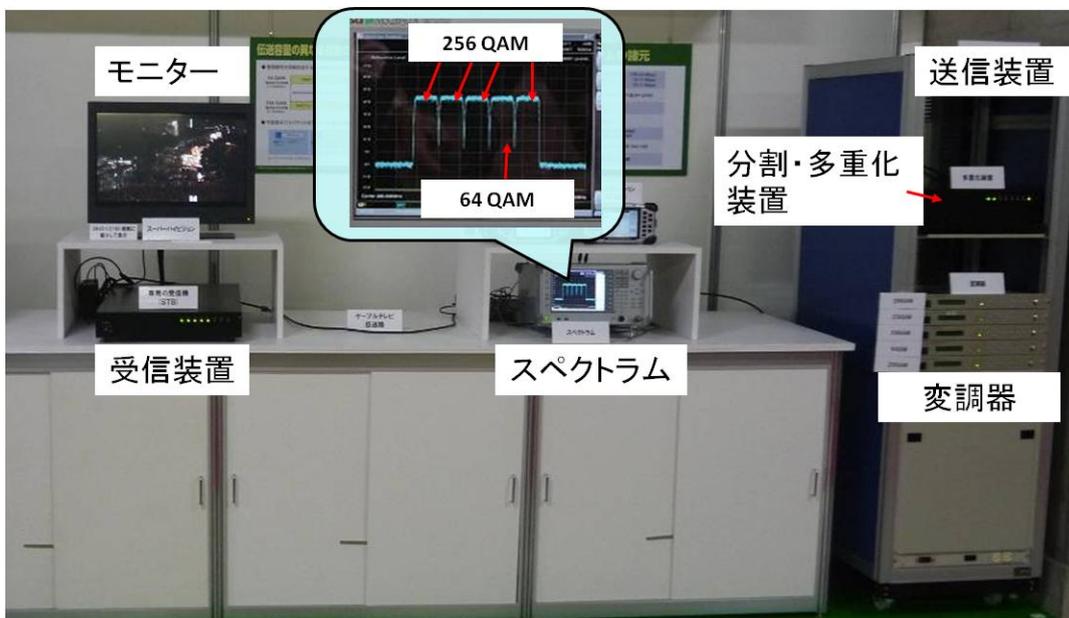


図 2 装置外観

1.1 BER 特性の計算値

2^n -QAMのBERの理論値は、式(1)で示される。

$$BER = \frac{\sqrt{2^n} + \left(\frac{n}{2}\right) - 1}{\sqrt{2^n} \cdot \left(\frac{n}{2}\right)} \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{\delta}{\sqrt{2} \sigma}\right), \quad (1)$$

ここで、 n はシンボルあたりのビット数、 δ はシンボル間距離、 σ^2 は、白色雑音下での分散を示す。

式(1)を用いて、複数搬送波伝送方式の受信装置から出力されるMPEG-2 TS信号のBER計算値(BER_{UHDTV})は、近似的に式(2)で求められる。この式は、CN比28dB以上で適用することができる。

$$BER_{UHDTV} = \frac{1}{N_{64QAM} + M_{256QAM}} \left\{ \frac{10}{24} \sum_{i=1}^{N_{64QAM}} \operatorname{erfc}\left(\frac{CNR_{64QAM,i}}{42}\right)^{\frac{1}{2}} + \frac{19}{64} \sum_{i=1}^{M_{256QAM}} \operatorname{erfc}\left(\frac{CNR_{256QAM,i}}{170}\right)^{\frac{1}{2}} \right\}, \quad (2)$$

ここで、 N_{64QAM} と M_{256QAM} は、64QAMと256QAMの搬送波数を示す。 $CNR_{64QAM, i}$ と $CNR_{256QAM, i}$ は、 i 番目のチャンネルのCN比を示す。

1.2 実験結果

1.2.1 CN 比対 BER 特性

図3にCN比対BER特性の測定結果を示す。誤り訂正RS(204,188)前で $BER 1 \times 10^{-4}$ を得るための所要CN比は31.5dBであり、固定劣化量(BER_{UHDTV} 計算値との差)は1.5dB以内の性能が得られた。有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令で規定されている受信者端子における搬送波の条件 (256QAMの所要CN比 34 dB以上) を満たしている。

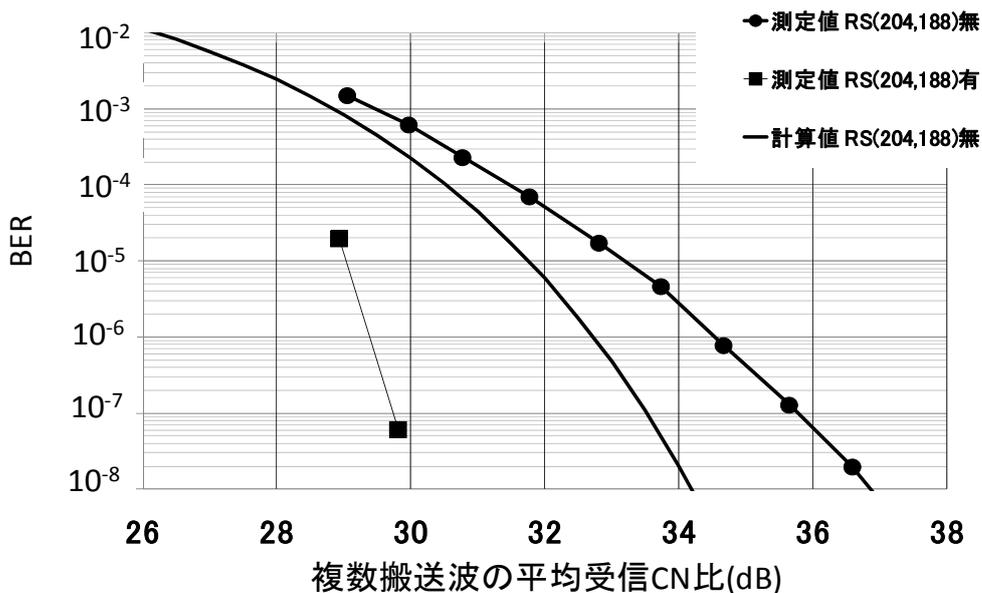


図3 CN比-BER特性

1.2.2 搬送波の到着時間差の吸収

受信装置の複数搬送波間の到着時間差吸収能力を評価した。送信装置において 64 QAM の搬送波のみに遅延を加え、遅延時間を変化させて大容量TSのBERを測定し、受信装置の到着時間差吸収能力を評価した。各搬送波のCN比は31.5dB固定とし、遅延時間を0～2.5msecで、BER特性を測定し評価した。図4に実験結果を示す。遅延時間を変化させても、BERは一定である。この結果は、受信装置において到着時間差を吸収し、搬送波間のスーパーフレームを同期合成できることを示している。

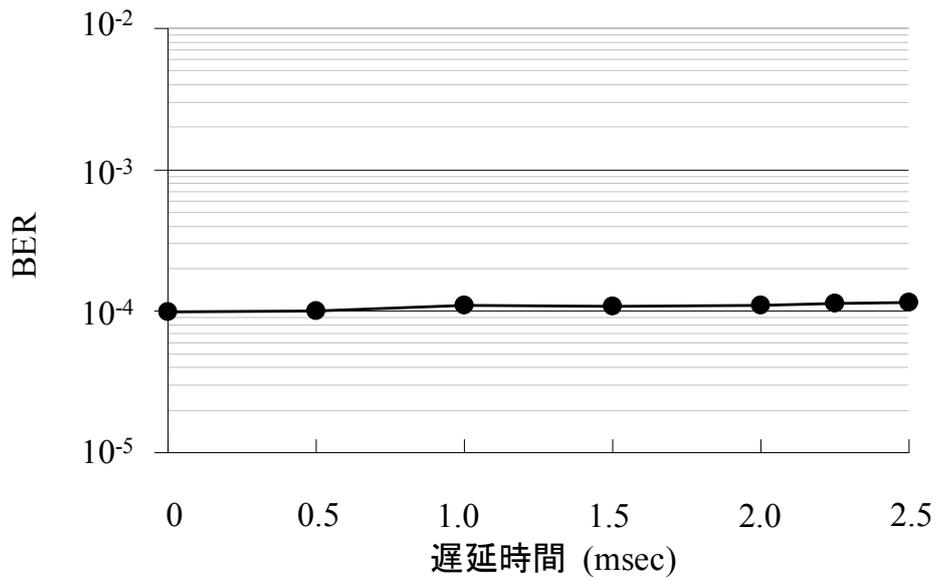


図4 搬送波の到着時間差の吸収

2 実施での実験 (2013年2月)

複数搬送波伝送方式を適用し、2013年2月に山梨県内のケーブルテレビ施設で8K UHDTVの伝送実験を行った。

2.1 実験施設・系統

実験系統を図5に、実験を行ったケーブルテレビ施設の概要を表2に示す。複数搬送波伝送方式の伝送装置を用いて、BER特性の測定、ならびに8K配信実験を行った。伝送実験は、実験実施時に未使用であった5チャンネルを用いて実施した。実験を実施したケーブルテレビ局(株)日本ネットワークサービスのヘッドエンドは甲府市内にあり、サービスエリアは、山梨県内の7市3町をカバーする範囲である。大半のエリアではHFC(Hybrid Fiber and Coaxial)の伝送施設が運用されている。サービスエリアの一部である身延地区においてFTTH(Fiber To The Home)伝送システムが導入されている。HFCの伝送帯域は90 MHz~770 MHzで運用チャンネル数は53である。一方、FTTHの伝送帯域は90 MHz~2.6 GHz、運用チャンネル数はBS-IFを含む64チャンネルである。

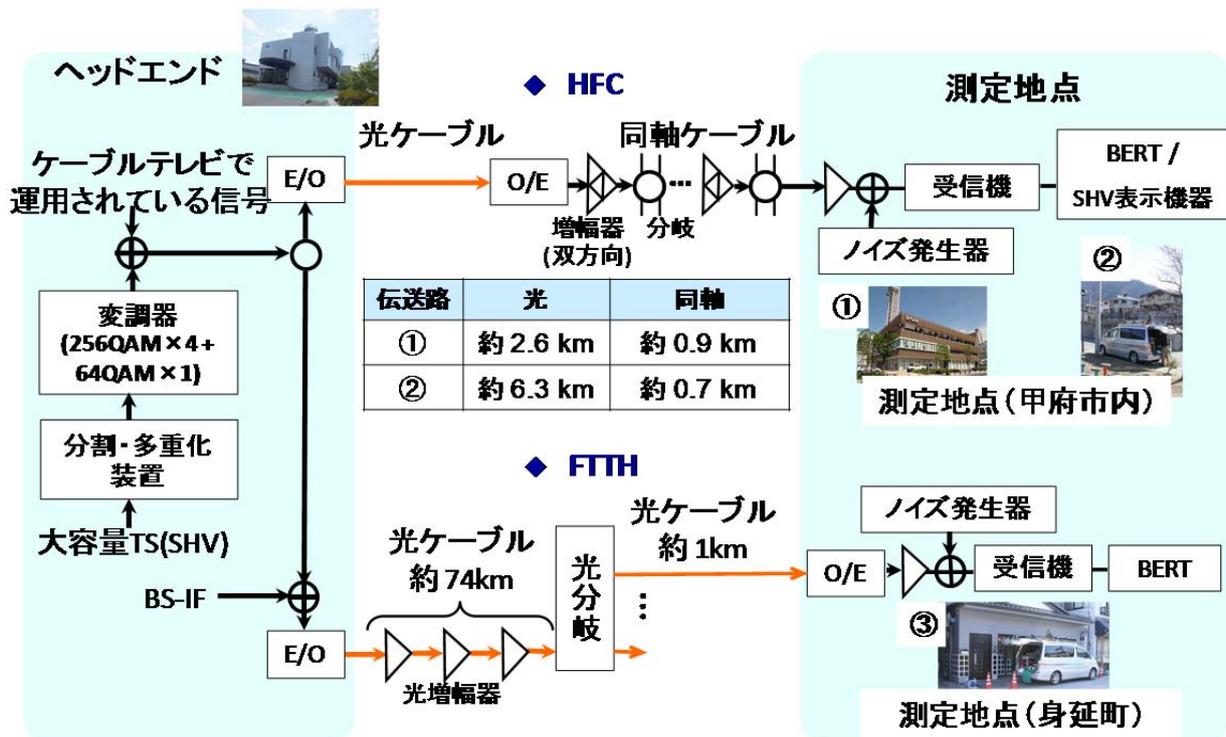


図5 実験系統

表2 実験を行ったケーブルテレビ施設

伝送帯域	HFC : 90 MHz-770 MHz FTTH : 90 MHz-2.6 GHz
運用チャンネル数(下り)	HFC : 53 FTTH : 64
実験場所	山梨県

2.2 実験仕様

実験仕様を表3に示す。181.2 MbpsのMPEG-2 TS (8K) を分割して、5搬送波で伝送した。4チャンネルは256 QAMの搬送波とし、1チャンネルは64 QAMの搬送波とした。ヘッドエンドにおいて、複数搬送波伝送方式の5搬送波と既存のサービスに運用されている下り信号と周波数多重し、HFCおよびFTTHの伝送施設に配信した。送信信号のスペクトラムを図6に示す。測定地点は、HFCで2地点(図5①、②)およびFTTHで1地点(図5③)とし、各々の受信点においてBER測定を行い、伝送特性の評価を行った。

表3 実験仕様

MPEG-2 TS 伝送速度	181.2 Mbps
映像符号化	MPEG-4 AVC / H.264
音声符号化	MPEG-2 AAC
1チャンネルの帯域幅	6 MHz
シンボルレート	5.274 Mbaud
情報伝送レート	256 QAM : 38.149 Mbps 64 QAM : 28.611 Mbps
チャンネル数	5
中心周波数	256 QAM : 695 MHz、701 MHz、707 MHz、713 MHz、 64 QAM : 719 MHz



図6 送信信号スペクトラム

2.3 実験結果

2.3.1 CN比対BER特性

図5に示す測定地点①~③)において、既存のサービスに影響を及ぼさないように試作受信機の入力で白色ガウス雑音を加える構成とした。雑音の大きさを変化させて、5搬送波(4波の256 QAMと1波の64QAM)の各受信CN比を平均した平均受信CN比対試作受信機で合成された信号のBER特性(誤り訂正なし)を測定した。測定結果を図7に示す。雑音を加えない状態で測定した、各地点(HFC・FTTH)の平均受信CN比は37~38 dBであった。誤り訂正前の平均受信CN比は、31.5 dBであり、5.5 dB以上の平均受信CN比の余裕値が得られた。この値は、ケーブルテレビの加入者宅内における伝送特性劣化を想定した場合の設計上の余裕値とみなすことが出来る。また、試作受信機による室内実験とフィールド実験で同じBERを得る平均受信CN比の差は、1.2 dBより小さかった。この結果から、既設のケーブルテレビ伝送路で、ケーブルテレビの多チャンネル信号と8K用の複数搬送波伝送方式の信号を周波数多重しても、安定した品質で配信できる見通しを得た。

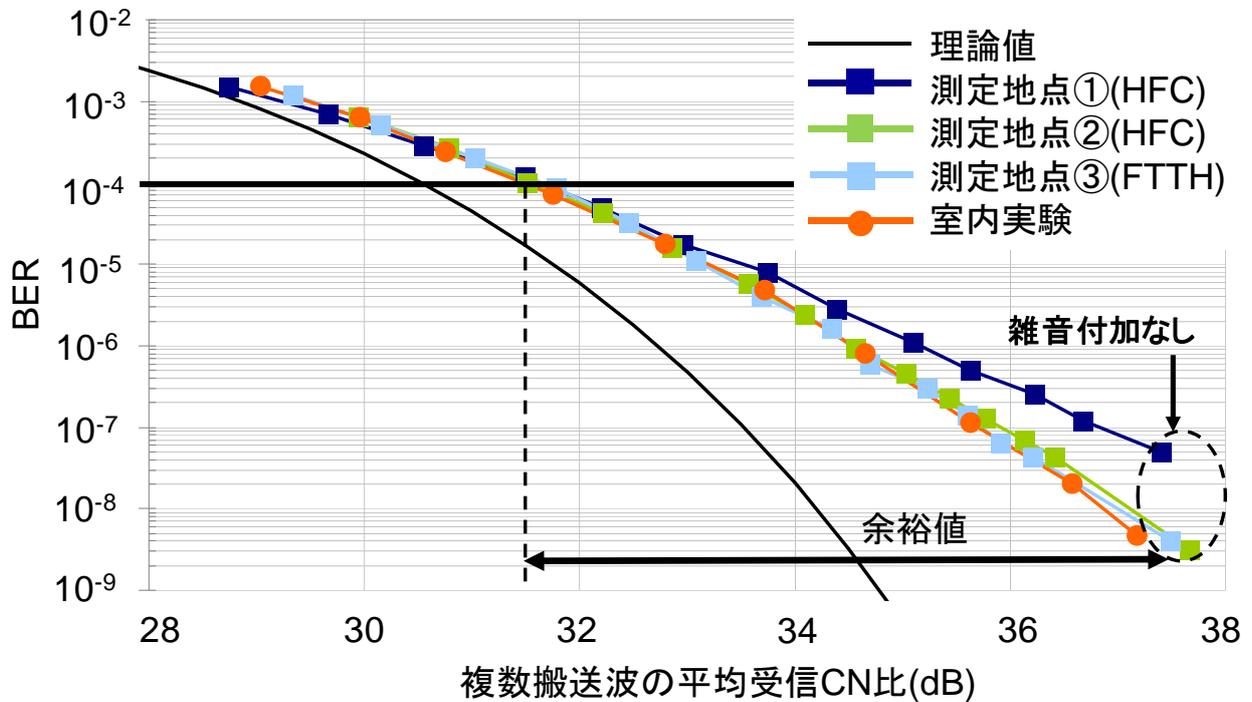


図7 CN比-BER特性

2.3.2 分割・合成機能の評価

複数搬送波伝送方式を適用する際に、大容量 MPEG-2 TS の分割・合成が正しく行われているかどうかを BER 測定により評価した。複数搬送波伝送方式の伝送チャンネルと同一チャンネルの搬送波毎の CN 比-BER 特性を測定し、各搬送波の BER の平均値をグラフにした。測定は、測定地点①)において行った。測定結果を図 8 に示す。各搬送波の BER の平均値と複数搬送波伝送方式で伝送した信号の BER に差異はほとんどなく、MPEG-2 TS の分割・合成が正しく行われていることを確認した。

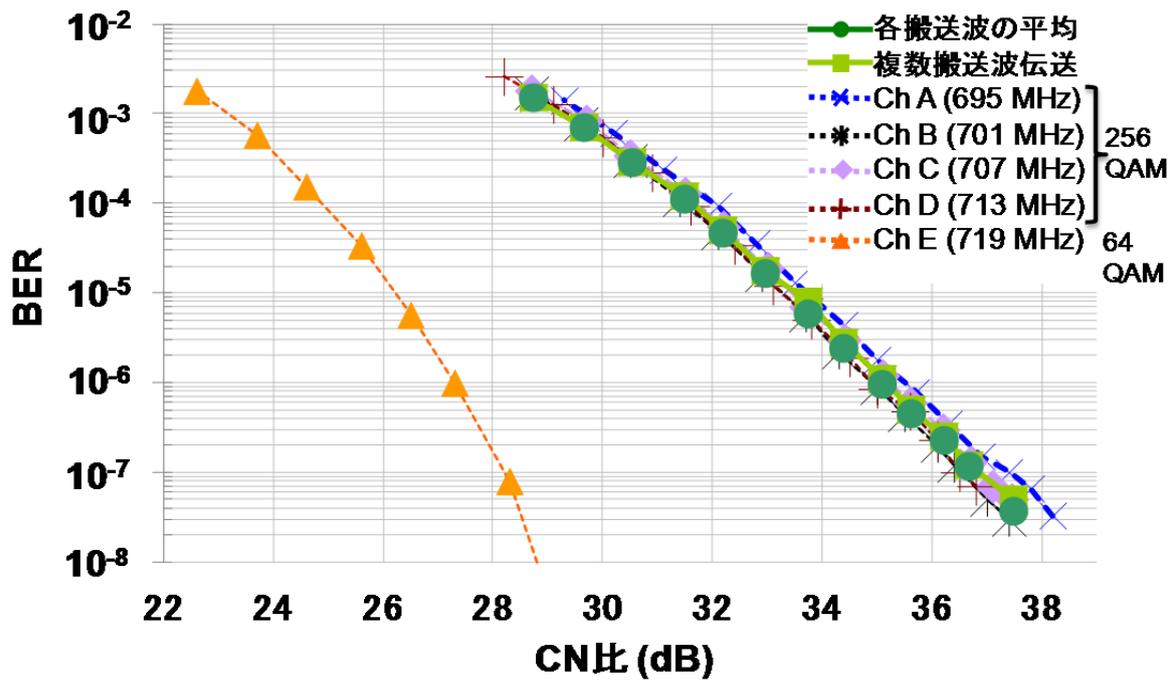


図8 CN比-BER特性 (測定地点①)

2.3.3 8K UHD TVの再生

測定地点①に受信機、85インチの8K直視型ディスプレイおよびスピーカーを設置した。受信信号から8KのMPEG-2 TSを復元し、8Kの映像および22.2chの音声を再生できることを確認した。図9に8K UHD TVのデモンストレーション時の様子を示す。



図9 8K UHD TVのデモンストレーション

3 実施設での実験(2014年5月)

複数搬送波伝送方式を適用し、2014年5月に東京都内のジュピターテレコムの本拠地HFC商用施設で8K配信の伝送実験を行った。

3.1 実験系統・仕様

実験系統を図10に、実験仕様を表4に示す。90 MHz-770 MHzのケーブルテレビ商用回線のうち3チャンネルを用いて伝送実験を行った。ヘッドエンドにおいて、100 MbpsのMPEG-2 TS (8K) を分割して、64 QAMと256 QAMを組み合わせた3搬送波で伝送した。8K用の3搬送波と商用サービスで運用中の一部の下り信号12チャンネルを混合し、1.55 μm帯の波長 (1560.6 nm) で光強度変調した。さらに、商用サービスで運用中の残りの89チャンネルの下り光信号 (1545.3 nm) と波長多重(WDM)し、合計104チャンネルの下り信号として商用回線に配信した。

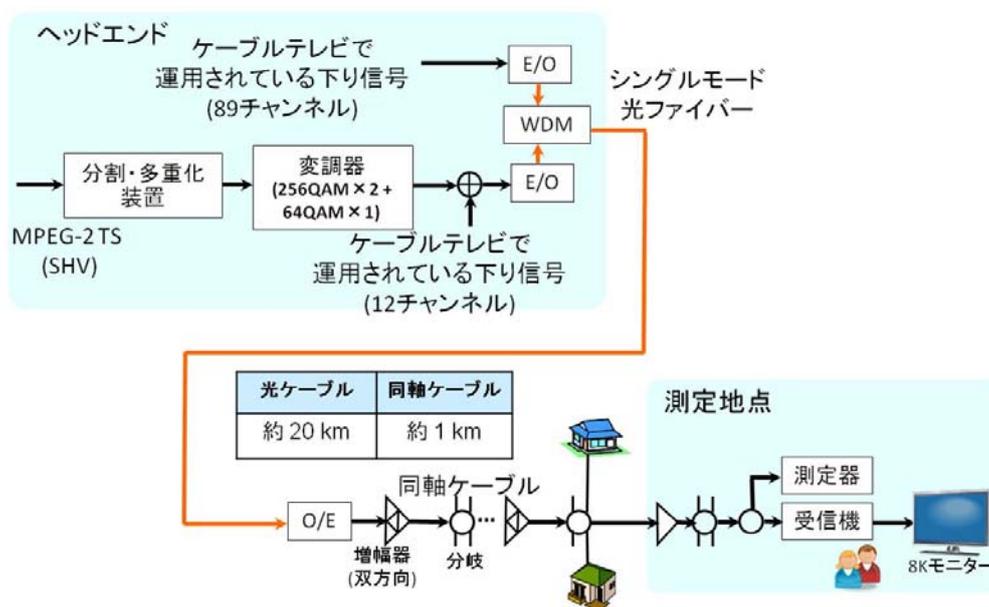


図10 実験系統

表4 実験仕様

MPEG-2 TS 伝送速度	100 Mbps
映像符号化	MPEG-4 AVC / H.264
音声符号化	MPEG-2 AAC
1チャンネルの帯域幅	6 MHz
シンボルレート	5.274 Mbaud
情報伝送レート	256 QAM : 38.149 Mbps 64 QAM : 28.611 Mbps
チャンネル数	5
中心周波数	256 QAM : 273 MHz、447 MHz 64 QAM : 635 MHz

3.2 実験結果

3.2.1 受信 CN 比

受信地点において、搬送波毎の受信 CN 比および誤り訂正前の BER を測定した。測定結果を表 5 に示す。受信信号スペクトラムを図 11 に示す。周波数が高いチャンネルほど受信 CN 比が劣化していく結果となった。これは、伝送路の同軸ケーブルや増幅器の振幅-周波数特性に起因して信号が減衰しているためと考えられる。試作した伝送装置の所要 CN 比(誤り訂正前の BER が 10^{-4} 時の CN 比)は、64 QAM は 25.0 dB、256 QAM は 31.5dB である。その結果、64 QAM (635 MHz)で 8.4 dB、256 QAM (273 MHz)で 5.5 dB、256 QAM (447 MHz)で 4.5 dB の CN 比の余裕値が得られた。この値は、ケーブルテレビの加入者宅内における伝送特性劣化を想定した場合の設計上の余裕値とみなすことが出来る。

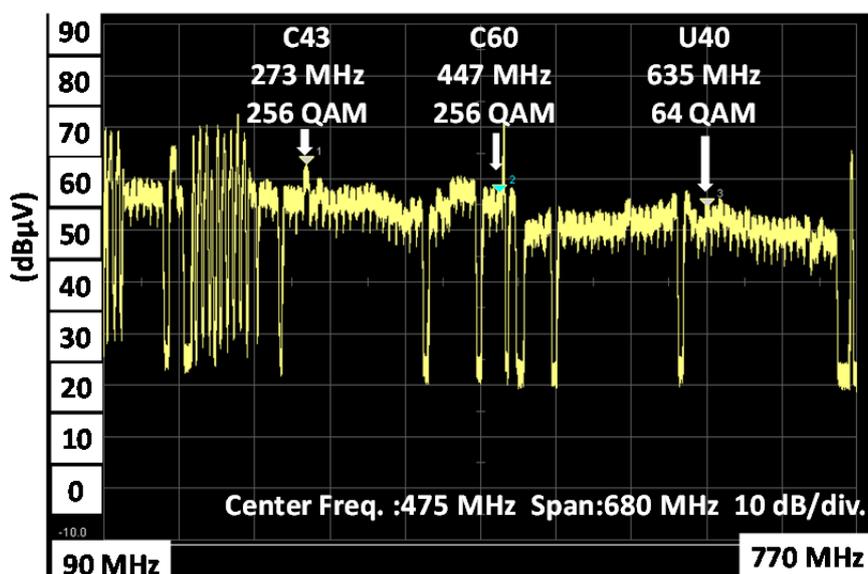


図11 受信信号スペクトラム

表5 受信CN比・BERの測定結果

中心周波数 [MHz]	変調方式	CNR [dB]	BER w/o FEC
273	256 QAM	37.0 dB	4×10^{-7}
447	256 QAM	36.0 dB	2×10^{-6}
635	64 QAM	33.4 dB	10^{-8} 以下

3.2.2 8KUHD TV の再生

受信地点に受信機、145インチ 8K直視型ディスプレイおよびスピーカーを設置して受信信号からMPEG-2 TS信号を復元し、8Kの映像および音声の再生テストを行った。1日8時間連続再生を7日間行い、安定動作を確認した。図12に実験の様子を示す。



図12 8K UHDTVの再生(145インチ8Kモニター)

(備考) 本資料は、ITU-T SG9会合（2014年9月）の寄書（C59）の一部を和訳した。
引用文献を下記に示す。

- [1] Y. Hakamada, et al, “An UHD TV Cable Television Distribution in Combinations of Multiple 64 and 256 QAM Channels”, IEEE ICCE2013 vol.2, pp.488-489, (Jan. 2013)
- [2] Y. Hakamada, N. Nakamura, T. Kurakake, T. Kusakabe, and K. Oyamada : “UHD TV (8K) Distribution Technology and Field Trial on Cable Television Networks”, ITE Trans. on MTA, 2, 1, pp. 2-7(Jan. 2014)
- [3] 袴田, 他, “大規模ケーブルテレビ商用回線での8K・スーパーハイビジョン伝送実験”, 映像情報メディア学会年次大会, ITE Annual convention, 21-9 (Sep. 2014)

TG2 実験結果報告書（パススルー）

高度広帯域衛星基幹放送の IF パススルー実験

平成26年10月10日

一般社団法人 日本CATV技術協会

TG2 実験結果報告書 (パススルー)
(高度広帯域衛星基幹放送の IF パススルー実験)

目 次

1. 目的と試験対象	1
2. 衛星 IF パススルー方式の品質試験	2
2.1 放送信号の特性	2
2.2 白色雑音 CN 比特性	7
2.3 受信信号レベル範囲	10
2.4 単一波妨害特性	12
2.5 隣々接 CH 信号妨害特性	15
2.6 反射特性	19
2.7 試験結果のまとめ	23
3. 技術調査実施日程と試験環境	24
3.1 実験日程	24
3.2 実験系統	24
3.3 実験機材一覧	25
付録1 所要 CN 比の算出方法	27
付録2 中継器シミュレータ	29

1. 目的と試験対象

ケーブルテレビ伝送技術の高度化のために、平成 26 年 3 月 25 日に情報通信審議会より答申された「超高精細度テレビジョン放送システムの衛星放送に関する技術的条件」に基づく衛星基幹放送の再放送用 IF パススルー方式について、有線一般放送の品質に関する技術基準（平成 25 年総務省令第 7 号）に追加すべき品質基準を決定するために必要な試験を行う。

伝送符号化方式は、情報通信審議会技術分科会で平成26年3月25日に答申された放送システム委員会の「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」の衛星基幹放送の伝送路符号化方式とする。なお、本方式は、平成26年7月「標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式」等の一部改正が行われ、すでに制度化が完了している。

特に、広帯域衛星である BS/110 度 CS の衛星基幹放送では、1 トラポン当たり 100Mbps 以上の伝送容量をもつ 16APSK(7/9)等が採用され、高い品質基準が要求されることから、この 16APSK を使用して衛星 IF パススルー伝送の品質技術に関する技術調査を行なう。

2. 衛星 IF パススルー方式の品質試験

2.1 放送信号の特性

実証実験に使用する標準衛星デジタルテレビジョン放送方式（既存 BS デジタル放送）の TC8PSK 信号および高度広帯域デジタル放送 16APSK 信号の信号スペクトラム（帯域内・帯域外）について表 2.1-1 のパラメータで測定を行なう。

表 2.1-1 実験に使用する衛星デジタル放送のパラメータ

パラメータ	BS デジタル放送	高度広帯域衛星デジタル放送
変調方式	TC8PSK	16APSK
ストリーム形式	MPEG-2-TS	MPEG-2-TS
主信号データ	23 次 M 系列 PN 信号 PRBS-23(48 スロット)	23 次 M 系列 PN 信号 PRBS-23
誤り訂正 (内符号)	(トレリス符号 2/3)	LDPC 符号 (7/9)、(9/10)
誤り訂正 (外符号)	リードソロモン (204,188)	BCH (65535, 65343)
ロールオフ率	35 %	3 %
シンボルレート	28.86 Mbaud	33.7561 Mbaud
伝送帯域幅	34.5 MHz	34.5 MHz

1) 測定系統図

衛星デジタル放送信号の実験系統図を図 2.1-1 に示す。

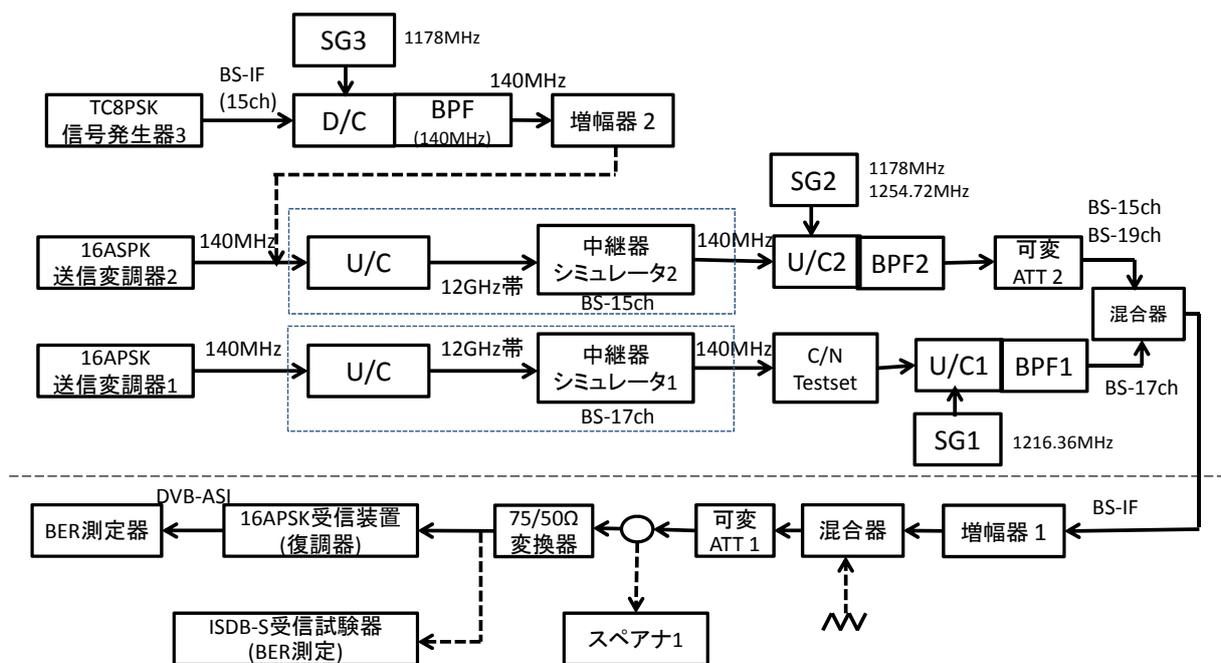


図 2.1-1 帯域内特性および帯域外輻射レベルの実験系統図

2) 測定条件と測定値

放送信号とその測定値を表2.1-2に示す。なお、測定条件は表2.1-3に示す。

表 2.1-2 放送信号と帯域外輻射レベル

項目	条件	送信変調器1 (高度広帯域衛星)	送信変調器2 (高度広帯域衛星)	信号発生器3 (BSデジタル)
変調方式		16APSK(7/9),(9/10) 注1	16APSK(7/9),(9/10) 注1	TC8PSK
出力チャンネル注2		BS-17	BS-15	BS-15
測定チャンネル注3		BS-17	BS-15,19	BS-15,19
IF中心周波数		1356.36 MHz	1318.00 MHz/ 1394.72 MHz	1318.00 MHz/ 1394.72 MHz
バックオフ(OBO) 注4		2.2 dB	2.2 dB	0.2 dB
帯域外輻射レベル (fo±25MHz)	TC8PSK	—	—	-30 dB以下
	16APSK(7/9)	-36 dB以下	-30 dB以下	—

注 1) LDPC の符号化率は 7/9 (運用想定値) と 9/10 (制度的には選択可能な最大伝送容量となる値) の両方で行なう。

注 2) 主信号には送信変調器1、妨害信号には送信変調器2および信号発生器3を主に使用する。

注 3) 測定チャンネル信号は、U/C1 の SG1 及び U/C2 の SG2 で周波数設定をして作り出す。

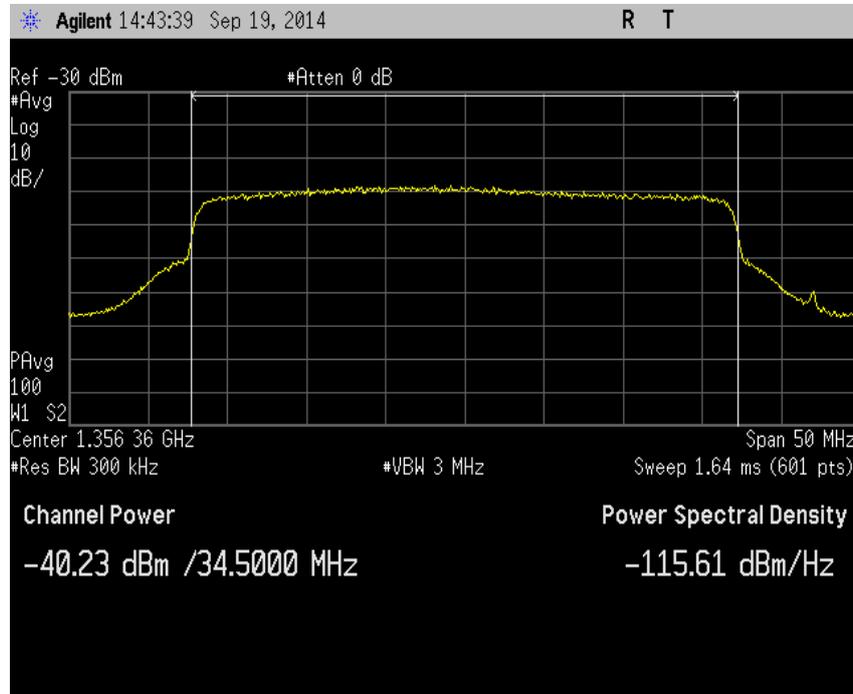
注 4) 高度広帯域衛星のバックオフ値は、情報通信審議会より答申された「超高精細度テレビジョン放送システムの衛星放送に関する技術的条件」と同じとする。

表 2.1-3 測定条件

ノイズ加算	なし
スペアナ スパン	50MHz
分解能帯域幅 (RBW)	300kHz
映像帯域幅 (VBW)	3MHz
測定モード	平均値(rms)
検波モード	SAMPLE
アベレージ機能	100回
チャンネルパワー帯域幅	34.5MHz
スペアナ測定レベル	-40dBm

3) 測定結果

16APSK 信号、TC8PSK 信号の放送方式ごとに、使用する変調器信号の信号スペクトラム（帯域内・帯域外）について中継器シミュレータ経由の信号についてスペアナ 1 で測定を行なう。



写 2.1-1 変調器 1 : 16APSK(7/9) OBO=2.2dB 測定チャンネル周波数 BS-17ch(1356.36MHz)

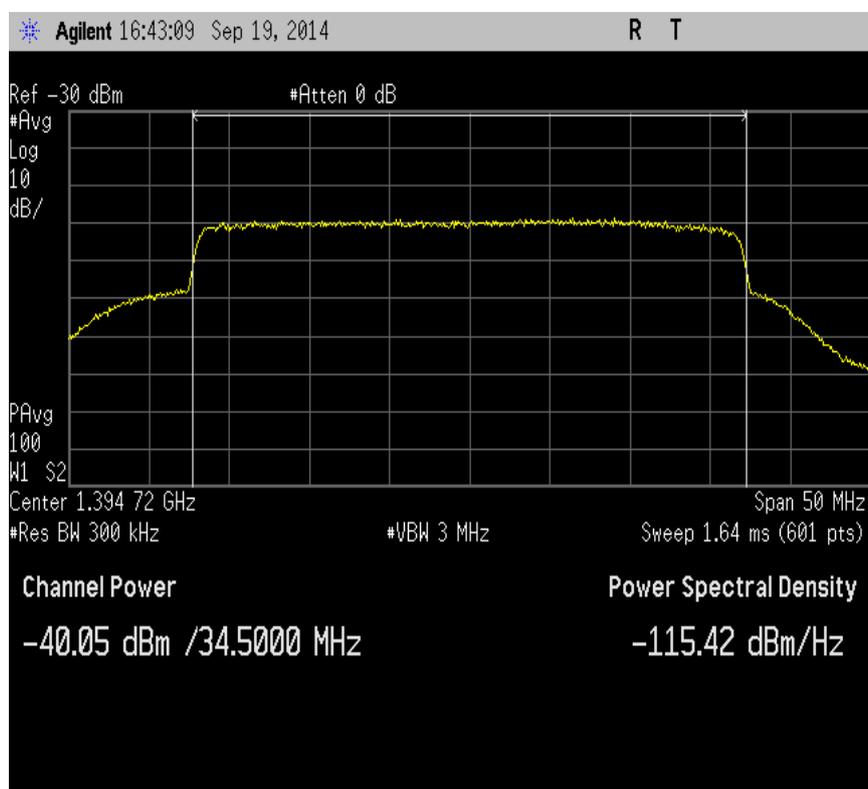
注) 帯域外の上側周波数に希望波より約 50dB 低いレベルのスプリアスがあるが、試験に影響を与えないことを確認している。



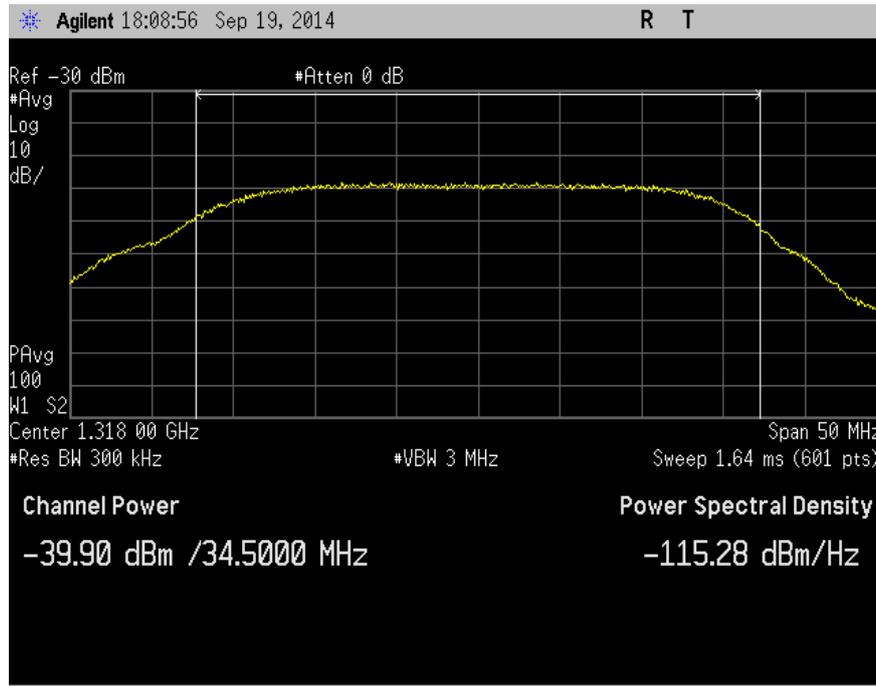
写 2.1-2 変調器 1 : 16APSK(9/10) OBO=2.2dB 測定チャンネル周波数 BS-17ch(1356.36MHz)



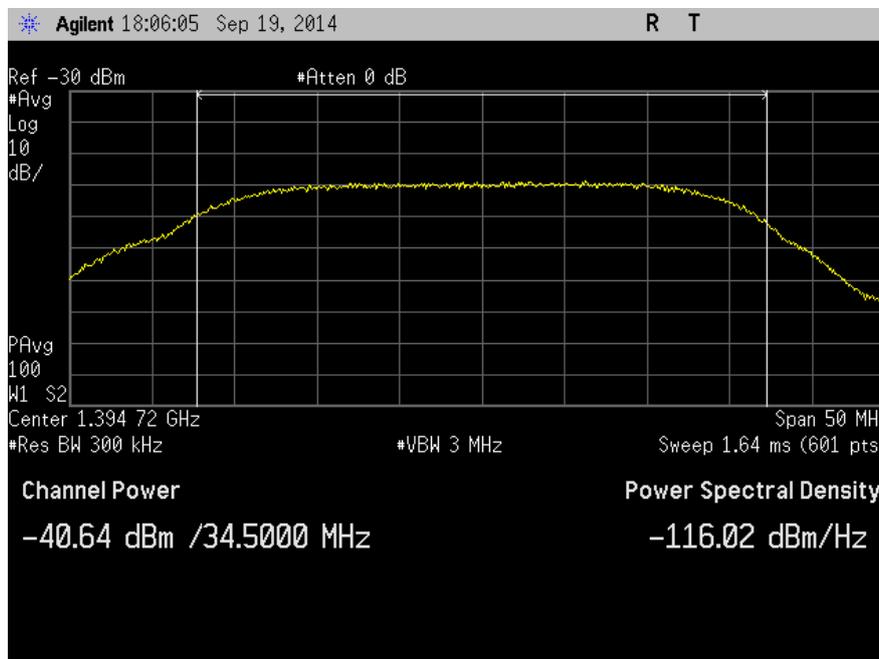
写 2.1-3 変調器 2 : 16APSK(7/9) OBO=2.2dB 測定チャンネル周波数 BS-15ch(1318.00MHz)



写 2.1-4 変調器 2 : 16APSK(7/9) OBO=2.2dB 測定チャンネル周波数 BS-19ch(1394.72MHz)



写 2.1-5 信号発生器 3 : TC8PSK OBO=0.2dB 測定チャンネル周波数 BS-15ch(1318.00MHz)



写 2.1-6 信号発生器 3 : TC8PSK OBO=0.2dB 測定チャンネル周波数 BS-19ch(1394.72MHz)

2.2 白色雑音 CN 比特性

今回実験に使用した中継器シミュレータ等の測定系確認を行なうため、16APSK信号の白色雑音 CN 比対 BER (ビット誤り率) 特性を測定する。

所要 CN 比 は $BER = 10^{-11}$ の CN 比 と定義し、測定結果を付録1に示す手法により線形補完して $BER = 10^{-11}$ に相当する CN 比を所要 CN 比として算出した。

1) 測定系統図

実験系統図を図 2.2 に示す。

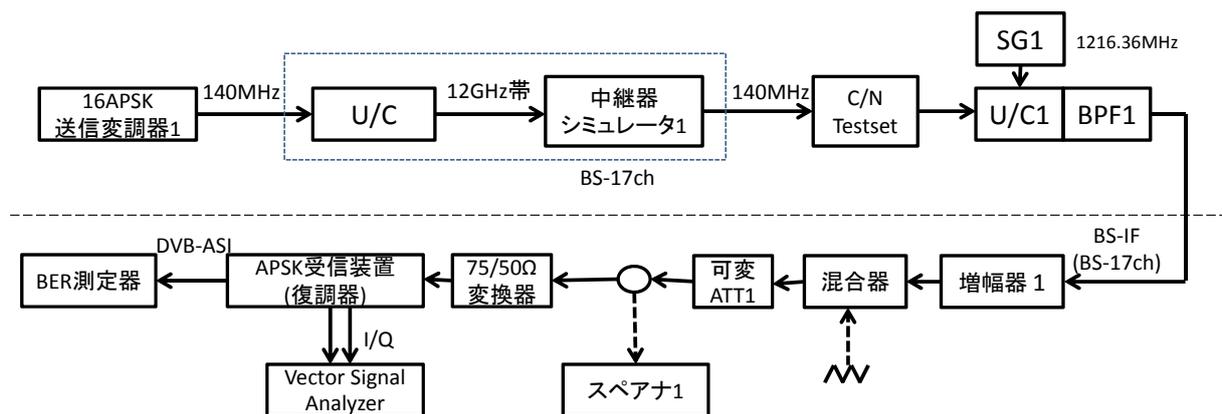


図 2.2-1 16APSK 信号の CN 比対 BER 特性の実験系統図

2) CN 比対 BER 測定試験の方法

所要 CN 比測定にあたり、C N 比対 BER を以下の手法により測定した。BER の測定ポイントは外符号 (BCH 符号) 訂正後の誤り率とした。LDPC 符号は急峻な BER 特性を有し、 $BER = 10^{-2}$ 以上では観測ビット数 10^{10} ビット程度で BER が一定値に収束するため、BER は以下の条件で実施した。

- BER の測定範囲 : $BER = 10^{-2}$ オーダー ~ 10^{-8} オーダー
- $BER = 1 \times 10^{-4}$ 以上における観測ビット数 : 10^9 ビット
- $BER = 1 \times 10^{-4}$ 未満かつ $BER = 10^{-5}$ 以上における観測ビット数 : 5×10^9 上におけるビット
- $BER = 1 \times 10^{-5}$ 以下における観測ビット数 : 10^{10} ビット

上記測定方法の BER は観測時間の制限上、 10^{-8} オーダーである。

所要 CN 比は、測定結果を付録1に示す手法により線形補完して $BER = 10^{-11}$ に相当する CN 比を所要 CN 比として算出した。

4)試験結果の考察

試験の結果、中継器シミュレータを使用した場合の所要 CN 比は表 2.2 のようになる。

表 2.2 所要 CN 比(中継器シミュレータの場合)

変調方式	16APSK(7/9)	16APSK(9/10)
所要CN比	12.3 dB	16.2 dB

この試験結果より、BER が 1×10^{-11} となる所要 CN 比は、2 月に実施された情通審超高精細度テレビジョン放送システムの衛星放送に関する中継器シミュレータを用いた室内実験と結果と比較すると、0.1dB 程度の差となっており、測定系としてほぼ同等の特性を確認することができた。

2.3 受信信号レベル範囲

16APSK 信号の受信装置（復調器）を使用して、受信装置の入力レベルを変えて正常受信（疑似エラーフリー^注）できる受信信号レベル範囲を確認する。

注) 情報通信審議会 情報通信技術分科会放送システム委員会答申報告書（「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」 p.341）では、簡易的な方法でCN比対BERの測定している。同様に本報告書では、疑似エラーフリーは、 10^{10} ビットのデータに対する誤りビット数を1,000カウント計測することで、ビット誤りが0 になった誤り率（BER）の状態をいう。この測定方法のBERは観測時間の制限上、 10^{-8} オーダーとなり、BER = 1×10^{-11} との差は図2.2-2および図2.2-3より、CN比で0.2 ~ 0.3dB程度である。

1) 測定系統図

実験系統図を図 2.3 に示す。

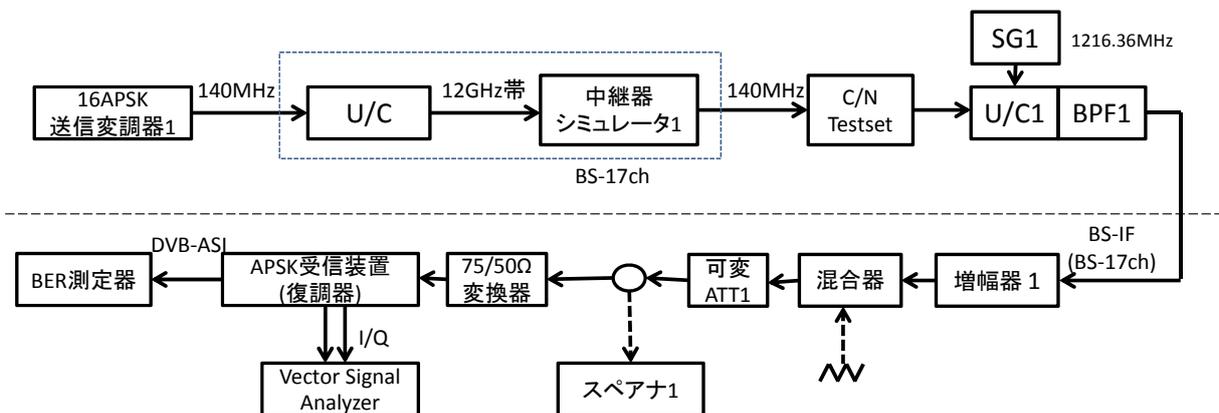


図 2.3 16APSK 信号の受信信号レベル範囲の実験系統図

2) 試験結果

測定結果は、受信装置の BER 値（誤り訂正後）が疑似エラーフリーとなる受信レベルを測定して、その結果を表 2.3 に示す。

表 2.3 受信信号レベル範囲

項目	16APSK(7/9)	16APSK(9/10)
受信信号レベル	-77 ~ -26 dBm 32 ~ 83 dB μ V	-74 ~ -26 dBm 35 ~ 83 dB μ V
CN比設定	13 dB	17 dB
中継器シミュレータCN比 (BER 1×10^{-11})	12.3 dB	16.2 dB
情報伝送容量	100.5 Mbps	117.9 Mbps

注 1) BS-17ch (中心周波数 : 1356.36MHz) で測定を行う。

注 2) インピーダンス変換器のロス 5.8dB (BS-17ch の IF 周波数での測定値) を補正。

注 3) 受信信号レベルの上限値は測定系の最大レベルまでとした。

3) 試験結果の考察

受信機の受信信号レベル範囲は、現在の有線一般放送の品質技術を定める省令の値（47 ～ 81dB μ V）を十分に満足する結果となった。

(参考)

情報通信審議会 情報通信技術分科会放送システム委員会答申報告書(「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」p.430)では、一般的なLNBの平均値として-75dBc/Hz(1kHz オフセット値) 位相特性をしたLNBを使用した時の所要CN比の劣化は0.1dBとしているため、今回の実験では、LNBを使用しないで測定を行なった。

2.4 単一波妨害特性

本実験では、16APSK 信号の単一波信号妨害比対 BER 特性の測定を行う。

1) 測定系統図

測定系統図を図 2.4-1 に示す。

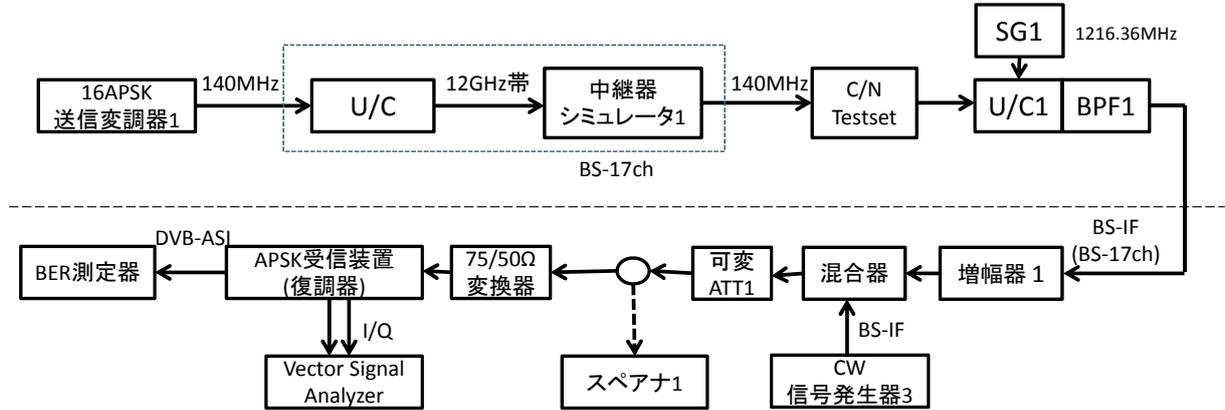


図 2.4-1 16APSK 信号の単一波信号妨害特性の測定系統図

2) 測定結果

測定結果は、単一波信号の妨害による BER 値 (誤り訂正後) が疑似エラーフリー (正常受信) となる UD 比を測定して、その周波数依存性を確認した。その結果を図 2.4-2 に示す。

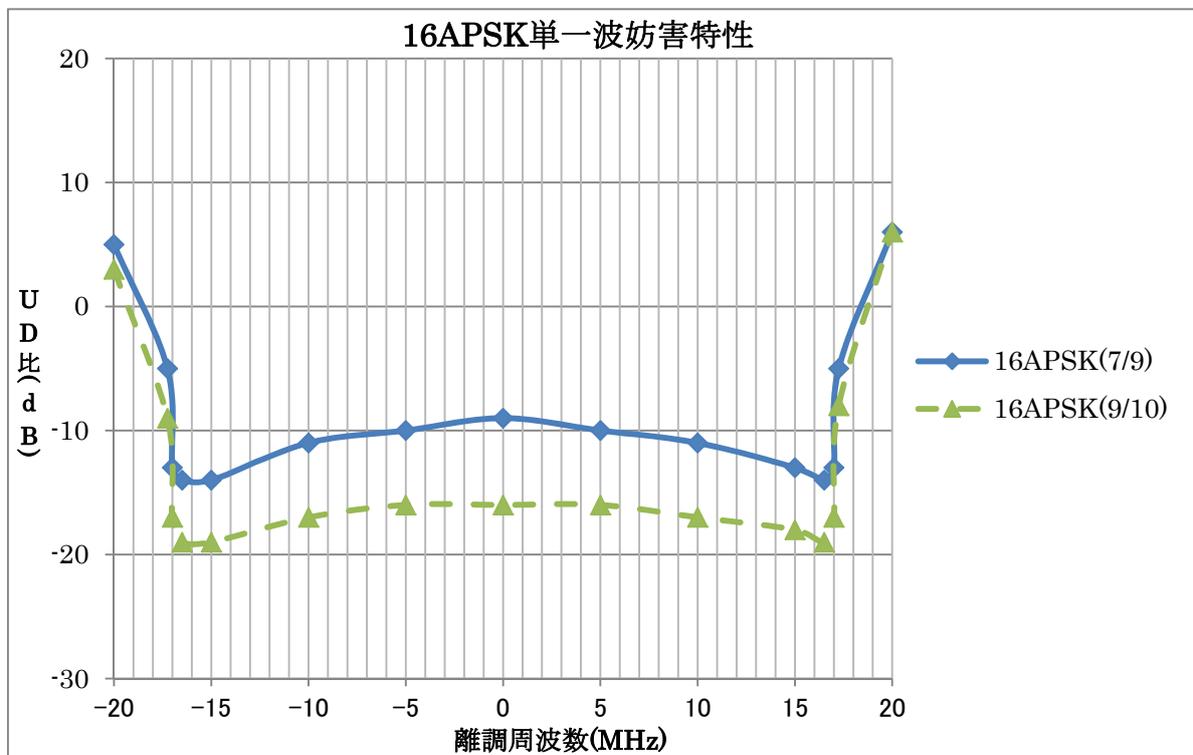


図 2.4-2 16APSK(7/9),(9/10) 信号の単一波信号妨害による UD 比

表 2.4-1 16APSK の単一波妨害 UD 比の測定結果

離調周波数(MHz)	-20	-17.25	-17	-17	-15	-10	-5	0	5	10	15	16.5	17	17.25	20
16APSK(7/9)	5	-5	-13	-14	-14	-11	-10	-9	-10	-11	-13	-14	-13	-5	6
16APSK(9/10)	3	-9	-17	-19	-19	-17	-16	-16	-16	-17	-18	-19	-17	-8	6

注 1) BS-17ch (中心周波数 : 1356.36MHz) で測定を行う。

離調周波数は単一波妨害波信号と主信号の中心周波数 f_c との差を言う。

注 2) 受信装置(復調器)の入力レベルは $63\text{dB}\mu\text{V}$ とした。

注 3) CN 比の設定は、16APSK(7/9) の場合 18dB (アンテナ径 45cm ϕ 時の衛星回線設計値)、16APSK(9/10) の場合 21dB (アンテナ径 60cm ϕ としアンテナ径差として 3dB 加算) とした。

注 4) 16APSK(7/9)において、中心周波数よりの離調周波数を 1kHz 単位として $\pm 5\text{kHz}$ では測定を行なったがすべて UD 比 -9dB と変化はなかった。

3) 単一波妨害 UD 比特性の結果

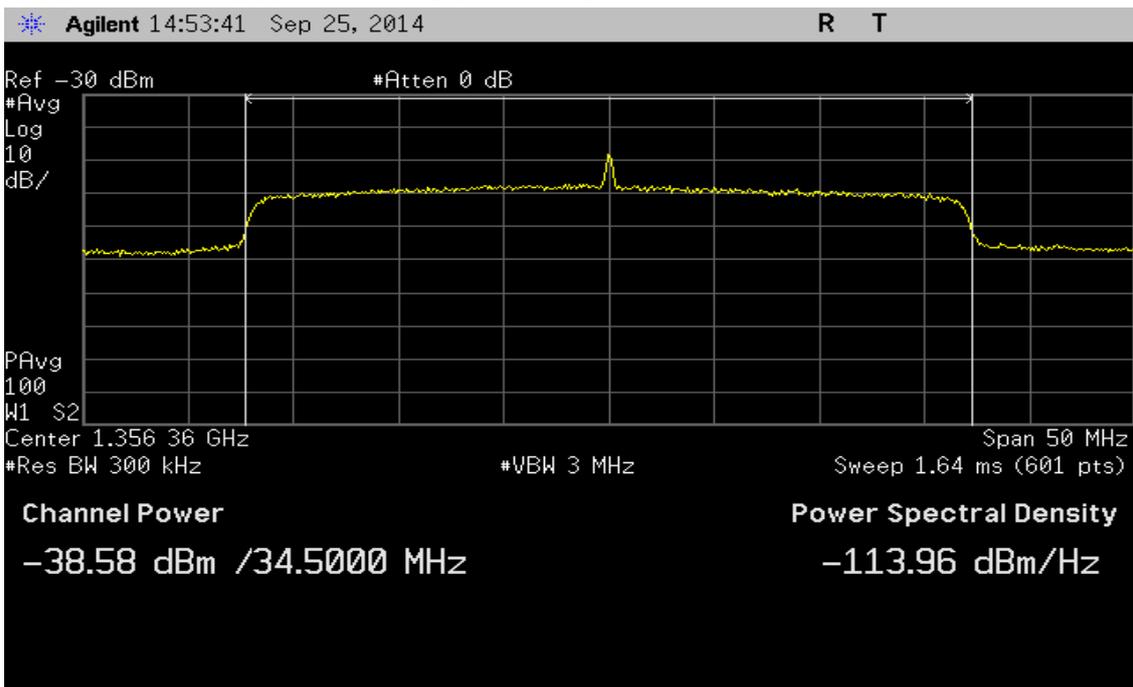
測定結果の単一波妨害 UD 比を表 2.4-2 に示す。

表 2.4-2 単一波妨害 UD 比

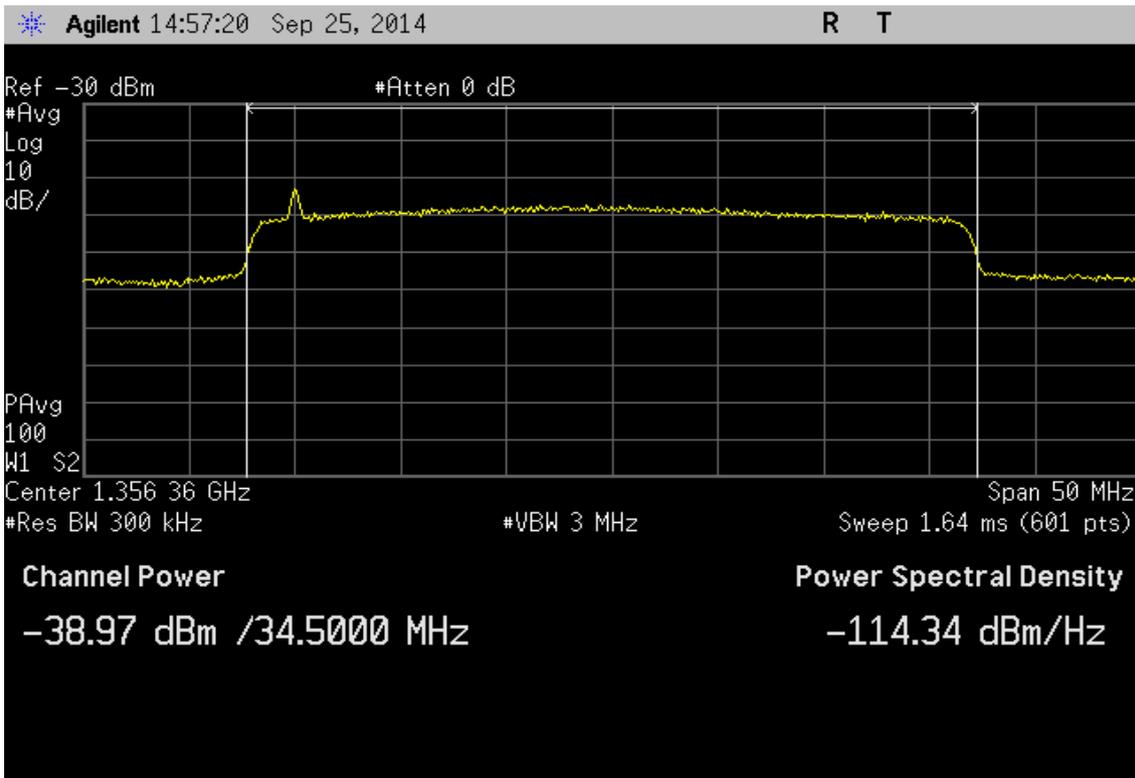
項目	条件	16APSK(7/9)	16APSK((9/10))
単一波妨害UD比	帯域内(34.5MHz)	-14 dB以下	-19 dB以下

4) 測定スペクトラム波形

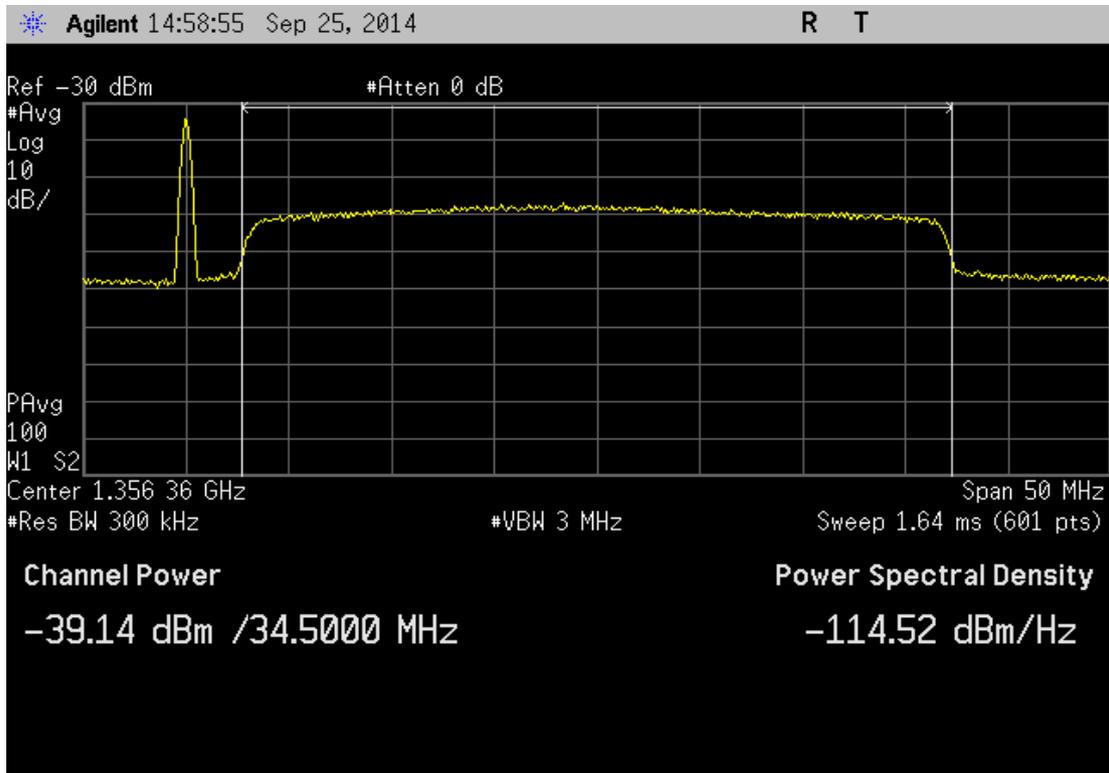
測定スペクトラム波形のサンプルを以下に示す。



写 2.4-1 16APSK(7/9) 妨害波 $f_c(1356.36\text{MHz})$ 、UD 比 -9dB



写 2.4-2 16APSK(7/9) 妨害波 $f_c=15\text{MHz}$ (1341.36 MHz)、UD 比 -14dB



写 2.4-3 16APSK(7/9) 妨害波 $f_c=20\text{MHz}$ (1336.36MHz)、UD 比 5dB

2.5 隣々接 CH 信号妨害特性

本実験では、16APSK 信号および TC8PSK 信号の隣々接 CH 信号での相互干渉を BER 測定により行う。

1) 測定系統図

測定系統図を図 2.5 に示す。

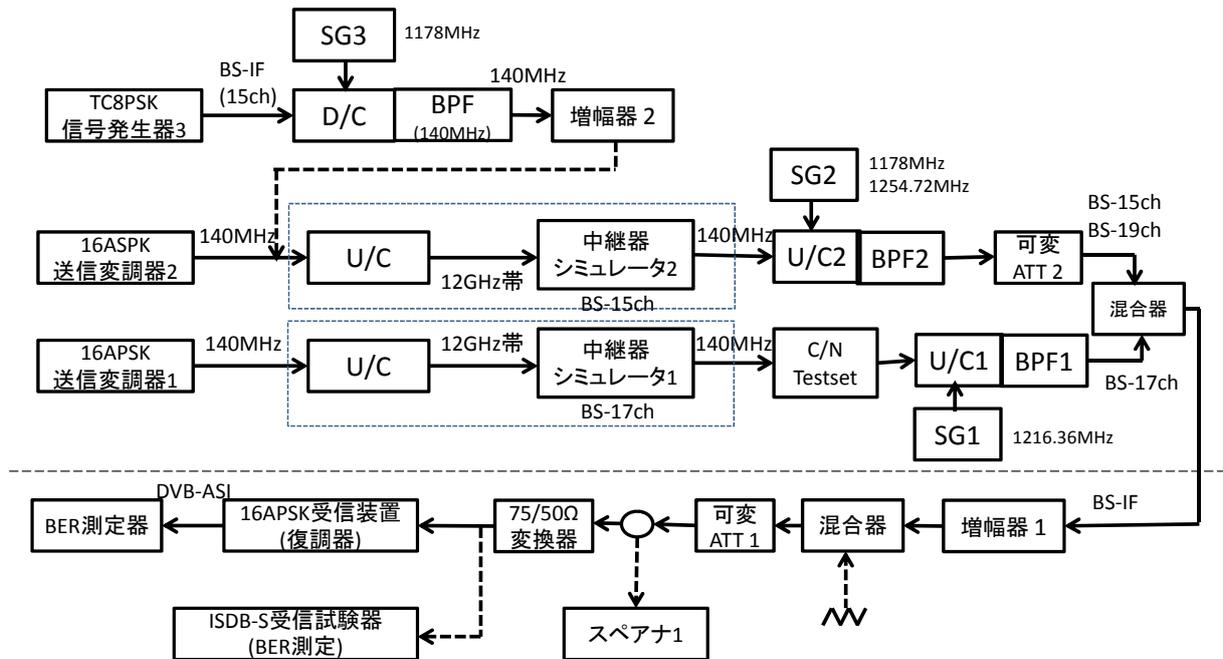


図 2.5 隣々接信号からの相互干渉妨害特性の測定系統図

2) 測定結果

測定結果は、隣々接 CH 信号の妨害による BER 値が、16APSK の場合は誤り訂正後において疑似エラーフリー、TC8PSK の場合は RS 訂正前の BER が 1×10^{-4} 以下となる DU 比を測定して、その結果を表 2.5-1 および表 2.5-2 に示す。

表 2.5-1 16APSK(7/9)の隣々接 CH 信号妨害 DU 比

項目	主信号	16APSK(7/9)	16APSK(7/9)	TC8PSK
	隣々接信号	16APSK(7/9)	TC8PSK	16APSK(7/9)
隣々接CH信号妨害 DU比(限界値)	下側隣々接	-16 dB以下	-18 dB以下	-15 dB以下 (写2.5-4)
	上側隣々接	-16 dB以下 (写2.5-1)	-13 dB (写2.5-2)	-15 dB以下 (写2.5-3)

注 1) 16APSK は BS-17ch (中心周波数 : 1356.36MHz) 、TC8PSK は BS-15ch および BS-19ch で BER 測定を行う。

注 2) 受信装置 (復調器) の入力レベルは $63\text{dB}\mu\text{V}$ とした。

注 3) CN 比の設定は、16APSK (7/9) は 18dB (アンテナ径 45cm ϕ 時の衛星回線設計値)、TC8PSK は 17dB (所要 CN 比 11dB + 6dB、信号発生器 3 でノイズ設定) とした。

注 4) TC8PSK の ISDB-S 受信試験器での CN 比の表示値は隣々接信号がない状態で、15.3 ~15.4dB であった。また、TC8PSK の測定 BER 値は隣々接信号がある状態で、すべて 10^{-9} 以下の状態であった。

注 5) ISDB-T 受信試験器のチューナは、市販 TV のチューナと同等なものを使用している。

表 2.5-2 16APSK(9/10)の隣々接 CH 信号妨害 DU 比

項目	主信号	16APSK(9/10)	16APSK(9/10)	TC8PSK
	隣々接信号	16APSK(9/10)	TC8PSK	16APSK(9/10)
隣々接CH信号妨害 DU比(限界値)	下側隣々接	-16 dB以下 (写2.5-6)	-18 dB以下 (写2.5-7)	-15 dB以下
	上側隣々接	-10 dB (写2.5-5)	-8 dB (写2.5-8)	-15 dB以下

注 1) 16APSK は BS-17ch (中心周波数 : 1356.36MHz) 、TC8PSK は BS-15ch および BS-19ch で測定を行う。

注 2) 受信装置 (復調器) の入力レベルは 63dB μ V とした。

注 3) CN 比の設定は、16APSK (9/10) は 21dB (アンテナ径 60cm ϕ としアンテナ径差として 3dB 加算) 、TC8PSK は 17dB (所要 CN 比 11dB + 6dB、信号発生器 3 でノイズ設定) とした。

注 4) TC8PSK の ISDB-S 受信試験器での CN 比の表示値は隣々接信号がない状態で 15.3 ~15.4dB であった。また、TC8PSK の測定 BER 値は隣々接信号がある状態で、すべて 10^{-9} 以下の状態であった。

注 5) ISDB-T 受信試験器のチューナは、市販 TV のチューナと同等なものを使用している。

3) 隣々接 CH 信号妨害特性の結果

隣々接 CH 信号妨害特性の DU 比は、妨害波が 16APSK の場合、中継器シミュレータ 2 の試験信号のスペクトルの下側特性が上側特性の比べて膨れているため、上側隣々接 CH の DU 比が悪い結果となった。

試験結果は、現在の有線一般放送の品質技術を定める省令の値 (隣々接 CH 信号レベル差 3dB 以内) を十分に満足している。

表 2.5-3 16APSK(7/9) の隣々接 CH 許容信号レベル差

項目	主信号	16APSK(7/9)	16APSK(7/9)	TC8PSK
	隣々接信号	16APSK(7/9)	TC8PSK	16APSK(7/9)
隣々接CH信号妨害DU比		-16 dB以下	-13 dB	-15 dB以下

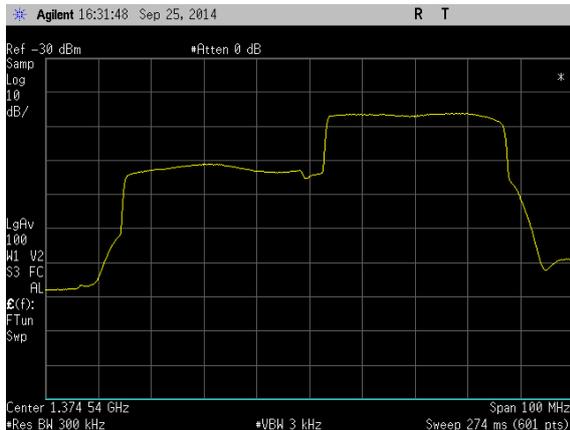
表 2.5-4 16APSK(9/10) の隣々接 CH 許容信号レベル差

項目	主信号	16APSK(9/10)	16APSK(9/10)	TC8PSK
	隣々接信号	16APSK(9/10)	TC8PSK	16APSK(9/10)
隣々接CH信号妨害DU比		-10 dB	-8 dB	-15 dB以下

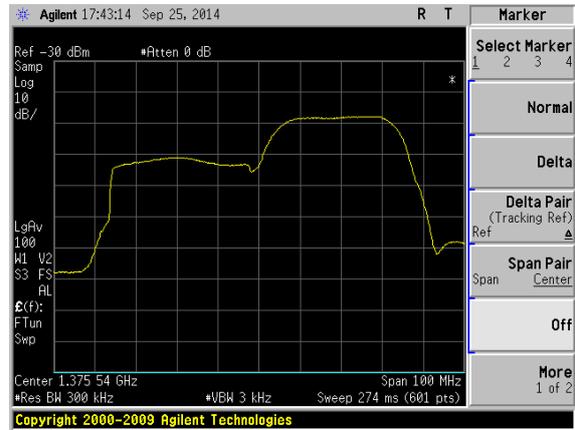
注) 中継器シミュレータの実際のトラポン特性よりスカート特性が悪い状態であり、試験条件としては、厳しい条件での測定と考えられる。

4) 測定スペクトラム波形

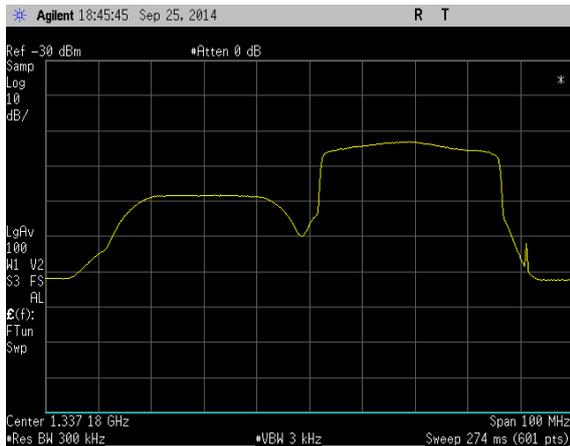
測定スペクトラム波形は、ノイズ OFF にて測定したサンプルを以下に示す。



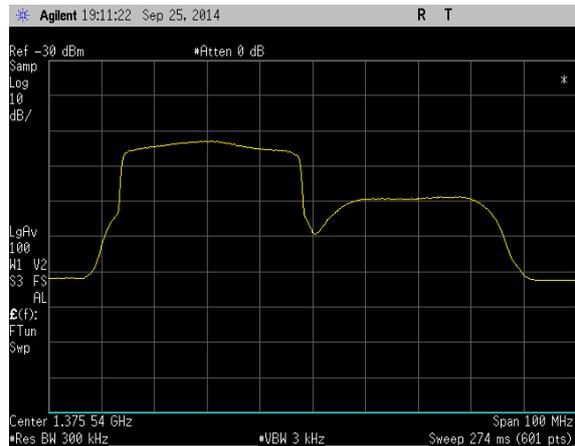
写 2.5-1 16APSK(7/9) 上側 DU 比-16dB
BS-17ch 16APSK(7/9), BS-19ch 16APSK(7/9)



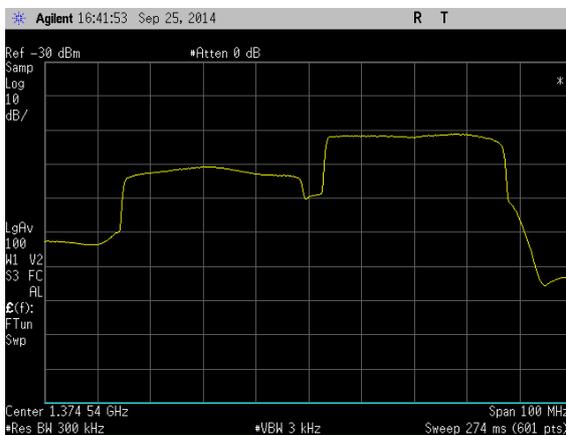
写 2.5-2 16APSK(7/9) 上側 DU 比-13dB
BS-17ch 16APSK(7/9), BS-19ch TC8PSK



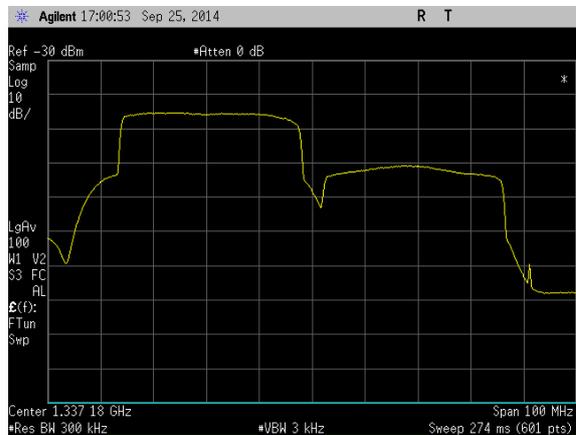
写 2.5-3 TC8PSK 上側 DU 比-15dB
BS-15ch TC8PSK, BS-17ch 16APSK(7/9)



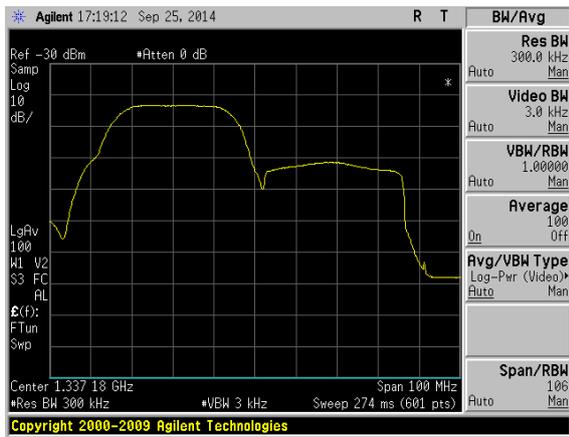
写 2.5-4 TC8PSK 下側 DU 比-15dB
BS-17ch 16APSK(7/9), BS-19ch TC8PSK



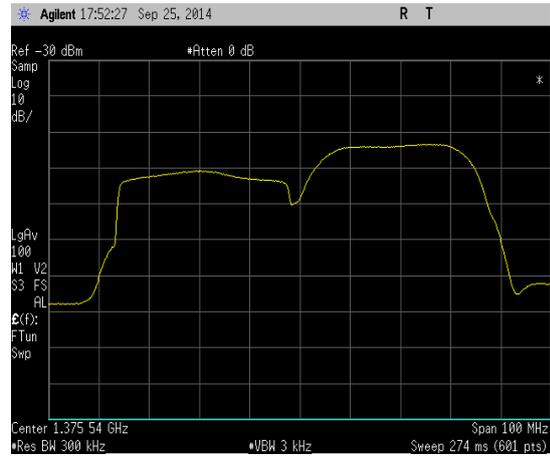
写 2.5-5 16APSK(9/10) 上側 DU 比-10dB
BS-17ch 16APSK(9/10), BS-19ch 16APSK(9/10)



写 2.5-6 16APSK(9/10) 下側 DU 比-16dB
BS-15ch 16APSK(9/10), BS-17ch 16APSK(9/10)



写 2.5-7 16APSK(9/10) 下側 DU 比-18dB
BS-15ch TC8PSK, BS-17ch 16APSK(9/10)



写 2.5-8 16APSK(9/10) 上側 DU 比-8dB
BS-17ch 16APSK(9/10), BS-19ch TC8PSK

2.6 反射特性

本実験では、伝送路での反射の影響を 16APSK 信号の BER 測定により行う。

1) 測定系統図

測定系統図を図 2.6-1 に示す。

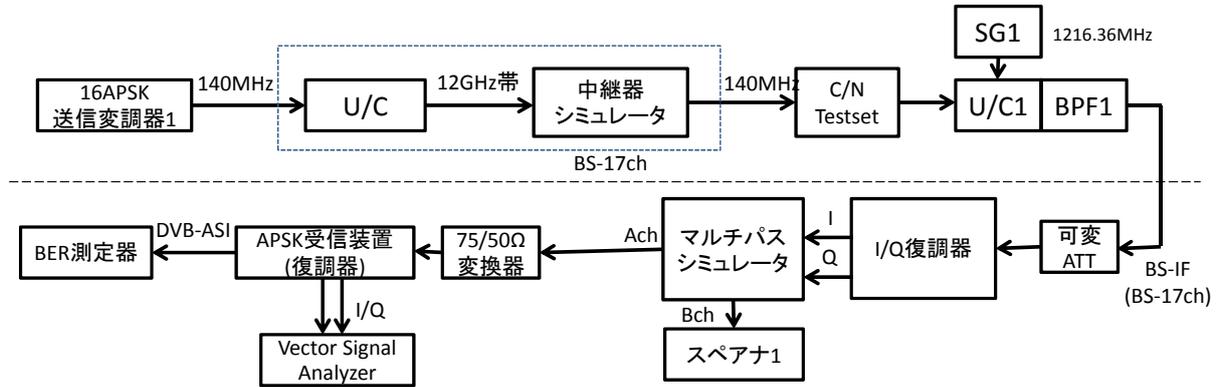


図 2.6-1 16APSK 信号の反射特性の測定系統図

2) 測定結果

測定結果は、反射した遅延信号の妨害による BER 値が 16APSK の場合は誤り訂正後において疑似エラーフリー状態を測定し、その結果を図 2.6-2 および図 2.6-3 に示す。

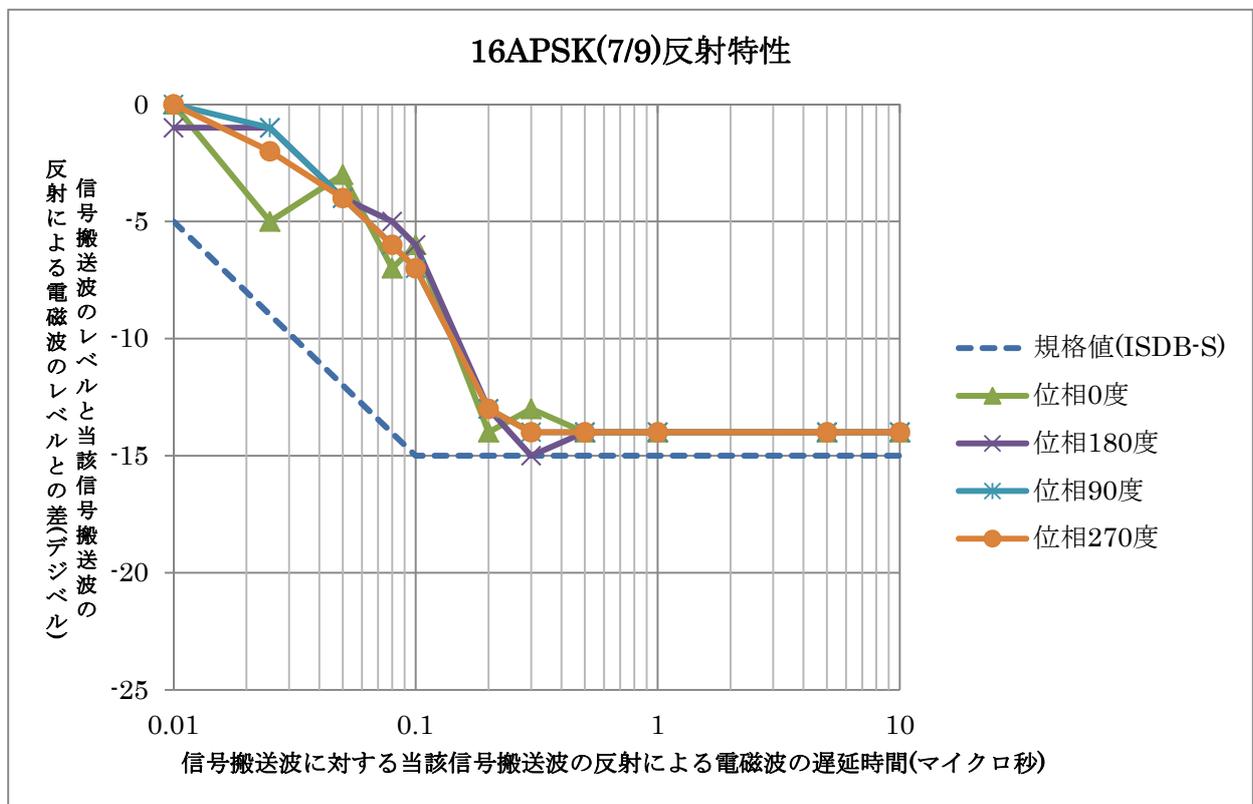


図 2.6-2 16APSK(7/9) の反射特性

表 2.6-1 16APSK(7/9)の場合のUD比

遅延時間(μs)	0.01	0.025	0.05	0.08	0.1	0.2	0.3	0.5	1	5	10
位相0度	0	-5	-3	-7	-6	-14	-13	-14	-14	-14	-14
位相180度	-1	-1	-4	-5	-6	-13	-15	-14	-14	-14	-14
位相90度	0	-1	-4	-6	-7	-13	-14	-14	-14	-14	-14
位相270度	0	-2	-4	-6	-7	-13	-14	-14	-14	-14	-14

注 1) BS-17ch (中心周波数 : 1356.36MHz) で測定を行う。

注 2) 受信装置 (復調器) の入力レベルは 63dBμV。

注 3) CN比の設定は、18dB (アンテナ径 45cm φ 時の衛星回線設計値) とした。

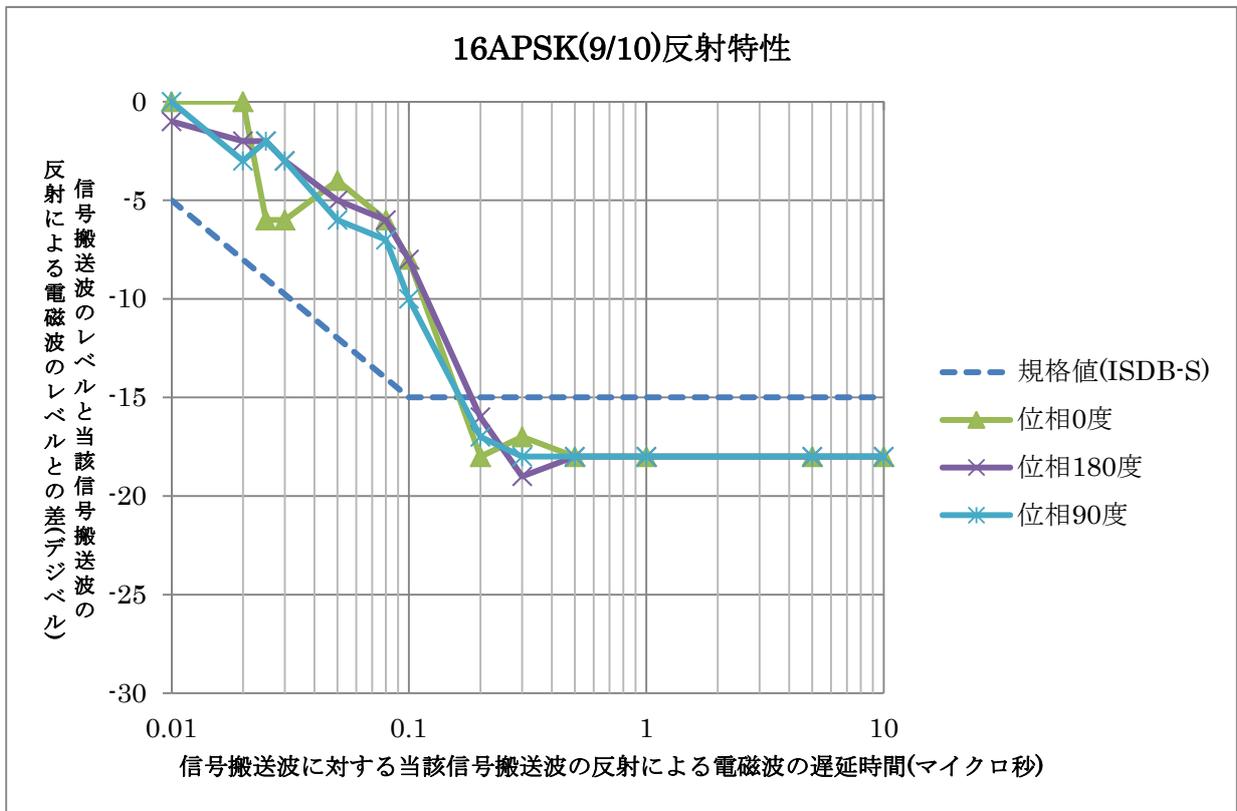


図 2.6-3 16APSK(9/10) の反射特性

表 2.6-2 16APSK(9/10) の場合のUD比

遅延時間(μs)	0.01	0.02	0.025	0.03	0.05	0.08	0.1	0.2	0.3	0.5	1	5	10
位相0度	0	0	-6	-6	-4	-6	-8	-18	-17	-18	-18	-18	-18
位相180度	-1	-2	-2	-3	-5	-6	-8	-16	-19	-18	-18	-18	-18
位相90度	0	-3	-2	-3	-6	-7	-10	-17	-18	-18	-18	-18	-18

注 1) BS-17ch (中心周波数 : 1356.36MHz) で測定を行う。

注 2) 受信装置 (復調器) の入力レベルは 63dBμV。

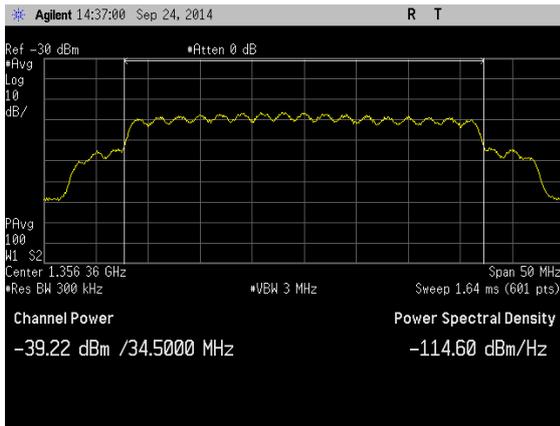
注 3) CN比の設定は、21dB (アンテナ径 60cm φ としアンテナ径差として 3dB 加算) とした。

3) 結果の考察

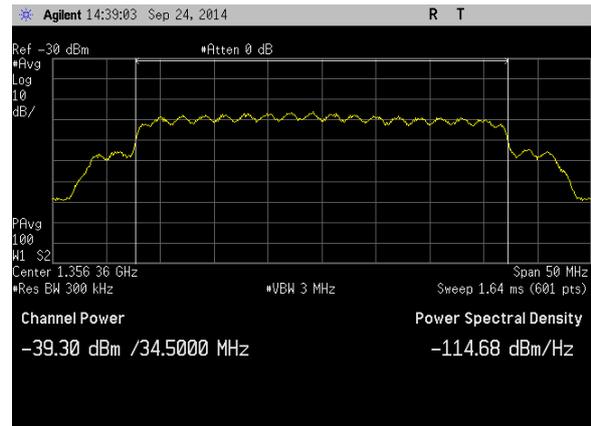
16APSK の場合は、 $0.5 \mu\text{sec}$ 以上の遅延時間の場合、疑似エラーフリーとなる UD 比は、所要 CN 比よりやや悪化した値で安定した値となった。結果は、16APSK(9/10) では UD 比として最悪 19dB となる。規格値として、16APSK(7/9) と(9/10) で異なる値とするかどうか検討が必要となる。

4) 測定スペクトラム波形

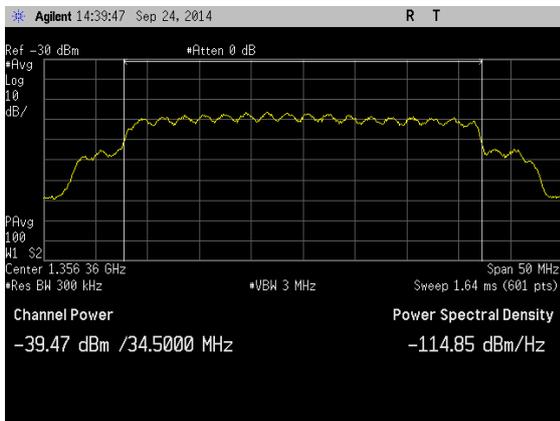
16APSK(7/9) における測定スペクトラム波形は、ノイズ OFF にて測定したサンプルを以下に示す。



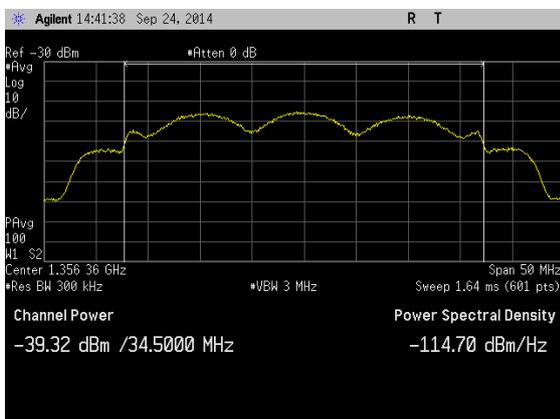
写 2.6-1 位相 0 度,遅延 $0.5 \mu\text{s}$,UD 比 -14dB



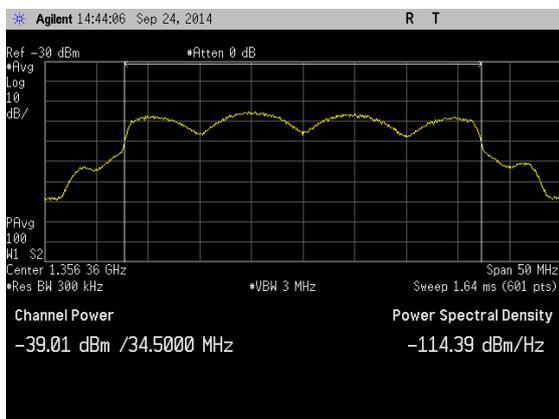
写 2.6-2 位相 180 度,遅延 $0.5 \mu\text{s}$,UD 比 -14dB



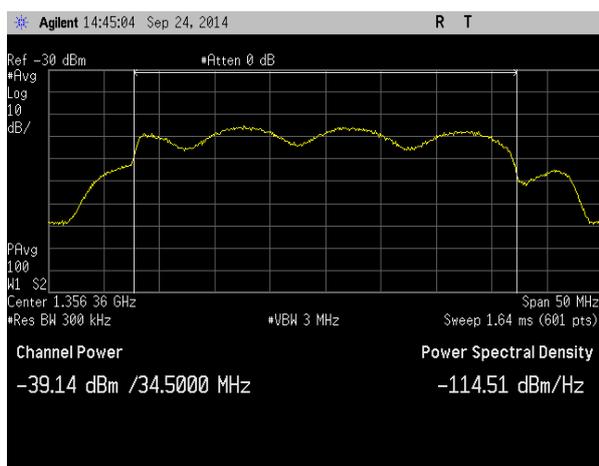
写 2.6-3 位相 90 度,遅延 $0.5 \mu\text{s}$,UD 比 -14dB



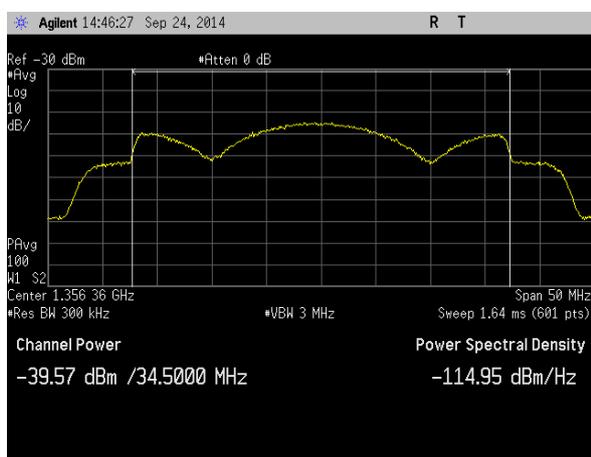
写 2.6-4 位相 0 度,遅延 $0.1 \mu\text{s}$,UD 比 -6dB



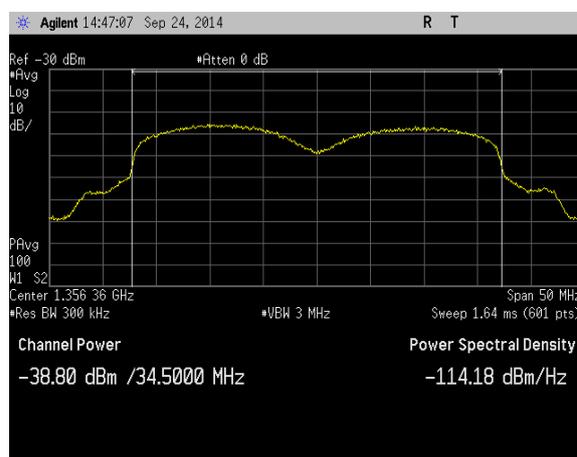
写 2.6-5 位相 180 度,遅延 $0.1 \mu\text{s}$,UD 比 -6dB



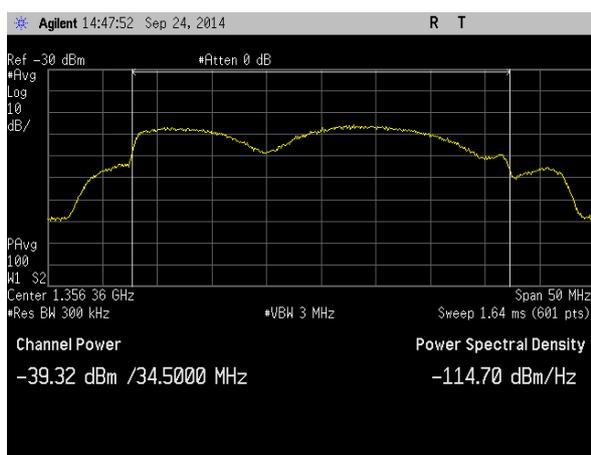
写 2.6-6 位相 90 度, 延迟 $0.1 \mu s$, UD 比 -7 dB



写 2.6-7 位相 0 度, 延迟 $0.05 \mu s$, UD 比 -3 dB



写 2.6-8 位相 180 度, 延迟 $0.05 \mu s$, UD 比 -4 dB



写 2.6-9 位相 90 度, 延迟 $0.05 \mu s$, UD 比 -4 dB

2.7 試験結果のまとめ

16APSK の IF パススルー信号の品質試験の結果をまとめて表 2.7-1 に示す。この結果および情報通信技術分科会放送システム委員会答申報告書（「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」）の試験結果より、超高精細度テレビジョン放送の衛星基幹放送で用いられる 16APSK 信号の IF パススルー信号（再放送信号）の受信者端子における品質基準を決めることが可能と考えられる。

表 2.7-1 16APSK の IF パススルー試験結果のまとめ

		16APSK(7/9)	16APSK(9/10)
所要 CN 比 (BER 1×10^{-11})	中継器シミュレータの時	12.3 dB	16.2 dB
受信信号レベル		32 ~ 83 dB μ V	35 ~ 83 dB μ V
単一波妨害 DU 比		14 dB 以内	19 dB 以内
隣々接 CH 信号妨害 DU 比	16APSK よりの被干渉	-16 dB 以下	-10 dB
	TC8PSK よりの被干渉	-13 dB	-8 dB
	TC8PSK への与干渉	-15 dB 以下	-15 dB 以下
反射 UD 比		-15 dB 以内	-19 dB 以内

以上の実験結果より、16APSK の受信者端子における品質基準を策定する必要がある。

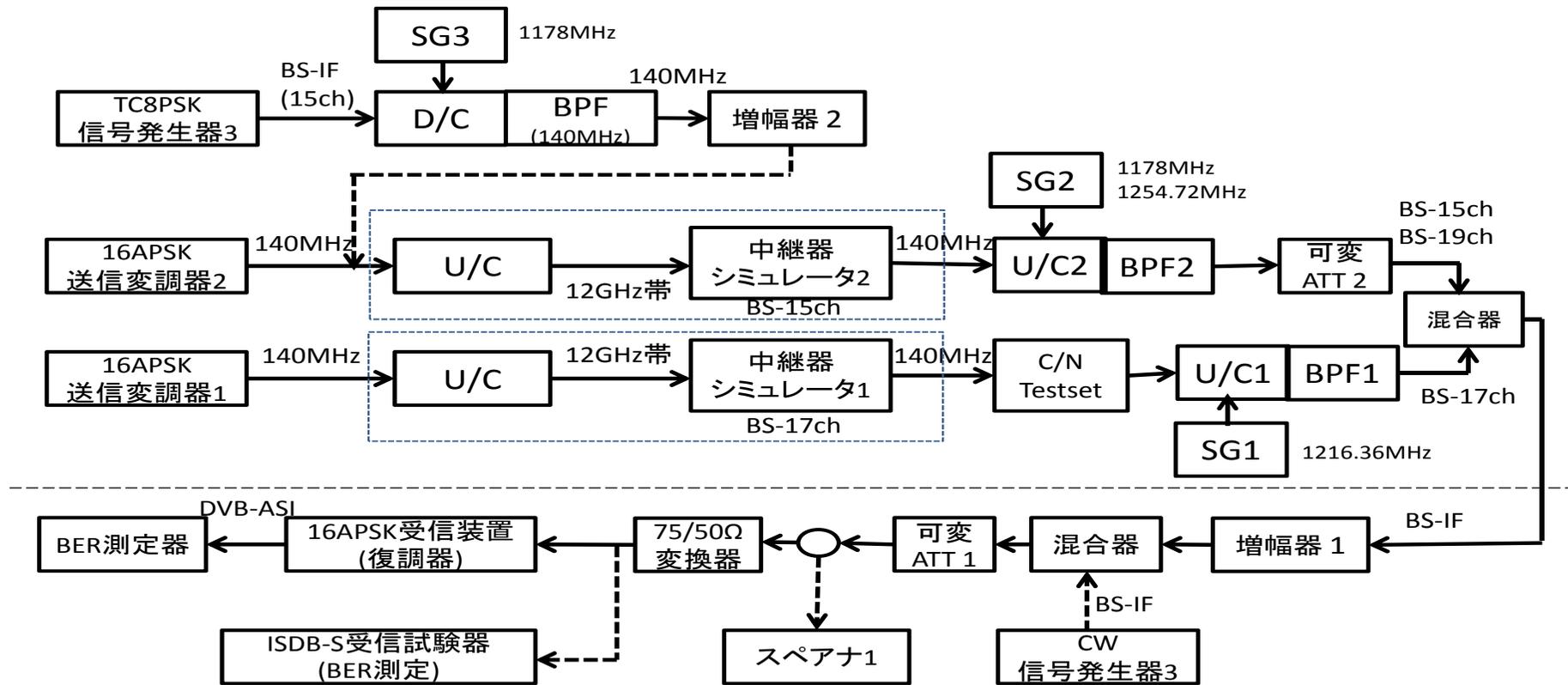
3. 技術調査実施日程と試験環境

3.1 実験日程

実施日	9月19日	9月24日	9月25日
実験内容	2.1 放送信号の特性	2.2 白色雑音 CN 比特性	2.4 単一妨害波特性
	2.3 受信信号レベル範囲	2.6 反射特性	2.5 隣々接 CH 妨害特性

実施場所：日本放送協会 放送技術研究所内

3.2 実験系統



注) 反射特性試験の場合は、別途マルチパスシミュレータをIFパススルー伝送路系に挿入して試験を行なう。

3.3 実験機材一覧

No	品名	型式・品番	メーカー名	備考
1	16APSK 送信装置	—	試作機	
2	16APSK 受信装置(復調器)	—	試作機	
3	中継器シミュレータ 1 (BS-17ch)	—	NHK 製作	
4	中継器シミュレータ 2 (BS-15ch)	—	NHK 製作	
5	C/N テストセット	3708A	Hewlett-Packard	
6	UpCoverter 1(U/C1)	DM0104HA1	MITEQ	
7	UpCoverter 2(U/C2)	DM0104LA1	MITEQ	
8	DownCoverter (D/C)	M20003LC	Microwave	
9	スペクトラムアナライザ 1 (C/N 測定)	E4446A	Agilent Technology	中継器シミュレータ 1 も測定
10	スペクトラムアナライザ 2	8560E	Hewlett-Packard	中継器シミュレータ 2 測定
11	I/Q 復調器	R&S FSV	ローデシュワルツ	スペアナを使用
12	白色雑音発生器	193A	営電	
13	ベクトルモジュレーションアナライザ	8981A	Hewlett-Packard	
14	誤り率測定器	R2312	アドバンテスト	
15	信号発生器 3	R&S SLG	ローデシュワルツ	ISDB-S 変調器・CW として使用
16	マルチパスシミュレータ	R&S BTC	ローデシュワルツ	
17	ISDB-S 受信試験器	LF990	リーダー電子	ISDB-S 信号の BER 測定用
18	可変アッテネータ 1	8496B	Hewlett-Packard	
19	可変アッテネータ 2	YPA-1008	多摩川電子	
20	増幅器 1	NSP1000-PFG-S	MITEQ	利得 35dB
21	増幅器 2	NSP1000-PFG-S	MITEQ	利得 35dB
22	50/75Ω インピーダンス変換器	XZM-57 N-R	—	DC~2GHz(BS-17ch ロス 5.8dB)
23	混合器	D-048-2	ET Industries	2 分配器を使用
24	BPF1 (BS-17ch)	7EZ3-1356/78-S	LORCH MICROWAVE	
25	BPF2 (BS-19ch)	7EZ3-1395/78-S	LORCH MICROWAVE	

26	BPF2 (BS-15ch)	S5B121-1318/T60-0/0	SOGO	
27	BPF (140MHz)	—	NHK 製作	
28	SG1	E8257D	Agilent Technology	U / C1 用
29	SG2	E8257D	Agilent Technology	U / C2 用
30	SG3	8648C	Hewlett-Packard	D / C 用
31	パワーメータ 1	E4419A	Hewlett-Packard	中継器シミュレータ 1 用
32	パワーメータ 1	EMP-442A	Hewlett-Packard	中継器シミュレータ 2 用

付録1 所要CN比の算出方法

情報通信審議会 情報通信技術分科会放送システム委員会答申報告書（「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」 p.549-550）において下記のように記載されており、同様の方法により所要CN比の算出を行なった。

付録2-1：所要C/N の定義、所要C/N の導出方法

ARIB 実証実験においては、 10^{10} ビットのデータに対する誤りビット数を計測することで、ビット誤り率(BER)を測定した。C/N 設定を小から大に0.1dB ステップでBER を取得し、BER が0 になったC/Nを、擬似エラーフリーとして、測定を終了した。またBER が非零で最小のデータが 10^{-7} 台以上の場合、擬似エラーフリーとなるC/N に対応するBER として、 1×10^{-8} を補った。これは、 10^{-7} 台のBER であればビット誤りが観測される可能性が非常に高いと予想されるため、 1×10^{-8} である可能性が高いためである。

こうして得られたC/N対BER 特性の最も典型的なパターンは、図A1-1 (a1) または (a2) のようなデータであった。ここで、(a1) では 10^{-8} 台のデータが取得できているので、エラーフリーC/NのBER に 10^{-8} を補っていないが、(a2) では 10^{-8} 台のデータが取得できていないので、エラーフリーC/NのBER に 10^{-8} を補っている。一方、多値数の多い変調方式と、低符号化率LDPC の組み合わせについては、(b) のように、ウォータフォール特性が緩やかになる (例. 32APSK 1/3 など)。

こうしたデータから、一般に所要C/N の定義に使われることの多い、BER = 10^{-11} を満たすC/N 値を求める必要がある。

そこで、本実証実験においては、以下に述べる手法により所要C/N を求めることとした。

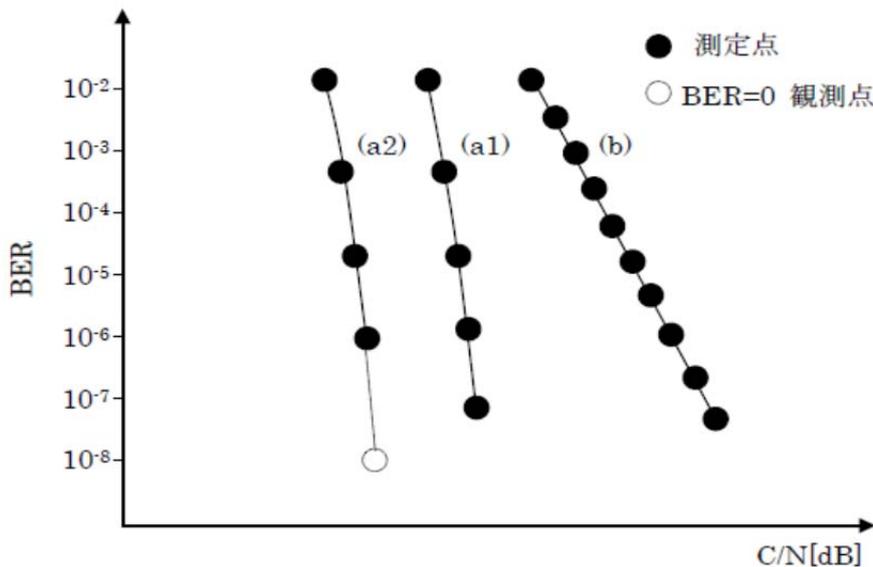


図 A1-1 取得データのパターン

図A1-2 に示すように、C/N の高い方から3 点のサンプル (P1,P2,P3) を使い、BER = 10^{-11} に対応するC/Nを計算でもとめ、外挿を行った。具体的には、P1~P2 間の勾配およびP2~P3 間の勾

配の平均値を勾配とし、P3 を始点とする直線がBER = 10⁻¹¹ と交差する点をP4 とし、P4 に対応するC/N を所要C/N とした。

ここで、各点のCN、BER を、P1(CN₁,BER₁)、P2(CN₂,BER₂)、P3(CN₃,BER₃)、P4(CN₄,10⁻¹¹)、とおくと、所要C/N は次式で求まる。

$$\text{所要 } C/N = CN_4 = 2 \cdot \frac{\log(10^{-11}) - \log(BER_3)}{\frac{\log(BER_2) - \log(BER_1)}{CN_2 - CN_1} + \frac{\log(BER_3) - \log(BER_2)}{CN_3 - CN_2}} + CN_3$$

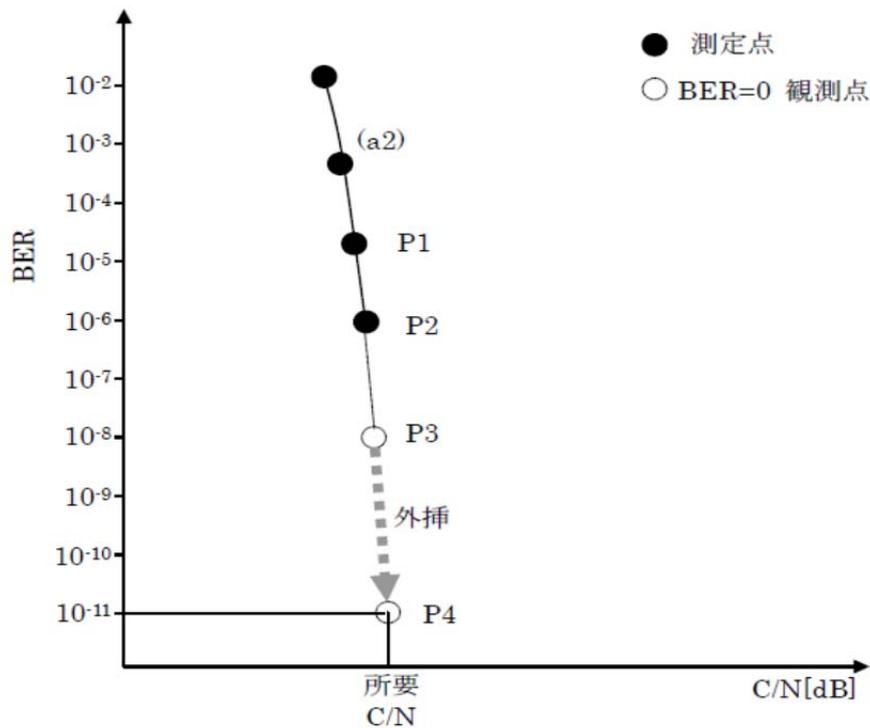


図 A1-2 データの外挿による所要 C/N の導出

付録2 中継器シミュレータ

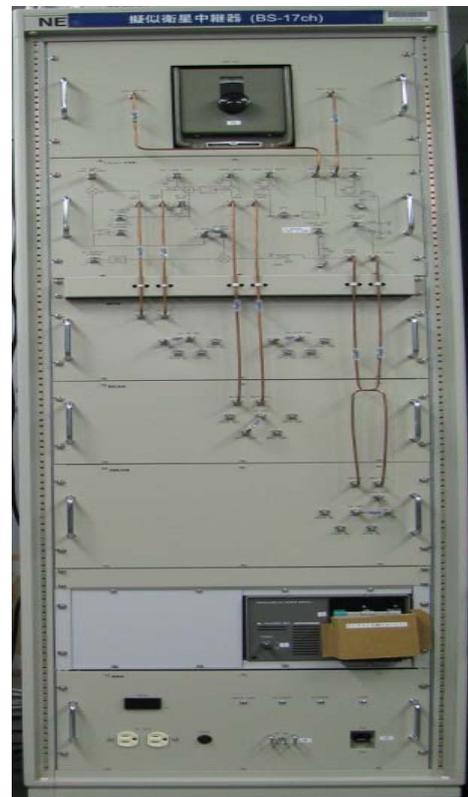
中継器シミュレータ (BS-15ch およびBS-17ch)の仕様を付表2.1に、外観を付図2.1に示す。16APSKの主信号についてはBS-17ch を用いて測定し、BS-15ch は隣接チャンネル用干渉波用として用いた。詳細の仕様については、情報通信審議会 情報通信技術分科会放送システム委員会答申報告書(「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」 p.554 ~ p.559) を参照のこと。

付表2.1 中継器シミュレータ仕様

項目	仕様値	
	BS15ch	BS17ch
局発周波数	11856.00MHz	11894.36MHz
RF 周波数	11996.00MHz	12034.36MHz
IF 周波数	140MHz	140MHz
IF 入力電力	-10dBm	-10dBm
局発入力電力	+14dBm	+14dBm
IF 出力電力	-10dBm	-20dBm
TWTA 出力電力	40W	40W
IMUX 中心周波数	11996.00MHz	12034.36MHz
OMUX 中心周波数	11996.00MHz	12034.36MHz



BS-15ch



BS-17ch

付図2.1 中継器シミュレータ外観

衛星デジタル放送方式との比較

	有線一般放送※1	衛星デジタル放送(平成26年7月3日改定)			
		BS、110度CS		124/128度CS	
		広帯域※2	高度広帯域※3	狭帯域※4	高度狭帯域※5
使用周波数帯	90-770MHz	BS: 11.7-12.2GHz、110度CS: 12.2-12.75GHz		12.2-12.75GHz	
伝送帯域幅	6MHz	34.5MHz		27MHz	
搬送波	シングルキャリア	シングルキャリア		シングルキャリア	
変調方式※6	64QAM、256QAM	BPSK、QPSK、TC8PSK	$\pi/2$ シフトBPSK、QPSK、8PSK、16APSK(32APSK)	QPSK	BPSK、8PSK
情報レート (標準レート)	最大約30Mbps (64QAM)	最大約52Mbps (TC8PSK、2/3)	最大約100Mbps (16APSK、7/9)	最大約34Mbps (QPSK、3/4)	最大約45Mbps (8PSK、2/3)
誤り訂正方式 上段:内符号 下段:外符号	なし 短縮化RS	畳込符号化 or TC(2/3) 短縮化RS	LDPC 短縮化BCH	畳込符号化 短縮化RS	LDPC BCH
スクランブル方式	MULTI2	MULTI2	AES、Camellia	MULTI2	
多重化方式	MPEG-2 TS	MPEG-2 TS	MPEG-2 TS、MMT・TLV	MPEG-2 TS	
映像符号化方式	H.262 | MPEG-2, H.264 | MPEG-4 AVC	H.262 | MPEG-2	H.265 | HEVC	H.262 | MPEG-2	H.262 | MPEG-2, H.264 | MPEG-4 AVC, H.265 | HEVC
音声符号化方式	MPEG-2 AAC※7	MPEG-2 AAC	MPEG2 AAC, MPEG-4 AAC/ALS	MPEG-2 AAC※7	MPEG2 AAC, MPEG-4 AAC/ALS

伝送路ごとの方式

共通の方式

※1 有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令第2章第2節。※2 標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式第5章第2節及び第6章第3節。
 ※3 同第5章第3節及び第6章第5節。※4 同第6章第2節。※5 同第6章第4節。※6 括弧内の変調方式は現状の運用上は使用されないもの。※7 MPEG-2 Audio BCも使用可能。

・「共通の方式」における破線枠内等を有線一般放送方式で準用することによって、H.265等を適用可能。 1

デジタル有線テレビジョン放送方式の定義

<有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令>

第一章 総則

第二条第一項第十号

「デジタル有線テレビジョン放送方式」とは、第十一条第三項及び第四項に規定する信号により搬送波を変調する方式をいう。

第二章 有線放送設備の技術基準

第二節 デジタル有線テレビジョン放送方式による有線テレビジョン放送等を行う有線放送設備に係る条件

第十一条第三項

九〇メガヘルツから七七〇メガヘルツまでの周波数を使用する有線テレビジョン放送等のうちデジタル放送を行うための搬送波を変調する信号(以下「伝送信号」という。)は、次に掲げる条件に適合するものでなければならない。

第一号 誤り訂正方式は、デジタル放送の標準方式第七十一条第二項に規定する短縮化リードソロモン符号によるものであること。

第二号 デジタル放送の標準方式**第三条、第四条又は第八十一条第一項(デジタル放送の標準方式第二十四条の五第一項の規定を準用する部分に限る。)、第五条から第八条まで、第十七条又は第七十四条、第二十三条第一項又は第七十三条、第二十三条第二項から第四項まで及び第七十二条**の技術的条件に適合するものであること。(以下略)

第三号 (略)

第十一条第四項 (略)

現状の条文	現状の内容
第3条	多重化:MPEG-2 TS
第4条または第81条第1項	映像符号化:MPEG-2又はH.264|MPEG-4 AVC
第5条	音声符号化: AAC音声
第6条	データ信号及びメタデータ信号の符号化方式等
第7条	音声信号の標本化及び量子化
第8条	スクランブル等
第17条又は第74条	緊急警報信号
第23条第1項又は第73条	映像信号の色空間
第21条第2項から第4項	映像信号の標本化及び量子化
第72条	BC音声

改定後の
デジタル放送
の標準方式を
準用することで、
H.265等を追加

標準衛星デジタルテレビジョン放送方式及び広帯域伝送デジタル放送方式の定義

＜有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令＞

第一章 総則

第二条第一項第十二号

「標準衛星デジタルテレビジョン放送方式」とは、デジタル放送の標準方式第五章第二節に規定する衛星基幹放送局に係る標準方式に準拠する方式をいう。

第二条第一項第十三号

「広帯域伝送デジタル放送方式」とは、デジタル放送の標準方式第六章第三節に規定する衛星基幹放送局に係る標準方式に準拠する方式をいう。

＜標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式＞

第五章 一一・七GHzを超え一二・二GHz以下の周波数の電波を使用する衛星基幹放送局を用いて行う標準テレビジョン放送、高精細度テレビジョン放送、超高精細度テレビジョン放送、超短波放送及びデータ放送のうちデジタル放送

第二節 広帯域伝送方式【従前のBS放送】

第六章 一二・二GHzを超え一二・七五GHz以下の周波数の電波を使用する衛星基幹放送局を用いて行う標準テレビジョン放送、高精細度テレビジョン放送、超高精細度テレビジョン放送、超短波放送及びデータ放送

第三節 広帯域伝送方式【従前の110度CS放送】

＜標準テレビジョン放送等のうちデジタル放送に関する送信の標準方式＞

第五章第三節 高度広帯域伝送方式【UHDTV対応のBS放送】

第六章第五節 高度広帯域伝送方式【UHDTV対応の110度CS放送】

改定後の「高度広帯域伝送方式」を、
定義に追加することで、H.265等を追加

超高精細度テレビジョン放送の映像フォーマット

システム	4320/P (8K)	2160/P (4K)	1080/P (2K)	1080/I (2K)
空間解像度	7680 × 4320	3840 × 2160	1920 × 1080	
フレーム周波数 (Hz)	120, 119.88, 60, 59.94		60, 59.94	30, 29.97
フィールド周波数 (Hz)	—		—	60, 59.94
表色系	ITU-R勧告 BT.2020		ITU-R勧告 BT.709 従来色域 xvYCC (IEC 61966-2-4) 広色域	
符号化信号形式	Y' C' _B C' _R (非定輝度) 4:2:0			
符号化画素ビット数	10		10, 8	

※「放送システムに関する技術的条件」のうち「超高精細度テレビジョン放送システムに関する技術的条件」のうち「衛星基幹放送及び衛星一般放送に関する技術的条件」について【平成18年9月28日付 諮問第2023号】
放送システム委員会 報告概要より



FM一括変換方式の検討結果

NTTアクセスサービスシステム研究所

前回答申（H19.3.28）におけるFM一括変換方式の課題をうけて、以下の2点について報告します。

- ・ FM一括変換方式によるBS-IF等パススルー伝送に関し、V-ONU出力端子において広帯域FM信号の漏れ込みがCN比におよぼす影響が、品質に問題ないレベルまでおさえられていること。
- ・ この漏れ込み量は、伝送条件に依存して変動すること。

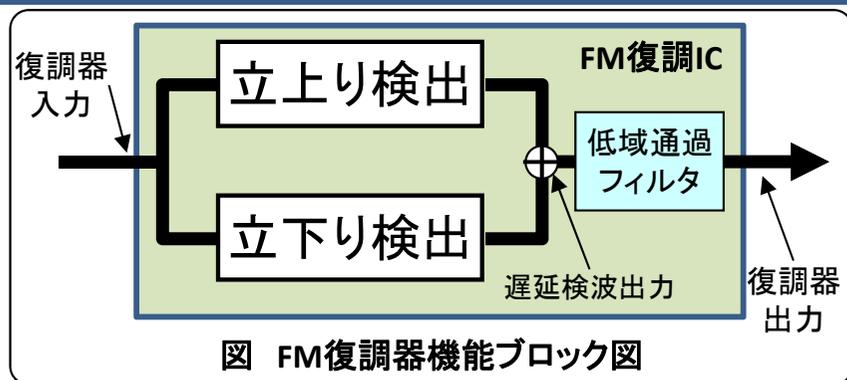
前回報告（H19.3.28）における課題

「FM一括変換方式によるBS-IF等パススルー伝送に関する技術的条件については、3.4.1で述べたとおり未だ研究開発中で導入実績がなく、また、4.4で述べたとおり、V-ONU出力端子に広帯域FM信号の漏れ込みが生じた場合、V-ONU出力信号のCN比特性が劣化するおそれがあることから、今後の検討課題とすることが適当である。」

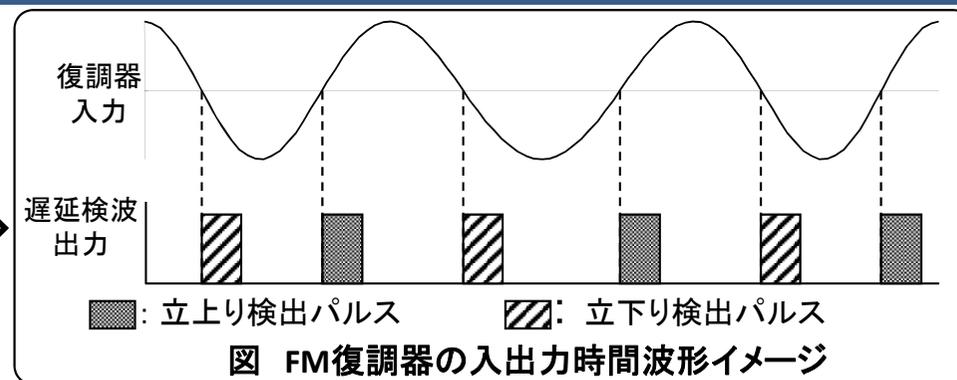
（ケーブルシステム委員会報告より）

漏れ込み低減メカニズム

- NTTが採用しているFM復調器では、復調器入力信号の立上り、立下り両方に対して遅延検波しており、見かけ上入力信号を倍周した信号に対してFM復調を行っている。本方式により、BS-IF等の同一周波数パススルー伝送におけるFM信号の出力端子への漏れ込みをおさえている。

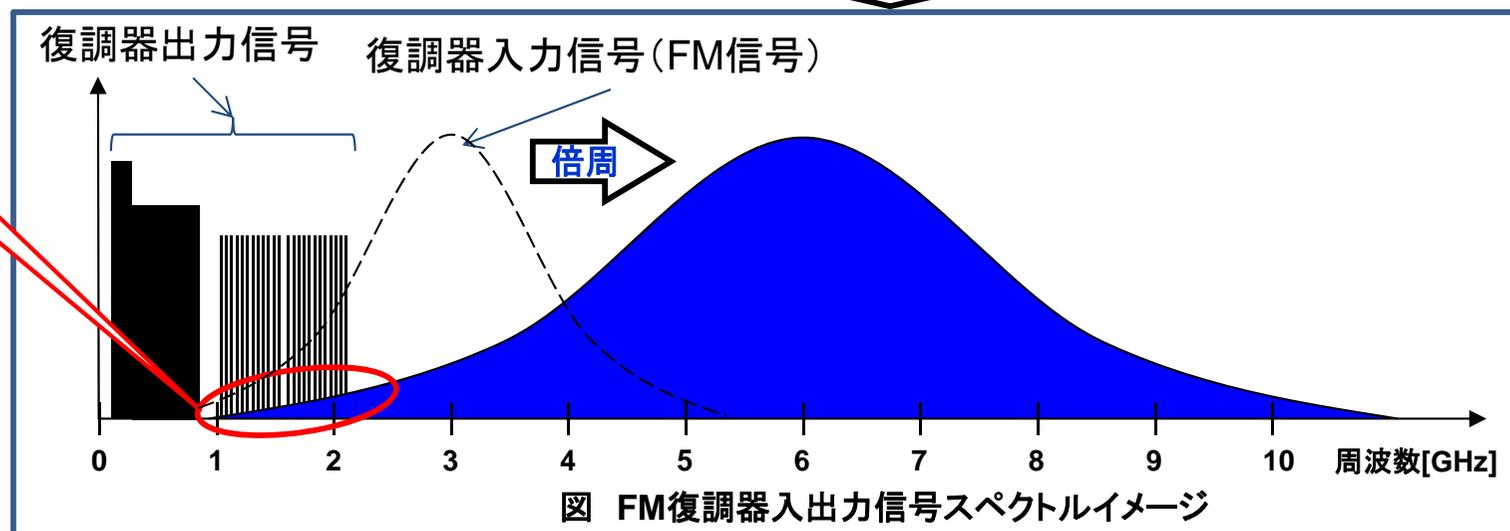


時間波形



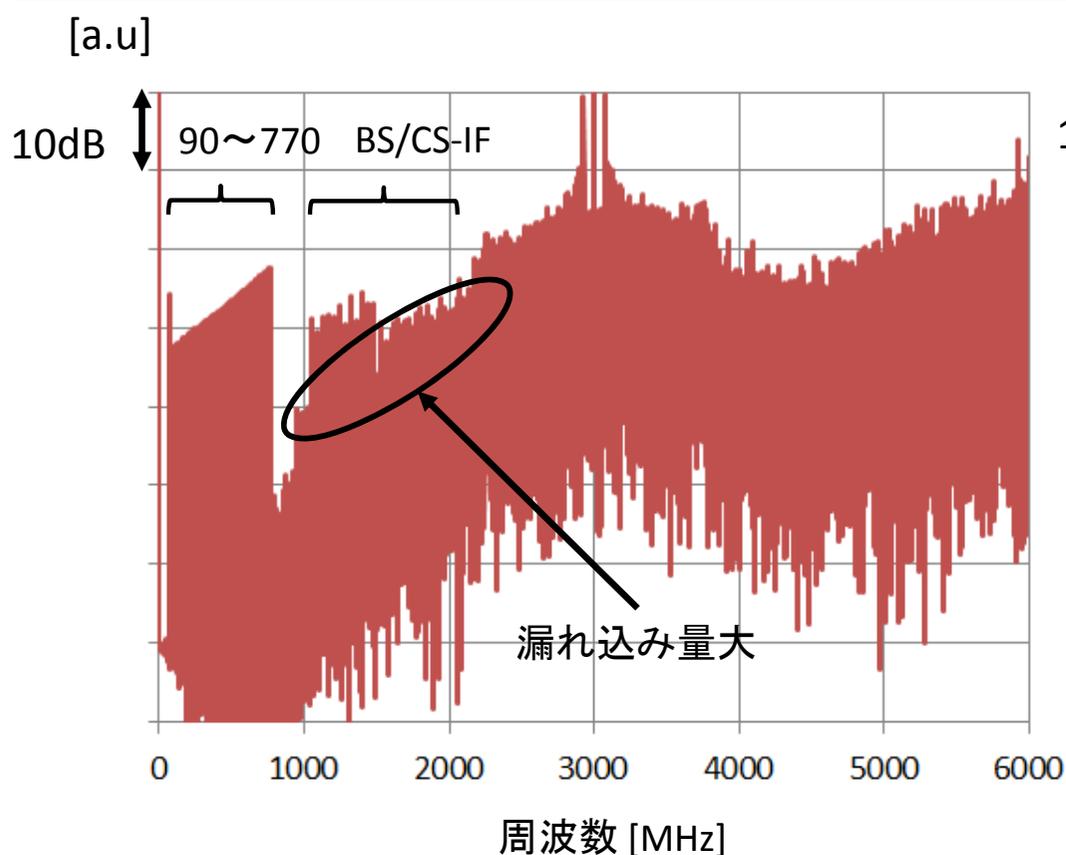
スペクトル

FM一括変換信号成分の漏れこみ量を低減

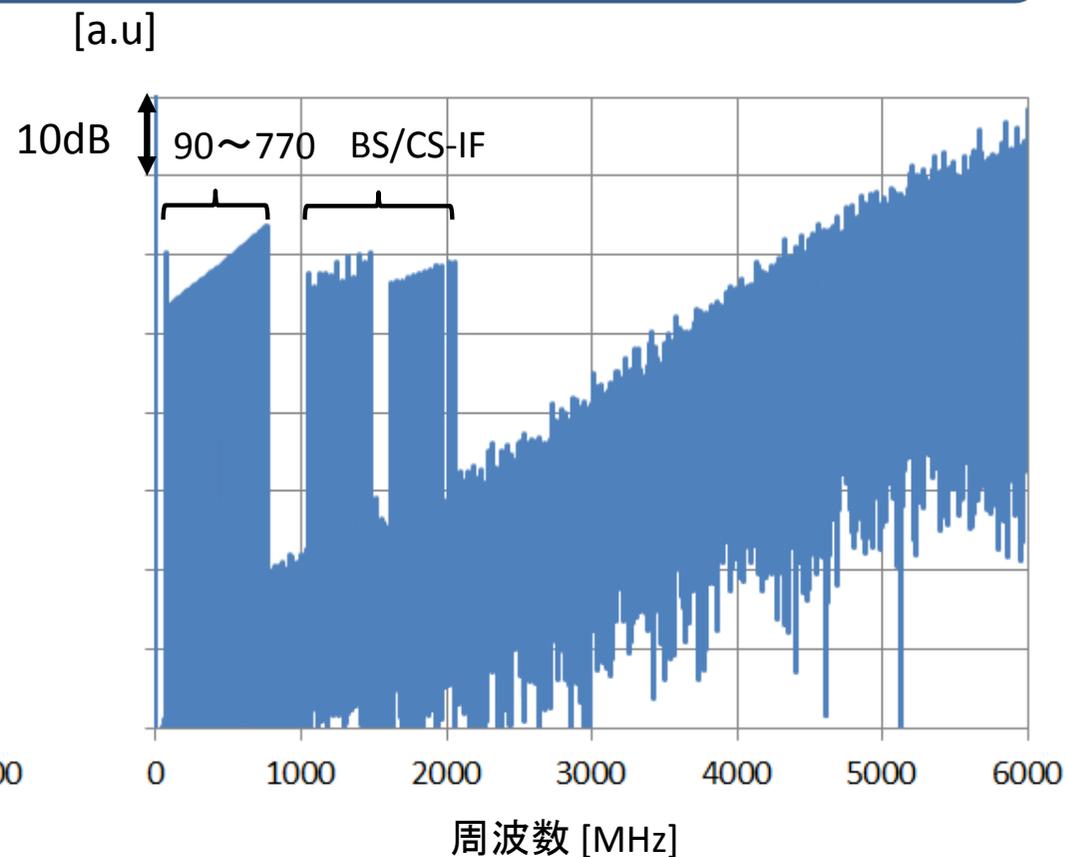


片側/両側検波によるFM復調スペクトルの違い

- FM復調を片側検波で行う場合、および両側検波で行う場合に対するFM復調信号スペクトルのシミュレーション結果を下図に示します。
- 本図に示すように、立ち上がり/立下りの両側検波とすることで、FM信号の漏れ込み量をおさえられることがわかります。



(a) 片側検波 (立ち上がり)

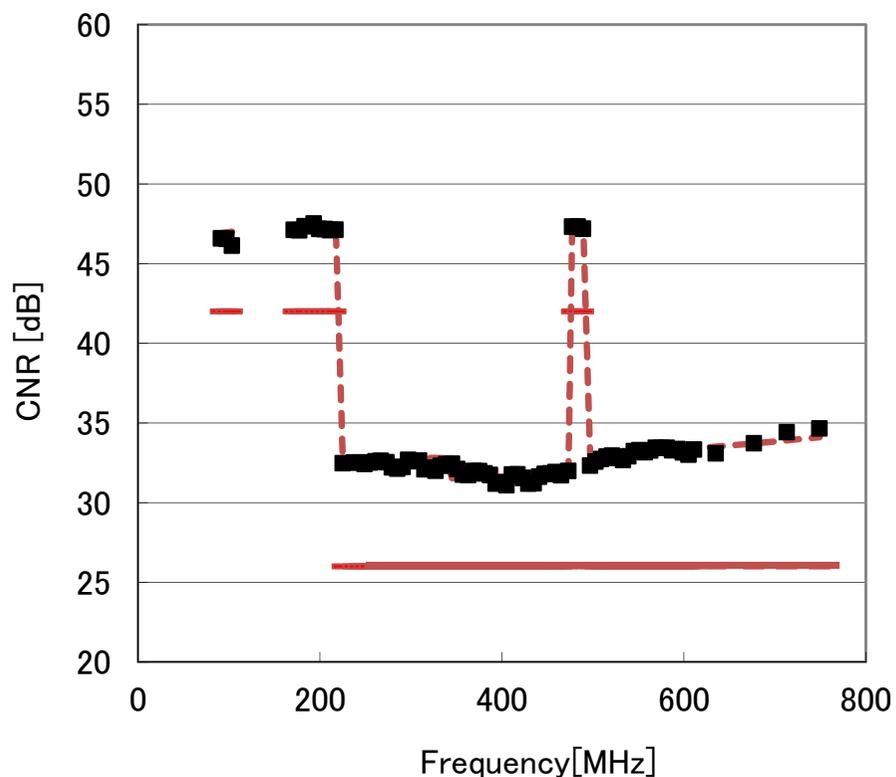


(b) 両側検波

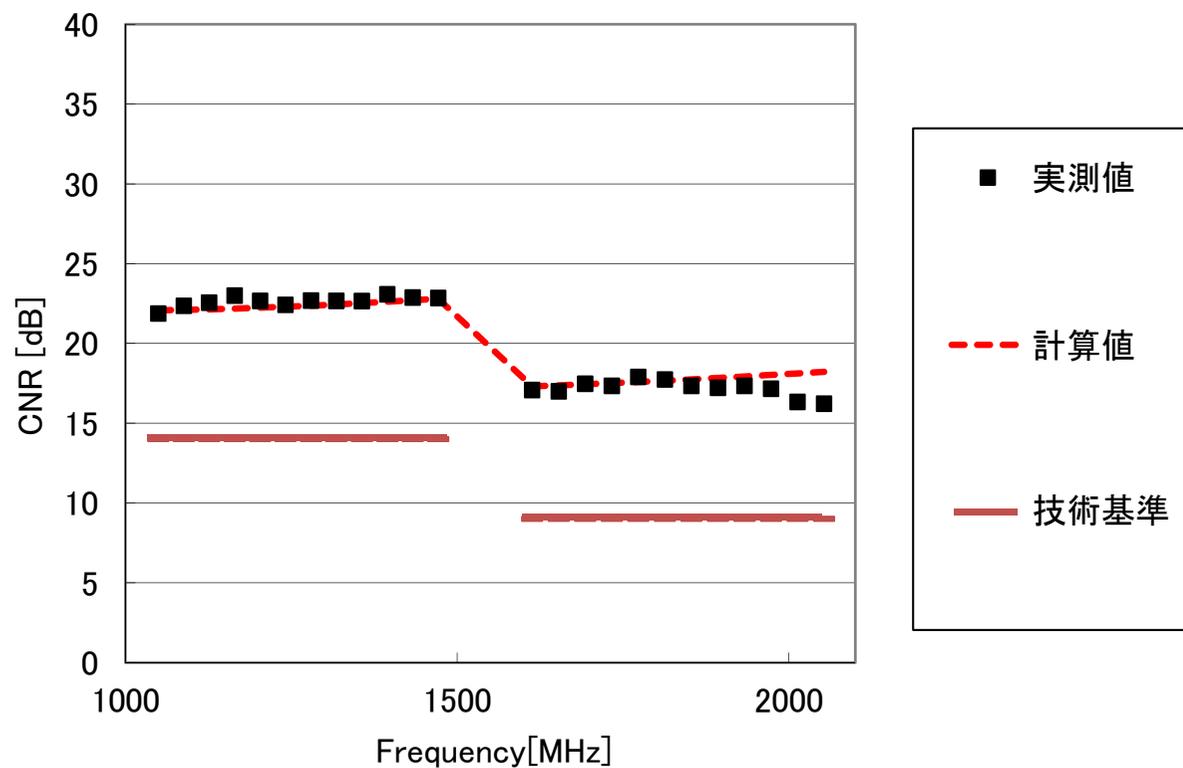
図 片側検波と両側検波とでのFM復調信号スペクトルシミュレーション結果

伝送特性測定結果の一例

- ・伝送特性(CNR)の測定結果の一例を下記に示します。
- ・CS-IF帯高周波側を除き、計算値は実測値を表しているといえます。
- ・CS-IF帯高周波側において、計算値からのかい離がみられます。これは、FM信号の漏れ込みによるものと考えられます。



(a) 90~770MHz帯



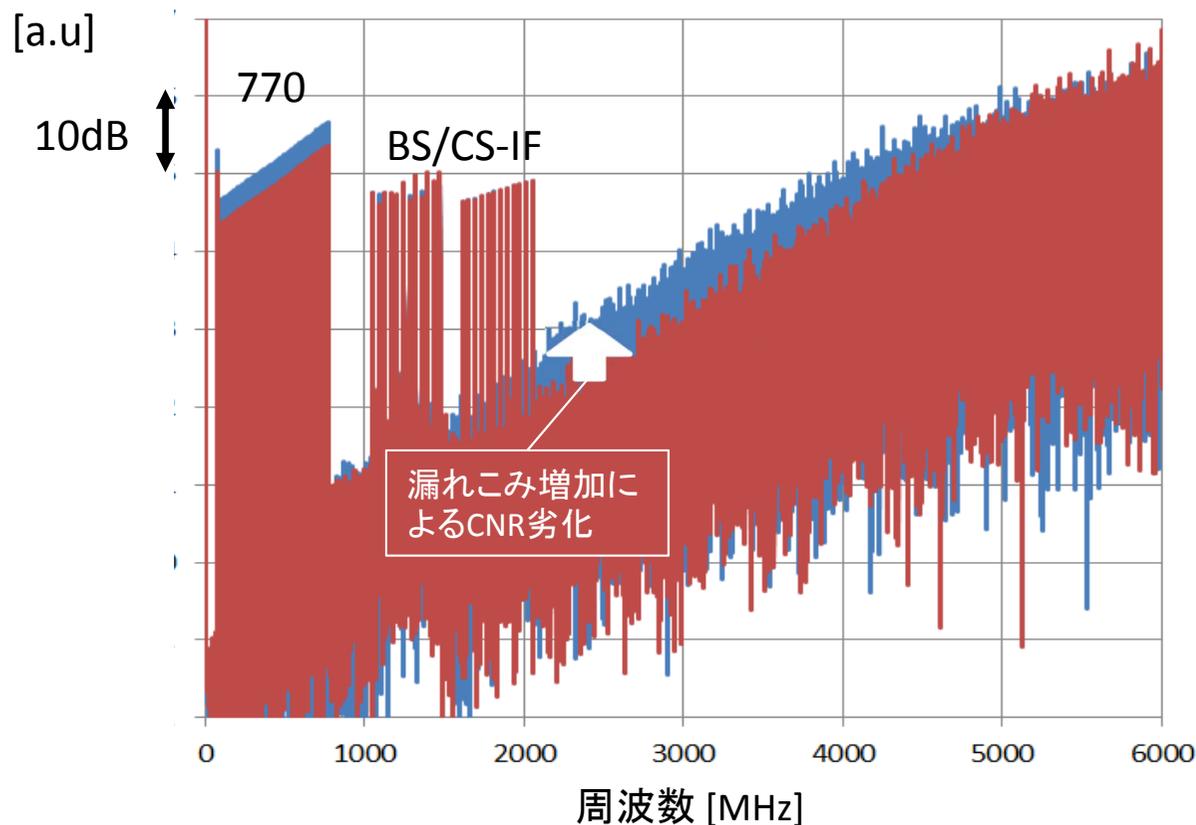
(b) BS/CS-IF帯

※V-ONU受光電力: -12 dBm

図 90~770MHz帯信号、BS/広帯域CS信号同時伝送時のCNR特性

漏れ込み量の伝送条件依存性 - キャリアレベル -

- ・漏れ込み量の、信号キャリアレベル依存性 (=トータル周波数偏移量依存性) についてシミュレーションした結果を下図に示します。
- ・90~770MHz帯の信号レベルがアップするとFM信号スペクトルが広がり、BS/CS-IF帯信号に対するFM信号の漏れ込みが増加し、その量は高周波ほど大きくなります。

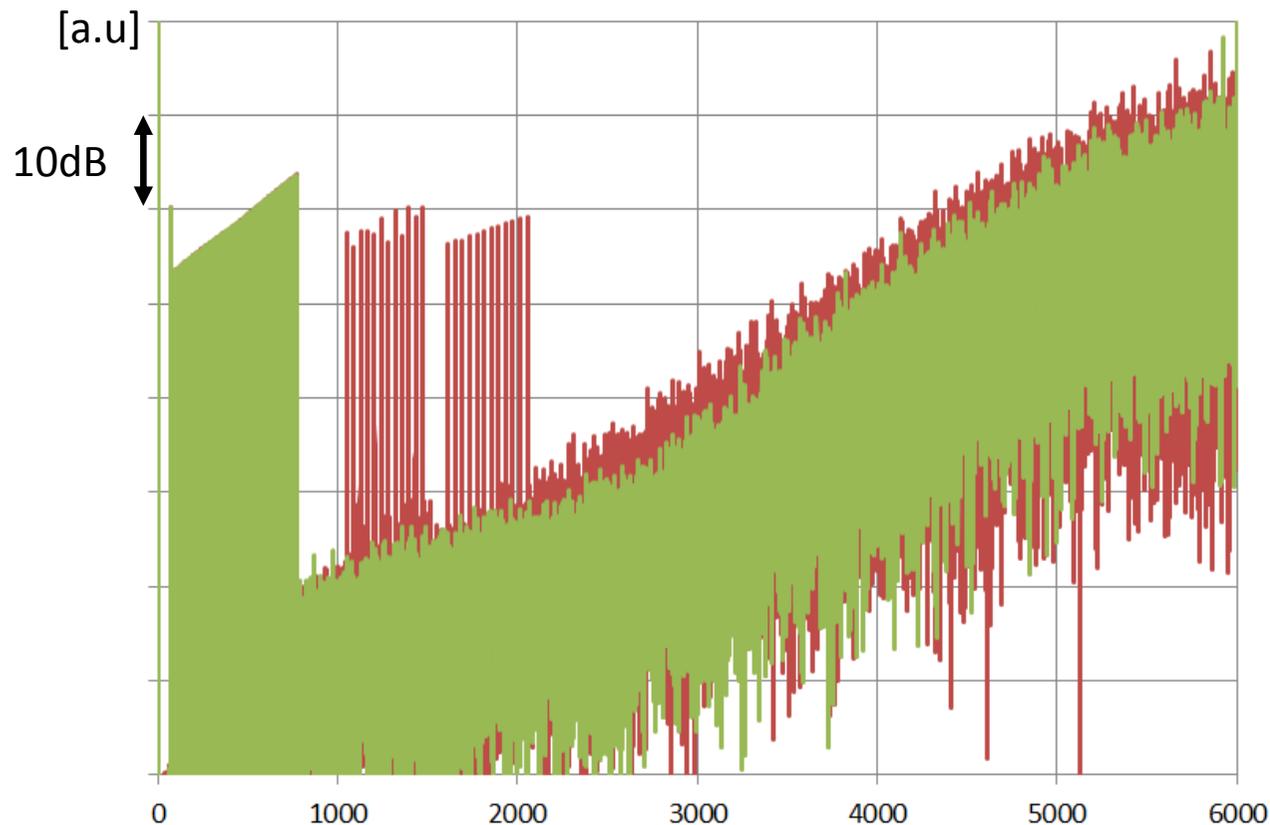


— リファレンス
— 90~770MHz帯の信号レベルを+3dBとした場合

図 キャリアレベルを変化させた場合の復調信号スペクトルシミュレーション結果

漏れ込み量の伝送条件依存性 - チャネルプラン -

- ・漏れ込み量の、チャネルプラン依存性についてシミュレーションした結果を下図に示します。
- ・BS/CS-IF信号を追加することにより、BS/CS-IF帯信号に対するFM信号の漏れ込み量が増加し、その量は高周波ほど大きくなります。



— : 90~770MHz帯のみ
— : 90~770MHz帯+BS/CS-IF信号

図 BS/CS-IF信号を追加した場合の復調信号スペクトルシミュレーション結果

- ・FM一括変換方式によるBS-IF等パススルー伝送に関する、V-ONU出力端子における広帯域FM信号の漏れ込みがCN比におよぼす影響については、NTTが採用しているFM復調器では、復調器入力信号の立上り、立下り両方を検波することによりその影響を回避し、品質基準を満たすことができます。
- ・この漏れ込み量は、キャリアレベルやチャンネルプラン等の伝送条件、および漏れ込み先の信号周波数に依存し、その量の定式化は困難ですので、FM一括変換方式では、「光信号により性能規定する場合」の規定は見送ることとします。

参考 FM一括変換方式に対する技術的条件(案)



区別		条件						
光波長		1530nm以上1625nm 以下とする。						
光レベル	光送信レベル	特に規定しない。						
	V-ONU光受信レベル	特に規定しない。						
光搬送波の条件		<p>電気信号により性能規定する場合であって、搬送波のレベルと雑音(保安装置又はV-ONU 出力端子から受信者端子までのもの)のレベルとの差が(-)24dB 以下の場合、搬送波のレベルと雑音(ヘッドエンドの変調波の入力端子から保安装置まで又はV-ONU 出力端子までのもの)のレベルとの差は下表のとおりとする。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>BSアナログ放送</th> <th>BSデジタル放送</th> <th>広帯域CS デジタル放送</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(-)15dB 以下</td> <td>(-)14dB 以下</td> <td>(-)9dB 以下</td> </tr> </tbody> </table>	BSアナログ放送	BSデジタル放送	広帯域CS デジタル放送	(-)15dB 以下	(-)14dB 以下	(-)9dB 以下
BSアナログ放送	BSデジタル放送	広帯域CS デジタル放送						
(-)15dB 以下	(-)14dB 以下	(-)9dB 以下						