

地上デジタル放送方式高度化作業班 検討状況報告

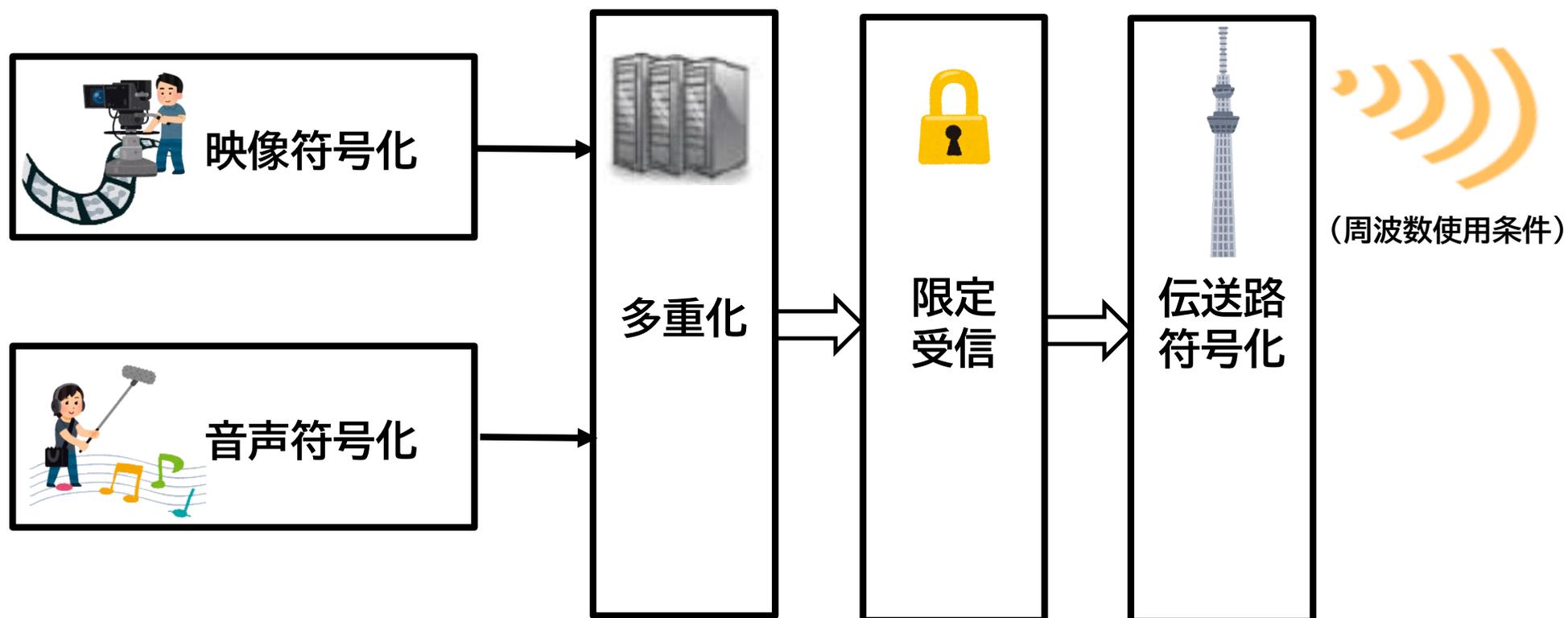
令和4年10月27日

放送システム委員会

地上デジタル放送方式高度化作業班

技術的条件検討の対象となる方式

令和5年度に予定している放送システム委員会報告の取りまとめに向け、基本となる映像および音声を伝送するための技術的条件を検討。



1. 伝送路符号化方式

次世代の地上放送方式に関わる伝送路符号化方式の検討

提案された方式のうち以下に示す2つについて
伝送路符号化に関する技術的条件の調査・検討を実施。

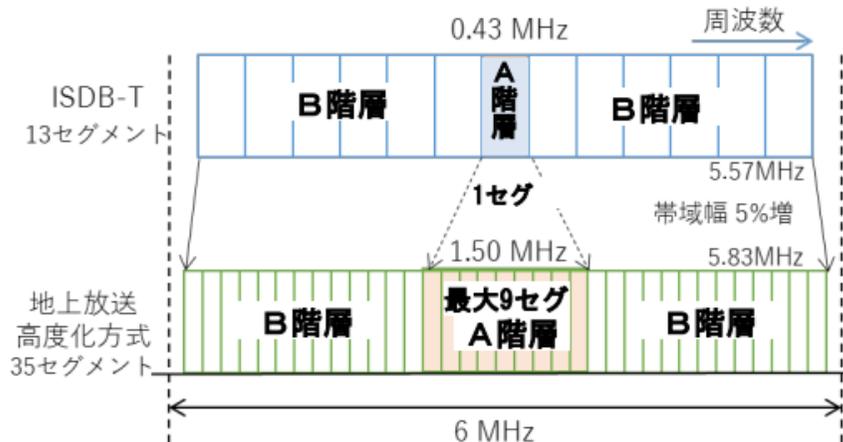
- ・地上放送高度化方式
- ・階層分割多重(LDM※)方式

※ LDM : Layered division multiplexing

新たなチャンネルを確保できた場合に高度化放送を実施する方式

① 地上放送高度化方式

変調方式の改善や、ガードバンドの削減により利用可能な帯域幅を増加させる等により、伝送容量を約1.7倍に向上。

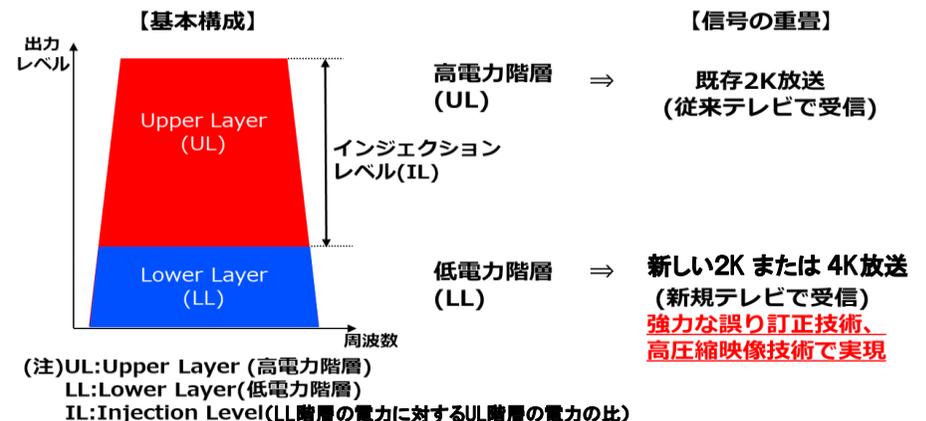


既存の2K放送と同一チャンネルで高度化放送を実施する方式

(高度化放送導入方式)

② 階層分割多重(LDM)方式

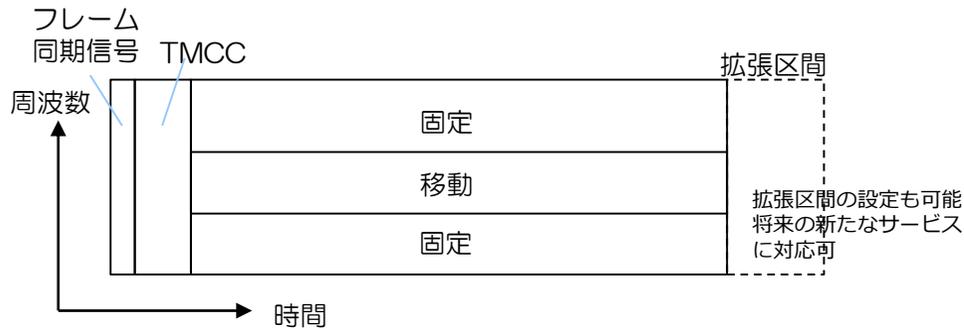
同一チャンネルにレベル差のある地デジと高度化放送の信号を重ねて送信し、受信側で各々を取り出す方式。



1. 伝送路符号化方式 (地上放送高度化方式①)

■ ISDB-Tの長所を継承しつつ、さらなる多機能化を実現

- 移動受信向けサービスと固定受信向けサービスを自在に組み合わせる多様な階層伝送
- 緊急警報放送や緊急地震速報等の低遅延・高耐性伝送
- 時間軸上で拡張区間を設定可能。将来の新たなサービスにも対応可能



フレーム構成例 (1)



フレーム構成例 (2)

■ 最新技術の導入により伝送性能を向上

- 誤り訂正にLDPC符号を採用することによる雑音耐性の大幅な向上
- 地デジに比べ高い多値数のキャリア変調が可能
- 多値化による雑音耐性低下を不均一コンスタレーションにより軽減

1. 伝送路符号化方式 (地上放送高度化方式②)

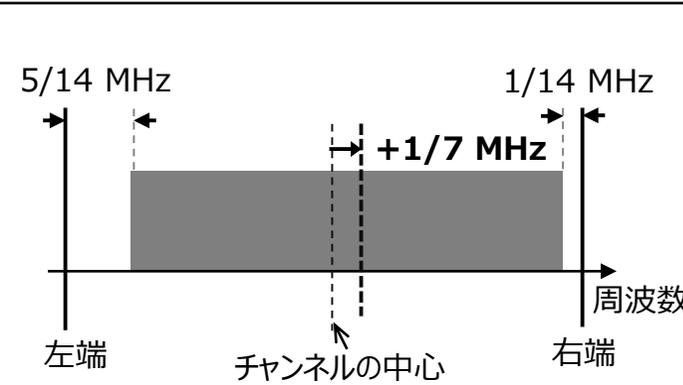
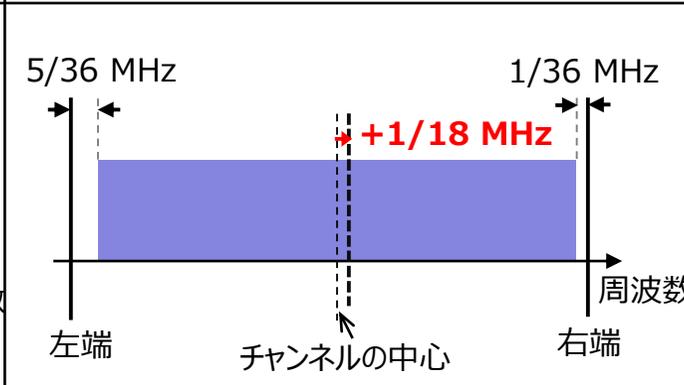
■ 周波数使用条件(案)

周波数使用条件	地上放送高度化方式	
	条件	理由
適用周波数帯	UHFテレビジョン用周波数帯	既存のテレビ放送用を利用
周波数オフセット	+1/18 MHz(0.056 MHz)	信号がチャンネル端の周波数を超えないことを考慮
占有周波数帯幅	TBD	TBD
周波数の許容偏差	TBD	SFNを考慮
FFTサンプル周波数	512/81 MHz (6.320988 MHz)	キャリア間隔の逆数である有効シンボル期間において、Mode 3では8192点、Mode 4では16,384点、Mode 5では32,768点が均等にサンプルされる値
送信スペクトルマスク	TBD	TBD
スプリアス発射/不要発射の強度の許容値	無線設備規則第7条に準拠する	有害な干渉を与えないため

1. 伝送路符号化方式 (地上放送高度化方式③)

■ 周波数オフセット

- 現行地上デジタル放送と同じ $+1/7$ MHzとした場合、信号がチャンネルの右端を越えてしまうことから、これを越えないオフセット値の検討を実施
- 実験の結果、周波数オフセット値は $+1/18$ MHz ($55.555\dots$ kHz) とすることとした。

	現行地上デジタル放送	地上放送高度化方式 (ノーマルモード)
チャンネル幅	6 MHz	
セグメント数	13	35
セグメント幅	$6/14$ MHz	$6/36$ MHz
1/3セグメント幅	$2/14 = 1/7$ MHz	$2/36 = 1/18$ MHz
信号配置	 <p>5/14 MHz</p> <p>1/14 MHz</p> <p>+1/7 MHz</p> <p>左端</p> <p>チャンネルの中心</p> <p>右端</p> <p>周波数</p>	 <p>5/36 MHz</p> <p>1/36 MHz</p> <p>+1/18 MHz</p> <p>左端</p> <p>チャンネルの中心</p> <p>右端</p> <p>周波数</p>

1. 伝送路符号化方式 (地上放送高度化方式④)

■ 伝送路符号化方式(案)

項目	適用技術、値
システム	SISO
変調方式	OFDM
キャリア変調方式	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM (QAMは均一コンスタレーションと、不均一コンスタレーションに対応)
誤り訂正方式	LDPC符号(内符号) + BCH符号(外符号) (LDPC符号の符号化率は2/16~14/16まで13通り)
信号帯域幅	5.83 MHz(ノーマルモード), 5.57 MHz(互換モード※1)
セグメント数	35(ノーマルモード), 33+調整帯域(互換モード)
FFTサイズ(モード)	8k(3), 16k(4), 32k(5)
有効シンボル長(モード)	1296 μ s(3), 2592 μ s(4), 5184 μ s(5)
GI比	1/4, 1/8, 1/16, 1/32, 1/256, 800/(FFTサイズ)※2
ビットレート	1.26~53.78 Mbps
緊急情報伝送	TBD

※1 互換モード: 帯域中央の33セグメントに1セグメント未満のキャリア数から構成される調整帯域を追加

※2 800/(FFTサイズ): 現行地上デジタル放送で運用しているGI長と同じ126 μ sとなるパラメータ

1. 伝送路符号化方式 (地上放送高度化方式⑤)

■ サービス例

① 固定受信向けサービス例

サービス	想定受信形態	データレート
番組1	固定受信	30.7 Mbps

② 固定受信向けと移動受信向けのサービス例

サービス	想定受信形態	データレート
番組1	移動受信	0.97 Mbps
番組1	固定受信	27.2 Mbps

③ 固定受信向けと移動受信向けおよび高耐性音声のサービス例

サービス	想定受信形態	データレート
番組1 (音声)	移動受信	68.8 kbps
番組1		0.98 Mbps
番組1	固定受信	25.5 Mbps

④ 2番組の例

サービス	想定受信形態	データレート
番組1	移動受信	2.2 Mbps
番組2		
番組1	固定受信	22.9 Mbps
番組2		

⑤ 6番組の例

サービス	想定受信形態	データレート
番組1	固定受信	30.7 Mbps
番組2		
番組3		
番組4		
番組5		
番組6		

※①から⑤、データレートの算出パラメータは参考1参照

1. 伝送路符号化方式(地上放送高度化方式⑥)

【参考1】サービス例についてのパラメータ

地上放送高度化方式のサービス例についてのパラメータを下表に示す

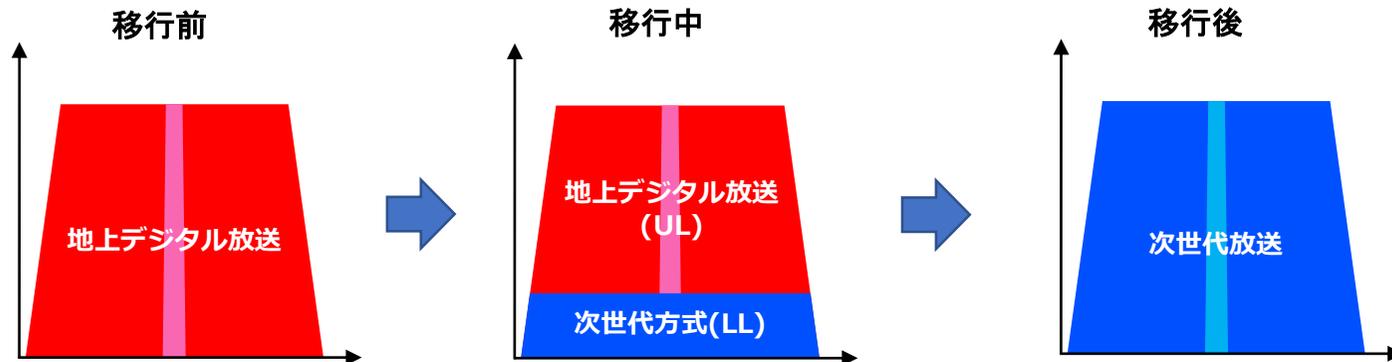
- ①固定受信向けサービス例、②固定受信向けと移動受信向けのサービス例、
- ③固定受信向けと移動受信、④2番組の例、⑤6番組の例

	サービス		FFT サイズ	GI比	セグメント 使用比率	キャリア変 調	LDPC符号 化率	データレート [Mbps]	所要C/N [dB]
①	番組1	固定	16k	800/16384	35/35	256QAM	12/16	30.7	19.7
②	番組1	移動	16k	800/16384	4/35	16QAM	7/16	0.97	5.7
	番組1	固定			31/35	256QAM	12/16	27.2	19.7
③	番組1	移動音声	16k	800/16384	2/35	QPSK	2/16	0.0688	-4.3
	番組1	移動			4/35	16QAM	7/16	0.98	5.7
	番組1	固定			29/35	256QAM	12/16	25.5	19.7
④	番組1・2	移動	16k	800/16384	9/35	16QAM	7/16	2.2	5.7
	番組1・2	固定			26/35	256QAM	12/16	22.9	19.7
⑤	番組1-6	固定	16k	800/16384	35/35	256QAM	12/16	30.7	19.7

1. 伝送路符号化方式 (LDM方式①)

■ 地上デジタル放送(UL)に、レベル差をつけた次世代方式(LL)を重畳

- 地上デジタル放送と同一チャンネルに次世代方式を重畳するため、新たな周波数を必要としない。
- 既存の地上デジタル放送受信機は、新たな操作をすることなく、地上デジタル放送(UL)の受信が可能。次世代方式(LL)は、新たなLDM対応受信機で受信できる。
- UL・LLの変調方式、レベル差を適切に選択することで、必要な伝送容量、サービスエリアを得ることができる。
- 地上デジタル放送(UL)終了時、次世代放送にスムーズな移行が可能。
- 送信設備は、変調器等一部の機器をLDM対応機器に置換することで導入でき、送信機や送信空中線はそのまま使用できる。



※ LDM移行中のLLを「次世代方式」移行後を「次世代放送」とする

1. 伝送路符号化方式 (LDM方式②)

■ 周波数使用条件(案)

周波数使用条件	LDM方式	
	条件	理由
適用周波数帯	UHFテレビジョン用周波数帯	既存のテレビ放送用を利用
周波数オフセット	+1/7 MHz(0.143 MHz)	地上デジタル放送の規定に準拠
占有周波数帯幅	5.7 MHz	地上デジタル放送の規定に準拠
周波数の許容偏差	1 Hz	SFNを考慮
FFTサンプル周波数	512/63 MHz (8.126984 MHz)	地上デジタル放送の規定に準拠
送信スペクトルマスク	TBD	TBD
スプリアス発射/不要発射の強度の許容値	無線設備規則第7条に準拠する	有害な干渉を与えないため

1. 伝送路符号化方式 (LDM方式③)

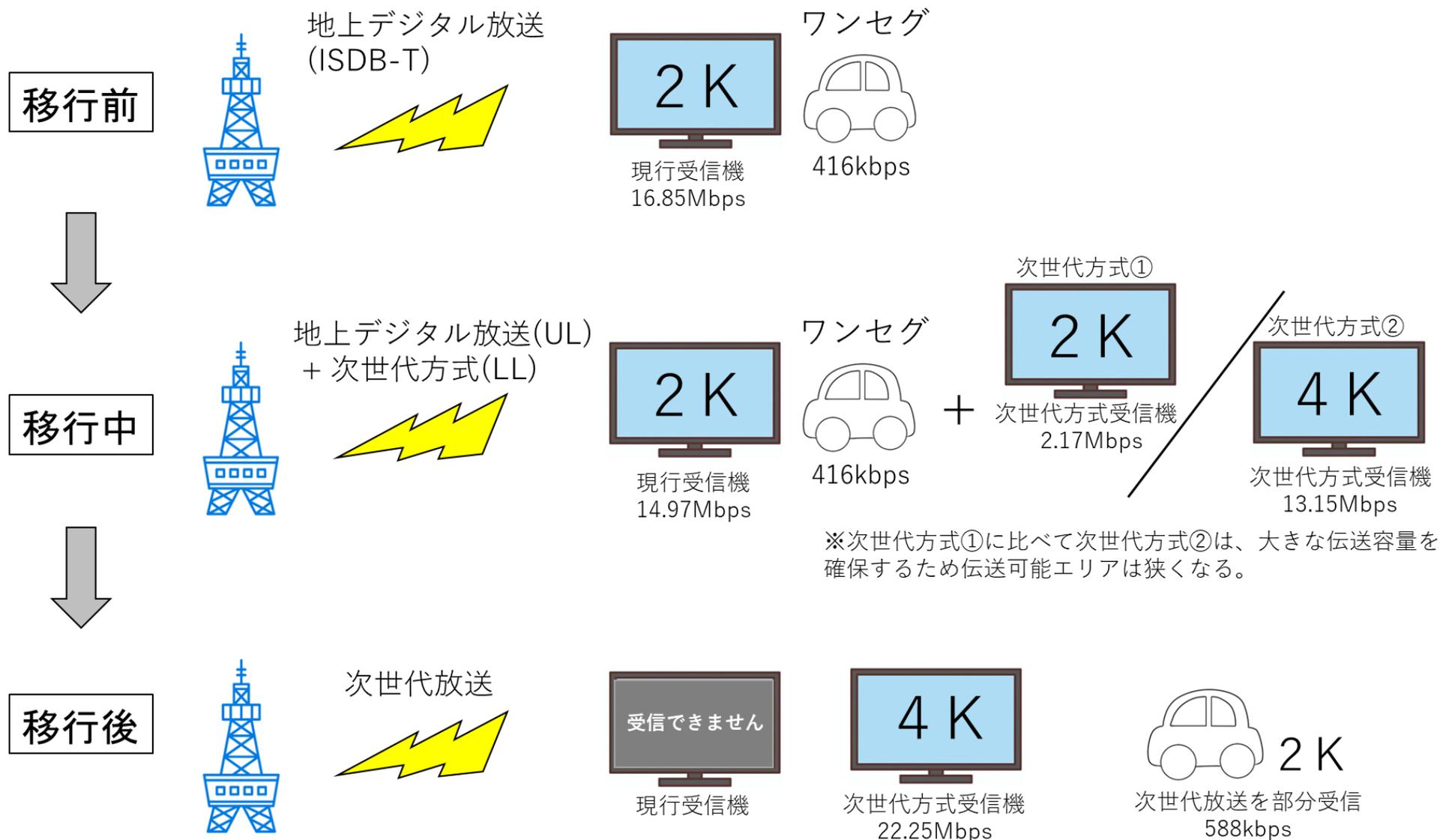
■ 伝送路符号化方式(案)

項目	適用技術、値	
	UL	LL
変調方式	OFDM	
キャリア変調方式	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM (QAMは均一コンスタレーションと、不均一コンスタレーションに対応)
誤り訂正方式	畳込み符号＋ リードソロモン符号 (畳込み符号の符号化率は1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8の5通り)	LDPC符号＋BCH符号 (LDPC符号の符号化率は2/16～14/16まで13通り)
信号帯域幅	5.57 MHz	
セグメント数	13	
FFTサイズ(モード)	2k(1), 4k(2), 8k(3)	
有効シンボル長(モード)	252 μ s(1), 504 μ s(2), 1008 μ s(3)	
GI比	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	
ビットレート	3.651～23.234 Mbps※	1.074～46.063 Mbps※
緊急情報伝送	ACキャリア	TBD

※ただし、STLに放送TS(現行地デジの仕組み)を用いる場合、ULとLLのビットレートの総和は29.9Mbpsに制限される。

1. 伝送路符号化方式 (LDM方式④)

■ サービス例



※パラメータは別紙参考2参照

1. 伝送路符号化方式 (LDM方式⑤)

【参考2】サービス例についてのパラメータ

- LDM方式のサービス例に示すパラメータを下表に示す。

	使用階層	サービス	セグメント数	キャリア変調	畳込み符号化率* /LDPC符号化率	データレート [Mbps]	所要C/N [dB]
移行前	A階層	移動	1	QPSK	2/3*	0.416	6.0
	B階層	固定	12	64QAM	3/4*	16.85	19.1
移行中	UL(A階層)	移動	1	QPSK	2/3*	0.416	6.1
	UL(B階層)	固定	12	64QAM	2/3*	14.97	19.6
	LL(次世代方式①)	固定	13	QPSK	4/16	2.17	19.4
	LL(次世代方式②)	固定	13	16QAM	12/16	13.15	32.2
移行後	A階層(次世代放送)	移動	1	16QAM	7/16	0.588	6.2
	B階層(次世代放送)	固定	12	256QAM	11/16	22.25	19.0

注)・モード3、ガード比1/8で試算。
・所要C/Nの数値は実測値。

2. 映像符号化方式①

■ 符号化映像フォーマットの概要

システム	1080/P (2K)	2160/P (4K)	4320/P (8K) 注1
空間解像度	1,920 × 1,080	3,840 × 2,160	7,680 × 4,320
フレーム周波数 [Hz]	60, 59.94	120, 119.88, 60, 59.94	
表色系(SDR)	Rec. ITU-R BT.709, Rec. ITU-R BT.2020	Rec. ITU-R BT.2020	
表色系(HDR)	Rec. ITU-R BT.2100 (HLG, PQ)		
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-bit		

注1: 将来、符号化方式の更なる高圧縮化や伝送方式の改善等が実現され、符号化映像の高品質性の担保がなされた場合に適用

【選定理由】

- 高度広帯域衛星デジタル放送の符号化映像フォーマットを考慮して選定
- 空間解像度: 2K及び4Kを採用、8Kは条件付き採用
 - 現時点での8K画質担保のエビデンス不足、今後の可能性を考慮
- 走査方式: 順次走査のみ採用、1080/60/Iは不採用
 - 放送局でのIP変換により順次走査映像のみの送出しに統一可能
- 表色系: 1080/PでBT.2020を採用、xvYCCは不採用
 - 4K, 8Kからのダウンコンバート等を想定し1080/PでもBT.2020に対応
 - BT.2020やBT.2100の広色域表色系が広く普及しxvYCCの必要性が低下
- 符号化画素ビット数: 10-bitを採用
 - 10-bit以上の映像フォーマットが一般的

2. 映像符号化方式②

■ 映像符号化方式の概要

システム	1080/P (2K)	2160/P (4K)	4320/P (8K) 注1
準拠規格	Rec. ITU-T H.266 ISO/IEC 23090-3 (VVC) Rec. ITU-T H.274 ISO/IEC 23002-7 (VSEI)		
プロファイル	Main10, Multilayer Main10 注2		

注1: 将来、符号化方式の更なる高圧縮化や伝送方式の改善等が実現され、符号化映像の高品質性の担保がなされた場合に適用

注2: 現在、採用可否を検討中

【選定理由】

- 準拠規格: VVC (ITU-T H.266 | ISO/IEC 23090-3)
 - 最新の映像符号化方式
 - 高度広帯域衛星デジタル放送で採用されたHEVC規格よりもビットレートを50%弱削減(主観画質評価時)
- プロファイル: Main 10及びMultilayer Main 10
 - 基本サービスにMain 10プロファイルを適用
 - 階層符号化を可能にするMultilayer Main 10プロファイルは検討中
(放送サービスの高機能化・多様化の要件を満たす符号化方式の候補として、様々なユースケースで、実現可能性や代替手段の観点で検討)

2. 映像符号化方式③

■ 所要ビットレート

- 画質評価実験を通じて導出

映像形式	所要ビットレート
1080/60/P	7 Mbps 注1
2160/60/P	30 Mbps 推定値 注2は22 Mbps

注1: 符号化制御チューニングを行うことによって、実用的には5 Mbpsで十分となる可能性が高い

注2: 判断基準を満たすビットレートは20 Mbpsと30 Mbpsとの間と考えられ、直線近似で推定

- 2160/60/P映像は15 Mbpsにて4K放送品質相当の画質となることを追加実験で確認
 - 空間解像度を落として符号化歪を低減する改善手法を適用した場合
 - 符号化難易度が高い一部の映像を除く

3. 音声符号化方式①

■ 符号化音声入力フォーマットの概要

項目	値
標本化周波数	48kHz
入力量子化ビット数	16bit以上
対応する音声信号	オブジェクトベース チャンネルベース
最大入力チャンネル数	56ch ^{注1}

注1 同時デコード数の最大は28ch、チャンネルベースの音声信号の1グループの構成は最大22ch、低域を強調する2chとする

【選定理由】

- 高度広帯域衛星デジタル放送のフォーマットを考慮
- 標本化周波数
 - 48kHz以外の標本化周波数については、実運用動向から放送局設備へのインパクトが大きいこと、当面サービスが想定されていないことを鑑み、規定しないこととした
- 入力量子化ビット数
 - 現状の実運用動向を鑑み、16 bit以上とした
- 対応する音声信号
 - チャンネルベースに加えて、多様な音声サービスを高効率に実現可能なオブジェクトベースを採用した
- 最大入力音声チャンネル数
 - 22.2 ch音響に対応し、かつ、オブジェクトベース音声を用いた差し替え音声によるサービスを考慮して、MPEG-H 3D Audioで規定されているレベル4^{注2}で規定された最大入力音声チャンネル数^{注3}とした

注2 レベル: MPEGで規定されているデコーダの回路規模を決めるためのパラメータ。標本化周波数、最大入力信号数、最大同時デコード数、最大出力信号数が規定されている

注3 最大入力音声チャンネル数: これまでのチャンネルベースの放送サービスにおいて、二カ国語放送などの副音声は別のストリームで実施されてきたが、オブジェクトベースでは副音声の音声信号も一つのストリームとして伝送することを想定するために、最大入力音声チャンネル数は実際に再生される音声信号数よりも多く見積もられている

3. 音声符号化方式②

■ 音声符号化方式の概要

	MPEG-H 3D Audio	AC-4
準拠規格	ISO/IEC 23008-3	ETSI TS 103 190-2
プロファイル	Baseline	規定なし
ビットストリーム形式	MHAS形式	raw_ac4_frame 形式

【選定理由】

□ 音声符号化方式(MPEG-H 3D Audio)

- 準拠規格: ISO/IEC 23008-3
 - オブジェクトベースによる音声サービスが実現可能な符号化方式
 - MPEG-2/4 AACに比べて高効率な音声符号化方式であることを主観評価実験により確認
- プロファイル: Baseline
 - オブジェクトベースによる音声サービスを実施可能な最も回路規模が小さいプロファイル

□ 音声符号化方式(AC-4)

- 準拠規格: ETSI TS 103 190-2
 - オブジェクトベースによる音声サービスが実現可能な符号化方式
 - MPEG-2/4 AACに比べて高効率な音声符号化方式であることを主観評価実験により確認

4. 多重化方式①

■ 多重化方式の要件検討

- 放送システム委員会により示された多重化方式の要求条件を検討
- 超高精細度テレビジョン放送に係る衛星デジタル放送方式(以下「4K8K衛星放送」)の要求条件と地上デジタルテレビジョン方式の高度化(以下「地上高度化」)の要求条件を比較
- 4K8K衛星放送の多重化方式検討時に、拡張された要求条件の事項を確認
- 要件の提案募集を行い、拡張された要件を作成
 - ハイブリッド配信などの放通連携機能について新たな要件を盛り込む

■ 地上高度化検討において新たに追加した要件の内容

- 放送通信連携コンテンツでの、以下のユースケースを可能とする要件(次ページ参照)
 - 放送・通信の両伝送路におけるストリーム型コンテンツの同期再生が1つまたは複数の表示デバイスに提示(次ページ③)
 - 複数のコンポーネントから最適なものを選択し、シームレスで切り替えることを可能とする(次ページ⑦)
 - 上記動作の制御を、視聴者による操作に加えて必要な場合の放送事業者からの制御も可能とする(次ページ⑧)

4. 多重化方式②

■ ハイブリッド配信に関する要件の詳細

- ① 単一の伝送路及び複数の伝送路で伝送されるコンテンツを構成するコンポーネントをトランスポートレイヤーで特定し、それらの提示のための同期を確保できること。
- ② 放送・通信の両伝送路のコンポーネントを組み合わせたプログラム構成が可能であること。
- ③ 放送・通信の両伝送路におけるストリーム型コンテンツの同期再生が1つまたは複数の表示デバイスに提示を可能とする多重化方式であること。
- ④ ライブストリーミング時には、end-to-end 遅延が一定範囲に収まること。
- ⑤ 放送・通信の伝送路間でのスケーラブルなサービス提供が可能であること。
- ⑥ 放送から通信のストリーミング再生に切り替え、また放送受信へ切り替えることができること。
- ⑦ 放送と通信の両方の利用に基づき、複数コンポーネントから条件に合ったコンポーネントを受信機が選択しシームレスに切り替えることができる多重化方式であること。
- ⑧ ③・⑦について、視聴者による操作に加えて、必要に応じた放送事業者による制御も可能であること。

4. 多重化方式③

■ 提案方式1 「MMT・TLV※1方式」

- 高度広帯域衛星テレビジョン放送の多重化方式 (ARIB STD-B60「デジタル放送におけるMMTによるメディアトランスポート方式」) の現行規定を適用する

■ 提案方式2 「CMAF※2・MMT・TLV方式」

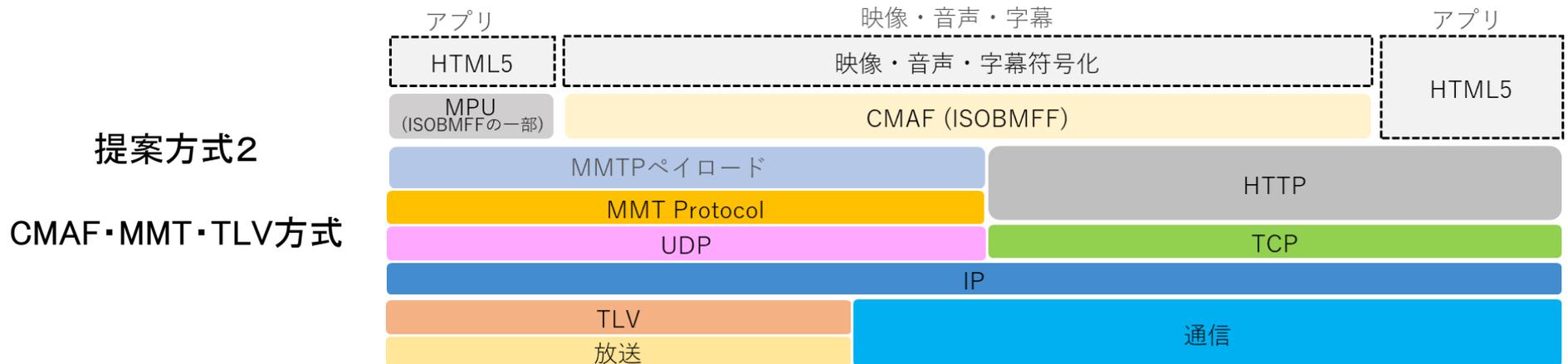
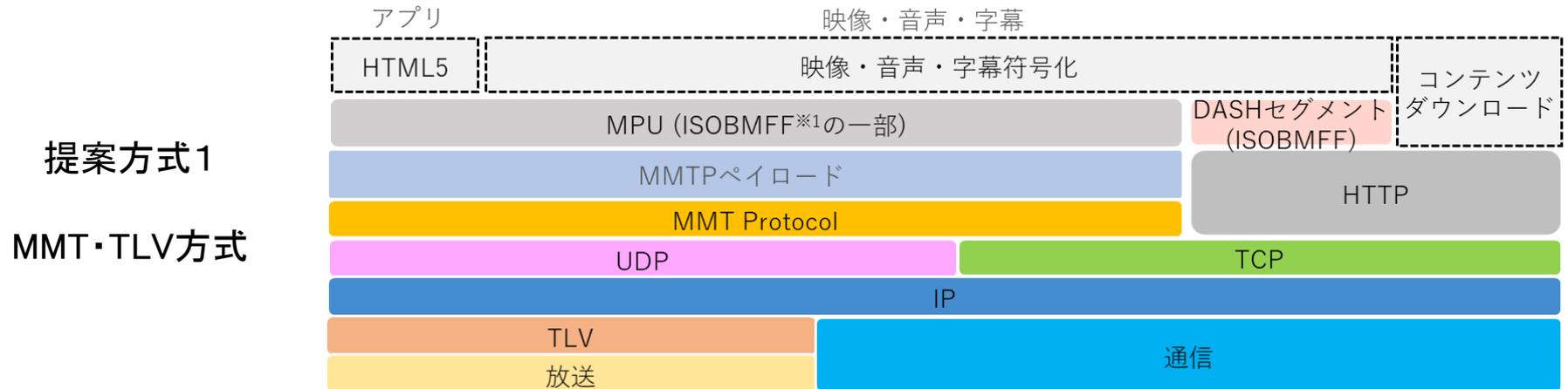
- 高度広帯域衛星テレビジョン放送の多重化方式 (ARIB STD-B60) の現行規定に基づく「MMT・TLV方式」を基に、放送コンテンツのメディアアプリケーションフォーマットをCMAFの規定に基づくものに拡張した「CMAF・MMT・TLV方式」とする
- 受信機のシステムモデルは、提示部にW3Cの規格に準拠したメディア機能を実装したWebブラウザを活用
- MMTの多重化分離機能とHTTPの配信サーバ機能からなるゲートウェイ機能の具備を想定
- Webブラウザで提示するための2つのシステムモデルを提示
 - 既存多重化方式の信号を受信機でCMAF形式に変換しブラウザで提示する
 - 事業者の送出システムからCMAFで送出することにより、受信システムで変換することなく直接ブラウザに入力可能とする(受信機での変換が不要)

※1 MMT : MPEG Media Transport, TLV : Type Length Value

※2 CMAF : Common media application format (ISO/IEC 23000-19)

4. 多重化方式④

■ レイヤーモデルの比較

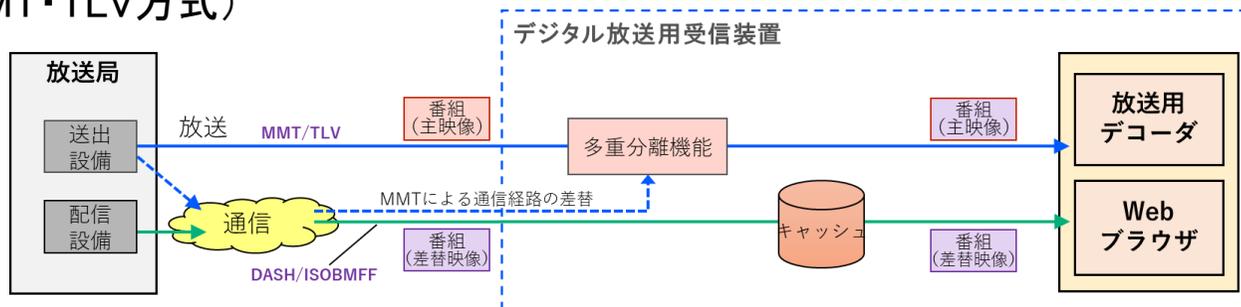


※1 ISOBMFF : ISO Base Media File Format

4. 多重化方式⑤

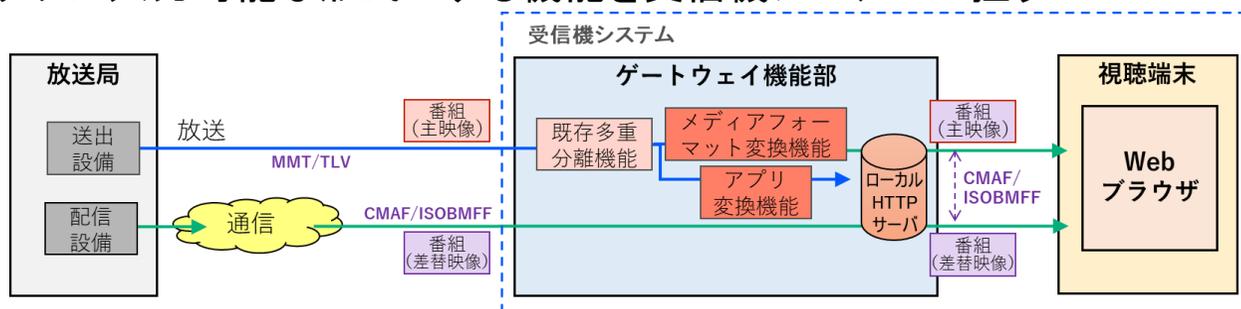
■ システムモデルの比較

提案方式1 (MMT・TLV方式)

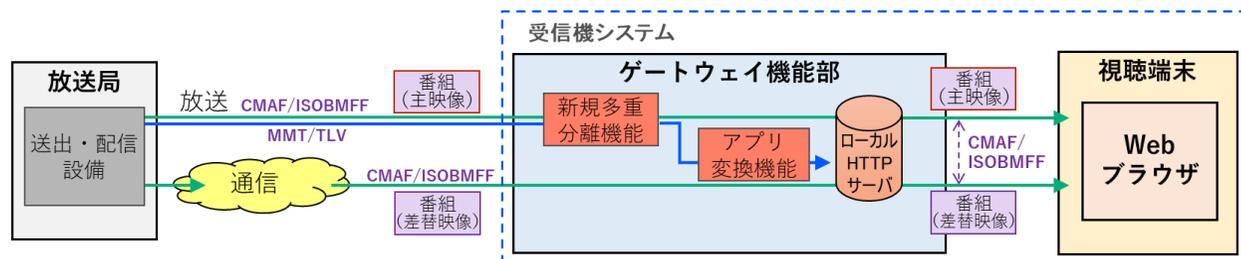


提案方式2 (CMAF・MMT・TLV方式)

(a) Webブラウザに入力可能な形式にする機能を受信機システムが担う



(b) Webブラウザに入力可能な形式にする機能を送出システムが担う



4. 多重化方式⑥

■ 技術課題における比較

技術課題	MMT・TLV方式	CMAF・MMT・TLV方式
クロック同期	可能。	可能。
Webブラウザへの入力	ISOBMFFに受信機システムで変換する必要がある。	ISOBMFFの生成は不要。 送出で生成した内容をそのままWebブラウザに入力できる。
コンテンツ保護・アクセス制御	CAS※1に対応。	CASに加えて、CENC※2によりWebブラウザにおけるDRM※3にも対応可能。

※1 CAS : Conditional Access System

※2 CENC : Common Encryption

※3 DRM : Digital Rights Management

5. 限定受信方式①

■ 限定受信方式検討の基本方針

- ① 地上デジタルテレビジョン放送方式高度化におけるサービス要件が現時点で決まっていないため、関連情報サブシステムについては議論せず、スクランブルサブシステムのみを検討する。
- ② 4K8K衛星放送で採用されているスクランブル方式をベースに検討するが、諸外国の標準化動向を踏まえ、通信で用いられているスクランブル方式の採用可否についても検討する。
- ③ 暗号方式については、現時点での安全性だけでなく将来を見据えた安全性を考慮する。
- ④ 受信機コストや現行放送システムとの互換性確保などの実現可能性についても考慮する。

5. 限定受信方式②

■スクランブルサブシステム

項目	検討方式(赤字は4K8K衛星放送との差分)
暗号アルゴリズム	検討中 ・法令や民間規格ではAESとCamelliaの両方を規定(運用で1方式に絞る) ・鍵長の変更(現行の128ビットにするか、192ビットまたは256ビットにするか)
スクランブル手順	検討中・CTRモード※1とCBCモード※2の両方を規定
スクランブルの範囲	検討中・MMTPパケットのMMTPペイロードのデータ部またはCMAF※3
スクランブル方式に係る伝送制御信号	検討中・スクランブル方式記述子 ・メッセージ認証方式記述子

※1 CTR (Counter)モード: 「カウンタ」と呼ばれる値を暗号化することで鍵ストリームブロックを生成し、平文ブロックとXOR演算することにより暗号化する方法

※2 CBC (Cipher Block Chaining)モード: 平文の各ブロックを前の暗号文とXOR演算することにより暗号化する方法

※3 CMAF (Common Media Application Format): 低遅延でHTTPストリーミングを実現するフォーマット

【選定理由】

- 暗号アルゴリズム
 - CRYPTRECの電子政府推奨暗号リストから選定(基本方針②)
 - 鍵長の変更も検討中(量子計算機による暗号技術の危殆化対策)(基本方針③)
- スクランブル手順
 - 放送・通信両方に対応(共用受信機を想定)(基本方針②)
- スクランブルの範囲
 - 多重化方式が「MMT・TLV方式」「CMAF・MMT・TLV方式」いずれの場合でも対応可能となるように、詳細を検討中(基本方針②)
- スクランブル方式に係る伝送制御信号
 - 暗号アルゴリズムの切り替え、パケットの改ざん検知について、必要性も含めて検討中(基本方針②)