

衛星デジタル放送の高度化に関する技術的条件について

<暫定方式案に関する中間報告の概要>

平成 20 年 1 月 25 日
衛星放送システム作業班

本資料は報告用資料としての扱いであり、委員会として承認されていない事項を含みます。

目 次

■ 伝送路符号化方式	.....	2
■ 映像符号化方式	.....	9
■ 音声符号化方式	.....	14
■ 多重化方式	.....	17
■ データ放送方式	.....	22

衛星デジタル放送高度化の基本的な考え方

1. 基本的な考え方

- ① 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、拡張性を有する方式とすること
- ② 現行BSデジタル放送の技術的条件を踏まえることし、技術的に同一のものとするのが適切な場合については、その内容を準用すること
- ③ HDTV放送以上の高画質サービス、多機能及び多様で柔軟なサービスを実現できること
- ④ 他のデジタル放送メディアとの整合性を確保するとともに、今後の通信やコンピュータとの融合による新たなサービスにも対応できること

2. 高度化に関する検討項目

(1) 要求条件の検討

- ①システム ②放送品質 ③技術方式 ④受信機

(2) 暫定方式の技術的条件の検討

- ①映像符号化方式 ②音声符号化方式 ③限定受信方式 ④多重化方式 ⑤伝送路符号化方式 等

(3) 実証実験の検討

- ①室内実験 ②衛星折り返し実験

伝送路符号化 ～暫定方式案の概要～

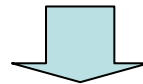
項目		内容
変調方式		$\pi/2$ シフトBPSK, QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK
誤り訂正方式	内符号	LDPC(符号長44880)
	符号化率	1/4 (11/40), 1/3 (41/120), 2/5 (49/120), 1/2 (61/120), 3/5 (73/120), 2/3 (27/40), 3/4 (89/120), 4/5 (97/120), 5/6 (101/120), 7/8, 9/10 (109/120) (公称値(真値))
	外符号	BCH (65535, 65343, t=12)短縮符号
伝送制御信号	変調方式	$\pi/2$ シフトBPSK
	内符号	LDPC(31680, 9614): LDPC(44880, 22814)の短縮符号
	外符号	BCH(9614, 9422): BCH(65535, 65343)の短縮符号
	制御単位	スロット単位の伝送制御
	制御情報	<ul style="list-style-type: none"> ・変調方式および符号化率の制御 ・多重データフォーマット制御(MPEG-2 TS, 可変長パケット) ・階層化伝送制御 ・緊急警報放送起動制御 ・複数独立TS識別制御 ・バルク伝送 ・サイトダイバーシティ情報 ・衛星中継器動作点設定情報
フレーム構造	<ul style="list-style-type: none"> ・120スロット/フレーム ・MPEG-2 TS長の整数倍のスロット長 	
シンボルレート	32.5941 Mbaud	
ロールオフ率	0.1	
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・同期補強バーストをTMCCと兼用することでTMCC容量を現行の384ビットから9422ビットへ拡大 ・非線形補償用パイロット信号により、衛星非線形特性による受信性能劣化を改善 	

伝送路符号化 ～暫定方式案に導入された主な技術・機能と導入の理由～

暫定方式案に導入された技術・機能	導入の理由
<ul style="list-style-type: none"> ・主信号用LDPC(符号長44880) ・主信号用BCH (65535, 65343, t=12)短縮符号 	<ul style="list-style-type: none"> ・符号化利得の向上による伝送容量の拡大 ・符号長(44880)をMPEG2 TSの整数倍とすることによる伝送効率向上 ・BCH符号によるLDPCのBER特性のフロア解消
<ul style="list-style-type: none"> ・ロールオフ率の見直し 	<ul style="list-style-type: none"> ・ロールオフ率を小さくすることによりシンボルレートを高くでき、伝送容量が拡大(所要C/Nの劣化とシンボルレート拡大とのトレードオフ)
<ul style="list-style-type: none"> ・16APSK/32APSKの導入 	<ul style="list-style-type: none"> ・伝送容量の大幅な拡大を目的に、多値数を増加(受信アンテナ径としては、16APSKで60cm、32APSKで120cmを想定)
<ul style="list-style-type: none"> ・BPSKから$\pi/2$シフトBPSKへの変更 	<ul style="list-style-type: none"> ・占有帯域幅の狭小化によるシンボルレートの拡大
<ul style="list-style-type: none"> ・バルク伝送 	<ul style="list-style-type: none"> ・複数の中継器に分割伝送後、合成することで更なる伝送容量の拡大
<ul style="list-style-type: none"> ・TMCC用LDPC(31680, 9614) (主信号用LDPCの短縮符号) ・TMCC用BCH(9614, 9422) (主信号用BCHの短縮符号) 	<ul style="list-style-type: none"> ・符号化利得の向上によるTMCC伝送制御の高信頼化 ・主信号用誤り訂正符号を短縮化することで、受信機の復号回路を共通化
<ul style="list-style-type: none"> ・TMCCによる多重データフォーマット制御 (MPEG-2 TS, 可変長パケット) 	<ul style="list-style-type: none"> ・IPなどの可変長パケットへも対応することで、コンピュータや通信との連携も考慮
<ul style="list-style-type: none"> ・TMCCによる衛星中継器動作点設定情報 	<ul style="list-style-type: none"> ・パイロット信号から信号点情報を取得するまでの仮設定値として利用。受信機初期同期を高速化。
<ul style="list-style-type: none"> ・フレーム構造 	<ul style="list-style-type: none"> ・伝送制御単位をISDB-Sと同等(1スロットあたり約1Mbps)とすることで、現行方式と同程度の柔軟性を確保。 ・120スロット/1フレーム
<ul style="list-style-type: none"> ・同期補強バーストをTMCCと兼用 	<ul style="list-style-type: none"> ・TMCC容量の拡大(現行の384ビットから9422ビットへ拡大)によるTMCC制御の高機能化
<ul style="list-style-type: none"> ・パイロット信号の導入 	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星非線形特性による受信性能劣化を改善
<ul style="list-style-type: none"> ・相対ストリーム数の拡大 	<ul style="list-style-type: none"> ・対応するストリーム数を拡大することで、より多くの放送事業者へのストリーム割り当てを可能とした ・将来の新しい多重化フォーマットへも対応可能とした

伝送路符号化 ～シンボルレート検討のための室内実証実験結果報告～

- **目的**
 - シンボルレートを高くすることによる伝送容量の増大
- **制約条件**
 - 占有帯域幅(99%電力帯域幅)は**34.5MHz以下**(電波法による制約)
 - 占有帯域幅は**現行の放送方式と同等**(現行方式との整合性)
 - 放送衛星の**出力は現行の衛星と同じ**(電力の条件)
 - 8PSK(3/4)のサービス時間率は**現行方式と同等(最悪月99.7%以上)**(サービス条件)
 所要C/N 10.7dB以下(TC8PSK)、45cm受信アンテナ
 - 32APSKについては、**120cmアンテナで最悪月99.5%以上**(サービス条件)
 - 隣接チャンネル間干渉が小さい
- **手段**
 - 誤り訂正符号の符号化利得(電力の条件、サービス条件)
 衛星放送方式に適した**LDPC符号の開発**
 - ロールオフ率を小さくすることで占有帯域幅を小さくする(**高いシンボルレート**)
 受信機デジタルフィルタのタップ数の増大などハードウェアの進展
 13タップ(ISDB-S開発時の試作機の例) ➡ 1000タップ以上可能(現状)
- **放送事業者のビットレート管理のしやすさという観点からの制約条件**
 - スロットあたりのビットレートが整数となること
 - シンボルレート[Mbps表記]の小数点以下が4桁以内となること



ロールオフ率: **0.1**
シンボルレート: **32.5941Mbaud**

伝送路符号化 ～暫定方式案とDVB-S2との比較～

	暫定方式案	DVB-S2(放送)	ISDB-S	暫定方式の利点
ロールオフ率	0.1	0.2、0.25、0.35	0.35	ロールオフ率を小さくし、高シンボルレート化による伝送容量の拡大
シンボルレート	32.5941 Mbaud (34.5MHz)	例: 23.3037Mbaud (27MHz)	28.86 Mbaud (34.5MHz)	高シンボルレート化による伝送容量の拡大
APSKの利用	○	△(注)	×	多値化による伝送容量の拡大
パイロット信号 (シンボル点参照信号)	○	×	×	非線形増幅による所要C/N劣化の改善。(32APSKで1.4dBの改善)
バルク伝送	○	×	×	2中継器にまたがるような大容量のコンテンツの伝送が可能
安定な伝送制御 (緊急警報放送起動、 サイトダイバーシティ告知等)	○ TMCC	△ BBHEADER PLHEADER	○ TMCC	制御情報が最強耐性の伝送方式で伝送されるため、安定な伝送制御が可能

注: DVB-S2の放送規格では、APSKはオプション

TMCC: Transmission and Multiplexing Configuration Control
 BBHEADER: Base Band Head
 PLHEADER: Physical Layer Head

暫定方式案と現行方式との比較

\	現行方式 (ISDB-S)	暫定方式案			
ロールオフ率	0.35	0.1			
シンボルレート	28.86Mbaud	32.5941Mbaud			
中継器運用形態	1中継器	1中継器運用		2中継器運用 (バルク伝送)	
変調方式	8PSK (2/3)	8PSK (3/4)	32APSK (4/5)	8PSK (3/4)	16APSK (3/4)
受信アンテナ径	45cm	45cm	120cm	45cm	60cm
情報レート	52Mbps	70Mbps	126Mbps	140Mbps	186Mbps
最悪月時間率	99.7%	99.7%	99.5%	99.7%	99.5%

映像符号化 ～映像入力フォーマット①～

● 時空間フォーマット

基本	1920x1080/60I 1920x1080/60P 3840x2160/60P
マルチサービス専用	720x483/60I 720x483/60P
実験用	7680x4320/60P

● 信号方式

信号形式	YCbCr
輝度・色差信号形式	4:2:2 (TBD: 実証実験により4:4:4の採否を判断)
量子化ビット数	8, 10

映像符号化 ～映像入力フォーマット②～

● カラリメトリ

三原色色度点		x	y	(CIE, 1931)
	赤(R)	0.640	0.330	
	緑(G)	0.300	0.600	
	青(B)	0.150	0.060	
基準白色	D_{65}	x	y	
		0.3127	0.3290	
光電変換特性	$E' = \begin{cases} \alpha L^{0.45} - (\alpha - 1) & (\beta \leq L) \\ 4.50L & (-\beta < L < \beta) \\ -\alpha(-L)^{0.45} + (\alpha - 1) & (L \leq -\beta) \end{cases}$			
	<p>但し、α および β は連立方程式</p> $\begin{cases} 4.5\beta = \alpha\beta^{0.45} - \alpha + 1 \\ 4.5 = 0.45\alpha\beta^{-0.55} \end{cases} \text{ の解}$ <p>8-11 bitの場合、$\alpha=1.099$, $\beta=0.018$</p>			

● 負RGB方式による色域拡大

- 三原色信号(RGB)に負値や1を超える値を許容することで、広い色域を表現可能。
 - ・ 実在する最も彩度の高い表面色の集合(Pointer Colors)を全て表現可能
- 輝度・色差信号(YCbCr)信号のダイナミックレンジは従来方式と同じで、信号の両立性がある。
- 広色域ディスプレイでは広色域を、従来ディスプレイでは従来通りの色域を再現。
- 国際標準(ITU-R勧告BT.1361、IEC 61966-2-4(xvYCC))が存在

映像符号化 ～映像符号化～

● 準拠規格

- ITU-T H.264|ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4 AVC)

● プロファイルとレベル

プロフィール		High (TBD: 実証実験により、High 10, High 4:2:2, High 4:4:4の採否を判断)
レベル	480/60I	3
	480/60P	3.1
	1080/60I	4
	1080/60P	4.2
	2160/60P	TBD (H.264|MPEG-4 AVCへの規定追加が必要)
	4320/60P	

- **広色域システムの特性確認実験**

- 信号レベル、互換性、色再現性を確認した。

- **MPEG-4 AVCの1080/60Iハードウェアコーデックの性能確認実験**

- 所要ビットレート13Mbit/s以上の結果を得た。

- **映像フォーマットと所要ビットレートの確認実験 (TBD)**

- マルチフォーマット(1080/60I, 1080/60P, 2160/60P)テスト画像により、映像フォーマット毎の所要ビットレートを確認する。

- **クロマフォーマットと画質および所要ビットレートの確認実験 (TBD)**

- 4:2:0、4:2:2、4:4:4の画質差や所要ビットレートへの影響を確認する。

● 暫定方式案の概要

- 音声入力信号
 - ・ 最大入力音声チャンネル数： 22.2チャンネル
- 音声符号化方式
 - ・ 圧縮符号化方式： MPEG-2 AAC LCプロファイル
 - ・ 非圧縮符号化方式： リニアPCM音声符号化

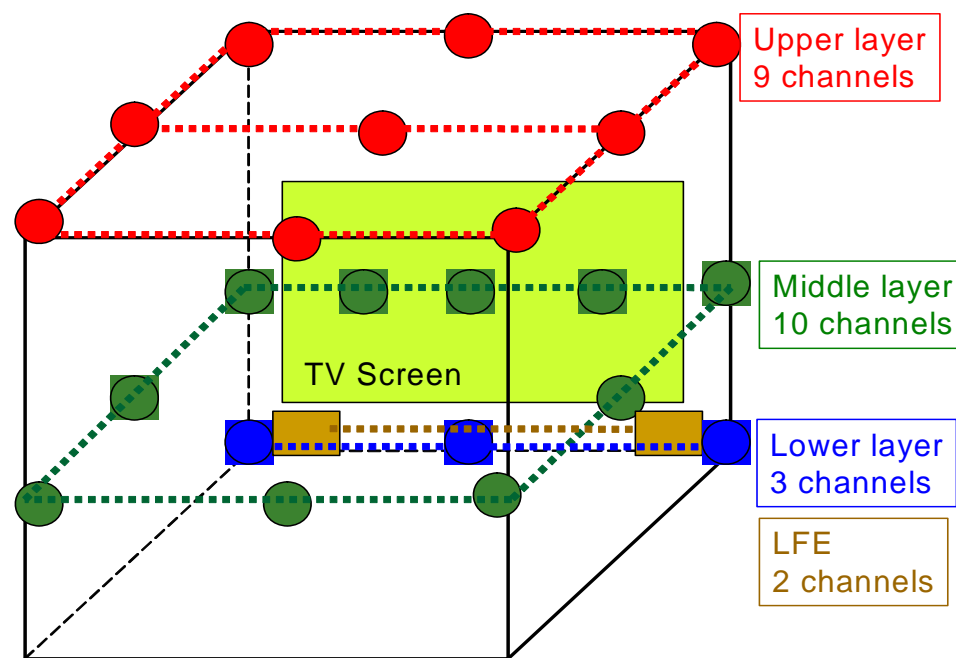
※ロスレス符号化方式(MPEG-4 ALS)についても検討中

● 想定利用ケース

1. スーパーハイビジョンに対応した高臨場感音声サービス
2. 非圧縮(原音同等)高品質音声サービス
3. マルチリンガルサービス

● 音声入力信号

1. 最大入力チャンネル数
 - ・ 22チャンネル及び低域を強調する2チャンネル(22.2チャンネル)
2. 入力サンプリング周波数
 - ・ 48kHz (TBD)
3. 入力量子化ビット数
 - ・ 16、20、24ビット
4. 音声モード
 - ・ モノラル
 - ・ ステレオ
 - ・ マルチチャンネルステレオ (最大22.2チャンネル)
 - ・ 2音声(デュアルモノラル)



22.2マルチチャンネル音響システム

● 音声符号化方式

1. 圧縮音声符号化方式

- ・ MPEG-2 AAC (ISO/IEC 13818-7) LCプロファイル
 - AAC+SBR(Spectral Band Replication)の使用も可能
 - 最大音声符号化チャンネル数: 22.2チャンネル

2. 非圧縮音声符号化方式

- ・ リニアPCM音声符号化方式
 - リニアPCM音声信号(AES3データ)の伝送として、SMPTE302Mに準拠したPES伝送方式を使用
 - AES3ユーザビットを用いて、音声モード識別、ダウンミックス係数等の音声関連メタ情報を伝送(TBD)
 - 最大音声符号化チャンネル数: 5.1チャンネル

3. ロスレス音声符号化方式(検討中)

- ・ MPEG-4 ALS
 - 圧縮率が保証値でないため、特にリアルタイムでの使用時に課題あり

多重化 ～リアルタイム型放送サービス～

● 多重化方式

- ITU-T H.222.0|ISO/IEC 13818-1 (MPEG-2 Systems)

PESパケット セクション形式 TSパケット 伝送制御信号 識別子	平成15年総務省令第26号第1章第3号 平成15年総務省告示第37号
---	---------------------------------------

- 伝送制御信号および識別子の追加

衛星分配記述子	変調方式およびFEC(内符号)の識別領域に「高度衛星デジタル放送方式」を追加
システム管理記述子	放送の標準方式の種別と割当てに「高度衛星デジタル放送方式」を追加

● 新多重化方式

－ 大容量コンテンツの高速伝送による蓄積型放送サービスを想定

- ・ 視聴者ニーズの高い番組を一斉配信
- ・ 既存デジタル放送の付加サービスではない新たな放送サービス
- ・ ハイビジョンを超える高品質コンテンツの提供を実現
- ・ 広帯域伝送路を効率よく利用可能な方式による高速伝送

サーバー型放送
では想定無し

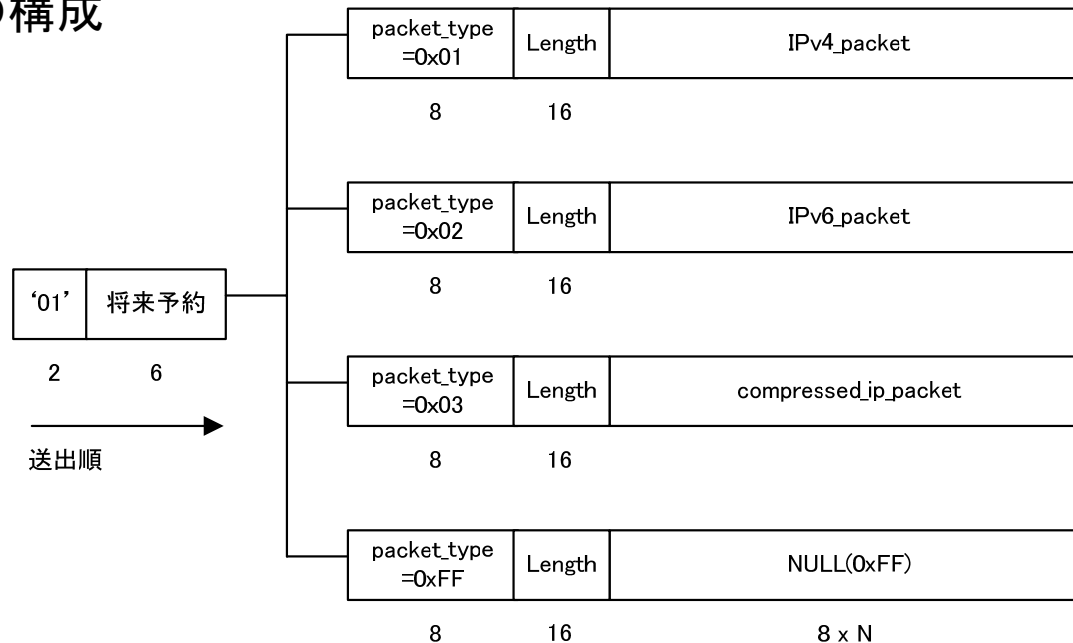
－ 要求条件

- ・ さまざまなフォーマットのファイルを伝送可能
- ・ 伝送オーバーヘッドの削減
- ・ 簡便な処理による受信が可能
- ・ 通信ネットワークを用いたサービスとの整合性

● TLV (Type Length Value) 多重化方式

特徴	可変長で長パケットの伝送による伝送効率の改善
可変長パケットの種類	IPv4パケット, IPv6パケット, ヘッダ圧縮IPパケット、ヌルパケット

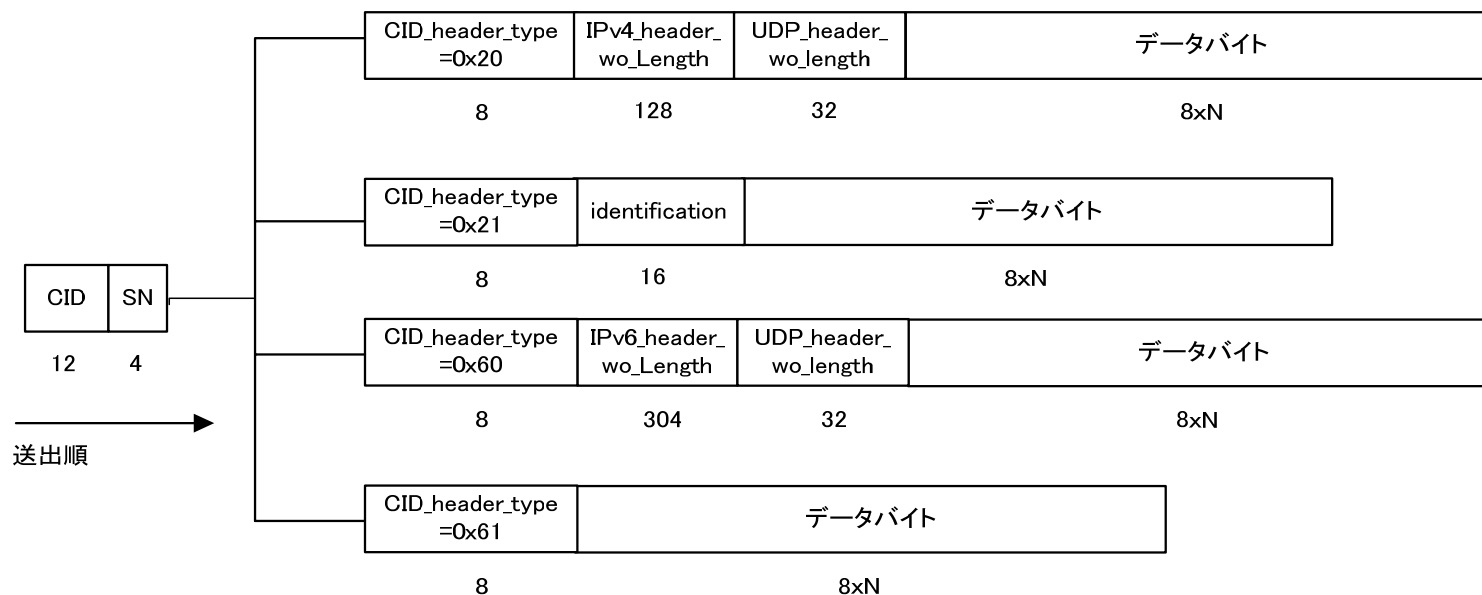
－ TLVの構成



● IPパケットのヘッダ圧縮方式

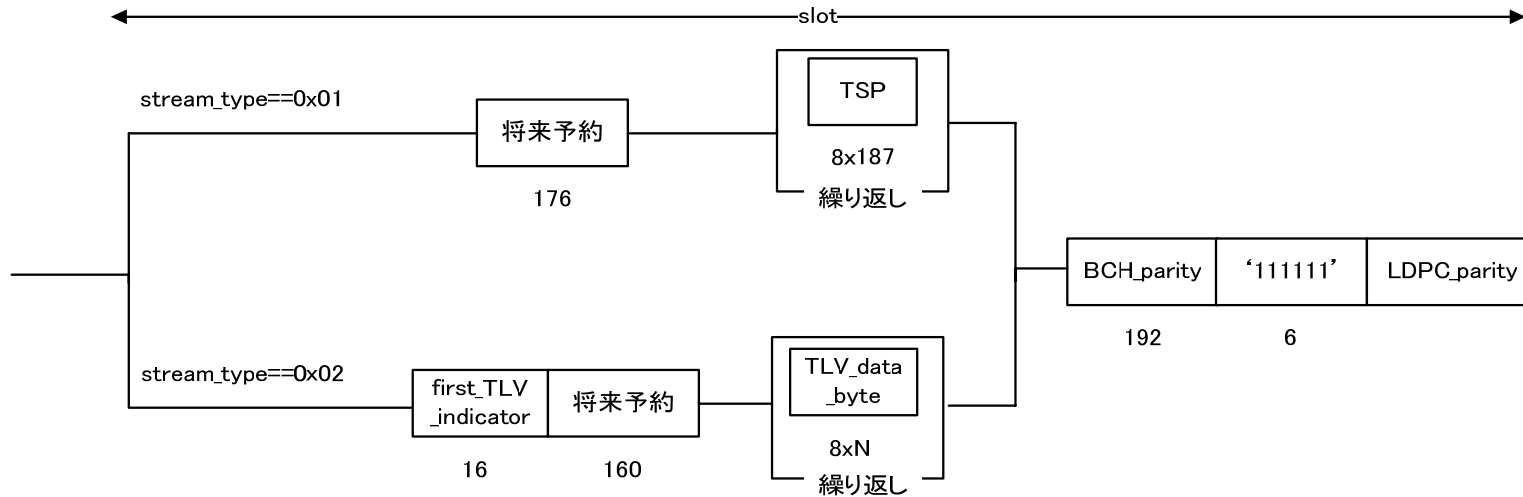
特徴	<ul style="list-style-type: none">・ コンテンツ配信では、ほぼ同一内容のヘッダを持つIPパケットが連続するため、フルヘッダのパケットを間欠的に伝送し、他は圧縮ヘッダに付け替えたパケットを伝送。これにより伝送オーバーヘッドを削減。・ 簡便な処理のため、高パケットレートへの対応が可能。
----	---

－ ヘッダ圧縮したIPパケットの構成



多重化 ～衛星伝送路への多重～

● スロットの構成



- プロトコルスタック

	PES	Section	IPパケット	ヘッダ圧縮 IPパケット
TMCC	MPEG-2 TS		TLV	
	スロット			
	物理層			

● 暫定方式案

- ARIB-J (ARIB STD-B23)によるデータ符号化および伝送方式

※ARIB-J: 実行型エンジンによるデータ放送方式

- ・ 現在機能的に独立しているBML (ARIB STD-B24)との関係を見直し、それぞれの方式にとってメリットのあるものとする

● 想定利用ケース

- ARIB-Jの以下の機能拡張により、サービス拡張を実現する
 - ・ アプリケーション蓄積
 - ・ デジタルビデオレコーダ制御
 - ・ 宅内ネットワークアクセス機能
 - ・ ユーザインタフェース拡張