

MMT により実現される 4K/8K 放送システム —メディアトランスポート技術の 20 年ぶりの大改定—

青木 秀一（NHK 放送技術研究所）

▶ MMT とは何か

メディアトランスポート技術の 20 年ぶりの大改定

MPEG Media Transport (MMT) は 1994 年に標準化された MPEG-2 Systems の後継技術であり、メディアトランスポート技術の国際標準としては 20 年ぶりの大改定である。符号化された映像、音声、その他のデータをどのように組み合わせてコンテンツを構成するか、それらをどのように伝送するかといったシステム技術、伝送技術を提供する。

現在のデジタル放送システムの基本的な仕組みが開発されてから、20 年以上が経過した。この 20 年でコンテンツの構成は大きく変化し、映像と音声だけのテレビ番組から、静止画やアプリケーションなどさまざまなデータを含めたマルチメディアコンテンツが一般的となった。また、コンテンツを利用する端末として、異なるフォーマットの信号を表示できる据え置き型から携帯型まで多種多様な端末が利用されるようになった。さらにネットワーク技術の進歩により、コンテンツを配信する伝送路も放送波だけでなく、光ファイバーや移動通信などの通信伝

送路が加わり多様化した（図-1）。

こうした変化の結果、これまでのメディアトランスポート技術では機能不足となってきた。そのため、今後のコンテンツ配信環境にも対応できる新たなメディアトランスポート技術が必要となり、ISO/IEC の作業部会でありマルチメディア技術の標準化を行う MPEG において、20 年ぶりに大改定を行うこととなった。

同期、多重化、信頼性確保の機能を担うメディアトランスポート技術

メディアトランスポート技術の主な機能は、同期、多重化、信頼性確保である。これらの機能を図-2 に示す。まず、コンテンツの映像・音声等を伝送後にもタイミングをあわせながら提示・出力するための「同期」の機能がある。また、コンテンツを構成する種々の信号を、伝送等の処理を容易に行える形式に 1 つにまとめる「多重化」の機能がある。本稿における多重化は、複数の手段を提供する冗長化の意味ではなく、多数のものを 1 つにまとめる意味である。さらに、伝送誤りやパケットの到着順序の入れ替わりなどの伝送品質低下

が、コンテンツに影響しないようにするための「信頼性確保」の機能がある。

このようなメディアトランスポート技術は図-3 に示すように、コンテンツレイヤと伝送レイヤの中間に位置し、そ

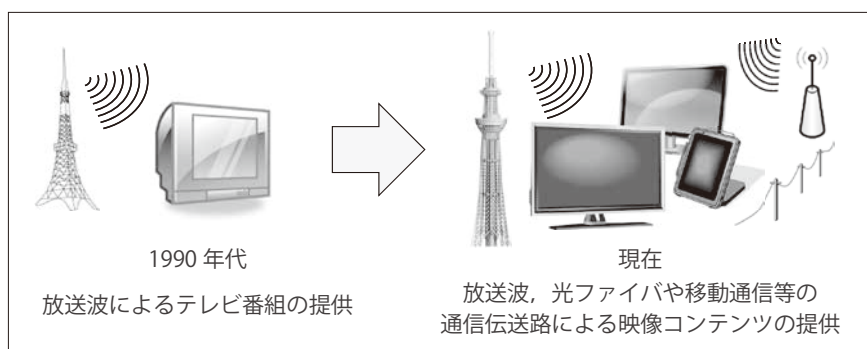


図-1 コンテンツ配信環境の変化

れらを接続する役割を担っている。近年のコンテンツ配信環境の変化により、コンテンツレイヤも伝送レイヤも多様化したことから、メディアトランスポート技術の役割がより重要になった。

これまでのメディアトランスポート技術とその課題

現在のデジタル放送は、その多くが MPEG-2 Systems の Transport Stream (TS) を用いている。MPEG-2 Systems は、ビデオ CD (CD-ROM に 1.5M ビット/秒でビデオを記録するフォーマット) 等で用いられた MPEG-1 Systems を、デジタル放送や DVD への適用を目的として拡張し、1994 年に標

準化されたメディアトランスポート技術である。そのうち MPEG-2 TS は、伝送のための方式である。

MPEG-2 TS の仕組みを図-4 に示す。MPEG-2 TS は、188 バイト固定長の TS パケットが連なるストリームである。ストリームとは、伝送路や信号形式にかかわらず、データの流れのことを意味する。符号化した映像・音声等は、復号時刻や提示時刻などの情報を含む Packetized Elementary Stream (PES) と呼ぶ形式にする。これらの時刻はエンコーダの System Time Clock (STC) の値として示

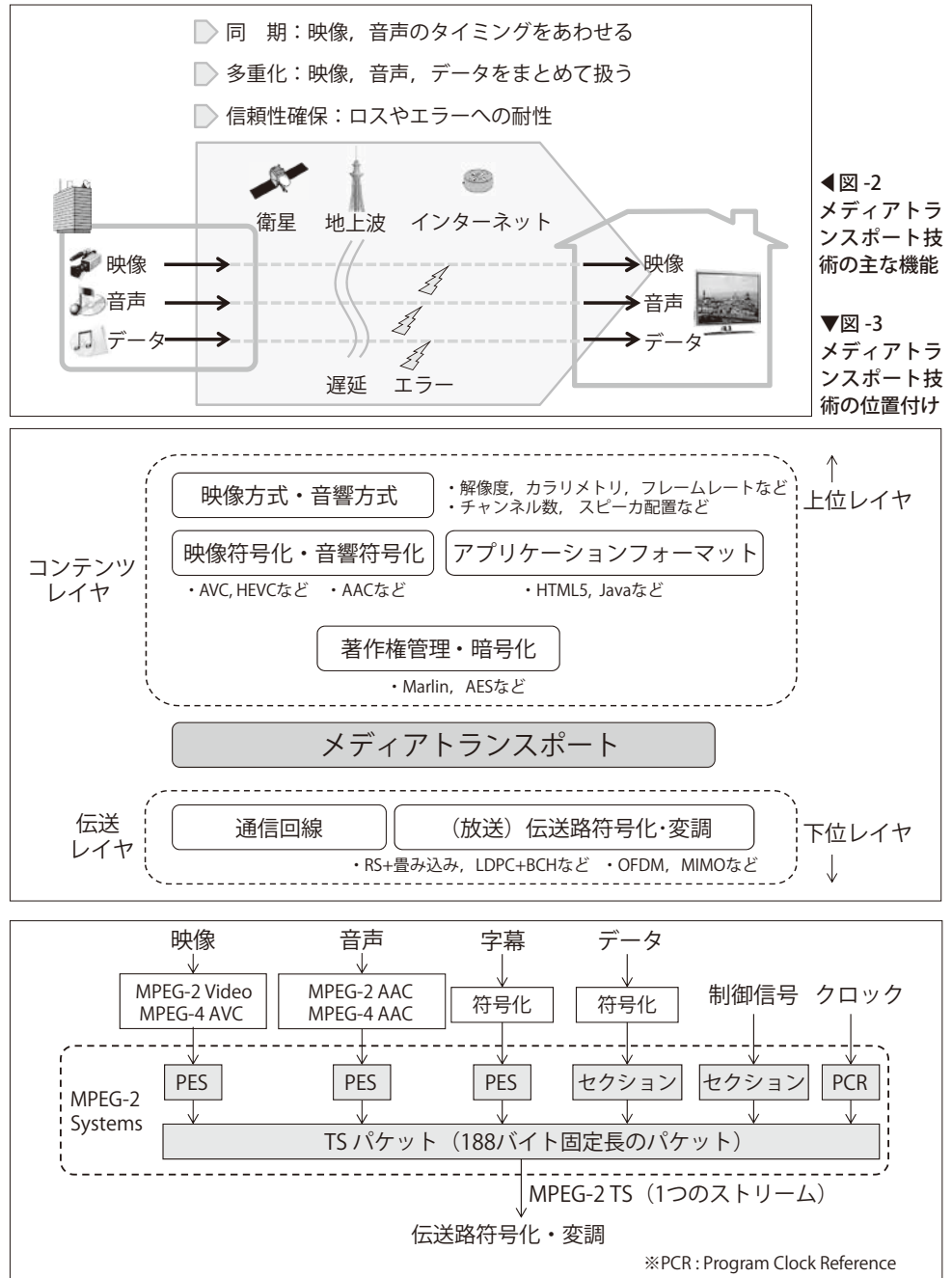


図-4 MPEG-2 TS におけるメディアの多重

される。さらに、この STC をサンプルした値をクロックとして、映像・音声等とあわせて1つの TS に多重化する。

このように、MPEG-2 TS では、コンテンツを構成する映像・音声等をクロックとあわせて1つのストリームに多重化する必要がある。この仕組みは、1つのコンテンツの映像・音声・クロックを、伝送品質が確保された信頼できる1つの伝送路を用いて伝送することが前提となっている。MPEG-2 TS のこの前提は、1つのコンテンツを放送波という1つ

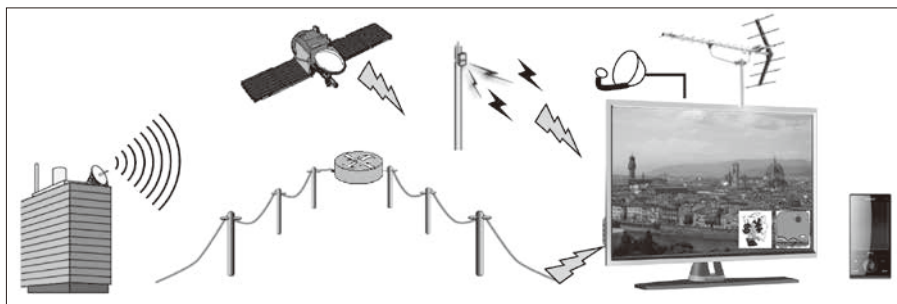


図-5 ハイブリッド配信による情報表示

の伝送路で伝送する現在のデジタル放送の仕組みに合致していたため、多くのデジタル放送で用いられることとなった。

しかし、放送と通信のように物理的に異なる伝送路を用いてコンテンツを伝送するハイブリッド配信(図-5)では伝送路が複数あるため、MPEG-2 TSの「1つのストリームにして1つの伝送路で伝送する」前提が成り立たない。そのため、MPEG-2 TSは、ハイブリッド配信のような放送・通信連携を実現することが困難であった。

MPEGにおける新たなメディアトランスポート技術の標準化

このような問題意識を背景に、既存のメディアトランスポート技術の課題と新たなメディアトランスポート技術の必要性を議論するワークショップが、2009年7月のMPEGロンドン会合¹⁾と2010年1月のMPEG京都会合²⁾で開催された。

これらのワークショップでは、すでに認識されていた問題に加え、MPEG-2 TSにおいて情報を一意に示すために割り当てる値であるコードポイントが不足しつつあることや、TSパケットの大きさがUltra-High Definition Television (UHDTV)やマルチビューなどの新たなサービス、また、Internet Protocol (IP)を用いる現在のネットワークに適していないことも課題として挙げられた。さらに、IPを用いる放送システムが開発されていることやハイブリッド配信の観点から、新たなメディアトランスポート技術の必要性が認識された。このワー

クショップの結果、MPEGにおいてMMTの標準化が開始されることとなった。

将来のメディアトランスポート技術としてのMMT

MMTの標準化開始にあたり、そのユースケースや

要求条件が議論された。この過程で、移動通信システム技術の標準化を行うプロジェクトであるThird Generation Partnership Project (3GPP)で開発された既存方式を前提とするアダプティブストリーミングの方式と、一方向伝送路での利用を含め、より広範な用途に対応し、中長期的に用いることを想定した新たな方式の2つのプロジェクトに分けることとなった。前者は、ISO/IEC 23009-1として標準化されたMPEG-Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH)^{☆1}である。一方、後者のMMTは、ISO/IEC 23008-1として2013年11月のMPEGジュネーブ会合で最終国際規格案が発行され、2014年3月に国際規格として承認された³⁾。

▶ MMTの仕組み

MMT標準規格の構成

ISO/IEC 23008は「High Efficiency Coding and Media Delivery in Heterogeneous Environments」と名付けられた標準規格であり、MPEG-Hと称される。MPEG-Hの主な部分を表-1にまとめる。

MPEG-Hパート1はシステムパートであるMMTを規定し、パート2、パート3はそれぞれ映

☆1 HTTPストリーミング向けの方式であるMPEG-DASHについては：本誌次号 (Vol.55, No.10) に解説記事が予定されている。また2014年9月30日に、これらの解説を含む本会主催のセミナーが開催される。

パート	内容
1	MMT：多様なネットワークでの伝送を想定したメディアトランスポート方式
2	HEVC：MPEG-4 AVCよりも高い符号化効率の映像符号化方式
3	3D Audio：22.2チャンネルなどの3次元音響方式の符号化方式
10	MMTのためのAL-FECの符号化方式
13	MMTの実装ガイドライン

表-1 MPEG-Hの主なパート

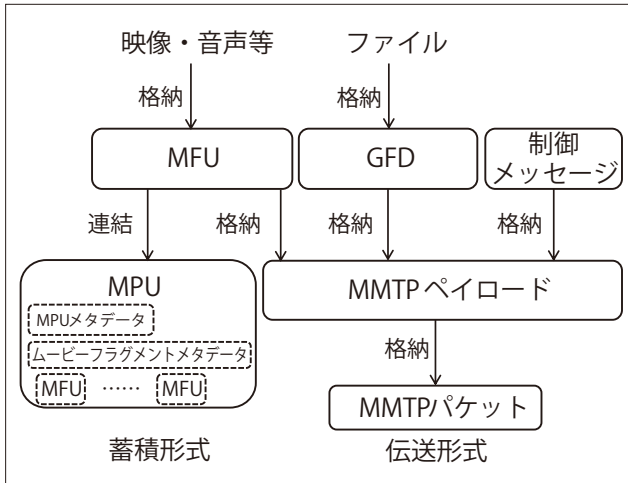


図-6 MMT が規定する主要要素

像符号化方式である High Efficiency Video Coding (HEVC)、音声符号化方式である 3D Audio を規定している。このように、MPEG-H は MPEG-2 や MPEG-4 と同様にシステム技術、映像符号化技術、音声符号化技術を規定し、多様化するコンテンツ配信に適した新たな標準規格となることが期待されている。このほか、MMT に関連するパートとして、MPEG-H パート 10 が、ロスしたパケットを復元することで伝送品質を向上する、MMT のための Application Layer-Forward Error Correction (AL-FEC) の符号化方式を規定している。また、MPEG-H パート 13 として、MMT の実装ガイドラインの作成が進められている。

MMT が規定する要素

MMT が規定する主要要素を図-6 に示す。MMT では、映像・音声等を取り扱う形式として Media Fragment Unit

(MFU)、Media Processing Unit (MPU) を規定している。MFU は映像・音声等の伝送時の形式であり、MPU はそれらの処理単位であると同時に蓄積形式でもある。MPU は、MPU 全体の情報を記載する MPU メタデータ、MFU の情報を記載するムービーフラグメントメタデータと、複数の MFU とから構成される。

また、ファイルの伝送方法として Generic File Delivery (GFD) を、さらに、MMT Protocol (MMTP) で伝送するときのペイロード形式とパケット形式を規定している。これらに加え、コンテンツを構成するコンポーネントの情報などを示す制御メッセージを規定している。

MPEG-2 TS と対比した MMT のコンテンツの構成の概要を図-7 に示す。MPEG-2 TS では、1 つのコンテンツは 1 つの TS であり互いに独立しているのに対し、MMT では、ある MMT コンテンツを構成する MPU を、別の MMT コンテンツから参照して利用することができる。また、MPU の物理的な伝送路が異なっても、同一のコンテンツに含めることができる。両方式のアクセスユニットの取り扱いについて主な違いを表-2 にまとめる。なお、アクセスユニットとは、映像のフレームや音声

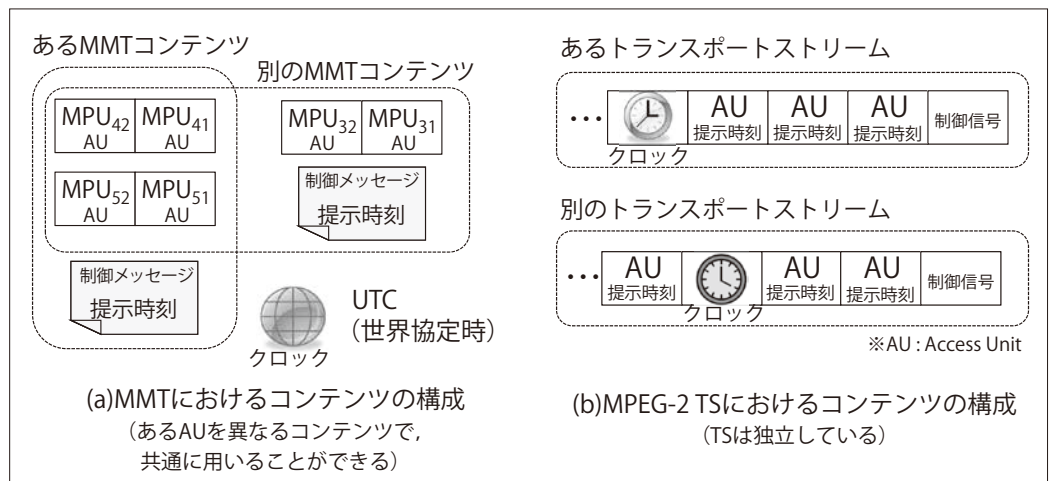


図-7 MMT と MPEG-2 TS のコンテンツ構成の概要

MMT	MPEG-2 TS
アクセスユニットを含む MPU を区別できる	アクセスユニットの区別はできない
世界で共通の時計を使う	TS ごとに異なる時計を使う
制御メッセージが提示時刻を示す	アクセスユニット自身が提示時刻を持つ
制御メッセージと MPU を別々に伝送することが可能	制御信号はアクセスユニットと一緒に伝送する

表-2 MMT と MPEG-2 TS のアクセスユニットの取り扱いの主な違い

MMT	MPEG-2 TS
可変長パケット	固定長パケット
任意に使えるヘッダ拡張領域を備える	固定長ヘッダ (4 バイト)
配信のためのタイムスタンプを持つ	タイムスタンプを持たない
32 ビットのシーケンス番号を持つ	4 ビットのカウンタを持つ
AL-FEC によるパケットロス回復が可能	TS パケットのロス検出が可能

表-3 MMT と MPEG-2 TS のパケット形式の主な違い

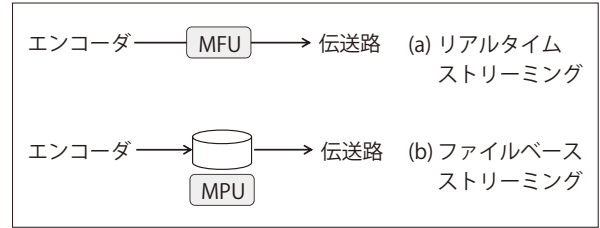


図-8 MMT の 2 種類の配信形態

の符号化単位など、同期が可能な最小単位のことである。

MMT では、複数の伝送路を用いるハイブリッド配信においても映像・音声等を同期して提示するため、協定世界時刻 (UTC) を基準時刻とした MPU の提示時刻を制御メッセージに示す。この仕組みにより、制御メッセージの伝送路とは別の伝送路で伝送する MPU を組み合わせて同期しながら提示することができる。

このように MMT では、基準時刻として UTC を用いること、また MPU という処理単位を規定すること、さらに提示時刻を制御メッセージに示すことで、複数伝送路を効果的に用いるコンテンツ配信を実現している。

次に、MMT と MPEG-2 TS の伝送時のパケット形式の主な違いを表-3 にまとめる。

MPEG-2 TS の標準化が行われた 1990 年代には、Asynchronous Transfer Mode (ATM) が次世代ネットワークの主流になると考えられていた。そこで、MPEG-2 TS では ATM の伝送単位であるセルの大きさにあわせた 188 バイトの固定長のパケットが採用された。しかし、現在の主流は IP の伝送路であるため、MMT では可変長のパケットとなっている。また、MMT では UHDTV コンテンツのような高ビットレートの配信も想定することから、パケットのシーケンス番号が拡張されているなどの特徴がある。さらに MPEG-2 TS では信頼性確保が TS パケットのロス検出のみであったのに対し、MMT では AL-FEC を用いて、ロスした MMTP パケットを復元する仕組みを備えていることも大きな違いとなっている。

MMT の特徴

MMT における 2 種類の配信形態を図-8 に示す。1 つはリアルタイムストリーミングであり、放送での伝送や、放送と同期提示するコンテンツあるいは放送コンテンツ自体を通信伝送路で伝送する場合など低遅延が求められる用途の配信形態である。この配信形態では、エンコーダが出力する信号を MFU の形式にして、MMTP ペイロードに格納し MMTP パケットで伝送する。MPU シーケンス番号などの MPU としての情報は、MMTP ペイロードのヘッダとして伝送される。MPU を物理的に構成する処理を省略することで、MPEG-2 TS と同程度以下の低遅延が実現される。放送伝送路や高品質な通信回線など低遅延の伝送が可能な伝送路では、この形態で伝送することで伝送レイヤの性能を余すことなく発揮するサービスが可能となる。一方、オンデマンドコンテンツの配信などでは、エンコーダが出力する信号から MPU を構成しファイルとしてサーバなどに蓄積後に伝送する、ファイルベースストリーミングの形態も用いることができる。

MMT の伝送には、図-9 に示すような 3 通りの方法を用いることができる。低遅延が必要なサービスでは、MMTP パケットを UDP/IP パケットで伝送する。一方、低遅延が不要なサービスでは、MMTP パケットを TCP/IP で伝送することも想定される。さらに、MMTP パケットを用いず、MPU を HTTP/TCP/IP で伝送することも可能である。MMT の制御メッセージは、これらの伝送方法による IP マルチキャスト、IP ユニキャストの配信に対応している。

MMTP パケット	MMTP パケット	MPU
UDP/IP	TCP/IP	HTTP
		TCP/IP

図-9 MMT の伝送方法

DASH
MMTP/パケット
UDP/IP

図-10 MMT による DASH の伝送

このように MMT では、伝送遅延やコンテンツ品質などのサービス要件や、用いる伝送路の特性に応じた配信形態を選択することで、メディアトランスポート技術が伝送路の特徴を効果的に発揮することができるようになっている。

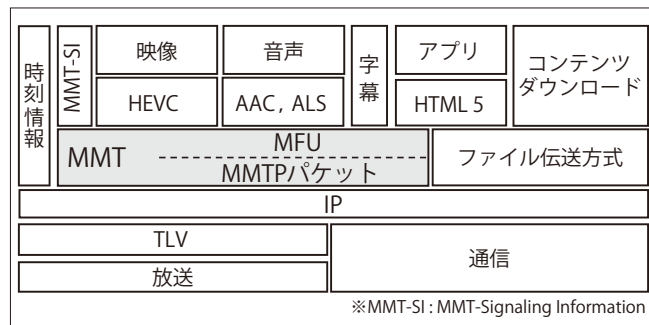
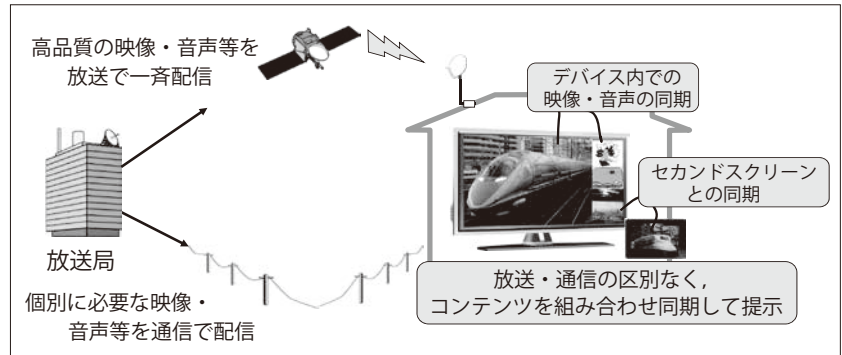
MMT の今後の拡張

MMT の拡張の 1 つとして、本稿前半で述べた MPEG-DASH が規定する DASH セグメントを MMTP パケットで伝送することが検討されている。MPEG-DASH は伝送レイヤを規定しない。インターネット等では DASH セグメントを HTTP で伝送できるが、放送伝送路のように上り方向の伝送路を持たない一方向伝送路では、HTTP を用いることができない。これを解決するため、図-10 に示すように DASH セグメントを MMTP パケットで伝送するよう拡張することで、DASH 形式のコンテンツを多様な伝送路で伝送する MMT の配信システムが実現されることとなる。

▶ MMT による 4K/8K スーパーハイビジョンの衛星放送システム

ハイブリッド配信により実現されるサービス

8K スーパーハイビジョンに対応したディスプレイはきわめて高精細であるため、より多くの情報を表示することが可能である。衛星放送で伝送する高品質コンテンツを表示するだけでなく、通信伝送路からの情報を衛星放送のコンテンツとあわせて表示することで、図-11 に示すようなサービスが実現される。さらに近年、タブレット端末も普及しているため、これらをセカンドスクリーンとして用いることも考えられる。セカンドスクリーンを利用することで、放送に関連するコンテンツを 8K スーパーハ



▲ 図-11 MMT による放送・通信の連携サービス

◀ 図-12 4K/8K スーパーハイビジョン放送システムの構成

イビジョンの高品質の映像に重畳することなく視聴することもできるようになる。

また、放送と通信の伝送路を切り替える観点からは、衛星放送の伝送品質が降雨により低下した際、通信伝送路で伝送する代替のコンテンツを提示することで、最小限の情報を伝えるサービスも可能になる。

MMT による放送システム

2014 年 3 月に、情報通信審議会が「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「衛星基幹放送および衛星一般放送に関する技術的条件」について答申を行った。この中で、放送と通信伝送路を同様に用いることで可能になる、高度な放送・通信連携サービスを実現するため、多重化方式として MMT を用いる方式が採用された。

この答申を受け、放送システムの標準規格を策定する電波産業会 (ARIB) で、4K/8K スーパーハイビジョンの衛星放送システムを実現するための規格整備が行われた。この放送システムの構成を図-12 に示す。符号化した映像・音声あるいはデータコンテンツは MMT の仕組みで MFU の形式とし MMTP パケットに格納後、IP パケットで伝送する。放送での IP パケットの伝送は、効率的な多重化が可能な Type-Length-Value (TLV) 多重化方



図-13 NHK 技研公開 2014 における MMT 伝送システムの展示

式⁴⁾を用いている。このようなメディアデータやデータコンテンツの伝送方式とあわせ、放送番組の構成や番組情報を示す制御情報として MMT-Signaling Information (SI) の詳細が ARIB 標準規格 STD-B60 として規定された⁵⁾。

MMT を用いることでより高機能な放送・通信連携が実現されると同時に、これまでのデジタル放送と同程度以下の低遅延やオーバヘッドなど、放送システムとしての基本性能も向上することが期待される。

NHK 放送技術研究所では、この放送システムの開発を進めており、衛星放送の変調器・復調器を用いて放送で伝送したコンテンツと、通信伝送路で伝送したコンテンツを受信装置で組み合わせて提示するコンテンツ配信の機能検証を行った。検証に用いた放送システムは 2014 年 5 月の NHK 放送技術研究所の一般公開で展示され (図-13)、MMT の有効性を示すこととなった。

▶ 今後の展開

MPEG での MMT の標準化が完了し、ARIB での MMT を用いる放送システムの標準化が行われ、現在は実運用に向けた運用規定の検討が行われている。放送システムの実現には、エンコーダ・デコーダ、多重化装置・多重分離装置、送信装置・受信装

置や、解析装置、監視・評価装置など多数の機器が必要となる。4K/8K スーパーハイビジョンの 2015 年の実験放送、2016 年の試験放送に向け、これらの機器の開発が進められている。

今後は、MMT ならではの放送・通信連携サービスを実現するため、4K/8K スーパーハイビジョンの通信伝送路での伝送方式の規格化も行われる見込みである。

MPEG-2 TS が標準化された 1990 年代初頭から 20 年以上が経過し、2014 年に標準化された MMT を用いることで、今後のコンテンツ配信環境に適した新たな放送システムが実現されようとしている。

参考文献

- 1) Presentations of MMT Workshop in London 2009, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Doc. N10853.
- 2) Presentations of MMT Workshop in Kyoto 2010, ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11, Doc. N11200.
- 3) ISO/IEC 23008-1:2014, Information Technology - High Efficiency Coding and Media Delivery in Heterogeneous Environments - Part 1: MPEG Media Transport (MMT).
- 4) Recommendation ITU-R BT.1869, Multiplexing Scheme for Variable-length Packets in Digital Broadcasting Systems (2010).
- 5) 電波産業会：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、ARIB STD-B60 (2014).

(2014 年 5 月 31 日受付)

青木秀一 (正会員) aoki.s-ha@nhk.or.jp

2003 年、東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。2013 年、東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程修了。2003 年に NHK 入局。以来、放送技術研究所にて、IP 技術を用いる放送システムの研究開発や標準化に従事。博士 (情報理工学)。