

スーパーハイビジョンの放送に向けた メディアトランスポート技術 MMT

青木秀一^{†1}

2016年にスーパーハイビジョン(SHV)の試験放送を開始することを目指し、映像符号化・音声符号化方式、多重化方式、伝送路符号化・変調方式などを含む新たな放送システムの技術開発・標準化が進められている。アナログ放送からの移行を実現した現在のデジタル放送では、放送システムのメディアトランスポート方式としてMPEG-2 Systemsに規定されるTransport Stream(TS)が広く用いられた。現在のデジタル放送の基本的な仕組みが開発されてからおよそ20年が経過し、コンテンツ配信の環境は大きく変化した。多様なネットワークを用いて、多様な端末で、多様なコンテンツが利用されるようになった。こうした新たなコンテンツ配信の環境に対応するため、MPEGでは新たなメディアトランスポート方式であるMPEG Media Transport(MMT)の標準化を進めている。本稿では、MMTの概要とMMTを用いることで実現されるスーパーハイビジョンの放送システムについて述べる。

MMT, Media Transport Technology for Super Hi-Vision Broadcasting System

SHUICHI AOKI^{†1}

The development and standardization of Super Hi-Vision broadcasting system including various technologies such as audio/video coding, multiplexing, and channel coding/modulation are in progress in order to launch test broadcasting services in 2016. Today's broadcasting systems that achieved transition from analogue to digital TV broadcasting have widely adopted Transport Stream (TS) specified in MPEG-2 Systems as their media transport technology. Almost 20 years have passed since fundamental technologies of today's broadcasting systems were developed, and the environment surrounding content delivery has significantly changed. A wide variety of content delivered on one or more different types of delivery channels have become to be consumed by various devices. In order to effectively respond to the today's environment of content delivery, MPEG is developing a new media transport technology called MPEG Media Transport (MMT). This paper describes an overview of MMT and our proposed MMT-based Super Hi-Vision broadcasting system under development.

1. はじめに

2016年の試験放送実施を目指し、スーパーハイビジョンの放送システムの開発と標準化が進められている。

筆者らは、ますます多様化するコンテンツ配信の環境に対応し、利用者が情報をより活用できるコンテンツ配信の実現を目的とし、スーパーハイビジョンの放送システムでは通信伝送路も積極的に利用することを検討している。そのため、放送伝送路と通信伝送路を同様に用いることが可能なメディアトランスポート方式であるMPEG Media Transport(MMT)を用いた放送システムを提案している。本稿では、放送・通信のハイブリッド配信の実現に適したメディアトランスポート方式として標準化が進められるMMTについて述べると共に、MMTを導入した放送システムの概要について述べる。

2. MMT 標準化の背景

世界のデジタル放送の多くは、メディアトランスポート方式としてMPEG-2 Systemsに規定されるTransport Stream(TS)を用いている。このMPEG-2 Systemsが標準化されたから、およそ20年が経過しようとしている。

この間、放送を取り巻くコンテンツ配信の環境は大きく変化した。その一つが、デジタル信号処理技術の進歩によるコンテンツの多様化である。利用者の嗜好がさまざまになり、映像と音声だけのコンテンツから、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ことに加え、種々の解像度やフレームレートの映像などさまざまな品質の多種多様なコンテンツが利用されるようになった。これに対応し、コンテンツを利用する端末も多様化した。かつては、単一フォーマットの信号しか表示できないテレビ受信機が一般的であったが、現在では複数フォーマットの信号を表示できるディスプレイが広く普及している。ハイビジョンを超える超高精細のディスプレイも利用可能となり、据え置き型から携帯型まで多種多様な形態の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も進歩し、コンテンツを配信する伝送路も多様化した。現在のデジタル放送が開発された当時は、放送波が端末に情報を届ける主な伝送路であったのに対し、現在では放送波に加えインターネットや携帯電話網などの高速な通信伝送路が手軽に利用可能となり、放送と通信など複数の伝送路に同時に接続可能な端末も増えている。

このように、多様なコンテンツが多様なネットワークを

^{†1} NHK 放送技術研究所
NHK, Science and Technology Research Laboratories

用いて配信され、多様な端末で利用されるようになり、コンテンツ配信はさまざまな面で多様化が進んだ。このような多様化は今後もより一層進むであろう。

こうしたコンテンツ配信の環境変化を受け、Moving Picture Experts Group (MPEG) は、従来のメディアトランスポート方式の機能に限界があることから、多様なネットワークでのメディア配信を想定した新たなメディアトランスポート方式である MMT の標準化を 2009 年から進めてきた [1][2]。

3. MMT の概要

MMT は、ISO/IEC 23008 MPEG-H “High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments” のシステムパートとして標準化が進められている。

MPEG-H パート 1 が MMT の主要パートであり、映像・音声などの符号のカプセル化形式や配信時のパケット形式及び制御メッセージを規定している。パート 10 は、パケットロス回復のための Application Layer - Forward Error Correction (AL-FEC) の符号を規定している。MMT の AL-FEC フレームワークで用いることができる、リードソロモン符号、LDPC 符号、LDGM 符号などを規定している。パート 11 は、コンテンツの構成を記述するために用いる、HTML 5 を拡張したシーン記述であるコンポジッション情報を規定している。これらのパートに加え、MMT を実装するためのガイドラインがパート 12 として標準化される見込みである。

MMT のプロトコルスタックを図 1 に示す。MMT は、配信のための形式として MMT パケット及び MMT ペイロードを規定するとともに、コンテンツの論理的な構成としてパッケージを規定している。MMT パケットは、User Datagram Protocol (UDP) や Transmission Control Protocol (TCP) などの IP 上のプロトコルで伝送するパケットである。IP パケットでの伝送に適するよう可変長形式であり、一つの MMT パケットが一つの MMT ペイロードを格納する。MMT ペイロードには同一メディアのデータのみを格納し、異なるメディアのデータや制御信号は混載しない。

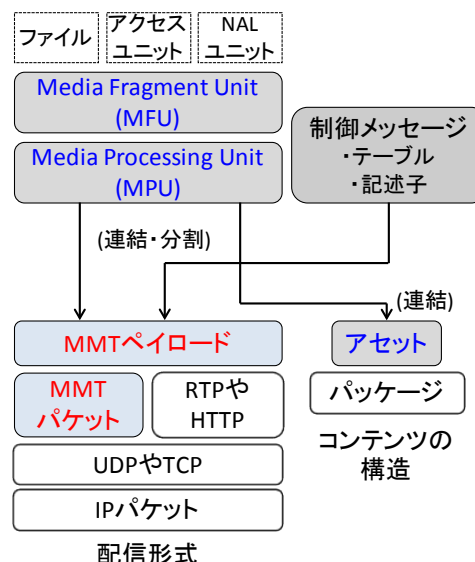


図 1 MMT のプロトコルスタック
 Figure 1 Protocol stack of MMT.

しかし、互いに異なるメディアのデータを格納した MMT パケットを、同一の IP データフローに多重し伝送することが可能となっている。

多様なネットワークを用いるハイブリッド配信においてコンポーネントの同期提示を実現するため、協定世界時刻である Coordinated Universal Time (UTC) を基準時刻として、Media Processing Unit (MPU) の先頭に位置するアクセスユニット (AU) の提示時刻を制御メッセージに記述する。クライアント端末は制御メッセージを解析し、コンテンツを構成する MPU とその提示時刻を特定する。この結果、異なる伝送路で伝送する MPU を同期して提示することができる (図 2)。

MPU には、図 3 に示すように任意の数のアクセスユニットを含めることができる。図 3 (a) は 6 個の AU を一つの MPU に含めた例であり、図 3 (b) は MPU により異なる数の AU を含めた例である。また、すべての AU がランダムアクセスポイントの場合には、図 3 (c) のように 1 個の AU を MPU とすることもできる。放送システムでは、カプセル化の遅延を抑える必要があること、また、任意のタイミング

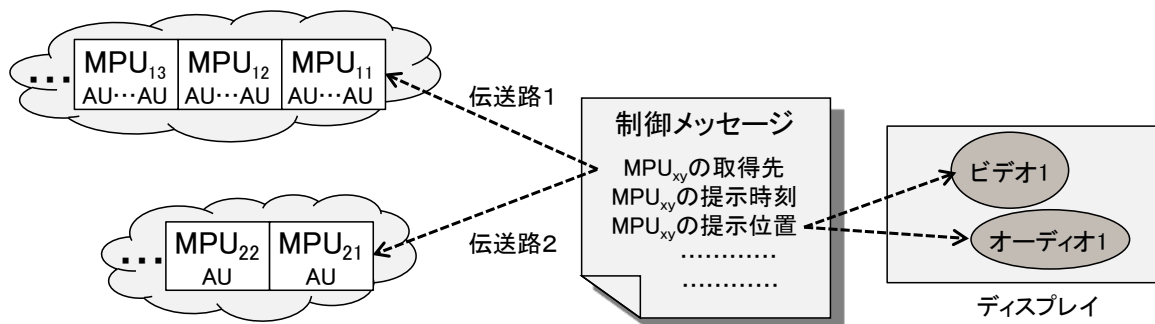
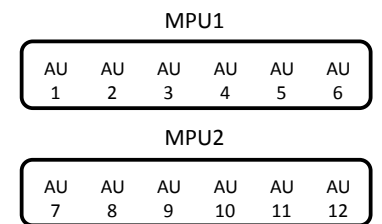
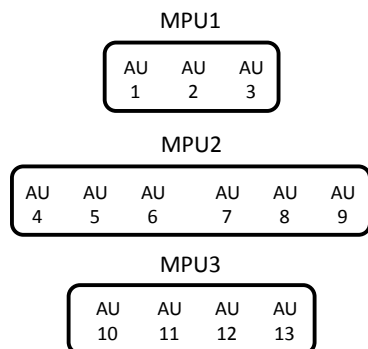


図 2 制御メッセージによる MPU の組み合わせ
 Figure 2 Signaling message and MPUs.



(a) 6個のAUをMPUに含めた例



(b) 異なる個数のAUをMPUに含めた例



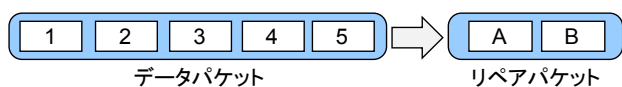
(c) 1個のAUをMPUに含めた例

図3 MPU内のアクセスユニットの例

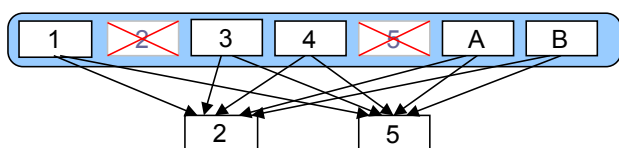
Figure 3 Examples of AUs in MPU.

で受信を開始できる必要があることから、映像信号はGOPの単位でAUをMPUとすること、また、音声信号は映像のGOPに相当する時間のAUをMPUとすることが考えられる。

MMTでは多様なネットワークでの伝送をサポートするため、伝送時にパケットロスが発生する可能性も考慮している。そのため、一方方向の伝送においてもパケットロスを復元するための手段としてAL-FECを用いることができる。AL-FECの基本的な仕組みを図4に示す。送信側は、符号化処理によりデータパケットからリペアパケットを生成し



(a) 送信側：データパケットから演算によりリペアパケットを生成



(b) 受信側：ロスしたパケットを、リペアパケットを用いて復元

図4 AL-FECによるロスパケットの回復
 Figure 4 Recovery of lost packets with AL-FEC.

表1 ISO/IEC DIS 23008-1に規定される制御信号

Table 1 Signaling messages specified in ISO/IEC DIS 23008-1.

(a) パッケージの利用のためのメッセージ

Package Access (PA) メッセージ
MMT Composition Information (MCI) メッセージ
Clock Relation Information (CRI) メッセージ
MMT Package Table (MPT) メッセージ
Device Capability Information (DCI) メッセージ

(b) パッケージの伝送のためのメッセージ

Measurement Configuration (MC) メッセージ
Application Layer-Forward Error Correction (AL-FEC) メッセージ
Hypothetical Receiver Buffer Model (HRBM)メッセージ
Reception Quality Feedback (RQF) メッセージ

(c) テーブル

PA テーブル
MCI テーブル
MP テーブル
CRI テーブル
DCI テーブル
Security Information (SI) テーブル

(d) 記述子

CRI 記述子

送信する。受信側は、リペアパケットを用いて復号処理を行うことでロスパケットを復元することができる。AL-FECを用いることで、伝送品質が低下した場合にも、コンテンツの再生品質低下を抑制することが可能となっている。

さらにMMTでは、パッケージの利用及び伝送に必要な制御信号を規定している。ISO/IEC DIS 23008-1 [3]に規定される制御信号を表1に示す。制御信号は、1) テーブルや記述子を格納する“メッセージ”，2) 特定の情報を示す要素や属性を持つ“テーブル”，3) より詳細な情報を示す“記述子”の3階層から構成される。表1のうち、PAメッセージは、クライアント端末が最初に受信・処理する制御信号であり、複数のテーブルを含むことができる。またMPテーブルは、パッケージを構成する映像信号や音声信号であるアセットの情報を伝える制御信号である。

MMTはISO/IEC標準として多くの用途に対応できるように、基本的な制御信号だけを規定する。そのため、個別のサービスに応じて必要となる具体的な制御信号を、ISO/IEC標準とは別に規定する必要がある [4][5]。

4. スーパーハイビジョン放送システムの概要

4.1 提案する放送システムのレイヤーモデル

放送は、多数の利用者に同時に安定してコンテンツを送送できる特徴がある。しかしながら一方方向にしか送送できない。これに対し、通信伝送路は双方向の伝送が可能であり、要求に応じたコンテンツを送送できる特徴があるが、

送信設備やネットワークに輻輳が発生しサービス品質が低下する可能性がある。このように特徴の異なる放送と通信を組み合わせることで、それぞれの伝送路の利点を活用することができるため、多様化が進むコンテンツ利用環境に対応し、より利便性の高いサービスの実現が期待できる [6][7][8]。特に超高精細のディスプレイでは、ハイビジョンのディスプレイと比較し極めて多くの情報を提示できるため、放送と通信を組み合わせることでコンテンツを配信するメリットがより大きくなる。

そのためスーパーハイビジョンの放送システムは、現在の放送システムのように放送単独の配信システムとして機能するだけでなく、必要に応じ通信も利用するコンテンツ配信システムの一部として機能することが必要になると考えられる。一方、利用者にとってはコンテンツの伝送路よりもコンテンツ自体が重要な要素であり、良質なコンテンツを手軽に利用できることが必要となる。そのため、利用者が伝送路を意識せずコンテンツを利用できるように、放送と通信が協調してコンテンツを配信する仕組みが必要になる。

これらの方針に基づき、筆者らが提案しているスーパーハイビジョンの放送システムのレイヤーモデルを図5に示す。放送番組の映像信号・音声信号の符号や、放送番組に関連するデータコンテンツや字幕の信号はMFU/MPUとし、MMTペイロードに乗せMMTパッケージ化しIPパケットで伝送する。一方、データコンテンツの一部や Electric Program Guide (EPG) などに必要なファイルは、MMTを用いずIP上のデータ伝送方式 [9]を用いて伝送する。コンテンツダウンロードサービスなどの拡張サービスもIP上のデータ伝送方式で実現することが可能である。

MMT を用いる場合あるいはデータ伝送方式の場合のい

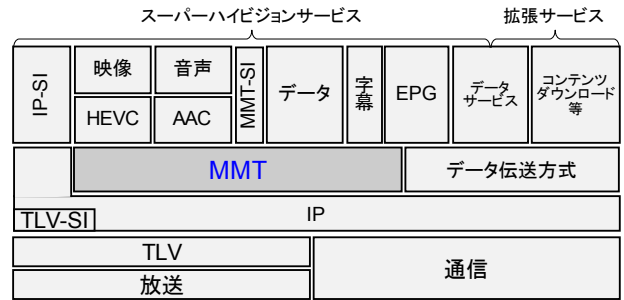


図5 スーパーハイビジョン放送システムのレイヤーモデル

Figure 5 Layer model of Super Hi-Vision broadcast system.

ずれも、伝送する情報はIPパケット化される。そこで放送伝送路では、IPパケットをTLVパケットの形式として多重し伝送する [10]。また、通信伝送路ではIPパケットのまま、ユニキャストあるいはマルチキャストの配信形態で伝送する。

これらのメディアデータを伝送する仕組みに加え、MMT-SI、IP-SI、TLV-SIの3種類の制御信号を設ける。MMT-SIは、放送番組の構成など放送番組に閉じた範囲の制御信号である。MMTの制御メッセージの形式とし、MMTペイロードに乗せMMTパッケージ化しIPパケットで伝送する。IP-SIは、放送番組に閉じない放送サービス全般に関する制御信号である。エンジニアリングサービスのダウンロード情報や、放送サービス全体の配信セッションの情報を提供する。TLV-SIは、IPパケットの多重に関する制御信号であり、放送波を選択しIPパケットを分離するための情報やIPアドレスとサービスの対応情報を提供する。

4.2 MMTのパッケージとサービスの関係

放送伝送路におけるMMTのパッケージとサービスの関係を図6に示す。スケジュールに従って送出される番組の

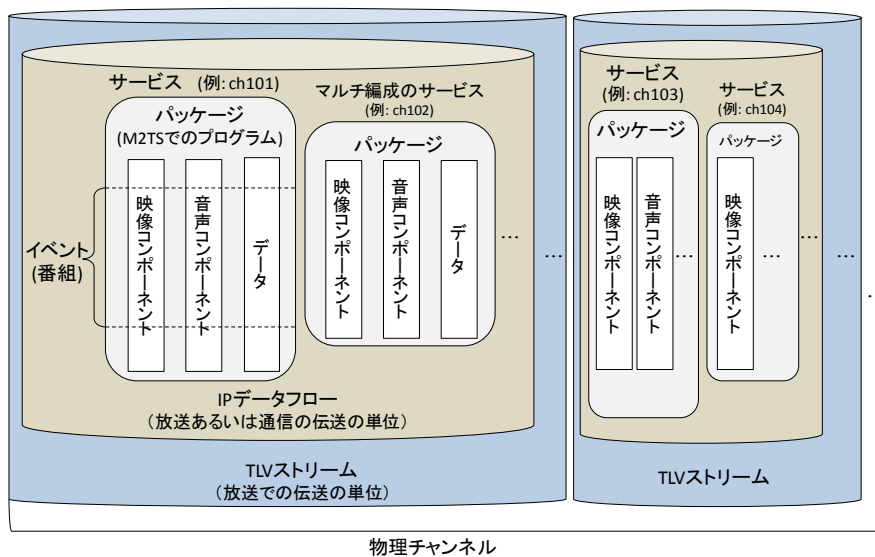


図6 放送伝送路におけるパッケージとサービスの関係
 Figure 6 MMT packages and services on broadcasting channel.

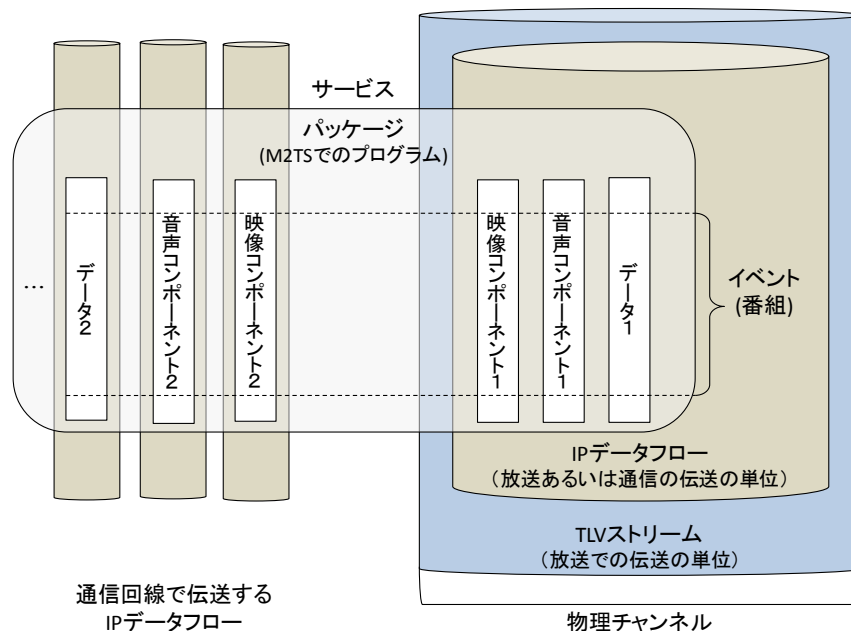


図 7 ネットワーク横断的なサービスの構成

Figure 7 A service over both broadcast and broadband.

連続としての“サービス”は、現在の放送と同様に用いる。MMT では、コンテンツの単位をパッケージとして定義しているが、このパッケージをサービスと一対一に対応付けて用いる。現在の放送では、MPEG-2 Systems の“プログラム”をサービスに一対一に対応付けて用いているが、MMT を導入することでプログラムからパッケージに変わる事となる。パッケージがサービスに対応し、一つのサービスにおいて開始及び終了時刻により区切られる“番組”はイベントとする。

また、MMT では放送伝送路と通信伝送路を同様に扱うことができる。放送伝送路と通信伝送路の両方を用いるサービスの構成を図 7 に示す。図 7 は、映像コンポーネント 1、音声コンポーネント 1、データ 1 を放送で、映像コンポーネント 2、音声コンポーネント 2、データ 2 を通信伝送路で伝送する様子を示している。放送伝送路では 3 つのコンポーネントを 1 つの IP データフローに多重し、同一の TLV ストリームで伝送している。放送伝送路では送信した情報がすべてのクライアント端末に伝送されるため、3 つのコンポーネントを 1 つの IP データフローに多重している。これに対し、通信伝送路で伝送するコンポーネントは、個別の要求に応じるため、互いに独立した IP データフローで伝送することとしている。このように MMT では、異なる伝送路で伝送するコンポーネントを一つのパッケージに含めることができるため、放送と通信の両方を用いたサービスを実現することが可能になる。

4.3 制御信号による MPU の提示先の指定

スーパーハイビジョン 8K は 7680×4320 の画素数があるため、これに対応した超高精細のディスプレイにさまざま

な情報を提示するためには、提示位置を指定できることが望ましい。

MMT では、MPU の提示時刻とあわせ、レイアウト番号と領域番号により提示位置を指定することができる。具体的な領域の割り当ては制御メッセージとして伝送するレイアウト設定テーブルにより指定する。図 8 にレイアウトの

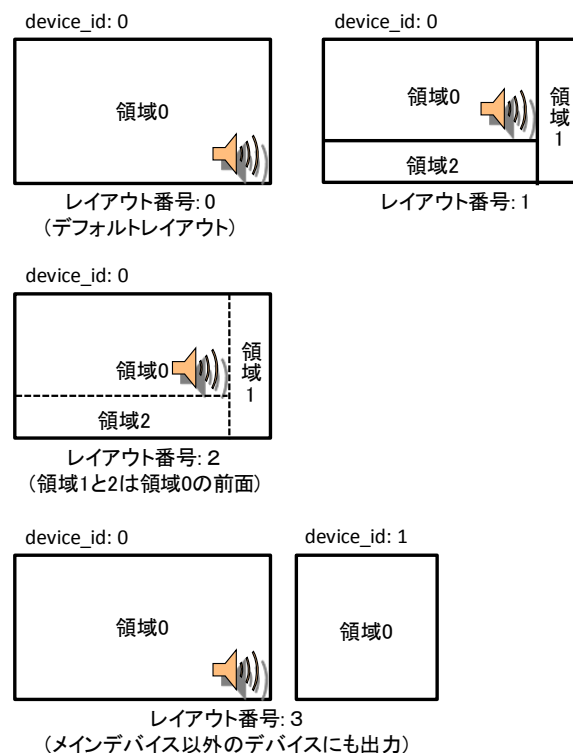


図 8 MPU の描画領域の指定の例

Figure 8 Examples of presentation areas of MPUs.

例を示す。これらの制御信号を用いることで、MPUを提示する領域を指定できるため、スーパーハイビジョンに対応する超高精細のディスプレイを活用するサービスが可能になる。

4.4 MMTにより実現されるサービスの例

放送と通信の伝送路を同様に利用することが可能なMMTを用いることで、図9に示すようなサービスが可能になる。

図9(a)は、放送と通信で伝送するコンポーネントを同期して提示する例である。多くの利用が予想される映像や音声などのコンポーネントを放送で伝送する一方、あまり多くの利用が見込めない、あるいは、即時性が必要とされないデータコンポーネントなどを通信伝送路で提供することが想定される。MMTでは、これらのコンポーネントをメディアトランスポートのレイヤで参照し、コンテンツを構成することができる。また、スーパーハイビジョンの高品質映像にオーバーラップしないよう、関連する情報をサブデバイスに提示することもできる。こうしたサービスは、MMTの制御メッセージがIPアドレスによりコンポーネントを特定していること、また、MPUのプレゼンテーションのタイムスタンプがUTCを基準時刻として用いていること、さらに、レイアウト設定テーブルによりMPUの提示場所を指定できることなどのMMTの仕組みにより実現される。

図9(b)は、放送を受信している際に、緊急ニュースなどが発生した場合、その映像・音声信号の提示位置を指定して提示する例である。現在の放送では、緊急ニュース等を放送中の映像と同じ映像コンポーネントとして伝送しているが、MMTを用いることで超高精細のディスプレイで提

示位置を指定し、放送中の映像コンポーネントとは別のコンポーネントとして伝送することが可能になる。

図9(c)は、衛星放送が降雨により正常に受信できなくなった場合、通信伝送路で伝送する代替のコンポーネントに切り替えて提示する例である。MMTでは、コンポーネントの参照はIPアドレスを用いて行うため、放送伝送路だけでなく通信伝送路のコンポーネントも参照することができる。さらに、制御メッセージでは、MPU単位で提示時刻を指定することから、放送伝送路のMPUが正常に受信できなくなった場合、通信伝送路で伝送する別のMPUを受信し提示することが容易に行える。同様の仕組みで、放送伝送路のコンポーネントを正常に受信できるようになった場合、通信伝送路からの受信を停止し、放送の受信に切り替えることも可能である。

放送と通信のハイブリッド配信に対応するMMTの仕組みを用いることで、これまでのテレビの利用とは異なる、情報をより活用する新たなサービスの実現が期待される。

5. おわりに

本稿ではMMTの概要とともに、筆者らが提案しているMMTを用いるスーパーハイビジョンの放送システムの概要について述べた。MMTを用いることで、放送伝送路と通信伝送路を同様に用いることができるため、超高精細のディスプレイにさまざまな情報を効果的に提示することが可能になる。今後、MPEG及びARIBでの標準化を進めるとともに、送信装置・受信装置を開発する予定である。

参考文献

- 1) Lim, Y.: IP-Friendly MPEG Media Delivery Standards for Next Generation Broadcasting, IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (2012).
- 2) Lim, Y., Park, K., Lee, J., Aoki, S. and Fernando, G.: MMT: An Emerging MPEG Standard for Multimedia Delivery over the Internet, IEEE Multimedia Mag., Vol.20, No.1, pp.80-85 (2013).
- 3) Text of ISO/IEC DIS 23008-1 MPEG Media Transport, ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 Doc. N13516 (2013).
- 4) 青木,他:次世代放送システムにおけるMMTの運用方法の検討, 第12回情報科学技術フォーラム(FIT2013), I-050 (2013).
- 5) 大槻,他:放送・通信ハイブリッド配信における制御情報の提案, 信学総大 B-6-129 (2013).
- 6) Concolato, C., Thomas, S., Bouqueau, R. and Feuvre, J. L.: Synchronized Delivery of Multimedia Content over Uncoordinated Broadcast Broadband Networks, MMSys'12 Proc. of the 3rd Multimedia Systems Conference, ACM Digital Library, pp. 227-232 (2012).
- 7) Chiao, H. -T., Tseng, C. -T., Jiang, J. -W. and Hou, H. -A.: Hybrid Streaming Delivery over DVB-H Broadcast and WiMAX Mobile Networks, IEEE 6th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (2010).
- 8) Heuck, C.: An Analytical Approach for Performance Evaluation of Hybrid (Broadcast/Mobile) Networks, IEEE Trans. Broadcast. Vol.56, No.1, pp. 9-18 (2010).
- 9) デジタル放送におけるダウンロード方式, ARIB STD-B45 (2011).
- 10) Multiplexing scheme for variable-length packets in digital broadcasting systems, Recommendation ITU-R BT.1869 (2010).

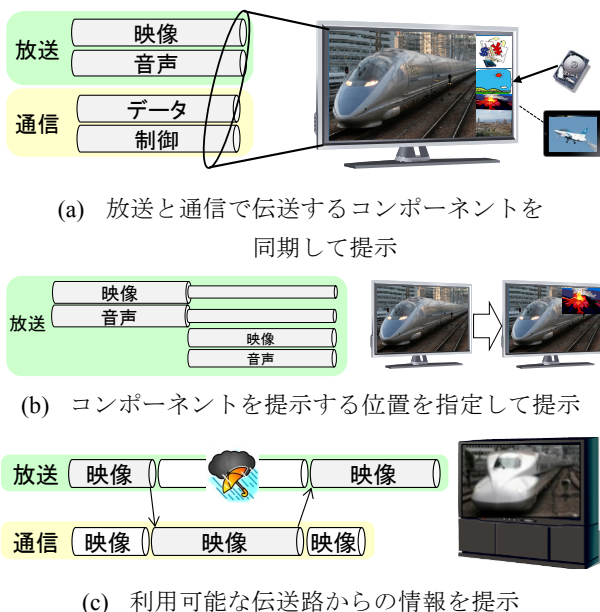


図9 MMTにより実現されるサービスの例

Figure 9 Examples of services realized by MMT.