3章 テレビ向けネット動画配信を支える技術

～MPEG-DASHとMSE/EME～

正会員 西村 敏[†]

キーワード：MPEG-DASH, MSE/EME, ハイブリッドキャスト, 4K配信, マルチペリオド, IPTVフォーラム MPEG-DASH 相互運用性検討会

1. まえがき

2013年9月に開始された放送・通信連携サービス“ハイブリッドキャスト”は、24の放送局によりサービスが実施され、その対応受信機は累計で600万台以上出荷されている。ハイブリッドキャストは（一社）IPTVフォーラムによって規格化され、アプリケーションエンジンにHTML5を採用することで、テレビ受信機やアプリケーションの開発コストを軽減することや、アプリケーションの複雑な処理を受信機と外部サーバとで連携して行うことで、より充実した放送通信連携サービスを行うことができる。

2014年12月、ハイブリッドキャスト運用規定（IPTV-FJ STD-0013）に、国際標準化機関ISO/IECにより規格化された動画配信方式であるMPEG-DASH（MPEG Dynamic Adaptive Streaming over HTTP）¹⁾を採用した新しいVOD（Video on Demand）技術方式が追加された。同技術方式は、テレビ受信機上で動作する動画視聴プレーヤを、Web技術の標準化団体W3C（World Wide Web Consortium）でHTML5のvideo要素の拡張機能として規格化が進められていたMSE/EME（Media Source Extensions/Encrypted Media Extensions）を利用してJavaScript言語で記述することを前提とした規格である。

これら新しい技術の登場と、インターネット接続環境の充実も相まって、ネット動画を積極的に活用する新たなサービス提供への期待が高まっている。すでに複数の放送事業者による、ハイブリッドキャストを起点とした4K動画配信の実証実験などが行われており、今後こうした流れが加速していくと予想される。

そこで本稿では、MPEG-DASHの概要について解説するとともに、MSE/EMEを利用してNHKが開発したdashNX動画視聴プレーヤについて述べる。

2. MPEG-DASH

2.1 MPEG-DASHの概要

近年の動画配信では、動画配信専用のプロトコルによる配信方式に代わり、テキストや画像と同様にHTTP（Hypertext Transfer Protocol）により動画を配信するHTTPストリーミング方式が主流となっている。

HTTPストリーミング方式は、動画配信専用の特殊なサーバを必要とせず、ウェブサイトの高速化・大規模化に利用されるCDN（Contents Delivery Network）をそのまま利用することから、従来の動画配信システムと比べて低コストかつ大規模な配信を実現できる。また、ネットワークの混雑状況に応じて、動的に映像品質を切替えるアダプティブストリーミングと呼ばれる機能を備えることにより、途切れにくい安定した配信を実現できる。

このような方式として、ITベンダーの独自方式のApple HLS（HTTP Live Streaming）、Adobe HDS（HTTP Dynamic Streaming）、Microsoft Smooth Streamingなどに加え、MPEG-DASHが挙げられる²⁾。

中でもMPEG-DASHは、国際標準であることから放送での利用が期待されており、欧州DVB、HbbTVなどの規格で採用されているほか、BBCのiPlayer、YouTube、Netflixなど、大手動画配信サービスでも利用が進んでいる。

2.2 MPEG-DASHの動作概要

MPEG-DASHコンテンツは、セグメントと呼ばれるエンコードした動画を数秒単位に分割した動画ファイルと、動画のエンコードパラメータ（符号化方式やビットレートなど）や、セグメントの情報（セグメントの分割単位や取得先など）などストリーミング再生に必要な情報を記述したメタデータファイルであるMPD（Media Presentation Description）で構成される。

ここで図1を基にMPEG-DASHによるアダプティブストリーミングの動作を説明する。

動画サービスの提供者は、あらかじめ一つの映像素材から品質（解像度やビットレート）が異なる複数の動画を生成し、セグメントに分割するとともに、すべての動画の情報を含むMPDファイルを生成する。これらのファイルは

[†] NHK 放送技術研究所 ネットサービス基盤研究部

"Technologies Supporting Video Streaming for TV Terminals: MPEG-DASH & MSE/EME" by Satoshi Nishimura (NHK Science & Technology Research Laboratories, Tokyo)

図1 MPEG-DASHによるアダプティブストリーミングの動作概要

Webサーバに供給される。

受信端末は、まずWebサーバからMPDファイルを取得し、セグメントの構成を把握する。続いて、ネットの混雑状況や視聴環境（端末の画面解像度など）に合わせた品質の動画を適宜選択して受信し、分割した順番通りにつなぎ合わせて再生する。この動作を繰り返すことで、突然ネットが混雑しても途切れることなく視聴を継続できる。

2.3 MPDの構成

MPEG-DASHでは、アダプティブストリーミング機能に加え、マルチビュー映像・多言語音声切替えや、放送のように編成に従った番組配信などのサービスを想定したコンテンツの記述が可能である。これらの実現方法を、図2のMPDの内容を参照しながら簡単に説明する。

MPDはPeriod, AdaptationSet, Representationの順に階層構造で記述される。Periodは一つの番組やチャプタを表しており、図2では、それぞれの番組尺（duration）が5分の二つPeriodを連結した構造をしている。このような記述方法をマルチピリオドと呼んでおり、放送のように編成に従った番組配信が可能となる。

Periodは複数のAdaptationSetから構成される。AdaptationSetはメディア要素（映像、音声、テキスト等）の情報を示している。同じメディア形式であっても表現（別角度の映像や、別言語の音声など）の異なるメディア要素を複数含むことができる。例えば、図2では映像（mimeType="video/mp4"）を二つ含んでいる。こうすることで、複数の映像から一つの映像を選択したり、途中で映像を切替えたりする視聴方法を実現できる。

AdaptationSetに記載のメディア要素に関するビットレート（bandwidth）や解像度の情報などはRepresentation

```
<MPD mediaPresentationDuration="PT0H10M00S">
  <Period id="p1"duration="PT5M00S" >
    <AdaptationSet id="a1"mimeType="video/mp4">
      <Representation id="r1"bandwidth="1000000">
        <SegmentTemplate duration="5"
          media="video_$.mp4"
          initialization="video.init"/>
      </Representation>
      <Representation id="r2"bandwidth="3000000">
        .....
      </Representation>
    </AdaptationSet>
    <AdaptationSet id="a2"mimeType="video/mp4">
      .....
    </AdaptationSet>
    <AdaptationSet id="a3"mimeType="audio/mp4">
      .....
    </AdaptationSet>
  </Period>
  <Period id="p2"duration="PT5M00S" >
    .....
  </Period>
</MPD>
```

図2 MPDの概要(抜粋)

に記述される。ビットレートや解像度が異なる複数のRepresentationを用意することで、アダプティブストリーミングを実現できる。

Representationには、メディア要素を構成する動画データ（図2のinitialization, media）の情報が記述される。initializationは符号化パラメータ等の初期化情報で、mediaがセグメントである。再生時刻とセグメントの対応関係の記述方法は複数あるが、図2は、セグメント長（duration=5s）毎にシーケンス番号（\$Number\$）がインクリメントされたファイル名となる例を示している。この情報を基に、現在

の再生時刻に対応するセグメントのURLを特定して受信することで、目的のシーンを再生できる。

3. ハイブリッドキャストにおけるMPEG-DASH動画再生

3.1 HTML5のvideo要素の拡張機能MSE/EMEの概要

HTML5における動画再生機能としてはvideo要素がある。しかし従来のvideo要素は、動画ファイルをダウンロードしながら再生するプログレッシブダウンロード方式のみに対応しており、アダプティブストリーミングや、ライブ配信、あるいはDRM (Digital Rights Management) など高度なサービスへの対応が困難だった。そのためWebブラウザ向けの動画配信では、長らくAdobe FlashやMicrosoft Silverlightに代表されるプラグインを用いた動画視聴プレーヤが利用されてきた。しかし、スマートフォンによる動画再生の需要の高まりから、プラグインの利用に伴う消費電力の増加やセキュリティリスクの増加などが課題となり、プラグインを排除する動きが進行した。

そこで、W3Cでは、HTML5のvideo要素で前述のような高度なサービスを可能とする拡張規格として、動画再生の制御を行うMSEと、コンテンツ保護を扱うEMEを規格化し、すでに多くのWebブラウザに実装されている。従来は動画のソースとして動画ファイルのURLを指定できるのみであったが、この拡張規格によりMSEによって生成された再生バッファを指定できるようになった。これにより、Webサーバとの動画データのやり取りや再生バッファへのデータ挿入、再生制御などの動画視聴プレーヤ機能を一通りJavaScript言語のみで記述できるようになった。

3.2 IPTV Forum Japan MPEG-DASH プロファイル

先に述べたIPTVフォーラムによる新しいVOD技術方式の中で、MPEG-DASHによるVODサービスを運用するためのプロファイルが策定された。これをIPTV Forum Japan MPEG-DASHプロファイル (以下、iptvfj-dash) と呼ぶ。本プロファイルは、HTML5対応Webブラウザでの動画再生を前提としており、テレビ向けのオープンな規格と

して世界で初めてMSE/EMEを採用した点が特徴である。

また、映像の符号化方式は、H.264 | MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding) またはH.265 | MPEG-H HEVC (High Efficiency Video Coding) とし、現在は4K解像度まで対応している。そのほか、MPDの記述制限、字幕やDRMの扱いなどに関して規定している。

3.3 iptvfj-dash対応動画視聴プレーヤ

従来のハイブリッドキャストのVOD方式と異なり、iptvfj-dashに対応したVODでは、視聴プレーヤをサービス提供者がJavaScriptプログラムとして用意する。視聴プレーヤは、端末がサービスにアクセスする度に、HTMLやCSSといったWebページの構成要素とともにWebサーバから配信される。そのため、テレビ受信機メーカはテレビ受信機に独自の視聴プレーヤを組込む代わりにHTML5対応Webブラウザを搭載するだけで良くなった。したがって、サービスに特化した視聴動作の実現などが容易になり、多彩な動画配信サービスの展開に結びつくことが期待された。

しかしながら、各サービス提供者が視聴プレーヤを自ら開発することは多大な労力を要することに加え、受信機メーカにとっても、振舞いや性能が異なる多様な視聴プレーヤの動作検証を行うことは逆にコスト高となることが予想された。

そこで、iptvfj-dashに準拠し、さまざまなサービス提供者が共通に利用できるリファレンスモデルとしてiptvfj-dash対応動画視聴プレーヤを開発した。図3に構成を示す。

核となるのは図3の再生制御モジュールであり、MPEG-DASH動画データの受信制御や再生・一時停止・シークといった動画再生の基本動作を実現する機能に加え、多様なサービス要件を実現するために必要なAPIを備えている。本モジュールを“dashNX”と呼ぶ (動画視聴プレーヤ全体を指してdashNXと呼ぶ場合もある)。また、拡張アプリケーションはこのAPIを利用して予め作成した実装サンプルである。本アプリケーションにサービス要件に合わせて機能追加することや端末に合せたユーザインタフェース (同図の各UI) を用意することで、視聴プレーヤの動作を

図3 iptvfj-dash対応動画視聴プレーヤの全体構成

図4 マルチデバイスでの再生状況

容易にカスタマイズできる。

また、再生制御機能モジュールは、テレビ受信機での安定再生を主な要件としたが、MSE/EMEに対応したWebブラウザを搭載した端末であれば、スマートフォン、パソコン等でも動作可能なため、マルチデバイスで共通な視聴環境を実現できる(図4)。

4. dashNXの特長

4.1 テレビ受信機での安定再生

開発当初、PC向けのJavaScriptベースの視聴プレーヤとしては、DASH Industry Forum³⁾が公開しているdash.jsが有名であったが、PCと比べてCPUやメモリー等のリソースが少ないテレビ受信機においては、安定した動画再生に課題があった。例えば、テレビ受信機ではWebブラウ

ザ内部の動画再生バッファの容量が非常に小さいことから、PCと同じバッファ管理方法ではバッファ破綻が起きやすく再生中断が頻発する現象が発生していた。

そこで、再生制御モジュール内に前段バッファを設け、動画再生バッファと連携制御することで、ネット回線の変動や動画のビットレートに合わせて柔軟にバッファサイズを制御する新たな再生バッファ管理手法を開発した。さらに省メモリーで動作するプログラム構造としたことで、4K動画をテレビ受信機でも安定に再生できるようにした。

4.2 サービス要件に合わせた拡張機能

3節で述べた拡張アプリケーションの応用例について説明する。

ハイブリッドキャスト運用規定では、iptvfj-dashによるネット動画再生中にも放送信号から情報を取得することができる(現在は一部受信機で実装)。したがって、放送信号で制御が可能なハイブリッドキャストならではのネット動画サービスの開発が可能である。例えば、放送の時刻情報等を基に放送と4Kネット動画とを同期し、相互に切替えて提供するサービス等が開発できる。ネット動画再生中に放送波による緊急情報等を受信すれば、ネット動画を中断して放送に引き戻すことも可能である。

またdashNXは、2節で述べた複数のPeriodを連結したマルチピリオド形式のMPDにしたがって、さまざまなサーバにある動画をシームレスにつなぎ合わせて再生することができる。図5にその一例として、番組本編に視聴者毎に別の動画クリップを挿入したMPDを用意することで、視聴者に応じて動画クリップを差し替える例を示している。

図5 視聴者に応じた動画クリップの挿入・差し替え

dashNX Player Test

[トップへ戻る](#)

IPTVFJ STD-0013 C.5.1.2 リプレゼンテーション遷移の動作テスト(Time): (2-1-13以降は任意)

項目	テスト概要	profile	Representationの組み合わせ
2-1-1	符号化レートの変化(1)	Main	1920x1080-29.97p-[1.5Mbps / 3Mbps / 6Mbps / 8Mbps / 10Mbps]
2-1-2	符号化レートの変化(2)	Main	1920x1080-59.94i-[1.5Mbps/3Mbps/6Mbps/8Mbps/10Mbps]
2-1-3	符号化レートの変化(3)	High	1920x1080-29.97p-[1.5Mbps / 3Mbps / 6Mbps / 8Mbps / 10Mbps]
2-1-4	符号化レートの変化(4)	High	1920x1080-59.94i-[1.5Mbps/3Mbps/6Mbps/8Mbps/10Mbps]
2-1-5	プロファイルの変化(1)	Main/High	1920x1080-29.97p-Main-[1.5Mbps/3Mbps/6Mbps] / 1920x1080-29.97p-High-[8Mbps/10Mbps]
2-1-6	プロファイルの変化(2)	Main/High	1920x1080-59.94i-Main-[1.5Mbps/3Mbps/6Mbps] / 1920x1080-59.94i-High-[8Mbps/10Mbps]
2-1-7	解像度の変化(1)	Main	720x480-59.94i-1.5Mbps / 1440x1080-59.94i-6Mbps / 1920x1080-59.94i-10Mbps
2-1-8	解像度の変化(2)	Main	720x480-59.94p-1.5Mbps / 1280x720-59.94p-6Mbps
2-1-9	解像度の変化(3)	Main	1440x1080-29.97p-3Mbps / 1920x1080-29.97p-10Mbps
2-1-10	解像度の変化(4)	High	720x480-59.94i-1.5Mbps / 1440x1080-59.94i-6Mbps / 1920x1080-59.94i-10Mbps
2-1-11	解像度の変化(5)	High	720x480-59.94p-1.5Mbps / 1280x720-59.94p-6Mbps
2-1-12	解像度の変化(6)	High	1440x1080-29.97p-3Mbps / 1920x1080-29.97p-10Mbps
2-1-13	走査方式の変化(1)	Main	1440x1080-59.94i-3Mbps / 1440x1080-29.97p-6Mbps
2-1-14	走査方式の変化(2)	Main	1920x1080-59.94i-6Mbps / 1920x1080-29.97p-10Mbps
2-1-15	走査方式の変化(3)	High	1440x1080-59.94i-3Mbps / 1440x1080-29.97p-6Mbps

図6 受信機の動作検証のためのテストサイト

さらに、現在再生中のシーンが番組本編か挿入されたクリップか等によって視聴制御を変更することができるので、番組の途中で視聴者毎に異なる広告を挿入することや、広告のスキップを禁止するサービスを提供することもできる。

以上は一例であり、今後もサービス要件に応じて随時APIや実装例を追加していく。これらを応用して新たなサービスの創出につなげていただくことを期待したい。

5. IPTV フォーラム MPEG-DASH 相互運用性検討会

MPEG-DASH 相互運用性検討会は、iptvfj-dashに対応したソフトウェア・機器等の相互運用性を高めることによる安定したサービスの実現と発展を目的として2016年1月に発足した。現在では、放送局、受信機メーカ、配信事業者等を中心に40社以上が参加している。

NHKは、dashNXを同検討会に提供し、会員社向けにオープンソースとして公開した。あわせて開発用サンプルプレーヤーや受信機の動作検証のためのテストサイトなどを提供し、検討会の会員社が速やかにサービス開発に着手できる環境を整備した(図6)。

その結果、すでに会員社による4K動画配信サービスやハイブリッドキャストを起点とした4K動画配信の実証実験に採用されるなど活用実績を積み上げている。

ただし現状では、受信機によって振る舞いが異なることや、実現したいサービスに必須な機能への対応がまちまちであるといった課題がある。

そこで、ハイブリッドキャスト上でのネット動画視聴に

おける視聴者の安心・安全の確保や放送局の継続的な事業性を支える機能の確実な実装と動作の共通化を図るため、

- ① イベントメッセージによる放送波への緊急引き戻し、
- ② マルチピリオドによるシームレスな広告挿入、を中心にサービス要件や運用方法の明確化と検証環境の整備を進めている。

6. むすび

本稿では、テレビ向け動作配信を支える技術として、国際標準の動画配信技術であるMPEG-DASHと、HTML5のvideo要素の拡張機能であるMSE/EMEにより開発した動画視聴プレーヤーについて述べた。今後も、IPTVフォーラムMPEG-DASH相互運用性検討会での活動を通じて、安定した動画サービスの実現や発展に貢献していく。

(2017年7月31日受付)

〔文 献〕

- 1) ISO/IEC23009-1: "Information Technology - Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH) -" (2014)
- 2) 平沼光浩: "次世代動画配信技術「MPEG-DASH」技術概要と標準化・関連技術動向", 映像学誌, 67, 2, pp.109-115 (2013)
- 3) <http://dashif.org>

西村 敏 2000年、早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了。同年、NHKに入局。広島放送局を経て、2003年より、放送技術研究所にてインターネットを利用した動画配信基盤技術の研究に従事。現在、放送技術研究所ネットサービス基盤研究部上級研究員。正会員。