4. IPTV関連サービスの普及に向けた取組み

4-4. ケーブル事業者の取組み

笠井 康伸[†]

キーワード ● CATV, 双方向サービス, STB, VOD, SDV

1. ま え が き

CATV事業者がアクセスネットワークとして敷設しているHFC (Hybrid Fiber Coaxial) では、光ファイバと同軸ケーブルを併用する。幹線部分に光ファイバを使用することで長距離の安定的な配信を可能にするとともに、末端のノードから住戸までは同軸ケーブルにすることで使い回しのよさを確保するためである。

早い時期から、HFCを使った双方向サービスは実現されていたが、ここ数年の技術進歩により、周波数・帯域を動的に割当て、IPネットワークと同様のサービスを実現できるシステムが開発されている。本稿では、日本最大のCATV MSO (Multiple Systems Operator) であるジュピターテレコム (J:COM) の事例を交えながら、HFCネットワークを使って、どのようにIPTVと同種のサービスを実現しているかを紹介したい。

2. FDMによる帯域マネジメント

ケーブル事業者が使用するHFCネットワークでは、FDM (Frequency Division Multiplexing) という方式によって、複数のサービスやチャネルを1本のネットワークに乗せている。具体的な方式は国によって若干の違いがあるが、日本では6MHzごとに周波数を区切って使用している。これをスロットと呼び、スロット単位にサービスやチャネルを割当てることで、1本のケーブル上で多様なサービスを実現している。

この方式のメリットは、ネットワーク的にはスロット単位で独立するため、ほかのサービスの干渉を受けない点である。例えば、1本のネットワークでインターネットアクセスとIP電話、それに映像サービスを伝送しても、それぞれを独立したスロットに割当てるため、相互に干渉し合うことがない。また、同じIP系のサービスであったとしても、例えば、PCからのインターネットアクセスとIP電話、それにSTB (Set Top Box) のトラフィックを、別個のスロット

に割当ててしまえば、PCからのアクセスが一時的に大幅に増加しても、IP電話やSTBの双方向サービスには影響がおよばない。ネットと電話、テレビではサービスポリシー、とくに、品質に関するポリシーが大きく異なる場合が一般的であり、こういった場合に個々のサービス間の影響を排除できるメリットは大きい。さらに、変調方式もスロット単位で変えられるため、インターネットアクセスでは、256QAMを使用することで、スロット単位で40Mbpsの帯域を割当てる。対して、テレビなどの映像系では、64QAMで約30Mbpsとするものの、ノイズ等への耐性を向上させ、安定的に配信するといった使い分けが可能である。

逆にデメリットといえば、代表的なものとして四つ挙げられる。一つ目はスロット単位のアクセスが基本であり、それ以上の帯域を実現できていなかったこと。つまり256QAMを使用しても40Mbps程度しか実現できず、FTTHベースの100Mbps以上のスループットが実現できていなかったことである。二つ目は、スロットの利用形態が固定的であり、安定的な配信が可能な反面、帯域に無駄が生じやすいことである。例えばトラフィックの増加傾向が異なる二つのサービスをまとめて扱えば、仮にサービスごとにピーク値が異なっていた場合には、両者を一括して扱ったほうが最大必要量は低く抑えられる。三つ目は、放送をブロードキャストすることによる無駄である。地上デジタル放送やBSデジタル放送であれば、配信エリアが広く、またチャネル数も少ないため、特定のチャネルを誰も見ていないということは、まずあり得ない。しかし、CATVサービスの場合、基本が多チャネルであること、また配信ネットワークに(有線)ケーブルを使用するため、配信単位は敷設するケーブル(ノード)単位となるため、視聴者がゼロのチャネルも存在する。それにも関わらず、固定的にスロットをチャネルに割当てるため、無駄が生じるわけである。最後の四つ目は、スロット単位でチューナが必要であることである。双方向の映像サービスを実現するためには、テレビ(映像)視聴用のチューナと、双方向用のDOCSIS (Data Over Cable Service Interface) と呼ばれるチューナが必要となる。3年ほど前から国内でも普及をはじめたHDD内蔵型のSTB (DVR) では、いわゆる「裏録」を可能とするために、テレビチューナを二つ、DOCSISチューナを

[†] 株式会社ジュピターテレコム

"2 Way Services on CATV Network" by Yasunobu Kasai (Jupiter Telecommunications Co., Ltd., Tokyo)

一つ、計三つのチューナを搭載している。当たり前だが、チューナは、すべて物理的なハードウェアであり、STBなどの機器のコストに上乗せされる。これが、IPTVサービスであれば、ネットワークの帯域、STBの処理能力次第で、いくつものチャンネルを扱うことができる。

もっとも、こういったデメリットは、新たな技術の開発によって、おおむね解消されている。言い換えると、ここで挙げた四つが、ケーブル事業者にとってのIPTV化のメリットであったわけだが、現時点では、それらが概ね解消されているというのが私の見解である。

3. チャンネルボンディングによる広帯域化

ケーブル事業者が使用する変調方式であるQAM (Quadrature Amplitude Modulation) では、技術的には1024QAMなども存在するが、扱いがシビアであり、フィールドで実際に使用している事業者はいない。そこで登場したのがチャンネルボンディングと呼ばれる技術である。

これは、複数のスロット (チャンネル) を仮想的に組合せて1本のネットワークのように見せる技術である。例えば、1スロットあたり40Mbps程度の256QAMを、4スロット組合せることで160Mbpsを実現する。無線LANの規格であるIEEE802.11nでも取り入れられていることからご存じの方も多いと思うが、ケーブル事業者向けにもDOCSIS 3.0という名称で規格化がなされており、国内でも、2007年より商用サービスが始まっている。もっとも、2007年当時はDOCSIS3.0規格が最終FIXしておらず、その前段階であるPre-DOCSIS 3.0でのスタートであった。

技術的には32チャンネルをボンディングすることで1Gbps以上を実現するという試みも行われており、実際に必要かどうかは別として、アクセススピードの広帯域化という意味で、ケーブル事業者の自由度は高い。もっとも、周波数は有限であり、特定のサービスに多くのスロットを固定的に割当ててことは、ビジネスの採算上は問題が生じやすい。そこで、並行して検討されてきたのがUniversal Edge QAMとERM (Edge Resource Manager) である。

従来は、スロットにサービスを割当て際に使用する装置が、サービスごとに異なっていた。その後、ケーブル事業者がVODサービスを実現するために、Edge QAMと呼ばれる装置が開発された。これは、特定のスロットにQAM変調で映像を流し込むためのもので、わかりやすく書けば、IPネットワークの入力データを、64QAMに変換する役割を持つ。この装置を汎用化することで、異なるサービスでも同一のEdge QAMを使用できるようにする。これがUniversal Edge QAMという考え方である。さらに、それらを管理するためにERMを配置する。このERMは、サービスポリシーや実際の利用状況に応じて、動的にサービスとEdge QAMのマッピングを行う。例えば、ERMの管理下に12のスロットと、二つのサービス、VODとDOCSIS 3.0を割当てたとする。この12のスロットをサービスポ

リシーや実際の利用状況に応じて、昼は四つをVOD、8つをDOCSIS 3.0、夜は8つをVOD、四つをDOCSIS 3.0という具合に切替えていく。

後述するが、ケーブル事業者では、映像チャンネルの割当てでも動的に行う試みが進んでおり、この場合にもEdge QAMを使用する。つまり、最終的には、すべてのスロットにEdge QAMを割当て、ERMにより動的に管理するといった形態も考えられる。

実際には、スロット内での帯域管理も必要である。例えば、J:COMの場合、VODサービスではSD (Standard Definition) 映像は3.6Mbps、HD (High Definition) 映像は14.5Mbpsで配信している。これをノードごとに概ね4スロットを割当てている。各スロットでは64QAM変調を使用しているため、実効帯域は約30Mbps。つまり、SDであれば8ストリーム、HDは2ストリームを配信できる。

現在のVODシステムは、内部にEdge QAMの管理機能を保有しており、それが、ユーザ (STB) からのリクエストに応じて、割当てられているスロットの中から空いているものを探し、そこにストリームを送出している。STB側から見れば、VODシステムに映像の送付リクエストを送ると、スロット (周波数) とストリームIDが割当てられる。このスロットにテレビチューナを合わせ、ストリームを取得・表示するといふメカニズムである。

これがERMが導入された場合、VODシステムは自らEdge QAMを管理するのではなく、ERMに対してリソースの割当て要求を出す。ERMは、自らの管理下にあるスロット全体から空いている帯域を探し、それを割当てて。これはスロットごとにサービスを割当ててもいいし、例えば、VODと映像チャンネルだけは同一スロットに割当てるといったことも可能である。VODや映像チャンネルは、使用する帯域のバリエーションが少なく、またセッションが、ネット系のサービスと比較すると圧倒的に長時間となるため、帯域の管理がしやすい。こういったサービスは、同一スロット内での混在も許可し、より効率的な配信を実現する。逆に、トラフィックの揺れが大きく予想がしにくいインターネットアクセス系のサービスでは、割当てスロットをほかのサービスと混在することなく独立して割当てて。

このようにポリシーの異なるサービスを、スロット単位で扱えるのがERMの特徴である。

4. IPを使わないマルチキャスト配信

映像チャンネルのスロットへの動的な割当てに入る前に、J:COMが導入しているVODシステムについて説明する。これは、将来の視聴形態により、そもそもマルチキャスト配信にメリットがあるのかどうかが変わってくるためである。

J:COMのVODサービスでは、映像の送出には64QAM、メニューや双方向信号のやりとりにはIPネットワークを使用している。映像の送出にIPネットワーク (技術) を使用していないのは、IPパケット化によりオーバーヘッドが生じる

にも関わらず、メリットがないからである。前述のとおり、VODの映像ストリームにはSDの3.6MbpsとHDの14.5Mbpsの2通りしかなく、また送出サーバによってトラフィックが管理されているため、IP化の必要がない。

これに対してメニューや双方向信号のやりとりでIP技術を使用しているのは、メニュー表現にWeb系の技術を使っているためである。J:COMが映像サービスに使用しているすべてのSTBには、共通仕様のWebブラウザが搭載されており、このWebブラウザには、独自のVOD拡張を施しており、HTMLとJavaScriptにより、VODのすべての機能が制御可能である。記述が容易なWeb系の技術を使うことで、メニューの改修を容易にするとともに、Ajax (Asynchronous JavaScript+XML) の利用による表示の高速化、SaaS (Software as a Service) によるレコメンドサービスの導入なども行っている。つまり、映像のような大容量のデータを単純に配信する部分ではIP化によるオーバーヘッドを避け、メニューのように記述性が重要になる部分、および、インターネット上のさまざまなサーバと連携した高度なサービスを実現するために、IP技術を取り入れている。IPTVサービスの定義では、よく「映像をIPパケットで伝送する」ことが重要視されるが、IP化によるメリットを追求した場合、上述のような形態が望ましいのではない。

参考までに、VODシステムのバックエンド、およびバックボーン部分は、すでに大半がIP化されている。J:COMの場合、VODサービスを提供するために3階層のネットワークを使用している。もっとも上位に位置するのが、コンテンツを全国に配信するための1次ネットワークであり、ここから全国3カ所のマスタヘッドエンドにコンテンツが伝送される。マスタヘッドエンドには、ビデオポンプやストレージ、バックエンドの管理システムといったVODシステム群が設置されており、原則、マスタヘッドエンド単位で機能している。さらに、その下には50カ所程度のローカルヘッドエンドが配置される。

マスタヘッドエンドとローカルヘッドエンドは、エリアによって異なるが、10Gbpsから80Gbps程度のファイバによるリング状のネットワークが複数設置されている。いずれかのリングにローカルヘッドエンドがつながるわけである。ここまでは、すべてIPネットワークを使用している。そして、もっともアクセスネットワークに近いローカルヘッドエンドで、前述のEdge QAMを使用して、64QAMへの変換を行い、STBに映像を送出している。つまり、IP技術を使っていないのは、ローカルヘッドエンドからSTBへの映像配信を行う部分のみであり、それ以外のすべてはIP技術によって構築されたVODシステムである。

4.1 SDVサービスによるチャンネルの動的割当て

CATVサービスでは、地上デジタル放送やBSデジタル放送に加えて、自主のデジタル放送を配信している。J:COMでは、これをケーブルデジタル放送と呼び、エリアによって若干異なるが50チャンネル程度を扱っている。

配信においては、地上波やBSなどの衛星放送と異なり、ケーブルを使用する。このケーブルを使った配信の最小単位をノードと呼ぶ。J:COMの場合で言えば、ノードがカバーするエリアのホームパス（配信可能世帯）は概ね2,000世帯程度、その中で実際に有料の契約をしている世帯は500程度である。つまり、ノード単位で考えると、500世帯程度を最小単位として、地上デジタル放送、BSデジタル放送、それにデジタルケーブルテレビを合わせて70～80チャンネル程度を配信していることとなる。実際には、全世帯が常にテレビを視聴していることはなく、また、チャンネルごとに視聴率（視聴数）に大きなばらつきが生じるため、結果として、ノード単位で考えると、誰も見ていないチャンネルが存在することとなる。

この無駄を解消し、より多くの映像チャンネルを配信可能とするために考え出されたのが、SDV (Switched Digital Video) である。内容は、IPTVにおけるマルチキャスト配信と似ている。SDVに対してスロットを割当て、各スロットからはEdge QAMを通じて映像チャンネルを配信（放送）する。すべてのスロットにEdge QAMを割当てるため、複数のノードをまとめたサービスグループという考え方を導入することで、必要なEdge QAMの数を減らしている。ノード単位の配信にすると、ノード数×対象スロット数分のEdge QAMが必要となるためである。

SDVで配信される映像チャンネルは、サービスグループ内で、最低1台以上のSTBから視聴リクエストがなければ配信されない。実際の仕組みは、日本ではデータ放送の配信に使われているカルーセル伝送を使う。現在、サービスグループ内で配信されているチャンネルIDとスロット（周波数）、それに配信IDが記述されたテーブルを、短い周期でカルーセル伝送することで、STBは、チャンネルが配信されているかどうか、配信されている場合は、どのスロットにあるかを把握する。もし、配信されていない場合は、SDVサーバに対し配信リクエストを送ると、空きスロットが割当てられ配信が始まる仕組みである。

日本で、このSDVを導入しているケーブル事業者は2009年3月時点ではないが、北米では、すでに商用ベースで利用している事業者がいる。北米では、チャンネル数が200～300と日本と比べて数が多い上に、チャンネルラインナップにはスペイン語やフランス語の放送など、エリアの住民構成によって視聴数が大きく異なる傾向にあることも要因で、SDVの効果が得やすいからである。

北米で実際に導入されているSDVシステムでは、サービスグループ内で映像チャンネルが配信されていなかった場合でも、100～200ms程度で映像を立ち上げている。つまり、視聴者から見れば、SDVを導入してもレスポンスにほとんど影響は出ていない。また、STBの場合、電源を入れっぱなしにしている視聴者も多い。マイナーなチャンネルを選局した状態で放置されるとSDVの効果を損なうため、一定時間以上、STBの操作がないと、画面上の視聴確認のダイア

ログを表示し、それでも操作がない場合は、特定チャンネルに切替えるといった制御も行われている。これらにより、SDVを導入することで、130~200%程度の効率化が実現できている。つまり、例えばSDVを導入しない状態では10チャンネルしか配信できなかった周波数帯で、SDVを導入すると13~20チャンネルが配信できているという。

SDVシステムは、センター設備で見ると、VODシステムと大半を共有できる。むしろ、サービスグループ内で複数のSTBからリクエストがあった場合でも、1本のストリームしか配信する必要がないことから、簡易型のVODシステムとして位置づける場合もある。

さらに逆の発想として、既存のVODシステムに、ほとんど手を加えずに、簡易型SDVを実現する取り組みもある。前述のとおり、SDVの導入効果が130~200%程度が見込めることを前提とすると、最大で半数程度は視聴者数がゼロということになる。この場合、配信されているチャンネルであっても、視聴者数は1前後であるものが多く存在することになる。ならば、対象チャンネルを事前に絞り込めば、わざわざマルチキャストで配信するのではなく、ユニキャスト、つまり既存のVODシステムを使って配信しても、さほどオーバーヘッドは生じないという考え方である。これを簡易型のSDVと呼ぶ。簡易型SDVのメリットは、VODシステムの改修インパクトが極めて小さい点である。ただ、これを商用サービスに適用している事業者はまだ存在しない。

4.2 放送のユニキャスト化

SDVにより、マイナーなチャンネルの動的な割当てが進むのと並行して、メジャーなチャンネルのユニキャスト化も進んでいる。DVRの普及により、タイムシフト視聴に慣れた視聴者が、自由な視聴形態を望むからである。

これに応えるために、ケーブル事業者は「Time Shift」、 「Catch Up」と呼ぶ二つの視聴形態を用意している。Time Shiftは、現在、放送されている番組でトリックプレイを可能とする形態である。視聴者が放送を見ている最中に、リモコン操作などで映像を一時停止したり、番組の先頭に戻したりできる。実際には、リモコン操作がされた段階で、放送（ブロードキャスト）からVOD（ユニキャスト）に切替わる。北米ではTime Warner CableがStart Overというサービス名称で実現している。Start Overの場合は、コンテンツの権利者との調整で早送りを禁止するとともに、利用できる期間を該当番組が放送されている時間帯に限定している。つまり2時から2時54分まで番組が放送されている場合、その時間内であれば自由に一時停止や巻き戻しが可能であり、一度、Start Overモード（VOD）に移行してしまえば、2時54分を過ぎても自由に視聴できる。ただし、このStart Overモードに移行できるのは、2時から2時54分までという制限を付けている。これにより、番組の時間軸による編成というポリシーを変えず、またCMスキップなどを抑制しつつ、ユーザの利便性向上を実現した。このサービスは普及が加速しており、Time Warner Cableの場合、エリアに

よっても異なるが、対象チャンネルは70~100程度、同時視聴数も15~20%程度になっているという。

もう一つのCatch Upサービスは、ケーブル事業者によって厳密な定義は異なるが、概ね、番組放送後に、放送された番組コンテンツ、もしくは関連するコンテンツをVODでサービスするものである。北米ではComcastなどが、チャンネルに関連したコンテンツを多数、VODで無料提供しており、大きな人気を集めている。つまり、SDVやTime Shift、Catch Upにより、従来はスロットを固定的に割当てて放送していた映像チャンネルが、動的にスロットを割当てて、かつユニキャストで配信する方向へ、急激にシフトしているのが現状である。

5. む す び

冒頭で書いたスロット単位でチューナが必要である点に、現時点では抜本的な解決策はない。複数の映像チャンネルを一括して表示する場合に、STB側で受信・合成するのではなく、センター側であらかじめ合成したものを配信するソリューション（一部、事業者ではMosaicサービスと呼ばれている）がある程度である。

それ以外の項目については、すでに技術が開発され、多くは商用サービスで使用されている。つまり、IPTVサービスでのみ提供可能で、ケーブル事業者で技術的に提供できないものはないという認識である。

それでは、もし将来、ケーブル事業者がIPTV化していく必要が生じるとしたら、それはどういう未来なのかを最後にまとめておきたい。

まずは、アクセスネットワークが、今以上に高速化した場合である。FTTHサービスでは100Mbpsから1Gbps程度のサービスが存在するが、ケーブル事業者のHFCネットワークでも、すべてのスロットを使えば3Gbps程度を発揮することができ、このレベルではIP化する必要はない。これが10Gbps以上になれば、多様なサービスを物理的な1本のケーブルで配信する場合には、明確な意味を持つであろう。

そして、もう一つは映像サービス・双方向サービスの多様化である。現在のように、SDとHDの2種類をシンプルに送り、双方向といっても、簡単な制御信号のやりとりをするだけではIP化の意味はない。ここにUGC（User Generated Contents）などが加わり、さまざまな帯域が使われたり、複数のセンター・サーバや、場合によってはユーザ宅の機器が複雑に連携した双方向サービスが実現された場合、初めて意味を持つのではないか。

（2009年3月30日受付）

笠井 康伸（株）ジュビターテレコム商品戦略本部所属。主に、双方向デジタルテレビサービスの商品企画、および、システム開発に従事。