



# デジタルケーブルテレビ関連技術 およびサービス動向

宮地悟史  KDDI(株)



## ケーブルテレビ概要

1953年のテレビ放送開始からわずか2年後の1955年、群馬県渋川伊香保温泉にて、難視聴解消を目的としたテレビ共同受信が開始された。これが国内最初のケーブルテレビとされる。このような共同受信システムは、Community Antenna Television (または Common Antenna Television) と呼ばれ、CATV (シー・エイ・ティー・ビー) と略される。

CATVは、その名が示す通り、受信状態の良い場所に地域(コミュニティ)で共有するアンテナを設置し、ここで受信した電波を増幅して同軸ケーブルによって各世帯に分配(再送信)するものである。その後、CATVは、自主放送(コミュニティ独自の放送、「コミュニティチャンネル」とも呼ばれる)を配信するようになるとともに、地上波やBS放送とは異なる専門分野別にさまざまな番組を放送する「多チャンネル放送」も行われるようになった。さらに、近年ではケーブルモデム技術を使ったインターネットサービス、ならびに、音声電話サービスも提供されるようになった。

このように、かつての「CATV」は、テレビの再送信のみならずさまざまな付加価値サービスを提供する「ケーブルテレビ」へと進化を辿ることとなった。


現在、ケーブルテレビは、トリプルプレイ(映像・インターネット・電話)を提供する通信インフラとして、大手通信事業者の光ファイバに対抗する位置付けとなっている。

以下、本稿では、ケーブルテレビに関して、サービス動向および基本技術を解説するとともに、今後期待される次世代サービスについて概観する。



## サービス動向


### 全体概要

2010年9月現在の、ケーブルテレビの接続・利用世帯数を  -1 に示す<sup>1)</sup>。

まず、ケーブルテレビのサービスエリアであるホームパス(ケーブル幹線工事が完了していて申し込めばすぐに接続可能な世帯)は、4,451万世帯に上る。これは、全世帯数5,336万世帯の約83%、許可エリア内世帯数4,890万世帯の約91%に相当し、ケーブルテレビは、世帯カバー率の高いサービスエリアの充実したインフラであることが分かる。次に、実際にケーブルに接続している世帯数は、2,371万世帯となっている。すなわち、国内全世帯の約半数(44%)がケーブルを利用してテレビを受信していることを意味する。一方、有料放送(専門チャンネルなどの多チャンネル放送)への加入は735万世帯で、ホームパス比で約16%となっている。日本では地上波とBS放送で十分という視聴者が多く、多チャンネル放送は趣味性の高い領域となっている。多チャンネル放送は、ケーブルテレビ事業者にとって重要な収益源であるとともに、競合他社(衛星放送事業者や通信事業者)との競争領域でもあるため、サービス・料金・営業戦略などのさまざまなシェア拡大施策がとられている。

以下、トリプルプレイを構成する各サービス(映像、インターネット、電話)をそれぞれ解説する。

### 映像サービス

 -1 に、ケーブルテレビにおいて現在提供されている映像サービスの一覧を示す。



# 特集 アナログテレビ放送の終焉

最も身近な映像サービスは「再送信」である。ここでは、地上波放送、ならびに、BS放送が再送信される。前述したように、「CATV」の起源でもある難視聴対策のための再送信のほか、地上波放送のチャンネル数が少ない地方では、近隣の都市で受信した放送信号をケーブルテレビで再送信する「区域外再送信」も行われている。また、総務省は、2011年7月の地上デジタル放送への完全移行に備え、ケーブルテレビ利用促進施策をケーブル事業者に対して

打ち出した。従来、難視聴対策を除き、ケーブルテレビを利用するには、原則多チャンネル放送への加入が必要であった。これに対し、「再送信」のみを安価に提供する契約メニューが用意されるようになった。さらに、家庭にある2台目、3台目のアナログ受信機の救済のため、アナログ放送終了から2015年3月末までの暫定措置として「デジアナ変換」（デジタル放送信号をアナログに変換後再送信するもの）が提供される予定である。利用者は、この暫定措置期間中に、アナログ受信機からデジタル受信機への置換などの対策を行う必要がある。

自主放送は、ケーブルテレビ事業者各社・各局が独自に制作する自主制作番組で、地域に密着した内容で構成されるのが特徴的である。コミュニティチャンネル(コミチャン)とも呼ばれる。

多チャンネル放送は、地上波やBSでは放送されないさまざまな専門性の高い番組(映画、ドラマ、アニメ、ニュースなど)で構成され、専用の受信機(STB: Set-Top Box)を用いて受信する。月額固定料で数十チャンネルを利用できるパッケージメニューに加えて、追加料金でオプションチャンネルを選択できるのが一般的である。

VOD (Video On Demand) は、利用者が好きなタイミングでコンテンツを視聴できるサービスで、視聴ごとに課金するもの(1回の課金で有効期間中

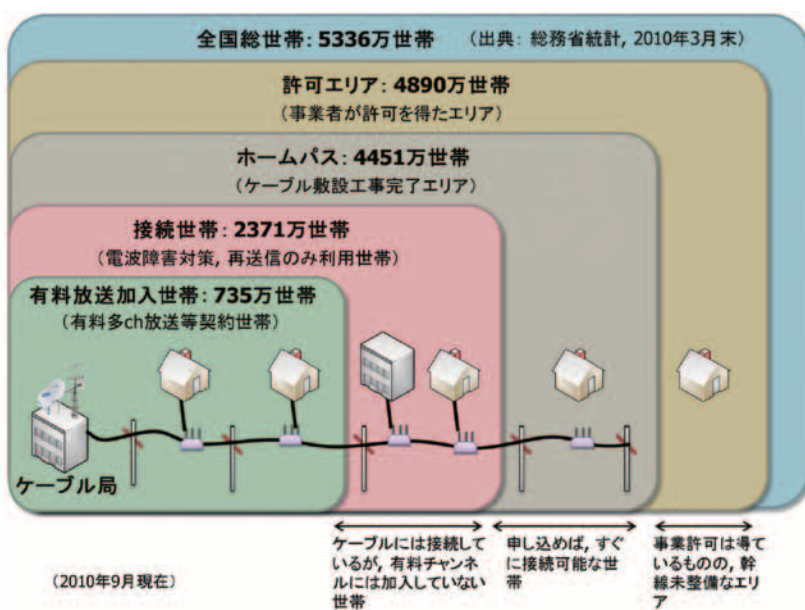


図-1 ケーブルテレビ接続・利用世帯数

サービス	内容
再送信	地上波、BS放送の再送信。
自主放送	各社、各局が制作する自主制作番組。
多チャンネル放送	映画、ドラマ、アニメ、ニュース等の専門番組。STBで受信。
VOD	利用者が好きなタイミングでコンテンツを視聴できるサービス。主なコンテンツは、映画、ドラマ、アニメ等。STBで受信。

表-1 映像サービス一覧

は何度も視聴可)や、月額固定料金(見放題)などのサービスがある。多チャンネル放送と同様、STBを用いて受信する。

また近年では、このような映像配信サービスに加え、携帯電話を用いて外出先から録画予約を行えるようにしたものや、ポータル画面により、おすすめ番組情報や番組検索機能をSTB上で提供するサービスも開始されている。

## インターネットサービス

図-2に、有線系インターネットサービスへの加入者の推移を示す。グラフ上段から、Cable(ケーブルテレビ)、ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)、FTTH(Fiber To The Home)の加



## 8. デジタルケーブルテレビ関連技術およびサービス動向

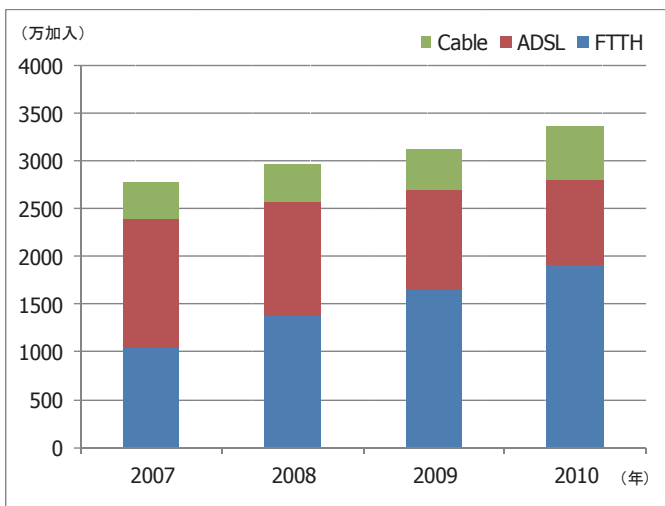
入者数内訳をそれぞれ示す。

ADSL 加入者数が減少の一途を辿る中、ケーブルテレビによるインターネットは、順調にその加入者を増やしている。今後、有線系インターネット回線は、FTTH とケーブルテレビの 2 本に集約されていくものと考えられる。日本では、FTTH インターネットが高速サービス(数百 Mbps ~ 1Gbps)に特化しているのに対し、ケーブルテレビのインターネットは、速度別に料金設定を行うなど安価な料金でも加入できることが特徴となっている。

### ケーブル電話サービス

ケーブルテレビにおいても、電話サービス、特にプライマリ電話(従来の固定電話と同等の位置づけの電話)の導入が進んでいる。ケーブルテレビ事業者が自ら交換設備などの電話システムを構築してサービスを提供する場合と、通信事業者がケーブルテレビ事業者向けに用意した電話システムを利用してサービス提供する場合とがある。後者については、ケーブル電話サービスに加えて、同一通信事業者の提供する携帯電話にも加入すると、ケーブルテレビ電話と携帯電話との通話料が無料になるなどのサービスも提供されている。

なお、映像、インターネット、電話のトリプルプレイに加えて、携帯電話サービスを含めたものを「クワドラプルプレイ」と呼ぶ。



(出典:総務省)

図-2 有線系インターネット加入者数の推移



### ケーブルテレビ関連技術

ここでは、ケーブルテレビネットワークを構成する 3 種類の方式として、HFC (Hybrid Fiber and Coaxial), PON (Passive Optical Network) による FTTH, RFoG (RF over Glass) による FTTH を紹介するとともに、それらの上でトリプルプレイサービスを提供するための技術として、映像信号の伝送方式、IP 双方向通信方式、ならびに、ケーブル電話方式をそれぞれ概説する。

### ケーブルテレビネットワーク

ケーブルテレビネットワークの最も典型的な形態である HFC を図-3 に示す。ヘッドエンド(送出装置)から中継地点(ノード)までを光ファイバで結び、ノードから各世帯へは同軸ケーブルで分配する。一般に 1 つのノード配下に数百から最大 2,000 程度の世帯が収容される。受信側では、各世帯に引きこまれた同軸ケーブルにテレビや STB を接続して映像信号を受信し再生する。また、同軸ケーブルは、ケーブルモデムや E-MTA (Embedded Multimedia Terminal Adapter) といった宅内機器にも並列に接続される。ケーブルモデムは、PC などに対してインターネット通信を提供する。E-MTA は、ケーブルモデムと VoIP アダプタが一体化されたもので、従来のアナログ電話機を接続して電話サービスを提供する。

HFC では、図-4 に示すように、あらゆる種類の信号が高周波変調された後多重される。日本では、下り方向(ヘッドエンドから各世帯に向かう信号)に 90MHz ~ 770MHz を、上り方向(各世帯からヘッドエンドに向かう信号)に 5 ~ 55MHz が用いられる。これらの周波数帯域の中で、映像信号の配信や、IP 双方向通信が行われる。

この限られた帯域の中で、前章で述べたさまざまなサービスが提供される。同一の信号を同時に配信する「放送」とは異なり、近年、VOD やインターネット通信といった利用者ごとに異なる情報を個別伝送するサービスが増





# 特集 アナログテレビ放送の終焉

える傾向にある。この個別情報の伝送は、利用者の数だけ周波数帯域を占有することとなる。このため、最近のHFCネットワークでは、ノードの数を増やして、1ノードに収容する世帯数を減らす傾向にある。

また、近年では、各世帯まで光ファイバを引くFTTH型ケーブルテレビネットワークを導入するケーブルテレビ事業者も増えている。まず、PONによるFTTHを図-5に示す。PONは、通信事業者のFTTHネットワークで一般に用いられる方式で、1本の光ファイバを光学的な分岐・合成装置（スプリッタ）を用いて複数世帯で共有するものである。通信事業者の観点では、旧来のメタリックの電話線と同様の概念で、電話局と各世帯との間を1対1の光ファイバで接続するのに比べて、大幅なコスト削減が可能で、

FTTHの普及に貢献している。一方、ケーブルテレビ事業者の観点では、1本の幹線を複数世帯で共有するトポロジは、HFCと同様のものとなっており、HFCとPONの間では、IP双方向通信の制御方式に類似性が見られる。

HFCでは周波数多重が用いられるのに対し、PONでは、波長多重が用いられる。IP信号（インターネット）の上り方向に1.31 $\mu\text{m}$ 、下り方向に1.49 $\mu\text{m}$ が、また、映像信号（図-4における高周波信号からインターネット、VOD、および、電話を除いたもの、すなわち下り方向のみ）に1.55 $\mu\text{m}$ が

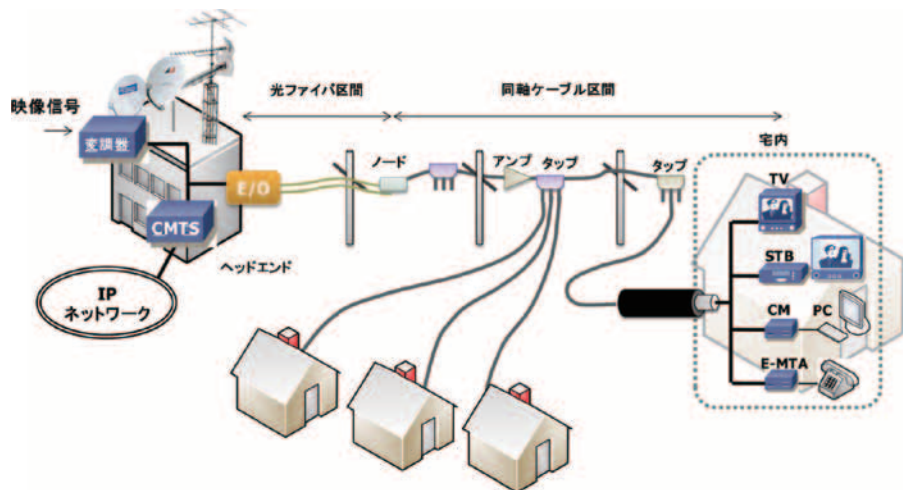


図-3 HFCケーブルテレビネットワーク

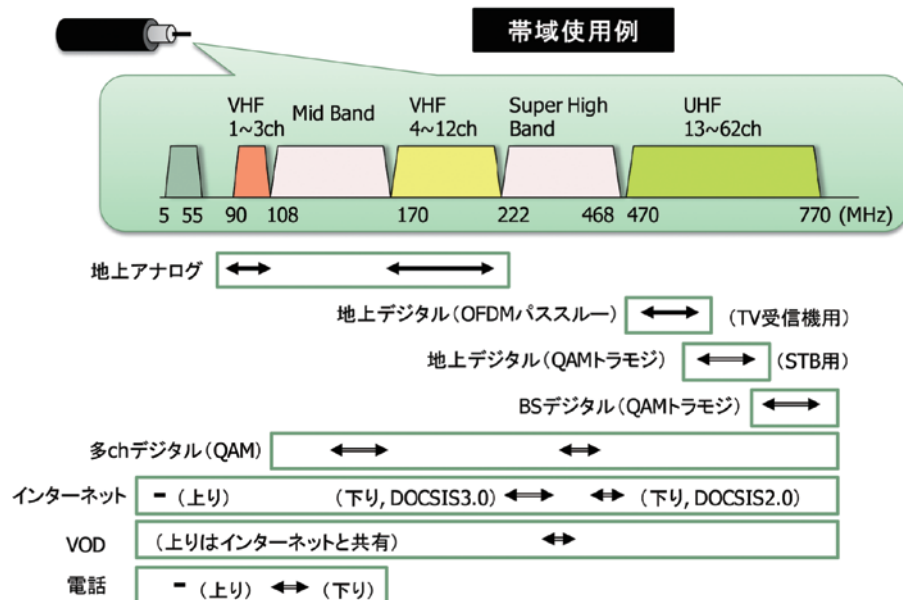


図-4 HFCの周波数帯域使用例

それぞれ用いられる。このようにPONでは、IP信号の伝送に専用波長が割り当てられており、高速通信が可能であることが特徴である。現在、各世帯最大1Gbit/sの通信速度が実用化されている。

映像信号の受信側には、V-ONU (Video Optical Network Unit) が用いられ、1.55 $\mu\text{m}$ の波長に多重された高周波信号を同軸ケーブルに出力し、テレビやSTBでこれを受信する。またIP信号については、ヘッドエンドに置かれるOLT (Optical Line Terminal)と宅内に置かれるONU (Optical Network Unit)との間で通信が行われる。なお、ONUは、上



## 8. デジタルケーブルテレビ関連技術およびサービス動向

述の V-ONU と明確に区別するために D-ONU (Data Optical Network Unit) と呼ばれることもある。ONU の後段には、HGW (Home Gateway) や PC などのインターネットデバイスが接続される。HGW に VoIP 機能があれば電話機が接続できる。なお、図-5 の方式は、3つの波長を使うことから「3波多重」とも呼ばれる。

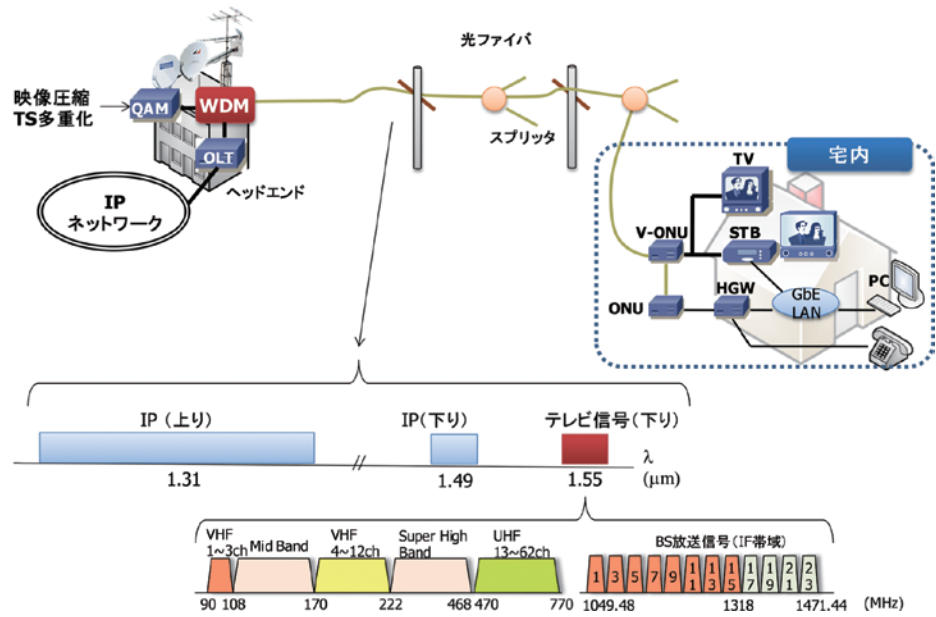


図-5 FTTH ケーブルテレビネットワーク (PON)

図-6 に、FTTH の別の形態を示す。これは RFoG (RF over Glass) と呼ばれるもので、同軸ケーブルの中を流れる高周波信号を、映像・IP 信号含め丸ごと光信号に変調して伝送する。その際、下り信号には 1.55 $\mu\text{m}$  を、上り信号には 1.61 $\mu\text{m}$  の波長をそれぞれ用いる。受信側では、R-ONU (RFoG Optical Network Unit) により光信号と高周波電気信号との相互変換を行い、HFC と完全に同じ信号として宅内に分配する。

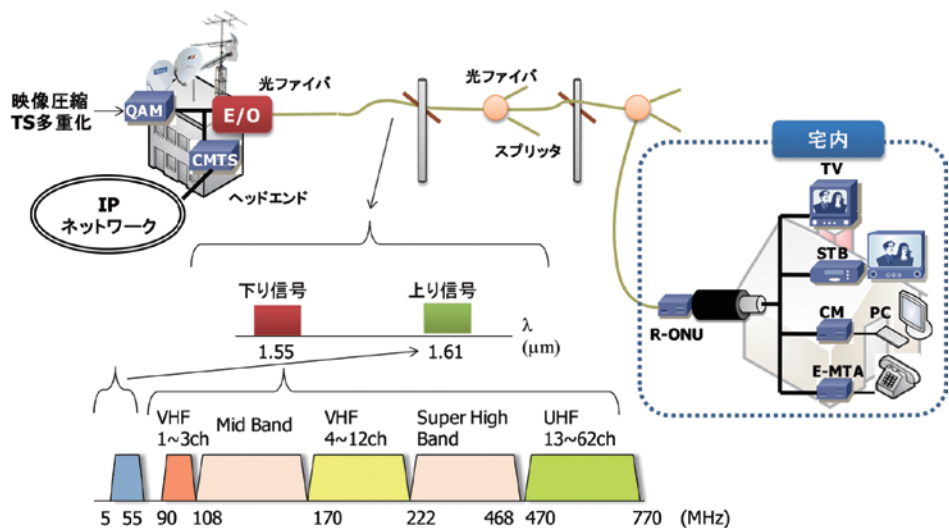


図-6 FTTH ケーブルテレビネットワーク (RFoG)

このように RFoG は、HFC を FTTH 上でエミュレート (模擬) したものであるため、すでに HFC でネットワークを構築してきたケーブルテレビ事業者が、端末設備や宅内機器はそのままに、段階的に FTTH に移行する、あるいは、HFC と FTTH とが混在したネットワークを構築するのに適した方式である。その反面、伝送速度は HFC に準ずるため、光ファイバのもつポテンシャル (たとえば、PON では、1つの D-ONU が最大 1 Gbit/s の通信が可能で

あるなど) を活用したシステムとはいえない。

なお、RFoG と PON との間では異なる波長が用いられているため、両者を併用することも可能である。このとき、RFoG の上り・下りと、PON の上り・下りとで 4 波長多重となる。よって、HFC から RFoG に移行した後、さらに PON へとアップグレードするネットワーク更新シナリオも考えられている。

### 映像信号の伝送

ここでは、表-1 で列挙した映像サービスについて、再送信、自主放送、多チャンネル放送、および、



# 特集 アナログテレビ放送の終焉

VODの順に技術方式を概説する。

再送信には、放送波をそのまま流す「パススルー方式」と、放送波をいったん復調した後ITU-T勧告J.83<sup>2)</sup>に基づき90MHz～770MHzのQAM(Quadrature Amplitude Modulation, 高周波変調の際に、位相と振幅の両方を使って情報を表現する高効率変調方式)で再変調する「トランスモジュレーション方式」の2方式がある。パススルー信号の受信には、市販のテレビ受信機が使用できるが、QAM信号の受信にはSTBが必要となる。地上デジタル放送に対しては、通常両者が併用される。また、中間周波数として1GHz以上の帯域を使用するBSデジタル放送については、HFCケーブルテレビネットワークでは、その帯域幅の制約(上限770MHz)のためパススルー伝送ができず、QAMによるトランスモジュレーション伝送が行われる。この場合、BSデジタル放送の受信にはSTBが必要となる。一方、FTTHでは、映像信号の伝送には1.55 $\mu$ mの独立波長を適用し伝送帯域が十分に広いので、BSのパススルー再送信することが可能であり、BS受信にSTBが不要であることが大きな特徴となっている。

自主放送では、ケーブルテレビ事業者が制作した番組をヘッドエンドにおいてMPEG-2により圧縮符号化し、MPEG-TS(TS:トランスポートストリーム)形式(188バイトのパケット)に格納した後、地上波デジタル放送と同様のOFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)、ならびに、QAMで変調して送出する。これにより、自主放送は市販のテレビ受信機およびSTBのどちらでも受信可能である。

多チャンネル放送については、まず、番組信号がMPEG-2で圧縮され、MPEG-TSに格納された状態で番組配信会社からヘッドエンドまで専用回線や通信衛星回線を用いて供給される。その後、各ケーブルテレビ事業者の番組編成に合わせてMPEG-TSの多重構造を再構成する。これは、通称「リマックス(Remultiplexingの略)」と呼ばれる。再構成されたMPEG-TSはQAM信号に変調されて、ネットワーク上に出力される(図-4参照)。QAM信

号の受信にはトランスモジュレーション方式による再送信と同様、STBが必要である。

VODについては、前述の多チャンネル放送などと同様のQAMによる伝送が基本となるが、利用者の要求に応じて個別に映像信号を送送するための制御信号(リクエスト/レスポンス)の伝送が必要となる点が異なる。制御信号には、日本では、IP通信が用いられる。このため、VODに対応したSTBには、IP通信のためのケーブルモデムが内蔵される。STBからVODサーバにVODのリクエストが送信されると、ヘッドエンドではそれに応じて特定の伝送帯域を割り当て、受信に必要な情報(周波数やID)をレスポンスとしてSTBに返すとともに、映像信号をQAM変調して送信する。STBはこのレスポンス信号に従ってチューナを制御し映像信号を受信する。このようにVODでは、同時行う映像伝送の本数に相当する帯域幅が必要となる。このため、各ノードでの想定されるVODの最大使用率などに基づき、VODのために確保する帯域幅を設計する必要がある。

## 🔴 IP 双方向通信

本節では、IP双方向通信について、HFC(図-3)およびRFoG(図-6)での方式と、PONにおける方式とを概説する。

まず、HFCおよびRFoGでは、ケーブルモデムを用いてIP双方向通信が行われる。ケーブルモデムの標準方式はDOCSIS(Data Over Cable Service Interface Specification)と呼ばれる。

図-3に示す通り、宅内に置かれたケーブルモデムとヘッドエンドのCMTS(Cable Modem Termination System)とが対になり、分配型のトポロジを持つケーブルテレビネットワーク上で1対1の双方向個別通信を実現する。

まず、下り方向(CMTSからケーブルモデムへの通信)については、IPパケットを(MPEG-TSと同サイズの)188バイトのパケットに格納しQAM変調してケーブル網上で同報配信する。1つのパケットは、回線を共有するすべての世帯に一斉に届くこ





## 8. デジタルケーブルテレビ関連技術およびサービス動向

となるが、ケーブルモデムは、自分宛に届いたパケットのみを取り出して、IP パケットをイーサネットに出力する。

上り方向については、TDMA (Time Division Multiple Access) アクセス制御が行われる。すなわち、CMTS が、各ケーブルモデムに対して送信タイミングを制御し、ケーブルモデムは許可されたタイムスロットにおいて IP パケットを QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) または QAM 変調して送出する。

ケーブルモデムの最新規格 DOCSIS 3.0 では、複数の帯域を束ねて使用する通称ボンディングがサポートされる。ボンディング数については仕様上の上限はないが、4 や 8 が一般的である。なお、DOCSIS 3.0 では IPv6 や IP マルチキャストもサポートされる。表-2 に、DOCSIS 3.0 規格の主要諸元を示す。

これに対し、PON における IP 双方向通信では、図-5 に示す通り、ヘッドエンドに置かれる OLT と宅内に置かれる ONU との間で通信が行われる。

ONU は、1.49  $\mu\text{m}$  の下り IP 信号の中から自分宛の信号のみを抜き出してイーサネットに変換し出力するとともに、イーサネットから入力された信号を 1.31  $\mu\text{m}$  の上り信号に変換して光ファイバ上に送出する。上り方向の送出においては、OLT から ONU に対して TDMA によるタイミング制御が行われ、他の世帯の ONU からの上り信号との衝突を避ける。

このように、HFC および RFoG における CMTS とケーブルモデムとの関係は、PON における OLT と ONU との関係に対比して考えることができる。

### ケーブル電話 (VoIP)

HFC や RFoG ネットワークでのケーブル電話サービスは、一般に DOCSIS 技術を応用した IP 電話 (VoIP) である。宅内の同軸ケーブルに VoIP アダプタを接続し、そこに電話機を接続する形態となる。VoIP アダプタは通称 E-MTA と呼ばれ、ケーブルモデムおよび VoIP のためのコーデックやプロトコルスタックが内蔵されている。内蔵ケーブルモデ

ムがケーブル網側の CMTS と通信を行って IP 通信を確立する。VoIP コーデックがデジタル音声信号と電話機からのアナログ音声信号との変換を、また、VoIP プロトコルスタックが電話機からの制御信号を SIP に変換して VoIP 電話網の制御を行う。E-MTA の内部構成例として、ITU-T 勧告 J.126 の E-MTA ブロックダイアグラムを図-7 に示す。



### 次世代サービス動向

これまでのケーブルテレビサービスは、すでに述べたように、映像・インターネット・電話がセットになり、長らくトリプルプレイとして提供されてきた。ケーブルテレビ事業における競争環境の激化を考えると、サービスの差別化・高度化が不可欠であるが、これには、以下の2点が重要となる。

まず、トリプルプレイにおける各サービスを独立のままセット提供するのではなく、サービス間の連携・融合を行って、より便利で魅力あるサービスとすることが必要である。

次に、インターネット技術の進化に迅速に対応することもサービスの高度化に不可欠である。インターネットサービスはめまぐるしく進化しており、マイクロブログ、リモートストレージ、ライブビデオストーリーミングといった新たなサービスが日々登場している。

このような状況の中、ケーブルテレビ関連技術

DOCSISバージョン	項目	値	
3.0	DS*	帯域幅	6MHz $\times$ n
		変調方式	64QAM, 256QAM
		最大物理速度	30.3Mbps $\times$ n (64QAM) 42.8Mbps $\times$ n (256QAM)
	US*	帯域幅	1600, 3200, 6400 kHz
		変調方式	QPSK, 8QAM, 16QAM 64QAM, 128QAM (S-CDMAのみ)
		物理速度	30.7Mbps $\times$ n (6400 kHz幅, 64QAM時)

表-2 ケーブルモデム規格 DOCSIS3.0 の主要諸元  
(\* DS: Downstream, US: Upstream)



# 特集 アナログテレビ放送の終焉

の標準化を行っている一般社団法人日本ケーブルラボが、次世代STBの標準技術仕様を策定した<sup>3)</sup>。この次世代STBは、オープンなアプリケーションプラットフォームを搭載し、さまざまな付加価値サービスをソフトウェアにより柔軟に提供可能なことが最大の特徴である。ここで期待される次世代サービスとしては、主に以下の3点が挙げられる。

- テレビ視聴の高度化 (例：番組連動ウィジェット, SNS連携テレビ視聴)
  - 移動体デバイスとの連携 (例：モバイルコンテンツ視聴, スマートフォン録画予約)
  - ホームネットワーク機器との連携 (例：NASによるコンテンツ宅内共有, タッチパネルリモコン)
- 次世代STBによるサービス高度化のイメージを

図-8に示す。

## 今後の展望

ケーブルテレビは、同軸ケーブルという古くからある線路を利用してネットワークを構築していることから、一見、古典的なシステムと見られがちである。しかしながら、実際には、光ファイバ網に十分対抗可能な性能を有するのみならず、次世代サービスの実現に向けた進化を続けている。さらに、日本全国の4,500万世帯をカバーするホームパスを有し、その中で2,400万世帯にはすでに接続済みであることがケ

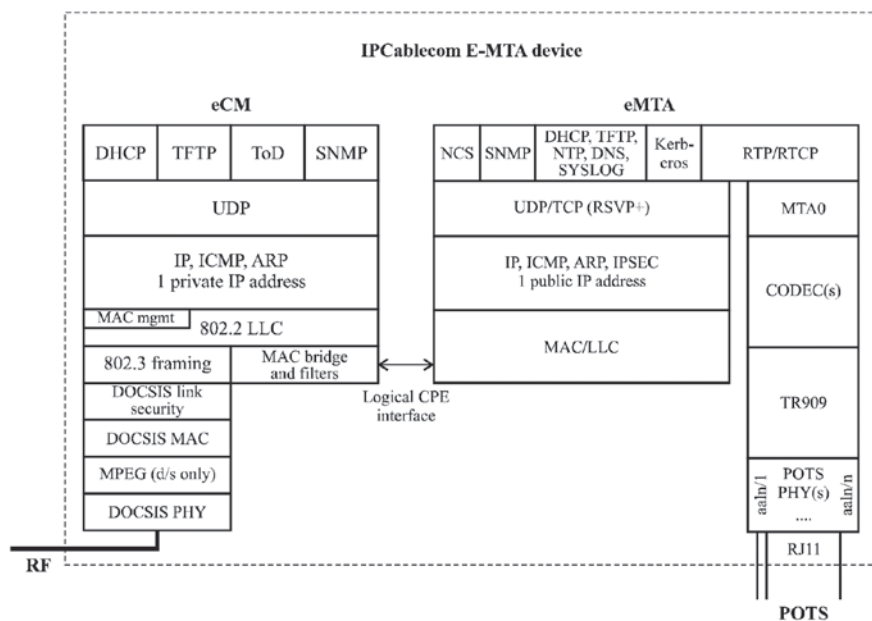


図-7 E-MTAの内部構成例



図-8 次世代STBによるサービス高度化イメージ

ブルテレビの大きな資産である。今後、この強みを活かした次世代サービスのさらなる発展が期待される。

### 参考文献

- 1) 放送ジャーナル社：日本のケーブルテレビ2010 (Part2), 月刊放送ジャーナル, No.12, pp.28-42 (Dec. 2010).
- 2) ITU-T Recommendation J.83 : Digital Multi-programme Systems for Television, Sound and Data Services for Cable Distribution (Dec. 2007).
- 3) 日経ニューメディア：Androidアプリが動く次世代STBが2012年に登場へ、日本ケーブルラボが標準仕様 (http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110406/359168/) (6. Apr. 2011).

(2011年4月22日受付)

### 宮地 悟史 ■ sa-miyaji@kddi.com

1995年KDD入社。以来研究所にて動画像圧縮符号化、IPビデオ伝送などの研究開発に従事。2008年よりKDDI本社にて、映像サービス高度化に関する技術開発に従事。現在、メディア・CATV推進本部にて次世代ケーブル技術の開発、標準化に従事。博士(工学)。