

■5 群 (通信・放送) - 8 編 (放送・CATV)

---

5 章 ケーブルテレビジョン

## ■5 群 - 8 編 - 5 章

### 5-1 歴史、普及状況

(執筆者：杉本明久) [2009年7月受領]

我が国のケーブルテレビ(有線テレビジョン放送)は、1955年にテレビジョン放送の弱電界地域であった群馬県伊香保温泉街での共同受信施設に始まる。当初、山間辺地の受信者相互扶助的な運営で自発的に行われたが、都市部におけるビル陰などの難視聴地域での受信障害の解消や営利目的の事業者も出現した。ケーブルテレビは、難視聴対策などの公益性を有しており、その規律を図るために有線テレビジョン放送法が1972年に制定された。1987年には、ケーブルテレビのもつ特性を活かした自主放送となるコミュニティチャンネル・多チャンネルや双方向のサービスを提供する都市型ケーブルテレビ局が現れた。その後も、1989年の通信衛星との連携によるスペース・ケーブルネットが開始され、大規模化・多チャンネル化が進展し、1994年にはケーブルテレビネットワークの幹線を光化したHFC(Hybrid Fiber Coaxial)が始まり、450MHzの同軸施設が770MHzまで帯域拡大し伝送容量の増加により充実したサービスが提供できるようになり、現在ではこの770MHzのHFCネットワークが一般的になっている。また、1996年には初めてケーブルインターネット接続サービス、1997年にはケーブル電話サービスも開始され、2001年には電気通信役務利用放送法も制定され有線通信役務利用の放送サービスも可能となった。2000年には日本ケーブルラボが設立され、BSデジタル放送開始時にはケーブルでのBSデジタル再送信も同時に開始され、2003年地上デジタル放送もケーブルテレビによる再送信が同時開始され、ケーブルのデジタル化が進展している。更に、2003年からのデジタルテレビ、電話、インターネットのトリプルプレイサービスや2004年からのVOD(Video on Demand)サービスなど多様化も進んでいる。

近年、我が国のケーブルテレビネットワークにおいて、視聴者宅までの伝送路を光化したFTTH(Fiber To The Home)を構築する事業者が増加したことにより、2005年情報通信審議会諮問2017号に「FTTHなどによるケーブルテレビネットワークの高度化のための技術的条件」が答申され、従来まで同軸ケーブルによるネットワークを基本としていたケーブルテレビ施設について、FTTH(Fiber to The Home)によるネットワークも適用が可能となるよう有線テレビジョン放送法や電気通信役務利用放送法などの改正が行われた。

このように、難視聴対策の再送信から始まり、自主放送・双方向・通信サービスまで展開されてきた我が国のケーブルテレビの普及状況は、自主放送を行うケーブルテレビの加入者数は、2008年3月末には2190万世帯、世帯普及率は42.3%まで普及してきている。そのうちの約1/3弱の世帯が有料多チャンネル契約を結び、ケーブルインターネット接続サービスは383万世帯、ケーブル電話サービスも100万世帯を超える契約になっており、所謂トリプルプレイサービスが一般的に展開されている状況になってきている。

海外の状況を見るとケーブルネットワークは世界的にHFCネットワークが主流になっており、世界で一番早く発達した米国では、2007年12月末には6480万世帯、世帯普及率は58%となっており、衛星デジタル放送契約者が3081万世帯と伸びていることから、世帯普及率は近年やや低下傾向にあるが、日本と同様にトリプルプレイサービスの普及により業界全体としてまだ伸びている状況にある。アジアで最も世帯普及率の高いのは韓国であり、ここ10年間の急速な普及により、1440万世帯、世帯普及率78%にも達している。

## ■5 群 - 8 編 - 5 章

### 5-2 設 備

ケーブルテレビネットワークは以下に示す構成にて、実現されている。

#### 5-2-1 規格・性能

(執筆者：杉本明久) [2009年7月受領]

図 5・1 に示す従来の同軸型・HFC 型ネットワークでは有線テレビジョン放送法施行規則などにおいて、性能規定点は●印のヘッドエンド入力及び受信者端子(受信設備に接する点)としている。このうち、受信者端子については、責任分界から宅内配線による品質劣化が極めて小さいとし、運用として保安器の出力を性能規定点として利用している。

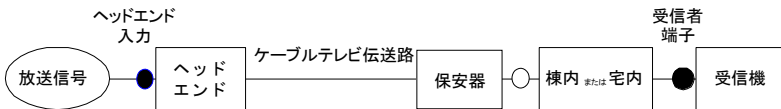


図 5・1 同軸型・HFC 型ネットワークの構成と性能規定点

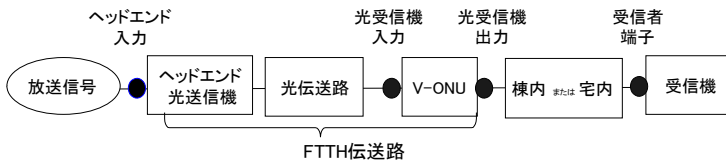


図 5・2 FTTH 型ネットワークの基本構成と性能規定点

図 5・2 に示す FTTH 型ネットワークでは、有線テレビジョン放送法施行規則などにおいて、保守その他サービスの責任分界点などの運用を考慮して V-ONU (Video-Optical Network Unit) の出力または入力に性能規定がされるようになった。FTTB (Fiber to the Building) の場合、集合住宅などにおいては棟内配線による品質劣化は無視できないので、棟内配線の伝送性能を考慮して性能規定がされている。V-ONU の入力は光信号であり、その光信号から出力の電気信号の品質を推定する方法などが規定に加わった。

#### (1) 有線テレビジョン放送法施行規則

1972 年に制定された有線テレビジョン放送法施行規則は、標準テレビジョン放送方式 (NTSC-VSB-AM) の技術基準から始まり、標準衛星テレビジョン放送方式 (BS-IF: アナログ FM)、デジタル有線テレビジョン放送方式 (64 QAM)、標準デジタルテレビジョン放送方式 (OFDM)、BS デジタル対応 (複数 TS 方式の 64 QAM)、東経 110 度広帯域 CS デジタル対応 (TS 分割方式の 64 QAM) を行ってきた。2001 年に制定された電気通信役務利用放送法も同様の追加を行っている。施行規則では、搬送波のレベル・CN 比・ケーブル反射・CTB・妨害レベル・ビット誤り率・隣接チャンネル妨害を受けない運用レベル範囲などについて技

術基準を定めている。

追加された FTTH 型ネットワークにおいて、電気信号により性能規定する場合は V-ONU 出力の CN 比、光信号により性能規定する場合は、V-ONU 入力または相当する点における光入力レベル及び RIN (Relative Intensity Noise : 相対強度雑音) の測定値から求めた V-ONU 出力での推定 CN 比にて規定されている。

更に、情報通信審議会の諮問第 2024 号「ケーブルテレビシステムの技術的条件」のうち「FTTH 等の伝送帯域の拡大に伴う BS-IF 等パススルー伝送並びに情報源符号化方式及び伝送路符号化方式の高度化に関する技術的条件」(2007 年) 一部答申より、BS デジタルと広帯域 CS (東経 110 度 CS) デジタル放送の IF パススルー伝送方式の追加、現行の H.262 (MPEG-2) に H.264 (MPEG-4/AVC) の追加や現行の 64QAM に 256QAM を追加し、これらの新しい方式についても制度整備が行われた。なお、64QAM/256QAM については、国際標準化機関 ITU-T の勧告 J.83 Annex C に日本規格として規格化されている。

## (2) 民間標準化団体での標準規格

有線テレビジョン放送を実現するためには、必要な機器やその測定法などの標準規格について詳細な規定する必要がある。(社)日本 CATV 技術協会では、放送のデジタル化や通信などに供する機器や測定法などの標準規格の策定を行っている。FTTH の民間規格を、JCTEA STD-014 FTTH 型ケーブルテレビシステム「光ネットワークとその機器」において定めており、国際標準機関の ITU-T の勧告として、強度変調方式として ITU-T J.186, FM 一括変換伝送方式として ITU-T J.185 があり、日本はこの勧告づくりに貢献してきた。

JCTEA STD-018 FTTH 型ケーブルテレビシステム「光ネットワークの性能」において、ヘッドエンド入力における BS/CS-IF 帯域の民間規格や、V-ONU 出力におけるデジタル放送信号の民間規格を定め、標準化による機器の低廉化や運用の効率化を図っている。

また、JCTEA STD-013 集合住宅棟内伝送システムの性能では、FTTH によりケーブルテレビ会社より BS/CS-IF 信号も供給できるようになり、受信品質を向上させるために有線テレビジョン放送法施行規則よりも高い性能規定をしており、今後の集合住宅の基本となる望ましい性能を定めている。

有線テレビジョン放送法施行規則第 23 条及び電気通信役務利用放送法施行規則第 17 条では「有線テレビジョン放送以外の用途に使用する電磁波 (他の電磁波) の周波数、レベル及び周波数帯域幅は、当該電磁波が当該電磁波を使用する施設で行われる他の有線テレビジョン放送の受信に障害を与えないものでなければならない」としており、平成 13 年総務省告示第 130 号の技術的条件に基づき、有線テレビジョン放送の受信に影響が検知されないことを定めており、JCTEA STD-017 「有線テレビジョン放送施設と同等の試験施設」を定め、施設でなくても同等の施設にて試験できる条件を定め、JCTEA STD-016 「放送への妨害評価測定法」にてその測定法を定めている。

日本ケーブルラボ JCL SPEC においては、ケーブルテレビにおけるデジタル放送の運用仕様を作成しており、国内標準規格に準拠した事業者運用仕様を策定・検証し、製品・サービスの標準化・低価格化及びオープン化に寄与し、もって加入者の利便性向上を図ってきた。ここでは、BS デジタルのトランスモジュレーション (TM) 方式、東経 110 度 CS デジタルのトランスモジュレーション (TM) 方式、自主放送のリマックス (RMX) 方式、地上デジ

タル放送のトランスモジュレーション (TM) 方式やパススルー (PT) 方式, コミュニティチャンネルを地上デジタルネットワーク上で実現する方式や双方向サービスなどの運用規格を定めている。

### 5-2-2 ヘッドエンド

(執筆: 杉本明久) [2009年7月受領]

「ヘッドエンド」とは, 有線テレビジョン放送のための電磁波を増幅し, 調整し, 変換し, 切換えまたは混合して線路に送出する装置であって, 有線テレビジョン放送の主たる送信の場所にあるもの及びこれに付加する装置と定義されている。

#### (1) ヘッドエンドの基本構成

ヘッドエンドの構成例を図 5.3 に示す。

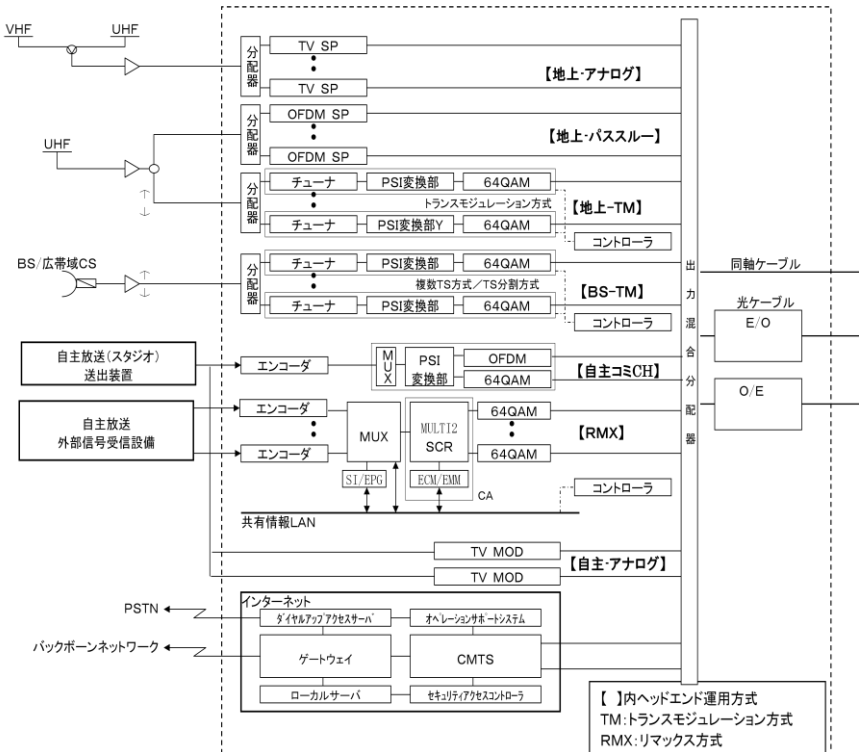


図 5.3 ヘッドエンド基本構成例

有線テレビジョン放送法施行規則などにてヘッドエンド入力の性能規定を行っているが, その構成例を図 5.4 に示し, ●印の点が性能規定点として定められている。

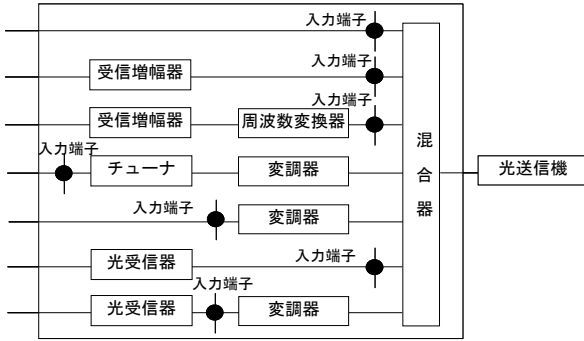


図 5・4 ヘッドエンド入力の構成例と性能規定点

(2) 個々の機器 (アナログ・デジタル, 再送信・自主放送)

アナログ放送信号のヘッドエンド機器の代表例は、TV シグナルプロセッサ (TV-SP) と呼ばれる再送信用チャンネル専用受信増幅器であり、IF 周波数に周波数変換して映像・音声搬送波を分波して、各々のレベルを安定化して混合、再周波数変換して送出している。また、自主放送の送出のためにベースバンドの映像・音声出力を TV 変調器により NTSC-VSB-AM 信号に変調して送出している。多チャンネルサービスなどの自主放送は、有料化するためにスクランブルをかけて送出しているが、メーカー間の互換性のない方式になっていた。

デジタル放送信号の伝送方式は、リマックス方式、トランスモジュレーション方式、パススルー方式がある。デジタル放送のヘッドエンドの基本構成を図 5・5 に示す。

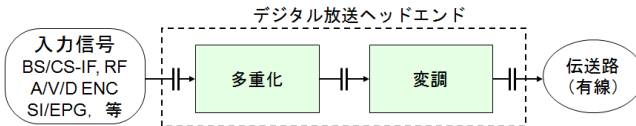


図 5・5 デジタル放送のヘッドエンド基本構成

デジタル多チャンネル自主放送は、番組配信会社よりのデジタル放送チャンネルなどをケーブルテレビ局側で選択し自由に組み合わせ、番組情報 (SI/PSI) や CAS (限定受信) 情報などを付加し、多重して 64 QAM にてデジタル変調を行うもので、独自の番組編成を行うことができるリマックス方式を採用している。衛星デジタル放送の再送信は、64 QAM へのトランスモジュレーション方式を使用し、BS デジタル放送は複数 TS、広帯域 CS 放送は TS 分割を採用している。地上デジタル放送の再送信は、64 QAM にトランスモジュレーションする方式と OFDM のままパススルーする方式があり、共に利用されており、パススルーの場合は市販のデジタル TV にて受信できる。ケーブルテレビのコミュニティチャンネルのデジタル化では、64 QAM と OFDM 変調方式の両方が使用されており、アナログ方式と同様に市販のデジタル TV でも自主放送のコミュニティチャンネルを受信できるようにネットワーク ID やリモコン ID の付与管理も行われている。

JCTEA STD-002「デジタル有線テレビジョン放送多重化装置」において、有線テレビジョン放送法施行規則のデジタル有線テレビジョン放送方式による放送の実施に際し、ヘッドエンドの多重化として、単一 TS 多重化装置規格、複数 TS 多重化装置規格、TS 分割方式規格、変調として QAM 変調器規格 (64 QAM & 256 QAM) の標準規格を定めている。また、日本ケーブルラボにおいてデジタル放送運用仕様 JCL SPEC を作成し、メーカー互換性のあるシステムになっている。

### 5-2-3 伝送路 (ネットワーク)

(執筆者：杉本明久) [2009年7月受領]

ケーブルテレビの伝送路は、当初地上放送の難視対策としての同軸型ケーブルネットワークよりスタートし、222 MHz、300 MHz、450 MHz と帯域を拡大し、更に広帯域化のために HFC 型ネットワークが導入され、上限帯域 770 MHz が一般的なものになってきた。更に、近年 2600 MHz 程度まで伝送可能な FTTH 型ネットワークを用いてより広帯域化を図っている。

#### (1) 同軸型ネットワーク

図 5・6 の同軸型ネットワークは、当初のケーブルテレビネットワーク方式で、その屋外伝送路は、同軸ケーブルのみで構成されており、同軸ケーブルの伝送路は最大 20 段程度の幹線増幅器が縦続接続され、CN 比 38 dB 以上を確保していた。

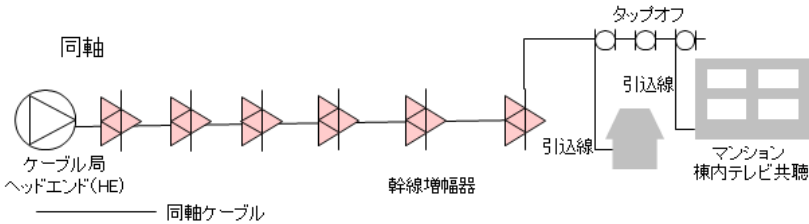


図 5・6 同軸型ネットワークシステム

#### (2) HFC 型ネットワーク

図 5・7 の HFC 型ネットワークは、現在のケーブルテレビネットワークの主流の方式で、その屋外伝送路は、光ケーブルと同軸ケーブルで構成されており、同軸ケーブルの伝送路には

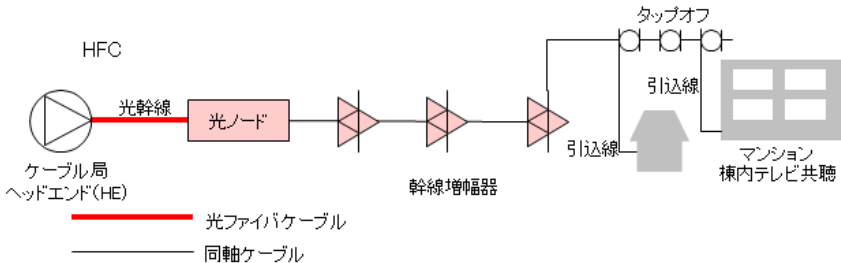


図 5・7 HFC 型ネットワークシステム

5～7 段の幹線増幅器が連続接続され、CN 比は 42 dB 程度確保されている。また、1 ノード当たりのタップオフ端子数は 500～2000 端子程度になっているが、通信サービスの高速化の要求が強くなってきているので、64～200 端子程度の小セル化によるネットワーク改修が必要になってきている。

### (3) FTTH 型ネットワーク

図 5・8 の FTTH 型ネットワークでは、伝送可能な周波数帯が 2600 MHz まで拡大していることから、ケーブルテレビにおいて、BS/広帯域 CS 放送の IF 信号をそのまま伝送する IF パスルー伝送が可能で、この伝送方式も導入されつつある。住宅（戸建）まで光ファイバで敷設したシステムを FTTH、集合住宅など建物まで光ファイバを敷設したシステムを FTTB と呼んでいる。

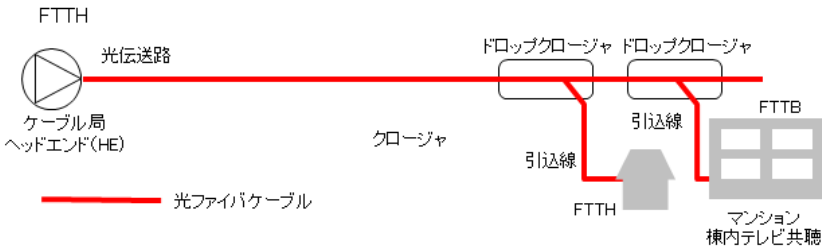


図 5・8 FTTH 型ネットワークシステム

FTTH の場合、PON (Passive Optical Network) の構成になっており、ヘッドエンドからノード当たり 32～64 端子の引込線の構成になっており、HFC 以上の CN 比を確保し、ノード当たりの端子数が少ないことから高速ブロードバンドサービスが可能になっている。この FTTH システムでは、有線テレビジョン放送信号光伝送用波長は 1500 nm 帯 (1530～1625 nm) に規定された。従来、HFC システムでは 1300 nm 帯を使用しているが、FTTH 型ケーブルテレビにおいては 1500 nm 帯を使用することとし、国際標準への準拠や V-ONU など光伝送機器の将来のオープン化などに配慮された結果である。現状の主流になっている FTTH 型ネットワークは、SCM (Sub-Carrier Multiplexing) と呼ばれる RF 信号を強度変調する方式であるが、広域光ネットワークとして利用する場合は CN 比や受光感度が不足するので、FM 一括変換方式と呼ばれる RF 信号を光ヘテロダイン検波方式により一括して FM 変調して伝送する方式により広域光ネットワークを構成している場合がある。

### (4) 幹線増幅器、タップオフ、保安器、V-ONU などの機器

同軸型ネットワークシステムでは、幹線増幅器 (TA)・幹線分岐増幅器 (TDA, TBA)・分岐増幅器 (BA)・延長増幅器 (EA) などの増幅器とタップオフ (TO) の呼ばれる分岐器から引込み線により保安器を加入者宅の軒先に設置し、宅内配線に接続していた。

HFC 型ネットワークになると、幹線増幅器を分割し、そこに光ファイバとノードを設置して、ノード以降の幹線増幅器の数を削減することで、性能アップと広帯域化を図ってきたが、タップオフの考え方は同軸ネットワークと変わっていない。ケーブルテレビ事業者の責任範



囲は一般的には、保安器までとされており、この責任分界点における性能規定をしてきた。

FTTH 型ネットワークになるとヘッドエンドから加入者宅までパッシブ機器だけになるため、幹線増幅器などの電気性能を有する機器はなく、タップオフも光分岐器に置き換わってきた。このため、雷の誘導対策などの目的の保安器も不要になり、加入者宅の入り口に V-ONU という光-電気変換端末が設置されるようになった。このため、V-ONU が責任分界点になるため、有線ケーブルテレビジョン放送法施行規則でも、V-ONU の出力電気信号や入力光信号の品質により、技術基準を定めるようになった。

## (5) 双方向

1987 年頃からの都市型ケーブルテレビシステムは、双方向のサービスを提供するようになったため、同軸型ネットワークでは上り 10~50 MHz、HFC 型ネットワークでは上り 10~55 MHz の帯域を確保して双方向通信サービスを提供してきた。しかし、伝送路の末端や接続点、分岐点など各所より混入した雑音ヘッドエンドまで伝送され雑音として集合し、上り信号品質に大きな影響を与えるという、所謂、流合雑音が問題になっていた。

流合雑音には、熱雑音、飛び込み電波、インパルス性ノイズなどいろいろなものが存在するが、周波数成分としては 30 MHz 以下の成分が多い。ケーブルインターネットや VOD などの双方向サービスが一般的になってきたので、保安器などにて上り信号をカットするなどの対策はできない状態になり、コネクタなどより混入する箇所に対するきめ細かい流合雑音対策を実施するようになってきた。

近年、更なる高速ブロードバンドサービスなどの登場により、上り帯域が不足状態になっており、この解決のためには HFC の小セル化や新たな FTTH の導入などが必要な段階になりつつある。

### ■参考文献

1) 野田, “ [招待講演] ケーブルテレビネットワークの最新動向,” 信学技報, IEICE Technical Report, MW2007-49, OPE2007-36, Aug. 2007.

## 5-2-4 STB

(執筆者: 野田 勉) [2008 年 10 月受領]

広義には、ケーブルテレビなどの専用受信端末が STB (Set Top Box : セットトップボックス) と呼ばれ、表示装置を有したテレビジョンセットの上に設置されることを意味している。ケーブルテレビに限らず IP などによる映像受信専用端末も同様に呼ばれる。

ここでは、ケーブルテレビにおける専用受信端末として狭義の呼称を用い、デジタル伝送の専用受信端末である STB と、アナログ伝送における専用受信端末である HT (Home Terminal : ホームターミナル) について記述する。

### (1) HT (ホームターミナル)

ケーブルテレビのアナログ伝送は地上アナログ放送と同じ放送方式が用いられ、市販のテレビジョン受信機で受信できる。

また、ケーブルテレビ局では、多チャンネルの映像サービスを有料で行っている。それらの有料サービスが市販のテレビジョン受信機で視聴できないように伝送信号をヘッドエンド（ケーブル局の信号送出施設）で加工（スクランブル）して伝送し、ケーブル局から配布の HT を視聴者宅に設置して視聴可能としている。HT の基本構成は、選局用のチューナ部、アナログ変調の復調部、映像信号処理部、音声信号処理部と有料サービス用のスクランブル解除処理部がある。各 HT に固有アドレスをつけ、ヘッドエンドからスクランブル解除処理の可/否の制御をする多チャンネルの映像サービスのためのワンウェイアドレサブル HT や、加入者の視聴情報をヘッドエンドへ送ることでペーパービュー受信のほか視聴者参加型放送やセキュリティサービスの提供もできるツーウェイアドレサブル HT がある。

近年では、デジタル放送への移行が進み、HT の運用を中止する局も多くなってきている。

## (2) STB (セットトップボックス)

ケーブルテレビにおけるデジタル伝送の受信には、QAM 信号を復調できる STB が必要である。その構成は、選局用のチューナ部、QAM 信号から MPEG-TS を復調するデジタル復調部、デスクランブル部、MPEG-TS を分離するデマルチプレクス部、映像復号処理部、音声復号処理部とデスクランブルのための CAS カードインタフェースがある。

選局用のチューナ部は、デジタル有線テレビジョン放送 (QAM 伝送) 方式で規定の 93~767 MHz の搬送波周波数すべてを選局可能である。デジタル復調部はその搬送波の変調方式である 64 QAM と 256 QAM に対応し、デスクランブル処理部は MULTI 2 に対応する。映像復号処理部は ITU-T 勧告 H.262 (MPEG2 video : ISO/IEC 13818-2) と H.264 (MPEG4/AVC : ISO/IEC 14496-10)、音声復号処理部は BC 方式 (ISO/IEC 13818-3) と AAC 方式 (ISO/IEC 13818-7) に対応している。

この STB の望ましい定格、機能、性能の基本事項は、社団法人日本 CATV 技術協会 (JCTEA) の標準規格 JCTEA STD-007 デジタル有線テレビジョン放送「デジタルケーブルテレビジョン受信装置」で定められている<sup>1)</sup>。また、デジタル放送では、映像・音声の情報源符号化や MPEG-TS などは、メディア（地上、衛星、ケーブルなど）共通であり、周波数や変調方式などの伝送路符号化部分の変更のみでケーブルテレビでの再送信可能であるため、社団法人電波産業会 (ARIB) の標準規格とも整合している。

ケーブルテレビのデジタル化に関しては、社団法人日本ケーブルテレビ連盟 (JCTA) の日本ケーブルラボ (JCL) で、ケーブルテレビ事業者の運用仕様の統一化（機器のマルチベンダー化）が図られている<sup>2),3)</sup>。その運用仕様には、JCL SPEC-001「BS デジタル放送トランスモジュレーション運用仕様」、JCL SPEC-002「東経 110 度 CS デジタル放送トランスモジュレーション運用仕様」、JCL SPEC-007「地上デジタル放送トランスモジュレーションならびに自主放送運用仕様」やケーブルテレビのデジタル多チャンネルサービスのための JCL SPEC-003「デジタル放送リマックス運用仕様（自主放送）」、JCL SPEC-004「デジタル放送リマックス運用仕様 (i-HITS)」、JCL SPEC-005「JC-HITS トランスモジュレーション運用仕様」がある。STB にはそれらの信号を復調できる機能が必要である。STB のデスクランブルのための CAS カードは、BS/東経 110 度 CS 及び地上デジタル放送の再送信では B-CAS カード、ケーブル独自のデジタル多チャンネルサービスのためには C-CAS カードを使用する。

デジタル放送のケーブルテレビ再送信で、BS デジタル放送トランスモジュレーションが最

初であったため、ケーブルテレビ局に必要な機能として、ダウンロード機能と不正使用防止機能を追加規定している。その他、STB で重要な機能について以下に記述する。

(a) ダウンロード機能

ダウンロード機能や不正使用防止機能を実現する情報は、BS デジタル放送の再送信信号 (BS-TS) とは独立にケーブルテレビ局のヘッドエンドからエンジニアリング TS を用いて STB に送る<sup>2)</sup>。STB では、そのエンジニアリング TS を受信してダウンロードを実現する。

(b) 不正使用防止機能

STB の視聴可否をケーブルテレビ局のヘッドエンドより B-CAS と併せて制御する「不正使用防止機能」がある。この機能により、不正入手した STB で非契約者の視聴を不可にできる。STB は BS デジタル放送再送信のケーブルテレビ専用 TS を受け、その中に記載されている EMM の情報によって、視聴可否を行う。

(c) ヘッドエンド指示 STB スキャン機能

地上デジタル放送では、放送局の周波数変更や新規放送局の周波数情報や放送開始日時などがエンジニアリング TS で伝送される。しかし、ケーブルテレビ局の再送信信号の伝送周波数変更や再送信信号の増設の情報はないため、ケーブルテレビ局のヘッドエンドより STB のためのスキャン告知信号を送る。STB では、その信号内に記載された開始日時以降に受信可能な周波数範囲を周波数スキャンして、STB 内部の情報リストを更新する。

(d) 双方向機能

ケーブルテレビ網の双方向性を利用したもので、STB にケーブルモデムを内蔵して実現する。JCL SPEC-011-01「デジタルケーブルテレビ双方向運用仕様 (保守運用・WEB・PPV)」で、STB の保守運用機能、PPV 機能、WEB サービスに必要な機能が定められている。

(e) HDD 内蔵

STB には、HDD を内蔵した製品もあり、地上デジタル放送及び BS/東経 110 度 CS デジタル放送で運用開始されたダビング 10 (コピー9 回+ムーブ 1 回) にも順次対応している。

■参考文献

- 1) <http://www.catv.or.jp/jctea/>
- 2) <http://www.jcl.or.jp/>
- 3) 山下, “次世代ケーブルテレビ,” 映情学誌, vol.61, no.1, pp24-30, Jan. 2007.

## ■5 群 - 8 編 - 5 章

### 5-3 ケーブルモデム

(執筆者：北川和雄) [2009 年 7 月受領]

ケーブルモデムは、既存の CATV 網でデータ通信サービスを行うために開発された方式で、1995 年から出現したが数年で 31 社の独自方式が乱立する状況であった。米国 Cable Labs<sup>1)</sup>では、この状況を打開するために、1996 年から初めて標準化の活動に踏み切った。これが DOCSIS 標準 (Data Over Cable System Interface Specifications) であり、CATV 業界では標準化によるシステムの展開性や価格の点で大成功のプロジェクトであった。

これらの仕様は全 3000 ページにもなるが、Web で公開されていて、年に 4~6 回程認証テストを実施し互換性を保証している<sup>2)</sup>。

また、DOCSIS 仕様はビジネス上の観点から、早期導入と、サービスの多様化・高速化などを両立させるべく段階的に複雑・多様になっていく仕様とされた (DOCSIS1.0/1.2/0.3/0.x.x)。

これらの仕様は ITU (International Telecommunication Union ; J.112) にも採択されていて、AnnexA/B/C が欧州/北米/日本 (1.1 まで) である。日本国内でもこれに準じた規格書を発行している<sup>3)</sup>。

#### (1) DOCSIS システムの概要

当初からの設計思想として完全下位互換 (Backward Compatible) を実現してきている。要するに DOCSIS1.x-3.0 までの各世代のモデムが Up-Grade された同じセンターモデム CMTS (Cable modem Termination System) の同じデータ ch に共存して古いモデムも使い続けられる。この互換性は当初は 2.0 までの構想であったが、3.0 では、高帯域・高次変調など方式とのぎりぎりの議論の結果、この互換性を保持するメリットの方式が勝利を収めた。

ケーブルインターネットの標準的システム構成では各家庭の同軸端子にケーブルモデム (CM) が設置され、パソコンなどと 10/100BASE-T ケーブルで接続される。ケーブルモデムは CATV 網を介して、CMTS に接続される。

前提条件とした既存の CATV 網とは、主に光ファイバと同軸の HFC 系 (Hybrid Fiber and Coaxial) で、上り (日本では 10~55 MHz)、下り (日本では 70~770 MHz) での周波数分割での双方向インフラである。性能的にも既存の CATV 網での使用に耐えるある意味で妥協した仕様になっている。仕様は、MAC 処理のバックオフィスまで網羅している。管理サーバ (Provisioning Server) はケーブルモデムの初期登録及び DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) による IP アドレス割り当てなどを行う。

最初の DOCSIS 標準であり、全体の共通仕様である、DOCSIS 1.0 の概念/特長は

- ① コネクションレス通信
- ② CM/CMTS の相互接続性の保証
- ③ ソフトウェアダウンロード：ソフトウェアバージョンアップをセンタ側から行える。
- ④ セキュリティ：パケットは DES の 56 bit、鍵交換は RSA の 768 bit で強固なセキュリティを確保。(1.1 以降で強化)
- ⑤ QoS：上り/下りの速度制限が可能。上りは送出要求以外のデータは指定されたタイムスロットに乗せて送出し、CMST 側はその距離による遅延オフセットもモデムごとに管

理する (1.1 以降では主に VoIP 対応で速度保証まで強化)。

- ⑥ 接続 PC の台数制限が可能。また、フィルタリングは、IP と LLC 層で記述可能。PC 側のセキュリティ確保及び RF 側での不要なトラフィックの回避が可能。
- ⑦ SNMP (Simple Network Management Protocol) による端末の管理。
- ⑧ 伝送路状態に柔軟に対応できる豊富な変復調モード、周波数帯域 (上りのみ)。
- ⑨ レンジング：使用周波数や変調モードなどを自動検出できる。また、送出レベル、送出タイミングもモデム立上げ時に自動的に設定され、設定作業を容易に行える。

## (2) DOCSIS 2.0 までの仕様解説

DOCSIS 1.1 での主な追加は QoS を複数設定可能にしたことである。これはデータ/VoIP など同時使用を想定している。VoIP ではフレームごとの送出要求を省略できる UGS (Unsolicited Grant Service) モードで行う。上り速度がアップされていて、最大 30 Mbps (64 QAM & 6.4 MHz 幅) となっている。2.0 では上りのインターリーブも入り、エラー耐性が強化されている。

- ① 下り変調方式/データレート；64 QAM/30 Mbps, 256 QAM/43 Mbps (帯域幅は 6 MHz)
- ② 下りエラー訂正方式；リードソロモン+トレリス (Annex B)
- ③ 下り入力レベル範囲；45 dBuV~75 dBuV (実力は 30~90 dBuV 程度)
- ④ 上り変調方式；Advanced-TDMA；QPSK, 8 QAM, 16 QAM, 32 QAM, 64 QAM  
Synchronous-CDMA；QPSK, 8 QAM, 16 QAM, 32 QAM, 64 QAM, 128 QAM
- ⑤ 上り帯域幅；200, 400, 800, 1600, 3200, 6400 kHz
- ⑥ 上り伝送速度；min. 320 kbps~max. 30.72 Mbps (各変調方式・帯域幅による)

## (3) DOCSIS 3.0 の仕様解説

前述したように、下位互換性を保つために物理層は 2.0 を基本的に同じであり、複数 ch を MAC 層でボンディングすることにより速度をアップしている。主な仕様は、

- ① モデム側は上り/下りが 4/4 ch 対応が必須で、最低 120 M/160 Mbps 運用が可能。
- ② IPv6 の実装；IPv4 との互換性も確保。
- ③ IP マルチキャスト対応；SSM (Source Specific Multicast) 対応で、IPTV でのマルチキャスト要求時のトラフィックの節約と高速化が可能。
- ④ Security の強化；AES 暗号対応。

## (4) CableLabs でのその他の関連システム

特に重要なものは、高速データと電話サービス (VoIP) で、Packetcable 仕様<sup>4)</sup>または IPcablecom (ITU) として規格化されている。北米のみで、すでに 1600 万台 (2008 年 9 月) 普及していて、多くのモデムはルータ、WiFi (11a/b/n) も内蔵している。また、ホームネットワークの GW (Gate-way) としての規格化も進めている (Open Cable Home Network)。

### ■参考文献

- 1) <http://www.cablelabs.com/>
- 2) <http://www.cablemodem.com/>

- 3) JCTEA-STD-005-1.1, “CATV 高速データ伝送装置”
- 4) <http://www.packetcable.com/>