小特集の発行にあたって

通信と放送の連携
～ IPTV・地上デジタル放送 IP 再送信の展開と期待～

編集チームリーダ　戸出英樹

IP ネットワークが重要な社会基盤の一つとなり，人々の生活を豊かにする一翼を担っている現在，私を含め，情報ネットワークを研究する多くの会員の皆様が将来の「夢」の一つとして心の中にイメージしてきたであろう“サービス”の実現が現実味を帯びてきました．それは，全国津々浦々で老若男女を問わず御家族みんなが，テレビジョン受信機と IP ネットワークを介し，全国版のみならず地域版の個性豊かなテレビ番組や贔屓（ひいき）チームのスポーツ中継，更には，趣味嗜好を同じくする地域コミュニティによるコンテンツ配信等を高品位に，かつ煩わしい設定などの“障壁”なしに享受することができる情報通信サービスの到来です．

通信と放送が強く連携したサービスを提供できる IP ネットワーク基盤を構成し，現在既に提供されている初期的なレベルの IPTV サービスから，一億全国民が本当の意味で楽しめる成熟した IPTV サービスへと移行するためには，様々な技術課題の克服や標準化活動の推進，更には法整備のより一層の充実が欠かせません．例えば，標準化活動に関して言えば，どの事業者においても同じように IPTV サービスが利用できることを目指し，通信事業者，家電メーカ，放送事業者等から構成される IPTV フォーラム等で IPTV の共通仕様の策定が積極的に進められています．

今後，地上デジタル放送の IP 同時再送信の開始に見られるコンテンツの広がり，IPTV 共通仕様の策定による IPTV 対応テレビジョンの登場等によって，IPTV 市場が更に発展していくことが期待される中，本小特集では，IPTV に関する標準化動向，通信事業者やシステムベンダ等のそれぞれの立場から見た，IPTV に関する技術動向，将来像等について紹介します．ここで紹介した内容が，会員の皆様方の興味を引き付けるとともに，IPTV 実現に向けた各種アクティビティ促進の一助になれば幸いです．

この特集号は，情報ネットワーク研究会主催の総合大会シンポジウムセッションから端を発したものです．最後に，企画提案を含め多大なる御尽力を賜った NTT 西日本の浦田穣司様をはじめとする情報ネットワーク研究専門委員会関係各位，大変お忙しい中，原稿執筆を御快諾頂いた執筆者の皆様，編集作業に御協力を賜った通信ソサイエティマガジン編集委員，並びに学会事務局の皆様に深く感謝の意を表します．

PON 技術を用いた IPTV サービスの実現と課題

IPTV Service Technologies and Issues Using Passive Optical Network

池田博樹† Hiroki Ikeda†　栖川　淳† Jun Sugawa†

Summary

近年，複数の加入者が光ファイバを共有して通信する PON（Passive Optical Network）の実用化により，インターネットが広帯域化してきた．このインターネットを通して，家庭のテレビジョンで映像コンテンツを視聴する IPTV（Internet Protocol TV）サービスの普及が始まっている．今後，本格的な IPTV サービスの普及を図るためには，解決すべき技術的な課題や法律的な要求条件が存在する．本稿では，更に IPTV サービスを普及させるためには何が課題であるのか，どのような技術でこれらの課題を解決できるのか，PON 技術を用いた IPTV サービスの実現と課題について概説する．

Key words

IPTV，PON，放送，多チャネル配信，ブロードキャスト，チャネル切換

1. まえがき

光ファイバの広帯域化に伴い，インターネット，電話，映像配信サービスが普及してきた．光ファイバを使ったインターネットサービスである FTTH（Fiber To The Home）の加入者数は，図 1［1］に示すように，2008 年に ADSL（Asynchronous Digital Subscriber Line）加入者数を超え，既に 1,500 万人に達している［2］，［3］．インターネット加入者の通信速度も，1990 年代の数百 kbit/s から，2004 年には 100 Mbit/s に達しており，ここ 10 年程度で通信速度が 100 倍以上になったことになる．この FTTH サービスの普及を担う光アクセス方式として，広帯域サービスを安価に実現できる PON（Passive Optical Network）システム［4］，［5］の導入が進んでいる．現在，日本では通信速度が 1 Gbit/s，米国では 2.5 Gbit/s の PON が導入され始めている．映像 1 チャネル当りの帯域は，数 Mbit/s から約 20 Mbit/s であるため，光ファイバを通して映像配信サービスを実現できる環境が整っている．

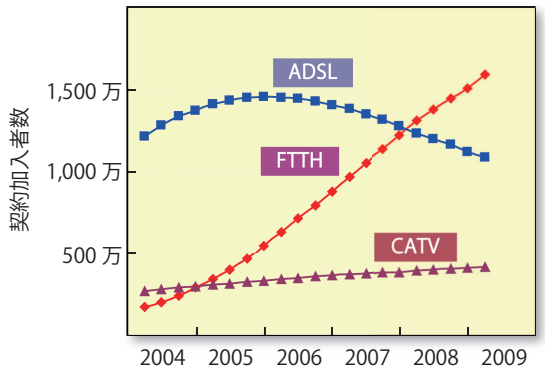


図 1　ブロードバンド加入者数推移
出典：総務省報道資料［1］

現在，光ファイバを用いた映像配信サービスは，専用ビデオ波長を用いる方式と，インターネットを用いる方式に分類できる．

前者は，従来のアナログ伝送の RF（Radio Frequency）方式を用いており，1,550 nm 帯の専用ビデオ波長が使われる．この RF 方式は，従来のアナログ伝送方式の伝送路を光ファイバに置き換えたものであり，現在の CATV（Cable Television）と同等なサービスを提供することができる．一方，後者は，インターネットを通して，映像コンテンツを配信する方式であり，パーソナルコンピュータ（以下 PC）で視聴する映像からテレビジョン（以下 TV）で視聴する高画質な映像まで，多種多様なサービスが展開され始めている．特に，本稿では，インターネットを通して家庭の TV で映像コンテンツを受信する方式を

† （株）日立製作所 中央研究所，国分寺市
Central Research Laboratory, Hitachi Ltd., Kokubunji-shi, 185-8601, Japan.

IPTV（Internet Protocol TV）と呼ぶことにする．

このようにFTTHの普及により，インターネットが広帯域化することで，IPTVサービスは異業種からのプレイヤが参画する市場となりつつある．例えば，通信事業者は，インターネットサービスだけでなく，電話やIPTVサービスを融合させた付加価値の高いサービスの提供をねらっている．また，家電メーカは，Webと連動した映像配信サービスを提供することで高精細TVの価値を高めようとしている．一方，CATV事業者は，映像だけでなく，既に電話やインターネットも提供し始めており，映像の高精細化（HD：High Definition）を目指し，インフラストラクチャの光化をねらっている．

このような流れを受け，今後IPTVサービスの事業規模を拡大するためには，IPTV端末の経済化，コンテンツ流通促進のためのインタオペラビリティを実現する必要がある．総務省は，2001年に放送と通信の融合に関するガイドラインを改定した［6］．これによりIPネットワークを使用した映像配信サービスの議論が加速された．更に地上アナログ放送の停波に向けて，補完措置として地上デジタル放送の同時再送信サービスの技術的要件や著作権の取扱いなどが答申された［7］．

また，国際電気通信連合電気通信標準化部門ITU-T（International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector）では，IPTVの検討課題を横断的に取り扱うべくIPTV FG（Internet Protocol Television Focus Group）が発足し，2006年7月から2007年12月まで7回の会合が開催された［8］．ここでは，要求条件，アーキテクチャ，QoS（Quality of Service）管理手法，誤り訂正方式，プロトコル等の技術課題が議論されてきた．その後，FGの成果は，2008年1月に発足したITU-TのIPTV-GSI（Internet Protocol Television Global Standards Initiative）に引き継がれ，勧告化作業が進められた［9］．このIPTV-GSIは，ITU-Tの複数の研究委員会（SG：Study Group）が同時期に集まって開催する合同会議である．

日本ではIPTVフォーラムが2008年9月にIPTV規定を公開した［10］．IPTVフォーラムは，2011年地上波のディジタル化への完全移行を契機に，NGN（Next Generation Network）上でのIP放送が普及すると予測し，IPTVの技術仕様やサービス仕様を規格化することで，IPTVの利用促進と普及を図ることを目指している．IPTVサービスは，伝送，プラットホーム，端末と幅広い技術分野の連携によって実現するサービスであることから，IPTVフォーラムは，通信事業者，放送事業者，家電メーカ等から構成されている．

また，海外の研究機関も，IPTVサービスに対応できるネットワークインフラストラクチャを，どのように実現していくかを検討している［11］～［13］．

このような背景を基に，本稿では，まず，光アクセスとしてPONの特徴と現在の規格化状況を説明し，次に，PON技術を用いたIPTVサービスについて，法律的な背景，PON技術を用いた場合の実現方法と技術的な課題について概説する．

2. PONの広帯域化

現在，FTTHで多く導入されているPONについて説明する．IPTVサービスの普及には，その前提として，FTTHの広帯域化が重要なポイントになる．例えば，現在CATVは，日本や米国で数百チャネルの映像を提供している．これら全チャネルをすべて高精細化し，更にインターネットサービスを同時に提供するためには，2.5～10 Gbit/s級のPONが必要となる．本章では，PONの特徴と現在の標準化動向について説明する．

2.1 PON

一般的なPONの構成を図2に示す．PONは通信事業者に設置されるOLT（Optical Line Terminal，光加入者線端局装置）と，加入者宅内に設置される複数のONU（Optical Network Unit，加入者線網装置）から構成される．OLTとONUの間に光信号を合分波する光スプリッ

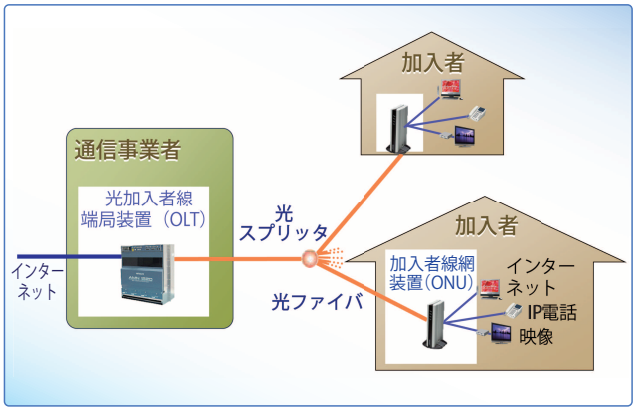


図2　複数の加入者が光ファイバを共有して通信するPON

タが設置されることにより，光ファイバを介して，一つの OLT に複数の ONU が接続される．ONU は，OLT からの光信号を電気信号へ変換するとともに，加入者の端末装置（PC 等）からの電気信号を光信号に変換して OLT へ転送する役割を担っている．また，OLT は，ONU からの光信号を上位のネットワーク（インターネット等）へ転送し，上位のネットワークからの信号を ONU へ転送する．

下り方向（OLT → ONU）の通信においては，図 3 に示すように，時分割多重（TDM：Time Division Multiplexing）技術が用いられ，下り信号は時間的に重ならないように多重化して伝送される．なお，下り信号は，光スプリッタで分岐されて，同一の PON につながるすべての ONU へ転送される．各 ONU は自分以外の ONU あてのデータも転送されるため，各 ONU が自分あての信号を見分けられるように，イーサネットフレームの先頭に識別子を付与し，各 ONU において自分あてのデータだけを抽出し，それ以外の ONU あてのデータを廃棄する．

上り方向（ONU → OLT）の通信においては，図 3 に示すように，時分割多元接続（TDMA：Time Division Multiple Access）技術が用いられ，上り信号は，光スプリッタにより複数 ONU からの信号が合波される．このため，各 ONU からの信号が無秩序に送信された場合，伝送路上で衝突を起こしてしまう．そこで，OLT は，ONU のデータ送信タイミングと送信量を制御する．これにより，データは伝送路上で衝突することなく，転送される．

現在，ギガクラスの PON 方式には，米国電気電子学会 IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineers）で標準化されて，国内で導入されている GE-PON

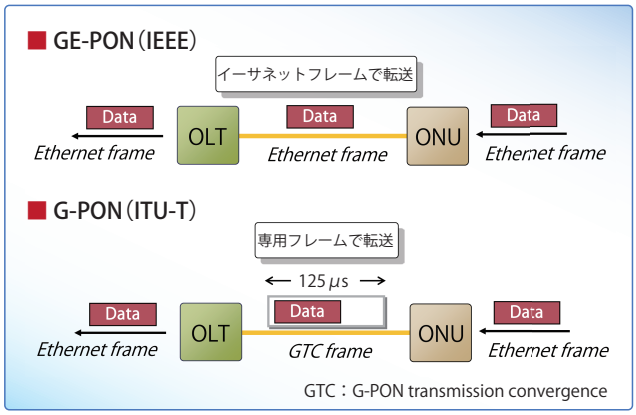


図 4　PON の転送方式

（Gigabit Ethernet Passive Optical Network）[4] と，ITU-T で標準化されて，北米市場等を中心に導入が始まっている G-PON（Gigabit-Capable Passive Optical Networks）[5] がある．図 4 に示すように，GE-PON と G-PON の特徴的な違いは，フレームフォーマットと転送方式である．GE-PON 方式は，イーサネットフレームを用いており，非同期通信のイーサネット方式をベースに規定されている．また，G-PON 方式は，専用フレームを用いており，125 μs 周期でフレームを送信する同期網の技術をベースに規定されている．現在普及している PON の通信速度は，GE-PON 方式で 1 Gbit/s，G-PON 方式は 2.5 Gbit/s である．

PON システムで重要なコア機能は，PON インタフェース機能と動的帯域割当 DBA（Dynamic Bandwidth Allocation）機能である．ここでは，GE-PON を取り上げて，これらの機能を説明する．

PON インタフェース機能で特徴的なのが，GE-PON のアクセス制御を行う MPCP（Multi-Point Control Protocol）である．MPCP は，ONU 登録のプラグアンドプレイを

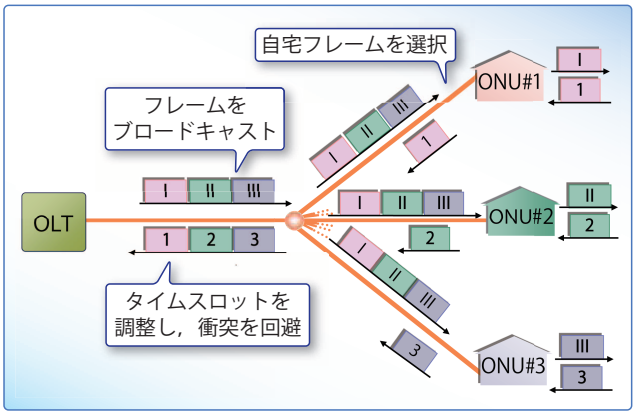


図 3　上り方向と下り方向の通信

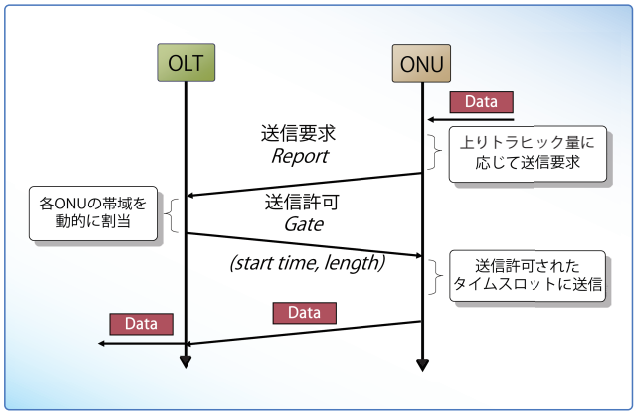


図 5　送信要求と送信許可を用いた帯域割当

実現するディスカバリー機能や，上りの送信要求と送信許可を行う帯域割当機能などがある．図5に，GE-PONにおける送信要求と送信許可を用いた帯域割当を示す．ONUは，Reportメッセージを用いて，上りデータ量に応じて送信要求を送信する．OLTは，ONUからの送信要求を受信して各ONUに割り当てる帯域を計算し，Gateメッセージを用いて，送信許可をONUへ送信する．ONUは，許可されたタイムスロットにデータを送信する．

DBAは，MPCPを用いて，各ONUの上りの帯域を動的に割り当て，複数のONU間で効率的に帯域をシェアする機能である．例えば，32台のONUに1 Gbit/sの帯域を固定的に割り当てた場合，1台当りのONUの最大帯域は，31 Mbit/sに制限されてしまう．これに対して，DBAは，ONUの上りデータ量に応じて，PONの上りの帯域を動的に割り当てるため，ほかのONUで使われていない帯域を効率的に割り当てることができる．例えばほかのONUで上りのデータがない場合，最大帯域1 Gbit/sを使用することができる．

PONインタフェース機能とDBA機能を実現するためには，上りの光バースト信号を送受信できる光バースト通信技術が必要である．例えば，GE-PONでは，数百nsオーダでONUの光送信機とOLTの光受信機をオンオフしなければならない．またONUからOLTまでの距離の違いにより，受信パワーが異なるため，OLT受信機は，受信利得を数百nsオーダで最適に調整する必要もある．

このような光バースト通信技術が必要であるにもかかわらず，PONが普及した理由として，経済化メリットが挙げられる．複数加入者が，通信事業者に設置される装置や光ファイバを共有することで，1加入者当りの導入コストを下げることが可能となる．この結果，装置面積当りの運用コストや消費電力も削減できる．更にファイバの敷設・保守コストも削減可能となる．また，広帯域化により1 bit当りの転送コストが下がったことにより，映像配信のような広帯域のサービスでも，安価に提供できる．このようなPONの広帯域性を生かすことで，高精細なIPTV，IP電話，TV電話サービス等を提供することが可能となり，FTTHサービスの付加価値を高めることが期待できる．

2.2 PONの標準化動向

PONの国際標準規格は，IEEEとITU-Tの2団体によってそれぞれ策定されている．IEEEは，イーサネット技術をベースにしたインタフェース規格であり，チップベンダや装置ベンダ主導により規格化されてきた．一方，ITU-Tは，同期網の技術をベースとして運用・管理も考慮した規格であり，通信事業者や装置ベンダが主導して規格化してきた．

IEEE標準規格では，2004年に下り1 Gbit/s，上り1 Gbit/sのGE-PON（IEEE 802.3ah）の標準化が完了した．2009年には，上り1 Gbit/sまたは10 Gbit/s，下り10 Gbit/sの10G-EPON（IEEE 802.3av）の標準化が完了している［14］．IEEE 802.3ahの仕様は，物理層，データリンク層にまたがり標準化されている．物理層では，光信号の送受信レベルや波形等が規定されている．光信号規格は，伝送距離が10 kmまでの「1000 BASE-PX10」と，20 kmまでの「1000 BASE-PX20」の2種類からなる．データリンク層では，MPCPのReportとGateメッセージのフレームフォーマットが規定されている．DBAの割当アルゴリズムは，通信事業者のサービスポリシーに依存するため規定されていない．

ITU-T標準規格では，2001年に622 Mbit/sのB-PON（ITU-T G.983シリーズ）が勧告化された．2006年には，下り2.5 Gbit/s，上り1.2 Gbit/sのG-PON（ITU-T G.984シリーズ）が勧告化された．現在，更に高速なPONシステムとして，下り10 Gbit/s，上り2.5 Gbit/sのXG-PONの検討が進められており，2010年に勧告化される予定である．図6に示すように，IEEEとITU-Tは，異なる通信速度のPONを規格化してきたが，ここ数年光アクセスとしては限界に近い1波長10 Gbit/sの通信速度に達したため，物理層の規格を共通化する動きがある．

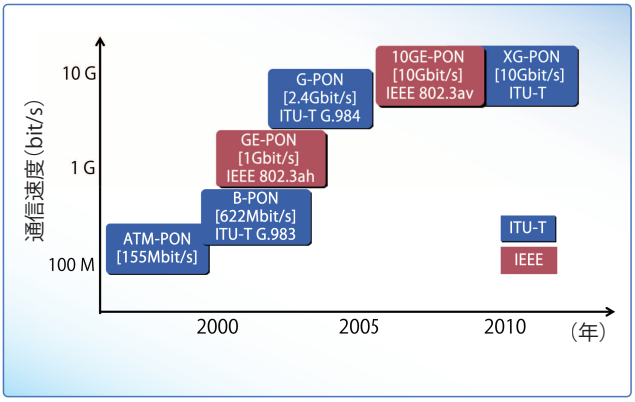


図6　IEEEとITU-TにおけるPONの標準化規格

3. IPTV サービスの実現と課題

日本では，GE-PON の普及が進み，各家庭に光ファイバを用いて IPTV サービスを実現できる環境が整ってきている．表 1 に IPTV サービスの要求条件と技術課題を示す．IPTV サービスは，ダウンロード型，VOD（Video On Demand）型と放送型の 3 種類に分類できる［10］，［15］．まず，それぞれの定義について説明する．

表 1　IPTV の要求条件と技術課題

サービスの種類	要求条件	技術課題
ダウンロード型	・高速ダウンロード ・大容量映像の保存	・広帯域化 ・HDD 大容量化
VOD 型	・高品質な配信	・広帯域化 ・帯域制御
放送型	・高品質な配信 ・同一性の確保 ・匿名性の確保 ・地域限定性の確保	・多チャネル配信 ・広帯域化 ・帯域制御 ・マルチキャスト

ダウンロード型 IPTV サービスとは，家庭のハードディスク（HDD：Hard Disk Drive）に映像コンテンツをダウンロードしてから視聴することである．このサービスは，一般のインターネットを通して，コンテンツをダウンロードする仕組みである．ハードディスクの大容量・低コスト化により，サービスの普及が加速している．ダウンロード型 IPTV サービスとして，アクトビラ ™ サービスが既に始まっている［16］．最近の IPTV サービスには，次世代動画圧縮技術 H.264/MPEG-4 AVC が使われている［17］，［18］．H.264/MPEG-4 AVC とは，ITU-T と ISO/IEC が共同で規定した規格である．この動画圧縮技術をダウンロード型 IPTV サービスに用いると，HD 画質の映画 2 時間分のファイルをダウンロードする場合 10 Mbit/s の通信ネットワーク回線で，約 2 時間必要となる．また 100 Mbit/s の通信ネットワーク回線では，約 12 分必要となる計算になる．

VOD 型 IPTV サービスとは，視聴者からの要求により VOD サーバから映像データをストリーム配信し，IPTV 端末で受信しながら視聴することである．VOD 型 IPTV の基本は，ユニキャスト配信で，1 対 1 に映像を配信する方式である．映像帯域は，数百 kbit/s から数十 Mbit/s になり，1 チャネル程度の映像であれば，快適に見ることができる．VOD 型とダウンロード型 IPTV との違いは，同じ映像を視聴する場合でも，VOD 型 IPTV は再度インターネットから映像を受信しなければならない点にある．

放送型 IPTV サービスとは，地上波や CATV と同様に全チャネルの放送番組や映像をあらかじめ配信しておき，視聴するときにチャネルを選択切換することである．放送型 IPTV は，放送電波による TV では数十チャネル，CATV では 100 ～ 400 チャネルが配信されるため，広帯域なアクセスネットワークが必要となる．また，BS デジタル放送の IP 再送信を実現するには，地上波デジタル放送よりも，更に広帯域なアクセスネットワークが必要となる［19］．また，放送波による TV との違いの一つとして，放送型 IPTV では，光ファイバ 1 本で双方向通信が実現できることである．現在は，ファイルダウンロード型や VOD 型 IPTV が主流であるが，放送型 IPTV も普及し始めている．

次にこれら IPTV サービスの要求条件と技術課題を説明する．ダウンロード型 IPTV サービス［20］は，今後，大容量コンテンツをいかに高速にダウンロードするかが重要な課題である．例えば，HD 画質の映画を見たいときに，すぐに視聴できることが望ましい．短時間でダウンロードするためには，広帯域なネットワーク回線が望まれる．また，その大容量映像を蓄積するための大容量の HDD も必要である．このように，ネットワーク回線の広帯域化と HDD の大容量化が重要な課題となる．ただし，ダウンロードが完了する前に映画を再生できるようであれば，ユーザにとってのサービス品質は高くなる．このように，実際の IPTV サービスを提供するときは，映像技術とネットワーク技術の組合せで，サービス品質をいかに向上させるかが重要な課題となる．

VOD 型 IPTV サービスの課題は，高品質な映像配信を実現することである．ここで，高品質な配信とは，パケット損，パケット転送遅延，パケットの転送遅延揺らぎの少ない配信のことである．VOD 型 IPTV サービスでは，映像帯域が小さい番組は，ストレスなく視聴することができる．しかし，映像帯域が大きい高画質な番組を視聴するとき，通信ネットワーク帯域が十分でない場合，パケット損，パケット転送遅延，パケットの転送遅延揺らぎが発生し，映像の画質が劣化する．このような場合は，ネットワークの帯域制御技術により，映像帯域を保証することで，映像の品質が保証できる．または，

帯域制御技術を用いず，映像帯域より十分大きい回線帯域を持つネットワークを用いることで，品質を改善することもできる．このようにネットワークの帯域制御と広帯域化も重要な課題となる．

放送型 IPTV を実現する課題として，地域限定性の確保，同一性の確保，匿名性の確保等の放送要求条件［6］や，高品質な配信が議論されている．地域限定性の確保とは，放送事業者が，放送免許エリアのみに映像を配信することである．例えば，関東地区の放送免許を有する放送事業者は，その地区以外に映像を配信してはならない．また，同一性の確保とは，全視聴者が，同じ放送品質の複数のチャネルを同時視聴若しくは同時録画できることである．匿名性の確保とは，放送事業者が，視聴者が選択している番組を知ることはできないことである．

この放送型 IPTV を実現する方法として，各 IPTV 端末に映像を配信するために，IP マルチキャスト配信が使用されている．ここで，映像の IP マルチキャスト配信とは，複数の IPTV 端末に同じデータを IP マルチキャストパケットで送信することである．この IP マルチキャストを放送型 IPTV に用いた場合，1 チャネル分の帯域で，全 IPTV 端末に映像を配信することができる．しかしながら，同一性の確保や匿名性の確保の要求条件を満たすためには，複数のチャネルを同時に配信する多チャネル配信を実現しなければならず，現在のアクセスネットワークでは帯域不足である．その理由の一つとしては，現在の放送電波による TV では数十チャネルが必要となる．また，CATV では，SDTV（Standard-Definition TV）で 250 ～ 350 チャネル，HDTV（High-Definition TV）で 100 チャネル以上必要となり，現在のアクセスネットワークでは帯域不足である．

また，複数のチャネルを同時に配信する場合，チャネルの切換方法と切換時間の高速化が課題となる．この問題を解決するために，高速なチャネル切換方法が提案されている［21］．この一例として，IP マルチキャストルータによるチャネル切換方式では，キャリヤグレードルータを通信事業者の局舎に配置することで，チャネルを高速に切り換える．しかしながら，全国の局舎にキャリヤグレードのルータを配置することは，経済的な負担が大きい．また，キャリヤグレードルータの設置台数を削減するために，ルータが複数の OLT を収容すると，チャネル要求信号がルータに集中する．この結果，処理負荷が増大し，チャネル切換時間の高速化は困難となる．この負荷集中による問題を解決するためのチャネル切換方法が，提案されている［22］，［23］．

更に，地域限定性の確保を満たす放送サービスを実現するためには，マルチキャストで映像を配信するエリアを制限する必要がある．また，IPTV 端末でチャネルを選択する方式では，IPTV 端末にチャネルに対応したマルチキャストアドレス情報を通知する必要がある．このように，アクセスネットワークにおける多チャネル配信，広帯域化，帯域制御，マルチキャストが重要な課題となる．

以上に説明したように，IPTV サービスが普及するためには，アクセスネットワークの技術と，同一性の確保，匿名性の確保などの技術的要件を検討する必要がある．

4. PON 技術を用いた IPTV サービス

PON 技術を用いて，IPTV 配信を実現する場合の課題とその解決方法について解説する．IPTV の全体アーキテクチャは，現在 ITU-T SG13 の Y.1901 において標準化作業が進行中である．本章では，PON にかかわる技術についての一例を示す．特に放送型サービスに関連した技術を説明する．

4.1 PON を用いた放送型 IPTV アーキテクチャ

PON を用いた放送型 IPTV アーキテクチャの一例を説明する．PON による放送型 IPTV アーキテクチャの目的は，地上波と同様に映像コンテンツを多数の IPTV 端末に配信し，同一性と匿名性を確保できる多チャネル配信を実現することである．多チャネル配信とは，複数のチャネルをあらかじめ ONU まで配信しておくことである．ここでは，ONU までチャネル配信することによって，CATV サービスと同等な匿名性の確保になると想定している．

図 7 に示すように，放送型 IPTV アーキテクチャは，IPTV 端末，放送サーバ，IP 放送マルチキャスト管理サーバ及び PON から構成される．放送局内に設置された放送サーバは，HD 映像をマルチキャストネットワークに IP マルチキャスト配信する．ONU は，IGMP（Internet Group Management Protocol）［24］や MLD（Multicast Listener Discover（Protocol））［25］を用いてあらかじめ

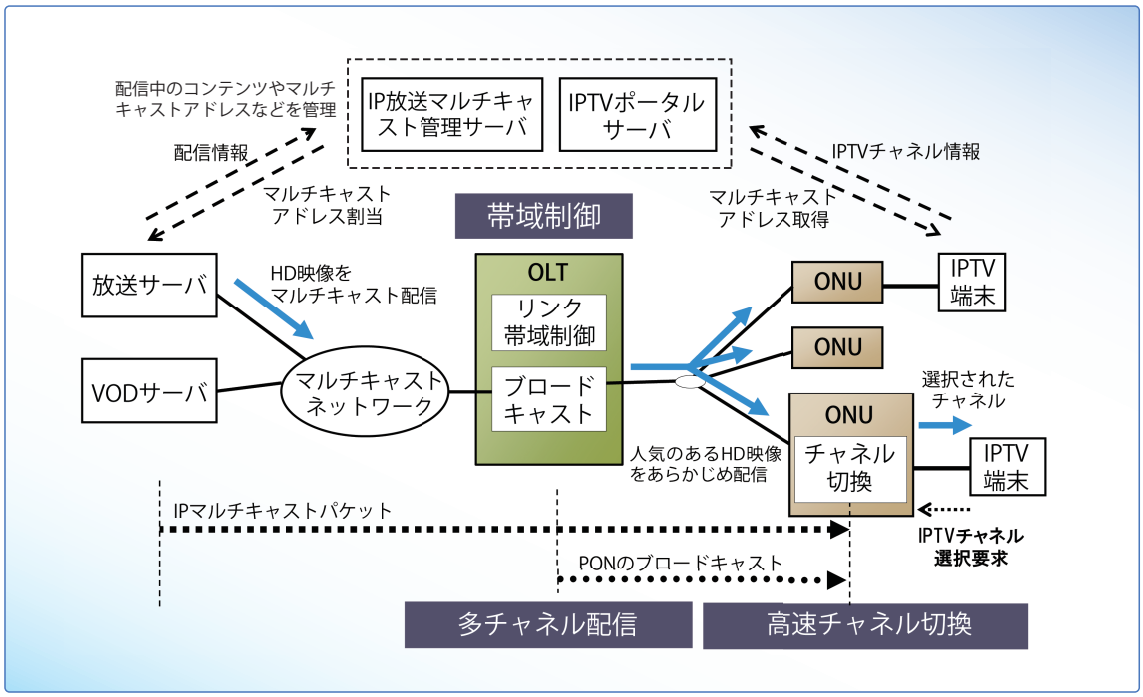


図 7　放送型 IPTV アーキテクチャ

マルチキャストグループに参加しておくことで，多チャネル配信が実現される（**4.2** 参照）．ONU は，チャネル機能が実装され，IPTV 端末と連携した HD 映像のチャネルの選択切換機能を搭載する（**4.3** 参照）．また，OLT は，下りの帯域制御機能が実装され，HD 映像とインターネットの帯域を制御する（**4.4** 参照）．

チャネル切換動作について簡単に説明する．まず，IPTV 端末は，IP 放送マルチキャスト管理サーバに問い合わせ，IPTV チャネル情報からマルチキャストアドレスに変換する．次に，IPTV 端末は，ONU に IPTV チャネル選択要求を送信する．この結果，ONU で選択された HD 映像は，ホームネットワークを介して，IPTV 端末に転送され再生される．ここでは，ONU に IPTV のチャネル切換機能を実装している．しかし，サービス事業者やビジネスモデルにより，チャネル切換機能が，ホームゲートウェイ（HGW：Home Gateway）やセットトップボックス（STB：Set Top Box）等にも実装されることもある．

マルチキャストアドレスの管理は，サービスの形態により異なるため，標準化では規定されていない．IPTV 端末にマルチキャストアドレスを開示するか，また，ホームネットワークでは，IPTV チャネル選択要求のための特別なプロトコルを使い，通信事業者のみがマルチキャストアドレスを見えるようにするべきか，議論の分かれるところである．今後の IPTV サービス形態により決まってくるものと思われる．ここでは，図 7 に示すように，視聴者が IPTV 端末から番組を選択したときに，マルチキャストアドレスが割り当てられる一例を示している．このとき，加入者の位置情報や地域を特定できれば，その地域のみに配信できるマルチキャストアドレスを割り当てることにより，地域限定配信を達成できる．

4.2　PON のブロードキャストと多チャネル配信

GE-PON の回線帯域は，1 Gbit/s であることから，この回線帯域を最大 32 加入者で同時に共有した場合，1 加入者当り約 31 Mbit/s の帯域が割り当てられることになる．HD 映像の映像帯域を 10 Mbit/s とすると，最大 3 チャネルの映像を配信できる計算になる．しかしながら，放送型 IPTV サービスのような数百チャネルの番組を同時に提供することはできない．そこで，PON のブロードキャストを用いて，効率的に IPTV 映像を配信する方法を説明する [26], [27]．ここで，PON のブロードキャストとは，光信号が光スプリッタでコピーされ，すべての ONU に配信されることである．

図 8 に PON のブロードキャストフレームを用いて配信する仕組みを示す．PON の下り方向の通信にはユニキャストフレームとブロードキャストフレームが用い

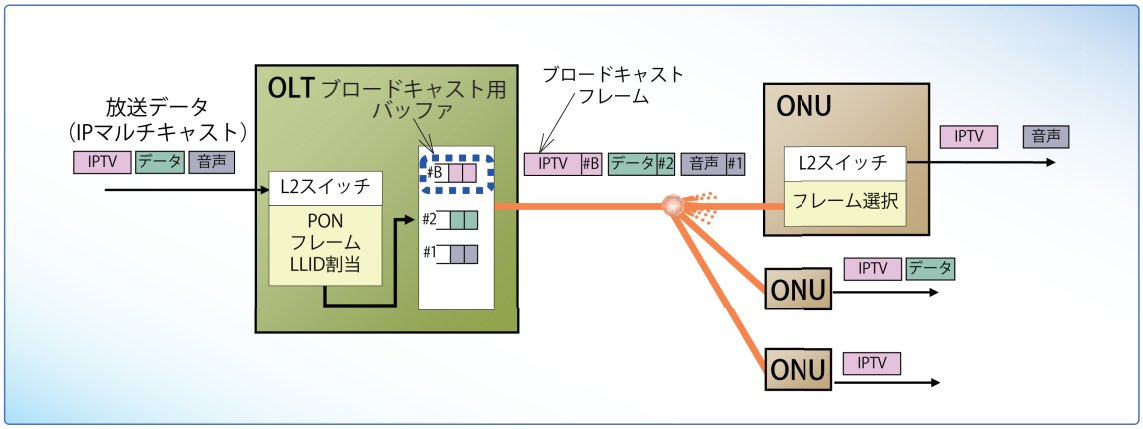


図 8　PON のブロードキャスト

られる．ユニキャストフレームは，OLT と各々の ONU を論理的に 1 対 1 で通信し，論理リンク ID（LLID：Logical Link ID）と呼ばれる識別子で区別される．このリンクをユニキャストリンクと呼ぶ．また，ブロードキャストフレームは，すべての ONU に同報配信でき，ユニキャストフレームと同様に，論理リンク ID で識別される．このリンクをブロードキャストリンクと呼ぶ．このブロードキャストリンクは，標準化規格では MPCP 等の制御信号の通信に用いられる．

そこで，IP マルチキャストパケットを ONU に配信するときに，このブロードキャストフレームを活用すれば，配信効率が向上する．図 8 に示すように，OLT は IP マルチキャストパケットを受信すると，全 ONU に転送されるブロードキャストフレームにマッピングして配信する．各 ONU は，自分あてのユニキャストフレームとブロードキャストフレームを受信する．

この結果，図 9 に示すように，IP マルチキャストパケットは，OLT の L2 スイッチの電気レベルでコピーされることなく，光スプリッタでコピーされ，全 ONU に同じ IP マルチキャストパケットが同時配信される．例えば，32 台の ONU が接続している場合，下りのネットワーク回線使用効率は，最大 32 倍向上する．ここでは，L2 スイッチは OLT に内蔵されているが，OLT の上位側に設置されていても効果は同じである．特に海外装置ベンダの PON システムでは，OLT に L2 スイッチが内蔵されているものが多い．

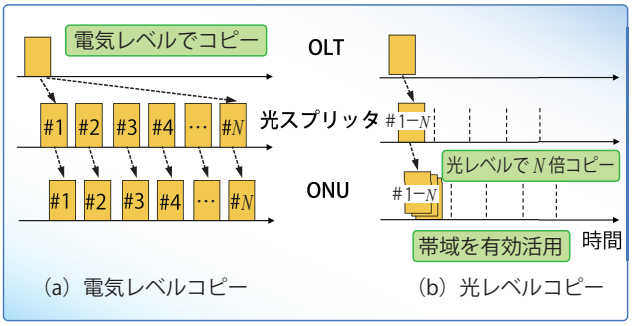


図 9　光スプリッタによるコピー

次に，PON のブロードキャストフレームを用いる場合と用いない場合の配信可能なチャネル数について検討する．下りの PON のユニキャスト帯域は，各 ONU の下りのユニキャスト帯域の合計となる．また，下りの PON の全帯域は，下りの PON のブロードキャスト帯域と下りの PON のユニキャスト帯域の合計である．ここで，ONU の総数を N，第 n 番目の ONU の下りのユニキャストリンクの帯域を BU_n とする．また，下りのブロードキャストリンクの総数を M，第 m 番目の下りのブロードキャストリンクの帯域を BB_m とすると，下りの PON の全帯域 B_d は，次式のようになる．

$$B_d = \sum_{n=1}^{N} BU_n + \sum_{m=1}^{M} BB_m \qquad (1)$$

次に，一例として図 10 のように，G-PON を用いた場合の ONU 当りの下りの映像チャネル数について考える．ブロードキャストリンクを用いた場合，G-PON の下りの帯域は 2.5 Gbit/s であるので，下りの PON のユニキャスト帯域の合計を（$\sum BU_n =$）1.0 Gbit/s，下りの PON のブロードキャスト帯域の合計を（$\sum BB_m =$）1.5 Gbit/s に設定する（図 10（a））．また，ブロードキャストフレームを用いず，下りの PON の全帯域をユニキャスト帯域（$\sum BU_n =$）2.5 Gbit/s に設定した場合と比較する（図 10（b））．ここでは，ブロードキャスト帯域とユニキャスト帯域の両方を用いて映像を配信する．このときの HD 映像の映像帯域は 10 Mbit/s とする．

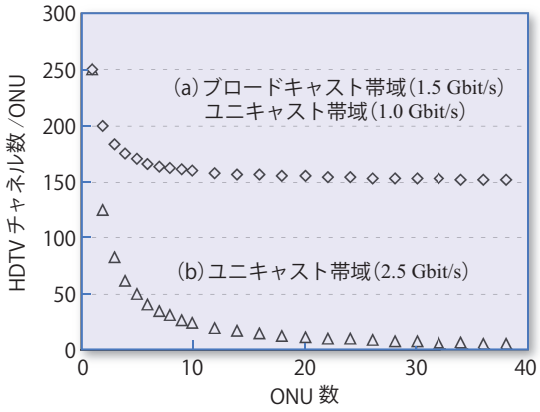


図 10　HDTV チャネル数と ONU 数

ONU 当りの下りの映像チャネル数を図 10 に示す．下りのブロードキャスト帯域は，ONU 数に依存しないため，ONU 数が増加しても，ブロードキャスト帯域で配信可能な HD 映像チャネル数は 150（=1.5 Gbit/s／10 Mbit/s）となる．更に，各 ONU のユニキャスト帯域でも映像を配信できることから，必ず 150 チャネル以上配信できることになる（図 10（a））．一方，ユニキャスト帯域は，複数の ONU と共有しているため，ONU 数が増加すると，ONU 当りの映像チャネル数は減少する．このため，ONU 数が増加すると，映像の配信効率は下がってしまう（図 10（b））．以上より，PON のブロードキャストを用いると，ONU 数が増加するほど，HD 映像の配信効率は向上する［28］．ただし，実際の映像帯域は時間により変動することを考慮して，帯域を割り当てる必要がある．

4.3　高速チャネル切換

放送電波による TV 放送や CATV では，チャネル切換（ザッピングと呼ぶこともある）時間が短いという特徴がある．現在の TV サービス品質を下げないためにも，チャネル切換時間は，IPTV サービス品質として重要な課題である．視聴者から見たチャネル切換時間とは，チャネル切換要求を発行してから，新しい映像が表示されるまでの時間のことである．この切換時間には，映像データのジッタの吸収時間，映像・音声の復号時間と IP マルチキャストパケットの選択時間が含まれる．本稿では，PON の多チャネル配信を用いたときのチャネル切換時間を考察するため，IP マルチキャストパケットの選択時間に注目し，チャネル切換要求を発行してから映像パケットが IPTV 端末に転送されるまでの時間を，チャネル切換時間と定義して説明する．

まず，IP マルチキャストルータによるチャネル切換方式について説明する．この方式のチャネル切換時間は，$D_{ch} = D_u + D_p + D_d$ と表すことができる．ここで，D_u は IPTV 端末から近くのマルチキャストルータまでの要求信号の転送遅延時間，D_p はマルチキャストルータ内の処理時間，D_d はマルチキャストルータから IPTV 端末までのデータの転送遅延時間となる．マルチキャストルータは通常アクセスネットワークより上流に設置され，途中の中継ルータなどの処理時間が長いと，D_u と D_d も大きくなってしまう．特に，D_d は，帯域制御しない伝送路では映像データの帯域が大きい場合，パケットの転送遅延

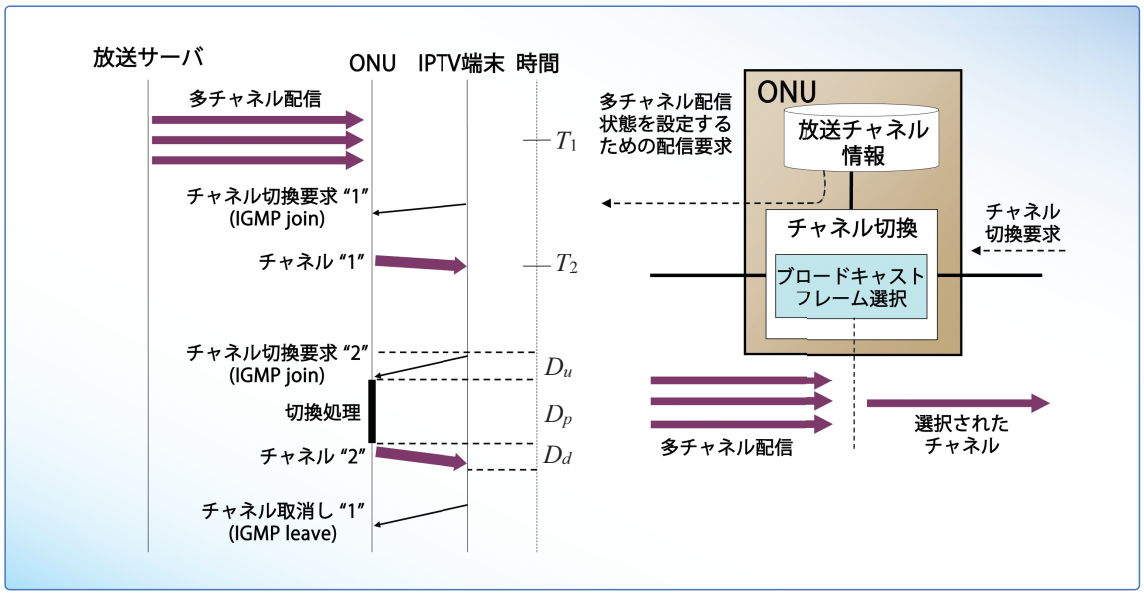


図 11　ONU におけるチャネル切換

や転送遅延揺らぎが発生する可能性がある．また，マルチキャストルータ方式では，多数のユーザを収容しているため，視聴要求信号がマルチキャストルータに集中し，D_p が大きくなる場合がある［21］．

次に，PON を用いた場合のチャネル切換方式について説明する（図 11）．ONU はあらかじめ放送番組を受信しておき（時刻 T_1），IPTV 端末からチャネル切換の要求メッセージに基づき，視聴者が視聴してもよいチャネルのみを転送する（時刻 T_2）．この PON のチャネル切換時間は，$D_{ch} = D_u + D_p + D_d$ と表すことができる．ここで，D_u は IPTV 端末から宅内 ONU までの要求信号の転送遅延時間，D_p は ONU 内の要求信号の処理時間，D_d は ONU から IPTV 端末までのデータの転送遅延時間となる．IP マルチキャストルータによるチャネル切換方式と比べ，D_u と D_d は小さくなり，D_p は，ONU の処理負荷が分散されるため，小さくなる．

これらの多チャネル配信におけるチャネル切換時間を，G-PON を用いて動作を確認した例を示す．放送サーバから約 18 Mbit/s の HD 映像を 5 ストリーム送信し，チャネル切換時間を測定した結果，図 12 に示すように，15 ms 以下が得られることが分かっている［27］．このとき，HD 映像データは，ONU まで配信されており，また，チャネル選択要求として IGMP Join メッセージを用いている．ONU で IGMP Join を処理しているため，高速なチャネル切換が実現できている．

ONU にチャネル切換機能を実装するときの特徴について説明する．ONU は，ギガクラスの光信号を受信しながら，PON フレームの転送可否を判定して，フレーム転送を行うため，高速な処理が可能である．ONU の宅内側に接続された HGW や STB でも，原理的には同じような機能を実現できる．しかし，数百チャネルの HD 映像を配信するには，ギガクラスのインタフェースが必要であり，実装レベルではかなり困難となる．

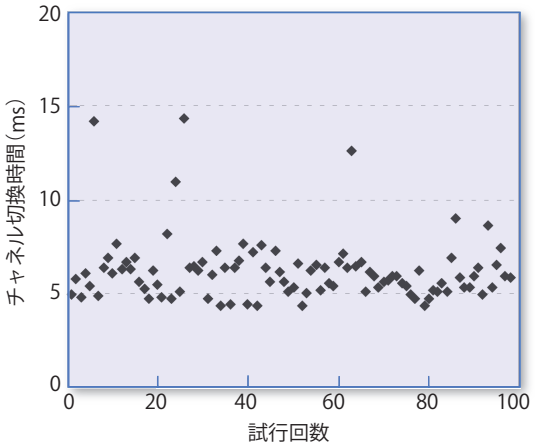


図 12　チャネル切換時間

4.4　PON における下り帯域制御

実際のサービス形態として，放送型 IPTV とインターネットを同時に使用する場合を検討する．インターネットサービスと映像配信サービスを提供する場合，放送サーバの配置場所がアクセスネットワークの構成に影響を与えてしまう．例えば，放送サーバを通信事業者の局舎に設置して，局舎内ネットワークから OLT に接続する構成も考えられる．この場合，インターネット帯域と映像の帯域の合計帯域が，下りの PON の帯域を超えてしまう場合もある．このような場合，OLT でふくそうが発生してしまう．この解決策の一つとして，PON の下り帯域制御について説明する．

H.264 や MPEG-2 では，映像の画質により映像帯域が時間的にも変動している．また，ルータやスイッチの転送性能に起因して，映像パケットの転送遅延や転送遅延揺らぎが発生してしまう．このような状況で，映像データとインターネットデータがネットワーク帯域を共有すると，互いに影響を受けてしまい，パケット損，パケット転送遅延，パケットの転送遅延揺らぎにより，画質劣化につながる可能性がある．

PON の下りの帯域制御技術について説明する．OLT は，リンクごとのバッファを有し，PON のユニキャストリンクやブロードキャストリンクの帯域を制御する．図 13 に示すように，映像データとインターネットデータを PON で配信した場合のモデルでシミュレーションを行った．表 2 にパラメータを示す．各ブロードキャストリンクの保証帯域は，10 Mbit/s に設定した．インターネットデータとして TCP（Transmission Control Protocol）トラヒック，映像データとしてマルチキャストの UDP（User Datagram Protocol）トラヒックを想定し，パケット損とパケット転送遅延について評価した結果を表 3 に示す．下り方向の帯域制御がない通常の PON の場合，ふくそうが発生すると，映像データに遅延が発生し，パケット損が発生することが分かる．実際，パケット損は HD 映像に影響を与えることが分かっている．一方，PON 区間で帯域制御することで，パケット損を低減しているこ

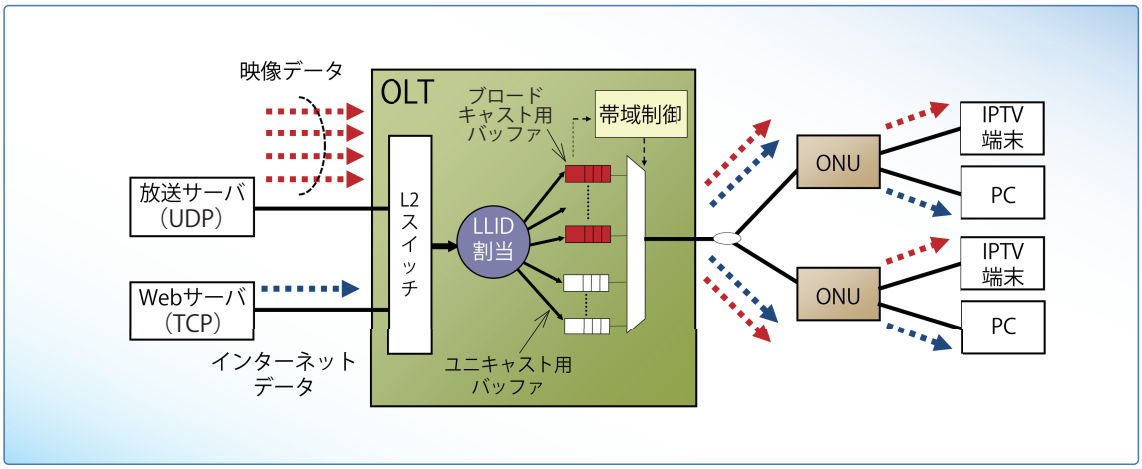


図 13　下りの PON の帯域制御

表 2　シミュレーションのパラメータ

項　目	値
ONU 数	32
PON の通信速度	2.5 Gbit/s
PON のブロードキャストの合計帯域（各ブロードキャストリンク 10 Mbit/s）	1.5 Gbit/s
PON のユニキャストの合計帯域	1.0 Gbit/s
映像データの帯域（10 Mbit/s×HDTV 150 チャネル）	1.5 Gbit/s
インターネットデータの帯域 (a) 30 Mbit/s ×32 users（ふくそうなし） (b) 100 Mbit/s ×32 users（ふくそうあり）	(a) 0.96 Gbit/s (b) 3.2 Gbit/s
バッファサイズ	2,048 kByte

表 3　シミュレーション結果

帯域制御	ネットワーク状況	インターネット	映　像	
		TCPパケット平均帯域（Mbit/s）（最小帯域/最大帯域）	UDP パケット損失率（%）	UDPパケット転送遅延（ms）
通常のPON	ふくそうなし	29.96 (29.95/29.96)	0.0	0.0010
	ふくそうあり	31.01 (25.86/36.85)	0.016	3.19
下りの帯域制御搭載PON	ふくそうあり	31.21 (31.20/31.23)	0.0	0.014

とを示している [28].

PON の下り配信の帯域制御を行った場合，TCP と UDP の相互影響を抑えることができる．この結果，PON 区間での映像の品質劣化を防ぐことができる．ここでは PON 区間のみを考慮したが，実運用ではエンドツーエンドの帯域設計が必要である．今後，ホームネットワークが無線になることが予想され，帯域制御は重要な課題である．また，IPTV サーバの設置場所や負荷分散等も議論していく必要がある．更に，帯域制御ができる MPLS-TP（MultiProtocol Label Switching - Transport Profile）装置と PON の連携も議論していく必要がある．

4.5　10 G-EPON を用いた IPTV サービス

HD 映像の映像帯域は 10 Mbit/s であるので，1 Gbit/s クラスの PON では，100 チャネルの映像を配信できる計算になる．しかし，IPTV サービスを本格的に普及させるためには，数百チャネル以上の回線帯域が必要と思われる．この理由は，現在の CATV や衛星 TV のチャネル数は，数百チャネル程度であるが，新しいサービスとして，個人放送局やコミュニティ放送局サービス等の出現も想定しておく必要があるためである．

また，実際のネットワークでは，映像データの転送遅延揺らぎが発生し，その結果パケット損やパケット転送遅延が発生する．このため，高精細が求められる IPTV サービスでは，帯域設計が必要である．この問題を解決するための一つの手段が，十分な帯域を映像配信に割り当てることである．このため，大容量次世代 PON である 10 G-EPON に期待が寄せられている．10 ギガクラスの 10 G-EPON は，2009 年 9 月 IEEE 802.3av で 10 G-EPON の標準化が完了しており，現在試作機レベルの研究開発が進んでいる．

図 14 に 10 G-EPON を用いた映像配信試作機を示す．この試作機に放送サーバと IPTV 端末を接続して，映像配信を実施した．現在，PON の通信速度 10 Gbit/s で伝送距離 20 km の動作を確認できている．

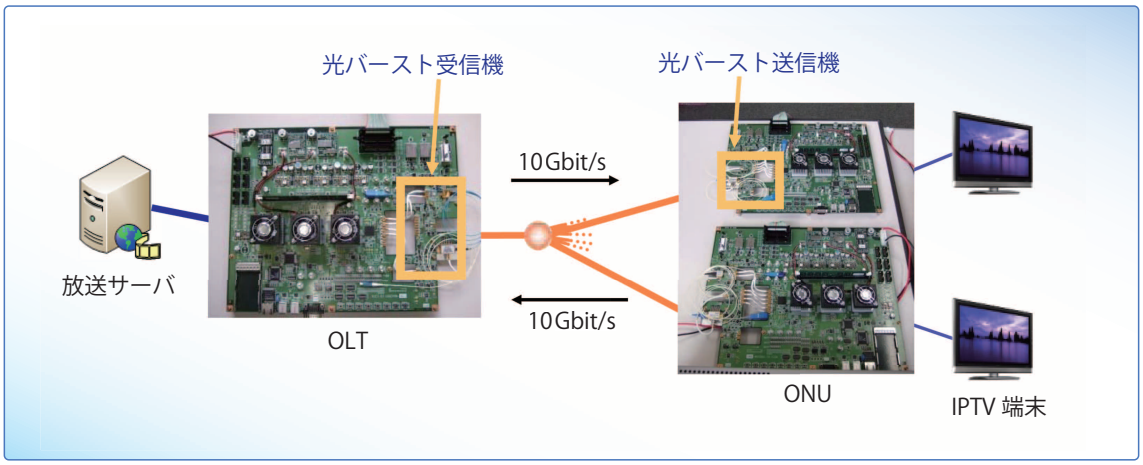


図 14　10 G-EPON を用いた映像配信システムの試作機

5. 今後の IPTV サービスの課題

以上のように，IPTV サービスの標準化規格が進展し，更に PON の技術開発も進められている．しかし，今後，更に IPTV サービスが普及するには，数百チャネルで数千万の加入者にサービスを提供する必要があり，帯域設計技術やネットワーク構築技術が重要となってくる．特に放送サービスでは，高画質な大容量コンテンツを全チャネル配信する必要があり，ネットワーク設計の知見やノウハウが重要となってくる．また，クラウドサービスの進展に伴い，データセンタが普及し始めると，映像などの大容量データをどのサーバに配置若しくはキャッシュしながら配信するべきか，考える必要がある．現在，ネットワーク，サーバ，ストレージが融合し，ネットワークの仮想化に向けて，統合的に運用管理する技術の研究が進められている．

また，ビジネスモデルの観点からは，放送事業者の免許制により新規参入者が制限されることや，コンテンツホルダ・サービスプロバイダ・インフラストラクチャプロバイダなどの間で複雑な利害関係が生じることにより，新サービスが出現しにくい環境になっている．今後，新サービスの市場が出現するための法整備を進める必要がある．

6. む　す　び

光アクセスとして，PON の特徴と現在の規格化状況を説明し，PON 技術を用いた IPTV サービスについて，法律的な背景，PON 技術を用いた場合の実現方法と技術的な課題について概説した．

G-PON を用いた場合，PON の特徴を活用した多チャネル配信を用いることにより，150 チャネル以上の HD 映像多チャネル配信と 15 ms 以内の高速チャネル切換時間を実現できる．この結果，同一性の確保，匿名性の確保等の放送要求条件を満たすことができる可能性を示した．

今後，技術的な課題として，HD 映像のバースト性を考慮した帯域保証技術や放送サーバの配置方法等の大規模運用技術を開発していく必要がある．また，ホームネットワークや IPTV 端末側の性能を考慮して映像配信する技術も必要である．

また，アクセスネットワークの帯域と家庭の HDD が十分に大きいという前提では，IPTV のビジネスモデルそのものが変わっていくものと考えている．例えば，全放送チャネルを録画しておき，画像や音声検索技術によって見たいシーンを瞬時に取り出す技術の研究も進められている．現在の放送電波による TV を超えた便利で楽しいサービスが期待されている．

日本のブロードバンドネットワークは世界で最先端を突き進んでいる．このような先進的な環境の下で，革新的な IPTV サービスが日本から生まれることを期待している．

本研究開発の一部は，総務省が推進するフォトニックネットワークに関する研究の一環である，独立行政法人情報通信研究機構の委託研究「集積化アクティブ光アクセスシステムの研究開発」の成果である．

文　献

［1］総務省報道資料，http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/

［2］Ministry of Internal affairs and Communication,“The number of broadband subscribers,” March 2009.

［3］H.Shinohara,“Broadband access in Japan: Rapidly growing FTTH Market,”IEEE Commun. Mag., vol. 43, no. 9, pp. 72-78, Sept. 2005.

［4］IEEE 802.3ah,“Ethernet in the First Mile,” June 2004.

［5］ITU-T G.984, SG 15,“Gigabit-Capable Passive Optical Networks (G-PON): General Characteristics,”March 2003.

［6］Ministry of Internal affairs and Communication,“Law Concerning Broadcast on Telecommunications Services,” June 2001.

［7］Ministry of Internal affairs and Communication, http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/catv_system/pdf/061127_1_sa5.pdf, Nov. 2006.

［8］ITU-T FG IPTV-ID-0094,“IPTV Service Architecture,” July 2006.

［9］ITU-T GSI, http://www.itu.int/ITU-T/gsi/iptv/

［10］IPTV Forum Japan, http://www.iptvforum.jp/

［11］S.Vedantham, S.H.Kim, and D. Kataria,“Carrier-grade ethernet challenges for IPTV deployment,” IEEE Commun. Mag., vol. 44, no. 7, pp.24-31, July 2006.

［12］S. Han, S. Lisle, and G. Nehib,“IPTV transport architecture alternatives and economic considerations,” IEEE Commun. Mag., vol. 46, no.2, pp.70-77, Feb. 2008.

［13］M. Volk, J. Guna, A. Kos, and J. Bester,“Quality-assured provision of IPTV services within the NGN environment,” IEEE Commun. Mag., vol. 46, no. 5, pp. 118-126, May 2008.

［14］IEEE 802.3av, 10G-EPON Task Force, http:/www.ieee802.org/3/av/index.html

［15］川添雄彦，端山　聡，松岡達雄，岸上順一，“次世代IPTV サービスに対する NTT の取り組み，”NTT 技術ジャーナル，vol. 18，no. 8，pp.8-10, Aug. 2006.

［16］株式会社アクトビラ，http://www.actvila.jp

［17］ITU-T Recommendation H.264,“Advanced video coding for generic audiovisual services”, Jan. 2003.

［18］ISO/IEC 14496-10,“Coding of audiovisual objects - Part 10: Advanced,” Jan. 2003.

［19］松本英一郎, 松田崇臣, 山口徹也, 平田寛将, 奥島啓介, 中島靖之，伊藤芳範，“BS デジタル放送の IP 再送信技術，”NTT 技術ジャーナル，vol. 21，no.10，pp.18-21, Oct. 2009.

［20］Y. J. Won, J. Won-Ki Hong, M. Choi, C. Hwang, and J. Yoo,“Measurement of download and play and streaming IPTV traffic,” IEEE Commun. Mag., vol. 46, no. 10, pp.154-161, Oct. 2008.

［21］D. Banodkar, K. K. Ramakrishnan, S. Kalyanaraman, A. Gerber, and O. Spatscheck,“Multicast instant channel change in IPTV systems,” Commun. Syst. Software and Middleware and Workshops 2008, pp.370-379, Jan. 2008.

［22］佐々木力，田上敦士，長谷川輝之，阿野茂浩，“複数マルチキャストを用いた IP 放送の高速チャネルザッピング手法，”信学誌（B），vol. J92-B, no. 4, pp.615-623, April 2009.

［23］H. Uzunalioglu,“Channel Change Delay in IPTV Systems,” Consum. Commun. Network. Conf. 2009, pp.1-6, Jan. 2009.

［24］W. Fenner,“Internet group management protocol,” IETF RFC 2236, Nov. 1997.

［25］R. Vida and L. Costa,“Multicast Listener Discovery Version 2,” IETF RFC3810, June 2004.

［26］堀田善文，武元理矢，小崎成治，高橋　章，本島邦明，“GE-PON 方式における IP マルチキャスト放送の安全性向上に関する一検討，”信学技報，CS2006-78, pp.49-52, Jan. 2007.

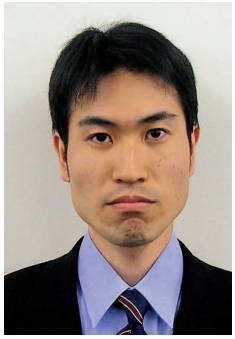
［27］H. Ikeda, J. Sugawa, Y. Ashi, and K. Sakamoto,“High-definition IPTV broadcasting architecture over gigabit-capable passive optical network,” Global Telecommun. Conf. 2007, pp.2242-2246, Nov. 2007.

［28］H. Ikeda, J. Sugawa, Y. Ashi, and K. Sakamoto,“Architecture and design of IP broadcasting system using passive optical network,” IEICE Trans. on Commun., E91-B, pp.2477-2484, Aug. 2008.

（平成 22 年 1 月 15 日受付，4 月 12 日再受付）

池田博樹（正員）

平 7 阪大大学院工学研究科通信工学専攻 博士前期課程了．平 21 同大学院博士後期課程了．博士（工学）．平 7（株）日立製作所中央研究所入社，平 11 日立アメリカネットワークシステム研究所にて光ネットワークの研究に従事．平 15 日立（中国）研究開発有限公司にて清華大学と共同研究．平 15 より（株）日立製作所中央研究所にて，PON と IPTV の研究に従事．IEEE Member，平 21 より本会通信方式 (CS) 研究会幹事．



栖川　淳（正員）

平 18 東大大学院理学系研究科物理学専攻修士課程了．同年（株）日立製作所中央研究所入社．以降，光アクセスネットワークの研究開発に従事．

IPTV 配信システムにおける技術動向と課題

IPTV Content Delivery Technologies

小林　昭 †1 Akira Kobayashi †1　　朝倉敬喜 †2 Takayoshi Asakura †2

Summary

IPTV（Internet Protocol TV）サービスは技術の国際標準化と相まって世界各国で普及が始まっている．本稿では，IPTV サービスのコアシステムである配信システムの基本技術として，映像符号化技術とネットワーク技術を概説するとともに，現在のサービスにおける配信システムの構成と技術課題を述べ，次世代 IPTV サービスへの展望と要求される技術について解説する．

Key words

IPTV，映像配信，映像符号化技術，VOD，QoE，NGN，IMS，トリプルシフト

1. まえがき

広域ネットワークを介した映像配信は，MPEG（Moving Picture Experts Group）技術と ATM（Asynchronous Transfer Mode）ネットワーク技術の標準化によって，1990 年代にサービスが開始された．その後，xDSL（Digital Subscriber Line）や FTTH（Fiber To The Home）による IP ネットワークが急速に普及することで，IPTV サービスは世界各国で開始され，現在，NGN（Next Generation Network）/IMS（IP Multimedia Subsystem）や IPTV 技術の標準化で普及期に入りつつある．また，利用者のライフスタイル多様化に対応してインターネットや携帯電話経由のサービスが始まり，これらを融合した次世代 IPTV の時代になろうとしている．この変遷を IPTV の歴史として図 1 に概観する．

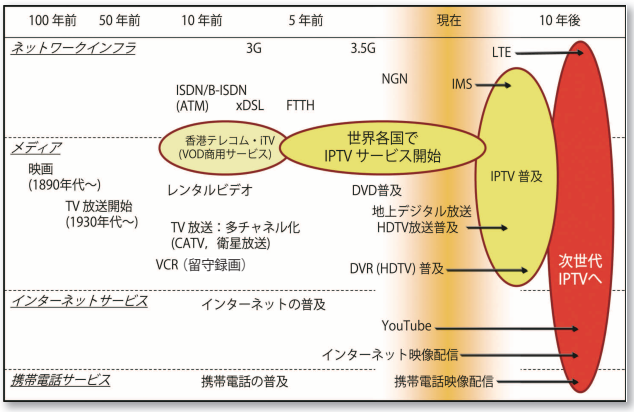


図 1　IPTV への歴史

本稿では，IP ネットワーク上で映像配信を実現するための基本技術として映像符号化技術とネットワーク技術を概説するとともに，現状の IPTV サービスにおける配信システムの構成と技術課題を述べ，次世代 IPTV サービスへの展望と，要求される技術について解説する．

2. 映像符号化技術：MPEG-2 から H.264 へ

IPTV ではテレビジョン（以下，TV）放送と同程度の品質が要求されるが，SDTV（Standard Definition Television）のディジタル TV 信号は 100 Mbit/s 以上のデータ量となる［1］ため，IPTV 配信では高能率な符号化技術が必須である．

映像符号化技術は，フレーム間予測符号化技術と DCT（Discrete Cosine Transform，離散コサイン変換）方式を基本とした変換符号化技術を中心に研究開発が進められ，ISO（International Organization for Standardization）と ITU（International Telecommunication Union）で標準化された MPEG-2 方式［2］によって放送品質のディジタル映像伝送が可能になった．その後，HDTV（High

†1　日本電気株式会社 キャリアネットワークビジネスユニット，東京都
Carrier Network Business Unit, NEC Corporation, Tokyo, 108-8001 Japan
†2　日本電気株式会社 知的資産 R&D 企画本部，川崎市
Intellectual Assent R&D Planning Division, NEC Corporation, Kawasaki-shi, 211-8666 Japan

Definition Television）による高品質映像配信を実現するべく，更に高能率な符号化技術 H.264（MPEG-4 AVC）方式［3］が開発され，この技術が現在の IPTV 映像配信システムの主流となっている．図 2 に映像符号化技術の品質・符号化速度の対応を示す．

音声の符号化技術も並行して開発が進められ，MPEG-1 では MPEG-1 Audio Layer 2 方式［4］によるステレオ音声が，MPEG-2 では HDTV の 5.1 チャネル高臨場音声を可能にする AAC（Advanced Audio Coding）方式［5］が開発されている．

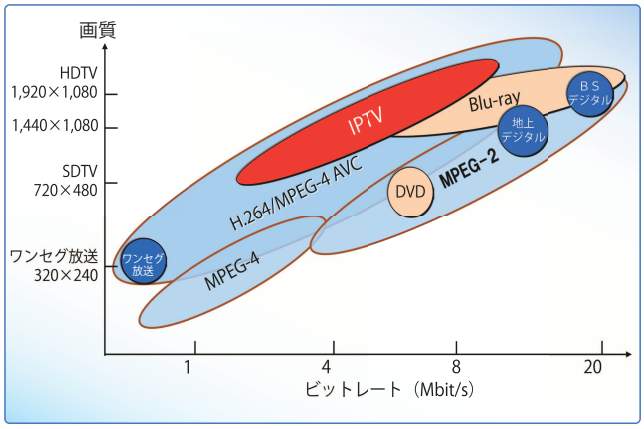


図 2　映像符号化技術の品質と符号化速度

3．ネットワーク技術：ATM から IP へ

ATM ネットワーク技術は，映像などの広帯域データを安定して配信できる帯域保証型の広域ネットワークとして，トラヒック制御や通信プロトコルが開発・標準化され，1990 年代にブロードバンドネットワークとして提供が始まった．ATM 上の映像配信技術として DAVIC（Digital Audio and VIsual Council）で各レイヤのプロトコル（MPEG-over-ATM や DSM-CC など）が標準化され［6］，VOD（Video On Demand）による映像配信サービスのトライアルや商用サービスが開始された．

一方で，1970 年代に複数台のコンピュータを接続する目的で IP が開発され，1990 年代にはインターネット（The Internet）の標準プロトコルとして，世界的に商用利用が盛んになった．更に 1990 年代後半から ADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line）などによる常時接続サービスの急激な低価格化が進み，IP ネットワークの高速化との相乗効果によって，広域ブロードバンドネットワークは ATM から IP ネットワークへ一変した．

IETF（Internet Engineering Task Force）などの標準化団体でも，ATM に相当する IP ネットワーク上の映像配信プロトコルとして，音声や映像データのリアルタイム伝送に必要なタイムスタンプなどを定義した RTP（Real-time Transport Protocol）［7］，映像の再生，停止などを制御する RTSP（Real Time Streaming Protocol）［8］，IP マルチキャストのチャネルを選択する IGMP（Internet Group Management Protocol）［9］などが標準化され，オンデマンド型映像配信サービスとともに，IP マルチキャストによる放送型映像配信サービスも可能となった．また，IP パケットの優先度制御を行う DiffServ（Differentiated Services）［10］，映像配信時に冗長パケットを生成し，ネットワークでのパケット損時に冗長パケットから損失パケットを生成するエラー訂正技術（COP3, Raptor など）［11］も開発された．図 3 に ATM と IP ネットワーク上の映像配信プロトコルの比較を示す．

ATM が帯域保証型のネットワークであったのに対し，IP ネットワークはベストエフォート型のため，品質の高い映像配信が要求される IPTV サービスでは，帯域保証などの新たな技術課題が発生し，その対応技術が検討・開発されつつある．これらについては，**5.** で紹介する．

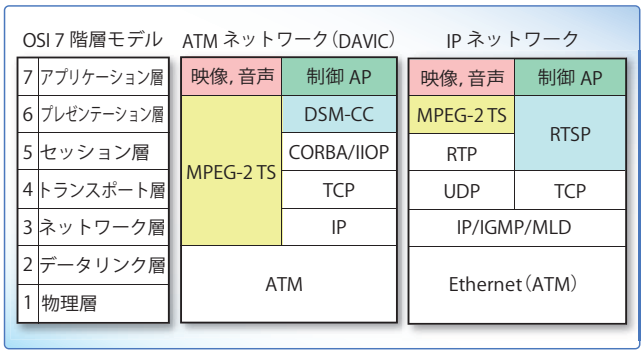


図 3　ATM と IP ネットワークの映像配信プロトコル

4．IPTV 配信システムの構成

現在，ITU-T [*1]，ETSI/TISPAN [*2] や ATIS/IIF [*3] などの国際標準化団体で IPTV 技術の標準化が進められ，そ

＊1　Telecommunication Standardization Sector of ITU（International Telecommunication Union）
＊2　European Telecommunications Standards Institute/Telecoms & Internet converged Services & Protocols for Advanced Networks
＊3　Alliance for Telecommunications Industry Solutions/IPTV Interoperability Forum

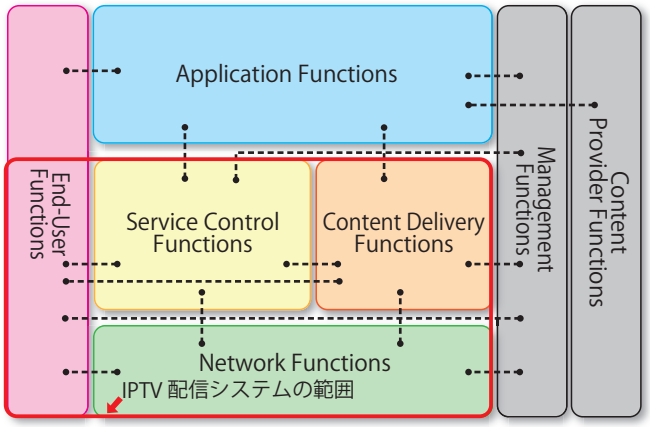


図 4　IPTV 基本アーキテクチャフレームワーク

の大枠が固まってきた．ITU-T では，「IPTV とは，品質が管理された IP ネットワーク上で提供されるテレビや映像などのマルチメディアサービス」と定義し，放送型の「Linear TV」とオンデマンド型の「VOD」を基本サービスとしている．

ITU-T で標準化された基本アーキテクチャ［12］を図 4 に示す．IPTV 配信システムは，Content Delivery Functions，Network Functions, Service Control Functions，及び End-User Functions が該当する．IPTV サービスを実現するためには，電子番組ガイド（EPG：Electronic Program Guide）の管理・配信，ユーザポータル，認証・課金，著作権保護など多くの技術が必要であるが，ここでは，IPTV 配信システムとして，「Linear TV」と「VOD」の構成について説明する．

4.1　Linear TV：マルチキャスト配信システム

Linear TV サービスは TV 放送型のサービスで，IP ネットワークのマルチキャスト機能によって配信される．サービス形態によって，全国放送の場合はセンタ局（SHE：Super Head End）からネットワーク全体に配信されるが，ローカル放送の場合は，地方局（VHO：Video Hub Office）から限定されたネットワーク内だけに

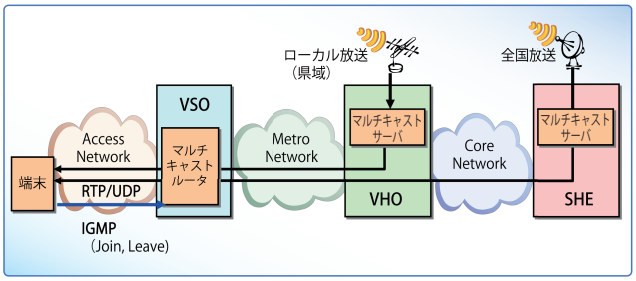


図 5　マルチキャスト配信システム構成

マルチキャスト配信される．端末が電子番組ガイドで選択されたチャネルに対応するマルチキャストアドレスを IGMP で要求し，マルチキャストルータが該当チャネルデータを分離・伝送する．図 5 にマルチキャスト配信システムの構成を示す．マルチキャスト配信では，ユーザ数に制限なく映像を配信できるが，Metro Network に提供チャネル数分の帯域確保が常に必要である．

4.2　VOD：ユニキャスト配信システム

VOD サービスは，レンタルビデオのように，配信サーバ上に準備されたコンテンツをポータル画面から選択して視聴するサービスで，端末と配信サーバをユニキャスト（RTSP，RTP）で 1：1 に接続する．DVD のような一時停止，早送り，巻戻し動作も RTSP で制御される．配信サーバは，センタ局（SHE）に設置されるが，大規模システムでは負荷分散のために VHO や VSO（Video Serving Office）に分散設置されることがある．図 6 にユニキャスト配信システムの構成を示す．ユニキャスト配信では，マルチキャスト配信と異なり配信数に比例する帯域がネットワークに必要になる．

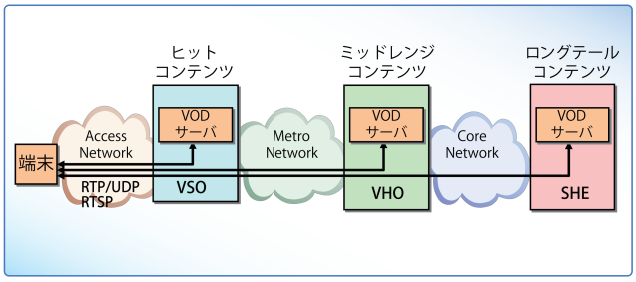


図 6　ユニキャスト配信システム構成

5. IPTV 配信システムの課題と対策技術

IPTV サービスは一定以上の品質が要求され，映像品質や人間の主観特性を加味した QoE（Quality of Experience，体感品質）として，課題・対策が検討されている［13］．ネットワーク品質は，これまで QoS（Quality of Service）という言葉で表現されてきたが，これはネットワークの伝送速度や遅延，パケット損など，ネットワークの性能を表す指標であり，ユーザの体感品質の観点では十分な指標でなかった．

「高品質な映像，HDTV」，「安定した映像再生」，「ス

トレスのない操作性」が主な QoE 要素であり，パケット損による映像の乱れ，ネットワーク帯域不足による映像の駒飛びや再生停止，チャネル切換などの応答時間の遅さに左右される．これらは IP ネットワークの特性に起因するもので，対策技術が検討・開発されている．

5.1　パケット損対策技術

ベストエフォート型の IP ネットワークは，トラヒックが混雑するとパケットの欠落（パケット損）が発生する．IPTV では高度に圧縮された MPEG データが IP パケットで伝送され，かつ高い伝送効率確保のため，送達確認しない UDP（User Datagram Protocol）で配信される．このため，1 パケットの欠落であっても大きな画像の乱れや，音声の途切れとなることがあり，パケット損対策技術が必須技術となる．対策技術として，パケット欠落による画像・音声劣化を再生処理で軽減する隠ぺい（Concealment）技術と，欠損パケットを復元する前方誤り訂正（FEC：Forward Error Correction）技術，自動再送要求（ARQ：Automatic Repeat reQuest）技術があり，ITU-T などで標準化が進められている．

FEC 技術は冗長データを配信サーバで生成して配信データとともに送信し，受信側で配信データが欠落したときに冗長データを使って復元するもので，ある程度のパケット損が発生しても乱れのない映像配信が可能になる．FEC は複数の方式（COP3 や Raptor 等）が提案されているが，パケット損への耐久性や，冗長データ量，FEC 処理負荷を鑑(かんが)みて，対象の IPTV システムに適した方式が選択される．

ARQ 技術は，受信端末がパケット欠落検出時に配信サーバへ欠落したパケットの再送を要求し，その再送データで復元する方式のため，パケット損失率の低いネットワークでは伝送効率が高い．再送要求は，RTSP や RTCP（Real-time Transport Control Protocol）[7] で送られるため，同時に多数の端末が接続されるマルチキャスト配信には適さない．

5.2　帯域確保技術

IP ネットワークは，トラヒック量が少ないときにはすべてのデータが伝送されるが，トラヒック量が非常に多いときにはネットワークの容量を超えたパケットは破棄される．最近のインターネットの爆発的な普及により，

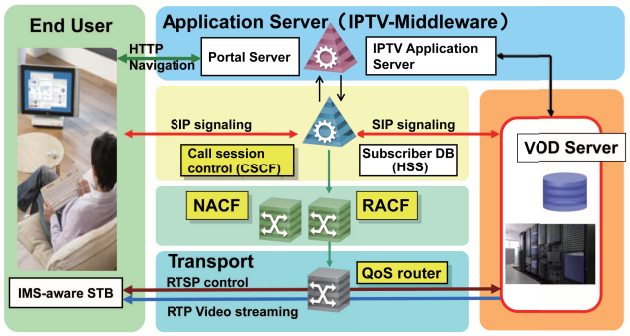


図 7　NGN IMS による VOD 配信システムの例

膨大な量のトラヒックが IP ネットワークに流れるため，繁忙時には帯域確保ができず，パケット損対策技術で救済できる限界を超えた状態になっている．

この問題を解決すべく，ITU-T では NGN として帯域確保技術が開発・標準化された．NGN 標準仕様では RAC 機能（RACF：Resource and Admission Control Function）として，ネットワーク帯域などのリソース管理が定義されている [14]．マルチキャスト配信では，コアネットワーク及びメトロネットワークのチャネル数（必要帯域）が比較的少なく変動も少ないため，固定的な帯域管理でよいが，多数の接続が常に変化するユニキャスト配信では RAC 機能による帯域管理は不可欠になる．RAC 機能では DiffServ による IP パケットの優先度制御なども定義されている．

NGN IMS での VOD 配信システム構成例を図 7 に示す．IMS は，映像・音声などのマルチメディアデータを IP ベースのパケット網で柔軟にやり取りするために標準化された仕組みであり，特にここでは IMS のベースとなっている SIP（Session Initiation Protocol）を利用してセッション制御，セッションレベルでの認証管理を行っている．また，RACF による帯域確保とともに，NACF（Network Attachment Control Function）[15] による回線接続時に行われるアクセスレベルでの認証管理と，HSS（Home Subscriber Server）[16] によるユーザが契約しているサービスのプロファイル情報管理や認証用情報管理などのサービス制御機能を活用することで，各種アプリケーションと連携した付加価値サービスを可能にしている．

5.3　応答遅延時間対策技術

デジタル TV 放送でのチャネル切換はアナログ TV 放送より若干時間がかかるようになった．これは，MPEG データの構造，MPEG を再生する端末でのデコード処

理によるものであり，1 秒前後の遅延を生じる．IPTV では更に，IP ネットワークの変動（ジッタ，揺らぎ）を吸収するバッファ処理と，IGMP によるルータのマルチキャストチャネル切換処理の遅延時間が加わる．これらは，特にチャネルの順送り操作で，体感品質（QoE）へ影響を及ぼしており，大きな課題となっている．

H.264 の I ピクチャ（IDR：Instantaneous Decoder Refresh）間隔の短縮や，IGMP プロトコル（Join/Leave）の改善でチャネル切換の時間を短縮する方策や，ネットワーク上に I ピクチャ変換装置を設置して，チャネル切換のタイミングで瞬時に I ピクチャを送出する方策等が検討・開発されている．

また，複数の放送チャネルを小画面で一覧表示し，希望のチャネルをワンタッチで選択することで，順送り操作が不要な新しいコンセプトによる対策も試みられている．

6. 次世代 IPTV：TV からトリプルシフトへ

現在，IPTV サービスが世界各国で開始され，FTTH や NGN による安定した品質のブロードバンドネットワークの拡大とともに普及が見込まれている．更に，従来の TV 放送では提供できなかった新サービスを可能にするインフラとして次世代 IPTV に期待が寄せられている．

TV 放送は映画とともに IPTV サービスの最大のコンテンツであるが，ライフスタイルの変化や視聴機器の発展により利用形態が大きく変わりつつある．従来の TV 放送は放送時間にしか視聴できなかったが，予約録画できる HDD レコーダの普及で，時間に制約されないタイムシフト視聴が急速に広まっている．また，インターネットでも映像配信サービスが始まっている．品質・安定度はまだ TV 放送に及ばないが，Web 連携などサービスの多様化とあいまって多くの利用者を集めている．更に，携帯電話等の携帯機器の普及と高機能化から，携帯機器での映像視聴（ワンセグ放送やダウンロードを含む）も日常化しつつある．

このような新しい利用者ニーズにこたえる IPTV サービスは，トリプルシフト（TripleShift：Time-Shift ＋ Place-Shift ＋ Device-Shift の造語）と呼ぶことができ，「いつでも」，「どこでも」，「どの端末でも」利用可能にする次世代 IPTV の方向を示唆するものといえる．図 8 にトリプルシフトサービスの利用イメージを示す．

以下に，トリプルシフトサービスを実現するために必要な技術を考察する．

6.1 タイムシフト：nDVR 技術

TV 放送の時間的制約から解放するタイムシフト視聴は，ハードディスクレコーダの予約録画機能で可能となったが，録画し忘れによる視聴見逃しへの対応が困難で，かつ保持できるタイトル数が HDD 容量で制限される．これをネットワーク上のサーバで実現するものが nDVR（Network based Digital Video Recorder）技術である．IPTV で放送される全番組を nDVR サーバに常時録画することで，過去の番組表から番組を視聴可能にするもので，

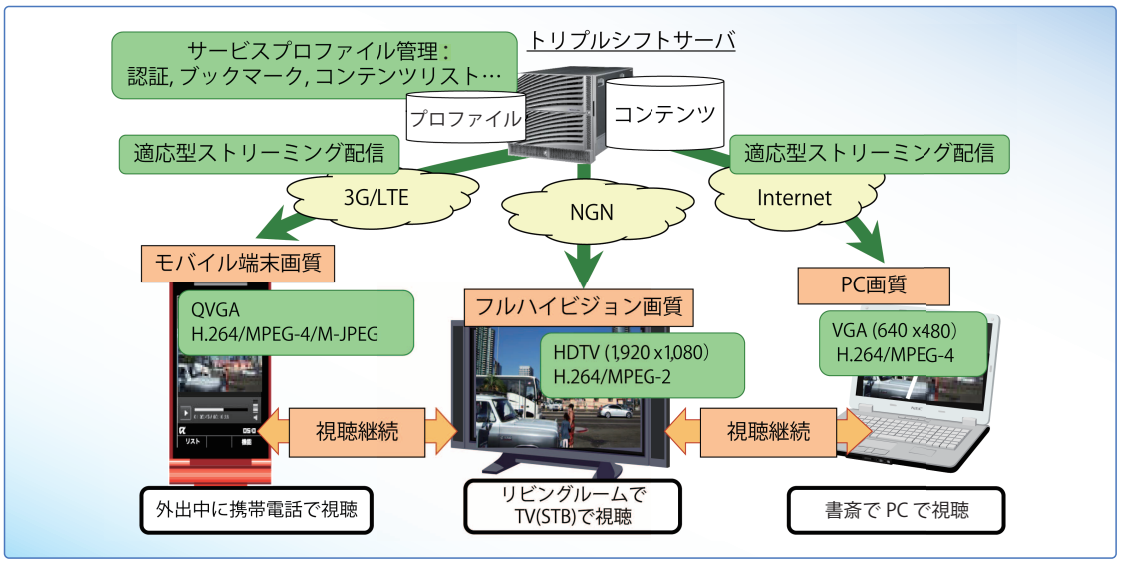


図 8　トリプルシフトサービスの利用イメージ

VOD サーバ機能に，自動録画，番組表管理とユーザ利用権限管理機能を追加することで実現できる．また，この技術によって，放送のライブ視聴を途中で中断し，その続きを（別の端末で）後で見る継続視聴も可能になる．

基本技術は既に製品段階にあるが，著作権処理に関するビジネスルールや法制度の整備が課題として残されている．海外では“TV Everywhere”，“Catch-up TV”，“RS-DVR（Remote Storage-Digital Video Recorder）” などのサービスとして，許諾された番組・チャネルを対象としたサービスが試みられており，今後，次世代 IPTV の基本サービスになると思われる．

6.2 プレースシフト：ネットワーク適応型配信技術

インターネットや携帯電話などを使って，どこでも IPTV を利用できるプレースシフトサービスは，ネットワークや利用者を識別し，変動するネットワークに適応したビットレート制御を行うことで，途切れない視聴サービスが可能になる．xDSL や FTTH によって数 Mbit/s 以上のインターネット配信が可能になり，携帯電話も 3G や LTE 技術によるブロードバンド化で高品質な映像配信が可能になってきたが，現在のインターネットやモバイルネットワークは，利用場所，時間によって利用可能帯域が変わるだけでなく，ネットワーク品質（パケット損やジッタ）も大きく変動する．QoE を重視する IPTV サービスでは，品質保証のないネットワークで安定した映像配信を行うための技術が重要である．

従来のバッファリング技術によって，ある程度のネットワーク品質の変動は吸収可能だが，インターネット配信で動画再生が止まることがあるように，安定度に限界がある．ネットワーク適応型配信技術はこの解決を目指すもので，ネットワーク状態を計測して，ネットワークで配信可能なデータ量（ビットレート）を把握し，ネットワークの変動に応じてコンテンツのビットレートを解像度やフレーム数，圧縮率の変更によって動的に制御する適応技術である．予測型のネットワーク状態計測技術［17］やネットワーク適応型の配信制御技術［18］などの研究・開発が進められており，3GPP（Third Generation Partnership Project）では携帯電話向けに PSS（Packet-switched Streaming Service）として，フィードバック型の配信制御フレームワークが標準仕様化されている［19］．

コンテンツのビットレートを制御するには，複数のビットレートの映像データを準備する必要があるが，これを一つのデータで実現する映像符号化技術として H.264/SVC（Scalable Video Coding）が標準化［3］され，複数の映像品質（解像度，フレーム数，圧縮率・ビットレート）のレイヤ形式が定義さている．図 9 に H.264/SVC のレイヤ構成と利用例を示す．

6.3 デバイスシフト：端末適応型配信技術

TV（STB：Set Top Box，IPTV を一般のテレビで視聴可能な信号へ変換する装置）や PC，携帯電話が連携した IPTV サービスを提供するには，端末の機能・性能に応じて映像品質やデータ形式を切り換える端末適応型の映像配信技術が必要になる．例えば，画面サイズから，TV（STB）ではフル HDTV 解像度（1,920×1,080）まで

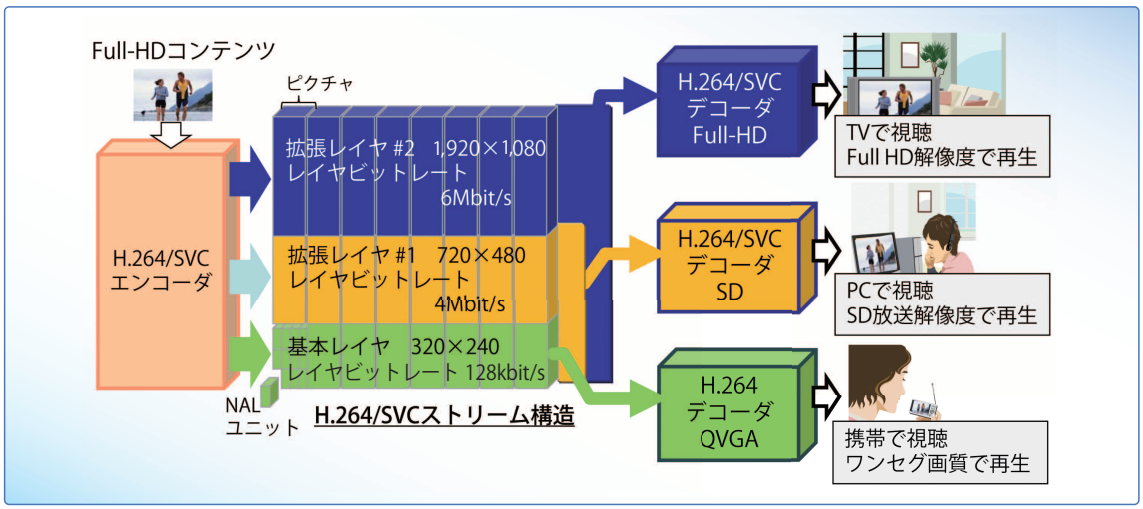


図 9　H.264/SVC レイヤ構成と利用例

表示可能だが，携帯電話では QVGA（320×240）または VGA（640×480）が限界であり，端末の性能や機種によって表示可能な映像品質が異なる．また，コンテンツの許諾条件から，端末のセキュリティ機能で表示可能な映像品質やデータ形式が制限される場合がある．

端末適応型配信技術は，端末の種類・特性の検知機能と，端末種類・特性に適応する映像品質・データ形式を配信できるサーバ機能が必要で，複数の配信サーバを設置して端末の能力に応じて配信サーバを選択するシステム技術と，トランスコーダや H.264/SVC レイヤ選択機能を配信サーバに実装する端末適応型配信サーバ技術とが開発されている．また，トリプルシフトサービスを提供する IPTV システムは，TV（NGN）・PC（インターネット）・携帯電話（モバイルネットワーク）のように，プレースシフト（ネットワーク適応型）とデバイスシフト（端末適応型）の両機能が表裏一体で構成される．

ただし，IPTV サービスではコンテンツホルダから映像品質確保を許諾条件とされる場合が多く，トランスコーダや H.264/SVC などのコンテンツビットレート自動変換には技術以外の課題が存在する．

6.4 認証・権限・プロファイル管理技術

トリプルシフトサービスでは，異なる時間，場所，端末で視聴の継続性を可能にするため，上記の配信技術とともに，同一ユーザの利用であることの確認（認証），ユーザや利用端末・場所による利用制限（権限），及び途中で視聴を停止した箇所から継続するための位置情報（ブックマーク）などを含むプロファイルの管理機能が必要である．

認証・権限管理は，現在の端末が固定された IPTV サービスでも必須機能として構成されているが，トリプルシフトサービスでは，異なる時間，場所，端末で一連の継続したサービスとするため，ユーザとサービスを一元管理するプロファイル管理機能が強化される．プロファイル管理技術は，ITU-T の IPTV 国際標準［12］などでプロファイルのハイレベルの機能定義が行われているが，詳細機能・構成は，多様化する IPTV サービス・ビジネスモデルによって大きく異なるため，サービス別の標準化や，技術・製品開発は，まだ検討が始まった段階にある．

7. む す び

以上，IPTV 配信システムの技術と課題，次世代 IPTV への展開を解説した．これらの動向・変遷を図 10 のようにまとめると，IPTV サービスのパラダイムの変化と見ることができる．

最初の世代 IPTV1.0 は，従来から提供されている TV 放送，多チャネル有料放送，レンタルビデオと同等の

	IPTV1.0	IPTV1.5	IPTV2.0	IPTV3.0
	従来の IPTV： TV＋VOD（Video on Demand）	拡張 IPTV： いつでも TV （TV on Demand）	トリプルシフト IPTV： いつでも，どこでも， どの端末でも	“Beyond-IPTV” どんなコンテンツも…へ 全サービスの共通インフラ
時　期	現　在	2008 ～	2010 ～	2015? ～
システム規模	～ 100 万加入	～ 500 万加入	1,000 万加入～	5,000 万加入～
サービス内容	・TV 再送信，多チャネル放送 ・VOD	＋タイムシフト TV ＋ネットワーク録画 ＋広告放送	＋3 screen IPTV（TV, PC, 携帯電話） ＋サービスポータビリティ ＋パーソナライズ TV （ウィジット，リコメンド）	＋3rd Party プロバイダの コンテンツサービス， 付加価値サービス ＋ユーザ作成コンテンツ
ビジネスモデル	トリプルプレイサービス （CATV と同等） ・加入契約 ・有料放送，PPV，レンタルビデオ型	CATV 以上のサービス ・加入契約 ・広告 ・付加価値サービス（有料）	“クアッドプレイ”サービス ・モバイルユーザの獲得 ・ターゲット広告収入 ・ユーザプロファイルビジネス	“ペンタプレイ”サービス ・サービスローミング ・SDP / ASP ・“CaaS”(Contents as a Service)
キーコンポーネント	・マルチキャストエンコーダ ・VOD サーバ	＋ネットワーク録画サーバ， タイムシフトサーバ ＋広告挿入サーバ	＋IMS（プロファイル管理） ＋トリプルシフト対応 VOD ＋ネットワークセントリック vs. 端末セントリック	＋IPTV-SDP ＋ID/Profile 統合管理 ＋“コンシェルジェ”
コアテクノロジー	・H.264（HDTV 品質）	・ネットワーク録画 (nDVR) ・大規模・分散配信管理	・トリプルシフト IPTV －ロバストストリーミング （モバイル，インターネット） －マルチレートコンテンツ	・ID 管理 ・CGM ・managed-P2P/P4P ・…

図 10　次世代 IPTV：IPTV1.0 から IPTV2.0 へ

サービスを管理されたIPネットワーク上で提供するもので，世界各国で提供されている現在のIPTVサービスの基本形態である．近年，付加価値サービスとして始まりつつあるのが，nDVR技術によるタイムシフトサービスで，従来のTV放送サービスで実現できない見逃し視聴を可能にする．しかし，この世代IPTV1.5はまだ，TV放送のビジネスモデルの拡張であり，パラダイムシフトには至っていない．

トリプルシフトサービスは，オープンなIPネットワークでの安定した映像配信技術によってIPTVサービスをインターネットや携帯電話にも拡大し，かつTV放送以外のインターネットコンテンツも提供可能な統合サービスとなるため，ビジネスモデルやライフスタイルの大きな変化・パラダイムシフトとして次世代IPTV=IPTV2.0と位置付けた．

更にその後も，全く新しいパラダイムのIPTV3.0（Beyond-IPTV）が続くと考える．人間の欲求は飽くことを知らず，かつミレニアム世代と呼ばれるこれからの新世代は，ライフスタイル・趣味・嗜好が大きく変わる．例えば，自分で作ったコンテンツを交換したり，欲しいコンテンツを自動的に生成・提供したりするような，現在予想できないサービスがビジネスの本流となる可能性がある．

インターネットが現在の生活とビジネスモデルを一変させたように，IPTVが新たなインフラストラクチャ・文化となって生活を一層豊かにすることを期待している．本稿が，IPTVサービスを支える基礎技術として理解の助けになれば幸いである．

文　献

［1］亀山　渉, 花岡　剛, 改訂版デジタル放送教科書, インプレスR&D，東京，2004.

［2］ISO/IEC 13818-2, Generic Coding of moving pictures and associated audio information; Video, 2002.

［3］ISO/IEC 14496-10, Coding of audio-visual objects Part 10: Advanced video coding, 2008.

［4］ISO/IEC 11172-3, Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s, Part 3. Audio, 1995.

［5］ISO/IEC 14496-3, Coding of audio-visual objects Part 3: Audio, 2004.

［6］Digital Audio Visual Council, http://www.davic.org/, 2008.

［7］RFC 3550, RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, 2003.

［8］RFC 2326, Real Time Streaming Protocol, 1998.

［9］RFC 3376, Internet Group Management Protocol, Version 3, 2002.

［10］RFC 2474, Definition of the Differentiated Services Field in the IPv4 and IPv6 Headers, 1998.

［11］RFC 2733, An RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction, 1999.

［12］ITU-T, Y.1910, IPTV Architecture, 2008.

［13］FG IPTV-DOC-0185, ITU-T Focus Group on IPTV, 2007.

［14］ITU-T Y.2111, Resource and admission control functions in Next Generation Networks, 2006.

［15］ITU-T Y.2014, Network attachment control functions in next generation networks, 2008.

［16］ITU-T Y. 2021, IMS for Next Generation Networks, 2006.

［17］野上耕介，谷口邦弘，“ネットワーク状態予測に基づく配信制御手法の提案，”信学技報，IN2008-93, vol. 108，pp. 43-48, Dec. 2008.

［18］吉田裕志，里田浩三，“映像パケットの流体モデルに基づく映像ストリーミング制御，”信学技報，IN2008-201, vol. 108, pp.411-416, March 2009.

［19］3GPP TS 26.234, Transparent end-to-end Packet-switched Streaming Service（PSS）; Protocols and codecs(Release 8), 2009.

（平成22年4月1日受付，4月27日再受付）

小林　昭

1973新潟大・工・電気卒．同年日本電気株式会社に入社．映像圧縮，映像配信，VOD/CDN技術の研究開発，及びIPTV国際標準化活動に従事．現在，キャリアネットワークビジネスユニットシニアエキスパート．

朝倉敬喜

1991阪大大学院工学研究科電気工学専攻修士課程了．同年日本電気株式会社に入社．コンテンツ保護，VOD/CDN，メディアコミュニケーション技術の研究開発に従事．現在，知的資産R&D企画本部エキスパート．

解説

ネットワーク映像配信技術及び標準化動向

宮地悟史　Satoshi Miyaji　KDDI 株式会社

1. まえがき

映像のディジタル圧縮技術の進歩と，ネットワークの高帯域化により，かつては無線によって行うのが一般的であったテレビジョン（以下，テレビ）サービスは，現在では，様々な伝送手段を用いて視聴者にまで届けられるようになった．これらは，総称して「ネットワーク映像配信」などと呼ばれる．

そして，IP（Internet Protocol）技術による映像配信は，1990 年代のインターネットストリーミングから 2000 年代には IPTV へと進化し，パーソナルコンピュータ（以下，PC）のみならず，セットトップボックス（STB：Set Top Box），テレビ受信機，携帯電話等への映像配信手段として普及した．

IPTV は，「地デジ IP 再送信」のようにテレビの伝送手段を多様化させただけでなく，そのネットワークアーキテクチャのオープン性・柔軟性ゆえに，多くの新しい映像サービスを生み出すこととなった．更に近年では，放送とインターネットとが連携したサービスも数多く登場している．これらの例を以下に挙げる．

- 通信事業者による IP 多チャネル放送や VOD（Video on Demand）（ひかり TV，MovieSplash，BBTV 等）
- インターネットを利用したテレビ向け付加価値サービス（アクトビラ）
- 放送事業者が主体となって行う放送番組のインターネット配信（MX テレビの YouTube 利用，NHK オンデマンド等各社見逃し視聴サービス，米国 Hulu 等）
- STB へのコンテンツ配信で携帯電話を決済手段として用いたもの（KDDI の au-Box）

本稿では，これら様々なサービスのベースとなっている映像配信技術，並びにサービス提供形態を紹介する．そして，国際的に進められている映像配信技術の標準化動向について報告する．

2. 様々な映像配信方式

2.1 制度上の分類

各方式の説明に先立ち，ここでは，放送法令，並びに著作権法の観点から映像配信方式を分類する．

まず放送法令では，伝送形態により表 1 のように分類される．なお，VOD は通信として位置付けられるため，放送法令の適用対象外である．

表 1　放送法令上の分類

伝送形態	放送法令上の分類	定　義
無線による放送	放　送	公衆によって直接受信されることを目的とする無線通信の送信
ケーブルテレビ*	有線テレビジョン放送	公衆によって直接受信されることを目的とする有線電気通信の送信（のうち有線ラジオ放送以外のもの）
通信事業者の回線を用いた映像配信	電気通信役務利用放送	公衆によって直接受信されることを目的とする電気通信の送信であって，その全部または一部を電気通信事業を営む者が提供する電気通信役務を利用して行うもの（RFによるものは標準テレビジョン方式，IPによるものはIPマルチキャスト方式と呼ばれる）

＊電気通信役務利用放送としてサービスを提供しているケーブルテレビ事業者もある．

また，著作権法上では，表 2 のように分類される．

表 2　著作権法上の分類

伝送形態	著作権法上の分類	定　義
無線による放送	放　送	公衆送信のうち，公衆によって同一の内容の送信が同時に受信されることを目的として行う無線通信の送信
RF による有線伝送（ケーブルテレビや光 RF）	有線放送	公衆送信のうち，公衆によって同一の内容の送信が同時に受信されることを目的として行う有線電気通信の送信
IP によるもの（マルチキャスト，ユニキャスト）	自動公衆送信	公衆送信のうち，公衆からの求めに応じ自動的に行うもの

これらを，実際の伝送形態に近い形でまとめると，表 3 のようになる．

表 3　放送法令，著作権法での分類のまとめ

伝送形態	放送法令	著作権法
無線による放送	放　送	放　送
ケーブルテレビ	有線テレビジョン放送	有線放送
通信回線による光 RF	電気通信役務利用放送	有線放送
IP 放送（IP マルチキャスト）	電気通信役務利用放送	自動公衆送信
VOD（IP ユニキャスト）	（非放送）	自動公衆送信

ここで着目すべきは，IP 放送の分類である．放送法令上，IP 放送は「電気通信役務利用放送」として分類されるが，著作権法上は「放送」や「有線放送」ではなく，「自動公衆送信」となる．これは，マルチキャストにおける配信制御が「公衆の求めに応じ」と解釈されることに起因する．制御方式の詳細については **2.5** に述べる．

2.2　放送（無線によるもの）

最も基本的な映像配信手段で，地上波放送，衛星放送に大別される．表 4 に，国内の放送方式の概要をまとめる．

地上波放送では，これまで VHF 帯，並びに UHF 帯が用いられアナログ放送が行われてきた．地上波デジタル放送には UHF 帯が用いられる．アナログ放送終了後の周波数の跡地は，移動体向けマルチメディア放送や公共ブロードバンド無線などに利用される予定となっている．

衛星放送は，BS 及び 3 種類の CS がある．BS は，計 8 個の物理チャネルがあり，それぞれ 34.5 MHz の帯域幅となっている．この中で，BS-5, 7, 11 は現在アナログ放送で使用されているが，その他は ISDB-S（Integrated Services Digital Broadcasting-Satellite）方式によるデジタル放送である．2011 年 7 月のデジタル完全移行後は，BS-5, 7, 11 もすべてデジタル放送となる．また同時に，BS-17, 19, 21, 23 の四つの物理チャネルが追加されることとなっており，このうち，BS-17 は地上波デジタル放送の難視聴対策として利用される予定である [1]．

表 4　国内における放送方式（2010 年 4 月現在）

	地上波放送	衛星放送＊1			
使用衛星	—	BSAT-2c, 3a	N-SAT-110	JCSAT-4A	JCSAT-3A
経度（東経）	—	110	110	124	128
物理チャネル帯域	6 MHz	34.5 MHz	34.5 MHz	27 MHz	27 MHz
伝送方式（アナログ）	VSB AM 変調	FM 変調	—	—	—
伝送方式（ディジタル）	QAM または PSK サブキャリヤを OFDM で変調	TC8PSK 変調	TC8PSK 変調	QPSK 変調	QPSK 変調
使用周波数（アナログ，2011 年 7 月 24 日までに終了予定）	90～108 MHz（1～3 ch） 170～222 MHz（4～12 ch） 470～770 MHz（13～62ch）	11.80 GHz（BS-5） 11.84 GHz（BS-7） 11.91 GHz（BS-11）	—	—	—
使用周波数（ディジタル）	470～710 MHz	11.72～11.99 GHz＊2（BS-1～15） 12.03 GHz（BS-17）＊3 12.07 GHz（BS-19）＊4	12.27～12.73 GHz	12.26～12.73 GHz	12.26～12.73 GHz

＊1　衛星放送の周波数については，中心周波数で記載．
＊2　アナログ放送終了までの間，BS-5, 7, 11のアナログ帯域は除く．
＊3　地上波デジタル放送難視聴対策用，2011年後半に追加予定．
＊4　2011年後半に追加予定．

東経 110 度衛星による CS 放送は，デジタル BS 放送と同様の ISDB-S 技術を用いて行われる放送で，広帯域 CS とも呼ばれる．現在，「スカパー！ e2」として多チャネル放送サービスが行われている．BS と同じ技術方式であることから，デジタル放送対応テレビには地上波・BS・110 度 CS の受信機能が内蔵されるのが一般的である．これは，通称「3 波対応チューナ」と呼ばれる．

東経 124 度，及び 128 度の CS 放送は，別称「狭帯域 CS」と呼ばれ，1 物理チャネルの帯域幅は 27 MHz となっている．現在，「スカパー！」が多チャネル放送サービスを行っている．「スカパー！」は伝送方式に DVB-S（Digital Video Broadcasting - Satellite）を用いている．

2.3　ケーブルテレビ

図 1 に，ケーブルテレビにおける代表的な伝送方式を示す．また，ケーブルテレビにおける映像及び IP の伝送方式を表 5 に示す．最も一般的なものは HFC（Hybrid Fiber and Coaxial）と呼ばれ，ヘッドエンド（送出装置）

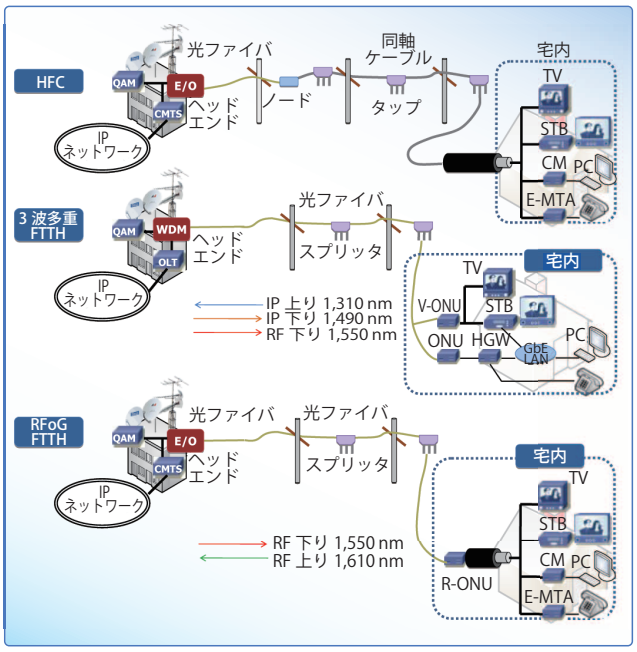


図 1　ケーブルテレビ伝送方式

表 5　ケーブルテレビにおける映像及び IP の伝送方式

	映像配信	IP通信
HFC	RF（QAM や OFDM） 帯域幅 770MHz	RF（DOCSIS）
3 波多重 FTTH	RF（QAM, OFDM, など） 帯域幅約 3 GHz	PON
RFoG FTTH	RF（QAM, OFDM, など） 帯域幅約 3 GHz	RF（DOCSIS）

からノードと呼ばれる中継地点までを光ファイバで結び，光電変換された後，同軸ケーブルにより各世帯へと信号を分配する形をとる．

HFC では，映像配信及び IP 通信共に RF(Radio Frequency) 信号が用いられる．このとき IP 通信には DOCSIS（Data Over Cable Service Interface Specification）ケーブルモデムが用いられる．

一方 FTTH 型ケーブルテレビでは，映像信号は HFC と同様の RF となるが，IP 信号に関しては通信回線と同様の PON（Passive Optical Network）が用いられる．ITU-T G.983.3 では，IP 上り 1,310 nm，IP 下り 1,490 nm，映像信号（下り）1,550 nm の波長割当が規定されている．三つの波長を使うことから通称「3 波多重」と呼ばれる．G-PON（Gigabit Passive Optical Networks），GE-PON（Gigabit Ethernet-Passive Optical Network）技術などにより 1 Gbit/s, 2 Gbit/s といった高速な IP 通信が可能であると同時に，映像信号の伝送帯域が約 3 GHz と広大であることが特徴といえる．3 波多重方式の場合，各世帯に引かれた光ファイバは，終端装置（V-ONU（Visual-Optical Network Unit）などと呼ばれる）によって映像は RF 電気信号（同軸ケーブル）に，IP はイーサネットに，それぞれ変換される．

また，FTTH 型ケーブルテレビでは，RFoG（RF over Glass）と呼ばれる別の方式もある．RFoG では，HFC で用いられている RF 信号を，映像及び IP（DOCSIS）を含んだまま丸ごと光変調し各世帯まで伝送する．下り方向には 3 波多重と同様の 1,550 nm が用いられ，上り方向には 1,610 nm が用いられる．宅内では，終端装置により，上下方向とも RF の電気信号（同軸ケーブル）に変換される．終端装置以降の宅内配線や機器は，HFC ケーブルテレビと完全に同一のものとなる．

このように RFoG は，HFC と方式の互換性が高いため HFC・FTTH 混在エリアなどで用いることが想定されている．波長についても，PON とは別のものとなっているため，PON による IP 通信と併用するなども可能である．

次に，表 5 における「映像配信」及び「IP 通信」の内容についてそれぞれ概説する．

まず，自主放送や多チャネル放送については，制作された番組を MPEG-2 で圧縮し MPEG-TS で多重化した後 QAM（Quadrature Amplitude Modulation）方式で変調して配信し，STB により受信する．

デジタル放送の再送信については，放送波をそのまま流す「パススルー方式」と，前記 QAM 方式に変換する「トランスモジュレーション方式」とに大別される．地上波デジタル放送に対しては，両方の方式が用いられる．パススルー方式の場合，受信には市販のテレビ受信機が使用できる．また，BS デジタル放送については，HFC の場合，その帯域幅の制約（770 MHz）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を行う．このとき受信には STB が必要となる．FTTH ケーブルテレビでは，BS デジタル放送のパススルー再送信も可能である．

ケーブル VOD については，映像信号には QAM を用い，制御信号（リクエスト信号等）には IP を用いるのが一般的である．このとき STB に内蔵されたケーブルモデムを用いる．北米では，DSG（DOCSIS Set Top Gateway）方式や，OOB（Out Of Band）と呼ばれる QPSK（Quadrature Phase Shift Keying）モデムによるデータ伝送方式も用いられている．

IP 信号の送受信については，ヘッドエンドには CMTS（Cable Modem Termination System）が，各世帯には CM（Cable Modem）が置かれ，双方向通信が行われる．下り方向（CMTS から CM に向けた通信）については，IP パケットを MPEG-TS パケットに格納し QAM 変調してケーブル網上で同報配信される．各世帯では，CM が自分あてに届いたパケットのみを受信して IP パケットを取り出す．また，上り方向については，各 CM の送信タイミングが CMTS により制御されて，CM は許可されたタイムスロットにおいて IP パケットを変調して送出する．これは TDMA（Time Division Multiple Access）制御方式と呼ばれる．その他，S-CDMA（Synchronous-Code Division Multiple Access）制御方式も仕様書上規定されている．ケーブルモデム規格 DOCSIS 2.0 では，6 MHz 帯域幅を使って下り最大約 40 Mbit/s，上りは 6.4 MHz で最大約 30 Mbit/s の性能となっている（いずれも物理速度）．DOCSIS 3.0 では，これを束ねて（ボンディングして）高速化することが可能で，例えば 4 チャネルボンディングで下り方向 160 Mbit/s となる．なお，DOCSIS 3.0 では IPv6 もサポートされる．

また，ケーブルモデム技術を用いて，IP 電話サービスも行われている．宅内の同軸ケーブルに VoIP（Voice over Internet Protocol）アダプタを接続し，そこに電話機を接続する形態となる．この VoIP アダプタは通称 E-MTA（Embedded-Multimedia Terminal Adaptor）と呼ばれ，DOCSIS モデムと VoIP のコーデックが内蔵されている．内蔵モデムがケーブル網側の RF 信号と IP ベースバンド信号との変換を行い，VoIP コーデックが IP 信号と音声信号との相互変換を行う．

ここで，ケーブルテレビサービスにおける IP 通信の位置付けについて触れる．ケーブルテレビは，映像を主体としたサービス提供がその主な目的であるため，有料テレビサービスに加入すると，再送信，自主放送，多チャネル放送，及びケーブル VOD（提供されている場合）が利用可能となる．ここでケーブル VOD の制御には STB 内蔵のケーブルモデムが使われるが，それを利用するための特別な申込みは必要としないのが一般的である．一方，ケーブルテレビ網を使ってインターネット通信を行うためには，別途インターネット契約が必要である．契約によってケーブルモデムが支給されるとともに，そのケーブルモデムを用いた IP 通信が利用可能となる．このように，STB 内蔵のケーブルモデムも，外付けのケーブルモデムも，技術的方式は全く同一のものであっても，契約形態によって，それらの利用可否がケーブルテレビ事業者により制御されるのが特徴的である．

一方，3 波多重 PON による FTTH 型ケーブルテレビでは，各世帯において光信号を電気信号に変換した際，映像信号は HFC と同様の RF 信号として取り出せるが，IP 信号は独立したイーサネットの信号となる．前述したように，ケーブル VOD を行う場合，STB は IP 信号を利用する必要がある．ここで，イーサネットによる IP 信号は，PC 等に対してインターネットサービスを提供するためのものであり，利用には，インターネット契約を結ぶことが必要である．つまり FTTH ケーブルテレビでは，インターネット契約をしていない利用者に対して，IP 通信手段を提供することが難しい．これは，ケーブル VOD とインターネットとをセットで契約する必要があることを意味するが，これは従来のサービス形態と必ずしも整合しない．このような背景により，VOD を提供している大手ケーブル事業者は，FTTH ではなく，原則 HFC を用いている．

2.4 通信事業者回線による 3 波多重 FTTH 映像配信

通信事業者が提供する FTTH 上での映像配信には，RF 信号を用いる（通称「光 RF」と呼ばれる）方式と，IP パケットを用いる方式とがあり，ここでは前者について述べる．後者については，**2.5**「IPTV」を参照願いたい．

技術的には，**2.3** で述べた 3 波多重 FTTH ケーブルテレビと同一で，IP 上り，IP 下り，RF 映像信号を，それぞれ別波長を用いて伝送する．

サービス内容についても，ケーブルテレビと同様，再送信（パススルー），自主放送，多チャネル放送，インターネットアクセス，及び電話（VoIP）が提供されている．しかしながら，VOD については，光 RF 方式を採用する事業者がテレビサービスと VOD とをセットで提供する例は日本にはない．**2.3** で，3 波多重 FTTH によるケーブル VOD の問題を述べたが，本来，通信事業者が提供する FTTH では IP 契約が前提となるため，当該問題は理由として当てはまらないはずである．しかしながら，日本では依然提供例はない．なお，同じ 3 波多重方式を採用する米国 Verizon の FTTH サービス FiOS では，テレビ放送（多チャネルや再送信）には RF（QAM）

を用い，VOD には（制御信号の伝送のみならず映像信号の伝送にも）IP を用いて両サービスを提供している．ここで用いられる STB は，RF・IP の両方式で映像信号を受信することができるため，「ハイブリッド STB」などと呼ばれる．

ここでネットワーク構成について，ケーブルテレビ網と通信事業者網とを比較したい．ケーブルテレビ網は，比較的限定された地理的範囲を対象としており，ヘッドエンドから映像信号・IP 信号を共に多重化して送出するのが一般的である．一方，通信事業者の回線は，全国規模の IP 網に対して，局地的な場所（電話局や分散局等）において RF 映像信号を波長多重する構成がとられる．なお，映像と IP とを波長多重するのではなく，2 心の光ファイバを用いて，1 心で映像配信を，もう 1 心で IP 通信を行う構成をとる事業者もある．

2.5 IPTV

IPTV は，その名が示すとおり IP 技術によって配信される映像配信形態を指す．技術的には，映像信号が圧縮されて所定のフォーマット（MPEG-TS 等）で多重化された後，IP パケットに乗せられて送出サーバから配信されて，IP パケットのまま受信機に届けられ復号・再生される．このように IPTV では，サーバから末端の受信機まで一貫して IP パケットが用いられる．よって，通信事業者にとっては，自社の IP ネットワークを活用し，インターネットサービス，VoIP サービスと同時に映像サービスが提供可能というメリットがある．なお，IPTV は，比較的近年になって開始されたサービスが多いこと，また，受信機として専用の STB やソフトウェアを用いるため過去の方式との互換性に引きずられないなどの理由により，映像圧縮方式として，圧縮効率の高い H.264 が積極的に用いられる．

IPTV は，通信事業者が管理してサービス提供を行うものと，通信事業者とは独立にインターネット上でサービスが提供される形態とに大別される［2］．ITU-T（International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector）では，Focus Group IPTV の 2006 年 10 月ソウル会合で，IPTV を以下のように定義している．

> *IPTV is defined as multimedia services such as television/video/audio/text/graphics/data delivered over IP based networks managed to provide the required level of QoS/QoE, security, interactivity and reliability.*
> （仮訳）IPTV は，必要とされるサービス品質，セキュリティ，双方向性，及び信頼性を確保するために管理された IP ネットワーク上で配信されるマルチメディアサービス．

すなわち，ITU-T では前者の形態の IPTV を対象とすることを意味する．一方，後者の形態の IPTV は，「インターネット上で自由に提供されるもの」という意味合いを込めて OTT（Over The Top）サービスと呼ばれることもある．

管理された IPTV のネットワーク構成例を図 2 に示す．この場合，サーバは通信事業者の全国規模のコアネットワーク＊1 に接続され，ここでは QoS（Quality of Service）が管理されてほかのインターネットパケットがふくそうした場合などでも IPTV パケットの品質が保たれるように制御される．コアネットワークは各地域においてアクセスネットワークに接続されて，光ファイバにより各世帯に届けられる．一戸建てに対しては，1 本の光ファイバを PON 技術により分岐して共有する．集合住宅に対しては，1 本の光ファイバを建物まで引き，建物内で LAN や VDSL（Very high-bit-rate Digital Subscriber Line）によって各世帯に分配する．管理された IPTV で提供されるサービスとしては，自主放送，多

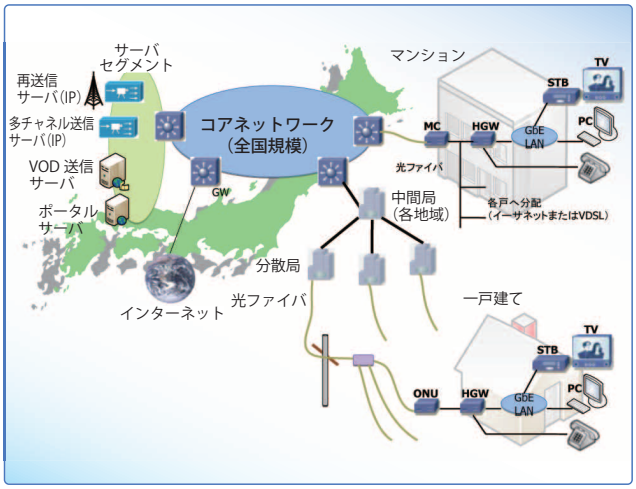


図 2　IPTV ネットワークの構成例

＊1　Content Delivery Network（CDN）と呼ばれることもある．

チャネル放送，そして，VOD が挙げられる．更に近年では，地上波デジタル放送の IP 再送信も行われている．近い将来，BS デジタル放送の IP による再送信も予定されている．

一方，通信事業者が管理しない IPTV，すなわち OTT 型 IPTV の場合， 通常のインターネット信号と同様，インターネット上のサーバから出た IP パケットは，インターネット接続点からコアネットワークに合流しアクセスネットワーク上を流れる．ここで，通信事業者によるパケットの品質管理は行われないため，ほかのインターネットトラヒックの影響を受ける可能性がある．いわゆるベストエフォートとなる．

ここで，マルチキャストとユニキャストについて述べる．放送型のサービスは，複数の受信者によって同一の信号が同時に受信されるため，マルチキャストによって配信するのが効率的である．マルチキャストでは，一つの IP パケットを網全体に配信する際，各パケットをネットワークの分岐点（ルータ）でコピーして配下のネットワークに同時複数的に配信する．このとき，ルータがパケットをコピーして転送するか否かは，配下に受信者がいるかどうかにより決定される．具体的には，受信機において受信を開始する際に，最も近いルータに対して，マルチキャスト信号の供給を要求するための制御を行う．これを，マルチキャストに Join するともいう．また受信が不要となったら，その旨を示す制御を行う．これは Leave と呼ばれる．このような制御が必要となるのは，ネットワーク上に存在するマルチキャスト信号のすべてを，常時受信機まで届けることは現実的ではないからである．例えば宅内 LAN が 100 Mbit/s の場合，同時に届けることができる番組数は一般に 3 ～ 4 本である．

一方，受信される内容やタイミングが受信者によって異なる VOD は，ユニキャストで行わなければならない．

なお，マルチキャストは，どのようなネットワークでも適用できるわけではないため，専ら，管理された IPTV においてのみ用いられる．このため，OTT 型 IPTV では，放送型サービスは提供されず，オンデマンド型のサービスのみとなるのが一般的である．

3. 映像配信サービス

3.1 サービス提供形態

映像配信サービスは，その番組が制作されてからエンドユーザ（視聴者）に届けられるまでの役割として，以下に示す四つのセグメントに分類することができる [3]．

- コンテンツプロバイダ（CP）
- サービスプロバイダ（SP）
- ネットワークプロバイダ（NP）
- エンドユーザ

図 3 に，サービス提供形態の分類例を示し，実際のサービスケース（放送，ケーブルテレビ，通信事業者による映像配信，OTT）がどのような形態となっているのか述べる．

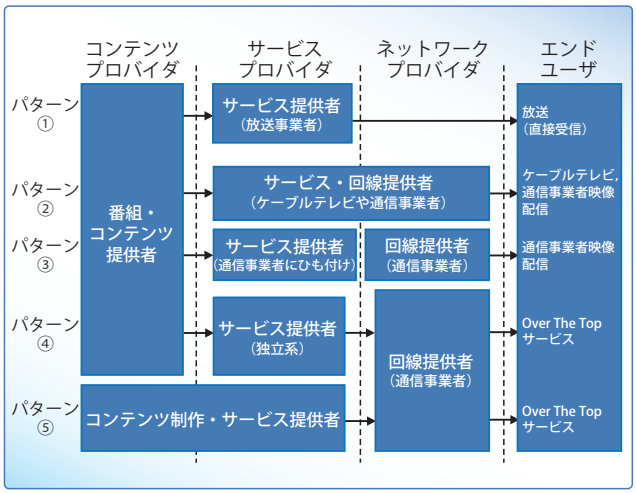


図 3　映像配信サービス提供形態

パターン①：サービス提供者がネットワークを用いずに直接エンドユーザに映像サービスを提供するもので，無線による放送がこれに該当する．ここで，コンテンツプロバイダとサービスプロバイダとが同一であるか否かは問わない．

パターン②：サービス提供者が自前の通信回線を用いてエンドユーザに映像サービスを提供する形態で，一般的なケーブルテレビや一部の通信事業者系映像配信（例：KDDI の au ひかりテレビ）がこれに該当する．コンテンツは，外部から調達する場合もあれば，サービス提供者が自ら番組を制作する場合もあり，後者は自主放送と呼ばれる．

パターン③：サービス提供者が，特定の通信事業者の回線を用いてエンドユーザに映像サービスを提供する形

態で，多くの通信事業者系映像配信がこれに該当する．例えば，ひかり TV（サービス提供者：NTT ぷらら，回線提供者：NTT 東西），フレッツテレビ（サービス提供者：オプティキャスト，回線提供者：NTT 東西），BBTV（サービス提供者：BB ケーブル，回線提供者：ソフトバンク BB）が挙げられる．ここで，サービス提供者は，回線提供者の出資会社であるなど関連が強いことが多く，パターン②の派生系と考えることができる．

なお，携帯電話向け映像配信については，携帯電話専用のサービス事業者が特定の携帯電話ネットワークを用いて映像配信を行うものが一般的で，これらは本パターン（例：BeeTV），あるいはパターン②（例：Lismo!Video）に該当する．なお，ワンセグ放送はパターン①となることは言うまでもない．

パターン④：サービス提供者がコンテンツを調達し，インターネット上で事業者の回線とは独立にエンドユーザに映像サービスを提供する形態で，いわゆる OTT である．

テレビ内蔵ブラウザで利用するサービス（例：アクトビラ），PC から利用するインターネットビデオ配信（例：Yahoo! 動画，YouTube，米国の Hulu）等がこれに該当する．

パターン⑤：コンテンツ制作者が自ら配信サーバを運用し，自社コンテンツをインターネット上で配信するもので，パターン④の派生形といえる．

放送局がインターネット上で PC 向けに行うオンデマンドサービスがこれに該当する．なお，NHK オンデマンドについては，PC 向けは本形態となるが，ケーブルテレビサービス等で提供されるもの（STB で受信するもの）については，サービス提供者各社が自らコンテンツをサーバに置き配信を行う形態となり，これはパターン②または③に該当する．

3.2 サービスの変遷と多様化

かつて，映像配信サービスといえばパターン①の放送であった．その後，ケーブルテレビ（パターン②）が登場し，そして 2000 年初頭には，通信事業者がパターン②または③の形態でサービスを提供するようになった．ここでは，映像に加えて，電話やインターネットをセットで提供する「トリプルプレイ」が一般的となった．

また，これと並行して，インターネット上で独自のサービスを行うサービスプロバイダも多数登場し，パターン④の形態で主に VOD サービスを提供し，②や③のサービスと競い合う状況となった．

更に近年では，放送局各社が「見逃し視聴サービス」と称して，自社の放送済番組の一部をインターネット上で VOD 配信するサービスが開始されるようになった．これはパターン⑤である．

このように，映像サービス提供形態は，時間とともに①から⑤へと多様化することとなった．これに伴い，ビジネスモデルも多様化した．有料番組については，視聴者からの月ごとの受信料・加入料から，視聴ごとの課金（PPV：Pay Per View）やコンテンツごとの課金も行われるようになった．また，広告配信についても，全視聴者に対して一律であったものが，近年では，視聴者の趣味・嗜好に合わせて異なった広告を配信するターゲット広告配信も試みられるようになった．

3.3 IP による放送の同時再送信サービス

前述したように，映像配信サービスが多様化する中，国内では依然地上波テレビ放送の人気が高い．このため利用者の観点では，映像配信サービスにおいて，地上波放送の再送信が提供されるか否かは重要な選択のポイントとなる．ここでは，IP ネットワークを用いたデジタル放送の同時再送信（以下，IP 再送信）の実現に至った経緯について述べる．

ケーブルテレビは，共聴アンテナテレビ（CATV：Community Antenna Television）がその起源となっているように，元来，放送の再送信を目的としたものであった．これに対し，IP ネットワークは，元々ベストエフォートを前提とした通信ネットワークであり，放送を IP で再送信することの是非については多くの議論があった．

しかしながら，放送のディジタル化を円滑に進めるための手段として IP ネットワークもその役割を担う必要があるとの判断から，これまでに，IP 再送信実現に向けた様々な取組みが行われてきた [4]．

まず技術基準の策定が挙げられる．技術的観点では，IP 再送信時の品質劣化，信号の不正利用，あるいは，番組制作者（放送局）の意図の侵害などを抑止することが重要となる．地上デジタル放送補完再送信審査会により，

これらを担保するための技術基準「地上デジタル放送 IP 再送信方式審査ガイドライン」が定められた [5].

また，著作権法も改正された．**2.1** で述べた著作権法上の定義により，ケーブルテレビは有線放送であるとして，放送の公共性に鑑み著作権が一部制限されていて再送信における権利処理が一部簡便化されていたが，IP 再送信は自動公衆送信であるとしてこれが適用されない状況であった．これは 2007 年 12 月の改正で改善され，IP 再送信に関してケーブルテレビと同等の基準となった [6].

このような取組みにより，2008 年 5 月には，NTT の NGN 網（フレッツ Next）の一部地域において，地上波デジタル放送の IP 再送信が開始された．その後，順次対応地域を拡大し，2010 年 1 月末現在 12 都道府県で提供されている [7].

なお，ケーブルテレビや光 RF のパススルー再送信は，信号形式が空中を飛ぶ放送信号と同じであるため，デジタル放送対応テレビで受信可能である．一方，IP による再送信では，現在のところ STB が必要となる．再送信のような基本的サービスについては，特別な受信機なしでも利用できることが望ましいという考えもある一方で，映像配信がよりパーソナル化，付加価値化される傾向にある中，通信と親和性の高い IP 方式によるものの方が将来性・拡張性の観点で有利だとする考えもある．このため，パススルー再送信が良いのか，IP 再送信が良いのかは意見が分かれるところでもある．

3.4 今後期待されるサービス

前述したように，「放送」に始まった映像配信サービスは，現在ではその配信形態が多様化した．今後は，多様化した配信が相互に連携して，高い付加価値を提供するサービスが期待される．

図 4 に，KDDI が提唱する FMBC スマートプラットホームを示す [8]．FMBC は，固定通信（Fixed），移動体通信（Mobile），そして，放送（Broadcasting）が融合（Convergence）したシステムであることを意味する．

本システムは，ユーザが希望するコンテンツを，いつでも，どこでも，その場の環境に最適な形で視聴することを可能とするものである．技術的には，大きく以下の 2 点から構成される．

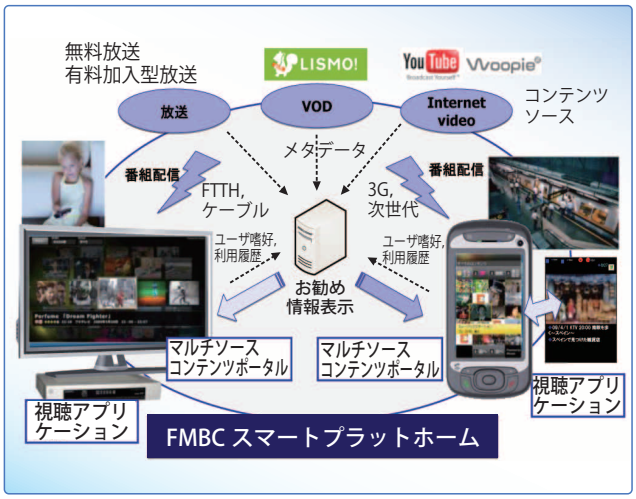


図 4　KDDI の FMBC スマートプラットホーム

- 膨大な数のコンテンツから最適なコンテンツを見つけて提示するコンテンツナビゲーション技術
- 置かれた環境に最適なコンテンツ視聴を提供する技術

現在，国内で利用可能なコンテンツは，放送（無料放送，有料多チャネル放送），通信事業者やケーブルテレビ事業者が提供する VOD，更にはインターネットビデオと多岐にわたり，利用者が，これら膨大な数のコンテンツから希望するものを素早く見つけるのは困難になりつつある．本システムは，EPG やコンテンツ情報といったメタデータと，事前に登録したユーザ嗜好情報やユーザの視聴履歴とをレコメンデーションエンジンが分析し，各ユーザに最適なコンテンツを抽出してお勧め提示する．そして，視聴デバイスとして，STB（テレビ），携帯電話，及び PC に対応し，いずれのデバイスにおいてもお勧めされたコンテンツはポータルページ上にサムネイル形式で提示される．これによりユーザは，直感的に素早く利用したいコンテンツにアクセスすることができる．

次に，コンテンツ一覧から希望するものを選択すると，そこから再生が開始される．個々のコンテンツ視聴は，ユーザが現在置かれている環境に最適な形で行うことが可能である．STB（テレビ）で視聴する場合は，通常どおりの放送受信や再生（ハードディスクからの再生，あるいはビデオオンデマンドアクセスによる再生）を基本とし，番組をじっくり楽しむことに重点が置かれる．一方，携帯電話で視聴する場合は，通常のストリーミング再生のほか，動画から抜き出された複数枚の静止画と字幕と

を組み合わせた「テレビダイジェスト視聴」[9] により，電車の中など音の出せない環境において短時間での視聴が可能である．

更に，個々のコンテンツ視聴時に番組の字幕情報から抽出したキーワードからインターネット検索を自動的に行って関連情報を提示する「番組 Web 連動視聴」[10] や，帰宅途中の携帯電話でチェックしたテキストニュース項目が自宅の STB に通知されて，ユーザの興味のあるニュース項目を録画済ニュースから自動的に切り出して再生する「ケータイ・テレビ連携ニュース視聴」機能も提供される．

4. ネットワーク映像配信に関する標準化動向

放送関連の標準技術は，アナログテレビ標準規格（NTSC（National Television System Committee），PAL（Phase Alternating Line），SECAM（Séquentiel Couleur à Mémoire））に端を発し，当時の国際情勢も反映される形で，日米韓で NTSC，西欧・アジア・南半球で PAL，フランス・ロシア・東欧で SECAM，といった形で展開された．その後 50 年余りが経過し，デジタル放送方式が開発されたが，再び地域ごとに異なるものとなり（日本：ISDB，米国：ATSC（Advanced Television Systems Committee），欧州：DVB，中国：DTMB（Digital Terrestrial Multimedia Broadcast）），現在南半球への展開において激しい競争が繰り広げられている．

また，デジタルケーブルテレビ伝送方式については，各地域で策定されたデジタル放送方式との整合性の観点から，同様に異なる 3 方式（日本ケーブルラボ，SCTE/CableLabs，DVB-C）が存在する形となった．更に，その後登場した IPTV に関しては，各地域で策定された標準規格（IPTV フォーラム，ATIS（Alliance for Telecommunications Industry Solutions），DVB-IP）に加え，民間企業（マイクロソフト等）が開発した独自方式も広く使われるようになり，方式が乱立することとなった．

このようにアナログ時代に 3 方式あったテレビ放送方式（ないし伝送方式）は，時代とともに統一化されるどころか，むしろ増える傾向にある．ITU-T（有線），ITU-R（無線）は国際標準策定の観点で勧告作成を行っているが，統一された技術とするのは困難で，実際には複数方式が Annex として列挙されるケースが多い．

本章では，ネットワーク映像伝送に関する標準化動向として，ケーブルテレビ及び IPTV を取り上げ，ITU-T の活動を紹介する．また，IPTV に関しては，現在も活発に活動が行われている米国，欧州，並びに国内の動向も紹介する．

4.1 国際標準化：ITU-T（ケーブルテレビ）

まず，ITU-T SG 9 を紹介する．ITU-T SG 9 では，通信ネットワークを利用した映像伝送全般に関する標準化を行っている．映像伝送は，大きく以下の三つに分類される．

- 素材伝送（撮影した映像素材を放送・編集スタジオに伝送する．Contribution と呼ばれる）
- 一次分配（制作された番組を，各放送局や送出拠点まで伝送する．Primary Distribution と呼ばれる）
- 二次分配（番組を，放送局や送出拠点からエンドユーザに伝送する．Secondary Distribution と呼ばれる）

ITU-T SG 9 は，これら各セグメントに対して，伝送プロトコル，多重制御，品質評価，アプリケーション，端末など，様々な勧告作成を行っている．ケーブルテレビ技術に関しては，上記「二次分配」に関連したものが数多く勧告化されている．主な勧告を表 6 に列挙する．

なお，ITU-T 勧告については，発行済みのものは無償でダウンロード可能となっている [11]．

表 6　主なケーブルテレビ関連 ITU-T 勧告

勧告番号	概　要
J.83	QAM デジタルケーブルテレビ伝送方式
J.112	ケーブルモデム DOCSIS 1.1
J.122	ケーブルモデム DOCSIS 2.0
J.128	DOCSIS による STB の双方向化（DSG）
J.160 ～ 179	ケーブルテレビ網上の VoIP システム（IPCablecom）
J.185	光ファイバによる映像伝送（FM 変換）
J.186	光ファイバによる映像伝送（SCM 方式）
J.190	IP ホームネットワーク
J.200 ～ 202	デジタル双方向テレビのためのアプリケーションプラットフォーム
J.210 ～ 213	次世代ケーブルモデム DOCSIS 3.0 システム制御方式
J.218	ケーブルモデム用 IPv4, IPv6 対応ルータ
J.222.0 ～ 222.3	次世代ケーブルモデム DOCSIS 3.0 伝送方式
J.260 ～ 263	ケーブルテレビ VoIP の緊急優先通信
J.290 ～ 293	次世代セットトップボックス
J.360 ～ 370	IMS ベース次世代ケーブル VoIP（IPCablecom2）
J.460	ケーブル VoIP システムを用いた家庭用電話機能
J.704	ケーブルテレビサービス提供プラットフォーム要求条件

4.2　国際標準化：ITU-T（IPTV）

2006 年 4 月，ITU TSB[*2] 局長の呼びかけにより，ITU-T IPTV コンサルテーション会議[*3] がジュネーブで開催された．そのころ，世界各地域で IPTV が商用サービスとして既に開始されていたが，その技術方式は IPTV 事業者が独自に開発したものであったり，特定のベンダが提供する方式のものであったりと，技術に共通性がない状況であった．

当時 ITU-T は，このような状況が続くと IPTV 関連技術が乱立し，機器の調達やサービス品質確保の観点で問題を生じることを懸念し，前述の IPTV コンサルテーション会議の招へいに至った．

IPTV コンサルテーション会議では，世界各地域から，通信事業者，ベンダ，及び民間標準化団体などが集結し，IPTV サービスの概要，使用されている技術内容，技術規格の策定状況などが報告された．

会議の結果，ITU-T では，IPTV に関するあらゆる技術情報を集約し世界で唯一の標準を確立すべく，フォーカスグループ IPTV（以下，FG IPTV）の設置が承認された．FG IPTV は，2006 年 7 月から約 1 年半の活動を経て，20 冊のデリバラブルズ（成果報告文書）を作成した．これらは現在 1 冊のプロシーディングスにまとめられ，ITU-T から無償ダウンロード可能となっている［12］．また，これらデリバラブルズは，ITU-T の各 SG に引き継がれて勧告作成されることとなった．表 7 に，IPTV 研究分野と関連する SG の一覧を示す．

FG IPTV の終了後も，IPTV については，複数の SG 合同で審議を行うべきテーマが存在すること，及びこれまで FG IPTV で行っていたように専門家が同時期に一堂に会することは有益であるとの観点から，IPTV-GSI（Global Standardization Initiative）というイベントを設定して，各 SG の IPTV に関する審議をその中で集中的に行うこととなった．FG IPTV から IPTV-GSI への審議体制の移行イメージを図 5 に示す．

表 7　IPTV 研究テーマと関連 SG

FG IPTV の WG	研究テーマ	関連 SG
1	IPTV サービス要求条件 IPTV サービスシナリオ	SG 13 及び 9, 11, 16, 17
	IPTV ネットワークアーキテクチャ	SG 13
2	ユーザ体感品質（QoE）評価 伝送品質測定	SG 12
3	セキュリティ	SG 17
4	制御プロトコル	SG 11
5	端末, STB	SG 9, SG 16
	ホームネットワーク	SG 16
6	ミドルウェア，API	SG 9, SG 16
	メタデータ	SG 16

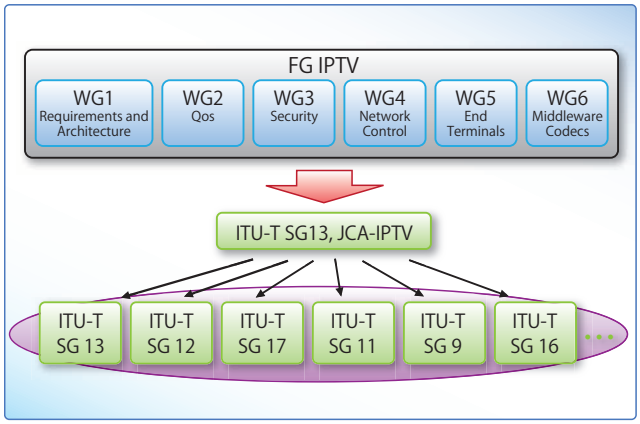


図 5　FG IPTV から IPTV-GSI へ

IPTV-GSI イベントは，2010 年 1 月末までに，2008 年 1 月のソウル会合を皮切りに，4 月，6 月，9 月，11 月，2009 年 6 月，9 月，11 月，2010 年 1 月（いずれもジュネーブ開催）の計 9 回が開催された．IPTV-GSI は，FG IPTV のデリバラブルズをベースに，ITU-T 勧告を作成することをミッションとするものの，勧告案の合意手続き（AAP コンセントあるいは TAP 凍結[*4]）は，規約上 SG 会合または WP（Working Party）会合で行わなければならないため，IPTV-GSI 期間中に議論され内容の確定した勧告案は，その直後の SG（または WP）会合で承認が行われるという手順が取られている．

2010 年 1 月末時点において，IPTV-GSI で審議中，あるいは，勧告化が完了した IPTV 関連勧告案（または勧告）の一覧を表 8 に示す．左カラムの“WG”は，FG IPTV 時代の WG カテゴリーを示す．なお，勧告化が完了したものについては無償ダウンロードできる［11］．

なお，表 8 において，Y.Suppl.x は Y シリーズのサプレメント（補足文書）を，HSTP.xxx は H シリーズのテクニカルペーパ（技術文書）をそれぞれ示す．

＊2　Telecommunication Standardization Bureau，ITU の「電気通信標準化局」で ITU-T の事務局に相当．
＊3　標準化活動を開始する前の情報収集を目的とした会議．
＊4　AAP：Alternative Approval Process．2000 年に新たに導入された承認手続きで，SG 会合での内容合意（Consent）後，4 週間のレビュー期間を経た後承認となる．多くの技術勧告に適用される．
TAP：Traditional Approval Process．従来から行われてきた勧告承認手続きで，SG 会合で内容凍結（Determine）後，一定期間のレビューの後，次回会合で最終承認する．
主に各国の制度や料金などに関連する勧告に適用される．

表 8　IPTV 勧告リスト

WG	SG	勧告番号
1	13	勧告：Y.1901, Y.1910, Y,1911
		サプレメント：Y.Suppl.5
2	12	勧告：G.1080, G.1081, G.1082, G.1544
		勧告案：G.IPTV-PMPD, G.IPTV-PMMM
	13	勧告案：Y.IPTV-TM
	16	勧告：H.701
3	17	勧告：X.1191
		勧告案：X.iptvsec-2, X.iptvsec-3, X.iptvsec-4, X.iptv-sec-5
4	13	勧告案：Y.iptv-netcontrol-fw, Y.iptv-mcastf
	11	勧告案：Q.iptvsa
5	16	勧告：H.622.1, H.720, H.721
		勧告案：H.IPTV-TDES.3, H.IPTV-TDES.4, H. iptv-rm, H.iptv-ngn-hn
	9	勧告：J.700, J.702, J.703
		勧告案：J.iptvclientpacm
6	9	勧告：J.701
	16	勧告：H.740, H.750, H.760, H.761, H.762, H.770,
		勧告案：H.IPTV-MAP , H.IPTV-ProComp H.IPTV-DSMW, H.IPTV-WBTM H.IPTV-AM.0, H.IPTV-AM.1, H.IPTV-AM.2 H.IPTV-CPMD, H.IPTV-MDSD H.IPTV-MAFR.1～.14（.2, .9は勧告化済み）
		技術文書（ドラフト）：HSTP.IPTV-CMA, HSTP.IPTV-H721impl, HSTP.IPTV-IMFR, HSTP.IPTV-ISPF, HSTP.IPTV-NT, HSTP.IPTV-PITD, HSTP.IPTV-RIM HSTP.IPTV-SACII, HSTP.IPTV-SBSD, HSTP.IPTV-SNV, HSTP.IPTV-TDPower, HSTP.IPTV-UMCI, HSTP.IPTV-WBSD, HSTP.IPTV-Widget

4.3　国際標準化：フォーラム・団体

(1) ATIS IIF（Alliance for Telecommunications Industry Solutions IPTV Interoperability Forum）

北米の標準化団体 ATIS では，IIFのグループが IPTV 関連の標準化を行っている．2009 年 4 月，フェーズ 1 としての標準化作業が一通り完了した．

前述の ITU-T での IPTV 標準化作業は，ATIS からも多くの技術が入力され，IPTV アーキテクチャや要求条件などは ATIS 規格をベースに検討が進められた．

今後，フェーズ 2 では，オンデマンドコンテンツ配信や PPV（Pay Per View）課金に関する検討が，また，フェーズ 3 ではターゲットコンテンツ配信に関する検討が行われる予定である．表 9 に ATIS IIF で策定された技術仕様を示す．

なお，これら ATIS ドキュメントは有償での頒布となっている［13］．

(2) DVB

欧州のデジタル放送規格化団体 DVB では，地上波放送 DVB-T，衛星放送 DVB-S に加え，放送信号を IP ネットワークによって配信するための技術規格“DVB-IP”を策定し，ETSI TS 102 034,“Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks”として発行されている．発行済みの ETSI 規格は無償ダウンロード可能となっている［14］．

表 9　ATIS IIF の技術仕様一覧（フェーズ 1）

文書番号	概　要
ATIS-0800001	IPTV DRMの相互接続に関する要求条件
ATIS-0800002	IPTVアーキテクチャ要求条件
ATIS-0800003	IPTVロードマップ
ATIS-0800004	IPTVサービスのQoS測定フレームワーク
ATIS-0800005	IPTVパケットロス問題に関するレポート
ATIS-0800006	スクランブル方式の相互運用仕様
ATIS-0800007	IPTVハイレベルアーキテクチャ
ATIS-0800008	放送型IPTVのためのQoS測定
ATIS-0800009	IPTVサービス向け宅内デバイス遠隔管理
ATIS-0800010	緊急警報信号の供給方式
ATIS-0800011	IPTVのQoS評価指標
ATIS-0800012	IPTV緊急警報システムのためのメタデータ
ATIS-0800013	IPTVのメディアフォーマットとプロトコル
ATIS-0800014	セキュアなダウンロードとメッセージ送信
ATIS-0800015	証明書管理階層の相互運用仕様
ATIS-0800016	標準PKI証明書フォーマット相互運用仕様
ATIS-0800017	ネットワーク接続時設定とサービス発見
ATIS-0800018	IPTVリニアTV（放送型）サービス
ATIS-0800019	マルチキャストネットワークサービス仕様
ATIS-0800020	IPTV電子番組ガイドのためのメタデータ
ATIS-0800021	PSNRからのビデオ画質推定
ATIS-0800022	IPTV宅内端末設定用メタデータ
ATIS-0800023	（将来用）
ATIS-0800024	セキュリティ耐性に関する相互運用仕様
ATIS-0800025	IPTVサービスのための品質評価テスト
ATIS-0800026	XMLスキーマのグローバル定義
ATIS-0800027	IPTV用語集
ATIS-0800028	IPTVシステムのための共通エラーコード
ATIS-0800029	IPTV端末メタデータ
ATIS-0800030	（将来用）
ATIS-0800031	IPTV体感品質（QoE）要求条件
ATIS-0800032	IPTVエラーコードのためのメタデータ
ATIS-0800033	IPTV向け分離可能なセキュリティI/F
ATIS-0800034	（将来用）
ATIS-0800035	IPTV品質評価手法の検証手順
ATIS-0800036	端末デバイス実行環境のXMLスキーマ

DVB-IP 規格の特徴は，既に DVB で放送されている MPEG TS 信号を IP ネットワークで伝送すること，並びにそれを受信するために必要となる技術に特化して書かれていることで，TS を含む上位レイヤについては既存 DVB 仕様に基づくものとして一切触れられていない．

DVB-IP で規定されている主な項目を以下に列挙する．

- IPTV 端末がネットワークに接続されてから放送中

のサービスにたどり着くまでの手順，いわゆる「サービス発見」についてのプロトコルやデータ構造．
- 「サービス発見」により発見されたサービスを，端末において選択し視聴するための手順．
- TS パケットの IP パケットへの格納方法．
- DHCP（Dynamic Host Configuration Protocol）の使い方．
- 端末のソフトウェアアップグレード．
- ダウンロード型コンテンツ配信（HTTP 及び FLUTE（File Delivery over Unidirectional Transport））．
- パケット損対策（単純 FEC（Forward Error Control），Raptor 方式，及びパケット再送方式）．

(3) ETSI TC-MCD

2008 年 11 月，ETSI の技術委員会（Technical Committee）に MCD（Media Content Distribution）が新設された．MCD は，現在及び将来のマーケットニーズにこたえるべく，放送と通信が融合した次世代トータルマルチメディアサービスを提供するための，ガイドライン策定や既存標準技術活用の検討を目的としている［15］．

2010 年 1 月現在，以下のワークアイテムを中心に検討が行われている．
- コンテンツプロバイダ観点でのニーズ
- 法令制度，社会ニーズ，政策マター
- 視聴情報計測（Audience Measurement）
- Content Delivery Network の相互接続
- 3D ゲーム（サーバ・クライアント型）の配信

現在，ETSI 技術文書（Technical Report）として，TR 102 688 シリーズが作成されている［14］．

(4) Open IPTV Forum

Open IPTV Forum（以下，OIPF）は 2007 年に設立された IPTV 規格策定業界団体で，2010 年 1 月現在，放送事業者，通信事業者，機器メーカ，ソフトウェアプロバイダ等合計 63 社が加盟している．

OIPF は五つのワーキンググループ（要求条件，アーキテクチャ，技術方式，相互接続テスト，マーケティング）から構成され，技術方式 WG については更に，AV コーデック，メタデータ，プロトコル，宣言型アプリケーションプラットホーム，手続型アプリケーションプラットホーム，及びコンテンツ・サービス保護の各タスクフォース（TF）に分かれて審議を行っている．

昨年末までの活動では，Release 1 として基本アーキテクチャ，メディアフォーマット，メタデータ，プロトコル，アプリケーションプラットホームなどの各技術仕様が策定された．現在 Release 2 の検討が行われており，ここでは，マルチデバイス対応（STB，携帯電話，スマートフォン，PC），ローカル及びネットワーク録画（PVR（Personal Video Recorder）及び nPVR（Network Personal Video Recorder）），タイムシフト視聴，コンテンツシェアリング，ターゲット広告，携帯電話による遠隔操作，パーソナライズドポータルなどの次世代サービスに向けた要求条件が新たに加えられている．また，最近では DLNA（Digital Living Network Alliance）との連携も強めており，ホームネットワークも視野に入っている．

2010 年 4 月現在，Release 1 のフルセットと Release 2 の要求条件及びアーキテクチャが無償ダウンロード可能となっている［16］．

4.4 国内標準化動向

(1) IPTV フォーラム

2008 年 5 月，有限責任中間法人「IPTV フォーラム」が設立され，IPTV 技術に関する日本国内共通仕様が策定された．2010 年 1 月現在，表 10 に示す九つの技術仕様と，二つのテスト仕様が策定されている．仕様書の入手は，ホームページからユーザ登録を行うことで無償ダウンロード可能である［17］．

IPTV フォーラムでは，映像配信サービスの形態に応じて，VOD，ダウンロード，IP 放送（IP マルチキャスト放送）のための共通仕様が規定された．加えて，地上波デジタル放送及び BS デジタル放送の再送信に関する運用規定も策定された．

また，サービス発見やポータルといったネットワー

表 10　IPTV フォーラム技術仕様一覧

種別	番号	タイトル
STD	0001	概　説
STD	0002	VOD 仕様
STD	0003	ダウンロード仕様
STD	0004	IP 放送仕様
STD	0005	地上デジタルテレビジョン放送 IP 再送信運用規定
STD	0006	CDN スコープサービスアプローチ仕様
STD	0007	インターネットスコープ サービスアプローチ仕様
STD	0008	放送連携サービスアプローチ仕様
STD	0009	BS デジタル放送 IP 再送信運用規定
DOC	0001	CDN スコープ VOD・IP 放送テスト仕様(1)テスト項目表
DOC	0002	CDN スコープ VOD・IP 放送テスト仕様(2)テストシナリオ

ク全体にかかわるものについては，通信事業者により管理されたネットワーク上で提供されるものを「CDN（Contents Delivery Network）スコープ」で，インターネットを利用するものを「インターネットスコープ」でそれぞれ規定している．

なお，IPTV フォーラムの配下に，国際標準化アドホックグループが設置され，IPTV フォーラム仕様を ITU-T へ提案する際の検討を行っている．

（2）TTC IPTV 専門委員会

TTC の IPTV 専門委員会は，IPTV 国際標準化への対応を審議する場となっている．各企業や団体からの ITU-T IPTV-GSI への寄与文書，並びに諸外国から ITU-T IPTV-GSI への提案についての技術詳細検討が行われている．

その後，総務省情報通信審議会 ITU-T 部会 IPTV 特別委員会での審議を経て，ITU-T への寄書提出並びに会合対処方針の決定がなされる．

5. む す び

IPTV の登場当初，あらゆるコンテンツ配信を IPTV が置き換えるものと期待された．その後数年が経過し，無線による放送やケーブルテレビの利用価値は依然高く，IP 技術がこれらのコンテンツ配信に付加価値を付けて，高度なサービス提供を行う形態が一般的となりつつある．これまでに実用化されたサービスとしては，コンテンツポータル，放送番組からインターネットへのリンク，携帯電話からの録画予約などが挙げられる．

しかしながら，このような付加価値サービスが現実のものとなっても，世界中から自由にアクセスできるインターネットに対して，テレビの世界はまだまだ物足りないと感じる利用者も多いことと思う．

グローバルなテレビ視聴の実現には，真に統一された IPTV 技術や端末が不可欠であり，IPTV の標準化はそれを目標として進められた．ところが，実際に作業を始めてみると，IP 時代以前に策定されたデジタル放送技術の地域依存性がユニーク標準の策定の障壁になることが分かった．また，コンテンツの著作権の観点でも，その多くが国や地域に閉じた権利処理しか行われておらず放送のグローバル化が難しいことも痛感した．

解決に時間を要するかもしれないが，高い理想の実現に向けて，これからも粘り強く活動を継続することが重要である．

文 献

[1] 総務省，平成 23 年以降に開始される予定の新たな BS デジタル放送等に係る委託放送業務認定申請受付結果，報道資料，March 2009.
[2] 宮地悟史, IPTV 標準テキスト, リックテレコム, 東京, Oct. 2008.
[3] ITU-T 勧告 Y.1901，IPTV Service Requirement, Jan. 2009.
[4] 総務省，地上デジタル放送の利活用の在り方と普及に向けて行政の果たすべき役割　地上デジタル放送の今後の利活用の在り方等について，報道資料，Jan. 2004.
[5] 文化庁，http://www.bunka.go.jp/1tyosaku/chosakukenhou_kaisei_4_q1.html
[6] 地上デジタル放送補完再送信審査会，http://nab.or.jp/shinsakai/
[7] NTT ぷらら，http://www.hikaritv.net/channel/kihon/
[8] KDDI,「ケータイ× TV 連携, FMBC スマートプラットホーム」の開発について，報道資料，Sept. 2009.
[9] 松本一則，内藤正樹，帆足啓一郎，呉　剣明，滝嶋康弘“地デジ放送からの字幕主体の携帯電話向け要約コンテンツの自動生成，”ITS2008-44/IE2008-214, pp.59-63, 2009.
[10] 滝嶋康弘，池田和史，柳原　正，服部　元，小野智弘，松本一則，“文字解析を特徴とした TV 番組関連情報の選択的収集および適応的表示技法とアプリの開発，”画電学研資，vol.246, pp.75-80, Oct. 2009.
[11] ITU-T 勧告ダウンロードページ，http://www.itu.int/publications/sector.aspx?sector=2
[12] ITU-T プロシーディングスダウンロードページ，http://www.itu.int/publ/T-PROC/en
[13] ATIS IIF ホームページ，http://www.atis.org/IIF/
[14] ETSI ダウンロードページ，http://pda.etsi.org
[15] ETSI TC-MCD ポータルページ，http://portal.etsi.org/mcd
[16] Open IPTV Forum ダウンロードページ，http://www.openiptvforum.com/specifications.html
[17] IPTV フォーラムダウンロードページ，https://www.iptvforum.jp/download/

宮地悟史（正員）
1995 国際電信電話株式会社（現 KDDI）入社．以来，KDDI 研究所にて，動画像圧縮符号化，画像品質評価，IP ビデオ伝送，STB アプリケーション等の研究開発に従事．2008-10 より，KDDI 技術統括本部において，次世代映像サービス戦略策定に従事．ITU-T SG 9 副議長．工博．

解説

IPTV を支えるネットワーク技術

栗田佳織 Kaori Kurita　日本電信電話株式会社 NTT ネットワークサービスシステム研究所
佐藤裕昭 Hiroaki Sato　日本電信電話株式会社 NTT ネットワークサービスシステム研究所

1. まえがき

NGN（Next Generation Network）をはじめとするブロードバンド環境が整う一方で，2011 年にはデジタル放送への完全移行によって，デジタル放送受信機がすべての家庭に広まることとなり，放送と通信は密接に連携しつつある．

このような動向を受け，2008 年 3 月，NTT グループは，NGN の商用サービスの提供を開始した［1］．NGN は高い信頼性・安全性を実現したネットワークで，エンドツーエンドでの QoS（Quality of Service）を提供し，オープンなインタフェースで多彩なブロードバンド・ユビキタスサービスを実現する．現在，地上デジタル放送の IP 再送信や IP 放送が提供されている．

本稿では，IPTV（Internet Protocol Television）を支えるネットワーク技術について，ネットワーク側の視点より解説する．

2. IPTV サービスを取り巻く現状

近年，IP ネットワークの普及に伴い，事業者の提供するネットワークサービスも多様化してきている．中でも，NGN の中核サービスの一つである IPTV においては，全世界での IPTV 利用者数が 2008 年 7 月時点で 1,500 万ユーザを突破したともいわれている．

IPTV は従来の電波を用いた映像配信と比較すると，双方向通信によるインタラクティブ性やユーザの生活スタイルに合わせたオンデマンド性が大きな利点である．この利点を生かした IPTV サービスを提供するための要求条件として，まず高精細映像の安定した品質確保が挙げられる．高精細度テレビジョン放送を IP ネットワーク上で安定して提供するためには非常に大きな通信容量が必要となり，それに伴い限られたネットワークリソースを使用してサービス提供の基盤となるインフラを構築する必要がある．

また，IPTV の大きな特徴として，オンデマンド性を利用してユーザ一人一人に合わせたサービスやコンテンツを提供できることが挙げられる．多種多様なニーズにこたえるためには，サービス事業者，ネットワーク事業者，家電メーカといった種々のプレイヤを自由に選択できる環境が求められている．多くのプレイヤの参加には，技術的な規格や標準が必要とされ，それらがオープンに定められることが重要である．

一般的に，システムは共通仕様とすることで量産効果が期待でき，良質で安価な IPTV サービスの提供を実現できる．世界的に NGN を含めたブロードバンドが普及してきたことから，IPTV 技術の標準化に向けた動きが活発化しており，ITU-T FG IPTV（国際電気通信連合電気通信標準化部門 IPTV フォーカス・グループ）［2］等による勧告や，国内では 2006 年に IPTV フォーラム［3］が発足し，恒久的かつ継続的な IPTV の技術やサービスの基盤を整え，IPTV の規格を一本化するための議論が継続されている．

3. 映像配信サービスの分類と適用技術

本章では，IP ネットワークを利用した映像配信サービスについて，図 1 に示すようなオンデマンド型サービスと放送型サービスに大別し，各々を実現する IP ネットワーク技術とそれぞれに対する要求条件について述べる．

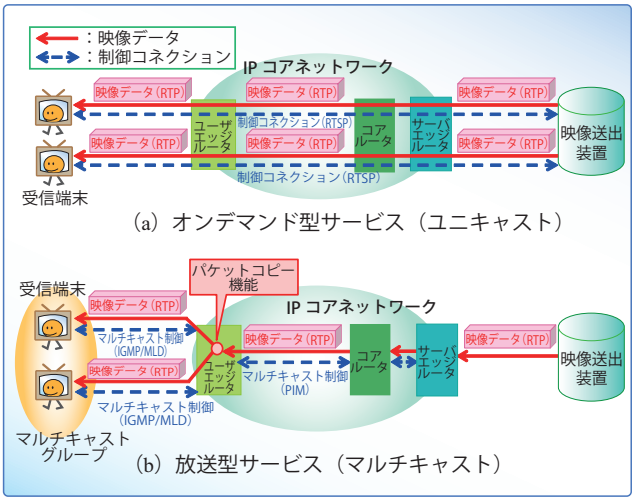


図 1　ユニキャストとマルチキャスト

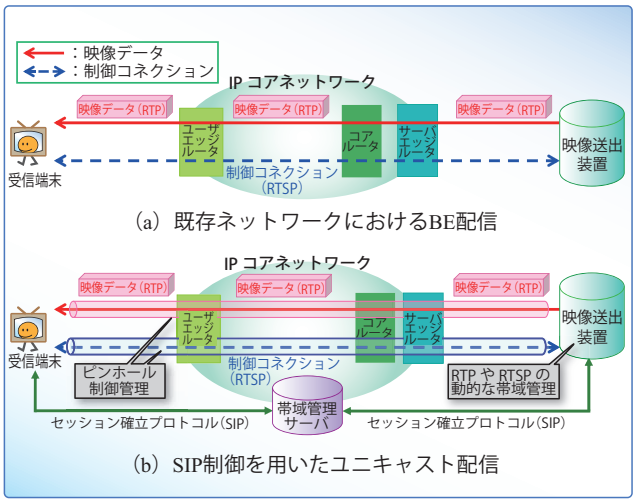


図 2　ユニキャスト配信技術

オンデマンド型サービスでは，受信端末個別の特殊再生制御（早送り，巻戻しなど）が要求されるため，これらを IP レイヤの上位にてエンドツーエンドで配信制御するユニキャスト配信が適している．ユニキャスト配信では，1 クライアントに対して 1 ストリームずつ配信するため，大規模ネットワークではサーバ数を増やす必要があり，大容量トラヒックに応じた高処理性能ルータが必要となる．

一方，放送型サービスでは，契約中の複数クライアントに対して 1 ストリームを配信できることが要求されるため，マルチキャスト配信が適する．マルチキャスト配信は転送効率が良いため，オンデマンド型に比べて，大多数のサーバ配置が不要であるとともに，ルータの処理性能も要求されない．マルチキャスト配信では片方向配信，かつ一律の配信制御となるが，放送型ではオンデマンド型とは異なり，特殊再生制御が不要であるため，上記制約はサービス条件の上では問題にならない．また，マルチキャスト配信では，仮想的なグループに対して 1 ストリームを配信し，IP レイヤにて hop-by-hop の配信制御をしている．マルチキャストグループに対してルータがパケットコピーを実施するため，ルータには各プロトコルに対応したコピー機能が必要となる．

4. ユニキャスト配信技術

本章では，オンデマンド型映像配信サービスを実現するユニキャスト配信技術の帯域制御方式について述べる．オンデマンド型配信は，配信サーバと受信端末がエンドツーエンドで 1 対 1 通信を行うユニキャスト方式を用いて実現される．図 2 に示すとおり，ユニキャスト方式では映像送出装置から受信端末への 1 対 1 通信により映像データを IP パケットとして転送しており，ベストエフォート（BE）配信と帯域確保型配信の 2 方式がある．

4.1　ベストエフォート（BE）配信

BE 配信は，サービスの品質（QoS）保証がない配信方式であるため，パケット損による映像の乱れが顕著に発生する．そのため，エラー訂正により伝送中のパケット損を補うことで安定的な映像品質の確保を実現しているが，ある一定のエラー訂正可能な範囲を超えたネットワーク転送品質劣化やパケット損については映像品質を保つことができない．

また，BE 配信では設備設計において十分な回線容量を確保することによって品質劣化を回避する目的で，回線容量をあらかじめ静的に確保している．そのため，需要予測が困難であり，ピークに合わせたオーバスペックな回線容量が必要なため，コストが増大する．また，急激なトラヒック増加に耐えられないことにより，すべての受信者の視聴映像品質が劣化するという問題もある．このように，広帯域で安定的な配信が困難であるという特徴がある．

4.2　帯域確保型配信

2. で述べたように，IP ネットワークでサービス要求に基づいた高品質で安定的な映像を配信するためには，要求に応じた動的な帯域確保を実施する必要がある．例えば NGN では，帯域制御サーバが SIP 制御によって動的に要求された帯域を確保する実現方式を採用している．

本方式では，最初に端末側からの要求により，端末と配信サーバの間に RTSP［4］のセッションを確立する．この RTSP セッションでは，RTP［5］セッションで運ばれる映像データを制御するための情報を送受する．具体的には，再生，早送り，巻戻しといった制御を可能にしている．

映像配信では，ビデオ制御信号とビデオデータストリームを絡めて 1 セッション内で送信するインタリーブ（交互配置）方式と，ビデオ制御信号とビデオデータストリームを別セッションで送信するノンインタリーブ方式がある．後者の方式では，ビデオ制御信号とビデオデータストリームの 2 セッション存在するため，どちらのセッションに対しても帯域確保が必要である．まず，RTSP のセッションを確立すると同時に，該当するセッションに必要な帯域を確保する．この処理は，帯域管理サーバとエッジルータの連携によって実施される．これは，NGN で提供される IP 電話サービスと同様の方法である．続いて，IP コアネットワークでは映像データを配信サーバから端末に届けるための RTP セッションを確立する．RTSP と同様に帯域管理サーバとエッジルータが連携し，RTP のセッションに必要な帯域を確保し，その後映像データの配信を開始する．これより，RTP セッションを確立する前に RTSP セッションが確立されるため，この順序性を考慮した SIP 制御や帯域確保が必要である．

このように，VOD 型サービスではビデオ制御信号（RTSP）とビデオデータストリーム（RTP）の各セッション用に帯域確保することで，高品質 VOD を実現している．

5. マルチキャスト配信技術

本章では，放送型映像配信を実現するマルチキャスト配信技術におけるルーチング方式，及びマルチキャストパケットコピー方式について述べる．

5.1 マルチキャストルーチング方式

近年の IP ネットワークでは，動画，音声など，様々なメディアサービスが提供されており，多様な要件に応じた QoS 制御が求められている．映像配信サービスにおいても，それぞれの QoS 要求に応じたルーチングが必要とされている．

マルチキャスト配信方式は，使用されるルーチングプロトコルに応じて，スタティック配信とダイナミック配信の二つに大別することができる．

スタティック配信は，経路情報を各ルータに固定的に設定する手法であり，安定したネットワーク到達性の提供を可能とする反面，管理コストを要するという特徴を持っている．

一方，ダイナミック配信はルータが経路情報を自動的に学習する手法で，比較的管理コストを低減することができ，ネットワークの状態に応じてルートを変更できる柔軟性を持つ反面，経路切換に時間を要する場合や，オペレータの意図した経路切換とならない場合がある．

このように双方はトレードオフの特徴を持っており，事業者は保守運用性，信頼性，及び効率性の 3 点を考慮した上で，最適な方式を選択する必要がある．

5.2 マルチキャストパケットコピー方式

マルチキャストでは，経路の分岐点に位置するルータが一つのパケットを必要な分だけコピーすることで，マルチキャストグループに参加している全メンバに対して効率的に配送することができる．現在では，多くのキャリヤグレードルータがパケットコピー機能，及びマルチキャスト制御プロトコル（IGMP，MLD，PIM など）に標準対応している．

レイヤ 2 のスイッチに，ルータとホストの間でやり取りするマルチキャストメッセージの中身をのぞき見することができるスヌーピング機能が具備されていると，ホストが接続しているポートを参加しているマルチキャストグループに対応するルーチングテーブルの入口に追加することができ，適切にトラヒックを転送できる．しかしながら，厳しいコスト条件が求められるアクセス装置において，IGMP や MLD のスヌーピング機能を経済的に実現することは困難である．そのため，レイヤ 3 のエッジルータが最終コピー段となるエッジルータコピー方式が一般的である．

エッジルータコピー方式では，マルチキャストのプロトコル処理やパケットコピーは視聴ユーザ数分だけ実施する必要があり，それに伴いエッジルータ以下のアクセス区間の帯域も視聴ユーザ数分必要となる．

それに対して，アクセス区間の帯域利用をより効率化することを目的とした PON コピー方式も検討されている．これは，光ファイバを用いた収容局から加入者宅

までの間の PON 区間では，視聴率の大きな特定チャネルについて光分岐によりパケットコピーを実施する方式で，レイヤ 3 コピーは不要である．上述のエッジルータコピーと併用することでアクセス区間の帯域利用の効率化を図ることができると考えられる．しかし，一般的なアクセス装置にはコストを低く抑えることが求められるため，PON 区間でパケットコピーを実施した際には，帯域制御サーバやエッジルータとコピー情報を連携するための IGMP/MLD のプロトコル処理機能やコピー機能を実装することによるコスト増大が懸念される．2 種類のコピー方式を図 3 に示す．

一般的に，コピーポイントをよりユーザ側に位置するアクセス装置に配備すると，効率的にパケットコピーを実施することができる．ここで，上記のエッジルータコピー方式と PON コピー方式において，マルチキャスト帯域の評価を行う．実パラメータに近い定量評価条件として，ネットワークは 20 チャネルを配信し，その中から 1 ユーザ当り 1 チャネルを常時視聴可能とし，番組 1 チャネルの配信に必要な帯域を 14 Mbit/s とする．このときのエッジルータから PON 間の使用帯域例を図 4 に示す．

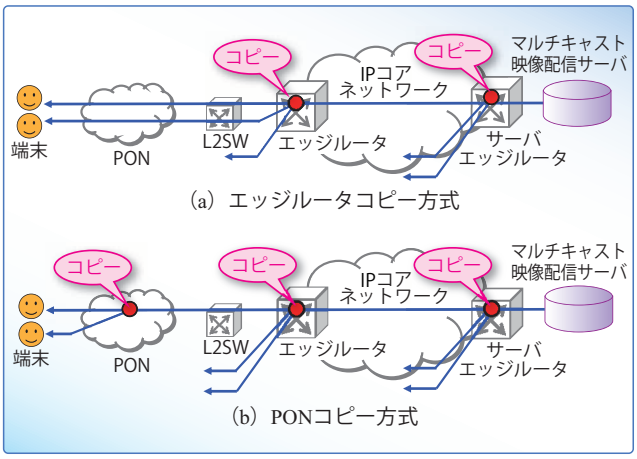


図 3　エッジルータコピーと PON コピー

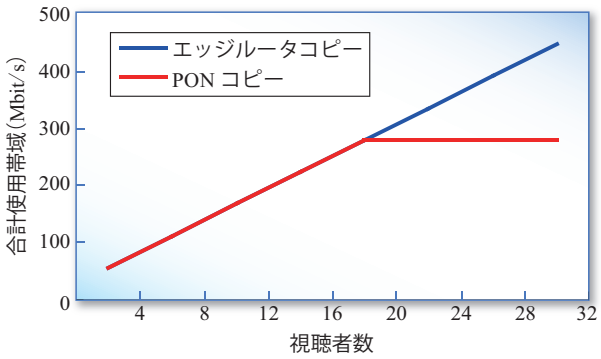


図 4　エッジルータから PON 間の使用帯域

図 4 は全ユーザが別チャネルを視聴し，最も非効率的な帯域割当が行われるワーストケースを示したものである．チャネル数やチャネル帯域が変化しても定性的な特性は同様である．

エッジルータコピー方式では，同一チャネルに対してもユーザ数分の帯域を確保する必要があり，視聴者数に比例して合計使用帯域が増加する．それに対して PON コピー方式では，一定の視聴者数を超えても，合計使用帯域は一定である．これより，同一チャネルに対する視聴者数が多い場合，コピーポイントの配備はユーザ側に近いほど，効率的に帯域を使用できることが分かる．

上記のどちらの方式においても，同一チャネルの有無にかかわらずすべての視聴チャネル分のマルチキャストトラヒックがエッジルータ以下アクセスネットワーク側に流れ込むこととなる．図 4 は最も合計使用帯域が大きくなるケースを前提としているが，実際には全ユーザがそれぞれ異なるチャネルを視聴しているとは限らない．しかし，品質保証型サービスを実現するためには，潜在的視聴者数に相当する帯域を確保しておく必要があり，視聴者数の増加に伴うマルチキャストトラヒックの収容効率低下が課題となる．マルチキャストで品質保証型サービスを実現し，広帯域を要するため，インターネットのトラヒックモデルにおいて高い割合を占めており，マルチキャストトラヒックの収容効率を上げることが，ネットワーク全体のコストに大きく影響を及ぼす．

6. 映像配信技術の課題

本章では，インターネットのトラヒックモデルにおいて大きな割合を占めるマルチキャスト制御の実現方式の検討の一例を紹介する．エッジルータやアクセス装置における影響を課題とし，マルチキャスト制御機能配備を最適化することで収容効率の向上を目指す取組みを紹介する．

6.1　マルチキャスト制御機能配備の最適化

ここでは特に，エッジルータとアクセスネットワークが連携したマルチキャスト制御の実現方式の検討方針を述べる．エッジルータやアクセス装置におけるマルチキャスト制御の動作を図 5 に示す．例えば NGN では，映像配信サービス提供における公平性確保のため，以下

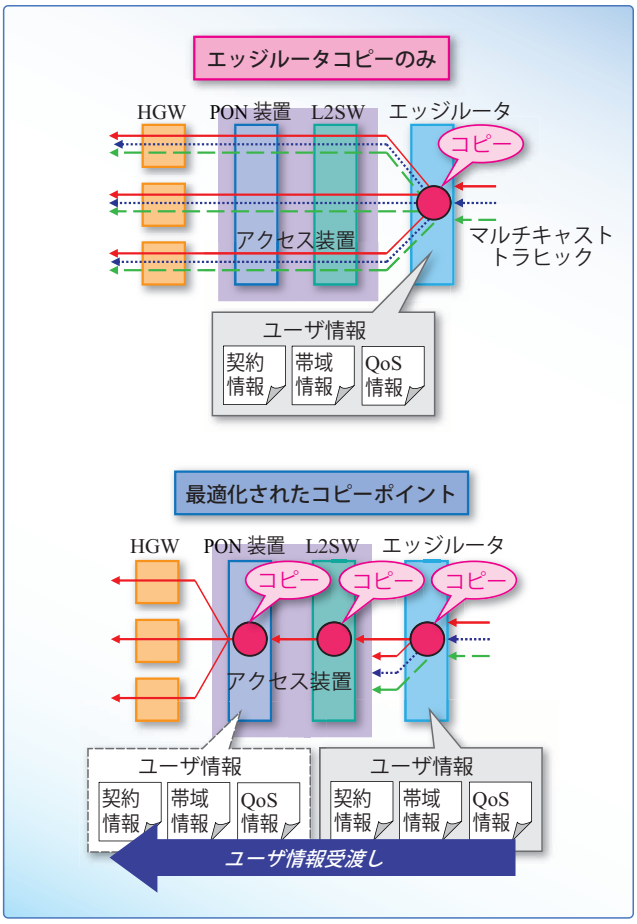


図 5　マルチキャスト制御方式の動作

の 2 条件を満たすことが要求条件であり（図 6），各々について帯域制御サーバ，エッジルータ，アクセス装置が連携して制御することが求められる．

(1) ユーザごとの視聴可能番組制御

NGN では，ユーザごとの契約情報をまとめたプロファイルに基づき，アクセスリストを使用して視聴可能なチャネルを制限することで，適切なチャネル配信を実現している．運用システムより，ユーザごとの契約情報をエッジルータへ設定し，エッジルータではアクセスリストにより契約したチャネルのみをフィルタして配信する．これにより，端末側ではユーザが契約したチャネルのみ視聴可能となる．

(2) 視聴可能帯域制御

NGN で多様なマルチキャストサービスの品質を保証するために，マルチキャスト合計使用帯域が視聴者数の増加に比例して増加する区間である端末からエッジルータの間には，十分なマルチキャスト用帯域が必要となる．アクセス区間のマルチキャスト用帯域を静的に確保する方式では，マルチキャスト以外のサービスの帯域を圧迫

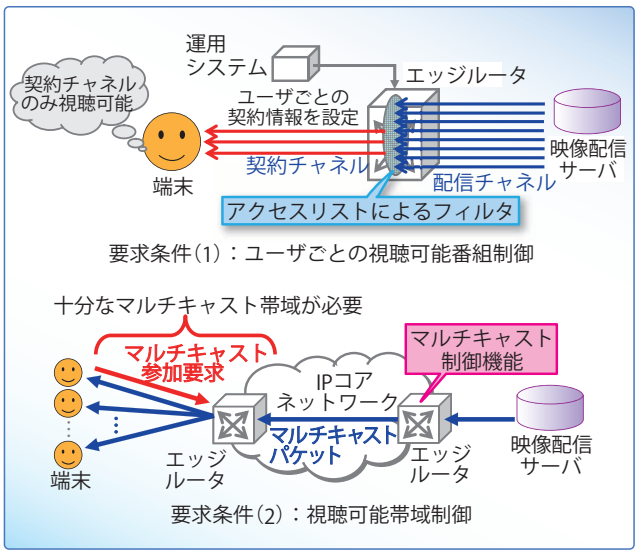


図 6　マルチキャストサービスの要求条件

する可能性があり，あまり適さない．そこで，帯域を動的に確保し，利用状況等に応じて要求受付の可否を判断するマルチキャスト受付制御を採用することで，帯域利用効率向上を実現している．

上記（1），（2）の要求条件を満たしつつ，アクセス区間の帯域利用効率化のために，マルチキャスト制御機能配備の最適化を図る上での課題について表 1 に整理する．まずマルチキャストコピーは，**5.2** からもユーザ側に配備される装置における実施が理想的である．また，(1) ユーザごとの視聴可能番組制御，(2) 視聴可能帯域制御の二つのサービス条件を満たすためには，装置間でユーザ情報を受け渡し，連携してネットワークを制御することが必要である．

一方で，保守性の観点からは，アクセス装置にインターネット上で電話サービスを実現するための H. 248 プロトコル制御，サービスオーダ設定制御，及び設置設定等の設定制御機能を配備し，アクセス装置の機能を高度化するのは方式的に望ましくない．このような前提から，マルチキャストにかかわる基本機能や制御に必要なユー

表 1　基本機能とサービス条件の機能配備

機能条件		既存配備	理想配備	案 1	案 2
基本機能（パケットコピー機能）		L3 エッジルータ	L2 アクセス装置	L2 アクセス装置コピー	
サービス条件	視聴番組制御	L3 エッジルータ	任　意	L3 エッジルータ	L3 エッジルータ L2 アクセス装置
	視聴可能帯域制御	L3 エッジルータ	任　意	L3 エッジルータ	L3 エッジルータ L2 アクセス装置

ザ情報は引き続きエッジルータにて保持した上で，マルチキャストコピーポイントを最適化する必要がある．その上で，マルチキャスト視聴要求ごとにエッジルータとアクセスネットワークが連携して，従来エッジルータで実現したマルチキャストコピー機能をより最適なアクセス装置に受け渡して実現する方法が考えられる．

具体的なコピーポイントの最適化論理を検討するためには，インターネットにおいて想定されるマルチキャストサービスのトラヒック特性を分析した上で，各アクセス装置におけるエッジルータ連携機能の実装実現性を勘案する必要がある．また，エッジルータとアクセス装置の連携方法としては，エッジルータからマルチキャストコピーに必要な情報を視聴要求ごとにアクセス装置に引き渡すことを前提に，引き渡すべき具体的なユーザ情報の内容，使用するべきフォーマットやプロトコル，及び必要なコールフローについて，標準化を視野に入れて決定する必要がある．

6.2 標準化動向と想定されている実現可能範囲

5.2 の内容は標準化団体でも議論されている．具体的には，Broadband Forum（旧 DSL Forum）でネットワークアーキテクチャについて，IETF（Internet Engineering Task Force）でアクセス連携プロトコル（Access Node Control Protocol：以下 ANCP［6］）をそれぞれ標準化する流れで議論されている．Broadband Forum で想定されているマルチキャスト配信モデル［7］を図 7 に示す．アクセスラインに DSL を前提としている点において IP ネットワークとは差分があり，マルチキャストのコピーポイントとしてもアクセス装置のみを想定しているが，制御モデルという観点では十分適用が可能と考えられる．

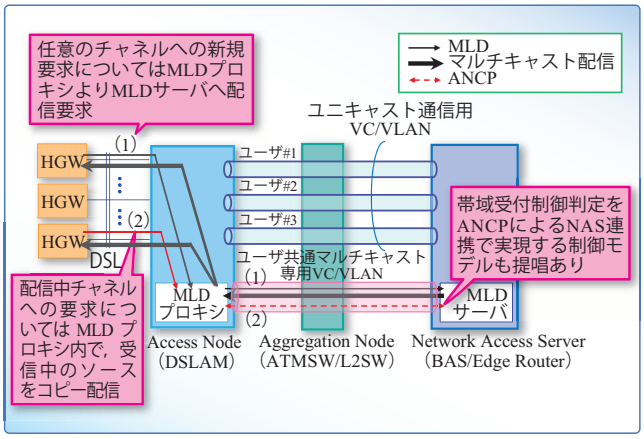


図 7　Broadband Forum (TR-101) の配信モデル

コピーポイント配備の観点では，プロトコル処理を異なる装置に配備し，各装置間をマルチキャスト配信用の専用 VLAN（仮想サブネット）で接続する形式を前提としている．コピーポイントの配備をアクセス側に移動することに伴い，エッジルータと各アクセス装置の間で ANCP を用いてマルチキャストコピー情報をやり取りすることにより，プロトコル処理を各アクセス装置で終端することができる．

ユーザ情報の配布については，各プロトコル処理装置におけるアクセスリストに基づいたユーザごとの視聴番組制限情報の配備を前提としている．そのため，マルチキャスト視聴要求，及び中断の際，エッジルータは ANCP を用いてアクセス装置と受付制御情報のやり取りをする．このとき，該当アクセスポートと連携するアクセスリストは動的に更新される．

以上より，ANCP は有力なプロトコル候補の一つであるといえる．ANCP を適用して図 7 を実現することを考える場合，下記の 2 点については標準化団体においては現在スコープ外とされており，議論されていないことを考慮した上で，ANCP を使用したユーザ情報の連携方法を検討する必要がある．

（1）エッジルータのみが IGMP/MLD を終端
（2）アクセス連携時のユーザ情報取得シーケンス

7. 課題解決に向けた検討の方向性

アクセス装置におけるマルチキャスト受付制御方式については，標準化団体における具体的な規定は議論されていない．そのため，アクセス装置連携制御としては，マルチベンダ環境での実現を前提とし，標準化に向けた議論が必要となる．本課題はエッジルータのみならず，アクセス装置，帯域管理サーバ等の複数の装置が連携したソリューションを対象とすることから，以下について関連団体と連携して検討を進め，今後の IP ネットワークとして最適な方式を決定する必要がある．

（1）各方式案の具体的な方式仕様の詳細化
（2）標準化議論が不十分であるマルチキャスト受付制御部分の外部動向調査とその方式仕様議論への反映
（3）各方式案のエッジルータやアクセス装置における，性能面・機能面からの実装実現性の検討

(4) オペレーションの観点から，アクセス装置，PON 装置へのサービスオーダ投入の実現性についての検討

(5) 帯域管理サーバにおける，アクセス装置との動的な連携を伴う帯域管理方式の検討

8. む す び

本稿では，NGN をはじめとする IP ネットワークを用いた IPTV サービスの現状について概観し，要素技術について紹介した．また，今後の IPTV サービス発展に向けた技術的課題とその検討状況について紹介した．

［用語解説］

- **NGN**（Next Generation Network，次世代ネットワーク）：電話・データ通信・ストリーミング放送を融合したマルチメディアサービスについて IP 技術を利用して実現する次世代 IP コアネットワーク．
- **SIP**（Session Initiation Protocol）：二つ以上のクライアントの間でセッションを確立するための IETF 標準の通信プロトコル．IP 電話などのセッションの開始，変更，終了などの操作を行うことができる．
- **RTSP**（Real Time Streaming Protocol）：IETF において標準化されている，リアルタイム性のあるデータの配布（ストリーミング）を制御するためのプロトコル．
- **RTP**（Real-time Transport Protocol）：音声や動画などのデータストリームをリアルタイムに配送するためのデータ転送プロトコル．リアルタイムストリームを転送するためのプロトコルとして IETF，ITU で標準化されている．
- **IGMP**（Internet Group Management Protocol）：IPv4 を用いたマルチキャストで，同一のデータを複数のホストへ効率良く配送するために構成されるホストのグループを制御するためのプロトコル．
- **MLD**（Multicast Listener Discover Protocol）：IPv6 を用いたマルチキャストで，IGMP と同様にマルチキャストグループ管理のため使用されるプロトコル．
- **PIM**（Protocol-Independent Multicast）：特定のユニキャストルーチングプロトコルに依存しないマルチキャストルーチングプロトコル．配信地域と受信者の対応により，PIM-DM（Dense mode：密集型）と PIM-SM（Sparse mode：離散型）を定義でき，互いに相関する制御メッセージを持つ．
- **PON**（Passive Optical Network）：光ファイバネットワークの途中に分岐装置を挿入して，1 本のファイバを複数の加入者宅に引き込む技術を備えたネットワーク．
- **DSL**（Digital Subscriber Line）：ディジタル加入者線と訳され，ツイストペアケーブル通信線路で高速ディジタル通信を行う技術であり，日本を含む先進国ではインフラストラクチャに既存メタルケーブル加入者線を利用できる利点がある．

文 献

［1］三浦　惺，“特集 NTT R&D フォーラム 2009 基調講演 サービス創造に向けた NTT グループの取り組み，” NTT 技術ジャーナル，vol. 21，no. 1，pp. 16-33，April 2009.

［2］ITU-T FG IPTV，http://www.itu.int/ITU-T/IPTV/index.phtml

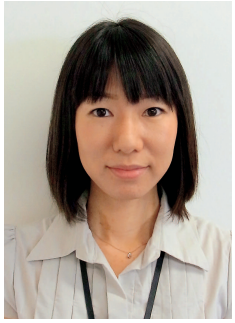
［3］IPTV Forum Japan（一般社団法人 IPTV フォーラム），http://www.iptvforum.jp/#/top

［4］RFC 2326, Real Time Streaming Protocol（RTSP），April 1998.

［5］RFC 3350, RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications, July 2003.

［6］S. Ooghe, N. Voigt, M. Platnic, T. Haag, and S. Wadhwa, “Framework and requirements for an access node control mechanism in broadband multi-service networks,” draft-ietf-ancp-framework-07.txt, Nov. 2008.

［7］A. Cohen and E. Shrum, “Migration to ethernet-based DSL aggregation,” DSL Forum, TR-101, May 2006.



栗田佳織（正員）

平 16 立命館大・理工・情報卒．平 18 奈良先端大情報科学研究科修士課程了．同年，日本電信電話株式会社入社．以降，NTT ネットワークサービスシステム研究所に所属し，次世代ネットワーク（NGN）におけるエッジルータの商用化研究開発及び導入支援業務に従事．

佐藤裕昭（正員）

平 2 早大・理工・応物卒．平 4 東工大大学院理学系研究科修士課程了．同年，日本電信電話株式会社入社．ATM-PON システムの開発実用化，IP マルチキャスト映像配信の研究開発，IPv6 網コアエッジ開発実用化，NGN 転送系の導入推進及びインタフェース仕様の策定に従事．

解説

コンテンツ配信事業者から見た IPTV への期待

深津真二 Shinji Fukatsu　日本電信電話株式会社 NTT サイバーソリューション研究所
引地孝文 Takafumi Hikichi　（株）NTT ぷらら
伊藤康之 Yasuyuki Itou　（株）NTT ぷらら

1. まえがき

NGN（Next Generation Network）の商用サービス開始などブロードバンドの普及，大容量コンテンツの配信技術の進歩，並びに IPTV（Internet Protocol Television）フォーラムによる IPTV 仕様の国内標準化，ITU-T による国際標準化など，IPTV を取り巻く環境が整いつつある．また，従来の多チャネル放送，ビデオオンデマンド（以降，VOD：Video On Demand）に加え，地上デジタル放送の再送信，ダウンロードサービス，放送連携サービス（放送の見逃しサービス）も始まり，その市場が急速に立ち上がってきている．

本稿では，まず，IPTV を取り巻く現在の状況を紹介し，次に，NTT ぷららが提供する「ひかり TV」を例に IPTV サービスについて詳しく述べる．最後に，コンテンツ配信事業者の立場から，今後の IPTV の課題と期待を述べる．

2. IPTV を取り巻く環境

2.1 動画配信ビジネスの歴史

IPTV サービスを取り巻く環境として，これまでの動画配信ビジネスの歴史を表 1 に示す．2002 年に施行さ

表 1　動画配信ビジネスの歴史

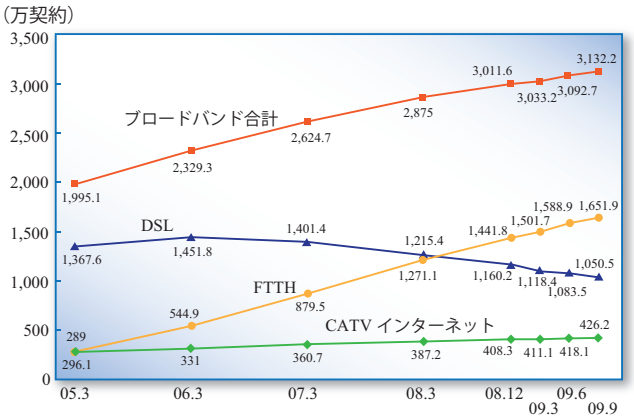
2000 年	11 月	インプレス，インターネット TV 開始
2001 年	7 月	日本テレビ・NTT，B-BAT 設立
	8 月	NTT，B フレッツ正式提供開始
2002 年	1 月	電子通信役務利用放送法施行
	4 月	ぷららネットワークス，Broadband@plala.tv 実施
	7 月	ビー・ビー・ケーブル株式会社，有線役務利用放送事業者第 1 号登録
	9 月	TBS・フジテレビ・テレビ朝日，トレソーラ設立
2003 年	3 月	ビー・ビー・ケーブル株式会社，BBTV 開始 ＊VOD は 2009 年 8 月に停止
	11 月	ケイ・キャット，K-CAT eoT.V.（eo 光テレビ）開始
	12 月	地上デジタル放送開始 KDDI，光プラス TV（ひかり one）開始 Yahoo，Yahoo！ 動画開始
2004 年	2 月	オプティキャスト，OPCAS（スカパー!光）開始
	7 月	ぷららネットワークス，4th MEDIA 開始
	12 月	NTT コミュニケーションズ，OCN シアター開始
2005 年	1 月	J:COM，J:COM オンデマンド開始
	3 月	オン・デマンド・ティービー，オンデマンド TV 開始
	4 月	USEN，Gyao 開始 ＊2009 年 4 月 Yahoo！ 動画に統合
	7 月	フジテレビ，フジテレビ onDemand 開始
	10 月	日本テレビ，第 2 日本テレビ開始　＊パソコンのみ 地上デジタル放送補完再送信号審査会設立
	11 月	TBS，TBS BooBoBox 開始
	12 月	YouTube，サイト開設
2006 年	4 月	ワンセグ放送開始
	6 月	通信・放送の在り方に関する懇親会報告書
2007 年	1 月	ニワンゴ，ニコニコ動画開始
	2 月	アクトビラ，アクトビラ :acTVila 開始 ＊VOD は 2007 年 9 月から，ダウンロードは 2008 年 12 月から
	3 月	Apple，Apple TV 販売開始
	6 月	USEN，Gyao Next 開始
	9 月	KDDI，DVD Burning 開始 ＊2009 年 9 月にサービス停止
	12 月	アイキャスト，地上デジタル放送 IP 再送信同意で「条件付適合」を取得 放送法改正
2008 年	3 月	NTT 東西，NGN 提供開始 NTT ぷらら，ひかり TV 開始
	5 月	ひかり TV，地上デジタル放送 IP 再送信サービス開始
	6 月	オプティキャスト・NTT 東日本，フレッツ・テレビ開始 au/KDDI，LISMO Video 開始
	9 月	IPTV フォーラムから IPTV 規定が公表
	12 月	NHK，NHK オンデマンド開始 デジタルメディアマート，DMM.TV 開始
2009 年	1 月	Nintendo，みんなのシアター Wii 開始
	5 月	NTT ドコモ・エイベックス，BeeTV 開始　＊携帯動画 ソフトバンク，選べる簡単動画開始　＊携帯動画
	6 月	au/KDDI，EZ ニュース EX 開始　＊携帯動画

れた“電気通信役務利用放送法”により，通信事業者の放送サービスへの参入が可能となり，その後，2007 年には地上デジタル放送の IP 再送信が可能となり，2008 年には IPTV フォーラムによる IPTV 仕様の国内標準化がなされ，IPTV は本格的な普及段階に入ってきている．

2.2　IPTV サービス市場

総務省報道資料「ブロードバンドサービスの契約数の推移」[1] によると，2009 年 9 月末のブロードバンド回線の契約者は 3,132 万（前期比 1.3% 増），FTTH（Fiber To The Home）の契約数は 1,651 万（前期比 4.0% 増）となっており，IPTV サービスを提供するためのインフラストラクチャが普及してきている（図 1）．

ある調査会社では，2009 年の国内 IPTV サービス市場規模見込みは加入契約数 86 万，売上高 240 億円であったのが徐々に好転し，2013 年には加入契約数 244 万，売上高 877 億円になると予測している [2]．また，Broadband Forum の発表資料 [3] によると，2009 年 3 月末時点で世界のブロードバンド回線数は 4 億 2,900 万，IPTV 加入者数は 2,400 万に達している．主要な市場は，フランス（837 万），米国（415 万），中国（285 万），韓国（145 万）で，特に米国では前年比 99% 増，中国では前年比 171% 増，ポルトガルでは前年比 717% 増（38 万）となっている．このように，国内外で IPTV 市場が拡大することが予測されており，世の中の IPTV サービスへの注目度や IPTV サービスに対する期待が高まってきている．



注）各契約数は四捨五入が入っているため，合計値が合わない場合がある．

図 1　国内のブロードバンド契約数の推移（文献 [1] より抜粋）

2.3　IPTV の標準化動向

国内の IPTV の標準化を進めるため，主要な通信事業者，家電メーカ，放送事業者により，1 年以上にわたる技術検討が行われ，2008 年 9 月に一般社団法人 IPTV フォーラムから，「IPTV 規定」が公表された [4]．IPTV 規定は，IPSP（IP Service Project）の IPTV サービス仕様とデジタルテレビ情報化研究会 [5] のディジタルテレビネットワーク機器仕様を基に作成され，CDN（Contents Delivery Network）スコープサービスアプローチ仕様，VOD 仕様，IP 放送仕様，地上デジタルテレビジョン放送 IP 再送信運用規定，インターネットスコープサービスアプローチ仕様，放送連携サービスアプローチ仕様，ダウンロード仕様，BS デジタル放送 IP 再送信運用規定で構成される．

一方，IPTV の国際標準化として，ITU-T では 2006 年に設置された FG-IPTV で計 20 件の文書が作成され，その後，IPTV-GSI で勧告作業が行われている [6]．ほかにも，Open IPTV Forum [7] における標準化仕様，ETSI（European Telecommunications Standards Institute）[8] における DVB-IP，Broadband Forum [3] における端末制御仕様など，複数の団体が IPTV の技術面，運用面における各種仕様の策定に取り組んでいる．

このように，IPTV の標準化が進むことで，各種端末に標準の IPTV 機能が内蔵され，異なる事業者の様々なサービスを共通の端末で利用可能となり，IPTV 市場が活性化し，IPTV サービスの利用が促進されることが期待される．

3. ひかりＴＶの概要

3.1　サービスの概要

「ひかり TV」は NTT グループの各社にあった「4th MEDIA」（NTT ぷらら），「OCN シアター」（NTT コミュニケーションズ），「オンデマンド TV」（オン・デマンド・ティービー）の三つの IPTV サービスを統合し，NGN に対応した新しい IPTV サービスとして 2008 年 3 月 31 日に NTT ぷららがサービス提供を開始した．2010 年 1 月現在，テレビサービスは 79 チャネル（ハイビジョンは 32 チャネル），ビデオサービスは 10,000 本以上（見放題は約 5,000 本），カラオケサービスは 15,000 曲以上あり，地上デジタル放送 IP 再送信サービスは，“東

図 2　NTT ぷららの自社スタジオ

京，神奈川，千葉，埼玉，愛知，静岡，大阪，京都，兵庫，広島，福岡“と“北海道の一部地域“で提供している．また，NTT ぷららは自社スタジオ（図 2）を有し，独自編成チャネル（4 チャネル）の配信，VOD コンテンツの自主制作や共同制作にも取り組んでいる．更には，2010 年度中に BS デジタル放送 IP 再送信サービスを開始する予定である．

3.2　ビジネスモデル

「ひかり TV」では，図 3 に示すように，水平分業体制のスキームを取っており，例えば，お客様は NTT 東西の光回線を利用していれば，契約しているインターネットサービスプロバイダ（以降，ISP：Internet Service Provider）は問わない．この際，お客様に対する「ひかり TV」サービスの宣伝，契約締結，料金回収，サポートなどはお客様が契約している各 ISP が提供する（提携 ISP 経由で申込みの場合）．また，「ひかり TV」の端末やプラットホームの技術仕様，並びにコンテンツのメタデータ仕様は，IPTV フォーラム仕様をベースに作成するとともに，製造メーカに公開することで，複数の端末製造メーカが各自に端末を開発し，互いに競争・協力できるような枠組みを設けている．

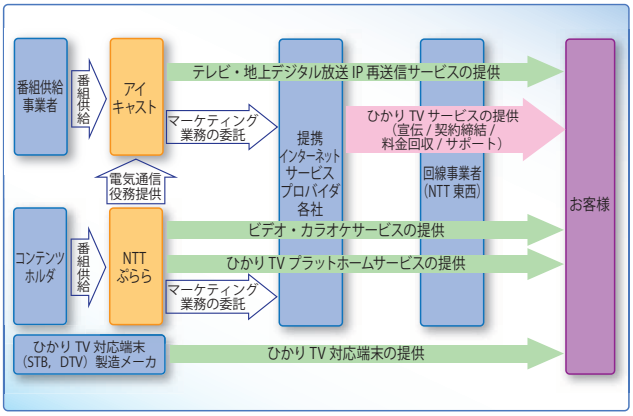


図 3　ひかり TV のビジネスモデル

3.3　配信プラットホームの構成

「ひかり TV」における映像配信の仕組みを図 4 に示す．

テレビ（以下，TV とも表記）サービスでは，番組供給事業者から専用の光回線を用いて伝送された映像信号を受信装置にて SDI（Serial Digital Interface）で受信し，ライブエンコーダで H. 264 映像，並びに MPEG-2 映像にエンコードする．その後，放送配信サーバで，エンコードされた映像と SI（Service Information）情報を暗号化，IP パケット化，FEC（Forward Error Correction）処理後，IP マルチキャストストリームとして送信する．また，配信チャネルの番組情報を一括して取得できるように，全チャネルの番組情報を一つの IP マルチキャストストリームとして送信する．

ビデオ・カラオケサービスでは，コンテンツ事業者からテープなどの形式に収められた素材映像を受領し，H. 264 映像，並びに MPEG-2 映像にエンコードし，ストレージに格納する．そして，ユーザからの視聴要求に応じて VOD 配信サーバで，暗号化，IP パケット化，FEC 処理後，IP ユニキャストストリームとして送信する．ここで，ユーザからの視聴要求が発生すると，制御系サー

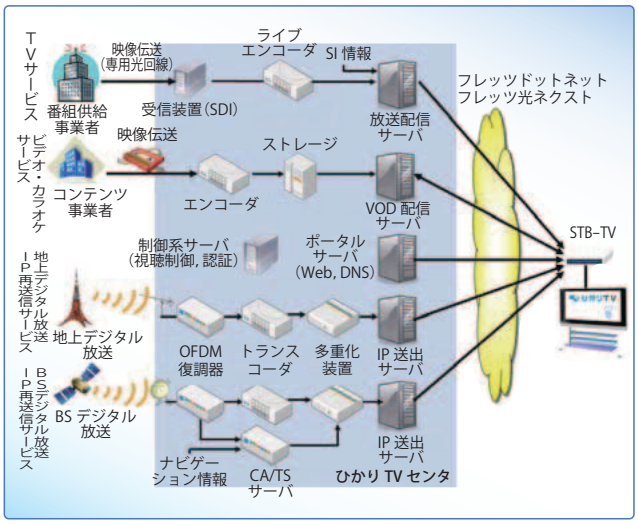


図 4　配信プラットホーム構成

バ（視聴制御）で，現在最も配信数の少ない VOD 配信サーバを選択し，VOD 配信サーバの負荷分散を行っている．また，ストレージも分散配置しており，コンテンツのアクセス数に応じた複製配置制御や，回線負荷の軽減も行っている．

地上デジタル放送 IP 再送信サービスでは，地上デジタル放送の電波を受信し，OFDM（Orthogonal Frequency Division Multiplexing）復調器で MPEG-2 映像信号を取り出す．そして，トランスコーダで H.264 映像に変換し，SI 情報などとともに再多重化し，カルーセル帯域圧縮する．その後，IP 送出サーバで，暗号化（Marlin［9］），IP パケット化，FEC 処理後，IP マルチキャストストリームとして送信する．ここで，放送波はリアルタイムで IP 化し，センタ側で蓄積などは行わず，また，データ放送，字幕，電子番組表などサービス内容の同一性を担保することで，地上デジタル放送の IP 同時再送信を実現している．また，NGN の地域限定配信機能を利用することで，IP 再送信の対象地域を地上デジタル放送の対象地域に限定し，NGN の優先制御機能により，IP 再送信の QoS（Quality of Service）を確保している．

BS デジタル放送 IP 再送信サービスでは，地上デジタル放送 IP 再送信サービスのシステムをベースに，付加価値の高い有料番組や高精細な番組を扱えるように，TS（Transport Stream）分割や番組情報の分割・編集によるマルチキャスト当たりの帯域低減，有料系サービス用ナビゲーション情報の挿入を新たに行う．この際，これらの処理を一定の処理時間を必要とする映像のトランスコード処理に並行し，CA（Conditional Access）/TS サーバで実施することで，地上デジタル放送 IP 再送信と同等の遅延時間で，BS デジタル放送の IP 再送信の実現を予定している．

ひかり TV の放送センタには，上記した映像配信を扱う設備以外に，視聴制御や認証などを行う制御系サーバ，Web や DNS（Domain Name System）などポータル系サーバがある．更には，24 時間/365 日体制で映像監視・システム監視を実施する監視設備も備えており，IP 放送については，実映像（ソース /IP 送出映像の比較監視など），IP，RTP（Real-time Transport Protocol），TS over IP，TS の各プロトコルレベルで監視している．

3.3 サービスポータル

「ひかり TV」では，多チャネル放送，VOD，カラオケ，地上デジタル放送 IP 再送信と多岐にわたるサービスを提供しており，扱うコンテンツも大量である．そのため，それら多種多彩なコンテンツの中からユーザが所望のコンテンツを容易に探し出すためには，直観的で分かりやすいサービス画面（ユーザインタフェース）が重要になる．ここで，数多いコンテンツの属性情報（タイトル，ジャンル，出演者など）をどのように管理するかがポイントになり，「ひかり TV」では，それらコンテンツの属性情報を XML（Extensible Markup Language）形式のメタデータで記述し，管理・運用している．

サービスポータルには，図 5 に示すように，IPTV フォーラム仕様のメタデータを「ひかり TV」メタ端末へ提供するメタデータサーバ（IPTV フォーラム仕様），BML（Broadband Markup Language）端末からのアクセスを受け付ける BML ポータルがある．また，旧サービス端末のマイグレーションに対応するために，HTML（HyperText Markup Language）端末からのアクセスを受け付ける HTML ポータル，「オンデマンド TV」用データを提供する「オンデマンド TV」ポータル，TV Anytime［10］仕様のメタデータを「4th MEDIA」メタ端末へ提供するメタデータサーバ（TV Anytime 仕様）がある．更には，パソコン向けの Web サイト，携帯端末向けの携帯サイトがある．

ここで，「ひかり TV」では，上記したように多種多様な端末が存在する状況下でも円滑にコンテンツ運用

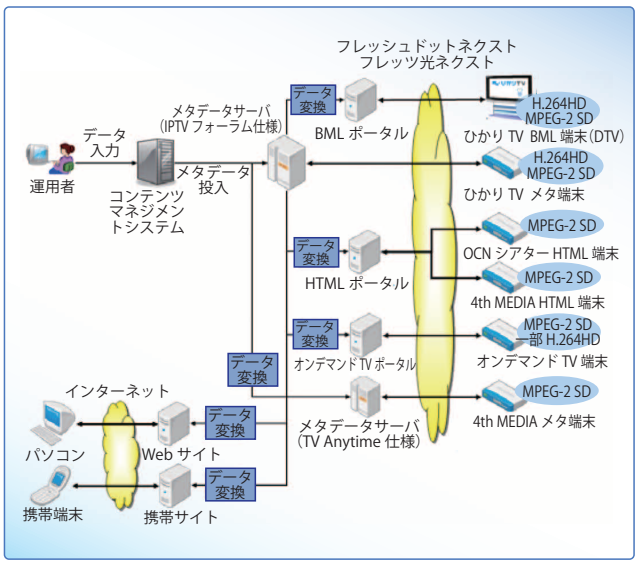


図 5　サービスポータル

を実施できるように，運用者からコンテンツマネジメントシステムへ入力されたコンテンツの属性情報を IPTV フォーラム仕様のメタデータとして一元的に管理する．そして，このメタデータをソースに，各コンテンツの BML ファイル，HTML ファイル，オンデマンド TV 用データ，TV Anytime 仕様のメタデータ，更には，パソコン向けの Web サイト用データ，携帯向けの Web サイト用データを自動的に生成することで，コンテンツ情報の 1 ソース・マルチユースを実現している．

3.4 受信端末

「ひかり TV」の受信端末には，図 6 に示すように，対応チューナ（STB：Set Top Box）とチューナ機能を内蔵するディジタルテレビ・パソコンがある．また，旧サービスの端末については，端末のファームウェアをバージョンアップすることで，「ひかり TV」が提供するサービスの受信が可能となった．

ここで，「ひかり TV」では，先述したように多種多様な端末が存在するため，端末間でユーザビリティが大きく異なることがないよう，共通的なユーザインタフェース仕様を策定するとともに，端末ごとに一部カスタマイズした端末実装仕様を作成することで，全体的なメニュー構成やデザインは共通にしつつ，各端末に適したユーザビリティの提供を実現している．例えば，「ひかり TV」メタ端末と「オンデマンド TV」端末では，画面左部のサムネイルは上から下へシームレスにスクロールさせるが，BML 端末と HTML 端末では，機能制約上，画面左部のサムネイルは定期的な画面のリロードで更新する（図 7）．

また，メタ端末においては，メタデータを XML の圧縮方式である BiM（Binary Format for MPEG-7）形式で扱うことで，平均 30% 程度伝送容量を小さくし，処理速度の高速化を実現している．一方, BML 端末においては，BML ブラウザの動作速度が遅いという欠点を補うために，端末内にダウンロードされた BML ファイルの差分更新，サービス画面の更新タイミングを意図的にずらすなどの工夫を加えることで，ユーザにストレスを感じさせない操作性を実現している．

4. IPTV サービスの普及に向けて

4.1 サービス・機能の充実

今後，IPTV サービスを普及させるためには，従来の動画配信サービスが持つ機能（例えば，タイトルや出演者での検索機能，ブックマーク機能），並びにディジタル TV（DTV：Digital Television）や録画レコーダが持つ機能（例えば，番組予約・録画機能，チャプタ再生，音声・字幕切換）は当然として，IPTV サービスならではの新サービス・機能の提供が重要になる．例えば，多チャネル放送や地上デジタル放送で放送された番組を即座に VOD で配信する“見逃し視聴”，TV 番組や VOD 作品の視聴時に関連する TV 番組や VOD 作品（例えば，

図 6　ひかり TV の受信端末

図 7　ひかり TV の画面例（ホーム画面）

TV 番組で放送されている映画の前作の VOD 作品）を紹介する“お勧め”機能などは有効なサービスである．また，TV 番組や VOD 作品の視聴中に関連する番組情報を合わせて提供し，データ放送や双方向サービスにつなげていくことも有効であると考えられる．この場合，番組そのものの価値を損なわないデータ連携や双方向機能であることや，ユーザが操作する際に簡単で便利だと感じることが重要である．

4.2　ユーザビリティの向上

IPTV サービスを普及させるためには，映像サービスの専用端末だけでなく，一般的な家電製品で IPTV サービスを簡単に利用できるようにすることが必須である．更には，IPTV サービスの認知度，利用動機付けを向上することが重要になる．IPTV の利点の一つとしてオンデマンドという利便性が挙げられるが，視聴までに何度もリモコンを操作するというユーザインタフェースでは日常的に使ってもらうことはできない．まずは，対応端末や家電製品での操作性向上のためにポータルシステムや端末のユーザインタフェースを含む，サービス全体でのユーザビリティの向上，改善を重ねていくことが重要になっている．後からでも端末の機能・操作性をソフトウェアアップグレードにより改善できるのが IPTV の利点である．

その上で更に，例えば，携帯端末と連携し，携帯端末をリモコンとして利用したり，受信・録画した映像を携帯端末に転送し，携帯端末で視聴できるようにすることや，携帯サイトや Web サイトと連携し，携帯サイトや Web サイトでのブックマークや番組予約を受信端末のブックマークや番組予約の情報と同期させるといった，メディア横断的なサービスにより利便性の向上を行うことが考えられる．

4.3　コンテンツの拡充，収益モデルの確立

IPTV サービスを魅力あるものにするためには，コンテンツのラインナップを拡充するとともに，訴求力のあるコンテンツを効果的に発信することが重要になる．これまでは，多チャネル放送，VOD ともに外国のコンテンツが多い状況であったが，徐々に著作権処理が進み，国内のコンテンツの数もそろってきたため顧客満足度も向上している．最終的には，他サービスと差別化するために，二次利用のコンテンツだけを提供するのではなく，コンテンツ制作会社と共同し，独自コンテンツの制作・配信に取り組むことも必要になる．「ひかり TV」では，サッカー番組を自主制作したり，地方 TV 局と共同で制作したドラマを，放送終了後に VOD で配信しており，これら独自コンテンツに対するユーザの評判は高い．今後は，地上波放送，ラジオ放送等の他メディアとの相乗効果を図った共同制作や，コミュニティ放送や地域情報の VOD 配信など，地域情報を扱うことも差別化を検討する上で有益と考える．

顧客満足度を維持・向上するためにはコンテンツラインナップの充実は必須であるが，調達方法によっては最低保証金（ミニマムギャランティ）を支払う必要があるものもあり，更に独自コンテンツまで考慮すると，ある程度の規模のコスト負担が必要となる．ほかにも，ハイビジョン品質の配信を安定して行うためのネットワーク費用も必要であり，アクセス数が増えすぎてしまうと大きなコストインパクトとなる．恒常的な利用と適正なアクセス数を維持していくコンテンツラインナップやプロモーション，サービスメニュー，料金体系の組合せが重要な課題である．これに対してはユーザの属性や視聴率・ログによる視聴トレンドを把握し，施策を重ねていくことで地道に顧客の獲得・維持・拡大を行わなければならない．

4.4　ユーザサポートの充実

ある調査会社の調査結果によると，IPTV または VOD サービスを利用しない，したくないと答えた方の理由として，“有料だから”，“見たい作品がない”などに続き“STB の設置の手間”や“手続きの手間”などが挙げられており［11］，技術やサービスからの側面だけでなく，IPTV サービスに対する障壁が低減するように，ユーザサポートの側面からの対処も重要になる．

そこで，例えば，端末と通信機器（ハブルータ，CTU：加入者網終端装置）間を LAN ケーブルで接続するのではなく，既存配線（PLC：高速電力線通信，c.Link：同軸ケーブルを用いた通信），無線（WiMAX など）を利用することで，宅内配線を簡単にすることが考えられる．また，機器設定を自動設定（ゼロコンフィグ）にすることで，ユーザによる機器設定の手間や設定ミスをなくすことも考えられる．更には，簡単な故障診断機

能を提供したり，サポートセンタなどからユーザ環境にある端末への遠隔保守機能の実現，なども重要になる．ほかにも，障害情報，メンテナンス情報，コンテンツ不具合などのサポート情報を端末画面上に適宜表示することは，サービス品質を考える上で大切である．

5. む す び

本稿では，IPTV を取り巻く環境として，動画配信ビジネスの歴史，IPTV サービス市場，IPTV の標準化動向について紹介した．次に，IPTV サービスとして NTT ぷららが運営する「ひかり TV」のサービス概要，配信プラットホームの構成，サービスポータル，受信端末について詳しく述べた．そして，IPTV サービスの普及に向けた課題・期待として，サービス・機能の充実，ユーザビリティの向上，コンテンツの拡充，収益モデルの確立，ユーザサポートの充実について述べた．

「ひかり TV」では，2010 年度中に BS デジタル放送の IP 再送信を開始し，また，録画機能付き STB を提供することを計画している．今後は，上記した諸課題を解決し，魅力的で楽しいサービスを提供していき，IPTV サービス市場の拡大，ひいては，日本のコンテンツ業界の発展に寄与していきたいと考える．

文 献

[1] 総 務 省，http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/22920.html
[2] IDC Japan, http://www.idcjapan.co.jp/Press/Current/20091105Apr.html
[3] Broadband Forum, http://www.broadband-forum.org/
[4] IPTV フォーラム，http://www.iptvforum.jp/index.html
[5] デジタルテレビ情報化研究会，http://nw-dtv.jp/
[6] IPTV-GSI, http://www.itu.int/ITU-T/gsi/iptv/
[7] Open IPTV Forum, http://www.openiptvforum.org/
[8] ETSI, http://www.etsi.org/WebSite/homepage.aspx
[9] Marlin Trust Management Organization, http://www.marlin-trust.com/
[10] TV -Anytime Forum, http://www.tv-anytime.org/
[11] (財)インターネット協会，インターネット白書 2007，インプレス R&D，東京，May 2007.

深津真二（正員）
2002 阪大大学院工学研究科電子情報エネルギー工学専攻博士後期課程了．同年日本電信電話株式会社 NTT サイバーソリューション研究所入社．2005 ～ 09 (株)NTT ぷらら出向．その間，映像配信サービスの企画・開発に従事．2009 より NTT サイバーソリューション研究所．メタデータに関する研究・開発に従事．博士（工学）．

引地孝文（正員）
1995 名大大学院工学研究科博士前期課程了．同年日本電信電話株式会社入社．NTT 基礎研究所，NTT コミュニケーション科学基礎研究所にて，音楽・音声情報処理の研究に従事．2003 ～ 06 名大客員助教授兼任．2007 より（株）NTT ぷららサービス企画部にて，映像配信サービスの企画，開発に従事．博士（情報科学）．

伊藤康之
1986 青学大・法卒．同年パイオニア株式会社入社．1996 ソフトバンク株式会社入社．その後スカイパーフェクト・コミュニケーションズ株式会社に転籍．2001 ビー・ビー・ケーブル株式会社 技術担当取締役．2003（株）タイトー 経営企画，IT 関連事業企画部長．2005-06（株）ぷららネットワークス（現（株）NTT ぷらら）4th MEDIA 統括担当部長．2010-04 より同社映像ビジネス本部コンテンツ戦略部長として「ひかり TV」を担当．