

ケーブルテレビ向けIP放送システム実現に向けた取り組み

IP Broadcasting System for Cable Television

井上 結衣*
Yui Inoue

丸山 猛*
Takeshi Maruyama

片山 淳一*
Junichi Katayama

船岡 聖矢*
Seiya Funaoka

〈概要〉

ケーブルテレビのFTTH通信システムは、PON方式を採用しており、効率的なネットワークを実現できる。また、IP放送システムは管理されたネットワークで提供し、従来のRF方式と同等の品質を確保することから、多くの人が同時にリアルタイム放送コンテンツを視聴した場合でも、画質低下や遅延を最小限に抑えたサービス提供が可能である。IP放送システムの実現に向け、PONシステムの対応や、技術基準で定められている品質を満たしていることを客観的に評価可能な手法、システムを効率化するための取り組みを紹介する。

1. はじめに

ケーブルテレビ(CATV: Cable Television)は、テレビ放送の視聴が困難な地域の解消を目的として開始された。サービスを提供する地域にケーブルを敷設し、センタ局と加入者宅を有線伝送路で接続し、放送サービスや通信サービスを始めとする多様なサービスが提供されている。

IP放送とはインターネットプロトコル(IP: Internet Protocol)を使用して、テレビ放送を伝送する方式である。ブロードバンドネットワークの普及に伴い、IP放送を実現するために必要とされる伝送容量が確保されつつある。さらに、IP放送実用化のための技術的条件の検討が進み、総務省による省令などの整備が行われた^{1),2)}。技術基準が省令で整備されたことにより、今後ケーブルテレビ市場においてIP放送の導入が推進される可能性が高まっていると考えられる。

2. ケーブルテレビの通信システム

2.1 FTTHシステムの概要

ケーブルテレビの伝送方式は、主にHFC(Hybrid Fiber-Coaxial)方式やFTTH(Fiber To The Home)方式などがあり、テレビ放送サービス、電話、インターネットなどの通信サービスが提供されている。HFCは、光ファイバと同軸のケーブルを併用してセンタ局から加入者宅まで伝送路を構成するシステムである。FTTHは、センタ局から各加入者宅まで光ファイバケーブルを使用して伝送路を構成するシステムである。電気

で稼働するアクティブ機器を使用しないことが一般的で、雷害による機器の故障が発生しにくいなど、保守性に優れている特長がある。FTTHシステムの構成例を図1に示す。

放送サービスで用いられるFTTHシステムは、主に光送信器、光増幅器、光伝送路、光スプリッタ、光受信器(V-ONU)などの要素によって構成される。通信サービスで用いられるFTTHシステムはPON(Passive Optical Network)が使用される。PONシステムは2.2項で説明する。放送と通信は光信号を波長分割多重して1芯でサービス提供される場合もあるが、多くの場合は放送と通信で別芯の光ファイバにより2芯でサービスが提供されている。

2.2 PONシステムの概要

PONとは加入者向けの光ネットワークサービスに使われているアクセス網形態の1つである。PONシステムの概要を図2に示す。伝送路では受動(Passive)部品である光スプリッタを用いて光信号を複数に分岐している。センタ局に光終端装置(OLT: Optical Line Terminal)が設置され、光終端装置は光信号と電気信号を変換し、加入者向けと上位ネットワークの通信信号の処理を行う。各加入者宅には、光端末(ONU: Optical Network Unit)が置かれ、光/電気信号を変換し、加入者宅の通信信号を光終端装置OLTに対して送受信する。PONは、光終端装置1台に対して複数の光端末を接続することで光伝送路を一部共有できるため、効率的なネットワークを実現できることから、普及が進んでいる。

* ブロードバンドソリューション事業部門 ブロードバンドシステム部

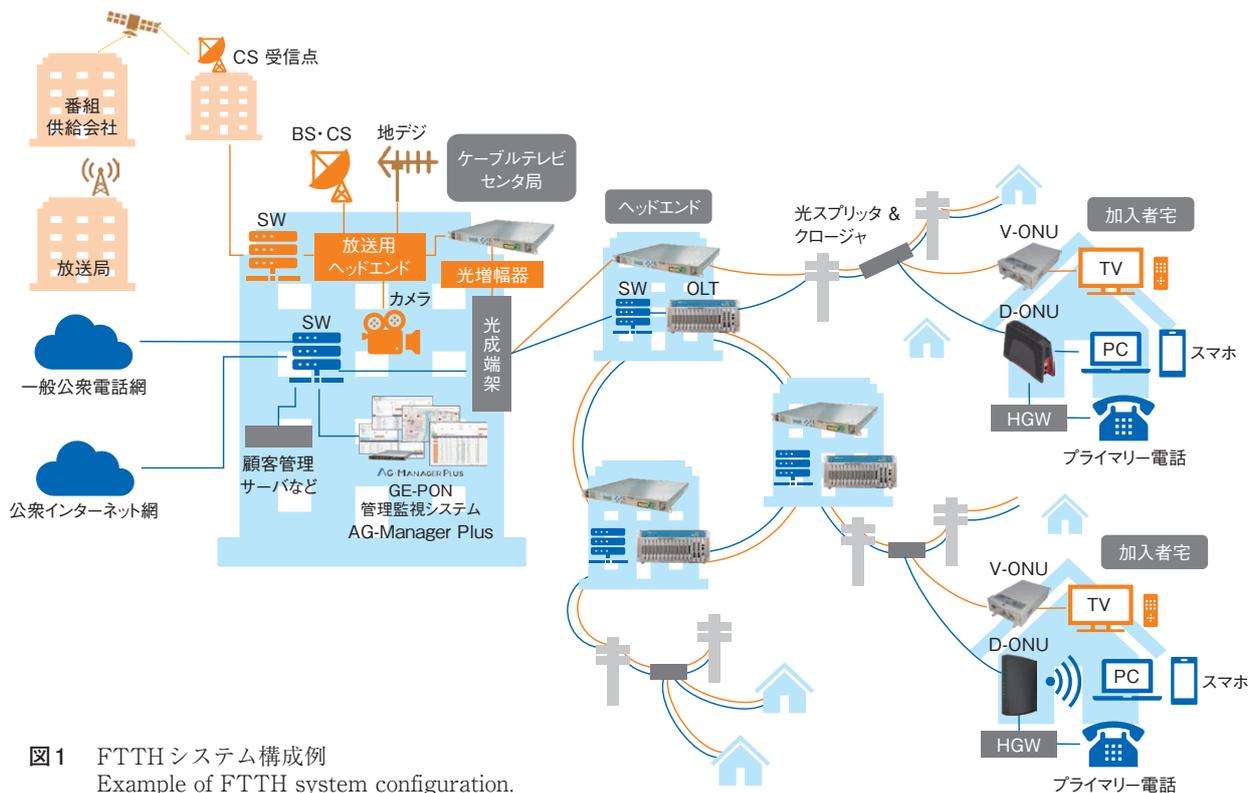


図1 FTTHシステム構成例
Example of FTTH system configuration.

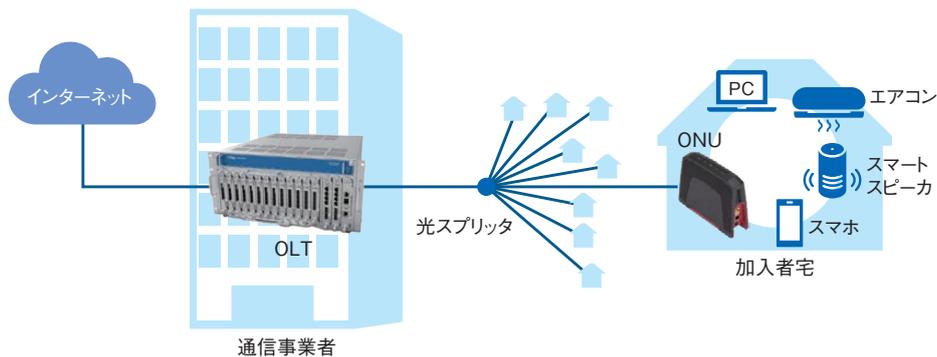


図2 PONシステム概要
Overview of PON system.

3. IP放送システムの構成例

IP放送システムにて想定される構成例を図3に示す。地上デジタル、BSデジタル、高度BSデジタル放送については、ケー

ブルテレビ事業者センタ局内のヘッドエンドで受信し、RF放送受信装置にて復調、IPストリームに変換しIP放送送出装置（ここではIP放送サーバ³⁾）に入力する。多チャンネル自主放送についてはプラットフォーム事業者から提供された信号を同

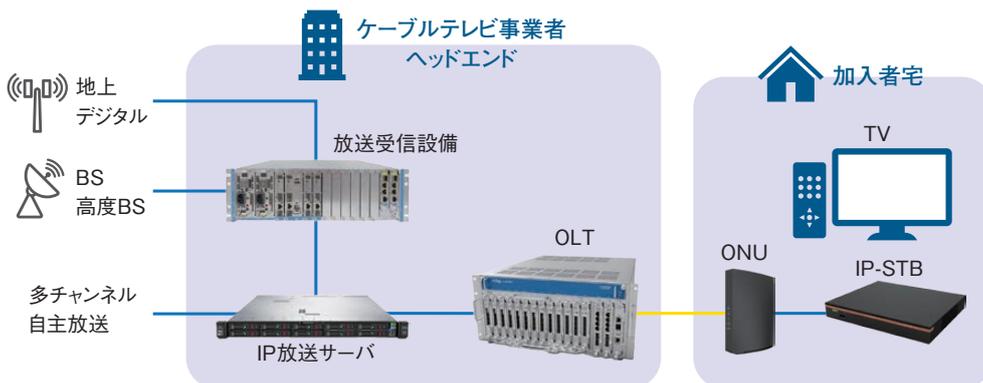


図3 IP放送システム構成例
Example of IP broadcasting system configuration.

じくIP放送送出装置へ入力する。IP放送送出装置は、加入者宅向けに管理されたアクセスネットワークに対し、IP放送サービスに供する信号としてマルチキャスト方式で送出する。送出されたIP放送信号はPONシステムで伝送され、加入者宅においてIP-STB (IP-Set Top Box) 経由で視聴される。

4. IP放送に必要な要件

4.1 マルチキャスト通信方式

多くのIP通信サービスではユニキャスト方式が使用される。ユニキャストは単一の相手に対して1対1で通信を行う標準的な方式で、OTTなどの動画配信サービスではTCPというプロトコルが使用される。TCPは、通信前にハンドシェイクにより接続を確立したり、相手の受信確認および再送処理を行ったりするため、複数の相手に対しリアルタイムでの伝送が求められるIP放送システムには適していない。

IP放送ではマルチキャスト方式が使用される。マルチキャストは特定のアドレスを指定して1対複数で通信を行う方式で、UDPというプロトコルが使用される。UDPは、データ転送前の接続の確立や状態確認を行わないため、遅延が少なく、リアルタイム性を重視したアプリケーションに適したプロトコルである。

ユニキャストの場合、同じ番組を複数の加入者宅で視聴した場合、視聴する加入者数分の帯域が上位側で必要となる。一方でマルチキャストでは同じ番組を視聴した場合でも、上位側で必要な帯域は番組数分のみとなる。同じ番組を同時に多数の加入者が視聴したときにはマルチキャストのほうが帯域の効率が良い。ユニキャストおよびマルチキャストで必要となる帯域について図4に示す。

マルチキャスト方式ではIGMP (Internet Group Management Protocol)/MLD (Multicast Listener Discovery) スヌーピングという機能がある。本機能を使用すると、スイッチなどの機器配下で視聴要求した放送信号のみを、当該機器配下に流すことができる。視聴されていない放送信号を下流(加入者側ネットワーク側)に流さないようにできるため、帯域使用効率が良い。

4.2 IP放送の品質

ユニキャストを利用した動画配信サービスは近年増加しており、これに伴いリアルタイム放送コンテンツ(サービス提供者が送信タイミングを決定するもの)をインターネット経由で視聴する手段も多様化している。通信環境があれば様々なコンテンツを視聴できるが、一方で多くの人が同時にアクセスした場合に輻輳などにより遅延が発生してしまったり、画質が劣化、停止してしまったりするなど、品質面の課題が発生する場合がある。

これに対して、IP放送は管理されたネットワークで提供され、従来のRF方式と同等の品質が確保できるため、画質低下や遅延を最小限に抑えたサービス提供が可能となる。

IP放送で満足すべき品質は「有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令」¹⁾により定められており、「IP放送の用に供するIPアドレスは、総務大臣が別に告示するもの」とされ、告示により「マルチキャストアドレス」を使用することとされている²⁾。また、同省令では品質に関して、パケットロスや平均遅延時間、平均遅延時間のゆらぎなどが定められており、IP放送サービスを提供するにあたり、こうした技術基準に適合するようシステム構築が必要となる。

インターネット配信 (ユニキャスト方式)

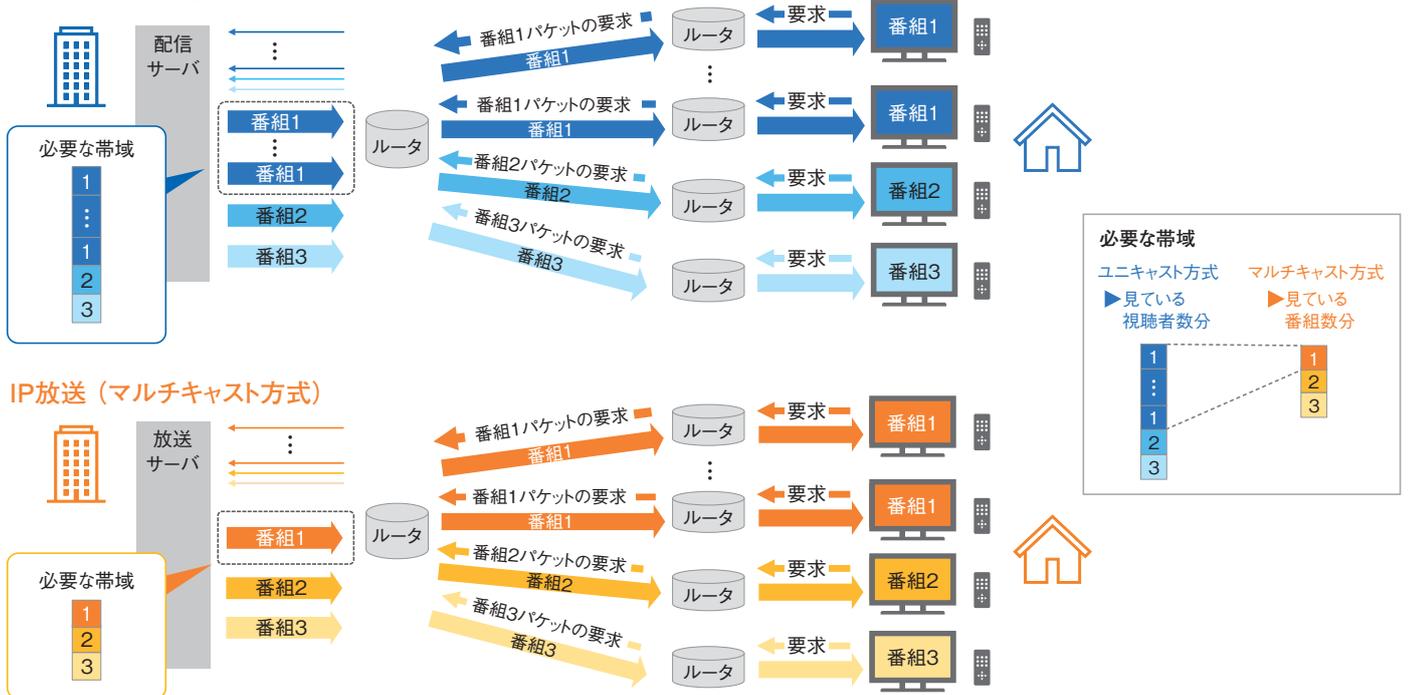


図4 ユニキャストとマルチキャスト
Unicast and Multicast.

5. IP放送の実現に向けた課題と取り組み

5.1 PONシステムのIP放送対応

IP放送システムではマルチキャストアドレスを使用することが定められており、伝送路を含むシステムにおいてもマルチキャストへの対応が求められる。例えば家庭内に置かれるブロードバンドルータは市販の製品が使用されることがあるが、市場には多種多様な製品があり、マルチキャストへの対応や無線LANの品質を担保することが困難な場合がある。当社のブロードバンドルータ付きONUでは、IP放送に必要な要件を満たし、より管理しやすい製品を提供する。当社のブロードバンドルータ付きONU AG30の仕様を表1に、外観を図5に示す。

表1 ブロードバンドルータ付きONU AG30の仕様
Specifications of ONU AG30 with built-in broadband router.

項目	仕様
伝送媒体	1.3 μm 零分散光ファイバ
光波長	下り: 1575 ~ 1580 nm (10G) 上り: 1260 ~ 1280 nm (10G), 1300 ~ 1320 nm (1G)
許容光伝送損失	29.0 dB (パワーペナルティ 1.0 dB 含む)
構造	本体 (ルータ部, ONU部), ACアダプタ
PONポート (SC/SPC)	下り: 10 Gbps 連続 上り: 1 Gbps バースト (10G 非対称) 下り: 10 Gbps 連続 上り: 10 Gbps バースト (10G 対称) ※ SFP+型 10G-EPON ONU トランシーバ
LAN	LAN1: 10GBASE-T/5GBASE-T/2.5GBASE-T/ 1000BASE-T/100BASE-TX
	LAN2, LAN3: 1000BASE-T/100BASE-TX/ 10BASE-T
	Auto-Negotiation/固定 (全二重/半二重) Auto MDI/MDIX
TA	1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T
	Auto-Negotiation/固定 (全二重/半二重)
	Auto MDI/MDIX
電源/消費電力	AC100 V/28 W 以下
寸法	78.8 (W) × 185 (D) × 240 (H) mm
質量	本体: 0.8 kg 以下, ACアダプタ: 0.2 kg 以下
無線LAN規格	IEEE802.11b/11g/11a/11n/11ac/11ax
アンテナ	2.4 GHz/5 GHz 共用 (内蔵): 送信4 × 受信4
ビームフォーミング	対応
チャンネル	2.4 GHz: 1 ~ 13ch 5 GHz (W52, W53, W56): 36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 100, 104, 108, 112, 116, 120, 124, 128, 132, 136, 140, 144ch
	無線セキュリティ
MU-MIMO	対応
マルチSSID	2.4 GHz × 1, 5 GHz × 1, GuestSSID × 1
設定方式	WPS対応
メッシュ子機	独自機能
その他	UPnP対応, IPv6パススルー対応, アクセスコントロール対応, VPNパススルー対応, DMZ対応



図5 ブロードバンドルータ付きONU AG30の外観
Appearance of ONU AG30 with built-in broadband router.

加入者がブロードバンドルータを自由に選定すると、ファームウェアのアップデートの対応など、サービスを担保するための要件を管理できず、例えばマルチキャストに関する仕様が予告なく変更されてしまう可能性がある。結果として放送サービスの品質が担保できず、安定した映像伝送ができない可能性も考えられる。

当社のブロードバンドルータ付きONU AG30ではルータ部を一体で提供するため、放送サービスの安定した提供が可能である。さらに、PON管理監視システムにより、センタ側からAG30ルータ部分のモードの設定や設定情報の取得などの管理監視を実施できる。また、ブロードバンドルータ用のメッシュ子機も提供しているため、必要に応じて無線LANのカバーエリアを拡張することが可能である。

5.2 技術基準への適合評価

前述した通り、IP放送ではRFシステムとは異なるネットワークとしての技術基準が設けられているため、構築したシステムが技術基準で定められている品質を満たしていることを客観的に評価可能な手法が必要である。

本取り組みでは、IP放送品質監視サーバを使用して、システムにおけるパケット損失率や平均遅延時間、平均遅延時間のゆらぎといった技術基準で定められた項目を評価し、省令の技術基準に則った品質で放送サービスが提供できることを確認する手法を示す。

図6に評価の構成例、表2に評価可能な項目例と技術基準に規定されている値を示す。本評価によりヘッドエンドから加入者宅までのネットワーク区間の品質が規定を満たしているかどうかを確認できる。

また、IP放送サーバから送出された信号をリアルタイムで監視し、検知した情報のログ表示、各信号の蓄積録画や再現送出といった機能で運用をサポートすることも可能である。

5.3 システムの効率化

ケーブルテレビ事業者ではFTTHサービスを提供するエリア全体をカバーするため、センタ局以外に複数のサブセンタ局を配置し、局ごとに異なる放送サービスを提供している場合がある。

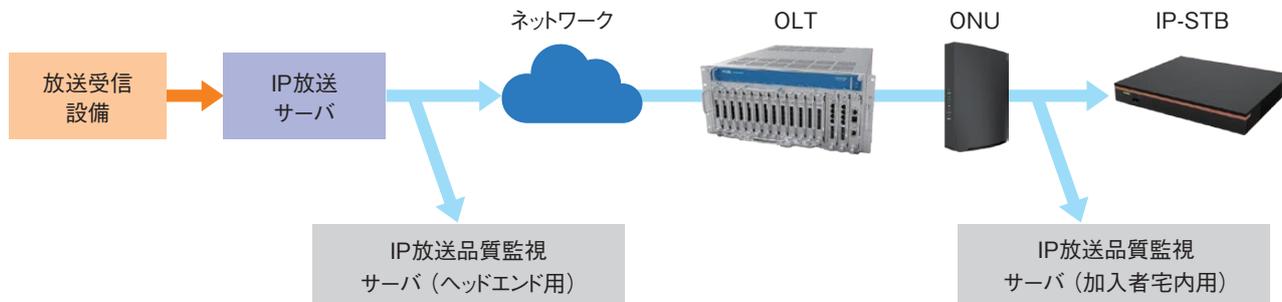


図6 品質確認の構成例
Example of quality measurement configuration.

表2 評価項目と規定
Evaluation items and provisions.

評価項目	省令の条項	規定値
パケット損失率	第二十三条 総合品質	1×10^{-7} 以下
平均遅延時間	第二十四条	1秒以下
平均遅延時間のゆらぎ	ネットワーク品質	100ミリ秒以下

当社ではこうした場合に、必要に応じてIP放送サーバとIP放送中継サーバを設置し、放送サービスを効率的に送出できるシステムの検討を行っている。センタ局内のマスタヘッドエン

ドの信号を必要に応じてサブセンタ内のサブヘッドエンドと共用、サブヘッドエンド独自の放送サービスの追加を柔軟に行うことも可能である。IP放送中継サーバを用いた構成例を図7に示す。

また、IP放送への移行期は、既存のRFシステムとの併用が想定されるため、導入設備のスリム化や省電力化が求められる。RF信号受信器およびIP放送送出装置を含むIP放送システムを、コンパクトな構成で実現できるような開発を行っている。さらにIP放送サービスを提供するにあたり、通信サービスと放送サービスでPONシステムを共用することにより、伝送路を含めたシステムの効率化が実現可能である。

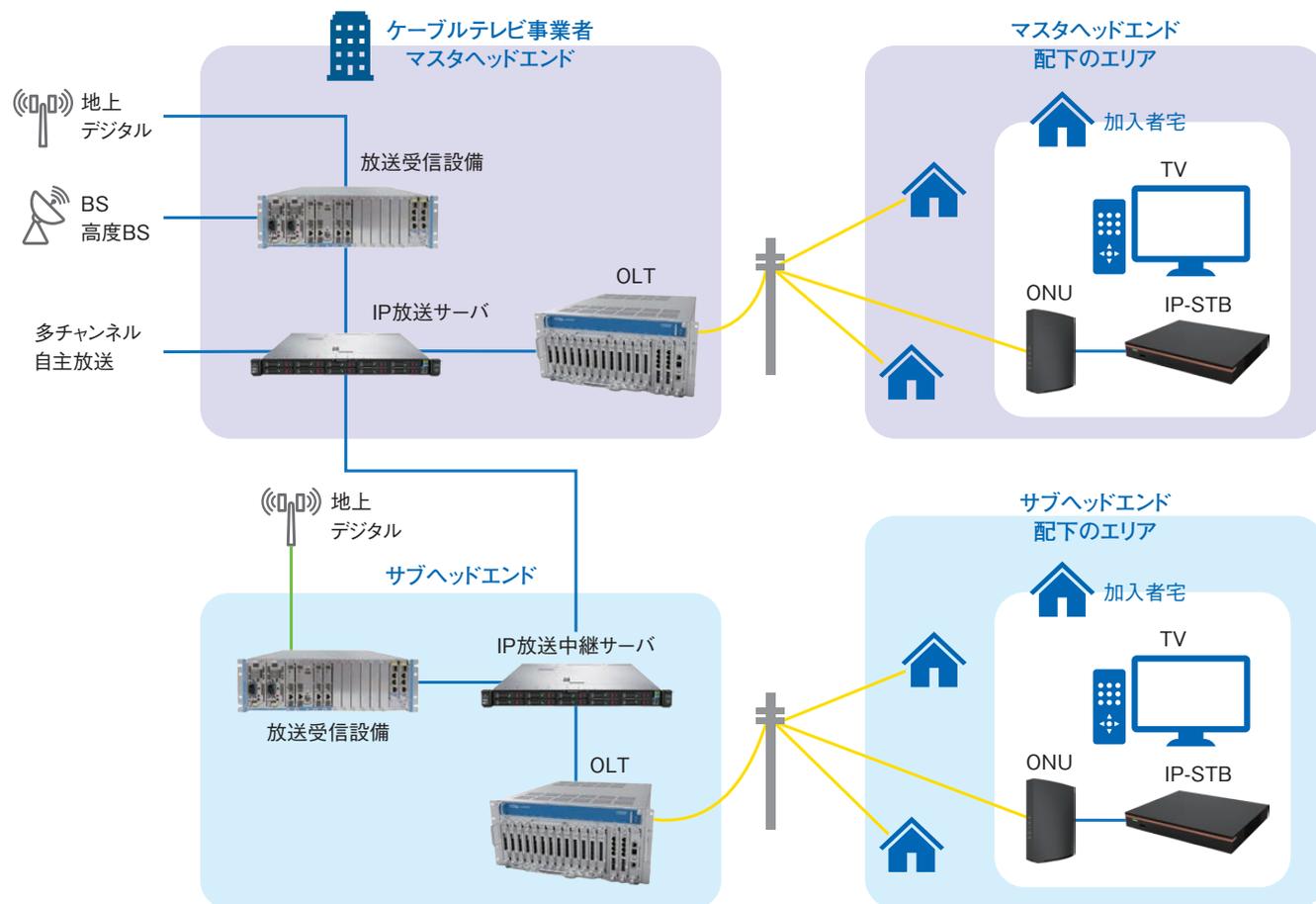


図7 IP放送中継サーバを用いた構成例
Configuration example using IP broadcast relay server.

6. おわりに

ケーブルテレビのFTTH通信システムは、PON方式を採用しており、効率的なネットワークを実現できる。また、IP放送システムは管理されたネットワークで提供し、従来のRF方式と同等の品質を確保することから、多くの人が同時にリアルタイム放送コンテンツを視聴した場合でも、画質低下や遅延を最小限に抑えたサービス提供が可能である。

本取り組みではIP放送システムの実現に向け、PONシステムの対応や、技術基準で定められている品質を満たしていることを客観的に評価可能な手法を紹介した。また、拠点間で放送コンテンツを共有する手法や、既存のRFシステムとの併用など、実導入に向けた課題に対してシステムを効率化するための解決策を示した。

IP放送へ移行することで、FTTH放送システムの大部分を汎用的な通信機器で構成できるほか、将来的にはRF放送に供している光ファイバを他用途にも転用することも可能となる。

こうした可能性を秘めたケーブルテレビのインフラに、新たな価値を付加する取り組みを今後も継続していきたい。

参考文献

- 1) 総務省：“有線一般放送の品質に関する技術基準を定める省令”
https://www.soumu.go.jp/main_content/000579341.pdf
(参照日：2025年1月15日)
- 2) 4K・8K時代に向けたケーブルテレビの映像配信の在り方に関する研究会：“報告書(案)2018年6月”
https://www.soumu.go.jp/main_content/000558750.pdf
(参照日：2025年1月15日)
- 3) 山本秀樹, 上田剛弘, 渡邊和浩：“CATV 網上の放送サービス高度化のためのIP映像配信”, OKIテクニカルレビュー, 第227号 Vol.83 No.1 (2016)
https://www.oki.com/jp/otr/2016/n227/pdf/otr227_r13.pdf
(参照日：2025年1月15日)