

FTTH技術と当社の取り組み

FTTH Technologies: Furukawa Electric's Initiative

古河電気工業(株)

中村 俊一*
Shunichi Nakamura

松本 卓三*
Takumi Matsumoto

概要 最近急速に普及が進んでいるFTTHシステムの概要とFTTHシステムにおける映像伝送に関する機器開発、データ伝送に関する機器開発などについて紹介する。当社の研究開発で創出された技術を採用した光伝送装置によって今まで以上に効率的にかつ簡単にFTTHシステムを構築可能にすることが可能になっている。

1. はじめに

近年、家庭まで光ファイバでブロードバンドサービスを提供するFTTH (fiber to the home) システムの普及が急速に進んでいる。FTTHシステムは、放送サービス、データ通信サービス及びIP電話サービスのトリプルプレイといわれるサービスが可能になるインフラストラクチャである。当社では、1990年代初頭よりFTTHサービスの実現に関するシステム検討と研究開発を始めている¹⁾。

FTTHシステムで放送サービスを提供するには、放送の光信号を最も効率的に増幅・分配して、加入者の光受信端末(V-ONU)まで配信する必要がある。また、データ通信サービスを提供するには、加入者の光端末(D-ONU)の中に小型化した光受信素子、送信素子及び波長多重フィルタや、通信の制御回路を小型化して集積する必要がある。最近では、これら放送サービスと通信サービスを光波長多重して、1心の光ファイバ

で提供するサービスも提供されており、安価で実用的な波長多重フィルタも必要である。

我々は、これらFTTHシステムのトリプルプレイを実現するのに必要なさまざまな装置を開発した。本稿では、FTTHシステムの概要について解説し、映像伝送やデータ伝送のサービスを実現するのに必要となる装置の開発について解説する。

2. FTTHシステムの概要

放送サービス、データ通信サービス及びIP電話サービスをサービスするFTTHシステムの構成図を図1に示す。この構成はPON (passive optical network) 型と呼ばれ、1心の光ファイバを複数の加入者で共有するという特長がある。放送センタには、多チャンネルの放送信号を光信号に変換する光送信機が設置され、1550 nm帯が使用される。百チャンネル(アナログチャンネル換算で100 ch程度、デジタルチャンネル換算でSDTV画質では300~400 ch程度、HDTV画質では100 ch程度)近い

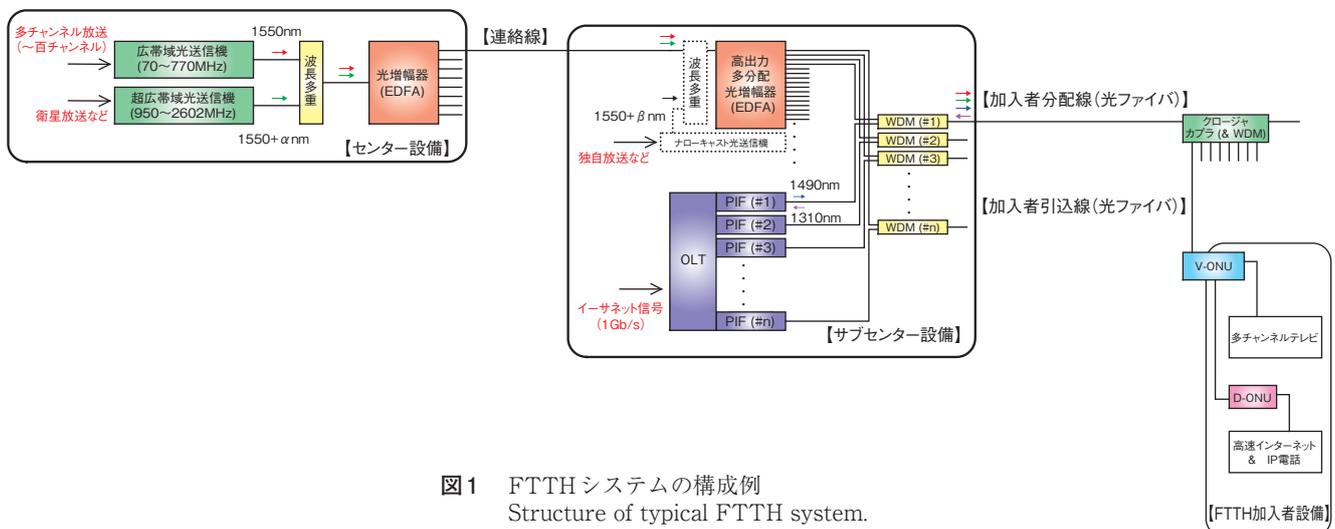


図1 FTTHシステムの構成例
Structure of typical FTTH system.

* 古河電気工業(株) 情報通信カンパニー

テレビチャンネルを一括して光信号に変換する装置である。光送信機には、光強度を発光素子とは別のブロック(外部変調器)で変調させる外部変調型光送信機と発光素子の電流を変化させることで光強度を変調させる直接変調型光送信機とがある。前者の特長は、1.3 μm 帯ゼロ分散のシングルモードファイバの伝送において低分散で光信号を長距離伝送することが可能であり100 kmを超える伝送も可能である。一方後者は、2600 MHz程度までの広い周波数帯域で伝送が可能である。これは、BS放送やCS放送などの衛星放送のIF信号もそのまま変更を加えることなく伝送することができる周波数である。

変換された光信号は、光増幅器を用いて増幅され光分配器で分配する。光増幅器は高出力ほど効率がよくなる。一方で光ファイバ中での非線形現象により伝送路の光ファイバに注入できる光パワーは制限される(誘導ブリュリアン散乱など)。FTTHシステムの規模が大規模になるに従い、これら光増幅器の増幅・分配効率、収容スペース効率、消費電力効率などによってFTTHシステムの構築・運用コストが大幅に異なることになる。

光増幅器などで分配された光信号(ブロードキャスト光信号)は、全ての加入者に同じ放送信号をサービスすることになる。一方サービスエリアが広がるにつれて、視聴者のサービスエリアごとに独立したチャンネルをサービスしなければならないことがある。この場合には、特別に波長の異なる光波長においてある特定のエリア向けだけの放送番組を付加することができるナローキャスト光送信機で放送番組を付加することで可能になる。ナローキャスト光送信機を利用した伝送方式について、図1中に記載した。

増幅・分配された光信号は、光ファイバ伝送路で光カプラを用いて分配され、加入者の光受信端末(V-ONU)で受信され電気信号に変換されテレビ受信機に接続されることになる。

一方、データ通信信号はGE-PONシステムと呼ばれる方式で伝送される。センタ設備に設置されたOLT(optical line terminal)のPIF(PON interface)カードに接続され、最大64端末の加入者光端末(D-ONU)に接続される(1心64分岐の場合)。通信の速度は、1 Gb/sを接続した加入者端末でシェアすることになる。

放送信号とデータ通信信号は波長多重してサービスされることがあり、センタ設備で波長多重フィルタを用いて多重され、加入者設備で同様に分離される。

3. 映像伝送技術

放送サービスを提供するFTTHシステムでは、映像の光信号が光増幅器により増幅・分配される。前述したとおり光増幅器は高出力であるほどFTTHシステムの分配効率を上げることが可能である。従来のFTTHシステムで用いられているエルビウムドープファイバアンプ(EDFA)は、励起用レーザの出力に制限され、+22 dBmW程度の信号出力が最大であった。これ以上の出力を実現するには、励起用レーザの個数を増やす必要があるため、その結果、高価かつ大型になってしまう問題があった。

当社の高出力多分配光増幅器(FITELwave OA-PLUSシリーズ)は我々のクラッドポンプ光ファイバアンプ^{3, 4)}の技術を活用して前述の問題を解決した。図2にクラッドポンプ光

ファイバアンプの外観、図3に高出力多分配光増幅器の外観を示す。この光増幅器の増幅器内部の最大出力は、+33 dBmWとなりカプラで分配後の光出力でも+20 dBmW \times 16 portを確保できる。本装置は、16 port(最大:32 port)ごとのユニット構造とし5Uサイズのシャーシに64 port(最大:128 port)を収容できる。これは標準的なシステム設計で、約4000世帯をカバーできる能力である。このような多分配光増幅器では、高密度化により放熱設計が難しくなるが、電気回路の見直しや放熱機構のシミュレーションと実験を重ねることで、最適な放熱構造を採用できた。また消費電力も大幅に削減でき、FTTHシステムを構築する上で最適な光増幅器の設計となっている。電源、FANもすべて2重化し、ホットスワップが可能な構造とした。また、SNMP(simple network management protocol)機能やWEBブラウザモニタ機能を標準搭載し操作性を向上させた。光増幅器には、本シリーズの他に比較的中規模のFTTHシステムで使用しやすいユニット構造を取らない多分配光増幅器(FITELwave OA-BASEシリーズ)や中継用などで使用可能な1Uサイズのピザボックス型光増幅器(FITELwave 4200シリーズ)なども同時に開発した。図4及び図5にそれぞれの外観を示す。



図2 映像分配用高出力マルチポート光アンプ
High-power multi-port optical amplifier for CATV.

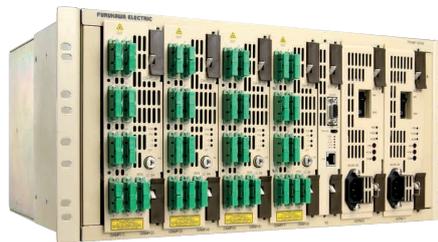


図3 高出力多分配光増幅器(FITELwave OA-PLUSシリーズ)
High-power multi-port optical amplifier (FITELwave OA-PLUS series).



図4 高出力多分配光増幅器(FITELwave OA-BASEシリーズ)
High-power multi-port optical amplifier (FITELwave OA-BASE series).



図5 光増幅器 (FITELwave OA-4200シリーズ)
High-power multi-port optical amplifier (FITELwave OA-2100 series).



図6 OLT用トランシーバモジュールの外観
OLT transceiver module.

4. GE-PON技術

データ通信を提供するFTTHシステムでは、GE-PON技術が用いられる。1 Gb/sのデータ通信速度を複数の加入者に分配して使用する。この規格は、IEEE802.3 ah 1000 BASE-PXとして2004年に制定されており、Ethernetと親和性の高いプロトコルであることが特長である。下り波長は1490 nm帯、上り波長は1310 nm帯が用いられる。

当社は、GE-PON用センタ機器 (OLT) の製品化にあたり、そのキーコンポーネントである光トランシーバモジュール⁵⁾の開発から自社で手がけた。図6にGE-PON OLT用トランシーバモジュールの外観を示す。

OLTには、3Uサイズで最大64端末の光受信者端末 (D-ONU) を接続できるPONインタフェース (PIF) カードが16枚収容できる。図7に装置外観を示す。標準の設計 (ロスバジェット 29 dB) で最大1024加入者のD-ONUの接続が可能になる。電源、FANもすべて2重化し、ホットスワップが可能な構造とした。また、OLT装置及びD-ONU端末の設定、状態監視や履歴の検索を容易にし、かつ一度にたくさんのOLT装置及びD-ONUを管理することができる独自開発の専用マネージメントソフトウェア (FITELwave AGmanager) もラインナップしたほか、SNMP機能も実装している。図8にソフトウェアのイメージを示す。



図7 GE-PONセンタ装置 (FITELwave AG1600E)
GE-PON OLT (FITELwave AG1600E).

一方、D-ONUは、小型・軽量設計にしており、光ファイバの余長収容部なども搭載している。図9に装置外観を示す。LANポートは2ポート搭載されており、独立して各ポートのQoS (quality of service) を設定できる。例えば、第1ポートをインターネット接続用にベストエフォートにて運用し、第2ポートをIP電話用などに固定レート (CBR) で運用するなどが可能である。

GE-PONのサービス距離は、最大20 km以下であり、最大分岐数は64分配である。FTTHサービスを実施する事業者の中には遠方にサービスをしたい、または光ファイバの使用効率をもっと向上させたいなどの標準設計以外の使い方を希望するところも少なくない。GE-PONのOLT PIFカードの各波長を変換することで、同一ファイバに4つの異なるPON回線が多

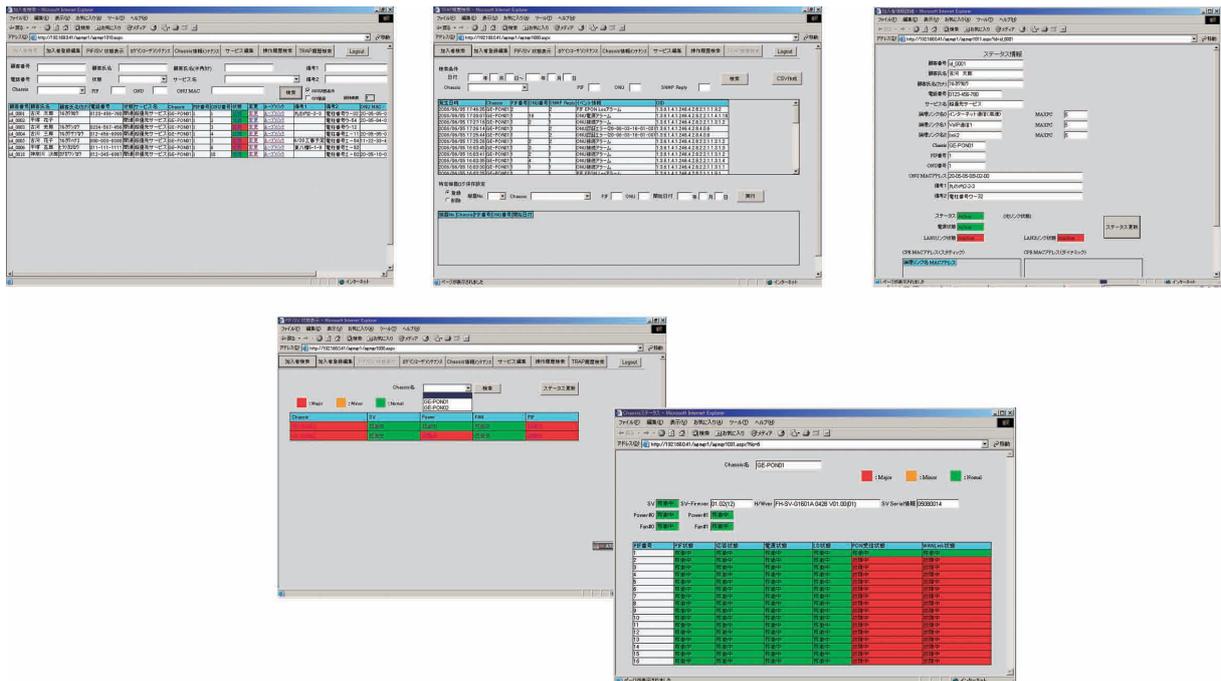


図8 GE-PON管理ソフト (FITELwave AG manager)
GE-PON management software (FITELwave AG manager).

重して伝送するGE-PON延長装置 (FITELwave AG400) の開発をした。図10に装置外観を示す。この装置を用いることで1心の光ファイバで最大256のD-ONUを接続でき、サービス距離も最大50 kmまで延長可能になる。



図9 GE-PON D-ONU (FITELwave AG20E)
GE-PON D-ONU (FITELwave AG20E).



図10 GE-PON延長装置 (FITELwave AG400)
GE-PON extender with WDM (FITELwave AG400).

5. 波長多重技術

FTTHシステムでは放送用光信号とデータ通信用光信号を波長多重して伝送する場合がある。

波長多重フィルタは、さまざまな技術で検討がなされてきたが今回当社がFTTHシステムの導入に積極的に用いている方式は、当社が開発した平面光波回路 (PLC) 技術^{9,10}のものである。図11にモジュール外観を示す。PLC技術は量産性に優れており、多分配の光カプラなどで採用されている技術である。当社が開発したWDMフィルタはこれらPLCの技術を使い8回線分の光波長多重フィルタを1台のモジュールで作っていることが特長である。これによりセンタ側の光波長多重フィルタの設計を簡素化することが可能になった。図12にセンタ側波長多重フィルタの外観を示す。また、端末側の波長多重フィルタは、通常各加入者の端末に収容されることが多いが、当社はそのような標準的な製品のほかに、8加入者分のWDMフィルタと8分配カプラを1モジュール化してドロップクロージャ内に収容できる製品を開発し、加入者当たりのコストを大幅に削減できるソリューションもラインナップしている。図13にその外観を示す。



図11 平面光波回路
Triple play WDM filter array module for central office,
using FITEL's PLC technology.



図12 WDMフィルタユニット
Triple play WDM filter assemblies for central office.

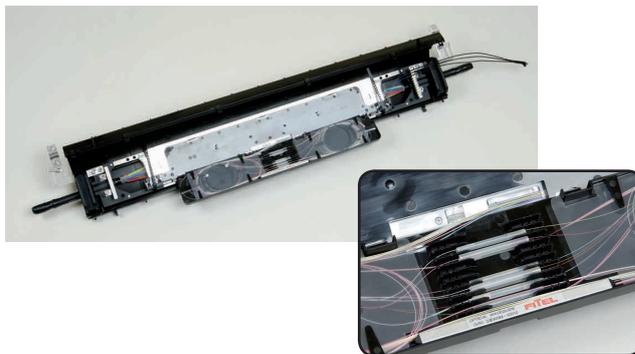


図13 クロージャ内蔵加入者用WDMフィルタ
All-in-one PLC module integrating optical splitter and
WDM filters, to be placed in aerial fiber splice closure
installed near subscribers.

6. おわりに

当社のFTTHシステムへの取り組み状況をご理解いただくために、FTTHシステムと当社のFTTHへの取り組みについての概要を示した。当社が開発した製品は、いずれもその内部のコンポーネント部品がファイテルフォトンクス研究所及び横浜研究所で研究され、ファイテル製品部とOfs社などで開発された部品がキー部品として使われている。本稿を参考にさせていただくとともに、FTTHシステムに必要とされる製品の開発に役立つことを期待したい。

参考文献

- 1) 篠田, 田原, 下大迫, 新保, 泉川, 遠藤, 大前: "50チャンネル光FM-FDM映像分配システムの開発", 古河電工時報, **91** (1992).
- 2) 富田, 村上, 伊藤, 山本, 大森, 堀越, 原: "岐阜県情報スーパーハイウェイを利用した地上デジタル放送の長距離伝送実験" 映像メテ学技報, **28** (2004).
- 3) "クラッドポンプ光ファイバアンプ", 古河電工時報, **114** (2004).
- 4) "映像分配用高出力マルチポート光アンプ", 古河電工時報, **119** (2007).
- 5) 岩瀬, 石川, 小松, 笠原, 服部, 三浦, 中村, 尾高: "GE-PON FTTHシステム向け光トランシーバモジュール", 古河電工時報, **116** (2005).
- 6) 小野, 陣, 津田, 渡辺, 澤村, 田中, 川島, 占部, 品田, 奈良: "FTTH用PLC製品の開発", 古河電工時報, **114** (2004).
- 7) 奈良, 長谷川, 津田: "FTTHの映像配信サービスに向けたPLC-MZI型3波長多重広帯域WDMフィルタアレイ", 古河電工時報, **116** (2005).