



長距離伝送を可能とするGE-PONシステムの光パワーバジェット拡大技術

NTTアクセスサービスシステム研究所

まつもと たくろう しまづ さとし きむら ひろし やました しょういちろう やまさき じん
松本 卓郎 / 嶋津 聡志 / 木村 洋史 / 山下 尚一朗 / 山崎 仁

NTTアクセスサービスシステム研究所ではFTTHエリアのさらなる拡大に対応するため、GE-PON光信号の光パワーバジェット拡大を実施してきました。2009年のOLTの光パワーバジェット拡大に引き続き、今回ONUの光パワーバジェットを拡大したことにより、トータルで37 dBと世界的にも類を見ないシステムとなりました。私たちはこの成果を利用することで、ルーラル地域への経済的なFTTH展開が可能になると考えています。

GE-PONシステムの概要

PON (Passive Optical Network) システムは、1心の光ファイバを光スプリッタを用いて分岐させ、複数のユーザで共用するFTTH (Fiber To The Home) の光アクセスシステムです。GE-PON (Gigabit Ethernet-PON) システムは、1 Gbit/sの速度のPONシステムであり、現在、NGN (Next Generation Network) サービス (フレッツ光ネクスト) 等で利用されています。GE-PONシステムは、通信事業者の設備センタに設置するOLT (Optical Line Terminal: 光加入者線端局装置)、お客さま宅内に設置するONU (Optical Network Unit: 光加入者線終端装置)、光スプリッタ、それらを結ぶ光ファイバのネットワークから構成されています。

光パワーバジェットと光線路損失

光通信システムでは、途中区間の光信号の減衰を考慮した光送受信器が必要です。GE-PONシステムでは、①光ファイバの損失、②接続個所での損失に加え、③光スプリッタでの分岐に伴う光信号の大きな損失が起きるため、高性能の光送受信器が必要となります。この

途中区間での光の損失の和を「光線路損失」と呼びます。PON区間 (OLT～ONU間) で正常な通信を行うには、送信器の送信出力と受信器の受光感度の差で定義される「光パワーバジェット」が光線路損失の値を上回る性能でなければなりません。

下り通信を例に、図1を用いて説明します。OLTから出力された光信号は、スプリッタにより32分岐されることで光の強度が32分の1に減衰します (dB換

算で15 dBの損失: 図1③)。これと光ファイバでの損失 (2 dB: 図1①)、および接続個所での損失 (1 dB: 図1②) を加えた18 dBが光線路損失の値となります。一方、光パワーバジェットは26 dBであり、光線路損失の値を上回るため、PON区間での正常な通信が可能となります。

一般的に、この光パワーバジェットが大きいほど、長距離伝送が可能なシステムです。GE-PONシステムに関する標準

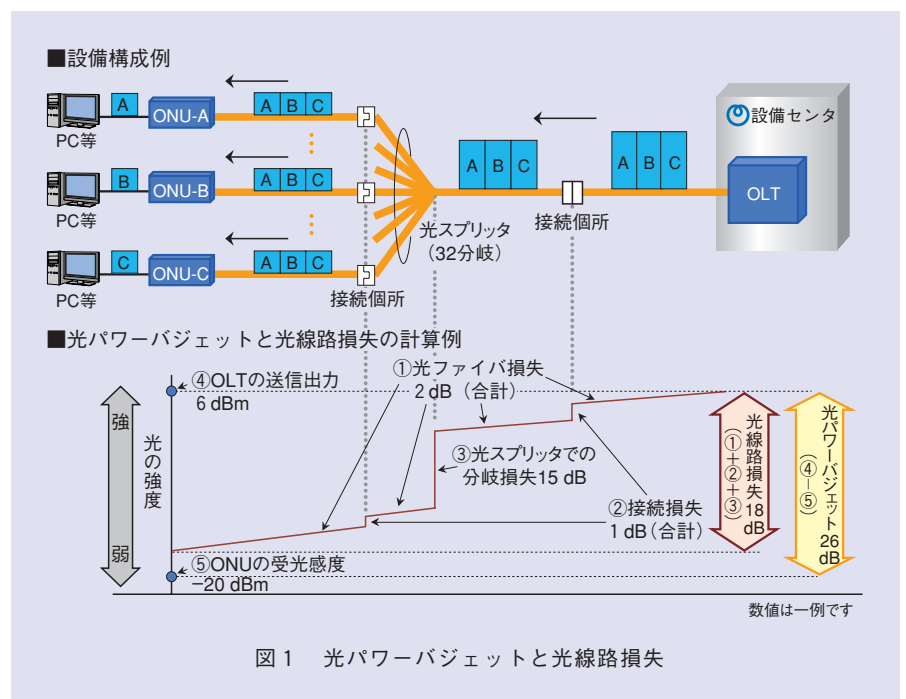


図1 光パワーバジェットと光線路損失

規格である「IEEE802.3ah」⁽¹⁾では、光パワーバジェット26 dBが規定されています。

GE-PONの光送受信器の特徴

GE-PONの光送受信器は、高パワーバジェットに加え、光スプリッタを介し複数のONUを接続することから以下のような特徴があります。

スプリッタとOLTの区間は、複数のONUからの上り光信号が合流します。ONUが光信号を出し続けると、ほかのONUの光信号と衝突を起こします。GE-PONでは、ONUはOLTから指定された時間だけ正確に光信号を送信し、そのほかの時間は消光しています。この制御により、ONUの光信号の衝突を避けています(図2(a))。

OLTの受信器は、複数のONUからの上り光信号を受信します。しかし、ONUごとにOLTまでの距離が異なるため、光信号の減衰量がまちまちとなり、OLTで受信する信号強度はばらつきます。そこでOLTでは、受信した光信号を電気信号に変換する際に、信号強度を瞬時に適正な値に制御(ゲインコントロール)し、正確な信号再生を行います(図2

(b))。後述する光パワーバジェットの拡大検討においては、ここで述べた光送受信器の特徴を考慮する必要があります。

NTT GE-PONの光パワーバジェット

前述したように、GE-PONの標準規格上の光パワーバジェットは26 dBです。しかし、2004年から商用導入されているNTTのGE-PONシステム⁽²⁾は、2002年より商用導入されていたB-PON(Broadband-PON)システム⁽³⁾が採用したクラスB+の光パワーバジェット「29 dB」⁽⁴⁾を実装しています。この光パワーバジェットは、設備センタからおおむね7 km以内のエリアに対し、PONシステムを用いたFTTHの光サービス提供を可能とします。

長延化対応GE-PONの開発

NTTでは、GE-PONシステムを用い、FTTHによる光サービスを積極的に展開してきました。しかし、さらなるFTTHの展開やエリア拡大を行うためには、設備センタからの距離が長距離となるようなエリアへも対応可能な経済的なシステムが必要です。

このような背景から、PON区間が長距離となるようなルーラルエリアに対してもFTTHサービスを提供可能な長延化対応GE-PONシステムの開発を行いました。

GE-PONシステムの長延化を実現するには、光パワーバジェットの拡大が必要です。光パワーバジェットを拡大させるには次の3つの方法が考えられます。

- ① OLT側光送受信器の開発
- ② ONU側光送受信器の開発
- ③ OLTとONUの両方の光送受信器の開発

①は、接続されるONUが一様に遠方に位置すると仮定すると有効な方法です。また、OLTの高性能な光送受信器を実装することによるコスト上昇分を複数のONUで共有することができるため経済性にも優れています。そこで、OLT側の光送受信機の開発を先に着手し、長延化対応OLTとして2010年3月にNTT東日本・西日本に成果提供しました。

長延化対応OLTの開発概要を図3に示します。PON-IF(インタフェース)パッケージに実装されるトランシーバ内の送信器における高出力レーザダイオードの採用(信号強度の向上)、および高効率非球面レンズの採用(光ファイバへの結合効率の向上)によって下り送信出力の3 dBm向上を実現しました。また、受信器における増幅制御回路(受信光信号の増幅率を制御)の変更、TIA(TransImpedance Amplifier: 受光素子の出力電流を電圧に変換し増幅する回路)の変更により、上り受光感度の3 dBm向上を実現し、光パワーバジェットの3 dB拡大を図りました。

さらに、従来のOLT筐体に通常版PON-IFパッケージと長延化版PON-IFパッケージを混在収容することが可能です(図4)。したがって、すでにGE-PONによるFTTHサービスが展開されているエリアの拡大にも、長延化版PON-IFパッケージを追加するだけで容易に対応できます。長延化対応OLTを適用した場合、GE-PONシステムの光パワーバジェットは32 dBとなり、設備センタか

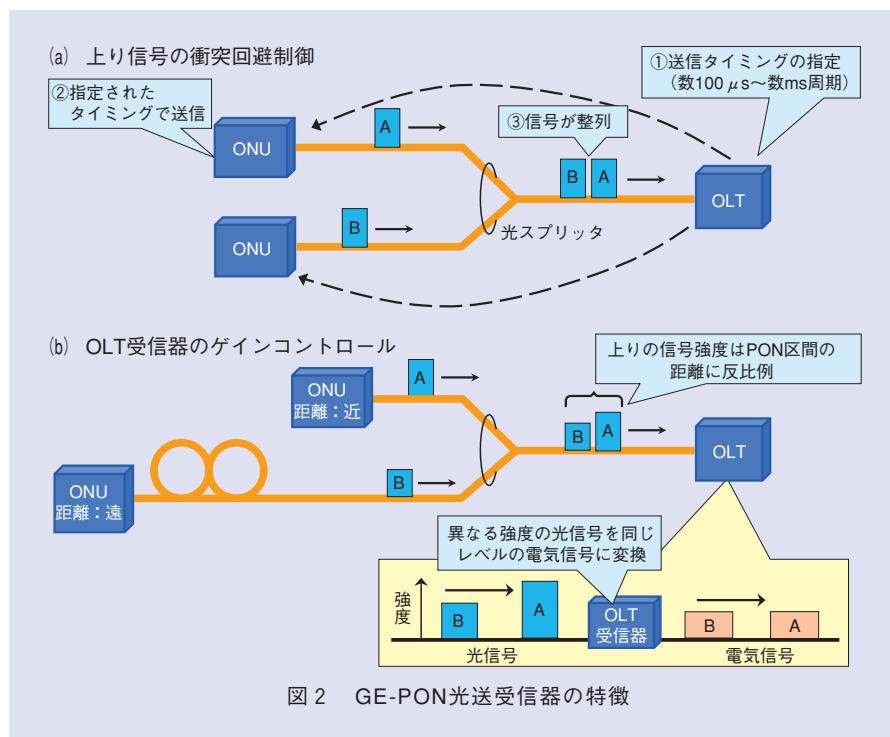


図2 GE-PON光送受信器の特徴

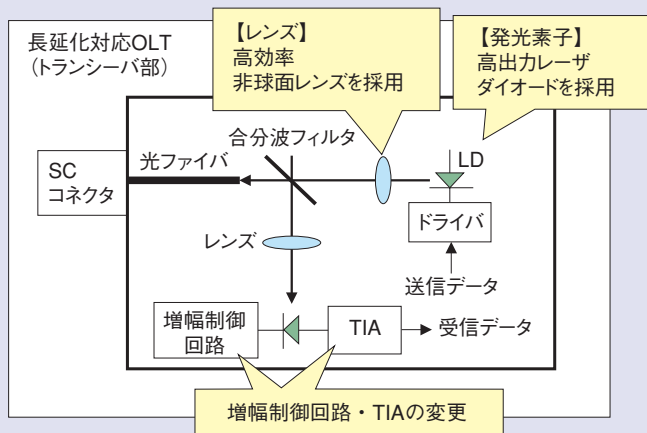


図3 長延化対応OLTの開発概要

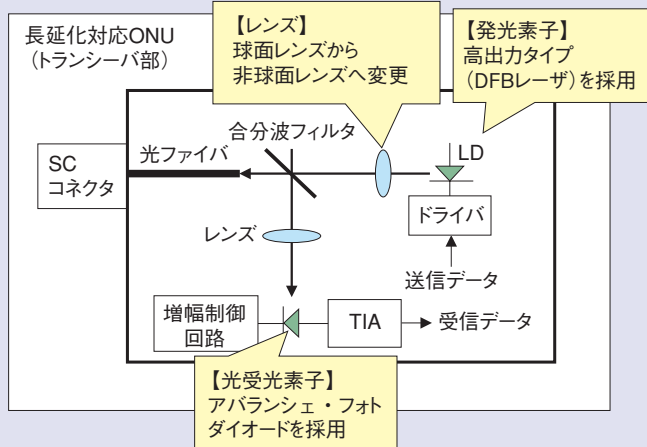


図5 長延化対応ONUの開発概要

ら7 km以上のエリアにもFTTHサービスを展開することが可能となりました。

GE-PONシステムのさらなる長延化

長延化対応OLTの適用によりFTTHの提供エリア拡大を図ることが可能となりましたが、設備センタからさらに遠方の少数のエリアに対しては、依然として光サービスを提供することはできません。このようなエリアに対して光サービスを提供するためには、GE-PONシステムのさらなる光パワーバジェット拡大が必要となります。FTTHの提供エリア内において、さらなる光パワーバジェットの拡大が必要な地点が少数であることを考慮すると、高性能な送受信器を搭載した

長延化対応ONUを個別に展開するほうが経済的です。そこで今回、私たちは長延化対応ONUを開発し、2011年3月にNTT東日本・西日本に成果提供しました。

長延化対応ONUの開発概要を図5に示します。ONUトランシーバ内の送信器における非球面レンズの採用（従来は球面レンズ）、および高出力タイプのDFB（Distributed FeedBack）レーザーダイオードの採用によって上り送信出力の向上を実現しますが、ONUがお客さま宅内に設置される機器であること、ONUが故障した場合、送信器のレーザーの安全性を考慮し、IEC（International Electrotechnical Commission）で規定されたレーザー製品の安全性規格「クラ

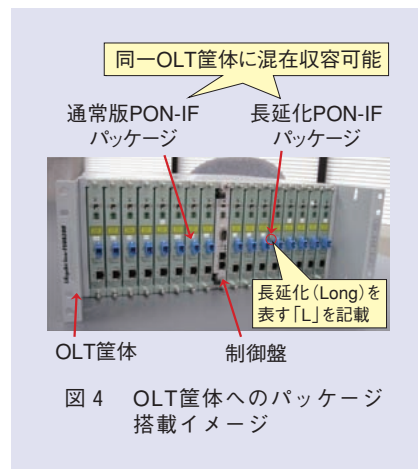


図4 OLT筐体へのパッケージ搭載イメージ

ス1」に準拠するよう、5 dBmの出力向上としました。受信器ではアバランシェ・フォトダイオードの採用によって下り受光感度の5 dBm向上を実現し、光パワーバジェットを5 dB拡大しました。

長延化対応ONUの外観を図6に示します。長延化対応ONUは通常版ONUと同じサイズであり、また消費電力についても通常版ONUとほぼ同じのまま、5 dBmの出力向上を実現しました。

また、同一PON-IF配下に長延化対応ONUと通常版ONUを混在収容させることが可能です（図7）。したがって、同じルート上で、特定の地点だけが遠方となるような形態においても容易にFTTHを展開可能となります。

今回開発した長延化対応ONUと、2009年度に開発した長延化対応OLTを組み合わせることで、GE-PONシステムは、最大37 dBの光パワーバジェットを得ることができます。この光パワーバジェットは、現在商用化されているPONシステムにおいて、世界的に見ても非常に高性能な値となっています。この組み合わせにより、設備センタからの距離が20 kmを超えるようなエリアに対しても、32分岐の光スプリッターを用いたGE-PONシステムによる光サービスを提供することが可能となります。

長延化GE-PONの利用シーン

従来は、設備センタからの距離がおおむね7 km以内（標準エリア内）のエリアに対し、GE-PONシステムによる



図6 長延化対応ONU

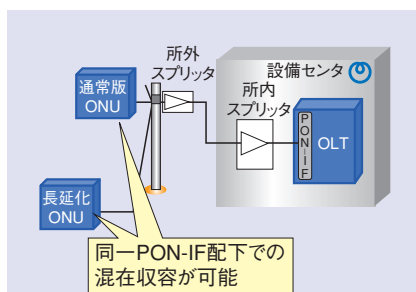


図7 長延化対応ONUの適用イメージ

OLTに加えて長延化対応ONUを適用することで、FTTHのサービス提供が可能となります。

今後の予定

GE-PONの光パワー budgetsを拡大するために、長延化対応OLT、長延化対応ONU開発を行ってきました。この一連のGE-PONの長延化対応開発により、光サービス展開エリアのさらなる拡大を経済的に実現できるようになりました。今後は、本システムの円滑な事業導入に向けた導入支援を行っていく予定です。

参考文献

- (1) IEEE Std 802.3ah, 2004.
- (2) 落合・立田・藤本・田中・吉原・太田・三鬼：“Gigabit Ethernet-PON (GE-PON) システムの開発,” NTT技術ジャーナル, Vol.17, No.3, pp.75-80, 2005.
- (3) 平尾・原田・武本・小平：“ブロードバンド光アクセス技術動向,” NTT技術ジャーナル, Vol.15, No.1, pp.24-27, 2003.
- (4) ITU-T Rec.G984.2 Amd.2, 2006.

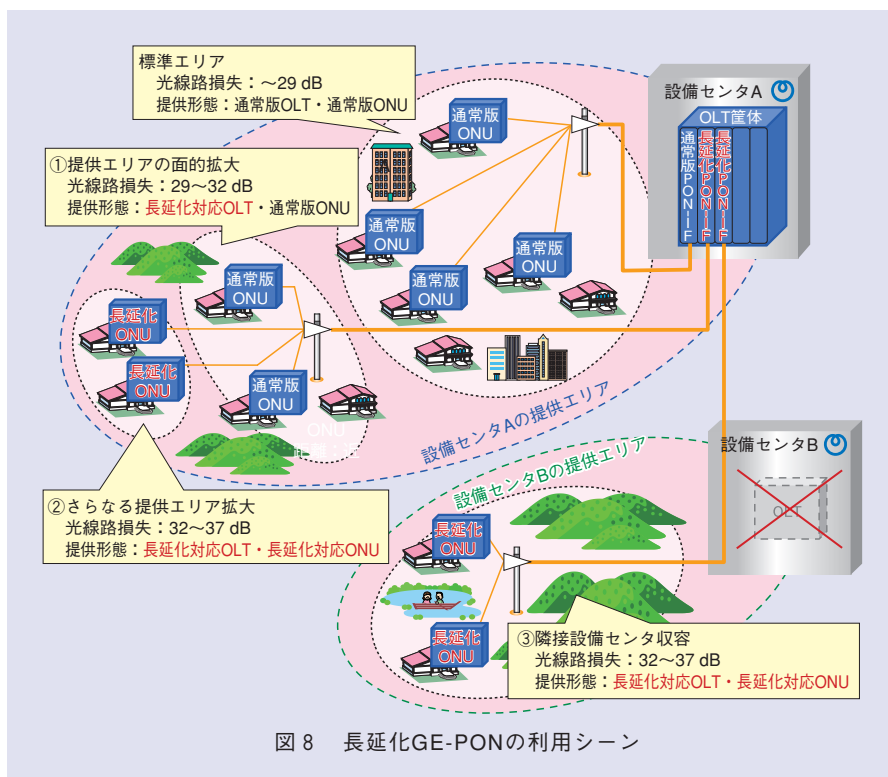


図8 長延化GE-PONの利用シーン

FTTHサービスを展開してきました。一連のGE-PONシステムの長延化対応技術を用いることで、次のような利用が期待されます(図8)。

(1) 提供エリアの面的拡大

標準エリア外で、設備センタからの距離が7 kmを超えるエリアには、このエリア帯に対して長延化PON-IFを増設することで、経済的にFTTHサービスを提供することが可能です。

(2) さらなる提供エリア拡大

(1)よりもさらに遠方の少数の地点に対しては、長延化PON-IFの増設に加えて長延化対応ONUを個別に適用することで、FTTHサービスの提供を進めること

が可能です。

(3) 隣接設備センタ収容

通常、ある地点にFTTHサービスを提供する際は、最寄りの設備センタに設置された所内設備とお客さま宅を光回線で接続することによりサービスを提供します。しかし、ルーラルエリア等においては、最寄りの設備センタ内に所内設備が配置されていない場合もあります。そこで、最寄りの設備センタ内は光ファイバを通過させ、所内設備が存在する隣接設備センタとお客さま宅を光回線で接続し、光サービスの提供を行うことが可能です。このような場合、一般的に途中区間が長距離化するため、長延化対応



(後列左から) 山下 尚一朗/ 鳥津 聡志/
山崎 仁
(前列左から) 木村 洋史/ 松本 卓郎

今後も事業会社のニーズを踏まえながら、高品質なGE-PONシステムの研究開発に取り組んでいきます。

◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所
第一推進プロジェクト
IPアクセス推進DP
TEL 046-859-4841
FAX 046-859-5514
E-mail ge-pon@ansl.ntt.co.jp