

G-PONシステムの概要と今後の展開

G-PON System

あらまし

国内ではNTT中期計画による2010年光3000万回線加入に向けGE-PON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network, IEEE802.3h) の導入が加速している。一方、北米でもVerizon社 (キャリア) が積極的に加入者線への光ファイバの導入を推進しているが、現在はITUが規定しているB-PON (Broadband PON) が主流である。しかしトリプルプレイ、とくにHDTV (High Definition TV) に対応するには帯域が不十分であるためB-PONの4倍の帯域が可能となるG-PON (Gigabit PON) の標準化がITUで進められており、世界的にはこちらが主流になると考えられる。

富士通はこの動きをにらみ、今後のブロードバンドアクセスシステムのキープロダクトとなり、グローバルなマーケットに対応するG-PONシステムを関連会社の富士通アクセス、Fujitsu Network Communications (米国テキサス州) と共同開発したので報告する。

Abstract

The Gigabit Ethernet Passive Optical Network, IEEE802.3h (GE-PON) is being rapidly spread in Japan according to NTT's mid-term plan that targets 30 million fiber-to-the-home (FTTH) subscribers by 2010. Conversely, in the U.S., such carriers as Verizon are aggressively promoting the introduction of FTTH, but Broadband PON (B-PON) specified by ITU-T is currently dominant. However, regarding the requirements from Triple Play, especially for High Definition TV (HDTV), B-PON capacity is insufficient in terms of bandwidth, and thus Gigabit PON (G-PON) with four times the capacity is now being standardized by ITU and will soon be recognized globally as being mainstream. This paper describes the G-PON system jointly developed by Fujitsu, Fujitsu Access, and Fujitsu Network Communications, Inc.



村勢徹郎 (むらせ てつろう)
フォトニクス事業本部第四開発部
所属
現在、ブロードバンドアクセスシ
ステムの開発に従事。



大塚 学 (おおつか まなぶ)
富士通アクセス (株) ユビキタスア
クセス事業部開発部 所属
現在、光アクセスシステムの開発に
従事。



Stephen A. Smith
Fujitsu Network Communications
Product Planning 所属
現在、Wire Line Access Productの
プランニングに従事。

まえがき

日本はブロードバンドの先進国であるが、そのけん引役はADSLであった。しかし、NTTの光3000万回線加入の目標のもと、国内における加入者線の光化は急激に伸びており、すでに月ごとの加入増加数はADSLを上回っている。この原動力はGE-PON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network, IEEE802.3h)⁽¹⁾である。一方、北米でも加入者線を使ったIPTVの配信、さらにそのHDTV (High Definition TV) 化および各家庭への複数チャンネルの配信のために加入者線の大容量化が求められており、IEEE準拠のGE-PONシステムに対し、2倍以上の帯域を持つITU準拠のG-PON (Gigabit PON) システム⁽²⁾の導入が始まろうとしている。欧州キャリアもこの流れに追随すると考えられている。

本稿では、富士通が国内の関連会社でGE-PONの開発経験がある富士通アクセスおよび北米でビジネスを行って北米ネットワークに精通しているFujitsu Network Communicationsと共同で開発したG-PONシステムを紹介する。

アクセスネットワークの構成

アクセスネットワークとは交換局と加入者までの

間のネットワークを指し、伝送媒体としては銅ケーブル(銅線)、光ファイバケーブル、無線があり、ブロードバンドを提供するシステムとして、ADSL、GE-PON、G-PONなどがある。

アクセスネットワークの構成を図-1に示す。

G-PONとGE-PONの仕様比較

GE-PONはEFM (Ethernet in the First Mile) としてIEEEで検討・標準化されてきたため、サービスがイーサネットに特化している。これに対し、G-PONシステム(以下、G-PONはFull Service Access Network (FSAN) 目標としてITU標準化のFSAN WGで検討・標準化が行われているため、イーサネットのみならずTDM、ATM機能もサポートしている。ただし、近年ATMの重要性が薄れ、顧客である通信キャリアも要求していないこともあり、本装置ではATMを省いた。G-PONはFSANであるばかりでなく、下りのスピードはGE-PONの2倍あり、オーバーヘッドを除いた有効容量は2倍以上ある。

G-PONとGE-PONの比較を表-1に示す。

光加入者線局側集線装置 (OLT)

局側装置OLTは既存の北米向けビジネスアクセ

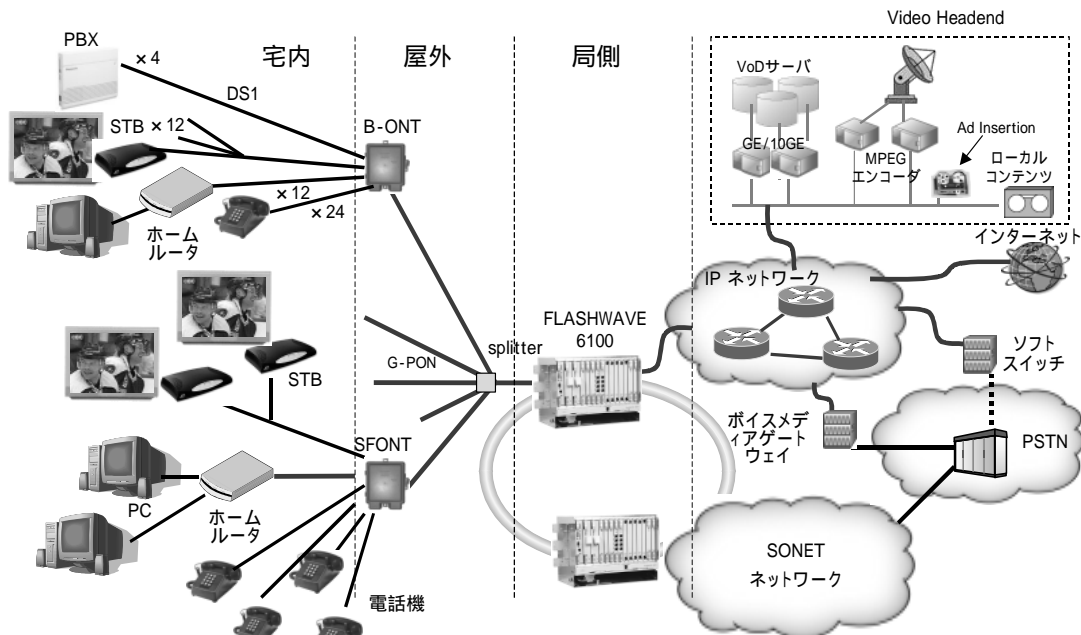


図-1 アクセスネットワークの構成
Fig.1-Configuration of access network.

表-1 G-PONとGE-PONの比較

		G-PON	GE-PON
標準		ITU G.984	IEEE802.3h
MAC層	サービス	FSAN (POTS, Ether, TDM)	イーサネットデータ
	フレーム	GEMフレーム	イーサネットフレーム
	距離	10 km/20 km (Logical 60 km)	10 km/20 km
物理層	最大分岐数	64 (Logical 18)	16以上
	伝送速度 (bps)	上り : 155 M/622 M/1.25 G/2.4 G 下り : 1.25 G/2.4 G	上り : 1.25 G 下り : 1.25 G
	伝送容量	同上 (NRZ coding)	1 G (8B10B coding)
	光線路損失	15/20/25 dB	15/20 dB
	波長	上り : 1260-1360 nm 下り : 1480-1500 nm	上り : 1260-1360 nm 下り : 1480-1500 nm
	上り信号用PONヘッダ	1.25 Gbpsの場合 : 12バイト Tpy Guated : 32ビット Preamble : 44ビット Delimiter : 20ビット	Laser On/Off : 512 ns max Receiver set : 400 ns max Clock抽出 : 400 ns max Delimiter : 4バイト

GEM : G-PON Encapsulation Mode

ス装置であるFLASHWAVE 4100をベースに開発したFLASHWAVE 6100を使用し、これにG-PONブレードとイーサネットスイッチカードを新設計している。またバックボードも12 Gbpsの信号を通すため新設計となっているが、既存FLASHWAVE 4100のプラグインユニットはすべて収容することができる。

OLTの特徴を以下に示す。

- (1) 1シェルフあたり40のG-PON (4×G-PON/スロット, 10×G-PONユニット/シェルフ)と、最大2560の加入者をサポートしている。
- (2) 各スロットは24 Gbpsの容量を持っている。
- (3) ネットワーク側は10 Gイーサネットが4本あり、またリンクアグリゲーション機能を有する。
- (4) グルーミングにより、VT, STS信号を通常のMSPP (Multi-Service Provisioning Platform) のように管理でき、PONベースのキャリアクラスサービスを既存のSONET/TDMネットワークに接続できる。

OLTシェルフに実装した写真を図-2に示す。

光加入者線終端装置ONT

ONTは戸建て用SFU (Single Family Unit) とビジネスユーザ用のB-ONTがある。

(1) SFU

各家庭の戸外の壁に取り付けるタイプである。そのため拡張温度範囲を要求されており、室内に置か

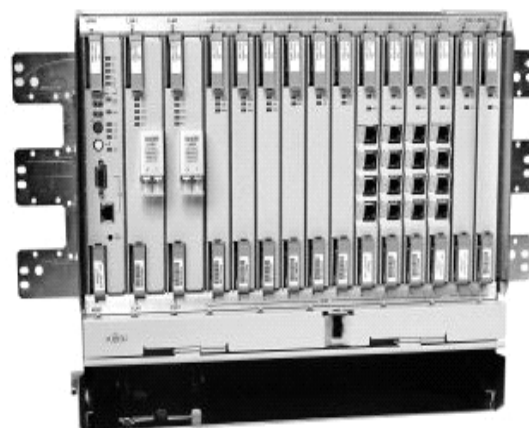


図-2 G-PON OLT (FLASHWAVE 6100)
Fig.2-G-PON OLT (FLASHWAVE 6100).

れたAC電源アダプタを介して電源の供給を受け、また同じく室内に置かれたバッテリーにより、停電時にも一定時間保護される。

加入者インタフェースとしてはイーサネットのほか、POTS (Plain Old Telephone Service, 通常の電話サービス), MoCA (Multimedia over Coax Alliance) インタフェースを持つ。MoCAは米国の家庭内に張り巡らされた同軸ケーブルをRF (radio frequency) 信号に乗せた画像信号、およびイーサネット信号の配信に使うためのものであり、宅内で新たにイーサネットケーブルを張ったり、ワイヤレスLANを構築したりすることをせずにインターネットにアクセスすることができる。POTSはボイ

スゲートウェイとH.248規格のプロトコルで会話し、ボイスゲートウェイを介してGR-303の規格でClass-5 SWに接続される。同時にVoIP用にSIPプロトコルも終端する。またオプションでRFビデオインタフェースを追加することができる。

なお、SFUの大きさは13インチ×10インチで現在世界最小である。

(2) B-ONT

ビジネス用途であるため、各種のインタフェースが多くなり、POTSインタフェースを持つMDU (Multi-Dwelling Unit) とPOTSインタフェースの代わりにDS1インタフェースを持つMTU (Multi Tenant Unit) がある。

ONTの種類を表-2に、外観を図-3に示す。

ネットワーク監視装置 “NETSMART”

G-PONのネットワークエレメント (NE) マネジメント/ネットワークマネジメントとしては、富士通伝送装置FLASHWAVEシリーズ (WDM, SONET), FLXシリーズ (SDH) に広く使われているNETSMART 1500を使用している。NETSMART 1500の特徴は以下のとおりである。

- (1) ネットワークトポロジからNEをどう管理するかを決める。
- (2) SONET, SDH, DWDMの混在するネットワークの管理を行える。

表-2 ONTのインタフェースメニュー

	POTS	10/100/1000BT	VDSL2	DS1	RF Video	MoCA
SFU	2	2			1	
MDU	24	12	12		1	1
MTU	24	8		4	1	



図-3 G-PON ONT
Fig.3-G-PON ONT.

- (3) エンド・エンドのパスマネジメントができる。
- (4) PM (Performance Monitor) レポートを自動生成し、UNIXファイルシステムに転送する。
- (5) 上位システムに対しSNMP (Simple Network Management Protocol) インタフェースを持ち、セキュリティも確保している。

NETSMARTのWebメニューを図-4に示す。

HG-PON

G-PONは表-1に示したようにGE-PONの2倍以上の帯域を有するが、アプリケーションの充実により更に帯域が必要となることが予想される。将来的には次章に示すように10G-PON,あるいはWDM-PONなどが考えられる。しかし、これらの技術は技術的ハードルが高くまだ経済的な価格での実現には今後の検討を要する。当面の技術として今回G-PONの1加入あたりの帯域を更に上げる目的として、Hybrid G-PON (HG-PON) へのアップグレードビリティを本G-PONシステムに付加した。

HG-PONはG-PONとCWDMを組み合わせることにより、下りの波長を増やし、1波あたりの加入者数を減らし、1加入者あたりが占有できる平均帯域を増やすものである。8波のCWDMと組み合わせることにより、1加入者あたりの平均占有帯域を8倍にした例を図-5に示す。G-PONからHG-PONにアップグレードする場合、カプラを取り替えるだけで、ONTは変更することなく実現できることが大きな特徴である。またコストも妥当であり、8倍の帯域を確保するためのコストアップは2倍弱に抑え

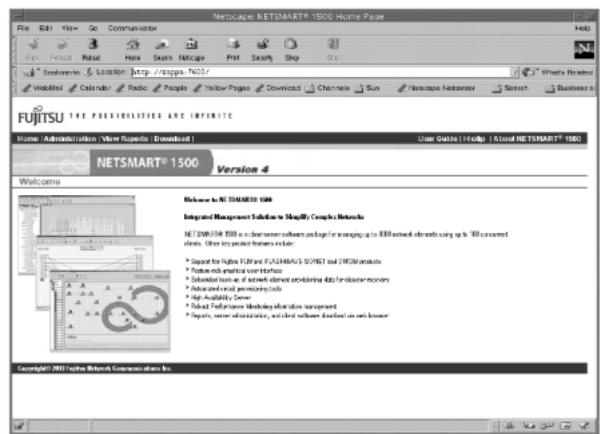


図-4 NETSMART 1500画面
Fig.4-NETSMART 1500 screen.

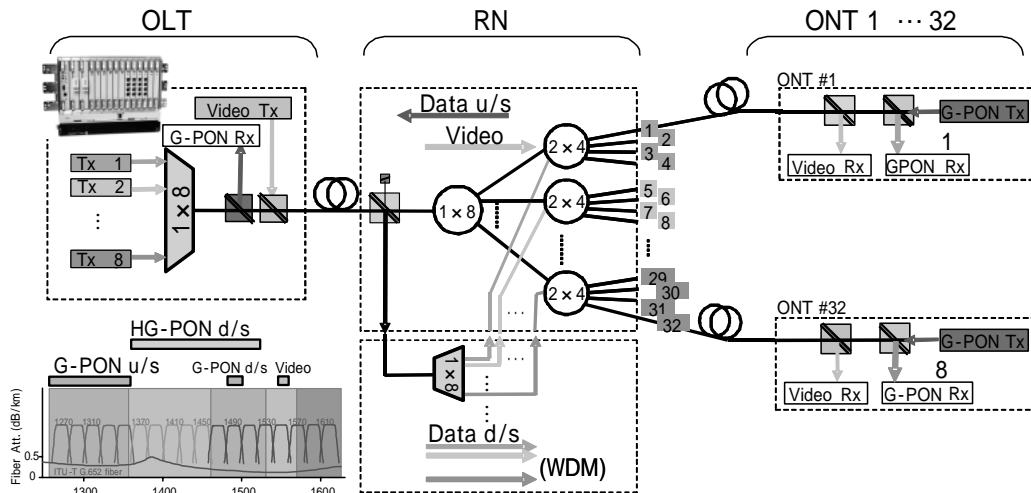


図-5 HG-PONシステム構成
Fig.5-HG-PON system configuration.

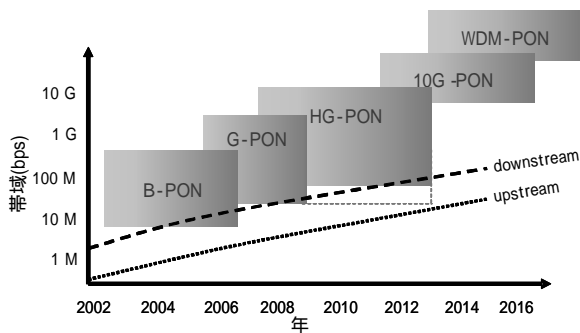


図-6 PON技術の推移
Fig.6-PON technology history.

られる見込みである。G-PONからHG-PONにアップグレードすることにより、WDM-PONなどの技術が経済的に実現できるまでの間、エンドユーザが必要とする帯域には十分に耐え得るものである。

次世代アクセスシステム

次世代アクセスシステムとしては先に述べたように、G-PON、GE-PONなどの技術をベースとしたTDMの高速化（10G-PON/10GE-PON）と、波長多重技術の活用（WDM-PON）が考えられる。

PON技術の流れを図-6に示す。また、これらの特徴を以下に示す。

(1) 10G-PON/10GE-PON

スピードがG-PON/GE-PONの4倍から10倍になるため、パワーバジェットが4~10倍、また分散ペナルティが16~100倍厳しい。

DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) では帯

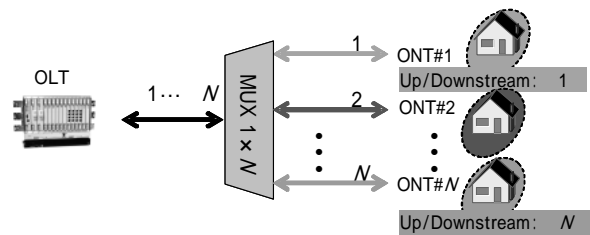


図-7 WDM-PONシステム構成
Fig.7-WDM-PON system configuration.

域更新のレスポンスの高速化が要求される。

これらにより、課題として

- ・国際標準化
- ・光デバイス技術の向上
- ・バーストモード送受信技術の向上
- ・DBAのレスポンスの高速化

がある。

(2) WDM-PON

WDM-PONは1加入者あたりに1波割り当てることにより、加入者あたりの容量は実質的に無制限に近い。また加入者が独立しているので管理がより平易となり、究極のアクセスシステムと言える。WDM-PONのシステム構成を図-7に示す。

しかし、WDM-PONの実用化するには現状幹線系のDWDM技術を使わざるを得ないが、これではコストが幹線系並みになってしまい、アクセス系には適用できない。またONTは屋外に置かなければならないが、拡張温度範囲に対応できる光デバイスがまだない。

WDM-PONの実用化に当たっては素材から見直す必要があり，ここ数年では実現できる見通しが立っていない。その意味でも前章でのHG-PONは当面の解として有効である。

む す び

以上，北米キャリアを中心にグローバルプロダクトとなるG-PONシステムと，次世代アクセスシステムの候補となる10G-PON，WDM-PON，その中

間解であるHG-PONについて概要を述べた。今後G-PON OLTのマルチサービスプラットフォーム化，ONTのメニューそろえ，HG-PONへのアップグレードを行うとともに，次世代アクセスシステムの早期実現に向けて検討を重ねていく予定である。

参 考 文 献

- (1) IEEE 802.3h .
- (2) ITU-T G.984 .

