

光アクセスの可能性を大きく広げる 10G-EPONシステム

10G-EPON System Broadens Possibility of Optical Access

● 新井正博

● 当摩栄作

● 川上貴士

● 坂井典生

あらまし

近年、高速なブロードバンド環境を支えるFTTH(Fiber To The Home)サービスは広く普及し、国内の加入件数が2600万を突破した。また、高精細映像配信サービスや高速化が進むモバイルサービスのバックホールやオフロードとしての用途や、スマートグリッドに代表されるM2M(Machine-to-Machine)通信など社会を支えるインフラとして、より広範囲に光アクセス網の適用が開始されている。富士通では、このFTTHを支えるGE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)製品を提供しており、更に10Gシステムへの容易なマイグレーションを可能とする10G-EPONシステムの開発を行っている。10G-EPONシステムは機器設置・保守作業スペースを削減するとともに、障害発生時の影響範囲の極小化や障害時間の短縮により、FTTHサービスの品質向上に寄与する。

本稿では、10G-EPONシステムの概要、特長、および今後の展望について紹介する。

Abstract

Fiber to the home (FTTH) service encourages the growth of high-speed broadband services. Today, 26 million people are subscribed to such service in Japan. And the optical access line network is expanding its coverage, leveraged as a backhaul or offload for mobile network services, to compensate for ever-increasing traffic due to an increasing number of services that distribute high-definition image data and enhanced data communication speed. The emerging popularity of machine-to-machine (M2M) communications, a smart grid being an example, also relies on the optical network, making it indispensable as social infrastructure. Fujitsu currently offers an FTTH-compatible product range based on the Gigabit Ethernet-Passive Optical Network (GE-PON). Meanwhile, a 10G-EPON system is under development, designed to realize an easy migration to a 10G-based system. The 10G-EPON system will improve the FTTH service quality as it reduces equipment and maintenance footage, and minimizes the impact of system failures if they happen, as well as the recovery time. This paper outlines the 10G-EPON system, describing specific features and future prospects.

ま え が き

総務省統計データによると、2015年3月末時点の国内におけるブロードバンドサービスの契約数は、1億2400万を超えている。⁽¹⁾この中で、FTTH（Fiber To The Home）の契約数は2661万（前年比+5.1%）であり、全体の21.4%を占めている。また、近年特徴的なのは、WiMAXなどのBWA（Broadband Wireless Access）の契約数が1947万（前年同期比+160.9%）、3.9世代携帯電話（LTE）の契約数が6778万（前年同期比+46.09%）と、ブロードバンド無線アクセスサービスの爆発的な伸張であり、絶えず増大するトラフィック対応が避けられない緊急課題となっている。

FTTHサービスは主に、PON（Passive Optical Network）技術を活用して提供される。PON技術では、加入者端局装置OLT（Optical Line Terminal）と宅内設置装置ONU（Optical Network Unit）との間の光ファイバーを電柱などに設置された光カプラにより分岐することで、ファイバー敷設コストを低減できる。FTTHは従来、一戸建ておよび集合住宅の一般家庭に対するサービスが主体であった。一方、光ファイバーによる高速・大容量通信や光ファイバーの有効活用を特長とする無線アクセスサービスのトラフィックオフロードや無線アクセスサービスのバックホール、スマートグリッドに代表されるM2M（Machine-to-Machine）通信など、FTTHサービス用途だけでなく重要な社会基盤としての適用も拡大している。

現在、国内のFTTHサービスのネットワークとしてGE-PON（Gigabit Ethernet-PON）システムが広く普及している。富士通は2005年以降、FTTHサービスをはじめとした光アクセスを実現する機器開発に取り組んでおり、FUJITSU Network FA2232 GE-PON OLTやFA2132 GE-PON ONUといったPON製品を提供してきた。本稿では、GE-PONシステムの後継として現在開発を行っている10G-EPONシステムについて、開発の背景とシステム概要、導入効果を述べる。

開発の背景

(1) FTTHを取り巻く環境

総務省が公表した4K・8Kロードマップ⁽²⁾による

と、2015年の高画質な4K実用放送の開始に続き、2020年には、更に高画質な8Kスーパーハイビジョンの実用放送が普及していることを示している。4K・8Kの超高精細映像技術は、IPTV（Internet Protocol TeleVision）などの放送分野のみならず、医療、設計・デザインなど、産業用途も含めた幅広い分野への波及が期待されており、FTTHサービスもより大容量トラフィックへの対応が必要となってくる。

また、FTTHサービスを利用する一般家庭内では、現在広く普及しているスマートフォンやタブレットに加え、様々な家電製品がホームネットワークにWi-Fiで接続している。Wi-Fiは無線LANの規格の一つであり、IEEEで標準化されている。昨今では、この規格に対応した端末が増えており、IEEE 802.11ac規格では433 Mbpsから1 Gbps超の通信速度をカバーする。更に、無線LANはWiGig（Wireless Gigabit）と呼ばれるIEEE 802.11ad規格が既に策定されており、最大約7 Gbpsの通信を実現できるようになる。

一方で、GE-PONシステムで提供されるFTTHサービスの通信速度は一般的に最大1 Gbpsとなっている。このことから今後、この通信速度がボトルネックになる可能性がある。

(2) FTTHサービス事業者の期待

これら家庭内外での大容量通信の潮流を見据え、FTTHサービスを提供する各通信事業者（以下、事業者）では、10 Gbpsクラスのサービス提供に向けた検討を開始している。

これを実現するPON技術としては、IEEEでは802.3av（10G-EPON：下り10 Gbps、上り10 Gbpsまたは1 Gbps）の標準化が完了している。10G-EPONはGE-PONと互換性があるため、FTTH加入者（以下、エンドユーザー）宅のONUは入れ替えることなくそのまま活用し、1 Gbpsサービス継続が可能である。

一方、国際電気通信連合の電気通信標準化部門であるITU-Tでは、G.987シリーズ {XG-PON（10 Gigabit Capable-PON）：下り10 Gbps、上り2.5 Gbps} の勧告化が完了している。ただし、XG-PONはGE-PONと互換性がないため、既存ONUをそのまま収容することはできない。このため、ファイバー敷設やONUの入替えなど、大規模な投資が

新たに必要となる。

以上のことから、大量のGE-PON稼働設備を抱える事業者にとって、次期システムとして既存ブロードバンド設備の有効活用と効率的な設備投資が可能となる10G-EPONへの期待が大きい。

(3) 富士通の取組み

富士通はこれまでに、標準化に準拠した10G-EPONシステムのプロトタイプを開発し、10 Gbpsクラスの製品化に対応可能であることを示してきた。⁽³⁾ 現在、FTTHサービスの変化と事業者の期待に応えるべく、10 GbpsのFTTHサービスの提供、および既存資産の有効活用を図ると同時に効率的な設備投資が可能となる新たな10G-EPONシステムの開発を行っている。

10G-EPONシステムの開発

開発中の10G-EPONシステムのシステム構成例を図-1に示す。また、10G-EPON OLTの主要仕様を表-1に、10G-EPON ONUの主要仕様を表-2に示す。

開発システムの主な特徴を以下に記載する。

- (1) PONインターフェースの10 Gbps信号は、IEEE 802.3av PR30の標準化仕様に準拠
- (2) PONインターフェースの1 Gbps信号は、

IEEE 802.3ah PX20の標準化仕様をベースに光送受信レベルのみを既存のGE-PONへ合わせ独自拡張

- (3) GE-PON ONUと10G-EPON ONUの混在収容が可能
- (4) PON区間は64分岐に対応
- (5) 10G-EPON OLTはブリッジ機能として、MAC (Media Access Control address) 学習機能、VLAN (Virtual LAN) 機能、DBA (Dynamic Bandwidth Allocation: 動的帯域割当て) 機能、優先制御機能を搭載
- (6) 10G-EPON ONUは2ポートのUNI (User Network Interface) を搭載
- (7) 暗号化と復号機能、認証機能、保守・制御機能を搭載

10G-EPONシステム導入の効果

本章では、10G-EPONシステム導入の効果を紹介する。

(1) 10G-EPONシステムへの容易な移行

GE-PONを導入している事業者の多くは、GE-PONシステム導入以前は100 MbpsまでのFTTHサービスが可能なFE-PON (Fast Ether-PON) システムを導入していた。FE-PONからGE-PONへ

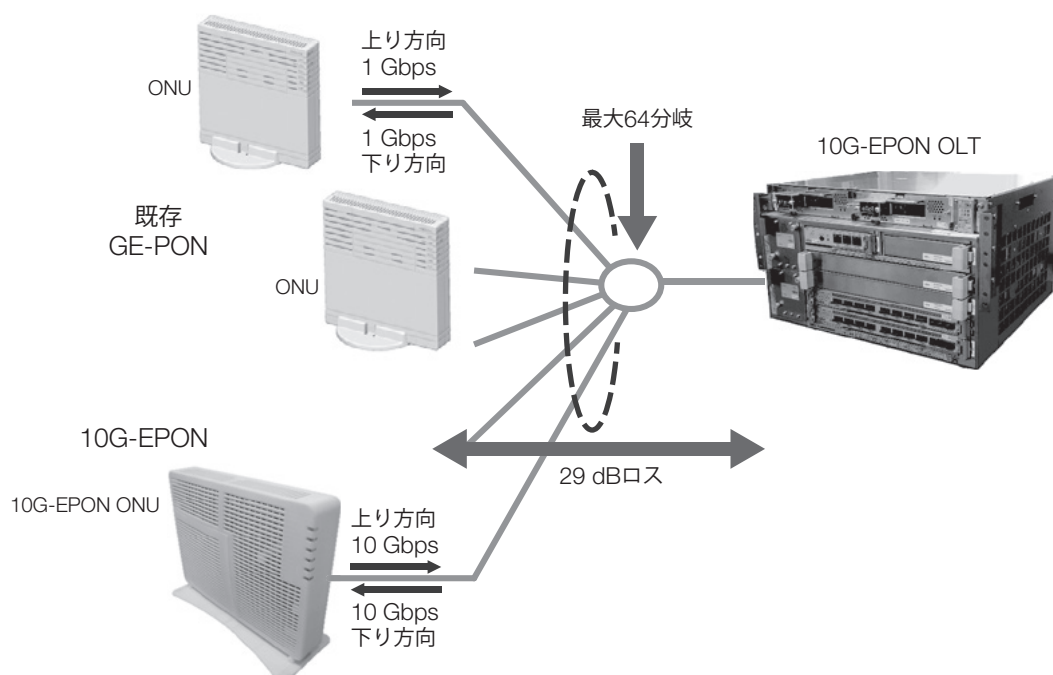


図-1 10G-EPONのシステム構成例

表-1 10G-EPON OLT主要仕様

装置	収容ポート数	32PONポート/システム 8EPONポート/PONカード 2Etherポート/PONカード
インターフェース	PONインターフェース部	10GBASE-PR30 IEEE 802.3av準拠（光ロス29 dB対応） *1 Gbpsについては、IEEE 802.3ah準拠 Port単位の光モジュール交換で10 G/1 G、1 G専用の選択が可能
		ONU接続数：64分岐/PONポート
		1G/10G-EPON ONUの混在接続
	CNIインターフェース部	10GBASE-R/1000BASE-X×2/PONカード (SFP+/SFP選択)
機能仕様	暗号化・復号機能	IEEE 802.1AE準拠
	認証機能	あり
	ブリッジ機能	MAC学習機能
		VLAN機能
		DBA（動的帯域割当て）機能
		優先制御機能
	保守・制御機能	ストーム制御機能 ループ検出機能 ONU誤発光検出機能 各種の警報処理、監視・制御機能

表-2 10G-EPON ONU主要仕様

装置	収容ポート数	1EPONポート/ONU 2Etherポート/ONU
インターフェース	PONインターフェース部	10GBASE-PR30 IEEE 802.3av準拠（光ロス29 dB対応）
	UNIインターフェース部	10GBASE-T/1000BASE-T/100BASE-TX×1 1000BASE-T/100BASE-TX/10BASE-T×1
機能仕様	暗号化・復号機能	IEEE 802.1AE準拠
	認証機能	あり
	ブリッジ機能	MAC学習機能
		VLAN機能
		優先制御機能
	保守・制御機能	ONU誤発光検出機能 各種の警報処理、監視・制御機能

サービス・設備を移行する際、GE-PON OLTではFE-PON ONUの収容が不可であるため、OLT/ONU装置だけでなく、アクセス光ファイバーの敷設を含めた設備投資を一からやり直さなければならないという課題があった。

開発中の10G-EPONシステムでは、図-2に示すようにOLT設備のみを設置し、局舎内の光ファイバーを振り替えるだけで1 Gbpsサービスの継続提供、および10G-EPONシステムへの移行が可能である。10 Gbpsサービスを希望するエンドユーザーは、ONUを10G-EPON ONUに置き換えるだけでサービスのアップグレードができる。また、

10G-EPONシステムへの移行完了後は、GE-PON OLTは撤去することが可能となる。光アクセス設備を設置する局舎が狭隘な場合も多く、限られたスペースの活用観点では旧設備の撤去が有効である。

(2) サービスポリシーに応じた設備投資

10G-EPON OLTでは、GE-PON ONUと10G-EPON ONUの混在収容が可能である。10 Gbps対応のPON光モジュールは、OLTからONUへ向かう下り方向は10 Gbps用が波長1575-1580 nm、1 Gbps用が波長1480-1500 nmであり、それぞれの信号がWDM (Wavelength Division Multiplexing) によっ

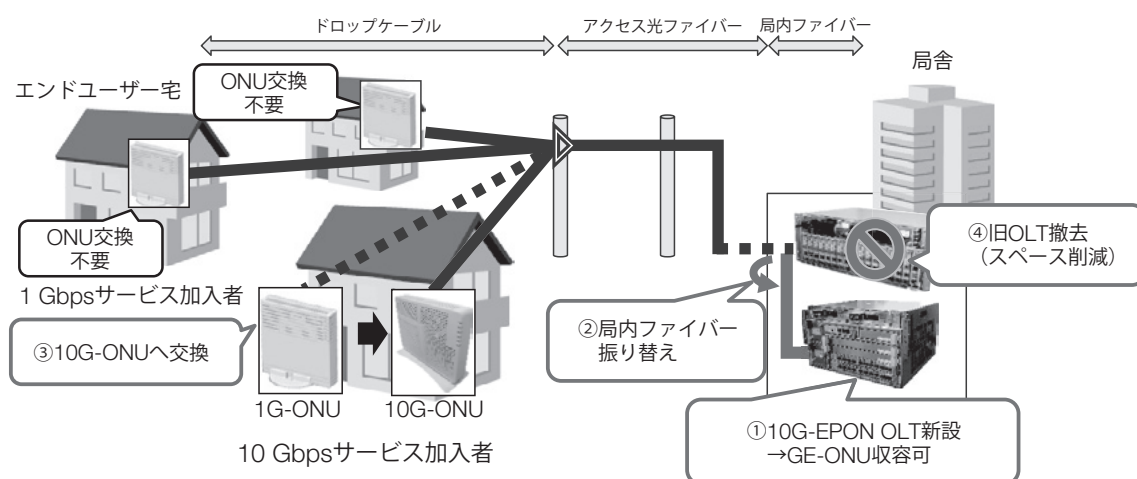


図-2 10G-EPONシステムへのマイグレーション

て合波し光送信する。上り方向では、10 Gbps信号と1 Gbps信号とをTDMA（Time Division Multiple Access：時分割多元接続）によって光受信する。この技術により、混在収容が可能となる反面、10 Gbps対応の光モジュールは、既存の1 Gbpsのみに対応した光モジュールと比較して高価なものとなる。

一方、事業者の1 Gbps超サービスに対するポリシーは、「需要を探りつつも当面の主力サービスは1 Gbps」「全てのFTTHエリアで導入するのではなく需要に応じて徐々に拡大展開」などによって異なる。10G-EPON OLTでは、全ての光インターフェースで10 Gbps対応光モジュールだけでなく1 Gbps専用の光モジュールをプラグابلモジュールとして提供する予定である。これにより、事業者は自身のサービスポリシーに応じたきめ細かな設備選択が可能となる。

(3) オール前面アクセスによる保守性向上

上述したように、光アクセス設備を設置する局舎が狭隘な場合も多くあり、保守作業のためのスペースも限られたものとなる。また、ラック背面に保守スペースを確保できないケースもある。10G-EPON OLTでは、電気・光ケーブルの着脱や保守パーツの交換など、全て装置の前面からアクセス可能な構造としており、保守スペースの削減、保守の作業性向上に寄与する。

(4) 局舎の設備統合

図-3に示すように、GE-PONシステムの既存構

成は、PONインターフェースからは光カプラで最大32分岐され、エンドユーザー宅に設置されるONUに光1芯で接続される。1台のOLTにPONインターフェースを複数収容できるが、OLTはPON機能のみを実現し、Uplink集約機能を持たない。したがって、上位ネットワークへの接続には、必ず一旦集約するためのレイヤー2スイッチ（1次集約スイッチ）が設置されている。

10G-EPON OLTでは、現状のネットワーク構成で必須となる1次集約スイッチの機能を統合した。これにより、局舎設備が統合できるため、スペース・配線工事の削減やオペレーションの統合が可能である。必要に応じて設置される上位の2次集約スイッチ機能は統合せずに残すことにより、不要な機能への設備投資削減と装置の小型化を図っている。また10G-EPON OLTは、装置1台あたり既存GE-PON OLTの4倍のエンドユーザーを収容でき、設備統合による効果は更に大きくなる。

(5) ユーザーループ障害の影響極小化

FTTHアクセスラインは、一般的にレイヤー2ネットワークで構成される。レイヤー2ネットワーク上では、エンドユーザー宅でのネットワーク機器の誤接続などによるブロードキャストストームやマルチキャストストームの発生によって、サービスに悪影響を与えることがある。

このような悪影響への対策として、これまで富士通は、ブロードキャストパケットやマルチキャストパケットの流量をリアルタイムに監視し、しき

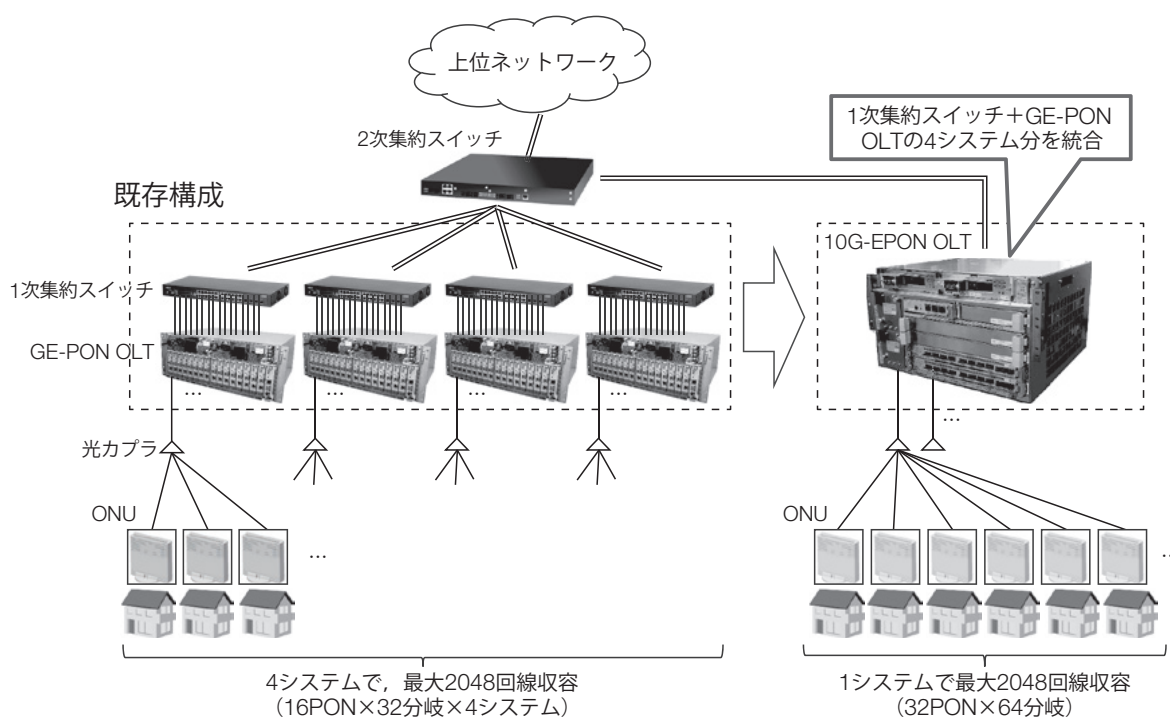


図-3 10G-EPONシステムによる設備統合

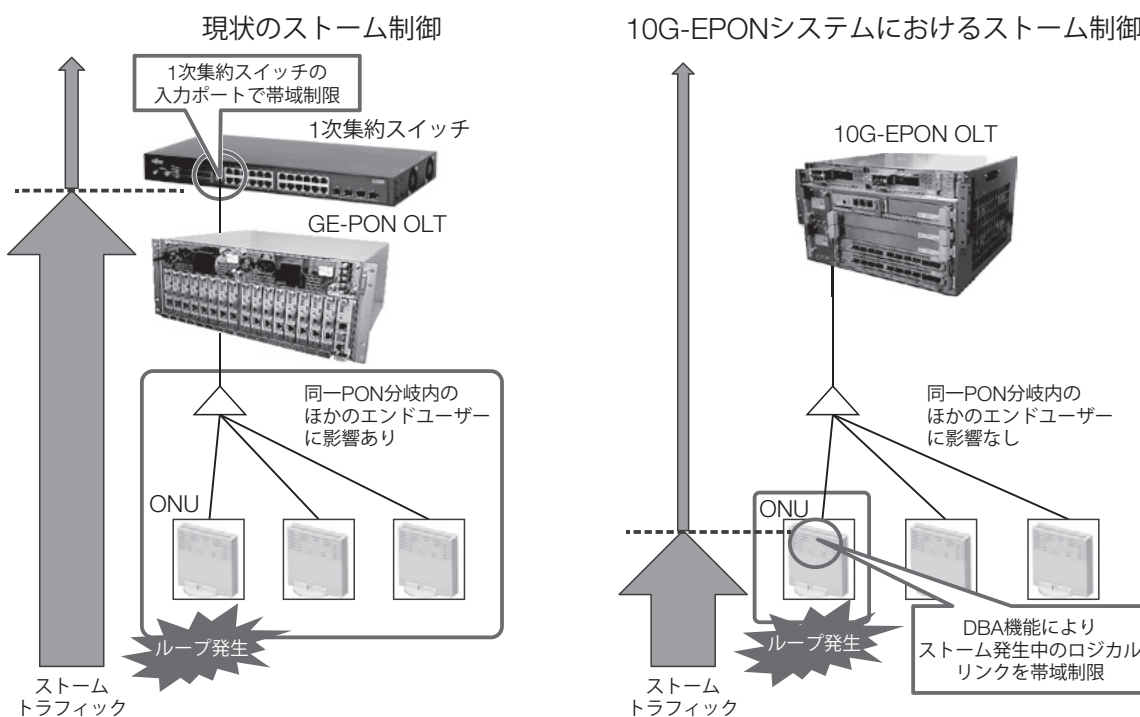


図-4 ストーム制御機能

い値を超過した場合にポート単位で帯域を制限するストーム制御機能を搭載した1次集約スイッチを提供してきた。⁽⁴⁾1次集約スイッチにおける通信帯域

の制限ではループが発生しているエンドユーザーを収容するPON分岐内のほかのエンドユーザーにまでストームの影響が波及する可能性がある。

10G-EPONシステムでもストーム制御機能を搭載するが、図-4に示すようにDBA機能を連携させることで、ループが発生しているエンドユーザーのみの通信帯域を制限できる。これにより、従来の1次集約スイッチで実現した機能に比べ、より影響範囲を極小化できる。

(6) ONU誤発光障害への対応

PONシステムでは、上り方向通信はTDMAにより実現しており、各ONUはOLTから指示されたタイミングのみ発光し、データ送信することが許容されている。しかし、故障などにより意図せず誤ったタイミングでONUが発光してしまい、ほかのエンドユーザーの通信に影響を与える誤発光障害を引き起こすことがある。

10G-EPONシステムでは、ONU側の誤発光によりOLT側で生じる連続した光受信状態を検出する機能を具備する。また、OLTより遠隔オペレーションで個々のONUの光出力を強制停止させる機能を具備しており、障害要因となるONUの切離しまでの時間を大幅に短縮できる。また10G-EPON ONUは、自身の発光状態を監視し、連続発光となる故障状態に陥った場合は、光出力を強制停止する機能も搭載する。これにより、誤発光障害解決までの時間を大幅に短縮することが可能となる。

む す び

本稿では、FTTHサービスを取り巻く環境、およびサービス事業者の期待に対する富士通の取組みについて述べた。また、10 GbpsのFTTHサービス

実現に向けて開発中の10G-EPONシステムの概要と導入効果について紹介した。

今後は、本プラットフォームをベースに、より柔軟なスケールアウトを実現するブレードソリューションの提供を計画している。また将来的には、ソフトウェア機能の仮想環境への切り離しや、NG-PON2など、ほかのアクセス技術への拡張を図り、より多種のサービス収容を検討・実現していく。これらの技術を通して、豊かな社会の実現に貢献する光アクセスプラットフォームの提供を目指していく。

参考文献

- (1) 総務省：電気通信サービスの契約者数及びシェアに関する四半期データの公表（平成27年6月23日）。
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban04_02000092.html
- (2) 総務省：4K・8Kロードマップに関するフォローアップ会合 第二次中間報告（平成27年7月30日）。
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu11_02000058.html
- (3) 島田裕一ほか：高速ブロードバンドサービスを支える光アクセス技術. FUJITSU, Vol.63, No.6, p.689-697 (2012).
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol63-6/paper03.pdf>
- (4) 菊地雅弘ほか：FTTHサービス向けレイヤー 2光アクセススイッチ. FUJITSU ACCESS REVIEW, Vol.16, No.1, p.21-30 (2007).

著者紹介



新井正博 (あらい まさひろ)

ネットワークプロダクト事業本部第二
オプティカルシステム事業部 所属
現在，光システムの開発に従事。



川上貴士 (かわかみ たかし)

ネットワークプロダクト事業本部第二
オプティカルシステム事業部 所属
現在，光システムの開発に従事。



当摩栄作 (とうま えいさく)

ネットワークプロダクト事業本部第二
オプティカルシステム事業部 所属
現在，光システムの開発に従事。



坂井典生 (さかい のりお)

ネットワークプロダクト事業本部第二
オプティカルシステム事業部 所属
現在，光システムの開発に従事。