

次世代PON動向とOKIの取り組み

向島 俊明

国内でのブロードバンドサービスの契約数は順調な伸びを見せており2008年12月末時点で3,011万契約を超えた。この中でFTTH (Fiber To The Home) 契約者数が1,442万と全体の47.9%を占めるまでになり、DSLに代わってブロードバンドにおける主役となった¹⁾。

インターネットトラフィックもYouTubeなどの登場で堅調に増加を続け、ブロードバンド契約者の2008年11月の月間平均トラフィックは、1年前に比べて上り下り共に約1.3倍の伸びを示している²⁾ (図1)。

また、2008年3月末から次世代ネットワークNGN (Next Generation Network) を利用したIPTV (Internet Protocol Tele-Vision) や帯域保証型の新しいサービスも開始された。高画質映像系サービスの拡大やオンラインゲームの普及などにより、今後もトラフィックが増大していくと予想される。

このような中、今後の光アクセスシステムの高速化を目指し、次世代PON (Passive Optical Network) の標準化が行われている。本稿では次世代PONに求められる要求条件、IEEE (Institute of Electrical and Electric Engineers) およびFSAN (Full Service Access Network) /ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector) での標準化状況、OKIの取り組みを紹介する。

ブロードバンド (DSL,FTTH) 契約者のトラフィック (月間平均) 推移

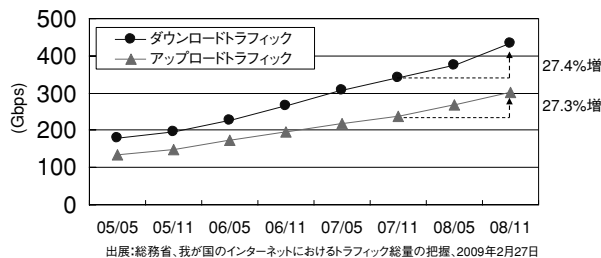


図1 国内のインターネットトラフィックの推移

現在の光アクセスシステム構成

図2に現在のFTTHサービスで使用されている光アクセスシステムの構成例を示す。

イーサネットデータ通信用にGEPON (Gigabit Ethernet Passive Optical Network) が使用されており、局側にはOLT (Optical Line Terminal)、ユーザー宅内にはONU (Optical Network Unit) が設置される。GEPONの伝送速度は下り1.25Gbps、上り1.25Gbps、波長は下り1490nm、上り1310nmが使用される。弊社でも現在IEEE802.3ah標準に準拠したGEPONシステムを通信事業者殿や地方自治体殿に納入している³⁾。

映像配信は大別して2つの方式があり、1つはGEPONとは別の3波目の波長1550nmを使用して映像配信する方式である。この場合、局側にはVOLT (Video OLT)、ユーザー宅内にVONU (Video ONU) が設置され、GEPONとは局内、ユーザー宅内ともにWDM (Wavelength Division Multiplexing) を使って波長の合波および分波が行われる。もう1つはGEPONシステム内のイーサネットデータ内にIP化して映像配信する方式である。この場合、局側には映像配信サーバ、ユーザー宅内にはSTB (Set Top Box) が設置される。

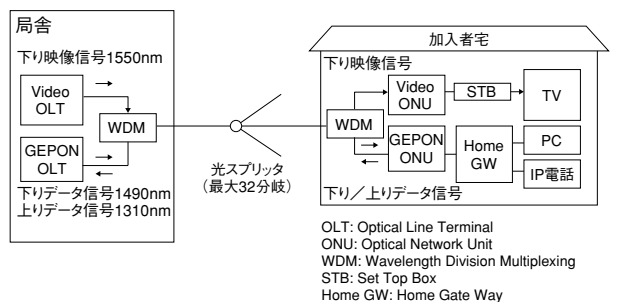


図2 現在の光アクセスシステム構成

PONシステムの変遷と方向性

図3にPONシステムの変遷と今後の方向性を示す。

2000年前半からIEEE802.3ah標準のGEPONとITU-T G.984シリーズ標準のGPON (Gigabit capable PON) の2つのPONシステムが開発され、GEPONは主に日本、韓国などアジア、GPONは主に北米、欧州で導入されている。

今後のPONシステムの方向性としては、TDM (Time Division Multiplexing) 技術による高速化とWDM (Wavelength Division Multiplexing) 技術による大容量化があり、伝送速度の10Gbpsも高速化の1つである。また、TDM技術とWDM技術を組み合わせたハイブリッド型による大容量化やOCDM (Optical Code Division Multiplexing) 技術による多分岐・大容量化の研究開発などが行われている。OKIではこれまでにSTM-PON、ATM-PON、GEPONと各種PONシステムの商品化してきた実績があり、帯域制御などのPONシステム技術を強みとして次世代PON検討に取り組んでいる。また、将来のPONシステムの大容量化に向けたOCDM技術の研究開発も行っている⁴⁾。

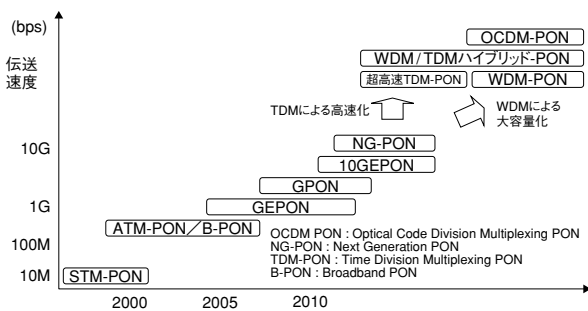


図3 PONシステムの変遷と方向性

次世代PON標準化動向

次世代PONに対する要求条件は、光インタフェースの高速化、光ファイバ・光スプリッタなど敷設済設備の使用、既存PONや映像配信システムとの共存の3つである。

次世代PONの標準化はIEEEとFSAN/ITU-Tで検討が行われており、以下に現状と今後の予定について述べる。

(1) IEEE802.3av (10GEPON)

GEPONが普及し始めた2006年3月から10Gbps化の議論が開始され、2006年7月にIEEE802.3avとしてタスクフォースが設立され10GEPON標準化が始まった。

10GEPONではGEPON標準規格に下り10Gbps、上り10Gbps、の対称型と下り10Gbps、上り1Gbpsの非対称型のインタフェース規定を追加すると共に、1Gbpsと10Gbpsが共存可能なMAC (Media Access Control)

プロトコル規定が追加された。

① PMD (Physical Media Dependent) 層

光ファイバ、光スプリッタなど敷設済設備や既存システムとの共存を考慮しての光許容損失29dBの対称型PR30、非対称型PRX30が新たに規定された。

PR30規定に当たっては下りOLT用送信光デバイスとして高出力EML (Electro Absorption Modulator integrated LD) レーザ、受信光デバイスとしてAPD (Avalanche Photo Diode) を、上りONU用送信光デバイスとして経済性を考慮した高出力DFB (Distributed Feedback) レーザを、受信光デバイスとしてAPDを想定して仕様が決められた。表1に主要規定を示す。

表1 10GEPONの主要PMD規定

項目	PR10 (下り10G/上り10G)	PR20 (下り10G/上り10G)	PR30 (下り10G/上り10G)	PRX30 (下り10G/上り1G)	
ロスバジェット	20dB	24dB	29dB	29dB	
波長	下り	1577nm			
	上り	1270nm		1310nm	
レベル ダイヤ	下り	送信 +2~+5 dBm	+5~+9 dBm	+2~+5 dBm	+2~+5 dBm
	上り	受信 -20.5 dBm	-20.5 dBm	-28.5 dBm	-28.5 dBm
	下り	送信 -1~+4dBm	-1~+4 dBm	+4~+9 dBm	+0.62~+5.62 dBm
	上り	受信 -24 dBm	-28 dBm	-28 dBm	-29.78 dBm ^{*1)}
ペナルティ	下り	< 1.5 dB	< 1.5 dB	< 1.5 dB	< 1.5 dB
	上り	< 3.0 dB	< 3.0 dB	< 3.0 dB	< 1.4 dB
消光比	< 6 dB				
FEC アルゴ リズム	下り	RS (255,223) 必須			
	上り	RS (255,223) 必須		RS (255,239) オプション	

*1) PRX30上り1Gの受信パワーは誤り率10⁻¹²規定。その他10Gの受信パワーは誤り率10⁻³規定

波長については既存システムやITU-TのG.984.5規定などを考慮して検討され、下りはWDM多重、上りはTDM多重を前提とした下り波長1577nm (波長幅5nm)、上り波長1270nm (波長幅20nm) が規定された。

同一ODN (Optical Distribution Network) 上で既存GEPONと10GEPONの上りTDM多重を経済的に実現する必要がある。このための重要技術としてOLT側の1G/10G Dual rate光パースト受信技術が挙げられる。

これは1つの受信器で1Gbpsと10Gbpsの光パースト信号を受信しデータを識別するものである。

② PCS (Physical Coding Sublayer) 層

10GEPONでは光部品に対する要求仕様の緩和によるシステムの経済化を目的としてFEC (Forward Error Correction) の適用が必須となった。FEC符号としては誤り訂正能力と実装容易性を考慮した検討が行われ、リードソロモンRS (255,223) 符号が採用された。この結果、PCS層では64B/66B符号を適用し、FECパリティ調整用のアイドル制御・挿入部、符号復号部、同期部が

追加規定された。

FECの訂正能力としては、PMA (Physical Medium Attachment) 層からのデータが誤り率 10^{-3} で入力された場合、FECの誤り訂正能力によって誤り率 10^{-12} 以下に改善されることを想定している。

③ MPCP (Multi Point Control Protocol) 層

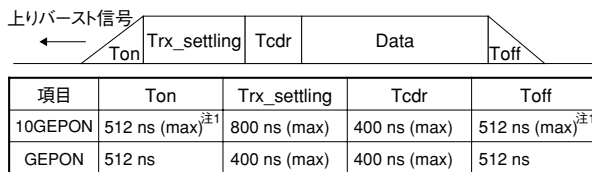
既存システムおよび10GEPONで規定される対称 (下り10Gbps、上り10Gbps)、非対称 (下り10Gbps、上り1Gbps) の共存を実現するための仕様が追加された。

ONU登録・削除機能は、ONUが10Gbps ONUか1Gbps ONUかを認識して起動しなければならないため、Dual rate対応のDiscoveryウインドウやGateフレームが拡張された。

10Gbpsと1Gbpsの混在収容での動的帯域割り当てDBA (Dynamic Bandwidth Allocation) は標準化対象範囲外ではあるがMPCP (Multi Point Control Protocol) 制御の実現性などを装置実装に当たっては検討していく必要がある。

図4に上りバーストフレーム信号と規定値を示す。

バーストフレームはレーザON/OFF時間 (Ton/Toff)、受信器設定時間 (Trx_settling)、クロックリカバリ (Tcdr) 時間から構成される。レーザON/OFF時間についてはGEPONでは512nsと固定値であったが、10GEPONでは可変設定可能となっており、レーザON/OFF時間をONUからOLTに通知する。これによってオーバーヘッドを適切に設定可能となるためシステムの帯域使用効率の向上が期待される。



注1) 10GEPONではTon / Toff 可変設定可能。

図4 バーストフレーム信号と規定値

図5に既存GEPONと共存可能な10GEPONシステムを示す。弊社ではGEPONおよび映像配信システムなどの既存システムとの共存必要性や共存のための10Gbps上り1270nm波長規定などの提案^{5) 6)} を行い標準化に積極的に取り組み、10GEPON標準化に貢献できたと考える。また、省電力の必要性に着目し、スリープモードによる省電力化の仕組みに関する提案も行っている⁷⁾。10GEPON標準化は2009年1月現在Draft3.0が発行されており、2009年9月に標準化作業が完了する予定である。

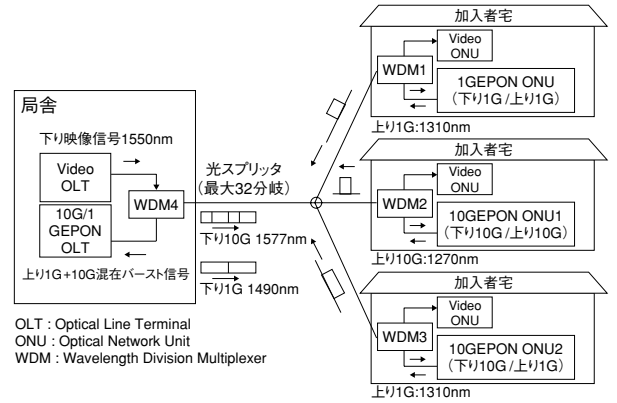


図5 既存システムと共存可能な10GEPONシステム

(2) FSAN/ITU-T

FSANでは2008年1月にNG-PON (Next Generation PON) タスクグループが設立され、ITU-TでのNG-PON標準化に向けた技術白書 (White Paper) が作成された。この技術白書では現在導入されているGEPON、GPONとの共存を要求条件としたNG-PON1と共存を要求条件とせず新技術を利用したNG-PON2とに分類されている。標準化の概略スケジュールはNG-PON1は2009年~2012年、NG-PON2は2013年以降の標準化完了との目標が示されている。

図6にFSANにおけるNG-PONシナリオを示す。

NG-PON1は10GEPONと同様に既存システムとの共存が要求条件とされており、下り/上りの速度によってXG-PON1とXGPON2に分類される。XG-PON1は下り10Gbps、上り2.5Gbpsの非対称型、XG-PON2は下り10Gbps、下り10Gbpsの対称型である。ITU-Tでは、2008年12月の会合でNG-PON1関連の勧告をG.987シ

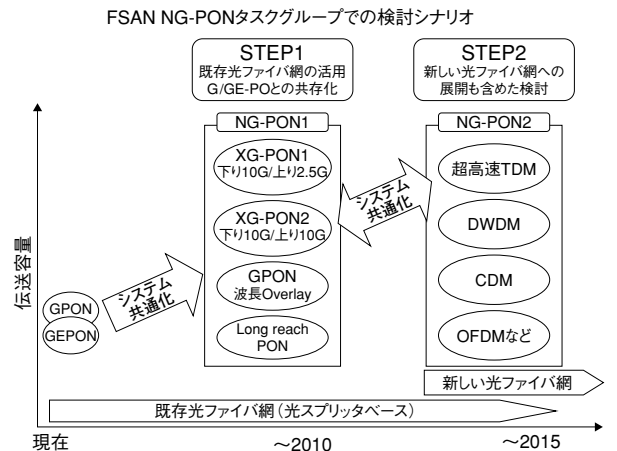


図6 FSANにおけるNG-PONシナリオ

リーズで制定することが承認され、システム要求およびPMD層規定を2009年10月、TC (Transmission Convergence) 層およびOMCI (ONT Management and Control Interface) 層規定を2010年7月基本合意(コンセント) を目標に今後標準化作業を行っていく予定となっている。

また新たな要求条件としてPONの低消費電力化や広域化(多分岐化、伝送距離拡大、パワーバジェット拡大)も検討課題として挙げられている。

ITU-Tにおける次世代PONの標準化に当たっては、光コンポーネントの共通化によるシステム経済化、グローバル展開による市場拡大などのために10Gbps化の標準化作業が進んでいるIEEE802.3av (10GEPON) とこれから標準化されるITU-Tとの連携や仕様統一化などが重要課題になると考えられる。

図7に次世代PONでのITU-TとIEEEとの連携案を示す⁸⁾。

この構成案ではXG-PON1はGPONベース、XG-PON2は10GEPONをベースとした下位レイヤ構成とし、これらの上位側レイヤで処理されるDBA、SEC (Security)、PLOAM (Physical Layer Operation, Administration and Maintenance) 機能とOMCIはXG-PON1とXG-PON2とを共通的に收容する案が出されている。今後はこれをベースにITU-Tでの標準化議論が進んでいく予定である。

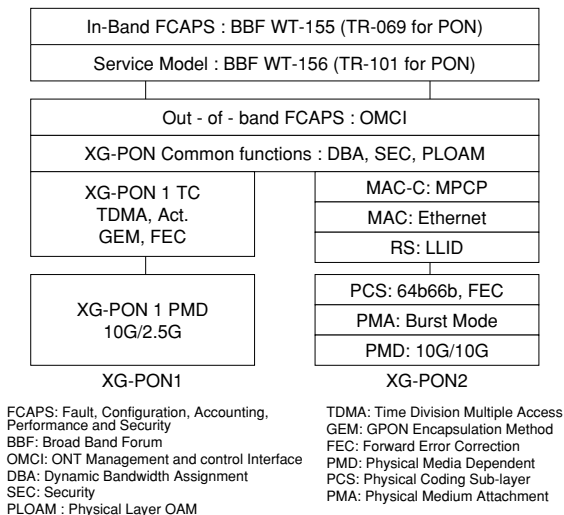


図7 次世代PONでのITU-TとIEEEの連携案

今後の展望

弊社GEPONの後継商品として位置づけられる次世代PON動向について述べた。これまでのPONシステム商品

化で培ったPONシステム技術を強みに、今後もIEEE802.3av (10GEPON) 同様、ITU-T次世代PON標準化活動に取り組む予定である。標準化としてはIEEEとITU-Tでの連携による仕様統一化、スリープモードによる省電力化の仕組み、光アクセスシステムを管理するための汎用OMCなどに対して積極的に活動を実施していく予定である。また、現在の技術を用いた次世代PON装置は既存GEPONに比べて大きさ、コストともに課題があるため、装置の小型、経済化を実現するための研究開発も実施している⁹⁾。今後、標準化動向およびサービス要求など市場ニーズに合わせて商品開発を行っていく予定である。 ◆◆

参考文献

- 1) 総務省平成21年3月18日報道発表資料,
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/090318_1.html
- 2) 総務省平成21年2月27日報道発表資料,
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/090227_3.html
- 3) <http://www.oki.com/jp/GE-PON2/>
- 4) 高品質メディア・アクセスネットワークの研究開発,
http://www2.nict.go.jp/q/q265/s802/seika/h18/seika/102/102_oki.pdf
- 5) http://www.ieee802.org/3/public/jul06/mukoujima_1_0706.pdf
- 6) http://www.ieee802.org/3/av/public/2007_07/3av_0707_uematsu_2.pdf
- 7) http://www.ieee802.org/3/av/public/2008_04/3av_0804_kuroda_1.pdf
- 8) Joint ITU-T/IEEE Workshop on Next Generation Optical Access Systems, Inter-Connected Concepts: Towards a Unified PON System, Geneva 19-20 Jun 08.
- 9) 光インターフェースモジュールを1/20に小型化するFTTH用超小型送受信光回路技術を開発,
<http://www.oki.com/jp/press/2009/05/z09026.html>

筆者紹介

向島俊明: Toshiaki Mukojima. 株式会社オー・エフ・ネットワークス 開発2部