

海外向け10G-EPONシステム

村上 謙* 向井宏明**
能勢英樹*
福田 健*

10G-EPON Systems for Global Market

Ken Murakami, Hideki Nose, Takeshi Fukuda, Hiroaki Mukai

要 旨

グローバル市場におけるFTTx(Fiber To The x)加入者数の推移は、中国及び日本を中心としたアジア・太平洋地域で特に成長が著しい。また、その他多くの国でもブロードバンド網整備の国家政策が施行されており、世界のブロードバンド市場は、継続的な成長を続ける見通しである。

三菱電機は、海外通信事業者のニーズに対応するため大容量化・広帯域化を実現した海外向けGE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)システムを開発した⁽¹⁾。

これに続き、動画共有や高画質映像配信サービスの普及に伴う更なる広帯域化，加入者数増加に伴う長距離・多分岐化・高効率収容の要求にこたえるべく，海外向けGE-PONシステムの次機種として，海外向け10G-EPON(10Gigabit-Ethernet Passive Optical Network)システムを開発した。

このシステムは，通信事業者局舎内に設置される光加入者線端局装置(Optical Line Terminal:OLT)，ユーザー宅内又はユーザービル構内に設置される光加入者線終端装置(Optical Network Unit:ONU)，及びそれらを監視・

制御するオペレーションシステム(Element Management System:EMS)から構成される。海外向けGE-PONシステムに対し，PONポートあたりの加入者収容数を2倍の128加入者，アクセス帯域を10倍の10Gbpsに広帯域化するとともに，既存の1Gbps帯域を持つEPONシステムのONU及びPONラインカードとの混在収容を可能とする。

本稿では，今回開発した海外向け10G-EPONシステムの概要と，このシステムの特長である3つの主要技術について述べる。

(1) PONラインカードアーキテクチャ

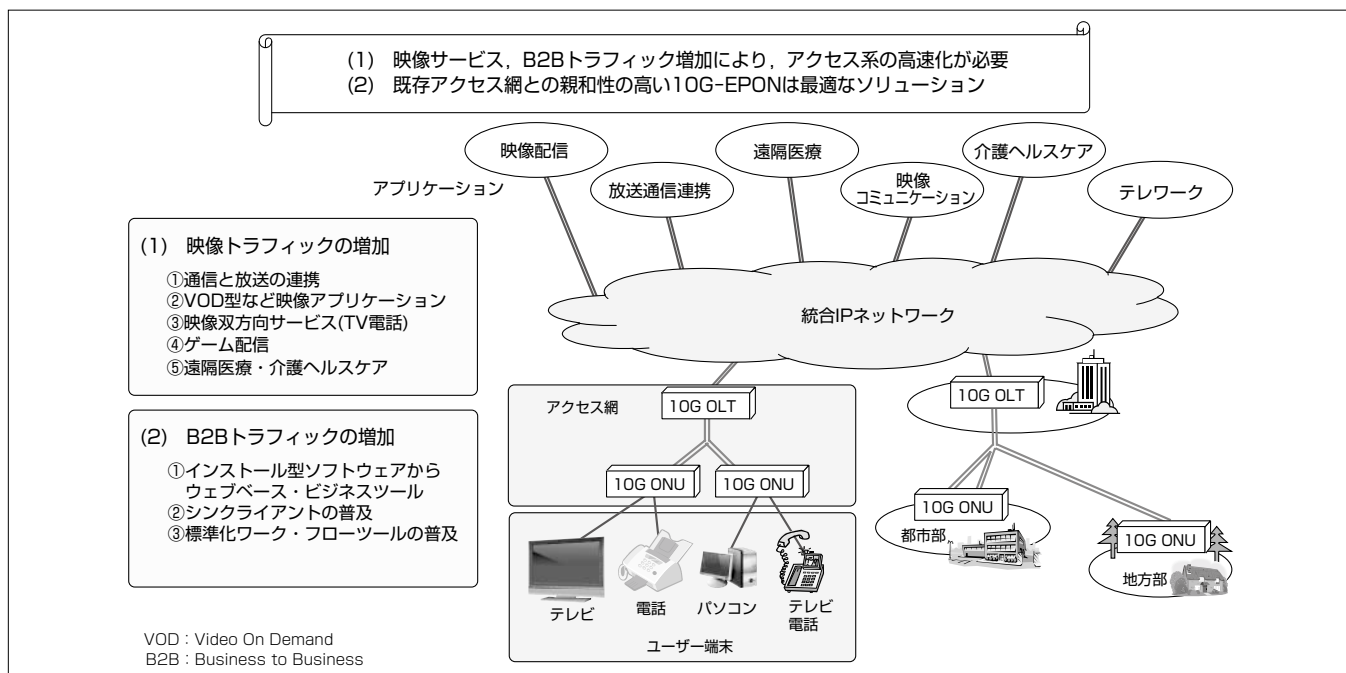
PON終端部と集線部を分離し，集線部チップの機能をフル活用。将来の機能拡充に柔軟に対応可能

(2) 高速バックプレーン伝送

スロットあたり100Gbps，OLTで最大1.6Tbpsの高速伝送を実現。レイヤ2スイッチのマイグレーションによる集線率向上と，アップグレードビリティを確保

(3) パワーセーブ技術

ONUの通信状態に応じたダイナミックな消費電力制御



高速・高効率収容を実現する10G-EPONシステム

当社は，動画共有や高画質映像配信サービスの普及に伴うブロードバンドアクセス回線の更なる高速化，加入者数増加に伴う高効率収容の要求に応えるべく，海外向けGE-PONシステムの次機種として，10G-EPONシステムを開発した。このシステムでは，アクセス帯域を10倍，加入者収容効率を2倍に向上させ，さらに1.6Tbpsの伝送能力を持つバックプレーンを実装しており，今後の多ポート化に柔軟に対応可能である。

1. ま え が き

近年のアクセス回線のブロードバンド化に対して、グローバル市場では、動画共有や高画質映像配信サービスの普及に伴う広帯域化、加入者数増加に伴う長距離・多分岐化・高効率収容に対する要求がある。

本稿では、当社が開発した10G-EPONシステムの装置概要と特長について述べる。2章ではEPONの標準化動向を紹介し、3章ではこのシステムの主要諸元、4章では、このシステムの特長である、PONラインカードアーキテクチャ、高速バックプレーン伝送技術、及びパワーセーブ技術について述べる。

2. 標準化動向

GE-PON標準IEEE802.3⁽²⁾における物理層とMAC(Media Access Control)層の規定に加え、IEEE P.1904.1(Service Interoperability EPON:SIEPON)⁽³⁾で、サービスレベルでの相互接続実現を目的として、2012年6月の標準制定を目標に、保守運用機能、冗長切換え機能等の上位レイヤに関する標準化が進められている(図1)。当社も標準化に参画し、省電力機能、冗長切換えに関する当社提案が採用された。さらに相互接続のための試験仕様も標準化のスコープとなっており、相互接続の気運が高まると予想される。

本稿で述べる10G-EPONシステムは、最新の標準化動向に基づいており、異なるベンダーとの相互接続にも対応可能としている。

3. システム概要

3.1 システム構成

このシステムは、通信事業者局舎内に設置される光加入者線端局装置(OLT)、ユーザー宅内又はユーザービル構内に設置される光加入者線終端装置(ONU)、及びそれらを監視・制御するオペレーションシステム(EMS)から構成されている。OLT筐体(きょうたい)は、海外向けGE-PONシステムと共通で、19インチラックの搭載が可能、OLTに収容可能なPONラインカードの最大数は16枚、さ

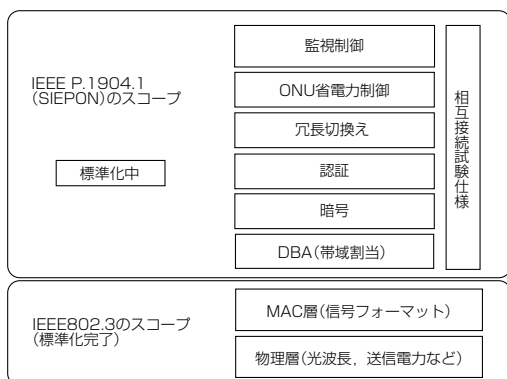


図1. IEEEにおけるEPON標準化動向

らに1G EPONラインカードと10G EPONラインカードの混在収容を実現している。また、PONラインカード、監視制御カード及びレイヤ2スイッチカードは、冗長化を実現可能としている。

3.2 主要諸元

10G-EPONシステムの主要諸元を表1に示す。

4. 主要技術

4.1 PONラインカードアーキテクチャ

表1に示すように、OLTは、レイヤ2スイッチカードを内蔵し、集線機能を具備している。また図2に示すように、10G EPONラインカードは、カードあたり4PONポート収容を実現している。PONラインカードは、光信号-電気信号変換及びクロック同期を行うO/E(Optical/Electrical converter)部、IEEE802.3準拠のMPCP(Multi-Point Control Protocol)/OAM(Operation, Administration and Maintenance)を終端するPON終端部、4PONポートからのトラフィックを集約しOLT内蔵レイヤ2スイッチカー

表1. 10G-EPONシステムの主要諸元

項目	諸元
装置諸元	
ユニットサイズ	19インチラック収容 10U高さ
スロット構成	PONラインカード: 16スロット 監視制御 : 2スロット レイヤ2スイッチ: 2スロット 機能拡張スロット: 2スロット
PONラインカードあたりのポート収容数	4PONポート/カード (最大64PONポート/ユニット)
PONポート速度 (収容可能ONU)	下記3種を同一PONポートで実現 (1) 上り10G/下り10G(対称) (2) 上り1G/下り10G(非対称) (3) 上り1G/下り1G 同一PONポートでONU混在収容可能
PONポートあたりの分岐数	最大128分岐
PON光モジュール	PR30/PRX30準拠XFPモジュール
レイヤ2スイッチ容量	480Gbps
機能諸元	
冗長制御機能	(1) PONラインカード (PONプロテクション機能) (2) 監視制御カード (3) レイヤ2スイッチカード (4) 電源供給 (5) EMS
マルチキャスト機能	SCB(Single Copy Broadcast)による IGMP/MLD転送
保守運用機能	(1) Triple Churningによる暗号化 (2) ONU認証(MACアドレス/ LogicID(Identifier)/混合) (3) プロトコルフィルタリング (4) 統計収集及び統計しきい値警報
その他	
電源電圧	DC-48V
動作温度範囲	0~40℃

XFP : 10 gigabit small Form Factor Pluggable

IGMP/MLD : Internet Group Management Protocol/Multicast Listener Discovery

ドへ転送する集線部を持っている。PON終端部と集線部は、個別のチップで構成しており、PON終端部～集線部間では、LLID(Logical Link Identifier)と内部VLAN ID(Virtual Local Area Network Identifier)を紐(ひも)付けることで、集線部でもLLIDを認識可能としている。

集線部にはスイッチチップを適用し、多様化するサービス収容要求に柔軟に対応可能なトラフィックマネジメント機能やレイヤ3機能を具備している。PON終端部と集線部を個別のチップで構成することで、LLIDを意識した形でスイッチチップのトラフィックマネジメント機能をフルに活用可能とした。このアーキテクチャによって、ユーザー単位・サービス単位のQoS(Quality of Service)制御が可能となり、更なるサービス収容要求や、レイヤ3機能を含む将来の機能拡充に、柔軟に対応可能である。

4.2 高速バックプレーン伝送技術

OLTの10G EPONラインカードには4 PONポートが実装されており、カードあたりのトラフィックは最大40Gbpsとなる。レイヤ2スイッチカード(L2SW)のスイッチ容量は480Gbpsであり、PONラインカードに対しては20Gbpsのインタフェースを具備している。このためPONラインカードからレイヤ2スイッチカードへの転送時に20Gbpsに集線している(集線率50%)。ユーザー収容効率アップのためには、PONラインカード当たりのPONポート数拡張が必要となるが、これに伴う集線率の低下を回避しなければならない。このためには、PONラインカード側の集線率アップや、レイヤ2スイッチカードのスイッチ容量アップだけでなく、カード間すなわちバックプレーンが十分な伝送能力を具備しておく必要がある。高速・大容量伝送のバックプレーン実現にあたっては、信号配線が課題の一つとなる。

当社は、10GBASE-KRインタフェースに基づく10Gbpsバックプレーンシリアル転送によって、PONラインカード(スロット)あたり100Gbps、OLT全体で最大1.6Tbpsの伝送能力を持つバックプレーンを実現した。図3にバックプレーン配線イメージを示す。

一方、スイッチチップの動向に目を向けると、複数の

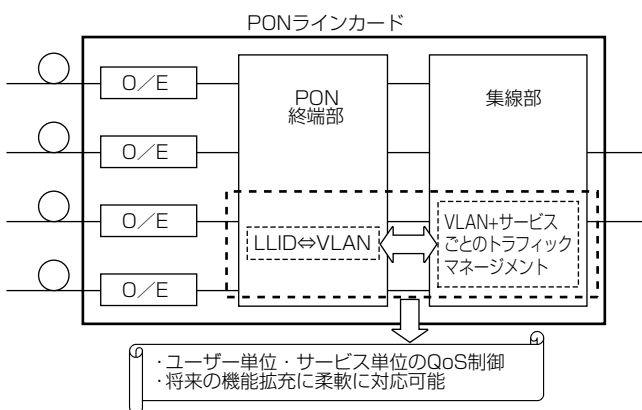


図2. PONラインカードブロック図

10GEポートを具備した大規模スイッチ装置は、これまでコアネットワークでの適用が主流であったが、アクセスネットワークのトラフィック増加に伴い、アクセスネットワークに適用するケースが増えてきている。これに伴い、10GEポートを具備した大容量のスイッチチップやスイッチチップセットが市販されるようになってきている(図4)。

数百Gbpsのスイッチ容量を具備するチップは既に市販されており、これをPONラインカードの集線部に適用することで、例えば図5に示すように、16PONポートを具備するPONラインカードの場合でも、ラインカード(スロット)当たり100Gbpsの伝送容量をフルに活用し、集線率62.5%(160Gbps→100Gbps)を達成できる。

さらに16枚のPONラインカードを集線するレイヤ2スイッチカード側には1.6Tbps分の配線を実装しており、数Tbpsのスイッチ容量を具備するチップをレイヤ2スイッチカードに適用可能にすることで、更なる大容量化への要求に対応可能なアップグレードビリティを確保している。

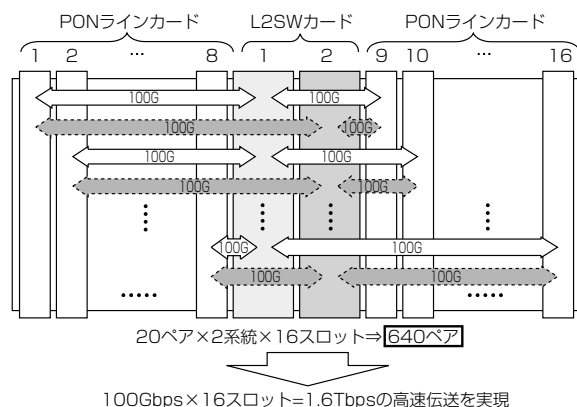


図3. バックプレーン配線イメージ

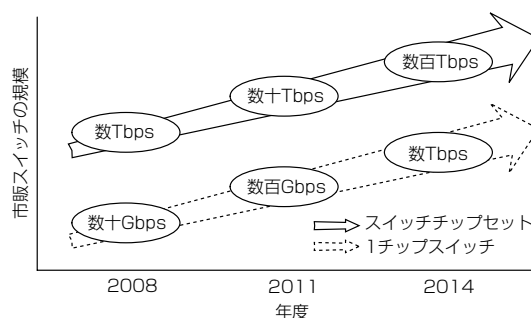


図4. スwitchチップ交換容量のトレンド

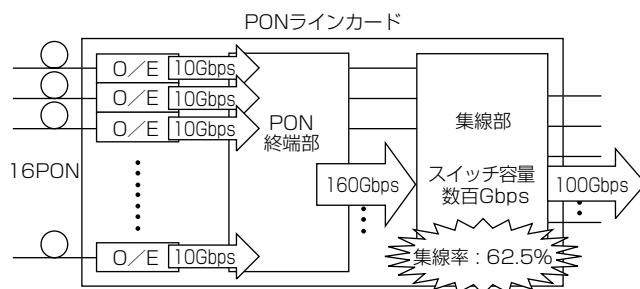


図5. 多ポート化時の集線率維持向上

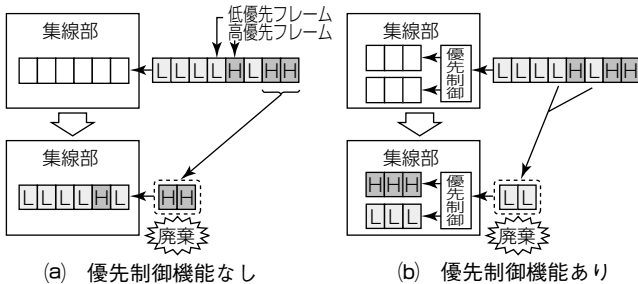


図6. PONラインカード集線部優先制御の効果

4.3 パワーセーブ技術

昨今のエコブームを受け、通信の世界でも、多くの通信事業者が独自の環境基準(省電力基準)を設けて、省電力化に取り組んでいる。ブロードバンドアクセスインフラでは、特にONUの消費電力削減に対し厳しい基準を設けている。

当社は、国内向けGE-PONシステムで、IEEE P.1904.1 (国内仕様: Package B) に準拠したONUパワーセーブ機能を実現した。IEEE P.1904.1では、北米仕様(Package A) 及び中国仕様(Package C) も規定しており、今回開発した海外向け10G-EPONシステムに対し、Package CのONUパワーセーブ機能実装を計画している。

Package CのONUパワーセーブは、OLT主導で制御する。OLTは、各ONUからの上りフレーム及び各ONU宛下りフレームの発生状況を監視しており、あるONUのフレーム送受信が一定時間実施されなかった場合、当該ONUに対しパワーセーブ状態移行指示を送信する。各ONUのフレーム発生状況監視は、ONUによって近い箇所で実施すべきであるため、PON集線部で実施する。ONUはOLTからのパワーセーブ状態移行指示を受信すると、パワーセーブ状態に移行する。なおONUは、1回のパワーセーブ期間で、Sleep状態とWake状態を繰り返す。Sleep時間及びWake時間はEMSから設定可能で、ネットワーク管理者が、パワーセーブ状態からの復帰時間すなわちフレーム遅延時間と、省電力効率のトレードオフから、時間を指定できる。

OLTは、パワーセーブ中のONU宛下りフレームを受信すると、ONUのパワーセーブ状態を解除するために、Wake時間を狙って該当ONUにパワーセーブ状態解除指示を送信する。ONUが本指示を受信すると、パワーセーブ状態を解除し、OLTへパワーセーブ解除完了を通知する。OLTがパワーセーブ状態解除指示を送信してからパワーセーブ解除完了通知を受信する間、OLTは当該ONU宛下りフレームを蓄積する。その間、大量の下りフレームを受信すると、図6(a)に示すとおり、OLTでバッファオーバーフローが発生し、音声や映像等の高優先フレームが廃棄される可能性がある。これを極力回避するため、OLTは優先制御機能を具備し、高優先フレームの廃棄確率を抑制している。具体的には、図6(b)に示すとおり、優先度ごと

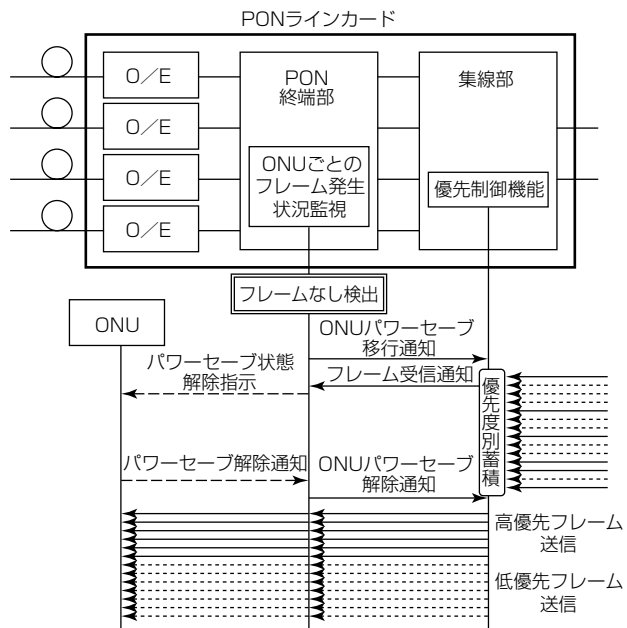


図7. PON終端部と集線部の連携によるパワーセーブ

のバッファを具備し、受信した下りフレームの優先度情報に応じて、蓄積先バッファを決定し、パワーセーブ解除完了通知受信後は、高優先バッファからフレーム送信を行う。優先度情報として、VLANタグ内CoS(Class of Service)を用いる。この優先制御機能は、集線部で実現する。PON終端部チップもバッファは具備しているが、フレーム廃棄発生確率抑制のため、より多くのバッファを具備している集線部チップで実現している。

図7に示すように、OLTは各ONUのフレーム発生状況を監視するPON終端部と、優先制御機能を行う集線部との密接な連携動作によって、サービス品質の確保と同時に省電力化を実現している。

5. む す び

今回開発した10G-EPONシステムでは、多分岐、広帯域化を実現した。またこのシステムは、更なる大容量化や低消費電力化を見据えた実装及び装置アーキテクチャを採用している。当社は、10G-EPONシステムに対し、今後も大容量化、低消費電力化等の性能改善を進める予定である。

参 考 文 献

- (1) 福田 健, ほか: 海外向け次世代EPONシステム, 三菱電機技報, **85**, No.6, 333~336 (2011)
- (2) IEEE Std 802.3 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection(CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications (2008)
- (3) IEEE P1904.1 Service Interoperability in Ethernet Passive Optical Networks(SIEPON) (2012)