



光アクセスGE-PONシステム MileStar™

榊 正彦 川口 和穂

インターネット利用者の急増により、ADSLの普及率が急激に伸びている。ブロードバンドネットワークの普及は、現状ではADSLが牽引している状態である。

IT技術普及促進を掲げた国家施策であるe-Japan戦略に後押しされ、ブロードバンドネットワークが更に普及し広帯域コンテンツサービスが創出される。これにつれて、ブロードバンドネットワークの主力はADSLからFTTH（Fiber To The Home）へと移行すると予測される。

FTTHの普及により光ファイバを有効に利用し今後のブロードバンドサービス対応をめざす通信事業者向けに、当社はFTTHネットワーク構築に最適な光アクセス GE-PONシステムMileStarを開発した。光ファイバの効率的な利用を可能とするPON技術に、ギガビットイーサネット技術を取り込み、業界で初めて1Gbit/sという超高速のアクセス区間通信を実現した。

本稿では、光アクセス GE-PONシステムMileStarの構成と特徴について述べる。

GE-PONシステムの概要

(1) 背景

現在、ネットワークはこれまでの音声を中心とした機能からデータネットワークを中心とした機能に抜本的に転換されている。

このネットワークの革新の動きに合わせアクセス網は光ファイバ網の適用による広帯域化が求められると同時にユーザ端末とのシームレスな接続が可能なデータ転送に適した機能を具備することを求められている。

このような要求に応え、B-PON方式、メディアコンバータ方式が登場し、よりさらに広帯域化、廉価性を目指してGE-PON（Gigabit Ethernet - Passive Optical Network）方式の研究が進められている。

(2) 標準化動向

Gigabitクラスの広帯域PON（Passive Optical Network）方式はFSAN/ITU-Tで議論されているG-

PON（Gigabit-PON）方式とIEEE 802.3委員会で審議されているGE-PON方式の2方式が有力である。G-PONも有力であるが、GE-PONの標準化が先行しているため、GE-PONによる早期の実用化が期待されている。GigabitクラスのPONを早期に市場投入するために、当社はGE-PONをベースに独自の仕様を加えた方式をGE-PONシステム MileStarに用いた。

(3) GE-PONシステムの技術的特徴

(a) 概要

GE-PON方式はセンタ側装置（OLT:Optical Line Terminal）とユーザ側装置（ONU:Optical Network Unit）の間を光ファイバで接続する方式で、1個のOLTとN個のONUを1:Nの光スプリッタで接続するPONトポロジを用いている。このトポロジを用いPON速度を従来の150M、600Mに対して1Gbit/sと飛躍的に広帯域化していることを最大の特徴とする方式である。以下にGE-PON方式の技術要素について概要と主要な仕様を述べる。

(b) PONインタフェース方式

①光インタフェース

GE-PON方式のPMD（Physical Medium Dependent sublayer）機能は光インタフェースで、下り（センタからユーザ方向）に1490nm、上り（ユーザからセンタ方向）に1310nmの波長を割り当てたWDM方式で両方向多重している。表1に光インタフェース仕様を示す。

GE-PON方式光インタフェースを実現する上での最大のポイントは、上り方向におけるバースト信号の送信機/受信機の高速度性能の向上である。とりわけOLTの受信機では、異なる送信機からの、受信レベルが相違する入力信号に対し、PONの利用帯域の効率を考慮した短いプリアンプル信号で同期を取ることは、信号速度が1Gbit/sという高速であるため大きな課題であった。GE-PONシステムの開発にあたっては受信レベル変動に対して高速に応答する受信信号制御技術などATM-PON等の開発で蓄積した技術を活用している。

表1 光インタフェース仕様

項目	下り仕様	上り仕様	備考
波長	1490nm	1310nm	WDM方式
伝送速度	1.25Gbit/s	1.25Gbit/s	
分岐数	32分岐		最大線路ロス：25dB
伝送距離	最大20km		
伝送符号	8B/10B符号		

②PONインタフェース論理仕様

GE-PON方式のインタフェースについて、下りには1000BASE-X方式と同様にMACフレームをバケット多重した信号を用いる。上り信号には、PONに接続された個々のONUからのバースト信号をTDMA多重した信号を用いる。表2にPONインタフェースの論理仕様を示す。

表2 論理インタフェース仕様

項目	下り仕様	上り仕様
多重方式	TDM方式	TDMA方式 (Burst多重)
多重制御	なし	MPCP制御
多重数	32	
帯域制御	フェアシェア	DBA制御
最大帯域	900Mbit/s以上	800Mbit/s以上

③PONインタフェースフレーム

GE-PON方式の上り信号フレームフォーマットは、各ONUからのバースト信号がTDMA多重されたフォーマットである。図1に上り信号フォーマットを示す。

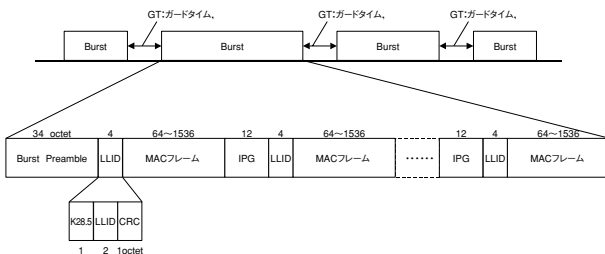


図1 上り信号フレームフォーマット

PONのフォーマットはEthernetのフォーマットがベースであるが、受動素子の光スプリッタを用いて複数のONUから送信される信号をバケット多重するため、次のような独特のフォーマットを用いている。

- 各ONUはバースト状に送信する。
- 各ONUのタイミングの偏差を吸収するため、各バースト間にガードタイム（無信号区間）を設ける。
- 各バースト信号の先頭には受信側の信号再生機能を同期するためのプリアンブル信号を有する。

- 物理的に多重された信号上で送信元のONUを識別するためLLID（Logical Link ID）を各フレームに付加する。

④時刻同期

PON方式で各ONUの上り信号を多重するには、OLTと各ONU間で時刻同期が取れている必要がある。

この時刻同期を取る方式については、標準化で提唱されている方式をベースに用いて、OLTがONUに対して送信許可のため発行するGateフレームに埋め込まれたタイムスタンプを用いて同期状態を維持する方式を採用している。すなわち、OLTが、自局マスタカウンタの現在値をタイムスタンプ情報としてONUに送信し、ONUは受信したタイムスタンプ値に合わせて自局のマスタカウンタ値を更新する方式である。この方式を用いることにより、ONUは、独立同期方式で動作することができ、従属同期装置に必要な高精度のPLLが不要でコスト低減に寄与できる構成となっている。

⑤MPCP機能

MPCP (Multi-Point Control Protocol) 機能は、1) PONに接続された複数のONUをOLTが認識し、各ONUとOLTの間で通信するために必要なRTT (Round Trip Time : OLTからONUまでの往復遅延時間) 測定、LLIDの付与などを行う機能、2) 各ONUにタイムスロットを割り当て、各ONUからの上りバースト信号を時間軸上に多重する多重制御機能、3) ONUとOLT間の時刻同期機能、の3つの機能である。

以下にMPCPの機能の概要を示す。

Discovery : PONインタフェースに接続されたONUを検出しOLTに接続させる機能であり、RTT測定、LLIDの付与の機能を有する。Discovery機能はその各手順において表3に示す機能を有する。

表3 Discovery機能

項目	機能	備考
Discovery	Discovery window 設定	
Register request	ONU検出 RTT(Round Trip Time)測定	
Register	LLID(Logical Link ID) 付与	LLID数 : 32
Register Ack	Discovery 完了	

Report:上り信号の送出要求（送信octet数等）をONUからOLTに通知する機能である。

Gate : 上り信号の送出許可、送出許可時間、送出許可量を各ONUに通知する機能で、測定されたRTTに基づき各ONUの送信時刻を制御することによりPONインタ

フェース上のバースト信号多重を制御する機能である。

⑥DBA機能

DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) 機能は MPCP機能に含まれるGate/Report機能を活用し、各ONUの送信するバースト信号の配列を制御するとともに各ONUに配分する上り信号帯域を制御する機能である。

Report機能によりOLTに通知された各ONUの送出要求をDBA機能により処理し、配置された結果を用いGate機能により上りバースト信号配置を制御するのである (図2, 表4)。

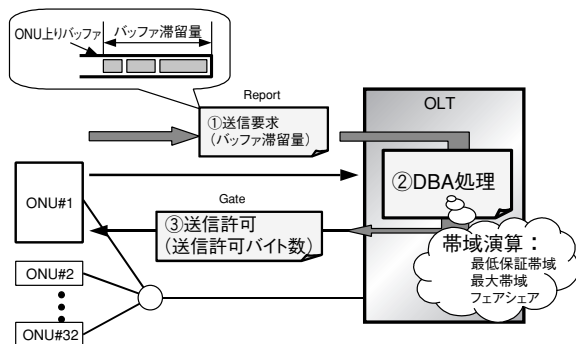


図2 DBA機能と上り帯域制御

表4 DBA機能仕様

項目	仕様
制御内容	帯域制御、バースト配置
帯域制御項目	最低保証帯域 最大帯域 余剰帯域分配
制御周期	330 μ s

⑦セキュリティ機能

PON方式では下り信号は複数ユーザ向け信号が多重され、光スプリッタにより全てのユーザに分配される。このため、あるユーザ宛ての信号を他ユーザに読み取られない仕組みが必要である。本システムでは、下り信号に対してATM-PONシステムで用いたChurning方式の暗号化を採用している。暗号化のキーを各ONUが個別に生成することで他ユーザによる解読を防止している。

GE-PONシステム MileStarの概要

(1) GE-PONシステム MileStarの構成

MileStarはセンタ側装置 (沖名称: ELT Ethernet Line Terminal) とユーザ宅内側装置 (沖名称: ENT Ethernet Network Terminal) およびこれらの管理を行なう監視制御システム (沖名称: EMS Equipment Management System) より構成されている (図3)。

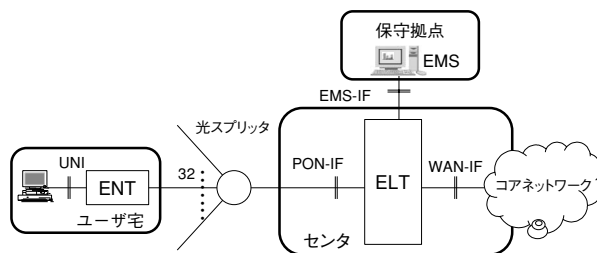


図3 沖GE-PONシステム構成

(2) MileStarの特徴

以下にMileStarの特徴を示す。

- ①ELT装置一台で最大512ユーザを収容することができる。このため、大規模需要地域での設置効率の向上、設置スペースの節約を実現可能である。
- ②上り下りとも1Gbit/sの高速インタフェースを実現しているため、インタラクティブサービスのように双方向とも高速通信が必要なサービスに対応が可能である。
- ③1.55 μ m帯の映像配信信号の多重を考慮し、PONインタフェースの使用波長として上り: 1.31 μ m, 下り: 1.49 μ mを採用しているため、1.55 μ m帯の映像信号と併用が可能。このため、一芯の光ファイバでデータ通信サービスと放送配信サービスを同時提供が可能である。
- ④DBA制御機能による帯域制御機能と優先制御機能を具備しており、サービスごとの品質要求に応じた品質で複数のサービスを同時に提供することが可能である。
- ⑤VLAN機能をサポートしVPN (Virtual Private Network) の構築に対応可能である。

(3) ELT装置の構成

ELTは19インチキャビネットに搭載可能な装置でユニット型のシャーシタイプと、ピザボックスタイプがありシステム適用の地域状況や設置箇所の設備状況などに応じて選択可能である。ELTはインタフェース部 (ELT IF) と制御部、電源部等を有する共通部から構成され、ELT IF はPONインタフェースとWAN (Wide Area Network) インタフェースをそれぞれ1系統収容している。PONインタフェースは32のENTが接続可能であり、またWANインタフェースは100BASE-TX, 1000BASE-X (T/SX/LX) 各種から選択可能で、接続するネットワーク設備状況に対応できる。シャーシタイプの場合はこれらELT IFを16枚、ピザボックスタイプの場合は2枚収容できる。シャーシタイプ一台のELTで最大512ユーザの接続が可能である。

表5 ELT装置仕様

項目	シャーシ型ELT	ピザボックス型ELT
実装	19インチラック搭載(5U高) 16PONポート収容 最大512加入者収容	19インチラック搭載(1U高) 2PONポート収容 最大64加入者収容
WANポート	100/1000BASE-T、1000BASE-SX/LX	
保守・運用	前面アクセス (ケーブル、パネルは前面からアクセス可能) ELTIF・制御部・電源部・FANは交換可能	
試験機能	ループバック機能・試験パケット挿入/検出	
電源	AC100V or DC-48V 2重化冗長可能	
EMI	VCCI class A	
温湿度条件	0℃~40℃/20%~90%	

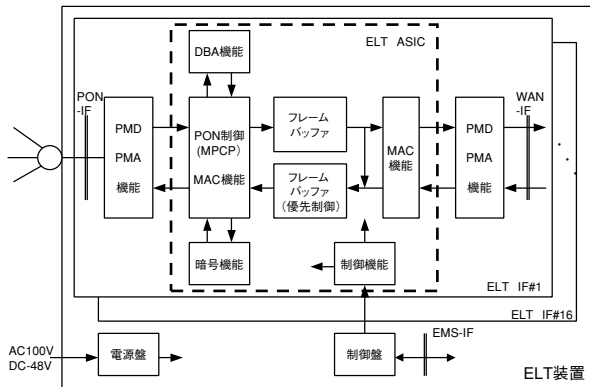


図4 ELT装置構成 (シャーシユニット)

表5にELT装置の主要仕様、図4に機能ブロック図を示す。

(4) ENT装置の構成

ENTはユーザ宅に設置する装置で、PONインタフェースとUNI (User Network Interface) をそれぞれ1系統収容する。

表6にENT装置の主要仕様、図5にENT装置の構成を示す。

PONインタフェースの最大伝送距離に応じて10km伝送タイプのENT (タイプ1) と、20km伝送タイプのENT (タイプ2) がありセンタ配置、光ファイバ網の状況に応じて選択することができる。UNIは10BASE-T、100BASE-TXを選択可能である。ENTの設置は横置き、

表6 ENT装置仕様

項目	ENT
UNIポート	10/100BASE-TX 1ポート
登録機能	ロータリSWによるENTNo指定機能
試験機能	ループバック機能
電源	AC100V
EMI	VCCI class B
温湿度条件	0℃~40℃/20%~90%

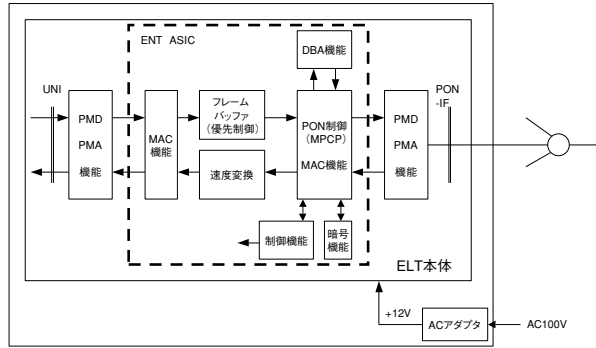


図5 ENT装置構成

縦置き、壁面設置の設置方法が可能でユーザ宅の状況に柔軟に対応可能である。

今後の展望

FTTHはいずれブロードバンド回線の主役に躍り出るであろう。急増するFTTH加入者に対応すべく、運用管理の容易化に向けたONUのマルチベンダー化の期待が増大すると思われる。

IEEE802.3委員会での標準化が2004年6月に予定されており、ONUのマルチベンダー化のために標準対応を図っていく予定である。

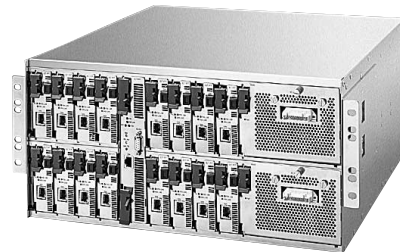


写真1 MileStar BM1410



写真2 MileStar BM1430

● 筆者紹介

榊正彦：Masahiko Sakaki,株式会社オー・エフ・ネットワークス 事業企画部 担当部長

川口和穂：Kazuho Kawaguchi,株式会社オー・エフ・ネットワークス 開発部 課長