

10G-EPON向け光トランシーバ

後藤秀樹* 吉間 聡**
 井川英哲*
 大村多聞*

Optical Transceiver for 10G-EPON

Hideki Goto, Eitetsu Igawa, Tamon Omura, Satoshi Yoshima

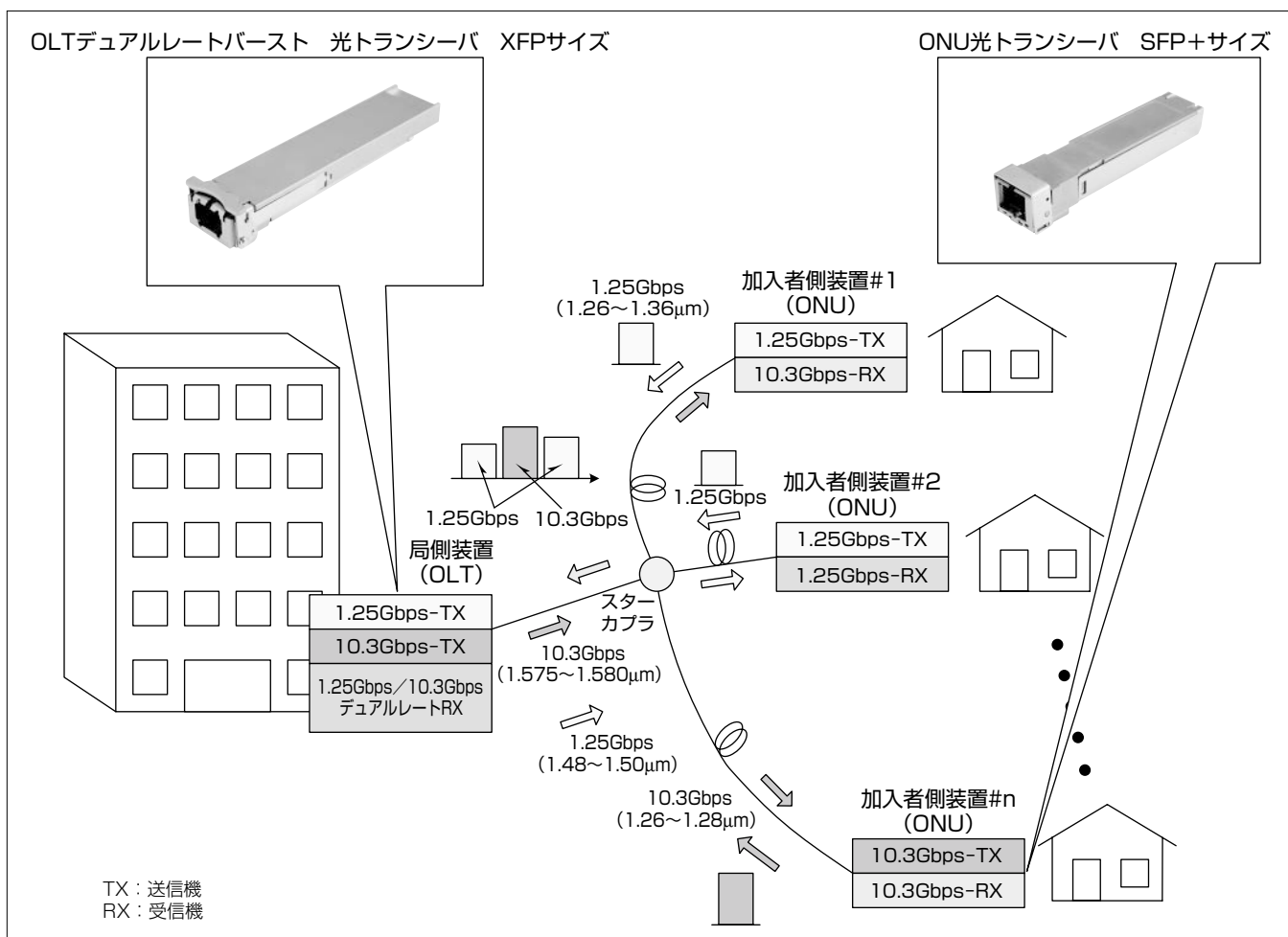
要 旨

動画共有、高画質映像配信サービスの普及によるインターネットトラフィックの増加を受け、次世代光アクセスシステムである10G-EPON(10 Gigabit Ethernet Passive Optical Network)システムへの期待が高まっている。

10G-EPON国際標準規格IEEE 802.3av-2009の標準化と並行して、三菱電機では、IEEE802.3av PR30規格準拠の局側装置(Optical Line Terminal: OLT)用デュアルレート対応光トランシーバと、加入者側装置(Optical Network Unit: ONU)用光トランシーバを開発してきた。

今回、小型化と汎用性に対する市場のニーズに合わせ、OLT用光トランシーバをXFP(10 gigabit small Form Factor Pluggable)サイズ、ONU用光トランシーバをSFP+(Small Form-factor Pluggable plus)サイズを実現し、IEEE802.3 avPR30規格準拠の性能を満足した。

本稿では、10G-EPONシステムの構成と、開発した10G-EPON向け光トランシーバの製品概要、コア技術であるデュアルレートバースト通信技術について述べる。



10G-EPONシステム

10G-EPONシステムは、局側装置(OLT)と複数の加入者側装置(ONU)間をスターカプラを用いて光ファイバで接続する。OLTからONUへの下り方向の通信は、波長1.48~1.50μmの1.25Gbps信号と1.575~1.580μmの10.3Gbps信号の波長多重によって行う。ONUからOLTへの上り方向の通信は、各ONUから送出される波長1.26~1.36μmの1.25Gbps信号、又は、波長1.26~1.28μmの10.3Gbps信号が衝突しないように送出タイミングを制御する時分割多重によって行う。

1. ま え が き

多チャンネル高精細動画配信サービスやクラウド通信サービスなど情報化社会の進展に伴うトラフィック増大によって、ブロードバンドサービスの中でもFTTH(Fiber To The Home)の普及が進んでいる。特に日本では、FTTH加入者数が2011年9月には2,142万を突破し、ブロードバンド加入者数全体の59.1%のシェアを占める。今後、更なるトラフィック増加に対応するため、現在FTTHの主流であるGE-PONの伝送速度を10倍とした10G-EPON導入への期待が高まっている。

本稿では、10G-EPONシステムへ適用するOLT用デュアルレート光トランシーバとONU用光トランシーバの製品概要と、コア技術であるデュアルレートバースト通信技術⁽¹⁾について述べる。

2. 10G-EPONシステム

図1に、10G-EPONシステムの構成を示す。国際標準規格であるIEEE802.3avに準拠した10G-EPONシステムは、現在運用されている既存のGE-PONシステムと同一ファ

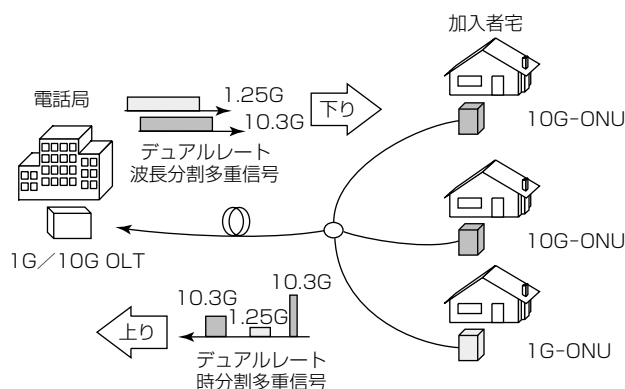


図1. デュアルレート10G-EPONシステム

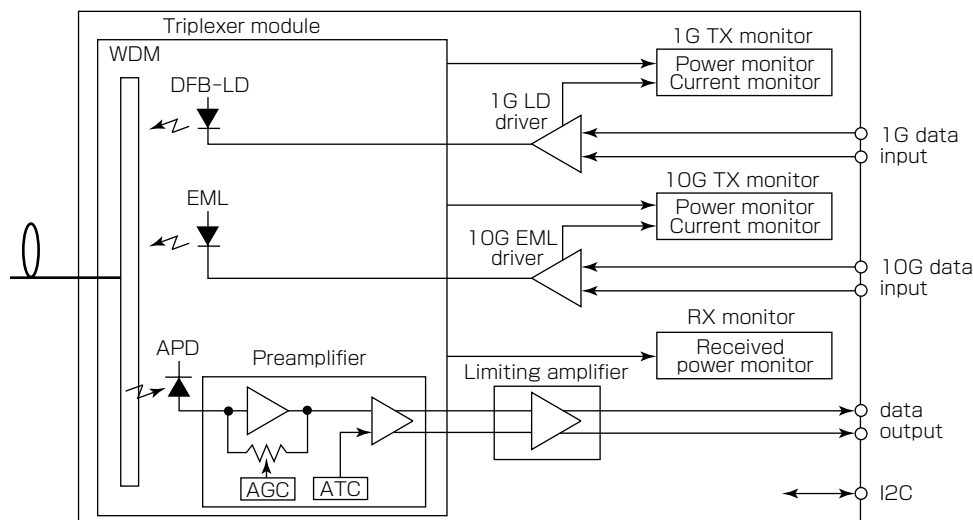


図2. デュアルレートOLT光トランシーバの構成

イバ網(Optical Distribution Network: ODN)上での共存を前提としているため、ONUとしては10G-ONUと1G-ONUが混在するシステムになる。1.25Gbps下り信号に光波長1.49 μ m帯を用いるのに対し、10.3Gbps下り信号は1.577 μ m帯が割り当てられているため、波長的に分離可能であり、各ビットレートの下り信号は波長分割多重方式(Wavelength Division Multiplexing: WDM)によって多重化される。10.3Gbpsと1.25Gbpsの各下り信号は、それぞれ同報通信方式を用い、各ONUは自身の伝送速度の光波長帯のみをフィルタリングし、割り当てられたタイムスロットのデータのみを抜き出す。

一方、上り信号は10.3Gbps上り信号の光波長帯が1.26~1.28 μ m、1.25Gbps上り信号の光波長帯が1.26~1.36 μ mと1.26~1.28 μ mの範囲で重なってしまうため、光信号が衝突しないよう10.3Gbpsと1.25Gbpsの上りパケット信号の送信タイミングを制御する時分割多重方式(Time Division Multiplexing: TDM)を採用している。

これらから、上り／下り信号のビットレートがともに10.3Gbpsである対称型10G-EPONシステムでは、ONU側に10Gbpsのデータを間欠的かつ高速に送信する10Gバースト送信技術が必要不可欠であり、OLT側には、異なる距離にあるONUから送信される異なる受光パワーの10.3Gbps及び1.25Gbpsのパケット信号を間欠的に受信するデュアルレートバースト受信技術⁽¹⁾⁽²⁾が必要となる。

3. 10G-EPON向け光トランシーバの開発

3.1 OLT用光トランシーバ

図2に、開発したデュアルレートOLT光トランシーバの構成を示す。光トランシーバは、DFB-LD(Distributed FeedBack-Laser Diode)、EML(Electro-absorption Modulator integrated Laser)、APD(Avalanche Photo Diode)-プリアンプICを一体化したトリプレクサ光モジュ

ール、1 Gbps送信部、10Gbps送信部、デュアルレートバースト受信部で構成する。1 Gbps送信部及び10Gbps送信部では、それぞれDFB-LD及びEMLを駆動するドライバICを備えており、全温度・電源電圧条件下で所望の送信光パワー及び消光比が得られるようにAPC(Automatic Power Control)制御を行っている。一方、トリプレクサ光モジュールに適用したプリアンプICは、10.3Gbps及び1.25Gbpsの各伝送速度のバースト受信光信号に対して広ダイナミックレンジと高速なバースト応答特性を同時に実現するために、利得及びしきい値をバースト受信光信号に応じて設定可能なAGC(Automatic Gain Control)機能とATC(Automatic Threshold Control)機能を備えている。このプリアンプICからの信号は、リミッティングアンプICで増幅され、デュアルレートOLT光トランシーバ出力信号へと変換される。

デュアルレートOLT光トランシーバの内部状態をモニタする機能を搭載した。1 Gbps送信部の送信光パワーモニタ及びLD(Laser Diode)駆動電流モニタ機能、10Gbps送信部の送信光パワーモニタ及びLD駆動電流モニタ機能、及びデュアルレートバースト受信部の受信光パワーモニタ機能をそれぞれ備え、I2C(Inter-Integrated Circuit)を通じて光トランシーバのステータスをOLTへ通知できる機能を備えた。

図3に、開発したデュアルレートOLT光トランシーバの外観を示す。内部構成と配置の最適化によってXFPサイズを実現した。

図4に、10Gbps及び1 Gbps各パケットに対するバースト受信出力波形を示す。今回、プリアンプ区間のみ高速で動作し、ペイロード区間は低速で動作するAGC機能⁽³⁾を備えたことによって、1 Gbpsパケット直後に10Gbpsパケットを受信した場合、及び10Gbpsパケット直後に1 Gbpsパケットを受信した場合のいずれでも240ns以内に受信波形が再生できており、高速バースト応答特性が実現できていることが分かる。

表1に、開発したOLT光トランシーバの主要特性を示す。全温度・電源電圧条件下で、IEEE802.3av PR30/PRX30規格を満足する良好な特性が得られた。



図3. デュアルレートOLT光トランシーバの外観

3.2 ONU用光トランシーバ

図5に、開発した10G-EPON ONU用光トランシーバの外観を示す。トランシーバの外形は、送受信器全体の消費電力を低減し、アルミダイキャストケースによる放熱の効率化によって、SFP+準拠サイズを実現した。

図6に開発したトランシーバの構成を示す。光トランシーバはDFB-LD、APD、TIA(TransImpedance Amplifier)、WDM Filterを一体化したBiDi(Bi-Directional)光モ

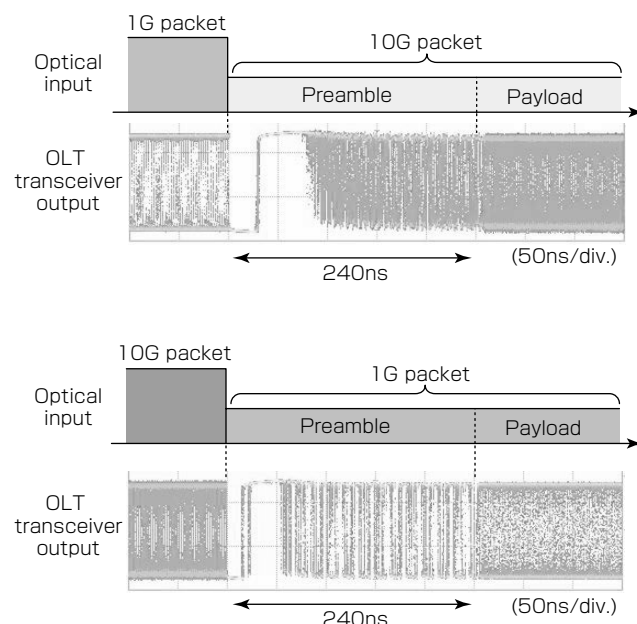


図4. デュアルレートバースト受信出力波形

表1. デュアルレートOLT光トランシーバの主要特性

10.3Gbps	特性
送信波長(μm)	1.575~1.580
送信パワー(dBm)	+2.0~+5.0
消光比(dB)	> 9.0
最小受信感度(dBm)	< -28
1.25Gbps	特性
送信波長(μm)	1.480~1.500
送信パワー(dBm)	+2.0~+7.0
消光比(dB)	> 6.0
最小受信感度(dBm)	< -29.7



図5. ONU光トランシーバの外観

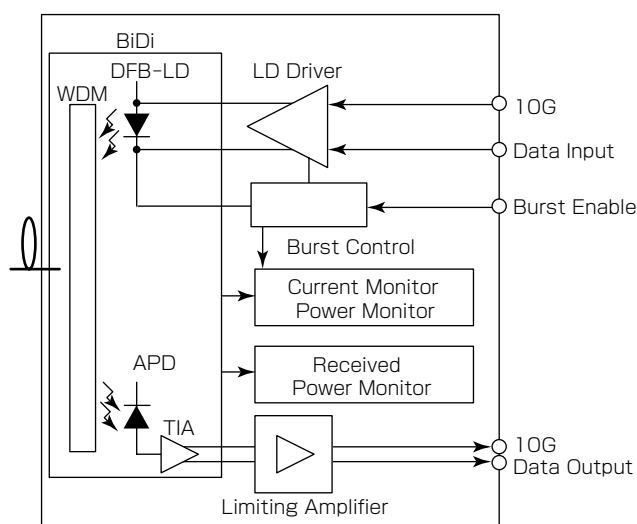


図 6. ONU光トランシーバの構成

ジュール，送信回路部，受信回路部で構成する。送信回路部は，DFB-LDを駆動するためLDドライバICを備えている。また送信要求に応じて間欠的にデータ送信を行うため，バースト送信回路を備えている。また，光出力モニタ回路等の電流検出回路を備えることで，光送受信器の光出力パワー，受信パワー，警報発出状況などの動作状態を，ONUに通知できる監視機能を実装した。また，汎用性向上のため，SFP+のインタフェースやピン数に準拠し，制御信号本数の最適化によってバースト制御回路の制御信号数を削減しつつ，バースト送信性能を確保した。

表 2 に，開発したONU光トランシーバの主要特性を示す。IEEE802.3av PR30で定められた主要特性に完全準拠する良好な特性が得られた。

表 2. ONU光トランシーバの主要特性

項目	特性
送信波長(μm)	1.266~1.273
送信パワー(dBm)	+4.0~+9.0
消光比(dB)	> 6.0
Ton/Toff(ns)	< 512
最小受信感度(dBm)	< -28.5

4. む す び

10G-EPONシステム向けに，XFPサイズのOLT用光トランシーバとSFP+サイズのONU用光トランシーバを開発した。小型化と汎用性に対する市場のニーズに応えるとともに，コア技術であるデュアルレートバースト受信技術の実装に成功した。

参 考 文 献

- (1) Nakagawa, J., et al.: First demonstration of 10G-EPON and GE-PON co-existing system employing dual-rate burst-mode 3R transceiver, OFC/NFOEC 2010, PDPD10 (2010)
- (2) Noda, M., et al.: Dual-rate optical transceiver incorporating fully optimized burst-mode AGC/ATC functions for 10G-EPON systems, ECOC 2010, Mo.2.B.2 (2010)
- (3) Noda, M., et al.: Super-splits 10G-EPON system: 256 ONU passive splits with 240ns dual-rate burst-mode 3R synctime and bi-directionally extended 35.9dB loss budgets, OFC/NFOEC 2012, PDP5B.9 (2012)