

多重・分離機能集積化 10Gb/s光トランシーバ

高木 秀樹
原田 祐治

堀尾 丈夫
梅澤 正彰

近年、インターネットの爆発的な普及は、オフィス、家庭（加入者）問わず世界的規模で進んでいる。さらに、電子商取引、音声・映像配信などのマルチメディアサービスが開始、または実現しつつある。アクセス系において、既存の電話回線を使ったxDSL、CATV等と比べ、より大容量の通信が可能となるPON（Passive Optical Network）システムが導入されつつある。これは光ファイバ網の途中に分岐装置を挿入して、一本の光ファイバを複数の加入者宅に引き込むシステムであり、加入者宅への光ファイバの導入が経済的に実現できる。このシステムにより電話からさまざまなデータまで、各種マルチメディアサービスに適した情報伝送が可能となる。

アクセスネットワークの高速化が進む中、各都市間を結ぶメトロポリタンエリアネットワークやそれらを結ぶバックボーン光ファイバ幹線網には、さらなる大容量ネットワークの構築が必要となっている。

図1に示す大容量バックボーンネットワーク実現において、伝送装置間の光インタフェース部には小型・低消費電力化の要求が高まっている。このような状況のもと、当社ではバックボーン光ファイバ幹線網やメトロポリタンエリアネットワークの光インタフェース部に適用されるキーデバイスとして信号多重および分離機能を集積化した送受一体型の10Gb/s光トランシーバの開発をした。本トランシーバは40km伝送に対応したもので、基幹伝送網の国際標準であるSONET（Synchronous Optical Network）規格OC-192 IR-2¹⁾ およびSDH（Synchronous Digital Hierarchy）規格STM-64 S-64.2b²⁾ に準拠している。以下、開発した10Gb/s光トランシーバの特長、性能について述べる。

10Gb/s光トランシーバの特長

10Gb/s光トランシーバの特長を以下に示す。

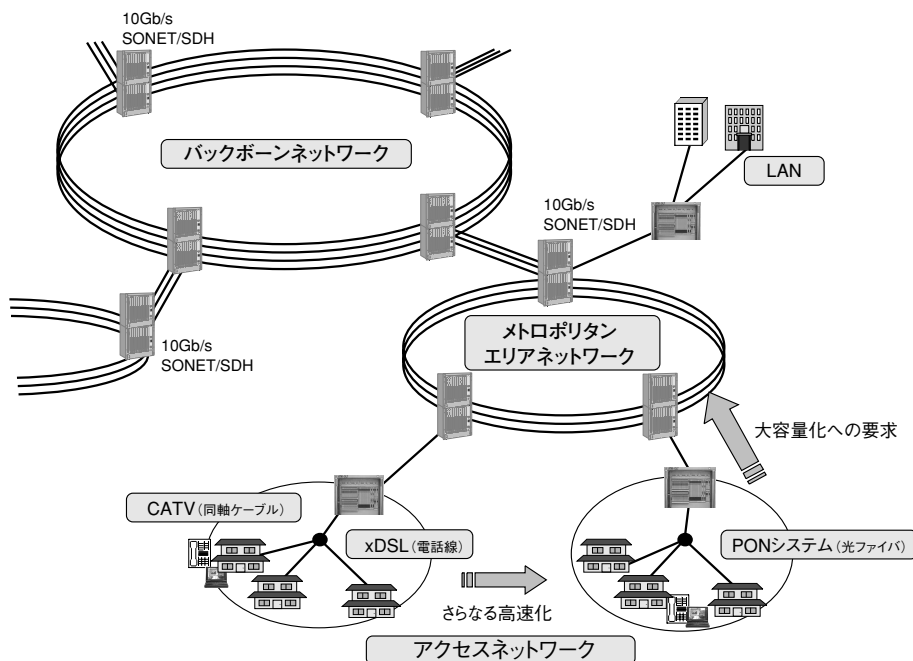


図1 光ネットワーク概略図

*1) BluetoothはBluetooth SIG, Inc. USAの商標

- ①光信号インタフェースはOC-192 IR-2およびSTM-64 S-64.2bに準拠。送信部には1.55 μm 帯のレーザモジュールを採用し、伝送路に1.3 μm 通常分散光ファイバを用いた40kmの光伝送が可能である。
- ②電気信号インタフェースは多重・分離機能集積化により622.08Mb/s $\times$ 16bit@LVDS (Low Voltage Differential Signaling) で、OIF (Optical Internetworking Forum) 規格 (1999.102.8 SFI-4)³⁾ に準拠している。また、電気信号が622.08Mb/sであるため、マザーボード搭載時の信号の取扱いが容易である。
- ③着脱可能な300ピン電気コネクタを採用し、端子機能・端子配置含めて業界標準となっている。

本トランシーバは電源電圧：+5V, +3.3V, -5.2V各 $\pm$ 5%で動作し、動作温度範囲は0~65℃である。この条件における最大消費電力は13Wである。また外形寸法は88.9 $\times$ 114.3 $\times$ 18mm³ (ヒートシンク込み) である。

10Gb/s光トランシーバの構成

10Gb/s光トランシーバの構成を図2に示す。信号多重、分離機能等の集積化により光信号インタフェースは10Gb/s (シリアル信号)、電気信号インタフェースは622Mb/s (16bitパラレル信号) である。

送信部はEA (Electroabsorption) 変調器集積化DFB-LD (Distributed Feedback Laser Diode) モジュール

(以下EA-DFBレーザモジュールと略す)、EA駆動IC、信号多重 (Multiplexing) IC (以下MUX ICと略す)、APC (Automatic Power Control) 回路、ATC (Automatic Temperature Control) 回路より構成される。622Mb/s $\times$ 16bitのパラレル信号はMUX ICにより10Gb/sのシリアル信号に変換され、EA駆動ICによりEA-DFBレーザモジュールを駆動する。またMUX ICは入力される送信リファレンスクロックにジッタ (位相方向の時間的揺らぎ) が含まれていると、光出力波形にジッタが発生してしまう。これが光出力波形の仕様 (アイマスク規定)、および後に述べる伝送特性を劣化させる恐れがある。この問題を回避するため、送信リファレンスクロックは、ジッタクリアランス回路によりジッタの低減を図った後、MUX ICへ入力される。また、EA-DFBレーザモジュールはその光出力を一定に保つAPC回路、およびモジュール内部の温度を一定に保つATC回路により動作の安定化を図っている。

受信部はPIN-PD (PIN-Photodiode) と前置増幅器を一体化した受光素子モジュール⁴⁾ (以下PIN-AMPモジュールと略す)、ポストアンプ、信号分離 (Demultiplexing) IC (以下、DEMUX ICと略す) より構成される。10Gb/sの光信号はPIN-AMPモジュールにより電気信号に変換され、ポストアンプにより増幅された後、DEMUX ICに入力される。DEMUX ICはPLL (Phase Locked Loop) 回路によるクロックリカバリ機能を有し、データおよび

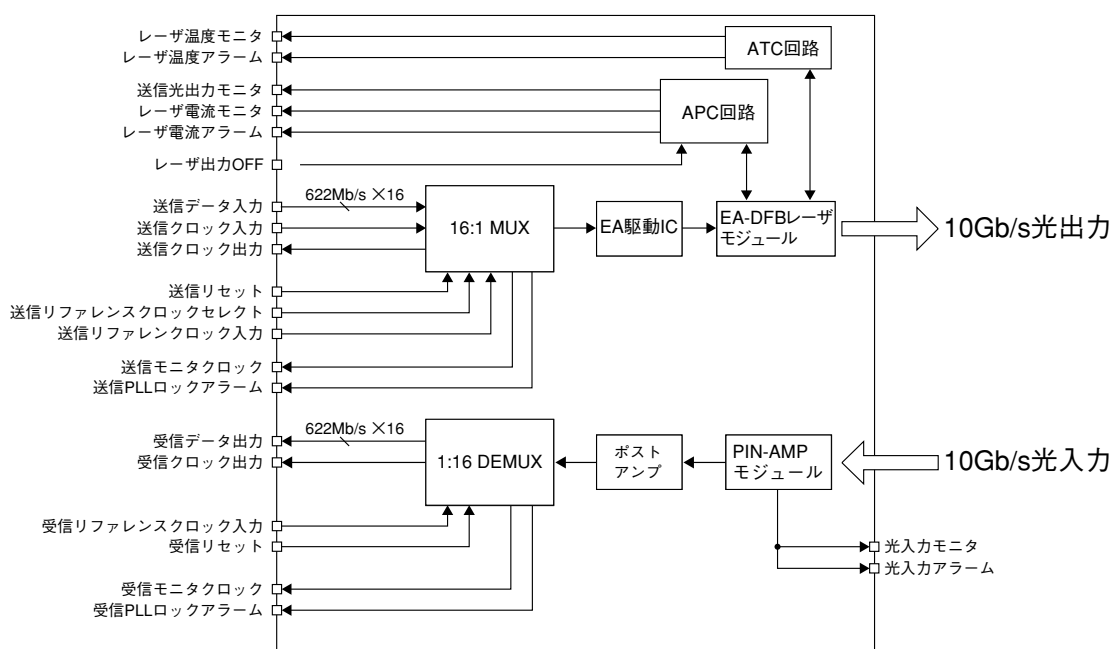


図2 10Gb/s光トランシーバ

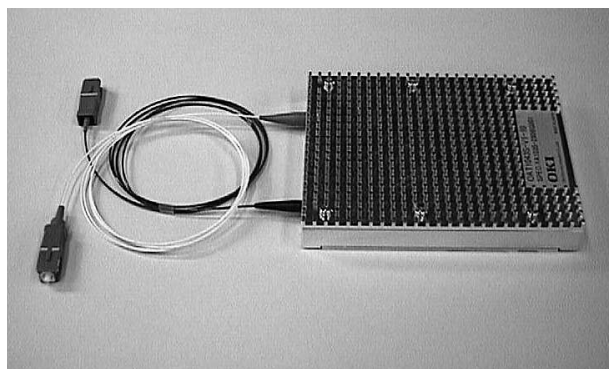


図3 10Gb/s光トランシーバ外觀写真

クロック信号を再生し、分離回路により622Mb/s×16bitの平行信号に変換し出力する。

監視機能として、送信部は光出力モニタ、LD電流モニタ、LD温度モニタ、およびLD駆動電流増加検出機能、LD温度変動検出機能、受信部は光入力モニタ、および光入力断検出機能、光入力データ信号のビットレートずれ等を検出する機能を有する。

本トランシーバの外觀写真を図3に示す。

特 性

10Gb/s光トランシーバを、31段疑似ランダム信号列（PRBS（Pseudo-random binary sequence） $2^{31}-1$ ）を使って評価した。その結果一覧を表1に示す。

(1) 符号誤り率特性

10Gb/s光トランシーバの符号誤り率特性を図4に示す。符号誤り率 1×10^{-12} 以下を満たす最小受光電力は-18dBmであり、最大受光電力は+1dBm以上確保されている。温度、電源電圧変動に対しても、仕様に対し十分余裕のある特性を実現している。

また、受信部と送信部はその信号レベル差が最大50dB

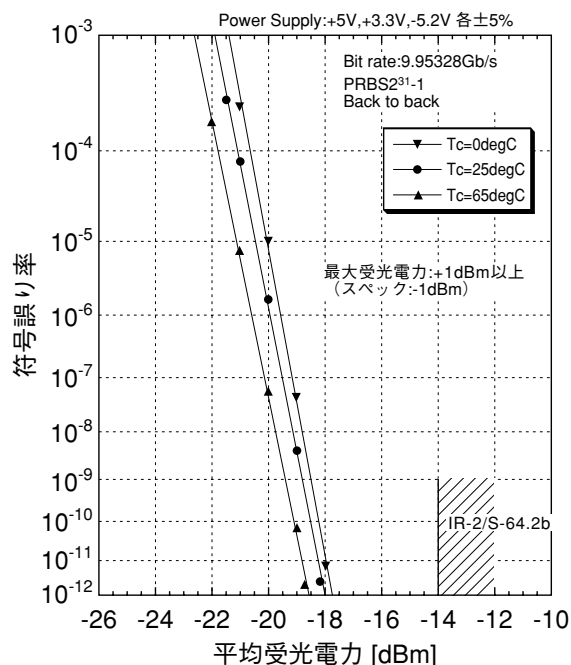


図4 符号誤り率特性

程度発生するため、信号漏話による特性劣化を抑える必要がある。これについては実装構造の最適化により対処している。

(2) 光出力波形

4次ベッセル・トムソンフィルタ通過後の光出力波形を図5に示す。消光比は10dBであり、OC-192/STM-64アイマスク規定を十分満たす良好な波形が得られている。また、温度変動、電源電圧変動に対しても安定した特性が得られている。

表1 10Gb/s光トランシーバ評価結果

項目	単位	仕様	評価結果	
			min.	max.
光出力レベル	dBm	-1 ~ +2	0.23	0.84
中心発振波長	nm	1530 ~ 1565	1550	
光出力波形	—	アイマスク規定	クリアー	
消光比	dB	8.2 以上	9.72	—
最小受光電力	dBm	-14 以下	—	-17.8
最大受光電力	dBm	-1 以上	1	—
ジッタジェネレーション、耐力、伝達特性	—	GR-253準拠	GR-253クリアー	
伝送ペナルティ(1.3μm通常分散光ファイバ50km伝送)	dB	2 以下	—	1.5
消費電力	W	14 以下	—	12.5

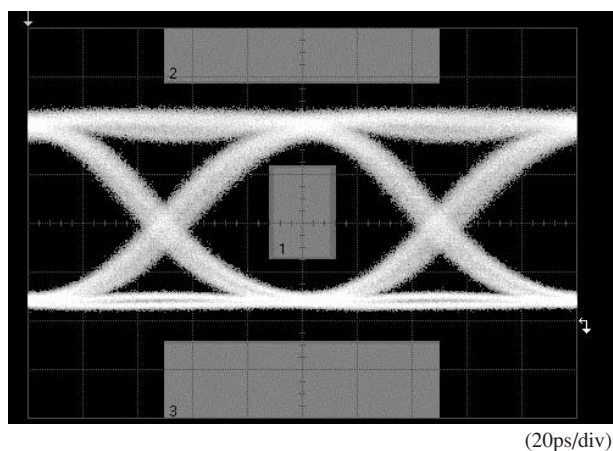


図5 光出力波形

(3) 伝送特性

前記光出力波形を伝送路として1.3 μm 通常分散光ファイバを用い、分散量800ps/nmを超える50km伝送試験を実施した。光ファイバを伝送させた波形にファイバ分散による歪みが生じると、受信器側で符号誤り率が著しく劣化する。この問題はEA-DFBレーザモジュールの最適設計、およびEA-DFBレーザモジュールを最適バイアス点で駆動することにより、その影響を極力抑えることが可能となる。Back to Back（光ファイバを伝送させない状態）と50km伝送後の受信感度を比較し、ファイバ分散によるその劣化（伝送ペナルティ）は1.2dBであった。また、温度変動、電源電圧変動に対しても1.5dBであり安定した特性が得られている。

(4) ジッタ特性

10Gb/s光トランシーバのジッタ特性について以下に示す。特性の一例としてジッタ伝達特性を図6に示す。ジッ

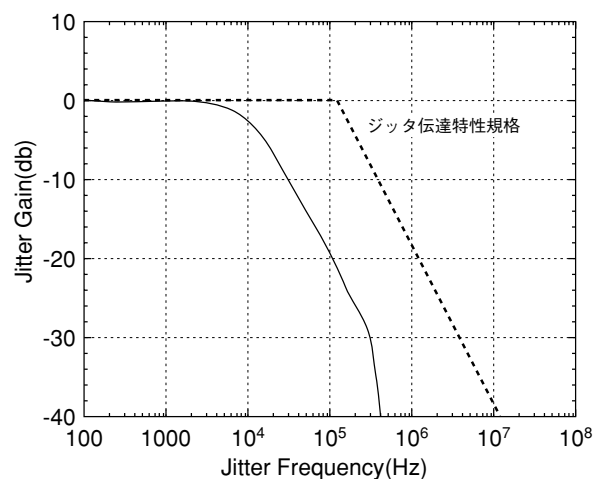


図6 ジッタ伝達特性

タクリアランス回路によりジッタ伝達帯域を制限しているので、カットオフ周波数の規格：120kHzを十分満たし、帯域内利得は0.1dB以下に抑えられている。これにより送信リファレンスクロックにジッタ成分が含まれている場合でも、それを抑圧することが可能となる。また、ジッタジェネレーションは規格0.1UIppに対し0.088UIpp、ジッタ耐力特性も規定マスクを十分満たしている。温度、電源電圧変動に対しても安定したジッタ特性が得られている。

あ と が き

多重・分離機能集積化10Gb/s光トランシーバの開発をした。仕様と比較し十分余裕のある特性が得られている。本稿ではSONET/SDHで規定されるOC-192 IR-2/STM-64 S-64.2bに対応する10Gb/s光トランシーバを紹介したが、SR-2/I-64.2（伝送距離25km）に対応したトランシーバも既に製品化している。今後は小型・低消費電力化とともに伝送距離（0.6, 2, 80km）による製品ラインアップの充実、また伝送容量の拡大に有効なDWDM（Dense Wavelength Division Multiplexing：高密度波長多重）システムに対応した製品を開発していく予定である。

参考文献

- 1) Telcordia GR-253-CORE Issue3
- 2) ITU-T G691
- 3) OIF1999.102.8 SFI-4
- 4) 奥田，他：平面実装型10Gb/s PIN-AMPモジュールの開発，電子情報通信学会，2001年総合大会公演論文集，C-3-91

● 筆者紹介

高木秀樹：Hideki Takagi. オプティカルコンポーネントカンパニー 光プロダクツ部
堀尾丈夫：Takeo Horio. オプティカルコンポーネントカンパニー 光プロダクツ部
原田祐治：Hiroharu Harada. オプティカルコンポーネントカンパニー 光プロダクツ部
梅澤正彰：Masaaki Umezawa. オプティカルコンポーネントカンパニー 光プロダクツ部