

5 通信トラフィックと光通信の大容量化を支える技術 及び EA 変調器モジュール

Internet Traffic, Technologies Supporting Capacity Growth of Fiber Optical Communication,
and Electro-Absorption Modulator Module

藤井 隆之 Takayuki Fujii 光デバイス事業部 マーケティング部 マネジャー

キーワード：通信トラフィック、光通信、EA 変調器モジュール、TDM、外部変調、OTDM、NRZ、RZ、DWDM

要 旨

爆発的なインターネットによる通信トラフィックの激増が予測されており、そのことが大容量な陸上／海底光ケーブルプロジェクトの建設を推進しています。通信の大容量化を達成する技術に高速 TDM と DWDM が挙げられ、そこに各種光デバイスが使用されています。ここでは、EA 変調器モジュールの使い方と併せて今回開発した小型 EA 変調器モジュール FOEA-300 を紹介します。

SUMMARY

With the sky-rocketing growth of the number of Internet users, communication traffic is expected to become considerably heavy. The demand to solve this problem is the key to accelerate implementation of large capacity land and submarine optical cable projects. To increase communication capacity, high-speed TDM and DWDM technologies are used, and many optical devices are used for TDM and DWDM technologies. In this article, we introduce how EA modulator modules are used and the latest developed small EA modulator module FOEA-300.

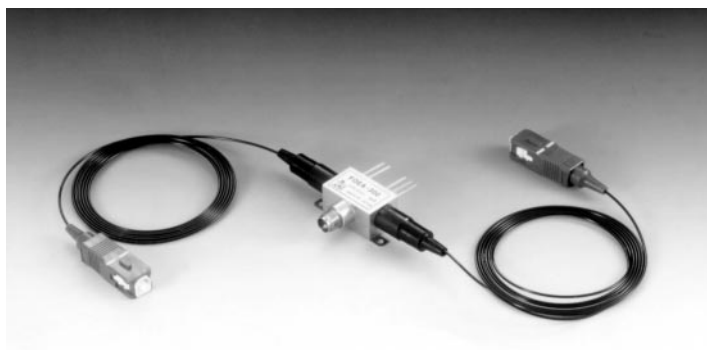


写真 1 光変調器 FOEA-300

1 はじめに

米国をはじめ世界は、インターネットに象徴される IT によって工業社会から情報化社会へ急激にパラダイムシフトを加速しています。

そして、インターネットは社会生活に密着し私たちの生活になくしてはならない必要不可欠なものとなりつつあり、今後ますますその重要性が増していくと思われます。

インターネットの普及は電子メールに始まりホームページの閲覧そして情報入手、E-Commerce、音楽配信とその利便性は計り知れず、今後益々便利で有益なコンテンツの提供を多くの人々が受けられることでしょう。

2 通信トラフィック

インターネットへのアクセス手段も『より多くの情報を、より高速で、さらに鮮明な映像で伝えたい（受けたい）』と言うニーズに対応するため、ADSL (Asymmetric Digital

Subscriber Line: 既存の電話線を利用して映像の様な高速通信を実現する技術で、上りと下りで通信速度が異なっている) WLL (Wireless Local Loop: 加入者無線通信システムのことで、無線を利用して高速データ通信を実現する) CATV (ケーブルテレビを使った高速通信を実現) FTTX (Fiber To The X: 光ファイバを加入者まで引き込み高速通信を実現する) 等がそれぞれ競い合っており、私たちはよりブロードバンドなアクセス手段を選択することが可能になるでしょう。そして、米国では約 \$20 でインターネットへの接続無制限と言った定額方式が既に定着しており、日本でも定額方式の導入が始まっています。また、世界のインターネット利用者は、この数年急激な増加を続けており、2000 年 2 月現在のインターネット利用者は約 2 億 7,550 万人(前年同期比 79.5% 増)に達しています。¹⁾

このような状況の中、爆発的なインターネットによる通信トラフィックの激増が予測されています。²⁾

そして、このようなトラフィックの激増が、陸上 / 海底光ケーブルの大容量プロジェクトの建設を推進しています。³⁾ (表 1 参照)

表 1 陸上 / 海底ケーブルの大容量プロジェクト

	ケーブル名	区間	全長 (km)	伝送容量	運用開始日
大 平 洋 圏	PC-1	日本 米国本土	20,900	10G 16WDM 4 ファイバペア	2000 年
	Japan-US	日本 米国本土	21,600	10G 16WDM 4 ファイバペア	2000 年
	EAC	日本 台湾 フィリピン 中国 シンガポール マレーシア 韓国	10,200	10G 64WDM 4 ファイバペア	2000 年末 (第 1 フェーズ)
	APCN-2	日本 台湾 香港 韓国 中国 マレーシア シンガポール	10,200	10G 64WDM 以上 4 ファイバペア	2001 年
	Japan-Australia	日本 グアム オーストラリア	10,200	10G 64WDM 4 ファイバペア	2001 年 3 月
大 西 洋 圏	TAT-14CN	米国 英国 フランス オランダ ドイツ デンマーク	15,500	10G 16WDM 4 ファイバペア	2001 年
	FLAG Atlantic-1	米国 英国 フランス	12,500	10G 32WDM 6 ファイバペア	2000 年
	AC-2	米国 英国	6,000	10G 64WDM 4 ファイバペア	2001 年第 1Q
	Hibernia	米国 カナダ アイルランド 英国	14,000	10G 48WDM 4 ファイバペア	2001 年 1 月
	PANGEA	英国 オランダ デンマーク ドイツ 北欧	5,800	10G 16WDM	2001 年 11 月
他	SAm-1	米国 中南米	23,000	10G 32WDM 4 ファイバペア	2000 年 12 月
	SAT-3/WASC/SAFE	バルトガル 南アフリカ諸国 マレーシア		120G b/s 4 ファイバペア	2001 年第 1Q

3 光通信の大容量化を支える技術

大容量化を達成する技術として TDM の高速化と DWDM が挙げられます。(図 1 参照)

3.1 高速 TDM

まず TDM の伝送速度を上げるアプローチについて説明します。

TDM とは Time Division Multiplexing のことで時分割多重と言います。これは、時間軸上に複数の電気信号を多重 / 分離 (MUX/DEMUX) する方式です。これは、電気領域で多重化された電気信号を光信号に変換して伝送する光通信の基本です。光通信における基幹系の主な TDM の変遷として数 10Mbps に始まり、数百 Mbps、2.5Gbps そして今日の 10Gbps に至っています。

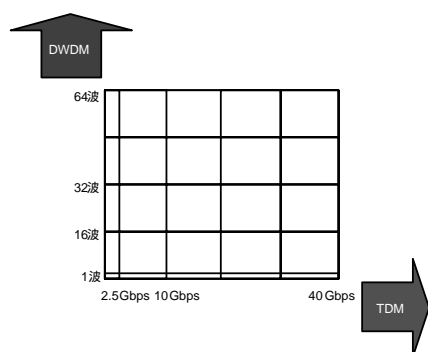


図1 光通信の大容量化

3.1.1 変調方式 - 直接変調方式から外部変調方式へ

TDM の伝送速度が 2.5Gbps を超えると、従来電気信号を光信号に変換する方式として採用されていた直接変調では、チャープ (光周波数の揺らぎ) が大きく伝送距離に影響がでてきました。直接変調とは、電気信号から光信号に変換する方法として、レーザーへの印加電圧を電気信号の “1” “0” にあわせて “ON” “OFF” し、その結果レーザー光が “点” “滅” することで光信号に変換するものです。この様にレーザーを直接電気信号で駆動すると、光信号のチャープ発生を招き、光ファイバの持つ波長分散特性が光信号波形をなまらせ (パルスが広がる) 伝送帯域、伝送距離を制限する要因となります。その対策として、レーザーを CW 光源 (Continuous Wave : 連続的にレーザーが発振した光源) とし、外部変調器と呼ばれる光コンポーネントで電気信号から光信号に変換する外部変調方式が実用化されています。これは、レーザーの連続発振した光が外部変調器と呼ばれる光コンポーネントに入り、外部変調器に電気信号の “1” “0” にあわせて “ON” “OFF” の電圧を印可することで、その結

果連続発振したレーザー光がチャープの小さい “点” “滅” の光信号に変換されるものです。この様にチャープの小さい光信号を発生する外部変調方式は、光信号が光ファイバを伝送しても光信号波形のなまりが小さく、2.5Gbps 以上の TDM ・長距離通信に有効です。(図 2 参照) 外部変調器としては、光の干渉を利用した LN 変調器と半導体の電気吸収現象を利用した EA 変調器が実用化されています。今日では高速 TDM として 10Gbps が実用化されており、更に伝送容量を上げる為に 40Gbps TDM の開発が進められています。

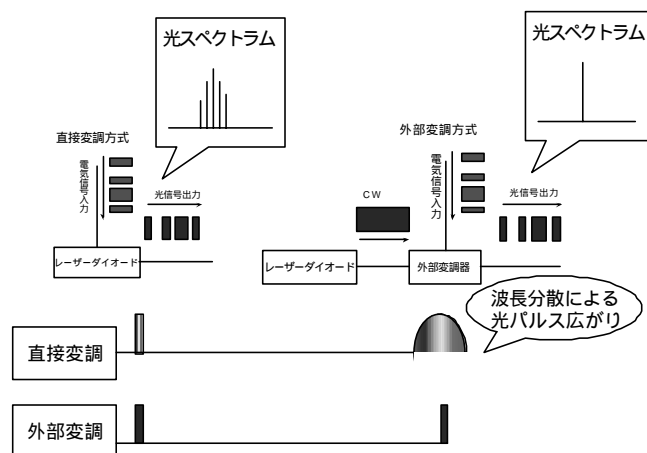


図2 直接変調方式と外部変調方式

3.1.2 OTDM

TDM の高速化が更に進むと、電気領域での多重化が困難になり、光の領域で多重化する OTDM が研究されています。

OTDM とは Optical Time Division Multiplexing のことで光時分割多重と言います。これは、送信側では各チャンネルの光信号を時間軸上に光領域で多重化 (MUX) し、多重化された光信号を光ファイバで伝送し受信側の光領域で分離 (DEMUX) する方式です。(図 3 参照) この方式では、電気領域で制約を受けていた高速化の壁を乗り越えることが可能です。OTDM の DEMUX で使われる光コンポーネントの有力な候補として EA 変調器等が検討されています。

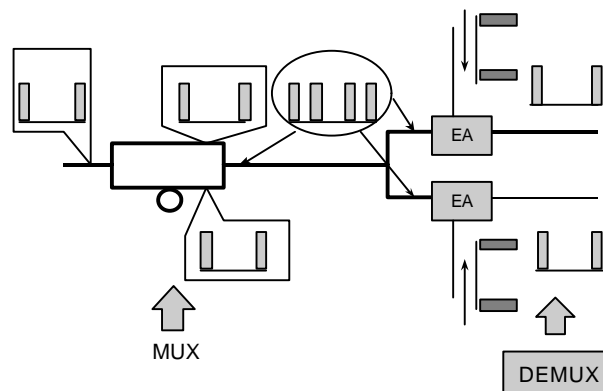


図3 OTDM

3.1.3 信号フォーマット - NRZ から RZ へ

また、TDMの高速化が進み、長距離伝送を行う場合、信号フォーマットを従来使っていたNRZ (Non Return to Zero) からRZ (Return to Zero) に変換します。(図4) これは、NRZの場合とRZの場合で信号パルスの間隔が違い、高速TDM長距離伝送ではRZが有効となるからです。

NRZからRZに変換するには電気領域で変換する方法もありますが、高速化が進むと電気領域での変換が困難となり光領域で変換することが有効です。その場合、光信号を発生する外部変調器とNRZからRZに変換する光コンポーネントの有力な候補としてEA変調器等が検討されています。

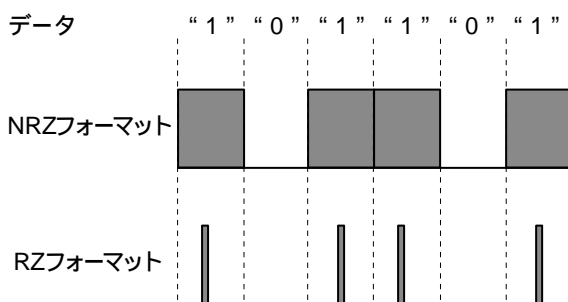


図4 NRZ vs RZ

3.2 DWDM

ここまでは、単一の波長を使った光通信について説明してきました。

では次にDWDMについて説明します。(図5参照)

DWDMは光通信の専門家でなくとも昨今の経済誌や株式情報誌でもよく目にする単語でかなりポピュラーな単語と言えます。

DWDMとはDense Wavelength Division Multiplexのことで高密度波長分割多重と言います。これは、光の周波数軸上に狭いチャンネルスペース間隔で複数の光波長を多重化する方式です。そして、DWDMを使った容量増大の方法は、より高密度に、より広い波長帯を使うことです。

より高密度にとは、ある波長帯を使用する場合、隣との波長間隔を狭くし波長チャンネル数を増やすことで大容量化を図っています。その波長間隔は最もスタンダードなもので0.8nm間隔であり、その波長間隔が0.4nmそして先端の研究では0.2nmも検討されており、波長間隔を狭くすることで波長数を増やし伝送容量増大が図られています。

次に、より広い波長帯を使うとは、特に長距離光通信の場合、光ファイバの伝送損失が最も小さい波長帯である1550nm付近を広く有効に使うことであります。DWDMの初期段階では1535nm～1565nmのC-bandと呼ばれ

る波長帯域を使っています。その波長帯の中でより高密度に波長を入れ込み波長チャンネル数を増やしてきましたが、それも限界にきて違う波長帯を使う研究がされてきました。現在その波長帯として、1570nm～1600nmのL-bandと呼ばれるC-bandより長波側の波長帯域を使い波長チャンネルを増やし大容量化を図っています。

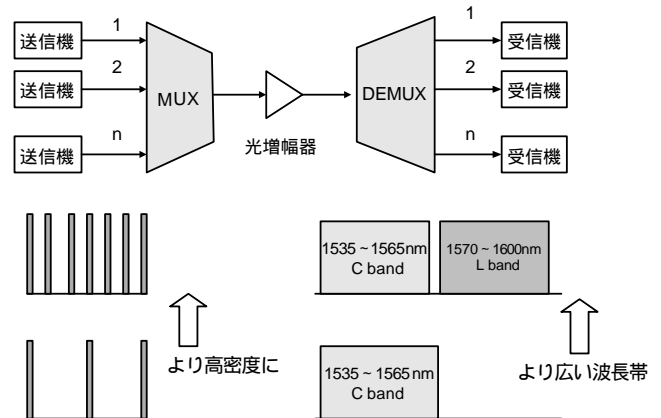


図5 DWDM

4 EA変調器モジュール

当社では1995年にEA変調器モジュールを開発し、製品化したFOEA-100*シリーズ、FOEA-200*シリーズを順次販売してきました。これらは主に高速データコーディング、短パルス発生、OTDMのDEMUX、波長変換等の実験や大洋横断海底光ケーブルに採用されています。⁴⁾

この度10Gbps小型EA変調器FOEA-300シリーズを開発製品化しましたのでその紹介をします。(写真1)最近のDWDMシステムは、波長数が100波を超え、各波長毎に送信機とそれに伴う変調器が必要になります。従って、送信機と同様に、変調器についても小型化と価格低減が必須です。FOEA-300の特長は、従来のFOEA-230と比べその大きさが体積比で約1/5としたこと、また併せて光学系の改良により低コストを図っています。主な定格及び仕様は表2の通りです。用途は、10Gbpsデータコーディングで、陸上/海底光ケーブル両用途での採用を目指します。

表2 主な定格及び仕様

主な定格

項目	規格
動作温度	0 ~ +60
最大光入力	+13dBm
電圧	+0.5 ~ - 3V

主な仕様

項目	条件	規格
周波数特性	- 3dB Optical	12GHz 以上
消光比	Vb=+0.5 ~ - 3V	20dB 以上
挿入損失	$\lambda=1555\text{nm}$ 、Vb=+0.5V	9dB 以下

5 むすび

EA 変調器の今後の開発課題としては、40Gbps 対応、低 PDL (Polarization Dependent Loss) 化、低挿入損失化、L-band 波長帯対応、ローコスト化等が挙げられます。

これらの課題を化合物半導体技術、高周波技術、調芯固定技術、精密多層膜形成技術、パッケージング技術、実装技術、信頼性評価技術等当社保有のリソースの有効活用で解決して行く所存です。

[参考文献]

- 1) 平成 12 年版通信白書
- 2) <http://www.rhk.com/pressrelease.asp?id=71>
- 3) (財) 光産業技術振興協会、“ 2000 (平成 12) 年度光技術動向調査報告書 XVI (12-003-1) ”、p.128 (2000) から転載
- 4) 藤井隆之 他：“電気吸収型光変調器モジュール”航空電子技報、23、p35 (2000.3)