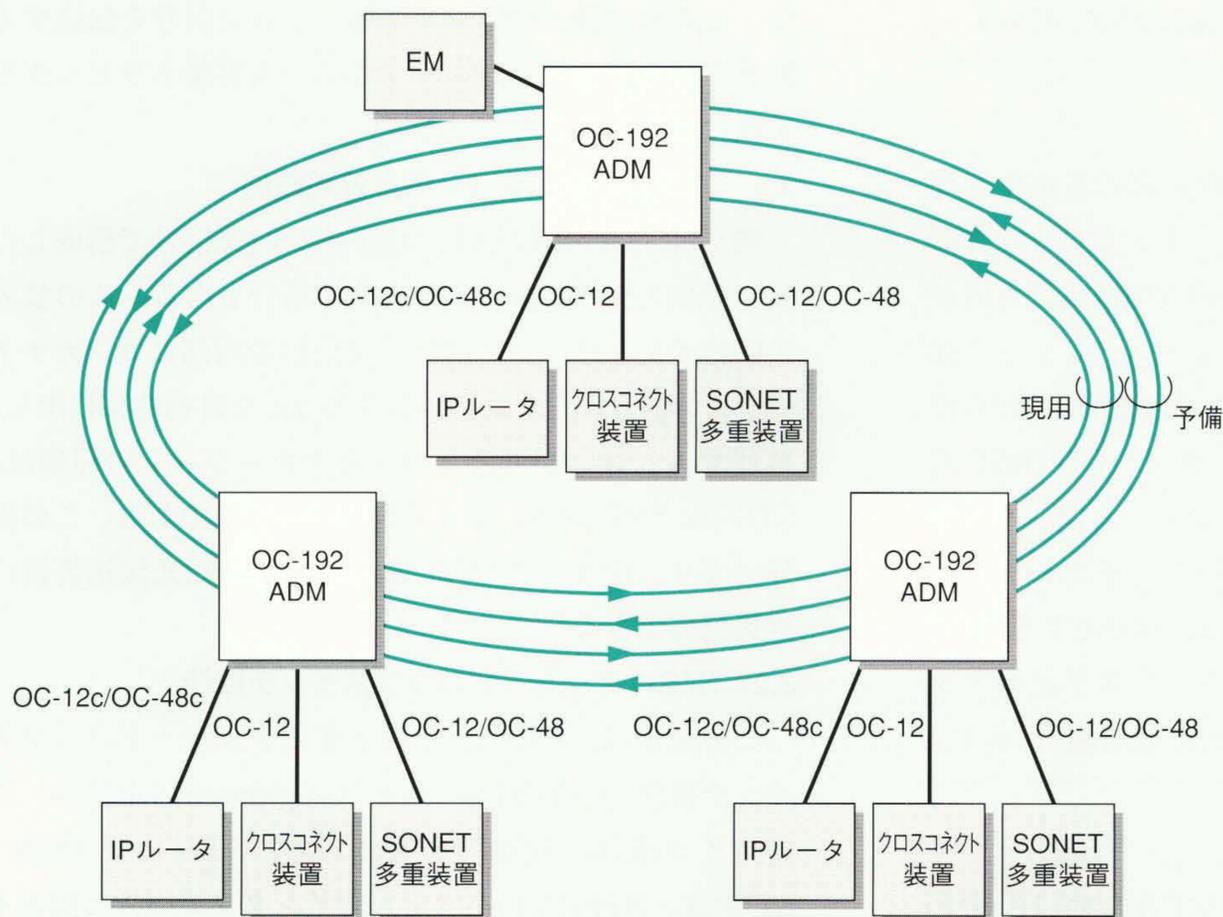


バックボーンネットワーク用10 Gビット/s光伝送システム

10-Gbit/s Optical Transmission System for Backbone Networks

中野幸男 Yukio Nakano 辻 裕邦 Hirokuni Tsuji
 武鎗良治 Ryôji Takeyari 森 隆 Takashi Mori



注：略語説明
 EM (Element Manager)
 OC (Optical Carrier)
 ADM (Add-Drop Multiplexer)
 IP (Internet Protocol)
 SONET (Synchronous Optical Network)

OC-192 4F-BLSRネットワークの構成

4F-BLSR(4-Fiber Bidirectional Line Switched Ring)は、現用、予備の合計4本のファイバで構成するリングネットワークである。ADMは、回線設定機能により、音声・データの各種装置を低速側に任意に收容することができる。

日立製作所が開発した“OC-192”は、国際標準インタフェースであるSONET(Synchronous Optical Network)/SDH(Synchronous Digital Hierarchy)の最大速度を持つ10 Gビット/s光伝送装置である。この装置は、10 Gビット/sという超高速伝送機能に加え、最近顕著な増加が見られるインターネット系トラフィックの伝送に必須のコンカチネーション(縦続)処理機能を低速インタフェース部に配備し、インターネットトラフィック用ルータ装置の直接收容を可能としている。また、50 Mビット/s単位の回線設定が可能なアッド・ドロップスイッチを持ち、複数のパスを1本に連結して伝達するコンカチネーションパスと、電話系パスのいずれのアッド・ドロップも可能としている。国際標準準拠のBLSR(Bidirectional Line Switched Ring)切換方式により、伝送路故障に対する高い信頼性を確保しており、さらに、10 Gビット/s高速インタフェースは、波長多重装置へ直接接続することができる。

これらの機能により、従来の電話系と、これから発展するインターネット系の両方のトラフィックを効率よく伝送することができる。また、日立製作所は、将来のいっそうの大容量化に向けた40 Gビット/s装置用の高速光、電子デバイスの研究も進めている。

1 はじめに

近年、IP(Internet Protocol)やATM(Asynchronous Transfer Mode：非同期転送モード)を用いたマルチメディア情報の需要が急激に高まっている。将来は電話系トラフィック量を大きく上回ると予想されるこれらのマルチメディアトラフィックに対応するため、大容量バックボーン光伝送システムの構築が必要となっている。

このような大容量バックボーンネットワーク実現の要求にこたえるため、日立製作所は、最高速のTDM

(Time Division Multiplexing)技術や光伝送技術を駆使した「OC-192光伝送装置」と、「DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing)装置」を開発した。

OC-192光伝送装置は、国際標準インタフェースであるSONET(Synchronous Optical Network)/SDH(Synchronous Digital Hierarchy)方式対応の最高速度の伝送装置であり、IPトラフィックの伝送に適した種々の機能を搭載している。

また、OC-192光伝送装置をDWDM装置と組み合わせることにより、最大32チャンネルのOC-192信号を伝送する

ことができる。

ここでは、OC-192光伝送装置と波長多重装置の特徴、および将来さらに大容量化する伝送に必要となると考えられる40 Gビット/s伝送技術の研究開発状況について述べる。

2 システムの概要

OC-192光伝送装置は、ポイント間接続の多重化端局装置と、リングネットワーク用のアッド・ドロップ装置〔ADM(Add-Drop Multiplexer)〕の両方の構成に対応が可能である¹⁾。高速側の10 Gビット/sインタフェース部は、ITU-T(国際電気通信連合 電気通信標準化部門)標準のDWDM用波長に準拠したものであり、DWDM装置との接続が容易である。低速インタフェースは、パスを連結して1本のパスとして伝達するコンカチネーション(縦続)処理機能を持つ。ADM装置は、SONET/SDHでのパスの最小単位である50 Mビット/sパス単位のアッド・ドロップスイッチを持つ。装置の仕様を表1に示す。

3 IPとATM信号の収容

近年のIPトラフィックの増加に対応するために、IPとATM信号をDWDM装置に直接収容する議論が行われている。しかし当面は、依然として膨大な量を占める電話系トラフィックと、IPやATMトラフィックの両者を効率よく伝送することが必要であり、そのためには、SONET/SDH多重化伝送装置の持つ機能を活用することが有効であると考えられる。

SONET/SDH伝送方式には、大容量伝送に適したコンカチネーション機能がある。この機能は、OC-192信号内部に収容されている50 Mビット/sパスのSTS-1(Synchronous Transfer Signal-1)を複数束ねることにより、600 Mビット/sなどの高速伝送容量を実現する機能である。IPルータとATMスイッチは、インタフェースの高速

表1 OC-192 光伝送装置の主な仕様

OC-192光伝送装置は、多重化装置、4/2F BLSR、再生中継装置のラインアップを持ち、さまざまなネットワーク構成に柔軟に対応することができる。

項目	仕様
装置構成	多重化装置, 4/2F BLSR, 再生中継装置
高速インタフェース	OC-192 ITU-T標準グリッド(100 GHz間隔)
低速インタフェース	OC-48/OC-48c, OC-12/OC-12c, OC-3/OC-3c
収容パス	STS-1, STS-3c, STS-12c, STS-48c

注: 略語説明

4/2F BLSR(4/2-Fiber Bidirectional Line Switched Ring)
OC(Optical Carrier)

化が進んだことから、OC-12c(600 Mビット/s相当)と、OC-48c(2.4 Gビット/s相当)コンカチネーション信号対応の光インタフェースを搭載している。OC-192光伝送装置は、これらの種々のコンカチネーション信号を伝送する機能を持っており、IPルータからの大容量トラフィックを柔軟に収容することができる。

3.1 コンカチネーション信号処理機能

例えば、OC-48信号は、4個のSTS-12c信号で構成したり、48個のSTS-1信号で構成する場合もある。この装置の低速インタフェース部は、受信信号内部にコンカチネーション信号が含まれているかどうかを自動的に検出し、処理する。対応可能なコンカチネーションの種類は、STS-48cとSTS-12c、およびSTS-3cの3種である。この機能により、IPルータやATM装置をOC-192光伝送装置に直接収容できる。

3.2 STS-1アッド・ドロップスイッチ機能

この装置は、STS-1を単位とするアッド・ドロップスイッチ機能〔TSA(Time Slot Assignment)〕を持つ。このスイッチは、任意の速度として、STS-1, STS-3c, STS-12c, STS-48cのパスを入力インタフェースと出力インタフェース間で接続することができる完全群スイッチである。したがって、種々の速度のコンカチネーション信号を10 Gビット/s伝送路内に効率よく多重化することができる(図1参照)。

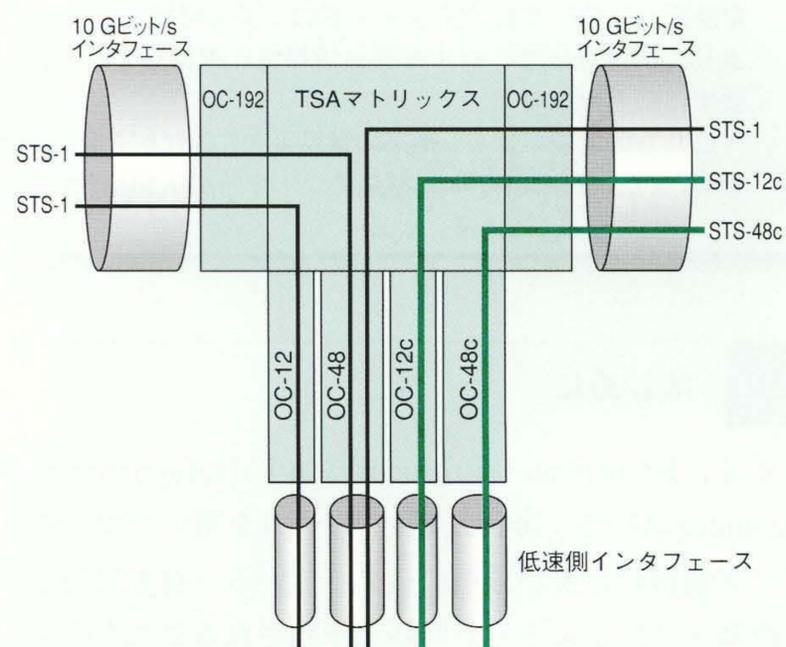


図1 STSパスの接続例

低速インタフェースからのSTS-1, STS-3c, STS-12c, STS-48cのさまざまなパスを収容することができる。これを10 Gビット/sインタフェース上に効率よく収容する。

3.3 伝送路切換機能

高信頼度の大容量IPネットワークを構築するために、光レベルでの切換方式が提案されているが、当面は、完成度の高いSONET/SDHでの伝送路切換方式が最も有効であると考えられる。OC-192光伝送装置では、IPトラヒックをBLSRと呼ばれるリング切換方式により、複数の伝送路故障からトラヒックを瞬時に救済することを可能とする。

4 電話系トラヒックの伝送

北米の多くの通信業者は、電話系トラヒックを非同期三次群のDS-3パスで伝達する方式を用いている。OC-192光伝送装置は、DS-3容量に相当する50 Mビット/sパス(STS-1)単位のアッド・ドロップスイッチを持っている。このアッド・ドロップスイッチにより、電話系トラヒックとIPトラヒックを、同じ10 Gビット/s伝送路に多重化して伝送することが可能となる(45ページの図参照)。

5 10 Gビット/sの波長多重伝送

光ファイバの使用効率を上げるためには、OC-192光伝送方式と波長多重伝送方式を組み合わせたネットワーク構成が有効である。OC-192光伝送装置は、DWDM伝送に必要な100 GHz間隔の波長精度の光送信器を持ち、DWDM装置と直接接続することができる。

DWDM装置は、最大32チャンネルのOC-192信号を伝送する。長距離10 Gビット/s伝送では、ファイバの非線形性と波長分散に伴う波形ひずみを避けるため、波長当たりの出力パワーが一定となるように制御しなければならない。DWDM装置は、多重チャンネル数や入力パワー、ファイバロスの変化にかかわらず、波長当たりの出力パワーを一定に保つ制御をしている。この制御機能により、安定した10 Gビット/s波長多重伝送を実現している⁴⁾。

6 管理システム

OC-192光伝送装置は、国際規格TMN(Telecommunication Management Network)に準拠したEM(Element Manager)とGLCT(Graphical Local Craft Terminal)を制御システムとして備えている。これらは、回線設定機能などのオペレーションや管理、保守、建設などの機能を持つ。EMは、サブネットワークの管理機能を持っているので、サブネットワークレベルの故障管理が可能である。伝送装置そのものをNE(Network Element)と称し、そのNEとEMの間のインタフェースと

して、TMN準拠のQ3インタフェースを採用している。また、EMとネットワーク全体を制御するOS(Operation System)との間のインタフェースは、Q3と北米既存方式TL-1の両者をサポートする。したがって、EMは、現在のTL-1ベースのOSに接続できるとともに、将来のQ3ベースのOSへの対応も可能である。また、GLCTは直接NEに接続できるだけでなく、LANに接続してサブネットワークの管理に使うこともできる。

7 40 Gビット/s基本技術の研究

日立製作所は、いっそうの大容量伝送の実現に向けて、ポスト10 Gビット/sシステムとして期待される40 Gビット/s光伝送システムの研究を推進中である。この研究では、高速・低消費電力の光デバイスである駆動電圧2.5 V以下、帯域42 GHzの半導体光変調器モジュールを開発した。さらに、電気デバイスとしては、アナログ系とデジタル系の2種類のICを開発した。この電気デバイスについて以下に述べる。

40 Gビット/s用に開発している2種類の電子デバイスの特性を表2に示す。InP HBT(Heterojunction Bipolar Transistor)は、その低いベース抵抗が特徴であり、広帯域増幅器に適している。また、耐圧が高いことから、大きな駆動振幅を必要とする光変調器の駆動用ICとして有用である。SiGe HBTは、低い動作電流で高い電流利得帯域幅(f_t)を持つことから、デジタルICの低消費電力化を可能にする。

40 Gビット/s用ICの試作結果を表3に示す。アナログICの前置増幅器、主増幅器、および変調器駆動ICをInP HBTで、デジタルICの2:1 MUX, 1:2 DMUX, お

表2 40 Gビット/s IC用デバイスのパラメータ

今後いっそう進むと考えられる大容量化に向けて、40 Gビット/s光伝送デバイスを開発中である。現在までに、InP HBTとSiGe HBTの2種類の電子デバイスを開発した。

パラメータ	InP HBT	SiGe HBT
h_{fe} (順方向電流増幅率)	20	720
$R_{bb'}$ (ベース抵抗)	20 Ω	210 Ω
f_t (電流利得帯域幅)	147 GHz(17 mA時)	95 GHz(2 mA時)
F_{max} (最大発振周波数)	210 GHz	108 GHz
BVCEO (コレクタエミッタ間耐圧)	8 V	2 V

表3 40 Gビット/s ICのパラメータ

InP HBTとSiGe HBTの2種類の電子デバイスを組み合わせて、40 Gビット/s伝送用ICを試作した。

項目	IC名	前置増幅器	主増幅器	変調器駆動IC	2:1 MUX	1:2 DMUX	識別器
使用デバイス		InP HBT	InP HBT	InP HBT	SiGe HBT	SiGe HBT	SiGe HBT
帯域(速度)		30.8 GHz	>65 GHz	16/15 ps (20~80%)	40 Gビット/s	40 Gビット/s	40 Gビット/s
消費電力		170 mW	240 mW	1.7 W	870 mW	1.0 W	1.1 W

注：略語説明 MUX(多重回路), DMUX(分離回路)

よび識別器をSiGe HBTでそれぞれ試作し、デジタルICでは40 Gビット/s動作を確認した。

8 おわりに

ここでは、OC-192光伝送装置と波長多重装置、および40 Gビット/s伝送技術の研究開発状況について述べた。

OC-192光伝送装置は、コンカチネーション処理機能と50 Mビット/sパス(STS-1)単位のアッド・ドロップスイッチを持ち、従来の電話系トラヒックとIPトラヒックの両方を効率よく多重化する。この装置とDWDM伝送装置の組合せにより、大容量伝送ネットワークの構築が可能となる。これにより、日立製作所は、将来増大すると予想されるIPトラヒックに対応していく考えである。

参考文献

- 1) T. Mori, et al.: Ultra High-Speed SONET Fiber-Optic Transmission System, Hitachi Review, Vol. 47, No. 2, pp. 79-84(1998)
- 2) M. Nakamura: Challenges in Semiconductor Technology for Multi-Megabit Network Services, TA 1.1, ISSCC Digest of Technical Papers, pp. 16-20(1998-2)
- 3) 菅野, 外: 多様化するトラヒックのニーズにこたえる中速-超高速光伝送システム, 日立評論, 79, 6, 531~536(平9-6)
- 4) 尾島, 外: 高密度波長多重による光ネットワークシステム, 日立評論, 81, 9, 587~590(平11-9)

執筆者紹介



中野幸男

1983年日立製作所入社, 日立テレコム(USA), Inc. 所属
現在, 10 Gビット/s光伝送システム, DWDM光伝送システムの開発に従事
工学博士
電子情報通信学会会員, IEEE会員
E-mail: ynakano@hitel.com



武鎗良治

1986年日立製作所入社, 中央研究所 オプトエレクトロニクス研究部 所属
現在, 10 Gビット/s, 40 Gビット/s光伝送装置のサブシステムおよびICの研究開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: takeyari@crl.hitachi.co.jp



辻 裕邦

1979年日立製作所入社, 情報・通信グループ 通信システム事業本部 光伝送本部 所属
現在, 10 Gビット/s光伝送システム, DWDM光伝送システムの開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: hirokuni_tsuji@cm.tcd.hitachi.co.jp



森 隆

1983年日立製作所入社, 情報・通信グループ 通信システム事業本部 光伝送本部 所属
現在, 10 Gビット/s光伝送システム, DWDM光伝送システムの開発に従事
電子情報通信学会会員
E-mail: takashi_mori@cm.tcd.hitachi.co.jp