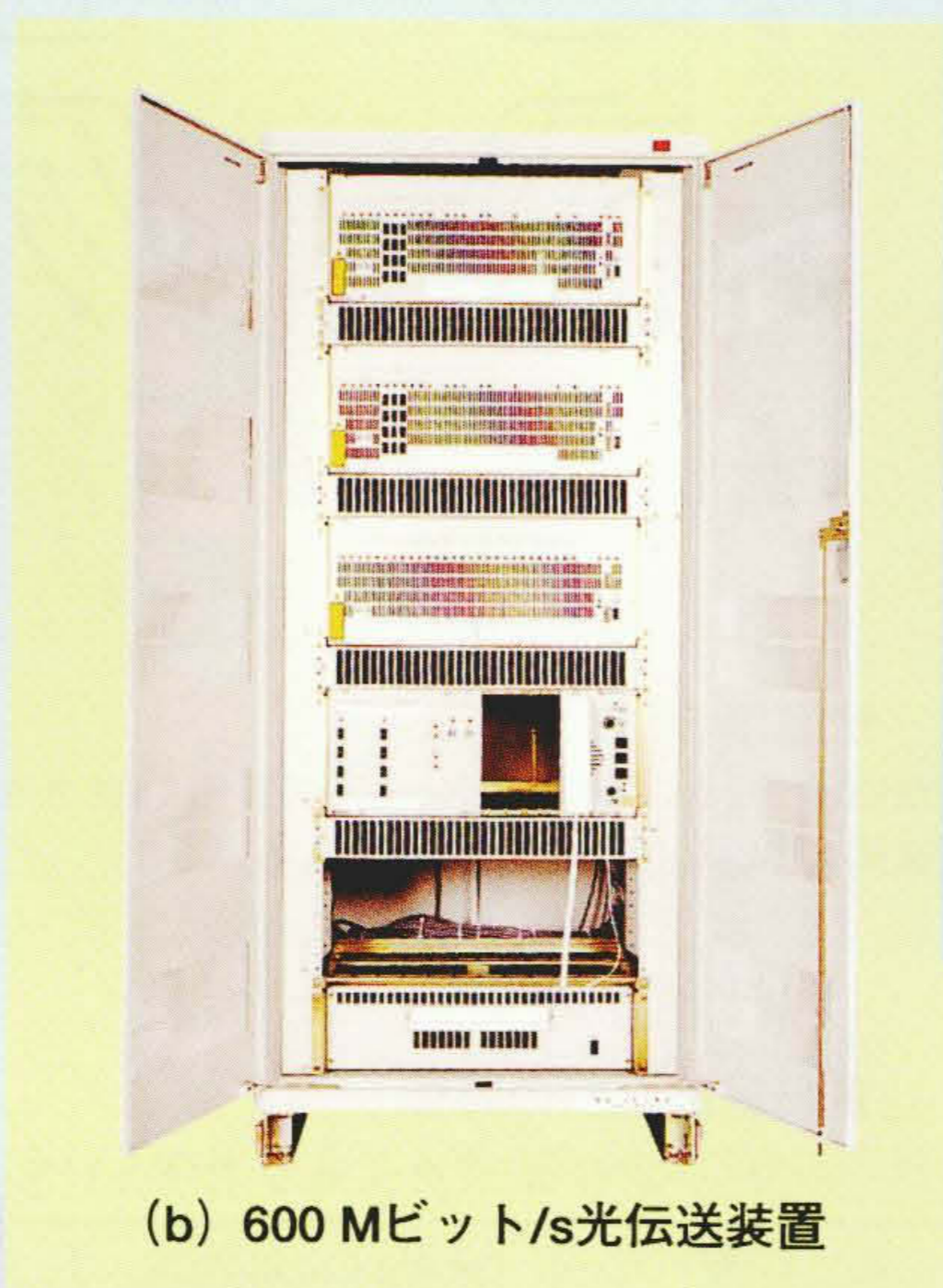


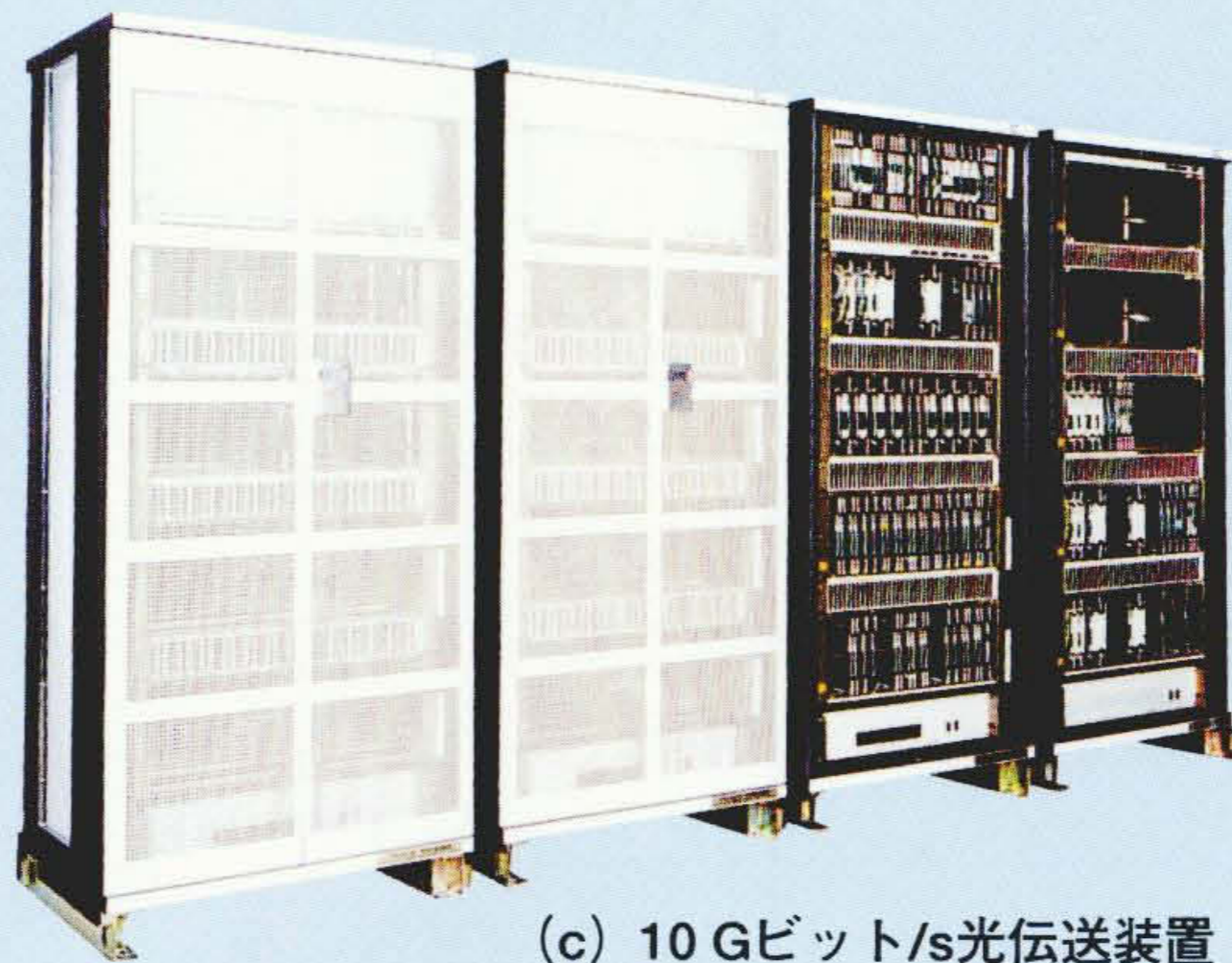
多様化するトラフィックのニーズにこたえる 中速-超高速光伝送システム

Medium to Ultrahigh-Speed Optical Transmission Systems for Diversified Traffic Needs

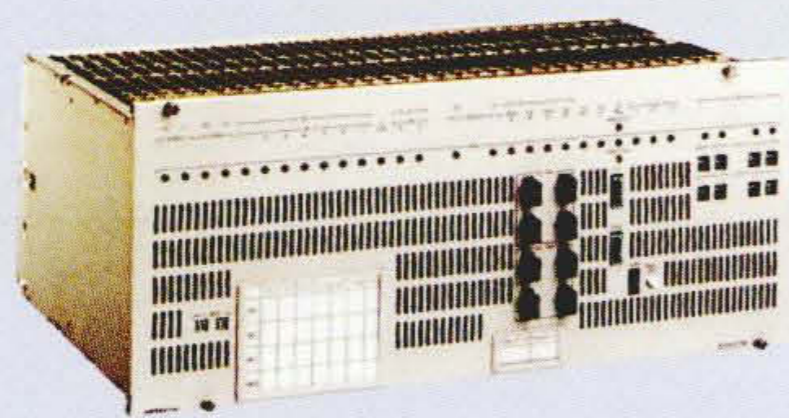
菅野忠行 *Tadayuki Kanno* 早川和夫 *Kazuo Hayakawa*
榊田尚弘 *Naohiro Sakakida* 南 幸雄 *Yukio Minami*



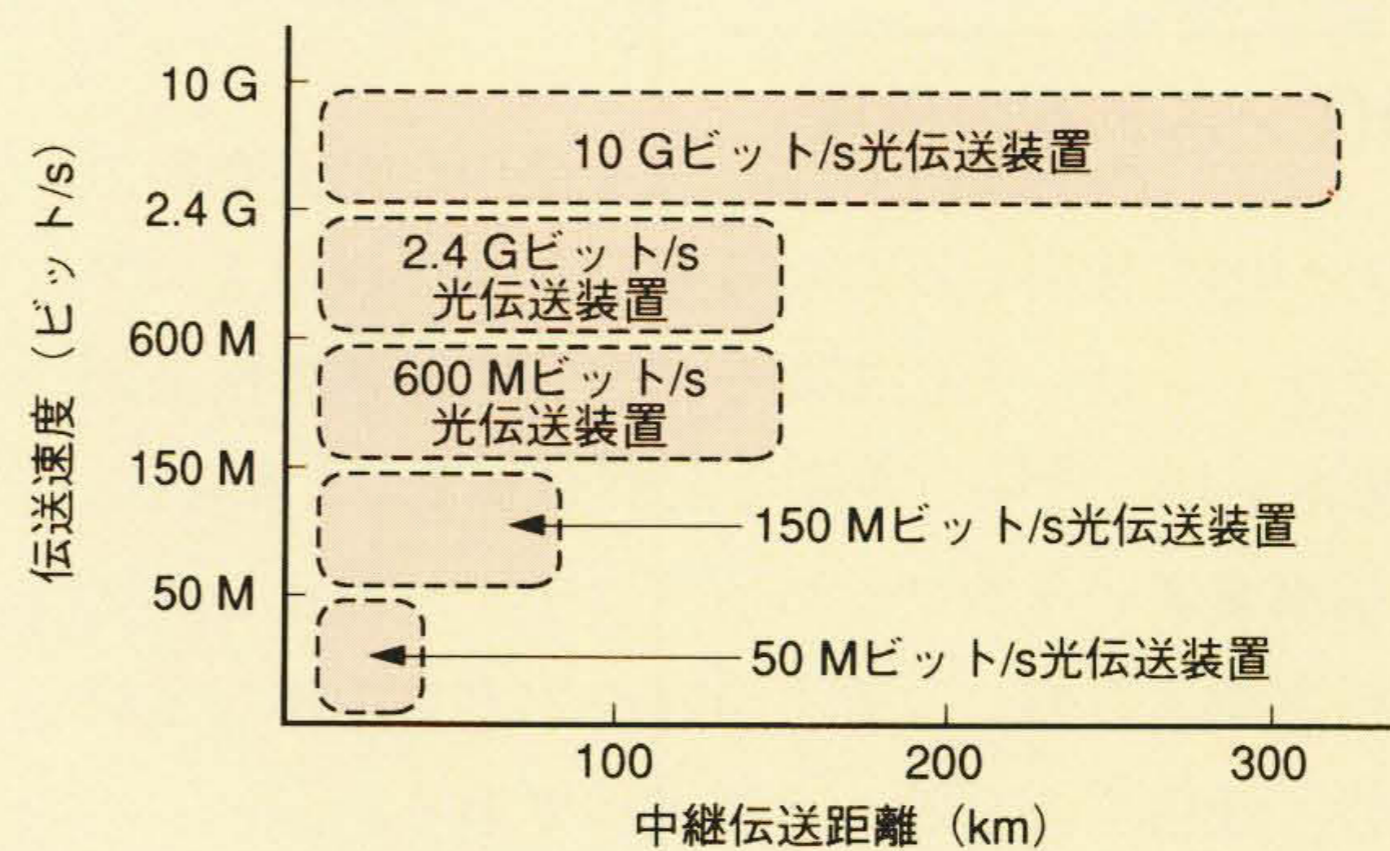
(b) 600 Mビット/s光伝送装置



(c) 10 Gビット/s光伝送装置



(a) 50 Mビット/s光伝送装置



中速-超高速光伝送システム

適用距離、回線容量に応じて種々の装置を選定することができる。例えば、中小都市間を結ぶ場合は50Mビット/s、600Mビット/s光伝送装置が適用でき、再生中継距離はそれぞれ40km、140kmまでが可能である。また、大都市間を結ぶ場合は10Gビット/s光伝送装置が適用でき、その再生中継距離は320kmまでである。

マルチメディア時代が到来し、通信トラフィックが爆発的な伸びを見せている。一方、通信コスト低減の要求も高まりつつある。これらに対応するため、中継系インフラストラクチャーの高速・大容量化が重要な課題となっている。

こうした背景の下で、約13万チャネルの電話回線を1本の光ファイバで伝送することのできる10 Gビット/s超高速光伝送システムが1996年に日本電信電話株式会社に

で予備系切替が実現できる、高機能な600 Mビット/s・2.4 Gビット/s光伝送システムが導入されている。さらに、地域系ネットワークには中・小規模の光伝送システムが要求されており、さまざまなニーズに応じた装置の選定が必要となる。

日立製作所は、これらの高速・大容量化、高機能化、および多様なニーズにこたえる中速-超高速光伝送システムの開発に参画し、装置を納入してきた。これらのシ

1. はじめに

マルチメディア時代の到来とともに大容量の通信ネットワークが要求され、また比較的小容量の回線を効率よく運用する小・中規模のネットワークが必要になるなど、通信ネットワークの多様化が進んでいる。このような動向に応じて、1988年以降、ITU-T(国際電気通信連合電気通信標準化部門)によって標準化された新同期インタフェース“SDH(Synchronous Digital Hierarchy)”が中継伝送ネットワークに適用されており、50 Mビット/s～10 Gビット/sの幅広い速度帯域の中継伝送路が実用化されている。

これらの高速伝送路の実用化は、超高速で動作する多重分離IC、アナログ送受信IC、半導体光変調器などの要素デバイス技術の確立に負うところが大きい³⁾。

ここでは、これら伝送装置のラインアップを紹介するとともに、最近開発して日本電信電話株式会社に納入した10 Gビット/s光伝送装置、および中国通信ネットワーク株式会社に納入した600 Mビット/s光伝送装置の構成・特徴・概要について述べる。

2. 通信システムの構成

現在、わが国で使用されている通信システムのインフラストラクチャーは、大都市間を結ぶ長距離基幹伝送網と、中小都市を結ぶローカル網に大別できる。これらは、第1種通信事業者のインフラストラクチャーをはじめとして、通信事業者以外にも電力会社や地方自治体などが独自に布設、使用するなど、多種多様である。

長距離基幹伝送網の特徴は、大都市間の膨大なトラフィックを収容するため、大容量伝送かつ広域通信が必要なことであり、現在、最高伝送速度10 Gビット/sのシステムが導入されている。その伝送距離も再生中継間隔320 km、総延長距離2,500 kmが要求されている。

一方、中小都市を結ぶローカル網としては、小・中容量程度の伝送が要求されることが多く、現状は最大600 Mビット/s伝送が主となっている。伝送距離も比較的短距離(40 km程度)が多い。

伝送路の形態としては、2地点間を伝送する方式(ポイント-ポイント伝送)と、伝送路をループ状に構成する方式がある(図1参照)。それぞれ表1に示すような特徴を持ち、両方式ともわが国で導入が進められている(ポイント-ポイントとループ伝送を、ネットワークからの必要性に応じて、同一システムに併用することも行われている)。

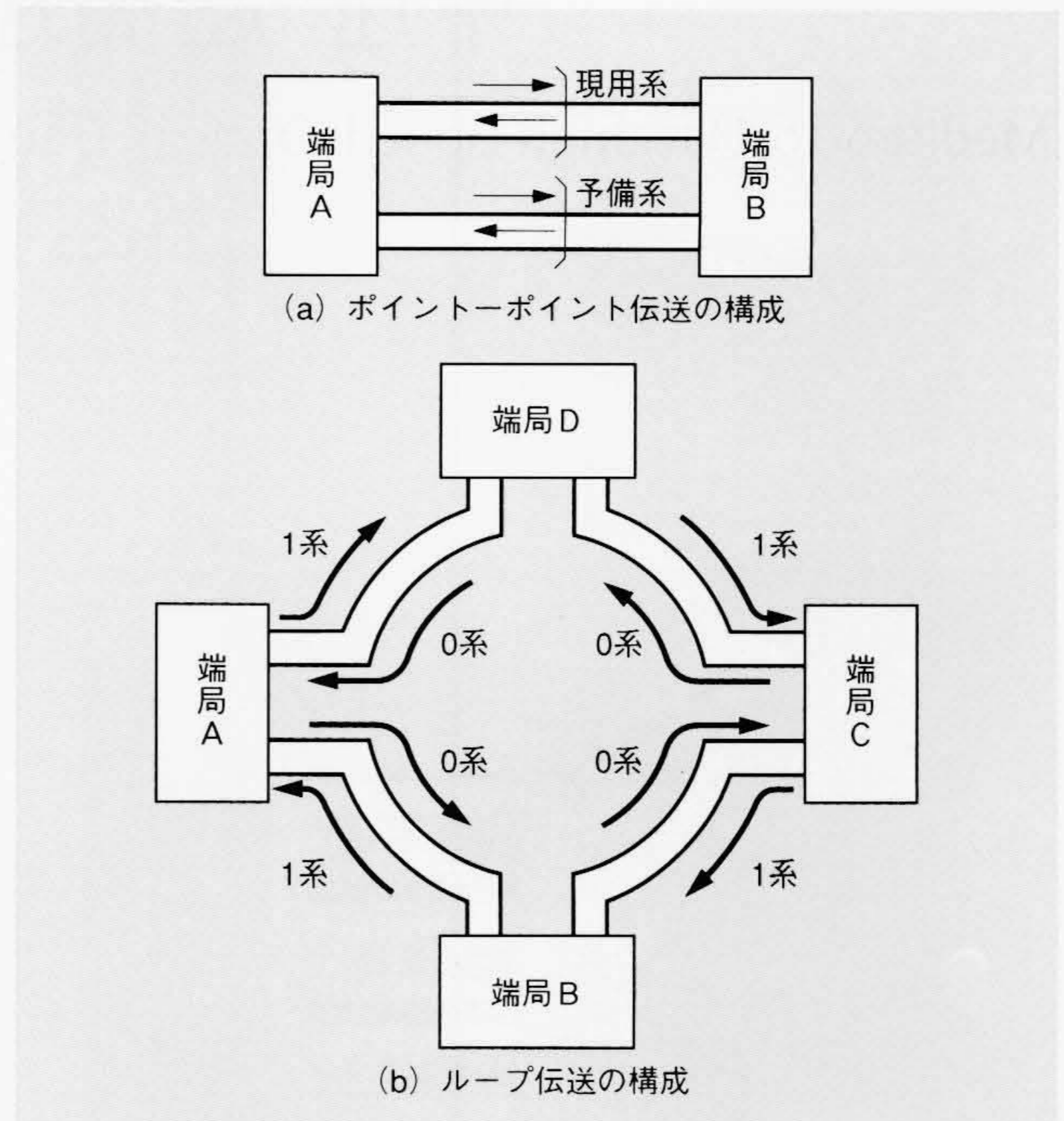


図1 伝送路の形態

2地点間を結ぶ構成と、ループ状に複数地点を結ぶ構成がある。(b)は端局Aと端局C間の伝送例である。

表1 各伝送路形態の特徴

両方式ともわが国での導入が進められている。

形態	ポイント-ポイント	ループ
光ファイバ必要心数	4心	2心
ケーブル切断時の動作	予備系でシステム動作	う回路でシステム動作
伝送情報量	大	中・小

したがって、伝送路を構成する装置には多種多様な機器構成が要求されており、それぞれのニーズに応じて装置を使い分けることが望ましい。

3. 伝送装置のラインアップ

多様な中継伝送システム構成に対応するため、これまでに50 Mビット/s～10 Gビット/sの各種SDH伝送装置を開発した。その製品ラインアップの仕様を表2に示す。装置の適用方法としては、要求される伝送スピード、ネットワーク適用形態、伝送距離などに応じて、同表に示したのものから最適装置を選択することが可能である。

これらのSDH伝送装置は、共通的に以下の特徴を持ち、高い信頼性と容易な保守・運用性を実現している。

- (1) 主信号系はすべて冗長構成(伝送路はセクションまたはパス単位)のため、高信頼度を確保
- (2) 回路各部の自己診断機能を持ち、保守が容易

表2 SDH伝送装置各種の基本仕様

適用距離, 回線容量に応じて各種装置から最適な構成を選定することができる。

項目	50 Mビット/s 光伝送装置	150 Mビット/s 光伝送装置	600 Mビット/s 光伝送装置			2.4 Gビット/s 光伝送装置**			10 Gビット/s 光伝送装置
			標準	長距離	長距離	標準	長距離	長距離	
適用ネットワーク	ポイント-ポイント	ポイント-ポイント	ループまたは ポイント-ポイント			ループまたは ポイント-ポイント			ポイント-ポイント
伝送速度(Mビット/s)	51.84	155.52	622.08			2,488.32			9,953.28
中継距離(km)	40	40	40	80	140	40	80	120	320
使用波長帯(μm)	1.31	1.31	1.31	1.31	1.55	1.31	1.55	1.55	1.55
低速側インタフェース 収容数	(1) 1.5 Mビット/s・28回線 (2) 6.3 Mビット/s・7回線 (3) 2 Mビット/s・28回線 *1	(4) 1.5 Mビット/s・44回線/ ユニット (5) 6.3 Mビット/s・21回線/ ユニット (6) 2 Mビット/s・28回線/ユニット (7) 8 Mビット/s・17回線/ユニット *2	(8) 150 Mビット/s・4回線 (9) 50 Mビット/s・12回線*4				(10) 150 Mビット/s・16回線 (11) 50 Mビット/s・48回線	(12) 50 Mビット/sまたは150 M ビット/s・64回線 (13) 600 Mビット/s・16回線 (14) 2.4 Gビット/s・4回線	
実装規模	1ユニット	1架	1架*3			1架 (低速50 Mビット/sの場合は2架)			基本架(1架) +増設架(2架)
架(ユニット)サイズ(m)	0.45×0.32×0.20	0.65×0.5×2.3	0.65×0.5×2.3			0.65×0.5×2.75			0.8×0.6×1.8
冷却方式	自然空冷	自然空冷	自然空冷			自然空冷			自然空冷

注: *1 ユニット収容数, *2 1架当たり4ユニット収容可能, *3 (8)は1架当たり2装置搭載可能, *4 開発中

(3) 回路各部の監視を行って警報を自動出力するため、保守が容易

4. 超高速伝送装置およびループ型伝送装置

最近開発した超高速伝送システムである10 Gビット/s光伝送装置, およびループ型構成も可能な600 Mビット/s光伝送装置について以下に述べる。

10 Gビット/s光伝送装置は, 局内信号を多重分離変換して10 Gビット/sで光送受信する多重化端局装置と, 長距離を伝送するために等化増幅(Reshaping), リタイミング(Retiming), 識別再生(Regenerating)の3R機能を持つ再生中継装置, および波形再生の1R機能を持つ線形中継装置で構成する。これらの装置のシステム構成を図2に示す。

ループ対応の600 Mビット/s光伝送装置は, 多重化装置と切換装置で構成する。この場合のシステム構成を図3に示す。

4.1 10 Gビット/s光伝送装置

4.1.1 装置の特徴

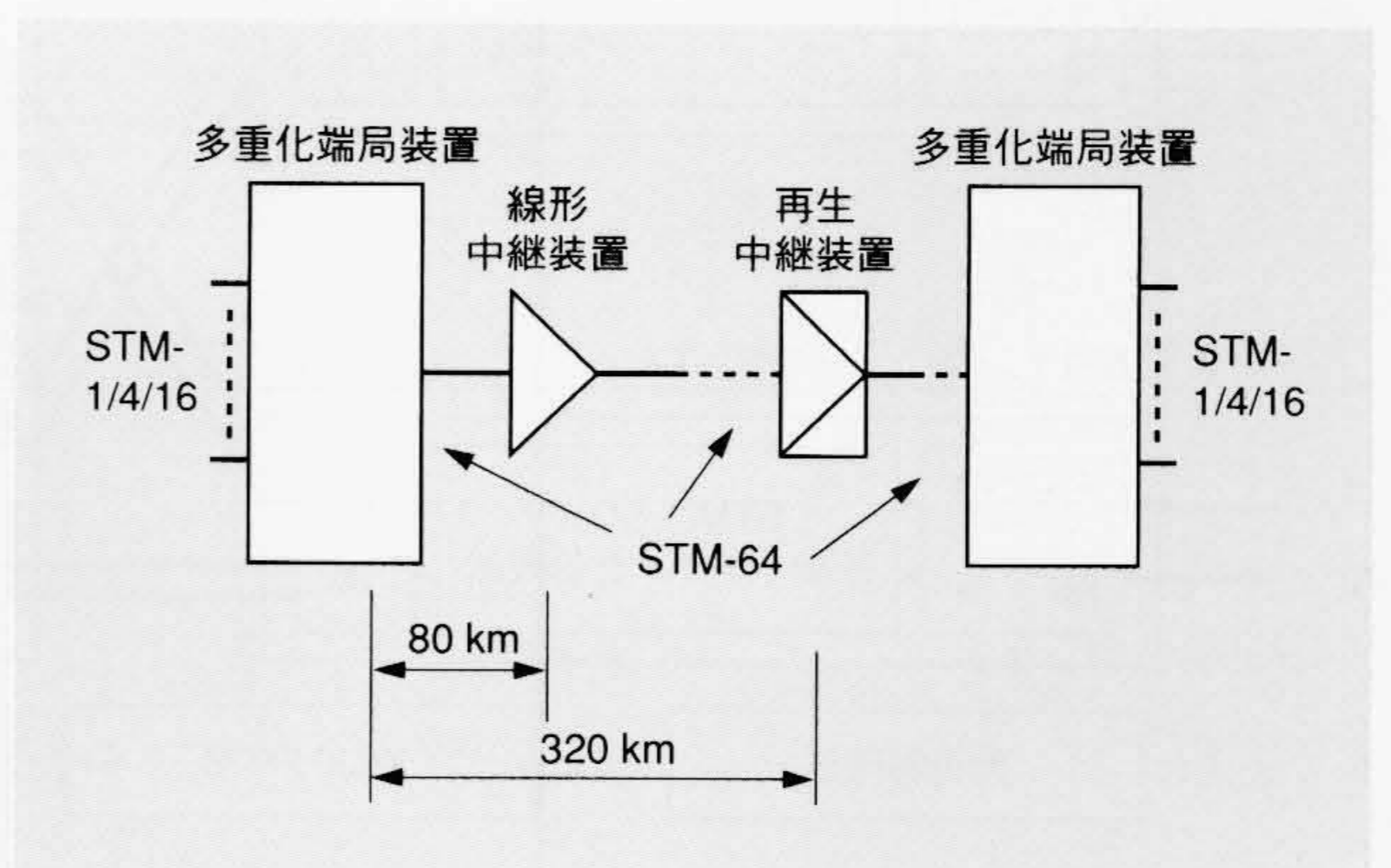
この装置の特徴は以下のとおりである。

(1) 長距離光伝送を実現

このシステムでは, 線形中継距離は最長80 km, 再生中継距離は最長320 kmの長距離光伝送を実現している。光

送信器には半導体MZ(Mach-Zender)変調器を使用した外部変調方式を採用し, 波長変動を抑えている。また, 線形中継装置は, 6 dB以下の低ノイズ特性と32 dB以上のゲイン特性を持っている。

電子デバイスとしては, 変調器ドライバ, AGC(Auto-matic Gain Control)増幅器, リミッタ, 識別器などのアナログ回路にガリウムヒ素MESFET(Metal-Semiconductor Field-Effect Transistor)を, 多重分離回路などのデジタル回路にシリコンバイポーラトラン



注: 略語説明 STM-N(Synchronous Transfer Mode Level N)

図2 10 Gビット/s光伝送装置のシステム構成

線形中継装置を使って再生中継距離を320 kmまで延ばすことができる。

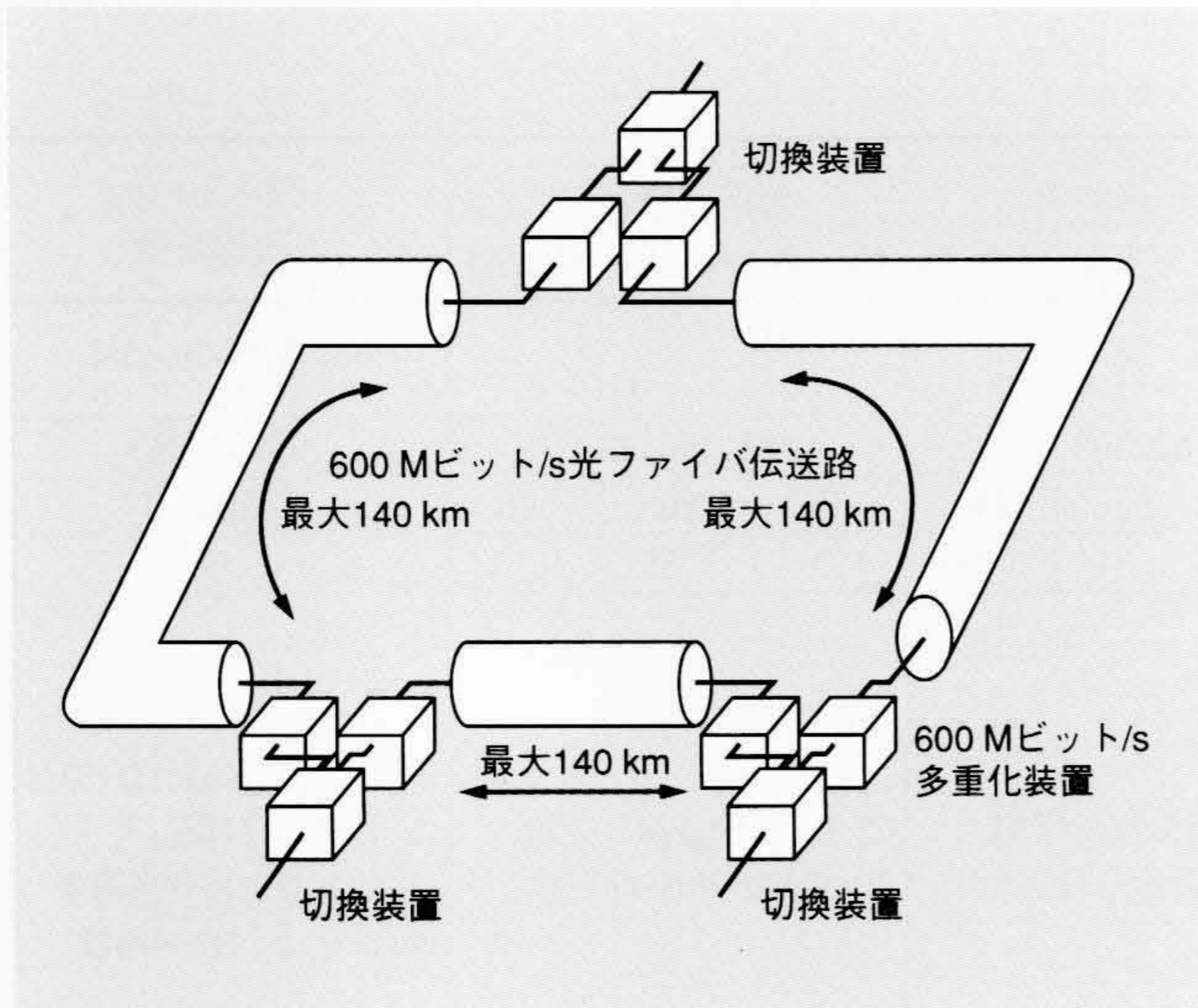


図3 600 Mビット/s光伝送装置のシステム構成
 切換装置によってループネットワークを構成している。

ジスタをそれぞれ採用してIC化したことにより、小型・低価格で高信頼な回路構成を実現している。

(2) ファンの保守が不要な自然空冷方式

自然空冷方式を採用することにより、ファンの定期保守が不要となり、保守性に優れた高信頼なシステムが構成できる。

IC, LSIの高速化, 高集積化に伴う発熱量の増大に対処するため、各ICの消費電力を2~3 W程度以下になるようにチップ分割した。さらに、IC内部のトランジスタ構造とICパッケージ構造、および放熱フィン構造をシミュ

レーションによって最適化し、自然空冷下での信頼度保証ジャンクション温度を実現している。

(3) 中継装置を端局装置から遠隔で監視制御

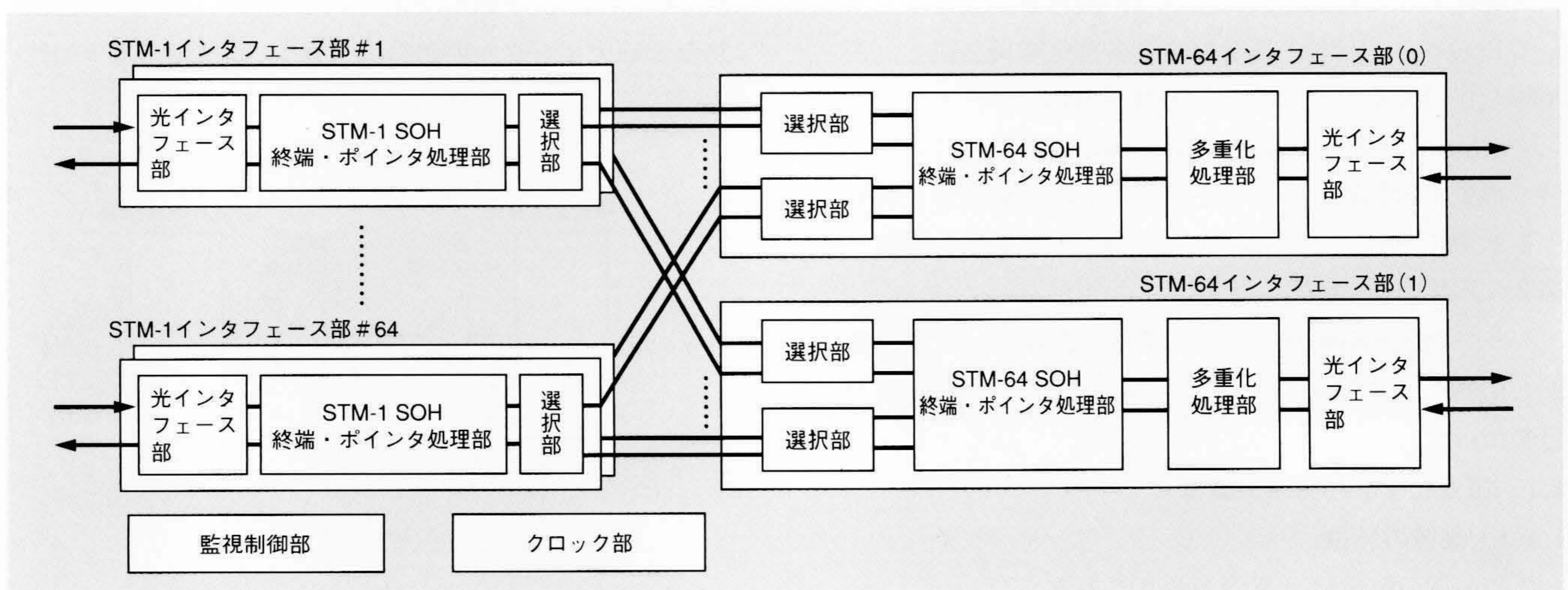
中継装置を多重化端局装置から遠隔で監視制御することにより、保守作業が一括管理、簡易化できる。

線形中継装置は1R機能だけを持っており、セクションオーバーヘッドの多重分離を行わない。そこで、監視制御信号を別波長の監視制御光に変換し、主信号光と波長多重して同一光ファイバで伝送し、遠隔で監視制御する方式を採用している。

4.1.2 装置の概要

この装置は、幅800×奥行600×高さ1,800 (mm)のキャビネット(5ユニット搭載)に收容される。多重化端局装置は基本架1架+増設架2架、再生中継装置は2ユニット、および線形中継装置は0.5ユニットの装置規模である。

多重化端局装置のブロック構成を図4に示す。局内インタフェースでは、対向する局内装置のインタフェース速度に応じて、50 Mビット/s, 150 Mビット/s, 600 Mビット/s, および2.4 Gビット/sの4種類を選択して接続することができる。高速インタフェースでは、多重化端局装置と再生中継装置での互換性を考慮している。各高速デバイスをIC化したことにより、コンパクトな実装を実現し、光送受信部で1ユニット、多重分離部で1ユニットの構成で自然空冷を実現した。10 Gビット/sインタフェースの光出力波形と受信特性を図5に示す。



注：略語説明 SOH (Section Overhead), STM (Synchronous Transfer Mode)

図4 多重化端局装置のブロック構成

インタフェース部と共通部(監視制御部, クロック部)で構成している。低速側インタフェースは、STM-1のほかSTM-4, STM-16に対応可能である。

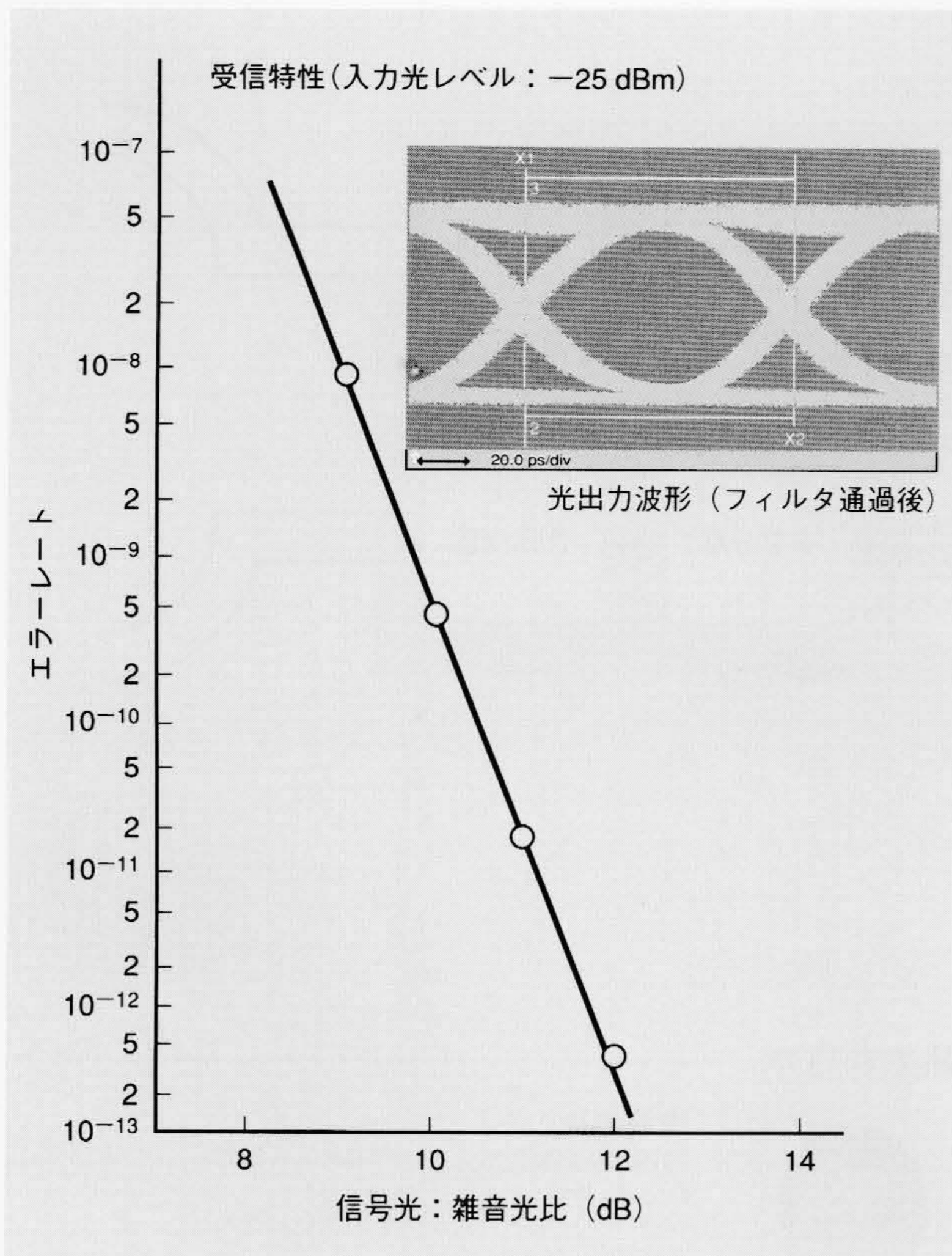


図5 10 Gビット/sインタフェースの光伝送特性
超高速デバイスによって良好な特性を得ている。

4.2 600 Mビット/s光伝送装置

4.2.1 装置の特徴

NCC(New Common Carriers)ネットワーク向けとして、従来のポイント-ポイント伝送用の600 M伝送装置⁴⁾に加え、ループ伝送も可能な600 M伝送装置を開発した。この装置の特徴は以下のとおりである。

(1) 2心光ファイバを用いたループ伝送

この装置は、600 Mビット/s多重化装置と、50 Mビット/sおよび150 Mビット/s単位でパスを切り替える切替スイッチで構成する。600 Mビット/s多重化装置はループ構成の光ファイバに接続され、2心光ファイバで伝送システムを構成することができる(図3参照)。

(2) 長距離伝送

高出力光源(出力光パワー：+5~+11 dBm)と高感度受信器(最少受信パワー：-41 dBm)の組合せにより、80 km無中継伝送が可能である。また、1.55 μm光源の使用により、140 km伝送も可能としている。

(3) ユニット完結型実装方式

両装置ともLSIの大幅採用により、一つのユニット[幅603×奥行330×高さ223(mm)]内に主信号部クロック

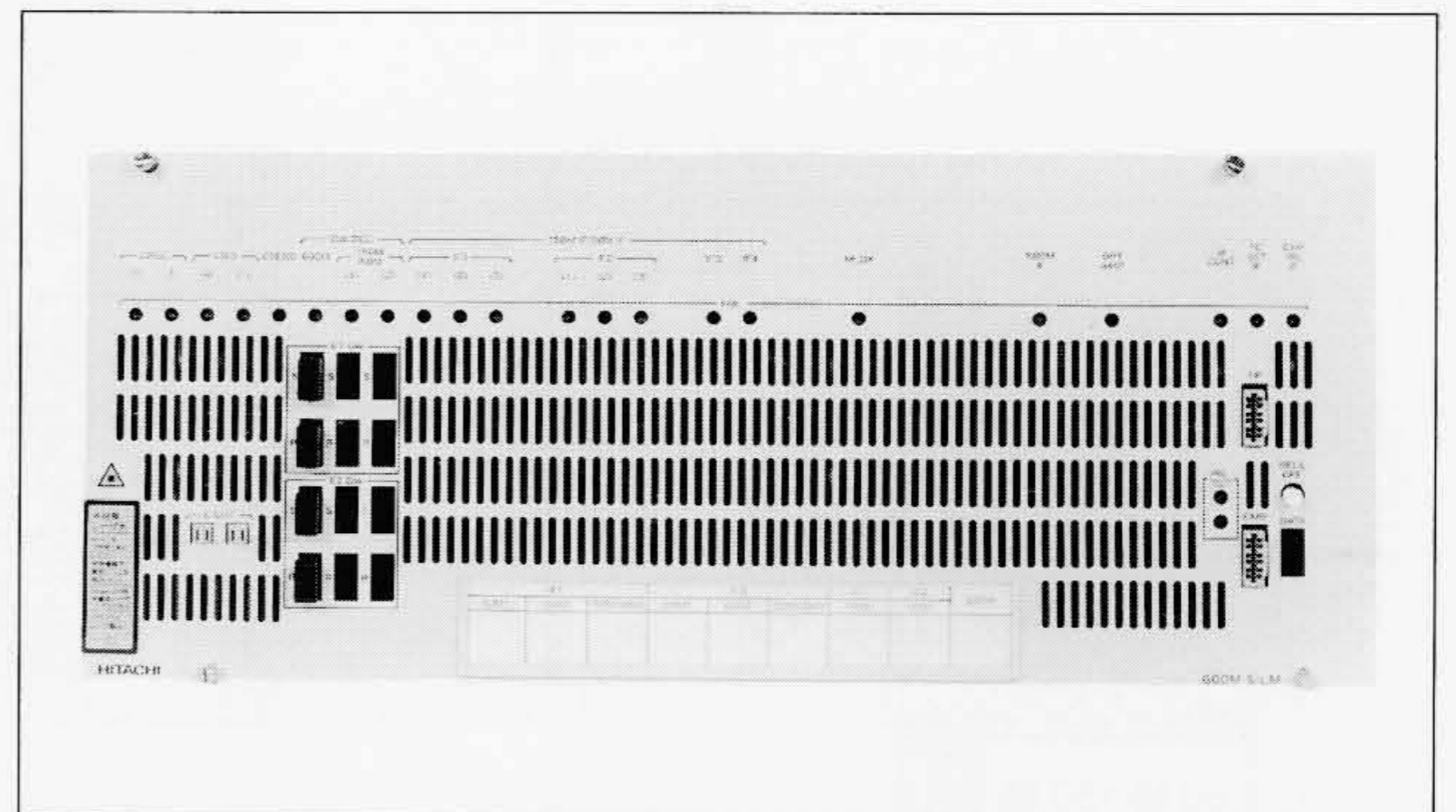


図6 600 Mビット/s多重化装置の外観
ユニット完結型で、自然空冷方式を採用している。

部と警報制御部を実装したユニット完結型装置とした(図6参照)。このため、架の空きスペースに他の装置とともに簡単に混載することができる。またこの装置では、小型・低消費電力化によって自然空冷を達成した。このため、ファンの保守は不要である。

4.2.2 装置の概要

この装置のブロック構成を図7に示す。600 Mビット/s多重化装置と切替装置間は光インタフェースを採用したため、両装置間の距離を大きくすることが可能である。これにより、両装置を離れた架の空きスペースに実装することも可能となる。

切替装置では、50 Mビット/sで切り替えて50 Mビット/sインタフェースを持つ50 Mビット/s切替装置、および150 Mビット/sと50 Mビット/s単位で切り替えて150 Mビット/sインタフェースを持つ150 Mビット/s切替装置の2種類をラインアップした(50 Mビット/s切替装置は開発中)。

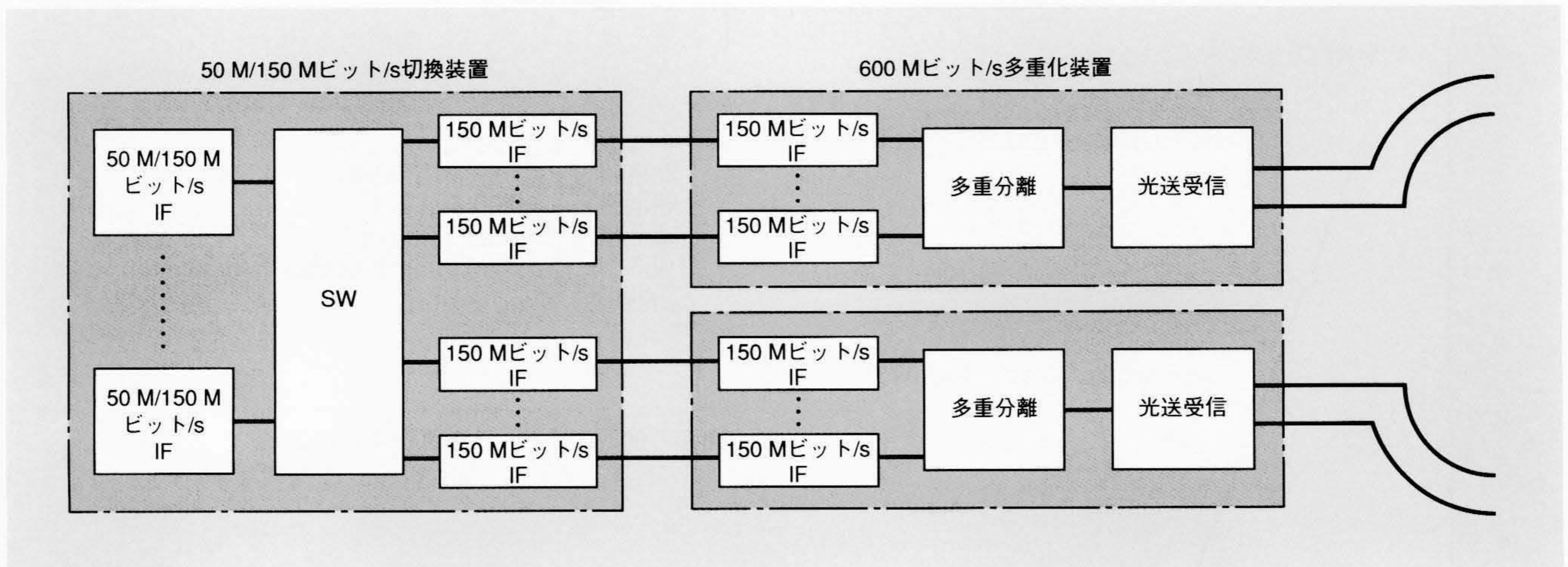
またこれらの切替装置を、現在開発中の2.4 Gビット/s多重化装置と組み合わせて使用することが可能である。

5. おわりに

ここでは、マルチメディア時代の基幹ネットワークを構成する中速-超高速光伝送システムについて述べた。

長距離基幹伝送網用としては、超高速IC、光デバイスの実現、自然空冷方式の採用などの技術により、10 Gビット/s光伝送装置を開発した。10 Gビット/s光伝送装置は1996年4月以降、日本電信電話株式会社のバックボーンネットワークに順次導入されている。

中規模ネットワーク用としては、切替装置を使用したループ構成が可能な600 Mビット/s光伝送装置を開発した。600 Mビット/s光伝送装置は、1996年12月から中国通



注：略語説明 IF (Interface), SW (Switch)

図7 600 Mビット/s光伝送装置のブロック構成
 切換装置によって0系, 1系を切り替える。

信ネットワーク株式会社で稼動中である。

このほか、各種適用形態に対応できる装置をラインアップしている。

終わりに、この開発にあたっては、日本電信電話株式会社をはじめ関係各位からご指導いただいた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) 中川, 外: 超大容量FA-10 G光伝送方式の開発, NTT R&D, Vol.44, No. 3 (1995)
- 2) M. Hirako, et al.: Very High-speed Fiber Transmission System, NTT Review, Vol. 8, No. 5 (1996-9)
- 3) 芳根, 外: 光伝送技術の動向, 日立評論, 72, 4, 313~318(平2-4)
- 4) 南, 外: 国際標準方式による600 Mビット/s多重端局終端装置, 日立評論, 75, 3, 207~210(平5-3)

執筆者紹介



菅野忠行

1979年日立製作所入社, 情報通信事業部 光伝送本部 中継伝送部 所属
 現在, 長距離系伝送システム開発に従事
 電子情報通信学会会員
 E-mail: tadayuki_kanno @ cm. tcd. hitachi. co. jp



榊田尚弘

1980年日立製作所入社, 情報通信事業部 光伝送本部 中継伝送部 所属
 現在, 超高速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: naohiro_sakakida @ cm. tcd. hitachi. co. jp



早川和夫

1973年日立製作所入社, 情報通信事業部 光伝送本部 第2システム部 所属
 現在, 光伝送システムの開発に従事
 E-mail: kazuo_hayakawa @ cm. tcd. hitachi. co. jp



南 幸雄

1971年日立製作所入社, 情報通信事業部 光伝送本部 第2システム部 所属
 現在, 光伝送システムの開発に従事
 電子情報通信学会会員, 応用物理学会会員