

デジタル基幹伝送装置

Trunk Transmission Systems

1988年、CCITT(国際電信電話諮問委員会)でSDH(Synchronous Digital Hierarchy)が勧告されたことを背景に、デジタル伝達網構築の中核となる以下の3種の新同期多重変換装置を開発した。

- (1) インタフェース変換およびSDH信号への多重化を行う飛び越し多重化装置
- (2) 各種速度のパス設定を行うクロスコネクト装置
- (3) 複数のSDH信号を高速SDH信号へ多重化する高速多重化装置

これらは今後のデジタル伝達網を構成する基幹伝送装置であり、B-ISDN(Broadband Integrated Services Digital Network)構築に向けてネットワークの発展に寄与していくものである。

菅野忠行* *Tadayuki Kanno*
 友岡啓二* *Keiji Tomooka*
 中野幸男** *Yukio Nakano*
 長野克之*** *Katsuyuki Nagano*

1 緒言

ISDN(Integrated Services Digital Network:サービス総合デジタル網)構築のため、伝達網のデジタル化が推進されており、高速デジタル専用線サービスに代表される多様なサービスが開始された。近年、さらに高速・広帯域信号のサービスを目指したB-ISDN(Broadband-ISDN)への移行を考慮した伝達網システムの研究が活発に行われており、1988年にCCITT(国際電信電話諮問委員会)から勧告された世界統一同期デジタル多重化構造SDH(Synchronous Digital Hierarchy)を柱として、伝送路網構造に大きな変革をもたらす伝達ノードシステムの開発が進められている。

本稿で述べる3種の新伝送装置は、B-ISDN実現のための基盤を形成するだけでなく、旧来のデジタル伝送路網の構造を一変させ、伝達ノードの経済性や保守性に大きなインパクトを与える画期的な装置である。

すなわち、一般に伝達ノードを構成する装置として持つべき機能は、

- (1) 大容量・長距離伝送路を構成するため、伝送路を終端し多重化する機能
- (2) 伝送路の使用効率を高めるため、複数伝送路間のパスの詰め替えを行うクロスコネクト機能
- (3) 交換機や既存伝送インタフェース信号をSDH信号に変換する飛び越し多重化機能

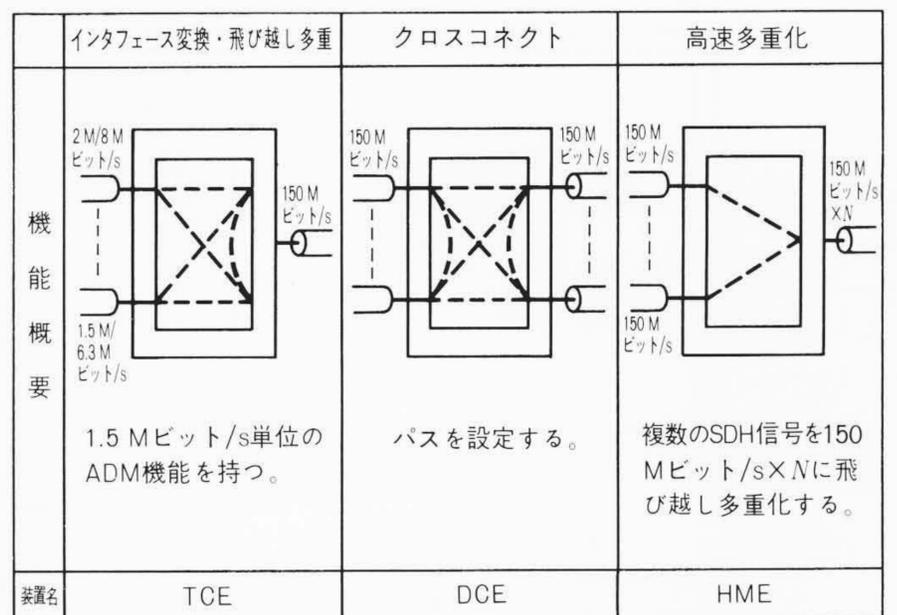
であるが、おのおのを独立した機能モジュールとして実現し、局規模、伝送路網形態に応じて自在に適用することにより、柔軟でシンプルな伝達網を構成することをねらった。機能モ

ジュールの概念を図1に示す。

本稿では新規に開発したこれら3種のデジタル基幹伝送装置について、その機能概要を述べる。

2 SDH

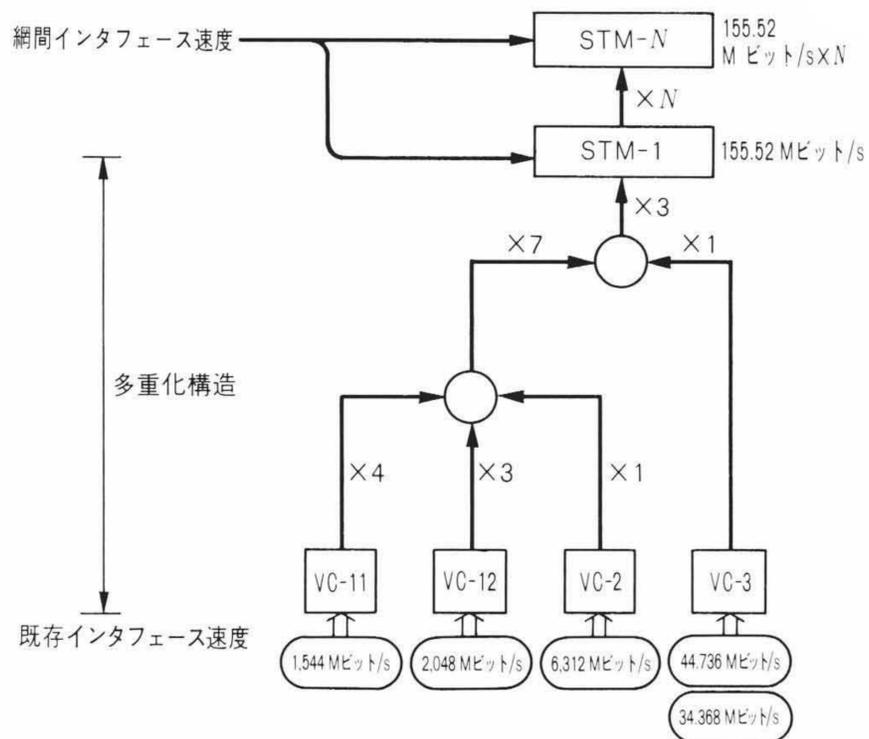
SDHは、1988年CCITTから勧告された新しい同期デジタル



注: 略語説明 ADM (Add Drop Multiplexer)
 TCE (Terminating and Converting Equipment)
 DCE (Digital Cross-Connect Equipment)
 HME (High-speed Multiplexing Equipment)
 SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

図1 機能モジュールの概念¹⁾ 伝送装置の機能3要素(多重化、クロスコネクト、終端)を、それぞれ機能モジュールとして独立させた。

* 日立製作所 戸塚工場 ** 日立製作所 中央研究所 工学博士 *** 日立製作所 光技術開発推進本部



注：略語説明など

STM-1 (Synchronous Transport Module Level 1)
○ (多重化グループ)

図2 SDH多重化構造 現在(1991年)STM-1以上の網間インタフェース速度として、N=4、16が勧告されている。

ル多重化構造および伝送速度であり、これまで3系統(日本, 北米, 欧州)あったデジタルインタフェースが統一されたことによりB-ISDNサービス実現のための基盤整備が本格的な

ものになった。SDH多重化構造を図2に示す。

SDHは、

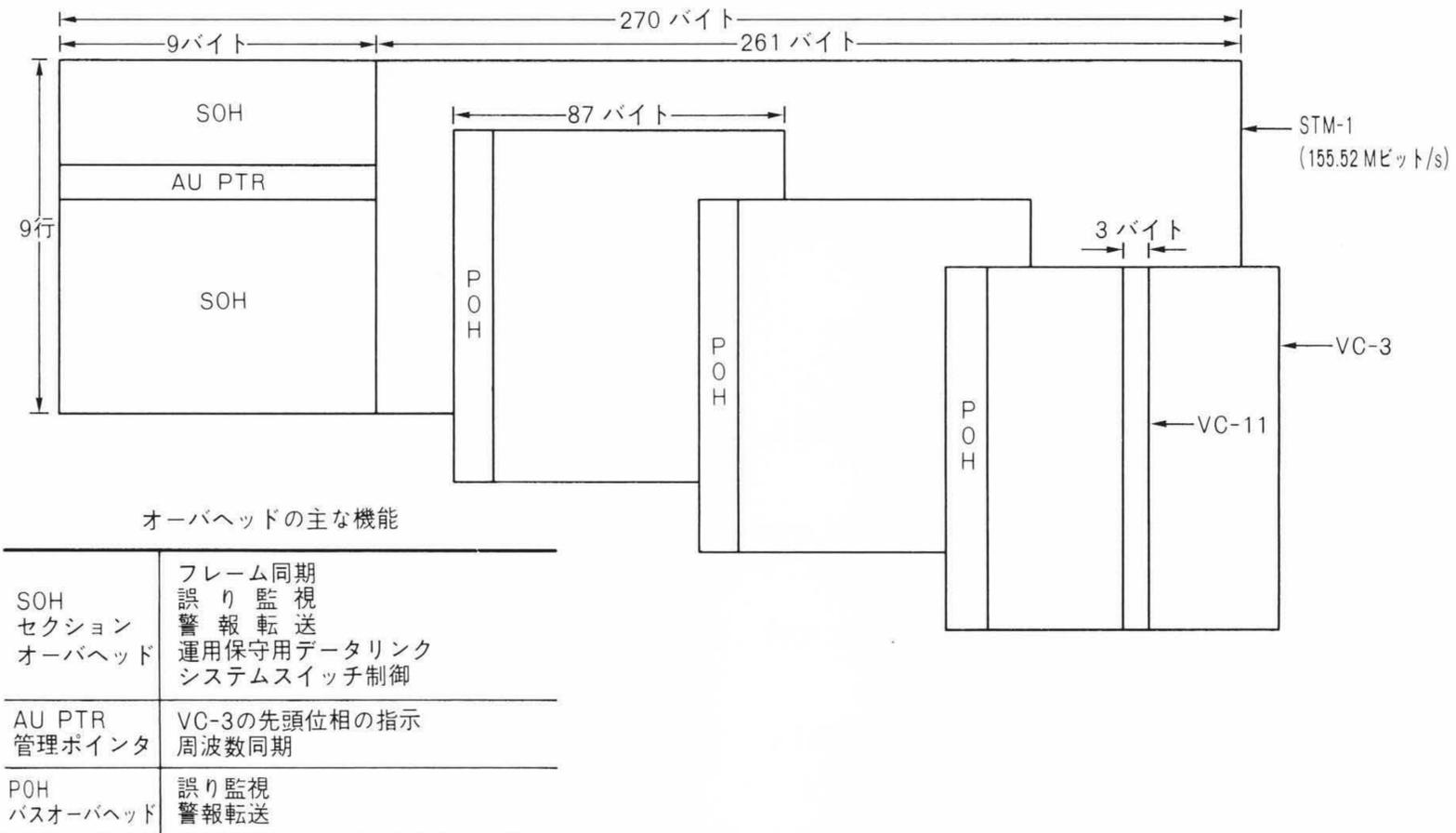
- (1) 網間インタフェース速度が統一($N \times 155.52$ Mビット/s)されたため、国際間接続が容易である。
- (2) 階層的な多重化構造を持っており、各階層ごとのオーバーヘッドバイト(網運用管理情報)を利用して、伝送路網の効率的な保守運用を行うことができる。
- (3) 高次群($N \times 155.52$ Mビット/s)まで同期化されるため、多重化レベルで信号列の識別が可能となり、クロスコネクタ機能などが効率的に実現できる。
- (4) VC (Virtual Container: バーチャルコンテナ)と呼ばれる規格化された多重化単位を用いて、各種速度の信号を收容し多重化するため、既存速度信号や将来の新サービス信号に対しても柔軟に対応することができる。

などの特徴を持っており、SDHを用いた多重変換装置(以下、SDH多重変換装置と略す。)は従来の非同期多重化装置に比べて高度な機能を実現することができる。

SDHの伝送フレーム構成を図3に示す。

3 SDH多重変換装置

SDH多重化信号を処理するSDH多重変換装置は、上述のように3種類の機能モジュールとして個別に実現した。機能モジュール化は、各種伝達網形態へ柔軟に対応させることのほ



オーバーヘッドの主な機能

SOH セクション オーバーヘッド	フレーム同期 誤り監視 警報転送 運用保守用データリンク システムスイッチ制御
AU PTR 管理ポイント	VC-3の先頭位相の指示 周波数同期
POH パスオーバーヘッド	誤り監視 警報転送

注：略語説明など STM-1 (64 kビット/s換算2,016チャンネル), VC-3 (Virtual Container 3 (64 kビット/s換算672チャンネル)), VC-11 (VC 11 (64 kビット/s換算24チャンネル))

図3 SDHフレーム構成²⁾ VC-3のPOHは、おのおののVCを独立に監視している。VC-3内の各VC-11も独立にPOHを持っている。

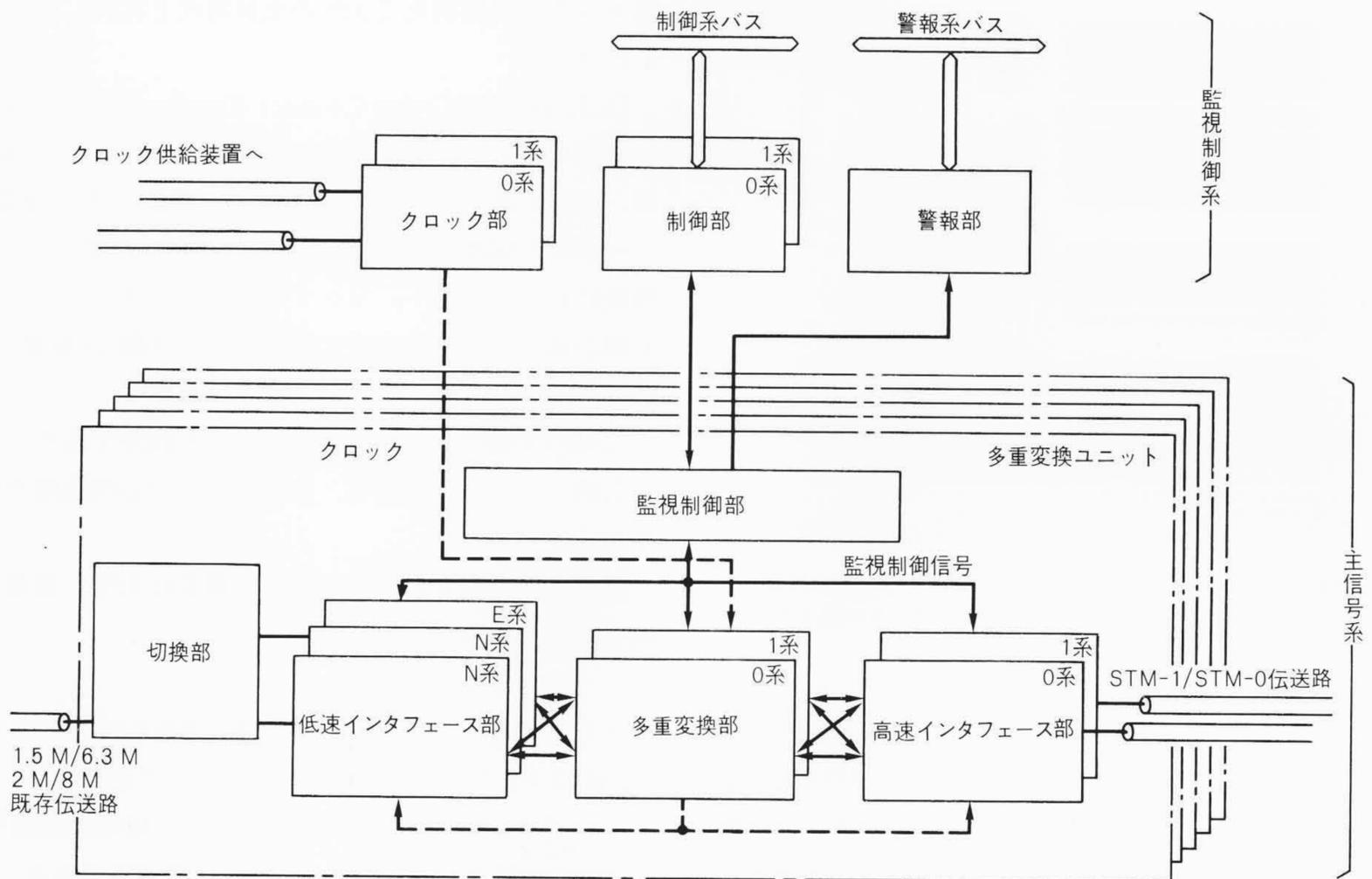


図4 TCEの全体構成 主信号系は1シェルフに收容されており、必要に応じて増設できる。

か、将来の技術革新に伴う伝達網の成長に従っておのこの独立に発展させることもねらっている。

3.1 TCE

TCE (Terminating and Converting Equipment)は、従来 1.5 Mビット/s→6.3 Mビット/s→32 Mビット/s→100 Mビット/s→400 Mビット/sとおのこの個別装置で段階的に行っていた低速信号の多重化を、同期多重化技術を用いて一つの装置でSDH信号(155.52 Mビット/s)まで飛び越し多重変換するものであり、現行のネットワークをSDHに基づく新同期ネットワークへ移行させるための装置である。

TCEの全体構成を図4に、主要諸元を表1に示す。装置主要部の概要を以下に述べる。

(1) 高速インタフェース部

高速インタフェース部は、STM-1 (Synchronous Transport Module Level 1 : 155.52 Mビット/s)信号を0/1系各1本またはSTM-0 (51.84 Mビット/s)を0/1系各3本收容する。これら光インタフェースは、局内伝送用のほか局間伝送用(40 kmまたは80 km伝送可能)モジュールも搭載できる。SDH信号のフレーム同期機能、位相整合機能などは大規模CMOS LSIで実現している。

(2) 多重変換部

1.5 Mビット/s(TU-11 : Tributary Unit 11)単位の分岐挿入を行うADM(Add Drop Multiplex)部と既存ハイアラキー

インタフェース信号をSDHに收容するための多重変換を行う多重分離部とで構成されている。これら多重変換には、時分割スイッチVLSI(図5)を用いている。

(3) 低速インタフェース部

既存伝送ハイアラキー信号(1.5 Mビット/s, 6.3 Mビット/s)および局内インタフェース信号(2 Mビット/s, 8 Mビット/s)を收容するインタフェース盤を最大現用11枚、予備3枚收容

表1 終端装置の諸元 固定多重変換の変換則にADM(Add Drop Multiplex)モードを持っており、伝送路のリング網構成が可能である。

項目	仕様	記事	
装置構成	<ul style="list-style-type: none"> ●最大搭載数 5SYS/架 ●ユニット構成 共通部 1ユニット/架 多重変換部 5ユニット/架 	—	
回線收容容量	<ul style="list-style-type: none"> ●2,016チャンネル/SYS(STM-1 1本) ●10,080チャンネル/架(STM-1 5本) 	1チャンネル=64 kビット/s 双方向信号換算	
低速インタフェース部	種類	<ul style="list-style-type: none"> ●局内 2M(2.048 Mビット/s, 電気) ●局内 8M(8.192 Mビット/s, 電気・光) ●一次群(1.544 Mビット/s, 電気) ●二次群(6.312 Mビット/s, 電気) 	—
高速インタフェース部	種類	<ul style="list-style-type: none"> ●STM-1 (155.52 Mビット/s, 光) ●STM-0(51.84 Mビット/s, 光) 	—
多重変換部	変換則	<ul style="list-style-type: none"> ●固定変換 ●任意変換 	—

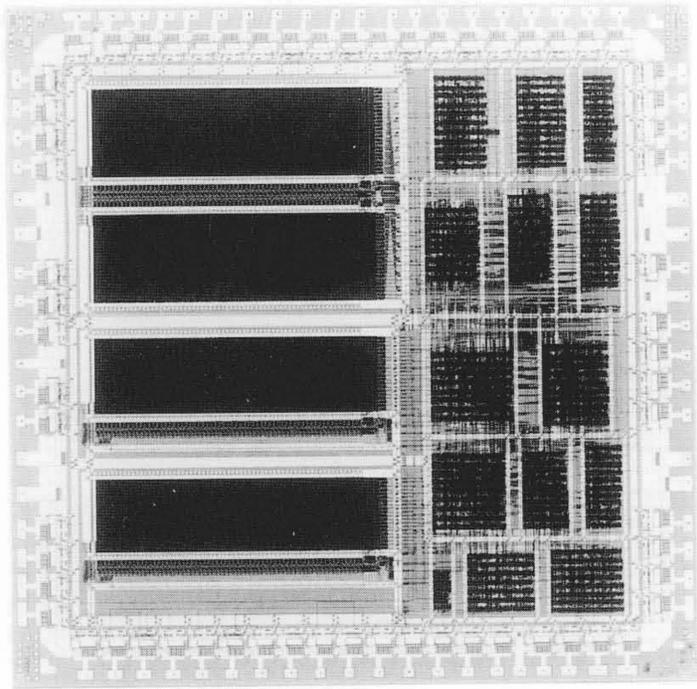
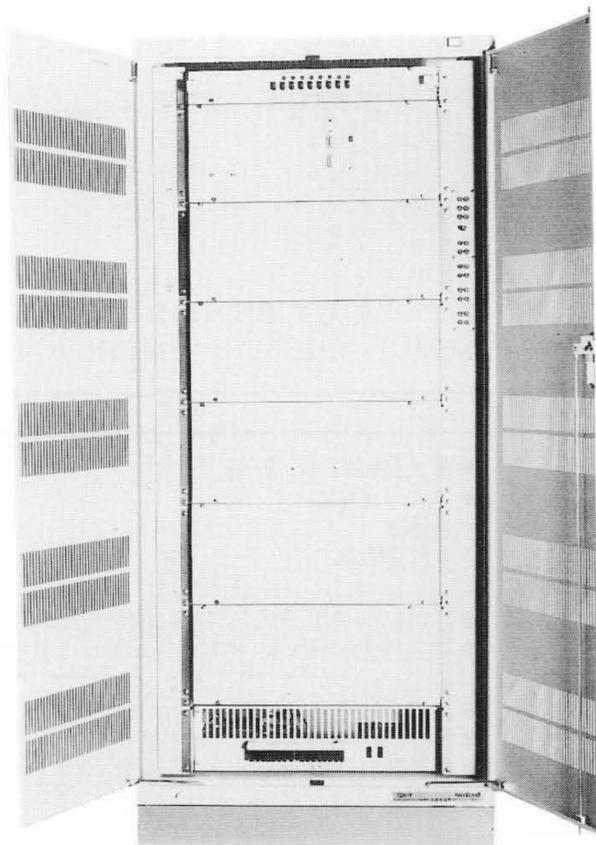


図5 TCE用時分割スイッチVLSI 1.3μm CMOSプロセスを用いた時分割スイッチVLSIを示す。データメモリと制御メモリを内蔵している。

でき $n:1$ または $n:2$ の冗長系を構成することができる。各インタフェース盤はそれぞれ複数回路收容しており、日立製作所従来装置比2~4倍の收容率を実現している。本装置の外観を図6に示す。

共通機能としての監視制御系は1ユニットに收容し、主信号系はシステム用品として同様に1ユニットに收容することにより、適用局規模の大小に柔軟に対応できるようにユニット単位の増設を可能としている。

また、このシステムユニットは1架に最大5ユニット(1万



注：装置寸法〔幅800×奥行600×高さ1,800(mm)〕

図6 TCE外観 ケーブルは、装置上部および下部から導入可能である。

80チャンネル：チャンネル=64 kビット/s)搭載でき、日立製作所従来装置との体積比で10倍の実装密度を実現している。

3.2 DCE

DCE(Digital Cross-Connect Equipment)は、伝送路の使用効率を高めるために複数伝送路間の各種パス(回線束)の収束、分離、詰め替え(クロスコネクト機能)を行う装置である。

一般に、伝達網は(特に伝送系に着目すれば)ノードの規模、機能に応じてラダー、リングの組み合わせによって物理伝送路網が構成され、その中に論理的にパス網(回線網)が構成されている。パス網の構成例を図7に示す。

このパス網の設定、管理を行うのがDCEであり、保守運用を含めたノードの経済化、高機能化の中心的役割を担う装置である。

装置概要を図8に、主要諸元を表2に示す。装置主要部の概要を以下に述べる。

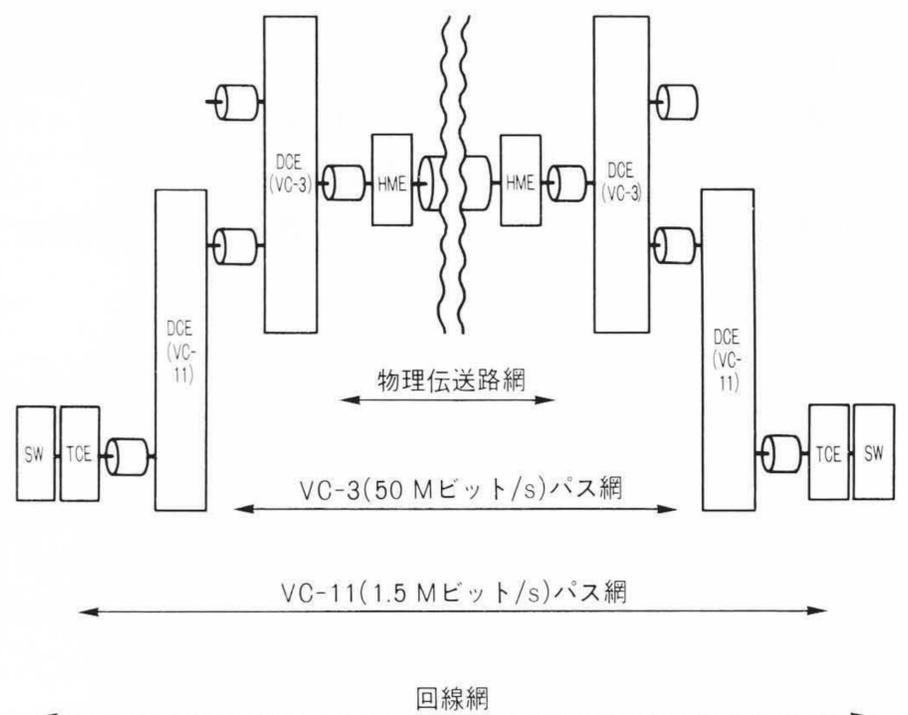
(1) インタフェース部

インタフェース部はSTM-1を0/1系おのおの8本またはSTM-0を0/1系おのおの24本收容することができる。これら光インタフェースは局内伝送用のほか、局間伝送用(40 kmまたは80 km伝送可能)モジュールも搭載可能である。

SDH信号処理はTCEと同様CMOS LSIで実現しており、さらに、以下に述べる多元クロスコネクトを行うためのTU-12(2 Mビット/s信号)位相整合機能なども具備している。

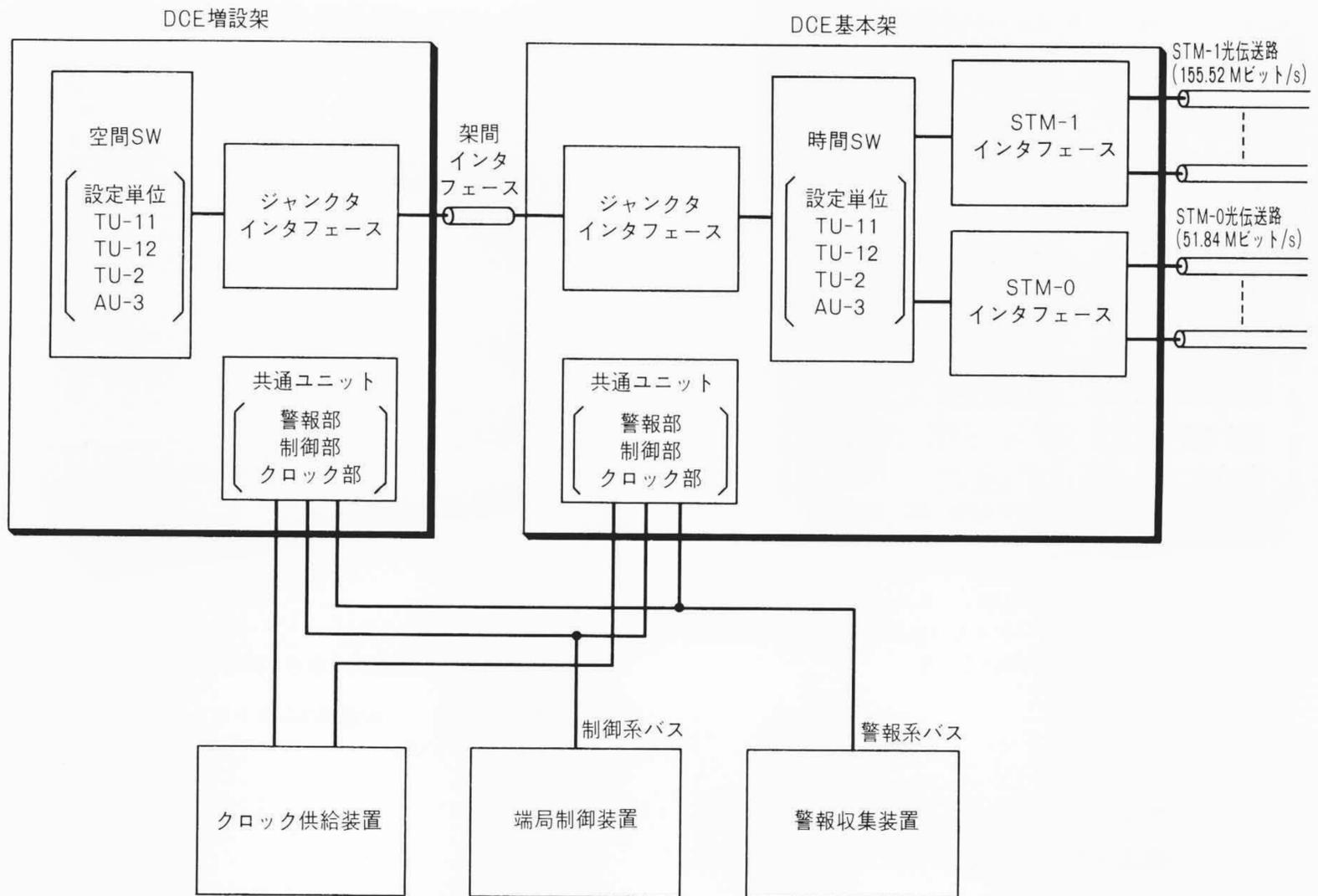
(2) パス設定部

クロスコネクト装置のパス設定部は、時分割スイッチ部(T)および空間分割スイッチ部(S)から構成されている。收容伝送路数が少ない場合に時分割スイッチ1段、收容伝送路数を増



注：略語説明 SW (Switch：交換機)

図7 パス網構成例³⁾ 回線網はサービスの接続にかかわる部分が形成する網であり、回線を数個束にして伝達系の管理運用を目的として構成するのがパス網である。



注：略語説明 TU-11,12,2 (Tributary Unit：パスの管理単位), AU-3 (Administrative Unit：パスの管理単位)

図8 DCEの概要(周辺装置を含む。) 各基本架を接続することにより、最大19万3,000チャンネルの完全線群を構成することができる。

表2 クロスコネクタ装置の諸元 ユニット間接続が必要な回線だけ増設架(空間スイッチ)を経由させるスイッチ構成を、T+TST方式と呼んでいる。

項	目	仕	様	記	事						
装	置	構	成	基本架	<ul style="list-style-type: none"> ●最大搭載数 3SYS/架 ●ユニット構成 共通部 1ユニット/架 多重変換部 3ユニット/架 	ユニット単位に機能ブロックを収容					
				増設架	<ul style="list-style-type: none"> ●最大搭載数 3SYS/架 ●ユニット構成 共通部 1ユニット/架 多重変換部 3ユニット/架 	同上					
回	線	収	容	容	量	<ul style="list-style-type: none"> ●8,064チャンネル/SYS(STM-1 8本) ●24,192チャンネル/架(STM-1 24本) ●193,536チャンネル/アイランド(STM-1 192本) 	1チャンネル=64kビット/s 双方向信号換算				
ク	ロ	ス	コ	ネ	ク	機	能	構	成	●構成 T+TST(完全線群)	—
								設	定	●TU-11(1.5M), TU-12(2M), TU-2(6.3M), AU-3(52M)	—

加させ、全体の完全線群を確保する場合にT-S-T 3段スイッチ網を構成させるT+TSTスイッチ方式を採用し、装置の適用局規模に応じた柔軟な増設性を確保している。

(a) 時分割スイッチ部

多元(1.5 Mビット/s, 2 Mビット/s, 6.3 Mビット/s, 50

Mビット/s) クロスコネクタ機能を実現するための専用時分割スイッチVLSI(図9)を搭載し、ユニット(増設単位)当たり8,064チャンネル(チャンネル=64kビット/s双方向信号換算)収容する1段時分割スイッチを構成している。

(b) 空間分割スイッチ部

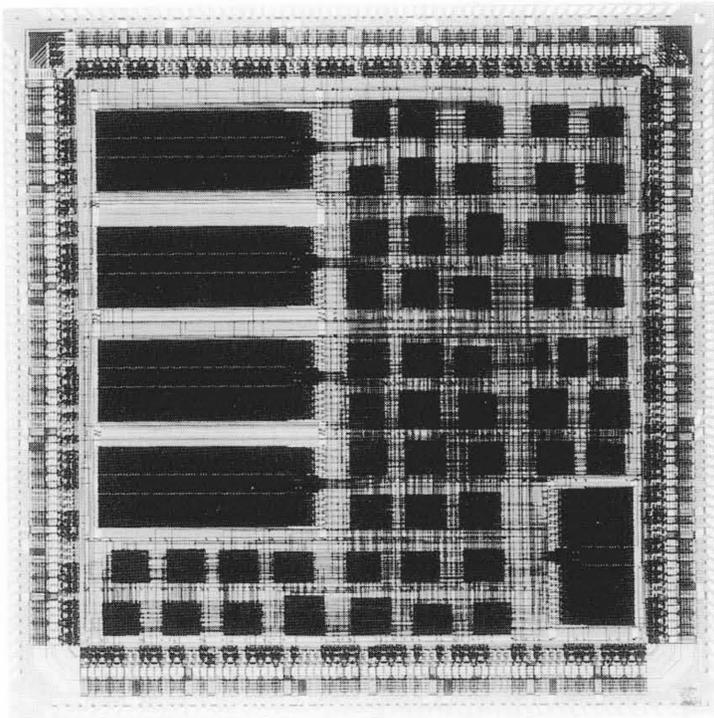
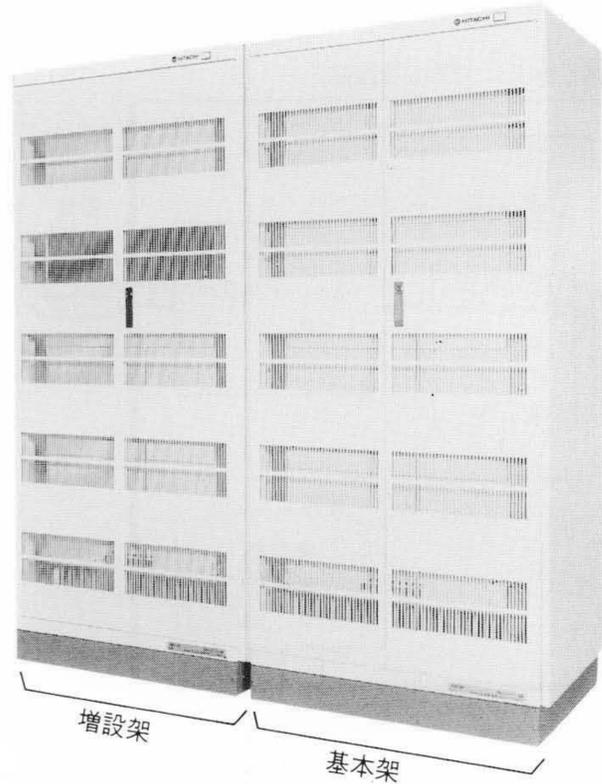


図9 多元クロスコネクツスイッチVLSI 0.8 μ m CMOSプロセスを用いた時分割スイッチVLSIを示す。データメモリと制御メモリに、高速・低消費電力デュアルポートRAMセルを用いている。



注：装置寸法〔幅800×奥行600×高さ1,800(mm)〕

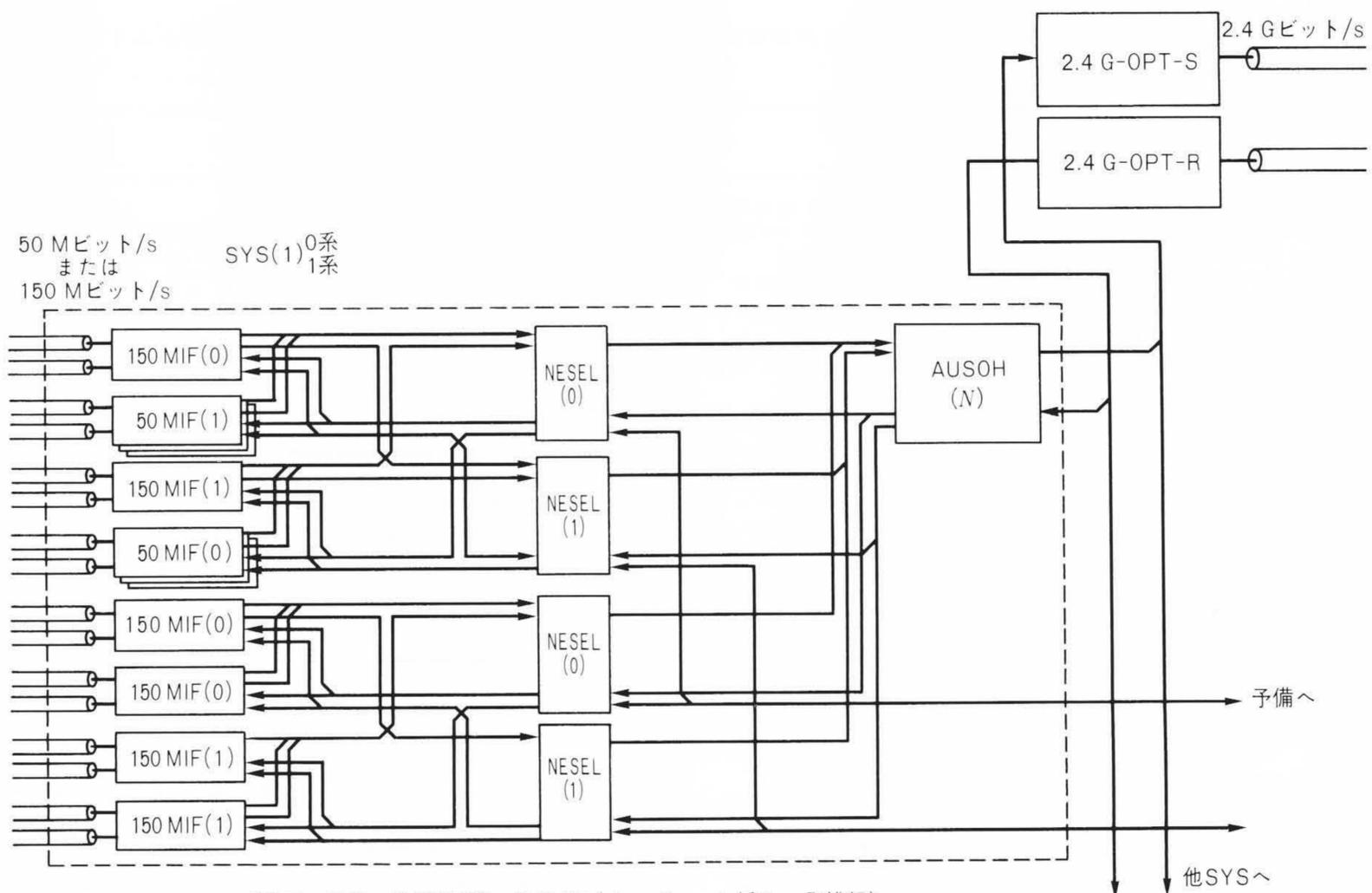
図10 DCEの外観 共通部ユニットを1段(最上部)、スイッチユニットを3段収容している。

本スイッチ部は多元クロスコネクツ機能を実現しており、最大収容時3架で構成され、回線収容数に応じて段階的に増設できる。

(3) 装置構成

本装置は、高速インタフェース、時分割スイッチ、増設リ

ンクインタフェースを搭載する基本ユニット、さらに基本ユニットを3ユニット搭載する基本架と、増設リンクインタフェースおよび空間スイッチを搭載する空間スイッチユニット、



注：略語説明 NESEL (現用・予備切換選択部), AUSOH (オーバヘッド挿入・分離部), OPT-S (2.4 Gビット/s光送信部), OPT-R (2.4 Gビット/s光受信部)

図11 2.4Gシステム全体構成 伝送路インタフェース部は、最大4：1までの冗長構成が可能である。

さらに空間スイッチユニットを3ユニット搭載する増設架から構成されている。最大回線収容時、11架で19万3,536チャンネル(チャンネル=64 kビット/s双方向信号換算)の完全線群を構成しており、日立製作所従来装置比で2倍の実装密度を実現している。

本装置の外観を図10に示す。

3.3 HME

HME(High-speed Multiplexing Equipment)はSDH信号の多重化および高速光伝送を行うものであり、大容量・長距離伝送路網を経済的に構成するための装置である。

本装置ではSTM-0 (51.84 Mビット/s)またはSTM-1 (155.52 Mビット/s)低速入力信号をSTM-4 (622.08 Mビット/s)、またはSTM-16(2.488 Gビット/s)までの多重化・高速光伝送機能を自然空冷下でコンパクトに実現している。

装置概要を図11に、主要諸元を表3に示す。

以下に、本装置主要部の概要を示す。

(1) 高速インタフェース部

600 Mシステム、2.4 Gシステムとも高速・多重化回路には低消費電力で高速動作可能なGaAs LSIを、さらに、フレーム同期、位相整合回路などには並列処理で大規模CMOS LSIを適用することによって低消費電力化を図り、自然空冷化を実現した。また、同期多重化のため2.4 Gビット/s高速位同期発振器技術も開発した。

(a) 600 Mシステム

1架当たり最大4システム搭載でき、 $N:1$ ($N=1\sim4$) 切換による冗長構成が可能である。光インタフェースモジュールは、最小受光レベル-35 dBmを実現し日立製作所既存装置に比べ伝送距離を拡大している。

(b) 2.4 Gシステム

1システムを1架にまとめて収容し、かつ自然空冷化を実現したことにより、建設・保守運用を含めて扱いやすい構成とした。高速伝送路インタフェース部は、 $N:1$ 切換による冗長構成が可能である。高速光インタフェースモジュールの外観を図12に示す。

(2) 低速インタフェース部

表3 高速多重化装置主要諸元 光インタフェースの受信感度を改善し、最大伝送距離を拡大した。

実装	収容SYS	600 M: 1SYS/ユニット, 最大4SYS/架 2.4 G: 1SYS/架
	冷却方法	自然空冷
冗長構成	局内IF	1+1 二重化構成
	伝送路IF	$N:1$ 切換 $N=1\sim4$
最大伝送距離		40 km以上(1.31 μ m) 80 km以上(1.55 μ m)

注: 略語説明 IF(インタフェース)

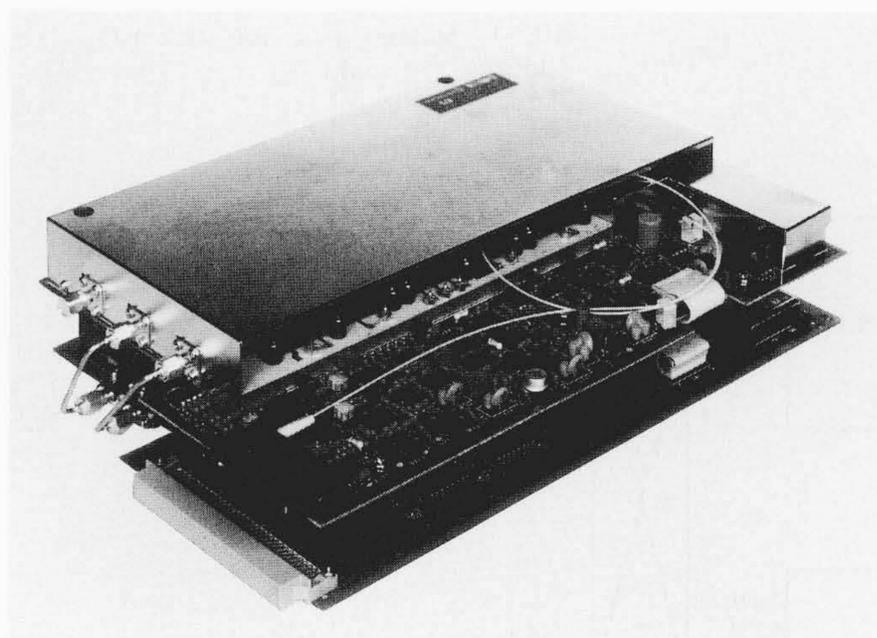


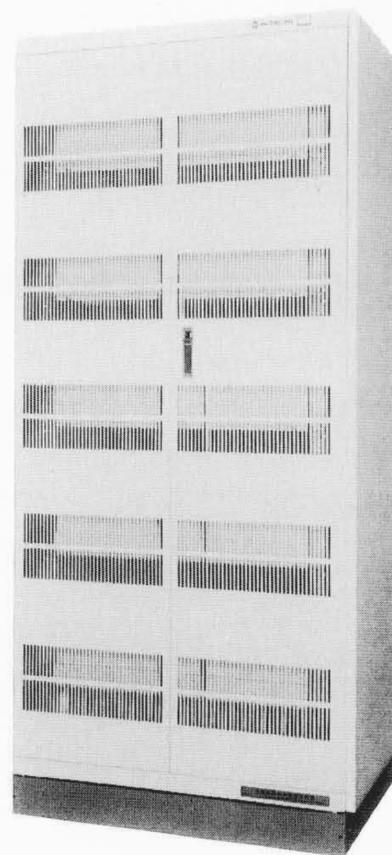
図12 2.4Gビット/s光インタフェース盤 LSI機能分割をくふうすることにより、自然空冷化を実現している。

STM-0, STM-1を混在収容可能であり、おのおの1:1の完全冗長構成を採用している。

(3) 装置構成

600 Mシステムでは1ユニットに低速インタフェース部、高速インタフェース部を収容し、ユニット単位の増設を可能としており1架4システム収容できる。

2.4 Gシステムは、現用1架に1システム収容しており、高速インタフェース部の冗長構成を実現する場合は予備架を使用する。予備架には、高速インタフェース部だけを搭載する



注: 装置寸法 [幅800×奥行600×高さ1,800(mm)]

図13 2.4 Gビット/s HMEの外観 2.4 Gビット/s多重化・伝送システムを、自然空冷下で1架で構成している。

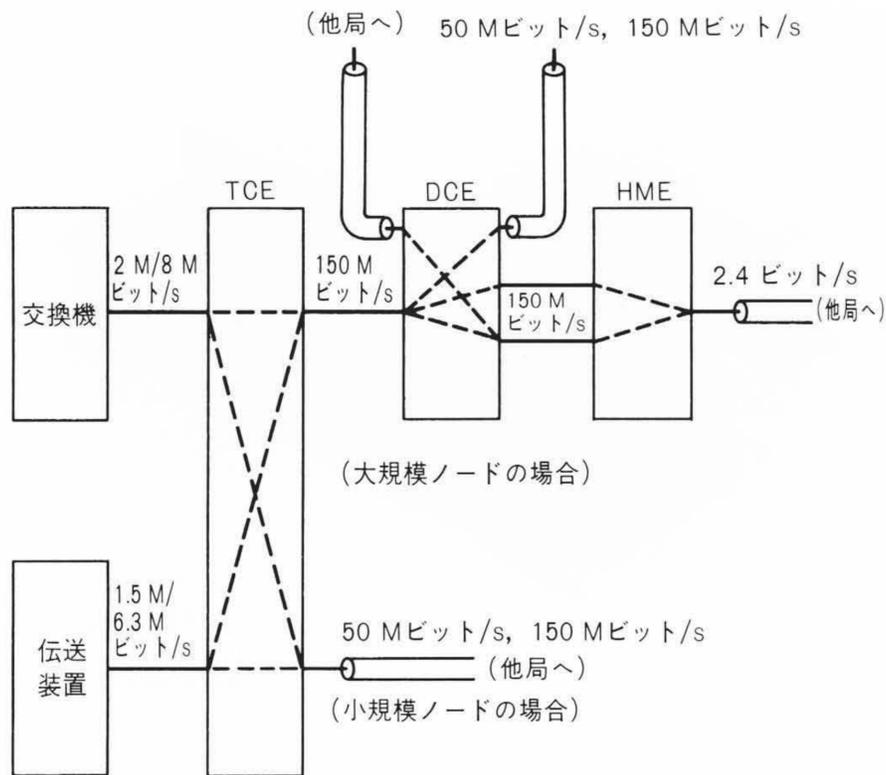


図14 新伝達ノード構成例 各モジュールは任意に組み合わせることができ、局規模、伝送路網構成に応じた最適な伝達ノードを構成することができる。

だけでよく、最大4：1の冗長構成を実現できる。

本装置の外観を図13に示す。

4 伝達ノードの構成

TCE, DCE, HMEを用いた新しい伝達ノードの構成例を図14に、伝達網の構成例を図15に示す。

伝達ノードを「落ち」(自局発着信回線)主体の「小」ノードと「接」(自局通過回線)主体の「大」ノードに分離することによって網構造をシンプル化し、保守運用性の向上を含めた伝達網の総合的な経済化をねらった。

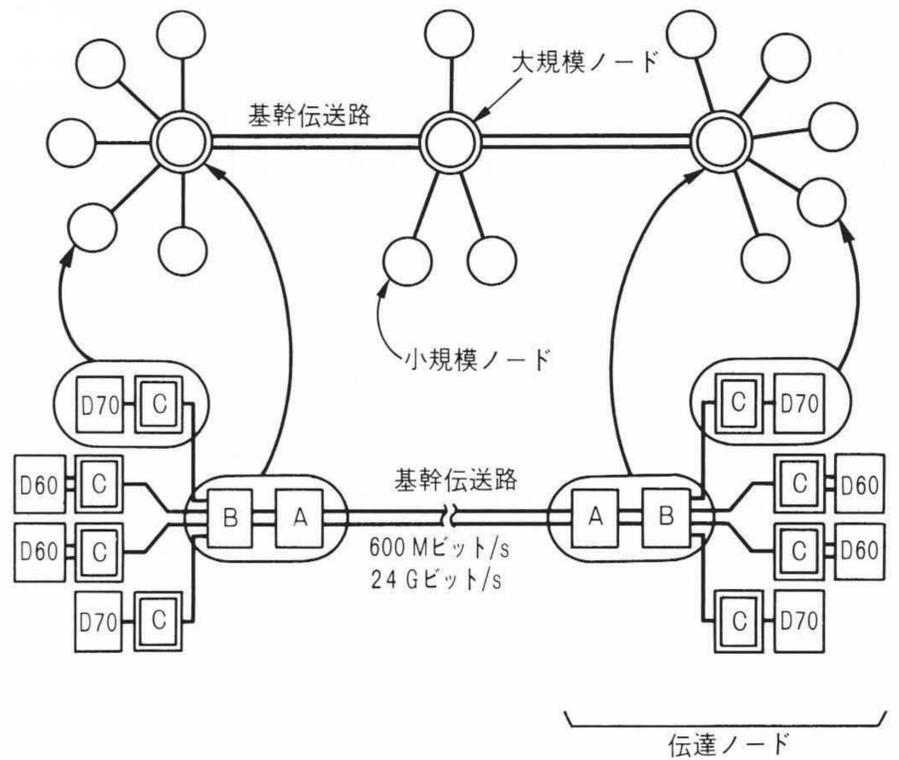
特に保守運用では、

- (1) 機能モジュール化、パス網の大束化による網設計の簡易化
 - (2) 飛び越し多重化、クロスコネク機能によるジャンパリング作業の軽減
 - (3) 遠隔集中制御、故障個所の自動標定、自動切換など故障対応業務の軽減
- が期待でき、大幅な効率化を図ることができる。

5 結 言

B-ISDN構築のための基盤となる新同期多重変換装置を3機種開発した。

- (1) インタフェース変換と多重化を行う飛び越し多重化装置(TCE)
- (2) 各種速度のパス設定を行うクロスコネク装置(DCE)



注：略語説明 A [HME (High-Speed Multiplexing Equipment)]
B [DCE (Digital Cross-Connect Equipment)]
C [TCE (Terminating and Converting Equipment)]
D60 (中継交換機)
D70 (加入者交換機)

図15 伝達網構成例 クロスコネク機能中心の大規模ノードと終端機能中心の小規模ノードに階層化することにより、網構造のシンプル化を図っている。

- (3) 複数のSDH信号を高速SDH信号へ多重化する高速多重化装置(HME)

これらは、伝達ノードを構成する基本機能要素を最新技術を結集してモジュール化したものであり、今後の伝達網の発展形態に柔軟に対応でき、かつ保守運用の効率化が図れる装置としてネットワークの中核に導入されていく予定である。

参考文献

- 1) 槇, 外: ネットワークのシンプル化と運用性に寄与する伝送装置, NTT技術ジャーナル, Vol.1, No.6, 43~47(平1-9)
- 2) 河西, 外: ネットワークの構造を変えた新しい伝送路網, NTT技術ジャーナル, Vol.1, No.6, 39~42(平1-9)
- 3) 槇, 外: 今後の伝送路網構成のあり方と新しい同期インタフェースの適用, NTT R & D, Vol.39, No.4, 619~626(平2-4)