

産業用統合情報ネットワーク100 Mビット/秒 光LAN “TRUNK NETWORK-100”

Integrated Information Network 100 Mb/s Optical LAN for Industrial Use

産業分野では、従来のメタル線による情報網から、光ファイバのメリットを生かした広域高速光ネットワークシステムの構築の動きが盛んである。

このようなニーズを受け、広域に分散したデータ、音声、PBX(構内電子交換機)などのあらゆる情報メディアを統合する統合情報ネットワーク100 Mビット/秒 光LANを開発した。

この100 Mビット/秒 光LANでは、多元情報の多重・統合化に加え、ノンストップ・ノードダウンの高信頼度ネットワークシステムを実現するために、ハードウェア共通部の二重化、ハードウェアのオンライン拡張・保守、保守の一元管理などの機能を実現した。

岡田政和*	Masakazu Okada
冨沢 宏*	Hiroshi Tomizawa
大貫 健*	Ken Ônuki
杉本則彦**	Norihiko Sugimoto
中根啓一***	Keiichi Nakane
小山行雄****	Yukio Koyama

1 緒 言

地下鉄、道路、上・下水道などの産業分野を中心に、従来のメタル線によるメッシュ状の情報通信網から、光ファイバの持つ大容量性、広域性、耐ノイズ性のメリットを生かしたループ状の高速光ネットワークシステムを構築する動きが盛んである。すなわち、広域に分散しているあらゆる情報(データ、音声、画像、電話など)とあらゆるサブシステム〔PBX(構内電子交換機)、構内ネットワークなど〕を100 Mビット/秒クラス的高速光伝送路に相乗り、多重化させることである。これらの動きのねらいは、個別のメタル線対応では数に限界があること、将来の情報化社会へ対応していくためにはマルチメディア通信サービスが必須(す)となること、省力化のために運営や保守を中央で一元管理できることなどである。そのため、ネットワークシステムに対しては、高速伝送技術、多重・統合化技術、高信頼化技術、ネットワークの一元管理技術などが従来にもまして強く要求されてくる。

日立グループは、これら産業分野の動き、要望にいち早くこたえるため、100 Mビット/秒 光LAN “TRUNK NETWORK-100”(以下、TN100と略す。)を開発し、製品化した。

本稿では、システムの技術的特長と、今回の核となる技術である多重化伝送方式と高信頼化方式を中心に述べる。

2 システムの概要

2.1 システム構成と通信サービス

鉄道分野でのTN100を用いた典型的な情報伝送システムの構築例を図1に示す。伝送路は光ファイバケーブルをループ状に形成し、各種設備機器は駅ごとに設置されるステーション〔CST(コントロールステーション)またはDST(データステーション)〕と呼ばれる伝送装置を介してネットワークに加入する。中央駅には、ネットワーク管理装置がCSTに接続される。設備機器としては、電話、ファクシミリ、放送設備などの音声系端末装置、パーソナルコンピュータ、VDT(ビデオデータターミナル)などの汎(はん)用データ端末装置、時計、列車無線装置、設備監視情報などの接点入出力機器、およびPBX、RS(リモートスイッチ)などがある。通信サービスとして、専用回線通信と、PBX、RSを統合した回線交換通信をサポートしている。

2.2 開発のねらいと特長

TN100では、上記の通信サービス機能の実現に加え、高速光統合ネットワークとして高速・大容量通信技術、各種メディア情報を複合通信するための多重・統合化技術、ネットワークを停止させないためのノンストップ・ノードダウン技法、広域に分散した各種リソースの保守やシステム全体の運用を中央で一元的に管理できる技術、を開発のねらいとした。

TN100の基本仕様を表1に示す。本ネットワークの主な特長は次に述べるとおりである。

* 日立製作所 大みか工場 ** 日立製作所 日立研究所 *** 日立製作所 マイクロエレクトロニクス機器開発研究所
**** 日立電線株式会社 日高工場

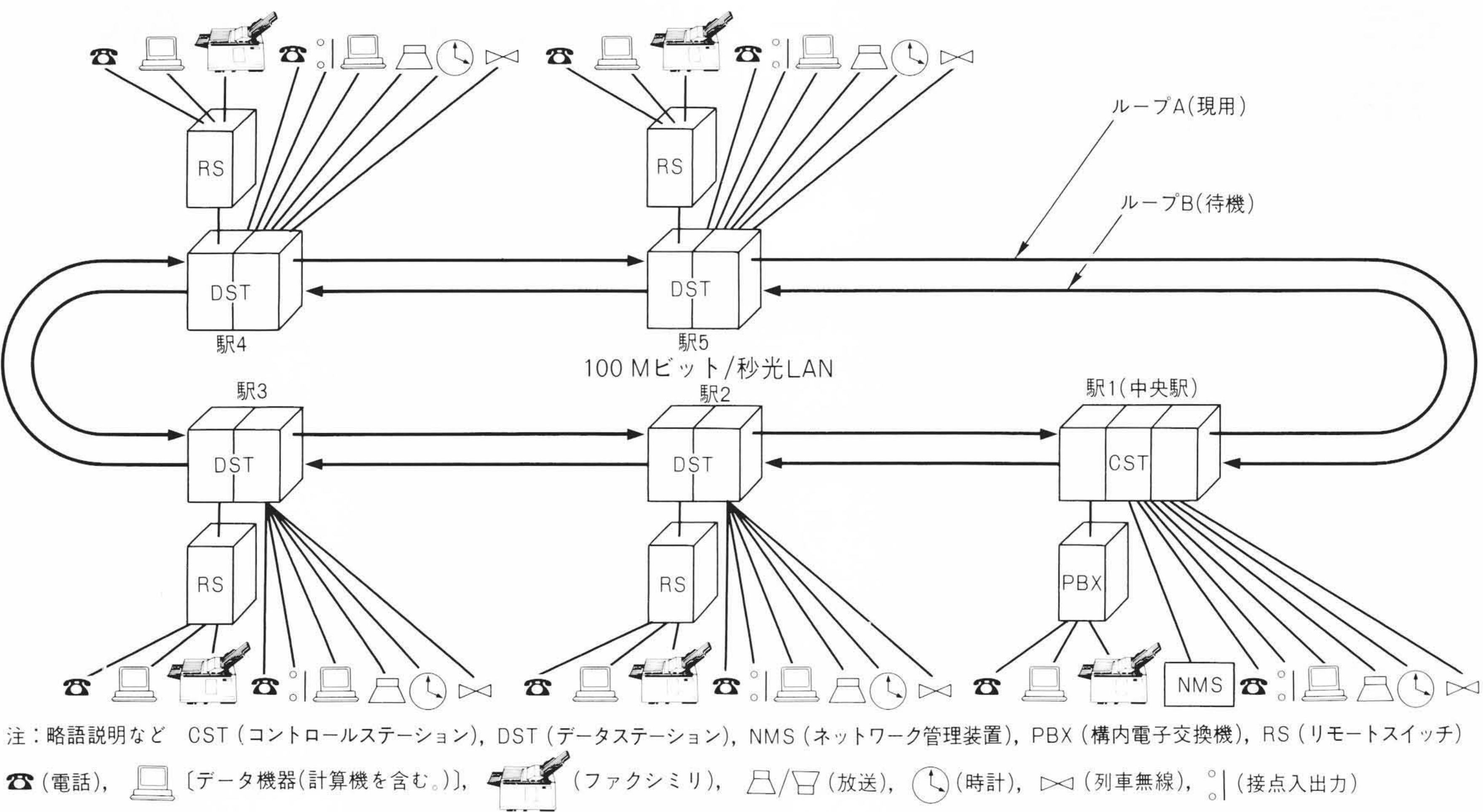


図1 統合情報ネットワーク(100 Mビット/秒 光LAN)システム構成例 鉄道分野での典型的な情報伝送システムの構成例を示す。各駅にステーションが設置され、これに各種設備機器が接続される。

表1 基本仕様 TNI00は高速の光ループネットワークで、各種通信サービス機能と高度なネットワークRASを持つ。

項 目	仕 様	項 目	仕 様
伝送方式	STDM(時分割タイムスロット多重)	接続機器	(1) 音声系端末装置
伝送速度	122.88 Mビット/秒 (情報伝送速度98.304 Mビット/秒)		(2) 汎(はん)用データ端末装置(パソコン, VDTほか)
伝 送 路	光ファイバ(GI-50/125)二重ループ		(3) PBX・RS
発光・受光素子	長波長LD/PIN		(4) 接点入出力装置
ステーション間距離	最大10 km	接続機器 インタフェース	(1) 音声系インタフェース 0.3~3.4 kHz, 0.1~3.4 kHz, 0.1~7.0 kHz
ステーション台数	最大64台		(2) CCITT V.24インタフェース 非同期1.2 k, 2.4 k, 4.8 k, 9.6 kビット/秒 同期1.2 k, 2.4 k, 4.8 k, 9.6 k, 19.2 kビット/秒
通信サービス	(1) 専用回線(1:1 または 1:N) (2) 回線交換(LAN・PBX統合)		(3) デジタル多重化インタフェース (TTC標準2.048 Mビット/秒)
R A S	(1) 伝送路, 光伝送制御部 基本制御部, 電源の二重化 (2) 自動伝送路構成制御 (ループ交替, ループバック) (3) ハードウェアのオンライン拡張, 保守 (活線挿抜)		(4) 無電圧または有電圧接点 ホトカップラ絶縁 DC24 V

注：略語説明 LD(Laser Diode：半導体レーザ), PIN(PIN Photodiode：PIN形フォトダイオード), パソコン(パーソナルコンピュータ)
RAS(信頼性・可用性・保守性), CCITT(国際電信電話諮問委員会), TTC(電信電話技術委員会)

- (1) 多元情報ネットワークの提供
各種データ端末間の伝送, 音声系端末間の伝送, 電話やファクシミリの複合伝送など性質の異なる多元情報の伝送が可能である。
- (2) 高速・大容量伝送
98.304 Mビット/秒の情報転送能力を持ち, 例えば64 kビッ

- ト/秒(音声デジタル・1チャンネル)換算で1,504チャンネルの伝送容量を持つ。
- (3) 統合ネットワークの実現
デジタルPBXなど構内の他ネットワーク製品を接続できる標準インタフェースを持ち, これらと連携・協調することにより高機能・高効率な統合ネットワークシステムを提供する。

(4) 標準インタフェースの収容

データ、音声などの標準インタフェース、および接点入出力インタフェースを装備しており、リアルタイム性に富んだ情報通信ネットワークを提供する。

(5) 高信頼度なネットワークシステムの実現

光伝送路と光伝送制御部は二重化構成とし、ループ交替、ループバック制御を実現し、共通制御部(ステーション制御部、電源)の二重化構成により、自動バックアップ機能を実現した。さらに、プリント板の活線挿抜を可能とし、ハードウェアのオンライン拡張・保守機能を実現した。

また、ネットワークの構成状態管理、統計情報、トレース情報、メモリ内容等の各種保守情報の収集など、中央で保守を一元管理、運用できるネットワーク管理サービス機能を備えている。

2.3 ハードウェア構成

2.3.1 ねらい

ステーション内のハードウェア構成を図2に示す。STU(ステーション基本部ユニット)、CMU(チャネル多重ユニット)、MPXU(接点多重ユニット)は、おのおの独立したプリント板実装ユニットであり、各ユニット内の各ブロックがプリント板1枚に対応した機能単位のモジュール構成となっており、

ユーザーの要求に応じて、機能モジュールを組み合わせることで容易に対応できるように考慮している。そのねらいは次に述べるとおりである。

(1) RPT(光リピータ)をループ伝送路の数に対応して、付加するだけで伝送路の一重化・二重化構成を容易に選定可能とした。

(2) FGC(フレーム生成制御部)、SBC(ステーション制御部)の基本制御部を付加するだけで二重化を実現し、ステーション単位の高信頼化構成を可能とした。

(3) FGCを付加するだけでCST機能を実現できる構造とするとともに、CSTを多重化することによって、ネットワークシステムの高信頼化構成を可能とした。

(4) 外部接続インタフェースモジュールは、おのおのの種類に応じて独立に選択、付加できる構成とし、システム仕様への柔軟な対応を可能とした。

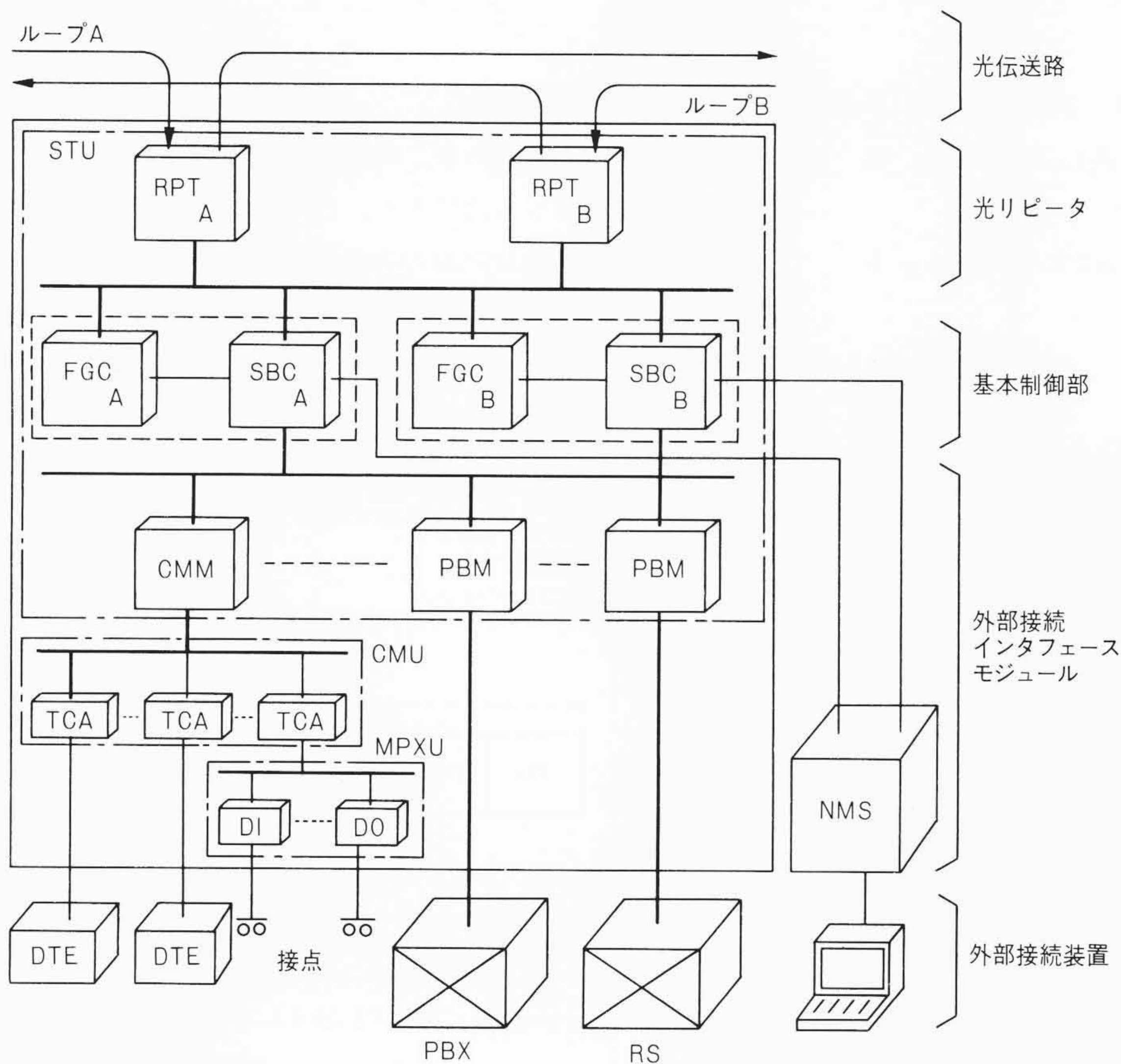
2.3.2 機能

各モジュールの機能について以下に述べる。

(1) RPT

光信号⇄電気信号変換、伝送信号の符号化・復号化および中継機能を持つ。

(2) FGC



注：略語説明

RPT (光リピータ)
FGC (フレーム生成制御部)
SBC (ステーション制御部)
PBM (PBXインタフェースモジュール)
CMM (チャネル多重モジュール)
CMU (チャネル多重ユニット)
TCA (端末接続用アダプタ)
MPXU (接点多重ユニット)
DI (接点入力モジュール)
DO (接点出力モジュール)
STU (ステーション基本部ユニット)
DTE (端末)

図2 ステーションハードウェア構成 プリント板に対応した機能単位のモジュール構成により、モジュール、アダプタの増設や移設を容易にしている。

伝送フレームの生成、フレームの同期制御を実行する。

(3) SBC

伝送タイミングの生成制御、伝送路構成制御およびネットワーク監視を実行する。

(4) PBM(PBXインタフェースモジュール)

PBX, RSを接続するためのTTC(電信電話技術委員会)標準2 Mビット/秒インタフェースを制御する。

(5) CMM(チャンネル多重モジュール)

汎用データ端末および音声系端末の専用回線通信を多重化制御する。

(6) TCA(端末接続用アダプタ)

CMMのもとで制御される端末接続用のアダプタで、音声系端末接続用と汎用データ端末接続用がある。CMUに実装される。

(7) DI32/DO32(接点入出力モジュール)

接点入出力信号の多重・分離を実行する。MPXUに実装される。

(8) NMS(ネットワーク管理装置)

伝送路構成状態および外部接続インタフェースの構成状態を管理するとともに、伝送路構成操作、端末構成定義の設定・変更操作などを中央で一元的に管理運用する機能を持つ。

2.4 実装構造

ステーションのSTU, CMU, MPXUのおののに対し、冷却、電源供給、ケーブルの配線をユニットごとに独立させた構造とし、実装に柔軟性を持たせた。

TN100のステーションの外観を図3に示す。PBX, RS筐(きょう)体との協調も図るため、幅720 mm, 奥行き600 mm, 高さ2,000 mmのキャビネット構造とした。

また、プリント板に接続されるケーブルはすべてユニット

裏面からとし、プリント板の挿抜と筐体内のケーブル配線を容易とした。

3 多重化伝送方式

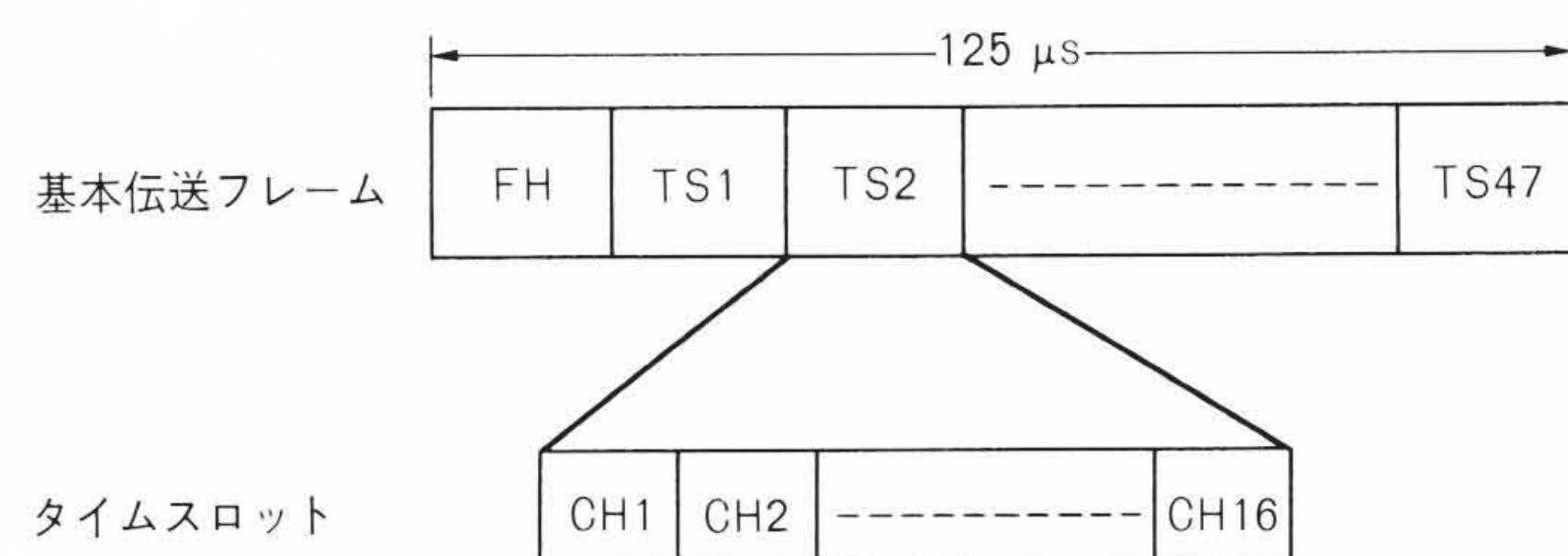
3.1 基本伝送制御方式

TN100では、多重化方式として音声などの等時性データを収容するのに適した時分割タイムスロット多重方式を採用した。この方式は複数個のタイムスロットから成る125 μ s周期の伝送フレームを伝送路上に切れ目なく収容するものである。同期式端末、デジタル広域網、PBXなどのクロック速度と協調をとるため1 バイトを64 kビット/秒, 1 タイムスロットを2.048 Mビット/秒, 情報伝送速度を98.304 Mビット/秒とし、基本伝送フレームを48タイムスロットの構成とした²⁾。基本伝送フレームフォーマットを図4に示す。先頭のタイムスロットはフレームヘッダで、LAN内の制御情報の伝達に使用する。残りの47個のタイムスロットをインタフェースの収容に用いる。また、システム規模と遅延時間の最適化を図り、ループ内での最大遅延時間を1 msとした。

専用回線通信で収容される汎用データ端末インタフェースや音声インタフェースでは、8ビット・8 kHzサンプリングを基本としているが、前者ではデータ以外に制御情報を付加する必要があり、1チャンネルを16ビットとした。さらに、伝送効率を上げるため、マルチフレーム方式(2フレームごとにデータをアクセスする。)を採用し、最大1,504個の通信チャンネルを実現している。

3.2 専用回線多重化方式

専用回線通信は、あらかじめ固定的に割り付けたチャンネルを用いて通信を行う方式であり、汎用データ端末、音声系端末、接点入出力機器のおのの通信に用いる。汎用データ端末用インタフェースとしてCCITT V.24インタフェースを、音声系端末用インタフェースには3種類の音声帯域(0.3~3.4 kHz, 0.1~3.4 kHzおよび0.1~7.0 kHz)インタフェースを収容する。通信サービス形態として1:1両方向通信, 1:1片方向通信, 1:Nポーリングセレクション通信および1:



注：略語説明 FH (フレームヘッダ), TS (タイムスロット), CH (チャンネル)

図4 基本伝送フレームフォーマット 基本伝送フレームは、タイムスロット48個を連結し、125 μ s周期で伝送される。各タイムスロットは16個のチャンネルで構成する。

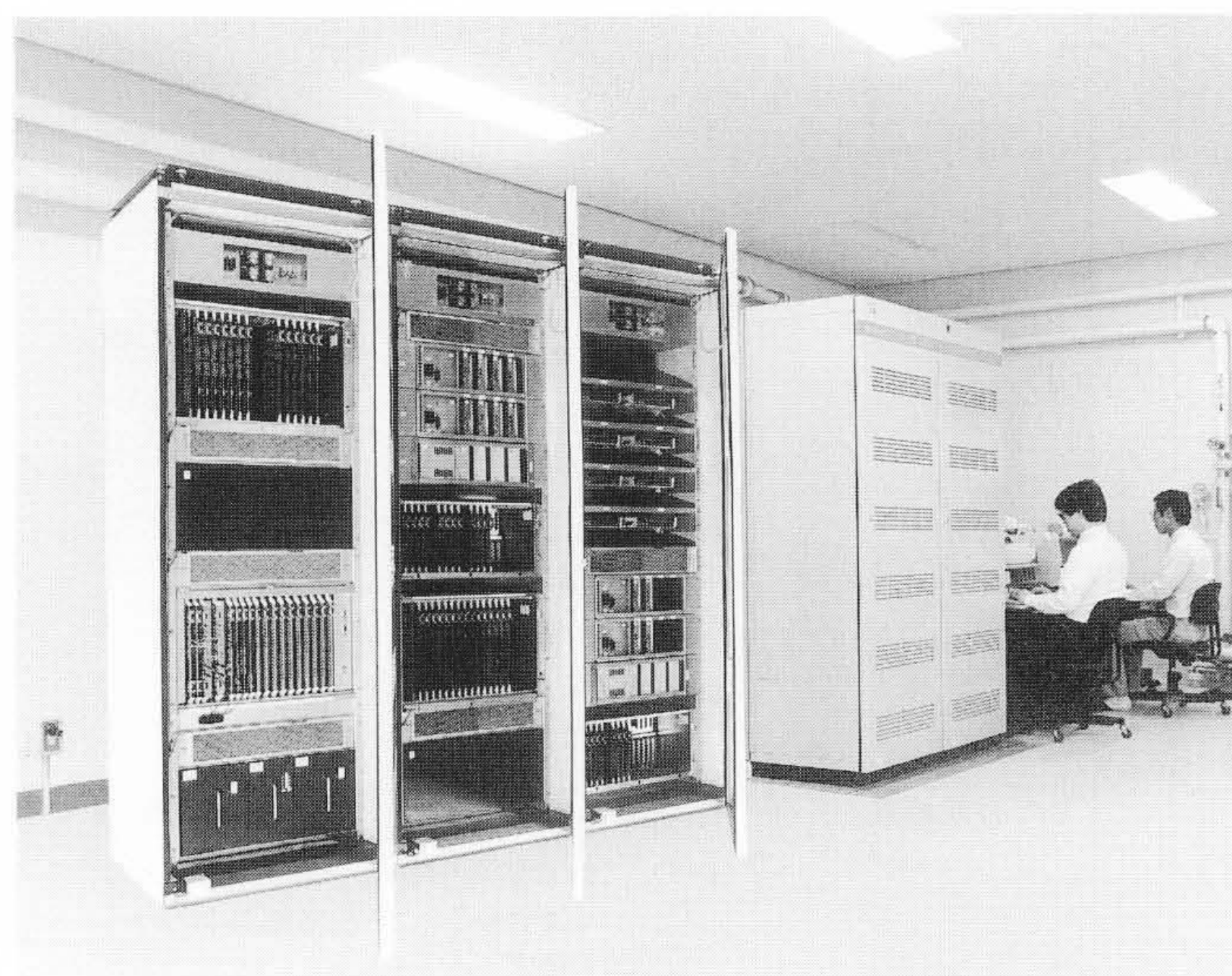


図3 ステーションの外観 PBXと協調をとるため、幅720 mm, 奥行き600 mm, 高さ2,000 mmのキャビネット構造とした。

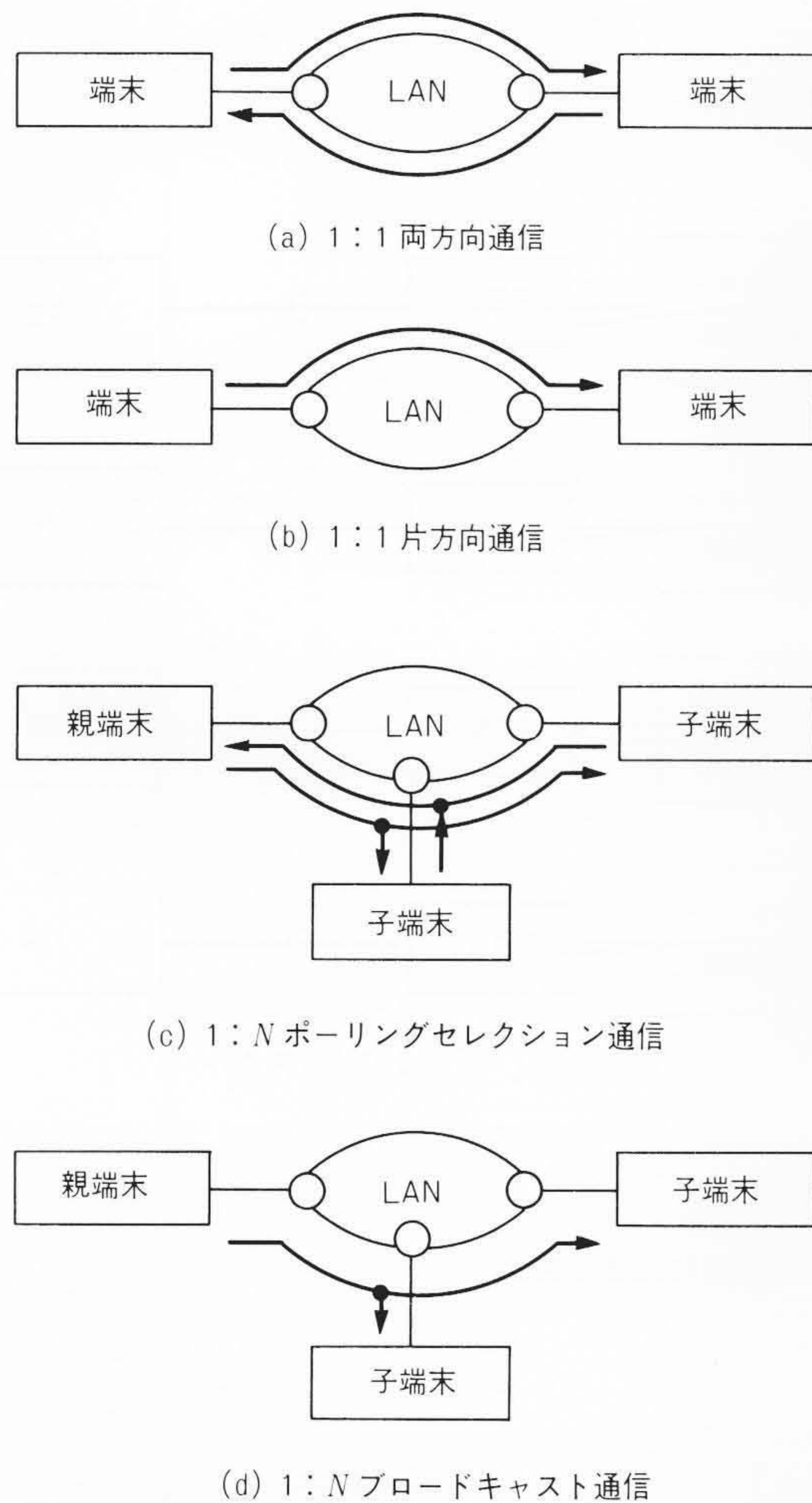


図5 専用回線通信のサービス形態 各種の通話サービスを提供する。

N ブロードキャスト通信をサポートする。4種類の通信サービス形態を図5に示す。

接続回線ごとに割り付けるチャンネル数は、通信サービス形態とインタフェースにより1～4個である。チャンネルの使用効率を高め、かつ端末の増設、移設によるチャンネルの変更を容易にすべく、2フレーム分の記憶容量から成り、250 μ sごとに交替する受信バッファメモリと送信バッファメモリをCMMに設け、伝送フレームとのデータアクセスおよび端末アダプタとのデータアクセスをそれぞれCMMとCMUが実行する方式とした(図6参照)。この方式では、伝送フレームから受信した2フレーム分のデータを受信バッファメモリに記憶し、次の250 μ sで割り付けられたチャンネルのデータだけをCMUが端末アダプタに書き込む。送信時には、CMUが割り付けられたチャンネルに相当するメモリ番地に送信データを記憶した後、次の250 μ sでCMMが伝送フレーム上の該当するチャンネルに送信する。

また、CCITT V.24インタフェースの信頼性向上のため、LAN内で制御データの誤りチェック機能と、不要データの周回検出・廃棄機能を設けている。

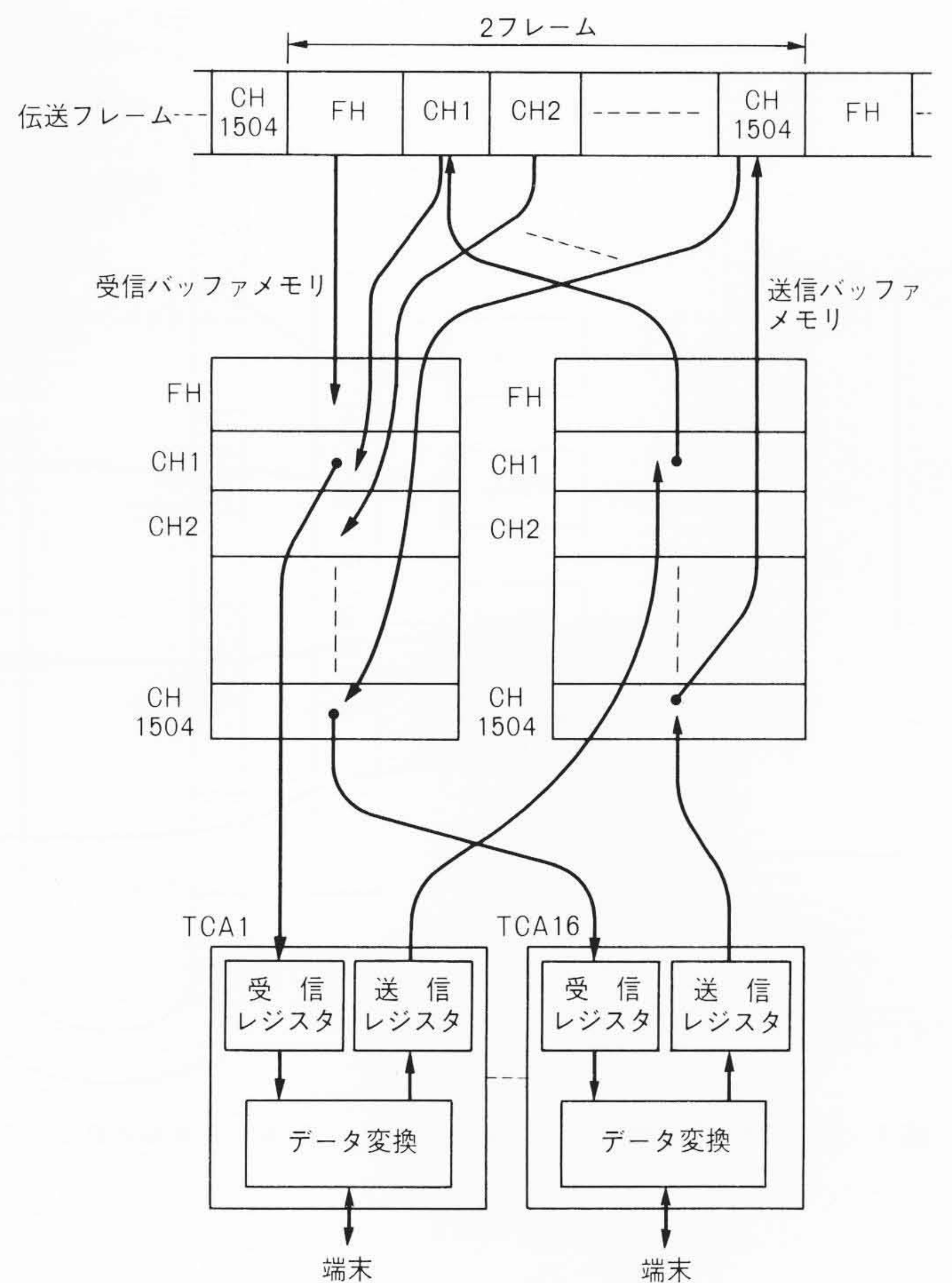


図6 専用回線通信のチャンネル多重・分離 伝送フレームの全チャンネルを受信した後、該当チャンネルだけ端末アダプタへ読み込むことで、端末の増設・移設に伴うチャンネル変更に対応できる。

3.3 PBX, RS統合化方式

TTC 2 MインタフェースでLANとPBX, RSとの統合を実現した。TTCで規定されている2.048 Mビット/秒の速度とタイムスロット1個当たりの伝送速度を一致させ、LANへの収容を容易とした。また、これにより2 Mインタフェースを最大47本まで接続可能である。接続構成を図7に示す。

LAN障害時のPBX, RSに及ぼす影響を考慮し、高速構成制御方式を開発して伝送路再構成による伝送中断時間を1秒以内とした。

3.4 接点多重化方式

接点信号の収容は、接点多重ユニットとV.24インタフェースで実現している。この概念図を図8に示す。接点入力信号をサンプリング、多重化し、V.24インタフェースでシリアル伝送する。受信側でこの信号を分離し接点出力信号とする。V.24インタフェースは伝送速度19.2 kビット/秒 同期式とし、1回線当たり最大128点までの接点入出力の多重・分離が可能である。

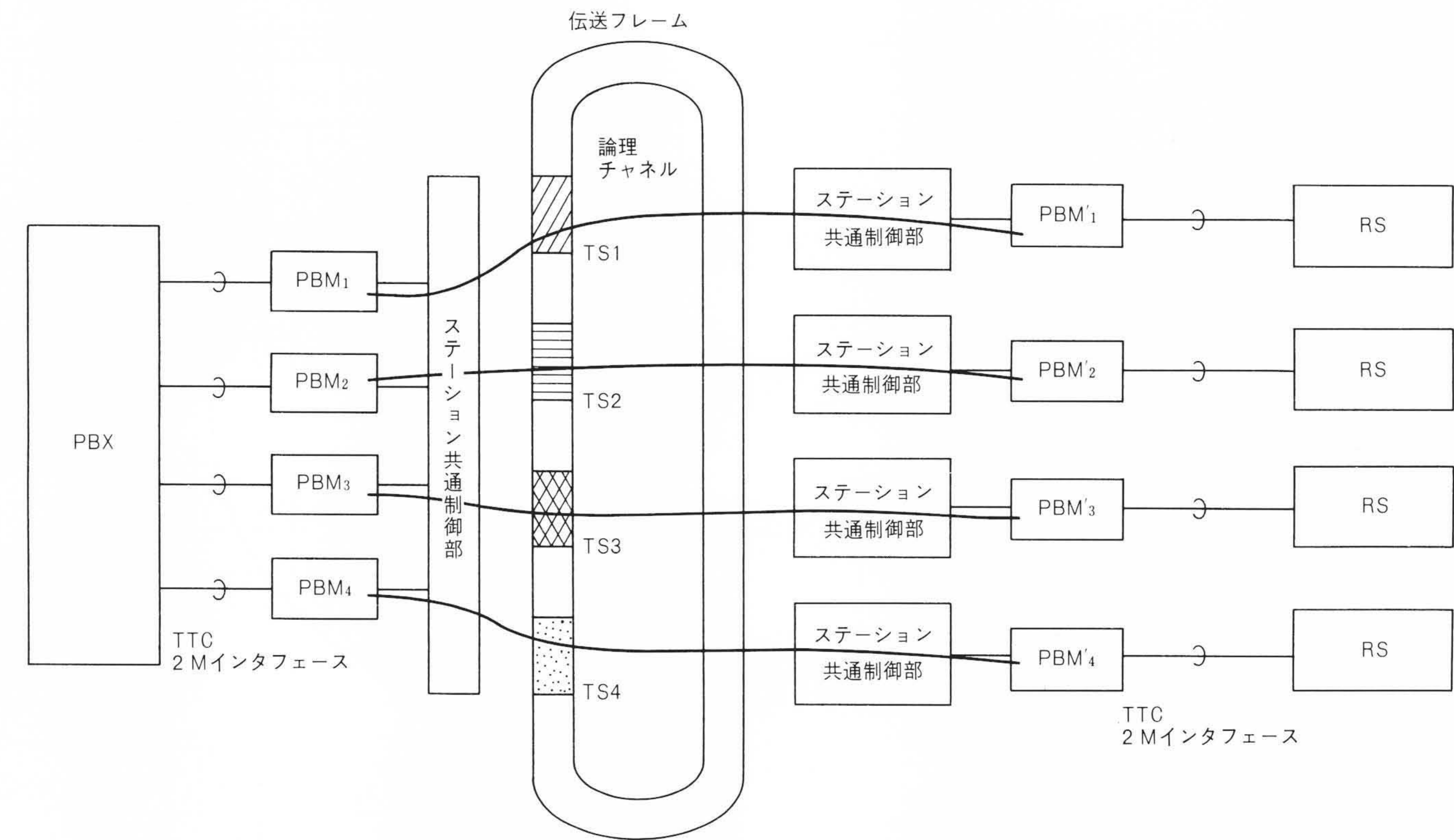
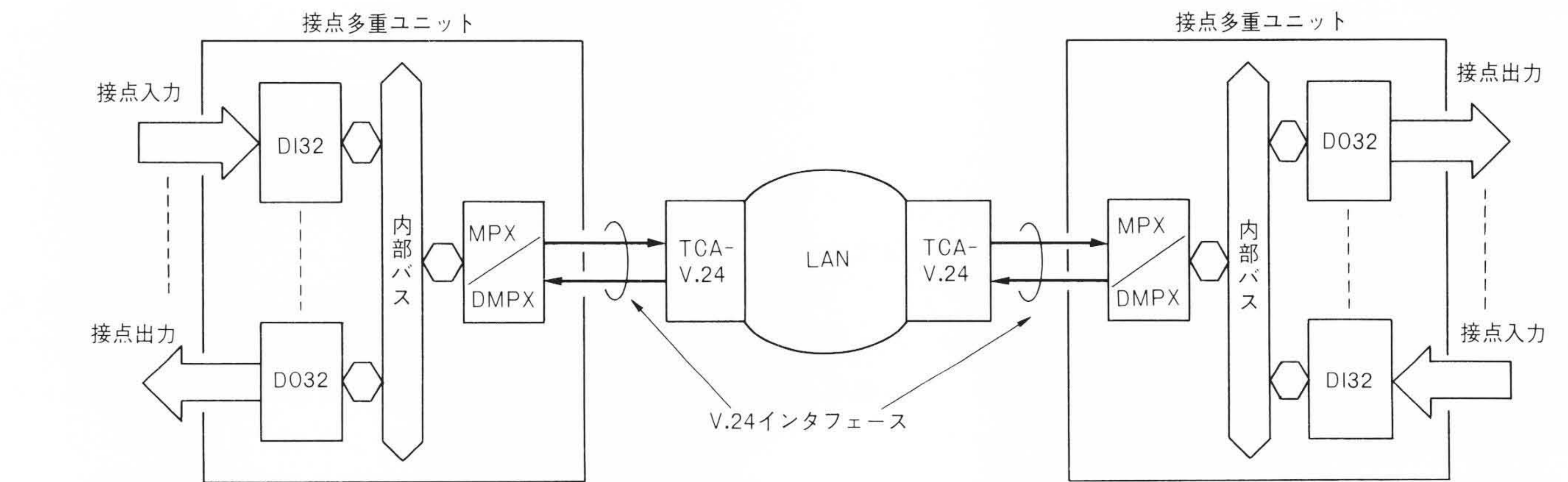


図7 PBX、RS接続構成 2Mインタフェースを1タイムスロットに割り付け、光伝送路に統合できる。



注：略語説明 MPX/DMPX (伝送制御部), DI32 (32点接点入力モジュール)
DO32 (32点接点出力モジュール), TCA-V.24 (V.24インタフェース接続アダプタ)

図8 接点多重ユニットの構成 V.24インタフェース1回線で、最大128点の接点入出力の多重・分離ができる。

4 高信頼化方式

4.1 二重化，オンライン保守技術

ネットワークの広域化，多元化により，1台のステーションに多数の端末が接続されることから，従来にもまして，ネットワークのノンストップ・ノードダウン化が要求される。ノンストップ・ノードダウン実現のための技術課題を図9に示す。

この中で重要な役割を果たすのが，共通部の二重化とプリント板の活線挿抜である。

ネットワーク共通部の二重化方式の考え方を図10に示す。

リピータの二重化は，伝送路の二重化と併用して，片系障害時のループ交替，両系障害時のループバック制御を実現する。FGCとSBCから構成されるコントローラの二重化は，現用障害時のバックアップを実現する。これらのバックアップ，ループ交替，ループバック構成への移行時間は，高速構成制御方式により1秒以下を実現した^{1),3)}。コントローラのバックアップはコールドスタンバイ方式とし，共通に持つべき情報量を最少にして，ハードウェア論理の簡単化を図った。電源は

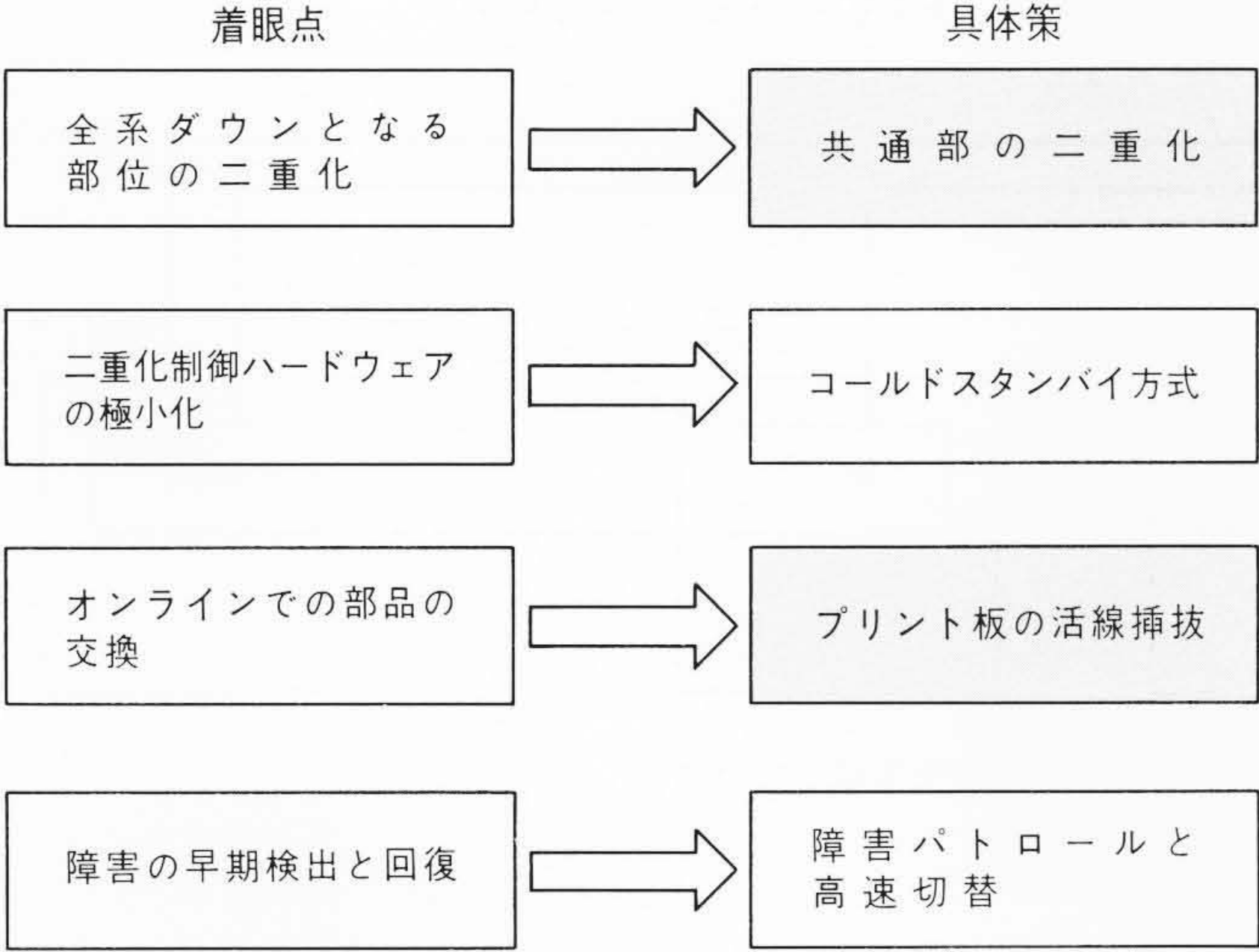


図9 高信頼化のための技術課題 ノンストップ・ノードダウン実現のための着眼点とその具体策について示す。

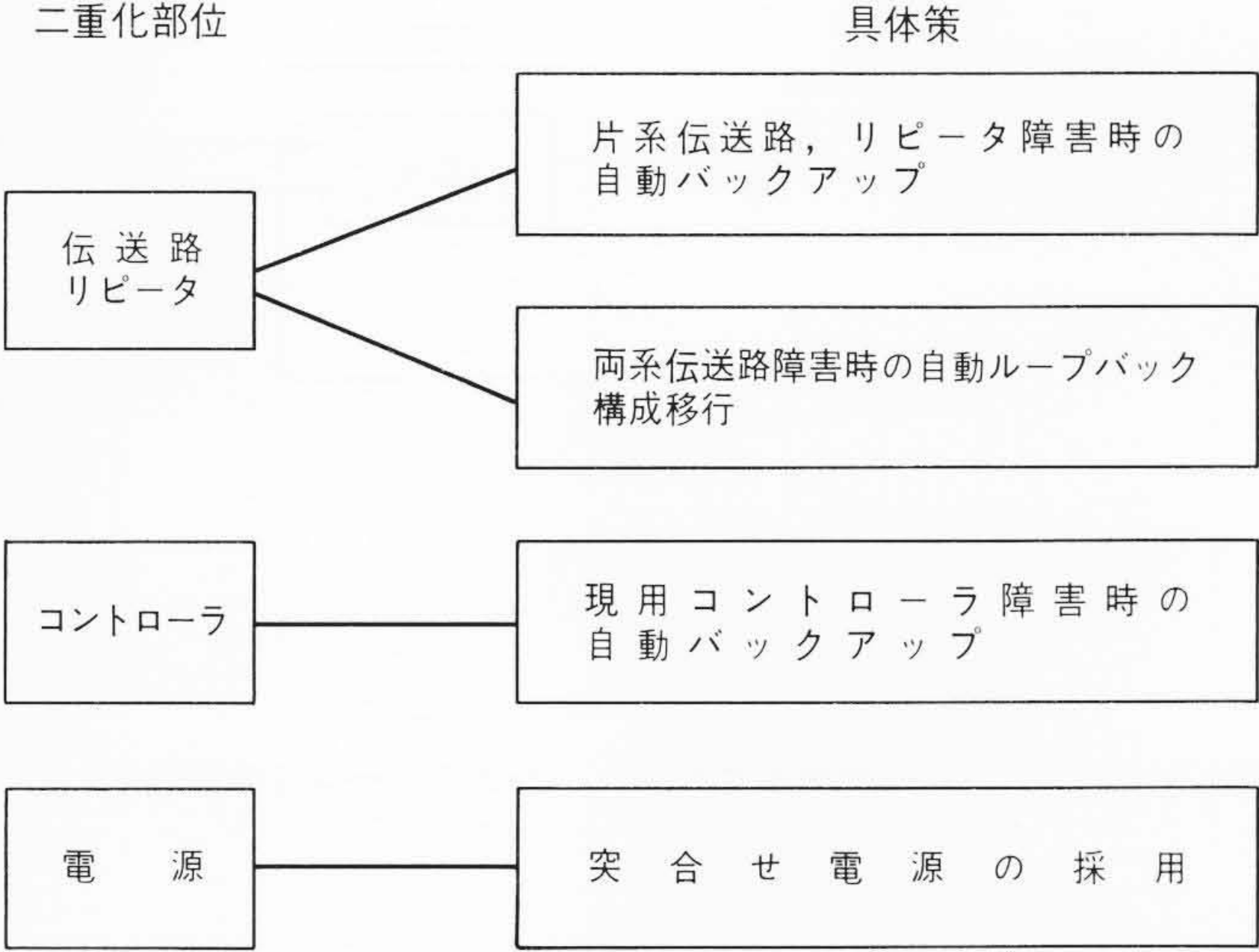


図10 ネットワーク共通部の二重化方式 伝送路, リピータの二重化, コントローラの二重化および電源の二重化の具体策について示す。

表2 保守に対する考え方 保守支援に対する課題をあげ, これらをネットワーク管理機能で実現した。

ニ ー ズ	具 体 策
障害の切り分けの容易性	外部接続インタフェース信号情報の収集
	モジュール単位の折り返しテスト
端末操作の容易性	構成定義情報の一元管理
	構成定義情報の会話処理
メンテナンス作業の向上	ステーション単位のセルフテスト
	プリント板の活線挿抜
無人化	二重化による冗長構成
	電源瞬断時の構成定義情報の自動回復

各ユニット単位に実装し, 突き合わせによる二重化を実施している。

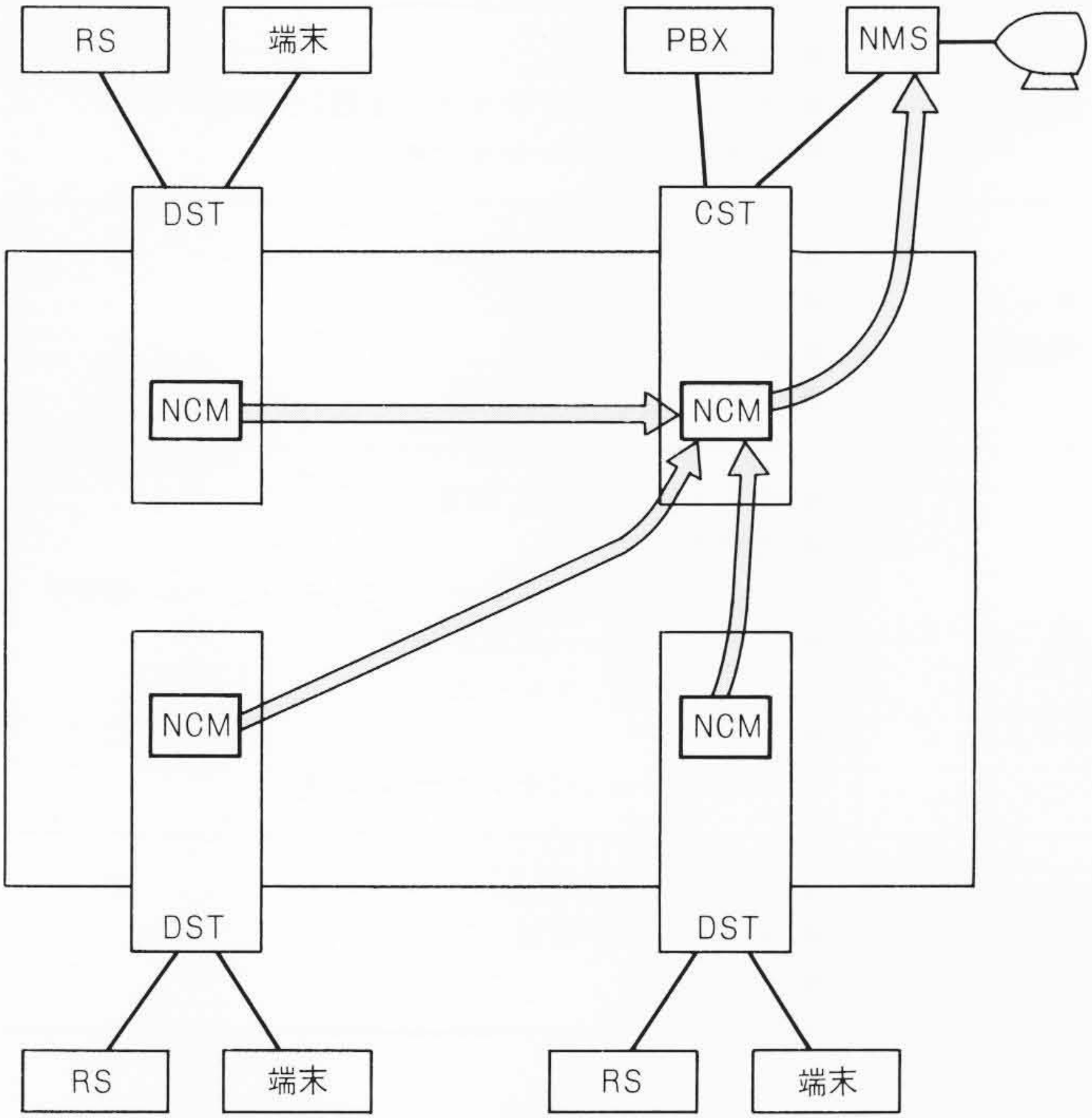
また, すべてのプリント板が活線挿抜可能であり, オンラインでの障害プリント板の交換, インタフェースモジュールの増設, 移設などを容易にしている。

4.2 ネットワーク管理

高信頼化を担うもうひとつの機能は保守支援機能であり, これをネットワーク管理機能と呼ぶ。この機能を実現する装置がNMSである。

TN100の保守支援に対する考え方として, 表2に示す4点を重点課題として対応することにした。

ネットワーク管理機能は, 図11に示すように各ステーション内のNCM(ネットワーク管理モジュール)とNMSによって実現している。CST内のNCMと各DST内のNCMとは論理的には図12に示すように接続されており, 伝送フレームのフレームヘッダ内に通信チャネルを定義し, 伝送速度8kビット/



注: 略語説明 NCM (ネットワーク管理モジュール)
NMS (ネットワーク管理装置)

図11 ネットワーク管理構成 ネットワーク管理装置は, 各ステーション内のNCMから情報を収集する。

秒の通信を行っている。また, 機能構成は, 表3に示すような項目から成り立っている。CST内のNCMとNMSの機能分担は, NMSにデータ処理やファイル管理などの機能を, NCMに伝送路構成制御やステーション間通信機能を持たせることとし, NCMのソフトの容量と負荷の大幅な軽減を実現した。

なお, NMSのマシンはワークステーションなどを用いる。

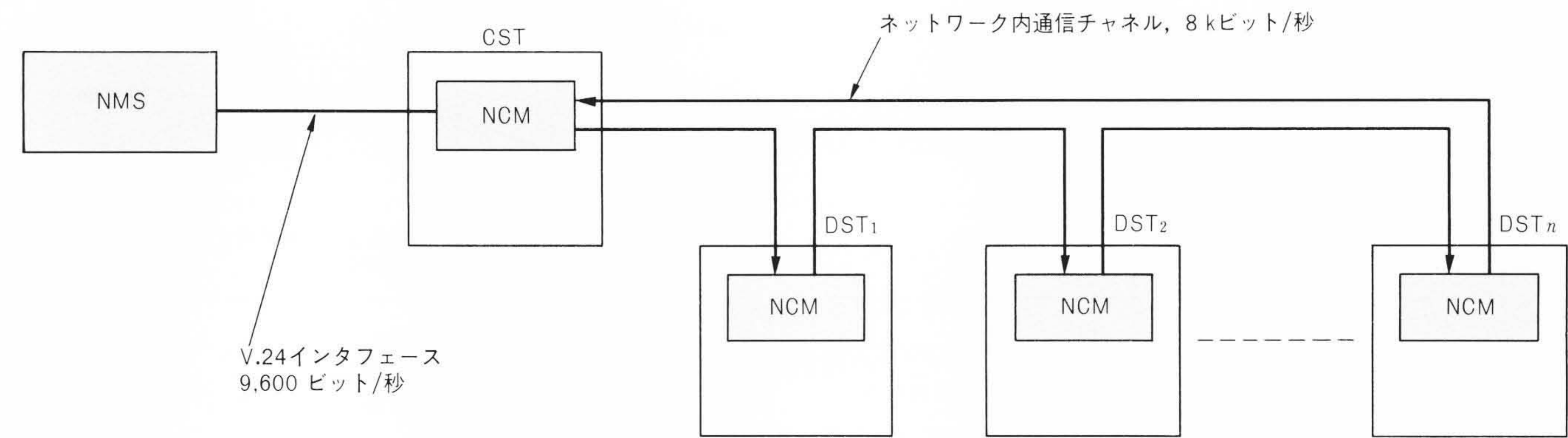


図12 ネットワーク管理接続構成 伝送フレーム内の通信チャンネルを使い、NCM間の通信を実現している。

表3 ネットワーク管理機能項目 ネットワークの保守、運営および管理のため、各種マンマシンインタフェースを提供している。

分類	項目
構成定義	● 会話入力, 表示 ● タイムスロット, チャンネル管理(自動割り付け) ● 端末定義(ステーション単位)
ネットワーク構成操作	● ダウンロード, アップロード ● 現用ループ切換 ● ループバック ● コントローラ切換
保守	● テストモード設定, 解除 ● 状態表示 (ネットワーク, ステーション, モジュール, 端末) ● ステーションメモリダンプ (エラーログ, トレース) ● 障害監視 (ステーション, モジュール, 端末)
立ち上げ 操作・停止	● システム全体 ● ステーション単位 ● 回線単位

5 結 言

以上、統合情報ネットワークとして開発したTN100の特長とその成果について述べた。本ネットワークは、データ、音

声などの端末やPBXを統合するとともに、高速伝送路構成制御、共通部の二重化、保守の一元管理により、保守性が高く実用的なノンストップ・ノードダウンシステムを提供できる。これにより、ますます高度情報制御サービスが必要とされる大規模システムへの対応が可能となった。

なお、TN100の初号機を平成元年9月大阪市交通局へ納入した。

今後、さらに高速化、高機能化を図るとともに、各種インタフェースレパトリの拡充、支線LANの統合、広域網への接続などを検討していく考えである。

終わりに、本開発に当たりご指導、ご支援をいただいた大阪市交通局殿に対し、深謝する次第である。

参考文献

1) 浜田, 外: 産業用高速光ループネットワーク「トランクネットワーク」, 日立評論, 69, 11, 1011~1017(昭62-11)
2) 浜田, 外: 高速マルチメディア統合LANの検討, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.85, No.111, CS85-51(昭60-8)
3) T. Hamada, et al.: TRUNK NETWORK: Integrated LAN for Distributed Computer Control, GLOBECOM '87, p.1427~1431, Nov, 1987