

光ローカルエリアネットワーク

Optical Local Area Networks

情報化社会の進展、通信の自由化に伴い、企業では高度情報通信ネットワークを構築して、OA化、FA化、更にはこれらを統合したトータルシステム化を推進している。LANは、企業内高度情報通信ネットワークの構内通信網として、計算機や端末相互間での高速で高信頼な情報転送の手段に用いられる通信ネットワークである。

本論文では、光ファイバ通信を応用したLAN(光LAN)を取り上げ、まずLANの役割が、構内配線の集約化手段と大量データの高速転送手段とを、構内全域にわたって提供するものであることを示し、次に、LANを高速の幹線と中・低速の支線とに階層化して構成する方式が優れていることを、日立製作所の豊富なLAN製品の紹介を交えて述べる。最後に今後の課題として、LAN相互の高速接続の重要性について指摘する。

寺田松昭* *Matsuaki Terada*
 原川竹氏** *Takeshi Harakawa*
 安元精一*** *Seiichi Yasumoto*
 松丸 宏**** *Hiroshi Matsumaru*

1 緒 言

各企業では情報化時代を迎え、本社、工場、支社を通信ネットワークで相互に接続し、データだけでなく音声、イメージ、ビデオなどの情報を伝送できる高度情報通信ネットワークの構築を推進している。

LAN(Local Area Network)は、企業内高度情報通信ネットワークを支える構内通信網として、計算機や端末相互間での高速で高信頼な情報転送の手段に用いられる通信ネットワークである。LANの役割は、配線の集約化と大量データの高速転送とを、構内全域にわたって可能にすることである。このために、LANには伝送速度の向上、接続性の向上及びサービスエリアの拡大が求められる。光ファイバ通信は、高速で高信頼な情報転送を長距離にわたって可能にする技術であり、LANにとって必要な伝送速度の向上、信頼性の向上及びサービスエリアの拡大に対して優れた効果を発揮する。

日立製作所では、早くから光LANの重要性に着目し、昭和54年には10Mbpsの産業用光LANを、昭和56年には1Mbpsの産業・交通用光LAN(ADL: Autonomous Decentralized Loop Network)を、昭和57年には32Mbpsの幹線LAN(Σ ネットワーク, H-8644)を実用化した。続いて、昭和59年には支線LANにも光技術を適用し、1MbpsのFA(Factory Automation)用LAN($\mu\Sigma$ ネットワーク)を世に送り出した。以下では、光LANの技術動向を整理した後、日立製作所の主要光LANの特徴を幹線LANと支線LANとに分けて述べる。最後に、LANの発展方向を展望し、今後解決していくべき課題について述べる。

2 光LANの動向

2.1 LANのニーズ動向

(1) 配線の集約化

LANが出現する以前にも、構内にはデータ端末が存在し、ホストコンピュータとは同軸ケーブルや構内回線(電話線)によって接続されていた。OA(Office Automation)化の進展はこの状況を大きく変化させつつある。OA化は、オフィスワーカー1人に1台の端末を与え、各端末を情報通信ネットワークで結合しようとしている。多数の端末を電話線や同軸ケーブルで接続するため、構内電話線の収容能力を上回る回線需要が発生しつつある。更に、オフィスは工場の生産現場よりもレイアウト変更が多く、度重なる回線工事の結果、構内には多種多様な通信ケーブルが入り乱れて布設されている。

LANには、複雑化する構内通信ケーブルを集約化する役割が期待されている。ユーザーから見れば、電力用の壁コンセントのように、通信ネットワーク用の「情報コンセント」が提供されることが望まれる。情報コンセントは、建物ができると同時に壁に用意されており、標準のインタフェースで、いつでも、どこでも、任意の端末を情報通信ネットワークに接続できる通信ネットワークの出入口である。

(2) 大量データの高速転送

大形計算機間、大形計算機とEWS(Engineering Work Station)間、共用ファイル装置とワークステーション間で、以下に述べる理由によって、大量のデータを高速に転送したいというニーズが強くなってきている。

(a) 大形計算機の相互接続

* 日立製作所システム開発研究所 ** 日立製作所神奈川工場 *** 日立製作所大みか工場 **** 日立製作所水戸工場

メインフレームの世界では、処理能力の向上や信頼性の向上を目的にホストシステムのマルチプロセッサ化が進んでいる。ホストシステムで、計算機本体と入出力機器との接続、計算機本体相互間の接続のためのケーブルをLANに置き替え、配線を集約化するには、機器間で高速にデータを転送できる必要がある。

(b) EWSとホスト間の大量データ転送

計算機による設計支援システムでは、大量のデータをEWSで処理した後、ホストコンピュータに送って処理するというニーズが強い。ホストコンピュータに転送されるデータ量は、3～4Mバイトにも達し、従来は磁気テープで運んでいた。しかし応答時間を短縮するため、LANでホストコンピュータとEWSとを接続して、大量の設計データを高速に転送したいというニーズが強い。

(c) 共用ファイル装置とワークステーション間のファイル転送

ワークステーションは個人の仕事を支援する。一方、共用ファイル装置は、チームとしてのオフィスワークを支援する。オフィスでの作業に文書やイメージ情報は必ず(須)のものである。A4×1枚のイメージ情報は、8本/mmで表現して圧縮しても40～50kバイトの情報量がある。イメージ情報を共用ファイル装置に蓄積しておき、LANで接続されたワークステーションから1～2秒で検索し表示できる必要があり、高速のデータ転送能力が必ずである。

(3) サービスエリアの拡大

LANは構内通信網であり、大学の広大なキャンパス、超高層ビル群、大規模製鉄所などでの広い範囲で、高速の通信サービスを提供できる必要がある。従来、フロアごと、部門ごとにLANを導入する傾向が強かったが、最近では、部門ごとのLANを相互に接続して、構内全域に通信サービスを拡大したいというニーズが強くなってきた。更に、将来はLANの高速性を損なうことなく、広域網を介して他のLANと接続できることが求められるようになって考えられる。

2.2 LANの技術動向

(1) 伝送速度の向上

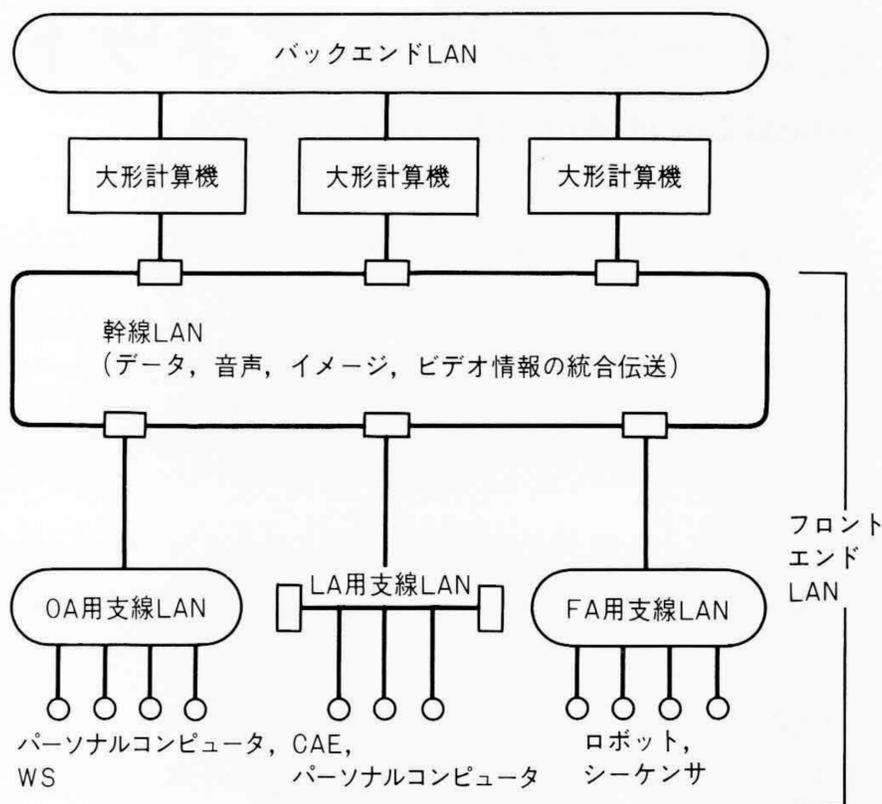
LANの伝送速度は、光ファイバ通信技術の進歩によって年々向上し、昭和54年の10Mbpsに対して、現在では400Mbpsクラスが実用域にある。

(2) 標準化

IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers：米国電気電子学会)802委員会で、昭和55年からLANの標準化が行われ、端末やワークステーションが直接接続される中・低速(1～10Mbps)のLANについては、三つのタイプ(CSMA/CD*)、トークンバス及びトークンリング)のLANが標準として採択されている。

(3) LANの役割分化

LANに期待されている多様な役割を果たすために、下記の



注：略語説明 LAN(Local Area Network)
 OA(Office Automation)
 LA(Laboratory Automation)
 FA(Factory Automation)
 WS(Work Station)
 CAE(Computer Aided Engineering)

図1 LANの役割分化 LANは、バックエンドLANとフロントエンドLANに分かれ、フロントエンドLANは更に幹線LANと支線LANに分かれてきている。

三つのタイプのLANを開発し使い分けるようになってきている(図1)。

(a) バックエンドLAN

計算機室のような比較的狭い範囲で大形計算機相互間や計算機と入出力機器間を接続するためのネットワークをバックエンドLANと定義する。大量データの実時間転送が要求されるため、100Mbpsクラスの専用光LANが開発されている。

(b) 幹線LAN

構内全域をカバーできる高速性と広域性を持ち、各種配線を集約化できるはん(汎)用インタフェースを持った高速のLANを幹線LANと定義する。幹線LANは、PBX (Private Branch Exchange)、支線LANを接続し、広域ネットワークともインタフェースを持つ。高速データ、音声、イメージなどの情報を転送するため、伝送速度30～400Mbpsの幹線LANが開発されている。

(c) 支線LAN

ビルのフロア程度のエリアをカバーし、各種の端末機器を直接接続するための中低速ネットワークを支線LANと定義する。支線LANはOA, LA(Laboratory Automation), FAといった応用分野ごとに価格、性能、信頼性が最適化される傾向にある。伝送速度1～10Mbpsの支線LANがIEEE 802で標準化されており、それに準拠したLANも開発されている。光ファイバ通信技術のLANへの応用は、FA、交通の分野で先行している。

※) CSMA/CDとは、Carrier Sense Multiple Access/Collision Detectionの略で、LANのアクセス方式の一つである。

2.3 日立製作所の光LANへの取組み

日立製作所では、光ファイバ通信技術の進歩をLANの分野にいち早く取り入れ、昭和54年12月には、10Mbpsの光DFW (Data Free Way: H-7485C)を実用化し製鉄所に納入した^{2),3)}。続いて昭和57年には、来るべきOA時代を先取りした高速・広域・大規模システム向けの幹線LANとして2種類の光ループネットワーク(Σ ネットワークとH-8644)を開発し出荷した^{4),5)}。続いて、産業分野とりわけFAや交通の分野では、比較的低価格な光LANのニーズが強く、昭和59年には、1 Mbpsの光ループネットワーク($\mu\Sigma$ ネットワーク)を開発し⁶⁾、FAシステムで実用化した。昭和56年には交通の分野で、自律分散思想に基づくループ伝送システム(ADL)を開発し、地下鉄や私鉄の運行管理システムで実用化した⁷⁾。

日立製作所の主要光LANの位置づけを図2に示す。以下では、幹線LANと支線LANとに分けて、日立製作所の光LANの特徴について述べる。

適用形態	情報交換方式	音声主 (データ従)	データ主 (音声従)	データ主かつ高速	自律分散
		回線交換		パケット交換	
バックエンド LAN		Σ ネットワーク		<ul style="list-style-type: none"> ●H-8644ループネットワーク ●H-7485C光DFW 	
フロントエンド LAN	幹線 LAN				
					支線 LAN

注：略語説明 ADL(Autonomous Decentralized Loop Network), DFW(Data Free Way)
 図2 日立製作所の主要光LAN バックエンドLAN, 幹線LAN, 支線LANに分けて、主要光LANの位置づけを示す。

3 幹線LAN

幹線LANには、次の要求事項がある。

- (1) 多目的に使い、複雑化する各種配線の集約化ができる。
- (2) 各種支線LANの相互接続に使える。
- (3) 増大する通信ニーズにこたえていける高速性を持つ。
- (4) 幹線として十分な信頼性がある。
- (5) 構内の広い範囲をカバーできる。

以下では、幹線LANとして豊富な実績を持つ Σ ネットワーク、H-8644ループネットワーク、産業用の光DFWについて述べる。

3.1 Σ ネットワーク

Σ ネットワークは、オフィスでのデータ、音声、イメージ情

報の通信ニーズを満たすため開発した光ループネットワークである⁴⁾。既存の端末を容易に接続できるようにするため、データ端末用の標準インタフェースであるV.24, X.20, X.21はもとより、PBXの交換機能を利用して電話機、FAX(ファクシミリ)などの接続も可能な外部インタフェースを用意している(図3)。

ループ上を流れている毎秒30.72Mビットのデジタルデータを、64kbpsの多数のチャンネルに分割して多重使用すること

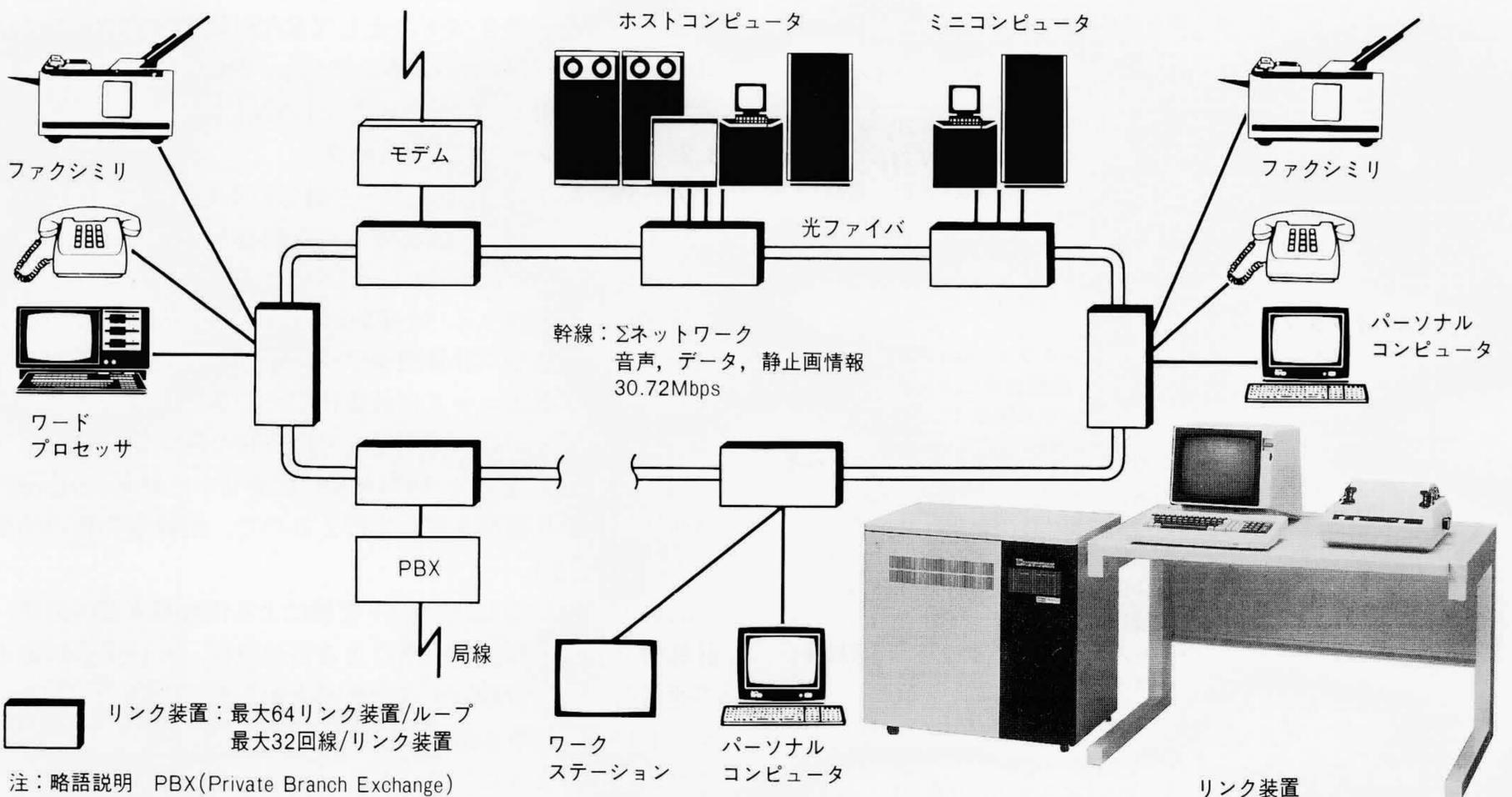


図3 Σ ネットワークの構成 時分割多重方式により、各種コンピュータ、ファクシミリ、パーソナルコンピュータ、電話機などを接続することができる。リンク装置の写真を並置して示す。

によって、速度9.6kbpsの回線に換算して、1,000回線以上をΣネットワークに収容することができる。この回線を、従来の構内回線の代替手段として用いることによって、既存の端末を含め各種の端末をエンド ツー エンドのプロトコルを変更することなく接続できる(表1)。多数の構内回線を光ループネットワークに収容できるので、配線の集約に優れた効果を発揮する。

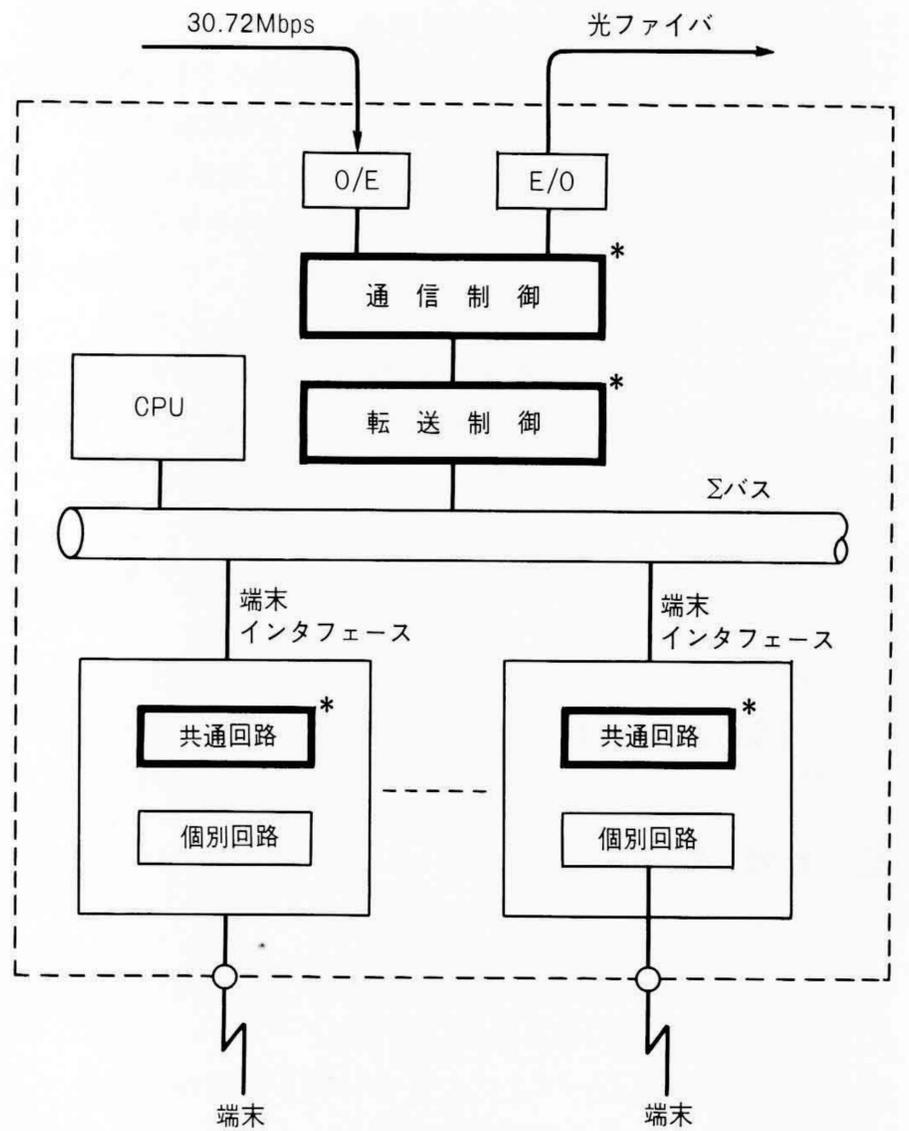
Σネットワークは、幹線としての高信頼性を実現するため、光ファイバ伝送路の二重化はもとより、ネットワーク全体の制御をつかさどるマスタリンク装置のバックアップやリンク装置内の基本部の二重化を可能にしている。リンク装置は、すべて均一の構造にし、3種類の専用LSIを開発してコンパクトに構成している⁸⁾(図4)。

サービス機能を向上するため、遠隔のリンク装置からシステムの制御を行うリモートコンソール機能、パーソナルコンピュータなど固定接続形のV.24インタフェースだけの端末でも、新開発のインタフェース変換器(ダイヤリングセット)によりホストコンピュータを切り替えて使うことができるようにする回線交換機能などを用意している。

表1 Σネットワークの仕様 幹線として必要になる多様な通信機能、通信インタフェースを備えるとともに、豊富なRAS支援機能により高信頼な運転を可能にする。

項番	項目	仕様	
1	リンク装置台数	最大64台/ループ	
2	端末接続台数	最大32端末/リンク装置	
3	リンク装置間距離	最大2km(短波), 3.5km(長波)	
4	ループ総延長	最大80km	
5	ループ伝送速度	30.72Mbps	
6	多重化方式	時分割多重(125μsフレーム周期)	
7	光ファイバケーブル	2心 50μm/125μm GI形石英ファイバ	
8	通信機能	<ul style="list-style-type: none"> • 1: 1 固定接続(V.24, X.20, X.21) • 1: N マルチドロップ(V.24) • N: N 回線交換(X.20, X.21, 電話) 	
9	端末インタフェース	<ul style="list-style-type: none"> • V.24 対端末/コンピュータ • V.24 対モデム • X.20 • X.21 • 電話機インタフェース(PBX経由) (全二重, 国際標準に準拠) • 高速デジタル回線インタフェース 	
10	RAS機能	<ul style="list-style-type: none"> • 二重化ループによるループバック, バイパス, ループ交替 • 制御部二重化オプション • バックアップマスタ機構あり • 集中保守運用管理機能 • 遠隔電源制御機能 • ヘルスチェック, 自己診断, 回線折返しテスト機能 	
11	設備条件	電源	AC100V±10V, 50/60Hz ±1Hz
		動作温度	5~40℃ 5~35℃(マスタリンク装置)
		湿度	35~85%

注: 略語説明 RAS(Reliability, Availability, Serviceability)



注: 略語説明など

O/E(光-電気変換), E/O(電気-光変換), CPU(中央処理装置)

*は, LSI化した部分を示す。

図4 Σネットワーク用リンク装置の構成 リンク装置は、3種類のCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)マスタスライスLSIの開発により、モジュールでコンパクトに構成されている。

ΣネットワークをベースとしてRAS(Reliability, Availability, Serviceability)機能を強化し、製鉄所などの過酷な製造現場にも適用できるようにしたLANも開発した⁹⁾。

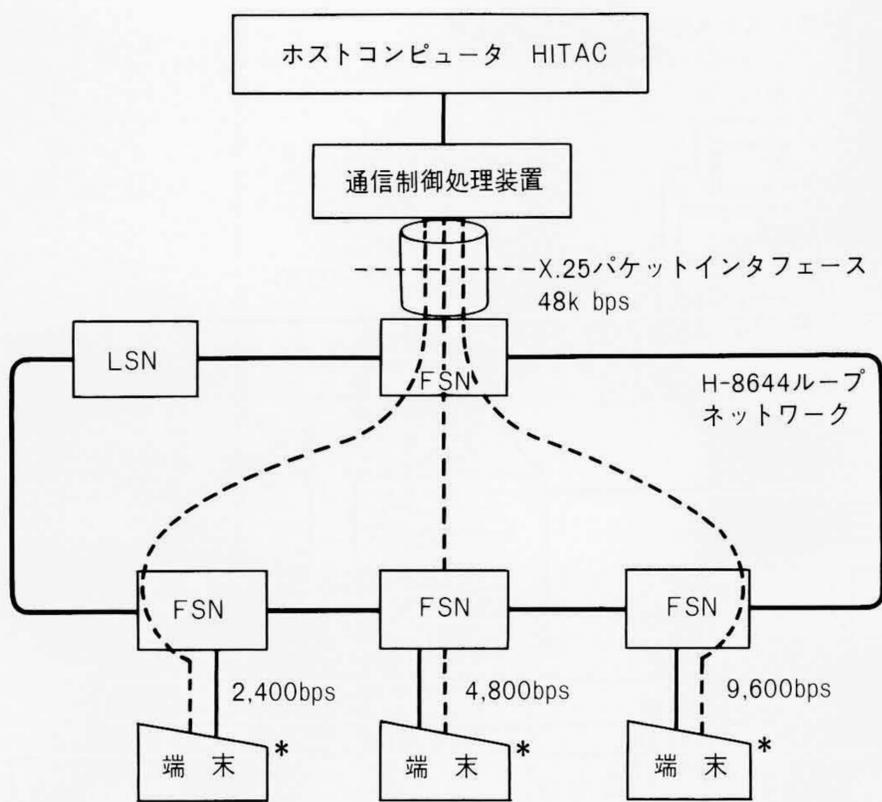
3.2 H-8644ループネットワーク

データ端末の普及に伴うデータ通信の多様化、高速化など、データ処理の高度化に対応するため開発したのが統合光ループ伝送システム「H-8644ループネットワーク」である。

H-8644は、光ファイバを用いた32Mbpsの多機能パケット交換形ループであり、計算機やデータ端末から発生するバースト的なデータ転送ニーズに最適化している。特に、ホストコンピュータとループとの接続は、H-8644の持つX.25インタフェースの利点を生かし、端末台数に依存せずに最大1Mbpsの高速回線により論理多重して行えるので、配線集約化の効果が大きい(図5)。

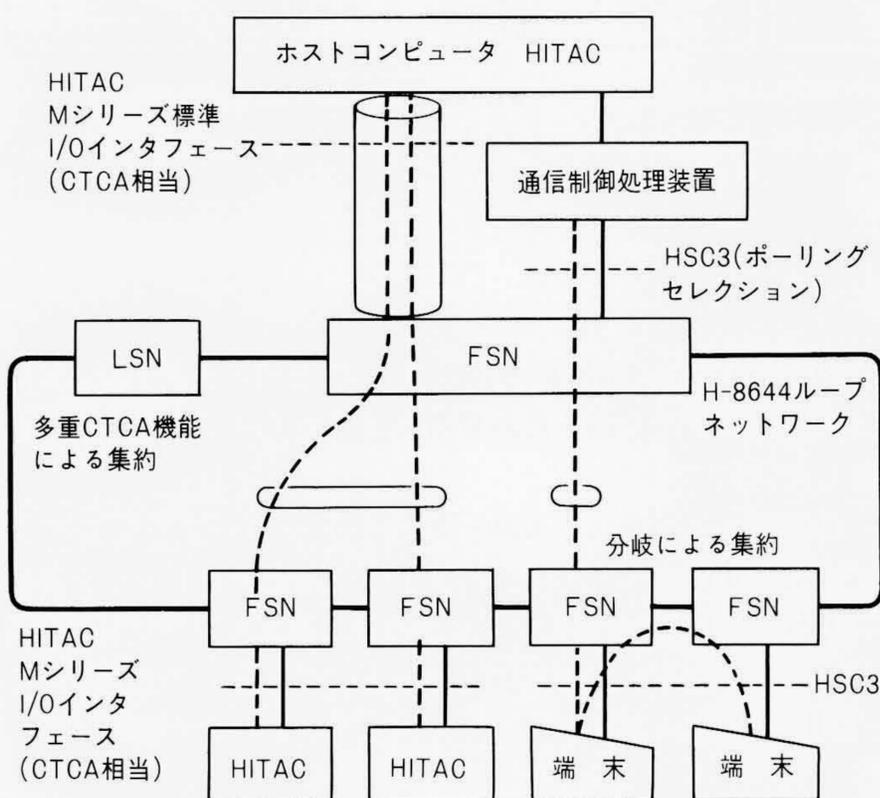
通信形態としては、パケット交換による任意端末間の通信、計算機チャンネル間直接通信による高速通信、及び従来形端末の通信路共用を可能にするため端末からの情報を連続的にパケット化し転送する透過通信を用意し、多様な通信ニーズにこたえられるようにしている。

光ファイバを用いた伝送路は、現用と予備の二つのループで構成し、光送受信器、電源などの二重化と切替えによって、



注：*は、PT及び無手順端末
通信制御処理装置の1回線に端末側のn回線が集約される。

(a) パケット通信による集約



(b) 多重CTCA機能による集約と分岐による集約

注：略語説明 LSN(Loop Service Node)
FSN(Field Service Node)
PT(Packet Terminal)
CTCA(Channel to Channel Adapter)

図5 H-8644ループネットワークによる回線集約機能 多数の端末を、少ない実回線でホストコンピュータに接続することができる。

幹線としての高信頼性を実現している(表2)。

3.3 光DFW

鉄鋼、化学、電力分野などのプロセス制御システムでは、古くからDFWが実用化され配線の集約に効果を発揮してきた。1970年代後半からは、プロセス制御システムの高度化、大形化に伴い計算機を分散設置した分散プロセス制御が主流となり、高速の光DFWがそのリンケージ手段として用いられるようになった。

表2 H-8644ループネットワークの仕様 パケット交換網のインタフェースとして広く使われているX.25インタフェースを具備するとともに、幹線として必要な各種RAS機能を持っている。

項目	仕様	備考
LSN台数	1台/ループ	必ず(須)
FSN接続台数	最大：64台/ループ	—
ループ総延長	最大：100km	—
ノード間距離	最大：2km	—
通信対	n:n	—
通信速度	32Mbps	—
光ファイバケーブル	2心 損失3dB/km	—
送信権付与方式	トークン方式	—
送達確認方式	LA(ループアンサ)方式	—
RAS機能	ハードエラーチェック回路、再送機能、ログアウト、トレース、バイパス、ループ交替、ループバック、ヘルスチェック、自己診断ほか	パリティ、ECC、CRCほか
FSN~機器間インタフェース	X.25(パケット交換) HDLC X.28/X.29 ベーシック(無手順、HSC) HITAC Mシリーズ標準I/Oインタフェース	FSN~機器間回線速度：最大1Mbps CTCA相当
設備条件	電源	AC100V ±10%, 50/60Hz
	動作温度、湿度	5~35℃, 35~85%

注：略語説明 HDLC(High Level Data Link Control)

既に昭和54年には、世界に先駆けて、H-7485C光DFWを開発し、分散プロセス制御システムで実用化した³⁾。その後も高速化、高信頼化の努力を続け、プロトコル実行ソフトウェアのオーバーヘッドを低減する専用フロントエンドプロセッサ(DWP: Data Way Processor)の開発、ループ二重化技術の開発を進めてきた²⁾。次のステップとして、今回32Mbpsリンクネットワークを開発し、実用化した(詳細は、本特集の別論文で述べる)。

4 支線LAN

支線LANには、その役割から次の要求事項がある。

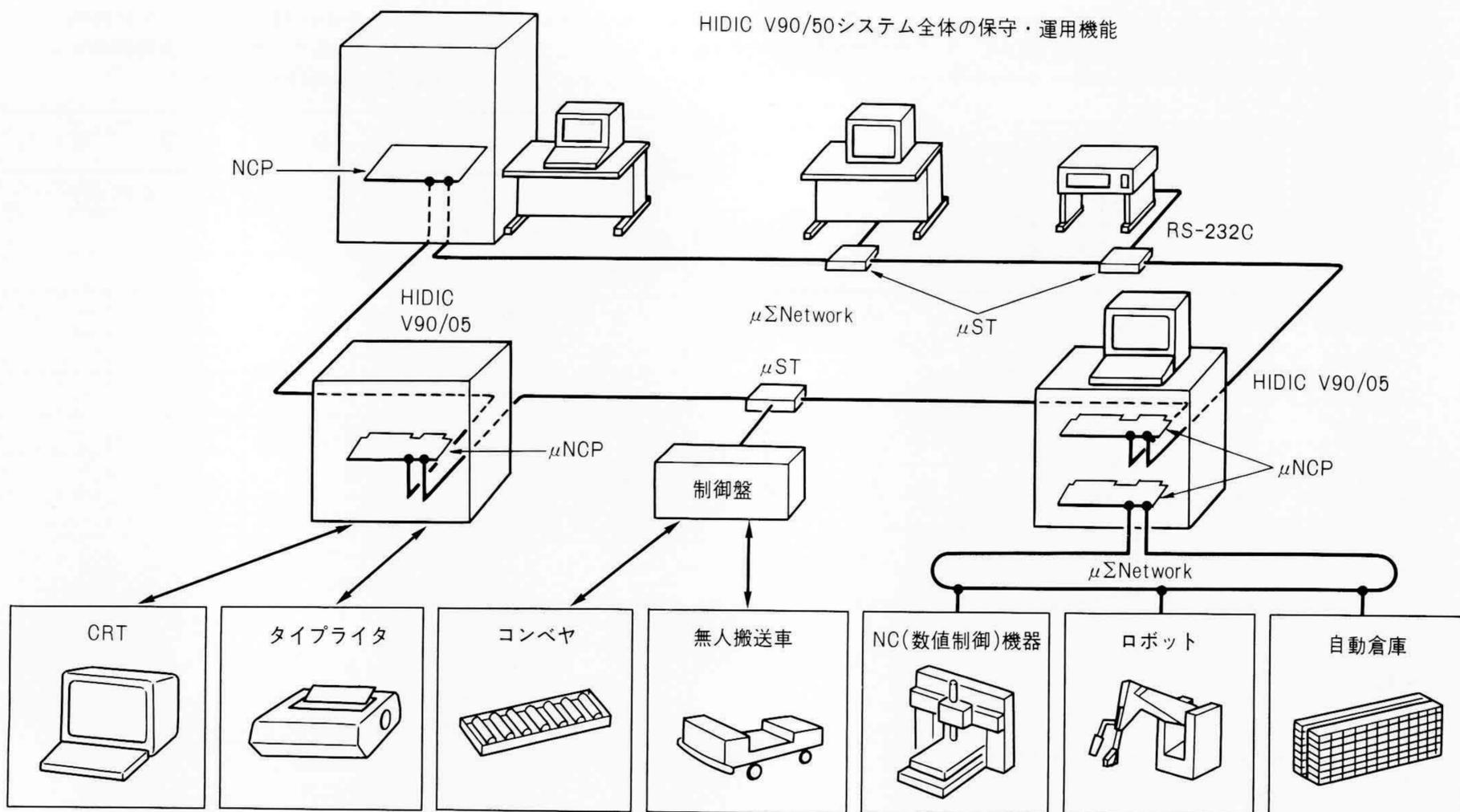
- (1) 各種機器を低コストかつフレキシブルに接続できる(情報コンセントの実現)。
- (2) OA, FA, LAなど各応用分野ごとに、性能、価格、信頼性などが最適化されている。
- (3) 接続される機器とのインタフェースが標準化されている。
- (4) サービスエリアは比較的狭くてよい(フロア内など)。

以下では、支線LANのうち、光ファイバ通信が応用されている二つのLAN($\mu\Sigma$ ネットワークとADL)について述べる。

4.1 $\mu\Sigma$ ネットワーク

FA用LANに求められる低コスト、高信頼、リアルタイムな

HIDIC V90/50システム全体の保守・運用機能



注：略語説明 NCP(HIDIC V90/50用LAN通信制御プロセッサ), μNCP(HIDIC V90/05用LAN通信制御プロセッサ), μST(独立箱形LAN通信制御装置)

図6 μΣネットワークの構成 HIDICシリーズは、NCP/μNCPによって高速データ伝送可能な接続ができる。ロボットなどは、μSTによりはん(汎)用インタフェースで接続する。

情報転送ニーズを満たすため、光DFWで蓄積した豊富なネットワーク技術を駆使して開発したのがμΣネットワークである⁶⁾(図6)。

μΣネットワークは、1 Mbpsのループ形LANであり、リアルタイム環境に適したトークンパッシングをアクセス法に採用するとともに、高信頼化を図るために伝送路の光ファイバ化と二重化とを可能にしている(表3)。

表3 μΣネットワークの仕様 FA向けに、リアルタイム性に優れたトークンパッシングを採用した光/ペア線によるループネットワークである。

項番	項目	仕様
1	システム規模	最大32ステーション/ループ
2	伝送速度	1Mビット/s
3	伝送路	光ファイバ又はペア線
4	ステーション間距離	最大1km(光ファイバ) 最大100m(ペア線)
5	通信方式	パケット交換
6	伝送形態	N:M転送
7	伝送符号	マンチェスタ符号
8	アクセス方式	トークンパッシング
9	データ長	最大512バイト(可変)
10	システムRAS	(1)伝送誤り制御 (2)ループバック (3)トレース

制御用計算機(HIDIC V90シリーズ)とのインタフェースには、低コスト化を図るため専用の通信プロセッサを新しく開発した(図7)。

通信プロセッサは、1ボードで構成し、16ビットマイクロプロセッサによって、レイヤ4までの通信プロトコルを高速に実行し、FAで必要となる高速応答、高スループットを実現している。光タップは、伝送路と通信プロセッサを接続する(図8)。既存の端末やパーソナルコンピュータの接続には、

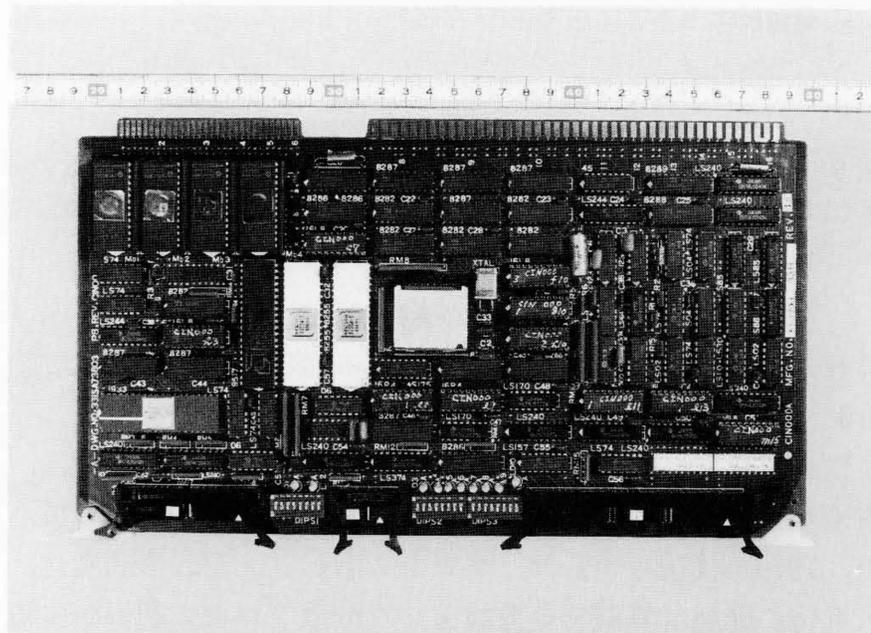


図7 μΣネットワーク用μNCP 16ビットマイクロプロセッサを中心に、コンパクトに実装している。

標準データ端末インタフェース(RS-232C)を持った箱形のLANコントローラ(μ ST)を用意している。

$\mu\Sigma$ ネットワークは、上位のネットワークソフトウェアである μ DPCS(Distributed Process Control System)によるシステム化支援機能ともあいまって、FAシステムを中心に広く実用に供されており、現在300システムに近い出荷実績を持つ。

4.2 ADL

自律分散概念に基づき高信頼化したのが1 MbpsのADLである⁷⁾。ADLは、鉄道、FA、鉄鋼などでのノンストップ運転、段階的なシステム構築、オンライン保守などの要求を満たすため開発した分散制御のループネットワークである。

ADLの中心は、NCP(Network Control Processor)と呼ぶネットワークコントローラで、1対のNCPが光ファイバによって結ばれ、二重のループを構成している(図9)。NCPは、専用に開発した二つの1,600ゲートCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)チップにより、光伝送モジュールを含めて1ボードでコンパクトに実現している(図10)。

ADLは、地下鉄や私鉄の制御システムをはじめとした交通の分野で多くの実用例がある。

5 今後の展望と課題

(1) 伝送速度の向上

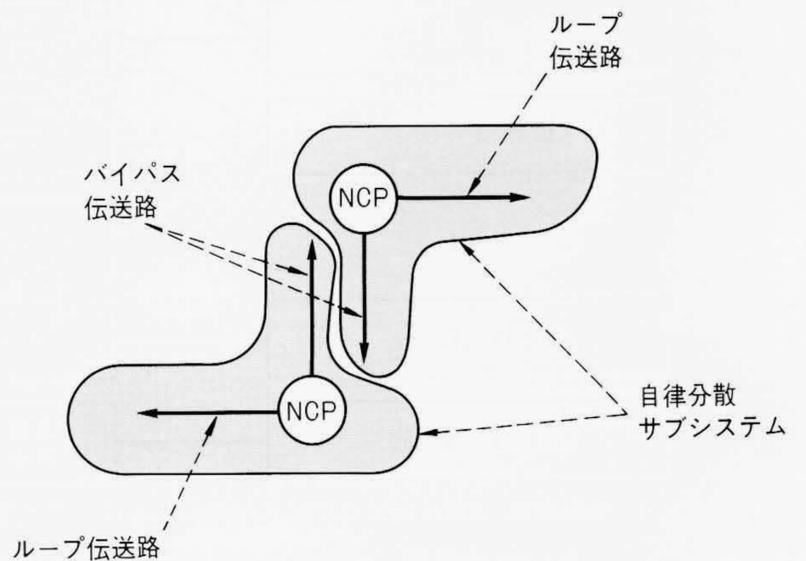
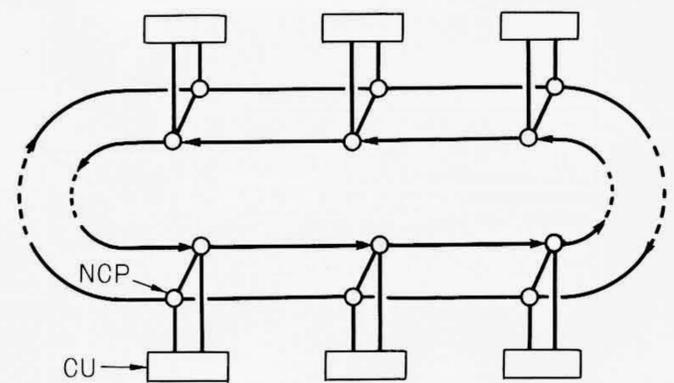
光伝送技術の進歩は著しく、ポイント ツー ポイントでは、1 Gbpsを上回る速度が現実のものとなってきている。この技術はやがて、LANの分野にもたらされ、バックエンドLAN、幹線LANの伝送速度を400Mbps~1 Gbpsへ向上させるものと考えられる。

(2) 接続性の向上

電力系統や電話網の歴史に比べてはるかに歴史が浅く、しかも端末インタフェースが多様なLANでは、端末とLANとの接続、幹線LANと支線LANとの接続、広域ネットワークを介したLAN相互の高速接続などが急務となっている。

(3) 標準化

IEEE802でLANの標準化が行われている。しかし、これま



注：略語説明 NCP(Network Control Processor)
CU(Computer Unit)

図9 ADLのシステム構成 均一なハードウェア、ソフトウェアによって実現したNCPを二重ループ構成にした自律分散構造としている。

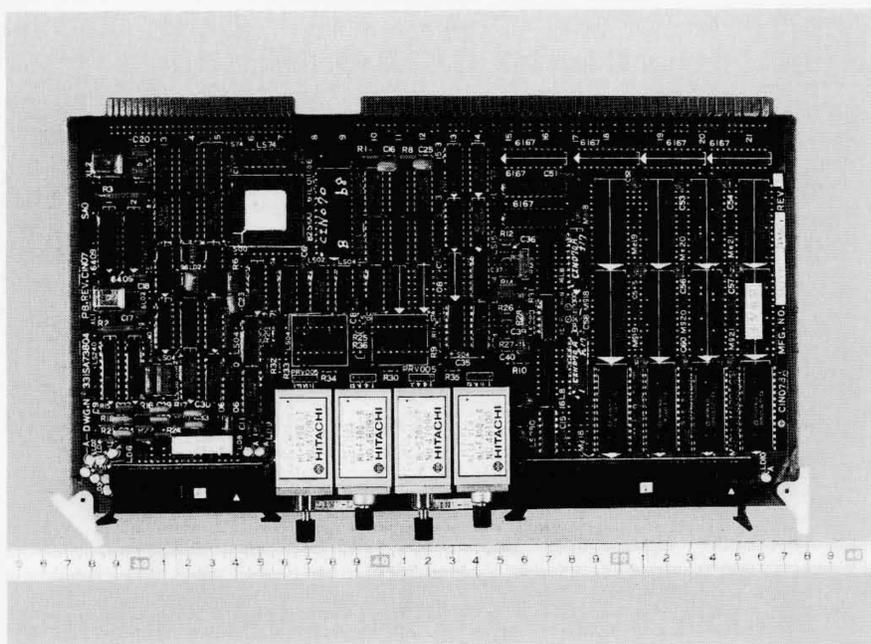


図8 $\mu\Sigma$ ネットワーク用光タップ 光ファイバ、シールド付きペア線のいずれかを利用できる。この図は光モジュールを実装した光タップである。

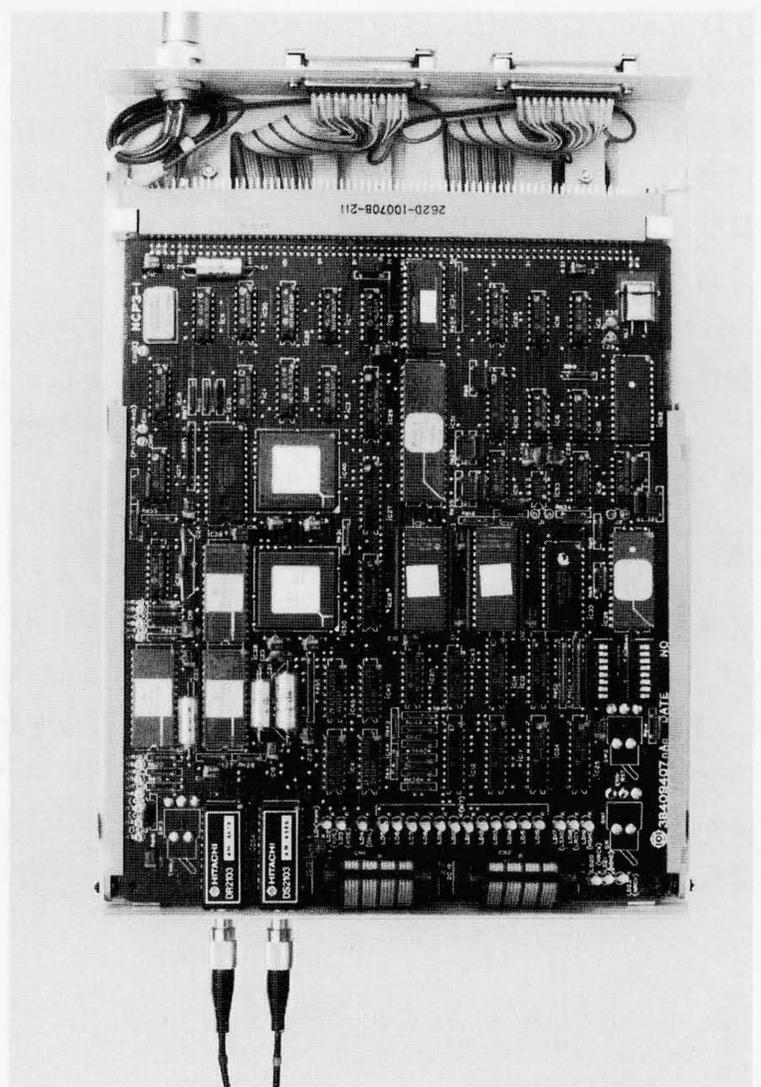
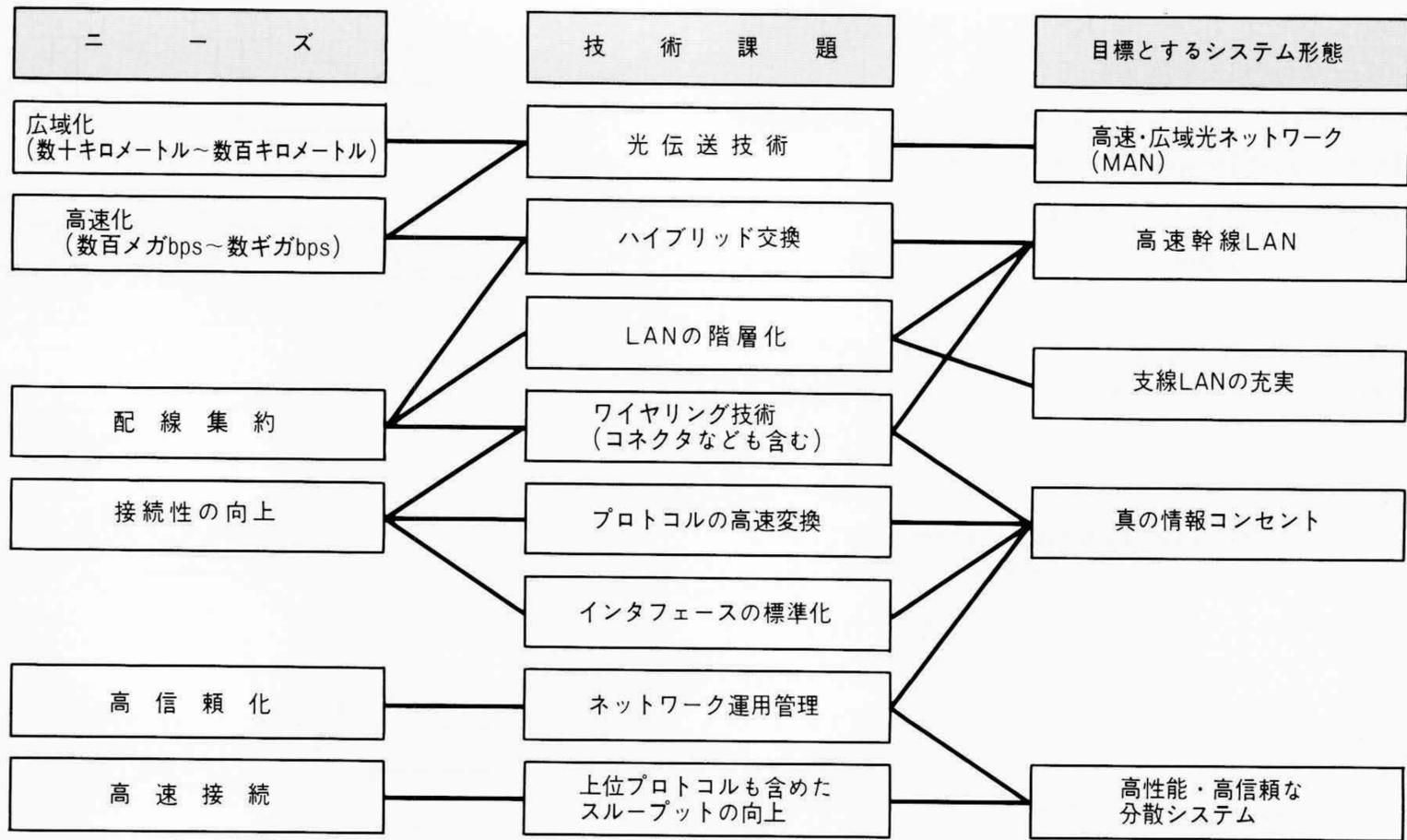


図10 ADL用NCP 光モジュール、1チップマイクロコンピュータ、1,600ゲート専用CMOS LSI及びメモリをコンパクトに実装している。



注：略語説明 MAN(Metropolitan Area Network)

図11 光LANの展望 電話網や電力網に比べて歴史の浅いLANは、今後網としての接続性、信頼性を向上し、真の情報コンセント実現に向けて多くの課題を克服していく必要がある。

でのところ電気ケーブルを用いたものが中心で、光LANの標準化はまだ実現していない。今後、我が国からの提案も含めた積極的な対応が待たれるところである。

(4) 光ファイバ通信の適用拡大

光ファイバの工事性は、以前に比べて改善されてきているが、まだ従来の電気ケーブルに比べて分岐がとりにくいなどの欠点を持っている。このため、現在までのところ幹線を中心に導入が進んでいる。将来は、光部品の改良、工事方法の改良などによって支線LANにも適用が拡大されてくるものと考えられる。

このほかにも、図11に示す課題を克服していく必要がある。日立製作所では、これまでに培ってきた計算機と通信の技術を基に、より使い勝手の良いLANの提供を目指して課題の解決に取り組んでいる。

6 結 言

発展著しい光ファイバ通信技術の応用システムとして、光LANについて述べた。LANは、バックエンドLAN、幹線LAN、支線LANの三つの形態で発展しつつあり、どの形態でも光ファイバ通信の応用が進んでいる。

今後光LANは、ますます高速化、高信頼化されるとともに、真の情報コンセント実現に向けて使い勝手の改良が進み、イ

ンテリジェントビルやOA, LA, FAを統合したCIM (Computer Integrated Manufacturing)の通信基盤として、PBXとともに重要な役割を担っていくものと考えられる。

参考文献

- 1) 榎尾, 外: ローカルエリアネットワークとその応用, 日立評論, 66, 5, 349~354(昭59-5)
- 2) 高橋, 外: 分散プロセス制御用光ループ伝送システム, 日立評論, 65, 10, 681~686(昭58-10)
- 3) 満岡, 外: 高性能光データウェイシステムの開発, 日立評論, 63, 3, 173~178(昭56-3)
- 4) 桧山, 外: 多元情報光ループ統合ネットワーク「Σネットワーク」, 日立評論, 65, 11, 757~760(昭58-11)
- 5) 仲瀬, 外: 統合光ループ伝送システム「H-8644ループネットワーク」, 日立評論, 65, 11, 753~756(昭58-11)
- 6) 寺田: 光LANの普及現状と展望, ファクトリ・オートメーション, 2, 4, 36~39(昭59-4)
- 7) K. Mori, et al.: A Reliable Fiberoptic Network: The Autonomous Decentralized Loop Network, Hitachi Review, 35, 4, 177~182(1986-4)
- 8) O. Takada, et al.: Fiberoptic Local Area ΣNETWORK, Hitachi Review, 35, 4, 173~176(1986-8)
- 9) 中村, 外: 時分割光伝送方式による新通信網の開発, 日立評論, 69, 2, 105~110(昭62-2)