

ネットワーク技術の動向と $\mu\Sigma$ Network-10の開発

State of the Art of Communication Network Systems and Development of $\mu\Sigma$ Network-10

CIM(Computer Integrated Manufacturing)は設計、生産、販売、管理などのサブシステムをネットワークで接続し、受注から製品納入まで、企業活動全体の業務効率向上を目指す生産システムである。CIMの実現には、工場内の部門ごとのネットワークを統合する構内ネットワークと、他事業所や海外との間で情報交換を行う広域ネットワークが必要である。これらのネットワークには、多種多様な情報機器の接続が要求されるので、国際標準への取り組みが重要である。そこで、今回、国際標準のトークンバス方式を採用したLANとして、従来、制御対象ごとに個別に構築されていたE(電気制御)・I(計装制御)・C(計算機制御)システムの統合化を可能にするための共通基盤となる $\mu\Sigma$ Network-10を開発した。

寺田松昭* *Matsuaki Terada*
 溝河貞生** *Sadao Mizokawa*
 今井光雄*** *Mitsuo Imai*
 森藤素良**** *Motoyoshi Moritō*
 福澤淳二* *Junji Fukuzawa*

1 緒言

CIM(Computer Integrated Manufacturing)は、全国に散在する生産拠点や販売拠点を、計算機と通信を組み合わせた情報通信システムで接続し、情報を一元管理することによって、受注から製品納入まで企業活動全体の業務効率を向上することを目的としている。情報の一元管理には、工場内の設計、生産、管理などの各業務を有機的に結合するための構内ネットワークと、各拠点間での受注・生産情報の自由な流通を可能にする広域ネットワークが必要になる。

本論文では、ネットワーク技術の動向をまとめた後、工場生産自動化のための通信プロトコルとして、世界的に関心が高まっているMAP(Manufacturing Automation Protocol)¹⁾などで採用されているトークンバスLAN(Local Area Network)の伝送技術について述べる。最後に、トークンバスLANのシステム例として、従来、制御対象ごとに個別に構築されていたE(電気制御)・I(計装制御)・C(計算機制御)システムの統合化を可能にするための共通基盤となる $\mu\Sigma$ Network-10の開発について述べる。

2 ネットワーク技術の動向

2.1 ネットワーク化の背景と目的

近年、生産システムには下記の要求がある。

- (1) 顧客から多種多様な製品が求められるようになってきているため、多品種少量生産の必要性が増している。
- (2) 技術開発のテンポが速いので、新製品をタイムリーに出

していくには、製品開発期間を短縮する必要がある。

- (3) 必要な物を、必要な時に、必要なだけ作る生産方式によって在庫を少なくする必要がある。

上記要求を満たすCIMの構築に当たっては、次の二つのレベルでの統合化を進める必要がある。

- (a) 各部門ごとのネットワークをPBX(Private Branch Exchange)を含めた形で、工場内全体にわたり統合化する。
- (b) 他事業所、取引先、海外との間で電子的な情報交換を可能にする。

上記統合化を図るネットワークの構成例を図1に示す。本構成例の特徴は下記のとおりである。

- (1) 工場内には高速の基幹LANを設置し、事務処理用、設計・開発用などの各種用途ごとのホスト計算機、製造部門LAN、検査部門LAN、設計部門LAN、PBXをこれに接続する。
- (2) 社内他事業所とは、高速デジタル回線によって接続し、音声、データ、静止画などを統合伝送する。
- (3) 海外や取引先とは、公衆パケット交換網や公衆電話網を用いたデータ通信を行い、電子的な情報交換をできるようにする。

2.2 ニーズ動向

- (1) 接続性の向上と情報流通の迅速化

CIMを実現するには、多種多様なサブシステムや情報機器をネットワークに接続する必要がある。特に、近年の情報システムは、マルチベンダ化してきており、異機種接続に対す

* 日立製作所システム開発研究所 ** 日立製作所大みか工場 *** 日立電線株式会社電線研究所 **** 八木アンテナ株式会社大宮工場

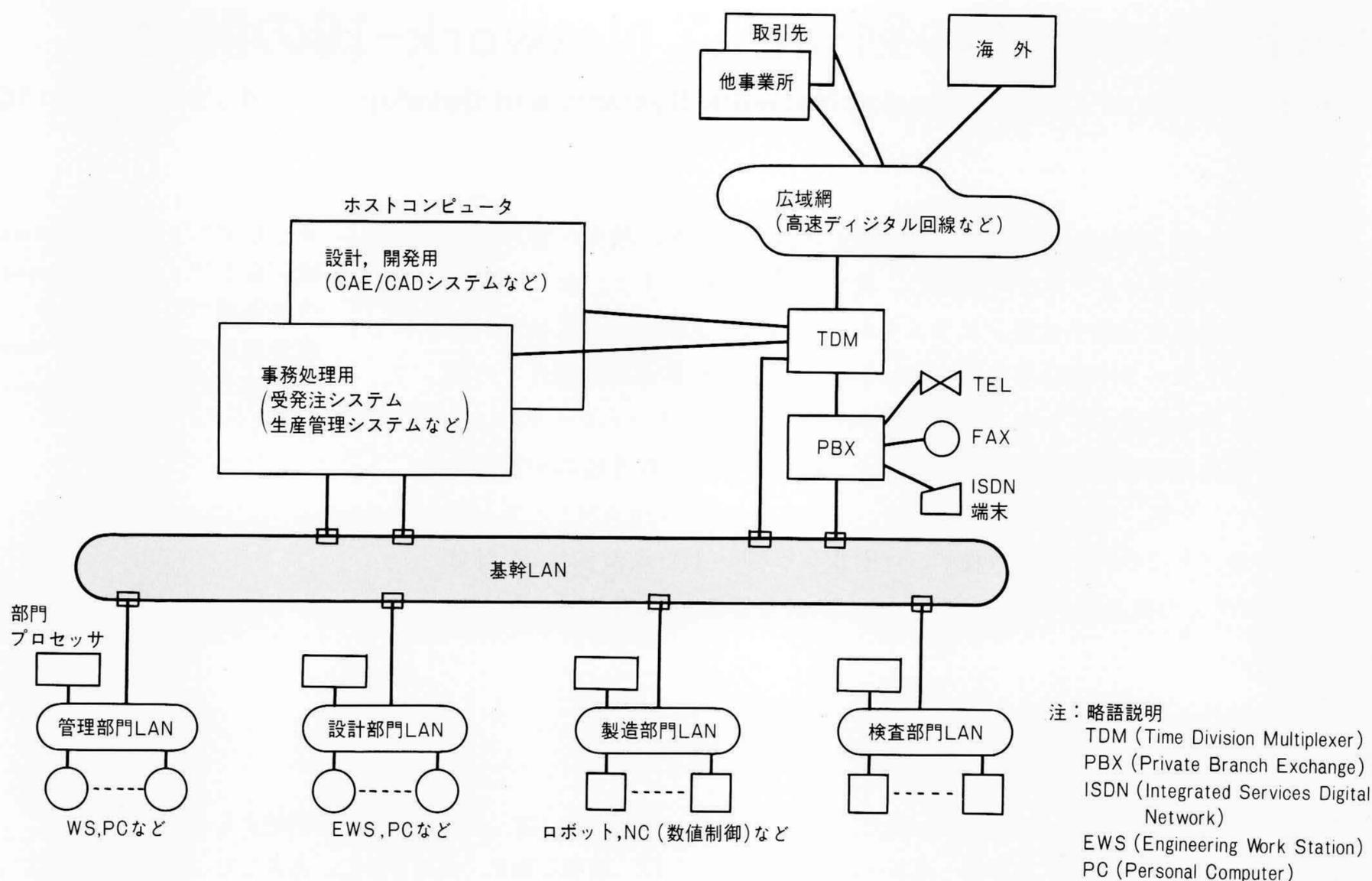


図1 CIM用ネットワークの構成例 基幹LANを中心に各部門LANを統合した構内ネットワークと、高速デジタル回線などによって構成した広域ネットワークから成り立っている。

る強い要求がある。

(2) 広域化・国際化

企業間連携の拡大と企業活動の国際化に伴い、ネットワークが事業所内にとどまらず、国内はもとより海外への拠点展開によって、広域化・国際化する傾向にある。この結果、海外の計算機との接続や電子メール機能などが必要になっている。

(3) その他のニーズ

通信費の削減、使い勝手の改善、システムの24時間運転、セキュリティ対策などが求められている。

2.3 技術動向

(1) 通信手段の多様化

構内ネットワークとしては、各種のLANやデータ通信機能を装備したPBXが、広域ネットワークとしては、高速デジタル網、衛星通信、パケット交換網、電話網、国際VAN (Value Added Network)、パーソナルコンピュータ通信などがあり通信手段の多様化が進んでいる。

(2) 計算機と通信の融合化

伝送・交換のデジタル化が進み、通信網の中に計算機が多数使われるようになってきている。逆に、電子メールに見られるように、計算機のネットワークが人と人との通信手段

として使われることも多くなってきている。このように、通信技術と計算機技術の境界があいまいになり、融合化が進んでいる²⁾。

(3) 通信のデジタル化とマルチメディアの統合化

ISDN (Integrated Services Digital Network) によって、音声、データ、静止画、動画といった複数のメディアをすべてデジタル信号化して、統合伝送・統合交換できるようになってきた。広帯域ISDN (Broad Band ISDN) の実用化により、この動きはさらに加速されるものと考えられる。構内でも、400 Mbpsクラスの高速度マルチメディア統合形LANが実用化され、音声、データ、画像の統合伝送と支線LAN間の高速度接続が可能になってきている³⁾。

(4) 通信端末およびネットワークのインテリジェント化

LSI技術の進歩や計算機技術の発達により、通信端末やネットワークのインテリジェント化が進み、ユーザーからみた機能や使い勝手が向上してきている。

(5) 高速化

ISDN、高速デジタル回線、LANなどの技術進歩に伴って、利用できる回線速度が年々向上している。広帯域ISDNが実用化される1990年代には、広域網経路であっても、現在のLANの速度がそのまま享受できるようになると思われる。

(6) 標準化

接続性の向上は、ネットワークに対する基本的な要求であり、ネットワークの標準化が年々重要になってきている。OSI (Open Systems Interconnection), ISDN, 広帯域ISDN, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers: 米国電子電気学会)のプロジェクト802仕様に準拠したLAN, ANSI (American National Standards Institute: 米国国家規格協会)のFDDI (Fiber Distributed Data Interface) 準拠LANなど標準仕様に対する関心が高まっている。

3 トークンバスLANの伝送技術

IEEE802.4準拠のトークンバスLANでは、同軸伝送技術と光伝送技術が必要になる。

3.1 同軸伝送技術

IEEE802.4⁴⁾で規定される物理層の同軸伝送系には、CATV (Community Antenna Television)で広く利用されている高周波信号伝送技術によるブロードバンド伝送方式と、データ信号をコード変換し疑似高周波信号として伝送するキャリアバンド伝送方式がある。

3.1.1 ブロードバンド伝送方式

ブロードバンド伝送方式は、同軸ケーブルの広帯域性が生かせ、拡張性に富むシステム構成が可能である。

(1) ヘッドエンドリモジュレータ

ヘッドエンドリモジュレータは、RF (Radio Frequency) モデムからの送信信号、すなわち上り信号を受信、復調の後、データのエラー状態を調べ、再変調の後下り信号としてすべてのRFモデムへ送信する。

(2) ブロードバンドモデム(RFモデム)

RFモデムは、情報機器内の通信制御ボードと接続され、データ信号の変調・復調を高周波信号で行う。変調方式は、IEEE 802.4規定のデュオバイナリAM/PSK (振幅・位相変復調) であり、12 MHzの帯域を有効に利用して10 Mbpsの高速データ伝送を可能にする。

3.1.2 キャリヤバンド伝送方式

キャリアバンド伝送方式は、数百メートルの比較的狭い範囲に限定して使用し、低価格なサブネットワークを実現する場合に適している。IEEE802.4では、機器の接続が容易にできるように信号伝送の方向性をなくし、信号の分岐を行うタップの機器側への結合損失を-20 dBに固定するとともに、タップからCBM (Carrier Band MODEM) までの距離も50 m以内を推奨している。

CBMは、データ信号をコード変換し、データ信号の1, 0に相当する二つの周波数を位相連続的に切り替えるフェーズコヒーレントFSK (Frequency Shift Keying) 変調・復調を行う。

3.2 光伝送技術

トークンバス方式LANを光化するためには、1か所からの光入射パワーが各端末に分配される必要がある。そのような混合分配機器(図2参照)を実現する方法としては、アクティブ素子を用いて構成する方法と、光ファイバと若干のパッシブデバイスだけで構成する方法がある。前者をアクティブスターカップラ方式、後者をパッシブスターカップラ方式といい、光トークンバス方式ではこのいずれかを用いる方式が有力視されている。アクティブ方式では、分岐部で光→電気→光の変換を行うため、光受信器も特別なものを要求されない反面、電源が必要なため、電源断や故障などによってシステムダウンになるという問題がある。これに対してパッシブ方式は、パッシブな光分岐素子を使用して光パワーを均等配分する方式で、電源が不要なため信頼性が高いものの、受信部での光パワーが低下し、高感度な光受信器が必要となる。ここでは信頼性を重視して、パッシブスターカップラ方式を採用した製品事例について以下に述べる。

(1) 光パッシブスターカップラ

開発した光パッシブスターカップラの構造を図3に示す。この製品では、複数本の光ファイバを束にしてバーナで加熱しながらテープ上に延伸する「ひねり融着延伸形」の構造を採用した。本構造の採用によって低損失化を可能にした。このスターカップラは同図の左側(入力側)と右側(出力側)のファイバを1本ずつ組にして使用し、接続端末数により32ポート用、16ポート用を用意した。

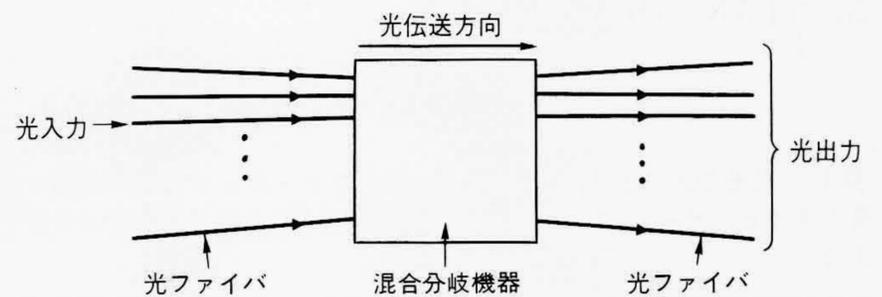
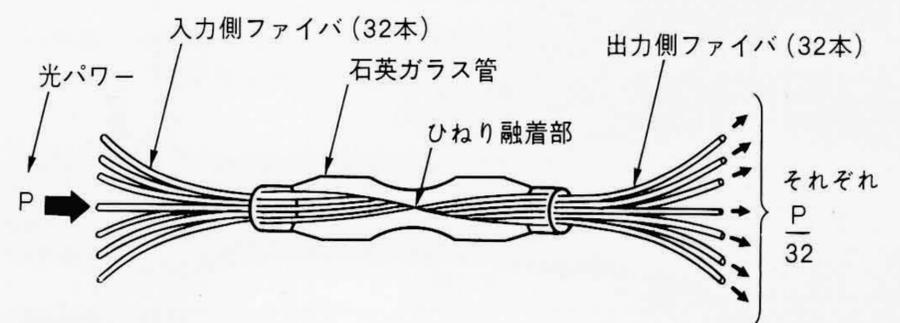


図2 光トークンバス方式 光トークンバス方式を実現するには、光の混合分岐機器と光モデムの開発が課題である。



注: 略語説明 P (ポート)

図3 光パッシブスターカップラの構造 光スターカップラは、入力光パワーを均等に分配する光分岐器である。

(2) トークンバス用光モデム

前記32ポート用スターカップラへの接続を前提とした光モデムの仕様を表1に、外観を図4に示す。受信器を高感度にするために、受光素子としてAPD(Avalanche Photo Diode)を使用して、最小受光レベル-43 dB mを達成した。

本光モデムは基本的にIEEE802.4に規定されている仕様に準拠しているが、IEEE仕様は、米国で使われているコア径62.5 μmの光ファイバを前提としているため、日本の標準光ファイバサイズ(コア径50 μm)とは合致しない。そこで、IEEE仕様に対して、光ファイバサイズの異なる分だけ光レベルダイヤをシフト(2~3 dB)している。

4 μΣ Network-10の開発

4.1 概要

μΣ Network-10は、図1の製造部門LANに位置付けられ、CIMの製造部門で重要になるE(電気制御)・I(計装制御)・C(計算機制御)システムの統合化を実現するための共通LANとして開発した。従来のμΣ Network(1 Mbps)⁵⁾の特長を継承し、さらに高機能化、高速化を実現した10 Mbpsのトークンバス方式のLANである。開発に当たってのねらいと主な特長は下記のとおりである。

(1) E・I・C統合化システムの構築

中・小規模から大規模なシステムまで、一貫した設計思想によるシステム構築を可能とする。

(2) トークンバス方式の採用

国際標準のトークンバス方式(IEEE802.4)を採用し、流通LSIの活用と、カスタムLSI技術などにより、低価格・小形で高速なLANを実現している。

表1 光モデムの仕様 32ポート受動スターカップラへの接続を前提とすると、光スターカップラ~光モデム間で最大500 mの伝送が可能である。

項目	仕様	備考
伝送速度	10 Mbps	—
符号化方式	マンチェスタ	—
最大ステーション数	32または16	スターカップラによる。
最大伝送路長	500 m(32×32スターカップラ使用時) 1,000 m(16×16スターカップラ使用時)	ステーション~スターカップラ間
送信レベル	-10~-15 dBm	ピーク値(独自仕様)
受信レベル	-28~-43 dBm	ピーク値(独自仕様)
コネクタ	FC形	独自仕様
送信波長	800~910 nm (半値幅60 nm)	—
符号誤り率	1×10 ⁻⁹ 以下	検出不能誤り

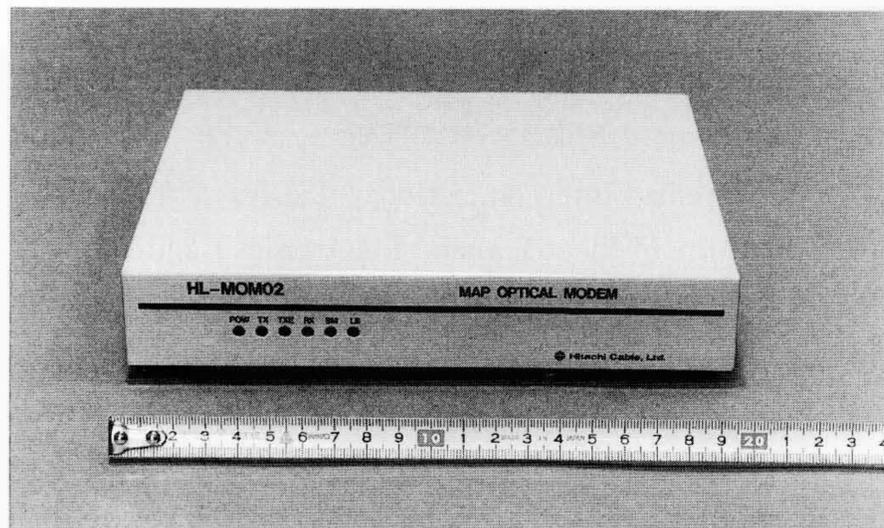


図4 光モデムの外観 伝送速度10 Mbps, 受信レベル-28~-43 dBmを実現するコンパクトな光モデムである。

(3) 既設システム、上位ソフトウェアの移行性

下位レイヤにはトークンバス方式を採用し、上位レイヤのネットワークOSには、従来から実績のあるオリジナルなμDPCS(μDistributed Process Control System)を採用して、ソフトウェアの移行性を保つ。

(4) 豊富な通信機能

従来のμΣ Network(1 Mbps)と同じパケット通信機能、機能コード通信機能およびリモートCPU制御機能に加え、応答性の良いサイクリック通信機能も実現している。

(5) 高信頼かつ柔軟なネットワークシステムの構築

パッシブなバス形伝送路構成により、接続装置の電源断時でも、残りの接続装置間でのデータ伝送が可能である。パッシブ形光スターカップラを用いることによって、光伝送と同軸伝送を併用できるシステム構築を可能にしている。RAS(Reliability, Availability, Serviceability)統計情報や、接続されるノードの構成状態管理機能(Live List管理)を持ち、二重化冗長構成をとることができる。

4.2 システム仕様とシステム構成例

CIMの製造部門LANとしての要求を踏まえて設定したシステム仕様を表2に示す。アクセス方式には、IEEE802.4準拠のトークンバス方式を採用し、キャリアバンド伝送方式により、10 Mbpsの伝送速度を実現した。通信機能としては、従来のμΣ Networkのパケット通信機能、自律分散システム⁶⁾を構築するためのブロードキャスト伝送の一種である機能コード通信機能、遠隔CPUに対しLAN経由でリセット・IPL(Initial Program Loading)・スタート・ストップなどを行うリモートCPU制御機能を持っている。加えて、応答性の良い周期伝送(最小周期8 ms)のサイクリック通信機能を実現している。

サイクリック通信機能は、各ノード間であらかじめ決められたサイクリックメモリエリアのデータを、他のノードに対し周期的に同報通信し、受信した他のノードは自分のサイ

表2 μΣ Network-10のシステム仕様 伝送速度10 Mbpsのトークンバス方式を採用し、従来のμΣ Network(1 Mbps)の通信機能に加えて、サイクリック通信機能も実現した。

項目	仕様
伝送方式	トークンバス方式(IEEE 802.4 準拠)
伝送速度	10 Mbps(キャリアバンド)
伝送路	同軸ケーブル($Z_0 = 75 \Omega$)または光ファイバ(GI-50/125)
伝送距離	最大総延長 8 km 1. 同軸ケーブル: 最大500 m/セグメント(ターミネータ間) 2. 光ファイバ (1) スターカップラ: 最大1 km/半径(16ポート時) (2) 光エクステンダ: 最大4 km
ノード台数	最大255台(最大32台/セグメント)
通信機能	<ul style="list-style-type: none"> ●パケット通信 ●機能コード通信 ●リモートCPU制御 ●サイクリック通信
ネットワークOS	μDPCS(オリジナル)
RAS	<ul style="list-style-type: none"> ●二重化構成(オプション) ●ネットワーク構成状態管理(Live List)
接続機器	HIDIC V90/5シリーズ他

注: 略語説明 GI(Graded Index)
μDPCS(μDistributed Process Control System)

クリックメモリを自動的に更新するものである。このサイクリック通信機能は、通信ソフトウェアの介在を不要にできるため高速応答を実現することができる。

ネットワークOSには、従来から実績のあるμDPCSを採用することによって、既存の上位ソフトウェアとのインタフェースの互換性を保ち、既存システムの移行、発展を容易にしている。

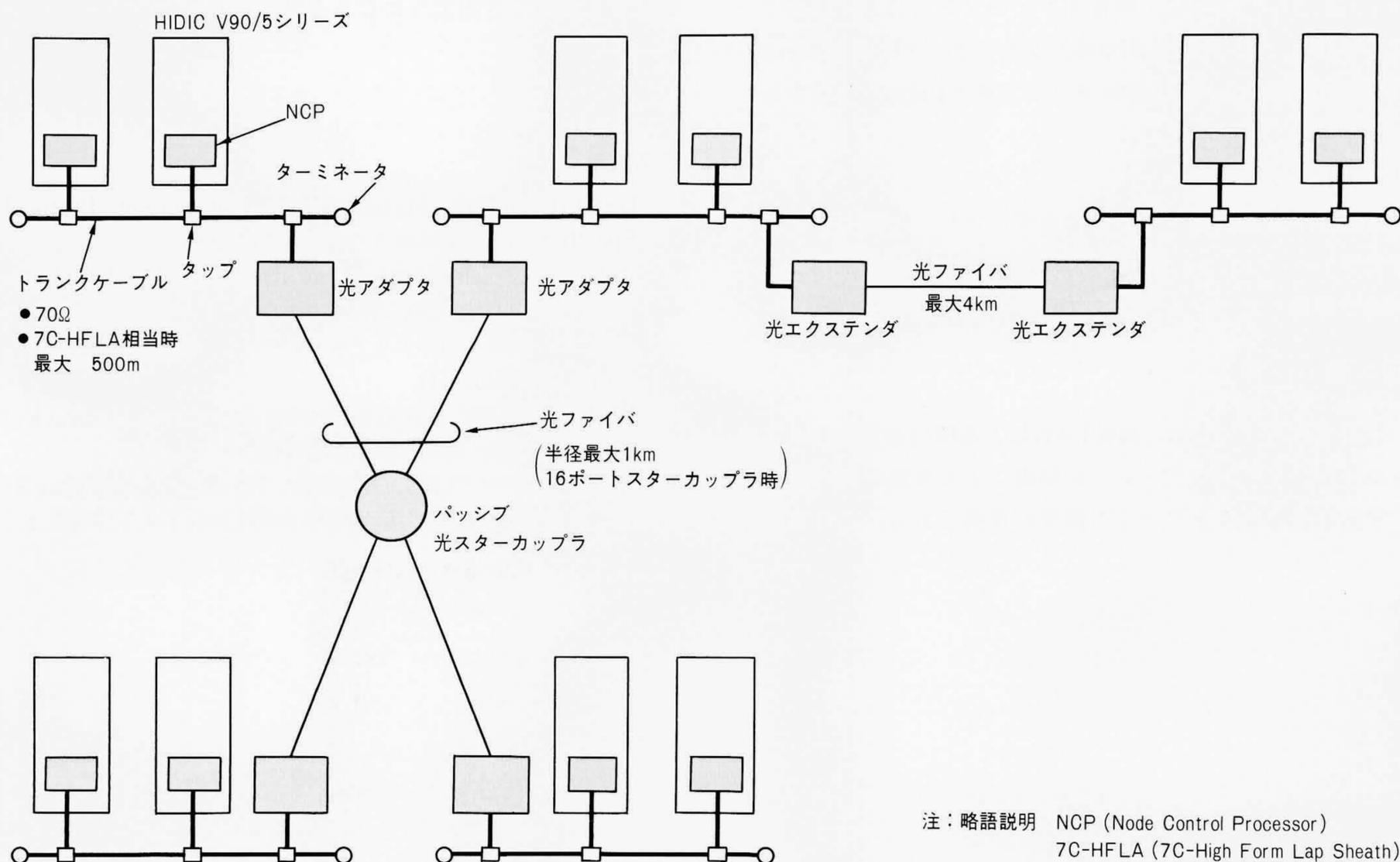
システム構成例を図5に示す。伝送路に、特性インピーダンス75Ωの同軸ケーブルを用い、7C-HFLA(High Form Lap Sheath)相当品で、セグメント長(ターミネータ間)最大500 mまで伝送できる。光ファイバにはGI(Graded Index)の50/125 μmを採用しており、同軸ケーブルと光ファイバを併用することによって、最大総延長8 kmまでのシステム構築を可能にしている。

4.3 構成

μΣ Network-10の主な構成部品は下記のとおりである。

(1) NCP(Node Control Processor)

NCPは、HIDICシリーズなどの計算機をLANに接続するための高性能な通信制御ボードである。計算機側接続インタフェースはIEEE796に準拠し、32ビットマイクロコンピュータをエンジンとして、高性能化を実現した。トークンバスコントロールLSIを採用し、CMOS(Complementary Metal Oxide



注: 略語説明 NCP (Node Control Processor)
7C-HFLA (7C-High Form Lap Sheath)

図5 μΣ Network-10のシステム構成例 同軸ケーブルと光ファイバを併用したシステム構築が可能である。

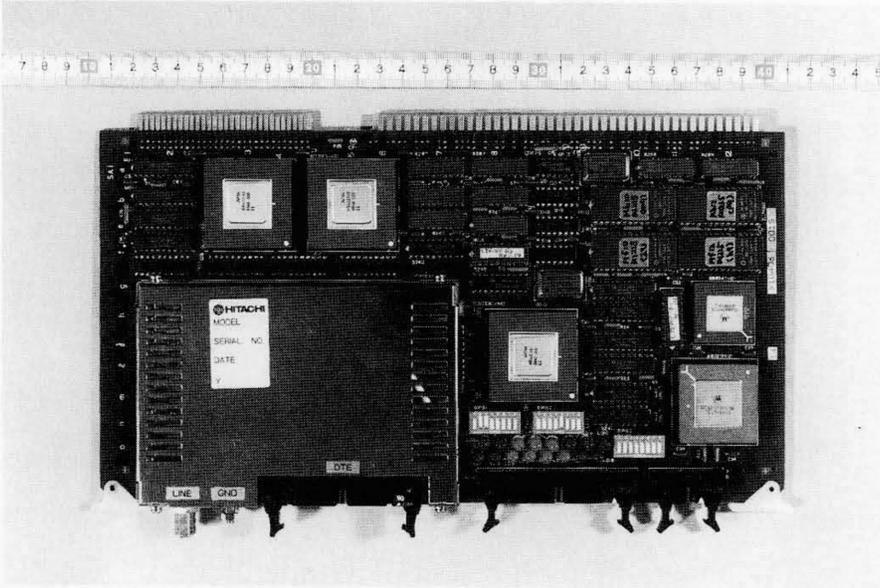


図6 NCPの外観 32ビットマイクロコンピュータを搭載し、カスタムLSI化によって高性能化、小形化を実現した。

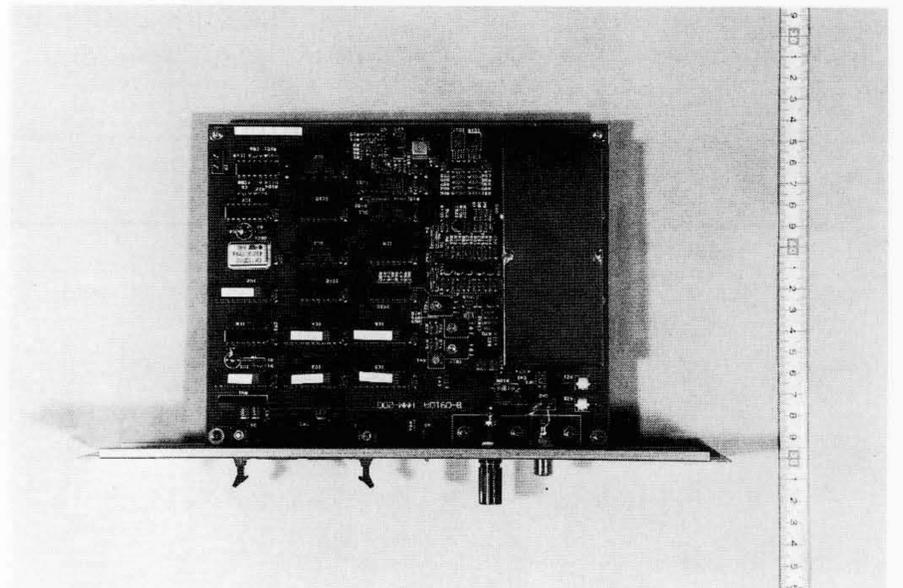


図7 キャリヤバンドモデム(別置形)の外観 IEEE802.4準拠のモデム~端末間インタフェースを持ち、伝送速度10 Mbpsのキャリヤバンドモデムである。

Semiconductor)カスタムLSI技術と、面付け実装技術によって低価格、小形化を実現している。NCPの外観を図6に示す。

(2) キャリヤバンドモデム

IEEE802.4準拠の位相同期FSK方式で、伝送速度は10 Mbpsである。IEEE802.4に規定されているモデム~端末間インタフェースを持つ別置形のキャリヤバンドモデムを図7に示す。

(3) ケーブリングシステム

トランクケーブルに、特性インピーダンス75Ωの同軸ケーブルを用い、7C-HFLA相当時、ターミネータ間最大500 m、接続装置数最大32台(2分岐タップで最大16台)を接続することができる。

(4) 光化コンポーネント

パッシブな光スターカップラを中心とし、同軸セグメントを光ファイバでスター状に接続構成するための光アダプタと、対向で距離を延長する光エクステンダを開発した。

5 結 言

CIMを実現するには、基幹LANによる構内各種サブシステムの統合化と、高速デジタル回線による事業所間のマルチメディア統合ネットワークの構築が重要である。これらのネ

ットワークには、多種多様な情報機器の接続が要求されるので、OSI、ISDN、MAPなどに対する取り組みが必須(す)である。今回、EIC統合を実現するために開発した $\mu\Sigma$ Network-10は、10 Mbpsの国際標準トークンバス方式を採用した構内ネットワークである。

今後、高速LAN、広帯域ISDN、高速デジタル回線の普及により、通信ネットワークのデジタル化、高速化が進み、構内ネットワークの高速性が、広域ネットワークを経由した場合にも実現できるようになると考えられる。

参考文献

- 1) General Motors: Manufacturing Automation Protocol Specification, version 3.0, Aug. 1, 1988
- 2) 津田, 外: ネットワークシステムの動向と日立製作所の対応, 日立評論, 69, 9, 781~787(昭62-9)
- 3) 寺田, 外: 光ローカルエリアネットワーク, 日立評論, 69, 11, 1004~1010(昭62-11)
- 4) IEEE: IEEE 802.4 Token-Passing Bus Access Method and Physical Layer Specifications(1985)
- 5) 寺田, 外: フロアLAN, 日立評論, 70, 9, 936~940(昭63-9)
- 6) 森: 自律分散概念の提案, 電気学会論文誌C, 104, 12(昭59-12)