

LANの現状と将来展望

阪田史郎 *1

黒田憲一 *2

浦野義頼 *3

*1 日本電気㈱ C & Cシステム研究所

*2 日本電信電話㈱ 交換システム研究所

*3 国際電信電話㈱ 上福岡研究所

LANは、オフィスや生産現場における単なる高速伝送用のインフラストラクチャの段階を経て、情報処理や企業活動と結合した一機能要素として本格的利用へと移行しつつある。本稿では、LANの現状を構成技術、応用技術、標準化の3つの視点から分析し、技術課題を抽出するとともに今後の動向について展望する。

Local Area Network Technologies

— State-of-the-Art and Perspectives —

Shiro SAKATA*1 Ken-ichi KURODA*2 and Yoshiyori URANO*3

*1 C&C Systems Research Laboratories, NEC Corporation

4-1-1 Miyazaki, Miyamae-ku, Kawasaki, Kanagawa Pref., 213

*2 NTT Communication Switching Laboratories

9-11 Midori-cho, 3-chome, Musashino, Tokyo, 180

*3 KDD Kamifukuoka R&D Laboratories

1-15 Ohara, 2-chome, Kamifukuoka, Saitama Pref., 356

Local area networks have been emerging as essential information communication facilities in distributed office and manufacturing environments. This article surveys the overall latest technologies and related issues concerning local area networks. Observations and future investigation items are stated and discussed from the technical aspects of architecture, application and standardization.

1. はじめに

最近、企業や大学、研究機関などでLAN (Local Area Network)の導入が進んでいるが、マルチメディアと分散処理研究会では、このようなLANの実体を把握し今後の動向を探るべく、本特集を企画した。

LANはファッションから脱却して実用期に移行しており、今後さらに大なる飛躍が期待されている。現在、ユーザの目的に応じて、各種(伝送速度、媒体、トポロジー、プロトコル)のLANが選択・導入されてきているが、特に以下の傾向が顕著である。

- ①広域化：組織全体における業務の効率化を狙うことから、一事業所に留まらずネットワークが拡大する。
- ②マルチメディア化：情報の共用がさらに統合的に拍車をかけ、従来別々に使用されてきたデータ・画像などの情報を有機的に結合するマルチメディア通信化が進む。
- ③高機能化(知能化)：単に情報の転送手段を与えるだけでなく、高度な通信処理機能、情報処理機能で実現されるアプリケーションサービスの提供が行われる。

本稿では、このように著しい進展を遂げているLANについて、構成技術、応用技術そして標準化の観点から、技術動向・課題を展望し、本特集の位置づけを試みた。

2. 構成技術

当初構内における業務効率化のために導入されたLANも、本格的な利用期を迎えつつある。LAN発展の動向は、2つの面から捉えることができる。即ち、①同一フロアに止まらず、大型ビル全体、更には企業全体の業務処理ネットワークとしての成長(広域化)と、②従来通信メディアとしてのホストコンピュータと端末間のデータ通信を主対象としてきたが、データ・音声・画像等の異なるメディアを効率良く転送し、取り扱える業務種別の拡大(マルチメディア化)の2面である。

本節では、上記2面の発展を支えるLAN構成技術、

①ネットワーク構成技術、②大容量・高速化技術、③メディア統合技術、④相互接続技術についての課題を述べる。

2.1 ネットワーク構成技術

LANはプロトコル体系を自由に構成できることに主眼を置いて発達してきたため、媒体・速度・トポロジー・アクセス方式・プロトコル等、適用領域に応じて各社各様のものが販売・導入されている。これらの属性の異なるLANを相互接続するのに、端末を直接収容する支線LANと、支線LANを収容する幹線LANとの2階層で構成することが試みられている。幹線LANには、複数の支線LAN、時にはデジタルPBX等が接続される場合もあり、大容量・高速・かつ直径数10kmと支線LANに比べて広域化する(図2-1)。階層化したLANシステムでは、信頼性の確保が重要であり、性能・障害・統計等の網管理が課題である。

2.2 大容量化・高速化技術

幹線LANとして、また、メディア統合を効率良く実現するためには、リンクの大容量化・高速化が前提となる。従来の同軸ケーブルを基本としたシステムでは、リンクの速度は数十Mb/sであったが、光伝送技術の進歩とあいまって、現在ではGb/s程度の光LANが検討されている(1)。高速光LANを実現するには、①大容量のリンクを効率良く使用するための通信方式、②ノードの小型化・経済化のための光部品のIC化、③光ケーブルの欠点を補い、構内配線を容易とする方式の確立が課題である。

2.3 メディア統合技術

従来は各メディア毎に、それぞれに合った交換方式(音声：回線交換、データ：パケット交換)を持つLANが採用されていた。データ・音声・画像通信には、要求される通信品質(遅延、情報の廃棄率)が異なり、同一のリンクを用いてこの差異を吸収するメディア統合技術

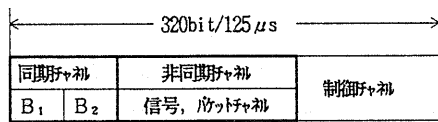
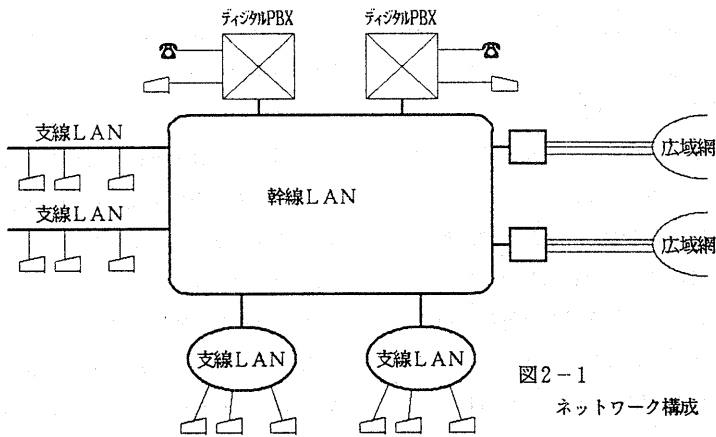


図2-2 IVD LAN フレーム構成案

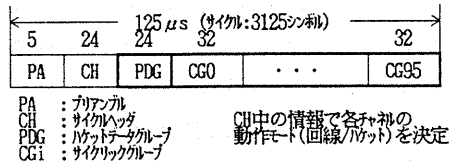


図2-3 FDDI-II フレーム構成案

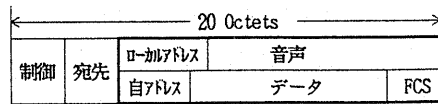
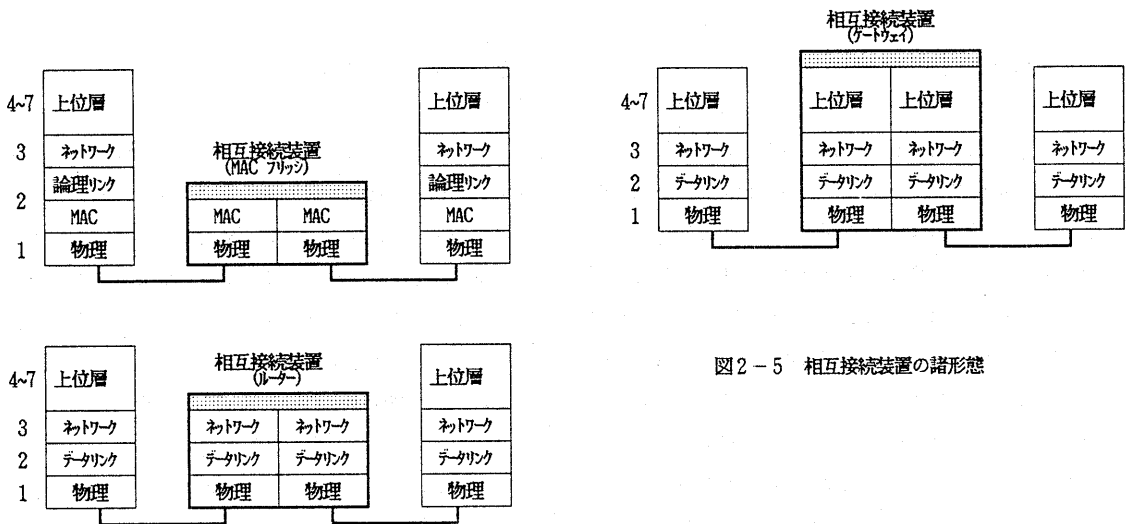


図2-4 Slotted Ring方式のフレーム構成例



が必要になってきた。この統合技術を回線/パケット両交換方式の統合深度によって分類すると、①物理的リンクは共用するが、論理的リンクは両交換方式独立とするハイブリッド方式、②全てをパケット交換タイプの交換方式で行う統合方式の2種類がある。

ハイブリッド方式には、従来型の周波数分割(FDM)・時分割(TDM)・波長多重(WDM)方式をベースとして既に実用に供されているLANもあるが、現在IEEE 802委員会で、IVD LAN(Integrated Voice and Data LAN)とFDDI(Fiber Distributed Data Interface)-IIが検討されている(図2-2,図2-3)。これらについては、サービス・プロトコルとともに、チャネル構造、回線交換部とパケット交換部の境界を可変とする動的な論理リンクの割り当て法が課題である。

音声通信については、従来からCSMA/CD等のパケットタイプLANでの試みが数多く行われており(2)、一部製品も提供されている。さらにメディアを統合化するために、パケット交換方式を基本とし、パケット長を短くし、ノードでの処理遅延およびそのばらつきを小さくして、回線交換の特徴である等時性(同期)転送をも実行的に可能とするSlotted Ring方式が検討されている(図2-4)(3)。それぞれのメディアにどの程度の品質が要求されるかという品質評価と、異なる要求品質の通信に対して所定の品質を提供する技術が本方式の課題である。

2.4 相互接続技術

LANの相互接続に際しては、標準化とともに、プロトコル変換機能の検討が必要である(図2-5)。LAN間では、データ転送効率の点でMAC(メディアアクセス制御)レイヤのみの変換で相互接続を実現するMACブリッジが標準化されつつある。さらに広域化が進んだ場合、広域公衆網を介した接続が必要となる。LAN内におけるレイヤ3プロトコルが一般にコネクションレス型であるのに対し、現在の広域公衆網におけるレイヤ3プロトコルは、コネクション型である。したがって、広域公衆網との接続を実現するルーター/ゲートウェイ(レ

イヤ3以下の変換機能)では、効率良いプロトコル変換方式が課題である。

また、通信のマルチメディア化に対応して広域網でもATM(Asynchronous Transfer Mode)方式が検討されており、従来の低速の広域網によるLAN間接続を前提として考えられていた通信サービスから、飛躍的に利便性が向上する地域と時間のギャップを克服したサービスが実現できる可能性がある。このため、広域網と整合のとれたプロトコルの標準化とともに、超高速・高スループットのルーター/ゲートウェイの実現が望まれる。

3. 応用技術

LANは、単なる高速な伝送媒体(インフラストラクチャ)としての段階を経て、各種応用システム、とりわけ情報処理や企業活動と結合しコンピュータ群と一体となったシステム上で動作する機能要素として、本格的実用へと移行しつつある。

LANの応用分野としては、オフィス(OA)、工場あるいは生産現場(FA)、ソフトウェア開発(広くCAD/CAMや画像処理等を含む)に大きく分類できる。それぞれの分野において、LANに接続されるコンピュータ、WSおよびそのソフトウェアと組合せることにより、表3-1に示すような機能が実現され、利用されている。

3.1 OAにおける利用

オフィスにおけるLANの導入は、Ethernet上のStarシステム(Xerox社)に代表されるテキスト(文字)ベースの電子メール、ファイリング機能の提供に端を発する。その後、図形やイメージの情報あるいは文字とこれらを混在させたマルチメディア・ドキュメント(文書)の通信ファシリティとして認識されるようになり、特に、光ディスクを格納媒体とするイメージファイリングシステム、マルチメディア文書の高精度印刷・出版システム(デスクトップからネットワーク形態へ)がLANの応用として、近年活発に研究開発が行われている。また一方

では、パソコン用LANによる小規模オフィスに適合した経済的な構成によるシステムも盛んに導入され、多くはソフトウェア開発と共用する形で簡易な電子メール、掲示板(BBS)として利用されている。

マルチメディア文書の作成、編集WSが十分に利用可能になっていない現状では、LANを介したオフィスシステムの利用例は未だ少ないが、機能統合(一台のWSから文書の作成、編集、保存、検索、配布等が利用可能)、メディア統合を実現する統合オフィスシステムが実用に供する時点では、LANの高速通信機能の果たす役割は今以上に大きくなると思われる。さらに、音声や動画を含む在席会議システムのようなリアルタイム通信の応用に対するニーズも高まっており、PBXと結合した形態のIVD LANの開発が望まれる。

3.2 FAにおける利用

工場においては、70年代より、LANの前身とも呼ぶデータハイウェイの名で高速な制御用ネットワークが利用されている。その後、コンピュータを用いて工程(プロセス)制御から工程管理、生産管理までを一貫して支援するCIM(Computer Integrated Manufacturing)化への気運や、FA用プロトコルMAP(Manufacturing Automation Protocol)の検討が契機となり、情報処理と結びついたLANの利用が重要な位置を占めるようになっていく。さらに、各種ロボットの出現や制御機器のインテリジェント化に伴い、処理の形態も従来のホスト集中型から分散型へと移行している。また、生産部門から事務部門に至る工場全体の効率化を目指したシステムも開発され始めており、今後FA用LANとOA用LANとの相互接続、TOP(Technical Office Protocol)等が重要な技術課題になる。

3.3 ソフトウェア開発における利用

UNIXをコンピュータやWSのOS、Ethernetを主な対象LANとしてTCP/IPをベースとする各種のネットワークツール(ソフトウェア)が開発されている。多くのツールは、特にLANに限定せずWANを含めた

一般の分散処理システムを対象として提供されているものである。

(1) 資源共有

ファイル、プリンタ、プログラムさらにユーザ名を含む各種資源のネームなどをネットワーク上で共有し(おのおのサーバと呼ぶ)、遠隔アクセス、遠隔ログイン、遠隔コマンド実行を可能にする機能であり、ファイル転送と共にLANの最も基本的な利用機能である。

(2) ファイル転送

データの固まりをバッチ的に転送する機能であり、電子メール、電子ニュース等のメッセージ交換としての使い方からプログラムファイル、データファイルの転送などがある。

(3) 分散ファイルシステム、分散OS

分散ファイルシステムは、遠隔ファイルと局所ファイルの区別を意識せずに利用できる環境を提供する。UNIX OS上で実現した代表例としてNFS(Network File System)とRFS(Remote File Sharing)がある。

分散OSは、ネットワーク構成(資源の物理的位置)をユーザに意識させない仮想化の概念をOSに拡張したものであり、米国の大学を中心に研究開発が活発化している。自システムの資源へのアクセス速度と遠隔システムの資源へのアクセス速度との差を実用上許容できる範囲にし、さらにネットワーク全体の負荷を動的に管理するための高速プロセス間通信が必須であり、LANの役割がより大きなものとなる。

(4) ネットワークウィンドウシステム

グラフィック処理をはじめ複数の処理対象をWS(ビットマップディスプレイ)上で同時に扱うためのユーザインタフェースとして、ウィンドウシステムは必須のツールになっている。さらに、近年分散処理環境下での利用(複数人による共同開発など)への要請が高まり、LANで結合された遠隔のWS上のウィンドウを操作するネットワークウィンドウシステム(例えば、X-window)の開発が活発になっている。

ソフトウェア開発のためのこれらのツールは、マルチメディア文書処理のようなOAへの応用とも共通点が多く、UNIXのビジネス分野での問題点(日本語、多様

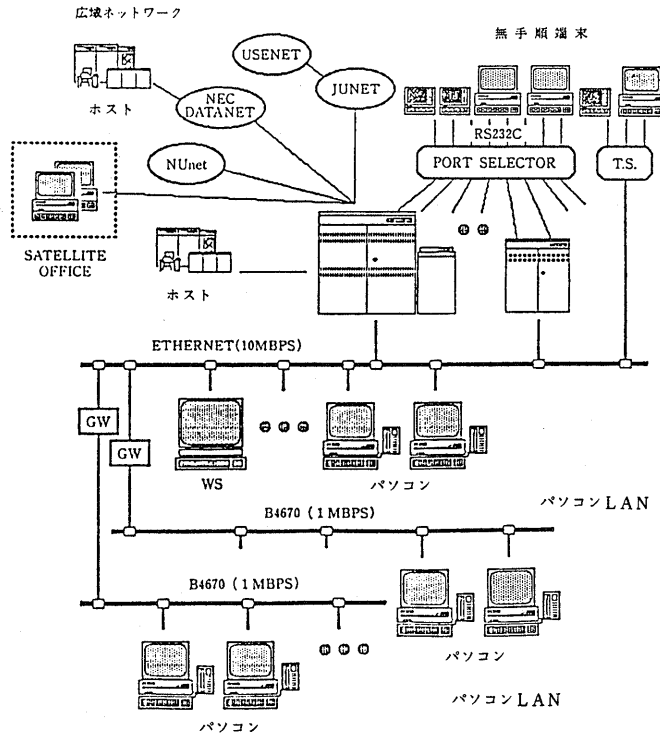


図3-1 ソフトウェア開発用のネットワーク例

表3-1 LANの応用技術

応用分野	技術	要 請
O A	<ul style="list-style-type: none"> マルチメディア文書の通信 電子メール、電子掲示板 ファイリング・検索 高精度印刷・出版 リアルタイム通信を含むアプリケーション 在席会議 	<ul style="list-style-type: none"> 機能統合、メディア統合 高ユーザインタフェース化 センタの文書ファイルと部門/パーソナル文書ファイル群との階層分散管理 イメージ通信の高速化 文書通信とリアルタイム通信(音声、動画)の融合
F A	<ul style="list-style-type: none"> 工程制御・管理レベル 各種ロボット、センサ、機器の制御 作業指示情報の伝達・管理 生産管理レベル ネットワークを用いた在庫管理・調達管理 	<ul style="list-style-type: none"> 高速伝送・リアルタイム制御 集中処理 → 分散処理 → 統合(CIM)化、OAとの連動 国際標準への準拠(MAP/TOPなど) メッセージフォーマットの統一 ネットワーク管理機能(信頼性・運用保守性)
ソフトウェア開発	<ul style="list-style-type: none"> 資源共有・ファイル転送 ファイルサーバ、プリントサーバ 遠隔アクセス、ログイン、コマンド実行 メッセージ交換、プログラムダウンロード 分散ファイルシステム・分散OS ネットワークウィンドウシステム 	<ul style="list-style-type: none"> 資源の共有・ファイル転送からネットワークの仮想化(ファイル、OS)、 密結合高速プロセス間通信、高ユーザインタフェース化へ

な入出力制御，リアルタイム処理，セキュリティ等）が改善された時点では，その適用分野が急速に広まるものと思われる。

4. 標準化

4.1 LANの標準化動向

LANの相互接続や広域網との接続による機能拡大やサービス広域化を図るため，LANの標準化動向が注目される。

現在，IEEE 802標準化委員会，ISOなどを中心にLANの標準化活動が展開されている。このうち，IEEE 802委員会では，CSMA/CD，Token Bus，Token Ringの各方式およびLLC（論理リンク制御）などに関するIEEE標準が成立している。ISO TC97/SC6は主として物理層とデータリンク層に関する検討を，ISO TC97/SC13は米国が提案するFDDIとLDDI（Local Distributed Data Interface）を審議している。一方，このような下位層の標準化に加え，GM社，BCS社などが中心となり，FA用のLAN機能標準MAPや技術オフィス用のLAN機能標準TOPの標準化作業も進められている。

4.2 LANの標準概要

LANの標準（規格）とOSI基本参照モデルを図4-1に示す。通常，LANのLLC副層とMAC副層はOSI参照モデルのデータリンク層に対応すると考えられているが，LANのアドレッシング機能やルーティング機能について議論があり，下位4層との対応について見直しが必要とする意見もある。以下では，（従来の対応関係からみた）各層の標準概要を述べる。

（1）物理層とデータリンク層の標準

表4-1にIEEE 802.3（CSMA/CD方式），表4-2にIEEE802.4（Token Bus方式）の標準の概要を示す。表4-3にはIEEE 802.5などで審議されているToken Ring型LANの標準を示す。MAN関連（IEEE 802.6）では，ファイバケーブルおよび同軸ケーブルを用いたスロッテ

ドリングLANの検討が行われている（表4-4）。さらに，IEEE 802.9では音声を含めた統合型LAN（IVD LAN）が検討されており，ISDNインタフェースと類似の2B（64Kb/s *2）+D（16Kb/s or 64Kb/s）+P（広帯域パケット1Mb/s以上）の検討も開始されている。データリンク制御手順に相当するLLCは各MACに共通で，三つのタイプが定義されている。タイプ1はコネクション型，タイプ2がHDLC手順と同等のコネクション型，そして，タイプ3は送達確認を行うが呼設定のないコネクションレス型である。

（2）ネットワーク層とトランスポート層の標準

LANのネットワーク層では処理負荷の少ないコネクションレス型ネットワークプロトコルが採用されることが多く，ISOでCLNP（Connectionless Network Protocol）が標準化されており，DODでは（Internet Protocol）が採用されている。さらに，トランスポート層では，コネクション型としてプロトコルクラス4（IS 8073），コネクションレス型として，ISOのDIS8602などが標準化されている。なお，DODではそれぞれTCP（Transmission Control Protocol），UDP（User Datagram Protocol）が採用されている。

（3）上位層の標準

上位層の標準としては，前述したFA用LAN機能標準MAPと技術オフィス用LAN機能標準TOPがよく知られている。

5. おわりに

以上で最近のLANの技術動向を概観してきたが，今後さらに広域化，マルチメディア化，高機能化の傾向を強め，進展していくであろう。

本特集では，LANの利用動向と技術動向を中心に論文募集を行い，下記の発表が行われる予定である。本稿がその参考になれば幸いである。

最後に，本特集の企画に御協力頂いた発表者各位に深謝致します。

発表論文

第36回 マルチメディア通信と分散処理研究会
特集：「LAN」（1988.2.19）

- (1) 阪田, 黒田, 浦野「LANの現状と将来展望」
- (2) 野口, 只木, 坂田, 根本「東北大学キャンパスネットワークTAINsの基本構想」
- (3) 池田「東大工学部におけるTCP/IP・LANの構想」
- (4) 小池, 神保「三菱電機・伊丹地区事業部におけるLAN導入事例」
- (5) 妹尾, 坂, 西門, 覚, 加藤「企業内通信網におけるLANと広域網接続の実現方式」
- (6) 草野「パソコンLAN」
- (7) 村井「LANにおける仮名漢字変換辞書等のファイル共有とその問題点」
- (8) 佐藤, 橘「高速LANを利用したマルチメディア通信」
- (9) 森, 林, 坂梨「メディア統合型オフィスシステムの一考察」
- (10) 岸本, 杉田「多重分岐バス伝送を可能とする相関受信法の実験的検討」

参考文献

- [1] 下平他：次世代LANシステムの開発動向，センサ技術，Vol.7, No.6, pp.37-43 (1987)。
- [2] 田中：ローカル・ネットワークにおける音声パケット通信の可能性を探る，日経エレクトロニクス，No. 289, pp.129-145 (1982)。
- [3] R.M.Falconer et al. : Owell: A Protocol for an Integrated Services Local Networks, BT Technology Journal, Vol.3, No.3 (Oct. 1985)。
- [4] 村井：UNIXのネットワーク機能，情報処理，Vol. 27, No.12, pp.1383-1392 (1986)。
- [5] 飯作：LANの標準化動向，国際通信の研究，No. 134 (Oct. 1987)。

表4-1 IEEE 802.3 (CSMA/CD方式) 標準の概要

規格	IEEE802.3 CSMA/CD			
	1BASE5* (StarLAN)	10BASE5 (Ethernet)	10BASE2 (Cheapernet)	10BROAD36
略称	1BASE5* (StarLAN)	10BASE5 (Ethernet)	10BASE2 (Cheapernet)	10BROAD36
伝送速度	10Mbit/s	10Mbit/s	10Mbit/s	10Mbit/s
符号化方式	マンチェスタ符号	マンチェスタ符号	マンチェスタ符号	マンチェスタ符号
アクセス方式	CSMA/CD	CSMA/CD	CSMA/CD	CSMA/CD
ネットワーク形状	スター型バス	バス型	バス型	バス型
伝送媒体	より対線(シールドなし)	同軸ケーブル(50Ω)	同軸ケーブル(50Ω)	同軸ケーブル(75Ω)
距離	500m/セグメント	500m/セグメント	200m/セグメント	3,600m/セグメント
伝送方式	ベースバンド	ベースバンド	ベースバンド	ブロードバンド
変調方式	ベースバンド	ベースバンド	ベースバンド	NRZ/PSK

* nBASEm: 幹線上の伝送速度がnMbit/sで, 1本の幹線長がm百メートルのベースバンドLANをいう。

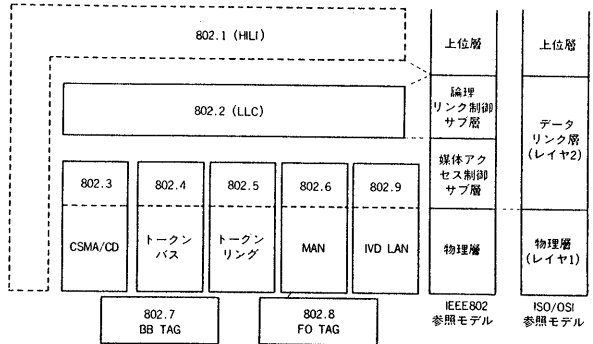


図4-1 IEEE 802規格と参照モデルの対応

表4-2 IEEE 802.4 (Token Bus 方式) 標準の概要

規格	IEEE802.4 トークンバス		
	1 Mbit/s	1.5Mbit/s	1/5/10Mbit/s
伝送速度	1 Mbit/s	1.5Mbit/s	1/5/10Mbit/s
符号化方式	差動マンチェスタ符号	直接符号化	多値デュオバイナリ符号化
アクセス方式	トークンパッシング	トークンパッシング	トークンパッシング
ネットワーク形状	バス型	バス型	バス型
伝送媒体	CATV用同軸ケーブル(75Ω)	CATV用同軸ケーブル(75Ω)	CATV用同軸ケーブル(75Ω)
最大距離	約1 km	約1 km	約10km
変調方式	キャリアバンド	キャリアバンド	ブロードバンド
	位相連続FSK	位相同期FSK	AM/PSK

表4-3 IEEE 802.5 (Token Ring方式) 標準

規格	IEEE802.5		FDDI-I方式	FDDI-II方式
	1 Mbit/s	4 Mbit/s	100Mbit/s	100Mbit/s
伝送速度	1 Mbit/s	4 Mbit/s	100Mbit/s	100Mbit/s
符号化方式	差動マンチェスタ符号		4B5B+NRZI符号	4B5B+NRZI符号
アクセス方式	トークンパッシング(シングルトークン)		トークンパッシング(マルチトークン)	時分割多重+トークンパッシング
ネットワーク形状	リング型		リング型(2重)	リング型(2重)
伝送媒体	電話より対線	シールド付より対線	光ファイバケーブル	光ファイバケーブル
伝送方式	ベースバンド		ベースバンド	ベースバンド
ネットワーク規模	距離	ノード間120m	ノード間200m	ノード間2 km
	ノード数	72	260	1,000程度
標準化状況	IEEE802.5標準 ISO8802/3標準		ANSI X3T9.5で標準案作成 ISO/TC97/SC13検討中	ANSI X3T9.5で検討中

表4-4 スロットドリングLANの標準

規格	スロットドリング方式	
伝送速度	44.736Mbit/s	11.184Mbit/s
符号化方式	バイフェーズマーク符号	
アクセス方式	スロットドリング	
ネットワーク形状	リング(2重)	リング型
伝送媒体	光ファイバケーブル	同軸ケーブル
伝送方式	ベースバンド	
ネットワーク規模	50km	2 km
標準化状況	ISO DIS8802/7	