

LANの動向と日立トークンリングネットワーク

Activities of LANs and Token Passing Ring Network

LANは、同一ビル内や同一敷地内などにあるコンピュータ、端末装置及びOA機器などの通信装置を、共用の高速伝送路を介して接続する通信ネットワークである。特に、異機種間の相互接続が要求されるLANについては、IEEE802委員会を中心に標準化作業を行っている。国際標準LANでは、従来の通信回線では実現できなかった通信装置間の高速データ伝送(4Mbps, 10Mbpsほか)を可能としている。日立製作所は従来の光ループ形LAN(Σ ネットワーク, H-8644ループネットワーク)に加えて、国際標準に準拠したLANについても対応を進めている。この国際標準LANには3種類の方式があり、それぞれ特徴を生かした適用分野がある。ここではトークンリングネットワークについて述べる。トークンリングネットワークでは、通信装置をLANに接続するために標準配線システム(国際標準仕様に基づいた情報コンセント)を用いる。これにより通信装置の増設や移設は、ネットワークの動作中にも他の通信装置に影響を与えることなく容易に行うことができる。また、ネットワークの信頼性を高めるために、自動的に伝送路再構成を行うLAN接続装置を用いる。このLAN接続装置により伝送路に障害が発生した場合でも、リング伝送路上の通信路を保障する。

日立製作所のネットワークは、異機種間の相互接続が可能な開放形システムの実現を目指している。このためにLAN(レイヤ2以下)だけでなく、上位レイヤについてもOSIに準拠した製品群を開発中である。

松村久司* *Hisashi Matsumura*
 宇賀神 敦* *Atsushi Ugajin*
 原川竹氏* *Takeshi Harakawa*
 山本征一郎* *Seiichirō Yamamoto*
 中屋敷 進** *Susumu Nakayashiki*

1 緒 言

LAN(Local Area Network)は同一ビル内や同一敷地内などにあるコンピュータ、端末装置及びOA(Office Automation)機器などの通信装置を、共用の高速伝送路を介して接続する通信ネットワークである。

従来のLAN導入の効果は、煩雑な配線の集約、整理が主であった(図1参照)。これに対してLANに対するユーザーニーズは、下記に示すように大きい。このニーズを満たすために、IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers: 米国電気電子学会)では3種類のLANの標準化を進めている。

- (1) 構内回線の集約・整理が可能
- (2) 高速データ伝送が可能
- (3) 異機種間の相互接続が容易
- (4) 端末装置などの増設や移設が容易

- (5) 設備(伝送路、プリンタなど)の共用が可能
- (6) 端末間通信が可能
- (7) 負荷分散が可能

2 IEEEのLAN標準化

IEEEでは、1979年8月に802委員会を設立した。まず、CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)方式の検討を進めた。CSMA/CD方式は、無線を用いるAlohaネットワーク^{*1)}のブロードキャスト方式を、バス(1本の全二重伝送路)に適用したものである。その後トークン^{*2)}リング方式、更にトークンバス方式の標準化も提案され、これら3種類のLANプロトコルの標準化が進められてきた。現在の802委員会は、802.1~802.6及び802.9のWG(Working Group)と二つのTAG(Technical Advisory

*1) Alohaネットワーク: ハワイ大学が無線を用いて開発したコンピュータネットワークの名称である。

*2) トークン方式: トークンとは送信権を付与するための特殊パターンである。トークン方式はポーリングシーケンスをエンハンスした方式であり、効率の良い伝送が可能である。

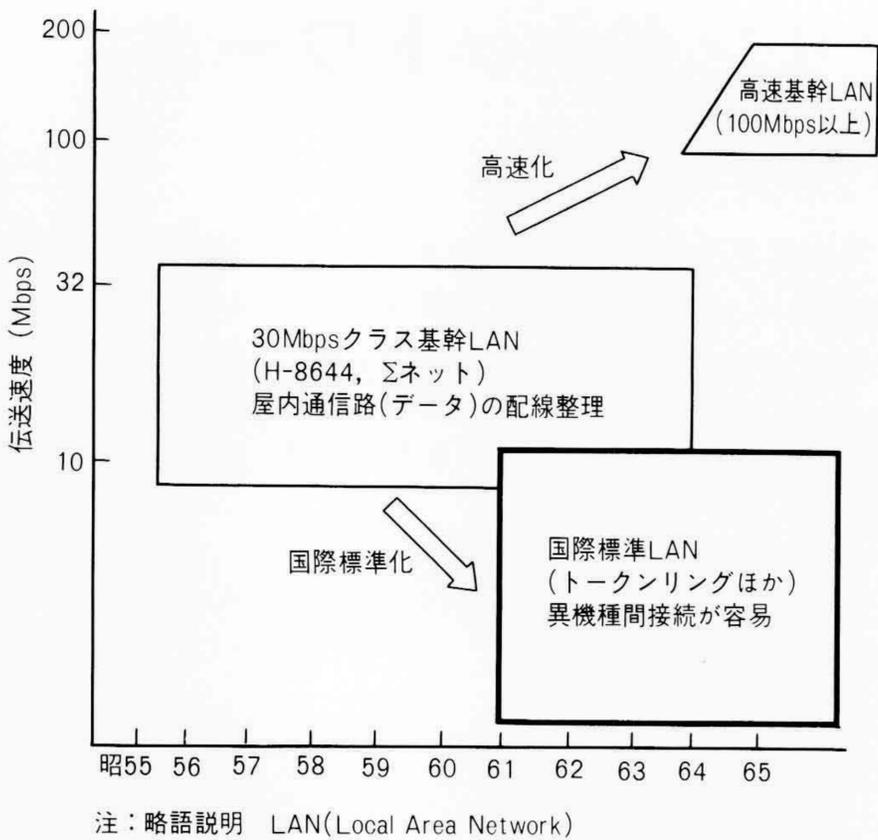


図1 日立LANの動向 LANに期待される役割は、当初は屋内通信路の配線整理が主であった。現在では異機種間接続のニーズが高い。

Group)とに分かれて標準化作業を行っている³⁾(図2、表1参照)。IEEEでの標準化結果は、米国の標準化組織であるANSI (American National Standards Institute: 米国国家規格協会)を通してISO(International Organization for Standardization: 国際標準化機構)へ提出される。これを受けてISOでも同一上記3種のLANプロトコルの標準化を完了している。

日立製作所を含めた国内の幾つかのメーカーは、国際標準化に貢献するためIEEE802委員会へ積極的に参加し提案活動を行っている。

以下、3種類のLANプロトコルの特徴と概要について述べる。

表1 IEEE802委員会の担務 IEEE802委員会は、802.1~802.9のWG/TAGで構成される。

WG/TAG	担務
802.1	1. 802アーキテクチャ 2. LAN間接続, LAN-WAN接続 3. ネットワーク管理のモデルとプロトコル 4. 802用語
802.2 (LLC)	Logical Link Control(論理リンク制御)
802.3 (CSMA/CD)	1. 10BASE 5 (10Mbps, ベースバンド, 500m) 2. 10BASE 2 (10Mbps, ベースバンド, 200m) 3. 1BASE 5 (1Mbps, ベースバンド, 500m) 4. 光ファイバ化 5. ブロードバンド 6. コンフォーマンステスト
802.4 (トークンバス)	1. Phase Continuous FSK (1Mbps) 2. Phase Coherent FSK (5, 10Mbps) 3. ブロードバンド (1, 5, 10Mbps) 4. 光ファイバ化
802.5 (トークンリング)	1. 一重リング(より対線, 4Mbps) 2. SMT(ステーション管理) 3. 二重リング構成制御 4. 光ファイバ化 5. 16Mbps 6. コンフォーマンステスト 7. LAN間接続(ブリッジ)
802.6	MAN
802.7	ブロードバンド
802.8	光ファイバ (1)光リピータ (2)ファイバ化
802.9	IVD LAN

注: 略語説明 WG(Working Group)
TAG(Technical Advisory Group)

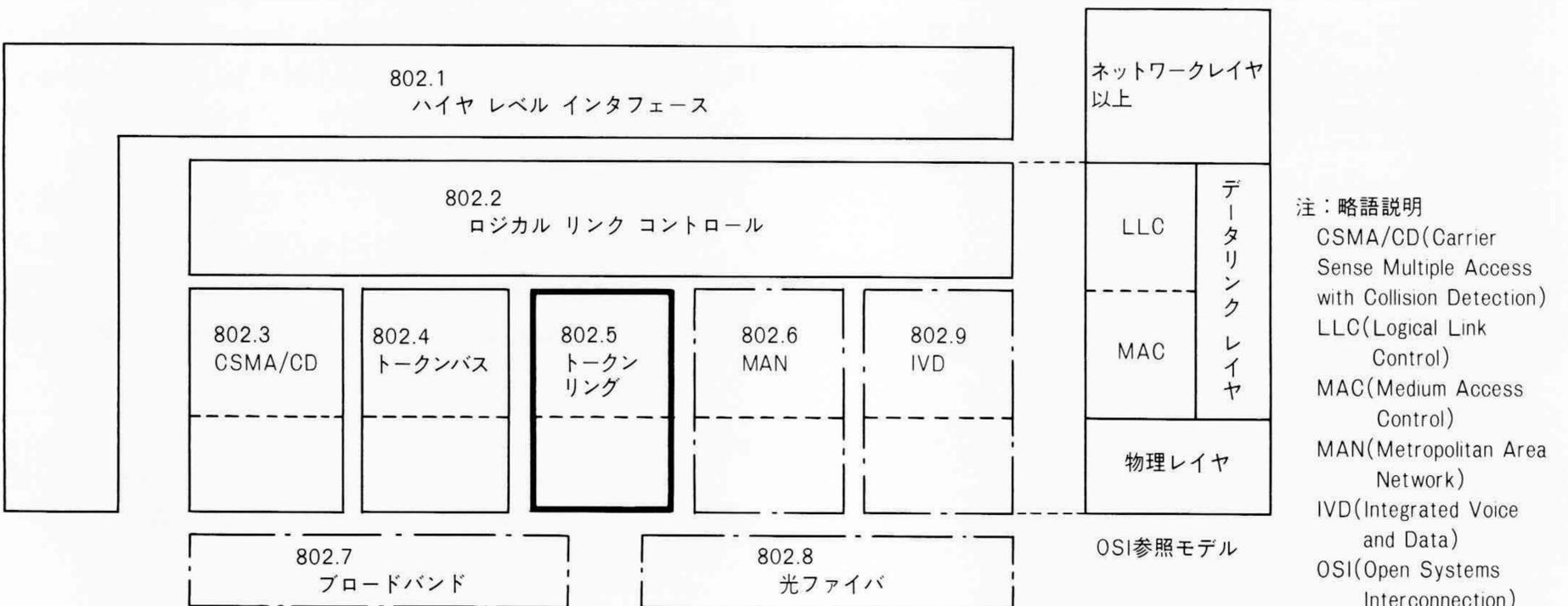


図2 IEEE802委員会の構成 IEEE802委員会は、802.1~802.6及び802.9のWG(Working Group)と二つのTAG(Technical Advisory Group)とで構成されている。

2.1 CSMA/CD

CSMA/CDを用いてデータを送信しようとする通信装置は、まず伝送路が空き状態であるかどうかを確認する。伝送路が空き状態であると当該通信装置は、パケットデータ(あて先通信装置のアドレス、送信元通信装置のアドレスを含む電文)を伝送路上に送出する。パケットデータはすべての通信装置が受信可能であり、各通信装置はパケットデータの宛先通信装置アドレスを監視する。そのパケットデータが自通信装置のアドレスと一致するパケットデータであればこれを取り込む(図3参照)。本方式では、各通信装置は非同期にデータを送出でき、複雑な送信権管理は不要である。このため、LAN制御ハードウェアの物量は比較的小さく実現できる。しかし、各通信装置が非同期にデータを送出するため、同時に複数のデータが伝送路に送出されデータの衝突が生じる(同図参照)。各通信装置はこの衝突発生を検出して、パケットデータを再送する必要がある。このため低負荷時には問題はないが、高負荷時にはデータの衝突、再送によるオーバーヘッドが増加し、情報転送スループット(単位時間当たりの情報転送ビット量)が低下する。

2.2 トークンバス

トークンバスでは、トークンを用いて送信権管理を行う。トークンパッシング方式では、各通信装置にデータの送信権を与えるトークン(Token)を巡回させておく。データを送信しようとする通信装置は、このトークンをとらえることによって送信権を得る。このため、送信権を持つ通信装置は同時には一つだけ存在することになり、CSMA/CDのようなデータの衝突は起こらない。トークンパッシング方式をバス形LANに適用するには、各通信装置が物理的にはリングを形成することができないバス上で、論理的なリングを構成しなければ

論理リングテーブル

隣接下流通信装置	2
自通信装置	3
隣接上流通信装置	8

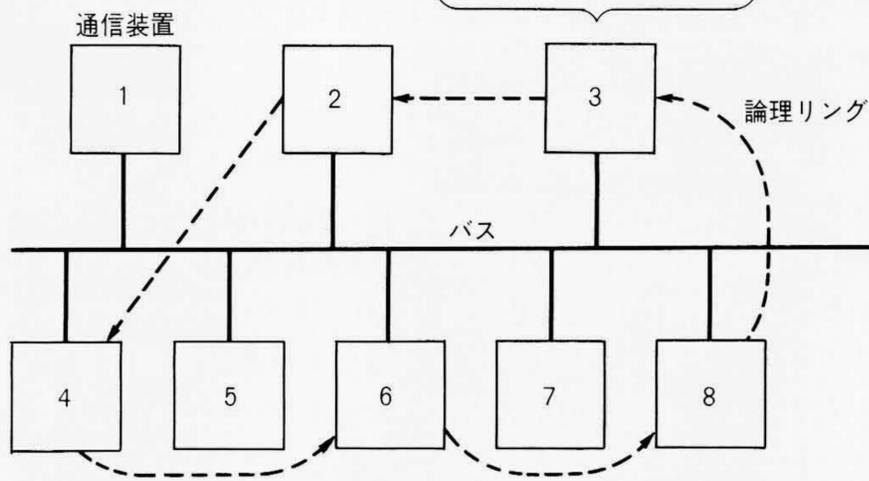


図4 バス形ネットワークにおける論理リング トークンバスLANでは、論理的なリングを形成してトークンリング方式に類似したプロトコルでデータ転送を行う。

ならない(図4参照)。また、各通信装置は、この論理的なリング上での通信装置の配置順にトークンを巡回させる。このとき、各通信装置は論理リングテーブルを参照し、次にトークンを送出すべき通信装置を決める。通信装置はトークンを確保したときだけデータを送信できる。通信装置はデータを送信し終わるとトークンを次の通信装置に送る。このため、単一通信装置がファイル転送などのデータのバースト転送を行う場合でも、トークンが各通信装置を一巡するのを待つ必要がある。このため、単一通信装置によるデータのバースト転送速度が低い。

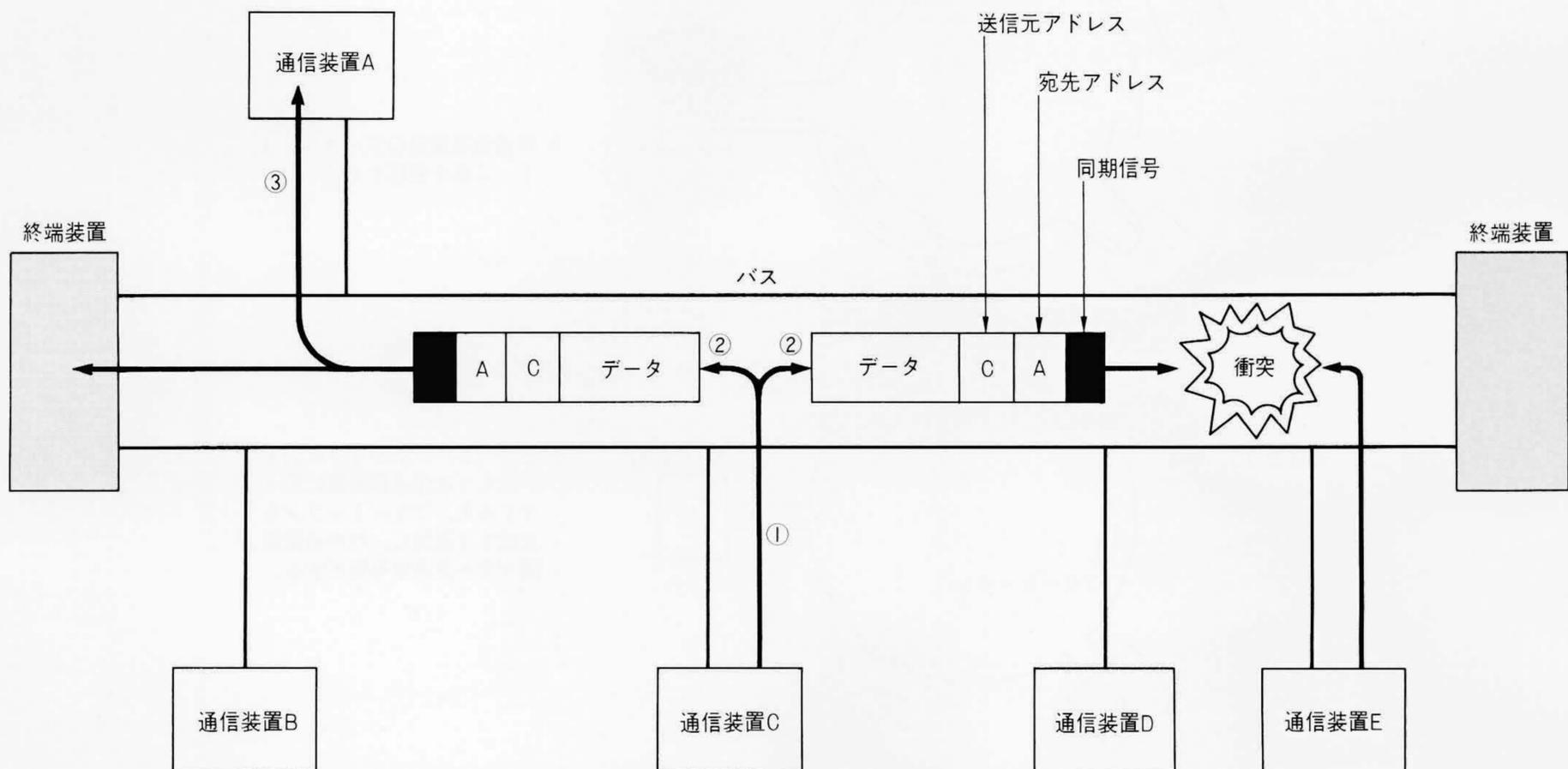


図3 CSMA/CD方式の原理 本図中①バスの空きを確認し、パケット信号をバス上に送出する。②パケット信号は、バス上を両方向に流れターミネータで消される。③各ステーションは、バス上を監視し自ステーションあてのパケット信号を取り込む。

2.3 トークンリング

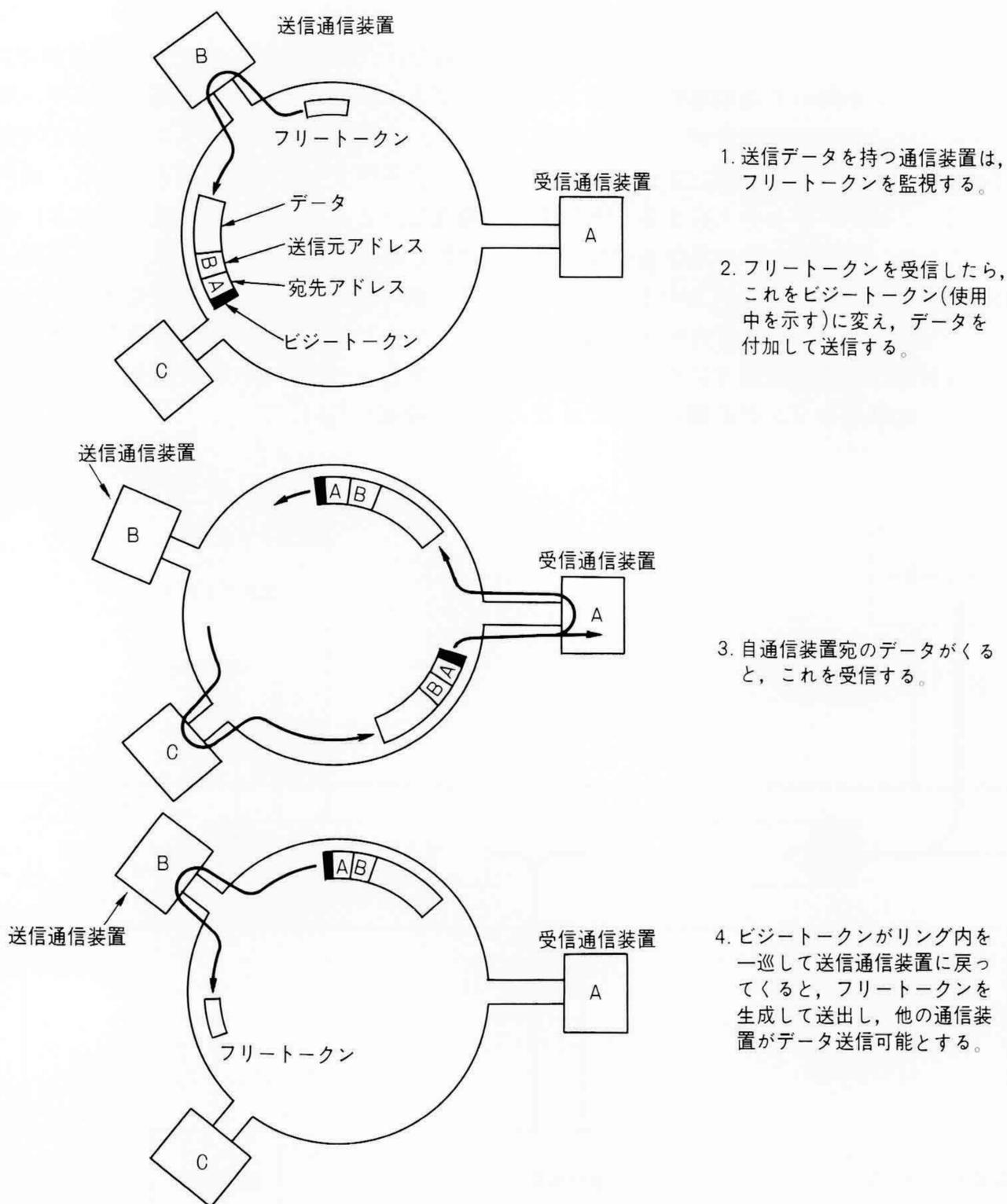
トークンリングでも、トークンバスと同じように送信権管理のためにトークンを使用する。トークンリングでは、データを送信したい通信装置はフリートークン(どの通信装置にも使用されていない空き状態を表示するトークン)をとらえると送信することができる(図5参照)。

このトークンを使用中状態(ビジートークン:使用中トークン)に変更し、他の通信装置からの送信を抑止した後にパケットデータを送出する。各通信装置は、送信されたパケットデータの宛先通信装置アドレスが、自通信装置アドレスであるかどうかを監視し自通信装置宛のパケットデータを受信する。このパケットデータがリングを一巡して送信元通信装置に戻ってくると、送信元通信装置はパケットデータを消去し、ビジートークンをフリートークンに書き替えてリング上に送出する。このフリートークンを他の通信装置がとらえるとフリートークンをとらえた通信装置がデータの送信権を得ること

ができる。

トークンリングでは、原理的にパケットデータの衝突(データの紛失)は起こらないため、トラフィック(負荷)が増加してもデータの再送は発生しない。したがって、CSMA/CDのような高トラフィック時の応答遅延がなく伝送路を効率よく利用できる。また、トークンリングでは、伝送路の構造自体がリング形状であるため、トークンバスのような論理的リングの作成は不要である。このため、トークン制御のオーバーヘッドがトークンバスに比べて少ない。したがって、単一通信装置によるデータのバースト転送速度に向いている。これらの特徴によって、トークンリングはコンピュータや端末装置などの高負荷転送(バーストデータ転送、例えばファイル転送)にも向いており²⁾、小規模から大規模までのネットワーク構成に適用が可能である。

上述した3種類の方式の特徴比較をまとめて表2に示す。



1. 送信データを持つ通信装置は、フリートークンを監視する。
2. フリートークンを受信したら、これをビジートークン(使用中を示す)に変え、データを付加して送信する。
3. 自通信装置宛のデータがくると、これを受信する。
4. ビジートークンがリング内を一巡して送信通信装置に戻ってくると、フリートークンを生成して送出し、他の通信装置がデータ送信可能とする。

図5 トークンパッシングリングLANの原理 トークンパッシングリングLANでは、トークンと呼ばれる特殊パターンを送信権付与のために巡回させる。

3 日立トークンリングネットワーク

日立トークンリングネットワークは、前記国際標準仕様を以下のように実現する(表3参照)。

3.1 標準配線システム(情報コンセント)

(1) 構内ケーブルの集約が可能

従来のネットワークは同軸ケーブルの複数配線あるいはホストコンピュータからの星形のケーブル接続構成が主であった。このため、ホストコンピュータへ配線ケーブルが集中し煩雑となる問題があった。また通信装置の増設や移設のたびにケーブル布設工事が必要であった。トークンリングネットワークでは、あらかじめリング状に共用伝送路を布設しておく。通信装置はこの共用の伝送路によって相互接続でき、モデムなどの構内回線を共用の伝送路に集約可能である。また、あらかじめ設置した分岐装置により情報コンセントを実現できるので通信装置の増設や移設のたびにケーブル布設工事を行う必要がない。

(2) 通信装置の増設や移設が容易

トークンリングはCSMA/CD、トークンバスに比べて、通信装置を自由に増設又は移設可能である。すなわち、通信装置の増設や移設は標準配線システムのコンセントに通信装置のコネクタを抜き差しするだけでよい。容易にネットワークを実現することができる。コンセントの増設や移設も容易であり、他の通信装置が通信動作中でも自由に行うことができる。

3.2 迅速な障害回復性

トークンリングネットワークを構成するには、各通信装置をリング状に直列に結合(図5参照)する。この直列リング形状では一つの通信装置あるいはケーブルに故障があると下流にデータが流れないため、トークンリングネットワーク全体に影響を与える。このため日立トークンリングネットワーク

では、通信装置の障害あるいはケーブルの断線箇所をリングから切り離すことができるLAN接続装置を用いて、星形にリング伝送路を構成する²⁾(図6参照)。LAN接続装置と通信装置はスパー(支線)と呼ぶケーブルで結合する。日立製作所では、小規模から大規模のシステムに対応するため、次の2種類のLAN接続装置を開発している。これらのLAN接続装置は、トークンリングネットワークの通信動作中にも増設や移設が可能である。

(1) 分岐装置

分岐装置へのコネクタの抜き差しによって、各スパーを選択的にバイパスする(図6参照)。このバイパス機能により障害となった通信装置をリングから切り離すことができる。

(2) 集線装置

集線装置は分岐装置の機能に加えて、伝送路の障害に対して自動的にスパーをバイパスあるいは集線装置間でリングバックし、伝送路再構成を行う機能を持っている。この機能により障害発生箇所を自動指摘し、更に自動切離しすることが可能となりLANの保守を容易にしている。

3.3 小構成トークンリングネットワーク例

小規模のトークンリングネットワークは分岐装置だけを用いて構成できる(図6参照)。本構成では分岐装置と通信装置

表3 日立トークンリングネットワーク仕様 日立トークンリングネットワークは、IEEE802.5、802.2に準拠している。

項目	仕様
形態	リング
伝送媒体	シールド付ツイストペアケーブル
伝送方式	ベースバンド方式
伝送速度	4 Mbps
情報処理装置接続台数	260台/リング
アクセス方式	トークン・パッシング方式

表2 国際標準LANの比較 トークンリングLANは、端末の増設・移設が容易であり、かつ高負荷時のレスポンスが良い。

項番	LANの種類	障害時の通信路の保障		代表的な伝送媒体	スループット・網内遅延	通信装置の増設・移設
		通信装置の故障	ケーブルの故障			
1	CSMA/CD (図3参照)	不要	ケーブル工事要	同軸ケーブル (太い)	伝送路に高い負荷がかかると、 パケットデータの衝突によりスループットが低下する。	トランシーバ接続工事要
2	トークンバス (図4参照)	論理リング再構成要	ケーブル工事要	CATVケーブル (太い) マルチメディアが可能	通信装置1台使用時には、 ファイル転送時の伝送路利用効率が悪い。	トランシーバ接続工事要
3	トークンリング (図6, 7参照)	該当スパーをバイパス ケーブルの工事、機器の入替え中にネットワークの他の通信装置を阻害しない。	迅速な障害回復 (リングバック及びバイパス)	シールド付きより対線 (細い) 工事性容易	伝送路利用効率高い。 高負荷時のレスポンスが良い。	配線システム(コンセント)へのコネクタ接続 ネットワークの動作中に増設や移設が可能。

注：日立トークンリングネットワークでは、レイヤ2の通信ソフトウェア(IEEE802.2 LLCタイプ2)でデータ紛失のリカバリを行っており、通信装置の増設や移設中にも他の通信装置はオンライン状態を保てる。

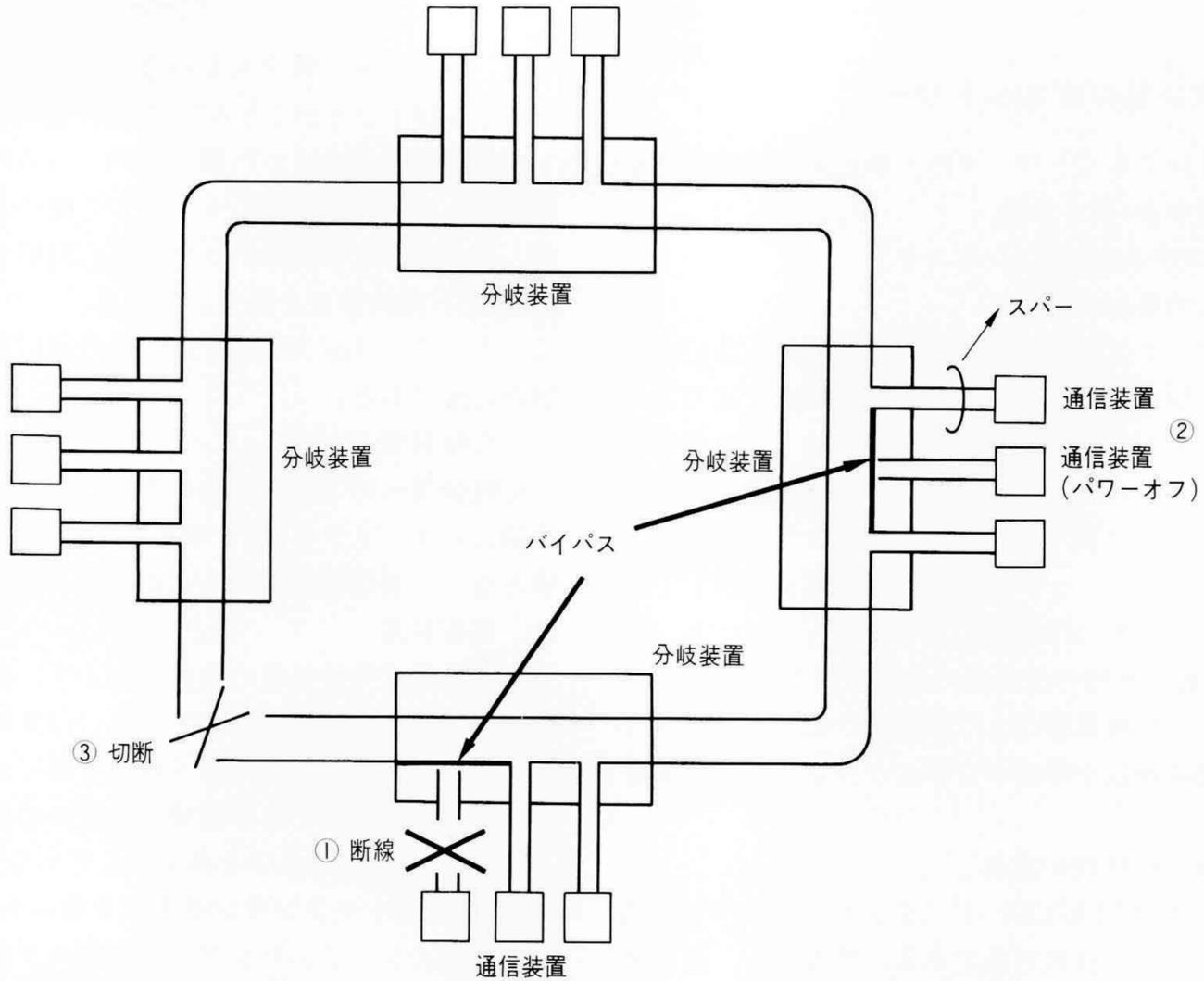


図6 分岐装置によるトークンリングネットワークの構成 分岐装置と通信装置を接続するスパーが切断されたとき(①)あるいは通信装置の電源を切断したとき(②)は、スパーはバイパスされリング伝送路は保障される。

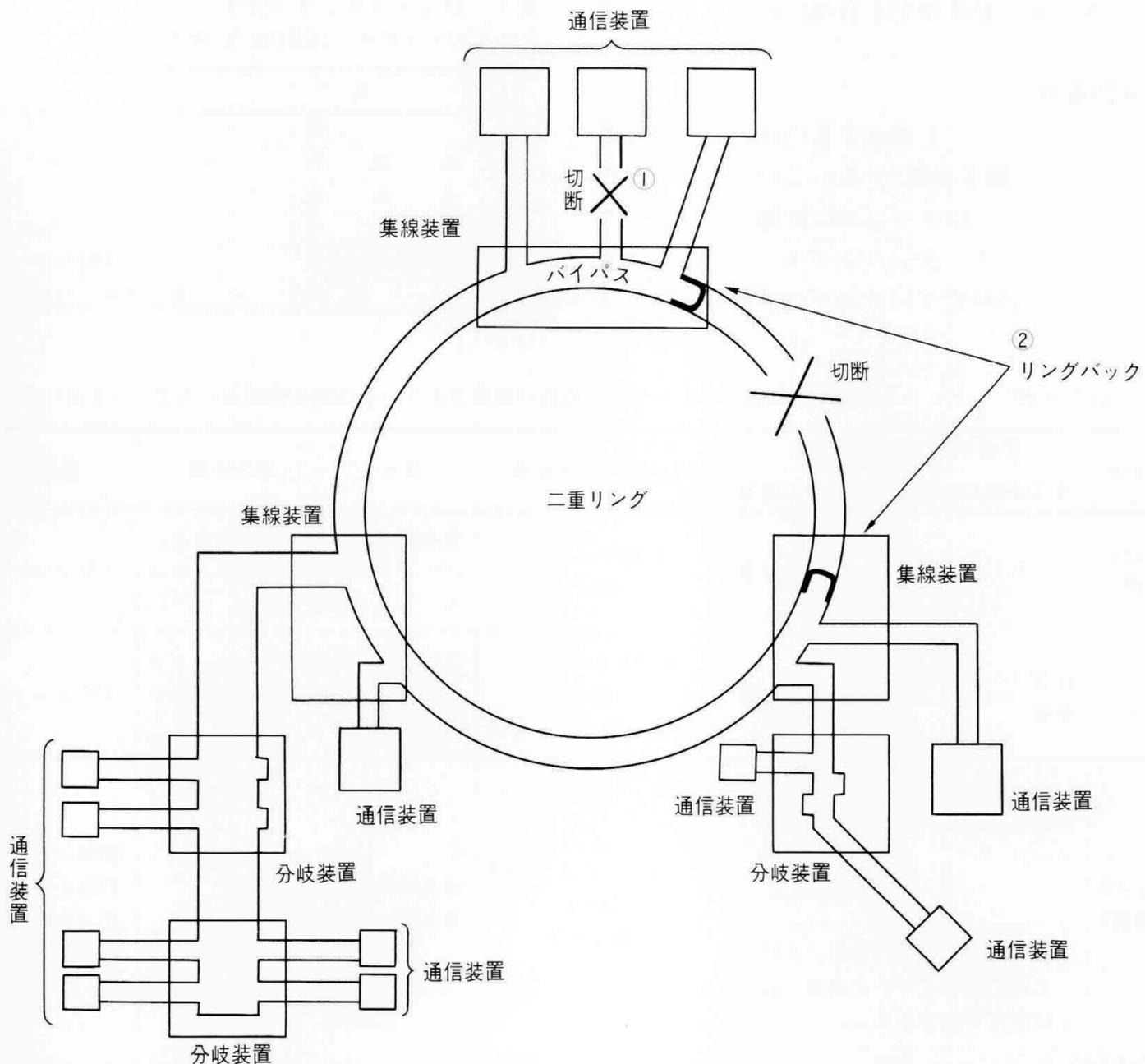


図7 集線装置と分岐装置の組合せによるリングの構成 集線装置間は二重リング構造になっており、集線装置間のケーブル切断時にはリングバックによりリングを保障する。

を接続するスパーに障害が起きたとき(同図の①)には、分岐装置は障害の発生したスパーをバイパスしてリング伝送路を保障する。また、通信装置の電源を切断したとき(同図の②)には、本通信装置が接続されているスパーをバイパスしリング伝送路を保障する。

3.4 大構成トークンリングネットワーク例

大規模のトークンリングネットワークは分岐装置と集線装置を組み合わせて実現できる。分岐装置だけでリングを構成した場合、分岐装置間のケーブルに障害が発生すると(図6の③)、人手で本ケーブルを抜くことによりリングバックしてリング伝送路を保障する。この人手の介入をなくして自動リングバック機能を実現し、ネットワークの信頼性を保障するために集線装置を用いる(図7参照)。

(1) 集線装置に接続するスパーに故障が発生した場合には、集線装置が該当スパーを自動的にバイパスする。このバイパス機能により、スパーが故障した場合でもトークンリングネットワーク全体への影響を防ぐ(図7の①)。

(2) 集線装置間は二重リング構造になっており、集線装置間のケーブル故障時には自動的にリングバックを行い閉じたリングを保障する(図7の②)。

上記二重リングの構成制御方式については、日立製作所からIEEEへ積極的に提案を行い、標準プロトコルを作成中である。

3.5 複数トークンリングの結合(マルチリング用ブリッジ)

複数のトークンリングネットワークを接続する装置をブリッジと呼ぶ。一つのトークンリングネットワークに接続可能な通信装置は100~200台である(信号が各通信装置を通過する際に発生する位相差の総和によって台数が異なる)。ブリッジを用いることによって、接続可能な通信装置数を増加することができる(図8参照)。

3.6 日立製作所のネットワーク管理技術

ネットワーク管理についてはIEEE802.1委員会で各種LAN(CSMA/CD, トークンバス, トークンリング)共通のネットワーク管理プロトコルの検討を進めている(表1参照)。システムが大規模になるにつれて人手での管理(構成機器の状態管理, エラー情報の収集など)が難しくなっている。この解決策として自動的にネットワーク全体を管理するネットワーク管理機能のニーズが高まっている。日立製作所ではトークンリングネットワークのネットワーク管理製品についてIEEE 802.5で規定しているSMT(Station Management T:ステーション管理)を実現する製品を開発中である。

3.7 異機種間通信及びWANとの接続性

日立トークンリングネットワークでは、LAN(レイヤ2以下)だけでなく上位レイヤ(レイヤ3以上)についても異機種間の接続を容易にすることを目指している(レイヤ3以上は、通信装置及びホストでサポート)。このため、OSI(Open Systems

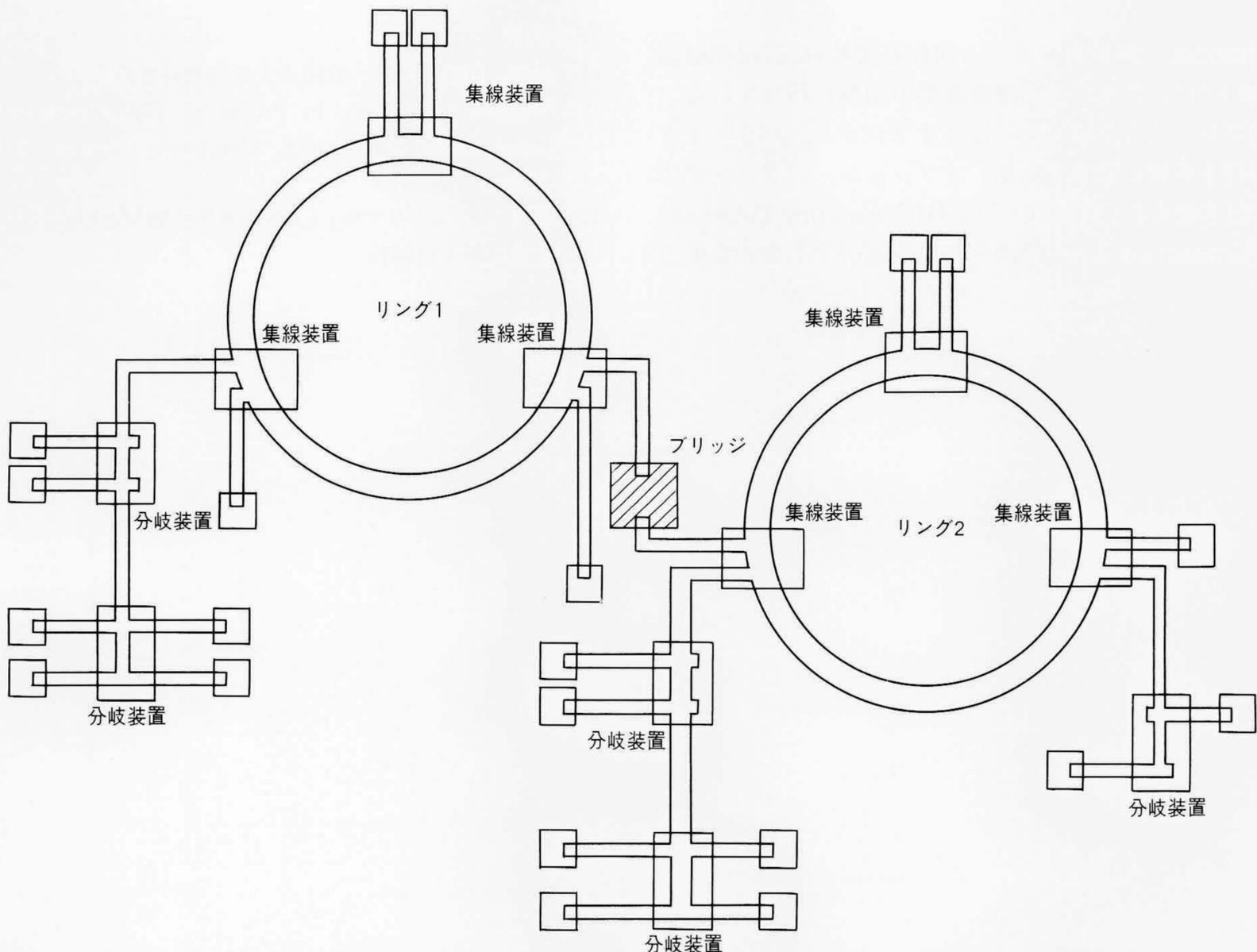
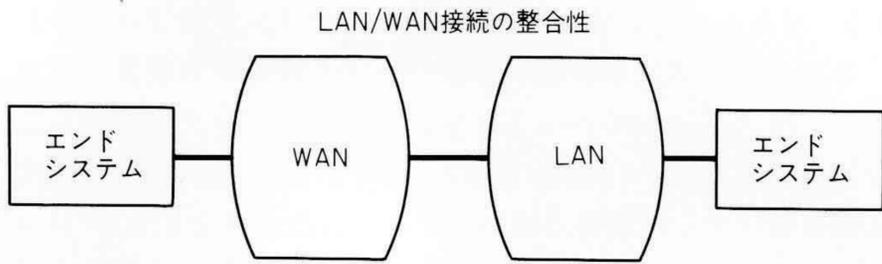


図8 ブリッジによるマルチリング構成

トークンリングネットワークは、単一リング構成だけでなく複数のリングをブリ

ッジを介して接続することができる。



WANプロトコル		LANプロトコル
ISO 8208 X.25 L3 (パケット) CO形	レイヤ3	ISO 8208 X.25 L3 (パケット) CO形
X.25 L2	レイヤ2	IEEE 802.2 LLC Type2
X.25 L1	レイヤ1	IEEE 802.5 Token Ring

注：略語説明

CO(Connection Oriented)
WAN(Wide Area Network)

図9 日立トークンリングネットワークCO形の選択
日立トークンリングネットワークは、WANとの整合性を考慮し、CO(Connection Oriented)形を採用した。

Interconnection：開放形システム間相互接続)に準拠の通信規約(プロトコル)に基づき通信装置群の開発を行っている。この標準プロトコルを用いるには、オプション、パラメータの選択を行う判断が必要である。オプション、パラメータの選択項目は多数あるが、その中でもCO(Connection Oriented)形、CL(Connection Less)形のどちらを選択するかが重要な

項目である。CL形では、あらかじめコネクション(論理的な伝送路)を確立、開放する制御が不要である。CO形では動的にコネクションの確立、開放の制御を行う。現状で普及しているLANにはCL形のものが多い。日立トークンリングネットワークでは、広域通信網(WAN：Wide Area Network)との接続の整合性を考慮してCO形を優先して選択した(図9参照)。この機能標準についてはPOSI(Promotion Conference for OSI：OSI推進協議会)及びINTAP(情報処理相互運用技術協会)へ積極的に提案する予定である。

4 結 言

国際標準LANの製品化により、LANに対する幅広いユーザーニーズを満たすことが可能となってきた。

日立トークンリングネットワークでは、ファイル転送などの高負荷転送時でも伝送路を効率よく使用できる。また、障害回復性、拡張性に富んでおり、小規模から大規模までのネットワークを実現できる。

二重リング伝送路の構成制御については、日立光ループ形LAN(H-8644、Σネットワーク)で蓄積した技術を生かし、これをエンハンスした方式をIEEEへ提案している。日立製作所は、この提案活動を通じて国際標準作成に貢献している。

またLANだけでなく上位レイヤについても、OSIプロトコルに基づいて製品化を進めている。

参考文献

- 1) 田畑：OSI, 1987 財団法人日本規格協会
- 2) Howard C.Salwen：In Praise of Ring Architecture for Local Area Networks, Computer Design, 3,183~192 (March, 1983)
- 3) 榎尾：「チュートリアル」LANの標準化動向と課題, 社団法人電子通信学会(1987)