

解説



リング型ローカルエリアネットワーク†

矢田 光治†† 八星 禮剛†††

1. はじめに

ある地域内の端末を、リング状に張りめぐらされた高速の通信路に収容する「リング型ローカルエリアネットワーク」は古くから多くの試みがなされている。

今日、ローカルエリアネットワーク (LAN) への大きな期待がよせられている中で、リング型ネットワークが注目されているが、その基本的な構成技術は10数年前に殆んど確立されたといっても過言ではない。しかし実際のニーズが明らかになるにつれ、一種類の技術ではすべての要望に対処できない事が明白になり、何種類かの構成技術を使い分け、ニーズに合ったコストパフォーマンスの優れた、LAN が実用に供せられるようになった。

本稿ではリングネットワークの特徴とその実現技術について解説し、併せて今後の動向を述べる。まず2章では現在までの発展の経緯と、現在用いられている3つのタイプのリングネットワークについて述べる。3章ではリングの基本構成を示し、リングの持つメリット、デメリットを明らかにする。4章はこのメリットを生かしたアクセス制御技術について解説し、デメリットをカバーする高信頼化構成技術を示す。5章ではリング構成のための基本技術が実際にどの様に用いられてリングが実現されているかを具体例について述べる。6章ではむすびとして今後の発展の方向をまとめる。

尚、リングネットワークを、リングとループに分けてネットワークを集中的に制御するコントローラがあるものをループ、コントローラがなくすべてのノード(端末)が対等のものをリングという場合がある。本稿ではリングとループを分けず統一的にリングという。

2. 発展の経緯

リングネットワークは、当初地域内の(広義の)端末を1つのコントローラに経済的に収容することが主な目的であった。端末として電話機を、コントローラとして交換機を対象としたものに「環状交換回線網」や^{1),2)}、“Subscriber Loop Multiplexer”がある^{3),4)}。またセンサやアクチュエータとプロセス制御コンピュータを対象とした“Data Highway”^{5),6)}や、データ通信端末とその端末制御装置を対象とした、「I/Oループ」も多数実用に供された⁷⁾。

さらにローカルループとトランクループを互いに結合し広域データ通信網を構成する“Data Ring”の構想も発表されるに至った^{8),9)}。

一方地域内のデータ処理を、分散されたコンピュータで行う「分散処理システム」を高速なリングネットワークで実現する事も行われ、例えば複数のプロセス制御コンピュータと1台の管理コンピュータを対象としたものや、対等な n 台のプロセッサを密結合し、機能分散・負荷分散をねらった“Distributed Computing System”の試みもなされた^{10),11)}。

この様に多方面にわたって開発されたリングネットワークは現在では図-1に示す3つのタイプに分類される^{12),13)}。

(1) 回線多重通信型; リングに収容された端末間に、それぞれ独立の回線を複数本同時に提供する汎用リングネットワークをいう。回線としては直結回線や交換回線が種々の通信速度で提供される。通常のデータ通信に加え音声やイメージの通信まで対象とする例が多い。

(2) 親子通信型; 1台のコントローラが親となり、 n 台の端末が子となって親と子の間だけで通信するための専用リングネットワークをいう。コントローラと端末での機能分担により通信速度は2.4 kb/s程度から10 Mb/s程度まで広範囲に亘っている。

† Trends on Local Area Networks based on Ring Topology by Koji YADA (Electrotechnical Laboratory) and Reigo YATSUBOSHI (Fujitsu Laboratories Limited).

†† 電子技術総合研究所
††† (株)富士通研究所

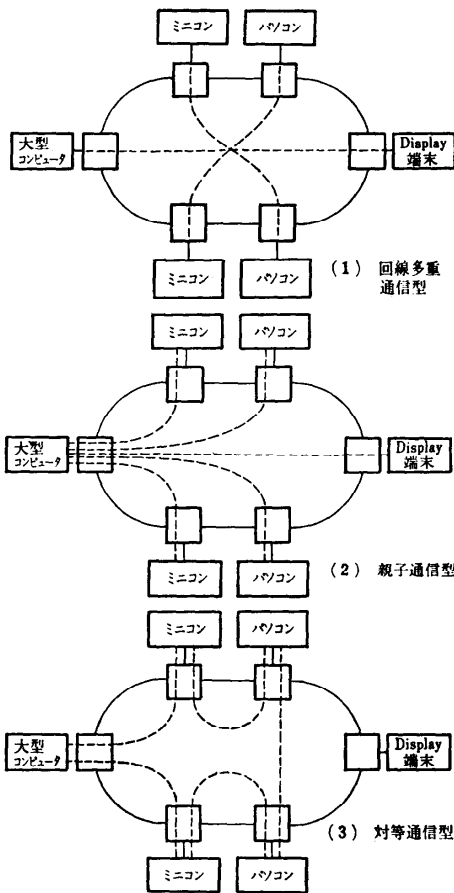


図-1 3タイプのリングネットワーク

- (1) 回線多重通信型 (3) 対等通信型
(2) 親子通信型

(3) 対等通信型；複数のプロセッサで機能分散や負荷分散をはかった分散処理システムや、高機能のワークステーション相互のネットワーキングに用いられる専用リングネットワークである。各プロセッサが互いに対等にどれとでも通信できる事がポイントでありその速度も数 Mb/s から 30 Mb/s 程度にまで及んでいる。

以上3タイプの中で実用に供せられているのは親子通信型が最も多く、次いで回線多重通信型である。対等通信型は現在は少ないが今後急速に発展するものと思われる。

3. 基本構成と特徴

図-2に示す様にリングネットワークは、環状の伝

送路と、ノードおよび端末（コンピュータを含む）で構成される。ノードはそれ自体が独立の装置として実現される場合と、端末に組み込まれ、ネットワークアダプタの様な構成をとる場合があるが、一般に図-3に示す機能構成となる。以下各部の機能を示す。

(1) トランシーバ部；伝送路から入ってきた信号を再生・識別しデジタルのパルス列を得る。またビットタイミングの同期をとるタイミング再生部も含まれる。さらにノード内で処理されたデジタル信号を伝送路に送出するためのドライバや、伝送符号 (NRZ, RZ, マンチェスタ等の符号) への符号化も行われる。

(2) 分岐・挿入部；そのノード宛に送られてきた信号を取り込み、そのノードから出て行く信号を伝送路に乗せる。この部分で信号列のワード同期やフレーム同期がとられ、3.2節で述べるアクセス制御が行われる。

(3) ノード間通信制御部；ノードとリングのコントローラ間、あるいはノード相互間の通信に基づきネットワークの運用管理（正常運用でのノードや端末の管理、異常時のフォールバック管理）や通信バスの設定・切断等の制御が行われる。この制御部では、そのようなノード間通信の制御を司る。

(4) 速度整合部；一般にリングの通信速度は端末の通信速度よりも早い。その為、速度差を吸収・整合する事が必要となる。さらに、通信する情報によっては、音声や画像のデジタル化信号の様に、その信号の前後との時間関係に意味があり、このような待合せのできない同期的な信号の通信を実現するにも速度整合が不可欠となる。

(5) インタフェース変換部；リングネットワークと端末のインタフェースは、広域網で広く使われているデータ通信のインタフェース (CCITT の V 24/28, V 25) あるいは2線式の電話機インタフェース、さらには端末固有のインタフェース等多様であり、ここではこれらをリング内の統一された通信フォーマットへ変換することが行われる。また障害時にリングネットワークと端末の切り分けを行うループテスト機能などもここに含まれる。

さてこのような構成をしたリングネットワークの一般的な特徴を示そう。まずメリットとしては、

(1) ラインシェアリング；1本のリング状ケーブルを複数の端末で共有し、ケーブルコストを削減する。共有の方法としては①コントローラが n 台の端末を順次ポーリング/セレクティングする方法。②高速

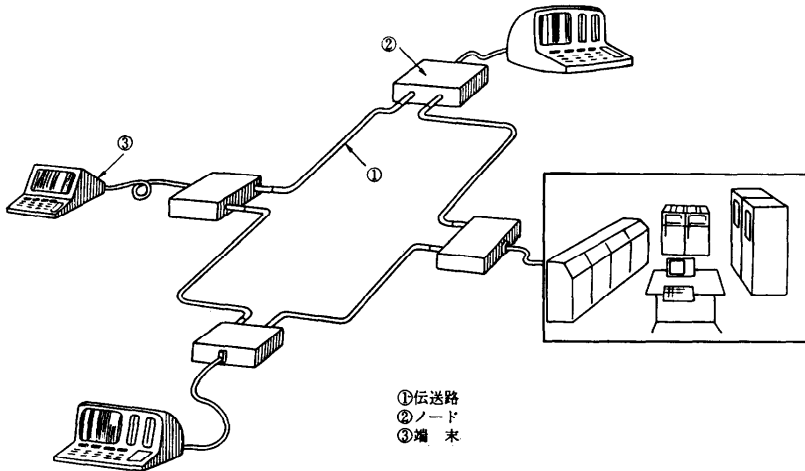


図-2 リングネットワークの基本構成

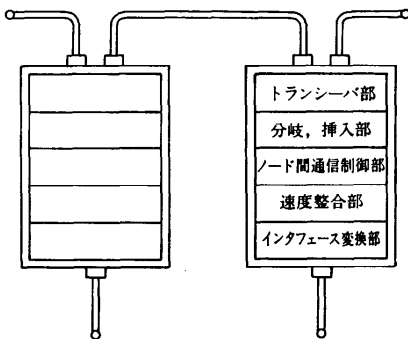


図-3 ノードの機能階層

デジタル伝送を行いそのビットストリームを時分割多重使用する方法がある。

(2) 分散化ビルディングブロック構成；リングの特長として、収容する端末の数に応じてノードを増設するビルディングブロックによる拡張方法の容易さ、経済性がある。

(3) 一方方向性クローズドループ；リングでは情報は必ず一方方向に伝達されかつ必ず元にもどってくる。この結果端末ごとにタイムスロットを割り当てる時分割多重や、パケット通信における受信確認が容易となる。

(4) レピーティング機能；各ノードのトランシーバはリング上の情報を再生中継（レピーティング）するので、ローカルエリア内ではほぼ距離の制限がない。

以上の様なメリットに対し、デメリットとしては、

(1) トランシーバが直列に接続され一巡伝送路を構成するので、一箇所の故障が全系に及ぶ。

(2) ノードごとにトランシーバが入り、そのノードでの分岐・挿入が行われる為、情報の通過遅延が増大する。

(3) リングの一巡遅延の補正や、タイミングクロックの供給、障害時のフォールバック制御などを行う特別な機能を持ったノードが必要。などがあげられよう。

4. 構成技術

リングネットワークの構成は、デジタル伝送・交換技術、あるいはパケット通信技術が基本となっている。ここでは3章で述べたリングのメリットを生かした多様なアクセス制御技術——これにより2章で述べた3タイプのリングが目的に応じて実現されている。——と、デメリットを克服する高信頼化構成技術に焦点をしばって解説する。

4.1 アクセス制御技術

リングやバスの様な LAN では、端末間の複数の通信が一本の幹線伝送路を共有して行われるので、この共有の方法、アクセス制御が重要となる。基本的には幹線伝送路を使って良いという権利（ここではこれを広い意味でのトークンということにする）を得て通信を行う。トークンには、はっきりとは存在しない暗示的（インプリシット）トークン方式——バスの CSMA/CD のようにだれも使っておらず、かつ他とのトークンの争奪で衝突も起きなかったことがトーク

ンを得た事になる——と明確にトークンが定義される明示的(エクスプリシット)トークン方式に大別される。図-4に各種トークン方式の分類を示す。

(i-1) キャリヤセンス方式; パスネットワークでは多用されているが、リングでは使えない。リングではノードごとの信号の再生中継に伴う信号遅延が大となり、衝突検出までの時間がかかりすぎるからである。また自分が出した信号がリングを一巡後衝突してしまうのを防ぐのがむずかしいという事にもよる。

(i-2) レジスタインサート方式¹⁴⁾; これもインプリシットトークン方式であり、1つのノードはいつでもリングに送信ができる。送信している間はそのノードが中継する信号列を「レジスタ」に退避させ衝突を回避する。この方式ではノード間の通信遅延時間が、リング全体のトラヒックによって大きく変るといふ欠点がある。実用化されたシステムはあまりない様である。

(e-1) シングルトークン^{15), 16)}; リング上に唯一のトークンを与え、トークンをつかまえたノードだけが送信でき、送信を終えるとトークンを返す方式である。トークンを一箇所で集中管理するやり方(使い終わったトークンはコントローラへ返す)とすべてのノードで分散管理する方法(使い終わったトークンは隣のノードへ渡す)がある。集中管理は親子通信型のリングネットワークでよく用いられている。マスタコントローラがスレーブ端末を順次ポーリングし送信をうながす方法である。スレーブ端末の数が多い場合や、幹線伝送路の通信速度(通信容量)が低い場合は、自分がポーリングされるまでのスレーブ端末での待ち時間が無視できなくなる為、一回のポーリングで送信したいすべてのスレーブ端末が順次(リングの伝送方向の上から下に向かって)送信できる Go Ahead¹⁹⁾ポーリング方式が有効である。

一方すべての端末が対等に通信するリングネットワークではトークンが分散管理される「トークンパッシング」方式が有効である。本方式ではリング上に唯一のフリートークンが巡回している。送信要求のあるノードはフリートークンが自分の所に来るまで待ち、フリートークンを捕捉すると、ビジートークンに変え自分より下のノードがフリートークンを捕まえるのを防ぐと共にこのフレームで自分のデータを送出する。

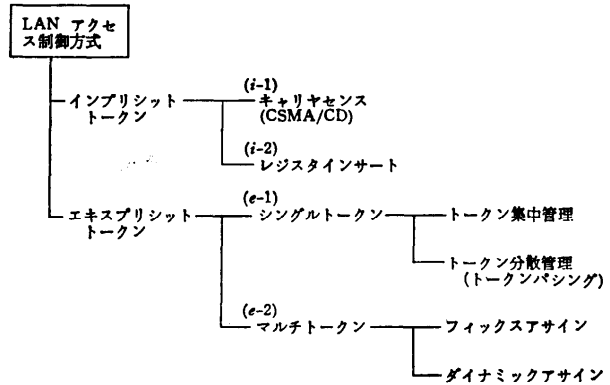


図-4 トークン方式の分類

送り終ると、そのノードはフリートークンを出しこれがリング上を巡回し続ける。トークンパッシング方式ではすべてのノードが対等な為、トークンがなくなった時、二重に出されるような異常時のリカバリに関し、さまざまな工夫がなされており、種々のバリエーションがある。また送信できるノードが常に唯一の為、トラヒックが大きい時の待ち時間の増大を回避する為、情報の種別に応じて優先順位をつける方法もある。

(e-2) マルチトークン¹⁷⁾; リングネットワークの十分な通信容量を各端末の必要とする通信容量に応じ、同時に複数の端末間通信に割り付ける方式である。最も単純な方法として端末ごとにチャンネルを固定的に割り付けるフィックスアサイン方式がある。リング上のビット列を一定の長さで区切りこれを1伝送単位(フレーム)として、各ノードにはフレーム内の何番目のビット位置を使うかを割り当てる方式である。端末の通信キャパシティに応じ、アサインするビットを1ビット/フレーム、2ビット/フレーム… n ビット/フレームにし、それぞれ1200 bps, 2400 bps…の通信を可能とする。

これに対し、通信を要求する端末だけにダイナミックにチャンネルを割り当てるデマンドアサイン方式がある。本方式の代表的なものであるパケット多重方式について述べる。この方式ではリング上の固定的なフレームはさらに n 個のブロックに分割される。各ブロックは通信用の制御情報や相手アドレスなどのヘッダ部が付加されたパケットとなっており、リング内の1つのコントローラがすべてのパケットを「空き」にし送出する。送信要求のあるノードは空きパケットを捕捉すると、これをビジイに変え、相手アドレス等必要な情報をパケットヘッダに書き込むと同時にデータを

送出する。n個の packetsがあれば、n個のノードが同時に空きパケットを捕捉できる。したがってトラフィックが大きくなって、待ち時間は無視しうる程小さいというメリットがある。更にすべてのノードは受信したパケットの受信アドレスが自ノードに一致すれば、これを空きパケットとし自分の送信にも使う事ができる。

尚、n=1 とし空パケットを出すというコントローラの機能を、各ノードに分散すれば、トークンパッシング方式と同じになるが、「トークンパッシング方式」では半二重通信しかできないのに対し、パケット多重方式では全二重通信ができるというメリットがある。

また本方式では端末の通信キャパシティの差異は、パケット送信要求の頻度の差異となる。すなわち 10 Mbps の端末は 1 Mbps の端末に比し 10 倍の周期でパケットを要求する。

4.2 高信頼化技術

リングネットワークは幹線伝送路に能動回路(トランシーバ)が直列に入る為、トランシーバが疎結合されているバスネットワークに較べ信頼性が低いといわれている。しかし、実際にはバスのトランシーバのトランスミッタや、キャリアセンス回路の障害は、バス全体の障害に及び、必ずしも局所化されている訳ではない。むしろここで述べる二重化された幹線を持つリングの方が、システムとしての信頼性が高かったり、障害箇所の発見・切り離しが早くできる場合が多い¹⁸⁾。

リングネットワークではネットワーク全体の信頼性を高めるために、特にループに直列に入る部分の部品の高信頼化や、フェイルセーフな回路構成がなされているとともに、リング固有のシステム的な高信頼化技術が用いられている。

(1) リングの二重化; リングを構成するケーブル、トランシーバ等を二重化し、障害時に現用系から予備系への切り替えを行う。二重化されたリングはその伝送方向を互いに反対にすることで、後述のループバック動作を可能とすることができる。

(2) ノードのバイパス; 特定のノードが使われていない時でも、リング上の情報はそのノードを通過する。この為、トランシーバ部に常時電源を供給しておく方式と、メカニカルなスイッチでトランシーバ部を切り離してしまう方式がある。後者の場合リングの通信が瞬断し、そのノード以外のノード間通信に影響を与える。データの送・受信が正しく行われたことを互いに確認しあいながら通信するような場合、つまり各端末が統一された通信制御手順のもとで通信する専用リングネットワーク(親子通信

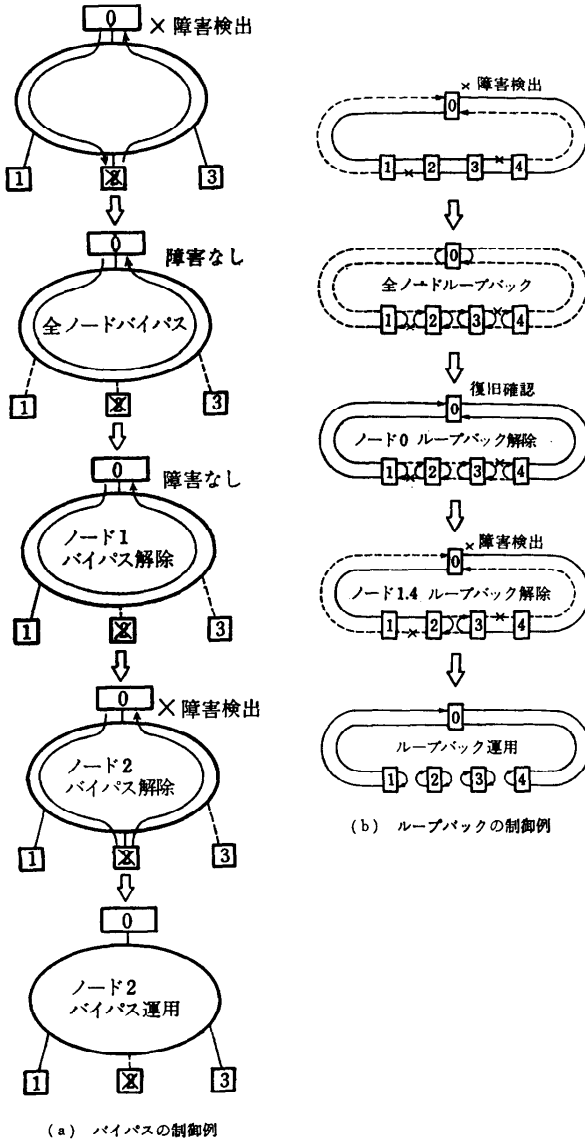


図-5 バイパス・ループバックの制御の一例

型、対等通信型)ではこの影響は問題とならないが、汎用型ではデータのロスとなる場合があるため前者が用いられる。

(3) ループバック; 二重化されたリングで両系の幹線伝送路が障害を起した時、新たにリングを再構成するフォールバック機能をいう。

図-5 にバイパスとループバックを示す。

バイパス制御の場合ネットワークの障害のあるノード(図-5(a)のノード“0”)が検出すると、このノードは他のすべてのノードに対しバイパスを指示する。この状態で障害が検出されなければ、このノードは各ノードを順次リングに組込んでいく。このとき障害ノードを組込んだ時点で再び障害が検出されるので、これにより障害の位置を知ることができる。このようにして、どのノードに障害が発生したかを知った後、これをバイパスした状態で運用を続行する。

また、ループバックの場合も同様にして障害箇所を探索し、その箇所を除いて新しいリングを形成することができる。

これらの機能は、通常1つのノードで集中的に管理し、各ノードに指示し実行させる方式で実現されている。

5. リングネットワークの実際

リングネットワークの製品例については本特集号の第7編「ローカルエリアネットワークの手びき」にゆずるとして、ここでは“RIPS-net”を構成する3つのネットワークのうちの1つ、共用ネットワークとして使用されている、パケット多重によるマルチトークンリングネットワーク、FACOM-1885 データハイウェイを取り上げて述べる。尚、対等通信型、親子通信型は文献を参照されたい^{19)~22)}。

RIPS (Research Information Processing System) は通産省工業技術院筑波地区の9研究機関が共同利用している研究情報システムである。RIPS-net は同地域、約50万坪の敷地内に散在した60棟以上の建物を総延長360kmの光ファイバで結び約2,800人の研究者を対象とした大規模なLANである。RIPS-net は共用ネットワーク、専用ネットワーク、ビデオネットワークの3つのサブネッ

トワークで構成されている^{23),24)}。

共用ネットワークは回線多重型のリングネットワークで構成されており(図-6)、その目的は

(1) 研究者が用いる多数の各種端末(RIPS-netでは現在約100種、400台におよんでいる)をホストコンピュータに接続すること。

(2) データ通信に加えて、音声やイメージ通信も同一のネットワークでできること。

(3) 研究者独自の専用ネットワークシステムが容易に作れること。

などが主なものである。

以上の様な目的に対し、このリングネットワークでは端末・端末間に物理的な回線パスを提供するトランスペアレント通信を提供し、端末のコード系(ASCIIやEBCDIC、JISなど)や伝送制御手順は、端末相互間で自由に決めればよく、多種類の端末が制限なく収容できる。物理的な回線としては、直結回線、交換回線、一斉放送回線がある。また、さらに交換回線には複数の着信ポートに同一の番号を与え、その番号内の空き回線を自動的に見つけ出す代表番号機能もある。代表番号により、ホストへの接続を要求したユーザ端末は、自動的に捜し出されたホスト側の空ポートに接続されるといったサービスが受けられる。このため、ユーザからのホストへのアクセスが非常に容易になっている。リング内の物理的回線は、データ、音声、イメージのような情報の種別や、各種の通信速度をすべてパケット通信で統一的に扱い、制御をシンプルにするとともに、デマンドアサインによる効率的な通信を可能としている。

リングのノード通過遅延時間の増大に対しては、複数のパケットを用いたマルチトークンアクセス方式に

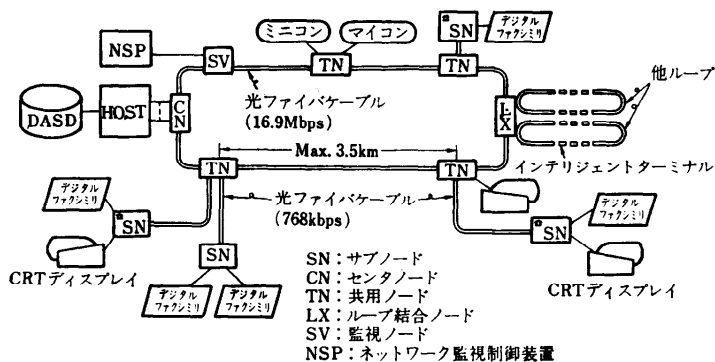


図-6 F-1885 の構成

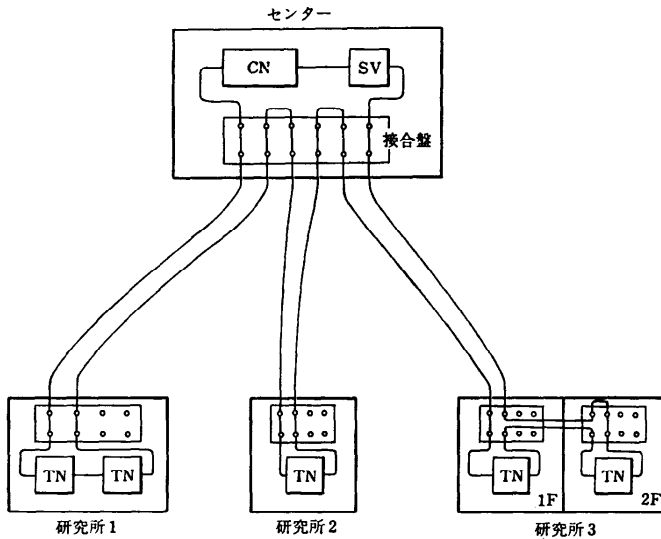


図-7 ケーブルの布設

より解決している。その結果 48 kb/s の端末間通信では伝送遅延が 4 msec と十分小さい。さらにこの時間はリングにおけるトラフィックの大小にかかわらず一定であり、音声やイメージのような待合せのできない同期的な連続通信にも適している。

リングのトランシーバの直列接続による信頼性の低下に対しては、MTBF が 10^6 時間以上の発光素子 (LED) を用いると共に、リング二重化やバイパス、ループバック制御を行い高信頼化がはかられている。実際 1年8か月以上の運用においてもケーブルの切断事故や、トランシーバの故障は一度もなく安定した運用がなされている。またトランシーバ部の電源はノードの電源とは独立しており常時通電されている。

さらに停電時にはバックアップ用バッテリーから給電がされるようになっている。

共用ネットワークは通信機能としては最大 3600 端末収容できる一つのネットワークであるが、物理的には複数の (現在は 3 つの) リングネットワークで構成されており、各リング間を相互結合するブリッジ (Loop Exchanger; LX) がある。この様な分割はトラフィックの平準化と、危険分散の観点から非常に有効である。また、1 つのリングもそのケーブルリングは単なる環状ではなく図-7 に示すようなスター状のリングとして布設されており、保守や増設の容易化がはかられている。

各リングには監視ノード (SV) が必須であるが、この SV はリングのマスタコントローラ機能に加えて

リング内のすべての端末・回線の管理機能を持たせ、集中管理のコントローラとなっている。すなわち端末や回線の種別・属性を SV のフロッピディスク内に収容し、SV から各ノードのハードウェアに必要な情報が転送、設定される。

複数のリングに対してはネットワークサービスプロセッサ (NSP) というミニコンシステムを配し、集中管理を行っている。この結果 NSP のコンソールから、各リング、各ノード、各端末の状態が直ちに判り、また障害時にも適切な状況を把握できる。回線の属性変更なども、NSP のコンソールからできるので、保守者がいちいち現場に出むく必要もなく、また変更時間も

10 秒程度で終わってしまう。

RIPS-net は運用開始以来、平均して月に 1~2 回、端末やノードの増設・変更が行われている。SV や NSP による集中管理機能は、この様な日常の運用保守をスムーズに行え有効である。端末数が 100 以上もあるネットワークでは必須の機能といえよう。

6. むすび

日本では RIPS-net をはじめ、光ファイバを用いたリングネットワークが多数実用に供せられており、この点では世界で最も進んでいるといえよう。現在議論されている LAN は主に対等通信型であるが、現実には既存の多種・多様な端末を 1 つの LAN に収容する事が必要となる。この点で回線多重通信型の汎用リングネットワークは、今後もその重要性をより一層増すこととなろう。特にこの汎用リングの上に親子通信型や対等通信型の専用リングネットワークが容易に構築できる事は大きなメリットである。

互いに通信して意味のある端末同士がリング上に閉じた 1 つのネットワークを作り、それが他の端末群の作るネットワークと干渉しあうことなく物理的なリングを共有する。

このように、さまざまなネットワークが 1 つの物理的なリングネットワークに参加することで、将来の更に大きな統合を可能とすることができ、その意義は大きい。

ところで、ロジカルな意味での 1 つのリングネット

ワークは、物理的には導入時期や運用のしやすさ、規模により複数のリングを結合したものとすることがある。今後はこのような構成となる場合も多くなろう。また、機能的にはマシンとマシンの通信をサポートする高速リングと、マンマシン通信をサポートする中低速リングとによるハイアラキカルな構成も必要とされてくることが考えられる (図-8)。

一方、広く LAN の立場からみれば、スターやバス、リング各々の目的に応じた使い分けが必須である。特に汎用的な LAN としてはデジタル構内電話交換機 (EPBX) との結合が不可欠であり、EPBX をゲートウェイとした広域網との接続が重要となろう。

参 考 文 献

- 1) 秋山, 堀: 環状交換回線網, 電子通信学会雑誌, 50 巻, 9 号 (1969).
- 2) 秋山, 飯倉: 環状データ交換網とそのブロック同期方式, 電子通信学会交換研究会.
- 3) McNain, I. M.: Subscriber loop multiplexer—a high pair gain system for upgrading and growth in rural area, IEEE Trans. on Comm. (Aug. 1971).
- 4) Brolin, S., Cho, Y., Michaud, W. P. and Williamson, D. H.: Inside the new digital subscriber loop system, Bell Lab. Rec. pp. 110-116 (Apr, 1980).
- 5) Keefe, A. T., Moss, G. and Young, I. R.: Data Highway for Process-Controlled Plant, PROC. IEE Vol. 114, No. 12 (1967).
- 6) 寺尾他: 特集, データハイウェイシステム, オートメーション, 18 巻, 6 号. pp. 2-62.
- 7) Stewart, E. H.: A Loop Transmission System, ICC-70 pp. 36.1-36.9 (1970).
- 8) Pierce, J. R.: How Far Can Data Loops Go?, IEEE Trans. on Comm. COM-20, No. 3, pp. 527-530 (1972).
- 9) Hayes, J. F. and Sherman, D. H.: Traffic Analysis of a Ring Switched Data Transmission System, BSTJ, Vol. 50, No. 9, pp. 2947-2978 (1971).
- 10) Farber, D. J.: Data ring oriented system, in Rustin, ed., Computer Networks, Prentice-Hall, New York, pp. 79-94 (1972).
- 11) Farber, D. J.: A distributed computer system—an overview, Proc. Nat. Elec. Conf. pp. 188-190 (1975).
- 12) Yatsuboshi, R., Tsuda, T., Yamaguchi, K. and Inoue, Y.: An In-House Network Configuration For Distributed Intelligence, ICC-78 pp. 155-160 (1978).
- 13) 矢田: リングネットワークの動向, 日経コンピュータ, No. 3, pp. 100-110 (1981).
- 14) Hafner, E. R.: Digital communication loops—a survey, Int. Zürich Seminar paper D 1 (Mar. 1974).
- 15) Bux, W. et al.: A reliable token-ring system for local area communication, NTC-81 pp. A 221-A 226 (1981).
- 16) Müller, H. R., Keller, H. and Mayer, H.: Transmission in a synchronous token ring, Int. Symp. on Local Computer Networks pp. 125-147 (1982).
- 17) 八星, 鈴木, 三田, 山口: データハイウェイシステムの動向, 情報処理, 21 巻, 8 号. pp. 872-879 (1980).
- 18) Zafropulo, P.: Reliability—a key element in loop system, Int. Zürich Seminar paper D 2 (Mar. 1974).
- 19) 大野他: FACOM 2460 生産情報端末システム, Fujitsu, Vol. 30, No. 1, pp. 159-171 (1979).
- 20) 小池他: FACOM 1880 K 交換型光データハイウェイシステム, ibid, No. 3, pp. 475-484 (1979).
- 21) 北野他: N 6770 データリングシステム, NEC 技報. Vol. 34, No. 8, pp. 87-93 (1981).
- 22) Takahashi, M. et al.: Optical fiber data freeway system—a loop network for distributed computer control, COMPCON 81/Spring pp. 458-463 (1981).
- 23) Yada, K., Ochiai, T. and Honda, M.: Optical fiber makes research information processing system, ibid pp. 450-453 (1981).
- 24) Fujitsu: RIPS 特集号 Vol. 32, No. 6 (1981). (昭和 57 年 9 月 2 日受付)

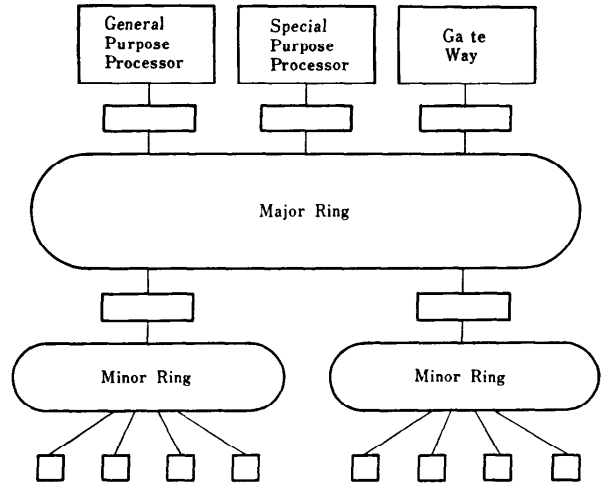


図-8 ハイアラキカルなリングネットワーク