

ローカルネットワークシステム (LMC Net) の開発

(システムの概念とそのハードウェア, ソフトウェアの構成)

岸本 健*・岩崎 貴宏**・倉持 茂**

Development of Local Net Work (LMC Net)

(Architecture of the network system and the construction
of hardware and software)

KEN KISHIMOTO*, TAKAHIRO IWASAKI**, SHIGERU KURAMOCHI**

Synopsis: Architecture of usage of the microcomputer, in future, it is presumed to connected organically many small computer systems. One of these concept is Local Area Network (LAN).

In this paper, after researching and analyzing the networks on the market, we report the concept of the new type LAN with using only 2 lines and partially free of baud rate. The protocol of this LAN is CSMA/CD+ACK for the network management and the data bit has pre-edge and post-edge for partially free of baud rate.

要旨：将来、マイクロコンピュータの使い方としては、複数のマイクロコンピュータを有機的に結合した複合的な使用方法が予想される。その1つの現在発展しつつあるネットワークがある。

本研究では、すでに市販されているネットワークの性能を調査した結果、2線しか使用せずポートレートにもあまり限定されない通信方法を考案したので、報告する。この通信方式のプロトコルには、CSMA/CD+ACK という形を採用し、ネットワーク管理を行ない、データビットには前エッジと後エッジを設けることで、一種のハンドシェイクを擬似させ、ポートレートを限定しないビット構造を採用した。その内容をプログラムとハードウェア回路をつけて紹介した。

1. はじめに

電子計算機の役割も近年では細く分化され、適材（適種）適所の使用方法が確立しつつあるのが現状である。メインフレームでは膨大なデータ量とそれにもなう計算量を限られた時間に処理する事に利用されており、ミニコンピュータ程度では、そのパフォーマンスを活した形で、メインフレームで処理する仕事の小型のものや、マイクロコンピュータ（パソコン、ディ

* 工学部機械工学科 助教授, 工学博士

Associate Professor, Mechanical Engng. Div., Dr. of Engng.

** 工学部機械工学科 学生

Student.

スクトップ型マイコン等)が行う計測・制御の仕事を行っている。本論文では、さらに下層のコンピュータについて実験室規模の LA, FA のための1つの道具として将来性あると考えている簡易通信方式についての開発について言及するものである。既に完成したものではなく、現状では未だ実験段階にあるものであるが、試行錯誤の結果、まとめられた1つの形態をもったので、その報告をする。

各研究室が小規模のコンピュータを持つことが多くなってきたが、十分な活用をしているのは一部であり、多くはテレビゲームや一度きりの数値計算を行うにとどまっているのが現状でその多くは働かないでいるのではないかと思われる。小型のマイクロコンピュータが十分活用されるためには研究の流れの上に不可欠な存在を確立する必要がある。その1つとして研究の流れに必ずあるデータ(情報)をマイクロコンピュータの中に流してやる必要がある。つまりパーソナルコンピュータ(以下パソコンと略称する。)に付属しているキーボードはプログラムエディット用であって、データ入力用でないことを使用者は心得る必要があると思う。パソコンが開発されて社会的に革命を起したのは Commodore の PET であり、インテルの CPU 8080 を用いたボックスコンピュータであったと記憶する。それ以来、多くの人々がパソコンになにをさせるべきかということに頭を使い数多くのソフトウェアが考え出されてきた。その古いものの多くはパソコンそれ自体で作動するソフトウェアであった。

しかし、筆者が実験屋であったからかどうかはわからないが、筆者の研究室では実験データをどう扱うかを考えてパソコンの導入を計画し、数年前から GPIB を中心としたインターフェースの活用に取り組んできた、インターフェースをパソコンに持つということは、パソコンそれ自体で作動させるソフトウェアよりも、インターフェースを駆動するソフトウェアに重点が絞られ、前述のように研究の流れの上の情報(データ)流路上にパソコンを位置させて扱うことになり、パソコンが重要な実験要素となってくる。この GPIB には数多くの機能と特徴を備えており決して計測用 IB にはとどまるものではないが、RS-232C 等のシリアルインターフェースがもつ簡便さに欠ける。そこで今日注目されつつあるローカルコンピュータネットワークについてそのパソコン版というものを開発することにした。

2. LMC NETの開発基本方針

ローカルコンピュータネットワークの多くはミニコン以上の大規模なデータのやりとりを考えており、現電算センタでも LAN ではないが、鶴川と世田谷を電話回線で結んだり、東大電算センタともパソコン単位で通信可能となっている。しかし、パソコン同士の簡易型のものに、その方式を導入するのは少々費用がかさみまだハード、ソフトとも大きい。そこで次のような開発方針をたてた。

○ハードウェア

- 1) できるだけ簡単なハードウェアでインターフェースが実現できること。
- 2) 転送速度は 1 Mbps くらいが可能であること。
- 3) 転送方式, 転送速度に対して柔軟性を持ち, 非同期通信方式とする。
- 4) 1ないし2本のコード (同軸シールド線) で多くの機器との結合が可能なこと。

○ソフトウェア

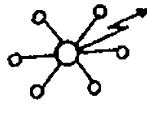

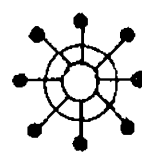
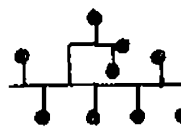
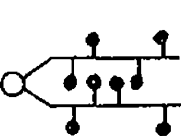
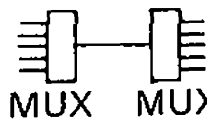
- 5) 転送速度が十分大きいものに対応できること。
- 6) 通信ミスに対する回復度が大きいもの。
- 7) ハンドシェイクを想定した形での通信の確実性をもつこと。
- 8) ソフトウェアの大きさが数 kbyte 程度であり, 単一 ROM に格納できること。

この開発方針に従って次のような項目を検討した。そして, このネットワークを LMC Net (Located Micro computer Communication Network) という名前をつけた。これは最近よく用いられている Local Area Network (LAN ランと読む) の一種である。

3. ネットワーク構造

まず, ハードウェアの基本としてのネットワーク構造について検討した。従来使用してきた GPIB ではバス構造をもつが16本の並列信号線をもち, 20 m の伝送距離であるため前項の4で掲げたように1ないし2本の線で実現することを目標にしているのであるから, 適合しない。

表1 ローカルネットワークのアーキテクチャ(インターフェース 66 (1982-11) p. 236)

トポロジー	構成名	プロトコル	標準接続ノード	特徴	主なシステム
	スター	RS-5222 PABX	~10台	● 音声, テキスト, データの伝送 ● 低コストで変更が容易	● Hyperchannel ● Rolm ● Hyperbus ● Northam ● DEC Gateway Telecom ● Stratalink ● SL-1
	ループ	SDLC HDLC (パケット・スイッチング)	~10台	● 主としてデータ伝送 ● リアルタイムとかプロセス・アプリケーションに最適	● IBM360/370 ● Series/1 ● Primenet ● Infonet
	リング	HDLC (トークン・バス)	10~100台/チャンネル (平均) 200台以上	● 分散型コントロール	● Cluster One ● Primenet ● Domain
	バス (ベースバンド)	CSMA/CD ACKによる CSMA	1~255台/コントローラ (平均) ~1000台まで (最大)	● テキスト, データ, 音声 ● ストア・アンド・フォワード ● 低コスト ● オフィス・ネットワークとかミニコン用	● Omninet ● Z-Net ● ARC ● Polynet ● Modway ● Net/One ● Ethernet
	バス (ブロードバンド)	EDMA (パケット) CSMA/CD RS-232-C	2~100台/チャンネル (平均) ~6400台まで (最大)	● データ, テキスト, 音声, ビデオの伝送 ● 広帯域, 低コスト ● 長距離用	● Cable Net ● Wangnet ● Infobus ● Videodata ● Localnet
	光ファイバ	IEEE-488		● データ ● 広帯域 ● ポイント・ツー・ポイント ● リング・ネット向き	● M/A COM ● Hewlett-Packard

そのためこのネットワークラインは GPIB のような手順線（ハンドシェークライン）をもてない形となり、Ethernet や Omninet のような形をとらざるを得ないことになる。表1に現在の情報システムのうち、LAN 相当の動きをまとめたものを紹介する。このうちで、比較的容易に実現できる 0V と 5V の論理をもつベースバンドバスを LMC Net に応用することとした。伝送線の電氣的な仕様を適当に選べば、データ転送速度は数 Mbps, 距離は 2~3 km という形となり、研究室内全体をカバーするには十分すぎるほどである。この方式を選択することで IEEE 規格で述べているように「比較的狭い地域に分散したコンピュータターミナル、大容量メモリなどを含む周辺機器のゲートウェイをきわめて高速に結ぶ通信手段」という LAN の性格定義に合致させることができ、後述する目的にも十分応えうるものとなる。また、このプロトコル方式は CSMA/CD+ACK という形を採用する。このネットワーク上にはホストコントローラやループコントローラが存在せず、バス占有権を獲得した1台のトランスミッタ（送信部）と数台のレシーバ（受信部）で構成されることになる。つまりある瞬間にネットワークを占有しているトランスミッタノード（ネットワークで結ばれている機器）は他のノードの占有要求に勝って現在ネットワークを支配していることになる。どのノードがネットワークを占有するかは早いもの勝ちを決めるソフトウェアにより対処しなければならないことになる。

商用のバスネットワークの構造と仕様を表1に示す。また、いくつかの LAN の伝送速度と伝送距離の関係を図1に示す。また、この中で、本稿で扱う LMC Net の目標値を位置づけた。

LMC Net は図2に示すようなバスネットワーク構造をもつ。同軸ケーブルはバス構造をしており、リピータ変換器（光リンク）を使って光ケーブルで他のバス構造ともリンクできる。同軸ケーブルは接触型の引き出し線を使ってインターフェースユニットと結合する。また、光

表2 商用バスネットワークのとの比較

名 称	メーカ	最大転送速度 Mbps	ノード間最大 距離 km	最大ノード 台 数	変調方式
Ethernet	Xerox	10	2.5	100	ベース
Ethernet (DIX)	DEC, Intel, Xerox	10	2.5	100	ベース
Z net	Zilog	0.8	2.0	255	ベース
ARC	Datapoint	2.5	6.4	255	WB
Hyperchannel	Network System	50	0.9	16	WB
Net/One	Ungermann Bass	4	1.2	250	ベース
Local Net	Systemek	2.5	30	256	FM
LCN	Control Data	50	0.9	28	
Omninet	Corvus Systems	1.0	1.2	64	ベース
LNA-1	ラオックスシステムズ	1.0	2.0	255	ベース
INFONET	占河電工	10	2.5	1024	ベース
LMC Net*		1	5	64	ベース

* 目標値を示す

ケーブルは単一方向線としたためループ構造となっている。これによって雑音などの多い工場内などでは光リンクを用いて良好な通信を可能にできる。

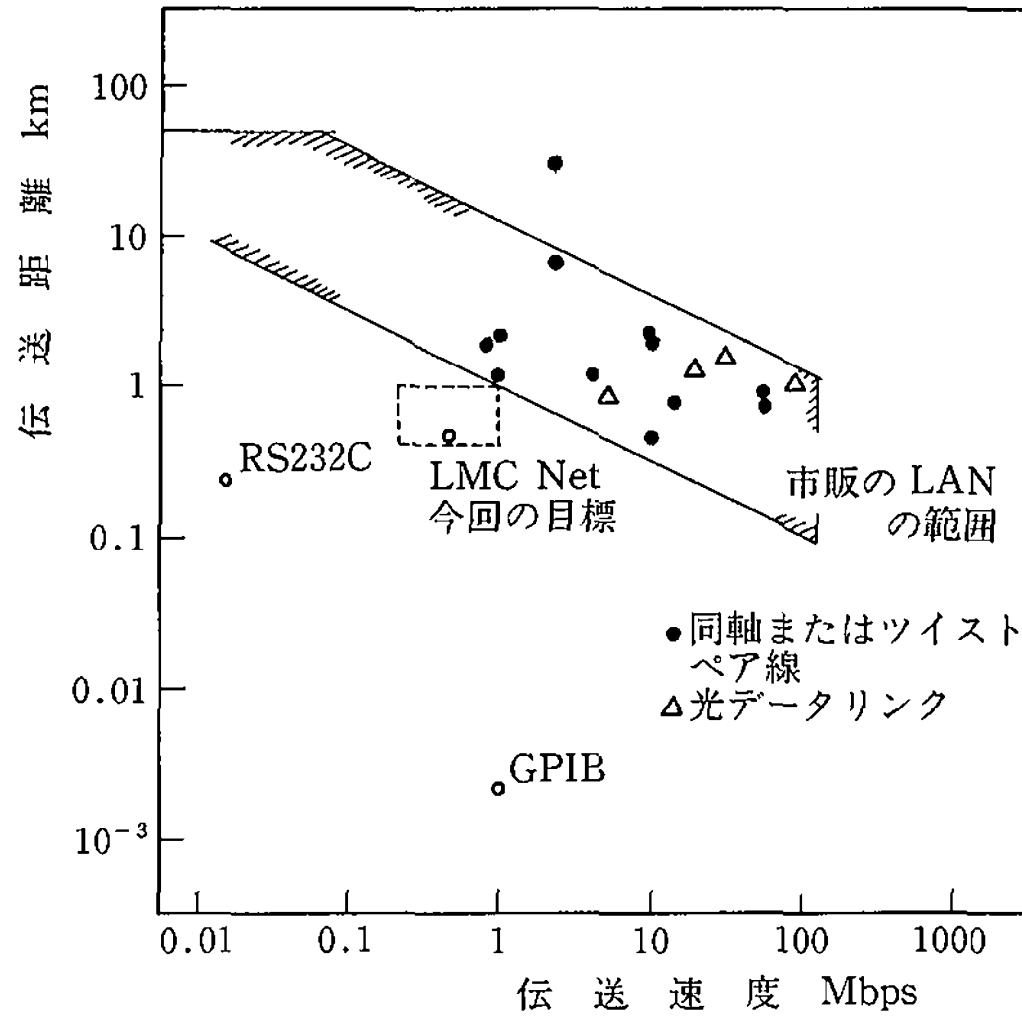


図1 LANの速度と距離

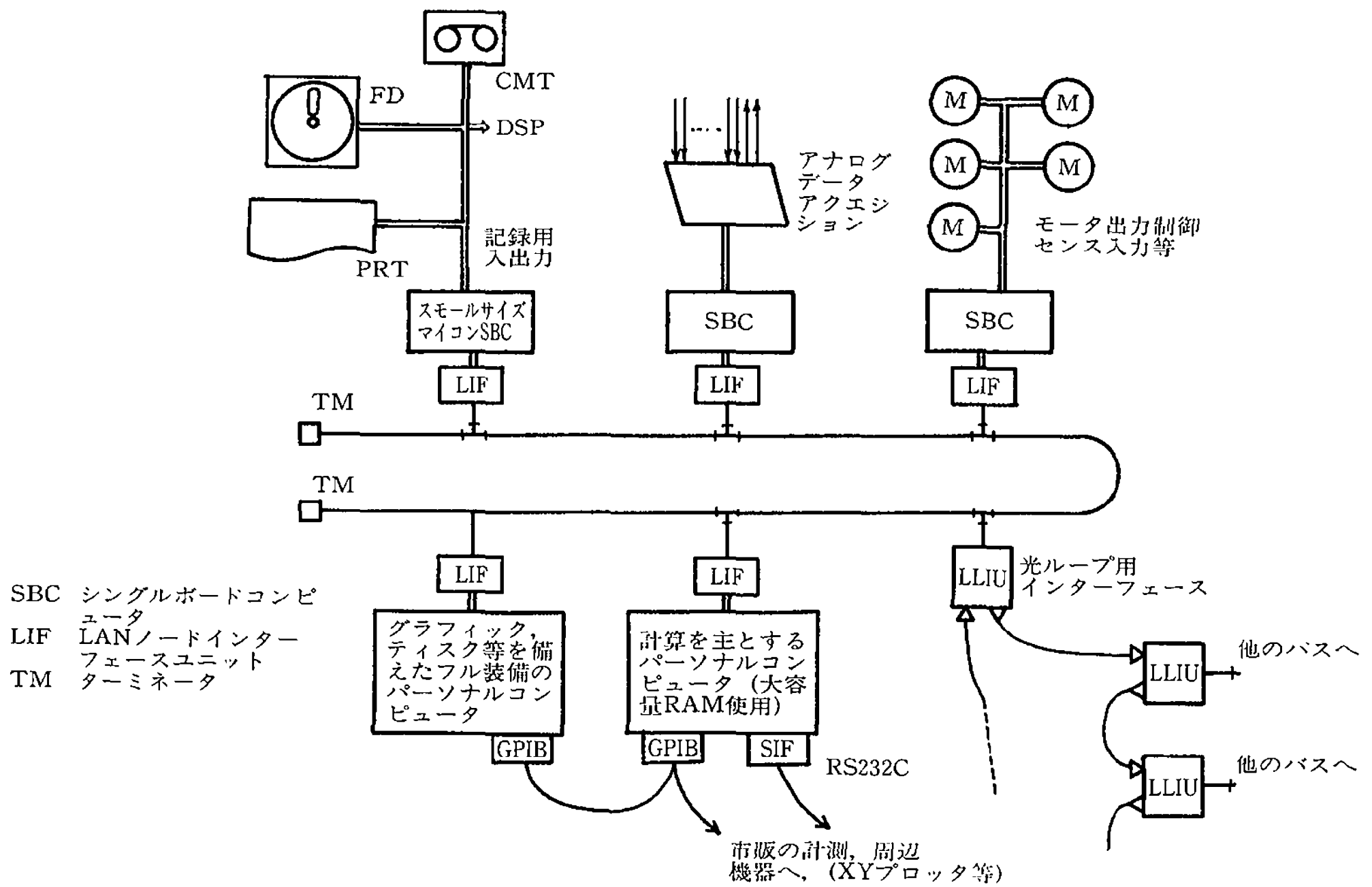


図2(a) ネットワークの概念例

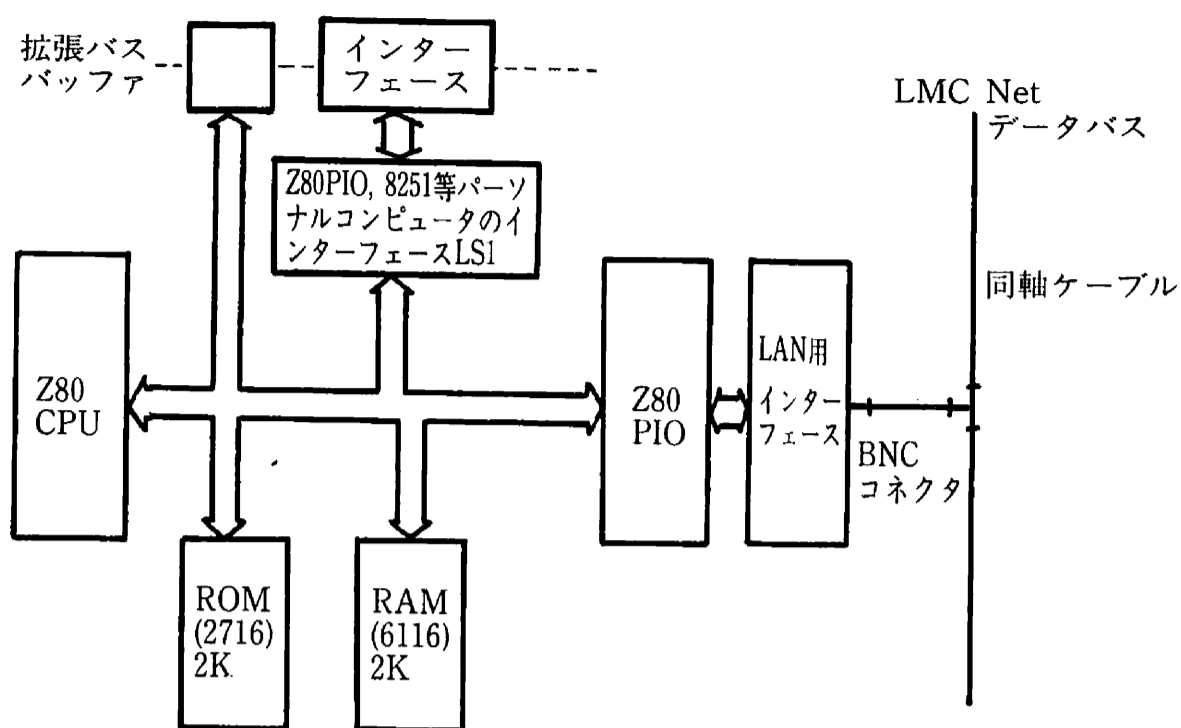
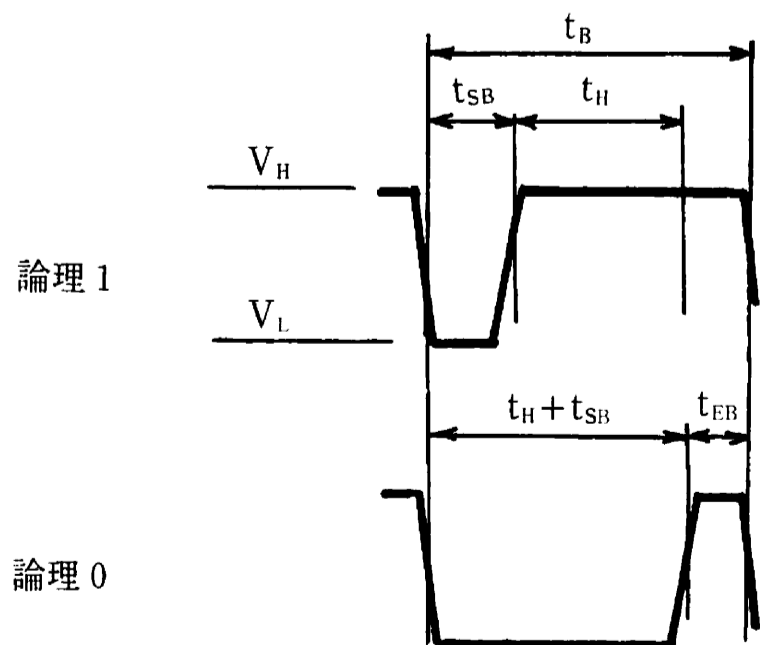


図2(b) SBC 及び LIF の構造

4. データ構造

データの構造は前項で検討したような早い者勝ちを決めるときにおこる通信ミスに対する回復度とハンドシェイクを想定した形での通信の確実性を確保する必要があること、また、通信速度に対して柔軟性をもつことをポイントとした。まず、簡単に非常に多くの使用実績のある RS-232C のデータ構造と同じ方法をとる方向で検討することにした。RS-232C はスタートビット、ストップビットをもつシリアルな非同期通信であるが、ボーレートで限定された正確なビットきざみを用いる必要がある。また、市販の RS-232C 用インターフェース LSI の伝送速度は 9600 bps が最大となっている。しかし、画像などの大量データ転送には少し遅く、この100倍 (1 Mbps) 程度は必要となる。そのためデータ構造のみを RS-232C と同じにして、受送信ビットは受送信レートに柔軟な構造をとることにした。ツイストペアケーブルや同軸ケーブルでは最大伝送周波数を数 MHz とすることができるので図3に示すように論理1と0の波形をきめた。

この波形は波形のアップエッジでデータビットであることを示し、0.2~1.0 μs の短い負パル



記号	意味	仕様
t_B	1 bit の時間	min 1
t_{SB}	bit 開始トルガ巾	min 0.07
t_H	論理ホールド時間	min 0.05
t_{EB}	bit 終了トルガ巾	min 0.07
V_L	レベル低	-0.5~0.8
V_H	レベル高	2.8~7.0

$t_B \sim t_{EB}$ 単位 μs

V_L, V_H " volt

図3 データビットの論理と波形

スの後の論理を判定することにより、ビットとする。1バイトの受送信を基本としてRS-232Cのように2スタートビット、1ストップビット、パリティ無とする。このビットの送受信回路を組むと図4(a)のようになる。また、この回路のタイミングは図4(b)となる。今回の報告では簡易的なものでのテストとして、このビットをソフトウェアで読みとることにするため、実質的な受送信レートは10Kbps以下となっているがテレメールのような用途にはこのままでもよいと思われる。1Mbpsを実現するためには送受信ともに12bitのシフトレジスタで図5のように構成することで可能となる。

図3のようなビットのパターンは、本来高速の送信には不利であり、現在Ethernetの採用しているようなマンチェスターエンコードを利用するのが得策と考えるが、送受信レートがいくらかの誤差をもっている場合や、限度以下のおそい送信レートをもつノードからの受信を行うためには、ビット確認エッジをもっている図3のようなパルスパターンが可撓性に富むと考えて開発したものである。

このビットパターンでデータは送受信される。データは、次のような構造をもっている。そ

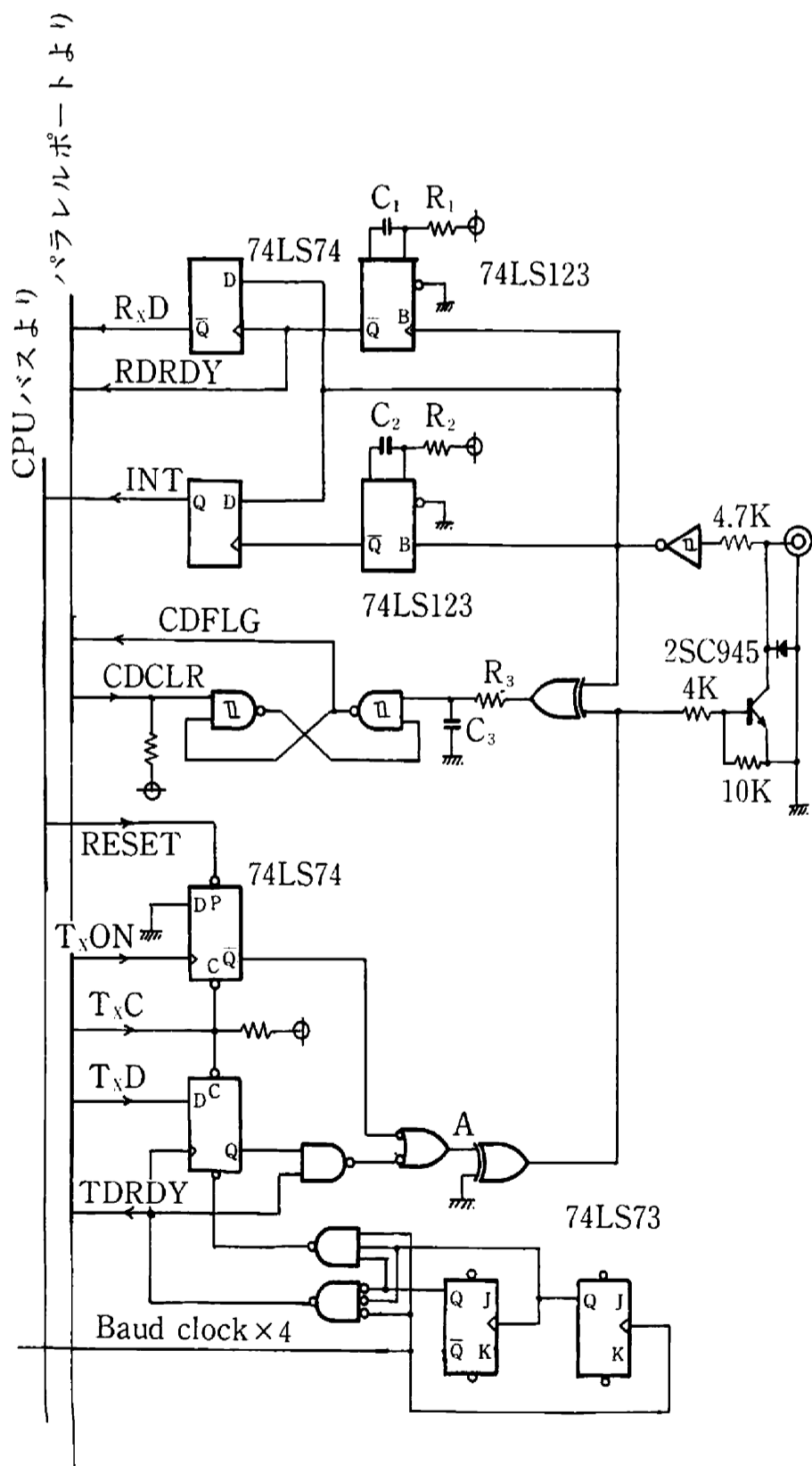
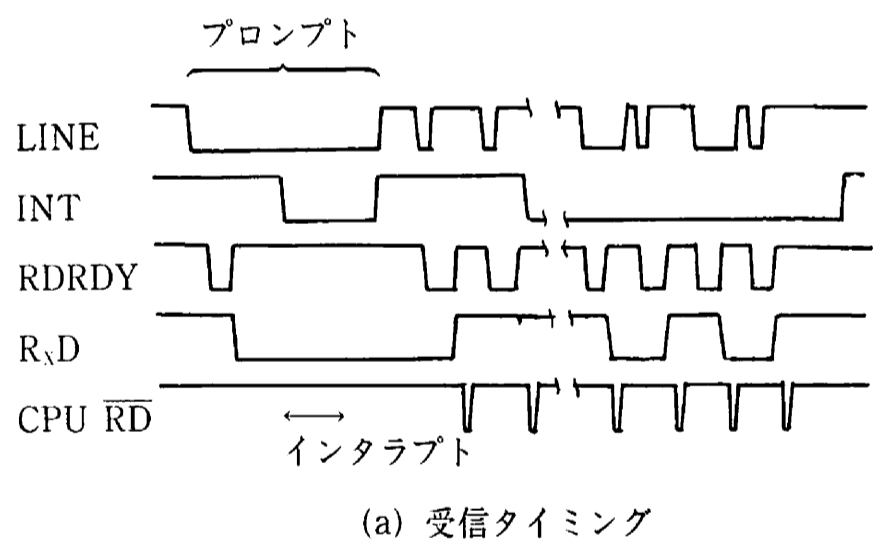
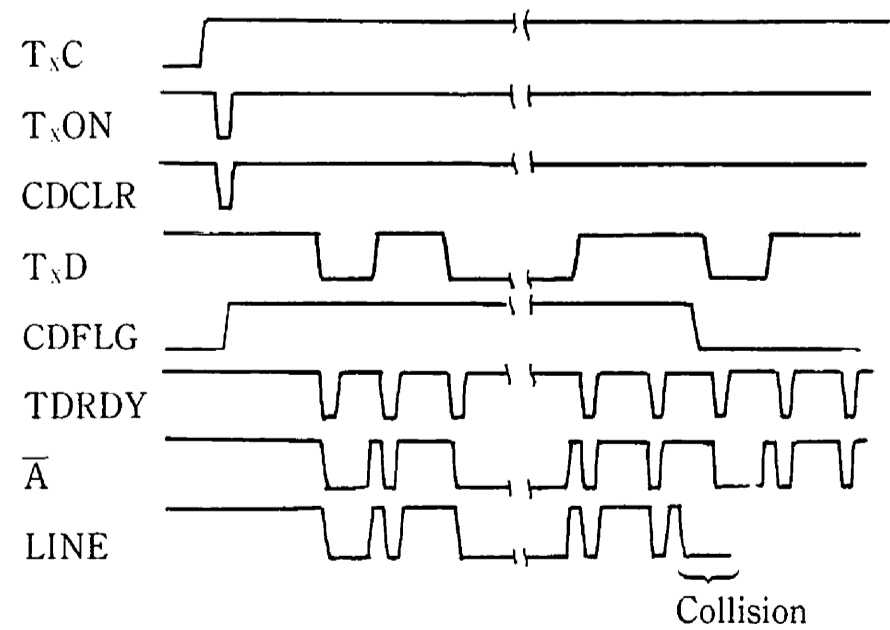


図4(a) LMC Net の I/F 回路



(a) 受信タイミング



(b) 送信タイミング

図4(b) LMC Net のタイミング図

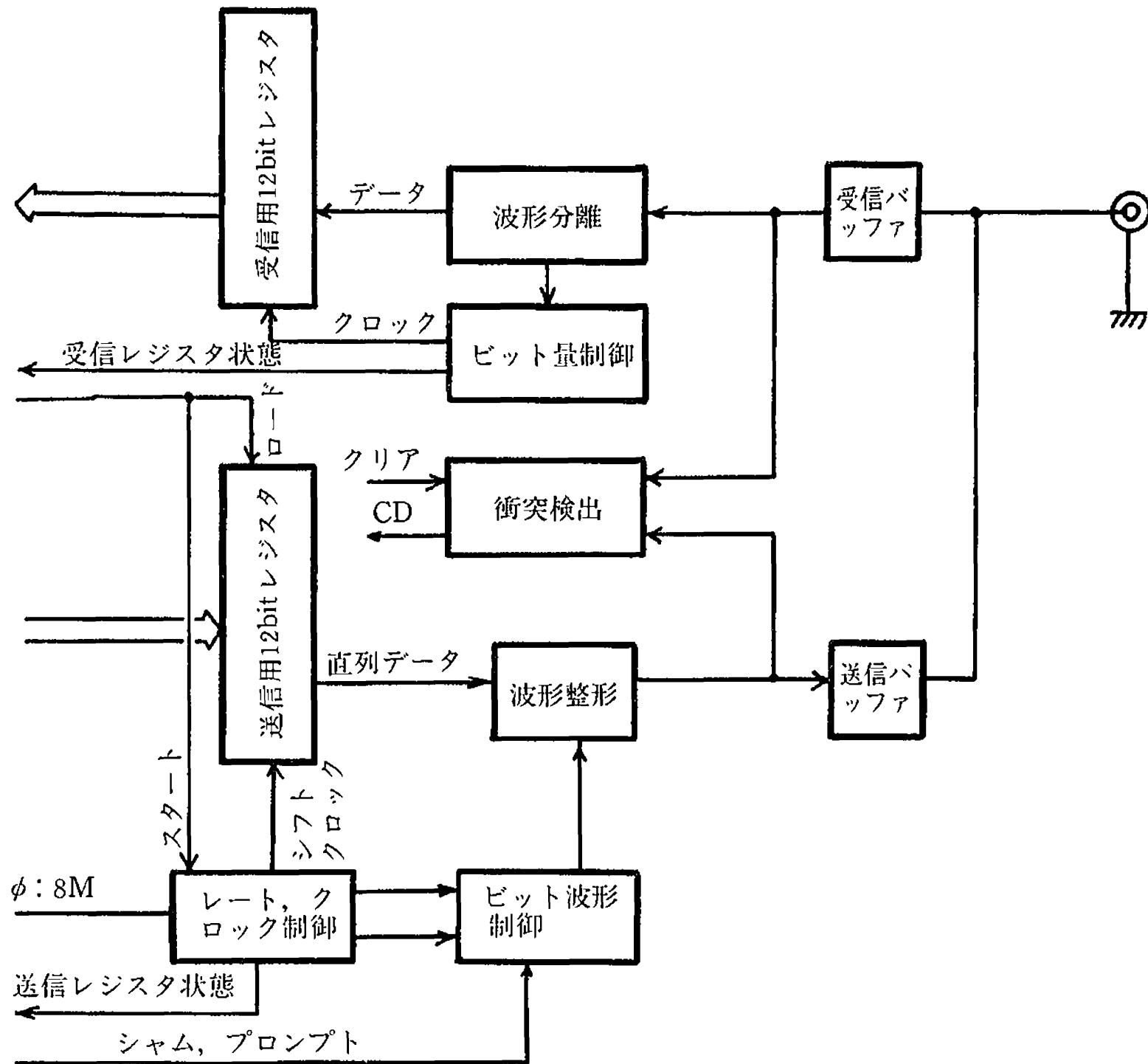


図5 さらに高速化のための構成

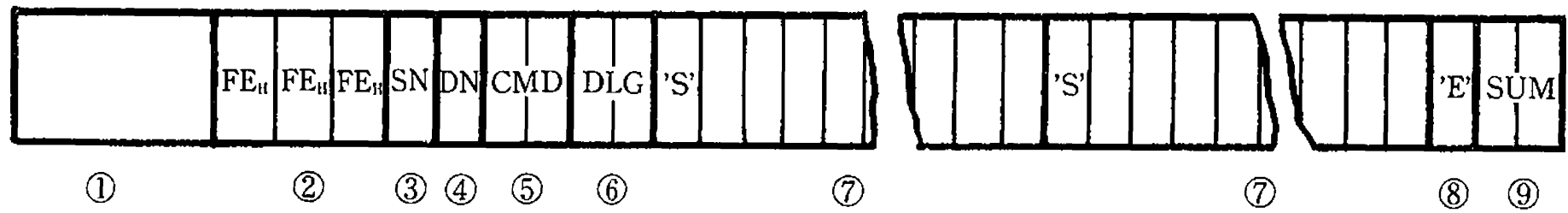
れは順に、

- 1) 受信プロットとヘッダー (5バイト)
- 2) ソースノード番号 (1バイト)
- 3) ディスティネーションノード番号 (1バイト)
- 4) 命令データ (2バイト)
- 5) データ長さ (2バイト)
- 6) データ
- 7) チェックサム
- 8) 確認受信

という形をとる。データは16バイトの1ブロックを形成し、アスキー 'S' ではじまるブロックと 'E' ではじまるブロックに区別される。'S' ではじまるブロックはデータの開始および中間であることを示し、'S' のあとに16バイトデータがつづく。'E' ではじまるブロックは、うしろにデータをもたない。これを図6に示す。1連のデータの最後にはチェックサム2バイトがつけられて、データの16バイトブロック化と合せて、受送信の确实性の確認となる。また、受信局はデータを正しく受信したことを送信局に知らせるために受信完了の確認コードを送りかえし

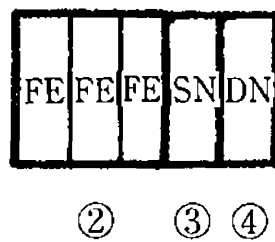
て来る。これらが一種のハンドシェークに似た通信方法である。通常の大型システムではチェックサムに合わせてCRCを受送信するが、ここでは簡易的にチェックサムとした。また、何かの事故（バスを他局が支配中に割り込んでデータを破壊する場合や、受信局不存在などの場合）が発生したときは、その回復と再通信の手段を持つようにするが、これについては次項に述べる。

また、受信はインタラプトで開始する。そのため送信データに先立ち、インタラプトを促がし、受信局がレジスタの退避などの送信前の作業を行う時間待つため、500 μ s ほどの低レベルパルスを送出する。これを受信プロンプトと言う。この考え方は他のLANには見かけられない LMC Net 特有のものである。この受信プロンプトには、このように受信催促の他、他の送信待ちをしているノードに対して占有権を確保したというステータスにもなる。



- 1 プロンプト
 - 2 ヘッダー
 - 3 送出ノード番号
 - 4 受信先ノード番号
 - 5 命 令
 - 6 データ長
 - 7 データフロック
 - 8 最終フロック
 - 9 チェックサムデータ
- } インフォメーション

a) 通常データ形式



b) アクノリッシュデータ形式

図6 データ形式

5. ソフトウェアの階層

ソフトウェアの階層は、FORTRAN, BASIC, PASCAL 等高級言語や、C やアセンブラで組み込んだ他の処理プログラムからサブルーティンとして CALL できる形を考えた。これらの

高級言語やアセンブラを上級階層とする。図8に示すように、受信と送信にわけられる。

最下層はハードウェアであり、ハードウェアを直接ドライブする OS (オペレーティングシステム) である。この最下層は本稿ではビット受送信となっており、その上にバイト送受信が入ってくる。このバイト送受信の上に、データバッファ管理や、データフォーマットの生成などがある。また、送受信ミスの検出をも含んでいる。

ここでソフトウェアを構成する最も大きな要素であるバス占有について説明する。この LMC Net はデータ線を同軸ケーブルとして、1本のケーブルに最大64台の機器が継がることを想定している。そしてこの中のただ1台がこのデータバスを支配するのであるが、同時に送信する状態となっている機器 (ノード) が数台あることが多いと考えられる。それらが競ってデータバス支配宣言を行うと、データバスはデータの衝突をおこすことになる。本稿で扱う LAN はこのデータの衝突は不可避であるとして、機器に優先順位をつけるとともに衝突からの回復方法によって正しく単一ノードに優先権を渡す手段をソフトウェアで実現しようとするものである。

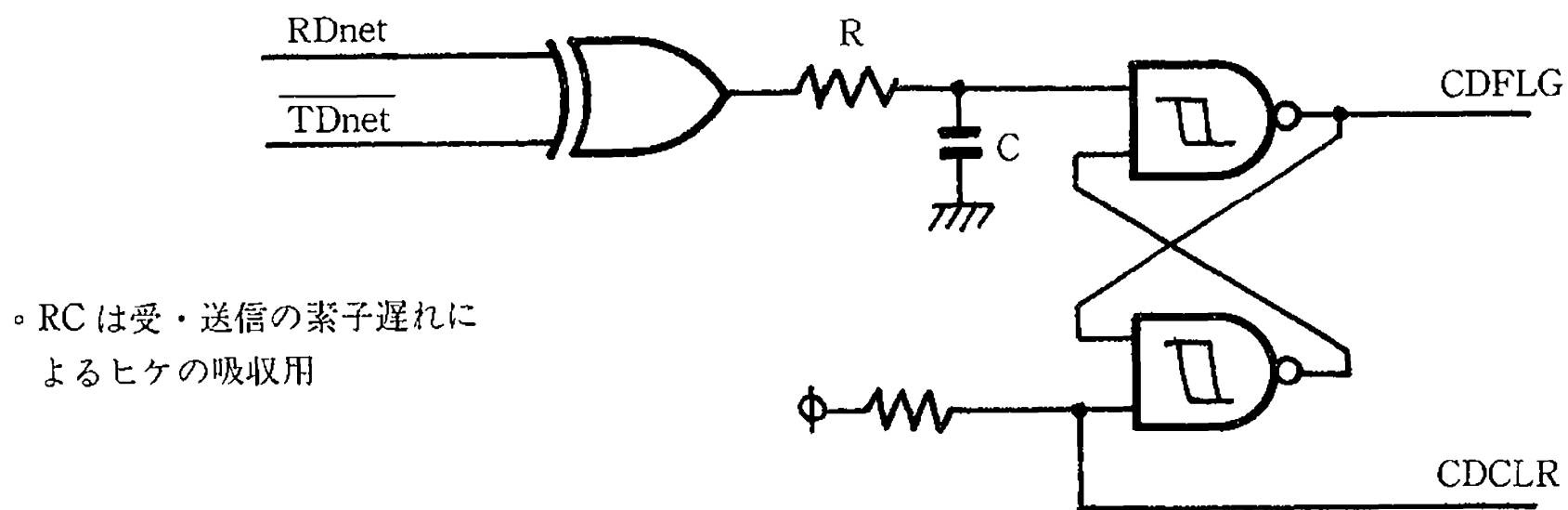


図7 衝突の検出回路

まず、衝突の検出 (Collision Detect; CD) を行う必要があり、これはハードウェアで図7のような回路を設ける。送信データと受信データは自己ノードが支配権を得ていれば一致しているはずであるので、Ex-OR 素子と R-S フリップフロップによってそれを確認する。もし不一致であれば、データの衝突を検出したことになる。CD があれば、そのノードはジャムパターンを送信する。このジャムパターンは、2 ms の間データバスを論理 'L' にホールドすることによって実現する。図4には、ワンショットマルチバイブレータを用いてこのジャムデータをハードウェアで検知する方法を示した。ジャムパターンを検知すれば、送出ノードを含めて、割りあてられた機器番号に比例した時間待機して、データバスが他のノードによって占有されているか調べ、占有されていないければ、データ支配宣言をする。データバス上にある機器はそれぞれのノード番号をもち、同一番号が重複していないはずであるので、番号の小さなノードは送信に対して絶対的な優先権を持つことになる。このデータバスの状態を調べるソフトウェ

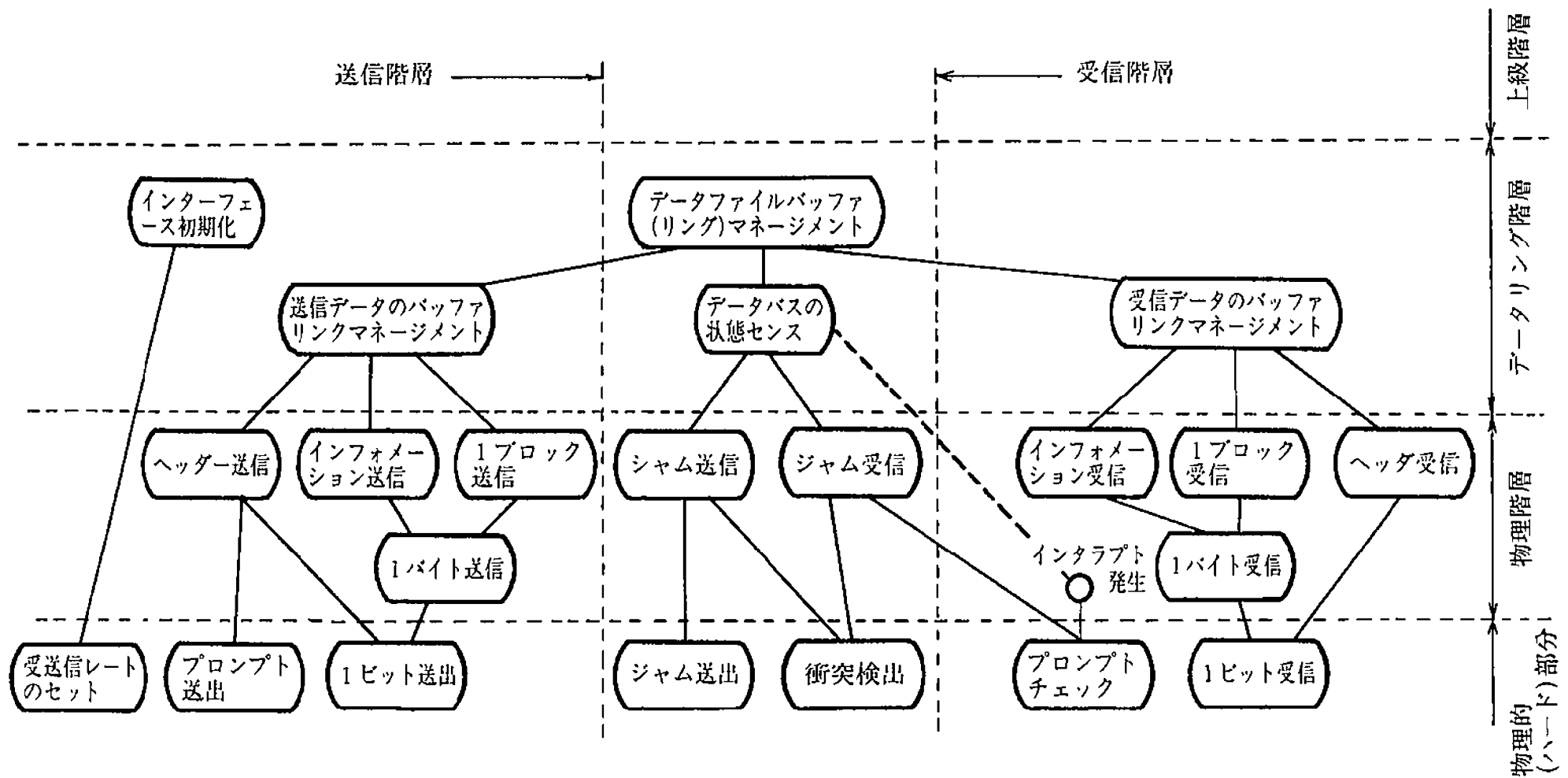


図 8 LMC Net の階層構造

アも含んでいる階層を図 8 に示す。ソフトウェアの最下層である物理的階層はハードウェアに依存する部分であり、ハードウェアや送受信のビット形状が変わっても、この物理階層を取りかえることで容易に移植できる。また、データバッファは送受信でそれぞれ 1KB 確保しており、リングバッファとなっており、データリング階層によって上級階層と物理階層を結合している。このルーティンの詳細は次に述べるようになっている。

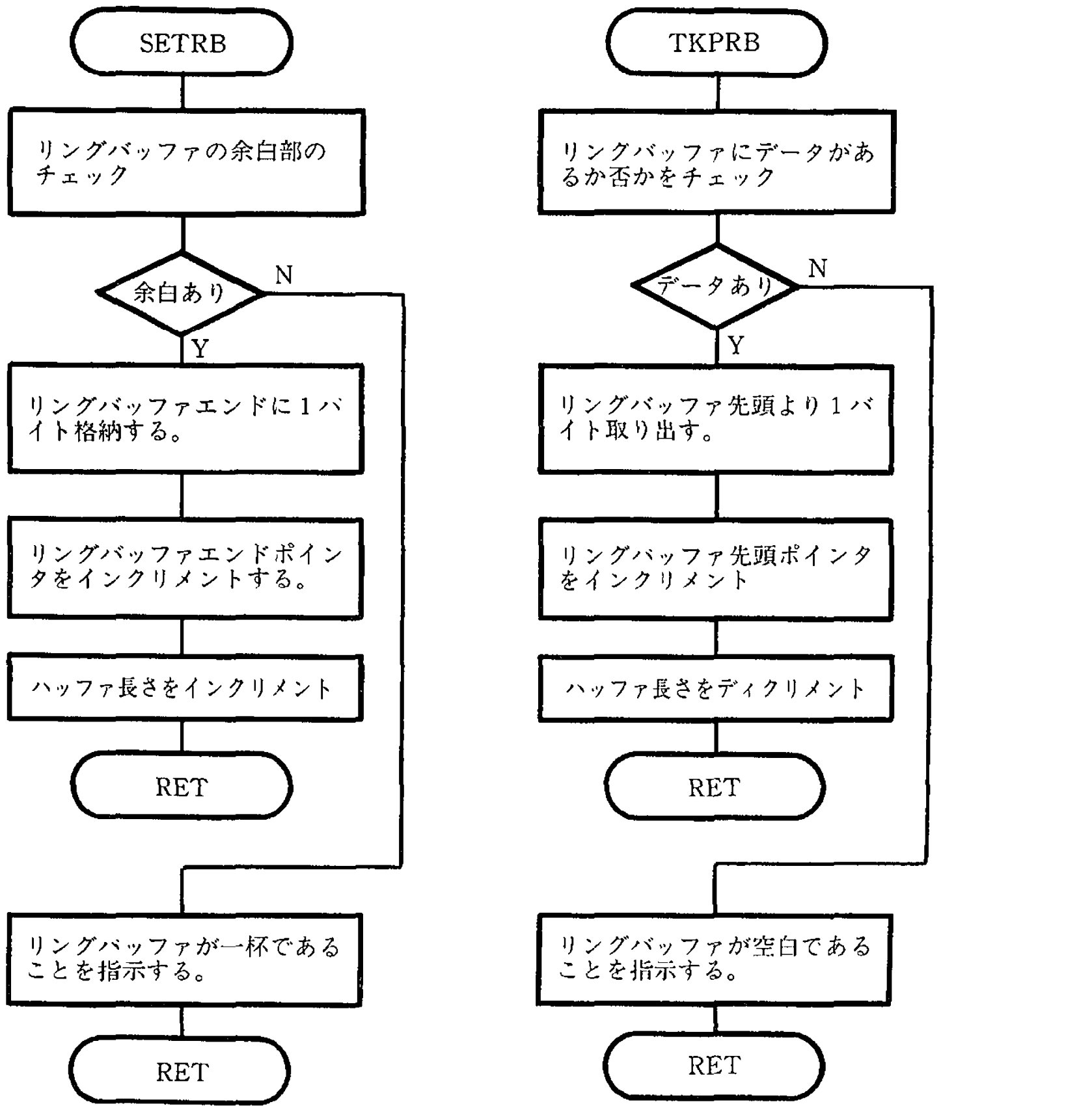
6. ソフトウェア

以下に示すソフトウェアは Z80, Zilog アセンブラで記述している。主としてデータリンク階層の一部を示す。

6-1 リングバッファとその管理

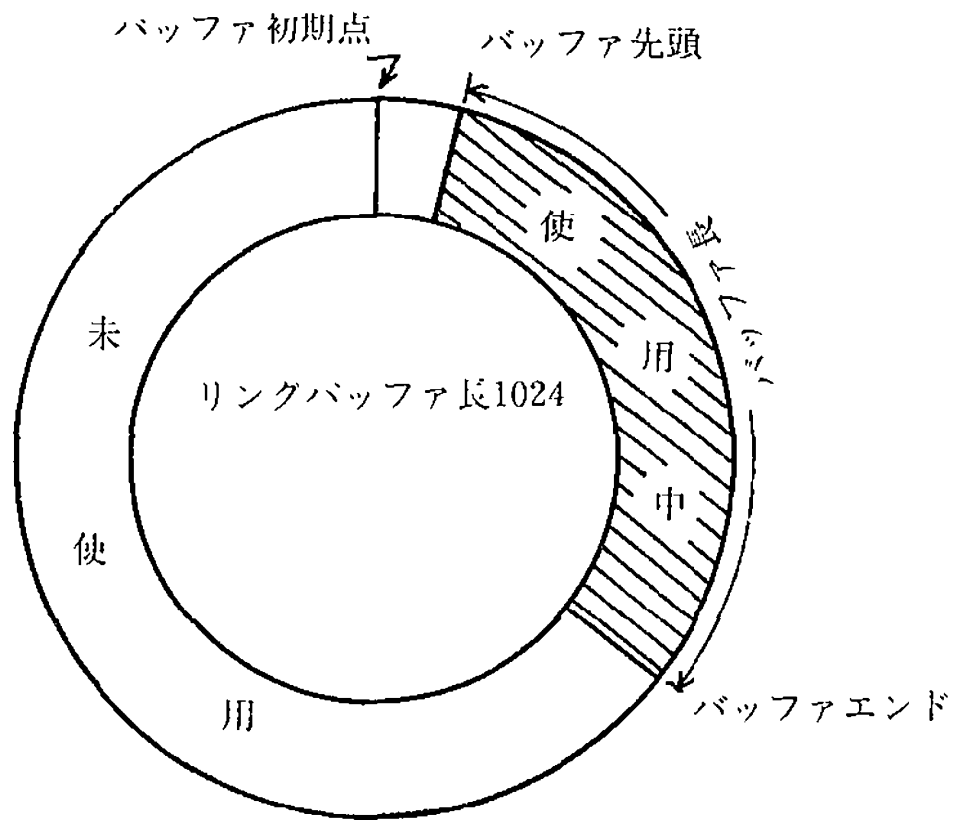
リングバッファは送信・受信の 2 つをもつ。送信用リングバッファは本質的には重要ではなく、システムのどの部分のデータでも送信可能であり、特にバッファとしてもつ必要はないがソフトウェアの上級階層がデータリンク階層を仲介して送信を要求した場合、バスの占有権を待期する時間ロスを避けるため、リングバッファを用いて主プログラムのスループットをあげるという働きをもつ。また、受信用リングバッファは、受信がインタラプトによって開始するため、上級階層のプログラムは受信を必要としたときのみ、受信完了している部分または、必要とする部分を受信用リングバッファより読み出せばよいことになる。

この 2 つのリングバッファは同一論理をもつため、図 9 に流れ図と概念図、リスト 1 にそのアセンブルリストを示す。このリングバッファの管理ポインタは 3 つあり、書き込み点 BT と読み出し点 TP をもち、このポインタは 0 ~ 1023 を循環する。また BT-TP に相当するバッ



a) リングバッファへの入力

b) リングバッファからの出力



c) リングバッファの概念図

図9 リングバッファ管理とリングバッファの概念図

論文：ローカルネットワークシステム (LMC Net) の開発

```

;-----
; RECV. RING BUFFER MANAGEMENT
;-----
;
; Initilize RECV. buffer
;
INTRBF: PUSH HL
        LD HL, MRBUF
        LD (RBFTRP), HL
        LD (RBFED), HL
        LD HL, 0
        LD (RBFLG), HL
        POP HL
        RET

;
; 2 byte accept and set buffer
;
R2BYTE: CALL RBYTE
        RET C
        LD C, A
        CALL RBYTE
        RET C
        LD B, A
        LD A, C
        CALL SETRB
        LD A, B

;
; store 1 byte in ring buffer
;
SETRB: PUSH HL
        PUSH DE
        LD HL, (BUF2)
        LD DE, 1024
        EX DE, HL
        OR A
        SBC HL, DE
        JR Z, LRBO
        JR C, LRBO
        INC HL
        LD (BUF2), HL
        LD HL, (BUF3)
        LD (HL), A
        CALL RINGINC
        LD (BUF3), HL
        OR A
        JR LRBO+1

LRBO: SCF
        POP DE
        POP HL
        RET

;
; Take up 1 byte from RECV. buffer
;
T1PRB: PUSH HL
        PUSH DE
        LD HL, (RBFLG)
        LD A, L
        OR H
        JR Z, LRBO
        DEC HL
        LD (RBFLG), HL
        LD HL, (RBFTRP)
        LD A, (HL)
        CALL RINGINC
        LD (RBFTRP), HL
        JR LRBO-3

;
; Take up 2 byte from RECV. buffer
;
T2PRB: CALL T1PRB
        LD E, A
        CALL T1PRB
        LD D, A
        RET

;
RINGINC: PUSH BC
        PUSH AF
        LD A, H
        AND FCH
        LD C, A
        INC HL
        LD A, H
        AND 3
        OR C
        LD H, A
        POP AF
        POP BC
        RET

```

LIST 1 リングバッファの管理

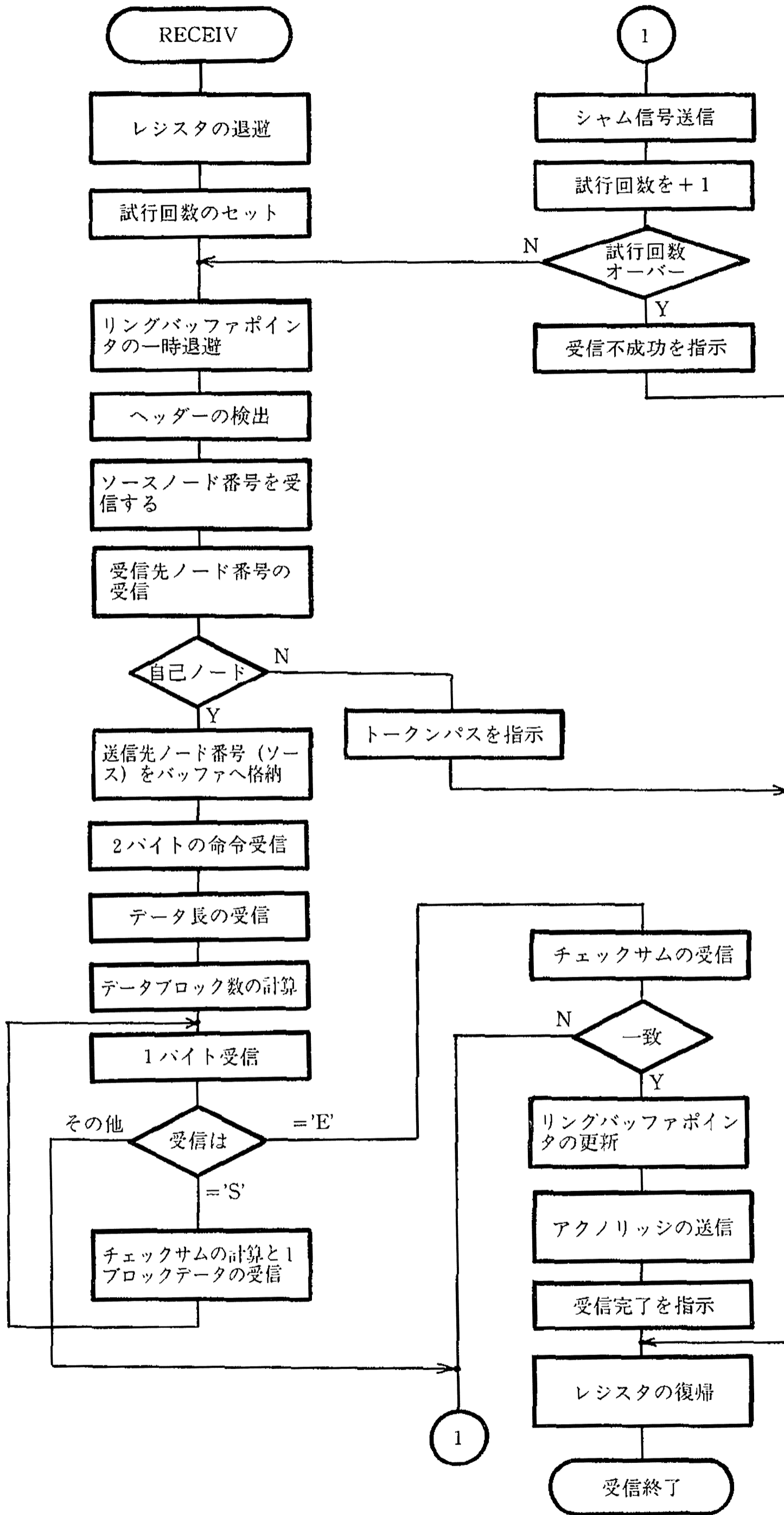


図10 受信ルーティンのフロー

論文：ローカルネットワークシステム (LMC Net) の開発

```

;-----
; Receive routine for LMC NET
; operated by interrupt.
;-----
RECEIVE:
    PUSH HL
    PUSH DE
    PUSH BC
    PUSH AF
    EXX
    PUSH HL
    PUSH DE
    PUSH BC
    EXX
    LD A,0
    LD (ERRCN),A
RECV4: LD HL,(RBUF0)
    LD (BUF3),HL
    LD HL,(RBUF1)
    LD (BUF2),HL
    LD (BUF1),HL
    CALL CHECKAD
    JP C,RECV8
    CP FFH
    JP NC,RECV9
    LD (DISTN),A
RECV0: CALL RBYTE
    JR C,RECV8
    LD C,A
    LD A,(MYAD)
    CF C
    JR NZ,RECV9
    LD A,(DISTN)
    CALL SETRH
    CALL R2BYTE
    JR C,RECV8
    CALL R3BYTE
    JR C,RECV8
    LD A,C
    ADD A,15
    JR NC,TR0
    INC B
TR0: AND F0H
    LD C,A
    LD HL,(RBUF0)
    ADD HL,0C
    LD A,H
    CP 4
    JR NC,RECV9
    POP HL
    LD HL,0
    LD (CHKSUM),HL
    POP HL
RECV3: CALL RBYTE
    JR C,RECV8
    CP FF
    JR Z,RECV4
    CP 0
    JR NZ,RECV5
    LD R,16
RECV2: CALL RBYTE
    JR C,RECV8
    CALL R4BYTE
    CALL SETP0
    DJNZ RECV2
    JR RECV3
;
RECV4: CALL R2BYTE
    JR C,RECV8
    LD HL,(CHKSUM)
    XOR A
    SBC HL,0C
    JR NZ,RECV5
    LD R,2
    LD HL,(BUF3)
    OR A
    SBC HL,BC
    LD (RDFED),HL
    LD HL,(BUF2)
    OR A
    SBC HL,BC
    LD (RDF16),HL
    CALL TRSA0
    XOR A
    JR RECV7
;
RECV9: LD A,2
    JR RECV7
;
RECV8: LD A,1
    JP RECV7
;
RECV5: CALL LAM
    LD A,(ERRCN)
    DEC A
    LD (ERRCN),A
    JP NZ,RECV6
    LD A,3
RECV7: LD (ERRNO),A
    EXX
    POP BC
    POP DE
    POP HL
    EXX
    POP AF
    POP BC
    POP DE
    POP HL
    EI
    RETI

```

LIST 2 受信ルーティン

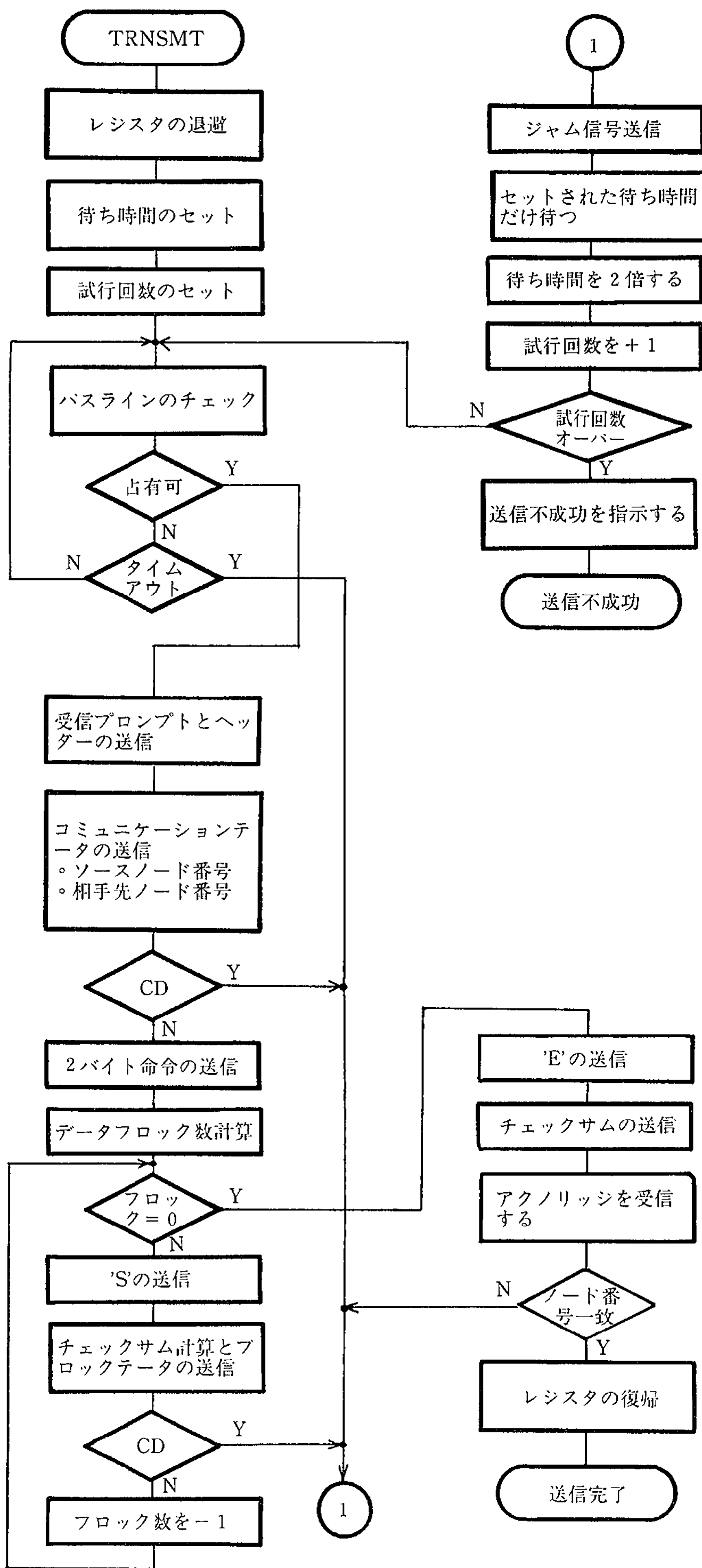


図11 送信ルーティンのフロー

論文：ローカルネットワークシステム (LMC Net) の開発

```

;-----
; Transmitter routine for LMC NET
;-----
TRANSMIT:
    DI
    PUSH HL
    PUSH D
    PUSH BC
    EXX
    PUSH HL
    PUSH DE
    PUSH BC
    EXX
    LD  A,(MYAD)
    ADD A,0
    ADD A,0
    LD  (WAIT),A
    LD  A,5
    LD  (ERRCN),A
TRM00: CALL ENCH
    JR  NZ,TRM00
    LD  A,5
    JR  TRM7
TRM05: CALL SHEAD
    LD  A,(MYAD)
    CALL SBYTE
    LD  A,(DISTN)
    CALL SBYTE
    CALL CDCH
    JP  Z,TRM01
    LD  HL,(SCHD)
    CALL SBYTE
    LD  HL,0
    LD  (CHKSUM),HL
    LD  HL,(TRFLG)
    CALL SBYTE
    LD  B,4
TRM1:  SRL  H
    RR  L
    DNZ TRM1
    LD  A,(TRFLG)
    AND OFH
    JR  Z,TRM2
    INC HL
TRM2:  LD  (SLEN),HL
    LD  C,L
    LD  D,H
TRM5:  LD  A,C
    OR  B
    JR  Z,TRM6
    LD  HL,(TRFLG)
TRM6:  LD  A,S
    CALL SBYTE
    LD  B,12
TRM4:  LD  A,(HL)
    INC HL
    CALL SBYTE
    CALL SBYTE
    DNZ TRM4
    CALL CDCH
    JP  Z,TRM00
    LD  BC,(SLEN)
    DEC  BC
    LD  (SLEN),BC
    JR  TRM5
TRM6:  LD  A,FE
    CALL SBYTE
    LD  HL,(CHKSUM)
    LD  A,L
    CALL SBYTE
    LD  A,H
    CALL SBYTE
    CALL RECD
    JR  C,TRM8
    XOR  A
TRM7:  LD  (ERRNO),A
    EXX
    POP  BC
    POP  DE
    POP  HL
    EXX
    POP  BC
    POP  DE
    POP  HL
    EI
    RET
;
TRM8:  CALL TJAM
    PUSH BC
    LD  A,(WAIT)
    LD  C,A
    LD  A,R
    ADD A,C
    CALL AWAIT
    LD  A,C
    ADD A,A
    LD  (WAIT),A
    POP  BC
    LD  A,(ERRCN)
    DEC  A
    LD  (ERRCN),A
    JP  NZ,TRM00
    LD  A,3
    JR  TRM7

```

LIST 3 送信ルーティン

ファ長さを管理ポインタとしてもつ。それぞれのポインタはリングバッファへの入力・出力によって増減することになる。

6-2 受信ルーティン

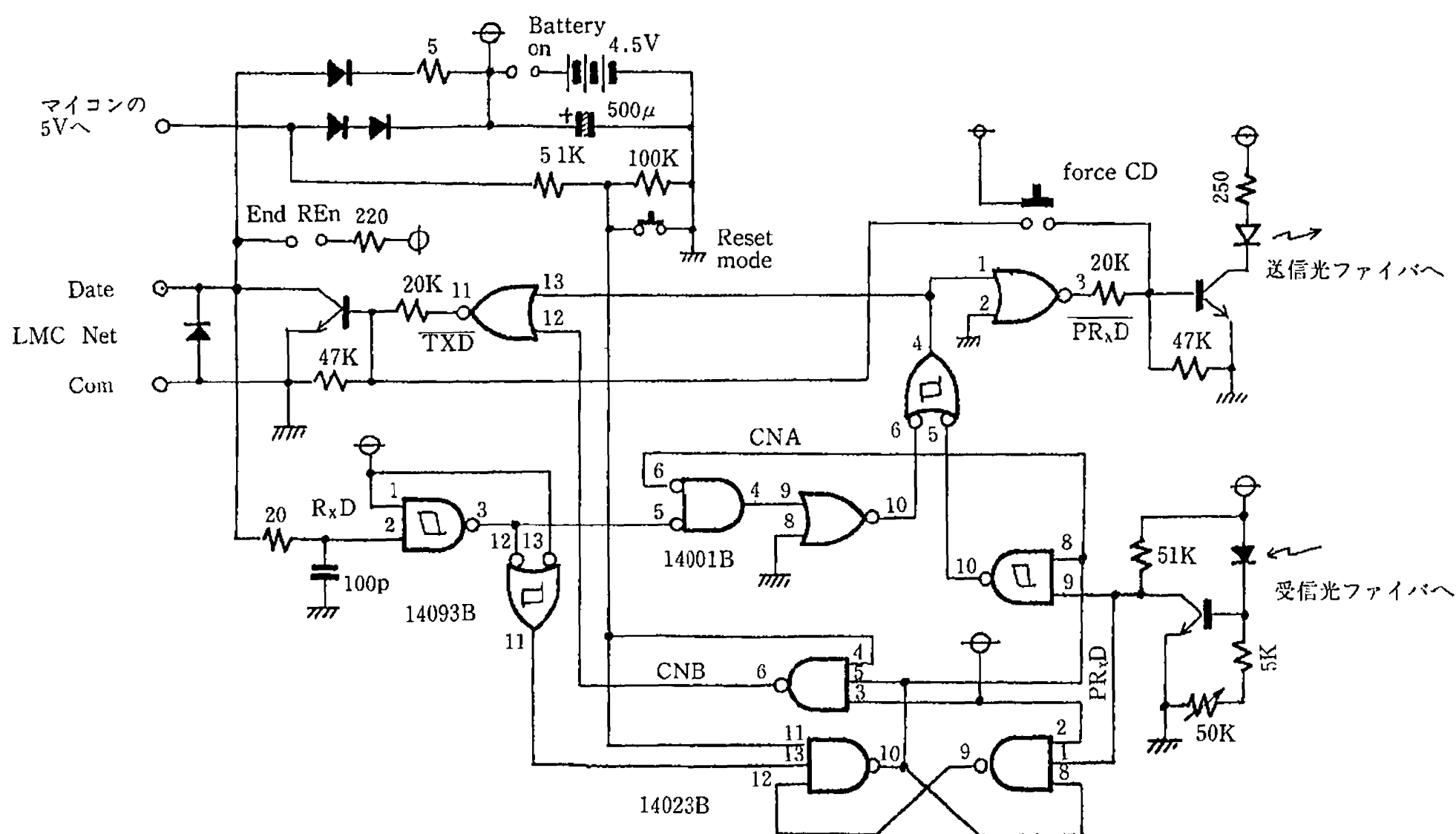
受信ルーティンはインタラプトにより起動される。まずレジスタを退避させたのち、第4項に示したデータ構造をリングバッファ内に入れてゆくが、途中でバッファが一杯となったときには、ジャムパターンを送信して、今までの受信はなかったこととして、送信ノードに再送信を促がすことになる。インタラプトより起動したルーティンはディスティネーションノード番号まで受信できたなら、ディスティネーションノード番号が割り当てられている自己ノード番号と一致するかのチェックを行う。一致していれば受信を続行するが一致していなければ受信を打ち切り、退避したレジスタを回復し、インタラプトセンスを ON してメインルーティンへもどる。自己ノード番号がアクセスされていれば、受信を決められたバイト数だけ行い、完了後には、受信完了コード（受信アクリッジ）をデータ長さ D として第4項に示した1)～4)を、データタイプ 'Q' として送信する。(6-1項と同じように流れ図とアSEMBルリストを図10, リスト2に示す。)

6-3 送信ルーティン

上級階層が送信を指示することで起動する。その時にはたいてい送信用リングバッファには送信データが格納されているはずである。まず、このルーティンは、データバスのセンスを行い、他のノードがバスを占有しているか否かのチェックを行う。占有中であれば、送信未完了のフラグをセットして上級階層へもどる。占有していなければ、受信プロンプトからはじまる第4項に示すデータパケット（一群のデータをこう呼ぶ）を送信するが、ディスティネーションを送ったあとと、データ部分を送ったあとでそれぞれ衝突検出 (CD) を行い、衝突があれば自己ノード番号×1ms 待ったのち再送信を開始する。また、送信が完了したあとで、受信アクリッジを受けとる。その時、送受信のノード番号が送信データパケットに含まれていたノード番号に一致していたら送信未完了フラグをリセットして上級階層へもどる。一致していなかったり、途中で CD があれば、5回まで再送信を試みる。この再試行回数が5回を越えると送信未完了フラグをセットするとともに再試行回数が over した旨を上級階層へ伝える。(図11, リスト3)

6-4 アクリッジ受送信ルーティン

LAN システムでは一連のデータの通信に1バイトずつの CD を行っていたのでは、伝送速度が著しく低下してくる。そこで本報告ではデータの単位パケット (16バイト) ずつで行う方法をとった。しかし、他の LAN と異なるように、無条件にデータバスに送信要求を出してデータバスの占有権を獲得する方法を採用していない。この方法はデータバスの使用頻度の小



モート制御入力						
CNA	CNB	CNC	\overline{T}_D	R_D	\overline{PT}_D	PR_D
0	0	1	存在せず			
1	0	1	$=\overline{PR}_D$	X	$=\overline{PR}_D$	入力
0	1	1	L	入力	$=R_D$	X
1	1	1	L	X	$=\overline{PR}_D$	入力
1	1	1	L	X	$=\overline{PR}_D$	入力

図12 LMC Net 光リンク I/F 回路

のため、光伝送ではループネット型となる。

光伝送用のノードは、図12に示すようなハードウェアとなる。このハードウェアの基本は、光受信線と同軸ケーブルのどちらに速く信号が到達したかを判断して、同軸ケーブルから光ケーブルへか、光ケーブルから同軸ケーブルへかの伝送方向の制御を行い、光ケーブルの送受信が常に同時に行われるようにしているものである。そのためすべての信号は判断されずに光ケーブルと同軸ケーブルで同じものが同時に伝送されていることになる。

8. おわりに

ボードコンピュータを含めパーソナルコンピュータがきわめて容易に手に入るようになったことは、実験を行う方法を大変革していることは疑いもない。そこには、大容量のデータを利用して正確かつ詳細に実験成果をあげられることを意味している。また、単一のデータを多角度から分析する方法も可能となってきた。しかし、実験手段として自動化できるときの最大のネックは集めたデータをいかに高速に分析し、かつマイクロコンピュータをその周辺機器を含

めて、いかに有効に利用し得るかということであろう、そのためには、マイクロコンピュータに比較的フレキシビリティのあるプログラムを入れて利用することは勿論であるが、ある程度の専有化（専用化）をして、複数のマイコンによる同時分析、同時制御ということが重要な課題となり得ることが明白のように感じる。すると必然的に容易でかつ高性能の通信手段を作り出す必要がある。そのために LAN は有効な手段となり得る。本稿の基本的な概念は文献1)を参照しているが、さらに高速化するためと、通信の同期のとり方で根本的なちがいがあある。文献1)での欠点となり得るような所を改良して開発したものである。

なお、本稿で記述したものは、まだ十分に完成したものではなくバグ等があることが十分に予想できるが、考え方として報告とする。

この LAN は非同期式の通信の一種であり、RS-232C の伝送方式と合せている。そのため、ボーレートさえ一致させれば（転送の速度の大幅なダウンとなるが）RS-232C とのインターフェースは容易である。そのため大型計算機センターマシンとして実験に利用することもそれほど困難を生じないと思われる。将来、このようなコンピュータ同士の有機的結合を計画しており、また機会があれば報告する予定である。同時に学内のマイコン利用者とのファイル交換をこの LMC Net を通じて行えるならば更に一層有意義なものとなると考えている。

(1983年12月15日 受理)

参考文献

- 1) 阿江 他：インターフェース 66 (1982-11)
- 2) 阿江 他：ローカルネットワーク (1983) CQ 出版