

HDLC 手順によるトークンリング方式 LAN の開発

加藤厚生*・青木徹彦**・董 屏***・羅 志偉***

A Development of a Token Ring LAN Formed by the HDLC Procedure

Atsuo KATO, Tetsuhiko AOKI,
Ping DONG and Zhiwei LUO

This paper expressed a LAN (Local Area Network) connect fifty personal computers that is equipped in the classroom.

The physical structure of this LAN is in the form of optical fiber ring. The control of the transmission is based on token. The node that has got the token send the data packet by non select holding following the HDLC procedure. The control field of HDLC procedure do creating and testing by software. The hardware system is made by using Z80 family IC, and also use 8255 to control the Audio Visual Device. The software system is made by reference to the ISO layer structure model.

The data transmission rate has come to 500Kbit/s.

The size of data frame is up to 2Kbyte by 256byte unit, and 16Kbyte by 2Kbyte unit.

Now ten node has been made to be used in the experment.

1. はじめに

身近なマイクロコンピュータLSIとして数多く使われているZ80ファミリICを用いて、低価格で簡便なLAN (Local Area Network) を開発した。

LANは、同一構内に設置された情報機器を結合するデジタル通信網である。

本LANは、当初、教室内に設置された50台程度の教育用マイコンを結び、CAIシステムを構築する目的で開発に着手した¹⁾²⁾³⁾。その際、各マイコンに必要なCAI用ソフトウェア及びコースウェアは、それぞれにディスクで供給し、LANには制御情報だけを乗せることにしたので、もともと負荷の軽いLANとして出発したが、結果的に500Kボー (baud=bit/sec) の転送速度を実現できたため、小規模な汎用LANとしての実用性を果たせることが出来た。

2. ネットワークの概要と本システムの特長

LANは図1に示すように、大別してバス形式、ツリー形式、リング形式に分けられる⁴⁾。一方、情報伝送媒体としては一般に、電導線 (同軸ケーブル、ツイストペア

線)、光ファイバ、無線伝送が使われている⁵⁾。

ここに報告するLANは、構造的にはリング状になっているが電気的には直通的経路で結ばれた、バス形式になっている。データの送信権は一個のトークン (token) によって制御する⁶⁾。トークンは複数のノードが同時にデータを送信しないように調停する送信権標識であり、1個のトークンをリング上に巡回させる方式は単一トークンリング方式と言われる。伝送媒体にはプラスチック光ファイバを用いた。プラスチック光ファイバは減衰が大きいので、市販の発光・受光素子と組み合わせて用いる場合、たかだか30mの伝送距離しか保障されていないが、教室にネットワークを組むこのシステムでは十分な距離である。

従来のトークンリング方式LANでは、トークンを獲得して送信権を得たノードがデータ・パケットを発送したとき、このノードから受取側ノード迄に介在する全てのノードが、いちいちパケットの宛先をチェックしてから自分宛でないパケットを下流へ流すため伝送速度が低下し、いっぽう高速転送を行うシステムでは高度の技術が要求された。本システムの特長は、トークンコントロールとHDLC手順⁶⁾⁷⁾⁸⁾ (High level Data Link Control Procedure) を組み合わせて使うことによって自分宛のパケットだけを取り込み、他のパケットには干渉しない

* 電子工学科

** 土木工学科

*** 蘇州大学

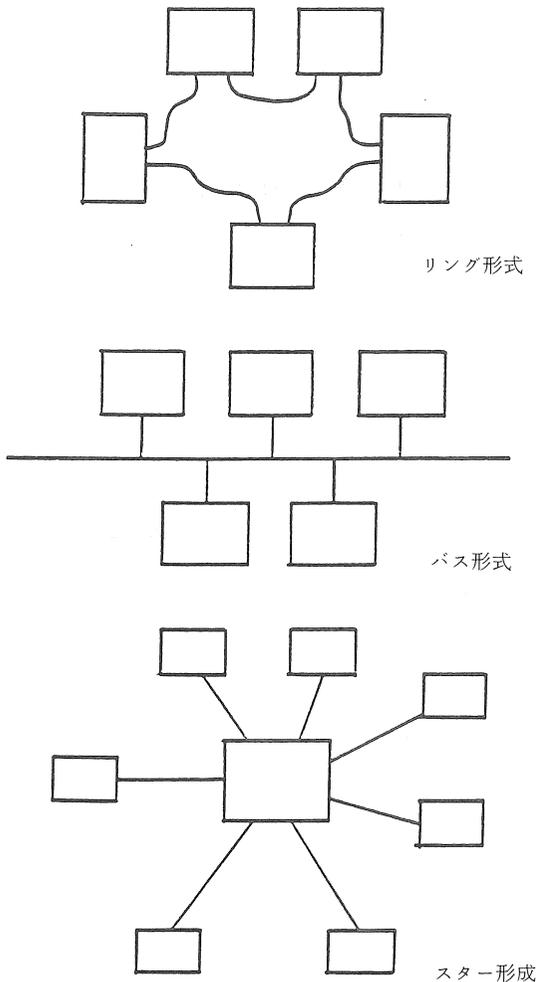


図1 LANの一般的形式

機能を簡易に実現したこと、および、この機能によりシステム全体のスループット向上を実現したことにある。

本LANを用いたネットワークの構成例を図2に示す。

3. 動作概要

3.1 初期状態

電源投入またはリセットをすると、ノードは受信オンリ状態(図2参照)になる。全てのノードが正常に起動して受信オンリ状態になると、各ノードで光一電的に中継されてはいるが、信号は直通するリングが形成される。

3.2 トークンの発送

この状態で、まずアドレス1のノードが自から発送する情報を持たないときは、次のノードを指定するアドレ

スを持ったトークンを発送する。

3.3 HDLC手順によるデータリンク

トークンにより送信権を獲得したノードが自ら発送すべき情報を持っているときは、HDLC手順の1次局となり、受取側ノードを2次局としてポイントツーポイントでデータリンクをする。また、アドレス1のノードは教師用のノードとして用いるため、ブロードキャスト用にマルチポイント・データリンクも可能とした。図3にデータリンクの2形式を示す。

各ノードはデータ送信に必要な時間だけ送信状態になり、HDLCの特長の1つであるノンセレクト・ホールディングを保証している。

3.4 障害の処理

トークンで指定されたノード、または2次局としてリンクされている局が一定時間内に応答しない場合はタイムアウトとし、このノードを事故扱いにして次のノードへトークンを廻す。事故中のノードは受信オンリ状態、または信号通過の状態になる必要があり、そのために必要な回路の電源はバッテリー・バックアップした。

4. ISO階層構造参照モデルの適用

ノードの論理構造はISO提唱によるLANの階層構造参照モデル(図4a)を出来るだけ採り入れ、システム構造を読み易くするよう心がけた。その結果、図4bに示すように、ノードには下位から物理層、データリンク層、ネットワーク層、トランスポート層を受け持たせることになった。上位のセッション層、プレゼンテーション層、応用層は、CAI端末となるマイコンにその機能を持たせなければならない。

ISOの階層構造参照モデルは、如何なる複雑なシステムにも対応できるように提唱されたモデルであるため、本LANのように簡単なシステムでは不要とする層もあるが、一応各層に機能を振り分けたので上位層から順に述べる。

4.1 応用層

プログラム学習用のCAIプロセスが、LANをアクセスするための手段を提供するのがこの層の目的となる。そのために表1に示すコマンドを定義し、CAIプロセスの中から使用できるようにした。

4.2 プレゼンテーション層

自局と他局が使う文字コードや制御コード、及び表現形式の差異を調整する層である。

全てのCAIプロセスが同一の文字コードを使い、制御コードおよび表現形式も統一すれば、この層は不要となる。

4.3 セッション層

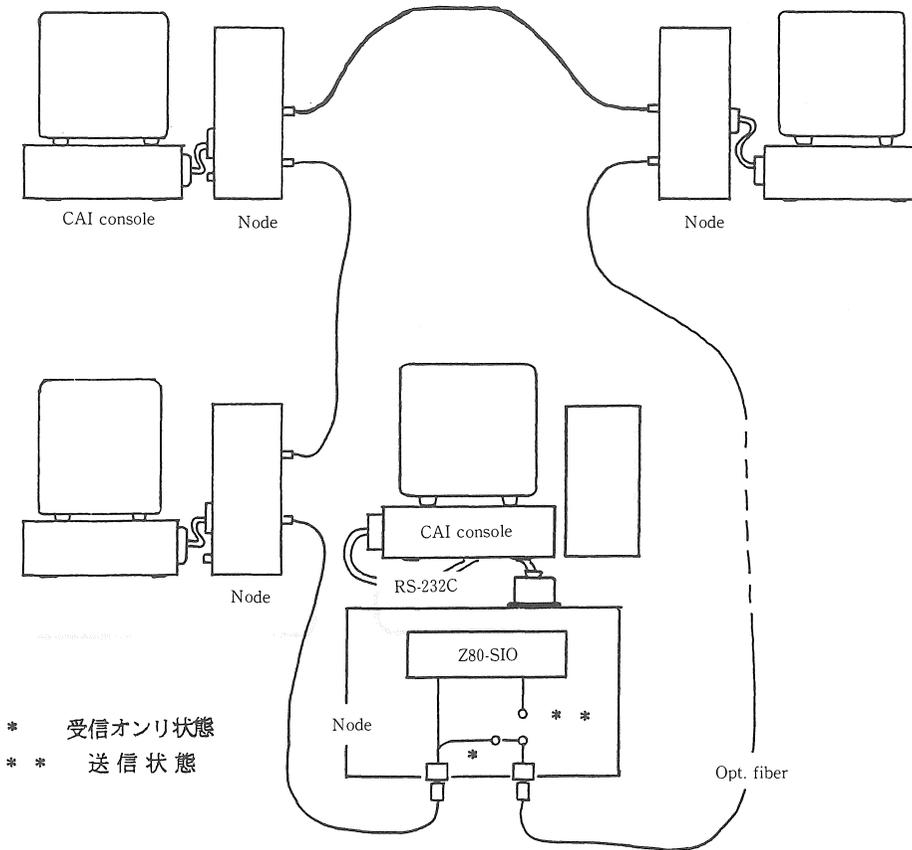


図2 本LANの構成例

CAI 端末とノード間のデータ転送機能を受け持たせる。データを優先順位に従って転送する。データの流量制御をする。

4.4 トランスポート層

セッション層に対してデータ転送サービスを行う。データファイルを結合/分離して転送可能なサイズにする。転送順位を制御する。

4.5 ネットワーク層

トークンを廻して送信権の制御を行う。

4.6 データリンク層

(論理リンクサブ層)

HDLC 制御フィールドを生成/検査してデータリンクを確立する。

(メディアアクセスサブ層)

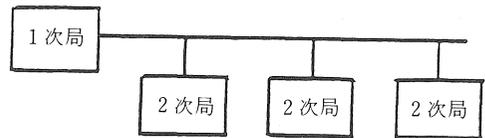
Z80-SIO の SDLC 機能を使って、アドレス指定によるノードのアクセス制御と、CRC によるビット誤りの検査を行う。

4.7 物理層

データパルスと同期パルスの重量と分離、送信切り替



ポイントツーポイント



マルチポイント

図3 データリングの2形式

え回路の制御、光一電変換を行う。

5. HDLC 手順

転送フレームは、図5に示すようにZ80-SIOのSDLC機能に制御フィールドをソフトウェアで追加して、HDLC手順に適合する構成とした。HDLC制御コマ

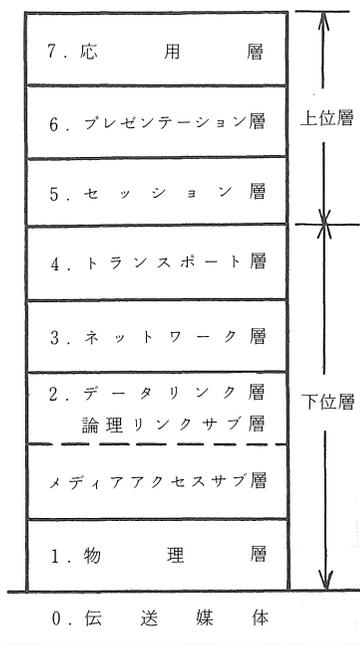


図4 a. ISO階層モデル

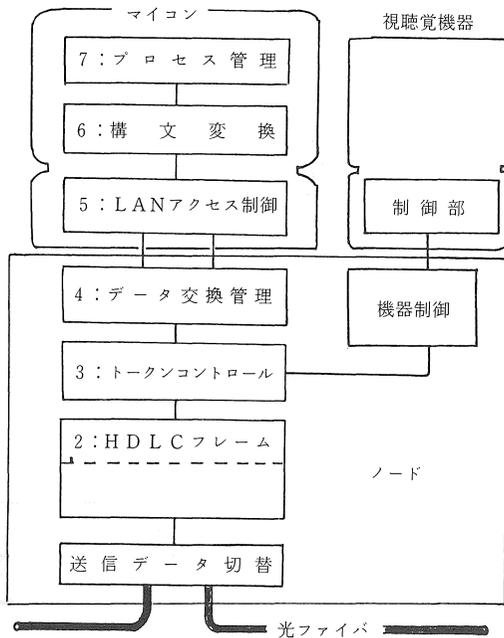


図4 b. 本LANへの適用

CAIプロセスからのコマンド

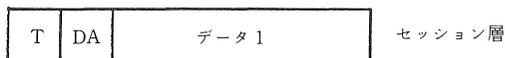


CAIプロセスからのデータ



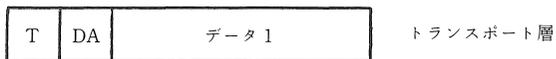
データ2は引続いて送信する

- OF : 開始フラグ
- DA : 送り先アドレス
- C : 制御フィールド
- I : 情報フィールド
- SA : 発送元アドレス
- CRC : 誤り検査符号
- CF : 終了フラグ

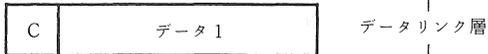


セッション層

RS-232C



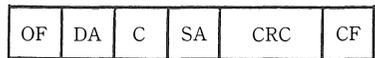
トランスポート層



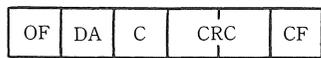
データリンク層



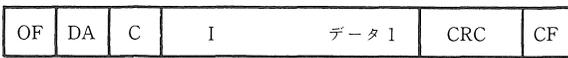
トークン・フレーム C=U I



テスト・フレーム C=TEST



その他の制御フレーム



情報フレーム

図

表 1 CAI 端末装置から LAN をアクセスするコマンド

CAI 用コマンド	機 能
B コマンド	送信権を強制的に奪い、全 CAI 端末へデータを送る。
L コマンド	LAN の供用を開始する。
S コマンド	動作可能ノードを探す。
T コマンド	送信先アドレスを指定して、データを送信する。

表 2 使用した HDLC コマンドのその機能

HDLC コマンド	
RR コマンド	1 次局の受信バッファが空の時、2 次局の受信バッファが空かどうかを問い合わせる。
RR レスポンス	1 次局が送信した RR コマンドまたは RNR コマンドに対して 2 次局の受信バッファが空であることを通知する。
RNR コマンド	1 次局の受信バッファが満たされている時、2 次局の受信バッファが空かどうかを問い合わせる。
RNR レスポンス	1 次局が送信した RR コマンドまたは RNR コマンドに対して、2 次局の受信バッファが空でないことを通知する。2 次局から 1 次局へ送信する情報が無い事を告げる。
SIM コマンド	1 次局が 2 次局に指示する、初期モード設定命令。
DISC コマンド	1 次局が 2 次局に通知する、通信終了コマンド。
UP コマンド	アドレス 1 のノードから全局へのマルチポイント通知。
UA レスポンス	2 次局から 1 次局へ SIM、DISC コマンドを受信したことを通知する。
UI コマンド	トークン
FRMR レスポンス	2 次局が未定義または実行できないフレーム、無効番号を持つフレームを受信した時に送信する、拒絶通知。
TEST コマンド	1 次局から 2 次局へ送信データがある事を知らせる。
TEST レスポンス	TEST コマンドに対する 2 次局のレスポンス

ンドのうち表 2 に掲げるコマンドを使った。その中でも「UI」はトークンして、「UP」はマルチポイント・データリンク・コマンドとして本来の HDLC 手順の定義とは異なる使い方をした。HDLC 制御フィールドの生成と検査はすべてソフトウェアで行った。

HDLC 手順によるデータリンクの一例を図 6 に示す。

ノードと CAI 端末とは、通常 9600 ボーまでの RS-232C でデータ伝送をする。

この部分のデータ伝送速度が、ネットワーク上のデータ伝送速度に比べて著しく低いので、ノード内に 16K バイトのバッファを 3 本(送信、受信、マルチポイント受信)設け、ネットワークの渋滞を軽減した。

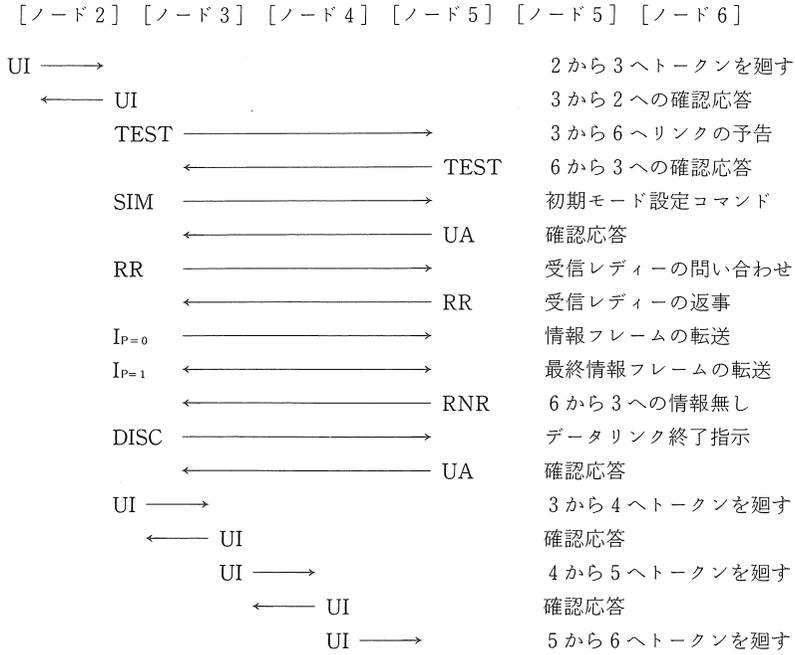
アドレス 1 のノードと教師用端末とはパラレル通信を可能とした。

6. ハードウェアの構成

ハードウェアは図 7 に示す構成とし自作した。プリント基板は原図を描いて基板メーカーへ発注しているので、必要数を容易に作成出来る。

2 個の Z80-SIO のうち 1 個は LAN 用にもちい、他の 1 個は CAI 端末装置との通信にもちいている。LAN 上の転送レートを上げるため Z80-DMA を搭載し、かつ送・受信専用それぞれ 1 個を用いてレジスタの書換え時間を無くした。Z80-CTC は下流のノードからの応答時間を監視するワッチドッグタイマ (watch dog timer) および RS-232C 用クロックパルス発生器などとして用いている。

8255 は AV 機器を制御する目的で設けたが、アドレス 1 のノードについては教師用端末とのパラレル転送ボー



アドレス 2 のノードから 3 のノードへトークンが廻って来たとき、ノード 3 がノード 6 へ送るデータを持っていた場合のデータリンク手順を示す。

図 6 データリンクの一例

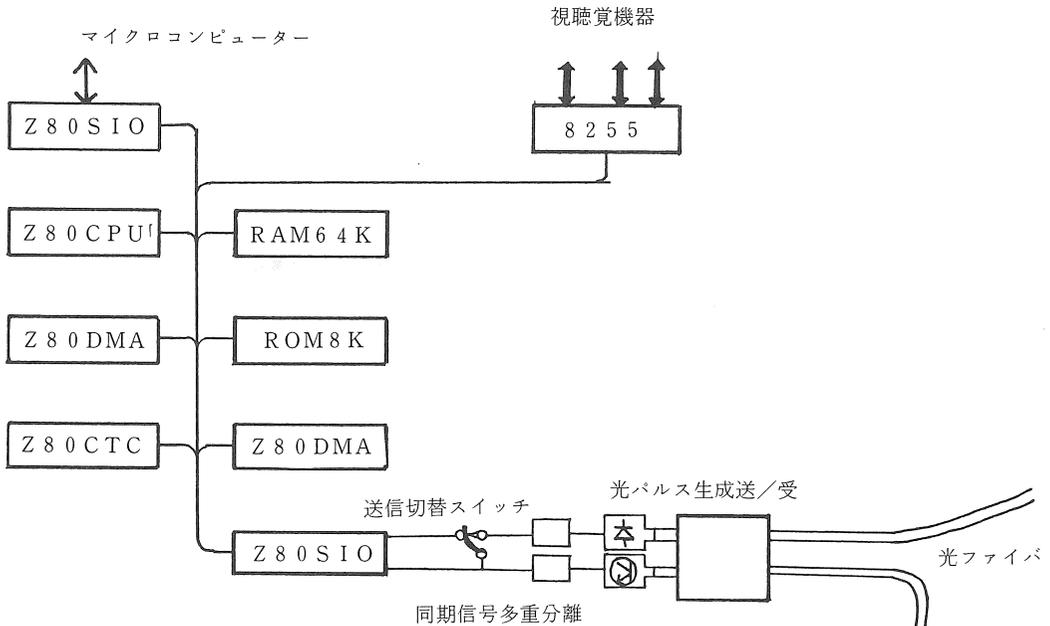


図 7 ノードのハードウェア構成

トとして用いた。

ノード間は一本の光ファイバで結ぶ、そのため、同期クロックパルスとデータパルスは、マンチェスタ方式⁷⁾で重畳して発信し、受信側で分離して用いている。

7. AV機器の制御

AV機器（視聴覚機器）は、教材の説明用として補助的に用いる。今回は現有機器との関係もあってリモート端子の付いたカセットテープレコーダを制御することにした。テープカウンタは左右の巻取り軸から検出した回転パルスをZ80-CTCでカウントし、計算によりリニアカウントを得ている。

8. ソフトウェア

HDLC手順に規定されたコマンド・レスポンスは全てソフトウェアにより生成、検査をした。Z80ファミリICは全てモード2割込で使った。8255をパラレルポートとして使う場合もCTCを経由してモード2割込で動かしている。ICとして手入容易なZ80ファミリを採用したためICの機能が必ずしも高くなく、全体としてソフトウェアの負担が重くなった。プログラムサイズは汎用モニタを含めて大きめの約4Kバイトになった。

9. 結果と考察

異常対策、ノードの加除手順には不完全な部分がありシステムを改良中である。一回のデータリンクで転送できるファイルのサイズは256バイト単位で最大2Kバイト、または2Kバイト単位で最大16Kバイトである。

通常のファイル転送には256バイト単位を用いる事が多く、約4mSで転送できる。

ノード台数は論理的には254台まで可能であるが、実用的には最大50台程度と考えている。現在10台のノードを接続して土木工学科に設置し、試験的に使用している。

CAIプロセスについては実習で検証しながらソフトウェア開発を進めている。

CAIプログラムやグラフィックデータを各端末の外部記憶装置から供給することを前提としたこのシステムでは、LANを流れる情報は教師からの指示や学生の学習履歴が中心でありLANの負荷が軽いので、この程度

の安価で簡便な低速度LANでも実用に耐える。その際、端末毎に設ける外部記憶装置として、例えば大容量RAMバックを設けることにすれば、授業の始めにコースウェアをRAMバックへマルチポイントで転送しておけばよく、ディスクットによる入手を介したコースウェアの分配も不要となり、いたずらに高価な高速LANを追求する必要はない。

本LANは学内外での実用に十分に耐えるものであると考えている。

謝 辞

この研究をすすめるにあたって、本学電子工学科4年生、石井宏之、小林寿史、長尾 康、藤田卓英、丸茂 等、君等の日夜を分かたぬ熱心なソフトウェア、ハードウェア開発があって、短時間で目的を達成できた事を付記し、謝辞とする。

この研究は、昭和58年度私学振興財団による「特色ある教育研究」助成を得て「マイコン制御教育機器による学習課程の分析に関する研究」として進めたものである。

参考文献

- 1) 加藤, 青木: “マイクロコンピュータを用いたプログラム学習システム”, 電子通信学会, ET83-5 (1983)
- 2) 加藤, 青木, 半田他: “プログラム学習システムを目的としたマイコン・ローカルネットワーク”, 教育工学論文集 Vol.8, p.18-20(1985). 計測自動制御学会中部支部, 教育工学研究委員会.
- 3) 加藤, 青木他: “教育用ローカルエリアネットワークの試作”, 電子通信学会, ET86-3, p.69-73(1986)
- 4) マイコンローカルネットワーク, 水野忠則著, 産報出版.
- 5) ローカル・エリア・ネットワーク, K. C. E. Gee 著, 越川哲夫訳, 啓学出版.
- 6) データ通信ハンドブック, 電子通信学会編 (1984)
- 7) パソコン・データ通信プロトコルハンドブック, 朝日新聞社編 (1985)
- 8) 宇宿行忠著, パソコン通信プロトコル入門, オーム社.

(受理 昭和62年1月25日)