

高位プロトコルを含めた LAN システムの試作†

水野 忠 則** 井手口 哲夫** 市橋 立 機**
 勝山 光太郎** 坂 一 幸** 神原 英子**

OA, FA 等が発展するとともに、情報の伝達手段であるローカルエリアネットワーク (LAN) が重要になってきた。LAN による情報通信システム (LAN システム) を構築する際、①LAN の高速性を生かし、②物理的な情報転送にとどまらず、応用機能を含めたトータル的なシステム機能を明確にするとともに、③通信規約 (プロトコル) の標準に準拠することが重要である。われわれはこれらの観点から、高位プロトコルを含めた LAN システムをいかに実現すべきかを検討するため、試作システムの開発を行った。本試作システムは、光系の CSMA/CD 方式を物理的通信方式として用い、その上に通信ソフトウェアを実装した。通信ソフトウェアは、ISO 標準の開放型システム間相互接続の基本参照モデルに準拠し、① IEEE 802 プロジェクトによる LAN 仕様、② CCITT 勧告のテレテックス規約、③ 応用サービスの事例として電子メールサービス等を実装している。

1. ま え が き

オフィスオートメーション、ファクトリオートメーション等各種オートメーションシステムが発展するとともに、情報の伝達手段であるローカルエリアネットワーク (LAN) が重要になってきた。

LAN による情報通信システム (以下、たんに LAN システムと呼ぶ) を構築する場合、物理的な転送方式を規定している下位プロトコルだけでなく、通信処理を規定している高位プロトコルも実装する必要がある。しかしながら、LAN に関しては下位プロトコルだけが標準化の対象となり、高位プロトコルに関しては研究があまり進んでいない段階である。このため、LAN を介して各種かつ異機種システム* を相互に接続することは、それぞれ専用のプロトコルを個々に設定して実現する必要があった。

われわれは LAN においても各種かつ異機種のシステムを相互に接続することが重要であるとの観点にたち、標準化動向に合致し、かつ高位プロトコルも含んだ LAN システムを試作した。

以下、2章で試作システムの設計基準とそれを設けた理由について述べ、3章から5章において試作システムの実現手法を詳述する。そして6章において試作システムの問題点について論ずる。

2. 設 計 基 準

LAN システムの試作においてわれわれは次の設計基準を設けた。

- (1) 国際標準に準拠する。
 - (2) 高速転送を可能とする。
 - (3) 高位プロトコルを評価の対象とする。
- これら基準を設けた理由を以下に述べる。

(1) の理由

LAN のように比較的閉じた系であっても、各種かつ異機種のシステムを LAN 内で相互に接続する要求がある。われわれはシステムの相互接続の実現性を確認するため、次の標準仕様を具体的に設計の対象とした。

- a) 開放型システム間相互接続 (OSI) の基本参照モデル (ISO)¹⁾
- b) テレテックス規約 (CCITT)²⁾
- c) 802 プロジェクト LAN 仕様 (IEEE)³⁾

a) はシステムを相互に接続するための処理方式を示すものであり、情報通信システム構築の必須技術として標準化がなされたものである。現在、この処理方式に基づいて、各社でその実装の試みが開始されている。

b) は OSI 基本参照モデルのトランスポート層とセッション層を規定した最初のプロトコルであり、広域網

† Design and Implementation of LAN System with High Level Protocols by TADANORI MIZUNO, TETSUO IDEGUCHI, TATSUKI ICHIHASHI, KOTARO KATSUYAMA, KAZUYUKI BAN and EIKO KANBARA (Information Systems and Electronics Development Laboratory, Mitsubishi Electric Corp.).

** 三菱電機(株)情報電子研究所

* システムということばは、文献1)において「情報処理と情報伝送の両方または一方を実行でき、独立した統一体を構成する要素の集合体であって、その要素には、電子計算機、関連ソフトウェア、周辺装置、端末、操作員、物理的なプロセス、情報手段などがある」と定義され、本論文で単独でシステムということばを用いるときはこの意味で使用する。

表 1 LAN システムの層構造
Table 1 Layer structure of the LAN system.

OSI 基本参照モデル	本試作システム
応 用 層	電子メールプロトコル*
プレゼンテーション層	
セ シ ョ ン 層	CCITT 勧告 { S. 62 テレテックス規約 { S. 70
ト ラ ン ス ポ ー ト 層	
ネ ッ ト ワ ー ク 層	LAN ネットワークプロトコル*
デ ー タ リ ン ク 層	IEEE 802 { 論理制御手順 プロジェクト { メディアアク LAN 仕様 { セス手順
物 理 層	

* 本試作システムで独自に設定したプロトコル

を利用したものに関しては実装がなされつつある。しかしながら、LAN に関しては、CCITT 勧告の対象外であり、その整合性について検討する必要がある。

c)は OSI 基本参照モデルのデータリンク層と物理層を規定するものであり、IEEE において標準化が進められている。われわれはこの IEEE による LAN 仕様 ISO や ECMA (欧州計算機製造協会) 等において採用されるとの予想にたち、本試作システムの対象として選んだ。

表 1 に、a)の OSI 基本参照モデルが示す階層構成と、b)および c)の対応づけを示す。

(2)の理由

LAN の特性の一つとして、回線スピードが 1~100 Mビット/秒 (本試作システムにおいては 10 Mビット/秒) と非常に高速な点がある。これは広域の回線速度に比較して約 3 桁高速であり、その高速性によるプログラムへの影響度合を確かめてみる必要がある。

(3)の理由

実際に動作する情報通信システムは、伝送媒体としての LAN に、情報通信機能を加えた形で動作する。このため、LAN をたんに伝送系としてとらえるのではなく、ネットワーク層以上の高位プロトコルも実装した LAN システムとしてとらえる必要がある。

3. 通信アーキテクチャ

3.1 基本参照モデルとの関連

LAN における通信アーキテクチャは概念的には広域網のアーキテクチャと同一である。しかし、OSI 基本参照モデルの観点からは LAN システムを次の二つのいずれかにみなすことができる。

(1) 一つの LAN システムを OSI のシステムとする。この場合、LAN システム内部の通信は OSI の規約には制約されない。

(2) LAN システムを構成するすべてのシステムを OSI のシステムとする。

本試作システムは、LAN システム内の計算機、端末等システムを相互に接続することが必須であると考えたため、(2)の考えを満足するように、OSI 基本参照モデルに準拠した階層構成とした。しかしながら、プロトコルの実装においては、ISO でまだ標準化が完了していない層があるため、その層に関しては本試作システム独自のものを作り、標準化がなされた時点で置き換え可能な構築とした。

3.2 コネクションレス型データ転送

システム間のデータ転送方式として、コネクション型データ転送方式とコネクションレス型データ転送方式がある。

コネクション型データ転送方式はシステム相互間にコネクションを確立し、データを送受信するものである。現在の OSI 基本参照モデルにおける各層のプロトコルはこの方式に基づいている。

コネクションレス型データ転送方式はシステム相互間にコネクションを確立せず、1回のデータ送受信ごとに宛先名を付加するものである。現在 ISO において LAN および衛星通信ネットワークへの適用を含め、検討がなされている。この方式はコネクションの確立と解放の手順を省くことにより、効率的なデータ転送を可能としている。

本試作システムでは、設計基準の一つである高速転送を可能とするため、ネットワーク層以下の3層においてコネクションレス型データ転送方式を採用した。

3.3 プロトコル

本試作システムのプロトコルは OSI 基本参照モデルに準拠する形で構成した。以下、各層で実装したプロトコルについて述べる。

3.3.1 応用層/プレゼンテーション層

この2層は応用サービスに付属したプロトコルを遂行するところである。LAN システムの応用サービスとしては、電子メール、電子ファイル、電子会議等があるが、本試作システムではこのなかから LAN システムにとって、最も基本的な電子メールサービスを応用サービスの事例として選択した。

本電子メールサービスは送信、受信、検索および削除の各機能を有し、これらの機能を遂行する電子メールプロトコルをこの2層で実装した。電子メールプロトコルのコマンド/レスポンスはこれらの機能に対応したものとなっている⁴⁾。

表 2 上位インタフェース
Table 2 Interfaces with the upper layer.

機能	インタフェース名	インタフェースの種類			
		リクエ スト	インデ イケー ション	レスポ ンス	コンフ ァーム
コネクション確立	S-CONNECT	○	○	○	○
データ転送					
データ転送	S-DATA	○	○	—	—
同期点	S-SYNC	—	○	○	○
送信権制御	S-TOKEN	○	○	—	—
エラー通知	S-EXCEPTION	○	○	—	—
コネクション終了	S-ABORT	○	○	—	—

○：本試作システムで使用したインタフェース

—：本試作システムで使用していないインタフェース

なお、電子メール以外の各種サービスを実現する場合は、それに対応したプロトコルを設定し、本層において実装する。

3.3.2 セッション層/トランスポート層

この2層のプロトコルは本来は広域網用の規約であるテレテックス規約 (CCITT 勧告 S. 62, S. 70²⁾) に従った。

しかしながら、本試作システムでは LAN 用にテレテックス規約のサブセットを実現している。すなわち、LAN システムの場合、機能リストがあらかじめ固定的であるため、テレテックス規約の S. 62 に規定されている CDCL (ドキュメント機能リストコマンド) および RDCLP (ドキュメント機能リストレスポンス) を削除している。また、各種のオプションがテレテックス規約には存在しているが、LAN システムでは不要であることが多かったため、原則として用いなかった。

上位層 (プレゼンテーション層) とのインタフェースはテレテックス規約では規定されていないため、ISO セッションサービス定義³⁾ において規定しているサービスプリミティブ (層間の論理的な規約) のサブセットを用いている (表 2 参照)。

3.3.3 ネットワーク層

本層において標準化されたプロトコルとして、公衆データ網におけるパケットモードで動作するためのデータ端末装置とデータ回線終端装置間のインタフェースである CCITT 勧告 X. 25 (レベル 3)⁶⁾ がある。

しかしながら、本試作システムにおいては、LAN システムとしてプロトコルのオーバヘッド、複数層における機能の重複等を避けるため、トランスポート層

(S. 70) のコネクションをネットワーク層の論理パスと 1 対 1 に対応づけることにより、本層においてはコネクションの設定を不要とした。

このため、コネクション型データ転送方式の X. 25 は本試作システムでは採用せず、本試作システム固有のコネクションレス型データ転送方式の LAN ネットワークプロトコルを設定し、実装した。

LAN ネットワークプロトコルは、アドレスの多重化機能に加え、上位層の使用目的によって使い分けを可能とするため、確認応答方式と非応答方式の二つの動作モードを規定している。

確認応答方式はデータ転送の高信頼性を目的としている。プロトコル方式としては、1 ビットを交互にオン/オフさせることによってデータ転送の確認および再送を行う交互ビットプロトコル⁷⁾ を採用した。

非応答方式はデータの高速転送を目的とし、確認応答を行わない方式である。

3.3.4 データリンク層/物理層

本層は IEEE 802 プロジェクトの LAN 仕様に基づく構成とした。802 プロジェクトでは、LAN 仕様を論理リンク制御手順とメディアアクセス手順の二つの部分に分けて規定している。

論理リンク制御手順としては、データ転送の確認機能を有しないクラス I と、同機能を有するクラス II の 2 クラスが規定されている。本試作システムでは、LAN の高速性を生かすため、プロトコルの処理量が少ないクラス I のみを実装した。

メディアアクセス手順としては、トークンリング、トークンバスおよび CSMA/CD (衝突検出機構付きキャリア検知多重アクセス) の 3 方式を併記している。本試作システムでは、現時点において最も使用実績があり、かつ LSI 化が進んでいる CSMA/CD 方式を実装した。

4. LAN システムの構成

本試作システムの構成を図 1 に、またその構成装置概要を表 3 に示す。

図 1 の構成においては、LAN の物理媒体として IEEE の LAN 仕様で規定されている同軸ケーブルでなく、光ファイバ伝送系を採用している。

われわれは、光ファイバ伝送系のみならず、同軸ケーブルを用いた系の試作⁸⁾ も行い、同一の機能および性能を得たが、これに関しては本論文の議論の中心ではないので論述しない。

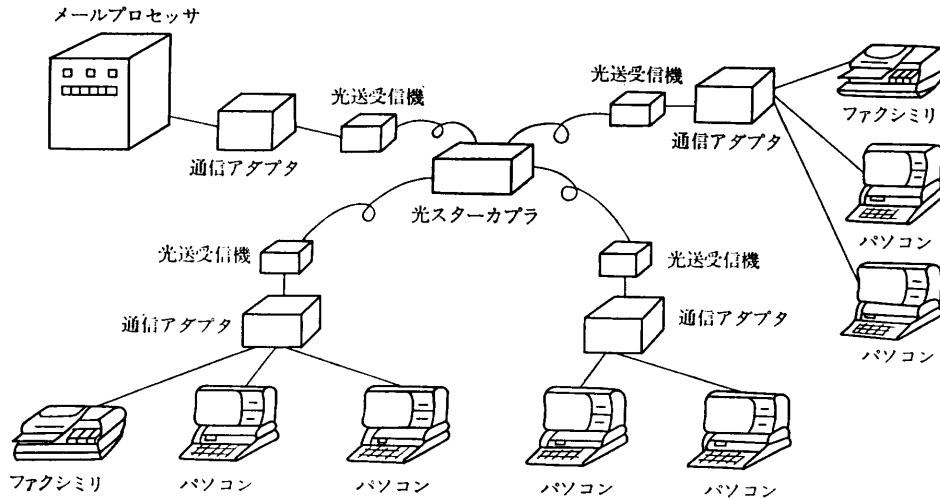


図 1 LAN システム構成
Fig. 1 LAN system configuration.

表 3 LAN システム構成要素
Table 3 Elements of the LAN system.

装置名	説明
L 光スターカプラ	複数の入出力端子(ポート)をもち、任意の一つの端子から入力された光信号を均等に分配してすべての端子に出力する。
A 光送受信機	光信号と電気信号の変換および信号レベルによる衝突の検出を行う。通信アダプタとのインタフェースは IEEE 802 プロジェクト LAN 仕様 ^{*)} に基づいている。
N 通信アダプタ	各種の端末をネットワークに接続可能とするために、ネットワークアクセスおよび文書交換に必要な手順を遂行する。接続インタフェースとしては RS 232C, GPIB およびパラレルインタフェースがある。
メールプロセッサ	利用者単位のメールボックスを管理し、電子メールサービスのうち蓄積交換型のサービスを提供する。
パソコン	電子メールサービスを利用するための、使い勝手のよいマンマシンインタフェースを提供する。また、電子メールプロトコルを実行し、コードタイプのメール情報を送受信する。
ファクシミリ	計算機インタフェース(パラレルインタフェース)をもつ高解像度のファクシミリにより、イメージタイプのメール情報を送受信する。

5. 通信ソフトウェアの構成

本試作システムにおいて、ソフトウェアを内蔵する装置には、通信アダプタ、メールプロセッサおよびパソコンがある。

以下、各装置のソフトウェアの特質について述べる。

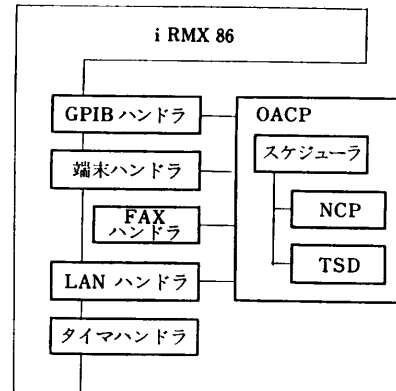


図 2 通信アダプタのソフトウェア構造
Fig. 2 Software structure of communication adapter.

OACP: OA 通信プログラム, NCP: ネットワーク制御プログラム, TSD: トランスポート・セッション・ドキュメントプログラム

5.1 通信アダプタ

通信アダプタは本試作システムの中核機能を担うところであり、OSI 基本参照モデルにおける下位5層を実装することによって、各種応用サービスにとって共通的に利用可能な通信処理を遂行している。

使用する OS は実時間性が要求されるため、市販の OS のなかから実時間型の OS である iRMX 86 を選択した。また、記述言語としては iRMX 86 に整合性のよい PL/M 86 を選択した。

通信アダプタのソフトウェアの内部構成を図2に示す。プロトコルに関する処理は、図2に示すソフトウェア要素の一つである OACP で行っている。OACP は処理性能を向上させるため、複数のタスクには分割

せず、一つのタスクとして構築した。すなわち、本タスクの中に専用のスケジューラを設けることにより、タスクスイッチングによるオーバーヘッドを軽減している。

また、各種ハンドラは応答性を向上させるために、割込みモードを基本として動作している。しかし、FAX ハンドラに関してはキャラクタ単位の入出力方式のハードウェアを使用しており、大量のイメージデータ (A4 1 ページ当たり約 60k バイト) の取扱いによる割込み処理のオーバーヘッドを避けるため、周期的にデータの入出力完了を間合わせる方式を採用している。

5.2 メールプロセッサ

メールプロセッサは LAN システムにおける応用サービスを提供する専用プロセッサの一つであり、メールサービスを提供する。このプロセッサが行うおもな仕事にはパス制御とメール処理があり、それぞれ対応するプログラムにより実現されている。

メールサービス以外の応用サービスを提供するためには、新たにソフトウェアを開発する必要がある。このソフトウェアを実現するための装置としては、①メールプロセッサをベースとした汎用プロセッサ、あるいは②各サービス専用のプロセッサの二つのタイプがある。本試作システムではどちらのタイプの装置も付加可能となっている。

本試作システムにおいて用いたメールプロセッサには、ミニコンピュータ MELCOM 70 を用い、OS としては MELCOM 70 標準の OS である UOS を採用した。

5.3 パソコン

パソコンは LAN システムにおいてマンマシンインタフェースを主として司る。

OS としては、LAN と接続しないオフライン時の使用における操作との整合性をはかるため、日本語 CP/M 86 を採用した。また、記述言語としてはマンマシンインタフェースが主であり、実時間性がさほど要求されないため、MBASIC プラス I を採用した。しかし、通信処理の部分に関してはアセンブラ言語で記述した。

通信処理に関する BASIC の文としては、PRINT 文と PUT 文がある。PRINT 文は通信性能的にはほぼ満足できたが、通信アダプタ側とのメッセージのデリミタが相異していたため、用いることができなかった。

また、PUT 文は 1 文字送受信するごとに BASIC インタプリタ部を実行するため、通信性能上使用することができなかった。PUT 文で記述すると、アセンブラ言語による記述に比べ、通信時間は約 6.5 倍となる。

本試作システムではパソコンとして、MULTI 16 を用いたが、同種の OS を搭載しているパソコンであれば容易に代替可能である。

なお、本試作システムにおいて、通信制御アダプタにおける TSD (トランスポート・セッション・ドキュメントプログラム) は約 3.5k 行 (PL/M 言語記述)、メールプロセッサにおけるパス制御およびメール処理の各プログラムはそれぞれ約 4k 行 (アセンブラ言語記述) であり、他のプログラムは 500 行以下のものとなっている。

6. 実装上の問題点

本試作システムの主要な設計基準の一つとして、LAN のもつ特性の一つである高速性を生かす点をあげた。

しかしながら、本試作システムの実装では次の点において、それぞれ問題点が明らかとなり、今後検討する。

6.1 通信アダプタとパソコンの接続

通信アダプタとパソコン間の回線速度は、物理的には 9,600 ビット/秒まで可能となっているが、ソフトウェアレベルでどの程度の実行速度が得られるかが問題となった。

本試作システムでは通信アダプタに 4 台のパソコンを接続し、それらのパソコンが並列的に通信処理可能とした。この結果、パソコンと通信アダプタとの間の通信速度は、通信回線の割込み動作が非同期に生ずるため、1,200 ビット/秒が限界となった。

今後は、通信処理が重なる場合はキューにつなぐ等の処理を付加し、パソコン 1 台当りの通信性能を見かけ上速くする必要がある。

6.2 通信アダプタとメールプロセッサの接続

電子メールサービスは基本的にメールプロセッサを介してメッセージの交換を行う。このため、メールプロセッサには電子メールのメッセージが集中するので、メールプロセッサと通信アダプタとの間の処理方式が通信性能において重要な影響を与える。

本試作システムでは、標準の GPIB インタフェースによる処理方式を用いたが、通信アダプタ側の

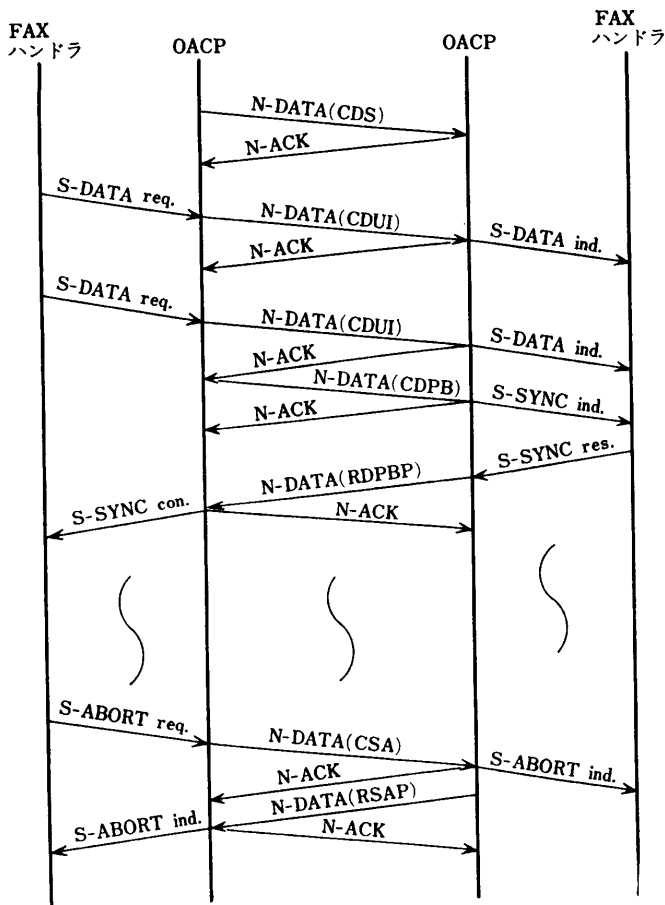


図3 ファクシミリ転送時の通信シーケンス例

Fig. 3 An example of communication sequence at facsimile data transmission.

req.: リクエスト, ind.: インディケーション, res.: レスポンス, con.: コンfirm

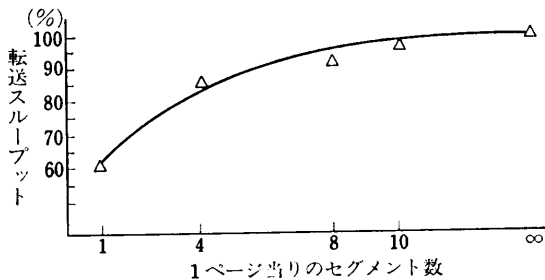


図4 転送性能

Fig. 4 Transmission capacity.

GIPIB 制御は DMA 制御を用いることができなかった。このため、メールプロセッサと通信アダプタとの間の有効伝送速度は約 100k ビット/秒であり、LAN のもつ回線速度の 100 分の 1 程度にとどまった。

今後は内部バスを利用し、LAN の回線速度に対応

する実装が必要となってくる。

6.3 プロトコル

2 台のファクシミリ間でイメージタイプのメール転送を行う場合の通信シーケンス例を 図3 に示す。

図3 中、N-XXX は LAN ネットワークプロトコルを示し、N-DATA に続くかっこの中のコマンド/レスポンスは S. 62 で定義されている略称を示すものである。また、S-XXX は表2 に示すインタフェースである。

本通信シーケンスにおいては、CDPB (ドキュメントページ境界コマンド) によるフロー制御を行っている。このフロー制御の方法が転送性能に影響を及ぼす。

フロー制御は CDPB 間の N-DATA (CSUI (セッションユーザ情報コマンド)) パケット数 (すなわち、1 ページ当りのセグメント数) のメッセージの許可を RDPBP (ドキュメントページ境界肯定レスポンス) により、また不許可を RDPBN (ドキュメントページ境界否定レスポンス) により与えることによって行っている。

図4 はフロー制御が転送性能にいかの影響を与えるかを示しており、本試作システムにおいて実測したものである。横軸は1 ページ当りのセグメント数を示し、縦軸はそのセグメント数が ∞ (無限大) の場合の転送スループットを 100% としたときの比を示している。1 ページ当りのセグメント数が ∞ であることは、バッファが十分にあり、フロー制御が不要な場合である。

1 ページ当りのセグメント数により、最大 40% の差が生ずるため、バッファに合った最適なセグメント数を設定する必要がある。

7. あとがき

標準の通信アーキテクチャである OSI 基本参照モデルに準拠し、かつ広域網用のプロトコルであるテレテックス規約を、LAN に適用することにより、各種のシステムを相互に接続し、かつ高位プロトコルを含めた LAN システムの構築が可能であることを示した。

しかしながら、LAN の特性をさらに生かすために

は、6章で述べた通信アダプタとのインタフェース等の問題点の解決、また LAN 専用の高位プロトコルの開発等の改善が重要である。

また、本試作システムでは現在の標準に準拠する構成としたため、データ転送の確認機能をネットワーク層で実現した。しかし、データ転送の確認機能は物理層、データリンク層およびトランスポート層のいずれにおいても実現可能であり、今後どの層で実現するのが LAN システムにとって最適であるかについて検討していく必要がある。

なお、LAN の高速性を生かすためには、次の二つの点から考察しなければならない。

第1の観点は、プロトコルのオーバーヘッドと網の信頼性を主眼においた場合である。この観点においては、できるだけ上位の層でデータ転送の確認機能を実現したほうが、確認応答のトラヒックを最小にすることができる。

第2の観点は、ソフトウェアとハードウェアの処理性能比に主眼を置いた場合である。この観点においては、ハードウェアで実現される下位層でデータ転送の確認機能を実現したほうが、確認の応答が高速に行うことができる。この場合、確認機能付き CSMA/CD 方式、本試作システムの LAN ネットワークプロトコルと同一の手順を有した論理リンク制御手順等を開発し、IEEE および ISO の標準書作成の場において提言していく必要がある。

さらに、本分野に関しては今後も引き続き標準化作業が進められると思われるので、適宜標準と本試作シ

ステムとの関連を見直し、LAN に最適な通信アーキテクチャを構築していきたい。

謝辞 本論文作成において、九州大学工学部情報工学科牛島和夫教授、荒木啓二郎助教授には多大な助言と示唆をいただいた。ここに感謝する。

参 考 文 献

- 1) ISO: Information Processing Systems—Open Systems Interconnection—Basic Reference Model, ISO 7498 (1984).
- 2) CCITT: Fascicle VII.2—Telegraph and “Telematic Services” Terminal Equipment, Series S, T Recommendations (SG VIII) (1980. 10).
- 3) IEEE: IEEE Project 802 Local Area Network Standard Draft D (1982. 11).
- 4) 坂他: 光スターネットワークによる電子メールシステム, 昭和58年度電子通信学会総合全国大会, pp. 7-58 (1983).
- 5) ISO: Information Processing Systems—Session Service Definition, DIS 8326 (1983. 10).
- 6) CCITT: Fascicle VIII. 2—Data Communication Networks; Services and Facilities, Terminal Equipment and Interfaces. Recommendations X. 1-X. 29 (SG VII) (1980. 10).
- 7) v. Bochmann, G.: *Architecture of Distributed Computer Systems*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (1979).
- 8) 市橋他: 光スターネットワーク, 昭和58年度電子通信学会総合全国大会, pp. 7-57 (1983).

(昭和59年1月31日受付)

(昭和59年12月20日採録)