

透過プロトコル変換装置の設計と評価

厚井裕司[†] 井手口哲夫[†] 藤井照子[†]

ISO や CCITT 等の標準化機関では、異機種間の相互接続を可能とするためにプロトコルの標準化を推進している。しかしながら工場やオフィスには標準プロトコルを持たない既存の端末・計算機がすでに広く普及しており、これらを標準プロトコルに準拠した通信システムにいかに移行させるかは今後の重要な課題である。我々はこれらの観点から、従来の通信回線による既存システムを、アプリケーションを変更することなく標準の OSI プロトコルを採用した LAN システムへ移行・共存させる方法を検討するため、透過プロトコル変換装置を開発・評価した。この装置は IEEE 802.4 のトークンバス方式を物理的伝送媒体として用い、通信ソフトウェアで①無手順、BSC および SDLC の既存プロトコルを LLC 副層またはネットワーク層にマッピングし転送する機能②CMIP/ROSE による OSI ネットワーク管理機能を実現している。本論文ではこれらの方式に基づいて開発した透過プロトコル変換装置の機能・構成およびその有効性について示す。

Design and Evaluation of Transparent Protocol Conversion Equipment

YUUI KOUJI,[†] TETSUO IDEGUCHI[†] and TERUKO FUJII[†]

We developed and evaluated the transparent protocol conversion equipment, which enables conventional asynchronous, BSC or SDLC terminals to communicate on IEEE 802.4 token-bus LAN.

1. はじめに

情報化社会の進展にともない、通信範囲の拡大が望まれており、すでに個別に導入されている通信システムの相互接続、新規導入される通信システムとの相互接続等、個々の通信システムの有機的な結合によって情報の統合化が進められている。

一方、通信における相互接続性の観点から、すでに ISO や CCITT 等の標準化機関で OSI の基本参照モデル¹⁾に基づいた標準プロトコルが開発され、実用に向けて各種の機能標準プロトコル²⁾の開発が進められている。しかし、既存の通信システムから標準プロトコルを採用した通信システムへの移行では、多くのシステム資産、特にアプリケーションソフトウェアの継承が大きな課題であり、相互接続性の観点からだけでは解決できない課題が残されている。

一般に、異なる通信方式、すなわちネットワークアーキテクチャの異なる通信システム間の相互接続性を可能にするプロトコル変換方式は、通信の主体者であるエンド・エンド間の通信を新たに可能とするためのものであり、これまで野口、白鳥によるプロトコル変換方式³⁾、筆者らによる階層プロトコル間の変換

方式⁴⁾や LAN 間相互接続のためのゲートウェイ⁵⁾として検討されている。

一方、既存の通信システムにおけるエンド・エンド間の通信を標準の OSI プロトコルによって可能にし、かつ従来のシステム資産を継承する通信方式に関する検討は広域網での PAD (パケット組立分解機能)を除けば LAN においてはほとんど行われていない。

我々は、このような課題に対して、既存の通信システムから LAN における標準 OSI プロトコルを採用した通信システムへの移行と共存を可能とする透過プロトコル変換装置を開発・評価した。本論文ではこの装置が採用している透過プロトコル変換方式について述べるとともに、その実装方法および有効性について論ずる。

ここで提案する透過プロトコル変換方式は、従来のシステム資産の継承、すなわち新たにアプリケーションプログラムを書き直すことなく従来の通信機能を OSI プロトコルに整合させるもので、既存のシステムが実現しない通信機能は適用範囲外とするものである。以下、第 2 章で透過プロトコル変換装置の基本設計方針について述べ、第 3 章で透過プロトコル変換装置内で実行される既存のプロトコルを標準 OSI プロトコルにマッピングする透過プロトコル変換方式について提案する。第 4 章、第 5 章ではそれぞれ透過プロ

[†] 三菱電機(株)

Mitsubishi Electric Corporation

トコル変換装置のハードウェアおよびソフトウェアの概要について述べる。さらに第6章では透過プロトコル変換装置における評価の形態・項目・基準について触れ、最後にその評価結果を示す。

2. 基本設計方針

2.1 基本的な考え方

透過プロトコル変換装置の設計に際して、我々が設定した考え方は下記のとおりである。

(1) 利用者は既存の通信システムにおいてエンド・エンド間の通信を行っているときとまったく同様の意識で相手と通信が可能である。このためには、標準の OSI プロトコルを採用した LAN システムに接続された透過プロトコル変換装置に、あらかじめ既存の通信システムをつなぎ込み、ダイヤル等の手段により通信相手との接続制御を施しておくことが要求される。

(2) 通信網の管理者は、既存の通信システムを含めてすべての端末やネットワーク構成機器を、可能な限り OSI ネットワーク管理装置によって保守・運用ができるようにする。このためには、既存の通信システムがつながれている透過プロトコル変換装置において、そのインタフェースの状態を監視して OSI のネットワーク管理情報としてネットワーク管理装置に伝える手段が必要である。

以上、これらの基本設計方針は、既存の通信システムと国際標準プロトコルを採用した通信システムを融合させることをねらっている。

2.2 通信モデル

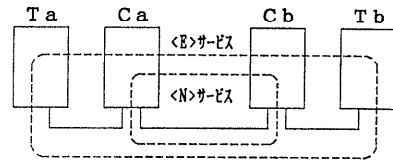
透過プロトコル変換方式による通信モデルを図1に示す。

(1) サービスモデル

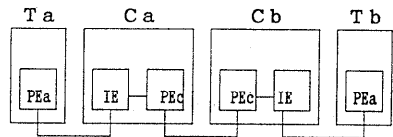
透過プロトコル変換方式をサービスの観点からモデル化したものが、図1(a)である。

ここで、〈E〉サービスは既存のプロトコルによって提供されている通信サービス、〈N〉サービスは新たに適用する OSI プロトコルによって提供される通信サービスを示す。

一般のプロトコル変換方式では、〈E〉サービスと〈N〉サービスが直列連結する通信モデルと見なせ、かつ〈E〉サービス〈N〉サービスの完全なマッピングが要求される。本論文で提案する透過プロトコル変換方式は、階層構造を成す標準 OSI プロトコルによって提供される〈N〉サービスを、〈E〉サービスの下位層



(a) サービスモデル
(a) Service model.



(b) 機能モデル
(b) Functional model.

Ta, Tb: エンド・エンド通信の通信主体となる装置
Ca, Cb: 透過プロトコル変換を行う装置
PEa: 既存のプロトコルを実行するエンティティ
PEc: 標準 OSI プロトコルを実行するエンティティ
IE: 〈N〉サービスとのインタフェースを実行するエンティティ

図1 透過プロトコル変換方式の通信モデル
Fig. 1 Communication model of the transparent protocol conversion method.

サービスと位置付けて提供するものである。

(2) 機能モデル

透過プロトコル変換方式を機能構成の観点からモデル化したものが、図1(b)である。

ここで、PEaは既存のプロトコルを実行するエンティティ、PEcは標準 OSI プロトコルを実行するエンティティ、IEはPEcによって提供される〈N〉サービスとのインタフェースを実行するエンティティを示す。すなわち、二つのPEa間で交信されるプロトコルデータ単位(PDU)は、透過的に〈N〉サービスを利用して転送される。

3. 透過プロトコル変換方式

提案する透過プロトコル変換方式では、既存のプロトコルを標準 OSI プロトコルにマッピングするために、OSI プロトコルが提供する〈N〉サービスを介して間接的に対応付ける方法を採用している。すなわち、既存のプロトコルの各 PDU (E_PDU と呼ぶ) は、OSI プロトコルによって提供される〈N〉サービスの〈N〉サービスデータ単位(SDU)に透過的に対応付けられる。以下、〈N〉サービスに対応付ける上での技術課題について述べる。

(1) <N>サービスの最適化

上述したように、E_PDUを<N>サービスに透過的にマッピングする場合、次の点を考慮して<N>サービスを選定することが重要となる。

(a) <N>サービスの転送遅延の最小化

OSIの7階層モデルに準じた通信をする場合には、可能な限り下位置のサービスのみを利用することが、転送遅延を最小化するためには効果的である。特に、LANシステムへのOSIプロトコル適用を前提にすると、MAC副層、LLC副層、もしくはネットワーク層のサービスにマッピングする案が有力となる。

この場合、どの副層または層にマッピングするべきであるかは通信環境にも左右されるが、転送遅延を少なくする観点では下位層ほど有利になる。

(b) OSIネットワーク管理プロトコルとの整合性

現在までに標準化され利用されるようになった種々のLANメディアアクセス方式、例えばCSMA/CD、トークンバス、トークンリング等に柔軟に対応するとともに、ネットワーク管理プロトコル(CMIP/ROSE)と共存を容易にするためにはLLC副層以上のサービスでMAC副層のサービスを隠蔽できることが望ましい。すなわち各既存プロトコルのE_PDUストリームに対してLSAPまたはNSAPを割り当て透過プロトコル変換処理を施すものである。

また、このようなマッピング方式を採用することによりネットワーク管理プロトコルに対しても一つのLSAPまたはNSAPを割り当てることが可能となる(図2参照)。

(c) LAN間相互接続への適用性

現在、LAN間を広域網を経由して接続する場合には、パケット交換網やISDN網のインタフェースを装備したブリッジまたはルータを用いてシステムを構築している。今後、1.5 Mbps以上の高速・大容量のフレームリレー網が登場することにより、LAN間接続形態はますます普及するものと予想される。

従来、既存の通信端末をパケット交換網等の広域網に收容する場合には、パケット交換機1台当たり50~100 msecのノード遅延が発生して、エンド・エンド間では秒単位を越える遅延時間となっていた。このため通信転送時間(例えばエコー表示時間)やポーリング周期が限界をオーバーする現象が存在し、PAD装置が疑似的なエコー表示やポーリングを実施していた。

しかしながら、例えば上記のフレームリレー網を利用してLAN間接続を行う場合には、フレームリ

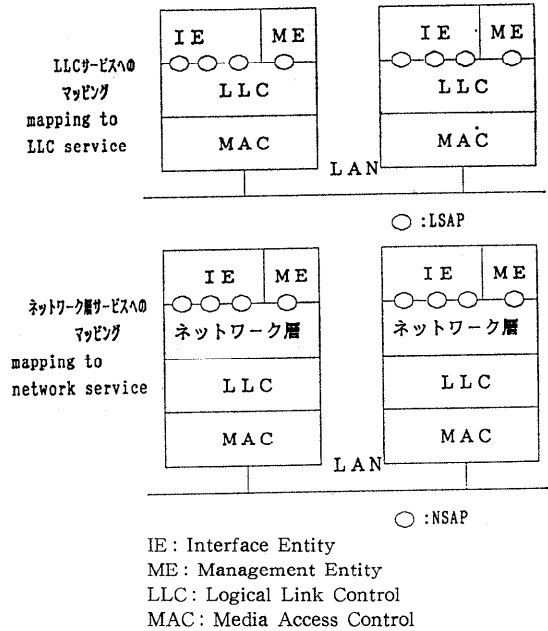


図2 LLCサービスまたはネットワーク層サービスへのマッピング

Fig. 2 Mapping to LLC service or network service.

レー交換機1台当たり2~3 msecのノード遅延で抑えられるため、本透過プロトコル変換方式を適用したエンド・エンド間の通信遅延時間も許容範囲に収まることが予想される。この場合にはセキュリティや転送効率を考慮して、第3層で中継できるようにE_PDUをネットワーク層のサービスにマッピングすることが望ましい。

(d) コネクション制御とフロー制御の必要性の有無

一般にLANにおいてはMAC、LLCおよびネットワーク層はともにコネクションレスモードであり、既存プロトコルのE-PDUをMACサービス、LLCサービスやネットワーク層サービスにマッピングしてMSAP、LSAPまたはNSAPで転送することは、コネクション設定および切断のタイミングをとる必要がないため容易に実現できる。しかしながら、コネクションレスであるためデータの送達保証されず、過負荷状態になった場合にデータの廃棄が生じることがある。

後者の問題を解決するためには、コネクション制御をもつトランスポートサービス以上のレベルでのマッピングと、トランスポートプロトコルと既存プロトコルのフロー制御の相互関係が必要となり、プロトコル変換機能が要求される。しかしながらこの機能は実現

が非常に複雑であり、ここで提案する透過プロトコル変換方式では、仮にデータの紛失が発生した場合エンド・エンドの E_PDU の交信による誤り制御を前提として対応するものである。したがって過負荷状態での E_PDU の廃棄率をゼロにすることがシステム構築および実装上の課題となる。

以上の観点および後述するようにネットワーク層のサービスにマッピングする時間、すなわち透過プロトコル変換時間が E-PDU 発生時間に比較してはるかに少ないということより、本透過プロトコル変換方式では以下のようなマッピング方式を採用した。

- リアルタイム性を要求し、LLC 副層上に直接応用層が位置付けられる LAN 標準⁶⁾に対しては LLC 副層のサービスにマッピングする。
- その他の LAN 標準に対してはネットワーク層のサービスにマッピングする。

(2) 透過性の保証

既存のプロトコルを透過に LSAP または NSAP にマッピングし、プロトコルのコンテキストを保証することが、本提案の方式で最も重要な課題の一つである。ここでは、NSAP を使って既存のプロトコルとして最も利用されている次の 3 種類のプロトコルの透過性の保証を達成するための方式について述べる。

- 無手順
- 2進データ同期通信手順 (BSC)
- 同期データリンク伝送手順 (SDLC)

(a) 無手順の透過性

無手順のいわゆる調歩同期式によるデータ転送を可能にするために、受信されるキャラクタを NSAP 上で N_SDU に組み立て、また逆に N_SDU からキャラクタに分解する処理を下記の方式によって行う (図 3 参照)。

- 受信したキャラクタを N_SDU に組み立て、送信する契機は、一定時間 (ここでは N_SDU 組立時間と呼ぶ) 経過したときとする。
- 受信した N_SDU をキャラクタとして分解し、転送する。
- ブレイク信号は、独立した一つの N_SDU として転送し、それを受信側でブレイク信号として送出する。

(b) BSC の透過性

BSC では、E_PDU がテキスト等のブロックに対応するため、このブロック単位ですべて N_SDU にマッピングすると転送上の遅延が大きくなるのが懸

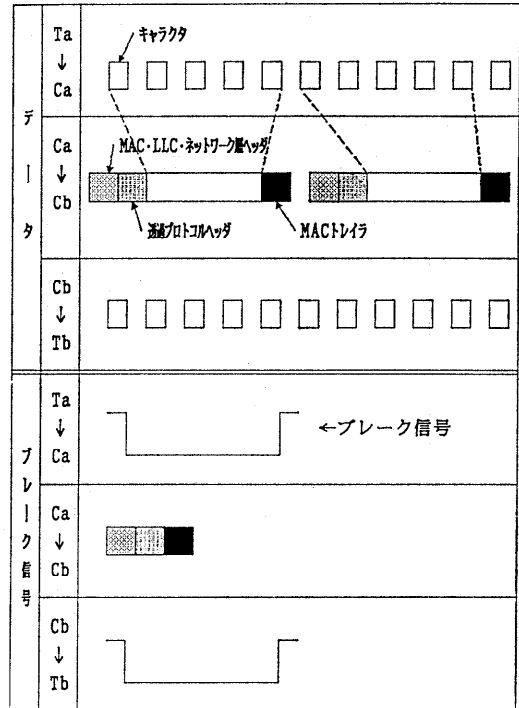


図 3 無手順における N_SDU 組み立て/分解の流れ
Fig. 3 N_SDU assembling/deassembling flow for asynchronous procedure.

念される。本方式では、できる限り遅延を最小にする方式を採用する (図 4 参照)。

- BSC における特定のデリミタコード (ETX, ENQ, ACK 等) を受信したとき、または一定時間経過したときに、それまでのデータを N_SDU として送信する。
- 受信した N_SDU 内のデータの先頭に同期文字 (SYN・SYN) を付加し、E_PDU として送信する。一つの E_PDU が複数の N_SDU に分割されている場合には、E_PDU 間に同期文字を挿入し、E_PDU のセマンティックスを保持する。
- ブロックシーケンスはデータの一部として転送する。

(c) SDLC の透過性

SDLC では、E_PDU がフレームに対応するが BSC における同期文字の挿入と同様な処理ができないため、このフレームを単位として下記の方式によって行う (図 5 参照)。

- 受信したフレームのフラグシーケンス (F) とフレームチェックシーケンス (FCS) を除いた情報を N_SDU として送信する。

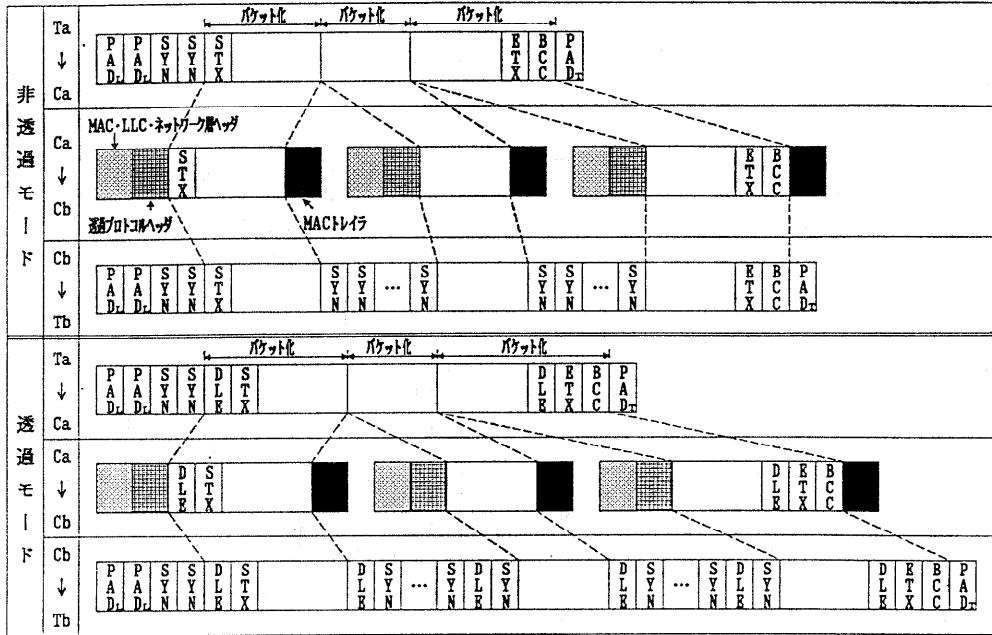


図 4 BSC の N_SDU 組み立て/分解の流れ
Fig. 4 N_SDU assembling/deassembling flow for BSC procedure.

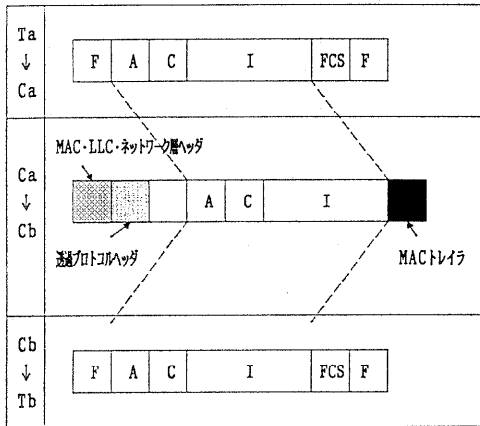


図 5 SDLC の N_SDU 組み立て/分解の流れ
Fig. 5 N_SDU assembling/deassembling flow for SDLC procedure.

- 受信した N_SDU に F と FCS を付加して送信する。
- 正常なフレームとして受信しない場合には、そのフレームを廃棄する。

4. 透過プロトコル変換装置のハードウェア

透過プロトコル変換装置は既存のプロトコルを有する通信システムを従来の回線で収容し、LAN の OSI 通信機能にマッピングして通信を可能とするもので

ある。

既存の通信システム間の通信路は、あらかじめ相手選択機能により論理的に接続される。すなわち相手選択機能は LAN 上でエンド・エンド間の通信に必要な LLC 副層またはネットワーク層の宛先アドレスおよび発信アドレスを設定・削除する。

この装置には保守運用管理用コンソールが装備されており、以下の情報の設定・表示ができる。

- 相手選択アドレスの設定/表示
- 端末属性設定パラメータの設定/表示
- 各種設定テーブルの情報の設定/表示
- 障害情報等各種統計情報の表示
- 各種トレース情報の表示

以下に透過プロトコル変換装置ハードウェアの基本仕様を、図 6 に試作通信ボードのハードウェアブロック構成を示す。

- 接続プロトコル : 無手順, BSC, SDLC
- 接続端末回線速度 : ①非同期無手順 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 bps
②同期 BSC/SDLC 2400, 4800, 9600, 19200 bps
- 接続端末ポート数 : 2ポート/カード, 他に保守運用管理用に1ポート
- 端末インタフェース : Vシリーズインタフェース

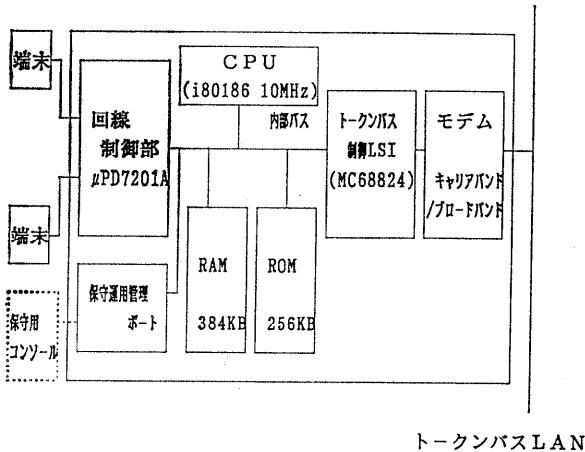
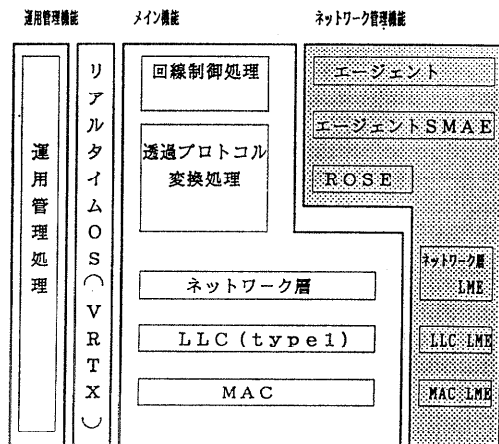


図 6 通信ボードのハードウェアブロック構成
Fig. 6 Hardware block diagram of communication board.

(V. 24, V. 28)

- LAN インタフェース : ISO 8802/4
ブロードバンド,
キャリアバンド

この通信ボードは CPU としてインテル社製 i 80186 を、トークンバス通信制御のためにモトローラ製 MC 68824 トークンバス制御 LSI を採用している。また、モデムカードを取り換えることにより、ブロードバンドとキャリアバンドのどちらにも対応できるようにになっている。



ROSE: Remote Operation Service Elements
LLC: Logical Link Control
MAC: Media Access Control
LME: Layer Management Entity
SMAE: System Management Application Entity

図 7 ソフトウェアのモジュール構成
Fig. 7 Software module structure.

5. 透過プロトコル変換装置のソフトウェア

プロトコル変換装置のソフトウェアは第 3 章で記述した方式を具現化するメイン機能とネットワーク管理・運用管理の機能に大別される。この章ではソフトウェアの概略構成に触れた後に、OSI の CMIP/ROSE を採用したネットワーク管理機能について、その実現方式を述べる。

5.1 概略構成

図 7 は透過プロトコル変換方式における通信機能のソフトウェア・モジュール構成を示す。透過プロトコル変換処理部分は既存のプロトコルの E_PDU と L_SDU または N_SDU をマッピングして必要に応じて組み立て、分割を行うものである。回線制御処理部分は既存通信システムとの伝送手順を遂行し、透過プロトコル変換処理とデータの受け渡しをする。またリアルタイム OS として市販の VRTX を利用した。

表 1 に各ソフトウェアのモジュールサイズを示す。これらのソフトウェアはアセンブラおよび C 言語で記

表 1 ソフトウェアの規模
Table 1 Software size.

モジュール名	ソフトウェアサイズ (KByte)	
透過プロトコル変換処理	無手順	1.5
	BSC	5
	SDLC	1.5
回線制御処理	無手順	1.5
	BSC	3
	SDLC	2
ネットワーク層	2	
LLC	0.5	
MAC	1.5	
運用管理処理	16	
エージェント	16	
エージェント SMAE	32	
ROSE	16	
NL LME	0.5	
LLC LME	0.5	
MAC LME	1	
リアルタイム OS	16	

述した。

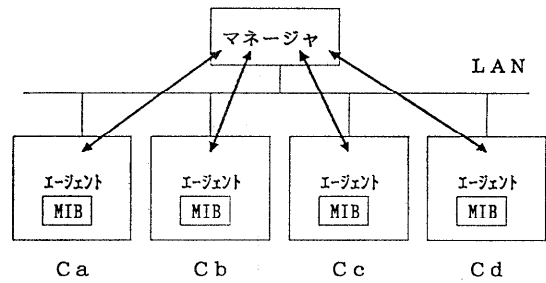
5.2 ネットワーク管理方式

従来から、広域網の PAD 装置においてはネットワーク管理機能を実現したものは少なかったし、OSI ネットワーク管理機能を実現したものは皆無である。

しかしながら今後、既存の通信システムと国際標準プロトコルを採用した通信システムを融合させるには、OSI ネットワーク管理は不可欠なものと考えられる。このため、本透過プロトコル変換装置に図 8 のモデルで表現されるプロトコルと管理オブジェクトを追加した。

(1)管理プロトコル

管理プロトコルには CMIP (Common Management



Ca, Cb, Cc, Cd: 透過プロトコル変換を行う装置

図 8 ネットワーク管理の形態

Fig. 8 System configuration of network management.

表 2 サポート対象の管理オブジェクト
Table 2 Supported managed objects.

LME	属性/動作/通知	オペレーション		
		GET	SET	ACTION
システム	systemProfile	○		
	systemTime	○	○	
	resetSystemTimeCounter	○		
	managerNames	○		
	addManagerName			○
	deleteManagerName			○
ネットワーク層	networkProfile	○		
	numberNPDUReceived	○		
	numberNPDUSe	○		
LLC 802.1	llcProfile	○		
	unrecognizedPDU	○		
	bufferProblems	○		
LLC type 1	testCommandReceived	○		
	testResponseSent	○		
MAC	macProfile	○		
	initTS	○		
	initSlotTime	○		
	initMaxInterSolicitCount	○		
	initMaxRetryLimit	○		
	initHiPriTokenHoldTime	○		
	initTargetRotationTime 4	○		
	initTargetRotationTime 2	○		
	initTargetRotationTime 0	○		
	initTargetRotationTimeRingMaintenance	○		
	initRingMaintenanceTimerInitialValue	○		
	whoFollowsQuery	○		
	tokenPassFailed	○		
	noSuccessor	○		
	modemErrors	○		
物理	physicalProfile	○		

Information Protocol)⁷⁾を採用して、そのうち次にあげる3種類の管理オペレーションを可能とする。

- M-GET : マネージャによる情報の収集
- M-SET : マネージャによる情報の設定
- M-ACTION : マネージャによる動作の指示

この CMIP 実行エンティティは図2で示した ME (Management Entity) として位置づけられる。

(2) 管理オブジェクト

表2に示す管理オブジェクトを定義し、それぞれ属性・動作等を定める。オペレーションの項は、そのオブジェクトが対応するものを示す。

6. 評価

6.1 適用形態と評価項目

ここで提案する透過プロトコル変換方式を評価するために、標準 LAN の一つである IEEE 802.4 のトークンバスアクセス方式の LAN に適用し、既存のプロトコルとして無手順、BSC, SDLC の各手順について次の3項目の評価を行う。

(1) スループット

スループットについては、端末からデータを連続送信したとき、透過プロトコル変換装置(データを N_SDU にマッピングする)を介してもう一方の端末が単位時間当たりに受信するデータ量とする。図9の測定環境において評価を行う。

(2) 透過プロトコル変換処理時間

透過プロトコル変換処理時間は、一方の端末から2台の透過プロトコル変換装置(データを N_SDU にマッピングする)を経由して他方の端末へ送られるデータ伝送遅延時間から、回線の伝送時間および後述する透過プロトコル変換装置内の透過プロトコル変換処理以外の伝送遅延時間を除いたものである。これも、図9の測定環境において評価を行う。

(3) サービスプロバイダ性能

相互に通信し合う2台の透過プロトコル変換装置に内蔵された通信ボード間のデータ転送性能として、

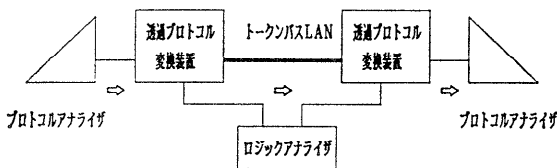


図9 性能評価測定環境
Fig. 9 Measurement environment for performance evaluation.

LLC サービスプロバイダ性能とネットワーク層サービスプロバイダ性能をデータ長をパラメータとして測定する。ここで LLC サービスプロバイダ性能は図10に示すように、通信ボード間で LLC プロトコル以下を実行するときのデータ転送性能(a)を、ネットワーク層サービスプロバイダ性能はネットワーク層プロトコル以下を実行するときのデータ転送性能(b)を表す。

(4) ネットワーク管理導入における負荷

図11のような測定環境において、端末1(プロトコルアナライザ1)から端末3(プロトコルアナライザ3)に、端末4(プロトコルアナライザ4)から端末2(プロトコルアナライザ2)にデータを連続転送させるとともに、ネットワーク管理装置から2台の透過プロトコル変換装置へ状況読みだしオペレーションを周期的に実行する。

このときネットワーク管理通信が端末間の通信に与える影響を測定する。測定の詳細な条件を以下記す。

- プロトコル : 無手順
- 伝送速度 : 4,800 bps

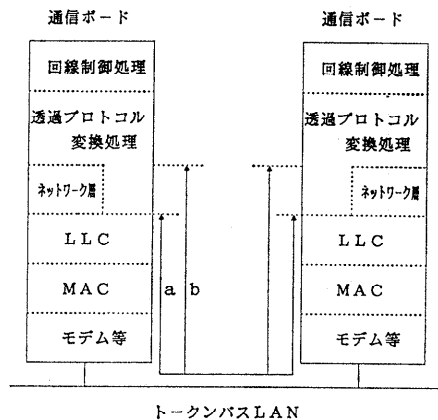


図10 性能測定の範囲
Fig. 10 Scope of performance measurement.

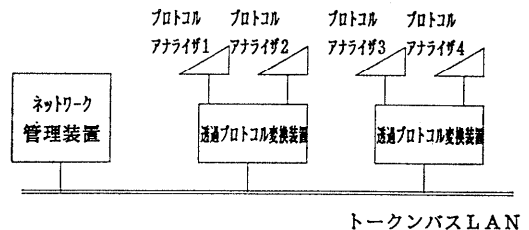


図11 ネットワーク管理を含めた性能評価測定環境
Fig. 11 Measurement environment for performance evaluation with network management.

- データビット : 7 bit
- ストップビット長 : 1 bit
- パケット化タイミング : 20 msec
- HL 通知*タイミング : 5 s
- 通信形態
 - プロトコルアナライザ 1 →
 - プロトコルアナライザ 3
 - プロトコルアナライザ 2 ←
 - プロトコルアナライザ 4
 この方向に連続発信を行った。
- 測定値 : プロトコルアナライザ 2 における 1 分間の受信数
- ネットワーク管理動作 : 以下のインターバルでポーリングを行う。
 - ∞ (ポーリングなし)
 - 5 s
 - 0.1 s

6.2 評価基準

本方式の実用性を評価するために、透過プロトコル変換装置を取り除き端末同士を回線で直結した場合のスループット値を評価基準値として下記 S_f, S_b, S_s のように定め、実際に測定した値と相対的な比較を行う。

また、各プロトコルに対応する透過プロトコル変換処理の遅延時間を測定するため、それ以外に発生する伝達遅延時間をそれぞれ D_f, D_b, D_s として定めた。

(1)スループットの評価基準値

(a)無手順 $S_f = L_f$

L_f : 端末を収容している回線速度または端末の最大送信能力

(b)BSC $S_b = L_b$

L_b : 端末を収容している回線速度または端末の最大送信能力

(c)SDLC $S_s = L_s$

L_s : 端末を収容している回線速度または端末の最大送信能力

(2)透過プロトコル変換処理以外の伝送遅延時間

(a)無手順 $D_f = T_f + P/2 + T_t$

T_f : 回線での 1 文字の伝送時間

p : N_SDU 組立周期時間

T_t : トークンバス伝送時間

$$= \frac{N_SDU \text{として組み立てられたオクテット数} + 27}{10 \times 10^3 / 8}$$

(b)BSC $D_b = T_b + T_t$

T_b : 同期確立 (3 文字分) と最初のデータの認識 (1 文字の受信) 時間
(メッセージの先頭の伝送遅延に注目)

T_t : トークンバス伝送時間

(c)SDLC $D_s = T_s + T_t$

T_s : 同期フラグを含む 1 フレームの伝送時間

T_t : トークンバス伝送時間

(3)ネットワーク管理導入後のスループット低下率

V_t : スループット低下率

$$= \left\{ 1 - \frac{\text{スループット(ネットワーク管理のポーリング周期 } t)}{\text{スループット(ネットワーク管理のポーリング周期 } \infty)} \right\} \times 100$$

6.3 測定結果と評価

(1)測定結果

図 12 から図 14 に各手順のスループット特性 (測定値/評価基準値×100) を、図 15 に各手順の透過プロトコル変換処理時間 (測定値-評価基準値) を示す。

さらに図 16 にネットワーク層と LLC のサービスプロバイダ性能を、図 17 にスループットに対するネットワーク管理の影響を記述する。

(2)評価

(a)無手順

スループット特性は以下の近似式で表される。

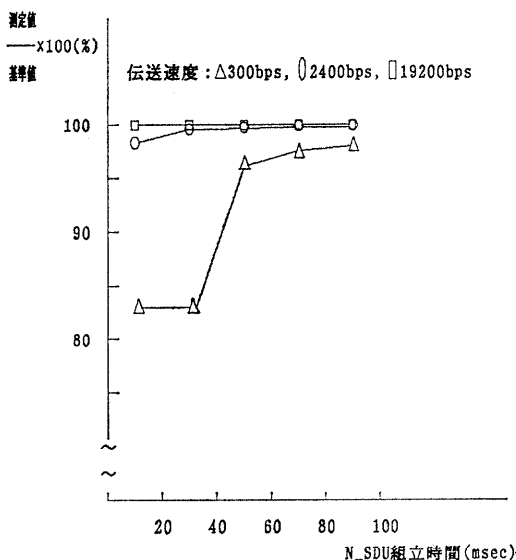


図 12 無手順のスループット

Fig. 12 Throughput of asynchronous procedure.

* HL 通知: 透過プロトコル変換装置では、HL という独自の packets を定期的を送受信することで RS 232 C の ER 線の機能を模擬している。

$$S = \frac{1 - \left(\frac{1000}{P+t}\right)t}{\frac{Lf}{1}} \times 100 = \left(1 - \frac{1000t}{P+t}\right) \times 100$$

$$\approx \left(1 - \frac{1000t}{P}\right) \times 100$$

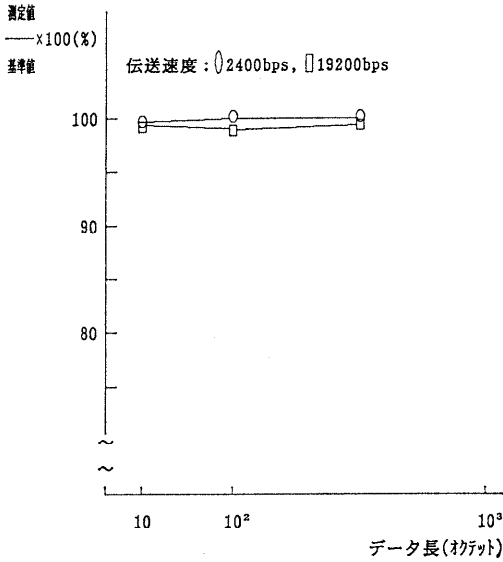


図 13 BSC のスループット
Fig. 13 Throughput of BSC procedure.

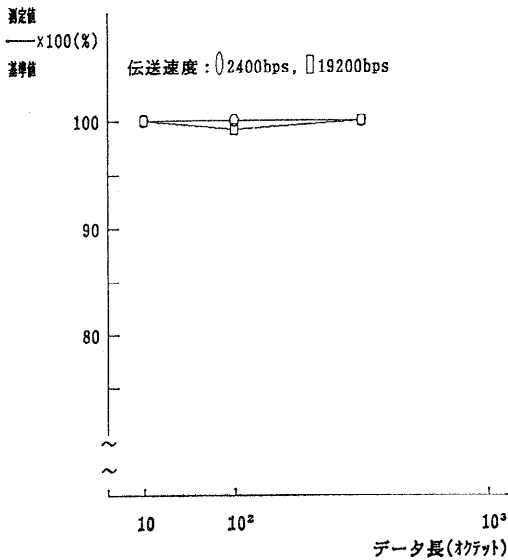


図 14 SDLC のスループット
Fig. 14 Throughput of SDLC procedure.

S: スループット, Lf: 端末を収容している回線速度または端末の最大送信能力, P: N_SDU 組立周期時間, t: DMA 転送再起動時間

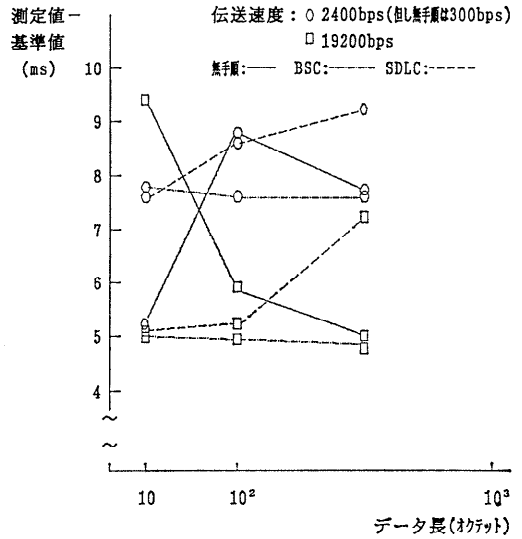


図 15 透過プロトコル変換処理時間
Fig. 15 Processing time of transparent protocol conversion.

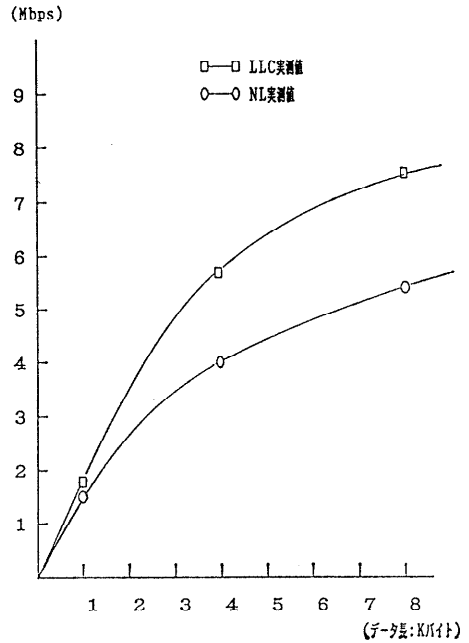


図 16 ネットワークと LLC サービスプロバイダ性能
Fig. 16 Throughput of network and LLC service providers.

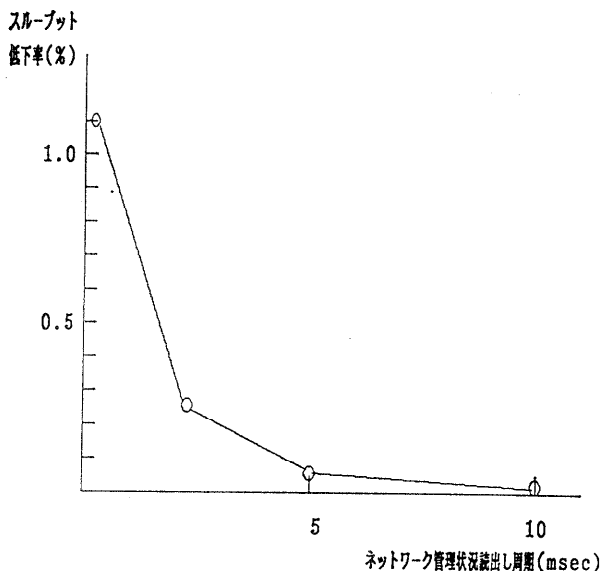


図 17 ネットワーク管理の影響による無手順のスループット低下率
Fig. 17 Asynchronous procedure throughput decrease induced by network management.

$\frac{1}{Lf}$ は透過プロトコル変換装置が端末から受信した文字数であり、 $1 - \left(\frac{1000}{P+t}\right)^t$ は透過プロトコル変換装置が端末へ送信する時の文字数である。

なお、 $\frac{1000}{P+t}$ は 1 秒間に DMA を起動する回数であり、 t は一つの N_SDU 中の文字を回線に対して送信完了したときから、次の N_SDU 中の文字を送信開始するまでにかかる時間である。

実際の測定結果では、図 12 からわかるように N_SDU 組立時間が 50 msec~100 msec のとき、すべてのケースではほぼ 100% 近い特性となる。また、300 bps では 1 文字送信に約 33 msec 必要であり、N_SDU 組立時間が 30 msec 以下では、1 文字も受信できない場合が発生する。今回、実現した装置では受信バッファが空であることを認識した時には、運用管理処理の別イベントが発生するため、近似式以上の低下が見られる。

透過プロトコル変換処理時間については 300 bps および 19200 bps で 10 オクテット、100 オクテット、500 オクテットを送信した場合につき、それぞれ 50 回測定して平均を求めている。このときの N_SDU 組立時間は 50 msec である。

測定結果は、図 15 では最大値と最小値に 4 msec 強

の開きがあるが、平均を取る前の個々の測定値をみると、50 msec 弱の開きが発生している。これは無手順の場合、データの受信を N_SDU 組立時間による S/W センス方式をとっているため周期的なセンス読み出しのどこで受信が発生するかで 50 msec 以内の分散が発生するためと考えられる。

(b) BSC

フレーム長 10 オクテット、100 オクテット、500 オクテットで、それぞれについて 90 秒の測定を各 5 回行い平均をとった場合、スループットの特長としてほぼ 100% 近い結果が得られた (図 13 参照)。ただし、測定結果において数% のばらつきが出ているが、実験に使用したプロトコルアナライザ同士を直接接続して測定しても発生しているため、誤差範囲と考えられる。

透過プロトコル変換処理時間については、一定時間でフレームを分断しているため、データ長に関係なくほぼ一定であり、端末との回線速度が大きいほど処理時間が小さくなっている (図 15 参照)。この理由としてはフレームの先頭を認識する等の H/W 処理時間が回線速度に依存して変化するためである。

(c) SDLC

フレーム長 10 オクテット、100 オクテット、500 オクテットでそれぞれについて 90 秒の測定を各 5 回行い平均をとった場合、スループットの特長として数% のばらつきはあるが、ほぼ 100% 近い結果が示されている (図 14 参照)。

透過プロトコル変換処理時間については、フレーム長が長いほど大きく、また回線速度が大きいほど小さくなっている (図 15 参照)。SDLC では BSC のようにフレームを分断して送信することがないため、フレーム長が大きいほどフレームの先頭が受信されてから N_SDU にまとめるまでの時間が大きくなる。また BSC と同様、フレームの先頭を認識する等の H/W 処理時間が回線速度に依存して変化している。

(d) サービスプロバイダ性能

データ長が増加するにつれて LLC とネットワーク層の両サービスプロトコルダ性能も向上しているが、その率は次第に低くなる。LLC サービスプロバイダ性能は最大 7.5 Mbps でデータ長が 1K バイトのときでも 2 Mbps 近くの値となる。またネットワーク層サービスプロバイダ性能は最大 5.5 Mbps でデータ長

が 1 K バイトの時には 1.5 Mbps の値となる (図 16 参照)。

(e) ネットワーク管理の影響度

ネットワーク管理によるポーリング周期をネットワーク管理装置の限界値すなわち 0.1 msec まで上げたが、測定結果に表されているように、スループットに対する劣化はほとんど観測されていない (図 17 参照)。

(f) 総合評価

透過プロトコル変換装置を介することにより、数 msec の透過プロトコル変換処理遅延時間が発生するが、スループット特性としてはほぼ 100% 近い値が示されていることと、既存手順の伝送に関するタイム監視時間が数秒のオーダー (透過プロトコル変換装置に接続するための変更は必要とされない) であることから、トークンバス LAN における本透過プロトコル変換方式の実用性は十分であり有効といえる。ただし、トークンバス LAN におけるトラフィック負荷が輻輳状態にないという前提条件が必要である。

実際にエンド・エンド間でデータ転送をする場合には、2 台の透過プロトコル変換装置内で発生する遅延を合わせた透過プロトコル変換処理時間の他に、文字/フレームの伝送時間、トークンバス伝送時間およびルータや広域網伝送時間が必要になる。この中で透過プロトコル変換装置を取り除き端末同士を回線で直結した場合にも文字/フレーム伝送時間は必要となる。また、トークンバス伝送時間は図 16 に示すように LLC サービスプロバイダまたはネットワーク層サービスプロバイダのどちらかを利用するようにしても高速であり、端末間の最大スループット ($19200 \text{ bps} \times N$ ($N=1, 2$) 時の遅延時間に比べて小さい。さらに、ルータ中継時間や広域網伝送時間もフレームリレー等の網を利用した場合には 10~50 msec の範囲に収まるものと考えられる。

したがって本透過プロトコル変換方式は LAN だけでなく、高速広域網を利用した LAN 間接続形態においても十分に効果を発揮するものと考えられる。

また、スループット特性が低下する要因は、透過プロトコル変換装置が既存端末に文字/フレームを送信する場合に、連続した DMA 転送起動時間の時間遅れが主なものであり、したがって文字やフレームが細分割されるほどスループットは下がる傾向となる。

今回の評価では透過プロトコル変換装置に対する OSI ネットワーク管理エージェント機能の追加によ

る性能の劣化はほとんど観測されないという結果を得た。

なお、上記ネットワーク管理機能を具備した本透過プロトコル変換処理装置はプログラムコントローラ工場の配線の統合化と CIM 化を目指したシステム⁸⁾に適用され、プリント基板自動挿入装置を制御する群管理装置およびショップホスト間を接続し、問題なく稼働し続けている。採用の主な理由は既存の通信システムから OSI プロトコルを採用した MAP システムに移行する場合に、アプリケーションプログラムを全部変更することは資金的にも安定性の観点からも困難であり、段階的な拡張を図ったためである。

7. おわりに

本論文では、既存の通信システムから LAN における標準 OSI プロトコルを採用した通信システムへの移行と共存を可能とする透過プロトコル変換方式を提案し、既存のプロトコルとして最も利用されている無手順、BSC、および SDLC のプロトコル透過性の方式を明らかにするとともに、その具体例として標準の LAN アクセス方式であるトークンバスに適用した場合の性能評価と本方式の有効性を示した。

さらに、この透過プロトコル変換方式に基づく処理と CMIP/ROSE による OSI ネットワーク管理処理を、同一の透過プロトコル変換装置に共存させた場合のネットワーク管理の影響度についても評価し、その負荷が非常に小さく、本プロトコル変換装置が実用上問題ないことを示すことができた。

このように今回実現した透過プロトコル変換装置は LAN 上ではもちろん、数 Mbps 以上の伝送速度を有する高速デジタル専用線やフレームリレー等を利用した LAN 間接続形態においても十分に有効性を発揮するものと考えられる。なお、本論文では E_PDU を OSI のネットワーク層サービスや LLC サービスにマッピングしていたが、OSI 以外のアーキテクチャを有する LAN システムへの適用も考えて、TCP/IP プロトコルの IP サービスにマッピングすることも可能である。

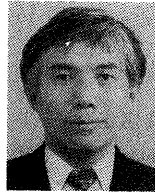
今後の課題として、他の LAN アクセス方式への適用と評価および端末間のフロー制御を考慮したトランスポート層サービスへのマッピング方式を検討する予定である。

参 考 文 献

- 1) ISO 7498: Information Processing Systems—Open Systems Interconnection—Basic Reference Model (1984).
- 2) 斎藤, 苗村: OSIの実現とその課題(I) OSI機能標準化の動向, 情報処理, Vol. 29, No. 9, pp. 1023-1031 (1988).
- 3) 野口, 白鳥: プロトコル変換方式, 電子情報通信学会 B-I 論文誌, Vol. 69, No. 2, pp. 145-152 (1986).
- 4) 井手口, 厚井, ほか: プロトコル変換方式の設計と実現, 電子情報通信学会 B-I 論文誌, Vol. J 72-B-I, No. 2, pp. 143-149 (1989).
- 5) 松井, 横山, ほか: 複数プロトコル変換機能の共存が可能なゲートウェイアーキテクチャの提案, 電子情報通信学会研究会報告, SSE 88-152 (1988).
- 6) Manufacturing Automation Protocol Specification, Version 3.0 (1988).
- 7) ISO/DP 9596/2—Information Processing Systems—Open Systems Interconnection—Management Information Protocol Specification-Part 2: Common Management Information Protocol Specification.
- 8) 中野, 井上: 小型電子部品組立における CIM と MAP の応用例, 情報処理, Vol. 33, No. 3, pp. 264-271 (1992).

(平成4年11月2日受付)

(平成5年4月8日採録)



厚井 裕司 (正会員)

1947年生. 1970年東京理科大学応用物理科卒業. 同年, 三菱電機(株)入社. 以来, ネットワークアーキテクチャ, 分散処理ネットワークシステム, LAN, 通信処理方式の研究・開発に従事. 現在, 同社通信システム研究所に勤務. 電子情報通信学会会員.



井手口 哲夫 (正会員)

1949年生. 1972年電気通信大学通信工学科卒業. 同年, 三菱電機(株)入社. 以来, ネットワークアーキテクチャ, 通信プロトコル設計方式, LAN, 通信処理方式の研究・開発に従事. 現在, 三菱電機情報ネットワーク(株)勤務. 工学博士. 電子情報通信学会, 電気学会各会員.



藤井 照子 (正会員)

1965年生. 1988年群馬大学工学部情報工学科卒業. 同年, 三菱電機(株)入社. 以来, LANの通信処理方式の研究開発に従事. 現在, 三菱電機(株)通信システム研究所勤務. 電子情報通信学会会員.