

TR-081

複合ローカル・エリア・ネットワーク INI
—物理ネットワーク構成と物理層プロトコルの特徴—

田口昭仁, 金子勝蔵, 宮崎収兄,
北上 始, 山本 明, 村上国男

September, 1984

©ICOT, 1984

ICOT

Mita Kokusai Bldg. 21F
4-28 Mita 1-Chome
Minato-ku Tokyo 108 Japan

(03) 456-3191~5
Telex ICOT J32964

Institute for New Generation Computer Technology

複合ローカル・エリア・ネットワークINI

— 物理ネットワーク構成と物理層プロトコルの特徴 —

田口 昭仁, 金子 勝蔵, 宮崎 収兄, 北上 始, 山本 明, 村上 国男
(財)新世代コンピュータ技術開発機構 (ICOT)

1. はじめに

INI (Internal Network in the ICOT Programming Office) は、ICOTで開発中のローカルエリア・ネットワークであり、複数の同軸ケーブル (Subnetwork/単位ネットワークと呼ぶ) とブリッジおよびLIA (LAN Interface Adaptor) で構成される。ブリッジは、一対の同軸ケーブルを連結する。

INI アーキテクチャは、三層モデル (物理層、論理層、応用層) である。OSI 参照モデルのレイヤ4/5 に相当する論理層に、グループ通信 (Group Communication) と呼ぶブロードキャスト向けプロトコルを導入した。Scherrは、衛星通信の本来的特性であるブロードキャスト機能が活用されていないと指摘している[10]。従来のセッション向け通信は衛星通信等の物理通信媒体のブロードキャスト機能を活かしていないが、グループ通信はそれを活用して通信量削減が図れる。又、グループ通信は、ネットワーク制御をはじめとして、色々の応用にも有効と思われる。

今後、ブロードキャスト機能を本来的に具えた物理通信媒体がひろまると思われる。例えば、衛星通信や無線通信[3]がある。それに伴い、論理層のグループ通信機能が重要になるだろう。本論文では、主として、複数の単位ネットワークから成る複合ローカルエリア・ネットワークINIの全体に亘るブロードキャストを実現する独自の物理層プロトコルについて述べる。グループ通信、ネットワーク制御等のINIの他の特徴に関しては、文献[12]又は[13]を参照のこと。

2. INIの開発目的

INIは、関係データベース・マシンDeltaとパーソナル型推論マシンPSI([19])との間のデータ・バスとして、及びプログラミング支援環境の土台として、ICOTにおける研究・開発に使用される。

又、INIは、コンピュータ・ネットワークに関連する下記の様な新技術の研究・開発のための実験ネットワークでもある。

- ・知的オフィス・オートメーション/知的プログラミング支援環境の研究
- ・ネットワーク制御・管理あるいは統合ネットワークOSの研究
特に、通信プロトコル翻訳/メディア変換、あるいは高度ネットワーク制御等々への知識情報処理技術の適用・試用実験
- ・ネットワーク・システムの構築・診断のための知識情報処理システム (エキスパート・システム) 開発の基礎技術の研究

3. INIのネットワーク構成とネットワーク・アーキテクチャ

(1) 物理ネットワーク構成

図1に示すように、INIは複合ネットワークである。複合構成とした主たる理由を次に示す。

- ・研究・開発活動に伴う特殊トラフィック（例えば、性能測定の為の高トラフィック）を単位ネットワーク内に局所化することによって、他の通常の通信に対する悪影響を避ける。

- ・INI の設置に際し、ケーブルの張り方に自由度をもたせる。結果として、ケーブルの全長も短くなる。

LIA には、複数台のインテリジェント端末装置（例えば、PSI）が接続できる。LIA は、これらの端末の前置通信処理装置として通信プロトコル（後述する物理層と論理層）を実行する。又、一部のLIA は、他のLIA へのダウン・ローディング等のネットワーク管理機能も司る。これらのLIA をNCLIA(Network Control LIA)と呼ぶ。

(2) 層構造とプロトコル

図2に、OSI 参照モデルとの対比で、INI アーキテクチャの層構造を示す。INI は、物理層・論理層・応用層の三層を持つ。応用層は各端末内に位置する。上述のように、物理層と論理層のプロトコルはLIA で実行する。

(a) 物理層プロトコル

INI の物理層は、OSI のレイヤ 1から 3に対応する。物理層プロトコルはETHERNET^{*1} ([2]) に準拠するが、単位ネットワーク間ルーチング及びブロードキャストの実現の為に拡張してある。この拡張（ブリッジ・プロトコル）に関しては、4章で述べる。

単位ネットワーク間ブロードキャスト機能は、ETHERNETに基づく単位ネットワーク内ブロードキャスト機能を発展させたもので、INI 全域に亘るグループ通信の実現を支持する。

(b) 論理層プロトコル

INI の論理層は、OSI のレイヤ4/5 に該当する。論理層のプロトコルとして、従来のセッション向け通信（プロセス対間通信）の代りに、グループ通信（複数プロセス間通信）を導入した。グループ通信では、通信グループと呼ぶ論理的通信媒体を複数のプロセス間に1個設定する。通信グループに属するプロセスが発信したメッセージは、他のメンバ・プロセス全てに転送される。グループ通信は、物理層のブロードキャスト機能を有効に活用し、通信量の削減が図れる。

通信グループは、複数のセッションに相当する実体を表す一種の抽象データ型であり、下記の様な応用を実現するのにも役立つと考えられる。

- ・分散データベース制御 ([18])
- ・電子メールの一斉配布
- ・分散処理、分散アルゴリズム ([17])
- ・将来のプログラミング支援環境、特に知識プログラミング環境 ([13, 15])

特に、ネットワーク制御に伴う制御情報の収集や、伝播を実現するにも、ブロードキャストに基づくグループ通信が適している。例えば、ネットワーク内に分散配置されたネットワーク管理情報（ネットワーク構成情報等々）に対する一斉更新や一斉問合せ等も、通信グループを介して自然な形で実現される。更に、統合ネットワークOSの基本メカニズム（資源ロック制御、プロセス間同期制御等々）を実現するにもグループ通信は有力な機能である。

なお、論理層プロトコルの詳細は、文献[12]を参照のこと。

(3) アドレス体系

図3に、LIA アドレス、端末アドレスおよびプロセス・アドレスを示す。LIA アドレスは、単位ネットワーク・アドレス(Subnetwork Address)と単位ネットワーク内ノードアドレス(Node-Address-in-Subnetwork)とから成り、ETHERNETプロトコルのノード・アドレスに該当する。端末アドレスはLIA に接続された端末に与えられ、端末番号は各LIA 内で一意である。プロセス・アドレスは端末内の応用層プロセスに与えられ、プロセス番号は各端末内で一意である。

表1に、単位ネットワーク内通信及び単位ネットワーク間通信における宛先LIA のアドレッシング方式を示す。

(4) LIA の論理構造とLIA インタフェース

図2は、LIA の概念的な構造を示す。LIA には端末内の応用層プロセスに対応するダミー・プロセスが在り、物理層と論理層のプロトコルを代行する。又、LIA 内に、ネットワーク管理を司る応用層プロセスも置かれ、これらの管理プロセスは通信グループを介して交信しながらネットワーク管理を実行する。

LIA と各端末との間のインタフェースは、物理レベルと論理レベルとに分けられる。物理レベルインタフェースとして、IEEE488 を採用している。論理レベルインタフェースは、概念上、応用層プロセスとそのダミー・プロセスとの間に位置付けられる。論理レベルインタフェースは、論理層プロトコルに類似しているが、より簡素であって応用層プロセスの責任を軽減している。例えば、LIA が応用層プロセスに信頼性あるトランスペアレントな論理的通信媒体を提供するので、基本的には、応用層プロセスがデータ転送制御を意図する必要はない。又、論理レベルインタフェースでは、通信相手プロセス(1個又は複数)を記号名で指定できる。プロセス記号名からプロセス・アドレスへの変換は、ネットワーク管理機能の一環としてLIA で行なわれる([12])。

(5) LIA の役割

INI におけるLIA 導入の意義を、以下に示す。

- ・LIA は論理層プロトコルを実行し、端末の負荷を軽減する。更に、プロトコルの変更/拡張に際しても、端末の作りを変更する必要性が少なくなる。今後、ネットワーク制御用の指令や情報をデータ転送コマンドに重畳する等の変更が予想される。INI のような実験ネットワーク・システムでは、この種の変更/拡張の可能性が大きい。
- ・ETHERNETの弱点は、高負荷時のコリジョンによる性能劣化である。LIA に接続された複数の端末からの送信要求をLIA でシリアライズすることで、コリジョン発生確率の低下を図る。現在、LIA 論理レベルインタフェース上、通信グループ対応のローカル・フロー制御の導入も検討中である。
- ・知的、動的なネットワーク制御、さらに統合ネットワークOSの試作・実験に際して、LIA 上のネットワーク管理プロセスがその核になる。

4. INI 物理層のブリッジ・プロトコル

INI は、図4に示すとおり、複数の単位ネットワークからなるトリー構造と見做せる。ブリッジの設計方針は、出来るだけ簡便な装置とすること、及び単位ネットワーク(同軸ケーブル)の伝送能力を阻害しないことの2点とした。その為、ブリッジ・プロトコルは単純にする必要がある。しかし一方、不要パケットを検出し廃棄する面倒な処理も必要である。不要パケットは、単位ネットワーク間通信の実現の為に用いるETHERNETのマルチキャスト機能に起因するものだが、ブリッジで検出・廃棄しないとネットワーク全体の性能劣化をもたらす。

(1) ブリッジ・プロトコルとブリッジ処理

表1に、単位ネットワーク内および単位ネットワーク間通信の際のLIA に対するアドレッシングとその役割を示す。又、INI とETHERNETとのアドレッシング・スキーマの対応を表2に示す。INI 全域に亘るグループ・ブロードキャスト（ETHERNETのマルチキャスト・グループに相当）は、物理層ではサポートしないが、論理層のグループ通信機能で代替可能である。

LIA 及び応用層プロセスは、INI のネットワーク・トポロジを意識しない。すなわち、単位ネットワーク内通信も単位ネットワーク間通信も、LIA 及び応用層プロセスからは同一視できる。各LIA は、自単位ネットワークの単位ネットワーク・アドレスのみを知っている。グループ通信時のブロードキャストイングの際には、LIA は、送信パケットの宛先LIA アドレスとして**broadcast-LIA-address**を用いる。このパケットは、各ブリッジを経由し、INI 全域に転送される。又、個々の他LIA に送信する場合、自単位ネットワーク内であれば**individual-LIA-address-intra-subnetwork**を、あるいは他の単位ネットワーク内であれば**individual-LIA-address-inter-subnetwork**を送信パケットの宛先LIA アドレスとして使用する。ここで述べたLIA アドレッシング方式は、ブリッジの処理において通信グループの分別やアドレス変換が不要であり、単位ネットワーク間ルーティングのオーバーヘッドが小さい。

各ブリッジも、INI のトポロジを意識しない。単位ネットワーク間のブロードキャストイング及びルーティングに際し、ブリッジは、事前に与えられている単位ネットワーク・アドレス域と、隣接する2つの単位ネットワークのアドレスだけを意識する。ただし、図4に例示するように、あるブリッジの下方の全ての単位ネットワークには、そのブリッジの持つ単位ネットワーク・アドレス域に含まれるアドレス値を割当てておく必要がある。以下に、各パケットに対するブリッジの処理内容を述べる。

・ブロードキャスト・パケットに対する処理(**broadcast-LIA-address**)

当該パケットを、そのまま他方の隣接単位ネットワークに送出する。

なお、当該パケットは、各LIA でも受入れられる。

・単位ネットワーク内転送パケットに対する処理(**individual-LIA-address-intra-subnetwork**)

当該パケットの宛先ヘッダには、マルチキャスト・ビットがセットされていない。この場合、ブリッジは当該パケットを受入れない。

なお、当該パケットは、指定されたLIA で受入れられる。

・単位ネットワーク間転送パケットに対する処理(**individual-LIA-address-inter-subnetwork**)

上方（下方）の単位ネットワークからのパケットの宛先LIA アドレスの単位ネットワーク・アドレス部が当該ブリッジの単位ネットワーク・アドレス域の外（内）の場合、当該パケットは不要パケットであり、ブリッジで廃棄する。受入れたパケットが他方の隣接単位ネットワーク宛の場合、宛先ヘッダのマルチキャスト・ビットをリセットして送出する。その他の場合には、受入れパケットをそのまま他方の単位ネットワークに送出する。

上述以外に、単位ネットワーク内ブロードキャスト機能の導入の為に、表1の最後に示すLIA アドレッシング方式(**broadcast-LIA-address-intra-subnetwork**)を検討中である。単位ネットワーク内ブロードキャスト機能は、グループ通信の部分的再送に効果的である。送信プロセスは、**broadcast-LIA-address**を指定したパケットを通信グループ上に送出した後、各メンバ・プロセスからの応答（肯定又は否定）を持つ。一部のメンバ・プロセスに対し、パケットの再送が必要になる場合もある。部分的再送の範囲として、下記の5方策が考えられる。

- ・メンバ・プロセス対応
- ・端末対応

- ・ LIA 対応
- ・ 単位ネットワーク対応
- ・ 単位ネットワーク群対応

第1の方式は最も単純であり、現バージョンのINIはこの方式を実装している。しかし、この方式では再送パケットの数が多くなる。第2、第3の方式は、LIAの再送制御を少し複雑にすることで容易に実現できる。第5の方式は、LIAがINIのネットワーク・トポロジを意図する必要があり、好ましくない。現在、単位ネットワーク内ブロードキャスト機能を活用する第4の方式を検討中である。この方式で、十分に再送パケットの削減が可能と見込まれる。

(2) ブリッジに関する今後の課題

ブリッジはバッファ・ビジー時に受信したパケットを廃棄するが、送信元LIAへの廃棄通知はしない。従って、論理層のエンド・ツー・エンドのプロトコルで、パケット紛失の検出及び再送制御を行う。ブリッジのバッファ・ビジーの主たる要因はコリジョンと考えられるので、バッファ・ビジー発生確率を下げる為にPriority ETHERNETプロトコル等([5])の導入も検討課題のひとつである。

ブリッジに関するネットワーク制御機能も検討課題である。可用性の観点から、ブリッジがINIの弱点となる心配がある。クリティカルな位置のブリッジの二重化も検討課題のひとつであろう。ブリッジに関するネットワーク制御機能としては、統計情報(コリジョン発生回数、廃棄パケット数等々)の収集、エコー・チェック、二重化ブリッジ切替制御等が検討すべき課題となる。

5. むすび

本論文では、INIの物理層に導入した単位ネットワーク間ルーティング及びブロードキャスト機能のためのブリッジ・プロトコルについて述べた。ブリッジ・プロトコルは単純にして、簡便な装置で実装でき、かつ単位ネットワーク間通信処理のオーバーヘッドの削減を図った。

INIの様な複合ネットワークの利点についても述べた。今後、物理層レベルのブロードキャスト機能に裏付けられた論理層レベルのグループ通信機能が、色々な応用でも必要になる。特に、将来の高度ネットワーク制御及び知的オフィス環境/プログラミング支援環境を実現する際には、グループ通信機能が本質的に重要になると思う([12, 13, 15])。従って、単位ネットワーク内ブロードキャスト機能(ETHERNETプロトコルに基づく)を拡張したINI全域でのブロードキャスト機能の意義も高まると考える。

謝辞

INIプロトコルの開発に協力して頂いた沖電気工業の古田勇、松村裕治の両氏に感謝します。又、ICOTの測研究所長の日頃の御指導に深く感謝致します。

*1: ETHERNETは、Xerox社の商標である。

参考文献

- [1] Bux, W., "Local Area Subnetworks: A Performance Comparison", IEEE Transactions on Communications Vol. COM-29 No. 10, 1981
- [2] DEC, Intel and Xerox, "The Ethernet, A Local Area Network, Data Link Layer and Physical Layer Specification, V 2.0", 1983
- [3] Gfeller, F., "INFRAJET: Infrared Microbroadcasting Network for In-house Data Communication", 7th European Conference on Optical Communication, 1981
- [4] "Data Processing-Open Systems Interconnection-Basic Reference Model", ISO IS7498, 1983
- [5] 小田, 飯田, 室田, "優先権の再割付けを行う Priority ETHERNET", 電子通信学会論文誌 Vol. J-66-D No. 1, 1983
- [6] Kowalski, R. A., "PROLOG AS A LOGIC PROGRAMMING LANGUAGE", AICA, 1981
- [7] 松村, 吉田, 伊藤, 田口, "LANの相互接続に関する一検討", 昭和57年度電子通信学会総会全国大会, 1984
- [10] Scherr, A. L., "A Perspective on Communications and Computing", IBM Systems Journal Vol. 22 No. 1, 1983
- [11] Schindler, S., "OPEN SYSTEMS MANAGEMENT - A Tutorial Elaboration on the ISO Approach-", Conference on DATA and TELE COMMUNICATIONS INTERNATIONAL-JAPAN'82, 1982
- [12] Taguchi, A., et al., "The INI Internal Network and a Bird's-eye View of New Generation Computer-Networks", ICOT TR-0044, 1984
- [13] Taguchi, A., et al., "INI: Internal Network in ICOT and its Future", ICC'84, 1984
- [14] Taguchi, A., "Overview of the INI Compound Local Area Network - Bridge Protocol for Inter-Subnetwork Broadcasting-", ICOT TR-068, 1984
- [15] Taguchi, A., "Writing in a Foreign Language and Programming in Warnier's Methodology - A Study of Programming Processes-", ICOT TR-0057, 1984
- [17] Warren, D. S., et al., "Executing Distributed PROLOG program on a Broadcast Network", Int. Symp. on Logic Programming, 1984
- [18] Yamazaki, H. and Yoshida, I., "A Proposal for Broadcast Architecture Network (BANET)", ICC'82, 1982
- [19] Yokoi, T., "A Perspective of the Japanese FGCS Project", ICOT TR-0026, 1983
- [20] Bux, W., and et al., "BRIDGES FOR INTERCONNECTION OF RING NETWORKS A SIMULATION STUDY", IFIP'83, 1983
- [21] "広がる無線機器市場", 1984. 8. 3付 日経産業新聞
- [22] 井坂, "上位プロトコルの実行速度を重視したOA用ローカルエリアネットワーク", 日経エレクトロニクス (1984. 8. 27)
- [23] 王, 生, "オフィス・ワーカーに創造性を発揮させるOAの進め方", 日経コンピュータ (1984. 9. 17)
- [24] 吉田, 他, "分散処理向きローカルネットワークアーキテクチャ", ローカルエリアネットワークシンポジウム (情報処理学会), 1983

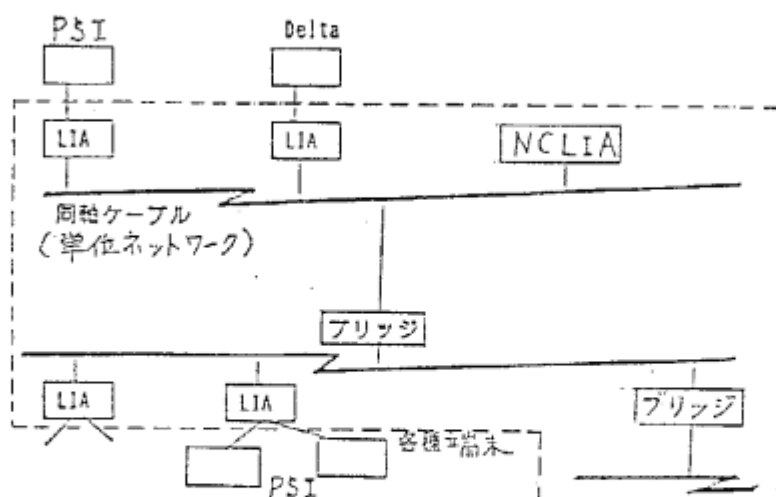
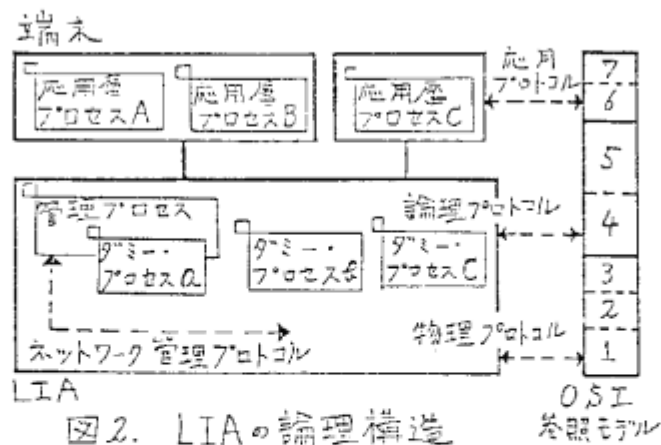
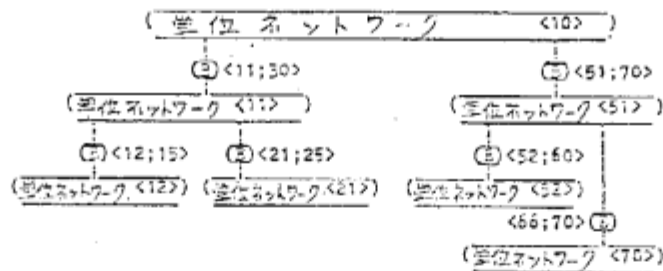


図1. INIの物理構成



ノード・アドレス	端末番号	プロセス番号
-----LIA アドレス----->		
-----端末アドレス----->		
-----プロセス・アドレス----->		

図3. INIのアドレス体系



(E) : フラッシュ
 <a> : 単位ネットワーク・アドレス
 <a> : 単位ネットワーク・アドレス域

図4. INIのネットワーク・トポロジ

表 1. 単位ネットワーク内/間通信のLIAアドレス付け

LIA アドレス付	宛先アドレス・フィールド (注1)			説 明
	マルチ キャスト ・ビット	LIA アドレス		
		単位ネットワーク ・アドレス	単位ネットワーク内 ノード・アドレス	
Individual LIA-address intra subnetwork	オフ	指定 (注2)	指定 (注2)	単位ネットワーク内転送パケット である。指定された宛先LIA に、受信される。
Individual LIA-address inter subnetwork	オン (注4)	指定 (注2)	指定 (注2)	単位ネットワーク間転送パケット である。
Broadcast LIA-address	オン (注4)	ブロードキャスト・アドレス (注3)		INI の全LIAへのブロードキャ スト・パケットである。
Broadcast LIA-address intra subnetwork	オン (注4)	指定	指定不要	単位ネットワーク内の全LIAへの ブロードキャスト・パケットである。

(注1) ETHERNETのパケット・ヘッダ内

(注2) 宛先LIAアドレスは、ネットワーク管理機能を通じて、
必要時更新に入替えることができる。

(注3) ETHERNETプロトコルの規定に従う。

(注4) マルチキャスト・ビットは、単位ネットワーク間通信を意味する。

表 2. INI と ETHERNET のアドレス体系

INI	ETHERNET
Individual-LIA-address -intra-subnetwork	ノード・アドレス
Individual-LIA-address -inter-subnetwork	ノード・アドレス
Broadcast-LIA-address	ブロードキャスト・アドレス
Broadcast-LIA-address -intra-subnetwork	-----
-----	マルチキャスト・ グループ・アドレス