

東北大学総合情報ネットワークシステム TAINS の構築†

坂田 真人^{††} 根元 義章^{†††} 野口 正一^{††††}

東北大学では、研究・教育のための新たなインフラストラクチャである学内総合情報ネットワークシステム TAINS(ティンズ: Tohoku University Academic/All-round/Advanced Information Network System)を構築し、本格的な運用を開始している。TAINS は、仙台市内に分散している東北大学の全キャンパスを結ぶ大規模学内 LAN であり、研究室のパソコンやワークステーションから共同利用施設の汎用大型コンピュータやスーパーコンピュータまで、あらゆるコンピュータ間で自在な情報の交換を可能とするものである。TAINS の通信網は、光ファイバとミリ波無線回線を用いて全学 68 箇所のノードを接続している基幹ネットワークと、それぞれのノードから学部や学科などの建物内に張り巡らされている同軸ケーブルを用いたインハウスネットワークの 2 階層で構成されている。基幹ネットワークは伝送速度 100 Mbps の ANSI 標準の FDDI 仕様で、インハウスネットワークは伝送速度 10 Mbps の IEEE 802.3 (ISO 8802-3) 仕様で準拠している。特に、国際規格である OSI (開放型システム間相互接続)を採用し、これまで相互接続が困難であった異なるメーカーのコンピュータ間でも情報交換を可能にしようとするものである。本論文では、この TAINS のシステム全体について議論する。

1. はじめに

情報処理と通信が密接に融合した情報ネットワークは高度情報化社会のインフラストラクチャとなりつつある。このような動向は、当然なこととして大学環境においても当てはまる。東北大学では昭和 62 年度から学内の総合情報ネットワークの構築を開始し、平成元年 10 月に全キャンパスの整備を終え、全面的な運用を開始した。このネットワークは、東北大学のすべてのキャンパスを包含し、あらゆる学術情報資源を一元的に結び付け、自在な情報の交流を可能とすることによって、より強力かつ高度に研究教育を支援し、大学の現在と将来に適合できる環境を創りだそうとするものである。この学術的、多目的、そして先進的という目標にちなんで、これを TAINS (Tohoku University Academic/All-round/Advanced Information Network System)と呼んでいる。

学内ネットワークの構築は、研究者などの要望と技術動向の調査、システムの構想と基本設計、ケーブルの配線設計と機器配置計画、構築作業、そして運用管理体制の組織化という流れで作業が進行し、運用開始の運びとなる。本論文は、TAINS の構想と基本設計およびシステム構成を議論し、今後構築されるであろう

大規模 LAN 構築の資料とすることを目的としている。なお、このような大規模 LAN の構築については、東京大学工学部 LAN²⁾、京都大学統合情報通信ネットワークシステム KUINS³⁾などの例があるが、東北大学 TAINS は異機種間通信のため国際標準規格である OSI を採用するなどの先進的な特徴を持っている。

2. TAINS 誕生の背景と期待

東北大学は 10 学部、7 研究所、教養部およびその他の施設からなる。これらは仙台市内の片平地区 (金属材料研究所など)、青葉山地区 (理学部、薬学部、工学部)、川内地区 (法学部、文学部、経済学部、教育学部、教養部)、星稜地区 (医学部、歯学部)、および雨宮地区 (農学部) の 5 つの主要キャンパスに分散している。TAINS 構築以前、東北大学における情報関連施設を総合的に利用する環境は十分なものとは言えなかった。例えば、構内電話網を使用すると速度が 300 bps や 1,200 bps と低速であること、物理的な電話回線容量が不足していたこと、さらに研究室のパソコンやワークステーション相互の通信ができる環境になかったことをあげることができる。特に、離れたキャンパス間に、いかに通信路を確保するかが大きな問題であった。

これらの状況を踏まえ、情報ネットワークを研究教育を支援する重要なインフラストラクチャとして位置付け、それを実現すべく、今後の望ましいネットワークシステムのあり方に関して多くの議論が行われた。具体的には、想定される利用形態、要望などについて

† Construction of the Tohoku University Academic Information Network System—TAINS— by MASATO SAKATA (Computer Center, Tohoku University), YOSHIKI NEMOTO (Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University) and SHOTCHI NOGUCHI (Research Center for Applied Information Sciences, Tohoku University).

†† 東北大学大型計算機センター

††† 東北大学電気通信研究所

†††† 東北大学応用情報学研究所

表 1 TAINS に期待される各種機能
Table 1 Expected facilities of TAINS.

○各種情報検索	○図書館情報処理	○学外設備との結合
○データベース構築	○学術文書処理	○電子メール
○科学計算処理	○CAI の実施	○ビデオテックス
○計測データ処理	○医療情報処理	○パソコン間通信
○画像データ処理	○事務・教務の支援	○テレビ講義の実施
○CAD/CAM/CAE の実施		○テレビ会議の開催

全学的な調査が実施され、これに基づき全学のコンセンサスが得られるようなネットワーク構成の検討がなされた。この結果、構築される東北大学総合情報ネットワーク TAINS は、より強力かつ高度に研究教育を支援する環境を提供できるものとする事が確認され、次の点を基本的な考え方とすることとなった。

- ①学内のすべてのキャンパスを包含すること。
- ②あらゆる学術情報資源を結びつけ、自在な情報の交換を可能とすること。
- ③現在入手しうるコミュニケーションの技術のできる限り結集し、世界的にも最高の先進的なネットワークとすること。
- ④今後の技術の進展とともに将来にわたって発展できること。
- ⑤国内はもとより海外の大学研究機関との間でも自由な情報の相互利用を可能とすること。

大学の活動には多様性があり、情報ネットワークシステムの活用方法も多岐にわたる。TAINS はこれら

が十分に反映されたものでなければならない。TAINS に期待される利用の調査結果¹⁾によれば、研究分野ごとにそれぞれ特色があり、多種多様なものとなっているが、全学的に共通する機能項目を列挙すると表 1 のようである。これらの要望を実現できるネットワークについて種々検討がなされたが、現時点での技術および経済性等の理由から、映像系の機能は実現が容易となる将来の検討課題とされた。そして、要望の多くを満足するための基本要件として、情報処理機器間、つまりコンピュータ間の通信に重点を置くこととなった。特に、画像データ処理、計測データのオンライン処理、あるいは大規模科学計算の実行などのために大容量データの高速転送を必要とする要望が顕著であった事実、また、この要望は今後も一層多くなるとの予想から、TAINS としては高速データ転送を指向することとなった。

3. TAINS の全体構成

TAINS は、図 1 に示すように、全学を網羅するデータ通信網に各種コンピュータや端末等の各種機器が接続された総合システムである。データ通信網に接続される機器としては、スーパーコンピュータ、汎用コンピュータ、ミニコン、ワークステーション、パソコン、簡易型の端末、あるいは計測機器など様々である。これらの機器は、計算の実行や情報検索などのサービスを提供するホストコンピュータや学科内のプリンタサーバなど共同利用するものと、パソコンやワークステーションなどのように研究室で自由に設置するものと大きく分けることができる。学内では既に、大型計算機センター、情報処理教育センター、図書館、事務処理センターなどに共同利用のコンピュータが設置されている。これらに加え、全学共用の機器として、研究者間の情報流通を促進することを目的とした高品位ファクシミリ相当のイメージデータ転送と電子メールのため機器を新たに設置することとなった。

一方、学内ネットワークで採用する通信網の候補としては幾つかのものが考えられるが、機能性と将来性から ISDN 対応による統合網と光ファイバや同軸ケーブルを媒体とする LAN が有力である。東北大学では、構内電話網設備の現状、接続機器の設置状況、各キャンパスが分散していることなどを踏まえた検討が進められた。その結果、TAINS ではまず学内 LAN

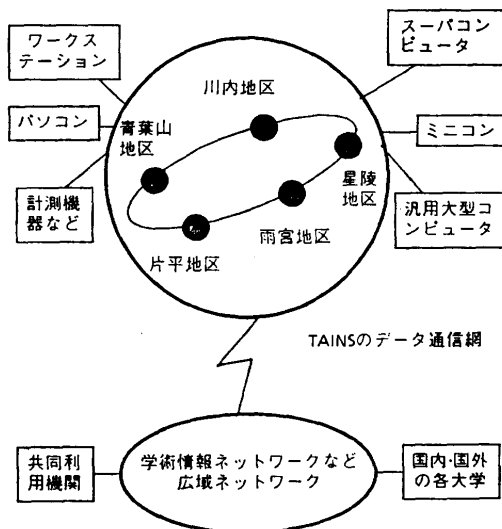


図 1 TAINS の概念図
Fig. 1 Overview of TAINS.

を構築することとし、次の将来構想で ISDN に基づく統合網と映像データの通信網を整備するのが良いとの結論に達した。

外部網として国内では学術情報センターの学術情報ネットワーク（私設パケット交換網）と NTT の電話網や今後の INS があげられる。前者は主に他大学等との通信に、後者は主に民間等との通信に利用されることになる。LAN と WAN（広域網）では下位層のプロトコルが異なるので、TAINS と外部網とを相互接続するために、ゲートウェイ、ルータなどの中継機能を持つ網間接続システムが必要となる。

さて、現状のコンピュータや今後のマルチベンダのコンピュータを接続し、自由な通信を可能にするためには、プロトコルを統一することが大前提である。このため、TAINS の通信規約を国際規格である OSI^{4),5)} に準拠させるという基本的考えが採用されている。

最終的に、TAINS の通信ネットワークの要求要件は次のようにまとめられる。

- ①高速データ転送を可能とする。
- ②OSI に準拠する。
- ③コンピュータ間の通信に適した交換方式を採用する。
- ④学外との通信を可能とする。
- ⑤研究室の各種機器が簡単に接続できる。
- ⑥ネットワークをできるだけ物理的および論理的に

単純化する。

4. 通信ネットワークの構成

広範囲に及ぶ高速な通信ネットワークを構成するには、光ファイバの利用が最適である。しかし、コンピュータやワークステーションには直接光ファイバを接続できるインタフェースを持つものが少ない。また、毎年研究室個々にワークステーションなどが導入され、接続状況が変化する。したがって、これら建物内では光ファイバの敷設計画の策定が難しい。一方、通信媒体として同軸ケーブルの利用は、今後普及すると予想されるワークステーションが IEEE 802.3 のインタフェースを標準装備していること、研究室で簡単に機器を接続できることなどの利点がある。これらの利点をいかし、欠点をカバーする構成として、TAINS の通信ネットワークは、同軸ケーブルを用いる建物内のインハウスネットワークと、地区内とキャンパス相互を結ぶ光ファイバを用いる基幹ネットワークとの2階層構成が採用されている。図2にシステムの全体構成を示す。図においてインハウスネットワークを○印で示してあり、これらがループ状に接続されている。

4.1 基幹ネットワーク

基幹ネットワークはインハウスネットワークごとに設置されたノード制御装置を結ぶものであり、ノード制御装置は IEEE 802.3 の接続インタフェース（最大

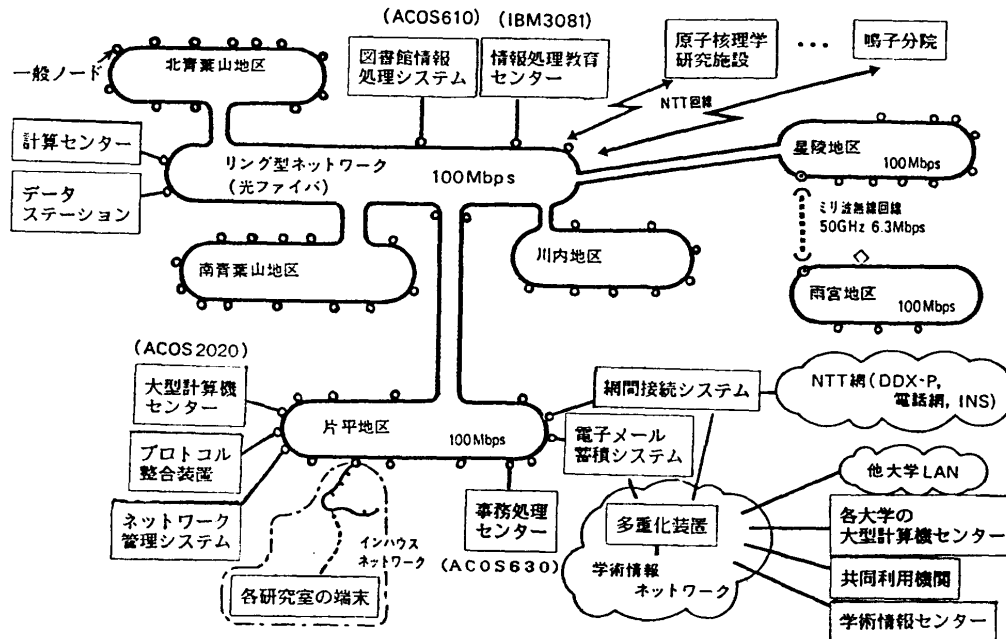


図2 TAINS の全体構成
Fig. 2 TAINS layout.

表 2 基幹ネットワークの諸元
Table 2 Basic features of the trunk-network.

ネットワーク形態	リング形
伝送媒体	2 芯光ファイバケーブル
幹線伝送速度	100 Mbps
伝送方式	ベースバンド
最大ノード数	126 台
標準ノード間距離	2 km
メディアアクセス制御方式	トークンパッシングリング (ANSI 標準 FDDI 準拠)
接続インタフェース	ISO 8802-3 準拠インタフェース 汎用シリアルインタフェース
障害対策	自己診断機能, ヘルスチェック機能, バイパス機能, ループバック機能, 代替パス機能

2ポート)を持つ。全体として光ファイバ(敷設ケーブル総延長約 33 km)を用いた2つのリング形ネットワークとそれらを結ぶ伝送速度 6.312 Mbps の 50 GHz 簡易無線回線(距離は約 1.3 km)からなる。リング形ネットワークはノード制御装置をマルチモードの光ファイバでリング状に結合した構成であり、100 Mbps のトークンパッシング方式の LAN (NEC LOOP 6770 H) である。これは昭和 61 年当時の ANSI の FDDI-1⁵⁾案に基づき設計されたものであり、表 2 にその諸元を示す。このリング形ネットワークは高い信頼性が要求され、自己診断機能、ヘルスチェック機能、バイパス機能、ループバック機能、代替パス機能、10 時間のバッテリーバックアップ機能などを持つ。なお、図 2 のネットワーク管理システムはこの基幹ネットワーク全体の監視と運用管理を行っている。

基幹ネットワークを構成する際の最大の問題は、東北大学の主要キャンパスが、市街地を挟んで、青葉山・川内地区、片平地区、星稜地区、雨宮地区の4つに別れており、この間の伝送路をいかに確保するかであった。キャンパス間を高速に結ぶ伝送路として光ファイバと無線回路が候補としてあげられる。もちろん、高速性、機器設置、管理などの点から光ファイバの敷設が優れており、その実現について市、県、電力会社、NTT など関係各機関との折衝が行われた。幸い、片平-川内間と川内-星稜間の光ファイバの敷設が可能となり、これらのキャンパスについては1つのリング形ネットワークで構成できた。しかし、雨宮地区と他の地区との間の光ファイバの敷設は困難であった

* TAINS の設計が開始された昭和 61 年末には ANSI の FDDI は当時まだ審議中であった。TAINS で採用したこの機器はこの時期に決定していた仕様案に基づき設計されているので、その後追加または変更されて国際規格 (IS) となった仕様と一部異なる部分がある。本文での FDDI 準拠の表現はこの意味で用いている。

ため、雨宮地区内には独立したリング形ネットワークを形成し、リング形ネットワーク相互を 50 GHz 簡易無線システム (NEC PASOLINK TRP-50 GD 6 MB) で接続する構成が採用された。表 3 にこの無線システムの諸元を示す。リング形ネットワーク間を接続するためのノード制御装置からは 6.312 Mbps の汎用シリアルインタフェース (フレーム構成は HDLC と同様) でデータが送受され、信号レベルの変換のためにこのノード制御装置と無線システムの間には搬送端局装置が置かれている。

4.2 インハウスネットワーク

インハウスネットワークは、表 4 の諸元に示すように、伝送速度 10 Mbps の ISO 8802-3 規格 (IEEE 802.3 10 BASE 5, CSMA/CD) に準拠し、学科、研究所あるいは学部等を単位として総計 68 箇所を設置されている。図 3 にインハウスネットワークの構成概念図を示す。インハウスネットワークは、建物内の必要箇所を同軸ケーブルで張り巡らせ、これをノード制御装置に接続する構成となっている。また、コンピュータ等はタップトランシーバを利用して同軸ケーブルに接続される。

1つのインハウスネットワークをどの範囲で構成するかを決定するには、建物の配置状況や負荷分散の適

表 3 50 GHz 簡易無線回線の諸元
Table 3 Specification of 50 GHz subscriber radio equipment.

使用周波数	50 GHz 帯内の 1 対 (占有帯域幅 40 MHz 以下)
伝送速度	6.312 Mbps
入出力インタフェース	CCITT G.703 準拠 (AMI B 6 ZS)
変調方式	FSK
空中線電力	15 mW (15 cmφ カセグレンアンテナ)
伝送距離	通常 3 km 以下

表 4 インハウスネットワークの諸元
Table 4 Basic features of the inhouse-network.

ネットワーク形態	バス形
伝送媒体	同軸ケーブル 光ファイバケーブル (リモートリピータ間)
伝送速度	10 Mbps
伝送方式	ベースバンド
ステーション台数	最大 100 台/セグメント 最大 1,024 台/ネットワーク
ステーション間隔	最大 2,500m, 最小 2.5m
ケーブル長	最大 500m/セグメント
メディアアクセス制御方式	CSMA/CD 方式 (ISO 8802-3 準拠)

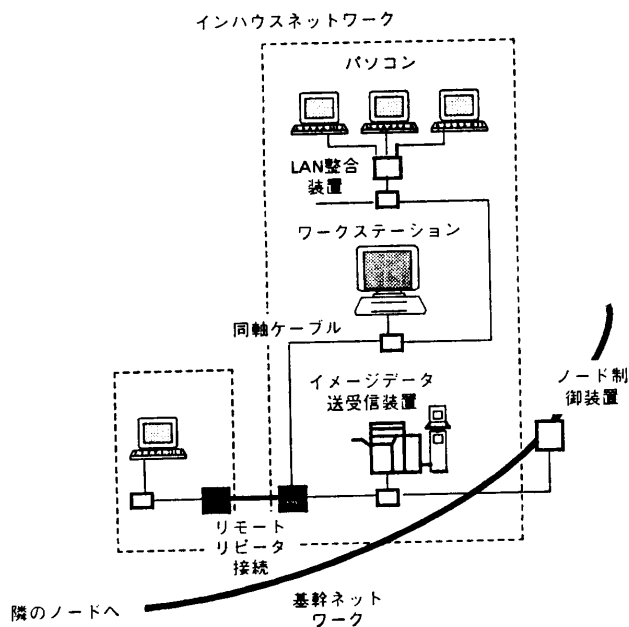


図3 インハウスネットワークの構成

Fig. 3 Configuration of an inhouse network.

正化のみならず、運用管理組織体制を考慮することも必要である。その結果、大規模 LAN を一元化的に運用管理することは難しいので、大学組織に則して、1つの学科や研究所、あるいは1つの学部が1つのインハウスネットワークとなるように分割する方法がとられた。また、ケーブル配線や通信機器の設置については、新規接続時の手数や障害時の対応以外に、建物の美観や通信機器の騒音も考慮する必要がある。なお、複数の建物からなる学科や研究所では、それら建物が離れているところは光ファイバを用いるリモートリピータ接続としている。なお、敷設した同軸ケーブルの全長は約 40 km となっている。

5. 通信プロトコル

TAINS は OSI に準拠するのが基本的な考えである。現実には Ethernet を使う TCP/IP などのプロトコルを採用している機器も多く、OSI とこれらのプロトコルとの共存を可能としている。以下に TAINS のプロトコルについて説明する。

5.1 標準プロトコル

TAINS ではコンピュータ等はすべてインハウスネットワークに接続される。インハウスネットワーク内の標準プロトコルは OSI に準拠して表 5 に示すように定められている。下位層は JIS X 5003 LAN 下位層実装規約⁶⁾ TF. 711 プロファイルに従い、物理層/

MAC 副層は ISO 8802-3 (IEEE 802.3 10 BASE 5) を、LLC 副層は ISO 8802-2 タイプ 1 を、ネットワーク層は ISO 8473 CLNP を、トランスポート層は通信品質の点から ISO 8073 クラス 4 をそれぞれ採用している。上位層は個々の応用ごとに定めることとし、OSI および JIS の実装規約が決まればそれに準拠する計画にある。なお、仮想端末プロトコルは応用層に TELNET を暫定的に採用している。この仕様は 6 章に述べるように LAN 整合装置および大型計算機センターの ACOS 2020 にインプリメントされている。

5.2 アドレス体系

TAINS の標準プロトコルにおけるアドレス体系は JIS の実装規約⁷⁾ に従い定められている。アドレス体系を図 4 に示す。応用プロセスは図 4 の (a) のアドレスで識別される。論理ポート番号は OSI の 7 層モデルのプレゼンテーション層、セッション層およびトランスポート層のそれぞれに対応して P セクタ、S セクタおよび T セクタの 3 つの部分から構成される。暫定的に使用している仮想端末プロトコル TELNET では

P セクタ NULL
S セクタ 16 オクテット以内の文字列
T セクタ 16 進で '0001'

を使用している。一方、ネットワークアドレスはコンピュータを識別するもので、現在、図 4 の (b) に示すように実装規約の LAN 形式 3 を使用している。これは LAN 内の通信のみに適用できるものである。将来的には大学間ネットワーク、我が国の国内ネットワーク、さらには、世界規模のネットワークに適合できる形式も追加する必要がある。

MAC アドレスは、図 4 の (c) に示すローカル管理形式とグローバル管理形式の双方を使用している。ま

表 5 TAINS インハウスネットワークの標準プロトコル
Table 5 TAINS inhouse-network protocol.

アプリケーション層	OSI 準拠 (MHS, FTAM etc.)
プレゼンテーション層	OSI 準拠
セッション層	ISO IS 8327
トランスポート層	ISO IS 8073 クラス 4
ネットワーク層	ISO IS 8473 (CLNP)
データリンク層 LLC	ISO 8802-2 タイプ 1 (IEEE 802.2)
MAC	ISO 8802-3 (IEEE 802.3) CSMA/CD
物理層	10 BASE 5, 同軸ケーブル (50Ω)

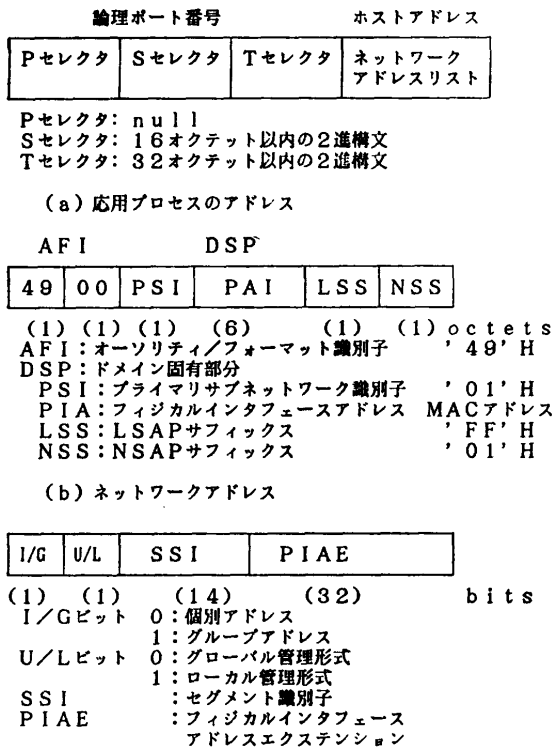


図 4 TAINS のアドレス体系

Fig. 4 Address structure used in TAINS.

ず、ローカル管理形式の場合は、その SSI にインハウスネットワークを一意的に識別できる番号を TAINS として一元的に付与し、PIAE にインハウスネットワーク内で一意な番号を付与する管理を行っている。一方、グローバル管理形式は、各メーカー機器固有に付与されているアドレスに適用される。ここで、TAINS 標準プロトコルではローカル管理形式を使用し、TCP/IP や XNS などに従う機器にあってはローカル管理形式とグローバル管理形式のいずれを使用してもよいこととしている。

5.3 基幹ネットワークの中継機能

基幹ネットワークはそれぞれのインハウスネットワーク間でフレームの中継を行う MAC ブリッジとして機能している。その理由は、中継を高速に行うこと、管理を単純にすること、および、OSI と OSI 以外のネットワークアーキテクチャとの共存を可能にすることにある。そこで、それぞれのコンピュータからみれば、相手が同一のインハウスネットワークにある場合と別のインハウスネットワークにある場合のいずれとでも論理的に同等な通信が可能となる。

ノード制御装置はインハウスネットワークからの IEEE 802.3 フレームを受信すると、そのフレームを中継する必要があるかないかを判断するフィルタリング機能と、中継する必要がある場合にはその相手ノード制御装置を割り出して転送するフォワーディング機能を持つ⁹⁾。この転送に際して IEEE 802.3 フレームは基幹ネットワーク上の FDDI フレームのデータ部でそのまま転送される。

基幹ネットワークは2つのリング形ネットワークから構成され、また1台のノード制御装置は2つのインハウスネットワークを制御できるポートを持つので、あるインハウスネットワークを識別するには、リング番号、リング内のノード制御装置番号およびノード制御装置のポート番号の3つの情報（セグメントアドレスと呼ぶ）が必要となる。この情報もまた FDDI フレームのデータ部に付加されて送られる。

TAINS の標準プロトコルで採用しているローカル管理形式では、MAC アドレスの SSI 部分にセグメントアドレス情報を陽に含ませるアドレスマスク方式を採用することによってノード制御装置での処理を単純化し、性能向上を図っている。一方、グローバル管理形式の MAC アドレスの場合は、MAC アドレスと FDDI フレームのセグメントアドレスの対応テーブルを必要とするフルアドレス方式が用いられている。この対応テーブルへの登録と更新は学習方式によって自動的になされる。つまり、自インハウスネットワークから受信した IEEE 802.3 フレームのソースアドレスからその MAC アドレスは自インハウスネットワーク内のコンピュータのものであると判断し登録する。一方、基幹ネットワークからの FDDI フレームには、発信元コンピュータ等の IEEE 802.3 MAC アドレスと発信元ノードのセグメントアドレスが含まれているので、これから MAC アドレスとそれが属するインハウスネットワークのセグメントアドレスとの対応付けが可能となる。なお、IEEE 802.3 MAC アドレスがどのインハウスネットワーク（セグメントアドレス）に属するかわからない初期状態においては FDDI での同報としてすべてのインハウスネットワークに送られる。

6. コンピュータの接続形態

ワークステーションは IEEE 802.3 (Ethernet) を標準装備しているのでその接続は容易である。しかし、このインタフェースを持たないパソコンなどには

何らかの接続方法を準備する必要がある。

6.1 低速端末の接続

現在学内には約3千台のパソコンが導入され、ホストコンピュータの端末、実験の制御システム、あるいは文書処理用として使われている。学内の研究者が TAINS を活用し、その効果を楽しむために、これらパソコンを TAINS に極めて容易に接続し、相互通信を可能とすることは非常に重要なことである。インハウスネットワークに直接接続する 10 Mbps のインタフェースボードをパソコンに搭載する方法もあるが、これらボードは標準装備されているものではなく、ネットワーク利用者に新たな負担を強いることとなり、また TAINS 標準プロトコルに対応できない。そこで、すべてのパソコンを容易に接続するためにはなんらかの通信用アダプタが必要になる。TAINS では、このアダプタを LAN 整合装置 (NEC N 4685-11 コミュニケーションサーバ⁹⁾; 略称 CS) と呼び、TAINS の必須な構成機器と位置付けている。この LAN 整合装置は、ほぼ 2 つの研究室に 1 台の割合で、全学で総計 490 台設置されている。なお、1 つのインハウスネットワーク当りの設置台数は平均 7 台、最大 18 台である。

そして、すべての利用者が同じものを使うことができるように、LAN 整合装置には TAINS の標準プロトコルのための通信機能が搭載されている。表 6 に LAN 整合装置のインタフェース条件を示す。OSI 仮想端末プロトコルの実装規約の制定やパソコンインタフェースの変化に対しては、LAN 整合装置のソフトウェアの変更で対応する予定である。この通信ソフトウェアはフロッピディスクによって利用者に提供されている。しかし、この方法はソフトウェアのバージョンアップ時の作業が複雑になる欠点がある。TAINS においては、昭和 63 年 4 月から 2 度のバージョンアップを行っている。ダウンロード方式を採用すればこの点は改善されるであろう。

表 6 に示すように、1 台の LAN 整合装置に 10 台までのパソコン等を接続することができる。接続方式には無手順と HDLC/SDLC 方式がある。前者はクライアント機能とサーバ機能を適時切り替えて使用できるなど自由度の多い利用が可能である。後者はポイ

表 6 LAN 整合装置のインタフェース条件
Table 6 Specification of the communication-server interface.

インタフェース		仕様
端末側	物理インタフェース	CCITT V.24/RS-232 C
	接続プロトコル	無手順 HDLC/SDLC
	ポート数	10
	回線速度	300~19,200 bps
インハウスネットワーク側	インタフェース	ISO 8802-3(IEEE 802.3)
	プロトコル	OSI
	伝送速度	10 Mbps

ント-ツー-ポイントの固定接続となる。これらの機能によって次の利用を可能にしている。

- ホストコンピュータへの接続
- UNIX コンピュータへの接続 (プロトコル整合装置を中継として)
- パソコン間通信
- プリンタの共用

図 5 にそれぞれの接続形態を示す。

LAN 整合装置が提供する基本機能は可能な限りトランスペアレントに文字列を転送することである。そこで、ホストコンピュータの TSS 利用を考えると、半二重/全二重やエコーバックの有無などの通信手順の差異のほか、日本語文書データの形式、図形データの形式、画面エディタの制御方式、ファイル転送の方法などは、ホストコンピュータによってそれぞれ異なるのが実情である。このため、各種の端末エミュレータの準備とその入手手段の整備が TAINS として重要となっている。

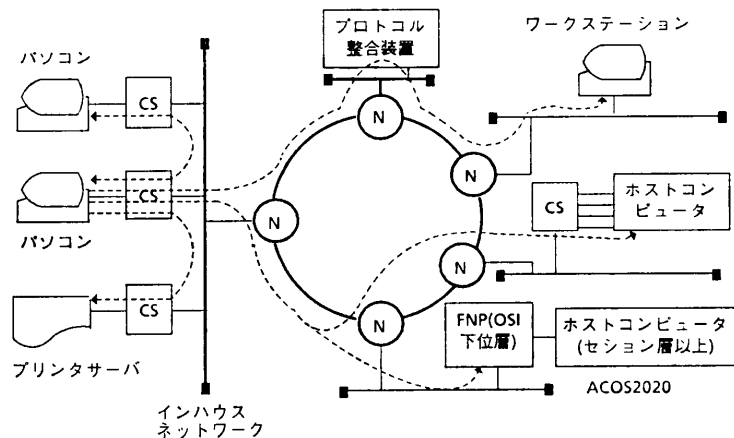


図 5 パソコンからの利用接続形態
Fig. 5 Connection between personal computers and various host computers.

6.2 ホストコンピュータの接続

ホストコンピュータ側では、図5に示すように2通りの接続方式が可能である。単純な方式はLAN整合装置をサーバ側にも設定することであり、従来の回線インタフェースで接続できるのでホストコンピュータに特別な変更を要しない。さらに、ホスト側LAN整合装置の複数のRS-232C端末接続ポートを1つの論理ポート番号(図4(a)参照)に割り当てることのできる代表セッション機能を使えば、同時に複数の利用者が同一の論理ポート番号(ホストコンピュータ識別名)でホストを呼び出しても、複数の物理ポート内の空きポートに接続されるので、接続効率が向上する。TAINSが動き出した当初はすべてこの方式が利用された。もう1つの方式は、TAINS標準プロトコルをホストコンピュータに実装し、ホストコンピュータを直接接続するものである。現在、本学の大型計算機センターACOS2020は後者の方法で接続されている。その際、OSIの下位層をフロントエンドプロセッサ(FNP)に、セッション層以上の上位層を基本OS(ACOS-6)に実装する方法が取られている。

通常、LAN整合装置の無手順のポートからの文字列は数十msec単位に同軸ケーブルに送出される。この状況でTSSなどの会話型利用を行うと、フレーム長が短くなるため伝送路の使用効率は良くない。また、汎用のホストコンピュータの会話型利用ではメッセージ単位の半二重通信が普通である。この性質をいかに効率改善を図るため、LAN整合装置にキャラクタCRなどをデリミタとして設定することができるように機能を付加している。この機能を指定するとデリミタを区切りとして、まとまったメッセージ単位にフレームを構成し送出することとなる。

7. 異なるネットワークアーキテクチャの共存

学内ネットワークでは本質的にマルチベンダの各種機器を接続できる必要があり、また広域網との接続を前提としているので、プロトコルとしてOSIを選択するのが自然である。統一化を図るとすればこの選択しれないといえるが、現状では以下の問題を抱えている。

- ①OSIのアプリケーション層の製品化が不十分である。特に、大学環境で必要性の高い仮想端末プロトコルの規格化が遅れている。
- ②一部分のみがOSIでは利用が十分に行えない。
- ③大学で使用している種々のコンピュータにおい

て、それらメーカーのOSI対応に不透明な部分がある。

しかし、これらの問題はOSIの標準化作業の進展に伴い、将来的には解決されると考えている。

現実には幾つかの異なるアーキテクチャが大学環境で使用されており、アメリカ国防総省が開発したTCP/IPプロトコルはデファクト標準として普及している。そこで、TAINSの通信網はこれらのものが共存できるように設計されている。図6に各種ネットワークアーキテクチャの共存の状況を示す。

共存できたとしてもそれら異なるアーキテクチャに従うコンピュータ相互間での通信が問題として残る。大学環境では、パソコンとUNIXワークステーション間の通信の要望が高く、TAINSではこの両者の通信を可能とするプロトコル整合装置と呼ばれるゲートウェイを設置している。変換手順は双方の仮想端末プロトコルがTELNETを使用しているので比較的簡単であり、TAINSでは2つの実現方式が採用されている。

1つの方式は、TAINSの標準プロトコルとTCP/IPプロトコルのそれぞれのIEEE802.3ポートを持つミニコン(NEC MS190)で実現するものである。

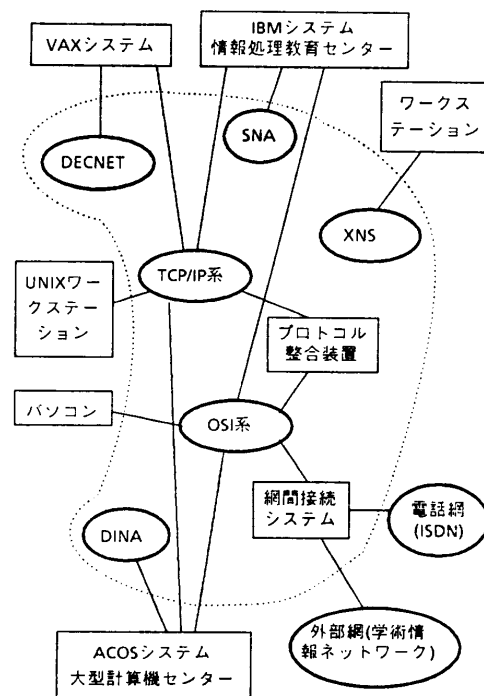


図6 異なるネットワークアーキテクチャの共存
Fig. 6 Co-existence of different network architectures.

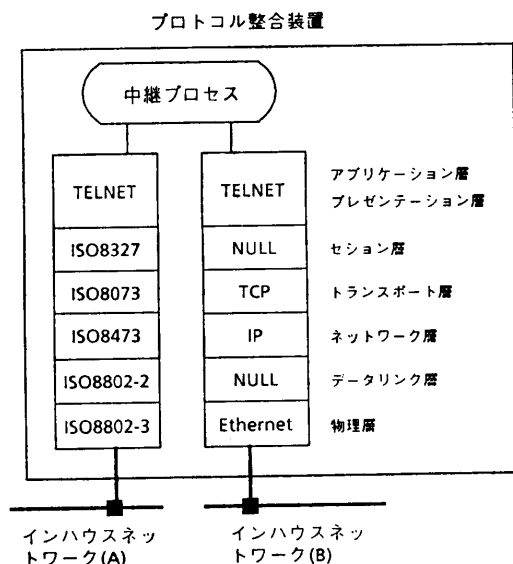


図 7 プロトコル整合装置の機能
Fig. 7 Function of the protocol converter.

中継は、図 7 に示すように、端末利用者が図 7 の中継プロセスをまず呼び出し、そのプロセスからのプロンプトに対して、接続相手ホストのアドレスを入力する方法がとられている。この方式はミニコンにいろいろな変換機能を具備できるという特長を持つ。また、原理的には数十端末の同時サービスが可能であるが、実用に耐える応答速度の観点から同時に利用できる端末数は 5 以内であることが判明した。これはゲートウェイ内での処理の大部分が下位層の通信処理に費やされることに原因している。このことをゲートウェイを介して UNIX のエディタを使用する場合を考えてみる。キーボードからの 1 文字は通常 1 フレームで転送され、その文字は相手ホストからのエコーとして返される。また、トランスポート層の ACK を運ぶフレー

ムの送受がおきる。つまり、最悪の場合、1 文字のキーボード入力に対して、8 フレームの転送が行われることになる。

もう 1 つの実現方式は、OSI を実装した LAN 整合装置（端末インタフェースポートを a1, a2, a3, ..., a10 とする）と TCP/IP と TELNET を実装した LAN 整合装置（端末インタフェースポートを b1, b2, b3, ..., b10 とする）を一对準備し、それぞれの RS 232C 端末側インタフェースポート a1 と b1, a2 と b2, ..., a10 と b10 を相互に接続するものである。この構成でも、代表セッション機能を用いて空きポートを順次選択することができるので図 7 のプロトコル整合装置と同様な機能を持たせることができる。しかし、一对の装置では OSI から TCP/IP あるいは TCP/IP から OSI のいずれかの方向の中継機能に限られる。端末側インタフェースポートは 10 個あるので、物理的には 10 端末の中継機能を持たせることができるが、9,600 bps で実用に耐える応答を維持するには、この場合も同時に利用できる端末数は 5 程度であった。この理由は、IEEE 802.3 側および RS 232C 側の通信処理負荷が多いことによる。この方式は比較的安価に実現できるという特長を持つので、TAINS ではこれを 10 式（50 端末分）設置している。

8. イメージデータ転送システム

東北大学のようにキャンパスの離れている場合はファクシミリ機能が役立ち、この機能を TAINS で実現することとなった。しかし、TAINS のデータ通信網は電話回線や X.25 のインタフェースを持たないので、市販のファクシミリ機器が使用できない。

そこで、図 3 に示すように各インハウスネットワークごとにイメージデータの送受信装置（オフィスワークステーション； NEC N 6500）を配置し、また全体のイメージデータの集配信を管理するイメージデータ集配信装置（NEC MS 4120）を設けてイメージデータ転送システムが構成されている。接続システムを図 8 に示す。このシステムでは 400 DPI の高品位で学内の文書交換ができ、研究連絡や事務連絡に使用することを目的としている。

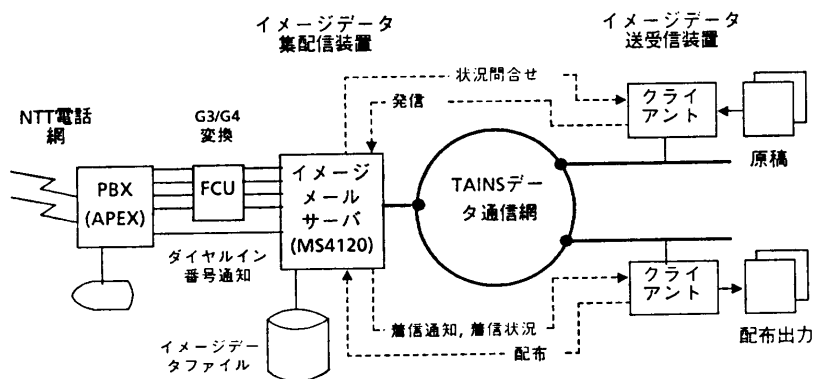


図 8 イメージデータ転送システムの構成
Fig. 8 Image data transfer system.

各イメージデータ送受信装置からの送信データは配信先のアドレスを付けてイメージデータ集配信装置のファイルにいったん蓄えられ、各送受信装置からの要求によって取り出すことができる。このデマンド方式を採用したのは、送付されるイメージデータの仕訳を容易にすること、それぞれの機器が必ずしも常時受信可能状態になくともよいこと、親展や同報の機能を持たせやすいことなどによる。

さらに、外部の G3 ファクシミリ端末との接続を可能としている。このとき G3 から G4 およびその逆の変換を行う装置の設置に加えて、外部のファクシミリ端末から東北大学内のそれぞれのイメージデータ送受信装置をいかに指定するかが問題であるが、これは電話のダイヤルイン機能を使用することで解決している。これによって学内はもとより国内および海外とのイメージデータの交換が可能となっている。

本システムの目的の1つは、従来、人が持ち運んだ学内便の機能を代行し、転送されるドキュメントが研究用/事務用の資料や通知文書としてそのまま活用できることにある。特に、東北大学ではキャンパスが分散しているのでこの要求は強かった。このために、普通のコピー機相当の高品質の文書が簡単に送付できること、A4とB4サイズの用紙が使用できることが必須であった。

9. 通信ネットワークの性能

大学のような環境においては、特に、設計時に将来の需要を定量的に予測することは困難な面が多い。TAINS は設計当時の現状を踏まえ、また将来の需要予測を行い設計指針を立てた。その結果は次のようであった。それぞれのインハウスネットワーク内に含まれる研究室(講座)は、平均約 12、多いところで 30 である。大部分のインハウスネットワークでは、設置される LAN 整合装置とワークステーションなどの接続台数は 40 台以下であり、通常、各インハウスネットワークは実質的に 1 Mbps (効率 10%、128 バイト/フレーム×1,000 フレーム/秒) 程度以下で稼働するものと想定した。そこで、基幹ネットワークが中継するフレーム数は、今後のインハウスネットワークの増を考慮して 100 箇所と見積り、1 秒間に約 50,000 フレーム (効率約 50%) と算出された。つまり、この範囲内では、インハウスネットワーク間をまたがるエンドシステム間の通信における伝送遅延時間はほとんど問題にならないくらい小さいことを目標とした。実

表 7 TAINS 内のファイル転送実験結果
(データ転送能力)

Table 7 Experimental results transferring files in TAINS.

利用機器 接続形態	同一インハウ スネットワー ク内	異なるインハ ウスネット ワーク間
WS→WS (Ethernet, TCP/IP, FTP)	520.0 kbps	520.0 kbps
WS→PC (Ethernet, TCP/IP, FTP)	235.2 kbps	235.2 kbps
PC→PC (PC を 19,200 bps で LAN 整合装置に接続)	14.8 kbps	14.8 kbps

際の場合は、もちろん、インハウスネットワークの負荷が 1 Mbps 以上でも問題なく動くことも予想される。また、平均的には負荷が少なくても、瞬間的に負荷が増大してエンドシステム間で数秒間応答の遅い状態が続くことも十分考えられるが、その頻度が少なければ利用上許容されるであろう。

構築後、ネットワークが正常に動作していることを確認する意味で、異なるインハウスネットワークに接続されているワークステーションおよびパソコン間でのファイル転送実験を行った。その際の結果の一例を表 7 に示す。ネットワークの負荷が少ない現状では、基幹ネットワークの中継がファイル転送時の転送能力に与える影響を無視できることを示している。

今後、接続されるコンピュータなどが年々増加し、この負荷の増大に伴っていずれかのインハウスネットワークが過負荷状態となることが当然予想される。どのような状況がおきたときに過負荷とみなすかの判定基準は現在のところ明確ではないが、その対策としては負荷の大きいインハウスネットワークを2つのインハウスネットワークに分割することが考えられている。これは、現在設置されているノード制御装置に増設ボードの追加またはノード制御装置を新設することで比較的容易に対処できよう。

ネットワークの性能評価はネットワークの利用状況に大きく左右され、また、利用方法もネットワーク活用の発展に伴って変化していくであろう。過負荷時の動作解明と性能測定、さらには、利用状況データの集積とその解析に基づく評価は今後の課題である。

10. むすび

本論文では、TAINS の目標、実現方式および現状の利用形態を述べ、また、幾つかの問題点とそれぞれの対応策について議論した。全学を網羅する通信ネッ

トワークを構築し、学内での大量の情報を自在に流通できる環境を創り出すという第一の目標は達成できていると考えている。TAINS は FDDI を採用した光ファイバによる 100 Mbps の高速データ伝送を実現した。また、ネットワークアーキテクチャとして OSI の国際規格を採用し、異なるメーカーのコンピュータ間の自由な通信、海外や学外のコンピュータとの情報交換を図ろうとしている極めて画期的なものといえよう。

TAINS は、現在、各研究者に種々活用されており、機能強化や新規の開発も進行している。例えば、3章で述べた学外との接続については、INTAP 仕様の LAN-WAN ゲートウェイ、IP ルータなどを設置して、運用準備が進められている。また、電子メールについては、今後 MHS/MOTIS に準拠する電子メールに統合する必要があるとの考えから、電子メール蓄積システムを活用していく予定となっている。

学外との情報交流には学外のコンピュータとの接続や他大学の LAN との相互接続などの技術的問題とともに利用や運用体制の確立という問題を残している。また、TAINS に期待される表 1 の要望のすべてが現在実現できているわけではない。その実現には、コンピュータ設備の拡充、データベース等のソフトウェア資産の蓄積などさまざまな整備が必要となるが、今回の整備によってその実現と充実に向けて力強く動き出すことができ、これら課題はネットワークの普及と技術の進歩によって解消されるものと期待される。一方、これら整備とともに議論せねばならない重要課題にネットワークの運用管理と利用促進の体制を確立することをあげねばならない。本学では、TAINS 運営委員会が設置され、これらの問題解決が図られている。

謝辞 本論文は TAINS の構築を進めた学内の TAINS 関連委員会の資料と TAINS 構築作業の資料を参考とした。委員各位ならびに TAINS 構築に携わった関係各位に深謝する。

参 考 文 献

- 1) 東北大学情報科学委員会ネットワークシステム検討小委員会：東北大学総合情報ネットワークシステムに対する要望調査，昭和 60 年 12 月 (1985)。
- 2) 松方：大学における大規模 LAN の構築，情報処理学会論文誌，Vol. 30, No. 1, pp. 25-35 (1989)。
- 3) 桜井，金沢：KUINS の基幹ループ LAN について，全国共同利用大型計算機センター研究発表論文集，No. 11, pp. 63-70 (1989)。

- 4) Stallings, W.: *Handbook of Computer-Communications Standards, Vol. 1: The Open Systems Interconnection (OSI) Model and OSI Related Standards*, MacMillan (1987)。
- 5) Stallings, W.: *Handbook of Computer-Communications Standards, Vol. 2: Local Network Standards*, MacMillan (1987)。
- 6) 情報処理相互運用技術協会：開放型システム間相互接続の基本参照モデル JIS X 5003-1987 参考 S012 (V 1.0) LAN 下位層実装規約，日本規格協会 (1989)。
- 7) 情報処理相互運用技術協会：開放型システム間相互接続の基本参照モデル JIS X 5003-1987 参考 S002 (V 1.0) アドレス体系実装規約，日本規格協会 (1989)。
- 8) 松本，武田，玉井，君島，鈴木，千葉，坂田：TAINS の基幹ネットワーク，第 37 回情報処理学会全国大会論文集，p. 545 (1988)。
- 9) N 4685-11 OSI 取扱説明書，日本電気(株) (1988)。
(平成 2 年 2 月 16 日受付)
(平成 2 年 9 月 11 日採録)



坂田 真人 (正会員)

昭和 18 年生。昭和 40 年金沢大学工学部電気工学科卒業。昭和 45 年東北大学大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。同年同大学大型計算機センター助手。昭和 57 年助教授。現在に至る。コンピュータシステム、コンピュータネットワークに関する研究に従事。



根元 義章 (正会員)

昭和 20 年生。昭和 43 年東北大学工学部通信工学科卒業。昭和 48 年同大学院工学研究科博士課程修了。工学博士。同年同大工学部助手。昭和 59 年同大電気通信研究所助教授。同年同大大型計算機センター兼務。現在に至る。マイクロ波伝送回路、衛星利用ネットワーク、情報伝送システムの研究に従事。昭和 56 年 IEEE, Microwave Prize (MTT-S, 論文賞) 受賞。IEEE, 電子情報通信学会各会員。



野口 正一 (正会員)

昭和 5 年生。昭和 29 年東北大学工学部電気工学科卒業。昭和 35 年同大学大学院博士課程修了。工学博士。昭和 46 年東北大学電気通信研究所教授。昭和 59 年東北大学大型計算機センター長。平成 2 年東北大学応用情報学研究センター長。主として情報システム構成論、知識処理に関する研究に従事。著書「情報ネットワーク理論」(岩波)、「知識工学基礎論」(オーム社)など。