

東京大学情報ネットワークシステム

University of Tokyo Information Network System

●武市正人 Masato Takeichi ●尾川正美 Masami Ogawa ●大山幸信 Yukinobu Ohyama

1. ま え が き

東京大学のすべてのキャンパス・施設に情報通信のための基盤を整備し、それぞれを高速の通信路で結んで、コンピュータをはじめとする各種の情報資源の利用を可能にすべく、1990年度から東京大学情報ネットワークシステム(UTnet: University of Tokyo network system)の構築を開始した。UTnetの完成によって、研究や教育に必要なデータ・画像情報・音声情報などの伝送や交換の機能を提供する総合的な情報ネットワークシステムの実現を目指している。

本稿では、UTnetの概要と特徴について述べる。

なお、ネットワーク設備の導入は年度ごとに行うこととなっているので、本稿では1990年度に導入したシステムの技術的な事項を述べるにとどめることとする。

2. 計画の概要

2.1 年次計画¹⁾

東京大学においては、1990年度から3か年計画で全学の総合的な学術研究、教育およびその支援活動のためのネットワークを建設する。第1年次の1990年度には、本郷地区の基幹ネットワークを構築し、1991年5月22日から本運用を開始した。今後、第2年次の1991年度には、駒場第1キャンパス(教養学部、教育用計算機センター駒場支所、保険センター駒場支所)、駒場第2キャンパス(先端科学技術センター)および六本木キャンパス(生産技術研究所、物性研究所)に基幹ネッ

トワークを敷設する予定である。また、第3年次の1992年度には、田無キャンパス(宇宙線研究所、原子核研究所)と中野キャンパス(海洋研究所)に基幹ネットワークを敷設し、白金地区(医科学研究所)と三鷹地区(理学部附属天文学教育研究センター)にサブネットワークを敷設する予定である¹⁾。

2.2 本郷基幹ネットワーク

本郷地区のネットワークは、従来、二つの形態をとりながら発展してきた。一つは工学部LANである。工学部LANは、工学部内のインフラストラクチャを形成することを目的として、学部全体のプロジェクトとして導入された。もう一つは、小規模なLANを草の根的に接続しあうことで発展してきた。すでに、トラフィック量が飽和に達した工学部LANの次のインフラストラクチャを構築し、また個々独立に発展してきたネットワークを整理統合するために、今回本郷基幹ネットワークを構築した²⁾。

本郷基幹ネットワークにおいては、地区内の27の部局を結んで、将来のネットワーク拡張時の敷設工事も見込んだかたちで、12芯{GI型(グレーデッドインデックス)8芯, SM型(シングルモード)4芯で構成}の光ファイバケーブルを敷設した。基幹ネットワークは、主としてコンピュータ間のデータ転送のための100Mビット/秒のFDDI基幹リング(FSLINK)3本と、キャンパス内およびキャンパス間の遠隔会議やFAX・音声通信などのマルチメディア情報通信の基幹としての410Mビット/秒の高速基幹リング(MHLINK)1本



武市正人(たけいち まさと)

1972年東京大学大学院工学系研究科計数工学専攻修士課程了。東京大学、電気通信大学を経て、現在、東京大学助教授。工学博士。



尾川正美(おがわ まさみ)

1972年東京工業大学無機材料工学科卒。同年富士通入社。1974年ファコム・ハイタック(株)に転向。国公立大学研究所関連システムのSEサポート、ソフトウェア開発に従事。システム第三部。



大山幸信(おおやま ゆきのぶ)

1979年京都大学理学部物理学科卒。同年富士通入社。同年ファコム・ハイタック(株)に転向。以来大学・研究所関連のシステムサポートに従事。システム第三部。

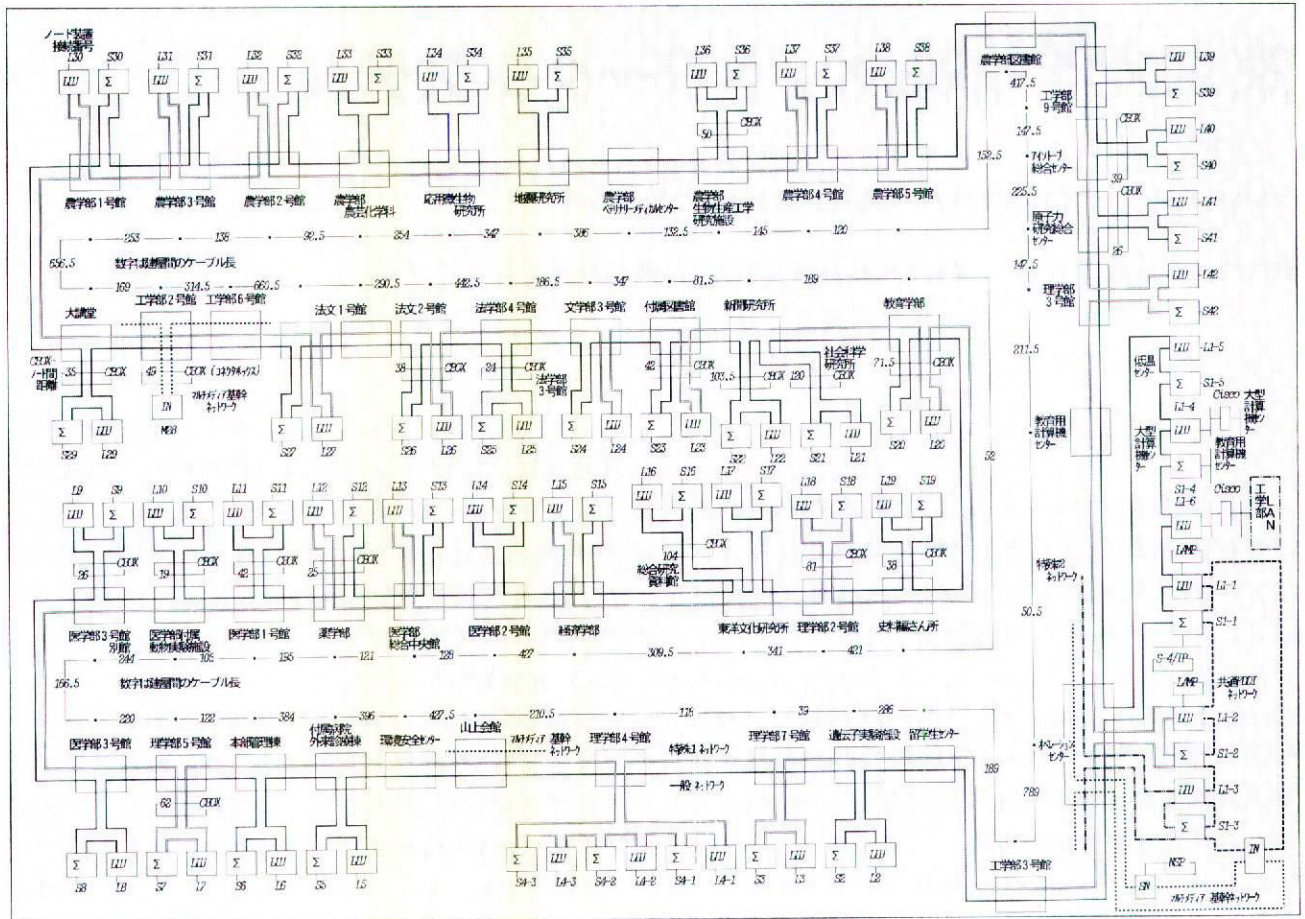


図-1 ネットワークノード配置図
Fig.1-Network node arrangement.

から構成されている。これらのリングは、どれも1対の光ファイバケーブルで、建物ごとに置かれる基幹ネットワークノード装置を環状に結合している。基幹ネットワークノード装置は、建物内に張られる支線ネットワーク上の情報を必要に応じて基幹ネットワークに送出したり、逆に基幹ネットワーク上から支線ネットワークに情報を取り込んだりする。一般のUTnet利用者にとっては、基幹ネットワークの構成を意識する必要はなく、支線ネットワークに接続したワークステーションやパーソナルコンピュータなどを通じて情報通信を行う(図-1参照)。

2.3 基幹ネットワークノード装置

工学部 LAN を代表とする従来の本郷内ネットワークは、ブリッジ装置で構成されており、全体で一つの論理セグメントになっている。このようなネットワークでは、ひとたび障害が発生すると全体に波及する可能性があった。障害を局所化するためには、支線ネットワークをルータで区切り、不要なトラフィックの伝播を防止す

る必要がある。

今回、導入した本郷基幹ネットワークでは、IP プロトコルに対してはルータとして動作し、IP 以外のプロトコルに対してはブリッジとして動作させるために、FDDI 基幹ネットワークノード装置は、Σ station 230 と LLU によって構成した。Σ station 230 は、IP ルータとして動作し、LLU は FNA, HNA, DECnet, XNS などの各種プロトコルをプロトコルごとに透過制御可能な学習機能付ブリッジとして動作する。FDDI 基幹ネットワークノード装置の仕様を表-1に示す。

マルチメディア基幹ネットワークノード装置は、データ・音声・画像などのマルチメディアインタフェースを収容するノード装置(IN)と、マルチメディア基幹ネットワークの監視のためのノード装置(SN)からなっている。マルチメディア基幹ネットワークノード装置の仕様を表-2に示す。なお、今回はマルチメディアネットワークの基盤の整備のみを目的としており、テレビ、VTR などのマルチメディア機器は、本プロジェクトの

表-1 FDDI 基幹ネットワークノード装置

装置名		LLU	Σ station230
外形寸法 (l×b×h)		700 × 250 × 700 mm	700 × 250 × 700 mm
重 量		50 kg	70 kg
入力電源	相 数	単 相	単 相
	電 圧	AC 100 V ± 10 %	AC 100 V ± 10 %
	周波数	50/60 Hz	50/60 Hz
所要電力		0.5 kVA	1.0 kVA
発 熱 量		200 kcal/h	480 kcal/h
温湿度条件 (動作時)	温 度	5~40 °C	5~35 °C
	湿 度	20~80 %	20~80 %
機 能		学習機能付ブリッジ プロトコルごとの透過 制御	IP ルータ
サポート伝送路		ISO9314 FDDI ISO8802-3 10BASE5, 10BASE2 そのほか	ISO9314 FDDI ISO8802-3 10BASE5, 10BASE2 IEEE802.3 10BASE-T そのほか
サポートプロトコル			TCP/IP 対応 IP (Internet Protocol) ARP (Address Reso- lution Protocol) ICMP (Internet Con- trol Message Proto- col) RIP (Routing Infor- mation Protocol) SNMP (Simple Net- work Management Protocol) エージェント Subnet そのほか

対象外としている。

2.4 支線ネットワーク

UTnet では、それぞれが基幹ネットワークで接続される建物内のネットワークとして、ISO8802-3 にもとづく CSMA/CD 方式の 10 Mビット/秒の支線ネットワークを敷設する。本郷地区では、増設、移設などの建屋内の工事の容易性を考慮して、標準的には 10BASE-T (ツイストペアケーブルによる LAN) によって、支線ネットワークを構成している。

本郷地区の支線ネットワークの構成機器としては、10 BASE-T 燃(よ)り対線接続装置 (F9190H ハブユニット), 10BASE-T トランシーバ (F9190G トランシーバ) がある。その仕様を表-3 に示す。

3. システムの構成

3.1 国内ネットワーク・国際ネットワークとの接続

UTnet では、学内のネットワークを相互に接続することはもちろん、国内の学術情報ネットワークや国際的学術ネットワークを通じて、他大学や各種研究機関とも

表-2 マルチメディア基幹ネットワークノード装置

装置名		IN (インタフェースノード)	SN (スーパーバイザノード)
外形寸法 (l×b×h)		700 × 570 × 1 700 mm	700 × 570 × 1 700 mm
重 量		350 kg	350 kg
入力電源	相 数	単 相	単 相
	電 圧	AC 100 V ± 10 %	AC 100 V ± 10 %
	周波数	50/60 Hz	50/60 Hz
所要電力		3.0 kVA	1.5 kVA
発 熱 量		1 940 kcal/h	970 kcal/h
温湿度条件 (動作時)	温 度	5~40 °C	5~40 °C
	湿 度	20~80 %	20~80 %

表-3 支線ネットワーク構成機器

機 器		F9190H ハブユニット	F9190G トランシーバ
ツイストペアポート数		11 ポート	1 ポート
AUI ポート数		1 ポート	1 ポート
電 源		AC 100 V 50/60 Hz	AUI ケーブルで供給
消費電力		20 W	0.6 W
入力電源ケーブル		平行 2 ピンアース付	-
外形寸法 (l×b×h)		295 × 210 × 88 mm	56 × 95 × 24 mm
重 量		4.5 kg	80 g
温湿度条件 (動作時)	温 度	0~40 °C	0~40 °C
	湿 度	20~80 %	20~80 %

接続し、国内・国外の学術情報交流の基盤を提供している。

本郷基幹ネットワークに相互接続されている国内の学術情報ネットワークとしては、WIDE,^[注1] TISN,^[注2] JAIN,^[注3] JUNET^[注4] があり、これらのネットワークは CSNET,^[注5] BITNET^[注6] などの国際的学術ネットワークと相互接続されている。これらのネットワークを中継するトラフィックが多量に発生することも従来のネットワークを圧迫している要因となっていたが、今般の UTnet の導入によって、これらの学術ネットワーク

注1) Widely Integrated Distributed Environment : 広域大規模分散環境の構築を目指すネットワーク

注2) Todai International Science Network : 東京大学国際理学ネットワーク

注3) Japan Academic Inter-university Network : 学術情報 X.25 ネットワーク上の学術 IP ネットワーク

注4) Japan Unix NETWORK : UUCP プロトコルを用いた研究者用実験ネットワーク

注5) Computer Science research NETWORK : コンピュータ科学者に対する研究用ネットワーク

注6) Because It's Time NETWORK : 全米教育コンピュータ利用推進協会が運営しているネットワーク

の基盤となる幹線の増強が図れた。

3.2 学内ネットワーク

3.2.1 構成

UTnetの本郷基幹ネットワークは、データ通信用のFDDI基幹ネットワーク3本、マルチメディア用基幹ネットワーク1本、各基幹ネットワークを相互接続するための共通FDDIネットワーク1本から構成されている。

1990年度UTnet本郷基幹ネットワークの構成装置は以下のとおりである。

- 1) FDDI基幹ネットワークノード装置：44式
リンク接合装置(LLU), Σ station230
- 2) FDDI基幹リング間接続装置：3式
リンク接合装置(LLU), Σ station230
- 3) 高速基幹ネットワークノード装置
インタフェースノード(IN)：2台
- 4) 既設LAN間接続装置：1式
ゲートウェイサーバシステム(Cisco), リンク接合

装置(LLU)

- 5) ネットワーク監視制御システム：1式

LAN監視装置(LAMP), スーパーバイザノード(SN), ネットワークサービスプロセッサ(NSP), S-4/IP(SunNet Manager用)

工学部LANなどの従来のネットワーク運用の教訓を生かし、基幹ネットワーク内のデータの流れの制御を容易にすべく、ネットワークアドレス体系を整理した。さらにトラフィックの分散、不要なトラフィックの防止、トラブルシューティングの簡素化を目指し、FDDI基幹ネットワークは使用プロトコルや用途別に、一般ネットワーク、特殊1ネットワーク、特殊2ネットワークに分割して構成されている(図-2参照)。

一般ネットワークは、ネットワーク運用管理を容易にするために、IP以外のプロトコルは使用しないネットワークとしてあり、ほとんどの支線ネットワークはここに接続される。

特殊1ネットワークは、IPプロトコル以外にDEC

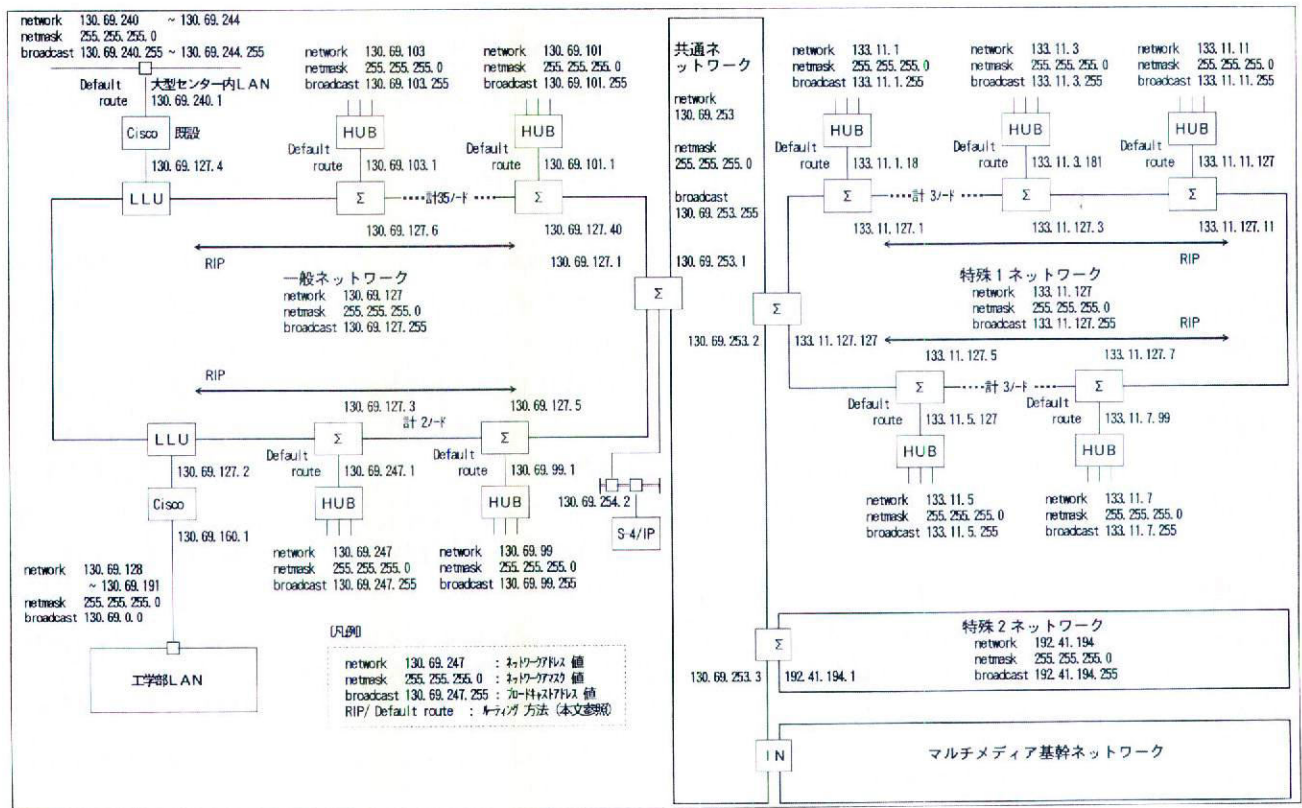


図-2 IPアドレス構成図
Fig.2-IP address map.

net, XNS, FNA, HNA, SNA などのマルチプロトコルで使用可能なネットワークであり、理学部を中心とした支線ネットワークがこれに接続される。また、特殊1ネットワークには前述した WIDE/TISN などの学外の学術ネットワークがゲートウェイ経由で接続されている。

特殊2ネットワークも、マルチプロトコルに対応したネットワークであり、学内の事務システムなどが接続される予定であり、セキュリティを考慮して独立したネットワークになっている。

3本の FDDI 基幹ネットワークと1本のマルチメディア基幹ネットワークは、ループ間にまたがる通信のオーバヘッドを均等化すべく、共通 FDDI ネットワークによって 100 Mビット/秒で高速に相互接続されている。FDDI 基幹リング間接続装置は Σ station230 と LLU のセットで構成され、IP プロトコルに対してはルーティング機能、IP 以外のプロトコルに対しては、プロトコルごとの透過性を制御する機能をもたせている。透過性の制御機能によって、特殊1ネットワークからの DECnet などのプロトコルを用いた通信は遮断され、一般ネットワークに影響を及ぼさない。

3.2.2 アドレス体系

一般ネットワークには東京大学用のクラス B の IP アドレスである 130.69 を、特殊1ネットワークには TISN で確保したクラス B の IP アドレス 133.11 を割り振り、二つの性質の異なるネットワークを区別している。また、それぞれのネットワーク内では、クラス B の IP アドレスを更にサブネットに分割して支線ごとに割り振っている。サブネットとは、ネットワーク部とホスト部から構成される IP アドレスのホスト部を更にサブネット部とホスト部に分割し、ネットワーク部とサブネット部を合わせてネットワークを評価する機能であり、サブネットの利用によって、限りのある IP アドレスの効率よい利用と、ネットワーク上での経路情報のトラフィックの削減を図っている。

3.2.3 経路制御

ノード装置である Σ station230 上の経路制御用ソフトウェアとしては、gated を実装している。gated は米

国コーネル大学で開発されたソフトウェアであり、インタフェースごとに経路制御プロトコルを選択できる。UTnet では、FDDI 基幹ネットワーク上では効率よい経路制御を目的として RIP^{注1)} を使用し、支線ネットワークに対してはそれに接続されるワークステーションの管理情報のメンテナンス負荷の軽減を図るために default route^{注2)} の設定をしている。

3.2.4 そのほかのサービス

ネットワークアドレス情報の一元管理を可能とするために、大型計算機センター内の情報ネットワーク運用センター（以下、NOC: Network Operation Center）の Sun を用いて named のサーバ機能を提供し、FDDI ノード装置である複数の Σ station230 上で named のセカンダリサーバ機能を提供している。named はホスト名からその IP アドレスを検索する機能であり、支線ネットワークに接続されるワークステーションに対してサービスを行っている。

3.2.5 既設 LAN との接続

本郷内の既存のネットワークである工学部 LAN は、1986年に工学部に設置された。工学部 LAN は工学部の各学科・工学部オンライン計算機センター・大型計算機センター・教育用計算機センターにも接続されており、研究・教育に活用されてきた。本郷基幹ネットワークと工学部 LAN とは、既設ネットワーク接続装置によって、IP プロトコルで接続される。

工学部 LAN 内の IP アドレス体系は複雑であり、多数の機器が接続されているため、アドレス体系を簡単には変更できない。また、古い機器でサブネット機能を備えていないワークステーションがある。これらの理由から、既設ネットワーク接続装置上で ProxyARP^{注3)} の機能を提供し対応することにした。

4. 運用管理と保守

4.1 運用管理の方法

4.1.1 運用管理体制

UTnet では、アドレス管理体系の維持と障害時の効率よい対応を目的として、各部局ごとに支線ネットワークのネットワーク運用管理者を置くとともに、NOC に

注1) Routing Information Protocol: 経路制御はルーティングテーブルと呼ばれるカーネル内のテーブルをもとに行われる。このルーティングテーブルをネットワークの状況に応じて動的に書き換えながら制御するものを動的経路制御と呼ぶ。RIP は動的経路制御の代表的なプロトコルである。

注2) 動的にルーティングテーブルを書き換えない方法を静的経路制御と呼ぶ。経路情報を設定する際、目的のネットワークの指定において default を指定すると、ルーティングテーブル内のエントリに指定がないネットワークやホストに対する経路を特定のルータに振り向けることができる。これが、default route の設定である。

注3) あるワークステーションからの ARP 要求 (MAC アドレス問合せ要求) に対して代返する機能

においてUTnetの集中管理を実施することとした。部局の管理者は、エンドユーザの支線ネットワークへの接続支援、支線ネットワーク内での障害対応などの作業を行う。NOCの管理者は、基幹ネットワークの運用・保守作業や、各種サーバ機能の提供、部局管理者やエンドユーザへの広報などの共通支援作業を行う。このように、運用管理体制の階層化によって、NOCの管理者は共通支援作業に専念でき、全体として効率よいネットワーク運用管理が実現できる。

4.1.2 運用管理のための機能

FDDI基幹ネットワークは、LAMP(LAN Monitoring Processor)によって監視される。LAMPは、FDDI基幹ネットワークの構成管理、性能管理、運転・障害管理を行う。LAMPによって採取、ログギングされるトラフィック量などの統計情報、障害管理情報を用いて、NOC管理者は月次レポートを作成する。

また、トラブルの発生などを集中的に把握できるように、ノード装置であるΣstation230のsyslog機能によって、運用時のメッセージ・エラーログなどを、NOCのS-4/IP上に一括表示、ログギングさせた。

マルチメディア基幹ネットワークは、NSP(Network Service Processor)が監視する。NSPは、マルチメディア基幹ネットワークの構成管理、性能管理、運転・障害管理を行う。

また、支線上にあるルータなどの通信装置のトラフィック管理などを目的に、SNMP^(注)に対応したSun Net Managerを導入して、上位レイヤのネットワーク運用管理情報の収集・監視をしている。UTnetでは、ノード装置であるΣstation230(SNMPエージェント機能をサポート)や支線上のエージェントワークステーションからの管理情報を、NOCのS-4/IP上のSunNet Manager(マネージャ)で集中管理し、支線部分も含めた総合的なネットワーク管理を目指している。

4.2 保 守

Σstation230とLLUのハードウェア定期保守は、年1回実施する。365日間、24時間運転されるネットワークの停止時間を極力短く、また停止箇所を局所化するために、定期保守時にはFSLINKの自動ループバック機能を使用して、1ノードずつ基幹ネットワークから切り

離してハードウェアの保守を行う。

保守のために、今回導入した機能には以下のものがある。

1) syslog 機能

Σstation230上で提供され、ハードウェアのエラーログギング情報はNOCのS-4/IP上に集中ログギングされ、障害時の対応を容易にしている。

2) リモートPTF(Program Temporary Fixed)機能

Σstation230のソフトウェア保守には、リモートPTF機能を使用し、NOC内のリモートPTFのホストノードからの遠隔保守を実施している。

3) 自動DUMP, 自動IPL機能

Σstation230上でのソフトウェア障害発生時には、自動的にメモリの情報をディスクへはき出し、システムを再起動して復旧する機能をサポートした。

4) LLUのリモート設定機能

LLUの透過制御設定を、NOCから実施する機能である。本機能については、現在、仕様検討中である。

4.3 設置環境

4.3.1 ノード間距離の問題

GI型光ファイバケーブル(コア/クラッド径:50/125μm)を敷設した場合、FDDIノード間の最大距離は2kmである。前述のように、多芯光ファイバケーブルを張ってそれぞれのネットワークを構成している関係から、構成検討時に建屋間の距離は制限内ではあるがノード間距離が2kmをこえる箇所があることが判明した。問題のノードは特殊1ネットワーク上にあったため、一般ネットワークのLLUを特殊1ネットワークにつなぎ変えることによって、この制限の解消を図った(図-1で特殊1ネットワークにLLUのみを接続している場所がある。これがその主な理由である)。また、システムの現調時にノード間の光伝送路の減衰値を実測し、構成設計の検証を実施した。

4.3.2 環境条件

今回は、既存の建屋にネットワーク機器を設置したため、十分な環境の確保が難しかった。そのために電源、温度、湿度、粉塵などの環境条件で、好ましくない場所があった。運用テスト時にも、建屋の電源が夜間切断されてしまい自動ループバックがかかったり、空調が不備のために温度異常でΣstation230が立ち上がらなかったりという問題が発生した。

建屋の管理は本来は各部局の分担となるが、2箇所以上でトラブルが発生すると、ネットワークが機能を果た

注) Simple Network Management Protocol: TCP/IPベースのネットワークにおいて、管理システム(マネージャ)と被管理システム(エージェント)との間で管理情報を伝達するためのプロトコルであり、稼働状況に関する情報、トラフィックやパフォーマンスについての情報などを管理項目やフォーマットを標準化して収集・伝達する。

せなくなってしまう。そのため、測定器を持ち込んだ環境条件の監視と、問題箇所に対する改善を各部局に依頼している。

5. ま と め

FDDI によるネットワークシステムは従来の基幹ネットワークシステムに比較して安価であり、今後、多くの場面で利用されていくものと思われる。

UTnet は国内で最大規模の FDDI によるネットワークシステムであり、この実現に向けて、東大内部のネットワークに関する経験と高い技術力を有するメンバ、富士通の関連技術者を含めた協力体制で推進してきた。その結果、構成設計、運用管理、運用テスト、保守などの側面で、新たに多くの技術的経験が蓄積でき、ネットワーク機器の評価にも大いに役立った。

また、今後の運用を通じて、さらに多くのノウハウを蓄積し、今後の FDDI の普及と実用化の先導的な役割

を果たしていきたい。

1991 年度以降の計画では、各キャンパスに基幹ネットワークを敷設し、キャンパス間を高速で IP 接続する。当面は、高速デジタル回線を使用しての IP 接続のみであるが、将来はブロードバンド ISDN などの、より高速な広域網を使用してのマルチメディア通信の実現が望まれる。

また、3 箇年計画の完成後には 8 キャンパスに分散するネットワークを、本郷の NOC から集中監視していく仕組み作りが必要と考えている。

参 考 文 献

- 1) 東京大学情報ネットワークシステム設置業務専門委員会：東京大学情報ネットワークシステム UTnet について、UTnet 広報, 1, pp. 4-19 (1991).
- 2) 石田慶樹, 高田広章：東京大学, キャンパス・ネットワークング, bit 別冊, pp. 200-206 (1990 年 12 月).

