

京都大学における ATM ネットワーク KUINS-II/ATM の設計と運用

石橋勇人、岡部寿男、櫻井恒正、金澤正憲

京都大学 大型計算機センター

概要

京都大学では、全学をカバーする ATM ネットワークである KUINS-II/ATM を 1996 年 3 月に導入した。この ATM ネットワークは、総計 260 台の ATM 交換機からなる大規模なものであり、交換機間を接続する回線容量は 1.8Gbps から 311Mbps となっている。

京都大学には、すでに全学をカバーするキャンパスネットワークである KUINS が敷設されているが、KUINS-II/ATM の基本的な考え方は、従来からあるキャンパスネットワークを置き換えてしまうのではなく、従来のネットワークを活かしつつ、これまでにはできなかった部分を補うことである。

本稿では、KUINS-II/ATM の設計と運用に関して概要を述べる。

Design and Operation of an ATM-based Campus Network KUINS-II/ATM

Hayato Ishibashi, Yasuo Okabe,

Tsunemasa Sakurai and Masanori Kanazawa

Data Processing Center, Kyoto University

Abstract

We have introduced a very large scale campus-wide ATM network at Kyoto University in 1996. This network, called KUINS-II/ATM, consists of 260 ATM switches. These switches are connected with 1.8Gbps to 311Mbps high speed links.

We already have a "legacy" campus LAN (built in 1987-1990) which provides Ethernet (10Mbps) and FDDI (100Mbps) connectivity. This time we aimed to provide ATM (156Mbps) connectivity everywhere in the campus. These two networks should not be exclusive but complimentary.

In this paper, we describe how we design and operate our campus ATM network.

1 はじめに

京都大学では、1987年4月から1990年3月の3カ年をかけて、全学をカバーするキャンパスネットワークである京都大学統合情報通信システム (KYOTO UNIVERSITY INTEGRATED INFORMATION NETWORK SYSTEM: KUINS) を完成させた。KUINSは東北大学のTAINSとともに日本の国立大学におけるキャンパスネットワークの先陣を切って構築が開始されたネットワークシステムであり、現在では京都大学の研究・教育等の活動に欠くことのできないインフラストラクチャとして大いに活用されている。

KUINS第1期計画の完成からはすでに5年以上の歳月が経過しているが、この間にはネットワーク利用が当たり前のもので浸透し、その利用は急速に拡大を続けてきた。

そこで、KUINSの将来計画について検討が重ねられ、KUINS第2期計画として、ATM技術を利用した超高速バックボーンを中心に整備を行う計画が立案された。このうち、超高速情報ネットワークの部分に関して1995年度に予算が認められ、1996年3月までにその構築を行った。

本稿では、この超高速情報ネットワーク (KUINS-II/ATM) の設計と運用に関して概要を述べる。

2 KUINS-II/ATM の設計

従来のKUINSは、デジタルPBXやパケット交換機による64kbps以下の接続から、Ethernetによる10Mbps、さらにFDDIによる100Mbpsの接続までをカバーする統合情報ネットワークであった。

これに対して、KUINS-II/ATMでは、ユーザに対して新たにATMという切り口を提供することによって、既存のLANでは実現が困難であった動画像などの広帯域の伝送やQoS保証を可能とすることを目指している。

KUINS-II/ATMは、従来のKUINSがそうであったように、京都大学の主要なキャンパス(部局の設置されているキャンパス)すべてをできるだけ同様にカバーするべく設計しており、吉田地区(京都府京都市)、宇治地区(京都府宇治市)、熊取地区(大阪府泉南郡)、犬山地区(愛知県犬山市)、大津地区(滋賀県大津市)の5つのキャンパスにATM交換機を設置している。

2.1 全体構成

KUINS-II/ATMにおいて導入したATMネットワークの概要を図1に示す。

KUINS-II/ATMは、基本的にATM交換機を4つのレベルからなる木構造の形に結合したトポロジーを持っている。木の各ノードがそれぞれATM交換機に相当することになるが、これを上(根)から順にレベル1,2,3,4と呼ぶことにすると¹、根にあたるレベル1のノードにはレベル2のノードが收容されることになる。ここで、レベル1とレベル2の間の回線容量は1.8Gbps(622Mbps×3)である。

レベル2のノードは吉田地区に7台と宇治地区に1台の計8台が設置され、ここにはレベル3のノードが收容される。レベル2とレベル3の間の接続は622Mbpsである。

¹学内的には、これらは順に基幹ノード(TYPE I)、同(TYPE II)、ノード、ハブノード、と呼ばれている。

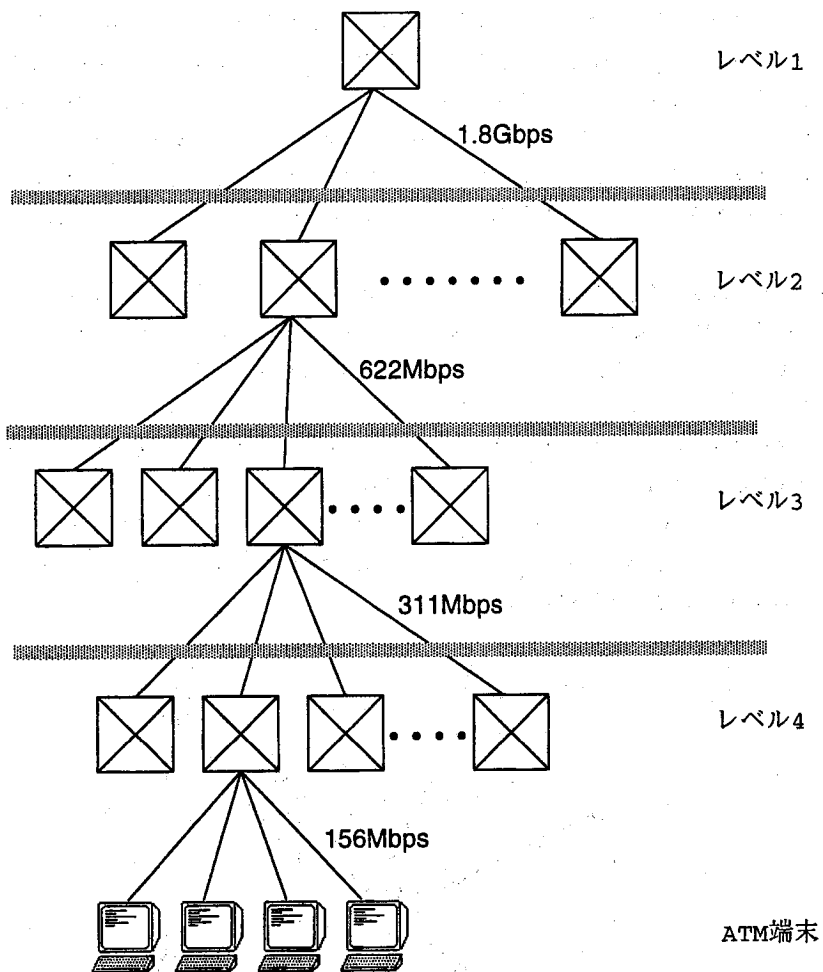


図 1: 全体構成

全学で67台設置されているレベル3のノードには、さらにレベル4のノードが接続される。レベル3とレベル4の間の接続は、311Mbps (156Mbps × 2) である。

レベル4のノードには、ユーザの端末が収容されることになる。端末とレベル4の交換機間の接続は156Mbps であり、メディアとしてはマルチモード光ファイバ (MMF) とカテゴリ5 ツイストペアケーブル (UTP5) の2種類のインターフェースを用意している。ユーザは、ATM 端末を直接レベル4のノードに接続する以外に、レベル4の下にさらにATM 交換機を接続することも可能である。レベル4のノードは、全学で180台設置されている。

将来的に622Mbpsの端末用インターフェースが容易に入手できるようになってくれば、現在HIPPIで接続しているようなスーパーコンピュータやグラフィックスワークステーションをATMで直接接続することが可能となる。この場合には、そのような端末をレベル3のノードに収容することができるであろう。

物理的なトポロジを完全な木構造とした場合、あるノードが停止するとそのノードを根とする部分木全体が孤立してしまうという問題がある。そこで、煩雑さを避けるために図1には記載していないが、一部については冗長配線を行うことによってある程度のバックアップならびに負荷分散を図る設計となっている。たとえば、レベル1とレベル2の各ノード間は図2に示すような接続となっている。

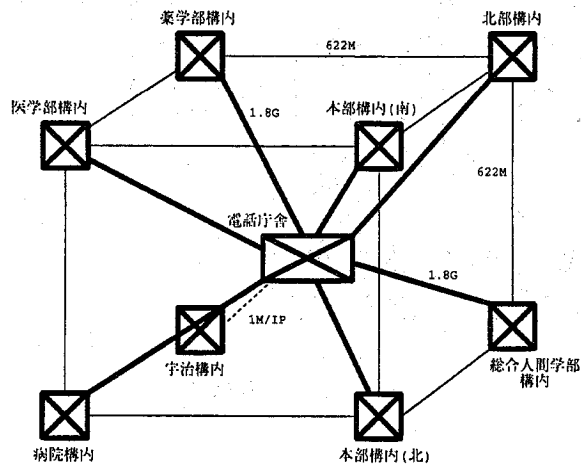


図2: レベル1、レベル2のノード間接続

また、レベル3のノードには、ATM ネットワークの運用に必要なサーバ類が実装されているものがあるため、それらについても影響ができるだけ小さくなるよう冗長経路の確保を行っている。

先に述べたように、KUINS-II/ATMは本学の部局が設置されている吉田・宇治・熊取・犬山・大津の各地区に設置されているが、現在のところ遠隔地区との接続においては高速な回線の確保が困難であるため、各地区間にそれぞれ独立したATM ネットワークを構築し、それらをルータによって吉田地区と接続する形態としている。しかしながら、将来的には学内各地区を結ぶ高速回線を確保することによって、全体が一体となったATM ネットワーク

トワークとして運用できることを期待している。

2.2 既存 LAN との接続性

KUINS 第 1 期計画において敷設された基幹ループ LAN との接続性を確保するためには、ATM インターフェースと FDDI インターフェースの両方を持ったルータを用意している。また、これらのルータは、ATM ネットワーク上に構成される論理 IP サブネット (Logical IP Subnet: LIS) ならびに Emulated LAN (ELAN) との相互接続の役割をも果たしている。ATM ルータは、レベル 2 の ATM 交換機 1 台につきほぼ 1 台の割合で設置され、吉田地区では 6 箇所、宇治地区では 3 箇所 (うち 1 箇所は Ethernet による接続) で既存の基幹ループ LAN と接続されている。既設の基幹ループ LAN は、吉田地区で 410Mbps、宇治地区で 205Mbps の容量を持つので、単純計算の上では十分なインターフェース容量を確保していることになる。

3 KUINS-II/ATM における ATM ネットワークの運用

3.1 ATM レベル

KUINS-II/ATM は、基本的に SVC (Switched Virtual Connection) によって運用されている。これは、ネットワークの規模からいって PVC (Permanent Virtual Connection) を管理することは数量的に現実的ではなく、また、ネットワークの一部経路に故障あるいは停電等が生じたような場合にも動的に経路変更が行えないため、耐障害性が弱いなどの問題があることによる。

先に述べたように、冗長経路の存在によって、ある交換機から別の交換機へ至るために複数の経路があり得るが、経路情報の交換や経路の選択は、P-NNI (Private Network Node Interface) に基づいて自動的に行われる。

なお、ユーザ端末と交換機との間は UNI (User Network Interface) 3.1 に基づいて接続されている。

3.2 IP レベル

IP による通信は、IP over ATM 方式によって IP パケットを ATM セル化して行う。IP over ATM については、RFC 1483[1]、RFC 1577[2]、RFC 1626[3]、RFC 1755[4]などに規定されている。IP のパケットは、AAL5 (ATM Adaptation Layer 5) フォーマットに基づいて ATM セルに分割され、ATM ネットワーク上を運ばれる。

IP over ATM において必要となる ATMARP サーバ (IP アドレスから ATM アドレスへの変換を行う) は、これまでのところ UNIX ワークステーション上に実装されたものを使用しており、この ATMARP サーバは、最大 4,000 端末までを取り扱うことが可能である。ATMARP サーバについては、ATM 交換機に実装されたボード上のサーバも利用できるため、近日中にはそちらへ移行する予定である。

3.2.1 IP サブネット

現状の KUINS は、約 100 台のルータによってサブネットに分割されている。しかし、ATM ネットワークをルータによってあまり細かく分割すると、ルータがネックとなって十分な性能を発揮できないことが予想される。また、ATM レベルでの QoS (Quality of Service) パラメータはルータを経由することによって保証されなくなってしまう。したがって、できるだけルータを経由することなく端末間の直接的な接続を可能としておきたいという考え方に基づいて、現在は全体を 8 つの LIS に分割し、それらの間をルータによって接続している (吉田地区の場合)。

今後、端末側ソフトウェア製品の動向等を見ながら NHRP (Next Hop Resolution Protocol)[5] を稼働させることによって、異なる LIS の端末間であっても ATM レベルでの直接接続を可能とする予定である。

4 おわりに

ATM に関しては、規格がまだ完成していない部分や技術的に未成熟な部分も多く、KUINS-II/ATM のような極めて大規模な ATM ネットワークの構築は、ある意味でかなり挑戦的な試みである。

しかし、大学における次世代のインフラストラクチャの構築としては、完成された(したがって、まもなく時代遅れとなる)技術だけを導入するのではなく、新たな技術を率先して導入することもまた社会に対する貢献の 1 つであるとの認識のもとに、我々は ATM の全面的な導入に踏み切った(もちろん、この背景として、既存のネットワークが比較的順調に稼働しているという面は見逃せない)。

今後は、ATM という技術がどのような形で収束していくのか、その動向を見守りつつ、KUINS-II/ATM の有効利用を図ってゆきたい。

参考文献

- [1] J. Heinanen: Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5, RFC 1483(1993).
- [2] M. Laubach: Classical IP and ARP over ATM, RFC 1577(1994).
- [3] R. Atkinson: Default IP MTU for use over ATM AAL5, RFC 1626(1994).
- [4] M. Perez, et.al.: ATM Signaling Support for IP over ATM, RFC 1755(1995).
- [5] D. Katz, D. Piscitello: NBMA Next Hop Resolution Protocol (NHRP), Internet Draft, draft-ietf-rolc-nhrp-10.txt(1996).