

千葉大学における ATM ネットワーク導入

戸田 洋三

千葉大学 総合情報処理センター

〒 263 千葉市稲毛区弥生町 1-33

E-mail: yozo@ipc.chiba-u.ac.jp

あらまし

千葉大学では、キャンパスネットワークの幹線部分に ATM ネットワークを導入し、SVC 接続・LAN エミュレーションによる運用を行なっている。ネットワーク構成、今までに出会った障害とその対応について紹介する。

Introducing ATM in Chiba University Campus Network

Yozo TODA

Information Processing Center, Chiba University

1-33, Yayoicho, Inage, Chiba 263 JAPAN

E-mail: yozo@ipc.chiba-u.ac.jp

ABSTRACT

We introduce ATM as a main part of our campus network, utilizing SVC connection, LAN emulation technology. This article presents our ATM network structure, a number of trouble we meet, and how we deal with it.

1 ATM ネットワークの導入

平成7年度は全国の大学などの組織に対しATMネットワーク導入のための補正予算が組まれ、大騒ぎの1年であった。千葉大学でも、この補正予算を利用して幹線ネットワークの一部入れ換え・キャンパス内の新しい建物への幹線延長を行なうこととしたが、「ATM」の部分をもどのような形で導入するかということが問題になった。

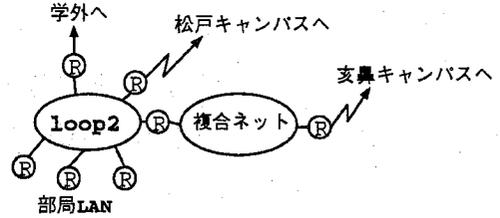
我々のなかでもATM技術に関して詳しい知識はなく、まずATMとはなにか、どのようなことができるのか、などといった基本的なことから調べる必要があった。ネットワーク機器のメーカーに頼んで基礎的な部分の説明をしてもらったり、すでにATMを導入している大学を訪ねたり、といった情報収集作業を行なった。

IPネットワークにおいてATMをインフラとして使うにはIPoverATMとLANエミュレーションという二つの選択枝がある。IPoverATMにした場合の最大の問題は、ATMに接続するためには新しい機器を購入する必要があるということだった。せっかく苦勞して導入しても使われないまま朽ち果ててしまっは意味がない。一方、LANエミュレーションでは既存の機器をそのまま利用できるが、その裏返しとしてATM特有の機能を生かせない。LANエミュレーションはIPoverATMに移行する前の中間技術であって使わないですめばそれにこしたことはない、という認識であった。また、仕様検討時にはLANエミュレーションを利用している事例がなく、遅くて使いものにならないのではないかと、という心配もあった。

補正予算によるキャンパスネットワークの整備を行なうところの多くがATMを敬遠してまともに使わない構成を考えているという話は、いろいろなところからもれ伝わってきた。それならばいっそのこと実験台としてどこもやってないことをやろうじゃないかということで、結局、新しく導入するネットワークにおいてはFDDIと並ぶ幹線としてATMおよびLANエミュレーションの利用を計画することになった。もっとも、このような思いきりができたウラには以下に説明するような事情もある。

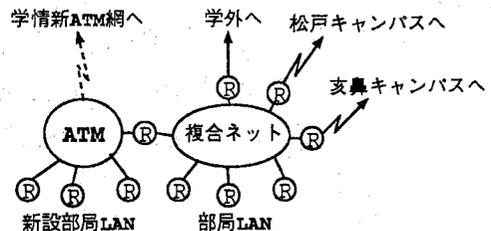
平成7年までの千葉大学西千葉キャンパスでは、昔の汎用機のリモート端末接続用に使われていた光ファイバを転用して幹線FDDIネットワークを構築していた(通称loop2ネットワー

ク)。また、平成5年度の補正予算により、3キャンパス(西千葉・亥鼻・松戸)間の接続・全学的な構内電話回線・テレビ会議設備・FDDIネットワークなどの機能を実現するネットワーク設備を導入した(通称複合ネットワーク)。



【図1: 西千葉地区旧ネットワーク構成】

西千葉地区では既存の部局LANはloop2ネットワークに接続しており、複合ネットワークのFDDI機能はまだあまり使われていなかった¹。すなわち予備の幹線ネットワークが用意されていたともいえるわけで、とりあえず複合ネットワークを活用すればなんとかなると考えた。そこで、既存の部局LANをloop2ネットワークから複合ネットワークへ移行させ、loop2ネットワークをATMネットワークに入れ換える、という計画を立てた。



【図2: 西千葉地区新ネットワーク構成】

ATMネットワーク用に新しく光ファイバを敷設し、loop2および複合ネットワークに接続しているところに加えて新しく部局LANを設置する予定のある場所にも幹線からの接続口を設けることにした²。ATMネットワーク側には新設予定の部局LANが接続してくることになるが、これなら少しくらい遅れても我慢してくれるだろうというヨミである。

¹ただし、亥鼻地区においては複合ネットワークをキャンパスネットワークの幹線として活用していた。

²予算の都合上、亥鼻・松戸地区にはATM機器を導入することができなかった。また、地区間接続が専用線1.5Mbpsという現状では意味がない、という事情もあった。

2 機器構成および接続トポロジ

ATM ネットワークは以下の3種類の機器から構成されている。

ATM スイッチ (NEC ATOMIS7) 7 台

- OC-3c(155Mbps) 16 口
- OC-12c(622Mbps) 1 口

LAN スイッチ (NEC C5000) 48 台

- OC-3c(155Mbps) 1 口
- 100baseTX 14 口
- 10baseT 24 口

ATM ルータ (IP45/651) 3 台

- OC-3c(155Mbps) 1 口

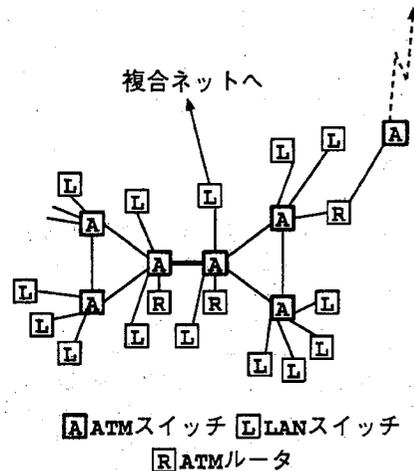
(C5000 は Cisco Catalyst5000 の, また IP45/651 は Cisco7010 の OEM 製品.)

ATM スイッチは情報処理センタに設置して相互接続し, 部局に配置した LAN スイッチを6台の ATM スイッチに分散して接続する構成とした³. この構成によって次節に紹介するような階層的な ATM アドレス付けが可能になっている。

ATM スイッチのうちの1台は学情新 ATM 網接続用で, マルチモード用およびシングルモード用 OC-3c インタフェースボードが1枚ずつはいつている (同一室内にある SINET ノードに接続する計画). 当初はマルチモードファイバ用でよいだろうと考えていたのだが, 学情の「ATM ネットワーク接続のための共通仕様」に関して SINET 関係者に質問したときインタフェース仕様に関して確認され, はじめてシングルモードファイバ用インタフェースが必要であることを認識したのであった. ちなみに電話網の世界ではシングルモード光ファイバを使うのが常識だそうである。

情報処理センタから各部局まではマルチモード光ファイバ4芯, シングルモード光ファイバ2芯を敷設した. 部局側に設置した LAN スイッチは ATM インタフェースを通じて ATM スイッチに接続し (ATM インタフェースはマルチモード光ファイバを2芯使う), LAN エミュレーションクライアントとして機能する. 部局側には 10baseT および 100baseTX インタフェースを提供している. 将来, 部局で ATM 直結端末を導入する場合には残るマルチモードあるいはシングルモード光ファイバ2芯を使って接続することになる. (もし ATM が動かなかつた場合には, マルチモード光ファイバ4芯を使って FDDI リングを構成しようかと話していた.)

当初は ATM スイッチに LANE サーバを置き, IPsubnet 間のルーティングに ATM ルータを動かそうという計画であったが, 後節で紹介するように導入時の ATM スイッチに実装されていた LANE サーバには難があったため, 現在は ATM ルータ上で LANE サーバを動かしている。



[図3: ATM スイッチの接続]

3 ATM アドレス

千葉大学の ATM ネットワークでは SVC 接続を利用するため各機器に 20 バイトの ATM アドレスをつける必要があった. ATM アドレスとしては一般に E.164, ICD, DCC という3種類の体系があるが, このなかから DCC 形式によるアドレス体系を利用することとした. これは, 将来学情の新 ATM 網との接続を行うことになった場合に複雑なアドレス変換が不要になって楽ではないかと考えたことにもよる。

学情新 ATM 網では, 各 ATM 交換機に数字7桁 (ノード番号4桁, インタフェース番号3桁) からなる E.164 アドレスを付与するとのことである. 最終的に組織間接続に SVC を利用することになった場合, 組織内で使っている ATM アドレスを DCC 形式に変換したものをサブアドレスとして転送するという計画になっている. このサブアドレスとして使われる部分をそのまま学内で利用したわけである。

DCC 形式のアドレスでは, 先頭の1バイトは DCC 形式を表す値で 0x39, その次の2バイトは

³ ATM スイッチの接続形態については情報処理センタ小澤技官の発案による。

国を表す値で0x392F (正確には0x392の1.5バイトが国を表していて、余った4ビットには1を埋める) というところまではすでに決まっているが、その次のJDIやRD, AREAといった部分の値は不明である。JDIフィールドは組織を識別するためのものでOSIオブジェクト識別子を利用することになっている。日本ではJIPDEC(日本情報処理開発協会)産業情報化推進センターあるいはTTC(電信電話技術委員会)から割り当てを受けるべきということだが、現在にいたるまで大学に対する割り当て体制が整っていないらしい。

```

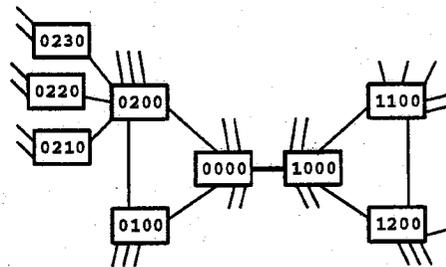
ATM-N7-18show route
Destination      Type  Line  VPI
39392F0000 0000111300 0001XXXXX XXXXXXXXXX NSAP  * 030 -
39392F0000 0000111300 0002XXXXX XXXXXXXXXX NSAP  * 031 -
39392F0000 0000111300 0003XXXXX XXXXXXXXXX NSAP  * 030 -
39392F0000 0000111300 001XXXXXX XXXXXXXXXX NSAP  * 000 -

ATM-N7-18show dynamicroute
Destination      Type  Line  TunnelingVPI  HopCount
39392F0000000011130000000000000000C7A37B000 NSAP  032  - 0
39392F0000000011130000000000000000C7A37B100 NSAP  032  - 0
39392F0000000011130000000000000000C7A37B200 NSAP  032  - 0
39392F0000000011130000000000000000C7A37B300 NSAP  032  - 0
39392F0000000011130000000000000000C7A37B400 NSAP  031  - 0
39392F0000000011130000000000000000C7A37B500 NSAP  020  - 0
39392F0000000011130000000000000000C7A37B600 NSAP  010  - 0
39392F0000000011130000000000000000C7A37B700 NSAP  021  - 0
  
```

[図5: ATMスイッチ内の経路表の例]

JDIフィールドには大学毎に識別子の割当てを受けなければいけないのではないかと考えてJIPDECおよびTTCの両者に問い合わせたところ、昔OSIが流行したときに文部省管轄組織の登録について文部省関係者と相談しかけたことがあるとのことであった。文部省が登録申請のまとめ役になってほしいという話だったのだがいつの間にか立ち消えになっているとのこと。学術情報センタの人間と相談してみても、と伝えてしばらく待っていたがなんの進展もなく、結局未定の部分には0を詰め込んだアドレスを割り振った⁴。将来広域ATMネットワークに接続することがあれば、結局、アドレス変換を行なうかATMアドレスの変更作業が必要になるものとあきらめている。

学内で使える部分は2バイト(4桁の数字)なので、ATMスイッチのアドレスとしてこの4桁の数字を工夫して割り振る必要がある。実際には、NEC担当グループとの会合で説明資料としてATMアドレスの割り振り案を提示してもらい、それをそのまま採用した。



[図6: ATMアドレスの割り当て]

AFI 1byte	DCC 2bytes	JDI 3bytes	Reserved 1byte	RD+AREA 4bytes	**** 2bytes	ESI 6bytes	SEL 1byte
39	392F	??????		????????			

↑ 学情新ATM網 ↑ 学情ノード番号 ↑ MACアドレス
↑ 学内で使える部分

[図4: DCCアドレスの中身]

ATMアドレスのprefix部分(先頭13バイト)はATMセルのルーティングに関係している。ATMスイッチではIPルータと同様に(ATM)アドレステーブルを持っており、ATMセルの転送に際して宛先アドレスとテーブルの各エントリを比較し、最長一致で経路を選択するようになっている。

4 ATM運用時の問題

ATMネットワークの運用時に会った問題のなかからいくつか紹介する。

4.1 ATMネットワークの通信障害

ATM経路でtelnetやXアプリケーションを使っている最中にデータが止まってしまう、しばらくすると堰を切ったように流れ始めるという現象がしばしば起こった。ATMセル落ちのためか、それとも以下のLANEサーバの症状に関わっているのか、詳しい原因は不明である。LANEサーバの問題が解決し、ATMスイッチ、LANスイッチの制御ソフトをバージョンアップしてからはごくたまに起こるだけになっているようだ。

⁴学情新ATM網に接続する際には、JDIフィールドには学術情報センタの新ATM網を表す識別子を入れるらしい。学情とJIPDECとの間で相談するそうだが、その値がどうなっているのかはいまだに不明。

4.2 LANE サーバの性能不足

稼働を始めた当初、夕方ころになると通信でなくなるという状態が頻発した。流れているパケットを調べてみると、LAN スイッチからブロードキャストパケットが定期的に出送されていた。これは、LAN スイッチのデフォルトの設定では spanning-tree プロトコルおよび Cisco 固有の機能 (Cisco Discovery Protocol) に関連したブロードキャストパケットが流れるようになっていたものである。これらのブロードキャストの処理が LANE サーバ (BUS) の能力を超えてしまっているものと推測された。とりあえずの対策として、LAN スイッチから出ている spanning-tree および CDP パケットを止めてトラフィックを減らし、さらに ATM スイッチ 2 台とそこにつながっている LAN スイッチをまとめて幹線から切り離して、なんとか安定して動作するようにした。

LAN エミュレーションの利用については、複数の E-LAN を設定した場合の性能に関する検討材料がなく、動くかどうか不安だったため、IP-subnet 一つだけという設定にして負荷を軽くしたつもりであった。この結果、ひとつの E-LAN に接続する LANE クライアント (LAN スイッチ) が 40 数台となった。導入当初の ATM スイッチ上の LANE サーバの実装では point-to-multipoint connection をサポートしておらず、ブロードキャストパケットをソフトウェアでひとつひとつの宛先に配っていたために、40 数台の LANE クライアントへの配送という処理に耐えられなくなってしまったのであった。

NEC 側では、幹線から切り離した ATM スイッチ 2 台とその配下の LAN スイッチ 16 台を使って改めて E-LAN を構築して実験環境とし、BUS に改良を施したものを持ち込んでブロードキャストパケットやマルチキャストパケットによる負荷テストを行なった。このテストで新バージョンの BUS が十分な性能を出すようになったことが確かめられたが、同時に、ATM ルータに実装されている LANE サーバがよりよい性能 (処理可能フレーム数で 1 桁以上) を持つことが明らかになった。現在は、切り離していた ATM スイッチ・LAN スイッチを再び接続するとともに LANE サーバは ATM ルータで動かしており、ATM スイッチ上の LANE サーバ機能モジュールは除去してある。

⁵ちなみに ATOMview の新バージョンでは、MIB 変数の収集は 20 個ずつに分けて少しずつ行なうように改良してあるという事で、バージョンアップも行なっている。

4.3 SNMP 関連のトラフィック

LANE サーバの不調に関連して ATM スイッチや LAN スイッチの負荷をできるだけ軽くしようと検討するなかで、SNMP マネージャによるトラフィックも問題視された。

SNMP マネージャはキャンパスネットワーク機器の監視用として HP OpenView (とその上に ATM スイッチ監視用モジュールとして NEC ATOMview) を導入している。SNMP マネージャは、ATM スイッチ・LAN スイッチ・ルータに対して定期的に SNMP query を送って状態を調べるのであるが、ATOMview の初期バージョンでは、収集する MIB 変数 (ATM スイッチの場合 1 台あたり 60 個) を一度にすべて要求するようになっていた。そこで、SNMP マネージャからの query は (LAN スイッチ・ルータに対するものも含めて) 停止し、トラップ情報の受付のみを行なうようにした⁵。

4.4 VPI と VCI のビット幅

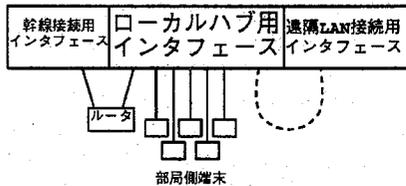
ATM 機器接続の際に注意すべきこととして、VPI と VCI のビット幅の問題がある。LAN スイッチの ATM インタフェースおよび IBM-PC に装着した ATM-NIC (Adaptec 製) では VCI 10 ビットのみを利用しており、設定の変更ができなかった。これに対して NEC のワークステーション用 ATM-NIC では、VPI 6 ビット / VCI 9 ビットを利用するようになっていた (こちらは変更も可能)。ATM スイッチでは VPI 4 ビット / VCI 8 ビットがデフォルトになっており、LAN スイッチを接続するインタフェースについては VPI 0 ビット / VCI 10 ビットに設定を変更した。ところが設定変更はボード毎 (1 枚のボードに OC-3c・155Mbps インタフェースが 4 口ついている) にしかできない。ワークステーションを LAN スイッチ用に設定されたボードのインタフェースに並べて接続していたところ、ワークステーション利用時に通信ができない・あるいは極端に遅くなるといった症状に悩まされた。

5 今後実施予定の作業について

5.1 LAN スイッチのインタフェース設定

LAN スイッチには多数のインタフェースが用意されているが、現在の設定では、すべて同一 IP-

subnet(ネットマスク長 24 ビット)に接続されてしまうので、実際問題としてほとんど活用できていない。(部局 LAN はそれぞれルータ経由で接続してもらっている。)そこで、個々の LAN スイッチのインタフェースを幹線接続用、ローカルハブ、遠隔 LAN 接続の 3 種類の機能に分けて設定することを検討している。



【図 7: LANsw のインタフェース設定】

ここで、遠隔 LAN 接続用というのは、ひとつの学科の研究室が複数の建物に分散している状況で「仮想的に」ひとつのセグメントを構成するためのものである。必要なところだけ設定する。現在分かっている範囲では、4 部局が必要としている。

このような面倒な設定をするかわりに、LAN スイッチごとに ELAN をつくって、すべて ATM ルータ経由で接続する、という方法も考えられる。この場合、ローカルハブ部分の packets も ATM ルータまで飛んでいくので、ATM ルータの負荷が高くなってしまわないか、とか、隣接サブネット間で互いに影響を及ぼすことになるのではないかと、いった心配がある。これについては、(環境が許せば) 実験をするか、すでに複数 ELAN による運用を行なっているサイトから話を聞いたりして検討する必要がある。

5.2 学情新 ATM 網との接続

1997 年の下旬から学情新 ATM 網との PVC 接続を行なう予定になっている。PVC 接続は、

SINET ノードに用意されている ATM ルータと大学側の ATM ルータとの間に設定される。もっとも、最初からうまく動くかどうか分からないので、既存の接続をバックアップとして残してもらい、いざというときには自動的に経路が切り替わるように学内の経路情報の調整を行なう予定。

6 ATM は使えるか?

これまで約 1 年に渡り ATM ネットワークを稼働させてきて、ようやく安定してきたという印象を持っている。機器の設定・管理については、まだまだノウハウが足りないが、FDDI や Ethernet などと同等のツールの LAN 技術としては使えるようになってきたと思う。もっとも、これは LAN エミュレーションによる利用のみであり、ATM のウリである QoS などの機能は全く活用していない。ユーザ環境として音声・動画像のやりとりも簡単に行なえるようになってきており、キャンパスネットワークを電話やテレビがわりに使いたいという要望は高まりつつある。このような「マルチメディア」トラフィックとデータ通信とが棲み分けできるようなネットワーク構成を利用形態を見ながら考えていく必要がある。

ATM 以外にも、例えば QoS を扱うプロトコルとして RSVP/IP などが開発されつつあり、またデータリンク層の技術では Gigabit Ethernet も話題になっている。現在の機器を更新する時期になったとき、はたして ATM は選択肢の一つに残っているだろうか?

参考文献:

- [1] 「ATM インターネットワーキング」, A. Alles 著, 設楽 常巳 監訳, 日経 BP センター, 1995
- [2] 学術情報ネットワークにおける ATM 接続のための共通仕様, 学術情報センター, 1995