

## アプリケーションサーバの配置を考慮したLANE-ATMネットワークの設計

原山美知子, 佐藤俊介

岐阜大学総合情報処理センター

### 概要

LAN エミュレーション方式 (LANE)-ATM ネットワークを効果的に利用するためには、利用形態を考慮したネットワーク設計が必要である。キャンパス内の各建物に異なる仮想 LAN (VLAN) を配置し基幹 VLAN で接続すると、建物間の接続はスムーズに実現されるが、情報処理センター内の同一 VLAN に設置されたアプリケーションサーバ群に他の建物からのアクセスが集中すると、ルータに負荷がかかり、通信のボトルネックが発生して ATM ネットワークの高速性を十分生かすことができない。アプリケーションサーバ群の VLAN と各建物に拡大し、LES/BUS を LAN スイッチに分散配置することにより、負荷集中を解消するネットワーク設計方法について提案し、事例を報告する。

## DESIGN OF LANE-ATM NETWORK WITH APPLICATION SERVERS

Michiko Harayama and Shunsuke Satoh

Computer Center, Gifu University

### abstract

In the LANE-ATM network, VLANs are arranged on each building in the campus and connected by a main VLAN. With the recent increase of needs on Email and WWW, the network traffic is concentrated on application servers (mail server, cash server, etc.) in the computer center. Resulted over-load of the router which control the communication to application servers makes the total LAN performance decrease. In order to prevent network performance decrease, a LEC of the VLAN as same as of application servers is arranged on the routers of each buildings, to distribute the load effectively. This paper reports the design of ATM-LAN with LAN Emulation method.

### 1 はじめに

インターネットの社会的な浸透に起因して、ネットワークの高速化、広帯域化のニーズが増大し、それに対応して、LAN では、ATM とギガビットイーサが急速に普及しつつある。ATM ネットワークは、高速で、帯域品質保証 (QoS) やトラフィック制御ができる他、電話からデータ送信、TV 電

話まで、多様なデータを統一的に扱える利点があり、LAN-WAN をシームレスにつなぐ次世代ネットワーク基盤として古くから検討がされてきた技術である。現在、OC3(155Mbps), OC12(622Mbps) から OC48(2.4Gbps) 対応へとさらに高速化が進められている。

しかし、ATM ネットワークは、元来 WAN の次世代ネットワーク基盤として検討され、開発が進

められてきたネットワークであるため、アドレス体系、コネクション型、ブロードキャスト、帯域制御など基本的な概念が Ethernet およびその上位層からなるネットワークとは非常に異っている。普及している Ethernet 端末やその上位層を生かした ATM-LAN の構築は異なるネットワークの融合に相当するため、ATM-LAN は様々な課題をもつ。例えば、IP パケットなどを ATM の 53 バイト固定長セルへ分割すると、オーバーヘッドが大きくなり伝送効率が低くなってしまふ。ATM は、ATM アドレスで通信しブロードキャストの機能をもたないので、特別なアドレス解決のしくみが必要になり、ネットワークが複雑になるなどである。

現在、ATM-LAN については OSI 階層のレイア 2、3 に議論が集中しているが、急激なインターネット人口の増加や高負荷・高品質な通信のニーズに対応するためには、効果的な利用方法についても検討を進める必要があると考えられる。本研究では、その試みの一つとして、アプリケーションサーバの配置など、利用形態を考慮した LANE-ATM ネットワーク設計について検討し、岐阜大学で実施した報告する。

## 2 ATM-LAN と LANE

ATM-LAN を実現する方式はいくつかあり、IPoverATM では IP プロトコルだけに対応する方式であるが、比較的シンプルにネットワークを構成できることや、他のネットワークプロトコルを使っているアプリケーションが IP によるリソース共有をサポートする動向から、ATM ネットワークを基幹として導入しているところで多く利用されている。しかし、ブロードキャスト、マルチキャストへの対応が十分でない。LAN エミュレーション (LANE)[1] は、Ether のフレームを ATM のセル化して送るもので、IP 以外のネットワークプロトコルにも対応し、ブロードキャスト機能ももつが、ネットワークの構成要素が多く複雑である。仕様は、LAN Emulation 1.0 からの動きはなく、QoS は UBR に留まっている。

これらの 2 つの方式では、異なる IP サブネットは異なる ATM-LAN と見なされる。Ethernet と異な

り遠隔地でも同一の ATM-LAN を設定することができるので、Virtual LAN (VLAN) とも呼ばれる。VLAN は、物理的な位置関係に縛られることなく人的組織に対して同一サブネットを割り当てることができる利点をもたらすが、一方異なる VLAN はルータ接続であるため、サブネット間のデータの伝送経路はルータを経由することになり、通信速度低下の要因となる。この問題について、LANE に NHRP (Next Hop Rooting Protocol) を導入して解決しようとするのがマルチプロトコルオーバー ATM (MPOA) であるが、LANE よりさらに複雑なネットワークになるため、実際、まだ普及には至っていない。

LANE における基本的なネットワーク諸元と通信手順は下記の通りである。

### LANE-ATM における諸元：

1. ATM ルータ: 伝送ルートの確立  
LES (LANE Server)  
BUS (Broadcast and Unknown Server)  
LECS (LANE Connection Server)
2. LAN スイッチ: EtherFrame のセル化, 組立て  
LEC (LANE Client)
3. ATM スイッチ: 高速な交換機

### LANE-ATM における通信手順: VLAN 内

1. LECS: LEC の要求で LES/BUS の ATM アドレスを返す。LEC はコネクションを張る。
2. ARP リクエスト: 送信端末は IP アドレスを BUS に送り受信端末の MAC アドレスを得る。
3. Ether 通信: 送信端末は Ether フレームを送信側 LEC に送る。
4. LE ARP リクエスト: 送信側 LEC は MAC アドレスを LES/BUS に送り、受信 LEC の ATM アドレスを得る。
5. ATM 通信: 送信側 LEC は Ether のフレームを ATM セル化して受信側 LEC に送る。
6. Ether 通信: 受信側 LEC は ATM セルを Ether のフレームを組み立てて受信端末に送る。

したがって、同一 VLAN 内のデータ送信はルータを経由せず、no ホップである。異なる VLAN への通信手順はルータ上の LEC が関与するため多段階

になり、データ送信はルータを経由する。たとえば、一つのルータで送信側 VLAN の LECa、受信側 VLAN の LECb が動作していれば、ATM 通信の部分は送信側 LECa-ルータ LECa、ルータ LECb-送信側 LECb の 2 段階になり 1 ホップする。

### 3 岐阜大学 LANE-ATM ネットワーク

岐阜大学のメインキャンパス(柳戸キャンパス)は、2500 名程度の教職員と 6000 名の学生を有する。組織は大きく分けて、4 つの学部を含む 12 部局である。各学部はそれぞれ 10-20 程度のクラス C 相当のサブネットが割り当てられている。学内の情報ネットワークの利用の中心は、電子メールと外部の WWW ページのアクセスで、それに外部との研究データのやりとりが加わる。ユーザ端末はパソコンが中心で、インターネットは一元管理がされており、情報処理センターには、NIS, file, name, smtp/pop, http/proxy, cash 各サーバマシンが置かれている。一般にはインターネットサービスを提供するコンピュータという意味で、ネットワークサーバなどと呼ばれるが、ここでは、ネットワークの視点からアプリケーションサーバと呼ぶことにする。

岐阜大学ではこれまでネットワークの分散管理を進めており、工学部などでは各学科がサーバを保持しているが、昨今は不正アタックが多く、サーバ管理者の負荷が高くなったため、サブドメインの増加は停滞し、多くは情報処理センターのサービスに依存している。そのため、トラフィックは一極集中が起こっているといつてよい。Fig.1 に総合情報処理センター内部を中心とした岐阜大学 ATM ネットワーク [2] の概要を示す。

ATM ネットワークの構成機器は、次のように配備されている。各部局に規模に応じて、ATM スイッチをおき、主要な ATM スイッチに ATM ルータを接続する。各部局は数個の LAN スイッチを保有しており、ATM スイッチ間は OC12、ATM スイッチ-ATM ルータ間、ATM スイッチ-LAN スイッチ間は OC3 の光ケーブルで結ばれている。LAN スイッチから下流は UTP ケーブルが各研究室の情報コ

ンセントに延びている。情報処理センターには、基幹 LAN 用に 3 台、アプリケーションサーバ用に 1 台、対外接続用に 1 台の ATM スイッチが配備されている。基幹 LAN 用 ATM スイッチは、学部などの ATM スイッチに OC12 で接続している。2 台の ATM ルータを基幹 LAN 用の ATM スイッチの 2 台に配備している。

### 4 VLAN の設計

すでに述べたように、LANE では 1 つの IP サブネットは 1 つの VLAN に相当する。Fig.2 に 2 つの VLAN の設置例を示す。上の図は、当初の設計時のものである。キャンパス内の各部局にそれぞれ異なる VLAN を割り当て、基幹部に VLAN12 が割り当てている。VLAN12 の LES/BUS/LEC はセンター内にある基幹ルータの一つで動作しており、VLAN12 の LEC は各学部のルータでも動作する。同一 VLAN の中 (VLAN 内) で通信リクエストが発生すると、その VLAN を担当するルータの LES/BUS がアドレス解決をし、データ伝送は no ホップとなる。遠隔地でも VLAN 内であればデータの伝送経路は no ホップである。異なる VLAN どうし (VLAN 間) の通信リクエストが発生すると、送信側、受信側のルータの LES/BUS およびセンター内の基幹ルータの VLAN12 LES/BUS がアドレス解決する。上図の構成は非常にシンプルであるが、データの伝送は、送信部局のルータと受信部局のルータを経由する 2 ホップとなり、基幹ルータの VLAN12 の LES/BUS へ要求が必ず発生する。

情報処理センターにあるアプリケーションサーバには VLAN1 が割り当てられており、VLAN12 とは異なるルータに LES/BUS が設定されている。各部局から VLAN 1 へのアクセスも他の場合と同様に行われるため、アプリケーションサーバには通信リクエストが集中する。そこで、Fig.2 の下の図に示すように、VLAN 1 の LEC を各部局に割り当てた。この場合、VLAN1 へ通信リクエストが発生すると、送信側のルータおよび VLAN1 のルータの LES/BUS がアドレス解決する。データ伝送は、送信側のルータを経由する送信経路は 1 ホップ

となる。これにより、基幹ルータ(VLAN12)の負荷を分散し、アプリケーションサーバ(VLAN1)への通信性能を確保した。

## 5 LES/BUSの分散

ATMの通信では、必ず最初に通信経路が確立されてからデータ伝送が行われる。これはユーザデータの伝送時だけでなく、アドレス解決で生じる通信の場合も同様である。UBRでは帯域制御は行わないので、コネクション要求がくるとVCC(仮想チャネルコネクション)を張り続け、VCC数が限界に達するとそれ以上新しいコネクションが張れなくなる。LANE-ATMの諸元で述べたように、LES/BUSはATMルータに置かれ、LANスイッチのLECからの要求にしたがい、アドレス解決を行う。その際、BUSはマルチキャストするためたくさんのVCCを張る。アドレス解決自体は高速な処理であるが、VCCはアドレス解決後もしばらく残留するため、同一のELANから通信リクエストが多数発生するとVCC数がオーバーして、ATMスイッチとATMルータ間にVCCボトルネックが生じ、ホップを要求するユーザデータの伝送が受け付けられなくなってしまう。すなわち、アドレス解決がユーザデータの転送を阻害するといえる。LANスイッチとして使用しているCatalyst5000は、IOS2.1以降、LES/BUSが動作できるようになった。そこで、ルータのLES/BUSをLANスイッチで動作するように設計を変更した。これにより、ATMスイッチ-ATMルータ間のVCCボトルネックは解消した。

## 6 ネットワーク稼働状況

100MbpsのLANインターフェースをもつSUN WSを使用し、性能評価ツールdbs[3]で端末間の通信性能を測定した。結果をFig.3に示す。端末間のTCP/IP通信速度を送信パケットサイズに対してプロットした。データの凡例は、送信端末ID-受信端末ID(ホップ数)である。V160-V160は同一LANスイッチ配下の通信で、V160-V160(0, far)は、別の建物にありATMスイッチを4個経由し

ている。V160-V161(2)は物理的位置関係はV160-V160(0, far)とほとんど同じであるがVLANが異なる。V160-V1(1)はアプリケーションサーバとの通信速度である。これまでの議論を指示する結果となっている。

ネットワーク監視ツールCWSIを利用して、ネットワークの状態を測定した。Fig.4にルータの稼働率を示す。現在、学内の情報ネットワークは、電子メールと外部のWWWページのアクセスの利用が主体であるため、T1対外線がボトルネックとなり、学内トラフィックは大きくない。ルータ稼働率は、学外向けルータの稼働率が比較的大きいが、その他はCPU稼働率、メモリ使用率とも同じ程度である。基幹ルータに負荷が集中していないことがわかる。

## 7 今後の展開

TV会議システムなどのマルチメディア・アプリケーションの普及すると、キャンパス内のトラフィック全体が増加するばかりでなく、分散になる可能性が高い。この場合の効果的なネットワーク設計について、さらに、MPOAを採用した場合の同様な検討を進めていきたい。

## 謝辞

本稿をまとめるにあたり、実際にネットワークの構築にあたるとともに、有用な情報を提供していただいた株式会社NTTデータの奥村和昭、矢田伸一両氏に感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] The ATM Forum, ATM Forum Specification: Lan Emulation over ATM 1.0, 1995.
- [2] 原山, 原, 岐阜大学 ATM ネットワークの運用と現状, 分散システム運用技術 80-1 pp.5-10, 1997.
- [3] Murayama Y, et al, Performance and Control of Network Systems, Proceedings of SPIE, Volume 3231, 1997.

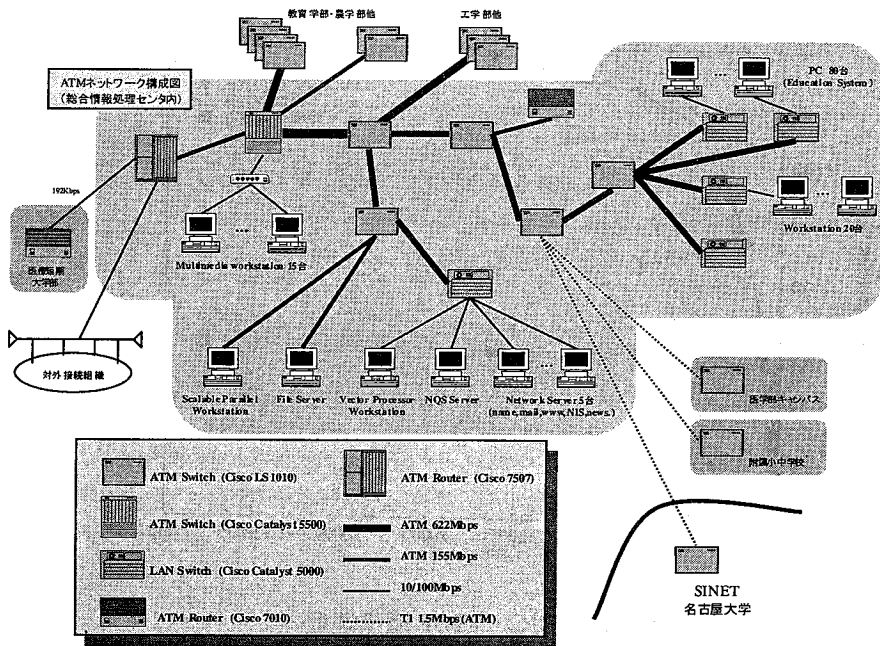


Fig.1 総合情報処理センタを中心にした岐阜大学 ATM ネットワーク概要

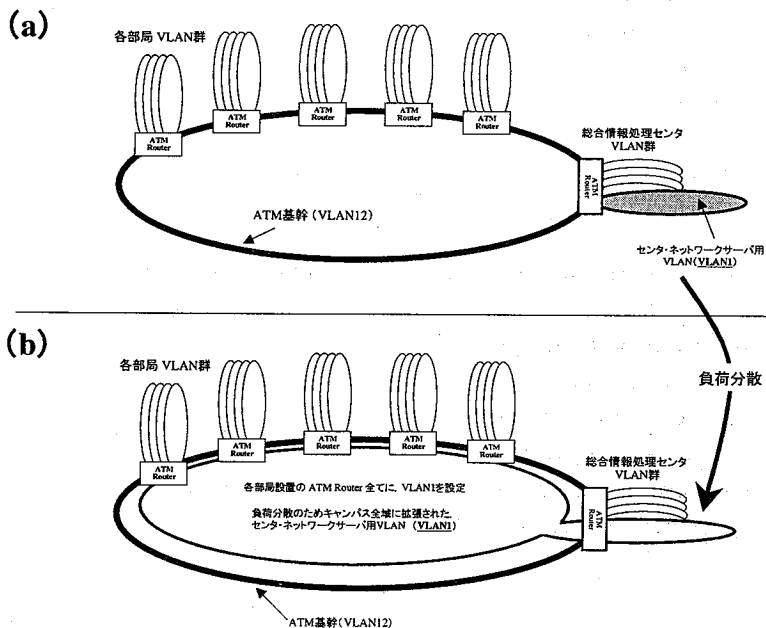


Fig.2 VLAN の設置例

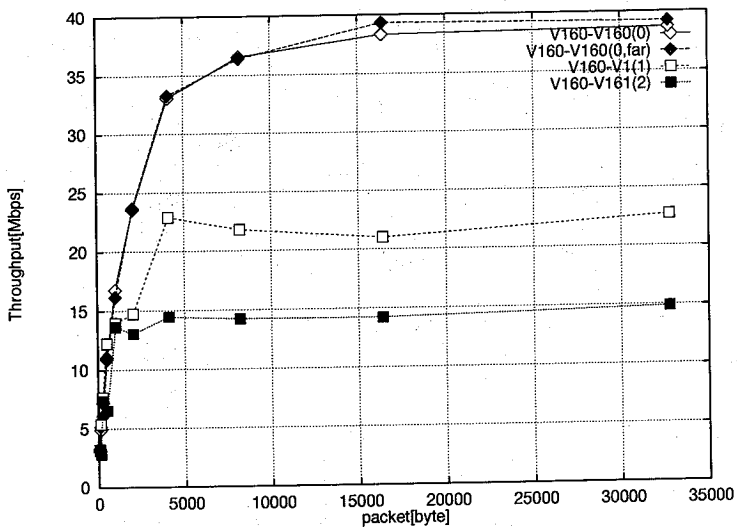


Fig.3 端末間のTCP/IP通信速度

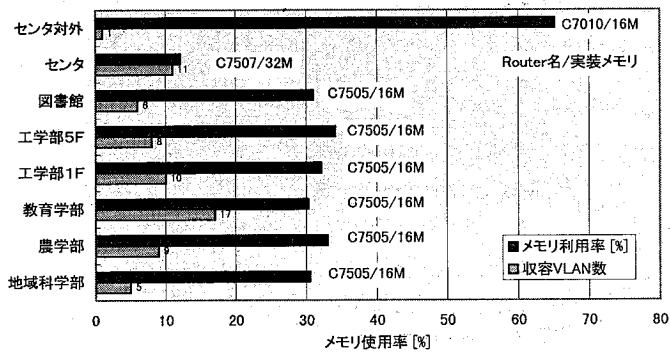
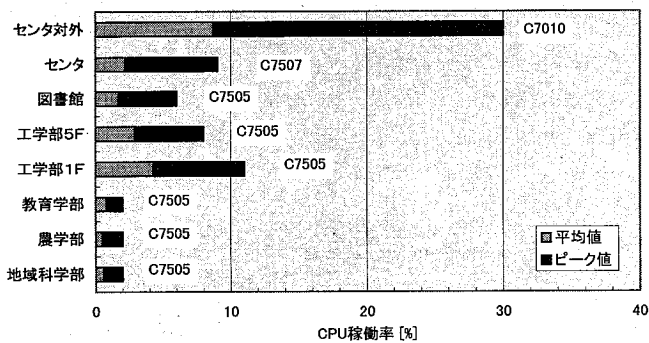


Fig.4 ルータの稼働率