

ATM LAN Emulation による 大阪大学キャンパス・ネットワークの構築

東田 学、門林 雄基、下條 真司、宮原 秀夫
大阪大学 大型計算機センター

概要: 大阪大学では、1993 年から、ATM を採用したキャンパス・ネットワーク ODINS (Osaka Daigaku Information Network System) の構築・運用を行い、現在もその拡充を続けている。1995 年に行った第二期整備では、バックボーン ATM ネットワークの広帯域化とともに冗長構成を採り入れ、高機能かつ高可用性を有するネットワークをキャンパス一様に敷設した。さらに ATM Forum による LAN Emulation 方式を導入し、スイッチングハブを集線した高い拡張性を有するネットワークを構築した。これにより、集中的なネットワーク管理サービスを提供でき、例えばルータの配置の際、これまでのインターネット構築手法とは異なった集中型の IP パケット交換によるネットワークを構成することができる。本稿では、このような ATM による大規模ネットワークの構成法について述べる。

Planning and deployment of scalable campus-wide network using ATM LAN Emulation: a case of Osaka University

Manabu Higashida, Youki Kadobayashi, Shinji Shimojo, Hideo Miyahara
Computation Center, Osaka University

Abstract: Since 1993, we've been planning, deploying, operating and managing our campus-wide information network infrastructure of Osaka University; we call this activity "ODINS (Osaka Daigaku Information Network System)". At 1993, we led to introduce ATM technology to campus-wide network as high-speed inter-router connectivity. At 1995, we've planned to put hundreds of LAN switches to give edge segments sufficient bandwidth. Using LAN Emulation by ATM Forum, we're able to interconnect these LAN switches to ATM-based backbone network with minimized collision domain and suitable broadcast domain. This paper describes our attempts after 1995, how to plan and deploy scalable campus-wide ATM network with rich bandwidth, high functionality and failure resilience.

1. はじめに

大阪大学では、1993 年から、ATM を採用したキャンパス・ネットワーク ODINS (Osaka Daigaku Information Network System) の構築・運用を行い、現在もその拡充を続けている。1993 年に導入を行った第一期整備ネットワーク (以下

“ODINS I” と呼ぶ) では、FDDI に替わる大容量伝送媒体としての ATM に着目し、世界に先駆けて ATM Forum UNI Version 3.0 に基づく第一世代の製品群 (ATM 交換機、ATM ルータなど) を導入した [1]。

ODINS I は、Ethernet や FDDI のような共有型伝送媒体により、ルータの階層を構成し、サー

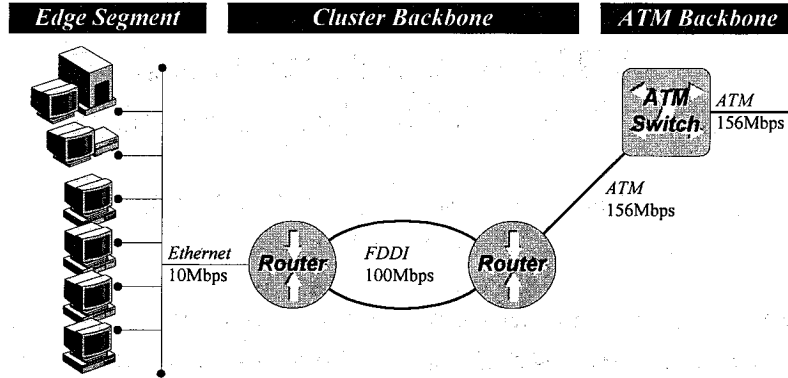


図 1: ODINS I の基本構成

バ装置やユーザ端末の集線を行うというインターネット構築における典型的手法をもとに、ATM を基幹ネットワーク用ルータの集線媒体として採り入れた設計を行った。具体的には以下のような構成である (図 1)。

- 支線ネットワークを 10Base 5 Ethernet により敷設
- 支線ネットワークを収容するルータをいったん FDDI に接続し、ルータ・クラスターを構成
- ルータ・クラスターを、ATM ルータにより ATM 交換機へ集線し、ATM 基幹ネットワークを構成

1993 年当時、基幹ネットワークを構成するために FDDI が幅広く利用されていたが、媒体の帯域をルータが共有するため、構成的に処理能力の上限が媒体の帯域に制約されてしまう。このような手法に替わり、ATM 交換機をルータの集線装置と位置づけてネットワークを構成することにより、交換機の処理能力までパケット交換が可能となった。また、キャンパス内、キャンパス間のルータ間接続を ATM 仮想回線により同等に提供することが可能となり、異なるキャンパスにおいても継ぎ目のない通信環境を実現することができた。

ODINS I は、具体的な利用が待たれていた ATM 技術の導入に弾みをつけたことで各方面より過分な評価を受けたが、ATM 交換機の代わりに、FDDI スイッチのような LAN 交換機を導入した場合に比べて本質的な利点は与えられてい

なかった。ATM を単なる高速のパイプとしてしか用いておらず、端末間の通信が大容量化するにつれ、基幹ネットワーク以前に、支線 LAN を構成する 10Base 5 Ethernet の容量や、ルータの処理能力が飽和するようになった。

2. ATM によるキャンパス・ネットワークの設計手法

前節の評価をもとに、第二期整備ネットワーク (以下 “ODINS II” と呼ぶ) の構想に当たって、ATM 技術のキャンパス・ネットワークへの適用に関して次のような技術的な展望を行い、また、ATM 以外のネットワーク技術との協調して運用するために考慮すべき技術的要件の検討を行った。

2.1. ATM 技術の導入に対する展望

ATM は、端末間での広帯域通信を提供可能な広域ネットワークを構築するために開発された伝送方式であるが、一方で、インターネットが世界規模でサービス網を構築しており、もはや IP との協調運用なくして ATM の普及はありえない状況となっている。われわれは、ATM 技術のキャンパス・ネットワークへの導入において、以下のようなステージを設定し、IP との協調運用を前提とした段階的な普及を計画した。

ステージ1: 1993年から1994年まで

仮想回線により多重化可能なスケラブルな帯域を有する回線としての導入。IP over ATM (以下 IPoA [2]) 方式により、主にルータ間の接続に用いる。

ステージ2: 1995年から1997年まで

呼接続方式が標準化され、仮想回線の可変接続により、柔軟なネットワーク構成が可能となる。LAN Emulation (以下 LANE [3]) を用いて LAN スイッチの集線を行う。

ステージ3: 1998年から1999年まで

上位ネットワーク層との協調制御を行うことによりインターネットを構成する通信基盤技術として機能の補完を行う。CSR や Tag スイッチによる広域接続や、IP マルチキャスト、RSVP の実装が行われると予想される。

ステージ4: 2000年以降

ATM 層を透過的に操作可能な API が実装され、アプリケーションからの網制御が可能となると予想される。

ODINS I は、ステージ 1 に対応し、ODINS II では、ステージ 2 への対応を行ったものである。ATM が提供可能な通信品質保証やマルチキャスト機能を利用可能なアプリケーションは、ステージ 3 を経た後、2000 年以降から普及すると予想している。

2.2. 交換型 LAN 構成装置の導入

ODINS I で採用した 10Base 5 を支線ネットワークのバックボーンとする構成は、端末間通信の

ボトルネックとなったが、Ethernet スイッチに代表される LAN スイッチを導入すれば、既存の LAN 用の媒体を集線しパケット交換を行うことにより、ギガビット毎秒の処理容量を有する LAN 構築が可能となる。Ethernet スイッチでは、コリジョン・ドメインの局所化が可能であり伝送帯域の規模の保証とともに、全二重通信、自動認識機能などが提供されることによりプラグ・アンド・プレイも実現されている。

LAN スイッチは、端末の集線、LAN スイッチの集線、ルータの集線など、汎用的な利用が可能である。しかし、ルータにより共有型媒体を集線していくという従来の構築手法 (図 2左) のままでは、キャンパス・ネットワーク設計において必要とされる次のような柔軟なセグメント構成に対する要求に応えることができない。

- 異なる建物間や異なるキャンパス間でも同一セグメントとして支線ネットワークを構築可能であること
- 研究用ネットワークと事務処理用ネットワークのように運用方針の異なるネットワークを同一の物理層で切り分けることができること

このため、ブロードキャスト・ドメインを適切に切り分け、また結合するための機能として、仮想 LAN 機能は必要不可欠である。

このような条件を満たす LAN スイッチの集線方式として、1995 年当時唯一多ベンダー間での相互運用性が実証されていた ATM Forum の仕様である LAN Emulation Version 1 を採用することにした (図 2右)。

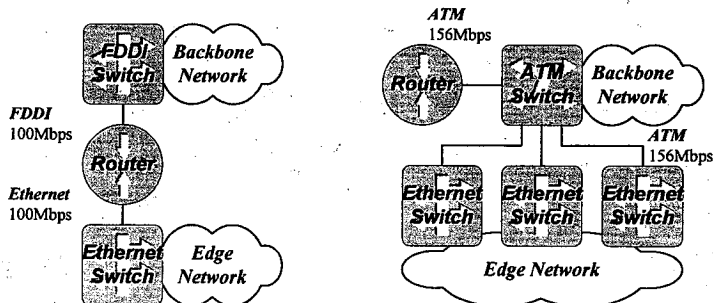


図 2: LAN スイッチによる典型的なネットワーク構成例

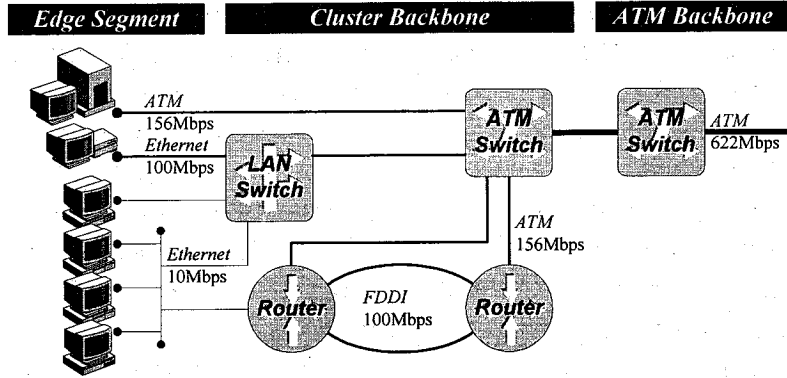


図 3: ODINS II の基本構成

3. ODINS 第二期整備

ODINS II は、1995 年 11 月に仕様書 [4] を公示し、1996 年 9 月までに整備を行い、同年の 10 月から運用を開始した。ODINS II では、ODINS I への投資を保護しつつ、支線ネットワークを大容量化し、有効な伝送帯域を損なうことなく ATM 基幹ネットワークへ収容するために、ルータによる LAN の集線から、ATM 交換機による LAN スwitch の集線という構成への変更を決定

し、28 台の ATM 交換機と 183 台の LAN スwitch の追加導入し配置を行った (図 3)。

3.1. ATM 基幹ネットワークの設計

ODINS II では、ATM 基幹ネットワークに対して最大限の可用性を与えるために、ネットワークを構成する ATM 交換機の電源モジュール、コントローラおよびスイッチ・ファブリック、回線インターフェイスを冗長に構成して導入した。

交換機間の接続回線も、主系と代替系を用意

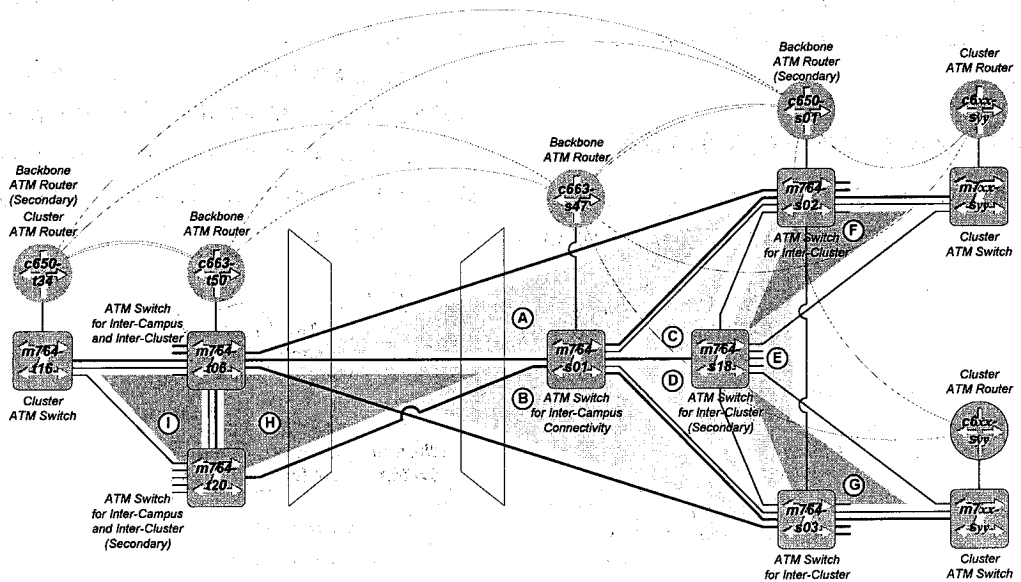


図 4: ODINS II 基幹ネットワークの物理的な接続構成

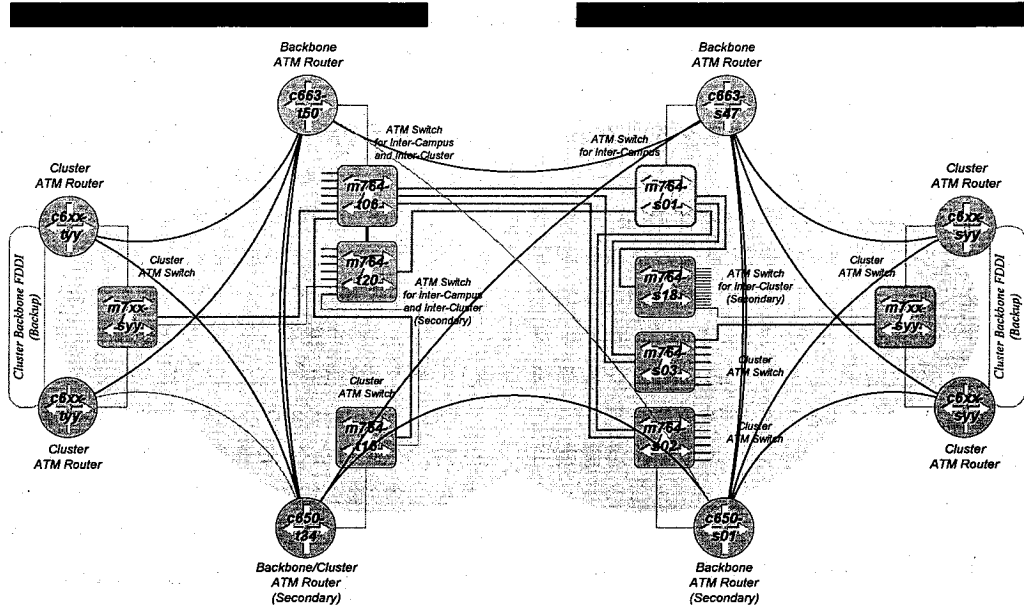


図 5: ODINS II 基幹ネットワークの論理的な接続構成

し、IISP (Interim Inter-Switch Signaling Protocol) [5][6] による静的な経路設定と可変型仮想回線による呼接続のみで装置間の仮想回線を設定する構成とし、一点障害による機能停止をできる限り排除した (図 4)。これは、スター型ネットワークの集線装置が障害や保守により機能を停止した際の影響が全域に及ぶことへ配慮した構成であり、ODINS I での運用経験を生かしたものである。

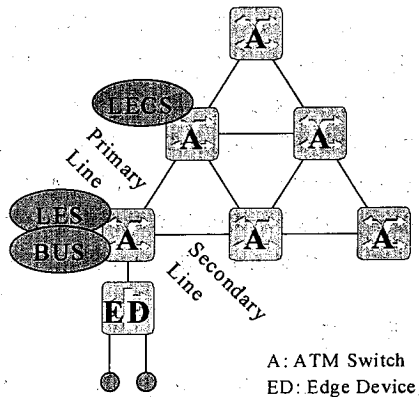
また ODINS I で導入されたルータへ ATM インターフェイスを実装し、総計 40 台の ATM ルータにより IP 基幹ネットワークを構成した。LAN スイッチに集線機能を持たせ、LAN Emulation によりルータと結合する構築手法を採用したことにより、ルータは集線機能から開放することができ、IP 経路制御とパケット交換に専任する構成を行った。OSPF による IP 層での動的経路制御と組み合わせることにより、ELAN (Emulated LAN) 間の通信の信頼性を最大限に考慮したネットワークとしている (図 5)。

3.2. 仮想 LAN の設計

ODINS I で敷設した 10Base 5 Ethernet LAN

の敷設範囲を基に ELAN の設定を行った。LANE サーバは、LECS (LAN Emulation Configuration Server) と LES、BUS (LAN Emulation Server, Broadcast and Unknown Server) の配置を分離し、LECS は各キャンパスへ一個所ずつ設置し、集中型の ELAN 管理を行っている。LES/BUS は、各クラスターへ分散配置し、アドレス解決やブロードキャスト・トラフィック処理の負荷分散を行った (図 6)。

LEC は、必要最小限な設定で動作するよう、



A: ATM Switch
ED: Edge Device

図 6: ATM 交換機と LANE サーバの構成

LECS を Well-known アドレスにて登録し、加入する ELAN 名のみを設定している。これは、ATM アドレスの再割り当てや、LECS や LES/BUS の構成変更により LECS の設定を変更することなく対応することを目的としている。

また、ELAN の負荷が集中する BUS の処理能力に応じて、着呼する仮想回線の帯域を制限することにより、キャンパス規模での LANE によるネットワーク構成を可能とした。このことにより、支線 LAN の大容量化とコリジョン・ドメインの局所化、仮想 LAN によるブロードキャスト・ドメインの柔軟な構成が可能なキャンパス LAN が構築可能となった。

4. 第二期整備の課題と短期的な解

ODINS II の 1 年あまりの運用実績から、われわれの ATM ネットワークは十分な信頼性を提供可能であり、LANE による構成も安定して運用可能であることが実証されつつある。ATM ネットワークの信頼性を高めたため、IP 層で採り入れたルータによる冗長化は不要であり、かえって分散されたルータによる ELAN 間のパケット交換が、遅延を大きくし、パケット交換能力の限界となっていると分析している。これを解消するための構成変更を検討している。

すなわち、ELAN 間のより効率的なパケット交換を可能とするために、これまで分散して配置していたルータは障害時の代替系として維持しつつ、ボトルネックとなっていた IP 層でのパケット交換を毎秒百万パケット以上交換が可能な単体のルータに置き換えることにより、ELAN 間パケット交換機能を集約する。このような新しいキャンパス・ネットワーク・アーキテクチャは、ATM LAN Emulation のような柔軟な構成が可能な物理層によって初めて導入が可能となったものである。

5. まとめ

本稿では、ODINS I、ODINS II での IPoA と LANE の長期間かつ大規模にわたる運用経験に基づいた ATM によるキャンパス・ネットワークの

設計手法を述べた。キャンパス・ネットワークという、一様な条件で設計が可能な大規模ネットワークに適した構成を模索し、

1. 多重化や品質制御が可能な高機能かつ高可用性を有する物理層を一様に敷設
2. TCP/IP との親和性の高い制御方式の導入
3. 分散したルータの疎な結合というインターネットの枠組みではなく、高機能かつ集中的なネットワーク管理サービスの提供

を ODINS の特徴としてまとめた。

また、ネットワーク間のパケット交換を伝送媒体上で行うのではなく、集線装置の内部バス上で行うことにより、より大容量かつ遅延の少ない処理が可能となることに着目した。中期的に展望に立ち、IPv6 への効率的な移行を考慮すると、IP ルータ装置はできるかぎり少なくし、集中配置することが望ましいと考えられる。このことから、ルータを集線装置として配置するネットワーク構築は、ODINS II が実現したような集線装置とパケット交換装置への機能分散によって構成される設計手法へ進化していくものと考えられる。

参考文献

- [1] 大阪大学 総合情報通信システム仕様書、大阪大学大型計算機センター、1993 年 9 月。
- [2] Laubach, M., *Classical IP and ARP over ATM*, RFC 1577, January 1994.
- [3] ATM Forum, *LAN Emulation Over ATM Specification-Version 1*, ATM Forum Specification, February 1995.
- [4] 大阪大学 高速キャンパスネットワークシステム仕様書、大阪大学大型計算機センター、1995 年 11 月。
- [5] Alles, A., et al., *Proposal for a Phase 0 P-NNI Protocol*, ATM Forum 94-0568, June 1994.
- [6] ATM Forum, *Interim Inter-Switch Signaling Protocol*, ATM Forum Specification, February 1995.