

# ATMと従来LANの冗長混在構成と運用

額 田 順 二

横浜国立大学総合情報処理センター

平成6年度、7年度の2年度にわたって学内ネットワークの全面的整備およびATM機器導入によるバックボーン高速化を進めてきた。本論文ではFOIRLをベースとする従来型LANとATM-LANの相互運用のための冗長混在構成及びそのトラフィック監視について述べる。

## Mixed Network Structure of ATM and used LAN, and its Operation

Junji NUKATA

Information Processing Center, Yokohama National University

Aggregation of the campus network using FOIRL and overlaying of ATM network onto the said campus network has been made in these two years, which will make the network changed to be endure high speed data traffic. This paper presents the mixed structure of both types of network and its operation.

### はじめに

横浜国立大学では、平成6年度に大型の集合型ルータ及び光ハブ等を用いてFOIRLによる「キャンパス情報ネットワーク」を放射状光ファイバ網上に構築した。これによって、各学部等で独自に構築されてきたLANの全面的基盤整備が実現した。さらに、平成7年度には、「学内学術情報ハイウェイシステム第1次整備」を行い、冗長化したATMネットワークを構築し、LANエミュレーションによって、「キャンパス情報ネットワーク」との相互接続を行って幹線へのルートの多重化を図るとともに、支線側はスイッチングハブによってセグメントを細分化した構成とした。さらにこうした場合でもセグメント毎にトラフィック監視が可能になるよう考慮した。本稿では、ATMネットワークと既存LANとの相互接続、冗長系の構成、さらには、そのトラフィック監視方式について述べる。

### 1. ネットワーク構成

平成5年度以前、ネットワークは各部局単位で必要に応じ徐々に構築されてきたが、その接続形態は、イエローケーブルをリピータやブリッジでつないだ非常に長い接続が主で、増大するトラフィックに必ずしも即応できるものではなかった。こうした、「草の根」的ネットワークの運用状況を踏まえ、平成6年度の整備に先立って方向付けられた整備方針としては以下の点があった。

#### 1)放射状のネットワーク構成

FDDIの大きなループ構成とすると、年度末にありがちな複数建物同時の工事停電等で「島」ができた場合、ネットワークがなぜダウンしているかが利用者や総合情報処理センタ（以下、単にセンタと記す）双方にとって把握しづらく、影響範囲も広がる危険性ははらんでいるので、そうした事態に陥りにくい放射状の構成とする。

#### 2)高速ネットワークの段階的実現

利用者数の増加や転送ファイルの大容量化に伴って、ネットワークの高速化が必要になってくるのは必至である。保証すべき帯域は、各建物単位に留まらず、フロア毎、研究室毎、最終的には特定ホストにまでに及ぶ可能性がある。そのためにはバックボーンのみならずフロントエンドまでの高速化が必要で、ATM 機器をフロントエンドにまで配置することを念頭に置く。

### 3) ネットワーク監視能力の充実

障害箇所を特定しやすいツリー状のネットワーク構成とともに、省力化のためには遠隔監視機能の充実が不可欠である。

## 1. 1 FOIRL ネットワークの構成

平成6年度に行なった整備は集合型ルータと光ハブ、ブリッジ、それにシェアード型ハブから構成された FOIRL ネットワークである。ルータに直接収容されているセグメント数は 37 であり、学内全体のセグメント数は 95 である。ルータに直結されていないセグメントはブリッジ、ローカルルータ等を介して集合型ルータ直結のセグメントに接続されており、最終的にはセンタの集合型ルータに収容される。集合型ルータは学外接続用ルータと FDDI 接続している (図-1 参照)。ルーティングは RIP を基本としたが、ネットマスクが他よりも 1 ビット長い学内の一部のサブネットには、デフォルトルート情報を流すことにより対応した。

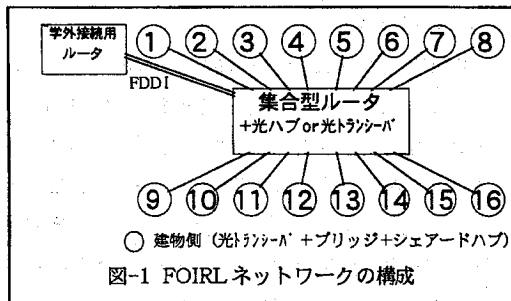


図-1 FOIRL ネットワークの構成

## 1. 2 ATM ネットワークの構成

ATM スイッチを設置した建物はセンタ以外に 30 あるが、その接続概念を図-2 に示す。センタに設置した 2 台の ATM スイッチ (図中 A と B) と 2 つの建物の各々に 1 台ずつ設置した計 4 台で四角形を構成している。センタの 2 台のスイッチ間は 4 本のパスがあり負荷分散を行っている。

現在、ATM の経路選択は表-1 の設定となっており、障害発生時の迂回路を構成している。

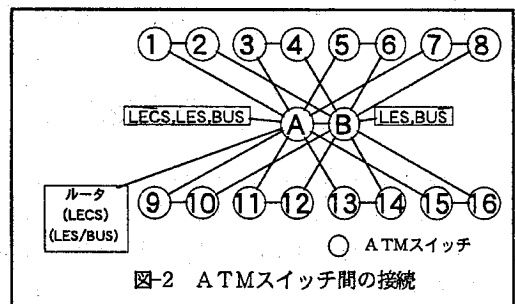


図-2 ATMスイッチ間の接続

表-1 ATMの経路選択

Dst. Src.	奇数番号の ATMスイッチへ	偶数番号の ATMスイッチへ
奇数番号の ATMスイッチから	Aを経由して	隣のスイッチ経由で Bを経由して
偶数番号の ATMスイッチから	隣のスイッチ経由で Aを経由して	Bを経由して

ATM上では、LANエミュレーションを稼働させており、運用に必要なLES (LAN Emulation Server) 及びBUS (Broadcast and Unknown Server) を2台用意し、全体のELAN (Emulated LAN) を2等分して負荷分散を図っている。LES / BUS用2台の内1台はLECS (LAN Emulation Configuration Server) を兼ねている。LECS、LES、BUSのバックアップとして ATM ルータにLECS、LES、BUS全てを設定し、非常時に備えている。なお、現状のIISPをP-NNIにバージョンアップ後、ATM スイッチ間のダイナミックルーティングを実現する。

## 2. 2種のネットワークの相互接続

### 2. 1 幹線部の相互接続

センタ側では 前述のFDDIにATMルータを追加して3台のルータによるループとして、キャンパス情報ネットワークとの相互接続を図った(図-3の左側)。

これにより、ユーザ側からは、ATMと集合型ルータの2つの幹線ルートが確保されたことになる。支線側においても相互接続することを前提として、通常のルートはATM経由とし、集合型ルータ経由は代替路として機能させるために、集合型ルータを経由したホップ数をATMルータよりも多く伝えるよう設定した。

ダイナミックルーティングを行う端末のユーザは自動的にATMルートを通り、ATM系のルートが不通になった場合(例えば、ファイバの切断等の事象が起きた場合)、ATM経由から集合型ルータ経由に移行し、ネットワークダウンを回避する。スタティックルーティングしか行わない端末のユーザはデフォルトゲートウェイの設定変更(追加)が必要で、複数設定できないソフトウェアの場合は経路を意識していずれか一方に設定する必要がある。

### 2. 2 支線部の相互接続

ATMネットワークにLANエミュレーションを適用したことは既に記したが、支線側においても相互接続し、異なる建物間にまたがる同一のサブネットも収容するために、バーチャルネットワークを構成した。具体的にはATMスイッチに接続された100Base-TXスイッチングハブのポート単位に行っている。

建物側では、シェアードハブが各建物の各フロアに概ね1台づつ配置され、建物全体で10Base-2で接続されていたが、100Base-TXスイッチングハブに接続した10Base-Tスイッ

グハブからもスター状にUTPで接続した。これにより建物全体で10Mbpsをシェアしていたものが各フロア毎に10Mbpsの帯域が与えられた。10Base-Tスイッチングハブは、ブリッジ機能を有しており、既設のブリッジとの間でスパンニングツリーによってループの発生を抑止し、ネットワークの冗長性を確保している。なお、100Base-TXスイッチングハブにも、ATMスイッチにも端末の直結は可能である。

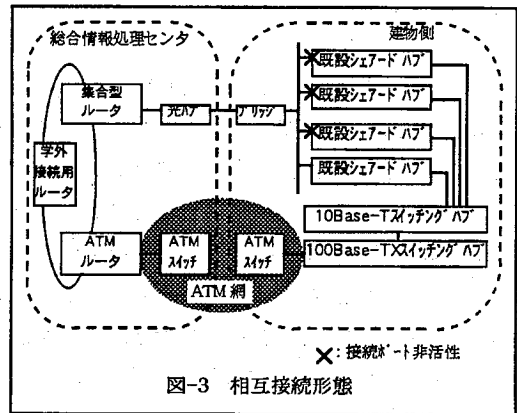


図-3 相互接続形態

### 2. 3 相互接続運用上の問題点

前述の構成でネットワークを運用する際にいくつかの問題が生じた。

幹線側を相互接続するルータ間の問題として、ネットマスク長の異なるサブネットのルーティングの問題が生じた。RIPやルータの論理的な設定ではルーティングを全ては制御できず、各々のルータに直結されていないセグメントの情報がルータ間でキャッチボール状態になり通信不可となった。これは、一方のルータで不要な情報の流出を制限し解決できた。しかし、問題となったセグメントで、行きと帰りの通信ルートが異なるという問題は残り、最終的には幹線側の相互接続用FDDIループにOSPFを導入して解決した。

次に挙げられるのはブロードキャストストームの問題である。基幹側、支線側、双方での相互接続により物理的にはいくつものループが出来

ており、ループ中のブリッジ機能を持つ各機器の間でスパンニングツリーが安定的に動作することが必要不可欠である。しかし、何等かの理由によりスパンニングツリーが動作せず、1箇所でもループが出来た場合、ブロードキャストストームが発生する。

ブロードキャストストームはルータによって当該 ELAN 内部に閉じこめられると予想していた。しかし、実際には ELAN を制御する LES/BUS だけでなく ATM スイッチにも負荷がかかり、回線が輻輳した結果、他の ELAN にも影響を与え、ネットワーク全体がアップ/ダウンを繰り返した。冗長性を確保するための代替路確保が逆にネットワークダウンを引き起こす要因となった。

(図-4 参照)

今後、LES/BUS 機能を支線側の ATM スイッチに接続したスイッチングハブ (LEC: LAN Emulation Client) に分散させてブロードキャストストームによる影響範囲の局所化を図ることとしたい。

### 3. 細分化された各セグメントの トラフィック測定

#### 3. 1 トラフィック測定の視点

2年間のネットワーク整備によって、建物までのバックボーンは高速化が実現したが、今後フロアまでの高速化を段階的に進めていくためには、高速化がどの程度必要かをフロア毎にあらかじめ把握し、優先度評価の基礎資料を用意しておく必要がある。そこで、以前にも増してセグメントにおけるトラフィック測定が重要となった。また、監視対象とするセグメント数の増加に対応する

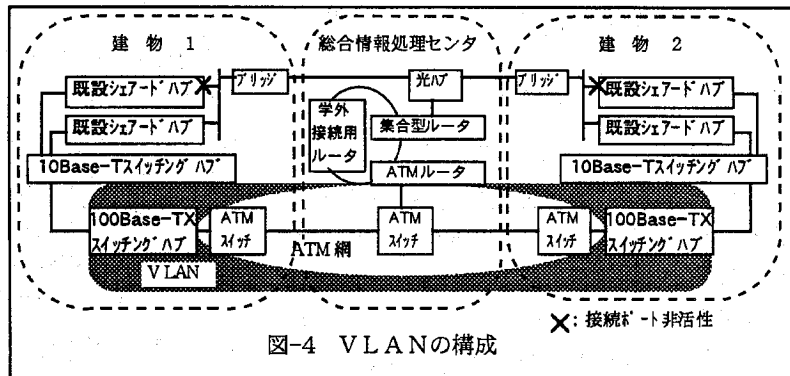


図-4 VLANの構成

ために、データベース化を行なった。

さらに、集合型ルータによるネットワークでは、1サブネットを構成するセグメントが少数であり、ローカルな伝送パケットが幹線側に流れることは無かった。しかし、ATMのLANエミュレーションによるネットワークでは、幹線を経由したブリッジングネットワークが形成される。具体的には複数の建物間で構成されるVLANが8つあり、ここで発生する問題は、直接的にATM網に影響を与える可能性が高い。この点でセグメント毎のトラフィックの把握は、学内ネットワークの健全性を保つためにも重要である。

こうした視点から、セグメント毎のトラフィック測定装置を導入した。

#### 3. 2 トラフィック測定の方法

トラフィックの測定は、ネットワークの利用状況、漸次的な傾向、潜在的な障害など、質的な側面も含めて長期的なデータ収集に基づいてセグメントの状況を把握できなければならない。

この様な目的でセグメントの監視を実施する方法としてRMONの利用がある。しかし、導入時RMONを実装しているネットワーク機器は、ATMに接続した100Base-TXスイッチングハブのみであり、大部分を占める10Base-Tハブをモニタするためには、別途RMONエージェント装置を各セグメントに設置する必要があり、現実的な案とはならなかった。このため、10Base-T

ハブの SNMP エージェント機能を利用して同様の情報を得られるセグメント情報収集・検索システム装置を導入した。ハブエージェントと RMON エージェントとの相違点を表-2 に示すが、ハブエージェントでは、ホスト別の情報は、取得できないがセグメント全体に関するデータは、同様のデータを持っておりセグメント管理のデータとして利用可能である。

表-2 RMON とハブエージェントとの相違点

区分	相違点
1 取得情報	ホスト別、ホスト間の情報が把握できない。
2 蓄積機能	ヒストリカルデータの蓄積ができない。 フレームキャプチャ機能がない
3 エージェント機能	しきい値設定、評価機能がない。 アクション機能がない。

システムの構成を、図-5 に示す。ネットワーク監視機能をもつワークステーション（以下 WS）で 259 台設置した 10Base-T ハブ（以下ハブ）から定期的に MIB 情報（表-3）を収集する。

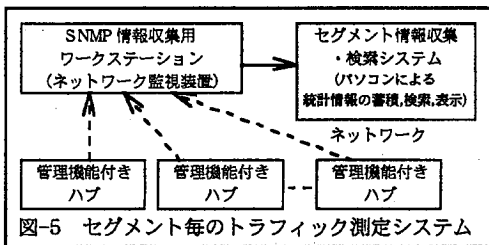


表-3 ハブ MIB 情報

MIB グループ名	備考
1 rprMonitorGroupEntry	MIB 2
2 etherStatsEntry	ベンダ拡張ハブ MIB (RMON statistics 相当)

統計処理用のパソコン（以下 PC）では、1日1回、定期的に WS に収集したデータを受け取り、MIB データを統計指標に変換する計算処理を加えた後、データベースに自動的に登録する。計算処理では、MIB データがプレーンな数量のため、管理に適した統計指標に変換している。統計指標としてデータベース化される項目を表-4 に示す。

表-4 統計指標

統計指標	換算単位
1 単位時間あたり通過フレーム数	PPS
2 単位時間あたり通過オクテット数	bps
3 単位時間あたりエラー発生数	PPS
4 単位時間あたりエラー発生率	%
5 単位時間あたりコリジョン発生数	PPS
6 単位時間あたりコリジョン発生率	%
7 単位時間あたりマルチキャスト発生数	PPS
8 単位時間あたりマルチキャスト発生率	%
9 単位時間あたりブロードキャスト発生数	PPS
10 単位時間あたりブロードキャスト発生率	%
11 単位時間あたりフレーム長さ別発生率	%

### 3. 3 統計指標の表示方法

統計指標は、PC 上のデータベース検索ソフトウェアを用いて必要な時に集計可能である。統計指標のグラフ化の方法としては、時系列グラフと散布図による 2 種類の方法がある。

時系列グラフでは、1日または、30日間のトレンドを表示できる。散布図は、表-4 に示す統計指標の任意の 2 つを x 軸、y 軸として作成できる。集計対象とする期間は、1日単位で自由に範囲を指定できる。2種類 of グラフはともに、セグメント毎（ハブ別）、建物毎、サブネット毎に分類集計した表示をすることができるため、セグメント固有の傾向なのか、建物単位の傾向なのかなどの統計的傾向の範囲を比較的容易に認知できる。

本装置で表示させた統計指標の時系列グラフの表示例を図-6 に示す。これは、あるセグメント（ハブ）の 1日のフレーム通過数とオクテット数をグラフ化した例である。図-7 は、通過フレーム数とエラー発生数の関係を散布図に表示した例である。セグメント別の分類の場合、259 サンプルあるため、他セグメントと異なる傾向を示すものが容易に検出できる。図-7 の例では、エラー発生数は、通過フレーム数（セグメントの負荷）には影響されない状況であることが読み取れ、いくつかのセグメントでは、負荷が低いにも関わらずエラー発生数が高い傾向にあることを示してい

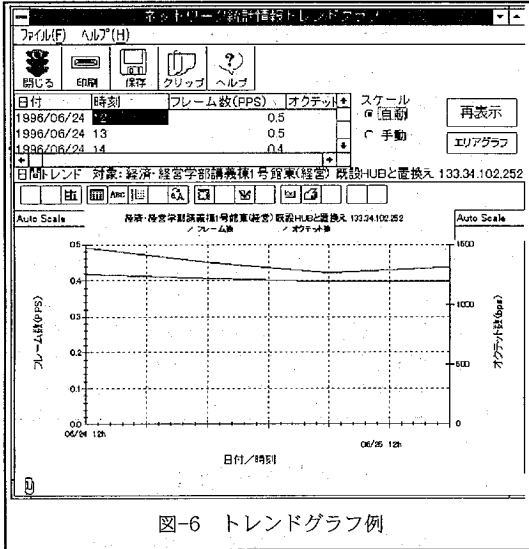


図-6 トレンドグラフ例

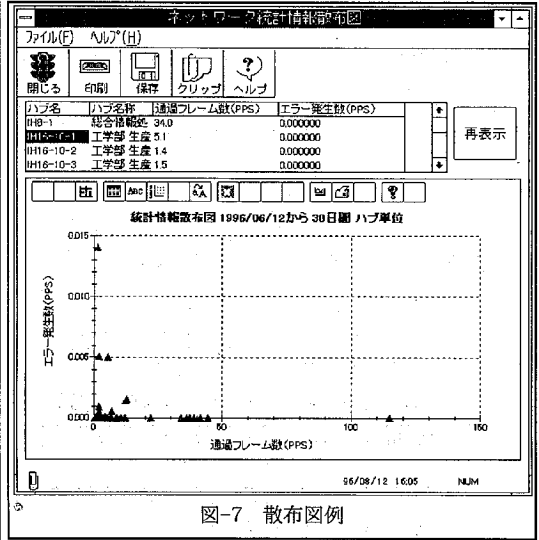


図-7 散布図例

る。このセグメントに問題が潜んでいる可能性が高いことが推測できる。散布図にプロットされている点をマウスでクリックすることで、どこのデータであるかを即時に表示させることができる(図-8)ので、別の遠隔監視装置を用いてハブのどのポートの問題かも特定できる。このように全体の傾向から外れる様な個所に着目し、その後の運用状況や詳細な情報を他の方法で調査していくことにより潜在的問題点の早期発見や障害の防止に効果があると考えられる。

本装置で出力されるグラフやデータは、イメージファイルや CSV 形式のテキストファイルとしてエクスポートできるため管理レポート作成時の資料データとしても利用可能である。

### 3. 4 今後の展開

今回、10Base-Tセグメントに関する情報を収集し、統計指標として傾向を把握する手段を導入できた。今後は、1)RMONや他機種種のハブエージェントの類似情報を統一的に扱うこと、2)運用管理上のしきい値などの判断基準を合理的に設定することなど発展させなければならない点も多い。

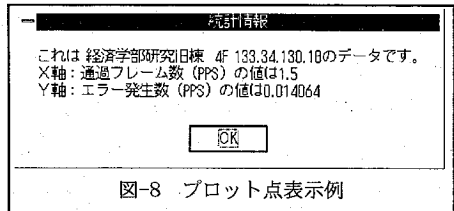


図-8 プロット点表示例

## 4. まとめ

平成6年度、7年度の2年間にわたって学内のネットワークの統一的整備と高速化を進めてきたが、ネットワークの冗長度を高める接続が逆に障害範囲を広げるという問題があった。また、ATMネットワークの本来の特徴であるQoSを生かした利用ではないので、今後、OS、アプリケーションや標準化の整備の進行にあわせて、学内のATM直結の情報機器の導入促進を図り、利用の高度化、システム全体の高速化を進めていきたい。

最後に本ネットワーク構築に関して種々ご指導、ご助言をいただいた、本学の土肥康孝先生、森辰則先生をはじめとする多くの方々へ感謝の意を表す。また、本稿の作成にあたって資料作成等をお手伝いいただいた日立電線(株)の阿部典元、和田利男の両氏に御礼申し上げる。