

広域 ATM ネットワークの分散管理

西村 浩二

kouji@hiroshima-u.ac.jp

小林 克志

ikob@cc.uec.ac.jp

広島大学 総合情報処理センター 電気通信大学 総合情報処理センター
〒739 広島市鏡山 1-4-2 〒182 調布市調布ヶ丘 1-5-1

あらまし

NTT マルチメディア通信共同利用実験のひとつである On-Line University Project では、全国 25 の大学と NTT 通信網研究所および企業の研究所を 156Mbps の ATM 回線で結び、ノード数・地理的広がり・ベンダ数などの点で日本最大規模の広域 ATM 実験ネットワーク OLU-net を構築している。OLU-net をマルチメディアアプリケーションの研究・実験の基盤として機能させるため、疑似 SVC over PVC や IP ルーティング、SNMP による統計情報の監視などを行なうツールを開発し、ATM スイッチの運用・管理に役立てている。本稿では、地理的に分散した接続拠点を有する広域 ATM ネットワークの構築・運用・管理の 3 つのテーマについて、OLU-net で採用されている手法を例に述べる。

キーワード ATM ネットワーク, 分散管理, SNMP, WAN, WWW

Distributed Management on Wide Area ATM Networks

Kouji Nishimura

kouji@hiroshima-u.ac.jp

Katsushi Kobayashi

ikob@cc.uec.ac.jp

Information Processing Center

Hiroshima University

1-4-2 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739

Information Processing Center

The University of Electro-Communications

1-5-1 Chohugaoka, Chohu 182

Abstract

The On-Line University is one of the project on Joint Utilization Tests of Multimedia Communications. It consists 25 sites of universities and laboratories. On the OLU-net, one of the biggest multi-vendor ATM network in Japan, the research and experiments on multimedia applications have been performed and some tools were developed for its management: quasi-SVC over PVC, IP routing, traffic monitor using SNMP, etc. In this paper, we describe about construction, utilization and distributed management of the OLU-net as a case study of managing wide area ATM networks.

key words ATM Network, Distributed Management, SNMP, WAN, WWW

1 はじめに

1995年4月からNTTは「マルチメディア時代へ向けてのNTTの基本構想および当面の具体的な取り組み」のひとつとして、2年間のマルチメディア通信共同利用実験をスタートさせた。本稿で取り上げるOLU-netは、その中のテーマ「高速コンピュータ通信利用実験」への参加13グループのひとつであるOn-Line University Project(以下、OLUプロジェクトと呼ぶ)の研究基盤となる広域ATM実験ネットワークである。

OLUプロジェクトは21世紀の大学における研究・教育のまったく新しい環境を構築することを目的としており、そのための先導的な高度利用アプリケーションを開発することを目標としている[1][2]。この目的に賛同した全国25の大学とNTT通信網研究所および企業の研究所が学・産共同のもと、ノード数、地理的広がり、ベンダ数などの点で日本最大規模の広域ATM実験ネットワークを構築し、超並列コンピュータ6台を含む多くのWS、PC等を接続している。また、OLU-netの構築・運用・管理はOLUプロジェクトのサブプロジェクトである「超高速ネットワークシステムの構築に関する研究部会」により行なわれている。

本稿ではOLU-netの構築・運用・管理の3つのテーマについて、まず第2節では構築に関してネットワークトポロジについて述べる。第3節では運用に関して疑似SVC over PVCとIPルーティングについて述べ、第4節では管理に関してSNMPによる統計情報の監視について述べる。そして最後に第5節でまとめを述べる。

2 OLU-netの構築

ATMネットワークにおける端末間の接続設定にはPVC(Permanent Virtual Channel)方式とSVC(Switched Virtual Channel)方式がある。PVC方式は端末間に固定的に接続を設定しておく方式で、あらかじめスイッチの管理者が経路を選択し、経路上のスイッチを設定する。一方SVC方式は端末間に動的に接続を設定する方式で、接続制御(シグナリング)によって経路の選択や経路上のスイッチの設定は管理者を介することなく自動的に行なわれる。

しかし、(1)NTTから提供されるATM回線に

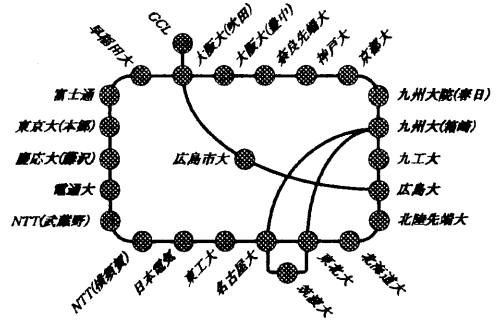


図1: OLU-net トポロジ (1996年8月末現在)

おいては接続制御に用いるVCI(=1,5)を伝達できない、(2)OLU-netは複数のベンダのスイッチで構成されているためSVC方式の対応の度合がスイッチによりまちまちである、などの理由からSVC方式に比べて柔軟性に欠けるPVC方式を採用することになった。

2.1 ネットワークトポロジ

OLUプロジェクトに参加する組織の接続拠点(ノード)には基本的に156Mbpsの専用線が1本引き込まれ、それを幾つかに分割して論理的に隣接するノードと接続する。OLU-netでは広帯域を必要とするアプリケーションの利用を想定しているため、対外接続点数すなわち分割数を最小限にとどめ、全体をリング構造(分割数2)とすることで、各接続に十分な帯域(実効帯域67Mbps)を確保できるようにした(図1)。

しかしPVC方式とリング構造を採用することで、次の点が問題となる可能性がある。

1. 論理的に隣接するノード間の通信は容易であるが、直接VCの張られていないノード間の接続は、必要となる度に管理者によるスイッチの設定が必要である。
2. 1に関して、接続経路上のノードの管理者(多くの場合、その通信には直接関係がない)に多大な負担がかかる可能性がある。
3. リング上で対極する2ノード間の伝送遅延が増大し、通信プロトコルの動作に悪影響を及ぼす可能性がある。

1は実験者・管理者間の連絡、2は管理者への負荷集中、3はトポロジに起因する実験への影響に関する

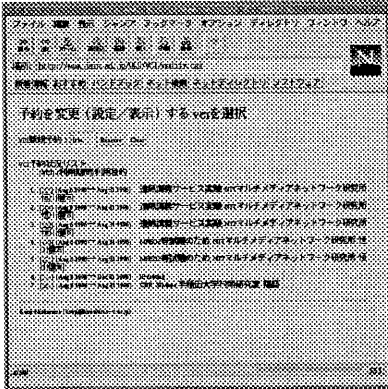


図 2: VC の予約と一覧表示

問題点である。以下、それぞれについて OLU-net で採用した方法を紹介します。概説を行なう。

2.2 実験者・管理者間の連絡

OLU-net では実験日程の調整など実験者間の連絡、スイッチ設定など管理者間の連絡、技術的な問題点解決のための議論等を行なうため、OLU-net 担当者連絡用メーリングリスト (OLU-net@jain.ad.jp) を開設している。NTT マルチメディア通信共同利用実験が開始される以前の 1994 年 10 月に開設して以来、現在では OLU-net 管理者・利用者が 98 名登録されている。利用状況としては現在 4300 通を越えた辺りで、実験者間および問題解決のための議論という点ではメーリングリストとして十分に機能していると思われる。

しかし「ネットワーク管理者は皆忙しい」の御他聞に洩れず、OLU-net の管理者も非常に多忙であり、メールのみならず電話でさえも連絡が取れない場合が多い。そのため最初の設定要求のメールから設定完了まで、早くても数時間、遅い場合は数日かかることもしばしばであることから、先行的に数本の VC を張っておく方法を採用している。

2.3 管理者への負荷集中

各ノードの OLU-net 管理者は組織内のネットワークの管理者を兼ねている場合がほとんどであるため、実験者からの設定要求にリアルタイムに応えることが難しい。そこで管理者の労力の軽減、研究・実験の円滑な推進のため、あらかじめ OLU-net

を一周する VC を数本張っておき、利用の際にはその何本かを必要な組織に引き込む方法を採用した。実験者は OLU-net の利用状況を把握・変更するため、利用中の VC の確認と利用する VC の予約ができる必要があるが、その仕組みには WWW(World Wide Web) を利用している (図 2)。この仕組みを利用した実験者の行なう VC の予約から利用終了までの流れは次のようになる。

1. WWW で利用する VC を予約
2. OLU-net@jain.ad.jp に利用期間・目的等を連絡
3. 予約した VC の利用 (実験環境に合わせて自組織のスイッチ設定を変更)
4. 利用した VC の復旧 (設定を元に戻す)
5. WWW で予約した VC の開放
6. OLU-net@jain.ad.jp に実験終了の報告

また、これらの VC は未使用時に OLU-net の帯域を圧迫しないようトラフィッククラスを UBR に設定している。そのため安定した動画像や音声の伝送など、広帯域を独占的に利用したい場合は別途 VC を設定する必要がある。

2.4 トポロジに起因する実験への影響

OLU-net は広い帯域の確保を可能とするためリング構造を採用したが、反面、対極する 2 ノード間の伝送遅延が増大し、TCP など肯定確認応答型の信頼性のある通信プロトコルに悪影響を及ぼす可能性があった。構築当初に計測された OLU-net の RTT は一周に 200ms 強を要していたが、その後ノードの接続順序の変更、NTT 内部での通過経路の変更等により、現在のトポロジでは一周 145ms 程度にまで改善されている。

ATM NIC を搭載するマシンの平均的なバッファサイズである 32kbytes を 145ms で溢れさせるには 1.8Mbps 弱で十分であることから、この値は決して十分ではないが、普段共同で実験を行なうグループをトポロジ的に近距離に配置することで、実際には 30~40ms の RTT に収まっている。また、現在の研究の中心は MPEG2 over ATM などネットワークに信頼性を求めないアプリケーションであり、信頼性を要する通信は機器等の制御のみとする利用形態が一般的になりつつあるため、この問題に対する深刻度はさらに減少している。

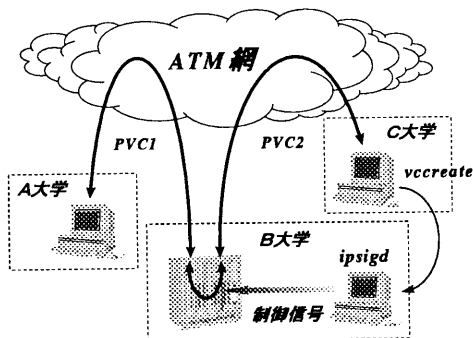


図 3: 疑似 SVC over PVC

3 OLU-net の運用

ATM ネットワークは高速・広帯域であるという特徴を持つが、また別の特徴として動的な帯域確保ができる点が挙げられる。STM(同期転送モード)では時分割で静的に帯域を確保するため、伝送する情報がない場合に無駄な帯域が発生していたのに対し、ATM(非同期転送モード)では統計的に必要な帯域を確保することで回線の効率的な利用が図れるようになった。OLU-net で採用した PVC 方式は帯域確保という点では STM の延長であり、ATM の特徴を十分に生かすことができない。そのため、SVC 方式を疑似的に実現する必要がある。

一方、新しい通信技術のために IP を基本に開発された既存のアプリケーションが使えなくなるのでは、移行に伴う作業量・経費が莫大なものになり、普及は見込めない。そのため Classical IP over ATM などの技術が開発されているが、比較的小規模なネットワークでの利用を想定しており、OLU-net のような大規模ネットワークに適用した例は少ないため、有効性を検証する意義は大きい。

3.1 疑似 SVC over PVC

リング構造を採用した OLU-net において、トポロジ的に隣接するノードとは実験に直接関係のないノードの管理者の手を煩わせずに実験を進めることができる。ここで図 3 のような状況を考える。

A 大学は B 大学と、B 大学は C 大学とそれぞれ PVC1 と PVC2 で接続されている。ここで A 大学が C 大学と実験を行なう場合、途中の B 大学の管理者に PVC1 と PVC2 を接続してもらう必要がある。もしこの作業を実験者が自ら行なうことができ

れば、B 大学の管理者の手を煩わせることなく実験を行なうことができる。このような仕組みへの要求としては、次のようなものが考えられる。

1. スイッチの設定方法はベンダにより様々であるため、ユーザインターフェースは全スイッチを通して共通であること。
2. 多段に接続する場合にスイッチを渡り歩く必要がないよう、一ヶ所からネットワーク越しに制御できること。

以上のような要求を満たす NEC 製 ATOMIS5 用のツールが東京工業大学の太田昌孝氏により設計・開発され、ipsig と命名された [3]。その後各スイッチの管理者により、OLU-net を構成する各スイッチそれぞれへの移植が行なわれている。

ipsig は ATM スイッチを RS-232C(あるいは telnet) 経由で制御するデーモンプログラム ipsigd と、VC を設定するためのネットワークコマンド vccreate から構成されている。実験者は vccreate を ipsigd の動作する制御マシンに対して発行することで、希望の PVC をポイントツウポイント、あるいはポイントツウマルチポイントで設定することができる。また、何らかの原因でスイッチ、制御マシン、あるいはネットワークに障害が発生した場合でも、障害復旧後自動的に接続が再設定されるよう、耐故障性も考慮されている。

このように経路上の各スイッチに制御マシンと ipsigd を装備することにより、PVC サービスのみの ATM ネットワークにおいて疑似的な SVC サービスを提供することができる。上記の実装では実験者は自ら経路および VC を決定し、スイッチ一台につきひとつの vccreate を実行する必要があるが、現在、必要な VC の両端点を指定することで自動的に経路および VC を決定し、経路上のすべてのスイッチの設定を行なう IP-SVC の開発が行なわれている [4][5]。

3.2 IP ルーティング

OLU-net をはじめ NTT マルチメディア通信利用実験で構築されたネットワークは、安全のためインターネットに対する接続性(ルーティング)を確保しないことを申し合わせている。また組織内においても、セキュリティ的な事情や設定を誤った場合に広帯域通信実験の影響を受けることがないよう、既

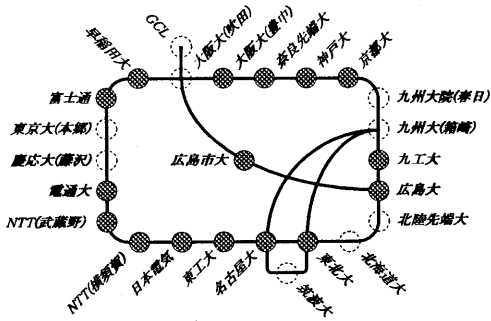


図 4: IP ルーティング (1996 年 8 月末現在)

存ネットワークとの二股接続を避ける傾向にある。そのため前述のスイッチ制御マシンへのアクセスが OLU-net 経由に限られてしまい、vccreate による VC 設定が行えないスイッチがあった。

そこで先に設定した OLU-net を一周する VC のひとつ (VCI=174) を利用し、各ノードの制御マシンで IP ルーティングを行うことにした。構築当初は OLU-net をひとつのサブネットとみなして、RIP による経路制御を行っていたが、ホップ数が 16 を越えることが予測されたため、組織間リンクにサブネットを割り当て、経路制御プロトコルには OSPF を用いるよう変更した。1996 年 8 月末現在、全 25 ノードのうち 16 ノードが IP 的に接続され(図 4)、各ノードの制御マシンへはインターネット経由または OLU-net 経由のいずれかでアクセスできるようになっている。またこれらのサイトで mrouted も動作させることで、マルチキャスト通信も行なうことができ、毎月一回程度 OLU-net 担当者 On-Line Meeting を行なっている。

4 OLU-net の管理

OLU-net では疑似 SVC over PVC, IP ルーティングにより、実験に直接関わらない組織の管理者の手を煩わせることなく目的の VC の設定が可能となった。その手軽さも手伝って OLU-net を用いた実験が各サイトで独立して行なわれることも多くなった。しかしその実験のための設定を誤ることで、関係のない他の VC に影響を及ぼすことが、実験が本格化するにしたがって問題となってきた。

このような場合の症状としては、vccreate で VC を設定したにも関わらずセルが届かないという形

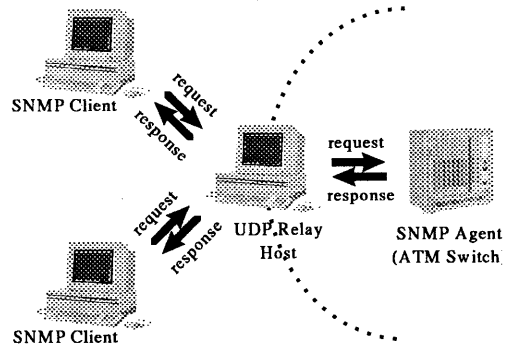


図 5: udprelay による SNMP の中継

で表れる。すると実験者は経路上のスイッチの管理者に対してセル通過の確認を依頼し、VC の切断点の特定と復旧を指示することになる。そのため、障害の原因となったスイッチの管理者だけならまだしも、経路上のすべての管理者の手を煩わさなければならぬことになる。

4.1 SNMP による統計情報収集

OLU-net を構成するスイッチはいずれも SNMP によるネットワーク管理をサポートしているが、その定義や収集可能な情報の詳しさは様々である。多くのスイッチは全名前空間のうち、MIB-II や ATM MIB で定義される名前空間とは別の、ベンダが自由に使用できる名前空間 (enterprises ノードを頂点とする部分木の下) で定義している。その内容もスイッチの状態や VC の設定状況、セルの流量やエラーセル数などベンダにより大きく異なる。

そのため、例えばセルの流量を得る場合でもベンダによって異なるオブジェクト名 (またはオブジェクト ID) を指定する必要がある。しかもベンダによる拡張 MIB は原則非公開であるため、今回は特別に VC 単位のセルの流量とエラーセル数に関する部分だけに限定して、オブジェクト ID のみを提供してもらうことになった。

4.2 OLU-net Traffic Monitor

SNMP による統計情報の収集には Carnegie Mellon 大学の開発したパッケージ cmu-snmp2 を用い、ユーザとのインターフェースには VC の予約と同じく WWW を用いた。またスイッチによっては統計情報を収集できるマシンが数台 (4 台程度) に限

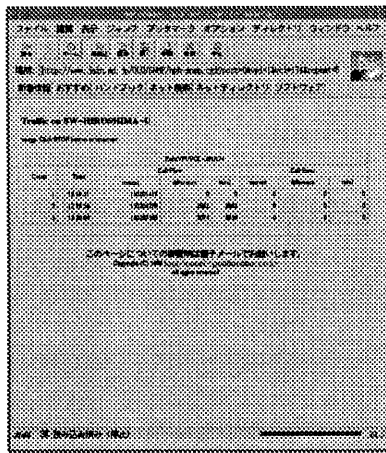
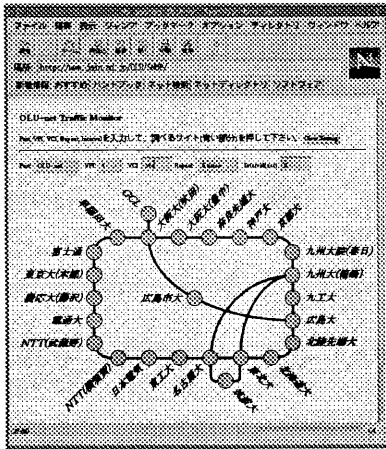


図 6: OLU-net Traffic Monitor

定されているため、udprelay を用いて SNMP リクエストを中継し、エージェントにリクエストを発するのは 1 台のみとなるようにしている (図 5)。

ユーザの利用の様子を図 6 に示す。ユーザは Port, VPI, VCI, 監視回数, 監視間隔を入力・設定し、監視するノードを選択 (クリック) することで、監視回数だけ監視間隔を取りながらリアルタイムに統計情報を収集して表示する。統計情報はインターネット経由で収集できるスイッチと、OLU-net 経由で収集できるスイッチが混在するため、www.jain.ad.jp はインターネット、OLU-net の両方に接続点を持っている。そのため、このページへのアクセスもインターネット、OLU-net のどちらからでも行なえるようになっている。

5 まとめ

OLU-net は日本最大規模のマルチベンダ ATM ネットワークであり、ネットワークを構成するノードは 25 を数える。そしてその管理に関わる研究者の数は 100 名余りに達し、それぞれの組織に分散している。彼らは研究・実験を行う一方、組織内だけではなく、OLU-net も協力して管理・運用するのであるが、組織毎のアクティビティもまた様々で、その差が OLU-net の管理・運用面に影響を与えてしまうことが次第に明らかになった。

本稿で述べた疑似 SVC over PVC, IP ルーティング, SNMP による統計情報収集などの運用・管理手法により、運用面における OLU-net の研究基盤としての利便性は提供できるようになったが、管理面では組織間の差がさらに広がったことを認めざるを得ない。これは ATM ネットワークが目指す組織の枠を越えたシームレスな環境、その構築が非常に難しいことを示しており、技術面の進歩だけでは解決できない、今後最も重要となる課題である。

最後に、本プロジェクトを進めるにあたって日頃よりご指導、ご支援をいただいている OLU-net ノード管理者の方々、NTT ならびに各企業の関係の方々感謝いたします。

参考文献

- [1] 村岡洋一, "オンラインユニバーシティプロジェクト," マルチメディア通信共同利用実験シンポジウム予稿集, p.84 (Dec.1995).
- [2] 野口正一, 村岡洋一 他, "On-Line University Project," bit, 共立出版, Vol.27 No.5~No.12, Vol.28 No.1~No.5 (May.1995~May.1996).
- [3] 太田昌孝, "スイッチ設定プロトコルについて," 第 5 回 JAIN コンソーシアム総会・研究会資料 (Jun.1995).
- [4] FUJIKAWA Kenji, "Another ATM Signaling Protocol for IP (IP-SVC)," IETF Internet Draft (work in progress), draft-fujikawa-ipsvc-00.txt (May.1996).
- [5] 藤川賢治 他, "IP のための ATM シグナリングプロトコル IP-SVC," 第 7 回 JAIN コンソーシアム総会・研究会資料 (Jul.1996).