

教育ネットワークにおけるマルチキャストの活用  
-IPmulticast による獅子座流星群観察学習を通して-

高橋 希久朗

Kikuro Takahashi

ktakah11@cs.reitaku-u.ac.jp

(麗澤大学国際経済学部国際経営学科 4 年)

Abstract: Multicast technology enables processing large images by relatively slower network systems at school. In order to verify that fact, I set up a private network using multicast routers and multicast applications and conducted an experiment. In addition to that, I received a broadcast of the Leonid meteor stream by utilizing both unicast and multicast transmissions at the Chiba prefecture's school network and tested how multicast can benefit an educational network. Based on these results, I conclude the usefulness, possibilities and improvement of the educational network using multicast.

Keyword: K12, IPMulticast

## 1. はじめに

コンピュータネットワークの高速化、多様化に伴い音声や画像、映像といったマルチメディア情報を扱うアプリケーションも増えてきた。ネットワークの限られた通信帯域でマルチメディアに必要な大量のデータを転送するためには転送情報の効率化を行わなければならない。この問題を解決する一つの方法としてマルチキャスト通信<sup>1</sup>がある。TCP/IP<sup>2</sup>のネットワークにおいては 1 対 1 のユニキャスト通信が基本である。一方、マルチキャストでは 1 対多のグループ通信を基本としている。このマルチキャストを利用することによって同じデータが重複してバックボーン側のネットワークを通過することを避ける事が出来る。

インターネットの様にユニキャストを基本とするネットワーク上でマルチキャストを実際に使用できる仮想的なネットワークとして Mbone ( virtual Multicast Backbone On the InterNEt ) がある。Mbone はトンネリング<sup>3</sup>技術によりユニキャストルータを超えてマルチキャストルータ<sup>4</sup>同士を結びあっている仮想

ネットワークである。そこでは技術者や研究者が実験の場として音声や映像を使用した会議などを行っている。本研究では、千葉県柏市の学校教育ネットワークから Mbone に接続する実験を行なう。実験ではマルチキャスト配信される獅子座流星群のライブ中継<sup>5</sup>を利用して学校内での観察学習が行われた。

## 2. 実験目的

柏市の小中学校には通常約 40 台の PC が設置されている。ネットワークの回線速度は学校によって異なるが CATV 接続<sup>6</sup>の学校は 1.5Mbps, DA64/128 接続<sup>7</sup>の学校はそれぞれ 64Kbps, 128Kbps でバックボーン側へ接続されている。

このような環境では大容量の映像を授業で一斉に受信する様な利用は出来ない。しかしマルチキャストを使用することにより同時に一斉授業を行なうことが可能なことが予想される。

99 年 11 月 17 日～19 日に行われたインターネットを利用した獅子座流星群観察ではマルチキャストのデータが準備されており、Mbone に接続することによってマルチキャストによる受信を行なう事が出来る。そこで本

<sup>1</sup> 特定のグループにのみデータストリームを配信する技術で、データの複製をマルチキャストルータで行なう為バックボーン側ネットワークのトラフィックが軽減される(付録 1 参照)。

<sup>2</sup> Transmission Control Protocol/Internet Protocol と呼ばれるインターネット標準のネットワーク通信手順。

<sup>3</sup> IP マルチキャストパケットを IP パケットで包み込むことにより通常のルータを通過させる技術(付録 1 参照)。

<sup>4</sup> マルチキャストデータストリームの宛先への配信や複製を実行する(Mrouter と呼ばれる)。

<sup>5</sup> LIVE ! LEONIDS <http://www.live-leonids.org/index-j.html>

<sup>6</sup> CATV の回線をインターネット用回線として利用する接続形態。

<sup>7</sup> 安価なデジタル専用線(NTT デジタルアクセス 64/128, NTT デジタルリーチ 64/128)。

実験では、小学校でマルチキャストデータを受信することによってユニキャスト通信とマルチキャスト通信のトラフィックの比較を行う、マルチキャストの利点を明確に示す、今後の教育ネットワークにおいてのマルチキャスト利用の可能性や改善点を探る、ことを目的とした。

### 3. KIU 学校ネットワークの状況

地域教育ネットワーク支援組織として KIU は 1996 年設立当初から、学校や教育機関を ISDN などによってインターネットに接続してきた。現在、柏市内の小中高等学校の接続状況は、専用線による接続が 13 校、無線による接続が 1 校、ISDN による接続が小中高合わせて 8 校、のぞみプロジェクトによる CATV 専用線接続が 20 校となっている。接続方法は違うがすべての学校が KIU の基幹ルータに接続されている。

ユニキャストにより一般に 1 つの小学校の

教室に設置される 20 台の PC でストリームデータを受信した場合約 300Kbps の帯域が必要となることが予想される。CATV 専用線接続校は 1.5Mbps の帯域を持っているためデータ通信も問題なく行なえるが、DA64/128 接続の学校では利用出来ない。また教育ネットワーク内の全ての学校が同時に 300Kbps の通信を行なった場合、KIU の基幹ルータも通常どおり機能しないことが予想される。

### 4. 実験概要

LIVE ! LEONIDS (実行委員長：尾久土正己みさと天文台台長)の主催する今回の獅子座流星群インターネット中継では 1999 年 11 月 17 日～19 日にかけてイタリアのシチリア島、アメリカのネバダ州とハワイ州、日本の 4 地点から観測してインターネット経由で獅子座流星群を中継しようとするものである。アメリカ、イタリア、日本からの映像はインターネット経由で日本大学の NOC (Network

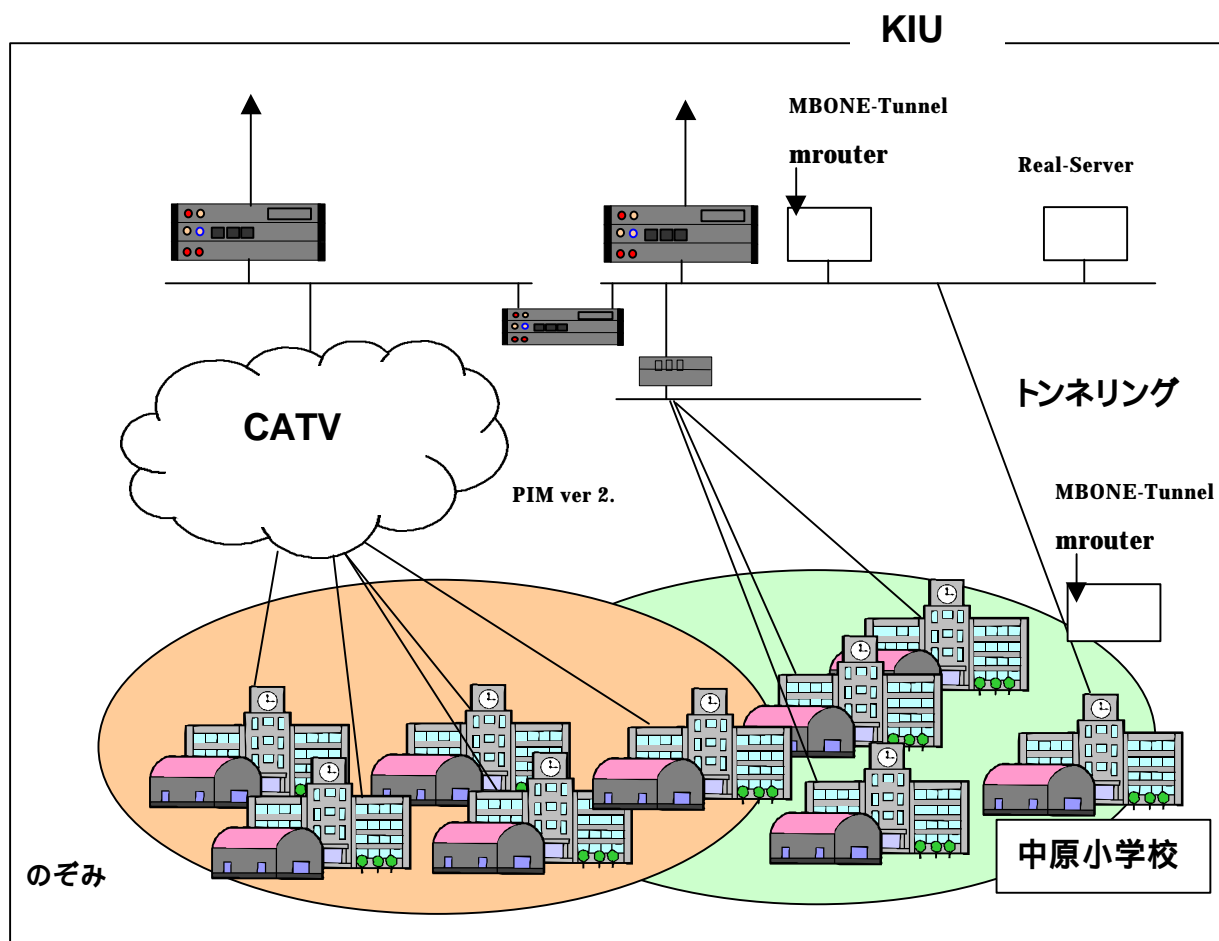


図 1 ネットワーク構成図

Operation Center)にあるストリームサーバが受けている。各地からの流星の映像は通信回線を使ってNOCに送られ、NOCで4つの方式でストリーム化されインターネット向けに配信される。複数のストリーミング方式<sup>8</sup>で配信されるのでクライアントはRealVideo V5, RealSystem G2, QuickTime 4, Windows Media Technologies(WMT) 4, Mboneによって受信出来る。このプロジェクトの利点は日本が昼間であっても他のアメリカネバダ州、ハワイ州、イタリアシチリア島の各観測地点からの映像を見ることが出来るので、通常の授業の中で獅子座流星群の中継を観察出来る点である。

## 5. 測定方法

MboneからKIUのルータを経由して千葉県柏市の中原小学校<sup>9</sup>までトンネルを作りマルチキャストデータを受信できるようにする(図1)。ユニキャストとマルチキャストデータの比較を行なう為に20台のPCにユニキャストを使うReal PlayerG2とマルチキャストに対応するI-TV<sup>10</sup>のインストールを行った。このI-TVはMulticast Sessionの管理も出来るWindows用アプリケーションである。トラフィックデータの観察にはMRTG<sup>11</sup>を用いた。

MRTGは監視対象機器のMIBをSNMPで定期的にポーリングしてデータを収集する監視ツールである。このツールは、監視対象機器をポーリングして各インターフェースのトラフィックMIB情報を取得し、直前の値との差分から平均入出力バイト数と最大入出力バイト数を計算してlog形式でファイルに格納する処理を行なうと共に、logファイルから可視化したグラフを含むHTMLファイルを作成するperl scriptが中心のプログラムである[1]。

## 6. 実施状況

今回受信を行なったのは市内の小学校5校と柏市教育研究所である。各学校の環境はCATV回線による接続が3校、デジタル回線による接続が2校である。そのうちマルチキャストによる受信を行なったのはCATV接続の柏市教育研究所と柏市立中原小学校である。

中原小学校で17日に17台のパソコンでユニキャストによる受信を行いトラフィックを

測定した。翌18日に同じ実験環境でマルチキャストによる受信を行いトラフィックを記録した。

ユニキャストによる受信はRealPlayerG2を使用した。KIU基幹部分にあるリアルサーバのrtsp://210.158.96.21/encoder/1199.rmを直接指定してデータを受信した(図2)。



図2 RealPlayerG2による受信

10台ぐらいまでは映像も綺麗に流れ滑らかな映像だが15台、20台と接続数を増加させると映像の質が低下する。バックボーン側ネットワークを大量のデータ通過するのでこの状態は避けられない。授業を担当した先生によると10台以上立ち上げると映像が綺麗に流れなくなった様である。

18日、同じ実験環境でI-TVを利用して一斉に獅子座流星群ライブ中継をマルチキャストで受信した(図3)。MRTGの記録ではネットワークへの負荷が前日と比較して軽減していることが示された。



図3 I-TV Viewer & Guideによる受信

実際に2日間の実験中にTelnet<sup>12</sup>を使用してKIUのサーバにアクセスしが、ユニキャストで一斉受信している場合は実用とならない。

<sup>8</sup> <http://www.live-leonids.org/ja/system-j.html>

<sup>9</sup> <http://www.ice.or.jp/~nakahara/>

<sup>10</sup> フォーラム資料付録3参照。

<sup>11</sup> <http://mrtg.kiu.ad.jp/>

<sup>12</sup> TCP/IPネットワークで、相手先コンピュータにリモート接続するためのプロトコル。

一方、マルチキャストで一斉受信を行なった場合はストレスなくサーバにアクセスすることが出来、コマンド操作も可能である。

### 7. 結果 (データトラフィック)

MRTGにより 17、18 日のトラフィックデータを取った。中原小学校では 11 月 17 日午

ているのが分かる。今回の実験では中原小学校が 1.5Mbps の CATV 専用線で接続しているので、20 台の PC でも RealPlayerG2 で上手く受信することが出来たが、DA64/DA128 のような環境では無理である。

また KIU 側のトラフィックも 11 月 17 日の午前 10 時 30 分から午後 16 時の間で最大約

Traffic Analysis for 柏市立中原小学校

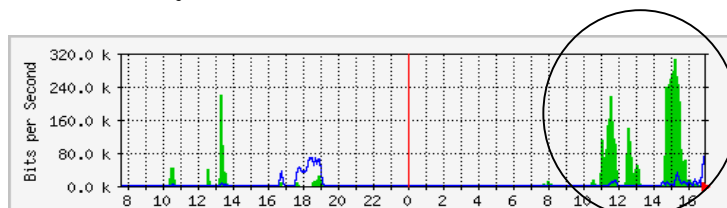


図 4-1 11月17日

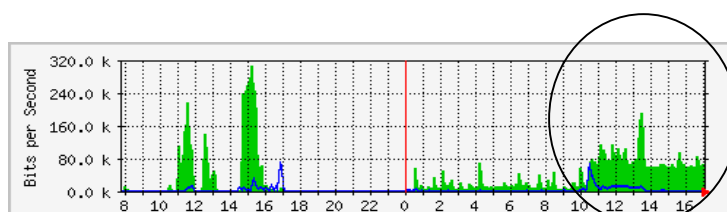


図 4-2 11月18日

Traffic Analysis for KIU

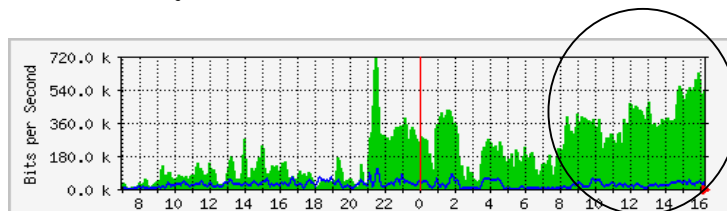


図 4-3 11月19日

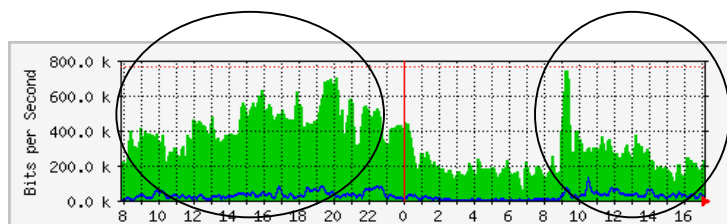


図 4-4 11月20日

前 11 時 30 分～午後 12 時 30 分、午後 14 時 50 分～16 時 00 分間に中原小学校の 17 台の PC で RealPlayerG2 による受信を行った。翌 11 月 18 日には 11 時 35 分から夕方まで続けて Windows 用のアプリケーション ITV によるマルチキャストの受信を行った。

その結果図 4-1～4-4 のようなデータを取ることができた。中原小学校ではユニキャストによる通信を行った場合、最大 320kbps までデータが膨らんでいるのが分かる。それに対してマルチキャストで受信を行なった場合は平均して 60Kbps～120Kbps で通信が行なわれ

700Kbps に達しているのに対して 11 月 18 日は使用率が下がっている。市内の学校全てがユニキャストで同時に受信することは無理だと MRTG から分かる。

### 8. 考察

MRTG の結果を見るとユニキャストで配信される Real ストリームに比べてマルチキャストの場合データ転送量が減っていることが観察された。校内に設置されたマルチキャストルータでデータが複製される為、アクセス回線のトラフィックが軽減されたからである。

実際に学校内部ではマルチキャストルータがグループ管理のためブロードキャストを行うので校内のデータ転送量は増えるが、狭い回線帯域でも今回のような大量のデータ通信がストレスなく行なえることが分かった。つまりマルチキャストを使用すれば学校での同時利用が可能になり、10台が限界だったユニキャストに比べて利用範囲が大きく広がる。帯域の狭い DA64/DA128 のような環境においてマルチキャストは最大限の威力を発揮する。例えば今回のようなデータ通信を教育ネットワーク内の学校全てがユニキャストで同時に行なった場合  $320\text{Kbps} \times 32 \text{ 校} = 10\text{Mbps}$  となるので同時利用は出来ない。しかし、マルチキャストなら 32 校分のセッションが増えるだけなので全ての学校が同時に利用することが可能である。

一方、マルチキャストによって実際に通信を行なうためにはルータの設定やマルチキャストアプリケーションの追加を行わなくてはならない。しかし学校側で `mrouted`<sup>13</sup> をインストールした UNIX のトンネリングルータを準備することは難しい。実験<sup>14</sup> ではトンネリングルータを KIU 側に設置して、学校側に `Pim`<sup>15</sup> 対応のルータを準備した。このように学校側に技術的負担を強くない方法での運用が望ましいことが分かった。こうすることで学校側でも簡単にマルチキャスト通信ができるだけでなく設定もリモート側で行なうことが出来るのでトラブルがあった際にも即時対応が出来る。ネットワークを管理する側にとっても学校側にとっても理想的な形態であろう。

クライアントの設定については先生方の手間を省くために柏市教育委員会<sup>16</sup> で各学校において設定作業をしなければならない。しかし、その後の管理や授業を行うのは先生であり、順次講習会などを行わなければならない。最終的に指導を行うのは教員であり、各学校においてネットワークの保守、運用などが出来るのが一番望ましい。今後の KIU や教育委員会の講習会などが期待される。

<sup>13</sup> IP マルチキャストオペレーティングシステムカーネル用のプログラム。これによって DVMRP (マルチキャスト経路制御プロトコルの一つ) が機能する。

<sup>14</sup> Pim の効果については柏市教育研究所に設置されるルータで検証した。

<sup>15</sup> マルチキャスト制御プロトコルの一つで、トラフィック制御のためのトンネルを必要としない。

<sup>16</sup> <http://www.edulab.kiu.ne.jp>

## 9. まとめ

本研究ではマルチキャストの効果を吟味する為に千葉県柏市中原小学校で獅子座流星群のライブ中継をユニキャストとマルチキャストによる2つ通信方法で受信した。結果から今回の実験のような大量のデータ通信がマルチキャストを用いることによって同時に行なえることが分かった。回線帯域の狭い環境でも CATV と同等の通信が行なえることが示された。しかし、環境整備や実際の授業でどのように使用するか等問題もある。これについては今後こういった実験を行い、実用化に向けて研究を重ねていく必要がある。

## 10. おわりに

筆者は柏市の教育専門研究指導員という立場で柏市の教育ネットワークを使用したマルチキャストの実験を行なわせてもらったが、インターネットに CATV 経由で接続している学校ももちろんだが、DA64/DA128 で接続している学校ではより明白にユニキャストとの違いを感じる事が出来た。



図5 授業当日の様子

これからマルチキャストを利用する環境が整えば、あとは実用化を待つだけである。子供たちがマルチキャストを利用することによって快適にコンピュータが使用でき、ネットワークを利用した素晴らしい授業が出来るようになればいいと思う。

## 謝辞

本論分を作成するに当たり東京大学情報基盤センターの中山先生、柏市教育委員会教育研究所の西田先生、加藤先生をはじめ KIU 技術部会のみなさまには多くのご指導とご支援を頂きました。また、実験の場としてネットワークを提供して下さった柏市中原小学校

の諸先生方に、情報を提供頂いた市内小中学校の先生方にこの場を借りて厚くお礼申し上げます。

Multicast) 要約」.

[12]<http://www.live-leonids.org/index-j.html>,  
「LIVE!LEONIDS」.

### 参考文献

[1]林英輔 中山雅哉 箱崎勝也,総論安定したネットワークの構築.運用,情報処理 1998,10月 VOL.39 NO.10 通巻 404x 号別刷.

[2]Vinay Kumar 監訳 楠本博之,インターネットマルチキャスト Mbone,株式会社インプレス,1996年12月11日.

[3]戸田洋三,キャンパスネットワークのネイティブマルチキャスト化,社団法人情報処理学会.情報処理学会研究報告,1999年.

[4]平原正樹 庄山尚芳 島慶一 後藤幸巧 山本和彦,インターネットにおけるマルチキャスト通信技術の現状と技術的課題,第2回 JAIN CONSORTIUM Symposium 論文集,1994年.

[5]滝口暎子,地域教育ネットワークの現状と課題,麗澤大学卒業論文,1997年3月.

### 参考 URL

[6]<http://www.ij-mc.co.jp/fujii/text/ppt/netcom97/index.htm>,「インターネット放送局 IP マルチキャストの仕組みと実現法 III メディアコミュニケーションズ」藤井 直人.

[7]<http://www.tohoku.ac.jp/TAINS/SuperTAINS/news/st-news-13/3342.html>,「TAINS 利用研究会」曾根 秀昭,齋藤 武夫,岡本 東.

[8]<http://www.netone.co.jp/pressclip/pre007.html>,「コンピュータ&ネットワーク LAN96年10月号掲載」,白橋明弘.

[9]<http://www.sowa.is.uec.ac.jp/~ueno/research/multicast/mfa/>,「マルチキャスト転送アルゴリズム」.

[10]<http://www.sowa.is.uec.ac.jp/~ueno/research/multicast/igmp/>,「IGMP (Internet Group Management Protocol)」.

[11]<http://www.sowa.is.uec.ac.jp/~ueno/research/multicast/PIM/>,「PIM (Protocol Independent