

# 無線を主体とした地域ネットワーク上における マルチキャスト放送

稚内北星学園大学情報メディア学部  
柳田 裕介、佐藤 勉、金山 典世  
{yanagida|tutomu|kanayama}@wakhok.ac.jp

## Abstract

無線を主体とした地域の教育機関を結んだネットワークを構築してきているが、このネットワーク上でマルチキャスト放送の実験を計画している。本報告では、この取り組みについて現在までの進展状況と今後の展望について論じる。

## 1 はじめに

稚内北星学園においては、1995年から無線LANを用いた周辺高校との接続実験を行ってきた[4]。それをより発展する形で1999年より旧郵政省(現総務省)通信総合研究所(現在独立行政法人)との共同で、無線を主体とした広域ネットワーク(以下、地域ネットワーク)の研究を開始し、接続対象を近隣の中学校にまで広げて実験を継続している[2, 3]。この無線ネットワーク上で、マルチキャスト放送を行うことを本年度の実験計画の一つの目的として掲げ現在作業中である。動画の形式としては、MPEG2及びMPEG4を予定しているが、とりわけMPEG4においては、MPEG2では不可能な音声、文字情報、動画などのオブジェクトリンクという同期が可能な点で、教育利用において単なる映像配信に留まらない効果が期待されている。一方、マルチキャスト放送実験に関しては、地域ネットワークの特性に起因する問題が予想されている。我々の研究室では、IPv6に関する提案を元にした新しいマルチキャストルーティング実験に取り組む予定であるが、それに先だってマルチキャストルーティングプロトコルと地域ネットワークの特性との関連を明らかにしておくことが必要である。以下では、無線を主体とした地域ネットワーク上でのマルチキャスト実験について、現在までの進展状況と共に今後の展望について論じる。

## 2 地域ネットワーク

無線接続でネットワークを接続した場合2Mbpsから11Mbpsでの接続が可能である。無線LANを用いた接続の利点は速度に比してコストが安いという点につきるが、自らの管理下にある自前のコミュニティネットワークとしても意義は大きい。一方、欠点としては、2.4GHz帯域は直進性が高く、障害物の影響を受けやすいという問題があるが、地方においてはこれはそれほど大きな欠点とならない場合が多い。以上のような点から、過去の運用形態の発展形である地域ネットワークは、1995年から運用実績のある本学、稚内高校、稚内商工高校を基幹校と位置付けて構成している。とりわけ、上記の3地点は共に高台にあり、視認性の確保という点においては問題なく、同時に多くの周辺教育機関が見通しにあることにより、更に接続範囲を広げている(図1参照)。

昨年度はその基幹となる本学-稚内高校間、本学-稚内商工高校間にLaser無線を導入し、本学とそれぞれの地点を100Base-FXで結ぶリピーターとして運用を開始している。しかしながら、このLaser無線の運用に際しては、降雪、霧等、十分な視認性が確保できない時にネットワークが切断状態に陥ることが経験

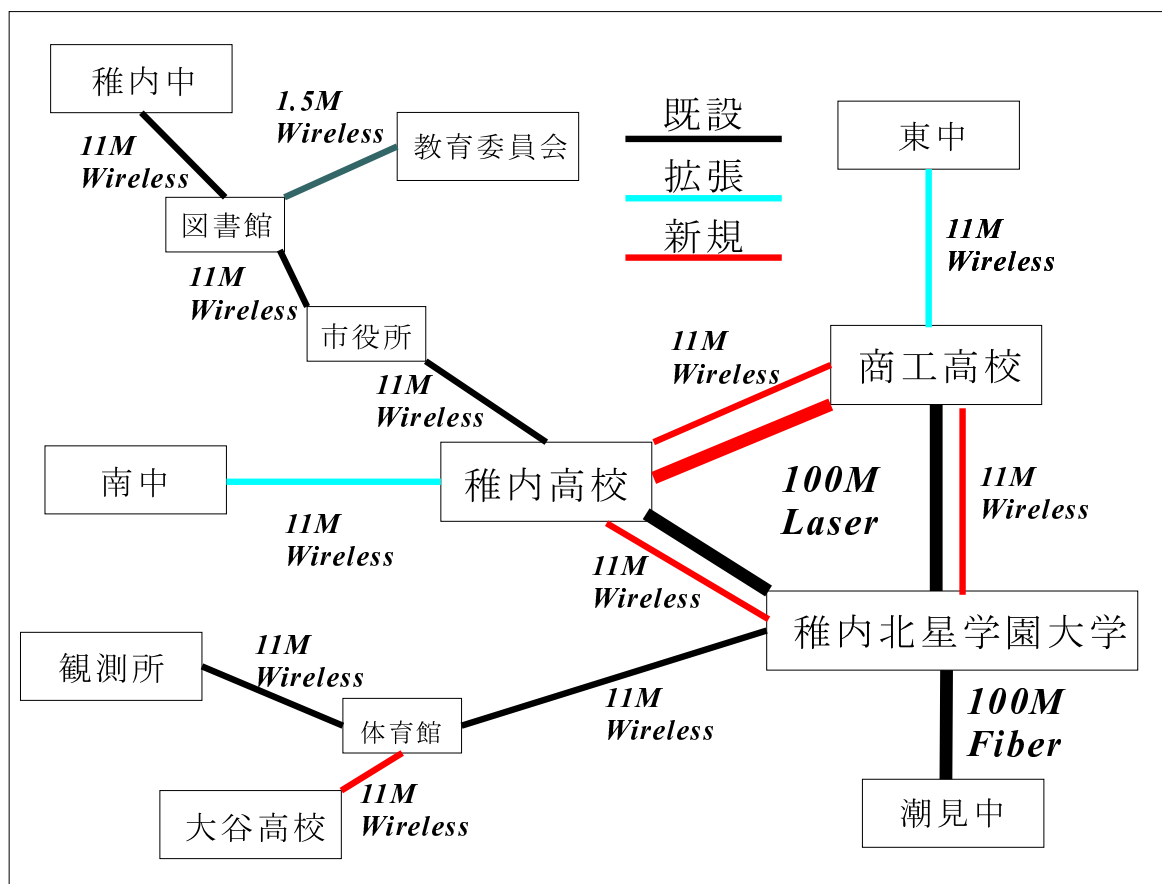


図 1: 地域ネットワーク図

的に把握できている [1]。この為、本年度は耐障害性を高める目的で本学、稚内高校、稚内商工高校の3地点でトライアングルを形成し、それぞれを、Laser 無線と 11M の Wireless 無線のデュアル接続とする。そして 1.5M の無線は全て 11M に増強して、新規の接続先として稚内大谷高校、稚内中学への接続も行う予定である。

### 3 マルチキャスト実験

#### 3.1 これまでの取り組み

ここで少し、マルチキャストの意義に関して触れておきたい。これは地域教育機関を対象に無線ネットワークを構築している本学の問題意識にも通じるものとなってる [5, 6, 7]。

現在の初等・中等教育で整備されつつあるネットワーク接続は多くの場合 ISDN 64K ないしは 128K 程度であるが、個人でこうした帯域が通常のものとなりつつある現在、多人数で教育を行うにはあまりにも貧弱であることは論じるまでもないことである。とりわけ、初等教育においては、動画などの手法の有効性が論じられている通り、最低ビデオ品質程度が可能な帯域が望ましい。また教員の交流、支援体制、再教育などの点においてもこうした画像技術は重要となるであろう。また、地域ネットワーク上での動画の形式として MPEG2 及び MPEG4 を予定しているが、とりわけ MPEG4 においては、MPEG2 では不可能な音声、文字情報、動画などのオブジェクトリンクという同期が可能な点で、教育利用において単なる映像配信に留まらない効果が期待されている。

これまでの配信実験として、昨年6月24、25日に稚内市内で開催された「第56回道高校バスケットボール選手権大会」のLIVE映像中継を、上記のネットワーク上でMPEG2、MPEG4マルチキャストを用いて行った。これらの映像は、会場に設置された大型プロジェクターやディスプレイに映し出されると同時に、本学内部のコンピュータ及び、Internet上にもMPEG4で配信を行った。その際、当初本学、稚内商工高校、稚内高校の3会場において相互に送受信を行っても帯域的には十分であると考えられたが、実際にはレーザー通信の不安定性に伴うパケット落ちにより、MPEG2による送受信は途中で断念せざるを得なかった。一方、600Kbps前後のMPEG4では問題なく画像を送受信することが出来たが、これらの相違の原因についてはまだ明らかではない。こうした問題は別にして、実験自体としては、会場が一般に公開され多くの来訪者があり、地域ネットワークが地域コミュニティに貢献し得ることを目に見える形で披露した点において、大きな効果を得られたと思われる。また本年3月、沖縄国際電子ビジネス専門学校(KBC)との間で、MPEG4マルチキャストによる遠隔教育の実験を行った。この実験では、双方が1.5Mの対外ラインを持つことにより、512Kbpsでの片方向、384Kbpsによる双方向通信を行い、設備的には一般のInternetを利用しているためにDVMRPを実装したmrouted(IBM/PC互換機+FreeBSD)を利用した。ここでは、こうした遠隔地における教育の可能性を考えるためのものとしてマルチキャストを用いたが、我々としてはDVMRPのようないささか技術的には古色蒼然たるものであったことも、地域におけるマルチキャスト実験の反面的動機ともなっている。

#### 3.2 今年度の取り組み

前述したように、本年度は基幹校3校でトライアングルを形成し、且つLaser無線とWireless無線と二重化することで耐障害性を高めることを目的にしている。加えて障害時の収束性、維持運用コストの低減を目的に、そのルーティングに関しても自律的なシステムとなることを目指している。また今まで1.5Mbpsで接続していたネットワークの殆どを11Mbpsへと帯域を広くすることは、マルチキャスト実験に必要な帯域を確保する上では必要なことであった。実験自体は、後述するルーティング問題を念頭に置き、地域ネットワークにて動作させるルーティングアルゴリズムの比較実験、比較のためにMBONEの運用実験に

て用いられた vic、vat 等のアプリケーションを用いた実験、本学が所有する MPEG2、MPEG4 用マルチキャストソフトによる実験などを予定している。とりわけ、冬季期間に行う場合のルーティング収束及びマルチキャストルーティング収束とアプリケーション運用の関連については興味深い結果が得られるものと期待している。同時に、こうした実験は単なる実験にとどまらず、実際の教育的利用を目指しており、具体的には稚内高校、稚内商工間における相互交流や、中学校間の授業への応用なども予定されている。

### 3.3 マルチキャスト用機器

実験で用いられるマルチキャスト用システムは、マルチキャスト映像関連及びルーティング装置などで構成される。前者については、MPEG4 及び MPEG2 各々異なるシステムとなっている。

#### 1. MPEG4 マルチキャストシステム

MPEG4 の送受信システムには、東芝の MobileMotion が使用されている。PC に装備されたハードウェアはアナログビデオキャプチャカードのみであり、それ以外は全てソフトウェアによって構成されている。同時に、PC はクライアント・サーバとしての機能を有している。本実験では、本学に納入された MobileMotion を東芝の好意により、中学校・高校の接続ポイントに対して貸与されていることにより、全ての接続ポイントが発信が可能である。一方、受信についてはクライアントソフト自体は無料なので、全ての接続された PC 上で受信可能になっている。ここで、MobileMotion について少し触れておく必要があるだろう。このシステムが本学に納入された折、本学の側で以下の2つの点を問題とした。一点目は、MPEG4 のシステム自体が低帯域を目的として作成されているためか、高帯域のネットワーク上では画質に比して、音質の品位が相対的に低いという問題であった。これは会議システムや遠隔講義などの用途ならばいざ知らず、マルチメディアの作品などでは明らかに問題となる。東芝側ではこうした要望に対し、MP3 への対応によってこの問題に役立ててくれたが、残念ながら実験ネットではライセンスの関係でこの高音質なものが利用出来ず、この点で教育利用上は問題となるかも知れない。二点目の問題は遅延の問題である。これは前述の問題とは逆に、遠隔会議などのリアルタイムネスを要求される場面で問題となる。メーカー側も多くの努力をしてくれ、遅延に関しては当初の7秒強から3秒程度まで短縮されたが、双方向という点では利用上未だ問題を有している。この問題は、ネットワーク上の遅延の問題ではなく、送信側におけるエンコーディング、受信側におけるデコーディングの際の問題であり、更なる改善が期待される。

#### 2. MPEG2 マルチキャストシステム

MPEG2 システムには、本学が所有する Cisco IP/TV が利用出来る。IP/TV は元々 MBONE などで用いられていた考え方を敷衍しているだけに、マルチキャストシステムとしては熟れた製品となっているが、残念ながら多くの部分をハードウェアに依存している。具体的には、MPEG2 デコーダはソフトウェアでも代用が可能であるが、MPEG2 エンコーダカードについては代用が不可能であり、コスト的には非常に高価なものとなっている。このために、本実験で恒常的に設置して実験することは現在の所難しいものがあると言わざるを得ないが、ピンポイント的には本学システムを借用して実験を行うことは可能である。

#### 3. マルチキャスト対応ルータ

専用ルータはコスト的に難しいために、市販の IBM/PC 互換機を使用し、FreeBSD をインストールして利用している。基幹トライアングルを構成する本学、稚内高校、稚内商工高校に導入されるルータにはデュアルラインのルーティングに対応させる為、最低でも Ethernet の口が2経路のデュアルライン用に4個、内側へのルーティング用に1個の計5個の口が最低必要となる。実際にはこの他に中学校などの接続用の口を用意しなければならないことから、6から7のインターフェースを必要とする。残念ながら、市販 PC はそのバスの構造上こうしたインターフェースカードを大量

に内蔵することが出来ない。この対応策として、マルチポートカード (4ポート) の利用、あるいは GigabitEther(GbE) と VLAN による GbE の共用があるが、後者については、安価な GbE カードに対する VLAN 機能の OS 側での対応についての問題と、現状の安価な PC の PCI インターフェース性能の問題が想定されるので (64bit インターフェースを持つものは未だに高価である)、構成が柔軟で変更が容易な前者のマルチポートカードによる構成を採用することとした。実際の運用に当たっては、Wireless 無線の帯域は 11Mbps、実運用では 3~4Mbps 程度となるを考慮して、10Base-T としたマルチポートカードに接続、Laser 無線を通常の 10/100Base-T カードに接続している。一方、マルチキャストルーティングアルゴリズム自体は様々なものを利用することで、不安定なネットワークにおけるマルチキャストルーティング特性を明らかとすることが出来ると想定している。

### 3.4 マルチキャストルーティング問題

これまでの運用形態は、本学との 2 点間、若しくは本学-稚内高校間、本学-稚内商工高校間という本学を経由するものであった。本年度は基幹校によるトライアングルを形成するにあたって、ルーティングに関しても自律的なシステムとすることを目標としているが、Laser 無線と Wireless 無線を併用する基幹トライアングルラインでは以下のような問題点があると思われる。

1. Laser 部分では天候によっては不安定となる [1]
2. Wireless 部分の二重化により耐障害性を高めるとしても、その経路の収束性からくる影響

このような特性を持った地域ネットワーク上でのマルチキャスト放送実験においては、利用するルーティングアルゴリズムの選定においても考慮すべき技術的な課題がある。特に冬季の運用では、天候による影響が顕著となる。従って、不安定な経路下においても優秀な収束性を有するルーティング・アルゴリズムである OSPF (Open Shortest Path Farst) を本実験ネットにおけるデュアルラインの経路制御に採用する予定である。但し OSPF を用いても、霧のように一定時間後には晴れるものとは違い、短時間且つ頻繁に切断と回復が繰り返される降雪、地吹雪といった天候において、十分に機能するか否かは定かではない。

現状のマルチキャスト・ルーティング・アルゴリズムを概観すると、MOSPF(Multicast OSPF) はマルチキャストで要求される特質に反して肥大化したために、現在利用できる実装はなく、一部ルータに実装されているのみであり、主流はルーティング・アルゴリズムに依存しない実装に移りつつある。こうした実装としては、PIM(Protocol Independent Multicast) や CBT(Core-Based Tree) などが利用出来るが、こうしたプロトコルにおいても、近隣ルータがマルチキャスト・ルータの場合、マルチキャスト・ルーティング・アルゴリズムによっては迅速な回復が困難な場合もある。一方、ユニキャストカプセレーションを行えば OSPF によって状況は単純化されるが、ネットワーク構成上複雑化せざるを得ないという問題と、PIM-SM などの Assert メッセージによるデータ配信ツリーの再構築の問題が生じる。特に、後者については、切断と復旧が不定期かつ頻繁に生じる本地域ネットワークにおいては、OSPF の抱える問題と同じ問題に直面せざるを得ない。こうした問題は、近隣ルータがマルチキャストルータの場合であっても同様であり、本質的には本地域ネットワークのような、不安定なネットワーク上において現行のマルチキャストルーティングアルゴリズムが妥当するか否かという問題なのである。

## 4 マルチキャスト展開上の問題と今後の課題

### 4.1 マルチキャスト IP リソース

マルチキャストを Internet 上で利用する際に問題となるのは、マルチキャスト IP リソースの共有に関することがまず挙げられる。誰もが情報にアクセスでき、また同時に発信者たり得るリソースを全世界で

共有するには余りにもその数は不足している。マルチキャスト IP リソースの割り当てについては様々な方法が考案されているが、実証実験の行われている MBone において利用されている sd,sdr などの方法も必ずしも全世界的にマルチキャストを流すことを考えるならば実用的とは言いがたい。当然地域ネットワーク上でも、サイトローカルなマルチキャスト IP リソースの割り当てをある程度は自由に行えるとは言え、不特定多数の同時放送を可能にする為には、何らかのシステムが必要となる。

地域ネットワークで利用を想定している MPEG2、4 のマルチキャスト放送は、元々本学に導入された当初から2つの放送システムを利用しているためにそれらを統合して利用者の便宜を計ることが必然的に要求されていた。本学に導入されたシステムでは、こうした「誰もが放送出来るシステム」におけるソフトウェア的な保証は共通番組表と呼ぶシステムによって可能となっている。この共通番組表は MBone などで利用されている sd(session directory) に準拠して作成されており、マルチキャストアドレスの自動的な割り当てなどもこのソフトの役割になっている。これによって放送者は技術的な側面に立ち入らずに、自由にマルチキャスト放送が可能になっている。一方、同じソフトによって、受信者には SAP (Session Announcement Protocol) により自動的に番組情報が伝達され、MPEG2、4 の違いを意識する事なく動的に番組情報を受信し、放送を視聴することが可能となっている。こうしたソフトウェアは地域ネットにおいても有効に利用することが出来る訳であるが、理論的には先に述べたと同じ問題を内包しており、今後の検討を要する問題となっている。

## 4.2 IPv6 マルチキャストを視野に

IPv6 対応を視野に入れると、前項で触れた IP リソース割当て・管理システムに関しても何らかの進展があると思われる。その中の一つでまだ提案段階ではあるが、マルチキャスト IP の割当てに関する draft として提案されている "Unicast-Prefix-based IPv6 Multicast Addresses" [8] に着目している。これは、各 AS (Autonomous System) に自明な固定的アドレスを割り当て、各 AS 毎に管理して行くという方式であるが、マルチキャスト・ルーティング・プロトコルの基礎として考えるならば、全く新しい、flood や Rendezvous ポイントも必要としないルーティング・プロトコルを考えることができる。そして地域ネットワーク上でこのような IPv6 マルチキャスト・ルーティング実験を行おうとした場合、問題点の切り分けという意味において、気象条件 (特に冬期) 等の影響による地域ネットワークの特性を明確にしておく必要がある。また、このような実験を行う上では、地域ネットワークが自らで全てを管理運営し、ある程度の規模で閉じたネットワークという、言わば一つの AS として機能しているという点での意義は大きい。現在では並行して行われる地域ネットワーク上での流量データの蓄積と連携し、冬期の運用実験に向け、接続地点の拡大、回線の増強、各ルータの配備等、ネットワーク構築を進めている。

## 5 謝辞

本研究は独立行政法人通信総合研究所との共同研究によってなされており、多くの機材の提供を頂いたことに感謝します。また、MobileMotion を本実験の為に貸与して頂いた (株) 東芝殿に感謝します。最後に、研究ネットワークを設置、運営する上で、道教育委員会、稚内市教育委員会を始めとする稚内高校、稚内商工高校、稚内中学校、稚内東中学校、稚内南中学校、稚内潮見中学校の関係各位に感謝します。

## 参考文献

- [1] 南雄介, 幅口慎太郎, 古屋武, 金山典世: 光および無線を主体とした教育用ネットワークの構築, WIT2001, 2001年9月.

- [2] 金山典世, 丸山不二夫, 植田龍男, 坂本寛, 滝澤修, 斎藤義信: 光および無線を主体とした地域の教育用ネットワークの構築, NORTH 2001 Internet Symposium, 2001 年 3 月.
- [3] 金山典世, 丸山不二夫, 植田龍男, 坂本寛, 佐賀孝博, 姫宮利融, 藤木文彦, 門間穰司: 無線 LAN を用いた広域教育用ネットワークの構築, 情報処理教育研究集会, 1999 年 11 月.
- [4] 金山典世: 無線 LAN を用いた教育ネットワークの構築と運用, 情報処理学会, 1998 年 10 月.
- [5] 金山典世, 丸山不二夫, 植田龍男, 坂本寛, 藤木文彦, 姫宮利融, 門間穰司, 佐賀孝博, 鈴木三知男, 及川鉄男: マルチキャスト放送を保証したネットワークシステムの構築, 情報処理研究集会, 2000 年 12 月.
- [6] 金山典世: 大規模マルチキャスト放送局機能を有するシステムおよびネットワークの構築, North Internet Symposium, 2000 年 3 月.
- [7] 金山典世, 丸山不二夫, 植田龍男, 坂本寛, 藤木文彦, 姫宮利融, 門間穰司, 佐賀孝博, 及川鉄男: MPEG1,2 マルチキャスト環境を保証した多目的教育ネットワークシステムの設計, 第 5 回 ITRC 研究会, 1999 年 6 月.
- [8] B. Haberman, D. Thaler: "Unicast-Prefix-based IPv6 Multicast Addresses" draft-ietf-ipngwg-uni-based-mcast-02 <http://search.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-ipngwg-uni-based-mcast-02.txt>