

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

2001年6月15日

概要

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[5]。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, 4]。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際しては、ルーティングに関してこれまでの実験等を通していくつかの問題が明らかとなっている。以下では、無線を主体とした地域ネットワーク上で行われているマルチキャストルーティングについて、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

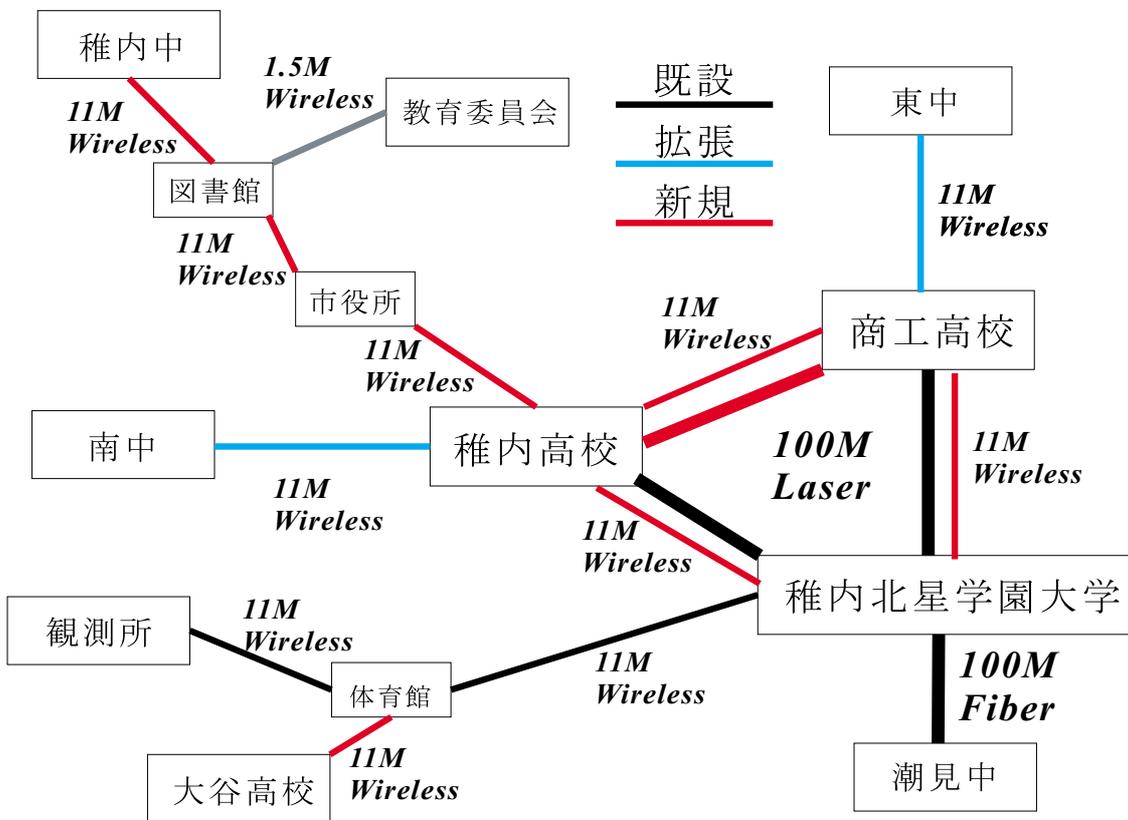


図 1: 地域ネットワーク図

験的に把握できている。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 [1]。

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いる [6, 7, 8]。

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 mouted (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が 11Mbps へ帯域が広がることは、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 による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される。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应运えてくれたが、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になるかも知れない。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。残念ながら、メーカー側も多くの努力はしてくれたが、未だに問題は残っていると言わざるを得ない。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るのだが、双方向性が要求される場合には重大な欠点となると思われる。

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 の口をデュアルライン x2 経路用で 4 個、内側へのルーティング用に 1 個の計 5 個の口が最低必要であり、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ので、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で、何らかの対策が必要とされている。現在考えている対策としては、マルチポートカードの利用、あるいは GigabitEther(GbE) と VLAN による GbE の共有があるが、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)、前者を採用する方がより安定的と思われる。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、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には以下のような対処すべき問題点があることを、今までの運用を通じて経験的に理解している。

1. Laser 部分では天候によっては不安定となる
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。配信ツリー構造を一度作成した後に何らかの理由で経路が切断された場合、その配信ツリー構造の再構成やその収束性等の影響が一番の問題となろう。特に Live 映像の送受信を行う場合には、その影響が顕著になることは容易に想像ができる。現行のマルチキャストルーティングアルゴリズムが、このような不安定な経路を想定していない点は本実験の特殊な点であろう。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としては、OSPF (Open Shortest Path Farst) が上げられ、本実験ネットにおいてもデュアルラインの経路制御には OSPF が考えられている。しかし、OSPF をマルチキャスト対応に改良した 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、現状のマルチキャストルーティングアルゴリズムの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、現在 PIM (Protocol Independent Multicast) や CBT (Core-Based Tree) などが利用出来る。これらのアルゴリズムの収束性自体は OSPF に依存するが、マルチキャストツリー自体の再構成の収束性については冬季期間における本ネットワークが頻繁に再構成を要求する点を見ると自明とは言えないであろう。

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いえない。IPv6 においては、まだ提案段階ではあるが、各 AS (Autonomous System:自律システム) に固定的なアドレスを割り当て、各

AS 毎に管理して行くという方式も考えられているように、今後の発展にとっては重要な課題であろう。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 などで行われている 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 を視野に

IPv6 対応を視野に入れると、現状では Unicast の信頼性に依拠しているセキュリティ問題、そして前項で触れた IP リソース予約・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。IPv6 での実験も本学において行っているが、地域ネットワークと並行して取り組むべき課題として認識をあらたにしている。

5 謝辞

本研究は独立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 を本実験のために貸与して頂いた (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] 滝澤修, 斎藤義信, 大野浩之: 無線を用いた地域実験ネットと非常時通信, WIT2001, 2001 年 9 月.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.

- [7] 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.
- [8] 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.