

無線を主体とした教育用地域ネットワークの構築と マルチキャスト放送

金山典世、坂本寛

稚内北星学園大学情報メディア学部

{kanayama|sakamoto}@wakhok.ac.jp

滝澤修

独立行政法人 通信総合研究所

taki@crl.go.jp

稚内北星学園大学と通信総合研究所 (CRL) との共同研究で、1999 年より地域の教育機関を結んだ無線 (電波・レーザーなど) を主体とするネットワーク構築を行っている。本研究では、寒冷かつ過疎な地域におけるネットワークの構築方法、降雪時などにおける気象条件とレーザー・無線などの接続率の関係、教育機関におけるマルチキャスト放送の活用などを主たる研究目的においている。本報告では、これまでの整備状況や降雪時におけるレーザー通信の問題、回避対策などについて述べると共に、今後の予定について報告を行う。

1 はじめに

近年、無線 LAN が急速に普及しつつある。IEEE802.11 などによる標準化や、更に高速の規格が議論されると共に、対応製品の拡充とコストの低減化が著しい状況にある。都市圏においては、既設ファイバーとこうした無線 LAN の併用によるインターネット接続も既に始まっており、同時に家庭や職場において、ケーブルレスのネットワーク利用形態としても広がつつある。一方大都市圏を中心として ADSL や FTTH などによるエンドポイントの高速化と共に、メトロポリタンネットワークの超高速化も急速に進みつつあるが、過疎地域に目を転ずるならばこうした高速ネットワークが整備されるか否かは心許ない状況にもある。特に、教育機関のネットワーク接続は国の指導の元で急速に進みつつあるが、過疎地においては上記のネットワーク接続の問題故に必ずしも高速とは言いがたい接続状況にあり、同時に接続のための技術力、管理技術、教育上の主体的問題についても様々な問題を持っている。このような状況下において、地域のネットワーク整備を目指し、本学は 1995 年から周辺高校と無線接続実験 [1] を行っていたが、1999 年より独立行政法人通信総合研究所との共同研究として無線を主体とし

た広域ネットワークの研究 [2, 3] が始まった。これにより、現在までに稚内市内における主要 3 中学が無線接続により、1 中学が有線にて、2 高校が光無線によって接続されている。

本研究では、降雪地帯における無線や光無線を用いたネットワーク接続の問題、それを通じて過疎地における比較的安価なネットワークモデルの確立、マルチキャスト放送の教育利用、中等教育機関における管理スタイルの検討などを目的としており、以下これらの点について論じる。

2 無線接続

本学が比較的早い時期から無線接続実験を行って来た背景には、それ以前の ISDN を用いた経験からコストの問題を重視せざるを得なかった事による。動画などを利用する上では最低数 M の帯域が必要であるが、そのためのコストを中・高等学校で負担する事は過疎地では難しい。実際、無線接続でネットワークを接続した場合現在では 11Mbps での接続が可能であり (実効率は数 M であるが)、コストは故障を除けば初期投資のみで済む。同時に、この初期投資によって自前のネットワークを所有できる点は

地域に取っては重要な意義を持つ。勿論、インターネット接続という点ではいずれかでの対外接続を要するが、集約化される事によりコストを低減出来る点と、地域ネット内部の利用に関しては通信コストが発生しない事は重要であろう。一方、無線を用いる欠点としては、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。また、今一つの問題として干渉問題が上げられるが、接続形態がポイント to ポイントであり、ために指向性の強いアンテナのみを使用しているために現状では問題となっていない。万一、こうした点が問題となる事態が生じたならば、更に指向性を上げる事で対処出来ると思われる(電磁波吸収材を用いた対応を行った [1])。以上のように、技術的な問題においても、経験的にも無線の利用は過疎地においては比較的の問題がない。

2.4GHz帯域の問題としては、むしろこうした技術的な問題よりも、政策的な問題の方が大きい。現在、日本においては2.4GHz帯域の製品は全て空中電力10mWの規制を受けており、アンテナの進歩によって到達距離は見通し6Km程度まで得られるようになってきているが、本ネットワークにおいては最大17Kmの遠方の中学校も視野に入れなければならないのである。海外においては、増幅器を用いる事で40Kmもの到達距離を持つ製品も販売されているが、上記の理由により日本では使用出来ない。勿論、都市においてはこうした規制は必要なものであろうし、長距離無線の必要もないが、過疎地においては一人無人の原野のみがこの規制の恩恵に浴しているのである。

これまで無線のみが唯一の解であるかの如くであったが、実はいくつかの学校においては他の解も存在している。それは、現在国土交通省が進めている道路への光ファイバ網の敷設である。実際、今年度の整備により、宗谷中学の目前の道路にこのファイバが敷設され、20Km離れた本学周辺までこの光ファイバが通る事になっている。これらの光ファイバは数十芯のもので利用されているが、実際に道路監視などに利用されているのは1本のみであり、他の部分は全

く未使用かつ利用も予定されていない。他の地域では一部実験目的で貸し出されている例もあり、貸与が望まれる所である。しかしながら、本学の位置する宗谷地域全体で見ると、光ファイバ網が整備されたとしてもその範囲は限定されており、利尻や礼文などの離島などの問題も考えるならば無線の重要性は已然として高いものがある。

3 設置状況

最初に触れたように、現在までに2高校、4中学が光無線、無線、ファイバなどを用いて以下のように接続が完了している(表参照)。

区間	速度	媒体
大学 - 稚内潮見が丘中学	100M	光ファイバ
大学 - 大谷高校(中継)	11M	無線
大谷高校 - CRL 稚内観測所	11M	無線
大学 - 稚内商工高校(商工)	100M	光無線
商工 - 稚内東中学	1.5M	無線
大学 - 稚内高校(稚高)	100M	光無線
大学 - 稚内高校	11M	無線
稚高 - 稚内南中学	1.5M	無線
稚高 - 市役所(中継)	11M	無線
市役所 - 市立図書館(中継)	11M	無線
市立図書館 - 稚内中学	11M	無線

この表の内、2高校と大学とを結ぶ光無線は赤外線レーザーを用いたものであり、通常の電磁波を用いる無線に対して、光無線は速度の点で圧倒的なアドバンテージを有している。2000年度に導入した光無線装置は、最大で155Mbpsまでを提供するリピータとして稼働し、ATMなどでの通信も可能であるが、コストとの関係で100Base-FXとして利用している。具体的な設置や通信障害の問題については後程述べることにする。

接続機関の内、距離のないしは見通しの問題がある箇所については中継を用いている。中継地点の選定に当たっては、出来得る限り将来的接続性、保守の利便性などを考慮して行った。ちなみに、大谷高校は中継地点は実際には体育館の屋上を利用しており、高校とは100m程度の距離がある。同様に、稚内中学の接続には2つの中継地点を要しており、これは見通しが得られなかったためであるが、中継地点はいずれも地域ネットワークとして考えるならば接続の

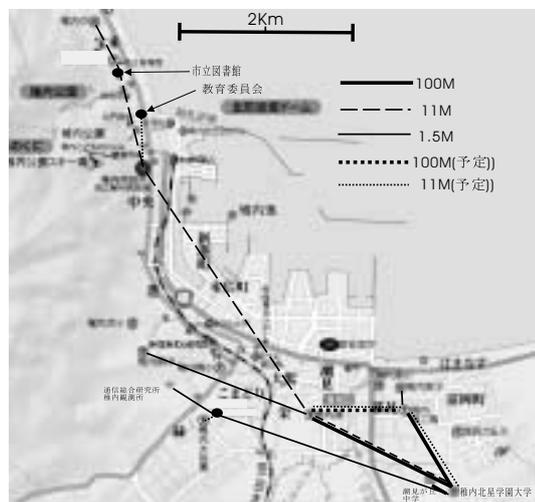
望ましい地点を選定する事が出来たのは幸運であった。一方、中継点では当然複数の電波が混在することになるが、2.4GHz 帯域ではいくつかの互いに重複する事のないチャンネルを利用することで回避が可能となっている。

各学校には Unix をインストールした PC をおき、NAT, ファイアーウォール, ルータ, Web サーバ, DNS, メールサーバなどとして運用している。特にハブとなる商工、稚高では下位へのルーティングの必要性から、ルータ専用の PC を設置している。このように基本としては安価な PC を用いているが、PC であっても無線 LAN 程度の帯域ならばルータとして利用しても問題はないが、光無線をサポートする 2 高校については PC によるルータには限界も予想される。しかし、本計画においては、マルチキャストの運用と近い将来では IPv6 での運用を想定しているために、専用スイッチの導入はコスト的にも機能的にも困難になっている。こうしたネットワークの研究的側面が通常の行政ベースでのネットワーク構成との違いを生み出している。

各学校に設置された PC については原則として、各学校の管理下に置かれ、必要に応じて大学側で援助を行う事にしているが、これは原則論であり、実際には主体的力量に応じて臨機応変の対応が必要となる。実際、商工、稚高に関しては既に 5 年近い接続を行ってきたので、管理者は育てているが、中学校に関してはこれからの問題である。また、教員に関しては異動も想定され、継続的に管理者を養成していく事が課題となるが、実際には困難も予想される。この点に関しては、高校に関しては情報科目担当教員のリカレント教育を考えて行く必要があると思われる。他方、中学校に関しては異動は基本的には同一地域であるので、市教育委員会との接触を密に行い、この問題への注意を喚起している所であり、政治的にもこの地域ネットの構築を通じて良好な関係を築きつつあるので、今後のモデルケースとなり得るように期待される。

4 今後の計画

本年度計画は現在も進行中で、特に前掲の表中にある稚内中学の接続は 11M 無線となっているが、他の中学の接続においても全て 11M に増強し、同時に、大谷高校への接続を行う予定である。これらの増強計画は主には MPEG4 などの動画放送に必要とされる帯域を保証するものである。また、表中に大学、稚内高校間が 2 重に光無線と無線を用いて張られているが、これは次に述べる光無線の降雪期の問題のための措置であり、更に商工高校についても無線を並行に設置の予定である。同時に、マルチキャスト実験のために、商工・稚高間にも光無線を設置する予定であるので、大学・稚高・商工の 3 地点については 100M のトライアングルが形成され、同様に 11M のトライアングルが並列されることになる。一方、稚内中学への経路にある市役所、図書館についてはまだ本年度は接続予定にはなく来年度以降の課題であるが、その経路上に位置する教育委員会や同一家屋内にある教育研究所については本年度接続を検討中である。



来年度以降の計画としては、10 数 Km 遠方にある宗谷中学と沼川中学が上げられる。前者については先に述べた道路ファイバーが最も有望であるが、主な区間が海上にあるために見通しも良いので、先に述べた規制さえクリアされれば無線も候補に上げられ、現在は両方の可能性を考慮している段階にある。一方、後者の沼川中

学については内陸部に位置するために見通しもなく、距離的にも 20 数 Km の遠方にあるために未だに有効な打開策が見つけられていない。一時海外ではマルチパスを用いた無線装置のプレアナウンスが公表されていたが、その後の進展は定かではない。こうした地域においては、ISDN も開通していないのであるが、もし 2 点間で ADSL が運用出来るならばそうした可能性も考慮に入れる必要がある。

5 光無線の問題

前述したように本年度計画では、光無線は全て無線とのデュアル構成へと移行する予定であるが、これは光無線が予想以上に降雪に弱く、降雪時には不通ないしは非常に頻繁なパケットドロップが発生しているからである。経験的には、見通しが得られないような場合には光無線は不通となり、1 日中降り続くような日も度々あるために冬期は実用に耐えない [4]。デュアル構成では OSPF (Open Shortest Path Fast) などのルーティングにより、切断時に対応する予定である。とは言え、年間を通して見るならば、光無線により十分な帯域が確保されることになり、MPEG などを用いた実用的な動画アプリケーションが利用可能である点は重要である。

6 マルチキャスト実験

本年度計画の整備における主たる目的はマルチキャスト放送を行う点にあり、3 つの内容を持っている。ひとつは、マルチキャストルーティングの実験にあるのだが、現行のマルチキャストルーティングアルゴリズムは、本ネットワークのような頻繁な回線切断に対しては想定されていない面がある。PIM (Protocol-Independent Multicast) や CBT (Core-Based Trees) などであれば、ルーティング自体は今の場合 OSPF に依存するので、OSPF の収束時間に一致して収束する筈であるが、OSPF の Hello パケットの送出間隔と併せて短時間に収束するように設定したいのだが、現実にはそれが有効か否かは定かではなく、降雪による回線切断のパターンによ

ては最適解が存在するのかも知れず、テストが必要である [5]。

次に、IPv6 におけるマルチキャストについて、先に上げた実験の経験の上で、より良いマルチキャストルーティングプロトコルを開発する予定である。IPv6 のマルチキャストはまだ様々な面で定まっておらず、新しいプロトコルも提案されている。特に、我々は IETF の IPNGWG で提案されている Unicast-prefix-based IPv6 multicast address を用いて、新たに従来とは逆にマルチキャストのソースルーティングを実装中で、これを用いた実験を予定している。

最後に、実際の教育用アプリケーションの開発が上げられるが、当面はマルチキャスト実験と併せて MPEG4 による教材開発を考えている。MPEG4 は単なる動画規格ではなく、オブジェクトと呼ばれる音声、テキスト、動画などを時間的にリンクすることが可能な点に特徴がある。これにより、単なるテレビ放送的な教材ではなく、効果的にテキストや動画を提示することが可能となっているが、具体的な教材については今後研究して行く必要があり、こうした事を現場の中・高教員と共に実際に使いながら行う予定である。

参考文献

- [1] 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
- [2] 金山典世, 他: 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.
- [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] 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.
- [5] 柳田裕介, 佐藤勉, 金山典世: 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, WIT2001, 2001 年 9 月.