

地域間相互接続実験プロジェクトにおける 定常的な動画配信ネットワーク

豊島 修平 菊池 豊

高知工科大学 大学院 情報システム工学コース

概要

地域間相互接続実験プロジェクトでは、JGN 上で動画ストリームの配信実験を行って来た。その中で、ネットワークの構築など、実験目的以外での人的コストが増加しているという問題点があった。この原因は、実験のたびにネットワークの再構築を行っていたからである。

著者らは、原因解決のために、定常的な動画ストリームの流通が出来るネットワークを JGN 上に構築する事を提案した。そして、提案に従ったネットワークを構築し、実験目的以外での人的コストを削減した。本稿では、構築したネットワークとその機能について述べる。

A standing network of contents distribute in Regional Internet Backbone Project.

TOYOSHIMA Shuhei and KIKUCHI Yutaka

Information Systems Course, Kochi University of Technology

Abstract

Regional Internet Backbone Project has been performed motion pictures distribute experiment on Japan Gigabit Network. This experiment had one problem that caused human costs other than the purpose. A reason of this problem is that build new network in every experiment.

We propose a network on JGN which always distribute motion pictures. And we built a network with the proposal. In case to use this network, it can cutdown human costs other than the purpose. This paper explains about this network.

1 はじめに

近年、ADSL や CATV、FTTH といった、いわゆるブロードバンド環境がオフィスから家庭に至るまで浸透しつつある。回線のブロードバンド化に伴い、より広帯域を必要とするストリームコンテンツが配信されだした。

地域間相互接続プロジェクトでは Japan Gigabit Network [1](以下 JGN) 上において様々なブロー

ドバンド環境向けコンテンツの配信実験を行って来た。30 回近い実験を経て、主要な動画コンテンツの配信ノウハウを蓄積する事が出来た。

これまでの動画配信実験では、実験の度にネットワークの再構築を行っていたため、ネットワークレイヤの構築など、実験目的以外での人的コストが増加するという問題点があった。この原因は、実験のたびにネットワークの再構築を行っていたからである。

著者らは、原因解決のために、定常的な動画ストリームの流通が出来るネットワークを JGN 上に構築する事を提案した。そして、提案に従ったネットワークを構築し、実験目的以外の人的コストを削減した。

まず第 2 節では、活動フィールドとなる地域間相互接続実験の活動、および活動の一つである動画配信実験における問題点を述べた後、その問題の解決案として定常的な動画配信網を提案する。次に第 3 節では、提案に従って構築した定常動画配信ネットワークに関する詳細を述べ、第 4 節では、構築したネットワークに関する評価について述べる。そして、第 5 節では構築したネットワークの今後の課題について述べ、最後に第 6 節ではまとめを述べる。

2 地域間相互接続実験プロジェクト

本節では、活動フィールドとなる地域間相互接続実験プロジェクト、及び本稿に関連する活動について説明する。

2.1 プロジェクト概要

地域間相互接続実験プロジェクト [2] (Regional Internet Backbone、以下 RIBB) は、次世代のインターネットサービスにおいてエンドユーザが利用出来る高速・広帯域なサービス・アプリケーションを実現するための実践的な JGN 上の研究プロジェクトである。

活動内容は、地域間を相互接続する基礎技術とそれにより実現出来る応用技術全般であり、特に「地域内高速アクセスラインの研究」「地域間情報リソースの共有」「超高速バックボーン技術」の 3 点を重要目標としている。

2.2 次世代 IX 研究会

次世代 IX 研究会 [3] は RIBB 上で活動を行うプロジェクトである。IX に MPLS 技術を適用した MPLS-IX アーキテクチャを提唱し、次のよう

な活動を行っている。

- 次世代 IX に必要な技術開発と検証
MPLS-IX が次世代 IX の要件を満たすために必要な技術開発、および検証を行う。
- 次世代 IX の実証実験と普及発足
JGN 上に MPLS 網を構築することにより広域分散環境における次世代 IX を構築するとともに、共同実験パートナーの MPLS 網と相互に接続を行いより広範囲な実証実験環境を構築する。

次世代 IX 研究会が JGN 上に構築した MPLS 網を distix と呼ぶ。これは、JGN 上におけるネットワークレイヤまでの接続性を提供する。多くの RIBB 参加団体が distix に参加し、RIBB のバックボーンを構築している。

2.3 RIBB における動画配信実験

RIBB では、これまで地域でのイベントに合わせ、それをソースに動画配信実験を行ってきた。実験には、次のような目標がある。

- 動画配信技術の利用
現存する動画配信技術を実際に利用し、配信・受信に関するノウハウを蓄積する。
- 大容量コンテンツ配信用ネットワークの構築
JGN を用い、大容量コンテンツを配信するネットワークの設計・構築・運用を行う。
- 地方間でのコンテンツ共有
各地方において生成される、地方独自のコンテンツを広く利用する。

これらは、2.1 節で述べた RIBB の目標とする研究活動要素をまんべんなく含むため、RIBB の活動でも重要な位置を占めている。

2.4 動画配信に関する問題

これまでの動画配信実験において、ネットワークの設計や設営といった、本来の目的以外での人的コストの増加が問題になっていた。

問題の発生する原因は、実験毎にネットワークを構築し直していたからである。実験のたびに参加エリアの募集からやり直していたため、全てのネットワークレイヤの設計からやり直す必要があった。また、扱うレイヤが多いためトラブル発生時の原因特定が困難であった。

以上の問題を解決するために、ネットワーク自体を恒常的に運用し、イベント時にはコンテンツを流すだけで実験を行える環境を構築する事が必要であると考えた。以降この実験環境を定常動画配信ネットワークと呼ぶ。これにより、ネットワークレイヤのネットワーク構築にかかる人的コストの軽減を目指す。

3 定常動画配信ネットワーク

本節では、定常動画配信ネットワークの要求分析、設計を述べた後に、実現したネットワークを述べる。

3.1 要求

定常動画配信ネットワークを構築するにあたり、次のような要求があった。

- 定常的な動画ストリーム配信
各参加エリアが定常的にストリームの送信・受信を行うこと。また、イベント時は特定エリアのストリームを全エリアに送信出来ること。
- 参加・脱退が容易
ネットワークへの複雑な変更を行わずに、各エリアにおけるノードの設置・撤去が可能なこと。
- ネットワークレイヤのメンテナンスコストを抑えることが出来ること。

3.2 仕様

要求を基に、次のような仕様を設定した。

- 参加エリアの構成

各エリアには、ストリームの送信ノード、受信ノードが各 1 台ずつある。

- リフレクタの設置
ストリームの切替えを行うために、リフレクタを常設する。リフレクタは、全エリアの送信ストリームを受け、その中より選択したストリームを全エリアの受信ノードへ送信する。
- バックボーンネットワークの利用
JGN 上における IP の到達性は、RIBB のバックボーン技術である distix を用いる。

仕様段階におけるネットワークを図 1 に示す。

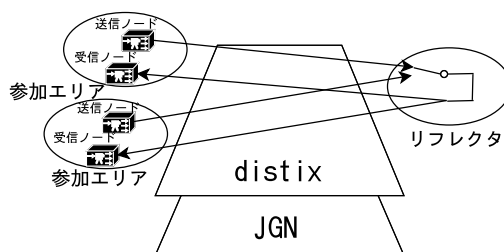


図 1: 仕様段階におけるネットワーク

3.3 設計

次のようなネットワーク設計を行った。

3.3.1 ネットワーク全体

設計したネットワークの全体を図 2 に示す。詳細を以下に示す。

- 高知にリフレクタを設置する
リフレクタには各地より送信されるストリームが集中するため、なるべく広帯域で JGN と接続している事が望ましい。そのため、OC-12 (622 Mbps) と RIBB の中では比較的広帯域で接続している高知にリフレクタを設置した。
- 配信手段に DVTS を採用する

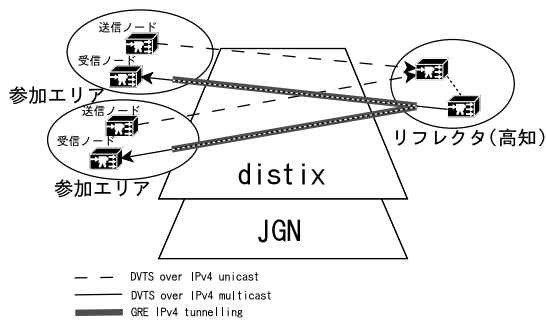


図 2: ネットワーク設計全体

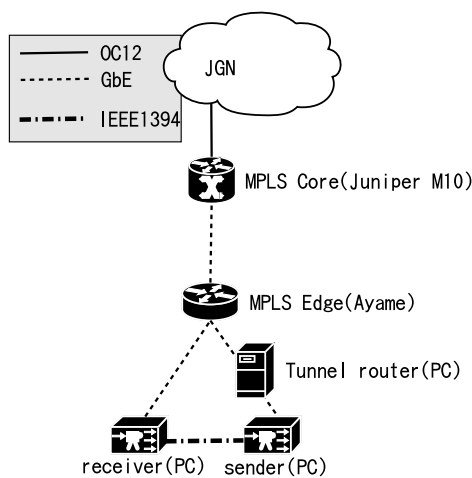


図 3: リフレクタ設計

稼働実績が最も多く [2]、下位レイヤとして v4, v6、さらに unicast, multicast と任意の IP を選択する出来るため。

- リフレクタへは IPv4 unicast で送信する
基幹ネットワークとなる distix は、現在 IPv4 unicast のみに対応しているため。
- リフレクタからは IPv4 multicast で送信する
リフレクタの送信ノードを 1 つに抑えるため。また、distix においては multicast パケットを unicast トンネリング上に通す。

3.3.2 リフレクタの設計

リフレクタの設計を図 3 に示す。コンテンツの

流れに沿い、リフレクタにおける動画折り返しの仕組みを説明する。

1. 各地の送信ノードよりリフレクタの receiver へストリームを送信する
2. 各地からのストリームのうち、1 つのストリームをリフレクタの receiver において選択する
3. 選択したストリームを IEEE 1394 経由でリフレクタの receiver よりリフレクタ sender に送る
4. IPv4 multicast でリフレクタの sender より各地の受信ノードへストリームを送信する。その際、distix 上ではトンネリングを行っているため unicast で伝送される。

イベント時は、イベントが行われているエリアからのコンテンツストリームを折り返す。

イベントの無い時は、リフレクタにおいて映像切替えを時分割で行う事により、各地のストリームを全エリアでモニタリング出来るようにする。時間分割以外には、複数ストリームを 1 画面上のマルチ映像とする空間分割も可能である。ただし、専用の機材が必要になるなど、コストの問題より今回は採用しなかった。

3.4 実現

実際に構築したネットワークを図 4 に示す。

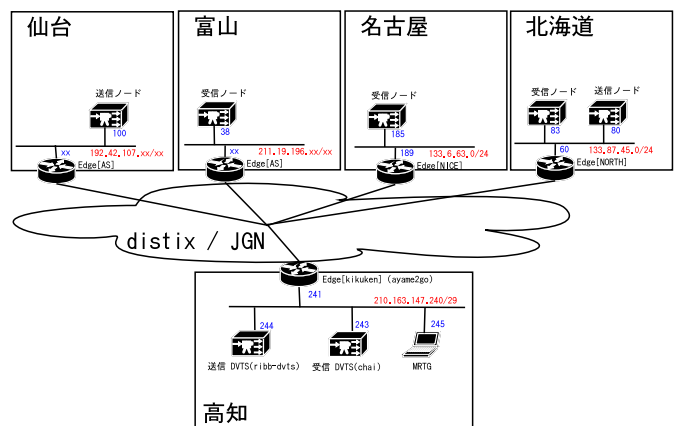


図 4: 構築したネットワーク

4 評価

本節では、定常動画配信ネットワークが 3.1 節で挙げた要求を満たす事が出来たか、また 2.4 節で挙げた問題点を解決出来たかについて評価する。

4.1 要求に関する評価

構築したネットワークが当初の要求を満たしていたか評価する。

まず、「定常的な動画ストリーム配信」という要求について述べる。構築したネットワーク上では、定常的にストリームを流す事が可能である。また、イベント時もしリフレクタの切替えのみで特定エリアのストリームを全エリアに送信する事が出来る。

次に、「参加・脱退が容易」という要求について述べる。各参加エリアの受信ノードは、ネットワークへの設定無しに設置・撤去が可能である。また、各参加エリア送信ノードは、リフレクタとトンネルを張った後はネットワークの設定無しに設置・撤去が可能である。

そして、「ネットワークレイヤのメンテナンスコストを抑える事が出来る」という要求について述べる。JGN 上での IP の到達性に distix を用いたため、動画配信実験の参加者はネットワークレイヤのメンテナンスを行う必要が無い。

以上より、ほぼ要求通りのネットワークを構築する事が出来たと考える。

4.2 問題点の解消

動画配信実験における問題点は、実験目的以外での人的コスト増加であった。

構築するネットワークのバックボーンに distix を用い、JGN 上におけるレイヤ 3 以下の接続性を確保した。これにより、アプリケーションレイヤの構築から運営までに関する人的コストを削減する事が出来た。

また、構築したネットワーク上に定常的な動画ストリーム流通路を確保した事により、ストリーム上のコンテンツを切替えるだけで実験を行う事が可能になった。これにより、実験開始までの人的コストを削減する事が出来た。

以上、定常動画配信ネットワークを構築した事により、問題点であった人的コストを減少できたと考える。

5 今後の課題

本節では、定常動画配信の今後の課題について考察する。

5.1 許容ノード数の増加

ネットワークに参加するノードが増加すると、構築したネットワークにおいて最初に輻輳の発生する箇所は、図 3 における OC-12 (622 Mbps) の区間である。DVTS の利用帯域を、IP, MPLS, ATM のヘッダが付加される事を考慮して、約 40 Mbps とする。現状では送信・受信ノード共に 15 以上のノードが参加すれば、OC-12 の区間において輻輳が発生する。RIBB の参加団体は 30 以上なので、このままでは全団体が参加出来ない。

この問題に対し、いくつかの解決策を検討する。

5.1.1 リフレクタの複数設置

現在、1 つのリフレクタで全ストリームの折り返しを行っている。リフレクタを複数地域に配置して協調動作させ、参加エリアは近傍のリフレクタを利用するよう設計を行う事によりトラフィックを分散させる。

しかし、新たなリフレクタを設置する度に今回のようなネットワークの再構築を行う必要がある。また、リフレクタが協調動作を行うには、リフレクタ群を制御する仕組みも必要である。ネットワークの再構築及び、リフレクタ群の構築には、新たな人的コストが必要となる。

5.1.2 MPLS マルチキャストの導入

MPLS ネットワーク上でマルチキャストを実現する手法として、北陸先端科学技術大学院大学で開発中の MPLS マルチキャストがある。現在は、配信木を構築するためのシグナリングプロトコルが未完成なため、手動でパケットの複製設定を行

う必要がある。そのため、新規ノード設置のたびに人的コストがかかるので、今回は採用を見合わせた。

MPLS マルチキャストを導入出来れば、distix 上におけるストリームのオーバーヘッドを削減出来る。その結果、受信ノードの許容数を増加させる事が出来ると考える。しかし、実現のためには動画配信に参加する各エリアの MPLS ルータが MPLS マルチキャストに対応する必要がある。

5.1.3 ストリーム送信のスケジューリング

各エリアの送信ノードでのストリームの送信・停止を、リフレクタが制御する機構を導入する手法がある。これにより、リフレクタへ送信するストリーム数を 15 以下に抑えながら参加する送信ノードの許容数を増加する事が可能となる。

実現のためには、リフレクタが各送信ノードの IP アドレスを把握し、ストリーム送信・停止のスケジューリングを行う必要がある。

6 まとめ

RIBB 動画配信実験における問題点を整理し、それを解決する手段として、定常的に動画ストリームを流通させるネットワークを JGN 上に構築した。その結果、問題であったネットワークレイヤの構築・管理コストだけでなく、アプリケーションレイヤの構築コストも削減する事が出来た。

しかし、現在のネットワークでは 15 団体以上が参加をするとネットワーク上に輻輳が発生する。今後、参加可能な団体数を増加するための設計変更を行う必要がある。

7 謝辞

日頃より、御協力頂いている RIBB 参加団体の皆様、特に今回のネットワーク構築に関しテスト段階から御協力頂いた名古屋・富山・仙台エリアのスタッフの皆様にこの場を借りて御礼申し上げます。

RIBB の活動は TAO JGN-G11012 研究プロジェクトの支援を受けている。

参考文献

- [1] 齊藤忠夫. JGN (Japan Gigabit Network) の概要. 情報処理, Vol. 43, No. 453, pp. pp1151-1157, 11 2002.
- [2] 菊池豊, 中川郁夫, 樋地正浩, 八代一浩, 林英輔. 地域間相互接続プロジェクト. 情報処理, Vol. 43, No. 453, pp. pp1171-1177, 11 2002.
- [3] 中川郁夫, 江崎浩, 菊池豊, 永見健一. MPLS を用いた広域分散 IX の実証実験. 情報処理, Vol. 43, No. 453, pp. pp1192-1197, 11 2002.