

## 4-5 IPv6 マルチキャストの相互接続性検証 (地域ネットワークとの連携検証)

### 4-5 About the Interoperability Evaluation of the IPv6 Multicast (Coordinated Verification with Regional Network)

美甘幸路 小林和真

MIKAMO Yukiji and KOBAYASHI Kazumasa

#### 要旨

IPv6 マルチキャストは、通信・放送融合時代を迎え、インターネットを単なる Web 利用という過去の利用方法ではなく、ICT 社会にふさわしい、より生活に密着した利用を実現する技術として注目している。特に、IPv6 マルチキャストで利用する映像という素材は、ライフラインとして様々な分野で活用できることが容易に想像でき、インターネットの高度化によりこれらをいち早く実現し、安全で快適な生活向上に寄与すると考えられる。

この IPv6 マルチキャストについて、ラボレベルから実運用レベルで利用するための技術要素について相互接続性検証を行ったので報告する。また、地域ネットワークとの連携による、更なる精度向上を進めているため、併せて報告する。

On the communication and broadcasting uniting age, The IPv6 multicast pays attention to the Internet as a technology that upgrades suitable life for not the mere Web use but the ICT society Especially, it is easily imaginable to be able to use the image material used by the IPv6 multicast as a lifeline in various fields. It is thought that these are promptly achieved by upgrading the Internet, and it contributes to a safe, comfortable life improvement.

Because the interoperability was verified about a technological element to use it at the real operation level, it reports on this IPv6 multicast. In addition, it reports also because the accuracy improvement is advanced in cooperation with the regional network.

#### [キーワード]

マルチキャスト, 通信・放送融合, 相互接続性, JGN II, 地域ネットワーク

Multicast, Uniting of communication and broadcasting, Interoperability, JGN II (Japan Gigabit Network II), Regional network

### 1 まえがき

ラボレベルにおいて、数々の異ベンダールータ間で相互接続性の検証を行った結果、IPv6 マルチキャストトラフィックを処理する性能と、マルチキャストプロトコル間の相互接続性について課題が判明した。その結果について、該当ベンダーへフィードバックを行ってきた結果、現在バックボーンルータにおいてマルチキャストトラフィックを処理する性能(データ転送性能)について、ほぼ課題は収束した。ただし、我々が実装を主張し

ているマルチキャストプロトコル IPv6 PIM-SM (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode) は、日本市場でのみ利用する偏ったものではないか? という疑問が海外ベンダーにはあり、すべてのベンダー間で必ずしも実装機能がそろっているわけではない。

しかし、実運用レベルで検証を実施することによって、それが一般市場へ大きな影響を与え、疑問視していた海外ベンダーの理解も進み、今後の次世代インターネットを普及・促進させていくことが不可欠であることに理解が深まったと考えて

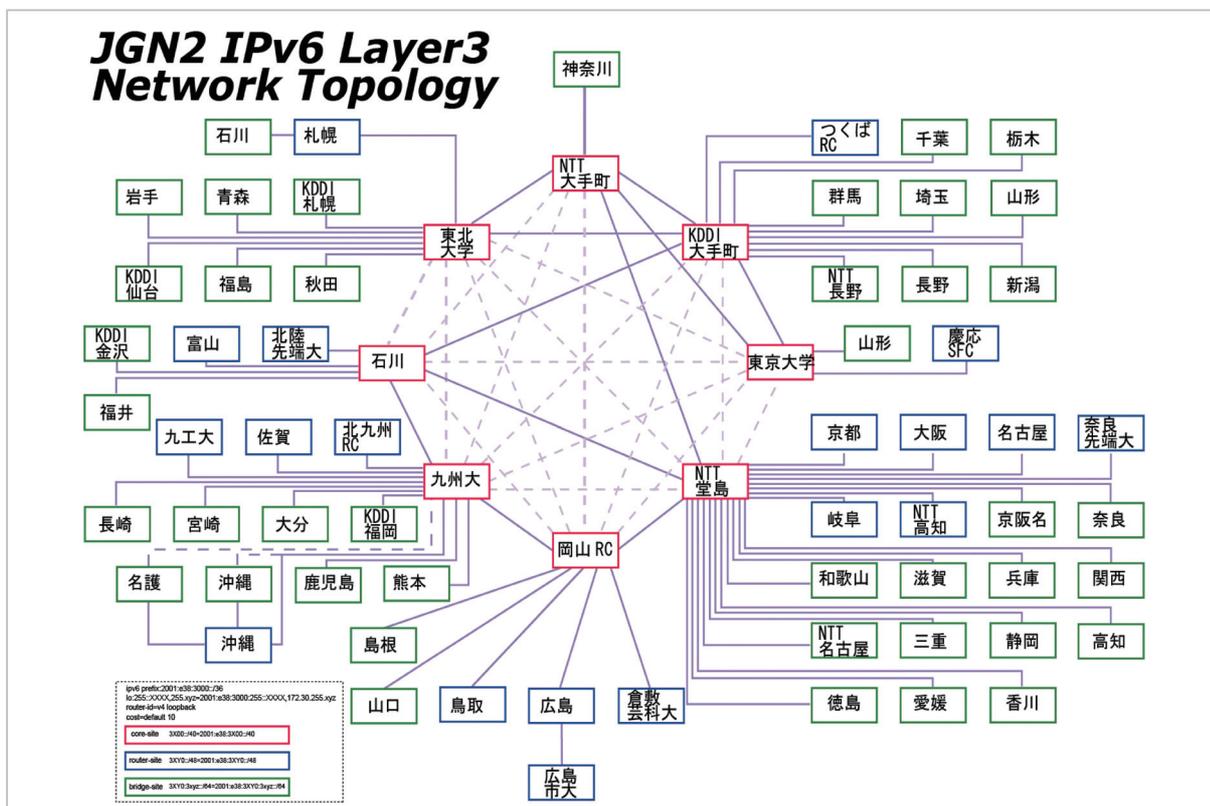


図1 JGN II v6 論理構成 (概要)

いる。

先にも述べたとおり、我々は IPv6 マルチキャストを次世代インターネットの機能の一部としてとらえている。したがって、ネットワークのデザインにも注意を払い、IPv4 時代のように専用のマルチキャスト用ネットワークを作るのではなく、ユーザに意識させずに一つのポートですべての業務が可能になるような仕組みとしている。このため、直接受信端末を収容するレイヤ 2 スイッチでは、マルチキャストトラフィックを不要なポートへ流さないために、IPv4 の IGMP (Internet Group Management Protocol) Snooping に相当する MLD (Multicast Listener Discovery) Snooping の実装が必要となる。IPv6 マルチキャストを実施する場合、ルータの相互接続性だけでなく、実際に端末を接続するレイヤ 2 スイッチの役割が重要になっている。

レイヤ 2 スイッチは、各端末を収容するエッジ機器であるが、MLD Snooping や IEEE802.1x 認証など小型化と機能増・性能というトレードオフの状態であり、今後はエッジスイッチの機能強化に注目が必要である。

これらの状況を踏まえ、相互接続性検証の精度向上のため、実ネットワークと絡めた検証を実施するため、JGN II と相互接続を行っている岡山情報ハイウェイ (OKayama Internet eXchange = OKIX) とそれに接続している各市町村ネットワーク上で検証を進めることとした。

## 2 本論

### 2.1 JGNv6 から JGN II v6 へ再編

JGN II を用いた大規模ネットワーク上での検証を行うため、JGNv6 を再編し、JGN II 上に新たに IPv6 網を構築することとした。JGNv6 は、コアが ATM (Asynchronous Transfer Mode) を用いていたこともあり、現在のネットワークトレンドとは差異がある。したがって、現在の主流である Ethernet ベースのネットワークで検証しなければ意味がない。

新たに構築した網は、図 1 のような構成となる。JGN II v6 として研究開発用テストベッドとして機能させるとともに、我々が目指す次世代インターネット網としての機能を備えさせることとした。

コア、ルータサイトからは、様々な地域ネットワークを接続可能とするために、JGN II v6 のルーティングが参照できる構成とした。

(1) OSPFv3 (Open Shortest Path First version 3) による JGN II v6 ルーティングテーブルの提供

(2) PIM-SM RP (Rendezvous Point) の共用  
さらに、コアネットワーク上に次のような要素を取り込み、大規模ネットワーク上の評価項目を算定した。

- (1) RP (異機種間) の正副配置運用
- (2) MLD-Snooping によるフラッディング抑止
- (3) JGN II v6 全体のマルチキャスト対応 (標準機能化)

JGN II 利用者の研究開発用テストベッドでありながら、岡山リサーチセンター (RC) としての研究要素を兼ね備えることが必要である。このため、異機種間接続環境とし構築当初は表 1 のような機器群となっている。

**表 1 構成ルータの種類 (ルータサイトは一部)**

ベンダー名	製品名	サイト名
日立製作所	GS4000	コア
	GR2000-2B	ルータ
Cisco Systems	Catalyst6500	コア
	GSR12406	コア
Juniper Networks	T320	コア
PROCKET Networks	PRO8801	ルータ

先にも述べたが、JGN II v6 では JGN II を利用する人の利便性を考慮するとともに、我が国全体のネットワークの機能向上を目指し、地域ネットワークとの相互接続を積極的に進めている。特に、岡山 RC が目指すネットワークの未来像を現実化するためには、この地域ネットワークの発展が不可欠であり、今回の取組もその一翼を担っている。JGN II v6 で検証したことを各方面へフィードバックしていくことが必要である。

## 2.2 IPv6 マルチキャスト検証の経緯

2004 年 2 月通信・放送機構岡山 IPv6 システム検証評価センター時代に、最初の実証実験を行った。この時の目的として次の二つを掲げ、実利用

可能かどうかの初期フェーズの検証として実施した。

- (1) IPv6 マルチキャストの長距離、マルチベンダー運用の実証
- (2) 地上波テレビの映像中継に利用可能かどうかのクオリティと利用者側の機能確認

この時、1 ストリームの 1 方向通信にとどめている。理由としては、大規模ネットワークを使ったものは初めてであり、ルータの性能がラボ検証どおりかどうか不安であったため、詳細には、次の 4 点を注視した。

- ① さっぽろ雪祭り会場の映像を複数拠点で同時受信し、品質評価を行う。
- ② 最長距離の沖縄 - 札幌間での地上波生中継用素材として用いる。
- ③ 同時期に実施されるプロ野球春季キャンプの話題をクロストークするなど、生の比較を番組に生かしながら放送に利用できることの実証。
- ④ 放送中継に必須の連絡回線及びキャスター音声折り返し回線をインターネット電話 (VoIP) 技術で伝送し、すべてをインターネット化できるかどうかの実証。

ネットワーク構成は、図 2 のとおりである。JGNv6 上には、IPv6 PIM-SM の相互接続性に当初から課題のあるルータが存在していたため、ATM パスによる専用ネットワークを構築し、マルチキャストルータ的に最適なネットワークとして望んでいる。我々が考えている次世代ネットワークのあり方とはこの時点では異なっている。

2004 年の実験を踏まえ、Ethernet をコアにしたラボ検証を繰り返した後、2005 年の実証実験の方式としては、「放送局のグループ企業が放送素材として同時に同じ素材を利用する」ことを目的とした。これは、マルチキャストの名前で想像すると、通常は配信利用と考えがちであるが、素材を相互利用する状況であれば、集めることにもマルチキャスト利用が最適である。

構成図は、図 3 のとおりであり、2004 年 2 月と同様、よりクリティカルな実放送の一部として IPv6 マルチキャストを利用した地上波本放送の素材として利用するという内容とするはもちろん、1 か月間放送素材を収集する手段として常時利用することとした。これは、長期運用での課

## ■ JGNv6上に専用NW

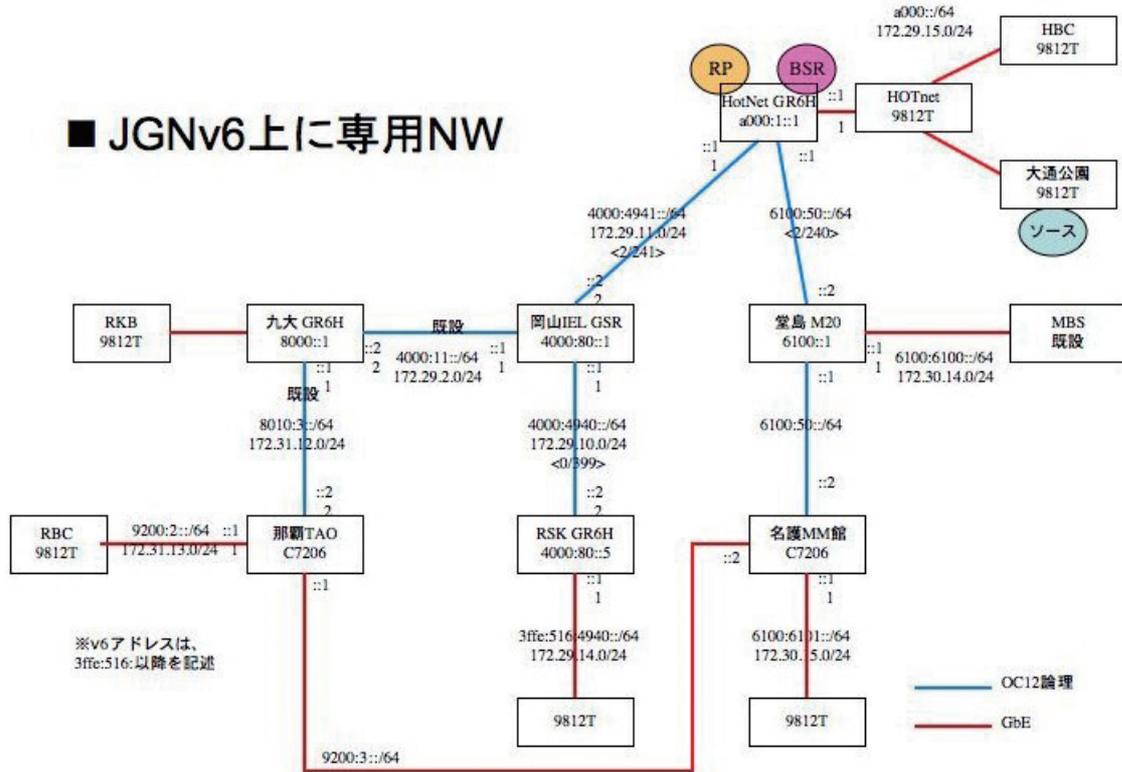


図2 2004年2月実証実験構成

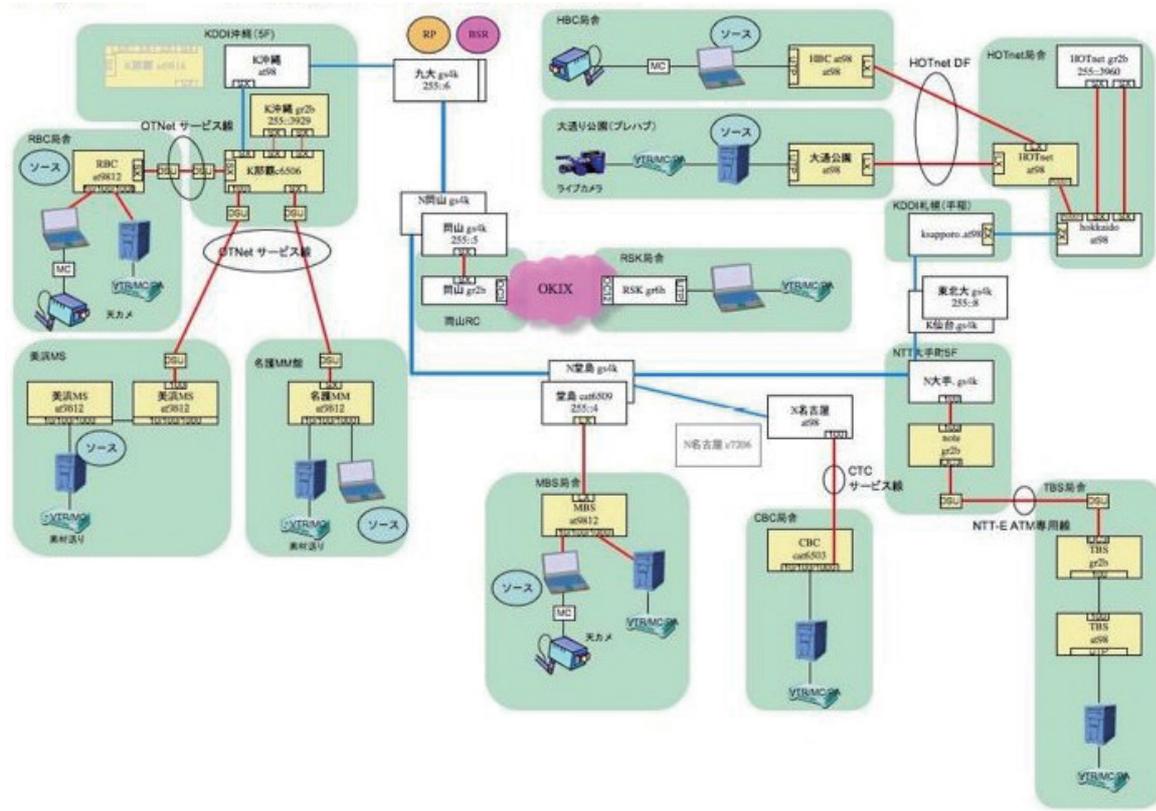


図3 実証実験構成

題抽出を行うためである。

本実証実験へは、表 2 に示す JNN 系列の放送局 6 社が参加し、複数の素材を必要な放送局が取得できるという方式である。それらを整理すると、次のようになる。

表2 実証実験参加放送局



- ① IPv6 マルチキャストの長距離、マルチベンダー運用の実証(2004 年と同様)。
- ② 多地点双方向での IPv6 マルチキャストの同時利用の放送利用実証。

また、内容を詳細に記述すると、次の六つの項目に整理できる。

- ① さっぽろ雪祭り会場の映像を複数拠点で同時受信し、品質評価を行う(2004 年と同様)。
- ② 最長距離の沖縄-札幌間での地上波生中継用素材として用いる(2004 年と同様)。
- ③ プロ野球春季キャンプの放送素材の伝送も併行して実施。
- ④ 最大で 23 ソースの同時配信。
- ⑤ 放送中継活動に必須の連絡用回線及びキャスター音声送り返し回線もインターネット電話 (VoIP) 技術で伝送 (VoIP を使うことは 2004 年と同様)。
- ⑥ 放送用途での要求項目の洗い出し (品質、操作性、遅延等)。

このように、2004 年の検証内容と比較すると、実証実験の範囲をネットワーク分野に加えて、放送分野にまで拡大した。それは、次世代インターネットを普及させるところに重点を置き、市場と一体となって実施することがその近道だと考えているためである。

### 2.3 検証結果

IPv6 マルチキャストプロトコルの相互接続性検証の項目は次のとおりである。

- (1) IPv6 マルチキャストグループ管理---MLD (Multicast Listener Discovery)
- (2) IPv6 マルチキャスト経路制御---PIM-SM (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)

MLD に関しては、レイヤ 2 機能である MLD Snooping について検証を行う。MLD Snooping については、先にも述べたが、マルチキャストが不要なポートへ当該パケットを流さないようにするために必要な機能であり、ユーザ側で利用するネットワークを意識せずに(差し替えがない)利用することが可能となる。

今回の場合では、マルチキャスト受信端末と連絡用 VoIP 端末は同一スイッチ同一 VLAN のポートに接続することが可能ということになる。

図 4 に MLD Snooping 動作について記述する。本検証を通じて得た課題は次のとおりである。

- ① 受信グループ Expire 後、再度マルチキャスト経路を構築する時間が長い(最長 15 秒程度)。
- ② ①を防ぐため、上位ルータへ Static Join を記述すると CPU 使用率が增加。パフォーマンスに影響。
- ③ マルチキャスト受信する Windows XP との MLD Snooping のバージョン違いにより、Cisco Catalyst6503 で Snooping が動作しない。
  - Allied Telesis AT9812 : Version1
  - Cisco Catalyst6503 : Version2
  - Windows XP : Version1
  - ルータ : Version1,2 両方
- ④ Cisco6503 の DR (Designated Router) 機能に関する問題(以下状態遷移)。
  - 存在しないはずのマルチキャスト経路が存在。
  - RP に Registration を始める。
  - RP へはトラフィックが届かないため、Register Stop は発行されない。
  - Registration 中のまま状態が停止。
  - ハードウェア処理されないため、CPU 利用率が 100 %になる。
  - パケット転送ができなくなる。
- ⑤ L2 ループ
  - 配線問題によりローカルループが発生。

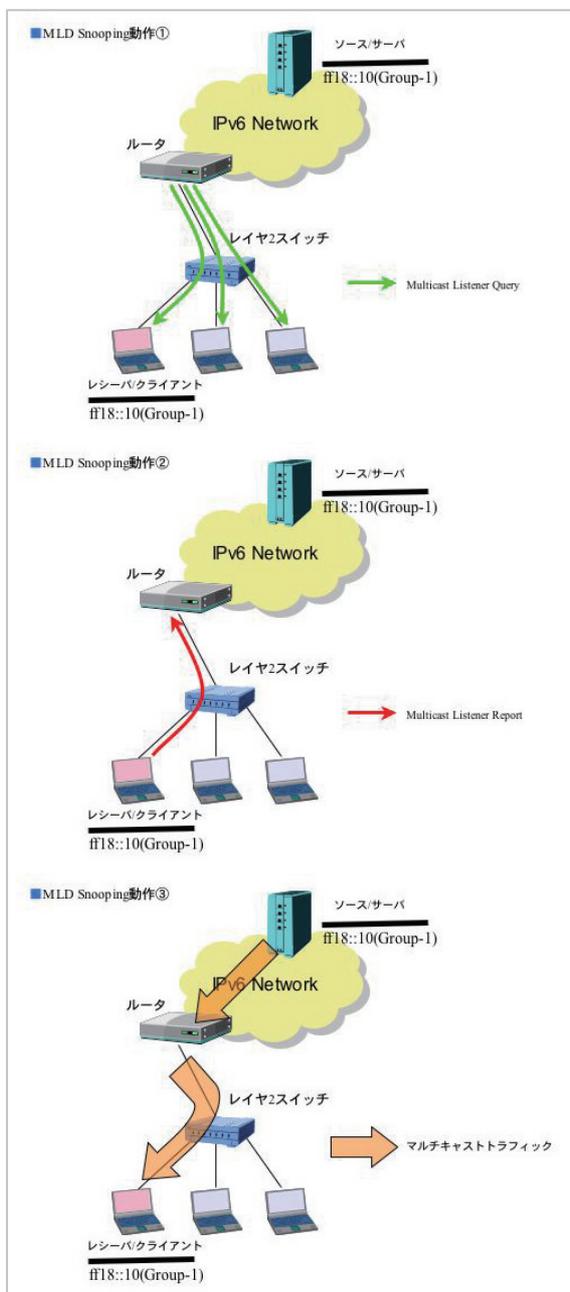


図4 MLD Snooping の動作概念

- 広域ループに発達。

①を防ぐための措置として②があるが、2004年2月に同じベンダーのルータで行った際にも発生している。他機種においても同様の事象が発生することから、ベンダーフィードバックを行った。これは、マルチキャストによるインターネットTVを実現する場合、レスポンスを考え途中のルータ上にはすべてのグループが存在するように設定の方が望ましいと考えるためである。下流の受信状況に応じてマルチキャスト経路をコントロ

ールする方法は現実的ではない。

さらに、③は MLD Snooping バージョンが、Version2 が Version1 の上位互換として報告を受けている。しかし、今回そのような動作にはなっておらず、ベンダーへ解析を依頼した。

また、④については、「存在しないはずのマルチキャスト経路が存在する」というところがトリガーになる。どのような場合に発生するかの原因は正確に現状がつかめていない。これも、先のソフトウェア処理による CPU 負荷が増大することと同様であり、今後ラボにおいて原因となるトリガー発生について検証を行う予定である。

最後に、⑤に関して、一つのローカルループが広域ネットワークへ多大な影響を及ぼすことになる(図5)。レイヤ2のループ回避として、STP (Spanning Tree Protocol) があるが、相互接続性には課題があり回避できないという問題が判明している。岡山 RC では、地域ネットワーク間の相互接続という Ethernet ベースによるネットワーク間接続の際に必ず問題になる STP について、今後検証を行っていくこととしている。

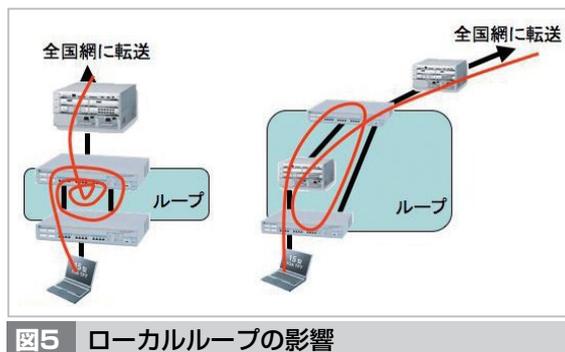


図5 ローカルループの影響

## 2.4 地域ネットワークとの連携検証の実施

本稿記述後であり、別途報告をするが、現実に広く普及を行っていくための取組として、マルチキャストに適した様々な利用用途を持っている地方自治体所管の地域ネットワーク上でスケールさせるための機能確保(信頼性の確保等)を検証することとした。これには、動くことではなく、利用可能なレベルを満たすことが主眼であり、実利用範ちゅうで実施する。

したがって、IPv6 マルチキャストをライフラインレベルとして機能させ、映像情報提供技術として浸透させるため、「映像 Grid」と称した状況

を地域ネットワーク（岡山情報ハイウェイ）上に構築、それを JGN II と連携させ、全国の JGN II アクセスポイントで受信させることとする。これにより、地域ネットワーク内でも IPv6 マルチキャスト利用の周知と技術的なフィードバックを行う。

コンテンツの種類は、全国へ配信することを考慮し、全県性のあるものが有効であるため、「晴れの国岡山国体」を素材とするとともに、全映像ソースは、JGN II 上ではなく地域ネットワーク上からマルチキャスト配信する構成をとる。

実証ネットワークのイメージを図 6 に示す。現実のネットワーク上では、Ethernet だけではなく、ATM が混在している。ネイティブにマルチキャストができない箇所については、ユニ／マルチ変換を行う。

ここで、各国体会場へは Web カメラを置くが、通常の Web カメラとしての使い方ではなく、カメラ-NTSC 出力-DV 変換-マルチキャスト PC という使い方をする。Web インターフェースはカメラ操作を行い、映像はクオリティ高いものを利用する。

研究項目としては、RP (Rendezvous Point) の負荷と機能集中による信頼性確保のための手法を検証。さらに、実運用時に必要となる全マルチキャスト経路常時エントリーを行う。特に、マルチキャスト経路常時エントリーでは、機器によっては

先の検証のとおり CPU 使用率問題が課題になるケースがあるため、機器ごとの課題抽出も視野に入れる。

### 3 むすび／謝辞

本研究開発は、IPv6 ネットワークの普及の一つの手段としての意味合いも大いにある。普及に関しては、現時点では様々な課題があり、実現がスムーズには進んでいない。それには、技術的な課題もあるが、機能的に IPv4 で問題がないという市場の受け止め方がある。現在のインターネットは Web を基本としたサービス体系が確立し、それをインターネットだと誰もが思い、それをそのまま IPv6 に置き換えるという発想なら必要性がないと認識される。

このような一般認識の中、岡山 RC では次世代インターネットの基盤技術として IPv6 を普及させるという考え方をしている。それには、自ら実証し、見せることが必要であり、その成果が普及へとつながると考えている。

2004 年度末から商用 ISP において、ようやく IPv6 サービスがコンシューマ向けに提供されるようになり、IPv6 マルチキャストで映像配信を行うという事業者が現れた。また、地上デジタル放送の IP 伝送という朗報も IPv6 マルチキャストの研究を重ねてきた立場からすれば喜ばしい環境

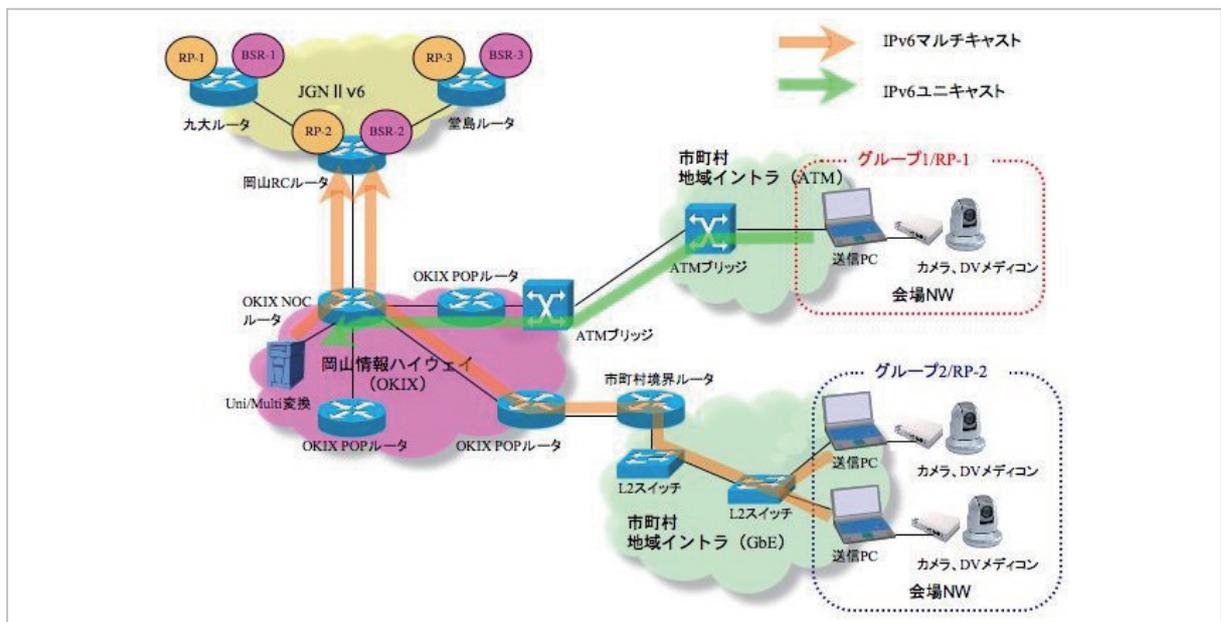


図6 地域ネットワークとの連携検証構成（岡山国体配信）

となってきた。

岡山 RC の研究によるベンダーフィードバックは、それを提供することができるネットワーク機器の性能を少なからず向上させたと考えている。研究の初期段階では、どの程度使われるかといっ

た議論がベンダーからあるが、市場に必要な技術トレンドを的確にリサーチし、研究開発項目の的確な抽出を今後も進めていくことが普及への近道だと考えている。今後も、このような手法で研究開発を進めていく予定である。

### 参考文献

- 1 IETF Home Page, <http://www.ietf.org/>.
- 2 Bill Fenner, Mark Handley, Hugh Holbrook, Isidor Kouvelas, "Protocol Independent Multicast - Sparse Mode PIM-SM): Protocol Specification (Revised)" IETF draft-ietf-pim-sm-v2-new-07.txt, Mar. 2003.
- 3 S.Deering and R.Hinden, "Internet Protocol Version 6(IPv6) Specification." IETF RFC2460, Dec. 1998.
- 4 WIDE Project Home Page, <http://www.wide.ad.jp/>.
- 5 KAME Project Home Page, <http://www.kame.net/>.
- 6 Usagi Project Home page, <http://www.linux-ipv6.org/>.



みかもちゆきじ  
**美甘幸路**  
拠点研究推進部門岡山 JGN II リサーチセンター専攻研究員  
次世代インターネット



こばやしあきまさ  
**小林和真**  
拠点研究推進部門岡山 JGN II リサーチセンター専攻研究員  
次世代インターネット