

# 1

## 先端技術実証の場としての さっぽろ雪まつり

### 小林和真

(独) 情報通信研究機構大手町ネットワーク研究統括センター  
ネットワーク運用センター長／  
倉敷芸術科学大学産業科学技術学部 IT 科学科

### さっぽろ雪まつり実証実験

情報通信研究機構（以下、NICT）では、「第 60 回さっぽろ雪まつり」（写真 1）において、新世代ネットワーク研究開発テストベッドである JGN2plus を大規模に活用した先端技術検証に関連する実証実験を複数同時に実施した。目的も実施者も異なる実験を、共通のネットワークインフラを用いて同時期に集中的に実施する試みは、検証目的の実験を実施する新しい形態である。実施にあたって、個々に異なる目的をそれぞれが達成できるように、最新のネットワーク仮想化技術を活用し、必要に応じて実験内容を分離・協調する方式を試行的に採用し取り組んでいる。物理的には同一のネットワーク装置・サーバ装置を利用していても、論理的に構造を分けて仮想的なサービスとしてネットワーク基盤を提供する手法は、実証検証を主目的とするテストベッドのサービス形態として新しい枠組みを提供している。

本特集では、さっぽろ雪まつり実証実験において JGN2plus で実施された最新の仮想化技術を活用した複数の実証実験について、その主なものを紹介する。

### これまでの実験と目的の変遷

NICT では、さっぽろ雪まつりを共通のテーマとして、6 年にわたり通信利用型放送に関連する実証実験を繰り返し実施してきた（組織統合前の通信・放送機構（以下、TAO）による実施分を含む）。まず、これまでに取り組んできた実験の経緯を簡単に紹介する。

この取り組みを始めた 2004 年当初は、IP version 6（以下、IPv6）に対応した通信機器を活用し、IP version 4（以下、IPv4）の既存ネットワークと同等以上の品質を確保できることを実証することを目的としていた。次世代インターネット技術としてやっと注目されはじめていた当時の IPv6 対応ネットワーク機器のほとんどは、製品的



写真 1 第 60 回さっぽろ雪まつり

に完成度が低く、実用レベルであるとは認知されていなかった。一方で、私が所属する TAO の研究グループ（岡山 IPv6 検証評価センター）では、IPv6 関連機器の相互接続検証をテーマに実用性確保を目指した研究を推進していた。この検証活動の結果、既存の IPv4 技術と遜色のないサービスを IPv6 でも提供できる感触を得ていた。そこで、IPv6 対応の実験ネットワークを全国規模で JGN 上に構築し、この IPv6 ネットワークを利用し大規模な実証実験を実施する計画を立案した。

実験は、ネットワークの実用性を証明するために、品質評価の厳しいプロ用の放送コンテンツを利用することを主眼に計画し、実際に実証に参加した放送局の番組内での生中継で利用してもらうことを目標とした。放送関係者に納得してもらうために、事前に検証を繰り返し、生じた問題点を本番に向けて順次改善していった。その結果、2004 年 2 月の雪まつりでは、北海道放送、毎日放送、山陽放送、RKB 毎日放送、琉球放送の各局に、放送素材として IPv6 を利用して伝送することに成功し、8 つの放送枠で実際にテレビ生放送されるに至った（写真 2）。

この実験により、放送利用可能という最低限の品質を



写真2 実際の放送で利用された映像  
(写真提供：(株)毎日放送, 山陽放送(株), 北海道放送(株), 琉球放送(株), RKB毎日放送(株))

IPv6 ネットワークでも確保できることを実証し、当初の実験の目的である実用性を証明することができた。

2年目以降の実験から、実インターネット環境により近づけるために、ネットワークの複雑性を高め、マルチキャスト技術や無線 LAN 技術などの各種プロトコルや伝送装置の実証も実験に組み入れていく。特にマルチキャスト技術は、国際的にも類を見ない多様性のある実験を繰り返し、この技術の実用化に大きく貢献している。

実施回数が進むにつれ放送技術の進歩に合わせた映像の高品質化 (HD) も行われ、複数の圧縮技術を比較してのネットワーク親和性の検証や、疑似障害を発生させての冗長性の確認など、通信利用型放送の実用化に向けた実証に軸足を移すようになってくる。中継現場での人員の連絡に用いるインカムシステムの IP 化や素材の蓄積・再送信など、放送業務に関連する周辺情報技術の開発・検証にも実証範囲を広げ、より広範囲の技術の実用化を目指した取り組みへと「さっぽろ雪まつり実証実験」は変遷していく。結果、世界発の IPv6 マルチキャストによる生放送利用や、HD 非圧縮 (約 1.5Gbps) での生中継などの実績を積み重ねることになる。

また、映像伝送技術の検証とあわせて、本来の目的である次世代インターネット技術の相互接続検証や新しい技術パラダイムにおける運用技術の向上にも継続して貢献し、成果のいくつかは、参加した日米台のネットワークベンダの商用製品に実際に反映されている。

## 本年度の実証実験の目的

クラウドコンピューティングを始め、新しい計算パラダイムが数多く提案され注目を集めている。NICT が提供している JGN2plus でも、新世代ネットワークを指向したこうした研究に対応できる実験ネットワーク基盤の提供の可能性をこれまでも模索してきた。今回の実験では、JGN2plus 上に配置した 2 種類の仮想化対応ルータを、実験用途に応じて論理的に複数台のルータとして構成し、同時並行的に複数の実験を実施する形態に取り組んだ<sup>1)</sup>。

ネットワークを仮想化して研究者に個別に提供するサービスを想定し、実現性の観点から運用上の課題を確認した(図-1)。

本特集で取り上げられている雪まつり関連の実験は、すべてこの仮想化ネットワーク環境上で実施したものである。この実験は、ネットワーク技術の検証に関する実験と、通信利用型放送に関連した実験に大別でき、放送関連の参加者は、異なる 2 つの系列局グループに分かれている。相互に経済的な利益相反関係があり、論理的にグループごとにネットワークを分けて取り組む必要性が明確に存在した。取り組んだ実験概要を表-1 に示しておく。なお、すべての実験に関して、今回の特集で取り上げているわけでないことをお断りしておく。

## 大通会場 7 丁目での実験

大通会場 7 丁目には、第 1 回目の実験から継続して参加している北海道放送 (HBC) の大雪像がある。今回、このエリアでは、北海道放送、毎日放送 (MBS) が実験を中心的に担当し、韓国初の HD 品質での IP 生放送となった京仁テレビ (OBS) への国際 IP 伝送や、家庭用テレビへの映像配信基盤であるアクトビラを利用した世界初の Live 伝送に Panasonic とともに取り組んでいる。

## 大通会場 8 丁目での実験

大通会場 8 丁目に大雪像の展示会場を持つ北海道テレビ放送 (HTB) とその系列局である朝日放送 (ABC) は、さっぽろ雪まつり会場での実証実験に今回初めて参加している。このグループは、マルチキャスト配信型のエリア・ワンセグを利用した国内数カ所にわたる複数地点への同一コンテンツ送信の実験と、NICT が朝日放送、NTT 未来ネット研究所に委託しているコンテンツ流通のダイナミック化に関連する実証実験を中心に、複数の実験に取り組んでいる。雪まつり会場内に構築した仮設プレハブ NOC は、今年は 8 丁目会場に設置した。

## さっぽろ雪祭り期間中のその他の実験

さっぽろ雪まつりの期間と並行して、プロ野球春季キャンプを素材とした通信利用型放送の実証実験も沖縄を起点に同時期に実施している。今年度は、ネットワーク圧縮装置と圧縮画像の親和性の検証や仮想化ストレージを活用した素材蓄積伝送の効率性の検証などに取り組んでいる。この実験では、同じ実験を 1 カ月の長期にわたり繰り返すことで、運用継続性や保守性の評価を含め、より実用性を指向した検証を行っている。

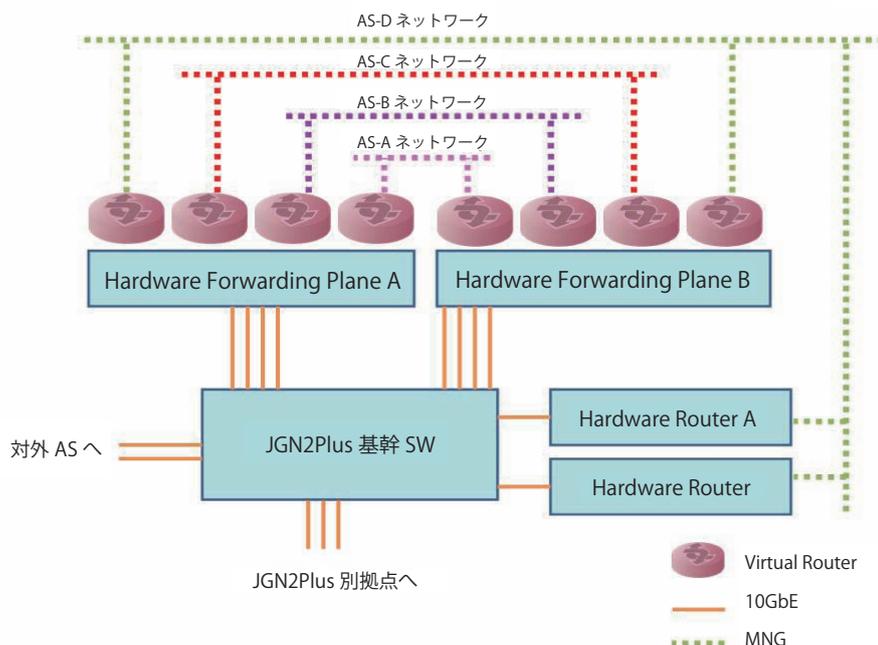


図-1 仮想化ルータによるサービスネットワーク

	伝送内容	伝送区間	映像伝送方式	通信方式
A	海外生中継	札幌→韓国	ProRes 422, H.264 <sup>*1</sup> , DV <sup>*2</sup>	IPv4/IPv6
B	ワンセグ素材	札幌→岡山, 品川	ProRes 422	IPv6 Multicast
C	エリア・ワンセグ配信	岡山→大手町, 札幌	TS over RTP	IPv6 Multicast
D	アクトビラ素材	札幌→岡山	H.264	IPv4
E	アクトビラ配信	岡山→大阪 <sup>*5</sup> , 東京 <sup>*5</sup> , 札幌	アクトビラフル	IPv4
F	生中継	札幌→大阪	DVCPRO HD, DV <sup>*2</sup>	IPv6
G	野球キャンプ中継素材 (1)	沖縄 <sup>*3</sup> , 高知→大阪 <sup>*4</sup>	H.264, MPEG2, JPEG 2000	IPv4/IPv6
H	野球キャンプ中継素材 (2)	沖縄→札幌	HDV	IPv6
I	野球キャンプ中継素材 (3)	沖縄→岡山	AVCHD, MPEG2-TS (ファイル共有)	IPv4 <sup>*6</sup>
J	球場 Web カメラ	沖縄→札幌	DV	IPv6

\*1 バックアップ用, \*2 リターン用, \*3 沖縄側複数拠点送信, \*4 大阪側複数拠点受信, \*5 商用インターネット経由で配信, \*6 伝送路圧縮技術併用

表-1 今年度の雪まつり実証実験での通信利用型放送実験の概要

## JGN2plus における仮想化への取り組み

NICT では、仮想化に関連する研究を複数並行して推進している。私が所属するグループが取り組んでいる JGN2plus における仮想化サービスは、ネットワークアーキテクチャそのものを見直し、仮想化に最適なシステムをゼロから構築しようという新世代ネットワークを指向したものではない。既存の IP アーキテクチャに依存する実用化済みの技術を活用して、統合的に仮想化環境を構築し資源化することで、テストベットを利用する研究者向けに仮想ネットワークを提供することを目的としている。

特に仮想化サービスの実現において検討が不十分とされている管理・運用面での課題を解決することで、現在の既存技術の組合せで達成可能な実用モデルの1つを示すことに力を置いている。

## 仮想化ネットワーク実現に向けての課題

JGN2plus では、先に述べたように、研究者向けのネットワークの仮想化サービスを検討している。ネットワーク上の計算資源をグループ化し仮想的に扱うことで、必要計算量に応じた環境を利用者に提供しようとする考え方を、サーバ資源だけでなく、ネットワーク資源、ストレージ資源にも拡張し、実験ネットワーク全体を仮想化してサービス提供しようというものである。

仮想化ネットワークでは、割り当てた資源単位に管理上も独立して操作できる仕組みを利用者に提供できなければならない。JGN2plus では「管理仮想化」と呼んでいるが、隣接する割り当て外のルータを操作できたり、ストレージ資源を割り当て量以上に消費したりすることがあっては、安心して利用できない。運用・管理用のコン

ソールやマネジメント機構も個々に独立して論理的に仮想化されている必要がある。また、実証の結果を実用化に結びつけるには、「実現可能性」「運用実現性」「経済適用性」の3つの要素も欠かすことができない。

提案されるネットワークモデルは、一般に実現可能な技術で構成され、かつ、長期運用可能な技術でなければ決して実用化には至らない。また、経済面でも商用化できる価格性能比で実装しなければ、いくら利便性の高いサービスでも社会的に受け入れられることはない。

一連の仮想化ネットワーク実証実験とその後のテスト運用で明らかになった問題点として、従来型の運用モデルのままでは、運用担当者（JGN2plus NOC）への作業負荷がほぼ倍増することも分かっている。

- サービス項目の増加
- 仮想化による設定項目個所の増加
- 仮想化による障害時の切り分け作業の困難性の増加
- リソース管理（競合状態の把握と利害調整）など

この実証実験の結果を受けて、JGN2plus における貸し出し運用モデルを再度検討し直し、実現可能性を模索しながら試験運用を継続している。この成果を踏まえ、2010年度からのJGN2plusの標準サービスとしてのメニュー化を引き続き検討している。

## 通信利用型放送実現へ向けての取り組み

映像伝送系のアプリケーションは、さっぽろ雪まつりの実証実験を通じて、放送用途での利用実績も着実に積み重ねられてきている。本特集でも、この実験で試行された新しい技術を紹介している。

地上波デジタルの放送開始でデジタル化された放送コンテンツは、単なる通信データとして自由にあつかうことができる。もちろん、ネットワーク通信路上でのデータの損失や伝送遅延への耐性、違法な複製・コピーの抑制など、個々に解決すべき技術要素はあるが、従来に比べてネットワーク親和性は明らかに向上している。

また、画像圧縮方式もネットワークに合わせた進化をとげている。記憶領域を最小化することが最大の目的だった圧縮技術の世界に、ネットワーク上での損失を考慮して映像再生を適正化する技術や、再生遅延を最小化するための手法など、ネットワークでの伝送を意識した研究開発が進められている。映像の可逆性をできるだけ確保しつつ（映像の品質を確保しつつ）、帯域を最小化でき、再生遅延も最小化できる手法が最終的に生き残ることになる。さっぽろ雪まつり実証実験には、放送用途の映像伝送装置開発のベンチャー企業や大手の映像機器ベンダも参加し、これまでの実験の結果を反映した商材が市場に投入されるようになってきている。

放送の特性であるマス（視聴者）に向けた一斉同報送信についても、マルチキャスト技術の発展と商用サービス化により、実現可能性が出てきた。斬新なビジネスモデルの創生や法制化による後押しがあれば、急速に普及するという想定シナリオも現実味を帯びてきている。

## 結果の取り扱いと情報開示

さっぽろ雪まつり実証実験の取り組みで、最も気を使うのが結果の取り扱いとバグや不具合などの不利益情報の開示についての対応である。もちろん、実験参加者は、持ちこんだ機材がうまく動作することを期待して実証に取り組むが、必ずしもすべてが期待通りに動作するわけではない。本番で初めて組み合わせで実証される機材や本番直前にソフトウェアが完成する最新の機材が持ちこまれることもある。また、競合するベンダ同士が新製品を持ち寄って相互接続する場合など、どちらの実装が原因で問題が生じているかを中立的な立場で解明し、それぞれのベンダにフィードバックしないといけない。検証後は、不具合を修正するためのある程度の対応期間を設定し、ベンダ側の改善が見られない場合には、一般に不具合情報として開示するなど、製品の完成度の向上に向けての活動にも気を配る必要がある。

今年の実験のように、利益相反が生じる組織が複数参加している場合には、両者間での不利益情報の遮断を徹底していく必要もある。実験参加者のそれぞれの利益の最大化を図ると同時に、公共実験としての意味合いを重視し、共通知識としての結果の開示をどの程度の範囲でどの時期に実施していくかという課題が残る。実験が失敗に終わった場合には、実施したことを含めて非公開にする約束を事前に交わし、ソフトウェア的に致命的なバグを見つけた場合でも半年間は公開しないルールを定めるなど、参加者利益を確保しつつ、平等に実験が実施できるよう個別事情に配慮し進めている。

また、実験参加者が自社の広報宣伝用の実績として活用し、製品の適用事例として顧客に紹介することについても妨げていない。こうした活動も技術の社会普及には必要不可欠であると考えているからである。

## JGN2plus における仮想サービス化の課題

仮想化したネットワークは、物理ネットワークと同様に通信インフラとして利用するための個別の設定を必要とする。すなわち、VLANの設定やルーティングの設定、アドレスアサイン、マルチキャストの設定など、仮想化しても、ネットワークで設定する項目は減少しない。む

しる、仮想化し複数の論理ネットワークを重複化することで、個々のネットワーク間の干渉や仮想化による制約などで、より一層複雑化してくる。仮想化 OS 環境で OS を自由に選択できるように、仮想化ルータでは、自由に利用するルーティングプロトコルも選べるし、QoS やフィルタなどの設定も自由に設定できることが理想である。

こうした運用上の作業負荷を人員に頼って実現すると、短期の実験ではうまくいっても長期運用には耐えられない。運用を補助するためのメタシステムによる資源管理や設定作業自動化のためのシステムが必須となる。割り当て可能リソースを把握し、設定後には、複数の仮想化ネットワーク利用者間で共用する共同責任領域の監視や複数の仮想ネットワーク間に及ぶトラブルシューティング、解放されたリソースの再管理、利用者間での情報共有伝達システム（トラブルチケットなど）など、運用していく上で必要とされる機能は多岐にわたる。トラブルシューティング時の作業負荷を考慮すると、これまで以上に「ネットワークの見える化」を行っていく必要性を感じる。JGN2plus では、他のネットワーク運用の参考になるように、PerfSONAR<sup>2)</sup>や独自に開発中のネットワーク管理用の各種ツールを駆使し、仮想化に対応したネットワーク状態の見える化をこれまで以上に推進していきたい。

## 情報技術分野における臨床的研究の位置づけ

開発最終段階にある技術をうまく組み合わせ、分かりやすい成果を示すことで、「実用化に向けたデスバレー」と言われる研究開発と実用化の谷を越える実証実験の実施には大きな意味がある。

医療分野では、学術的に新しい発見を求める先端的基礎技術研究と、その成果を実際の医療現場に適切に適用していく上での重要な知見としての臨床評価の両方が価値のある研究として認められている。

情報処理分野(特に通信研究関連分野)では、実装上の知見や運用手法などに関する研究については、普遍性の証明が困難なものも多いため、学術的に十分な評価がされてきていないように思える。およそ実現可能性の薄い特定条件の評価用モデルを設定し、その環境下における優位評価に基づく成果を示した段階で、研究を終えてしまう例も少なくない。この基礎研究・モデル研究の中から、実用へと適用可能な研究成果を抽出し、「臨床」していく取り組みも情報技術の発展に必要である。さっぽろ雪まつり実証実験は、単なる新規の研究成果を創出するよりも、実用化に向けての課題抽出と長期運用性を考慮した改善により主眼を置き、情報技術の臨床的成果を示すよう特に意識して実験を積み重ねている。

## 高度運用技術者の育成と今後の課題

情報技術の一般化によって、誰でもインターネットや携帯ネットワークを簡単に利用できるようになったことで、この分野に対する学習興味を学生が失ってしまう傾向が見られる。私が所属する大学でも情報系学科の志願学生は一貫して減少傾向にある。そのため、高度運用技術者の育成への長期的影響を懸念している。放送での通信利用や遠隔医療など、ネットワークへの信頼性がより求められているが、この状況変化に対応する高度な運用技術を、これまで以上に追及していく必要がある。さっぽろ雪まつり実証実験の今後の取り組みは、これまで以上に運用技術向上と実験の経験の蓄積に貢献できるように、意識を持って取り組んでいく必要があるだろう。

6年にも及ぶ実証実験には、百社を超える企業・団体が参加している。数多くの協力者に支えられ、これまでの成果は創出されてきた。さっぽろ雪まつり実証実験の企画立案に対し、実証の場を提供してくれている情報通信研究機構と、取り組みに賛同し協力してくれている企業・団体に感謝するとともに、本実証実験の取り組みについて貴重な公開の機会を与えてくれた情報処理学会に対し謝辞を述べるとともに、同種の実証実験が学会員により積極的に展開されていくことを期待したい。

付記：本年度の実証実験への参加機関は、企業 24 社、大学 3 校、地方自治体 8 団体、研究機関 6 組織で、総計で 41 組織となる（海外企業・組織を含む）。通信利用型放送における実験の取り組みにおいて、長年にわたり繰り返し実施されている事案は世界的にも稀有である。関係各位の協力に重ねて感謝するとともに、今後のさらなる研究成果の実用化に向けた努力に期待したい。なお、参加機関のリストは以下の情報通信研究機構のプレスリリースページから参照されたい。

<http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h20/090210/090210-2.html>

### 参考文献

- 1) <http://www2.nict.go.jp/pub/whatsnew/press/h20/090210/090210-2.html>
- 2) PerfSONAR – Network Monitoring framework, <http://www.perfsonar.net/>

(平成 21 年 9 月 21 日受付)

小林和真 (正会員) | [kazu-k@cs.kusa.ac.jp](mailto:kazu-k@cs.kusa.ac.jp)

奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程修了 (博士 (工学))。倉敷芸術科学大学教授。(独)情報通信研究機構大手町ネットワーク研究統括センターにて研究開発テストバットネットワークである JGN2plus の運用責任者を兼務。専門はインターネット工学。