

特集

ネットワーク 仮想化技術と 通信利用型放送

編集にあたって

放送技術としての IP マルチキャスト通信技術
Deployment の 10 年間

中川晋一

(独) 情報通信研究機構
新世代ネットワーク研究センター

今回の「ネットワーク仮想化技術と通信利用型放送」の特集は、情報処理学会員諸氏にとって研究や技術的新規提案より実装寄り、情報処理学よりも電子情報通信工学的な実験報告に思われるかもしれない。ご寄稿いただいた記事内容も、あえて「現場での実装や実用実験に関する報告を読者に対する実データの公表」としていただくことをエディタとしてお願いした。また、最後の日韓 HD 生中継については、現場の技術者にお寄せいただいた記事をできる限り手を加えずにコラムとして採用させていただいた。これらのプロフェッショナルたちの生

に近い原稿を提示することによって、会員諸氏が今後本特集記事を参考とされ、文中から検索語を選択される際に用語をそのまま使うことが可能なように、現場の臨場感とともに掲載するように心がけて編集したためである。そのため、「かなり専門的な業界用語」や「詳しすぎる概念」が出現したり、新規の技術提案に関して、情報処理学への中立的なメリットを感じないという批判をいただく可能性がある。ご批判は甘んじて受けるとして、あえて今回の「札幌雪まつり HD 伝送実験」を新規性のある技術報告とすべきと考えた理由は、過去に本誌においてこ

のような実証実験の報告が単発の解説記事を除いて行われたことがなく、実験のフレームワークの報告記事が多く技術的な内容に乏しかったことへの反省である。予算や実験環境の構築に関するフレームワークは研究報告としては重要だが技術的情報量に乏しい。本特集では、実験組織やフレームワークを割愛し、実験の実施者による技術情報を多角的に資料としてまとめることとした。そのため、編集者は特集の冒頭で簡単な情報処理学的位置づけと各記事の簡単なレビューを記載するのが通例だが、各記事がきわめて専門性の高い内容となるため、本来のフレームワークや本特集の内容の技術的新規性に関する簡単な解説を行う。新しい試みとしてご理解いただきたい。

IP マルチキャストの研究開発は終わったのか？

本誌 41 巻 12 号「IP 通信によるデジタルメディアの将来」¹⁾で報告したように、ここ 10 年間でネットワークを介したリアルタイム動画像通信は急速に一般化し進化した。1990 年代、双方向遠隔会議やビデオチャットは mrouter という IP マルチキャストルータを接続した Mbone 上で、高額な Sun や SGI (Silicon Graphics) をはじめとするワークステーションのアプリケーションである vic / RAT を用いて、研究者間で行われた²⁾。あるいは Mac のアプリケーションである CuSeeMe で reflector を介して QCam というテレビカメラを通して動画像と音声を双方向に通信して行われることもあった。これら一部の研究者が行っていたテレビ会議に始まる「IP 網を用いたストリーム伝送」は、携帯電話の「テレビ電話」や「ビデオチャット」になったのだろうか？ IP マルチキャストは現在すでにほとんどのルータに実装されているが、IP マルチキャストは十分普及したのだろうか？ 言うまでもなく、現在携帯電話で実装されているテレビ電話は、限定された通信キャリアの独自規格どうしの伝送手順での音声動画像の送受信であり、インターネットとは異なる独自のレイヤ 2 ネットワークでの「通信」にすぎない。同様に、家庭内ネットワークなどのほとんどの施設内 LAN には、グローバル IP アドレスが割り振られておらず、事実上一般家庭から IP マルチキャストで動画像の伝送を気軽に行うことはできない。

JGN における超広帯域ストリーム伝送技術開発の経緯と概要

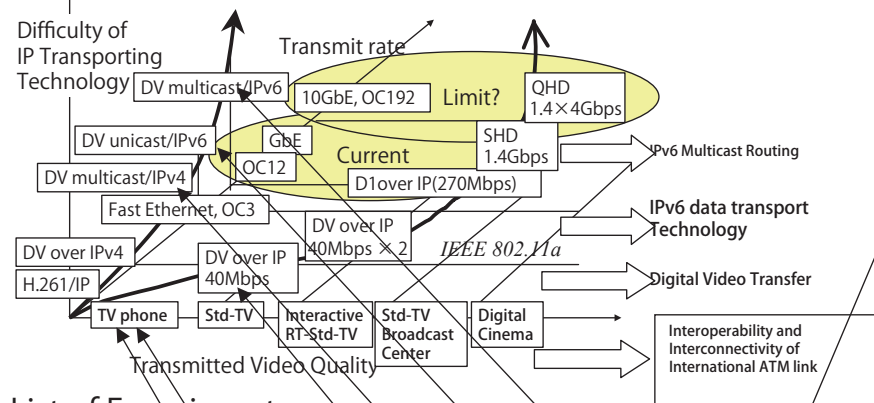
通信総合研究所（現 NICT）では、IPv6 をはじめとする次世代インターネット技術研究開発の問題設定として、

上記のような「放っておくと提供者側の論理で独自実装となったり、安価で手軽だったはずの技術が一般化しなくなることを防ぎ、プロフェッショナルレベルにまで高め、さまざまな Deployment を行う」こととして、JGN で検証を実施した。特にこれらの 1:1, 1:n, n:n の遠隔会議の「伝送実験」は、双方向テレビの未来を開くものと考え、高画質・低圧縮技術である Digital Video を用いたストリーム伝送 (DV over IP³⁾)、D1 over IP (非圧縮 D1 フォーマット映像をリアルタイムで伝送するシステム。のちに RuffSystem として東京エレクトロンが商品化：720 × 486 画素、60i：必要帯域約 300Mbps⁴⁾) が実用化できたのを機に、多地点からビデオ映像を広帯域インターネット伝送路（研究開発用ギガビットネットワークを使用：各伝送路は OC3：135Mbps）を用いて、テレビの生放送番組 (CS 朝日ニュースター) として「インターネットで開く 21 世紀の扉」を 2000 年大晦日に放送した (図-1 右中段)。この頃行った動画像伝送技術の開発と実験の概要を図-1 に示す。

1Gbps/Stream の伝送技術と問題点

その後、次世代ネットワークのキラーアプリケーションとして、広帯域双方向動画像通信が大きく発展したことは周知の通りである。JGN の第 2 期目である 2004 年から始まった JGN2 では、10Gbps のバックボーン上で、非圧縮 Full HD (1920 × 1080：約 1.5Gbps) や Full HD の約 4 倍の画素に相当する 4K (非圧縮約 6.5Gbps) の IP 伝送を行った。ネットワークの伝送容量が大容量化（現在バックボーン帯域 10Gbps が常識化）し、品質制御のためのメモリも巨大化（数ギガバイト）した今日、1Gbps の伝送路に MPEG2 や MPEG4 にエンコードした動画像ストリームデータと 48kHz サンプリングした音声データを IP マルチキャストで多地点伝送することや双方向通信を行うことは、バックボーンネットワークの帯域 10Gbps の中ではそれほど大きな困難はない。しかし、実験室での実験と現場で取り組む一発勝負の本番では、外乱条件が違ってしまいうために想定外の問題が発生する。実際、実験室や机上検討ではうまく動いていたものが、現場に持ち込むとトラブルが発生するということがよくある。これこそが実証実験の醍醐味であり怖さでもある。本グループの先端性と話題性から、毎年参加組織は増え、実験の規模も拡大している。今回も「通信利用型放送」をキーワードに多数の参加組織が名乗りを上げた。それぞれが「新規性」のあるテーマを持ち込むため、整合性はあるはずもなく、実験を始める段階になってから調整が必要になる。その後、2004 年に JGN を引き継ぐ形でスタートした JNG2 の IPv6 ネットワーク上で、

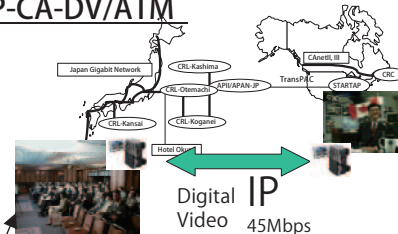
Roadmap of Transport Techniques and Streams



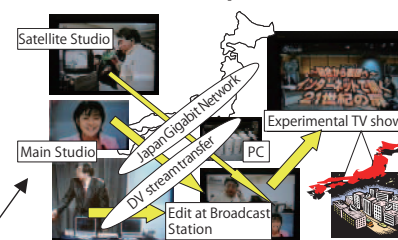
List of Experiments

Year	Month	Title	Place at Japan	Sites	Category	Bandwidth
1998	Jun.	APEC-TELMIN3	Tokyo	Singapore	R-P	8M
1998	Nov.	IST'98	Tokyo	Madrid	P-G(Unicast)	2M
1999	Sep.	JP-CA-DVTS/V4	Tokyo	Ottawa	P-P	40M
1999	Dec.	IST'99	Tokyo	Wien	P-G(Unicast)	2M
2000	July	I-Grid, DV-land	Yokohama, Kyushu, Okinawa, Hokkaido,	CERN	IPv4 Multicast	20Mbps (In Japan, 135Mbps)
2001	Jan.	JP-Eu DV/IPv6	Tokyo, Beppu	London, Madrid	IPv6 Multicast	40Mbps
2001	Apr.	AIC25, IPv4/6/4	Tokyo	Shanghai	IPv4/V6 tunnel	2Mbps
2001	July	CRL-UCL DV/6	Kobe	London	IPv6 P-P	20Mbps(In Japan, 135Mbps)
2001	Nov.	JGN-v6-AI3	Okinawa	Thai	IPv4/Satellite	512Kbps

JP-CA-DV/ATM



DV/ATM multi points



DV / IPv6 Multicast

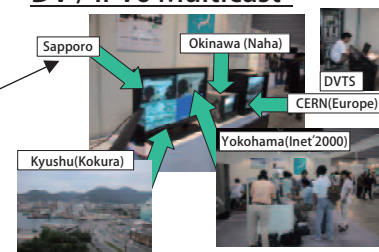


図-1 初期のブロードバンドリアルタイム動画伝送実験の概要(2000年前後)

生放送用のライブ映像や放送用の素材映像の伝送に取り組み始めたのが、今回の特集にご寄稿いただいたグループ(NICT/倉敷芸術科学大学小林氏ら)である。

また、「放送のプロフェッショナル」の求める「無事故」の基準をクリアすること、放送事故の危険を最小限にするために各地から伝送されてくるコンテンツをリアルタイムで選択し、放送波に送り出す現場ディレクターの「選択」にかなうことは容易なことではない。最近でこそ、携帯電話の動画機能で撮影した非常に荒い映像を流すテレビ局が増えているが、放送エンジニアの眼は厳しく、1パケットがロスしたことで乱れた映像も見逃さず、ダメだしを行うほどである。そのため、FEC(Forward Error Correction)の実装も進んでいる。このグループは、2004年から品質評価が厳しい用途において、IPネットワークでの広帯域ストリーム伝送を「使える技術」に育てる研究を続けてきた。

ネットワーク仮想化技術と通信利用型放送の技術目標

本特集は、単に非圧縮 Full HD 動画を単純に1対1で伝送するのではなく、図-2に示すように、1.5Gbps

のオリジナルの動画をさまざまなユーザ側からの伝送品質要求によって、ネットワークの途中経路でユーザ要求や通信状態に合わせて伝送データ品質などを変化させる Active Real Time Trans-code の概念を含んでいる。図-2は例だが、打ち上げ1.5Gbpsの非圧縮 Full HD 動画をそのまま放送局へ、10MbpsのMPEG2画像に圧縮した画像を一般家庭に、300Kbps程度に圧縮したH.264のエリアワンセグの放送波にそのまま乗せられるデータとしてエリアワンセグ基地局へ、というように、同時に途中経路でのさまざまなモダリティへの変化を行い、オリジナル画像を同時に複数のメディア(例として、放送局、一般家庭、携帯端末)に対して送り出すことを目指すものである。1.5Gbpsから300Kbpsまでの受信側のバリエーションは、図-1の実験を行っていた頃には、技術的には考案されても、非圧縮 Full HDからの急激なTrans-codeや帯域の制御に関する技術的な問題点もある。

さらに、原画像コンテンツ(素材コンテンツ)を、送出者がネットワークに送出し、それをネットワーク側でユーザからの配信要求に従って動的に変化させることができれば、単なるTrans-codecの技術開発や多地点高品質インターネットデータ配信ではなく、放送型コンテンツ

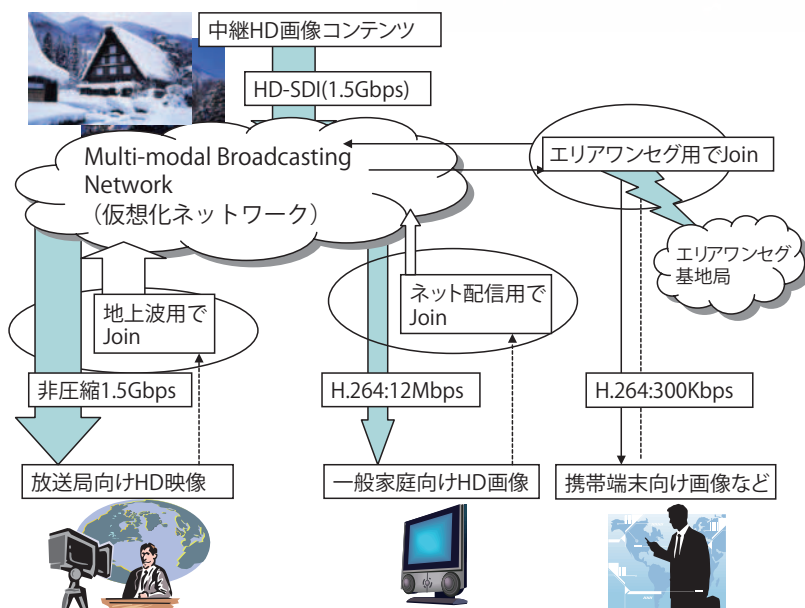


図-2 ネットワーク仮想化と通信利用型放送 (Multi Modal Broadcasting) の概念

流通のありかたそのものに影響を与える技術開発も期待される。

これらの途中経路での動画の圧縮方式のリアルタイム変換やユーザの使用可能帯域にあわせた中継品質の動的変化やユーザ志向の配信技術（本特集では、これを特に“Multi-modal Broadcasting”：本特集での通信利用型放送の意味とする）は、広帯域インターネットのキラーアプリケーションとして重要であるばかりでなく、広く社会情報基盤としてさまざまな研究対象となることを期待する。

本特集の学術的意義

このような先駆的な実験に基づいた新規データや新規技術の相互接続性の実験結果の報告は、情報通信における Inter Connectivity や Inter Operability を保証する上においてきわめて重要な情報を含んでいる。しかし、本会論文誌をはじめとする「工学的査読基準」にかなうことは少ない。本特集にご寄稿いただいた技術者たちの「できなかったことをできるようにした」証明は、対照の従来手法に対する提案手法の有用性を客観的に示すことができないからである。もし、同条件で客観的検討のために、明らかに技術的に冗長な従来手法を現場で試した結果を実験者が行おうとすれば、現場技術者の協力は得られない。以上のことから、本特集記事の報告する内容は、さ

まざまな新規的技術提案や新規データを含むと考えられたため報告に値すると考えた。そのため、会員諸氏は本特集を一連の技術報告としてお読みいただければ幸いである。

付記：なお、編集の必要性から、今回すでに門外漢となった私が急遽読者への説明を本稿で行うことになった。そのため、お忙しい小林教授ならびに熊谷氏に技術内容や記事内容に関してさまざまなご指導をいただいた。本来共著とすべきだが、ご自身のご執筆内容の独立性と各記事の中立性の保持を優先したいという氏らのご希望を優先することとなった。このようなご配慮をいただいたことに編集委員を代表し改めて敬意と謝意を表する。

参考文献

- 1) 中川晋一, 勝本道哲：IP 通信によるデジタルメディアの将来, 情報処理, Vol.41, No.12, p.1314 (Dec. 2001).
- 2) Nakagawa, S., Kitamura, Y., Fujii, T., Jiang, T., Shiomi, T., Ong, J., Seng, R. and Isobe, S.: QoS Evaluation Method for Stream Data Transport with ICMP - An Experiment Networking and Telemedicine Demonstration at APEC TELMIN3 -, Proceedings of IEEE ICOIN-13, 11C-1.1-1.6 (1999).
- 3) Sugiura, K., Nakagawa, S., Ogawa, A., Nakamura, O. and Murai, J.: TCP Friendly DV Transmission through the Internet, IEICE Tech. Rep., CS99-143, pp.19-24 (Feb. 2000).
- 4) Katsumoto, M., Harada, M., Furuse, H. and Nakagawa, S.: Design of the VoD System for High-quality Video and Audio with D1 over IP, IEEE Communications Quality & Reliability (CQR) International Workshop on "Telecommunications World Class Quality & Reliability for World Class Events" (Apr. 2001).

(平成 21 年 10 月 2 日)