

IPv6 を利用した CATV 間での映像流通システムの構築

須田広志[†] 原田雅博[‡] 澤部直太^{‡‡}

[†] 知多メディアネットワーク株式会社 技術部 〒477-0031 愛知県東海市大田町下浜田 133-8
[‡] 東京エレクトロン株式会社 〒107-8481 東京都港区赤坂 5-3-6 TBS 放送センター
^{‡‡} 株式会社 三菱総合研究所 〒100-8141 東京都千代田区大手町 2-3-6

E-mail: [†] suda@medias.co.jp, [‡] harada@kabuki.tel.co.jp ^{‡‡} sawabe@mri.co.jp

あらまし 近年、CATV におけるデジタル放送対応をきっかけに、CATV 局間を光ファイバーを用いて接続したネットワークの構築が進んでいる。このネットワークは、ギガビットクラスのイーサネットをベースとしたネットワークであり、現在 CATV 各局での自主放送番組などの放送素材流通システムの構築を進めている。映像フォーマットとしては、DVCAM フォーマットを採用し、伝送プロトコルには次世代インターネットプロトコルである IPv6 を用いている。このシステムの概要と、伝送遅延計測した結果をまとめる。

キーワード デジタル伝送、DVCAM、IPv6、CATV

Digital Image exchange system between CATV stations with IPv6

Hiroshi Suda[†] Masahiro Harada[‡] and Naota Sawabe^{‡‡}

[†] Chita Medias Network INC., 133-8 shimohamada, ohta-machi, tokai city, Aichi, 477-0031 Japan
[‡] Tokyo Electron LTD., TBS Broadcast Center, 3-6 Akasaka 5-chome, Minato-ku, Tokyo, 107-8481 Japan
^{‡‡} Mitsubishi Research Institute, INC., 3-6, Otemachi, 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8141 Japan

E-mail: [†] suda@medias.co.jp, [‡] harada@kabuki.tel.co.jp ^{‡‡} sawabe@mri.co.jp

Abstract CATV operators provide IP based gigabit network between CATV stations with own optical fiber. Now we have developed the digital image exchange system for CATV stations. This system can transmit DVCAM formatted digital image with IPv6 which is next generation internet protocol. We will exchange our original TV programs and digital images. We summarize the real time delay of transmission.

Keyword digital broadcast, DVCAM, IPv6, CATV

1. はじめに

近年、CATV においても BS デジタル放送への対応が迫られている。デジタル放送を再送信するためには、新たにデジタル対応の再送信設備を導入する必要があり、CATV の経営を圧迫する懸念がある。そこで、従来の CATV 局の枠組みを超えた共同再送信設備の設置が検討され、一部の地域ではすでに導入および運用が始まっている。共同再送信設備と各 CATV 局間は、自前の光ファイバー網で接続する形態となっている。

一方、近年 CATV でもインターネットサービスを行うことが一般化しており、上記光ファイバー網を利用した IP ネットワーク構築も平行して進められている。このネットワークを有効に活用できる方策として、CATV 間での映像流通システムの構築を検

討している。従来、CATV 局では地上波、CS 放送などを再送信するだけでなく、自ら制作した自主放送番組を放送したり、他局から購入した番組を放送するケースも存在している。その場合、映像の受け渡しには、VTR テープ媒体を送付することになり、緊急放送などの実施が難しかった。

そこで、各 CATV 局間で、放送番組を IP 伝送するシステムの構築を進めており、すでに、H-IIA ロケット中継実験などを実施している¹⁾。

2. システム要求

従来、放送局で用いられてきたネットワークは、図 1 に示すように、マイクロ波による無線中継回線を使用している²⁾。これらは、番組を制作する放送局（演奏所）と TV 電波を発信する送信所との間の回

線 STL (Studio transmitter link) や、野外の中継車から、放送局へ中継する回線 FPU (Field Pick Up) などで構成されているが、中小の CATV 局では用いられるケースはまれである。

しかし、昨今の技術革新のために無線ではなく光ファイバーによるデジタル伝送の道が開けてきた。

CATV へ適用する場合、制作した番組を他局へ配信する用途が考えられ、従来の STL もしくは TTL (transmitter transmitter link) に相当する。

それに加えて、CATV のスタジオ同士を接続し、編集時の映像を自由に伝送できることが望ましい。いわばネットワーク上に仮想的なスタジオを構築しようというものである。

これらの使用目的に応じて伝送システムに対する要求も異なる。表 1 に、STL、FPU とスタジオ間伝送の場合の比較を示す。STL では、番組をリアルタイムで且つ複数の拠点へ伝送する同報性が要求される。一方、FPU では現場からの中継を想定し、低遅延で可搬性のあるシステムが求められる。それに対してスタジオ間伝送では、リアルタイム性はさほど重要ではなく高画質の映像を画質劣化することなく確実に送るシステムが要求される。

今回、構築したネットワークは、このスタジオ間伝送をターゲットに設計した。

設計時考慮した点を以下にまとめる。

- (1) 映像素材の伝送を念頭に置き、編集工程と融合できるシステムとする。
- (2) 実際のオペレータは、ネットワークに関しては初心者であることが多いので、なるべく平易なユーザインターフェースとする。
- (3) 送信局と受信局が固定されない柔軟なシステムとする。
- (4) ネットワークプロトコルとしては、次世代プロトコルと目される IPv6 を使用する。

これらを踏まえ、映像伝送システムのイメージを図 2 に示す。

映像フォーマットとして、編集時のスタンダードフォーマットである DVCAM を採用し、DVCAM VTR の間に、映像伝送装置が介在する構成とした。このようにすることで、利用者は、VTR のダビング感覚で映像伝送することができる。

それに加えて、遠方の VTR を遠隔でコントロールするシステムと組み合わせることにより、他局の VTR をあたかも自局の VTR と同等に制御することができる。

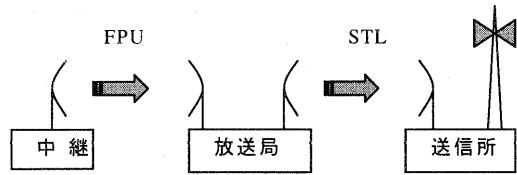


図 1 TV 放送中継ネットワーク

表 1 中継システム比較

	STL	FPU	スタジオ間
伝送遅延	中	小	中
画質	中	小	大
伝送方向	一方向	一方向	双方向
同報性	あり	なし	あり
可搬性	なし	あり	なし

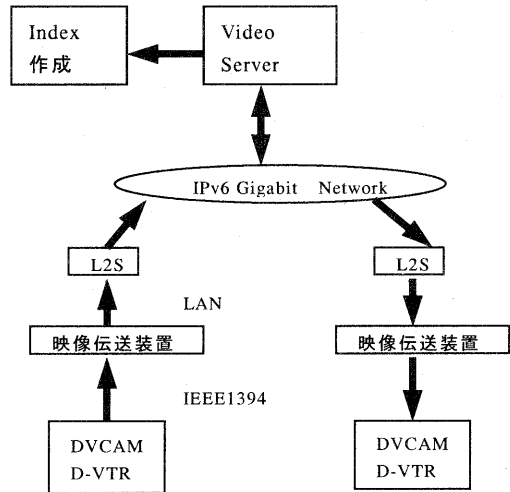


図 2 映像伝送システム

また、ネットワーク上にビデオサーバを設置して、各局から伝送された映像素材をいったん蓄積した後、自動的にシーンごとのインデックスを作成する機能も有する。番組製作者は、自動生成されたインデックスをみながら必要なシーンのみを切り出して、自局へ伝送することができる。

このようなシステムを構築することで、風景映像や、名所旧跡などの番組映像素材の一元管理を図ることが可能となると期待される。

3. 映像伝送ネットワーク

3.1. 映像伝送システム

映像伝送装置は、東京エレクトロン製「Ruff Systems」を採用した。表 2 に基本仕様を示すが、PC 上で DV (DVCAM) の映像伝送を実現するソフトで、IPv6 対応である。起動ソフトを変更することにより、送信することも受信することもできる。また、上記ソフトでは、DVCAM エンコード/デコード処理はせず、VTR 側で実施されるため、上記ソフトになんら手を加えなくても VTR の性能向上により画質改善が図れる点を評価した。

映像伝送装置 (PC に「Ruff Systems」をインストールしたもの) と DVCAM VTR は、IEEE1394 で接続されている。一方、映像伝送装置は IPv6 ギガビットネットワークに接続され、CATV 各局に設置した映像伝送装置との間で映像伝送を実施する。

表 2 Ruff Systems 仕様

OS:	Windows2000 & XP
Protocol:	IPv4/IPv6 (TCP/UDP/MC)
Image Format	DV(DVCAM)
その他:	映像蓄積機能あり

伝送プロトコルは、IPv4/IPv6 双方に対応しており、それぞれ、TCP、UDP、マルチキャストでの配信が可能である。画質優先の場合には TCP、ネットワーク遅延が大きい場合には UDP、複数への同時配信の場合にはマルチキャストを使用するといった、利用形態に応じて伝送プロトコルを選択できる。

映像伝送装置の役割は、IEEE1394 ネットワークと IP(IPv6)ネットワークの間で、データ変換をすることである。

3.2. IPv6 ギガビットネットワーク

映像伝送システム構築のために新たに IPv6 ネットワークを構築した。図 3 に構築した IPv6 ネットワークを示す。

CATV 各局には、L2SW を設置して、それらの間を光ファイバーにて接続している。また、同時に日本ギガビットネットワーク (JGN) にも接続し、佐賀の CATV 局と接続している。

構成したネットワークは、すべて同一セグメントに属するようにしている。これは、マルチキャストでの配信を考慮したためである。

図 4 に示すようにネットワーク上には IPv6 ルータが接続され、このルータからアドレス情報 (RA: Router Advertisement) を定期的に出している。このネットワークに IPv6 対応の PC を接続すると、図 5 に示すように RA から自分の IPv6 アドレスを自動生成するため

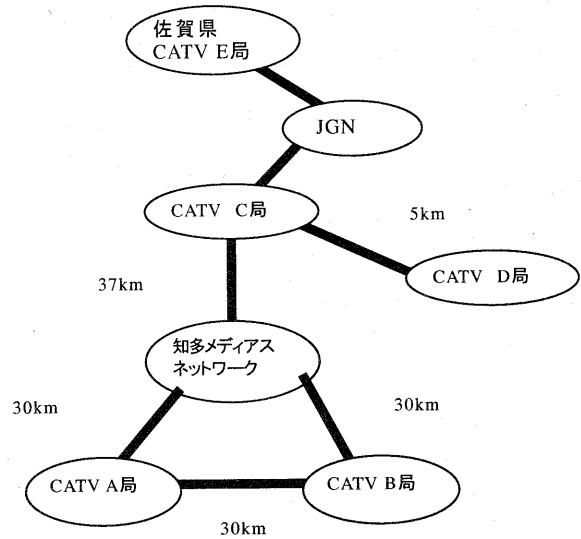


図 3 IPv6 ネットワーク

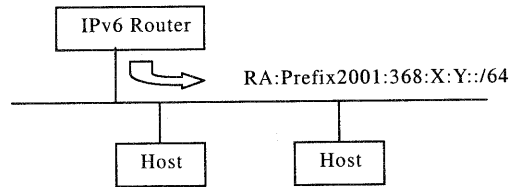


図 4 Router Advertisement

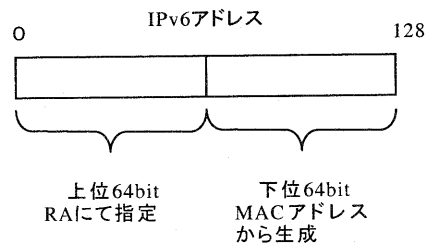


図 5 IPv6 アドレス生成

3)、接続後すぐに通信することが可能となる。PC の OS としては、標準で IPv6 対応である WindowsXP を採用した。IPv6 ネットワーク構築に際しては、知多メディアの構築ノウハウを活用している⁴⁾。

また、付加的に、各 PC には IPv4 のプライベートアドレスを付与し、IPv4 でも伝送できるようにしている。

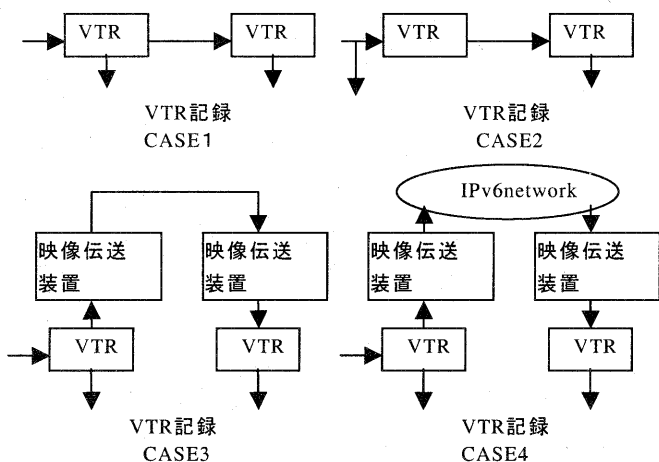


図6 遅延計測構成

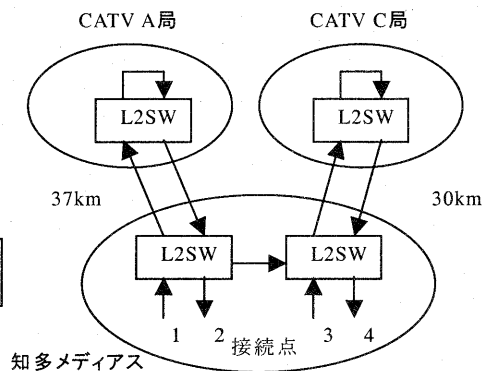


図7 ネットワークと伝送距離

4. 伝送遅延計測

構築したネットワークの基本特性を把握するために、映像伝送遅延量を測定した。

4.1. 遅延量計測測定方法

伝送遅延を引き起こす要因としては、

- I. ネットワークを伝送する際の遅延
- II. VTR でエンコード/デコードにかかる遅延
- III. 映像伝送装置でのデータ処理にかかる遅延

が考えられる。

そこで、これらの遅延量がどの程度あるかを把握する必要がある。具体的には、図6に示すように4ケースにて遅延量を計測する。遅延を計測する方法は、送出時の映像と、伝送後の映像を1画面に合成しVTRに記録する。それをあとで再生しながら2つの映像のずれをフレーム単位で求めることにした。

CASE1、CASE2 はともに、映像伝送装置を介さずVTR同士を、IEEE1394にて直接接続したものである。これにより、VTRでのエンコード/デコードにかかる時間を求めることができる。CASE1とCASE2の違いは、送信映像の基準を、VTRへの入力映像とする(CASE1)か、VTRからの出力映像とする(CASE2)かの違いである。CASE1とCASE2の遅延量の差により、VTRにてDVCAMエンコードにかかる時間を求めることが可能となる。

また、CASE3は、映像伝送装置同士をLANケーブルで直接接続したケースであるが、CASE3とCASE2

表3 伝送距離

CASE	送信点	受信点	伝送距離
4-1	1	2	37+37=74km
4-2	3	4	30+30=60km
4-3	1	4	74+60=134km

の遅延量の差は、映像伝送装置での処理時間を示していることになる。

それに加えて、CASE4では、実際のIPv6ネットワーク上を伝送させて遅延量を計測する。

伝送距離と遅延量の相関を得るために、CASE4では具体的に、図7に示すようにCATV A局とC局のL2SWで折り返すラインを設定した。図中に示す、1~4の接続点を適切に選択することにより、伝送距離を変えることができる。具体的には、表3に示す3ケースの組み合わせで計測する。CASE4-1は、CATV A局を往復する経路、CASE4-2は、CATV C局を往復する経路、CASE4-3は、A局およびC局を往復する経路になる。このように伝送経路を意図的に変化させ、異なった伝送距離になるように設定した上で伝送遅延量を計測する。

また、それぞれの経路において、ping6による遅延量(RTT Round Trip time)についても計測する。

4. 2 計測結果

図8に試験時風景を示す。VTRには、SONY製DSR-40を使用している。また、図9に映像伝送装置の操作画面を示す。

計測は、時間の制約からIPv6でのみ実施しそれぞれのケースにて、TCPの場合とUDPの場合の2パターンで計測を行った。但し、CASE1とCASE2については、IP伝送ではないので、TCPとUDPの区別はない。

表4に伝送遅延計測結果をまとめる。CASE1およびCASE2での遅延は、1fであり、その他のケースは、 $20 \pm 1f$ の遅延量となった。

CASE1とCASE2での結果より、VTRでのDVCAMエンコード/デコードに要する時間は、1f(1/30秒)以内であることが明らかになった。

実際に映像伝送装置を介して伝送した場合には、一般的には、伝送距離が長くなれば伝送遅延量も大きくなると考えられたが、予想に反してCASE3、CASE4-1~3間ではほぼ同じ遅延量であった。今回の各ケースで、ping6により伝送装置間でのRTTを計測したところ、すべてのケースにて、1ms以下との結果を得た。

今回の実験に使用したネットワークは、ギガビットクラスの伝送容量があり、且つトラフィックを圧迫するようなデータが流れていない、「クリアなネットワークであることからも妥当な結果と判断できる。

そのため、伝送距離を変えても伝送遅延量はほとんど変化しない結果となったと考えられる。

また、TCPとUDPによる差異については、UDPでの伝送が1f程度速いという結果となった。しかし、全体遅延量20fに対してはわずかな差でしかなく、実地的には、TCPとUDPでは伝送遅延量に差はないと考えたほうが現実的である。

伝送距離を無視できるCASE3の結果から、遅延量のほとんどは映像伝送装置の処理時間(約20f)に費やされていることになる。この遅延量は、時間で2/3秒程度になり、中継での掛け合いで使用するには難しい。

これは、映像伝送装置が、PC上のソフトウェアで実現されているからであり、OSの処理能力と「Ruff Systems」ソフトの処理能力の実力値を総合したものをあらすと考えられる。今回実験に用いたPCのスペックを表5に示す。

映像伝送装置での遅延を低減するためには、PCの性能向上および、ソフトウェアのアルゴリズムの見直しが有効であると考えられる。

また、今回はWindowsXPのIPv6スタックを使用しているが、IPv6については開発途上ということもあり十分な性能を発揮できていない可能性もある。

今回の実験結果から、伝送遅延量を決めている支配的な要素は、伝送装置の処理時間であり、それに比し

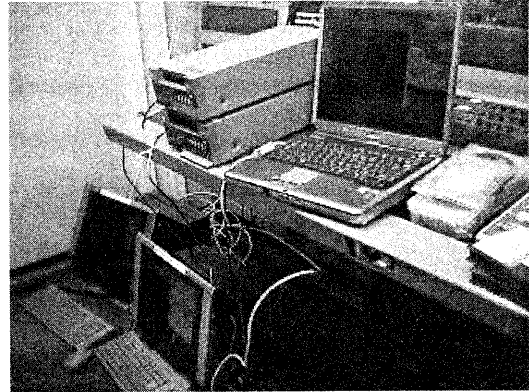


図8 試験時風景

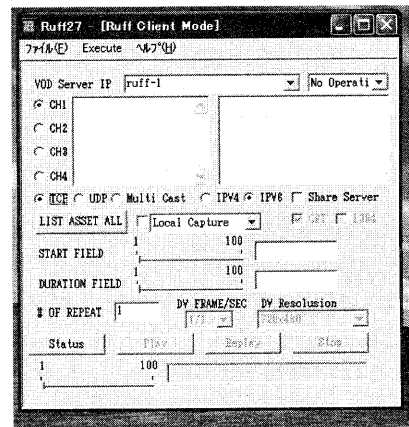


図9 映像伝送操作画面

表4 伝送遅延計測結果 単位 frame

CASE	TCP	UDP	伝送距離	備考
1	—	—	—	1fの遅延
2	—	—	—	1fの遅延
3	20	19	0km	
4-1	20	19	74km	
4-2	21	19	60km	
4-3	20	20	134km	

表5 伝送装置 スペック

CPU :	Intel Pentium4 1.8GHz
Chip Set :	Intel 845
Memory :	256Mbyte
OS :	WindowsXP Home Edition
Ethernet :	内蔵

て、VTRでの処理能力およびネットワークでの遅延量は、無視できるレベルにあることが判明した。

これは、映像伝送装置の遅延量を低減効果が全体の伝送遅延量の低減に直結することを意味している。

5. 映像伝送評価

4項に示す各ケースにて、映像伝送した結果、表6に示すように全ケースにおいてコマ落ちなどなくフルレートで伝送できていることを確認した。また伝送した映像を目視にて評価した結果、画質劣化につながるブロックノイズやコマ落ちなどは認められず、安定した映像を伝送できることを確認した。

表6 映像伝送結果

CASE	TCP	UDP	伝送距離
3	30f/s	30f/s	0km
4-1	30f/s	30f/s	74km
4-2	30f/s	30f/s	60km
4-3	30f/s	30f/s	134km

6. まとめ

CATV間でのギガビットクラスのネットワークを利用して映像伝送映像伝送流通システムを構築した。その基本特性を把握するために、伝送遅延量を計測した。その結果、以下の知見を得た。

- I. 伝送遅延量は、20f程度であり伝送距離に依存しない。
- II. 伝送遅延量を支配する要素は、映像伝送装置の処理時間であり、その他の要素は無視できる程度である。
- III. 実験に使用したネットワークは、RTT 1ms以下の低遅延のネットワークであった。
- IV. 伝送画像については、すべてのケースにおいて画質劣化は認められず安定した映像伝送ができることを確認した。

7. 今後の予定

今回は、知多メディアスを中心として近隣のCATV局との間での映像伝送実験を行ったが、今後は、JGN経由での佐賀県のCATV局との間での映像伝送実験についても実施していく予定である。遠方での接続となるため、ネットワーク遅延はかなりあると考えられ、伝送遅延量についても今回の結果よりさらに大きくな

る可能性がある。また、伝送時のジッタ（揺らぎ）も無視できなくなると考えられ、単に帯域を確保するだけでなく、ネットワークQoSを考慮した設定にする必要があると考えられる。

これらを踏まえ、今後の実験を進めていく予定である。

将来的には、図10に示すように、CATVのエリア内にあるイベント会場とCATV局を光ファイバーで結び、リアルタイム中継を実施したり、一旦ビデオサーバに蓄積した上で、各CATV局から自由にアクセスし、必要な映像を伝送できるようにしていく構想である。

謝辞

本研究は、平成14年度に通信・放送機構(TAO)が実施した委託研究「IPv6の基本戦略実施と基盤システム及び大規模アクセス網の研究開発」の一部として実施している。ここに関係各位に感謝いたします。

JGNでの実験については、JGNプロジェクト No. JGN-G14021に基づいて実施している。

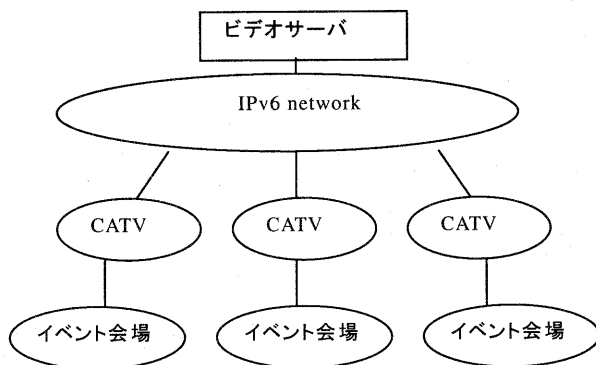


図10 将来構想

文 献

- [1] 須田広志,原田雅博,“CATV局間における放送素材のデジタル伝送実験”,映像情報メディア学会技術報告,Vol.26,No.67,pp.25~28,Oct.2002
- [2] 長坂,小野,渡辺,小山共書,“よくわかるテレビ・放送技術”,オーム社,東京,1998
- [3] Mark A. Miller, “IPv6入門”,翔泳社,東京,1999
- [4] 須田広志,“実践IPv6”,JANOG10 発表資料,2002