

ハイビジョン伝送による遠隔講義システムの構築

徐 浩源¹ 志村 俊也¹ 有澤 博²
Haoyuan Xu Toshiya Shimura Hiroshi Arisawa

¹横浜国立大学 総合情報処理センター

Information Processing Center, Yokohama National University¹

²横浜国立大学 環境情報研究院

Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University²

haoyuan@ynu.ac.jp tshimura@ynu.ac.jp arisawa@ynu.ac.jp

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 Tel 045-339-4390 Fax 045-339-4393

Tokiwadai 79-5, Hodogaya-ku, Yokohama, Zip-code 240-85-1

概要

16:9 のワイド画面を 1080i 方式で伝送するハイビジョン遠隔講義システムを横浜国立大学ー横浜市立大学医学部間で構築した。2 大学間の通信は SINET ノードルータ経由(100Mbps)で行なった。ハイビジョン伝送による精細な映像により、講演者が提示する医学写真・画像、シミュレーションの動きと音声、PowerPoint の細部、レーザーポインタで指示する内容などを受講側へ鮮明に伝送することができた。本稿では、本システムの概要・検証試験内容・実践結果を報告する。

キーワード ハイビジョン伝送, 遠隔授業

1. はじめに

横浜国立大学ー横浜市立大学間には、「医工連携プロジェクト」という共同事業があり、その一環として横浜国立大学環境情報研究院⇄横浜市立大学医学部との間で交換授業が平成 17 年 10 月から実施される。当センターは、この交換授業を遠隔授業として実践することが可能かどうか環境情報研究院から調査依頼を受けたため、この 2 拠点間で試験的に遠隔講義システムを構築し、システムの動作環境および通信環境を検証することにした。本学では、工学部講義棟⇄工学研究院サテライトキャンパス(キャンパスイノベーションセンター) 間で、双方向遠隔講義システム(テレビ会議システム+専用線:B フレッツグループアクセスプロ)が既に構築されているが、今回、私たちが構築を試みるシステムは、以下の点で既存のシステムとは異なる。

- ① 講義内容が医工学分野であるため、発信者側(講義者側)が提示する医学画像・医学写真・シミュレーションの動きを、受講者側に鮮明に伝送する必要があることからハイビジョン方式(HDV1080i 方式)での伝送システムを採用している。
- ② ランニングコストの観点から専用回線を使用せず、通常のインターネット回線(SINET ノード経由)を利用する。

本稿では、上記の 2 点を考慮して構築した遠隔講義システムの概要・検証試験・実践結果についての報告を行なう。なお、ハイビジョン伝送システム自体はすでに技術が確立されており、それを利用した伝送実験も過去の情報処理研究会で報告されている(例えば[1], [2])。また、私たちが構築する遠隔講義システム自体に何らかの「新しい試み」がなされているというわけでもない。しかし、少しでも他の方の遠隔講義システムの構築の参考にでもなればという思いから、今回、報告させて頂くことにした。

2. 伝送経路およびシステム構成

横浜国立大学－横浜市立大学間の HDV 伝送経路を図 1 に示す。横浜国立大学と横浜市立大学医学部(福浦キャンパス)の接続は、両大学のファイアウォール(F/W)および民間キャリア回線を 2 回線経由して接続される。具体的には、横浜国大側教室－横浜国大 F/W(100Mbps)－SINET ノードルータ－民間キャリア回線(100Mbps)－横浜市大 F/W(横浜市大瀬戸キャンパス)－民間キャリア回線(100Mbps)－横浜市大福浦キャンパスルータ－横浜市大側教室(100Mbps)となっている。

導入システム構成を図 2 に示す。HDV 伝送ユニットとして、FA システムエンジニアリング社製 PC-CUBE / CamOnIP (HDV 版)、そして、被写体追尾ユニット(shuttle 社製 shuttle) を補助装置として使用している。発信者(横浜市立大学)側講義室に設置したハイビジョン用ビデオカメラで撮影された HDV 映像(HDV1080i 方式)は、MPEG2 で圧縮され、MPEG2-TS プロトコルで、UDP/IP の 8000 番ポートを使用して、受信者(横浜国立大学)側講義室に送られ、ハイビジョン用プロジェクタにより再現される。

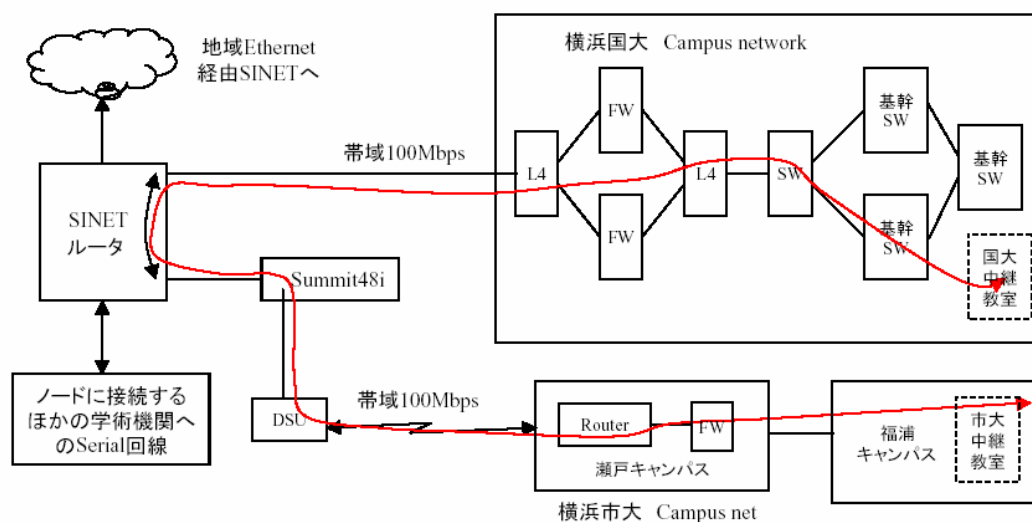


図 1 横浜国大-横浜市大間における HDV 伝送経路図

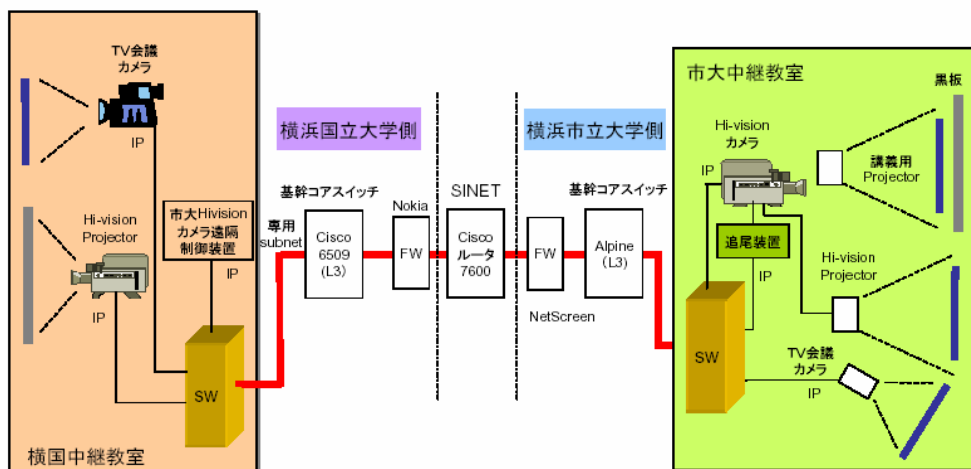


図2 システムの構成

3. 事前検証試験

伝送パケットの大きさは、200Byte、392Byte、584Byte の 3 パターンあり、これらを組み合わせ、約 30Mbps 程度のトラフィックになるように制御する。伝送を行なう上で、

- ① 全伝送経路を通じて 30Mbps 程度のトラフィックを安定に確保できるかどうか(ボトルネックとなるポイントが存在するかどうか)
- ② 両大学それぞれのファイアウォールにかかる負荷により、他の通信への影響が出るかどうか。
- ③ パケット抜け・反転による映像のコマ落ちがどの程度起こるか。

の 3 点が懸案事項として挙げられていたので、HDV 伝送実験を行なう前にネットワーク関連の検証試験を行った。

検証試験の構成を図 3 に示す。IXIA 社製のトラフィック発生・解析装置を使用し、596Byte のパケットで 33Mbps のトラフィックを強制的に発生させ、受信側のポートで 155ms のサンプリングでパケットキャプチャを行ない、パケットの到着間隔を調べることにより通信環境に問題があるかどうかを調べる。

33Mbps のトラフィックに関しては、発生させるパケットのデータ本体は 596Byte であるが、Header および Frame Check Sequence を合わせると 642Byte となる。従って、Inter Packet Gap の値を $100\text{Mbps}/33\text{Mbps} \times 642\text{Byte} - \{642\text{Byte} + 8\text{Byte}(\text{Preamble})\} = 1295\text{Byte}$ となるように設定して 33Mbps のトラフィックを発生させる。

キャプチャしたパケットの到着間隔は、多少のバラツキがあるものの、平均値は $155\ \mu\text{sec}$ で、送信側のパケット送信間隔 $(642\text{Byte} \times 8)/33\text{Mbps} = 155\ \mu\text{sec}$ と一致しており、全体的にスループットは良好で 30Mbps の帯域を経路全体に渡って流してもボトルネックとなるような箇所は存在しないことが確認できた。

F/W にかかる負荷に関しては、横浜市大側装置群 ⇄ 横浜国大側装置群 間の通信を全て許可するようにフィルタリングルールを設定し、ルールの優先順位を上位に設定したため、F/W 自身に

大きな負荷がかかることもなく他の通信への影響も全くないことも確認できた。

パケット抜けに関しては、5分間で3度のパケット抜けと3度のパケット反転が発生した。抜けたパケットは後から到着していることも確認した。(図5)

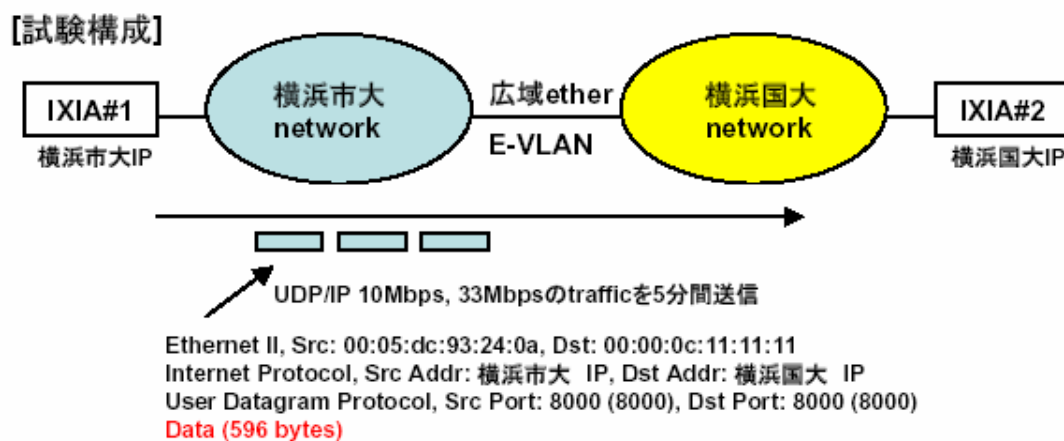


図3 ネットワーク検証試験環境の概略

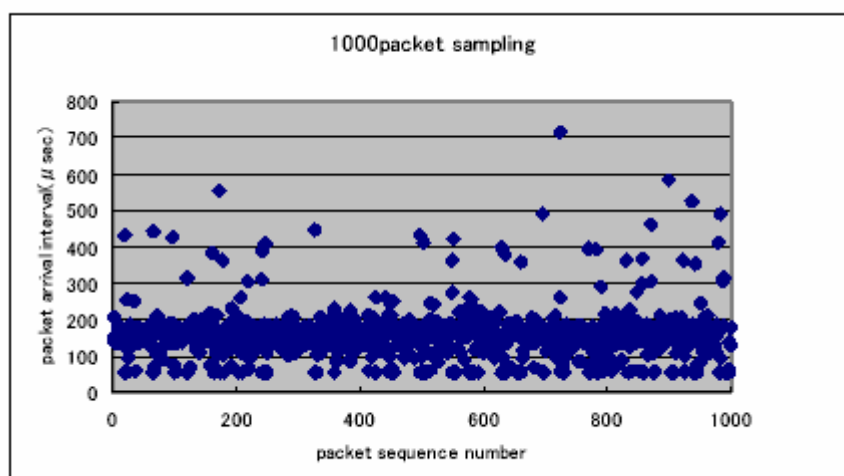


図4 パケットの到着間隔の分析

4. 中継実験

上記の検証試験の後、実際にHDV伝送を行ない、鮮明な画像が伝送されるかどうかを確認する作業を行なった。具体的には、本遠隔講義システム使って、平成16年3月17日16:00-19:00に開催された「医工連携プロジェクト」ワークショップの中継を試みた。中継は、ワークショップの会場(横浜市大福浦キャンパス)⇒横浜国大総合情報処理センター教室である。伝送されたHDV映像は、会場側と中継先の教室側の見分けがつかないほど鮮明であり、ハイビジョン映像伝送が可能であることが確認できた。発表者の提示する医学画像・写真、シミュレーションの動きと音声、PowerPointのスライドの細部、レーザーポインタで指示している内容などが大変きれいに描写され、遠隔講義においても十分に機能できることを確認できた。(図6)。また、中継中

はトラフィックも安定しており、他の通への影響も全くなかった(図7)。

横浜国大～横浜市大 Network性能測定試験

```
Frame 7726 (638 bytes on wire, 638 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:05:dc:93:24:0a, Dst: 00:00:0c:11:11:11
Internet Protocol, Src Addr: 163.212.161.223 (163.212.161.223), Dst Addr: 133.34.208.223 (133.34.208.223)
User Datagram Protocol, Src Port: 8000 (8000), Dst Port: 8000 (8000)
Data (596 bytes)
0000 80 21 00 08 54 90 08 71 18 05 00 01 00 00 00 00  .!.T..q.....
0010 01 a2 6b 9e 96 a6 a0 cb 47 01 48 93 5f 17 35 ab  ..k....G.H_.5.

Frame 7727 (638 bytes on wire, 638 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:05:dc:93:24:0a, Dst: 00:00:0c:11:11:11
Internet Protocol, Src Addr: 163.212.161.223 (163.212.161.223), Dst Addr: 133.34.208.223 (133.34.208.223)
User Datagram Protocol, Src Port: 8000 (8000), Dst Port: 8000 (8000)
Data (596 bytes)
0000 80 21 00 08 54 91 08 71 18 05 00 01 00 00 00 00  .!.T..q.....
0010 01 a2 6b 9e 96 a6 a0 cb 47 01 48 93 5f 17 35 ab  ..k....G.H_.5.

Frame 7728 (638 bytes on wire, 638 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:05:dc:93:24:0a, Dst: 00:00:0c:11:11:11
Internet Protocol, Src Addr: 163.212.161.223 (163.212.161.223), Dst Addr: 133.34.208.223 (133.34.208.223)
User Datagram Protocol, Src Port: 8000 (8000), Dst Port: 8000 (8000)
Data (596 bytes)
0000 80 21 00 08 54 96 08 71 18 05 00 01 00 00 00 00  .!.T..q.....
0010 01 a2 6b 9e 96 a6 a0 cb 47 01 48 93 5f 17 35 ab  ..k....G.H_.5.

Frame 7729 (638 bytes on wire, 638 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:05:dc:93:24:0a, Dst: 00:00:0c:11:11:11
Internet Protocol, Src Addr: 163.212.161.223 (163.212.161.223), Dst Addr: 133.34.208.223 (133.34.208.223)
User Datagram Protocol, Src Port: 8000 (8000), Dst Port: 8000 (8000)
Data (596 bytes)
0000 80 21 00 08 54 97 08 71 18 05 00 01 00 00 00 00  .!.T..q.....
0010 01 a2 6b 9e 96 a6 a0 cb 47 01 48 93 5f 17 35 ab  ..k....G.H_.5.

Frame 7730 (638 bytes on wire, 638 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:05:dc:93:24:0a, Dst: 00:00:0c:11:11:11
Internet Protocol, Src Addr: 163.212.161.223 (163.212.161.223), Dst Addr: 133.34.208.223 (133.34.208.223)
User Datagram Protocol, Src Port: 8000 (8000), Dst Port: 8000 (8000)
Data (596 bytes)
0000 80 21 00 08 54 92 08 71 18 05 00 01 00 00 00 00  .!.T..q.....
0010 01 a2 6b 9e 96 a6 a0 cb 47 01 48 93 5f 17 35 ab  ..k....G.H_.5.

Frame 7731 (638 bytes on wire, 638 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:05:dc:93:24:0a, Dst: 00:00:0c:11:11:11
Internet Protocol, Src Addr: 163.212.161.223 (163.212.161.223), Dst Addr: 133.34.208.223 (133.34.208.223)
User Datagram Protocol, Src Port: 8000 (8000), Dst Port: 8000 (8000)
Data (596 bytes)
0000 80 21 00 08 54 98 08 71 18 05 00 01 00 00 00 00  .!.T..q.....
0010 01 a2 6b 9e 96 a6 a0 cb 47 01 48 93 5f 17 35 ab  ..k....G.H_.5.

Frame 7732 (638 bytes on wire, 638 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:05:dc:93:24:0a, Dst: 00:00:0c:11:11:11
Internet Protocol, Src Addr: 163.212.161.223 (163.212.161.223), Dst Addr: 133.34.208.223 (133.34.208.223)
User Datagram Protocol, Src Port: 8000 (8000), Dst Port: 8000 (8000)
Data (596 bytes)
0000 80 21 00 08 54 99 08 71 18 05 00 01 00 00 00 00  .!.T..q.....
0010 01 a2 6b 9e 96 a6 a0 cb 47 01 48 93 5f 17 35 ab  ..k....G.H_.5.

Frame 7733 (638 bytes on wire, 638 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:05:dc:93:24:0a, Dst: 00:00:0c:11:11:11
Internet Protocol, Src Addr: 163.212.161.223 (163.212.161.223), Dst Addr: 133.34.208.223 (133.34.208.223)
User Datagram Protocol, Src Port: 8000 (8000), Dst Port: 8000 (8000)
Data (596 bytes)
0000 80 21 00 08 54 9a 08 71 18 05 00 01 00 00 00 00  .!.T..q.....
0010 01 a2 6b 9e 96 a6 a0 cb 47 01 48 93 5f 17 35 ab  ..k....G.H_.5.

Frame 7734 (638 bytes on wire, 638 bytes captured)
Ethernet II, Src: 00:05:dc:93:24:0a, Dst: 00:00:0c:11:11:11
Internet Protocol, Src Addr: 163.212.161.223 (163.212.161.223), Dst Addr: 133.34.208.223 (133.34.208.223)
User Datagram Protocol, Src Port: 8000 (8000), Dst Port: 8000 (8000)
Data (596 bytes)
0000 80 21 00 08 54 93 08 71 18 05 00 01 00 00 00 00  .!.T..q.....
0010 01 a2 6b 9e 96 a6 a0 cb 47 01 48 93 5f 17 35 ab  ..k....G.H_.5.
```

Sequence番号が
飛んでいる。

抜けたpacketが遅
れて届いている。

抜けたpacketが遅
れて届いている。

図5. パケット抜けの発生を示すデータ



図6 中継映像を映っている横浜国立大学の会場で撮影した写真

「医工連携ワークショップ」会場（横浜市立大学医学部福浦キャンパス）の様子を横浜国立大学側の教室に中継している時の様。

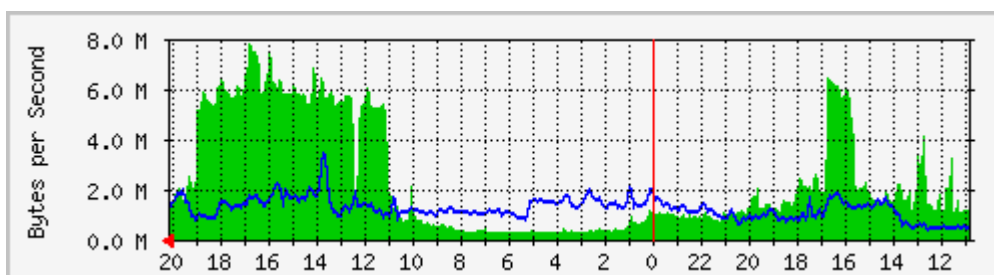


図7 横浜国立大学のFWに記録したトラフィック

中継時、約 30Mbps の（中継以外の通信が混在しているため、30Mbps というのはおおよその推測値である。）通信が安定して行なわれていたことがわかる。

パケット抜けによる映像のコマ落ちは、約 3 時間の中継中、数回発生したが、中継に支障がでるほどのものではなかった。

以上のように、16:9 のワイド画面を 1080i 方式で伝送するハイビジョン遠隔講義システムの中継実験を実際に行なってみて、専用回線を引かずとも SINET ノードルータ経由でハイビジョン映像による遠隔授業や講演・会議が十分行えることが確認できた。

謝辞

本遠隔講義システムの構築にあたっては、(株) IXIA、共信コミュニケーション (株)、(株) リアルメディアラボ の方々から多大なご支援を頂いた。この場を借りて、深く御礼申し上げる。

[1] 西村 浩二、近堂 徹、田島 浩一、岸場 清悟、相原 玲二：大学間遠隔コミュニケーションのための高品質動画伝送システム、学術情報処理研究誌、No. 7, P43, 2003

[2] 石田 雅、岡田 英範、鈴木 好明、小谷 章二、柏木 秀文、山岸 正明：ハイビジョン映像データ伝送に関する基礎実験について、学術情報処理研究誌、No. 7, P97, 2003