

HDV 規格ハイビジョン映像のオンライン蓄積システム

久保田真一郎, 升屋正人, 青木謙二, 鍵山茂徳

鹿児島大学学術情報基盤センター 〒 890-0065 鹿児島市郡元 1 丁目 21 番 35 号
E-mail: {kubota, masatom, aoki, kagiyama}@cc.kagoshima-u.ac.jp

あらまし ハイビジョン映像はその性質から遠隔教育や E-ラーニングのコンテンツ作成に有効である。われわれはハイビジョン映像によるデジタルコンテンツのオンデマンド配信を行う準備として教室で行われる講義をハイビジョン映像で撮影すると同時に蓄積サーバに逐次保存するシステムを構築し、その検証を行った。このオンライン蓄積システムの特徴は HDV 規格ハイビジョン映像データを撮影と同時に保存できる点、システム構築が安価にできる点、機器構成がシンプルなので教員個人で利用できる点である。

キーワード ハイビジョン映像, VLC, 遠隔授業, E-ラーニング

Online Storage System for the HDV format High-Definition video

Shin-Ichiro Kubota, Masato Masuya, Kenji Aoki and Shigenori Kagiyama

Computing and Communications Center, Kagoshima University,
1-21-35, Korimoto, Kagoshima, 890-0065, Japan
E-mail: {kubota, masatom, aoki, kagiyama}@cc.kagoshima-u.ac.jp

Abstract High-Definition video is efficient to the distance learning and creating E-learning contents. Preparing for On-Demand streamings with High-Definition video, we have constructed and developed the system to take High-Definition video and, at the same instant, to store High-Definition video contents in a storage server. The features of this online storage system are to take video with digital video camera and simultaneously store HDV format High-Definition video data, to deploy the system inexpensively, and to be used for teacher own because of simple construction, just PC and HDV digital video camera.

Keywords High-Definition video, VLC, distance learning, E-learning

1 はじめに

授業のコンテンツ化を行う多くの場合においてプレゼンテーションソフトを用いた授業がデジタルコンテンツ化の対象となる。これは撮影した講義映像およびその資料を同期することで容易に E-ラーニングコンテンツを作成できるためである。一方で小中学校、高等学校および大学では板書による授業が主でありこれら多くの授業をコンテンツ化するためには板書される文字および図が判読可能な高精細な映像を記録する必要がある。

現在のテレビの縦横比 4:3、走査線 525 本に対して BS デジタル放送などで用いられるハイビジョン映像は縦横比 16:9、走査線 1125 本と従来のテレビより精細となっている。このため、板書される文字やプロジェクタで映写される文字など従来の映像では判読が難しかった文字がハイビジョン映像では判読可能とな

る。また、16:9 の広角な映像のため、横長の黒板をその画面いっぱい撮影でき、講師と板書を同時に撮影できる。これらハイビジョン映像の特性によりこれまで存在していなかった板書による授業の E-ラーニングコンテンツを作成できる。

そこでわれわれはできるだけ多くの授業や実験をハイビジョン映像で伝送するために、これまでになく安価で、取り扱いが容易なハイビジョン映像伝送システムを構築し、ユニキャストおよびマルチキャストの両通信方式において十分実用に耐えるシステムとなることを示した [1]。本研究ではさらに、オンデマンドでの視聴を想定し、ハイビジョン映像をネットワーク上にあるサーバに蓄積するシステム「オンライン蓄積システム」を構築することにした。

ハイビジョン映像の入力には HDV 規格 [2] に準拠した民生用デジタルカメラを用いる。HDV はミニ DV テープにハイビジョン映像を記録するために策定され

た規格で、その記録データはMPEG2-TS形式で保存される。ミニDVテープへは最長で80分しかHDV形式の記録ができない。小中学校および高等学校の授業の録画時間には対応できても大学の授業は一般に90分間のため対応することができない。また、小中学校および高等学校の授業を録画することができたとしてもこれらを再度視聴可能な状態で提供するためには配信用PCへ取り込む必要がある。授業が行われたのと同じ時間が取り込み作業に必要であり、編集等の作業を加えると膨大な時間が必要となる。毎日多くの授業を担当する教員には実行不可能である。そこでわれわれはどんな撮影時間にも対応可能な、撮影と同時に蓄積するシステムを構築した。

われわれはVLCというソフトウェアを用いてHDV規格ハイビジョン映像が伝送可能であることを確認している[1]。VLCはMPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, DivX, mp3, oggなどの各種映像と音声形式のデータを再生できるソフトウェアであると同時に各種ストリーミングを可能とするソフトウェアである[3]。また、このソフトウェアは多くのオペレーティングシステム上で動作し、ソースコードが公開され、無償で利用可能となっている。次節以降ではこのVLCを用いて構築したシステムの構成について触れ、本システム構築のために行った検証実験について詳しく述べる。

2 システム構成

今回のシステムは図1のような送信系および受信系により構成される。送信系はハイビジョン映像を撮影し、伝送する機能を有する系であり、受信系は送信系より伝送された映像を受信し、その受信した映像データを保存するという蓄積機能を有する系である。ネットワーク環境は小規模なものから大規模なものまで任意である。送信系はHDV規格ハイビジョン映像を記

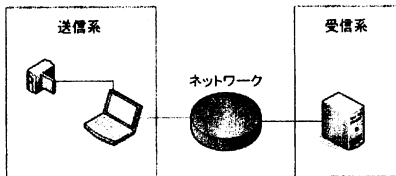


図1: HDV規格ハイビジョン映像のオンライン蓄積システム。

録可能なデジタルビデオカメラ1台、IEEE1394ケーブル1本、IEEE1394インターフェースおよびネットワークインターフェースをもったパソコン1台で構成され、受信系はネットワークインターフェースをもつ

た、パソコン1台で構成される。今回の実験で準備した機器は以下のとおりである。

● 送信系

- ハイビジョンカメラ SONY HDR-HC1 IEEE1394(4pin)
- 送信用パソコン EPSON Endeavor NT331 Pentium M 1.6GHz, 256MBメモリ(PC2700), 100Base-TX, IEEE1394(4pin)

● 受信系

- 受信用パソコン パソコン工房 AV3000DVR Pentium 4 3.0GHz, 1.0GBメモリ(PC3200), 100Base-TX

このようにネットワーク環境を構築するための機器を除いたシステム構成機器としては特別な機器を必要としない。また、構成機器それぞれが20万円を切る価格で手に入るため小中学校でも十分配備できるものと思われる。このように簡素で安価であることがこのシステムの特徴である。送信用、受信用ともパソコンにはオペレーティングシステムとしてWindowsXP Professional SP2を用い、VLCをインストールした。

ハイビジョン映像をユニキャスト通信により伝送するシステムを構築し、検証を行っており[1]、伝送されるハイビジョン映像を受信PC上に保存できれば撮影と同時にデータを逐次蓄積可能である。VLCを用いると映像を受信すると同時に「ストリーム出力」を行うこともできる。設定によりユニキャストストリーミング、マルチキャストストリーミング、HTTPストリーミング、RTPストリーミング、RTSPストリーミング、MMS/MMSHストリーミングと様々な方式でストリーミングできるほか、同時にファイルへ保存する設定も可能である。

受信PCが遠隔にある場合に二人のオペレータ人員を確保できれば図2のように送信系に一人、受信系に一人で運用可能であるが、一人のオペレータで蓄積サーバを利用するには撮影現場から受信PCまで受信操作のために移動しなければならない。そこで、われわれは図3のようにWindowsXP Professionalのリモートデスクトップ機能を利用することにした。この機能により受信PCのデスクトップを送信PC上で操作できるため、送信PCを用いて映像伝送を行い、受信PCのハードディスク上にMPEG2-TS形式でハイビジョン映像を保存できる。運用面で考えると撮影者1人でハイビジョン映像のデータを受信PCへ保存することができ、撮影後の作業を減らすことができる。このようにこのシステムは小中学校などの教員個人でも運用可能な形態となっている。

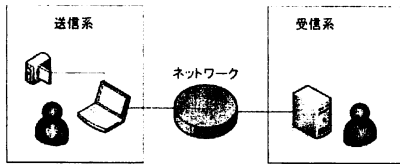
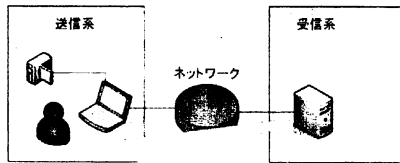


図 2: HDV 規格ハイビジョン映像のオンライン蓄積システムを二人のオペレータで運用する。



リモートデスクトップ接続で遠隔操作

図 3: HDV 規格ハイビジョン映像のオンライン蓄積システムをリモートデスクトップ接続を用いた遠隔操作により 1 人のオペレータで運用する。

3 ローカルネットワークにおけるオンライン蓄積システムの実験

まずはハイビジョン映像の伝送を行うのに他の通信の影響がない環境としてスイッチングハブを用いてローカルネットワークを構築し、本システムの性能を検証する。検証のための実験系を図 4 に示す。スイッチングハブには 10/100Mbps 対応の 8 ポートスイッチングハブ BUFFALO LSW10/100-8P を用いた。実際

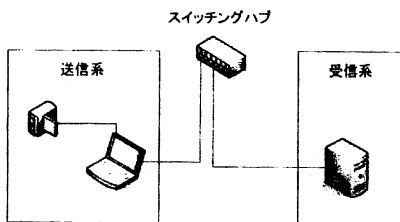


図 4: ローカルネットワークにおける蓄積システムの実験系。

のデータ蓄積を行う実験の前にリモートデスクトップによる通信の影響を調べるために iperf[4] を用いて tcp パケットを 3 分間送信し帯域測定を行った。送信 PC から受信 PC へリモートデスクトップで接続した状態で測定を 3 回行った結果は表 1 のとおりである。また、比較のためにリモートデスクトップで接続していない状態での測定結果を表 2 に示す。

表 1、表 2 のどちらにおいてもその帯域に変化はなくリモートデスクトップの接続による通信の影響は見られなかった。これはリモートデスクトップ機能が画

表 1: リモートデスクトップで接続した状態での iperf による帯域測定結果。

	送信 PC → 受信 PC	受信 PC → 送信 PC
1 回目	94.5 (Mbps)	94.1 (Mbps)
2 回目	94.5 (Mbps)	94.0 (Mbps)
3 回目	94.6 (Mbps)	94.0 (Mbps)

表 2: リモートデスクトップで接続していない状態での iperf による帯域測定結果。

	送信 PC → 受信 PC	受信 PC → 送信 PC
1 回目	94.5 (Mbps)	94.0 (Mbps)
2 回目	94.5 (Mbps)	94.0 (Mbps)
3 回目	94.5 (Mbps)	94.0 (Mbps)

面表示の差分のみを送受信する機能を有するためと思われる。

表 1、表 2 においてリモートデスクトップ接続の有無にかかわらずその向きによって帯域幅に約 0.5Mbps ほどの差が生じている。これは今回の検証環境で用いている送信用・受信用それぞれのパソコンのネットワークインターフェースの違いによるものと思われる。

次にリモートデスクトップを用いたデータを蓄積するための受信 PC の設定方法および映像を伝送するための送信 PC の設定方法について解説する。

1. リモートデスクトップクライアントの起動

送信 PC においてリモートデスクトップクライアントを起動し、受信 PC へアクセスする。

2. 受信 PC の VLC の設定 (1)

ログイン後、VLC を起動し、ファイルメニューの「ネットワークストリームを開く」から図 5 のように UDP1234 ポートで受信する設定を行い、「ストリーム出力」チェックボックスにチェックする。

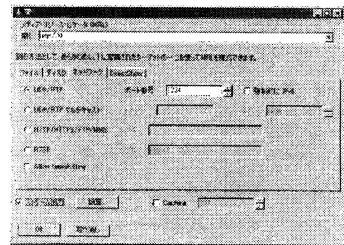


図 5: 受信 PC でユニキャスト通信による受信設定を行うと同時にストリーム出力設定を行ったところ。

3. 受信 PC の VLC の設定 (2)

次に図 6 のように「設定」画面で出力方法にあ

る「ファイル」チェックボックスにチェックを入れ、保存先を指定する。これで受信 PC が伝送される映像の待ち受け状態となる。

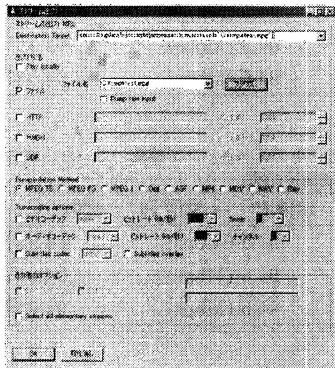


図 6: ストリーム出力の設定画面で受信 PC 上に保存するように設定したところ。

4. リモートデスクトップクライアントの最小化

リモートデスクトップの接続による影響を最小にするために操作したリモートデスクトップ画面を最小化する。

5. 送信 PC の VLC の設定

送信 PC 上で VLC を起動し、ファイルメニューから「Open Capture Device」を選択し、ビデオオデバイスを「Microsoft AV/C Tape Subunit Device」とし、「ストリーム出力」チェックボックスにチェックし、図 7 のように UDP1234 ポートでアドレスには受信 PC の IP アドレスを入力し、ユニキャスト伝送を行う設定にし、撮影を開始する。

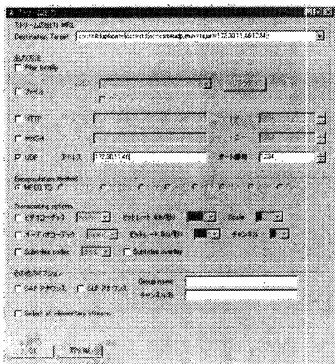


図 7: ストリーム出力の設定画面で受信 PC へ向けて UDP1234 ポートを使ってユニキャスト伝送するよう設定したところ。

6. 終了処理

撮影終了後は送信 PC 上の VLC の停止ボタンにより映像伝送を停止し、最小化しておいたりモートデスクトップ画面を起動し、受信 PC 上の VLC において受信を停止する。

実験ではこれら一連の動作を約 630 秒にわたって行った。その時の送信 PC 側のネットワーク帯域と CPU 使用率について測定した結果を図 8 に示す。なお、この測定には WindowsXP の管理ツールである「パフォーマンス」を用いた。測定開始からおよそ 130 秒後から

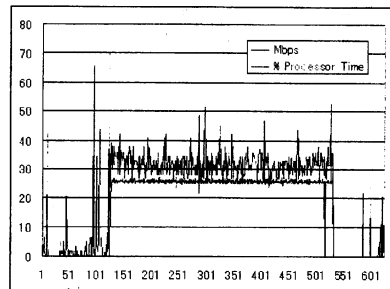


図 8: ローカルネットワーク環境下のオンライン蓄積システムにおける送信 PC から 1 秒あたりに送信されるデータ量 (ネットワーク帯域) と CPU 使用率の変化。横軸は測定開始からの経過時間 (秒)、縦軸はネットワーク帯域 (Mbps) または CPU 使用率 (%)。

蓄積サーバへの伝送を開始し、536 秒後まで伝送を行った。ネットワーク帯域は平均して約 26Mbps を利用し、CPU 使用率は伝送開始直後の 70% をピークにそれ以降は 25% から 55% 程度消費されていることがわかる。伝送中の CPU 使用率の平均を計算すると約 32% となり、今回準備した送信用 PC の CPU (Pentium M 1.6GHz) はハイビジョンを伝送するのに十分な性能をもつことがわかる。また、測定開始直後にリモートデスクトップを起動、およそ 40 秒後には受信 PC へログインし、およそ 100 秒後まで VLC の設定を行った様子が CPU の使用率の変化に表れている。この間のネットワーク帯域の変化については測定開始から約 100 秒後までを抜き出し、その変化がわかるよう図 9 に示した。リモートデスクトップを介して受信 PC における VLC の設定を行っている際に使用するネットワーク帯域はハイビジョン映像伝送による帯域に比べて非常に小さくピークでも 0.37Mbps を越えることはない。ハイビジョン映像の伝送にほとんど影響を及ぼさないことがわかる。

受信 PC においても同様にネットワーク帯域および CPU の使用率について計測を行った。結果を図 10 に示す。伝送中の CPU 使用率は 35% を越えることなく、実験のために準備した受信 PC の CPU は今回の

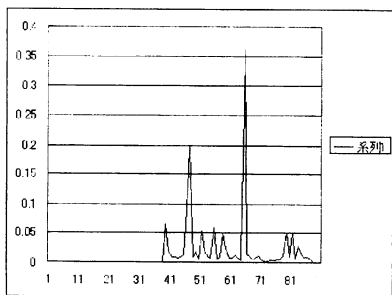


図 9: ローカルネットワーク環境下のオンライン蓄積システムにおけるリモートデスクトップ機能を利用したときの送信 PC のネットワーク帯域の変化。

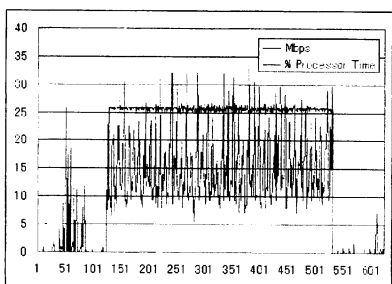


図 10: ローカルネットワーク環境下のオンライン蓄積システムにおける受信 PC から 1 秒あたりに送信されるデータ量 (ネットワーク帯域) と CPU 使用率の変化。横軸は測定開始からの経過時間 (秒), 縦軸はネットワーク帯域 (Mbps) または CPU 使用率 (%)。

実験に十分に対応できる性能を持っていることがわかる。送信 PC と受信 PC のネットワーク帯域の平均からデータの欠損率を求めると、

$$\frac{25.65593 - 25.65545}{25.65593} \times 100 = 0.001871\%$$

となり、スイッチングハブに直接接続した環境のため当然ではあるが非常によいネットワーク環境であるといえる。

このネットワーク環境において実験を行った後に受信 PC 上にはファイルサイズ 1,293,422 KBytes のファイルが保存されていた。また、このファイルを VLC で再生し、HDV 形式のハイビジョン映像がコマ落ちすることなく再生できることを確認した。以上のことからローカルネットワークにおいて十分にこのシステムが利用可能であることおよびリモートデスクトップでの接続がハイビジョン映像伝送に与える影響がないことから学内 LAN などのネットワーク環境においてもこのシステムが十分対応できると予想される。そこで、鹿児島大学の学内 LAN を用いた実験を行った。詳細について次節で述べる。

4 学内 LAN 環境におけるオンライン蓄積システム

教室で授業を撮影すると同時に教室にあるネットワークコンセントから学内 LAN を利用し、そのハイビジョン映像を受信系となる蓄積サーバへ送信する形態での運用も実現できるはずである。前節の実験からネットワーク帯域として約 30Mbps が確保できる環境においては問題なくシステムが構築できるので、実際に学術情報基盤センターの端末室において本システムを使い、その実験を行った。その手順は前節のローカルネットワークの場合と同じである。送信系を端末室に、受信系を別の端末室に設置し、それぞれネットワークセグメントの異なる環境で、約 20 分にわたって一連の手順で撮影し、受信系にハイビジョン映像の伝送データを保存した。ネットワークセグメントが異なるためルータを介した通信となり、この実験により本システムの実用性が証明されることで学内での運用はもちろん、学内に限らず学外などの遠距離での運用が可能である。

実験の事前検証として iperf を用いて tcp パケットを 3 分間送信し、帯域測定を行った。前節でリモートデスクトップの影響はほとんど考える必要がないことがわかったので今回の測定はリモートデスクトップにより接続した状態で測定を行った。その結果を表 3 に示す。前節の結果では送信 PC から受信 PC 向きの測

表 3: リモートデスクトップで接続し、iperf によって端末室間の帯域測定結果。

	送信 PC → 受信 PC	受信 PC → 送信 PC
1 回目	93.9 (Mbps)	94.0 (Mbps)
2 回目	93.8 (Mbps)	93.7 (Mbps)
3 回目	93.8 (Mbps)	93.7 (Mbps)

定結果と受信 PC から送信 PC 向きの測定結果との間に約 0.5Mbps ほどの差が生じていたが、今回の測定ではその差が 0.1Mbps ほどに縮まっている。これは今回のネットワーク環境において送信系と受信系との間に複数のネットワーク機器が存在することに起因していると思われる。帯域幅の値としてはローカルネットワークのときの値とほとんど差がないことからネットワーク環境に特に問題ないと言える。ローカルネットワークの場合の実績からもこのネットワーク環境下において問題なくシステムを利用できると考えられる。

次に映像伝送を行った際に送信側 PC で測定したネットワーク帯域および CPU 使用率について図 11 に示す。ローカルネットワークの場合と同様にハイビジョン映像伝送中の CPU 使用率はピーク値の 70% を除いて 20% から 55% の使用率にとどまっている。送信 PC

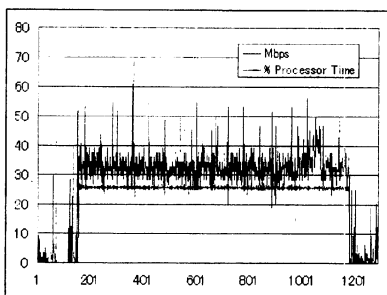


図 11: 学内 LAN 環境下のオンライン蓄積システムにおける送信用パソコンから 1 秒あたりに送信されるデータ量 (ネットワーク帯域) と CPU 使用率の変化。横軸は測定開始からの経過時間 (秒), 縦軸はネットワーク帯域 (Mbps) または CPU 使用率 (%)。

側のネットワーク帯域の平均は 25.66008Mbps, 受信 PC 側でのネットワーク帯域の平均は 25.65682Mbps で, その欠損率は 0.012705% であり, 端末室でのシステム運用が十分可能であることが明らかになった。

撮影し伝送され蓄積された 1020 秒間のハイビジョン映像はコマ落ちすることなく視聴できた。そのファイルサイズは 3,249,069 KBytes であった。このサイズは伝送時間 1020 秒と HDV 規格ハイビジョン映像伝送で用いられるネットワーク帯域から大まかな予想ができる。ファイルサイズを事前に予想しておくことはオンライン蓄積サーバのハードディスクの仕様を考える上で必要になる。HDV 映像伝送で利用するネットワーク帯域を約 25Mbps としてそのファイルサイズを予想すると

$$\frac{1020 \times 25 \times 1024}{8} = 3,264,000 \text{KBytes}$$

となる。精度は良くはないが, 事前情報として理解しておくには十分である。

今回の実験により端末室間での運用が可能であることが確認できた。鹿児島大学で 3 キャンパスにまたがって設置されている学術情報基盤センターの各端末室で行われる授業の撮影映像を逐次オンライン蓄積サーバへ伝送するシステムを学内において十分に構築可能であると思われる。

5 まとめ

オンライン蓄積サーバの構築方法を示し, その実用性について検証を行った。3 節においてリモートデスクトップによるアクセスの方法から VLC の設定, 撮影および終了までを詳しく解説した。また, 遠隔操作のためのリモートデスクトップの接続による影響につ

いて考察し, その影響がほとんどないことを確かめた。受信 PC の遠隔操作を考慮すると ssh サーバなどを利用して CUI によるコントロールがもつともネットワークへの影響を与えない手段であると容易に想像できるが, 小中学校をはじめ高等学校, 大学の教員により利用されることを考えると使いやすさを無視できない。このためリモートデスクトップ機能を用いた遠隔操作を実験環境とした。リモートデスクトップの通信によりハイビジョン映像伝送に影響を及ぼす可能性があったが, 実験結果のとおり, 本システムにおける影響はなかった。そして, 実際の運用環境に近い実験として鹿児島大学学術情報基盤センター端末室において, 撮影を行い, 逐次そのデータをセグメントの異なるネットワークに設置した蓄積サーバへ送信し, オンライン蓄積サーバのハードディスク上に保存できることを確認した。

今後は受信側での設定を簡易に行う方法を考案してシステムのユーザビリティを向上するほか, オンデマンド配信方法についての検証を進めたいと考えている。

参考文献

- [1] 久保田真一郎, 松元将也, 升屋正人: "HDV 規格ハイビジョン映像伝送システムの構築と検証", 大学情報システム環境研究, 投稿中。
- [2] HDV Format Web Site: <http://www.hdv-info.org/>
- [3] VideoLAN: <http://www.videolan.org/>
- [4] iperf: <http://dast.nlanr.net/projects/Iperf/>