

ライブ遠隔講義とオンデマンド遠隔教育を統合する MPEG2 伝送システム

相原玲二[†], 西村浩二[†], 近堂徹[‡]

† 広島大学情報メディア教育研究センター

E-mail: {ray, kouji}@hiroshima-u.ac.jp

‡ 広島大学大学院工学研究科

E-mail: tkondo@hiroshima-u.ac.jp

概要

遠隔キャンパスにおいて複数の教室で同時に講義を行うため、ライブ遠隔講義システムが導入されるようになっている。そのような遠隔講義では通常の対面講義に比べ、講師がカメラおよび遠隔の教室を意識して講義をしており、また、利用する資料を電子化したり、黒板に書く文字も大きくしている。そのため、講義を映像等で記録するデジタルアーカイブの素材として、通常の対面講義よりも適している。本稿は、ライブ遠隔講義の様子を MPEG2 品質でデジタルアーカイブし、オンデマンド遠隔教育用素材として利用するためのシステムを紹介し、その中で MPEG2/ATM と MPEG2/IP の変換に利用しているソフトウェア mpeg2ts などについて述べる。

An MPEG2 over IP Transfer System Integrating Live Distance Lecture and On-Demand Distance Learning

Reiji AIBARA[†], Kouji NISHIMURA[†] and Tohru KONDO[‡]

† Information Media Center, Hiroshima University

E-mail: {ray, kouji}@hiroshima-u.ac.jp

‡ Graduated School of Engineering, Hiroshima University

E-mail: tkondo@hiroshima-u.ac.jp

Abstract

In the institutions of higher education, hundreds of intellectual activities are performed everyday. It is very important for the institutions to have the system which can archive such activities efficiently and systematically. However, it will not be the good materials for on-demand distance learning even though we record the usual lectures. On the other hand, the live distance lecture is performed for the distant students. In this case the lecture pays attention to the distant students, is aware of being taken by a camera and writes the characters larger on the black board. Therefore, the record of live distance lecture is suited for the materials of on-demand distance learning by nature. In this paper, we describe the MPEG2 over IP transfer system and the live lecture archive system that is added to the MPEG2 over ATM based live distance lecture system currently operated in Hiroshima University.

1. はじめに

大学などの教育研究機関では、研究に関する議論、講義やセミナーなど、知的な活動が毎日、数多く行われている。それら知的財産の生産と伝達が教育研究機関の本質的な役割であると言える。劇的に進歩し続けるネットワーク社会に適合するには、教育研究機関がそれら知的活動を効率的かつ機械的に記録し、後から再利用することが極めて重要である。しかし、例えば、通常の対面講義をそのままビデオカメラ等で自動的に記録したとしても、そのままではオンデマンド遠隔教育用の素材としては使えない。オンデマンドで利用することを想定すると、受講者の興味を引く演出や、編集が必要である。一方、リアルタイムに遠隔地の教室を結ぶライブ遠隔講義が頻繁に行われるようになっている。日本の大学の場合、文部科学省が推進するSCS (Space Collaboration System) 事業[1]から刺激を受けたこともあるが、今後全国各地で計画されている近隣大学間の統合実施に向けて、益々需要が高まることは確実である。ライブ遠隔講義の場合、講師は遠隔地にいる受講者に対し、伝送する映像が適当であるか、音声が正常に届いているかなどを注意しながら講義することが求められる。さらに、教材として使用する資料を電子化したり、黒板に書く文字を大きくしている。そうでなければ、遠隔地の受講者の授業に対する評価が低くなってしまふ。すなわち、ライブ遠隔講義で伝送される情報をオンデマンド遠隔教育に利用すれば、比較的編集等の作業にコストをかけなくても済むことが見込める。

本稿では、広島大学の遠隔キャンパス間で従来から利用されている ATM ネットワークを利用した MPEG2 遠隔講義システムにアーカイブ機能を追加し、オンデマンド遠隔教育にも可能としたシステムの構成を紹介する。本システムでは IP ネットワークベースの MPEG2 方式により高画質でアーカイブを行い、オンデマンドでの利用ができる。そのため、著者らが独自に開発した MPEG2/ATM から MPEG2/IP に変換するためソフトウェア mpeg2ts についても述べる。

2. ライブ遠隔講義システム

広島大学は図 1 に示すように、東広島、霞、

東千田の主要 3 キャンパス（この他、附属学校など 8 ヶ所の遠隔地区が存在する）から構成されている。メインキャンパスである東広島地区と霞地区および東広島地区と東千田地区はそれぞれ約 35km 離れており、キャンパス間は自設光ファイバで結ばれている。

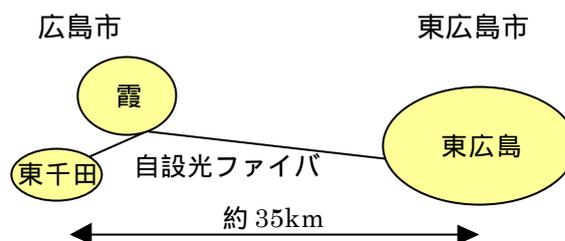


図 1 広島大学主要 3 キャンパス

法学部および経済学部は東広島地区に位置するが、それぞれの夜間主コースが東千田地区にあるため、1996 年以來 2 つの地区の間では定期的なライブ遠隔講義が実施されてきた。当初は 128Kbps の ISDN 回線を利用した遠隔講義であったが、その後順次システムは増強され、キャンパス間自設光ファイバが設置された 2001 年度には、東広島地区の 4 教室と東千田地区の 3 教室が MPEG2/ATM にて常時遠隔講義可能となっている。これに加えて、移動式の簡易遠隔講義装置も両地区に 1 台ずつ導入され、利用されている。現在のシステムはすべて ATM ネットワーク用 MPEG2 ハードウェア CODEC により画像圧縮を行い、伝送速度 4 ~ 6 Mbps で運用している。このため、伝送される動画および音声は極めて安定かつクリアで、黒板に書いた文字を伝送した場合、やや大きめに文字を書けば遠隔教室の学生にも十分判読できる。2001 年度までに開講された遠隔講義の総数は 36 講義で、遠隔教室側で受講した学生数はのべ 3000 人に達する。2002 年度はこれまでに遠隔講義開講数を増やし、合計 21 講義がこのシステムを利用して開講される予定である。

3. MPEG2 over IP 伝送システム

我々は MPEG2 動画および音声を IP ネットワーク上に伝送するシステム[2]を開発してきた。その核となるソフトウェアを mpeg2ts と呼んでいるが、mpeg2ts は MPEG2-TS (Transport Stream) 形式のパケットを IPv4 または IPv6 ネットワーク上で伝送するシステムである。

ットワーク上で送受信する。さらに、mpeg2ts は IP マルチキャスト、IPsec (IP security)、FEC (Forward Error Correction) などに対応している。mpeg2ts は Linux PC 上で動作し (一部の機能は FreeBSD PC などでも動作する)、2 つの動作モードを持っている。1 つは CODEC モードで、PC 用 PCI MPEG2 エンコーダカードおよびデコーダカードを使って、動画像・音声を IP ネットワーク上でやりとりする。現在 mpeg2ts がサポートしているのは、エンコーダが KFIR MPEG2 encoder [3]、デコーダが Vela CineView [4] および Optibase VideoPlex Xpress [5] である。もうひとつは ATM 変換モードで、ATM 用 MPEG2 ハードウェア CODEC の入出力を IP ネットワーク用に変換するものである。このモードでは、ATM インターフェースから受け取った MPEG2-TS パケットを一定数づつ (指定可能) IP データグラムにカプセル化し送信する。また、IP ネットワークより受信したデータグラムから MPEG2-TS パケットを取り出し、ATM インターフェースへ送出する。

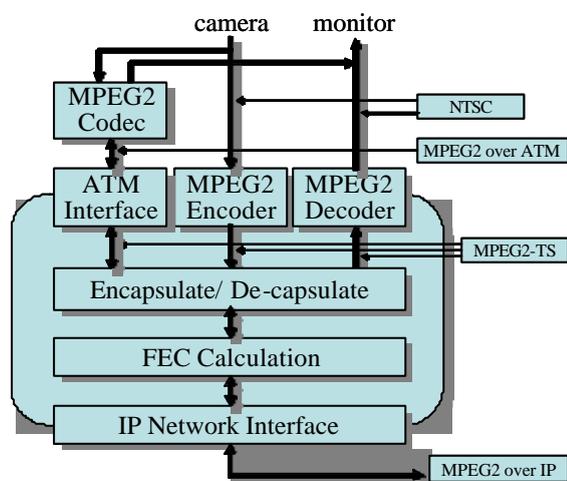


図2 MPEG2 over IP 伝送システムの構成

mpeg2ts を利用した動画像伝送システムの構成を図2に示す。ATM インターフェースまたは MPEG2 エンコーダカードから入力された MPEG2-TS パケット (188 バイト) は指定された数毎にカプセル化され、ペイロードとして扱われる。その後、FEC 処理部に送られ、冗長ペイロードが計算され、付加される。FEC 処理の後、FEC、RTP、UDP、IP 各ヘッダが付加され IP データグラムとしてネットワークへ送

出される。IP ネットワークから受信したデータグラムについては、上記と逆の処理をほどこし、ATM インターフェースまたは MPEG2 デコーダカードへ送出される。



図3 日食中継の様子 (広島市立井口明神小学校)
写真提供: 中国・四国インターネット協議会
日食映像提供: Live!Eclipse2001 実行委員会

本システムは既に様々な場面での利用実績がある。図3はその一例で、2001年6月21日にアフリカ南部で観測された皆既日食のリアルタイム映像を、通信・放送機構 JGN (Japan Gigabit Network) などの実験回線を利用し、IP マルチキャストを用いて全国各地に中継実験[6]した時の様子を示す。この時は、送信側では ATM 変換モードを利用し、ATM 用ハードウェア CODEC でエンコードした動画像データを mpeg2ts により FEC を付加して、IP ネットワーク上へ送出した。受信側では CODEC モードを利用して受信した。この実験により FEC を付加したことによる耐パケットロスの効果などを検証 [7] することができた。なお、mpeg2ts は GPL (GNU Public License) に添ってオープンソースのソフトウェアとして開発しており、mpeg2ts の Web ページ[8]から入手可能である。

4. 遠隔講義アーカイブシステム

我々は、前節で紹介した MPEG2 over IP システムを利用し、既存のライブ遠隔講義システムに対してアーカイブ機能を付加し、オンデマンド遠隔教育システムの構築を目指している。ただし、本格的なオンデマンド遠隔教育システ

ム構築には、講義画像や講義資料の自動編集機能なども必要であると考え、別途研究開発を進めているが、本稿ではライブ遠隔講義映像の自動アーカイブ機能に注目し、その構成を紹介する。システムの設計にあたり最も重視した条件は、既に実施されているライブ遠隔講義を妨げない、すなわち、講義を担当している教師や受講生にアーカイブ機能を付加することによる新たな操作や利用制限を加えないということである。広島大学でのライブ遠隔講義は、前述のとおり相当数の実施実績を持ち、多くの利用者の声を反映してシステムに改良が加えられている。従って、特に担当教師の使用感を変更することは慎重に検討するべきである。

図4にシステム構成を示す。本システムではmpeg2tsをATM変換モードで動作させることでATM-IP変換機を構成し、MPEG2動画のアーカイブを行っている。東広島地区と東千田地区の教室間を結ぶATMパスは情報メディア教育研究センターに設置されたATMスイッチで、ポイント・マルチポイント接続(ATMのセルコ

ピー機能)により分岐させている。分岐したATMパスはATM-IP変換機へ接続される。ATM-IP変換機はMPEG2-TSパケットをATMネットワークから受信し、カプセル化などを施しIPネットワークを經由してアーカイブサーバへ送出する。

MPEG2は高品質の動画を伝送可能であり、本システムではMPEG2を主要な記録媒体としているが、同時にMPEG4ストリーム3本をアーカイブしている。教室には講師撮影用カメラ、受講者撮影用カメラ、資料提示用の書画カメラなどがあり、講師はこれらカメラおよびPC出力画面などを必要に応じて切り替え、遠隔教室の受講者に対し提示する。遠隔教室へ送信されている画像がMPEG2画像としてアーカイブされるが、MPEG4は講師の切り替えとは無関係に、主なソース映像をそのまま記録している。MPEG4はMPEG2に比べ画像の品質はやや劣るが、後で編集する際の素材として利用するとともに、遠隔から講師カメラなどを制御するためのモニタ映像としても利用している。

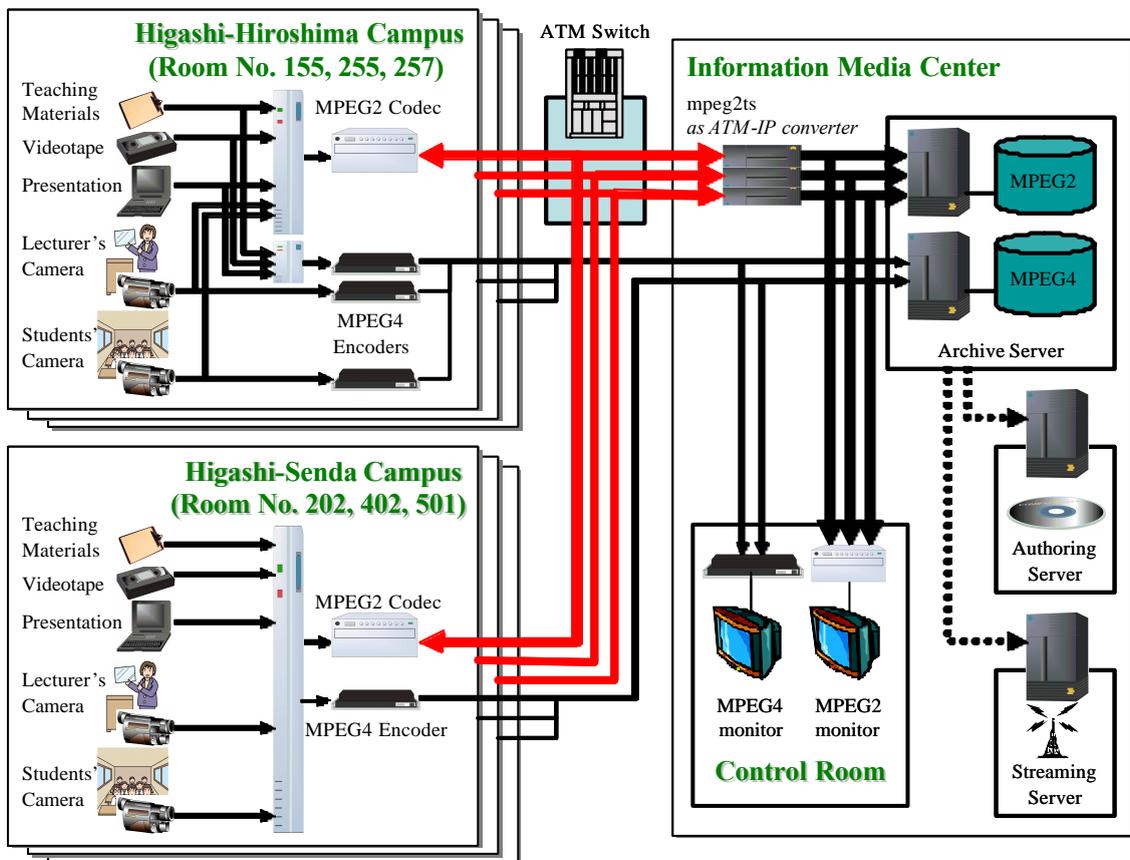


図4 ライブ遠隔講義アーカイブシステムの構成



図5 アーカイブサーバと ATM-IP 変換機



図6 監視制御用コンソール

2001 年度末に導入したアーカイブサーバおよび ATM-IP 変換機の様子を図5に示す。アーカイブサーバのソフトウェアは沖電気 Media Server を使用し、ライブ蓄積・配信用(Stream Controller)およびコンテンツ管理用(Service Gateway)にそれぞれ PC (Pentium-III 1GHz x 2, 512MB メモリ, Windows2000) を導入している。同時に3講義のアーカイブが可能で、アーカイブと同時にオンデマンドによる再生も可能となっている。この時点でのストレージ容量は MPEG2 用に 500GB、MPEG4 用に 100GB であり、転送レートの設定にも依存するが、半期(約15週)の講義を12コマ程度蓄積できるサイズとなっている。図6はアーカイブシステムの監視制御用コンソールを示す。コンソールからは、アーカイブシステムおよび講義室のカメラ制御(雲台角度やズームなどの遠隔制御)や遠隔教室へ送信する MPEG2 映像の入力切り替えなども可能となっている。

本システムは、原則として、ライブ遠隔講義の様子を自動的に録画するよう設計されている。もともとライブ講義システムは、あらかじめ入力されたスケジュールに基づいて教室設備や画像伝送システムなどが自動的に起動、終了するよう、スケジュール管理システムが導入されていた。アーカイブ機能の追加にあたって、そのスケジュール管理システムと連動してアーカイブが開始、終了するような設計を行った。従って、基本的には管理制御用コンソールは無人で運用できる。ただ、ライブ遠隔講義の講師が不慣れな場合などは、カメラ操作や MPEG2 映像入力切り替えなどがスムーズにできない場合もある。それに対応するため、監視制御用

コンソールから教室の各種装置を遠隔制御可能とした。ライブ遠隔講義の各種装置の操作支援は、助手などを教室に配置すればこれまでも可能であったが、今回遠隔地から複数講義を同時に制御可能としたため、例えば1名の補助者が同時に3講義の支援を行うこともできる。

5. 考察

本システムは2002年度4月より試行的な運用を開始し、前期だけで5講義をアーカイブしており、後期は7講義のアーカイブを予定している。ライブ遠隔講義は2002年度通年で21講義あるが、講義で使用する資料等の蓄積することによる著作権問題などのため、通年で12講義のみをアーカイブすることとなった。今後、本格的な運用にあたっては、講師の許諾や著作権等の問題を解決しなければならない。

今回使用したアーカイブサーバを含め多くの VOD サーバは同時再生数を多くするようチューニングされている。そのため、同時にアーカイブする講義数を増やすと蓄積性能の限界が問題となる。今回導入したアーカイブサーバでも再生能力に比べ蓄積性能が低く設定されており、当初同時蓄積に問題が生じた。講義開始(アーカイブ開始)後に追いかけて再生を許す場合、蓄積と同時に再生用のインデックスを作成するなどの処理が発生し、蓄積能力を制限する。そのため追いかけて再生を許すか否かでも、システムの設計方針が変わることが判明した。

伝送系での損失(ATM セルロスまたは IP パケットロス)が映像品質に悪影響を与えるのは言うまでもないが、蓄積したデータを編集する

際にも問題が生じる。今回導入した MPEG2 編集ソフトでは MPEG2 パケットが欠落していた場合、手動で編集し復旧する必要があり、実用上問題となっている。伝送系で損失を発生させないよう、FEC (Forward Error Correction) や再送制御を取り入れることは言うまでもないが、画像データの編集ツールにも損失への対応が必要である。

本格的に遠隔講義を行うには、スケジュール管理機能および自動起動・停止機能は必須である。今回は、既存ライブ遠隔講義システムのスケジュール管理システムと連携したため、対応できる教室数等の制約が厳しく、現状の 4 + 3 教室が事実上の限界となっている。本格的運用を考えると、アーカイブサーバの同時蓄積能力だけでなく、スケジュール管理システムなど、運用支援システムについても十分な検討が必要である。

6. まとめ

本稿では、ライブ遠隔講義システムとオンデマンド遠隔教育システムの統合を目指し試作したシステムについて述べた。本システムは特に MPEG2/AMT による既存のライブ遠隔講義システムが稼動している機関に参考になることは言うまでもないが、今後 IP ネットワークを利用した MPEG2 や MPEG4 による遠隔講義システム等を構築する場合にも参考になると思われる。

本稿では、ライブ遠隔講義の映像等を蓄積した後の処理については触れていないが、自動録画だけでは不十分で、短時間に編集した魅力的な講義映像を作成しなければ、オンデマンド遠隔講義システムにはならない。現在は人手による編集で対応しているが、自動編集機能の導入が望まれており、今後の課題である。

また、様々な応用を検討しているが、例えば、蓄積された映像等を講師が講義中にオンデマンド再生し、資料として利用することが挙げられる。このような利用のうち、医療教育や美術教育などの分野では高品質映像が望まれるため、HDTV MPEG2 の蓄積、配送についても試作中である。

謝辞

本システムの導入に尽力された広島大学情報メディアセンター石井光雄センター長および関係者に感謝します。また、既存のライブ遠隔講義システムに関して数多くの情報提供を頂いた広島大学法学部西谷元教授に感謝します。本研究の一部は、通信・放送機構ギガビットネットワーク利活用研究開発制度「IPv6 マルチキャスト対応 HDTV 画像広域伝送システムに関する研究開発」(JGN-P341005) の支援を受けて実施された。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] http://www.nime.ac.jp/SCS/index_j.html.
- [2] Nishimura, K., Aibara, R., Ohtsuka, T. and Kondo, T., "An MPEG2 Transfer System using IPv6 Multicast and IPsec," Proceedings of the 7th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC2001), pp.578-581, September 2001.
- [3] <http://www.linuxtv.org/mpeg2/>.
- [4] <http://www.vela.com/>.
- [5] <http://www.optibase.com/>.
- [6] 相原、大塚、近堂、西村、前田, "MPEG2 over IPv6 システムの開発と皆既日食中継実験" 信学技報, IA2001-37, pp.131-138, 2001 年 11 月.
- [7] 大塚、西村、相原、前田, "FEC を用いた MPEG2 over IP 伝送システムの開発と評価" 情処学会研報, 2001-DSM-24, pp.43-48, 2001 年 11 月.
- [8] <http://net.ipc.hiroshima-u.ac.jp/mpeg2ts/>.