

低コストなストリーミングシステムの構築と課題

奥山澄雄^{1,2}, 伊藤智博^{1,2}, 立花和宏², 仁科辰夫^{1,2}, 鈴木勝人¹, 青木和恵¹

Construction of a low-cost streaming system and its problems

S. Okuyama, T. Ito, K. Tachibana, T. Nishina, K. Suzuki, and K. Aoki

¹ 山形大学学術情報基盤センター

(Networking and Computing Services Center, Yamagata University)

² 山形大学バーチャル研究所・データベースアムニティ研究所

(Database Amenity Laboratory of Virtual Research Institute, Yamagata University)

〒992-8510 山形県米沢市城南4-3-16

4-3-16 Jonan, Yonezawa, Yamagata 992-8510, JAPAN

(平成16年10月4日受理)

Abstract

A system for real-time video streaming was constructed and tested. The programs including lectures and meetings were broadcasted for both outside and inside of the Yamagata University. Although this system is still experimental and it cannot use freely, we aim at the system which distributes and receives video freely combining an authentication system.

1 はじめに

講義のビデオ化による学習環境の充実をはじめとして、大学においても映像ストリーミング環境の充実が望まれている。映像のストリーミングによる配信システムは、市販のものを購入すればそれなりに良いものが手に入るが、大規模なものになるためかなりの予算が確保できないと導入できない場合が多い。山形大学にも2001年10月にリモート講義システムが導入されている。このシステムは受信できる場所が限られることや、導入から時間が経ってしまっているため性能が現在では満足できるものではない、などいろいろな問題を抱えている。

われわれは低コストで現時点で広く利用でき、かつ実用に耐えるリアルタイムストリーミングシステムの構築を目標とした実験を行った。システムの構成、稼働状況および今後の課題について報告する。

2 システムの構想

ストリーミングシステムを構成する要素には、

1. ハードウェア・ソフトウェア

- ・カメラ・ビデオ等撮影機材
- ・配信サーバー
- ・ネットワーク
- ・配信ソフトウェア
- ・編集ソフトウェア

2. コンテンツ

- ・講演会や講義など

3. 権利関係の調整

- ・コンテンツの法的な権利関係の調整
- ・コンテンツの作成・配信に係わる権利関係の調整

の3つがあげられる。

第1にあげた「ハードウェア・ソフトウェア」は配信およびコンテンツの作成に直接係わるものであり、実体があるため理解しやすい。第2にあ

げた「コンテンツ」はストリーミングを行う映像そのものであり、本学の場合、講義や講演会が主なものになる。上記の2つの要素があれば、映像のストリーミング配信は可能である。映像コンテンツの作成には、「係わる人が多いこと」、「音楽など他の権利を有するものの使用」があるため、権利関係の調整が不可欠である。

著作権法によれば、著作物(思想又は感情を創作的に表現したものであつて、文芸、学術、美術又は音楽の範囲に属するもの)を創造した者(著作者)には著作者の権利が発生する[2]。この権利には大きく著作者人格権と財産権としての著作権(いわゆる「著作権」とよばれているもの)の二つに分けられる。財産権としての著作権はさらに複製権・公衆送信権・二次的著作物の創作権などに分類することができる。ストリーミングで配信するコンテンツを作成するためには、コンテンツ内で使用する音楽や映像等の他者の権利に充分配慮する必要がある。「コンテンツの作成」という面から考えると、作成したコンテンツには作成者としての権利が発生し、それをどのようにして守るかということも考慮しなければならない。これらの権利関係の保護は、コンテンツの配信対象への認証・コンテンツ作成者への認証やデジタルな権利保護機構(Digital Right Management:

DRM)を用いることで実装できると考えられる。

しかしながら、山形大学の現状では、コンテンツの配信対象(たとえば学生)を認証する使いやすいシステムが存在しないため、複雑な権利関係の調整を実装できないため、配信対象を限定せずに使えるコンテンツのみを用いることで対処することとした。

したがって、今回のケースでは主にハードウェア・ソフトウェアシステムを作成し、権利関係が明確なコンテンツのみを用いての運用を想定することとした。

3 システム

図1にシステムのブロック図を示す。システムは大きく配信サーバー、エンコーダー、クライアントの3つに分けられる。この実験で購入したのは配信サーバー、エンコーダーおよび必要なソフトウェアである。表1に具体的な機材名を掲げる。

エンコーダーでストリーミング形式に変換されたデータを多数のクライアントに向けて配信する配信サーバーにはWindows Server 2003上のWindows Media Service 9を用いた[3]。ストリーミングのデータは非常に大きなものになるのでディスク容量は大きいほうが良いと考え、ディスクを1TB(RAID5)積んだサーバーを用意した。CPU

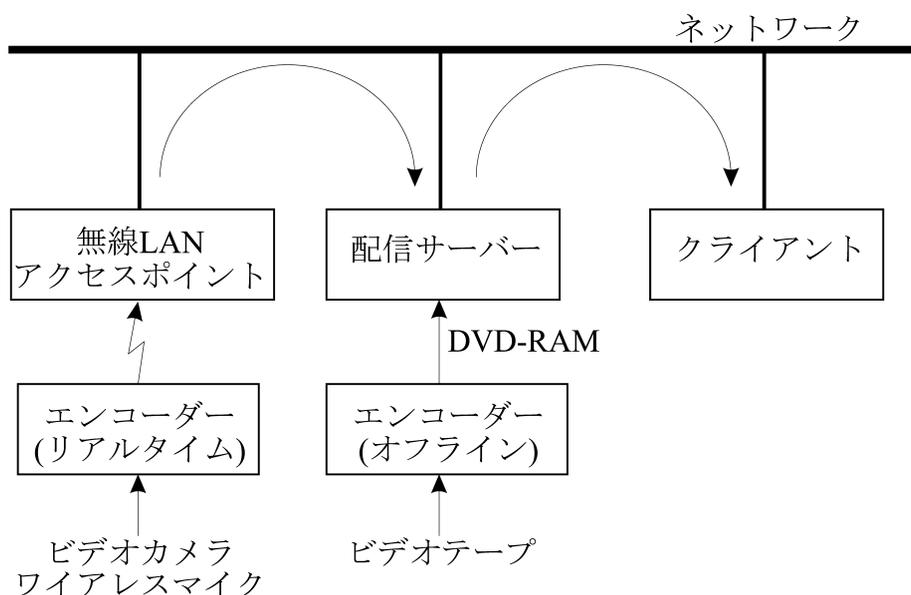


図1：構築したストリーミングシステムのブロック図

ブロック	機種	スペック等
配信サーバー	HP Proliant ML350G3	Xeon(3.06GHz) × 2, 4GB メモリ, 1TB ディスク Windows Server 2003 Standard Edition Windows Media Service 9 (OS付属)
エンコーダー (リアルタイム)	IBM ThinkPad X31 松下NV-GS200K 松下WS-X77 松下WX-4300B	Windows XP + Windows Media Encoder 9 DVビデオカメラ ワイアレスパワードスピーカー ワイアレスマイク
エンコーダー (オフライン)	東芝RD-XS41 松下LF-M66QJD	ハードディスクレコーダー DVD-RAM ドライブ
無線LAN	バッファロー-WHR2-A54G54 バッファロー-WLE-HG-NDC	無線LAN アクセスポイント 無指向性屋外アンテナ(コリニアアンテナ)

表1：使用した機材

パワーはXeon 3.06GHzデュアル構成としたが、実際に実験してみるとCPUパワーはほとんど消費せず(max 4%程度)むしろネットワーク負荷のほうが律速になってしまうため、ここまでのCPUは必要なかったようであった。

講義の生放送や屋外から中継などリアルタイムのエンコードが必要な場合はWindows XPをOSとしたノートPC上で動くWindows Media Encoder 9を用いた[4]。このノートPCは実時間でエンコードを行うためかなりのCPUパワーを消費する。今回用いたPentium M 1.4GHzのノートPCでは640×480ピクセルのサイズで15fpsが限界であった。エンコードされたデータは802.11bまたは802.11gの無線LANを用いてアクセスポイントへ中継された。屋外中継を行う場合は、外付けのコリニアアンテナを用いて通信の品質を確保した。

リアルタイムで映像を送出する必要がない場合(オフライン)には、映像をビデオテープに記録した後、ハードディスクレコーダー(東芝, RD-XS41)でエンコードおよび編集を行い、DVD-RAMでPCにデータを移動し、Windows Media形式に変換して配信した。ハードディスクレコーダーはユーザー層を一般の方に合わせた製品であるため、その操作が明快かつ単純であり、テレビ画面を見ながらリモコンを操作することですべての作業をこなすことができる。また、映像の編集はPCを用いてノンリニアで行ってもかなりのスキルを要するが、ハードディスクレコーダーの編集機能を用いることにより特別な苦勞を要せずに不要部分のカットや必要部分のみの編集などが容易にできるようになった。

クライアント側ではWindows Media Playerシリーズでストリーミングを再生する形になる。Windows Media PlayerはWindowsをはじめMac OSやLinuxでも動作する。

4 運用実験

4.1 山形大学学長による新年挨拶のストリーミング[5]

2004年1月5日に仙道山形大学学長の「年頭のあいさつ」があった。例年は学内の一部向けに行われるものであるが、2004年4月からの法人化に向けてリモート講義システムを用いて全学に中継された(山形大学は山形県内に4つのキャンパスがある)。このときの映像をビデオ収録したものをオフラインでエンコードしてストリーミング配信を行った。ただし、収録したビデオのアンクル等が残念ながら使用に耐えるものではなかったため、音声および最初と最後の映像のみを収録したビデオから利用し、途中のスライドは後で音声にシンクロさせて再度収録を行った。ハードディスクレコーダーを用いたシステムでエンコードを行ったため、編集等の作業は1時間以内で完了している。このコンテンツは2004年1月から2004年9月までの間に3000回以上視聴されている。

4.2 講義のリアルタイムストリーミング

2004年6月4日に本学のFD(ファカルティ・ディベロップメント)活動の一環として行っている公開授業・公開検討会のリアルタイムストリーミング配信を行った[6]。幸いビデオシステムとワイアレスマイクシステムを備えた教室を用いての講義であったので、その映像と音声をノート

PCに取り込んでエンコードを行った。実際の信号の流れは以下の通りである。既存のビデオシステムからのNTSC映像をDVカメラの外部入力端子に入れてアナログ→デジタル変換を行い、DV形式になったデジタルデータをIEEE1394ポートを経由してノートPCに送り込み、ここでWindows Media形式に変換し、無線LANを用いて配信サーバーに送り込んだ。映像は学内に限定せず広く世界中から見えるような設定で配信を行った。4日ほどの準備期間で配信を行ったため広報が不充分であったが、海外からのアクセスをはじめとして学内外から延べ150台以上のクライアントが映像を受信した。ピーク時のネットワーク負荷は41Mbpsであり、山形大学から上位回線への回線速度が100Mbpsであることを考えると、サーバーの負荷よりもネットワークの負荷が律速になると考えられる。

他に、リアルタイムの映像ではないがドイツ語の講義の映像も本システムを用いて配信している[7]。

4.3 屋外からのリアルタイムストリーミング [1]

2004年7月14日に山形大学学術情報基盤センターの看板の除幕式が行われた(2004年4月より総合情報処理センターから改組)。除幕式は屋外で行われるためカメラおよびエンコーダーとなるPCを電池駆動し、自由に動ける状態でビデオ送出を行った。エンコードされたストリーミング映像は無線LANを用いてサーバーに送り込んだ。無線LANの伝送品質を確保するために、アクセスポイント側にゲインの高い無指向性のコリニアアンテナを用いた。これによりほぼ100m範囲で自由に動いてビデオ送出ができた。実際の映像は現場に設置したモニタにより参加者に見てもらい、技術的な解説も併せて行った。

4.4 学外からのリアルタイムストリーミング [1]

2004年7月28日に米沢市理科研修センターで行われた『米沢市中学生化学教室化学への招待』日本化学会東北支部第125回一楽しい化学の実験室へようこそ』という、中学生向けの化学実験教室の様子をリアルタイムでストリーミング配信を行った。この配信実験は学外からのものであ

たため、アクセス回線の確保、ファイアーウォールの障害および音声伝送の三つの問題があると考えられた。

アクセス回線については米沢市教育委員会のご配慮により、理科研修センターに設置されているケーブルTV経路を使うことができた。ダウンリンクは6Mbps、アップリンクは1Mbpsであり、ダウンリンクにはまったく問題なく、アップリンクも必要とする帯域(500kbps)の倍の速度があった。

配信用のサーバーは学内に設置してあるためファイアーウォールを越えないと学外からのストリームを配信サーバーに届けられないと当初予想していたが、実際に予備実験を行ったところ、Windows Media Serviceへのプッシュ配信はファイアーウォールを通過できる80番ポートを用いているため問題なく配信することができた。

学内からのストリーミングの場合、音声システムは比較的しっかりしたものが利用できたが、学外のしかも実験室ということで、講師の音声をどのように伝送するかが問題になった。講師の声をノイズなく明瞭に伝え、しかも講師の動きを妨げないようにするために、可搬型のワイアレスマイクシステムを利用することとした。ストリーミング映像とはいえ、結局は音声がなくて意味なくなるので音声系の品質は映像以上に重要である。

当日は中学生が空き缶を用いた電池を作ったり、酸化チタンの光触媒効果の実験を行っている様子をリアルタイムで学内外に配信することができた。

5 考察および今後の課題

使用した機材は普通に手に入るものばかりであり、その気になれば誰でも用意できるものである。しかし、本学ではまだ無線LANのアクセス環境が整っていないためネットワークアクセスを確保するのが一番の問題であった。

映像を受信したユーザーの反響はまずまずのものであった。映像の解像度は640×480ピクセル程度あればフレームレートは少々遅くても(～7fps)ユーザーの印象はさほど悪くない。問題なのは映像よりも音声であり、ワイアレスマイクの不調などで音にノイズがあると印象が大変悪くなるよう

である。

640×480ピクセル15fpsの映像を伝送した場合、500kbps程度の帯域を消費する。この程度の帯域は単独ではまったく問題にならないが、クライアント数が増えるとトラフィックを大きく消費する。山形大学のネットワークは基幹部分が1Gbpsであるためかなりの余裕があるが、末端部分は100Mbpsであるため、恒常的にストリーミング映像を流すには不安がある。現在はスイッチの設定の問題によりユニキャストによる配信しか行っていないが、マルチキャストによる配信も考慮しなければならないと考えられる。この場合、配信サーバーのOSはマルチキャストに対応したWindows Server 2003 Enterprise Editionに変更する必要がある。また640×480ピクセルの映像を伝送した場合、クライアントPCに少々古いものを使っていると、CPUパワーの不足により映像の展開が追いつかずコマ落ちする場合があった。クライアント側である程度問題なく展開できるためには320×240ピクセル程度に抑えておくほうが好ましい。学外への配信を考えた場合、山形大学―東北大学間の回線速度が100Mbpsであることが問題になる。100Mbpsの回線速度では500kbpsのコンテンツを200本しか配信できず、学外から自由に見てもらうには問題があると考えられる。回線速度を増強するか、ホスティングサービスを利用するなどの対策が必要である。

5. 1 権利関係の問題

映像を学内外に伝送する場合、権利関係に配慮する必要に迫られる。実験では映像ソースは権利関係をクリアしたものを利用した。今回実験した映像は配信サーバーにリアルタイムに蓄積され、再配信できる状態にあるが、権利関係の問題で利用されないままになっているものが多数存在する。

平成16年1月に行われた著作権法第35条（学校その他の教育機関における複製等）の改正により、目の前に学生がいる講義をリアルタイムに遠隔地へリモート配信する場合は、ほぼ通常の講義と同じ扱いができるようになり、あまり気を遣わずに行えるようになった[8]。しかしながら講義を蓄積した映像に対しては著作権法第35条が適用されないため、通常の著作物と同様の扱いとなり、著作権法の厳しい縛りをうける。大学内には講義や

実験など映像として価値のあるものが多くあるのだが、著作権法を明確にクリアしていることが確認できないために送出不可能な場合が多い。

この問題を解決するためには受信者を特定し、「誰が見て、誰が見ていないか」を明らかにする認証システムとの統合が欠かせない。

残念なことに、山形大学には「利用しやすい」認証システムが存在しない。認証システムはユーザーの存在情報を集めたデータベースに本人確認の機能を加えたものであり、これが整備されなければe-learningシステムの展開などは考えられない。認証できないことはすなわち「出席が取れない」ことを意味しており、教育としてストリーミングコンテンツを展開するためには致命的な欠点である。

山形大学の場合、認証システムは1万人規模のものになるため、維持運用には中途半端ではない手間とコストが必要となる。現状で山形大学に存在する、認証に使う可能性があるユーザー情報データベースとしては

- ・学務系で整備している学生情報のデータベース
- ・学術情報基盤センターの汎用サーバーのアカウント情報
- ・学術情報基盤センターのActive Directoryのアカウント情報[9, 10]

の3つがあげられる。

1の学務系で整備している学生情報のデータベースは、学生の出入りを把握している部署で整備するものであるため信頼性が高く、異動が即座に反映されるという大きな利点をもっている。しかし、ストリーミング等のほかのシステムに対して認証情報を提供する機構をもたないため、利用することができない。

2の汎用サーバーのアカウント情報は、学生情報の更新が年2回程度と遅いが、Open LDAP等のディレクトリサービスをインストールすることにより外部システムと接続することができるようになる。しかし、汎用サーバーはキャンパスごとに設置されており、結果的に4つに分割されてしまっているため、全学を横断したフラットな認証システムを作成するのが困難である。

3のActive Directoryのアカウント情報は、学

術情報基盤センターの演習用PCを用いるために整備されたWindows 2000 Serverがホストするものであり、ディレクトリサービスそのものであるため外部システムと接続することができ、現状ではもっとも認証システムとして使えるものである。しかし、データベースの構造が汎用サーバーと同様に4キャンパスごとに分離しており、全学を横断したフラットな認証を行うには若干問題がある。

理想的には、学生および教職員の出入りの情報を把握している部署が、認証情報(人の出入りの情報)を整備し、認証システムの運用はハードウェア・ソフトウェアに精通した部署が行うべきであると考えられる。

ストリーミングを用いたe-learningシステムを展開することや、コンテンツをデジタル保護するDRMを展開することを考えても認証システムの整備は急務である。

6 まとめ

低コストで実用に耐えるリアルタイムストリーミングシステムの構築を目標とした実験を行った。システムはWindows Media Serviceを中心に、ノートPCやハードディスクレコーダーをエンコーダーとして構築した。このシステムを実際に運用し、ストリーミングビデオの送出、講義のリアルタイムストリーミング、屋外・学外からのリアルタイムストリーミング実験を行った。今後はどこからでも容易に映像の送出が行えるように無線LANの整備と、権利関係を解決するための認証システムの整備および統合が望まれる。

7 謝辞

本研究の一部は平成15年度学長裁量経費(第二次)「ビデオ配信システム」を用いて行われた。

参考文献

- [1] このシステムを用いて配信されているコンテンツの一覧は、<http://syllabus-pub.yz.yamagata-u.ac.jp/amenity/Stream/StreamIndex.aspx>から参照することができるのでご覧いただきたい。
- [2] 著作権法条文：<http://www.houko.com/00/0>

1/S45/048.HTM

- [3] Microsoft Corporation: 「Microsoft Windows Server 2003 リソースキット導入編」(日経BPソフトプレス, 東京, 2003) ISBN4-89100-389-8.
- [4] 鈴木雅也: 「動画データの編集加工MPEGエンコードの活用テクニック」(技術評論社, 東京, 2003) ISBN4-7741-1724-2.
- [5] 新年挨拶のストリーミング: <http://www.yamagata-u.ac.jp/html/gakucho-j.html>, 2004年年度あいさつ→動画.
- [6] 公開授業・公開検討会: <http://www.yamagata-u.ac.jp/gakumuizen/ksite/kokai.html>
- [7] ナベマサのドイツ語入門講座: <http://www.yamagata-u.ac.jp/gakumuizen/ksite/e-learning.html>
- [8] 平成15年著作権法改正の要点: <http://www.soeci.comapanaw15kaisei.htm>
- [9] Charlie Russel, Sharon Crawford: 「Microsoft Windows 2000 Server オフィシャルマニュアル」(日経BPソフトプレス, 東京, 2000) ISBN4-89100-162-3.
- [10] Microsoft Corporation: 「Microsoft Windows 2000 Server リソースキット」(日経BPソフトプレス, 東京, 2000) ISBN4-89100-153-4.