

山形大学におけるストリーミング環境の構築

The streaming system in Yamagata University

奥山澄雄^{71,2}, 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

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・データベースアメンティ研究所

(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

概要

われわれは主にリアルタイムのビデオ伝送を目的とした、低コストで運用できるストリーミング環境の構築実験を行っている。システムは Windows Server 2003 上の Windows Media Service および Windows XP 上の Windows Media Encoder を用いて構成している。これまで学内での講演会をはじめとして、講義、屋外イベントのストリーミング放送を学内外へ向けて行った。また学外で行われた小中学生向けの化学実験教室の様子を学内に向けてストリーミング放送も行った。この環境はまだ実験的なものであり自由には利用できないが、将来的には認証システムと組み合わせて自由にビデオを配信しかつ受信できる環境の構築を目指している。

キーワード

streaming, Windows Media, ストリーミング, 低コスト

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。山形大学にも億の額をかけたといわれるリモート講義システムが導入されているが、受信できる場所がシステムを導入した部屋に限られることや、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。

われわれは学長裁量の経費 300 万円を得て、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。300 万円でサーバーやソフトウェアライセンスまですべてをまかなうためにマイクロソフト Windows 上の Windows Media 形式を用いた。構築したシステムを用いて講演会のストリーミングをはじめとして、講義のリアルタイムストリーミング、屋外イベントや学外イベントの放送に利用し、おおむね良い評価を受けている。

2 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。ストリーミングのデータは非常に

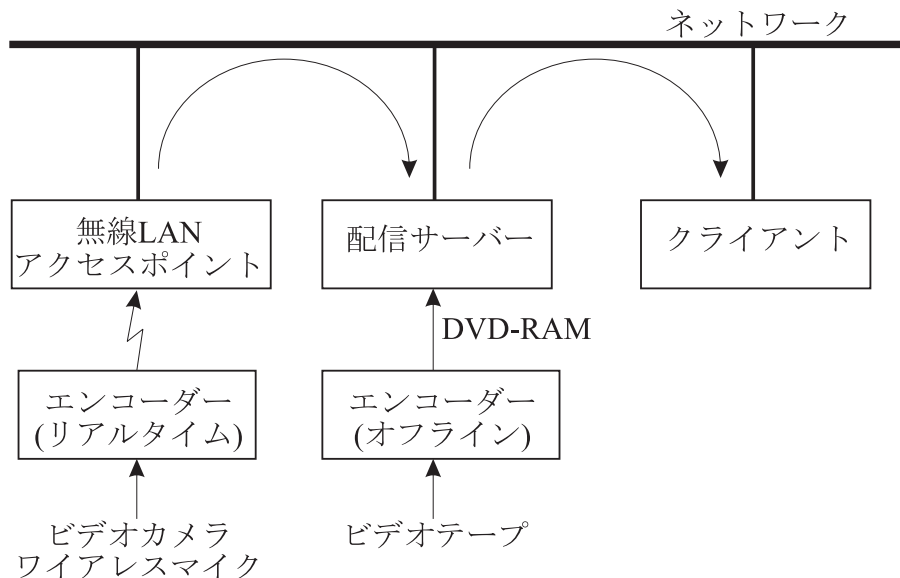


図 1: 構築したストリーミングシステムのブロック図 .

表 1: 使用した機材

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-M660JD	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)

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 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。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を用いることにより、映像のデジタル化に特別なスキルが必要なくなった。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。

3 運用実験

3.1 学長による新年挨拶のストリーミング

2004 年 1 月 5 日に本学学長の「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（注：山形大学は山形県内に 4 つのキャンパスを持っている）。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。実際の映像の URL は以下のとおりである。
<http://www.yamagata-u.ac.jp/html/gakucho-j.html> , 2004 年頭あいさつ 動画

3.2 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 (<http://www.yamagata-u.ac.jp/gakumu/kaizen/ksite/kokai.html>)。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十分であったが、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。<http://www.yamagata-u.ac.jp/gakumu/kaizen/ksite/e-learning.html>

3.3 屋外からのリアルタイムストリーミング

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。

3.4 学外からのリアルタイムストリーミング

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 - 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ったため、アクセス回線の確保、ファイア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 経由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、結局は音声がないと意味が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。

4 考察

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 (~ 7 fps) 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、クライアント数が多くな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。

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。先の著作権法の改正によりリアルタイムの講義伝送はあまり気を遣わずに行えるようになったが、それを蓄積した映像は依然として厳しい縛りをうけるためである。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権利関係の問題のため送出できないものばかりである。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と考えられる。

5 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に認証システムとの統合が望まれる。