

富山国際学園における遠隔授業システムの構築

Construction of An E-learning System in Toyama Kokusai Gakuen

吉牟田 裕, 上坂 博亨, 増田 功

YOSHIMUTA Yutaka, UESAKA Hiroyuki, MASUDA Isao

1. はじめに

富山国際学園は、富山国際大学、富山短期大学、富山国際大学付属高等学校、富山短期大学付属みどり野幼稚園を擁し、1963年に学校法人富山女子短期大学として発足した後、1990年に富山国際学園に発展してきた。

地理的には、富山国際大学のある富山平野南縁の東黒牧キャンパスと、富山短期大学および富山国際大学付属高校、みどりの幼稚園がある富山平野西の二つのキャンパスから構成され、直線距離で約20km離れている。

このため、富山国際大学と富山短期大学との単位互換授業や、富山国際大学と同付属高校との交流授業などの実施に距離が妨げとなり、学園全体の教育資源の活用の障害となってきた。

遠隔授業システムを用いれば、遠隔地と通信回線を使った接続し、授業を実施することにより離れた複数の場所で同時に同じ授業を受けることができる。また、授業の内容をライブラリー化することにより、受講者の好きなときに受けたい授業を選んで受けることも可能となるシステムである。

遠隔授業システムの導入により、距離および時間的な障害を克服し、教育資源の活用が期待できる。富山国際大学情報センターでは、遠隔授業システムの導入・運用に備え、動画配信を中心とした遠隔授業システムの試行システムの構築を行った。

2. システムの概要

2.1 インターネット接続の増強

富山国際大学は国立情報学研究所の学術情報ネットワーク (Science Information Network, 以下 SINET) に所属し、SINET 富山大学ノードに接続している。既存の接続帯域は、NTT 西日本の INS1500 サービスを利用した 1.5Mbps 接続であったため、遠隔授業システム運用に伴う動画情報の提供には帯域不足に陥ることが懸念された。

そこで、2005年6月に接続をNTT西日本の提供するダークファイバーサービスに切替え、IEEE 802.3 100BaseFX による 100Mbps の通信帯域を確保した。

2.2 VPN の構成

遠隔授業においては、放送型の発信者中心の授業展開だけではなく、受講者からの質問など、クライアントからの要求を受け付ける双方向性が必要となる。ウェブ (HTTP) ベースの BBS/チャットシステムを用いることもできるが、できることならばクライアントの状況の把握が容易な動画ベースの双方向性が望ましい。すなわち、小規模から中規模程度のテレビ会議システムの運用が必要となってくる。

テレビ会議システムでは、ネットワーク上で音声・動画を 1 対 1 で送受信するための音声、映像方式、データ圧縮伸長方式などを定めた ITU-T H.323 プロトコルが標準規格となっている。しかし、H.323 プロトコルは、映像・音声ポートの情報や制御情報を IP パケットのデータフレームにまで埋め込んで通信を行うことから、NAT (Network Address Translation) によるアドレス変換が行われると接続に失敗する。また、TCP ポートアドレスについても機種依存性があるため、ファイアウォールを通過させる場合には使用する機器に応じたポート設定が必要となる。

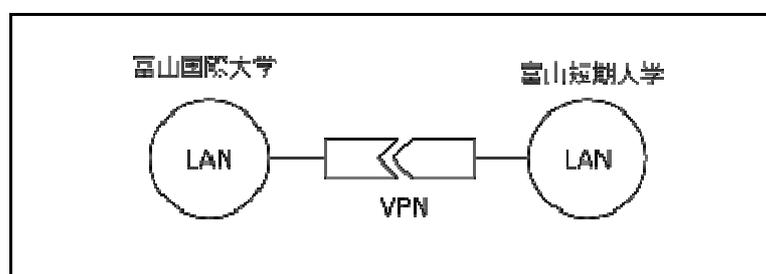
本学で使用している NAT および ファイアウォールシステムは、H.323 プロトコルに対応していないため、インターネットを経由した H.323 プロトコルによるテレビ会議システムを運用することができない。そこで、基礎実験段階では H.323 プロトコル運用対象を富山短期大学に特定するものとし、VPN (仮想プライベートネットワーク) により富山短期大学との接続を行った。

VPN はインターネットによる接続を利用し、暗号化によりデータの秘匿と改竄を防止して、まさしく「プライベート」な接続を確立するネットワークである。

VPN を利用することにより、LAN 接続と同等のイメージで富山国際大学と富山短期大学間の H.323 プロトコルによるテレビ会議システムが利用可能となった(Fig.1)。



(a) H.323 プロトコルは、NAT を通過できない



(b) VPN ルータにより、LAN 同士が仮想的に直結され、H.323 プロトコルが通過できるようになる。

Fig. 1 VPN と H.323 プロトコル

また、動画配信を中心とした遠隔授業の提供では、インターネット上の不特定多数のクライアントにたいして遠隔授業を実施するケースと、拠点間で遠隔授業を実施するケースが考えられる。帯域増強を果たしたといえ、不特定多数のクライアントを対象として動画配信運用には検討の余地がある。さらに、配信するコンテンツによっては著作権の問題から配信を制限する必要があることも考えられることから、動画配信を富山短期大学の VPN 接続に制限している。

2.3 遠隔授業システム

遠隔授業システムは、富山国際大学、富山短期大学で行われる、授業・講演会などの動画を両学内およびインターネットにて閲覧できるようにする試行システムである。動画のコーデックとしては、再生システムの入手しやすさを考慮して Microsoft Windows Media サービスに基づく方式とした。このため、システムは Microsoft Windows を基盤として構成した。

本システムは次の装置から構成される。

1. メディアサービスサーバ
2. 固定メディアエンコーダ PC
3. 可動メディアエンコーダ PC

2.3.1 メディアサービスサーバ

メディアサービスサーバは、講義の動画を蓄積、あるいは、各エンコード PC からのライブ動画を中継し、要求に応じて視聴者のパソコンへの配信を行う。

動画の配信のため、高い処理能力と大容量のストレージが必要なことから、PC サーバである富士通 PRIMERGY TX150 S2 を採用した。また、当前のことながら無停電電源装置を加えてある。仕様を下表に示す。

項目	
形状	タワー型
CPU	Pentium4 プロセッサ 3EGHz
メモリ	SDRAM 1GB
ディスク	147GB × 3 <RAID5>
ディスプレイ	15 インチ液晶ディスプレイ XGA 表示 (VL-153SE)

Windows Media Service を利用するため、サーバ OS Windows 2003 Server を中心に下表のようなソフトウェア構成とした。

種別	メーカー	製品名
OS	マイクロソフト社	Windows2003 スタンダード
メディアサーバ	マイクロソフト社	Windows Media Service
Web サーバ	マイクロソフト社	Internet Information Server
リモート管理ソフト	マイクロソフト社	Remote Desktop Service
UPS 管理ソフト	APC 社	Power Chute Business Edition

2.3.2 メディアエンコーダ PC

メディアエンコーダ PC は、あらかじめ収録された講義映像や DV カメラからのライブ映像を Windows Media 方式へ変換する。各エンコーダ PC は、動画像のエンコードという負荷の高い処理を行うため、高いスペックの PC を使用している。

固定メディアエンコーダ PC はデスクトップ型で、大型のディスプレイを備えており、編集作業に時間を要するオンデマンド視聴用のコンテンツを編集・制作する用途を想定している。富士通の FMV-C5200 を採用した。下表にその仕様を示す。

項目	
形状	省スペースデスクトップ型
CPU	Pentium(R)4 プロセッサ 3.2EGHz
メモリ	SDRAM 512MB
ディスク	80GB
ディスプレイ	17 型液晶ディスプレイ SXGA 表示 (VL-172VS)
増設機器	IEEE.1394 DV カード (1394-PCI3/DV8)

可動メディアエンコーダ PC はノート型で機動性に富んでおり、授業が行われている教室に携帯してライブ動画像をエンコードする用途を想定している。富士通の FMV-X8200 を採用した。下表にその仕様を示す。

項目	
形状	ノート型
CPU	M-Pentium(R)4 プロセッサ 3.02GHz
メモリ	SDRAM 512MB
ディスク	60GB
ディスプレイ	15 型液晶ディスプレイ XGA 表示
増設機器	IEEE.1394 DV カード (CB1394L/DV8)

ソフトウェア構成は各メディアエンコーダとも共通である。Windows Media Encoder はエンコーダ PC の機能の中核をなす動画像のエンコーダであり、Media Producer for PowerPoint は Microsoft PowerPoint によるプレゼンテーションと動画像が連携したマルチメディアコンテンツ作成ソフトである。また、動画像そのものの編集を行うソフトウェアとして、Ulead Video Studio SE 8 を備えている。

種別	メーカー	製品名
OS	マイクロソフト社	Windows XP SP2
エンコードソフト	マイクロソフト社	Windows Media Encoder 9
コンテンツ作成ソフト	マイクロソフト社	Media Producer for PowerPoint
ビデオ編集ソフト	IO-DATA 社 (Ulead OEM)	Video Studio SE 8

3. システムの運用

本システムは、以下の3つの機能を実現する。

1. ライブ視聴機能
2. オンデマンド視聴機能
3. 双方向マルチメディア機能

3.1 ライブ視聴機能

授業・講演会などの動画をデジタルビデオカメラなどで撮影し、リアルタイムでメディアエンコーダPCによって、MediaPlayer(WMV)形式に変換し、メディアサーバに転送する。メディアサーバは動画を両学内およびインターネットにリアルタイムで中継する機能である (Fig. 2)。

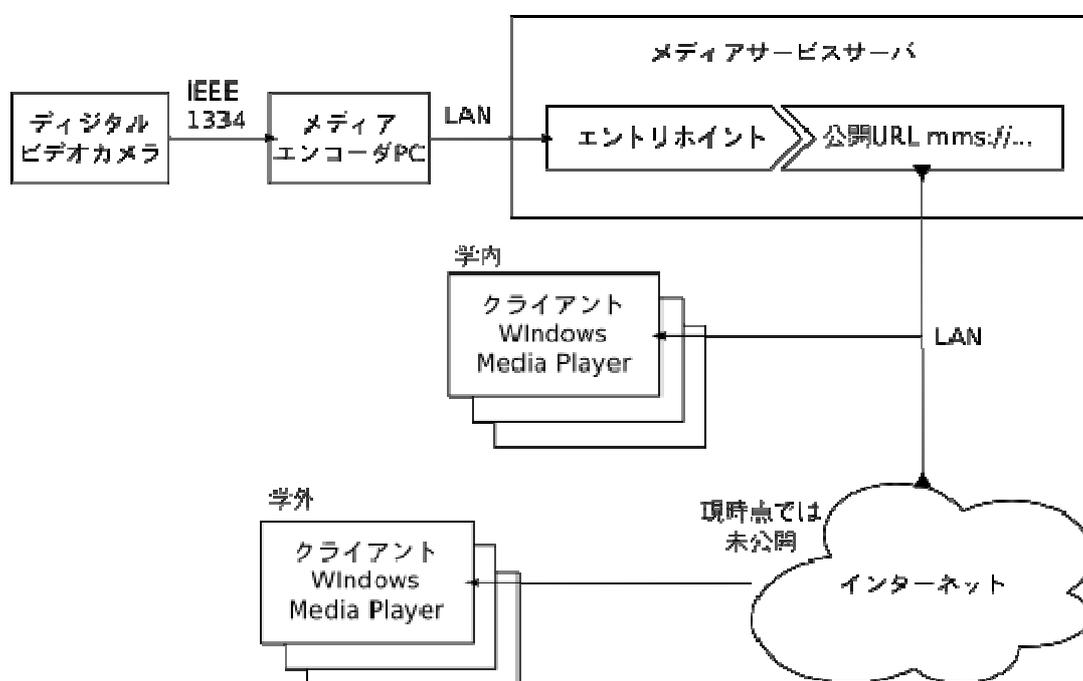


Fig.2 ライブ視聴機能

使用手順は次のとおり。

1. デジタルビデオカメラを IEEE 1334 インターフェイスでメディアエンコーダ PC に接続する。
2. ライブ視聴の基本設定を選択する。基本設定には、次の3パターンが用意されている。
 - ライブ講義低速 / インターネット配信用の設定。
 - ライブ講義高速 / 富山国際大学および富山短期大学配信用の設定。
 - ライブ講義マルチ / ライブ講義低速および高速のエンコーディングを並行して行う。
3. Microsoft Windows MediaEncoder により、公開ポイント (URL のパスに相当する)を設定する。
4. 同時に MediaPlayer(WMV)形式の録画を行う場合は、出力ファイルを設定する。

この他伝送ストリームの速度や画像品質の調整も可能である。留意すべき点として、とくにライブ講義マルチを設定する場合には、メディアエンコーダ PC の負荷が大きくなるので、フレームレートに考慮が必要となる。

操作自体はそれほど難しくなく、問題となるのはカメラの操作および音声レベルの調整であろう。

3.2 オンデマンド視聴機能

あらかじめ、デジタルビデオテープなどに収録した授業・講演会などの動画を、メディアエンコーダ PC において編集し、MediaPlayer (WMV) 形式にエンコードする。WMV ファイルはメディアサーバに保存し、必要に応じてプレゼンテーションと合成し、両学内およびインターネットにて必要なときにリクエストに応じて提供する機能である。

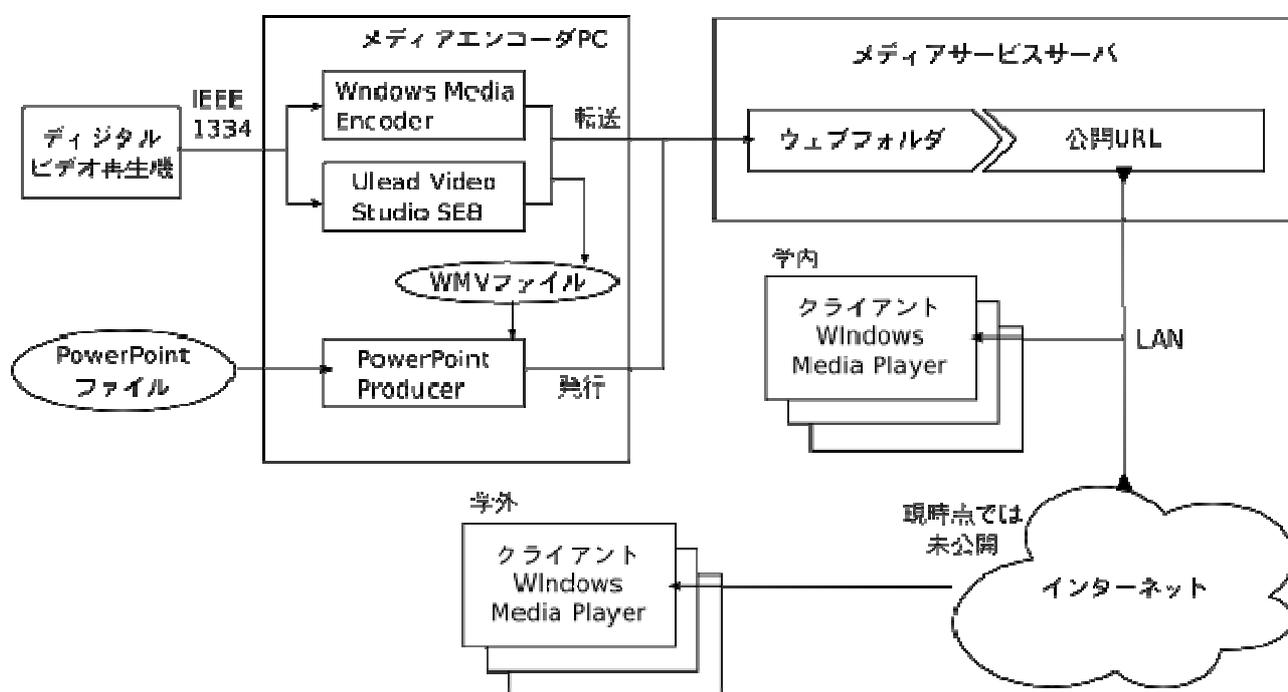


Fig. 3 オンデマンド視聴機能

Microsoft Windows MediaEncoder 用いる場合の使用手順は次のとおり。

1. デジタルビデオ再生機器を IEEE 1334 インターフェイスでメディアエンコーダ PC に接続する。
2. オンデマンド視聴の基本設定を選択する。基本設定には、次の 3 パターンが用意されている。
 オンデマンド講義低速 / インターネット配信用の設定。
 オンデマンド講義高速 / 富山国際大学および富山短期大学配信用の設定。
 オンデマンド講義マルチ / オンデマンド講義低速および高速のエンコーディングを並行して行う。
3. Microsoft Windows MediaEncoder により、出力ファイルを設定する。
4. デジタルビデオを再生し、エンコーディングを実行する。

5. メディアサービスファイルにファイルを転送する。

動画像にテロップの挿入、画像効果を使用する場合は、Ulead Video Studio SE8 を用い、画像編集を行って MediaPlayer (WMV)形式にエンコードし、メディアサービスサーバに転送する。

Microsoft PowerPoint のプレゼンテーションと合成する場合は、上記のいずれかの手順で MediaPlayer (WMV)形式にエンコードし、そのファイルをとプレゼンテーションを Microsoft MediaProducer for PowerPoint で編集した後にメディアサービスサーバに発行する。

3.3 双方向マルチメディア機能

Microsoft NetMeeting を利用し、テレビ会議の形式で動画像・音声(単独)・文字(チャット)による双方向の質疑応答を行う機能である。ただし現時点では、富山国際大学のインターネット接続が ITU-T H.323 プロトコルに非対応のため、富山国際大学 富山短期大学間に限られる。

NetMeeting に使用する PC は、本システムの構成する PC とは別途準備する必要がある。とくに、メディアエンコーダ PC はエンコードにより大きな負荷がかかっており、メディアエンコーダ PC と NetMeeting 端末を兼用することはできない。

また、NetMeeting による動画像つきの対話を行うためには、メディアエンコーダ PC に接続されたデジタルビデオカメラと別に、NetMeeting 端末に接続された USB カメラなどの撮影機器と、ヘッドセットまたはエコーキャンセリング機能付スピーカマイクなどの音響機器も使用する必要がある。

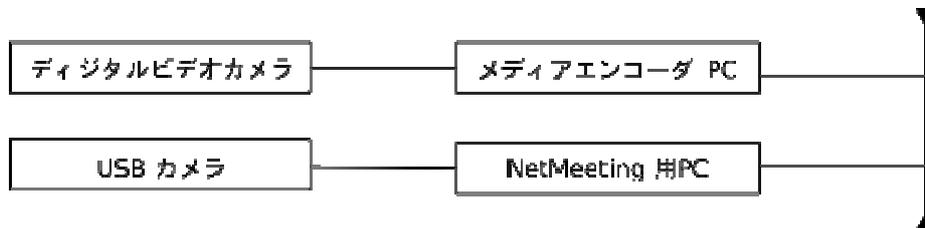


Fig.4 テレビ会議を併用する場合、2 系列のカメラ/PC を操作する必要がある

4. 考察

インターネット接続環境の改善、VPN の構成、メディアサービスサーバの導入、メディアエンコーダ PC の導入により、遠隔授業システムの試行環境が整備された。

4.1 コーデックの検討

試用システムは再生アプリケーションの入手しやすさを考慮して Microsoft Windows Media サービスに基づくコーデックを採用した。しかし、ストリーミング配信のコーデックとしては、他に MPEG、Applet Quick Time、Real Video などがある。

MPEG を除き、特定のソフトウェア製品と結び付いた規格であり、今後の発展性や関連ソフトウェアのコストには注意を払う必要がある。今回試用した Microsoft Windows Media サービスは、同社のサー

バ OS の付加価値を高める戦略のため無償となっているが、ひとたび優位を確立すれば有償となる可能性もある。

したがって、標準化されたコーデックの使用を検討すべきである。

4.2 コンテンツ作成

4.2.1 ライブ授業の収録

ライブ授業の収録において、カメラ操作や音声調整を行い、必要に応じて講師に指示をだすことのできる収録アシスタントを配置することが望ましい。しかしながら、本学の状況では収録アシスタントを常置することは困難であり、ライブ授業を行う講師が単独で操作することが求められる。

講義に置けるプレゼンテーションが黒板/ホワイトボードなど横長の媒体である場合や、プロジェクションスクリーンと黒板/ホワイトボードなどを併用する場合には、状況は非常に困難になってくる。単一のカメラで行う場合にはパン操作が必要となるし、複数のカメラを使う場合でもビデオスイッチャーによるカメラ切替え操作が必要となる。

質疑応答を行う場合には、ビデオカメラの操作に加えて NetMeeting の操作がこれに加わるため、講師の操作はさらに複雑なものとなる。

講義そのもののプレゼンテーション手段をパン/ズーム操作を必要としないように動画上でコンパクトに構成するとともに、操作の習熟が必要となるであろう。また、これらのノウハウを蓄積し、ライブ授業を行う講師の間で共有することが必要になってくるものと思われる。

4.2.2 オンデマンド授業の収録および編集

オンデマンド授業の収録においても収録アシスタントの配置が望ましいが、収録後の編集作業によって若干の補正が可能であるため、ライブ授業の収録よりも講師の単独操作の障害が少ない。カメラのパン/ズーム操作が必要な場合にはライブ授業と同様にカメラ操作が必要となるものの、複数のカメラを使用する場合にはデジタルビデオカメラで並行して収録を続けることにより、スイッチャーによるカメラ切替え操作を省略することができるからである。また、原則としてネットワーク経由の質疑応答がないために、NetMeeting の操作は必要ない。

しかし、収録における講師への負荷の軽減は、ただちに編集作業における作業量の増大をもたらす。複数カメラで収録した場合には各画像の同期をとりつつ切替える編集が必要であるし、音声レベルを一定に保つための音声編集も必要となってくる。また、Microsoft PowerPoint のプレゼンテーションと合成する場合には、スライドとの同期も設定する必要がある。

結局のところ、編集時の作業量の軽減を期する場合は、オンデマンド授業と同様に動画上のコンパクトさなどのノウハウが必要となる。

また、収録アシスタントと同様に編集アシスタントの配置も期待できないので、Ulead Video Studio SE 8、Windows Media Encoder 9、Media Producer for PowerPoint による編集操作のノウハウの蓄積と共有が重要となるであろう。

参考文献

1. 富山国際大学情報センター 遠隔講義メディアサーバ管理マニュアル, (2005) 富山国際大学情報センター
2. 富山国際大学情報センター 遠隔講義メディアサービス関連設定書 (2005) 富山国際大学情報センター
3. 富山国際大学情報センター 遠隔講義エンコーダ PC 操作マニュアル (2005) 富山国際大学情報センター (2005)