

インターネット網，デジタル電話網を用いた 授業提供システム

RealSystemとCU-SeeMeを用いた授業提供の試み

四国ポリテクカレッジ 情報技術科 藤田 紀勝
(四国職業能力開発大学校)

1. はじめに

動画像を送信する場合，高速専用線，衛星通信を用いるのが一般的である。当機構をはじめいくつかの大学は高速専用線，衛星通信を用いた授業提供を行っている。授業風景は大きなスクリーンにテレビ画質で映される。しかしながら，コストが高いために広く普及しているとはいいがたい。現在注目されているのが低速なインターネット網で動画配信を行う技術である。この技術を用いて多くの大学がインターネット授業の導入を始めている。インターネット授業は自宅で手軽に受講できるため，今後普及が予想される。

本研究は，インターネットによる動画配信技術をデジタル電話網上で活用することを特色とした技術の開発を目的としている。本稿では，この技術によって衛星通信，あるいは高速専用線を使用する場合に匹敵した安定性と画像を有する送信が可能であることを検証する。

2. RealSystemを用いた配信の概略

インターネット上で動画を配信する形態として，ダウンロード型とストリーミング型に分類することができる。ダウンロード型は，すべてのデータをダウンロードしてから再生する形態である。一方，ストリーミング型は，ダウンロードの完了を待たずにリアルタイムに再生する形態である。ストリーミング型はダウンロード型と異なり，Live放送が可能となる。表1に代表的なストリーミング型配信ソフト

を示す。

今回はコンサートライブ等の実績，Linuxへの対応からRealNetworks社のRealSystem 7を用いる。図1にRealSystemによる配信の概略図を示す。RealSystemはRealProducer，RealServer，RealPlayerで構成される。RealProducerは，ビデオやオーディオのマルチメディアデータをストリーミングに適したデータフォーマットに変換するエンコーダアプリケーションである。転送レートや画像サイズは，RealProducerにより決定される。RealServerは，RealProducer等により作成されたマルチメディアデータを効率良く配信するためのサーバーアプリケーションである。RealServerはLiveデータの保存，接

表1 代表的なストリーミング型配信ソフト

RealSystem 7	RealNetworks社 http://www.jp.real.com
WindowsMediaTechnologies	Microsoft社 http://www.microsoft.com
QuickTime 4	Apple社 http://www.apple.co.jp

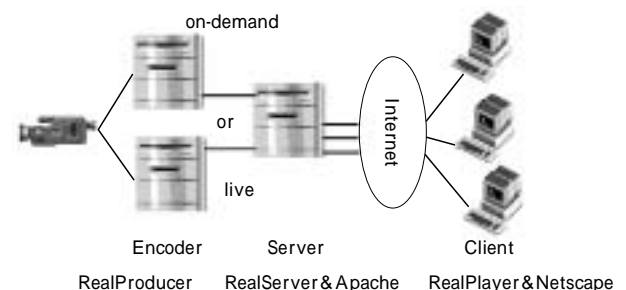


図1 RealSystemによる配信

続クライアント情報のモニタリング機能を有している。RealPlayerは、RealServerから配信されてくるストリーム情報を再生するクライアントアプリケーションである。RealPlayer 7からFullScreenモードでの再生が可能となり、よりリアルな映像の閲覧が可能となった。今回RealProducerとRealPlayerはVersion 8を用いた。

3. Cu-SeeMeを用いた双方向システムの概略

Cu-SeeMeはアメリカのコーネル大学で開発されたインターネットテレビ会議システムである。インターネット上のユーザー同士がCu-SeeMeを用いることにより映像や音声やキーボードにより会話が可能となる。現在WhitePine社が著作権を獲得し、Cu-SeeMeProという商品名で発売を行っている。本システムは、Cu-SeeMeProの最新バージョンCu-SeeMePro4.01を用いる。Cu-SeeMeを用いた双方向システムの利点はReflectorと呼ばれる中継サーバーに接続することによって、複数のユーザー同士で会話が可能なことである。また、お互いが会話を行うのではなく、Reflectorから一方的にビデオ情報をテレビ放送のように流すことで、インターネットをテレビ代わりに使うことも可能である。例えば米国航空宇宙局(NASA)が提供している「NASA TV」ではスペースシャトルの打ち上げ風景や機内画像などを定期的に放送しており、NASAの歴史や宇宙に関する番組も作られている。ReflectorソフトとしてSref(住友電気工業)、Reflector(Cornell大学)、MeetingPoint(WhitePine)がある。

4. 授業提供システムの構成

インターネット上の授業形態としてオンデマンド授業とLive授業に分類することができる。オンデマンド授業は、保存された授業をインターネット上に確保しておき、いつでも視聴可能な形態である。一方Live授業は、授業が行われている場所から、遠距離地にリアルタイムに送信する形態である。本授業提供システムはオンデマンド、Live授業に対応している。授業はRealSystemにより配信し、質問はCu-SeeMe、mailにより受け付ける。本システムの特徴

はインターネット網以外にデジタル電話網からのアクセスが可能である。デジタル電話網は通信速度が一定であり安定した動画の送信が可能である。またデジタル電話網は同じ伝送速度のインターネットと比べ、2割程度高速なアクセスが可能となる。図2に授業提供システムの構成図を示す。

インターネット網は2Mbpsの常時接続を行っている。現状のインターネット網からは30人のユーザーに授業提供が可能である。一方デジタル電話網からは16施設に対して授業提供可能である。各施設からは、ダイヤルアップ接続により通信回線の帯域確保を行う。各施設で使用したリモートルータはYAMAHA RTA52iである。各施設からのダイヤルアップ接続は、リモートアクセスサーバーにより受け付ける。リモートアクセスサーバーはSEIKO NS-2482-30を用いた。NS-2482-30の最大同時アクセス数は、16ユーザーである。本システムに用いたコンピュータの仕様を表2に示す。画像を扱うため各ソフトに対して1台のコンピュータを用いる。コンピュータは最低Pentium 400MHzクラスのCPUが必要

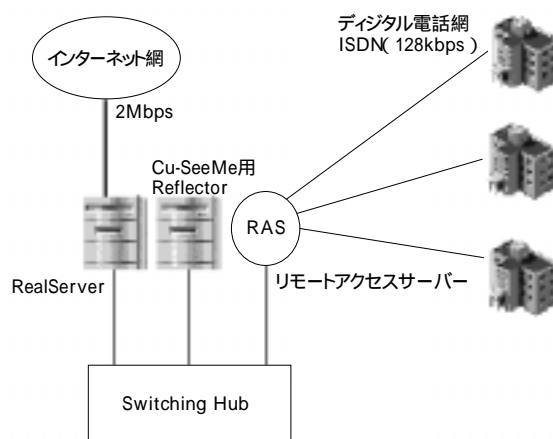


図2 授業提供システムの構成図

表2 コンピュータの仕様

ソフトウェア	CPU	RAM
RealProducer (Windows98)	ATHLON 900MHz	256MB
RealServer (Linux)	Pentium 800MHz	256MB
RealPlayer (Windows98)	Ceelon 633MHz	128MB

である。RealProducerは、320×240ドットのサイズでビデオデータのエンコードを行う。ビデオキャプチャカードは、ViewCast.comのOsprey100を用いる。

5. オンデマンドコンテンツの試作

RealSystem上で配信可能なオンデマンドコンテンツ作成について記述する。ホームページの作成技術としてFLASHを用いる。FLASHは、ホームページ上でアニメーションの再生が行える。一方、コンテンツ作成技術としてSMILを用いる。SMILは、複数のマルチメディアデータの再生を制御し、同一のブラウザ上で表示するためのプログラミング言語である。

まずホームページ作成について記述する。FLASHの作成は、MacromediaのFLASH 4Jを使用する。FLASH 4Jは、タイムラインに沿って音楽、画像、動きをマウス操作により指定することによりコンテンツ作成が行える。またFLASH 4になり多彩なアクションスクリプトが書けるようになった。本システムは、アクションスクリプトを用い、授業へのアクセス制限を行っている。授業内容は、10回コースとなっておりmailによる質問も受け付けている。

次に授業コンテンツ作成について記述する。図3にコンテンツ作成の流れを示す。コンテンツ作成は、RealPixファイル、RealTextファイル、RealMediaファイルの作成を行う必要がある。RealPixファイルは、静止画像をどのように表示するかテキストファイルで記述したものである。RealTextファイルは、文字をどのように表示するかテキストファイルで記述したものである。RealMediaファイルは、RealProducerにより作成された動画、音声データである。RealProducerは、RealMediaファイルをクライアント側の通信速度に合わせたデータの生成が可能である。本教材は、受講対象者の通信速度を64kbpsとして試作を行う。

試作した教材コンテンツを図4に示す。画面左は、RealProducerにより生成したRealMediaファイルである。右側は、RealTextファイルにより表示され

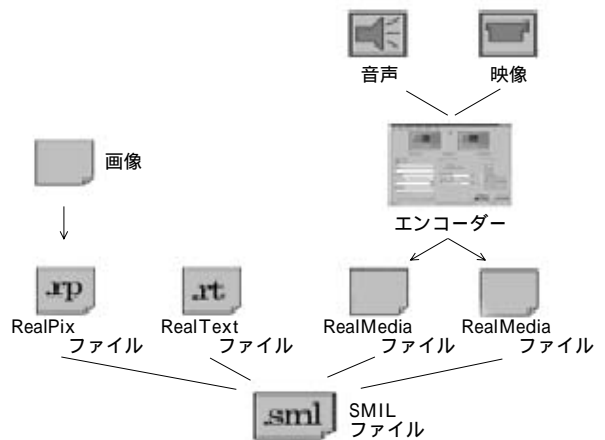


図3 コンテンツ作成の流れ

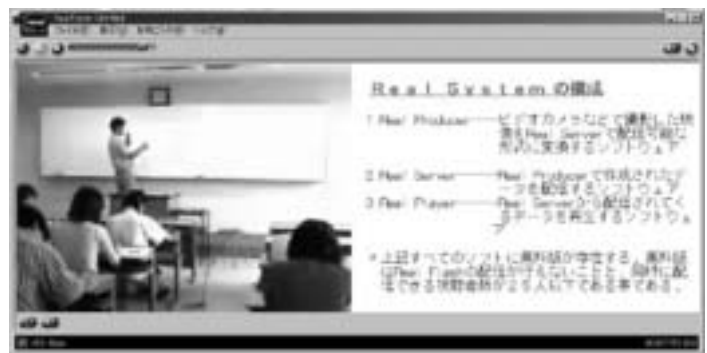


図4 インターネット授業

る。RealMediaとRealTextの同期は、SMILにより行っている。またRmeventsプログラムを使用し、RealPlayerとホームページが連動して動作するようにしている。

6. 実験と実験結果

一般家庭でのインターネット接続はISDN (64kbps) が一般的である。授業提供は64kbpsユーザーに対して行うことを想定する。インターネット上での動画配信の問題点は、帯域の変化により動画がストップする可能性があることである。その解決策としてRealSystemは帯域の悪化に対してレートの高いストリームに切り替え、映像や音声を送るSureStream機能を実装している。この機能はオンデマンドコンテンツを作成する場合有効な手段となる。実験はSingleRateを用いて行った。SureStream機能の性能評価は次回行いたいと考えている。

RealSystemを用いたインターネット授業提供が実用的であるか2つの実験を行う。

実験1：64kbpsのインターネットを使用しているユーザーに対し授業提供可能な最大通信速度の測定

実験2：時間帯における動画の滑らかさと安定性

実験1は契約しているプロバイダーにより、かなり差が出てくると思われる。今回はDIONのプロバイダーからインターネット接続を行った。安定して授業提供が行える最大転送速度は45kbpsであることがわかった。低帯域でのインターネット授業提供はRealTextなどにより黒板の文字を表示させる必要がある。RealTextは0.1kbpsという低帯域で伝送可能であり、有効な手段であるといえる。

実験2では朝から昼にかけてインターネット回線が空いている時間帯、NTTテレホーダイの混雑している時間帯で調査を行う。

朝から昼にかけて何回か止まることがあったが実用レベルでの閲覧が可能であった。一方テレホーダイの時間帯は頻りに画像が止まった。ファイルサイズを28kbps（RealPixと音声）で行ったところ、止まることなく閲覧が行えた。接続速度に対してかなり低い帯域のファイル作成を行えば、混雑時であっても実用的な授業提供が可能であると言える。

次にデジタル電話網を用いた場合の通信速度、安定性の調査を行う。実験では128kbpsのデジタル電話網を用いる。

実験3：128kbpsのデジタル電話網で授業提供可能な最大通信速度の測定

実験4：長時間再生時の安定性

実験5：アクセス増加時の安定性

実験6：コンピュータシステムの安定性

実験3はRealProducerで生成するファイルサイズを変更し測定を行う。実験から安定して動作可能な最大転送速度は、99kbpsであることがわかった。実験4では99kbpsで4時間連続再生を行い安定動作を確認した。デジタル電話回線は時間帯による帯域変化がなく混信も起こらなかった。実験5ではLAN内の25台のパソコンから128kbps、256kbps、512kbpsの通信速度で同時に接続を行った。25台す

べてのコンピュータで再生が行われた。実験6ではWindowsベースで問題となってくる長期使用時の安定性について調査を行う。長期使用時RealProducerとRealPlayerが不安定になる現象が確認された。この現象はRealProducerとRealPlayerにWindows98を使用していることが原因であると思われる。その解決策としてWindowsNT、Linuxの使用も検討したが安定性がそれほど上がらなかった。この解決方法は次節の考察のところ記述する。次に双方向システムの実用性について実験を行う。

実験7：Cu-SeeMeの実用性

実験7では雇用・能力開発機構本部（横浜）、アピリティガーデン（東京）、総合大学校東京校（東京）の方々とCu-SeeMeを用いた多地点会議を行う。実験結果はチャットではスムーズな会話が可能であるが音声を用いた場合、会話が聞き取りにくい場合が何回か生じた。また画像も3秒に1度画面が切り替わる程度で動画とは言いがたいレベルである。業務で使用するには、さらなる改良が必要である。今後256kbpsを用いた回線により再度実験を行う予定である。

7. 考 察

実験結果よりデジタル電話網を用いることにより安定した動画送信が可能であることがわかった。RealSystemは128kbpsのインターネットユーザーに対し80kbpsで送信を行う。実験より電話網によるアクセスは99kbpsと、インターネット接続に対して2割程度高速通信が可能である。電話網を用いた利点は安定性と高画質通信が可能である点である。

実験6で生じた長期使用時の安定性はOSを含めたアプリケーション部分のROM化により解決を行った。ROM化とは、システムを読み取り専用で動作させるということである。ROM化はWACOMエンジニアリングのROM-WINCardを用いた。ROM-WINCard自体はフラッシュメモリで書き換え可能である。ROM化はソフトウェアにより実現している。ROM化によりコンピュータは再起動後、最初の安定した状態に戻る。すなわちWindowsベースで問題となる長期使用時の安定性が解決される。



図5 ROM-WINCard

ROMへの書き込みはスティックライトというソフトにより行う。スティックライトはアプリケーションを起動することにより自動で必要なファイルを抽出するソフトである。WindowsとRealProducerを入れるのであれば、64MBのROM-WINCardにインストール可能である。図5にROM-WINCardを示す。

今回はWindows部分のROM化を行ったが今後Linux部分のROM化を予定している。Linux部分のROM化を考えている理由は振動、不意の電源ダウンに対する耐久性が上がるからである。実験としてROM化したコンピュータにアプリケーションを起動させ電源を切る操作を100回行った。問題なく起動し耐久性の確認ができた。現状の問題点は双方向システムである。音声安定していないため質問はチャットにより受け、Live放送中に説明を行っている。この問題は回線速度を増やし再度実験を行いたいと考えている。

8. デジタル電話網を用いた動画配信の展望

本格的なインターネット時代の幕開けを迎え電話網は影を潜めつつある。しかしながら電話網の特徴である帯域確保は、動画配信に最も適した回線である。また電話網は帯域保証された回線の中で最もコスト的に有利である。今回の実験では128kbpsでの通信しか行わなかったが、本システムでは最大512kbpsの通信が可能である。512kbpsではテレビ画質で送信可能である。また技術的側面から言えばマルチキャスト技術の利用が可能となる。マルチキャストとは1つの送信データを複数のユーザーに送信する技術である。マルチキャスト送信により学習者1人ひとりのコンピュータに動画を送ることが可能となる。

ここで電話網を用いた動画配信の展望について記述する。現在ケーブルテレビ、衛星などの高速インターネット網が普及している。しかしながらバックボーンの整備がなされておらず、混雑時は64kbpsの帯域すら確保が難しい。安定した動画配信がインターネット上で行われるのはまだまだ先のことである。電話網による動画配信が不要となるのは、QoS (Quality of Service) 技術、FTTH (Fiber To The Home) が実現してからであると思われる。QoSとはインターネット上の帯域保証を行う仕組みである。QoSは優先順位を与えることが可能であり安定した動画の送信が行える。しかし実現には技術的な問題以外に、複数の会社が所有する回線をどのようにQoSに対応していくかなどの問題を抱えている。またFTTHの実現は2005年を予定しており、まだ先の話である。FTTHは一般家庭まで光ファイバーをひく計画である。FTTHが実現すれば一般家庭で600Mbpsの通信が可能となり本格的に動画配信の時代が訪れる。このような状況を踏まえしばらくの間、電話網を利用した動画配信は有効な手段であると考えられる。

9. まとめと今後の展開

RealSystem, Cu-SeeMeを用いた授業提供システムの構築を行った。インターネット網、デジタル電話網を用いた授業提供の現状について検証を行った。インターネット授業は時間帯にもよるが実用レベルに達していると言える。また電話網による授業提供は低コストで、衛星通信、高速専用線に近い安定性、画質を得ることが可能である。今後の課題は質問を音声により途切れなく受け付けることである。

今後の展開であるが、通信速度を256kbpsまで上げて実験を行う。さらなる画質改善、双方向システムの実用化が期待される。また機能の拡張としてRealServer同士のミラーリング機能、コンテンツ検索機能を盛り込んでいく予定である。今後、総合大学 東京校の菊池達也講師と共同授業を行い、遠距離教育の事例を増やしていく予定である。