

遠隔講義システムにおける同期再生方式の検討

坂田 洋幸 稲川 淳 三部 靖夫 中村 太一

NTTデータ通信株式会社 マルチメディア技術センタ

本報告では、マルチメディア通信の教育への応用としてVoD(Video on Demand)を用いた遠隔講義システムを取り上げ、その課題と実装について検討を行う。始めに、想定される遠隔講義システムの機能について整理を行い、試作を行ったシステムについて述べる。次に試作システム上の実測値の評価を通して問題点を明確にし、その対応策について検討を行う。

A study on synchronization method for Distant Education Support System

Hiroyuki Sakata Jun Inagawa Yasuo Sambe Taichi Nakamura

Multimedia Technology Center
NTT DATA COMMUNICATIONS SYSTEMS CORPORATION

This paper describes Distant Education Support System based on VoD (Video on Demand) which enables learning and collaboration among users in long distance. To realize this system, it is required all equipment in the network works in synchronize. First, in this paper, we describe functions of the Distant Education Support System with Video on Demand Technologies. Second, we describe about our prototype system and evaluation. And then, we propose synchronization method for the system.

1 はじめに

マルチメディア通信技術の進展に伴い、様々な分野においてマルチメディア情報を用いたアプリケーションが開発されている。

その中でも教育分野への適用が近年増加しており、多数の導入事例が報告されている[1][2]。

本報告では、マルチメディア通信の教育への応用としてVoD(Video on Demand)を用いた遠隔講義システムを取り上げ、その課題について整理を行い、試作システム上の実測値を基に問題点の明確化と対応策の検討を行う。

2.でVoDを用いた遠隔講義システムの概要を示し、3.では試作システムについて述べる。更に4.で試作システムにおけるネットワーク伝送特性の測定評価を示し、5.で問題点に対する解決策の検討をおこなう。

2 VoDによる遠隔講義システム

コンピュータネットワークを利用した教育の試みについては、従来より多数の報告がある[3][4]。

その中でも近年では特に、動画像や音声等のマルチメディア情報を教材として用いるケースが急増してきており、学習効果を高める上で、その有効性が認識されている。

我々は今回、ネットワーク上でマルチメディア情報を扱うための中核技術としてVoD (Video on Demand) システムを採用し、これを用いた講義形態の教育システムへの応用を試みた。

本章では、VoDを利用する講義支援システムを想定し、ネットワーク上での動画像の扱いに関する要求条件の整理を行なう。

2.1 システム概要

2.1.1 システム構成

想定するシステム構成を図1に示す。

複数台の端末がネットワーク上に分散して存在し、相互に通信が可能である。ネットワーク上には更に、動画像、音声等のマルチメディア情報により構成される教材を蓄積するVoDサーバが存在する。

2.1.2 機能概要

ネットワーク上に存在する各端末は相互に通信が可能であり、音声や文字により、質疑応答・ディスカッションを行なう。

また、各端末は動画像や音声の再生を行なうデバイスを備えており、VoDサーバから提供されるマルチメディア情報の再生が可能である。

この環境で生徒は各自、必要な教材を随意に呼び出し、学習を行うことが可能となる。

今回試作したシステムの画面例を図2に示す。

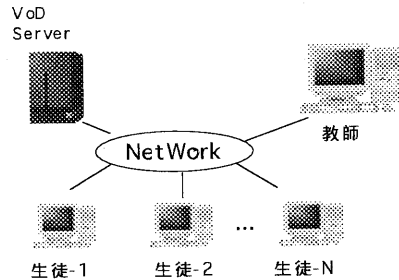


図1 システム構成

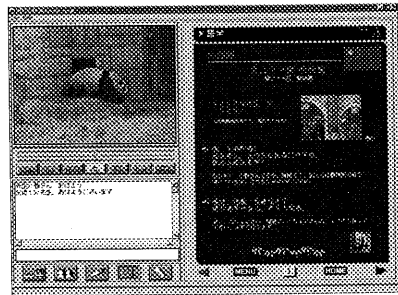


図2 端末画面

図1に示す環境において、1人の教師と複数の生徒による一斉講義を行うためには以下のステップが必要となる。

(ステップ1)

ネットワーク上の端末の内、一台が教師としての宣言を行なう。

(ステップ2)

ネットワーク上に存在する教師以外の端末は生徒として位置付けられ、端末の画面の操作権について教師端末から制限を受ける。

(ステップ3)

教師端末は予め用意してあるVoDサーバ上の登録情報から授業に必要な教材を選択し、選択した教材のデータを自分を含むネットワーク上の全ての端末に同報する旨、VoDサーバへ要求する。

(ステップ4)

VoDサーバ側はネットワーク上の全端末に対して教材データの転送を行なう。

(ステップ5)

VoDサーバより教材の転送を受けている端末は、受信バッファから教材データを随時取り出し、各自のメディア再生デバイスにより再生を行なう。

以上の手続きにより、ネットワーク上の全ての端末で同じ内容の教材が再生され、教師は適宜、生徒端末

への解説を加えながら講義を進める。

以降、上述の機能を備えたシステムを遠隔講義システムと呼ぶ

2.2 動画再生条件

2.1の機能を備えた遠隔講義システム上にて一斉授業を実現するにあたり、動画の再生について以下の条件を満たすことが要求される。(図3)

2.2.1 動画再生開始時点の一致

遠隔講義システム上で一斉講義を開始する場合、教材の再生開始時点は教師を含む全端末で一致することが要求される。

2.2.2 動画再生中におけるフレームの一致

また、教師が生徒端末上の画像に一時停止を加えて解説を与える場合等を想定すると、画像再生中においても全端末で同一のフレームを表示している必要がある。

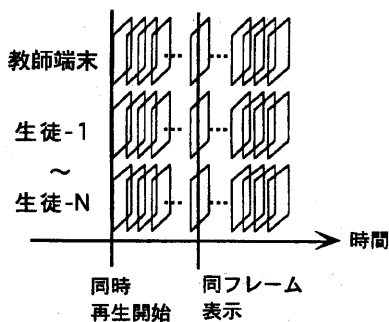


図3 遠隔講義実施時における動画再生

従って、この要求を満たすためには全ての端末で常に同じ情報を保持している必要があるため、信頼性の高い通信を行なう必要がある。

我々は今回、VoDシステムに2.1.2の機能を実装することで遠隔講義システムの試作を行い、その上で2.2の動画再生に関する条件がどの程度満たされるか評価を行った。

3 試作システム実装

3.1 システム構成

試作したシステムの構成についてVoDサーバ部を表1、教師・生徒端末部を表2、ネットワーク構成を表3に示す。

表1 VoDサーバ部構成

CPU	DECchip21064 190MHz
RAM	192MB (1MB on-board-cache)
HardDisk	14.7GB (RAID-5)
OS	OSF/1 3.2C
ビデオサーバミドルウェア	DEC-DVS098

表2 端末部構成 (教師・生徒端末)

CPU	Pentium 90MHz
RAM	32MB (2MB VRAM)
HardDisk	2.0 GB
OS	MS-Windows95
MPEG1-Decoder	REALmagic (SIGMA DESIGNS 社)

表3 ネットワーク構成

クライアント受信部 バッファ容量	400KByte
LAN方式	10Mbps shared-Ethernet

今回の試作システムでは、10Mbps-EthernetとしてSharedMedium方式のHubを採用した。この環境にて1.5Mbpsの動画を扱うことを考慮し、端末数は教師、生徒併せて4台と制限した。その構成を図4に示す。

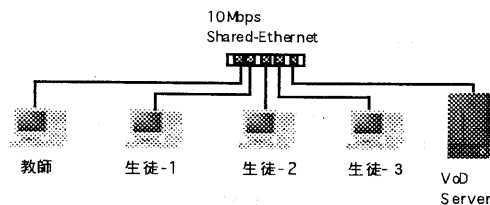


図4 システム構成

また、ネットワーク構成による影響の比較を目的としてFDDI-Ethernet-Switching Hubによる構成も併せて構築した。この場合の接続形態はVoDサーバ

部が FDDI(100Mbps)ポート、教師・生徒端末部が Switched-Ethernet(10Mbps) ポートとなる。
この場合の構成を図5に示す。

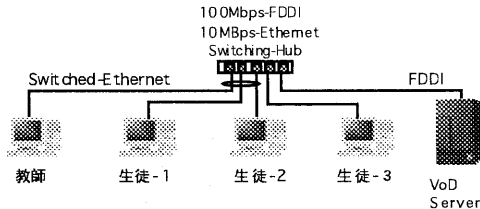


図5 FDDI-Ether switch 構成

3.2 端末におけるバッファ処理

端末側における動画像データ受信部を図6に示す。

VoDサーバは端末から動画転送要求を受けると、端末の受信バッファ(400Kbyte)が満たされるまで、動画像データを転送する。受信バッファが満たされた時点で、動画像再生デバイスに動画像データが渡され、再生が開始される。動画像再生中は、順次VoDサーバから動画データの転送が行われる。

なお、初期バッファの値である400Kbyteは、経験的に設定した値であり、最適化は行っていない。

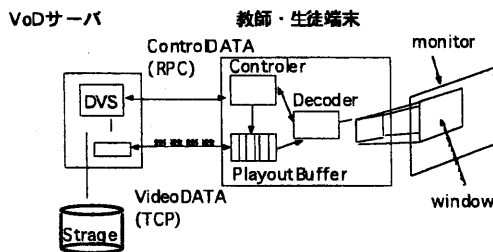


図6 動画像受信部

4 評価

3.で示した試作システム上にて、MPEG-1方式による1.5Mbps動画像ストリームを用いて、遠隔講義の評価を行なった。

4.1 端末間同期再生開始評価

同期の精度を評価するため、各端末上での図7に示す時刻(t_{N1} ~ t_{N4})について測定を行なった。

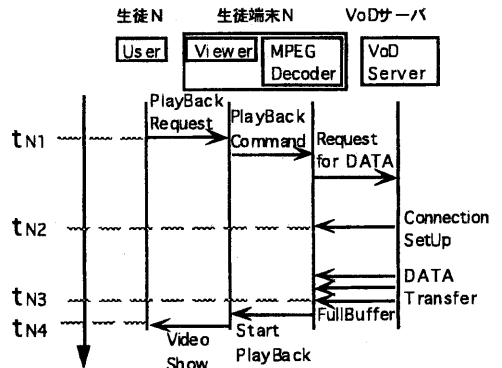


図7 測定ポイント

t_{N1} : 教師端末から指示を受け、N番目の端末がVoDサーバに要求をあげる時刻。

($N=1,2,3,4$) 以下同様

t_{N2} : VoDサーバ側にてN番目の端末からの要求を受け、コネクションを確立した時刻。

t_{N3} : N番目の端末の初期バッファに対し、VoDサーバから動画像データの送信が終了した時刻。

t_{N4} : N番目の端末において、動画像再生が開始した時刻。

(教師端末からの指示コマンドは一斉に同報されるため、各 t_{N1} ($N=1,2,3,4$)は同一時刻と見なす)

4.1.1 各端末での処理時間順位分布

接続されている4台の端末に関して、それぞれがVoDサーバに動画像データの要求を出してから初期バッファ(400Kbyte)が満たされるまでの時間について、その順位毎に、処理の内訳に関して、shared-Ethernet上のものを図8に、FDDI-Ethernet-Switch上のものを図9に示す。

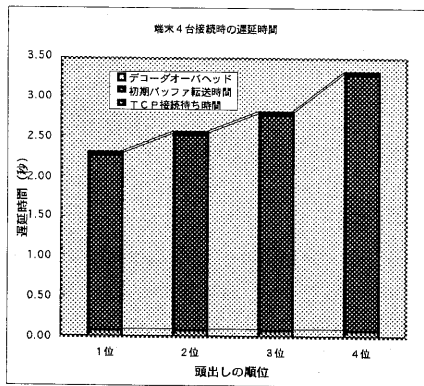


図 8 端末処理時間 (shared-Ether)

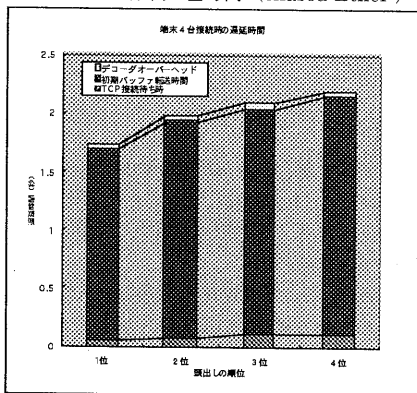


図 9 端末処理時間 (FDDI-Etherswitch)

この結果より、両者共に処理時間全体に対する初期バッファ転送時間が占める割合が非常に高いことがわかる。

4.1.2各端末への初期バッファ転送時間分布

接続されている各端末に関して、初期バッファが満たされる時間 ($t_{N3} - t_{N2}$) について、到着順位毎の分布を以下に示す。

Shared-Ethernet 上にて測定した結果を図 10 に、FDDI-EthernetSwitch 上にて測定した結果を図 11 に示す。

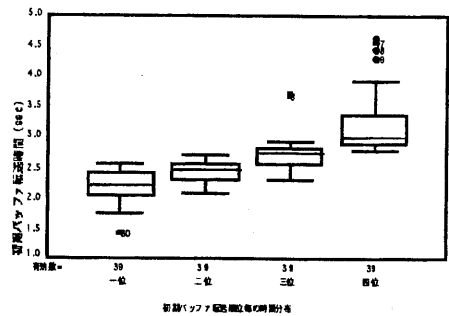


図 10 初期バッファ転送時間(shared-Ether)

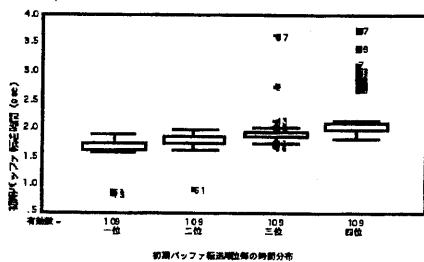


図 11 初期バッファ転送時間(switched-Ether)

上記の結果より、FDDI-Ether switch においても一位から四位の間で確率的なばらつきが見受けられる。このことから、同期再生のためには端末における受信バッファ部での制御が必要であることがわかる。

4.2 再生中の端末間同期評価

再生中における端末間の同期の精度を図るため、1台の端末における動画データへの到着過程を測定した。shared-Ethernet 上のものを図 12 に示す。

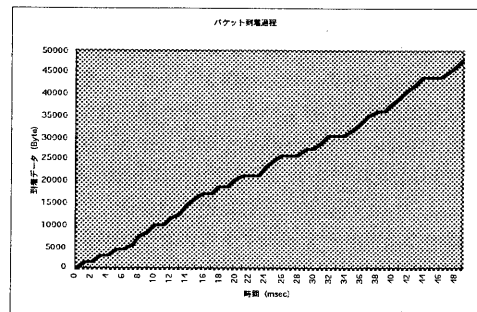


図 12 データ到着過程

図12より、データの到着は一樣ではない。これは全ての端末から一斉にVoDサーバにデータ転送要求があがるために、ネットワーク使用率が上昇したためと考えられる。

尚、FDDI-Ethernet switchにおいては、図12の様ならばつきは観測されず、一様に動画像データが到着している。

これはshared-Ethernetの様に帯域共有型のネットワーク上で動画像を扱うためには、ネットワークの輻輳制御やサーバ部もしくは受信端末において平滑化を行う必要があることを示しており、従来より多数の報告がある[5][6][7]。

5 端末間同期方式の検討

本章では、以上の結果を受けてクライアント部における端末間同期再生のための方式について検討を行なう。

5.1 再生開始時点の一致

従来からの遠隔提示システム上での再生一致方式としては、各端末の初期バッファが満たされる時間の内、転送に最も時間がかかっている端末に併せて再生開始処理を待ち合わせる方式が提案されている[8]。

遠隔講義システムにおいては、この方式に加えて、最大の開始遅延時間を保証する必要がある。

これについては、例えば待ち合わせ時間に閾値を設けることで対応できるものと思われる。

5.2 再生中の端末間同期制御

図13に示す様に、ネットワークの負荷が高い場合、パケットの到着は一樣にはならない。

このため、端末によってはフレームを構成するパケットの到着が遅くなることで、動画像の連続性に影響がでたり、他の端末と再生箇所がずれる恐れがある。

この問題に対して、従来サーバ側における処理としてフレームのskip処理が提案されている[9]。

今回の様な既存のVoDシステムに遠隔講義機能を実装する様な場合、サーバ部よりもむしろ受信端末における実装の方が容易である。例えば、端末側にて到着しているパケットが構成するフレームの性格(圧縮方式がMPEGであればI/P/B)により優先権をつけ、ネットワークの状況に応じて優先権の低いフレームを構成するパケットを廃棄する方式などが考えられる。

(図13)

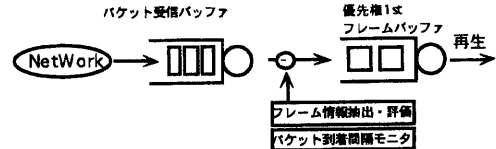


図13 パケット廃棄方式

6 まとめ

本報告では、VoDを利用した遠隔講義システムの要求機能の整理を行ない、試作システム上の実測を通して問題点を明確にした。

更に、問題点に対する対応策として、端末側における同期再生のための方式の検討を行なった。

今後の取り組みとして、マルチキャストやRTP等の新方式への対応や端末部受信バッファ容量の最適化の検討等がある。

参考文献

- [1] 大門、岩崎、萩野、“MIO(Multimedia Information Organizer)システムの設計”、情処学マルチメディア通信と分散処理研報、DPS73-21 Dec.1995.
- [2] 三浦、磯西、辻、“WWWを利用した教育支援システムの試作と評価”、情処学マルチメディア通信と分散処理研報、DPS73-1 Nov.1995.
- [3] 安村、佐藤、“双方向CATVとマルチメディア学習教材を利用した遠隔講義支援システムの構築と評価”、日本教育工学会「コンピュータの教育利用」研究会、Dec.1995.
- [4] 竹本、田村、高田、“分散型教育における講師操作環境の構築とその検証”、情報処理学会論文誌、Vol36 No.9.
- [5] 戸村、伊藤、三部、中村、“LANのための映像符号化装置と映像伝送方式”、信学技報、OFS94-20、Sept.1994.
- [6] 阪谷、“LANを利用した映像通信における輻輳防止法”、信学技報、IN94-46、May.1994.
- [7] 岩見、高原、湯本、松井、“LAN上での負荷適応型動画通信方式の提案と評価”、信学技報、CS94-9、April.1994.
- [8] 大野、相田、斎藤、“マルチメディア遠隔提示システムの同期条件の検討”、電子情報通信学会論文誌 Vol.J78-B-II, No.5 pp.215-223.1995.
- [9] Xing Technology Corp.、“StreamWorks”、<http://www.xingtech.com/streams>