

Title	複数のビデオストリームを用いた遠隔教育システムに関する研究
Author(s)	登, 弘聡
Citation	
Issue Date	2001-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1433
Rights	
Description	Supervisor:丹 康雄, 情報科学研究科, 修士

修 士 論 文

**複数のビデオストリームを用いた
遠隔教育システムに関する研究**

北陸先端科学技術大学院大学
情報科学研究科情報システム学専攻

登 弘 聡

2001 年 3 月

要 旨

近年、マルチメディア技術の発達やネットワーク基盤の充実により、マルチストリームを取り扱うことの出来るメディアや広帯域ネットワーク、高速コンピュータ、また、家庭レベルのネットワークが整備されてきており、手軽に高品質な映像や音声は計算機上で双方向に取り扱えるようになり、ネットワークをベースとした遠隔サービスへの期待が高まってきた。本研究では、次世代高速ネットワークの有効的な利用法として、遠隔教育システム上で複数のビデオストリームを用いる。学習者がこれらのビデオストリームを選択できるようにすることで、教室で行われている対面講義に近い教育効果が得られるシステムの設計とユーザインタフェースの実装を行った。さらに実際の講義は時間割りに基づいて行われるため、遠隔教育システム上に時間管理機構を加え、帯域の予約などでネットワーク資源の有効利用をはかり、ストリーム配信の確実性向上を実現するための設計を行った。今後の課題として、使用するビデオフォーマットや帯域予約機構の実装、遠隔カメラ操作などを行えるようにする。

目次

1	はじめに	1
2	遠隔教育システム	2
2.1	遠隔教育システムの種類	3
2.1.1	放送型	3
2.1.2	マルチメディア通信型	3
2.2	最近の研究動向	4
2.3	提案する機能について	6
3	システムの設計	7
3.1	設計目標	7
3.2	扱う学習コンテンツ	7
3.2.1	ビデオ映像について	8
3.3	システム構成	9
3.4	ユーザインタフェースについて	9
3.5	ネットワーク含めた全体的な設計	10
3.5.1	時間管理機構について	10
3.5.2	遠隔カメラ操作について	11
3.6	オンデマンド学習について	14
3.6.1	複数のビデオストリームの同期再生について	14
4	システムの実装	18
4.1	ユーザインタフェースの機能	18
4.2	映像の提示方法	19
4.3	システムの仕様	19

5	動作実験	22
5.1	実験環境	22
5.2	ビデオカメラ、マイクと分割画面内の映像配置	23
5.3	映像選択時の動作	24
5.4	動作結果	25
5.5	まとめ	26
6	評価実験	28
6.1	評価方法	28
6.2	被験者から得られたデータ	28
7	考察	30
7.1	複数映像提供	30
7.2	カメラ配置	31
7.3	ユーザインタフェース	31
7.3.1	GUI	31
7.3.2	操作性	33
7.4	システム全体について	33
8	まとめ	34
9	今後の課題	35
9.1	ネットワーク上への実装	35
9.2	ユーザインタフェース	36
9.3	システム評価について	36
9.3.1	アンケートの項目について	37
9.3.2	GUIプログラムから得られるデータについて	38
A	図面	43

目 次

3.1	カメラ配置	8
3.2	全体構成	9
3.3	ネットワークを含めたシステム概要	10
3.4	時間管理ノードモデル	11
3.5	Web カメラ	12
3.6	カメラサブユニット論理モデル	13
3.7	同期再生のイメージ	15
4.1	UI	18
4.2	表示方法	19
4.3	変換回路	20
4.4	プログラムの画面分割 (a) とマルチプレクサの画面分割 (b) の違い	21
5.1	実験イメージ	22
5.2	カメラ配置	24
5.3	画面配置	25
5.4	映像選択	26
5.5	動作実験の様子	27
5.6	ユーザインタフェースのスクリーンショット	27
7.1	選択画面内のグループ分け	31
7.2	カメラの配置と選択画面の関係 (1)	32
7.3	カメラの配置と選択画面の関係 (2)	32
A.1	ユーザインタフェース	43
A.2	視聴用ウィンドウ	44
A.3	セレクトウィンドウ	44

A.4	パラレル-抵抗分割変換回路	45
A.5	System Diagram	46

第 1 章

はじめに

実際の講義では教授者、板書、資料、スライド、その他の教材、教室の様子などの視点があり、受講者によって見る個所は自由である。この環境を遠隔教育システム上で実現するために複数のビデオストリームを用いることで、より実際の講義に近い環境を受講者に提供できる。しかし、複数のビデオストリームを取り扱うためのネットワーク帯域や技術が不十分であったため、これまでの遠隔教育システムは1つのコンテンツに対しては、1つのストリームのものが主流で、単一方向のものが主流であった。

近年、マルチメディア技術の発達やネットワーク基盤の充実により、広帯域ネットワークや家庭レベルのネットワーク、マルチストリームを取り扱えるビデオフォーマットが整備されてきた。また、コンピュータの高速化により、手軽に高品質な映像や音声が双方向に取り扱えるようになり、技術面の制約が減りつつある。これに加えて、ネットワークをベースとした遠隔サービスへの期待が高まってきている。

そこで本研究では、遠隔教育システム上に複数のビデオストリームを用いる。これにより、教室の講義で見ることの出来る教授者、板書、スライド (OHP、PC 出力)、教室の様子を学習者が選択可能な形で提供できる。これら複数のビデオストリームを表示、選択するためのユーザーインターフェースを開発した。これにより、これまで実現し得なかった双方向通信と複数のビデオストリームを用いた高品質な遠隔教育システムの実現が可能となる。

さらに講義時間割りに基づく時間管理機構を加え、帯域の予約などでネットワーク資源の有効利用をはかり、ストリーム配信の確実性向上を実現するための設計を行った。

第 2 章

遠隔教育システム

遠隔教育とは、さまざまな通信手段を利用し、遠隔地域の人々に対して行う教育で、放送教育・通信教育などのことである。

さまざまな通信手段には、郵便、ラジオ、テレビ、パソコンなどがあり、放送教育には、ラジオ、テレビ、パソコンなどの通信手段が用いられ、通信教育には、郵便、パソコンなどを用いることが多い。

近年、マルチメディアということが言われるようになり、リアルタイムな双方向の通信、仮想現実といった技術を利用して仮想空間をもちいた遠隔教育を中心に研究が進められている。

これに加え、専門機関で使われてきたような、高速・常時接続のサービスや、動画像を容易に取り扱えるパソコンが一般的にも手軽に利用できるようになってきたことから、マルチメディア通信技術をいかした遠隔サービスへの期待が高まっている。

また、大学におけるマルチメディアネットワークやインターネットなどの情報通信技術の活用は、今後の日本の高等教育の在り方を大きく変える可能性があり、海外では既にアメリカやカナダなど北米地域を中心に世界的な潮流として、インターネットなどの情報通信ネットワーク上での遠隔教育が実際に運用されている。これら遠隔教育の技術と新しい組織形態を持つ、いわゆる「バーチャル・ユニバーシティ」と称される次世代型の大学システムが出現しつつある。

日本でもここ数年来 SCS など、テレビ会議システムやインターネット等を活用した試みが飛躍的に増加している。

以上より本稿では、放送教育と通信教育の中でもマルチメディア通信教育について述べる。

2.1 遠隔教育システムの種類

遠隔教育システムを教材の提供方法によって分類すると以下のように分類される。

- 放送型
- マルチメディア通信型

それぞれの特徴を以下にあげてみる。

2.1.1 放送型

この方法の特徴は、「広域性」、「同報性」があり、同じ情報を一度に多くの人と共有する際に有効な手段である。

従来からあるテレビやラジオによる方法は、放送局から各家庭にあるテレビなどに配信するものである。衛星を用いる方法では、衛星通信設備をもった2つ以上の会場を通信衛星によって結び、ある会場で行われている講義を各会場で受ける場合に用いられる。

送出側の設定によっては、1つのチャンネル(ストリーム)に複数の映像を合成して、送信することが出来る(4分割や、9分割、ピクチャ・イン・ピクチャなど)。しかし、1つ1つの映像は小さくなるので、板書やスライドの文字情報を伝える場合には不向きである。

放送型は番組表に基づいてコンテンツを配信しているため、学習者はこれにあわせて視聴する。また、学習者は、送られてくる映像のアングルやズームを操作することができないため、臨場感や参加意識は低くなる。

2.1.2 マルチメディア通信型

現在の遠隔教育システムで用いられている標準的な形式である。双方向でさまざまな形式のデータを取り扱うことが出来るが、1つのストリームに限定し、可能な限りデータ圧縮をして配信するため、テレビやラジオ放送に比べて画質や音質は悪く、遅延や揺らぎも大きい。操作面では、アプリケーションごとに異なり必要な機器も複雑なものになってくるが、ソフトウェア上で操作性を自由に変更できる。

マルチメディア通信型の通信手段には、WWWを用いるものや構内ネットワーク、衛星ネットワークなどがあり、配信方法はリアルタイム配信やオンデマンド配信など自由な形態が選択できる。

WWWを用いるものは、インターネットに接続できるパソコンとそれに対応したブラウザを用意すれば、簡単に教材を視聴できる。

構内ネットワークや、衛星ネットワークなどを用いれば、遠隔地で行われている講義を同時に視聴できたり、質問なども可能である。

2.2 最近の研究動向

最近の遠隔教育・遠隔学習に関する研究はネットワーク社会を迎え、個人のインターネット利用率が高まってきたことや、教育機関でのコンピュータ利用といったことからマルチメディア通信型の遠隔教育システムが中心である。また、生涯学習ということからさまざまな年齢層の人々に対して学習する機会を与えるための手段が研究されている。現在ある遠隔教育、遠隔学習システムの事例を大まかに分類すると、オンデマンド教材による学習とリアルタイムな教材による学習があり、これらを用いた学習を支援するさまざまな手法がある。

オンデマンド教材で学習するシステムの実例としては、WIDE 大学の SOI[15] がある。これは、WIDE プロジェクトの一環で、近年急速に普及してきたインターネットを基盤とした、インターネットについて学ぶための遠隔学習環境である。講義は全てデジタル化して蓄積され、受講者は必要に応じて RealVideo 形式にデジタル化された映像、音声および HTML 形式の授業資料を組み合わせ、インターネットを介して受講する。質問や課題の提出は、電子メール、チャット、BBS などを用いて行う。また、レポートなどは「大学に蓄積された知」として公開し、生徒が相互に参照し、コメントをつけることが出来る。オンデマンド形式の配信に加え、リアルタイムでの授業や会議の中継技術の開発も行っている。

音声・映像の配信方法は、RealVideo 形式とインターネット電話の組み合わせ、または DV over IP などによって実現されている。

教材を効率よく利用し、学習効果を高めるものとして教材検索システムや仮想現実、仮想環境、遠隔協調作業がある。これらについて、以下に実例を挙げてみる。

- VIEW Classroom

VIEW Classroom(Virtual Interactive Environment for Workgroups Classroom)[19] は蓄積された講義を効率よく検索するためのシステムである。講義をマルチメディア教材の作成過程ととらえ、教師があらかじめ準備した教材に教師の様子を撮影したビデオや説明の声に、スライド切り替えやポインタ・ペンの動きなど、講義を形成している全ての情報の同期を取りながら記録している。

記録されたマルチメディア教材を検索する際、以下のことを想定している。

- あるキーワードを含む教材とそれに対する説明を検索する
- 図を含んでいる教材とそれに対する説明を検索する
- 教師が長い時間をかけて説明した教材とそれに対する説明を検索する
- 教師がポインタを使って教材のある位置をさしている部分の説明を検索する
- 教師とある学生が議論している部分の講義を検索する

● CSCL

CSCL(Computer Supported Collaborative Learning)[21] は、協調学習の場をネットワーク上で実現し、支援する事を目的とした研究領域である。これと類似した概念として CSCW(Computer Supported Cooperative Work)、グループウェアがある。いずれも、複数のユーザがコンピュータを用いて協力して行う活動を支援する試みである。CSCW,CSCL は技術的な側面に加え、社会的・組織的效果、心理的影響、学習効果、といった認知的な側面も含んでいる。CSCW は、問題を副問題に分割して、個人はそのうちのいずれかを担当するような活動形態 (cooperation) が想定され、CSCL では、同一の課題に対して参加者が意見を交換しあう事でグループの合意としてのプロダクト生成 (collaboration) が想定される。

● TEELex

TEELex[9], [10] とは、1 辺が 3m の立方体スクリーンに立体映像を投影し、利用者がこの中に入ることによって高臨場感、没入環境を得られるシステムのことである。このような、没入型の仮想環境施設の特徴としては、両眼視差に加え運動視差による立体映像を投影できることにある。実際にその内部で動くことでその動きに合わせて、周囲の映像が変化するので、マウスなどに比べ飛躍的な操作性の向上が期待できる。

● バーチャルスクール

バーチャルスクール [20] とは、ほかの遠隔教育システムのユーザが 1 つの仮想空間を時間的に共有することがないのに対し、教授者と学習者が空間や時間を共有し、実際の学校と同様に学習を行うことを前提としたシステムである。これは、他の遠隔教育システムが生涯学習や自習システムとしての位置付けをしているのに対して、登校拒否児童や、病弱児童を対象として設計されたものである。仮想の教室にアバター (avater) と呼ばれる学習者を擬人化したキャラクタを配置して、遠隔の教授者と学習者がコミュニケーションが行える。授業中は教授者に質問したり、実際の教室と同じように他の学習者の様子を確認することが出来る。

バーチャル・ユニバーシティとは上記に挙げた情報技術を用いて遠隔教育を行う機関の総称で、衛星を利用するものと、インターネットを利用するものがある。基本的に通学を必要とせず、在宅学習のみで単位の認定や、学位の授与を行う機関もある。

2.3 提案する機能について

遠隔教育システムの受講者が望むものは、対面授業に近い魅力、効果である。そのためには、講師側のカメラセッティングをはじめ、教材準備の負担が大きい。

前節までにあげた遠隔教育システムは、複数のビデオストリームの中から1つを選んでユーザに提供している。そのため、ユーザがこれらを自由に選択することや、遠隔にあるカメラの操作は出来ない。

また、映像通信を用いた遠隔教育システムでは映像、音声を1つだけに絞り、可能な限りの圧縮をして転送していたため画質や音質は低く、長時間の受講には向いていなかった。しかし、最近のデジタル電子技術、デバイス技術の進歩によって、高い圧縮率で画質の高い国際標準符号化方式である H.261[22] や MPEG 符号化方式 [23]–[34] を備えた通信機器価格、ISDN やファイバチャネルなどの高速な通信回線の使用料が安価になってきたことから、容易に映像通信を利用したサービスが行えるようになった。

本稿で提案するシステムで提供する機能は以下のとおりである。

- 複数のビデオストリームを全てユーザに提供する。
- 学習者が遠隔にあるカメラの操作を出来るようにする。

これにより、受講者に対して対面授業で得られる選択可能なさまざまな視点を提供することで、より臨場感のあるシステムを構築すると共に、講師側のカメラセッティングや講師の立っている位置によるカメラ操作などの負担を軽減する事を目標とする。そのためには、複数のビデオストリームを効率よく配置し、選択しやすいユーザインタフェースの設計および実装を行う。

ネットワーク上で複数のビデオストリームを利用するために必要なコンポーネントとして、複数のビデオストリーム伝送に必要な帯域を確保する「帯域予約ノード」、複数の学習者による遠隔カメラ操作要求や帯域予約要求の調停を行う「調停ノード」の機能をあわせて、時間割に基づいて管理を行う「時間管理ノード」として提案する。

遠隔教育システムは、時間的制約から開放されるということに1つの大きな利点があるので、複数のビデオストリームと音声ストリームなどの同期を取りながら教材コンテンツサーバに記録、サーバから任意のコンテンツを再生する手法についても検討を行った。

第 3 章

システムの設計

本章では、上述してきた提案事項に基づいたシステムの設計について述べる。

3.1 設計目標

設計目標は、複数の映像を効率よく選択し、視聴できるユーザインタフェースを設計し、そのシステムを用いた評価実験を行う。

3.2 扱う学習コンテンツ

本システムで取り扱う学習コンテンツには以下のものがあげられる。まず、メインとなるビデオ映像と音声。また、パソコンを学習者クライアントとして使用するため、文字やプログラムなどの情報を扱うことが出来る。

- ビデオ映像

教授者や、板書、スライド、そのた教室全体の雰囲気をつかむための映像情報である。

- 音声

教授者の説明をメインに音声教材や、講義が行われている教室の雰囲気をつかむため教室全体の音声情報を提供する。

- 文字情報

教授者の使用しているスライドデータや、その他の文字情報を提供する。

3.2.1 ビデオ映像について

本システムで用いるカメラ配置を図 3.1 に示す。

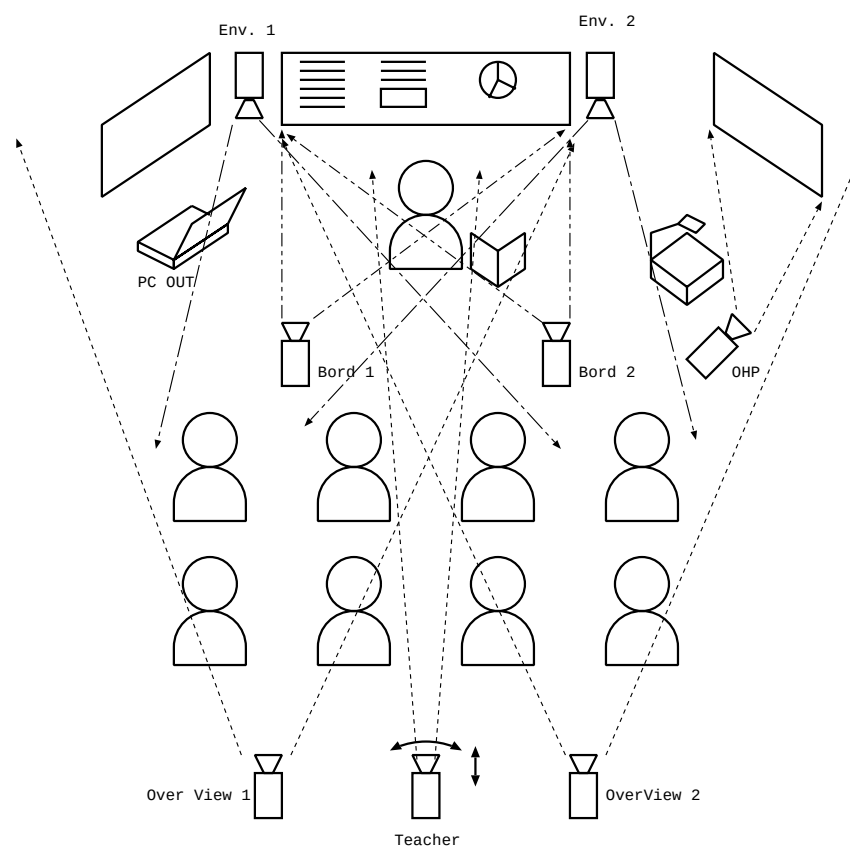


図 3.1: カメラ配置

教授者中心の映像

教授者を中心に撮影した映像である。常に教授者が写るようにカメラで追いかける。

副教材となる OHP, 黒板、PC の出力の映像

黒板は教授者の立ち位置によって隠れる部分が出るために、複数のカメラを用いて撮影する角度を変えることで、隠れた部分を補えるようにする。また、OHP や、PC を用いたスライドの映像も専用のカメラで捕らえた映像を提供する。

教室全体の映像

教授者や教材カメラは、教室の一部を写しているのですが、全体的な雰囲気をつかみにくい。これを補うために、教室の後方から全体的に撮影し、講義の雰囲気が得られるようにする。また、講義に関係する映像だけではなく、教室の様子を伝えることはより臨場感を出すためには必要な要素となる。教室の様子を教室前方や側面から撮影した映像を用いることで実現する。

3.3 システム構成

全体的なシステムの構成は図のようになる。送出側（講師側）に複数台のカメラとマイク、CODECがあり、講義の様子を送出する。受講者側にはCODECとインタフェースがあり、送出側と逆の手段で個別のストリームに分割して、セレクトによって、ストリームを選択する。

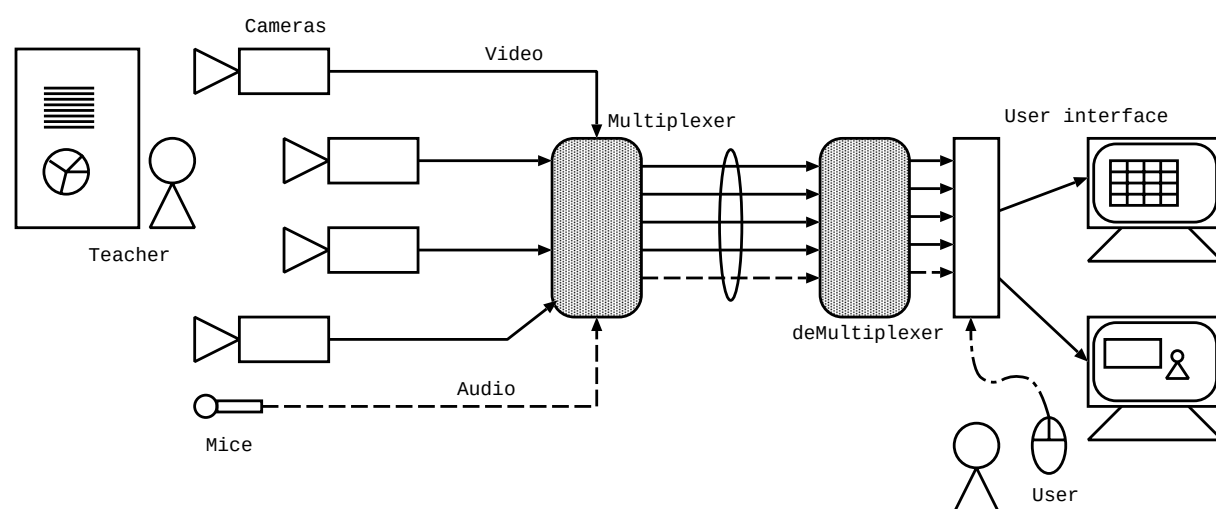


図 3.2: 全体構成

3.4 ユーザインタフェースについて

選択可能な複数の映像を提供するためのユーザインタフェースとしては、画面分割と表示用画面、サムネイル表示と拡大表示の組み合わせ画面、ヘッドマウントディスプレイと人の動作を組み合わせ、MPEG4 による合成画面を用いた仮想映像などが考えられる。

映像選択に関しては、コンピュータのような複雑な操作を意識させない配慮が必要で、従来のテレビリモコン形式や、タッチパネル画面などの直感的なインタフェースが望ましい。

今回設計したシステムでは、分割画面に表示されたものをマウスやタッチパネルによって選択して、表示用画面に拡大表示させる提示方法を採用した。

3.5 ネットワーク含めた全体的な設計

実際の遠隔教育システムは、離れた2地点間以上をネットワークを利用して仮想的な1つの空間を形成して行われる。そこで、本研究で提案したシステムをネットワーク上に実装する必要がある。以下に、ネットワーク上に実装した場合のシステム全体図を示す。

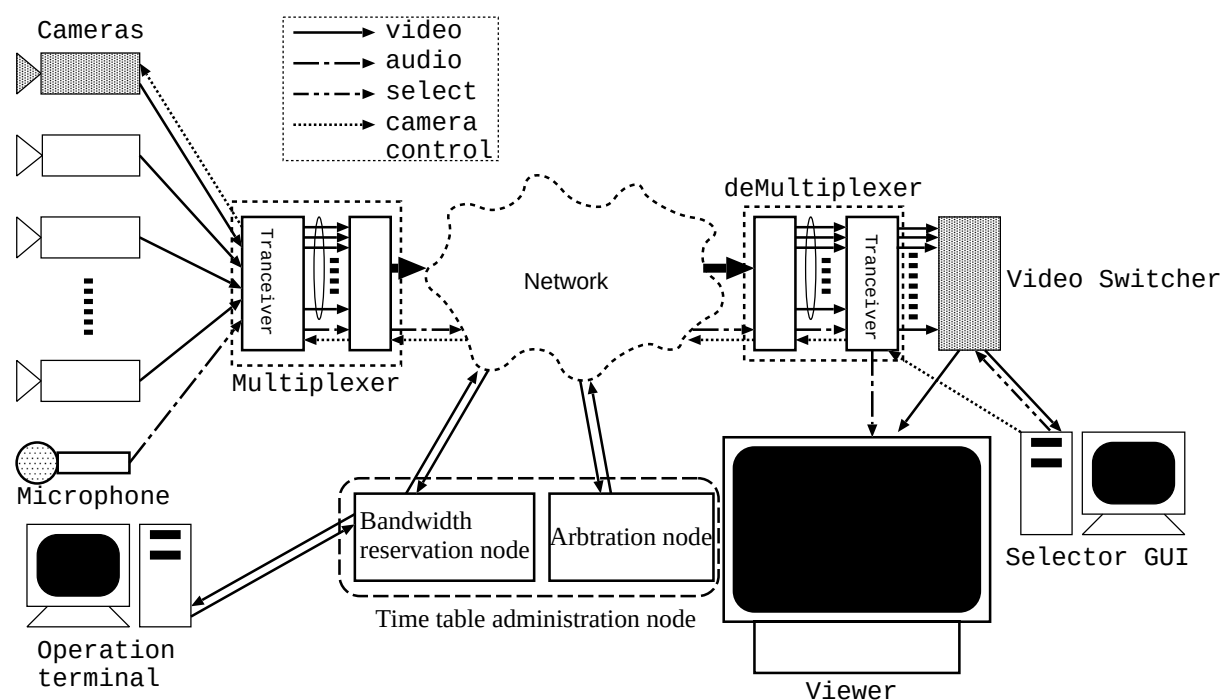


図 3.3: ネットワークを含めたシステム概要

3.5.1 時間管理機構について

近年の技術進歩により、ネットワーク上の帯域は広がってきているが、それに伴い使用する帯域も広がってきているため、快適に利用するためにはあらかじめ帯域の予約が

出来ることが望ましい。この機能を、「帯域予約ノード」として設計する。

また、遠隔地にあるカメラのズームやアングルの操作が出来る事が望まれる。このとき、複数のユーザで1つのカメラを取り合うことが予想される。これを回避するためのノードとして「調停ノード」を設計する。

これら、「帯域予約ノード」と「調停ノード」をあわせて、「時間管理ノード」とする。このモデルとして、Resource Schedule Board [3]を参考にした(図3.4)。簡単な動作は以下のとおりである。

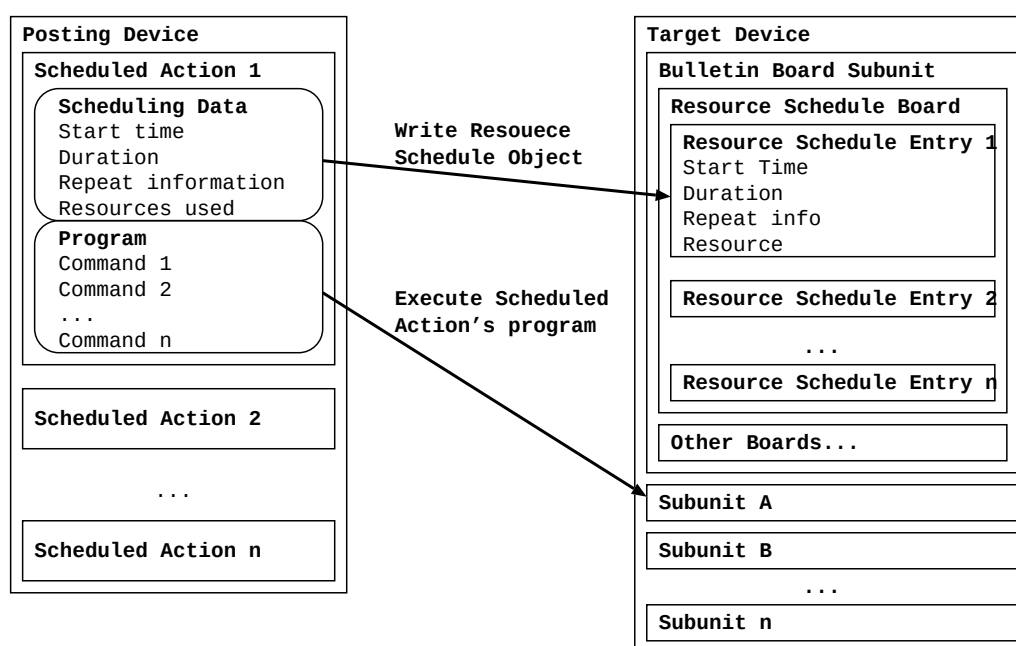


図 3.4: 時間管理ノードモデル

Posting Device に予約情報を書き込んでおくと、TargetDevice に対して、自動的に予約をいれてくれる。予約した時間が来ると PostingDevice は TragetDevice とそれに関連するすべてのデバイスに対して予約の実効命令を出す。

すべてのユーザはこの Posting Device に対して予約を出すことになる。ここで、先に予約が入っている場合は、そのデバイスを利用することは出来ない。

3.5.2 遠隔カメラ操作について

カメラの遠隔操作の手法としては、以下にあげるようなものがある。

- IP
- LANC
- ViSCA
- IEEE1394
- 専用のプロトコル

IP によるコントロール

IP によってコントロールするカメラには、「Web カメラ」がある。専用の雲台に取り付けて Ethernet 経由でアングル、ズームの操作ができる。映像信号はコントロール用の Ethernet を通してユーザに配信される。雲台がカメラサーバになっており、ビルトイン型の HTTPd が内蔵されている。このサーバにアクセスして、カメラをコントロールする。

Web カメラのモデル図を図 3.5 に示す。

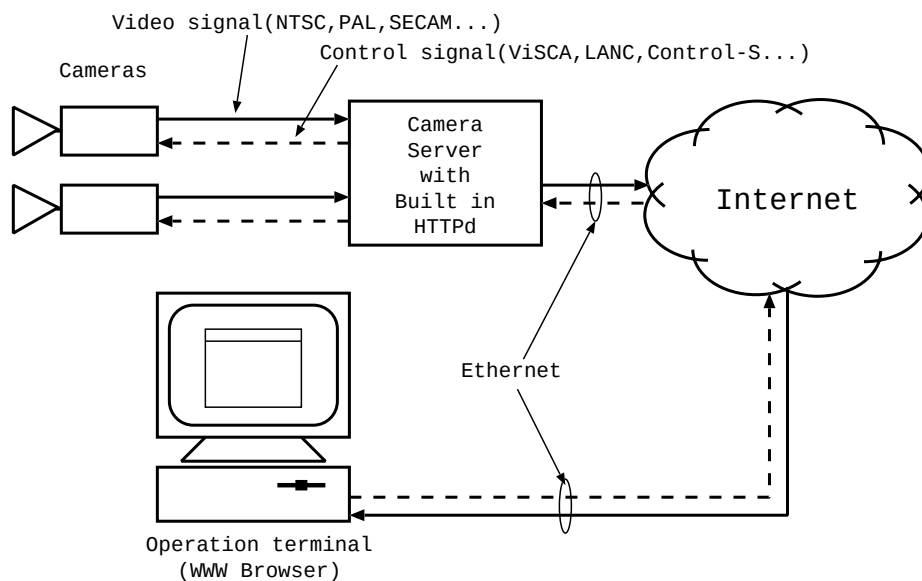


図 3.5: Web カメラ

LANC,ViSCA によるコントロール

LANC,ViSCA は家電機器であるビデオカメラなどについているコントロール端子のことで、この端子を用いた操作が出来る。上記の Web カメラのコントロールに用いられている。ViSCA は、コンピュータ経由でビデオや、カメラなどのコントロールが出来る。

ViSCA Video System Control Architecture の略で、ソニーが開発したビデオ機器とコンピュータを接続するために開発したプロトコル。

パソコンから、単純なデッキ操作 (例えば、サーチ、再生、録画) だけではなく、複数のビデオ機器を同期させながら同時制御ができる。

パソコン側は、RS-232C/422A 端子に接続する。

また、ビデオ機器は、7 台までデ이지チェーン接続が可能であるが、直接 ViSCA を接続できるビデオ機器は少なく、LANC/ViSCA 変換装置を介して LANC 端子搭載ビデオを制御することになる。

LANC Local ApplicatioN Contorol bus system の略で、ソニーが家庭用機器のコントロールを目的に開発したインタフェース。

LANC は、家電用制御インターフェースの中では最も普及しているものである。

コンピュータから、直接 LANC を使ってカメラ制御できるシステムは少なく大抵は ViSCA を使い、LANC/ViSCA 変換装置を介して LANC 対応機器の制御を行う。

IEEE1394 によるコントロール

AV/C Camera Subunit に記載されている IEEE1394 の AV/C(AudioVisual/Control)[4] のカメラのサブユニットである。カメラのコントロールが一通り定義されている。

カメラの論理モデルを図 3.6 に示す。

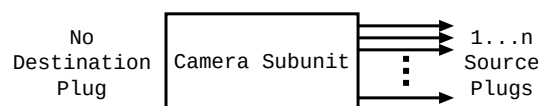


図 3.6: カメラサブユニット論理モデル

カメラサブユニットは実装次第でマルチストリームと非同期出力をサポートする。また、受け側のプラグは無く、1 から n の送出側のプラグを持つことが出来る。

カメラサブユニットのコントロールコマンドを表 3.1 に示す。

この表では、サポートレベル列の横棒は ctype のための CONTROL、STATUS あるいは NOTIFY コマンドは定義されていないことを示し、サポートレベル列のアスタリスクは、コマンドが必須 (M) か推奨される (R) か、オプション (O) であることを示す。

注) カメラサブユニットがいくつかのサポートレベルの推奨されるコマンドによる将来的な仕様を持たなければ、SUPPORT LEVEL PROFILE のためのコマンドはカメラサブユニットに実装されない。

3.6 オンデマンド学習について

遠隔教育システムの魅力の一つとして、時間的制約から解放されることがあげられる。必要なときに、必要な知識リソースを得られるようにするためには、教材コンテンツをサーバに蓄積しておき、ユーザの要求に応じて再生できるようにしておく必要がある。この概要図を図 3.7 に示す。

3.6.1 複数のビデオストリームの同期再生について

今回設計したシステムは、複数のビデオストリームをユーザに提供するため、これらが同期して録画、再生されなければならない。そのための技術として、SMIL(Synchronized Multimedia Integration Language)[16] や、RPT(Remote Presentation Tool) などがある。

これら、同期再生されたストリーム群をリアルタイムでトランスポートストリームにして、ユーザに配信する。

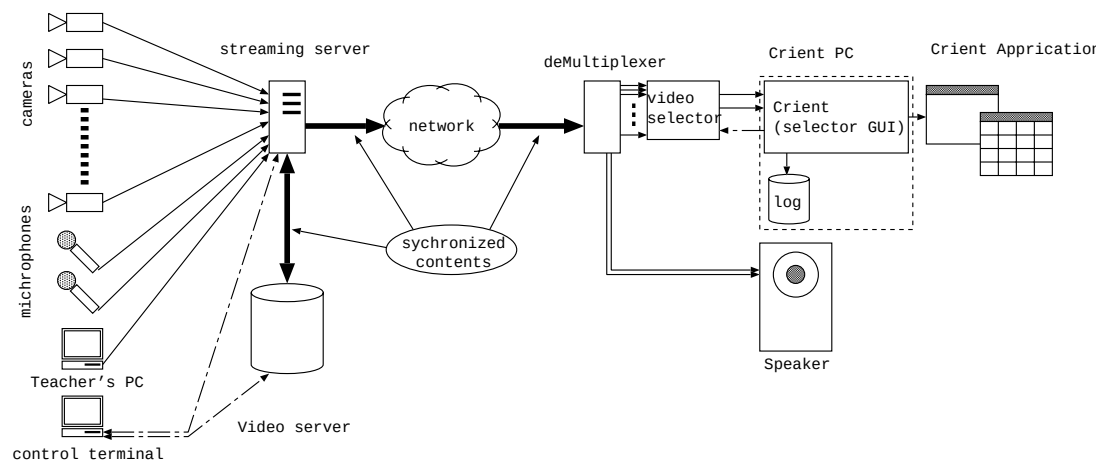


図 3.7: 同期再生のイメージ

表 3.1: Camera subunit commands

Opecode	Value	Support level (by ctype)			Comments
		C	S	N	
AE MODE	40_{16}	*	M	-	Control automatic exposure mode
AE SHIFT	42_{16}	O	O	-	Control the amount of light
AF MODE	$C8_{16}$	M	M	-	Control automatic focussing mode
AGD GAIN	45_{16}	M	M	-	Control AGC gain
AGC MAXIMUM GAIN	74_{16}	-	*	-	Report maximum value of AGC gain
CCD SCAN MODE	74_{16}	R	R	-	Control scan mode of imaging devices
CONTRAST	55_{16}	O	O	-	Control contrast
DIGITAL ZOOM	60_{16}	M	M	-	Control digital zoom
DIGITAL ZOOM MAX LIMIT	61_{16}	O	O	-	Control to limit of maximum magnification of digital zoom
FLASH	48_{16}	O	O	-	Report status of electronic flash
FOCAL LENGTH	$C3_{16}$	O	O	-	Control or report focal length of the optical system
FOCUS	$C1_{16}$	*	M	-	Control motion of focussing lens group of the optical system
FOCUSSING OPTION	$C2_{16}$	O	O	-	Control position of focusing lens group of the optical system
FREEZE	62_{16}	R	R	-	Control to still the picture
GAMMA	52_{16}	O	O	-	Control gamma correction
HUE	$5C_{16}$	O	O	-	Control hue
IMAGE STABILIZER	DC_{16}	O	O	-	Control image stabilizer
IRIS	43_{16}	*	M	-	Control diapharagm of the optical system

Opecode	Value	Support level (by ctype)			Comments
		C	S	N	
IRIS RANGE	75_{16}	-	*	-	Report maximum/minimum F.No of diaphragm
ND FILTER	CB_{16}	O	O	-	Control neutral density filter
RANGE	70_{16}	-	*	-	Report maximum/minimum value
REVERSE	64_{16}	O	O	-	Cntrol to reverse picture state between positive and negative
PAN	DA_{16}	O	O	-	Control panhead in a panning direction
SATURATION	$5B_{16}$	O	O	-	Control saturation of color
SETUP LEVEL	54_{16}	O	O	-	Control setup level
SHARPNESS	56_{16}	O	O	-	Control sharpness
SHUTTER SPEED	44_{16}	R	R	-	Control shutter speed
SUPPORT LEVEL PROFILE	72_{16}	-	M	-	Report support level of camera subunit
TILT	DB_{16}	O	O	-	Control panhead in a tilting direction
VIDEO LIGHT	49_{16}	O	O	-	Control video light
WHITE BALANCE	$5D_{16}$	R	R	-	Control white balance
ZOOM	$C4_{16}$	*	M	-	Control motion of zoom lens group of the optical system

第 4 章

システムの実装

本章ではユーザインタフェースの部分の実装について述べる。

4.1 ユーザインタフェースの機能

ユーザインタフェースの機能について述べる。

送出側から送られてきた複数のビデオストリームを選択可能な形で提示する部分の構成図を以下に示す。

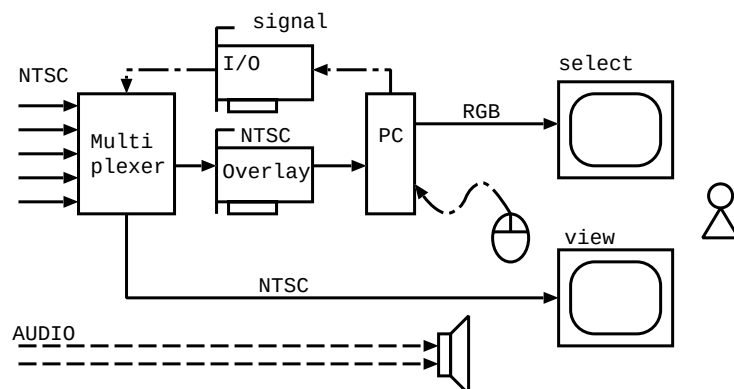


図 4.1: UI

分割画面はマルチプレクサによってハードウェア的に作り出す。これをオーバーレイボードを用いてPCに入力する。ユーザがマウスを用いて分割画面に表示された映像を選択すると、I/O ボードを介してマルチプレクサに映像切り替えの信号が送られて、選択された

映像が表示される。

音声は、直接ユーザ側で再生する。

4.2 映像の提示方法

映像の提示方法であるが、使用した機器の仕様に合わせ、分割画面と表示用の画面を採用した。表示方法は2種類あり、図 4.2(a) は1つの画面内に選択用のサムネイルウィンドウ、表示用のウィンドウの2つのウィンドウを表示し、図 4.2(b) はこれら2つのウィンドウを別の画面に表示させる方法である。

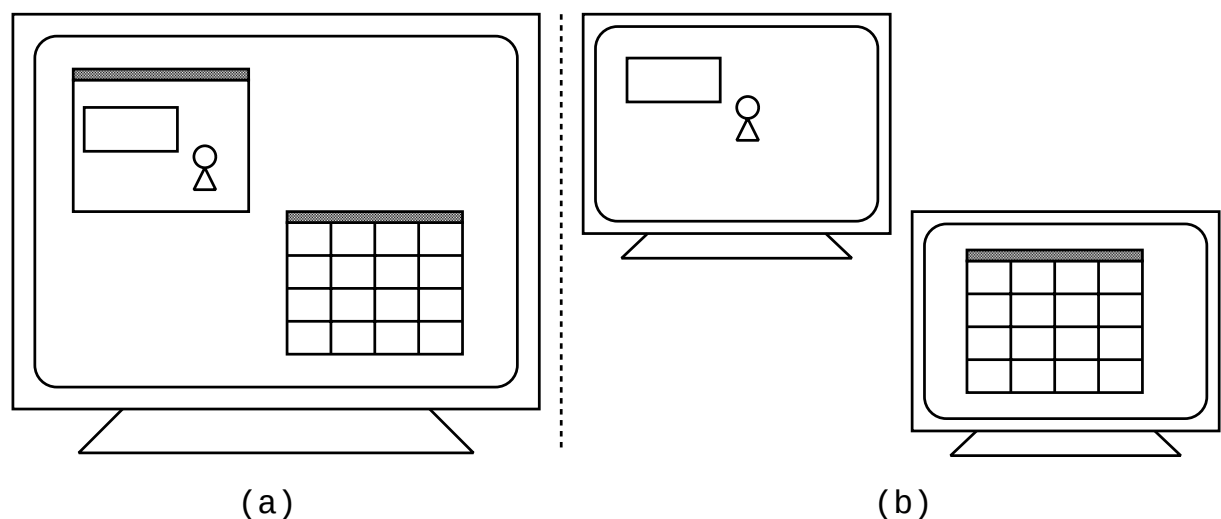


図 4.2: 表示方法

4.3 システムの仕様

システムの仕様について述べる。

本システムのユーザインタフェース部の構成は以下のようになっている。

- GUI 提供 PC (Fujitsu FMV 6667 CL6c Windows98 Second Edition)
- オーバレイボード (Canopus Power Movie PCI)
- マルチプレクサコントロール用 I/O ボード (Interface PCI-2703)

- マルチプレクサ (SONY YS-DX316)

GUI 部分は、ストリーム選択ウィンドウと、ストリーム視聴ウィンドウからなり、ストリームの選択にはマウスを用いるようにした。ストリーム選択ウィンドウには、DirectX によるソフトウェアオーバーレイ、ストリーム視聴ウィンドウは、オーバーレイボードによるハードウェアオーバーレイを用いた。これを VisualC++6.0 によって実装を行った。

また、I/O ボード (Interface PCI-2703) とマルチプレクサ (SONY YS-DX316) の接続には、パルス列を、抵抗分割信号に変換するトランジスタスイッチ回路を製作した (図 4.3)。

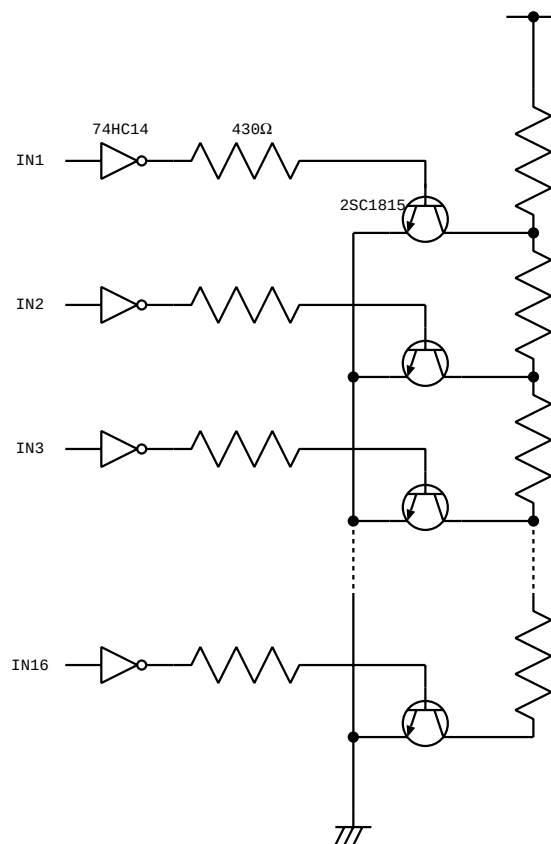


図 4.3: 変換回路

ユーザが選択したストリーム番号は GUI アプリケーションウィンドウのマウスカーソルの座標から仮の番号を求め、これをマルチプレクサの画面分割との対応をとり、実際のストリーム番号を得る。これは、プログラム上の分割配置と、マルチプレクサの分割配置が異なるためである (図 4.4)。

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

(a)GUI

1	2	5	6
3	4	7	8
9	10	13	14
11	12	15	16

(b)Multiplexer

図 4.4: プログラムの画面分割 (a) とマルチプレクサの画面分割 (b) の違い

得られたストリーム番号 n から、I/O ボードに出力するワードデータ O_{word} は以下の式によって求められる。

$$O_{word} = 2^{n-1}$$

これにより、32 点の出力端子のうち 1 つから TTL レベルの矩形波が出力される。この矩形波の出力時間は、マルチプレクサの応答時間から 35[msec] に設定してある。矩形波はトランジスタスイッチ回路によって、ある一定の電圧を抵抗値で分割し、16 値の電圧信号に変換され、これによってストリームが選択される。

例として、3 番目のセルを選択したとする。これは、マルチプレクサの画面配置から、5 番目のストリームということになる。上式から、I/O ボードに出力するワードデータは

$$O_{word} = 2^{5-1} = 10_{16}$$

となる。

第 5 章

動作実験

前章で実装したユーザインタフェースを用いた遠隔教育システムの実験モデルを組み、動作実験を行った。

5.1 実験環境

以下に示す実験環境で動作実験を行った。

- 教室

隣り合った2つの部屋の一方で教授者が受講生に講義をしている様子を、もう一方の部屋で被験者に受講してもらう(図5.1)。受講者には、隣の部屋での会話およびその他の音声が聞こえないことを確認した。教授者が利用できる副教材として、ホワイトボードとPCの出力を表示できるプロジェクタがある。

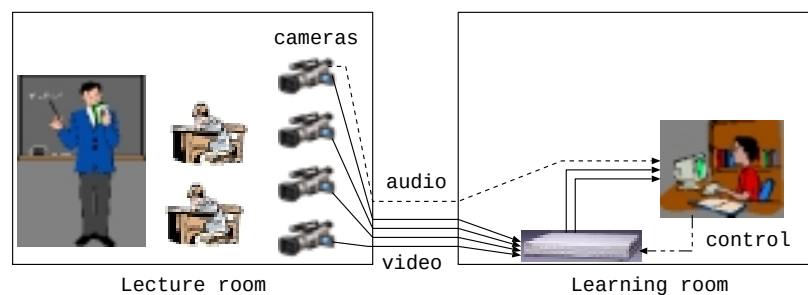


図 5.1: 実験イメージ

- 映像、音声

映像と音声の提供方法であるが、映像は、8台のカメラから得られる映像をマルチプレクサを通して、選択インタフェースとして用いる分割画面映像と視聴用画面映像の2本をビデオケーブルを用いてユーザ端末に送る。音声も同様に2本のマイクからの得られる講師の声と教室全体の音をミキサを通して1本のステレオ音声をオーディオケーブルを用いてユーザ端末に送る。

5.2 ビデオカメラ、マイクと分割画面内の映像配置

教授者側のカメラとマイクのセッティングは図5.2に示す。それぞれのカメラで撮影する映像は以下のとおりである。

1. 教室全体を後方から撮影した映像(1)
2. 教室全体を後方から撮影した映像(2)
3. 講師中心の映像
4. 板書中心の映像(1)
5. 板書中心の映像(2)
6. OHP(PC出力)中心の映像
7. 教室全体を前方から撮影した映像(1)
8. 教室全体を前方から撮影した映像(2)
9. 教室全体を横から撮影した映像

ユーザインタフェースとして用いる分割画面内の映像配置を図5.3に示す。図中の番号は、図5.2のカメラ番号に対応しており、以下のように分類して配置してある。

- 教室全体と教授者
- 副教材(板書、スライドなど)
- 周囲の様子

①	②	④	⑤
③		⑥	
⑦	⑧		

図 5.3: 画面配置

5.4 動作結果

当研究室学生のゼミ発表を、本システムを用いて受講した。動作実験の様子を図 5.5 にユーザインタフェースのスクリーンショットを図 5.6 に示す。

映像の切り替えとログファイルの記録が確認できた。実際に使用して気になる点は、映像切り替えの GUI は切り替え時に選択用の画面が一瞬ちらつく現象が起きる。これは、映像切り替えのスイッチとして用いたマルチプレクサの仕様で、映像切り替え時に以下のような動作をするためである。

	マルチプレクサに送る信号	映像選択ウィンドウに表示される映像
1	目的のカメラ番号	選択したカメラの映像
2	シーケンスボタン	接続されているカメラの映像をシーケンス表示
3	オプションボタン	
4	目的のカメラ番号	選択したカメラの映像
5	オプションボタン	
6	多画面切り替え	多画面分割映像 (ユーザインタフェースとしての画面に戻る)

これをプログラムによっておこない、一連の動作が完了するまでおよそ 0.2 秒かかるため、切り替え時に画面がちらつく。このとき、視聴用のウィンドウの映像が約 1 秒間滲んだ状態になり、その後もとの映像に戻るという現象も確認されている。

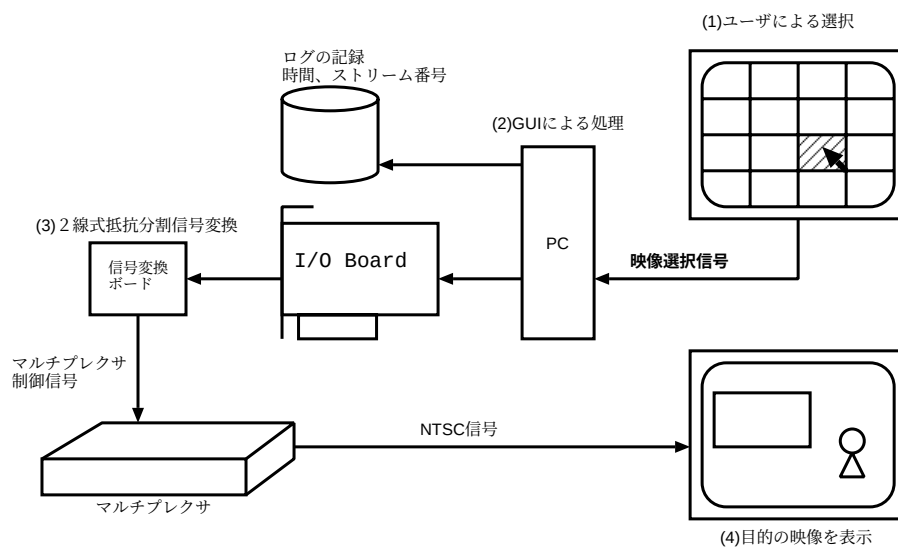


図 5.4: 映像選択

5.5 まとめ

前章で実装を行ったユーザインタフェースをシステムに組みこみ、実際に使用してみた。その結果、システムの動作が確認された。

また、ユーザの選択したストリームのデータを取り、放送型のアプリケーションで用いるストリームについての検討を行えるシステムの構築が達成された。

今後このシステムを用いたユーザインタフェースの評価実験を行う。



図 5.5: 動作実験の様子

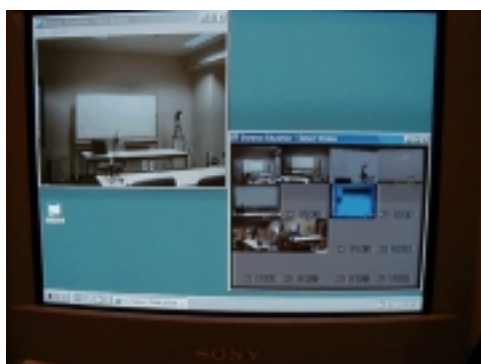


図 5.6: ユーザインタフェースのスクリーンショット

第 6 章

評価実験

前章では、提案したユーザインタフェースを用いた動作実験を行い、本システムを用いた評価実験が行えることが確認された。

本章では、前章で構築したシステムの評価について述べる。

6.1 評価方法

本来、評価実験の条件として、同一環境下で多数の被験者からのデータを収集して行わなければならない。しかし、複数のビデオストリームを同期して録画再生する事は技術的に困難でありライブ形式で行わなくてはならないが、繰り返してまったく同じ講義をする事が不可能であることから、同一環境下で複数回の実験を行う事は困難である。

そのため、本システムを介して講義を受けた被験者の感想を簡単な質問形式のアンケートを行った。

これによって得られた情報を元に提案したシステムの考察を行う。

6.2 被験者から得られたデータ

評価実験を行い、被験者から得られたデータを以下に示す。

- 臨場感について
 - － 参加しているという意識は薄い
 - － やや、傍観者的な立場になって視聴しがち

- 「防犯カメラの映像」を見ている感じ
- 画質について
 - 気にならない
 - 綺麗に表示されていた
- ユーザインタフェースに関して
 - 操作しやすい
 - 直感的でわかりやすい
- 学習効率に関して
 - 提示される映像数が多いと集中力が散漫になる
 - 集中して受ける事が出来た
- カメラ配置に関して
 - 目的の映像が提示されていた
 - 対面講義の形式では冗長な映像があった
 - 板書やスライドの映像は一部を拡大した映像があると嬉しい
- システム全体に関して
 - 複数の映像を自由に選択できることにメリットを感じた
 - 遠隔カメラの操作がしたかった
 - 映像を選ぶ作業というのは負担が大きい

以上のデータから、様々な角度で撮影された映像を受講者が自由に選択する事が出来ることは受講者にとって便利な機能であるが、本研究で実装した映像の提示方法では教室での対面講義に近い臨場感を得る事が出来ない事や、映像選択に負担があるということが確認され、本研究で提案したユーザインタフェースの改善が必要である事がわかった。

第 7 章

考察

本章では、前章の評価実験によって得られた被験者の情報を元に、遠隔教育システムで複数のビデオストリーム提供とそのユーザインタフェースおよび、システム全体としての考察を行う。

7.1 複数映像提供

複数の選択可能な映像を提供する事によって学習者側で目的の映像を自由に選択できるというメリットがある。また、そのためにあらかじめ様々な角度でカメラを配置しているため、カメラワークの負担が軽減する事が期待されるが、実際にシステムを構築して実験を行ったところ、

- 提供映像数を増やす

全ての学習者の要求を満たす映像を提供するためにカメラ台数を増やすとカメラ配置が複雑になる。

- 提供映像数を減らす

学習者が映像選択時に迷わず、スムーズに目的の映像を選択できるようにするためにカメラ台数を減らすと、学習者の要求を満たせなくなる。

といった、単一ストリームのシステムには無かった問題が出てくる事が確認された。

このことから、学習者の要求と操作性、カメラ配置の負担などのトレードオフを調べ、適切な提供映像の数を決定する必要があることがわかった。

7.2 カメラ配置

カメラ配置については、ただ漠然とカメラを配置するのではなく、対面授業・講義、ディスカッション、実験などの教授法に合わせた適切な配置にする必要があることがわかった。

また、学習者が遠隔の教室にあるカメラのアンクルやズームなどをコントロールできるようにする事で、あらかじめ配置されたカメラ位置の調整が可能となり、より高い教育効果が期待できる。

7.3 ユーザインタフェース

7.3.1 GUI

映像選択画面は利用したハードウェアの仕様から、各映像をタイル状に並べた分割画面を採用した。このため、直感的に目的の映像がどこに配置されているのか分かりにくいという問題を解決するために、選択映像を図 7.1 のようにグループに分けて表示した。

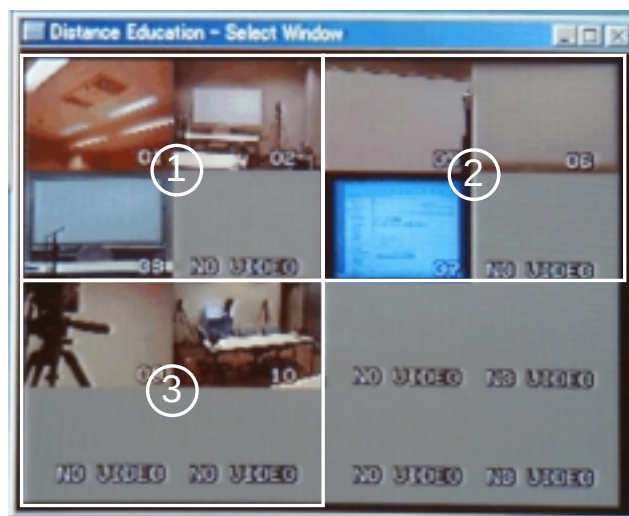


図 7.1: 選択画面内のグループ分け

それぞれのグループは以下の分類によって分けられている。

1. 教室全体と教授者中心の映像
2. 板書・スライドなど教材中心の映像
3. 教室前方からの映像

しかし、直感的な選択という観点から見るとあまり効果的な手法とはいえず、効率よく提示するといった目的は達成されていない。他の映像の配置方法としては、教室の構造を反映させた配置方法(図7.2)や、全体映像の中の部分映像であるという映像のもつ論理構造を反映させる方法(図7.3; (1)と(2)が主映像、(3)と(4)はその部分映像である。)が考えられる。

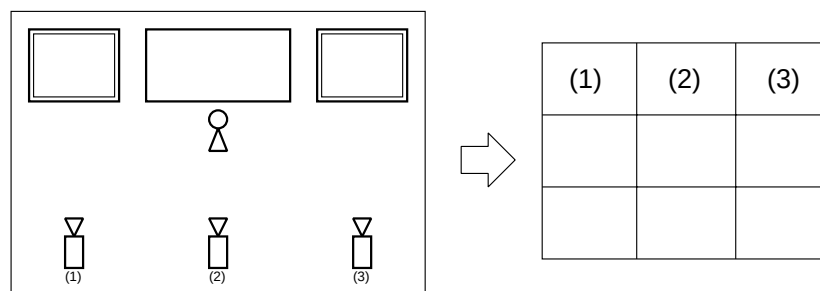


図 7.2: カメラの配置と選択画面の関係 (1)

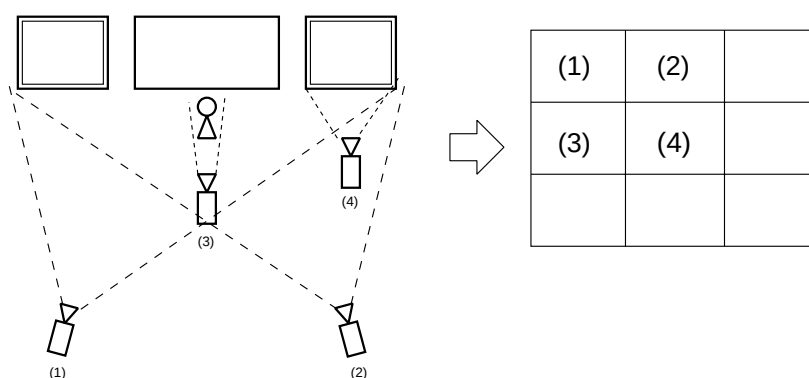


図 7.3: カメラの配置と選択画面の関係 (2)

このことから、複数のビデオストリームを遠隔教育システム上で用いるためには、選択画面内の映像配置が重要な問題となってくる。

映像の選択に関しては、直接目的の映像を選択する方式を用いているため、直感的に映像を選択し、視聴することができ、複数の選択可能なビデオストリームをユーザに提供するという目的は達成された。

次に、選択された映像を提示する画面であるが、今回作成したシステムでは1つしか表示されず、板書と OHP など2つ以上の副教材を同時に見ることはできない。前述の選択

画面とあわせたレイアウトを考慮しなくてはならない。

7.3.2 操作性

多数のストリームをユーザに提供しているためユーザに選択の自由度がある分、映像選択のための負担がユーザにかかることになる。映像選択に気を取られていると、肝心な講義内容を聞き逃す恐れがある。このことから、映像選択操作に負担のかからない映像選択手法について検討する必要がある。

7.4 システム全体について

これまでの遠隔教育システムは複数の映像を専門のスタッフが切り替えて1つの映像にして提供していたが、その部分を学習者に任せることで個々の学習者が教室で受講するときと同様に、希望する映像を選んで受講できるシステムの構築を行った。

また、本研究で実装した映像選択のユーザインタフェースは分割画面の中から目的の映像をマウスを用いて選択して拡大画面に表示させる方法を用いている。

そのため、学習者にはこれまでのシステムには無かった負担が生じる事になり、集中して講義を受ける事が難しくなる事が確認された。

このことから、より高い教育効果を得るためには、ユーザインタフェースの操作性や、GUIの映像配置、効果的なカメラの数と配置についての検討を行う必要がある。

第 8 章

まとめ

本研究では、遠隔教育システムを配信形態から以下の 2 種類に大別してそれぞれの特徴を述べた。

- 放送型

情報の伝達が一方向であり、ユーザは送出側の提供するコンテンツを視聴するのみである。また、1 対多数の接続形態をとるので、情報の「同報性」「広域性」がある。

- マルチメディア通信型

さまざまな形式のメディアが双方向に取り扱えるが、データ量が大きく伝送遅延が出るため、ストリームを限定し、出来る限りの圧縮をして送っているため、映像や音声の品質は放送型に比べて劣ってしまう。また、双方向と言ってもユーザ側からは、電子メールや掲示板などのコミュニケーションツールが一般的で、映像を含めたリアルタイムの双方向通信は遠隔教育には向いていない。

現在の研究動向はマルチメディア通信型の遠隔教育システムが中心である。そこで、マルチメディア通信型の遠隔教育システムに複数のビデオストリームを用いるための手法を提案し、そのユーザインタフェースの開発と実装を行った。また、これを用いた実験システムによって複数のビデオストリームを遠隔教育システムに取り入れた場合の効果を検証する方法を提案した。

第 9 章

今後の課題

9.1 ネットワーク上への実装

今後、ネットワーク上への実装を行っていく必要があり、そのためには、以下のコンポーネントの詳細な設計と実装が必要となる。

- 複数のビデオストリームと、音声ストリームを同期させてネットワーク上に配信する Multiplexer/deMultiplexer

ネットワーク上に複数のビデオストリームと音声ストリームその他のデータを流す場合、個別に転送するとそれぞれに対してネットワークのコネクションが必要になり、ネットワーク資源の無駄になる。また、全てのストリームが同じ経路を通るという保証はない。そのため、全てのストリームを1つのストリームに多重化してネットワーク上に転送し、受講者側では受け取ったストリームから複数の映像、音声、データなどに分解する必要がある。この作業をリアルタイムに処理できる Multiplexer/deMultiplexer の設計が必要である。

- 遠隔操作可能なカメラのコントロールと調停機構

遠隔にあるカメラを操作することで、ユーザの要求するフレームが得られる。例えば、教材の文字が小さい場合に拡大してみることや、また、全体的に見渡したいなどの要求にこたえられる。このとき、カメラ操作の信号が他のユーザと競合する可能性があり、これを解決するための調停機構が必要である。

- 帯域予約ノード

複数の映像ストリームをネットワーク上で取り扱う上で一番問題になるのが帯域である。現状では、デジタルビデオ (DV) の映像が 35Mbps、Motion JPEG で数百 kbps の帯域を必要とする。このため、複数の映像を快適にやり取りするためには、帯域の予約が必要になる。これを帯域予約ノードとする。

- オンデマンド学習のための学習コンテンツサーバ

現状のシステムでは、ライブ形式の講義にしか使えないが、時間的自由度を持たせるために、学習コンテンツを蓄積できるサーバが必要となってくる。学習コンテンツサーバに要求される能力としては、複数の映像、音声、データのストリームを同期させて記録できることと、多数のユーザからの同時アクセスに耐えられなければならない。

9.2 ユーザインタフェース

他のユーザインタフェースとして、MPEG-4 を用いた合成画面やヘッドマウントディスプレイと人間の動作を組み合わせたものなどがあり、これらのインタフェースと本システムで実装したユーザインタフェースとの比較を行う必要がある。

9.3 システム評価について

システムの評価方法としては、複数のビデオストリームを用いる事の有効性を確認するために単一のストリームのシステムとの比較を行う。

単一ストリームのシステムとしては、

- カメラマンによって撮影された 1 ストリームの映像を用いるシステム

通常の放送番組のように、教授者側 (コンテンツ提供側) で 1 台のカメラを操作し、その映像をユーザに提供する。

- 1 台の Web カメラを学習者が自由に操作できるようにしたシステム

教授者側でカメラ操作をする代わりに、ユーザ側で WWW ブラウザを介してカメラを操作し、目的の映像を得る。

- 複数のカメラをこうしがわで切り替えるシステム

テレビ放送などでは、複数のカメラを切り替えて映像をつなぎ、1つのコンテンツを作っている。これと同じように、教授者側にある複数のカメラを教授者側で切り替えてユーザに提供する。

などが考えられる。

9.3.1 アンケートの項目について

アンケートの内容は文献 [6], [12], [13] から以下の項目が妥当である。

- 臨場感
 - － 自分が参加している意識をもてた
 - － 臨場感が得られた
 - － 講座会場との一体感があった
 - － 講座の雰囲気が伝わった
 - － 講師は遠隔会場の受講者の状態を把握していた
- 画質
 - － 画像の乱れやちらつきが気にならなかった
 - － 全体的な画面構成は良かった
 - － 目の疲れは無かった
 - － 提示画面 (教授者の提示する図表) は良くわかった
- ユーザインタフェースに関する項目
 - － 映像は選択しやすかった
 - － 映像選択画面は見やすかった
 - － 映像選択ウィンドウのコマ配置はわかりやすかった
- 学習効率に関する項目
 - － 効率的に学習できた
 - － 集中して講義を受けられた

- カメラ配置に関する項目
 - － 目的の映像が提示されていた
 - － カメラの配置は良かった
- システム全体に関する項目
 - － 複数の映像を選択できることについてメリットを感じた
 - － このシステムでもう一度学習したいと思った

9.3.2 GUIプログラムから得られるデータについて

本システムの GUI はユーザのストリーム選択の状況をログに記録する機能を持っている。このログから、得られる情報を元にどのタイミングでどのストリームが一番良く選択されているかという事がわかる。これをもとに教授者側のカメラ配置の検討やストリーム数の限定される環境で優先して送出すべきストリームの指標を与えることが出来る。

参考文献

- [1] 登 弘聡, 丹 康雄, ”複数のビデオストリームを用いた遠隔教育システムの設計”, 平成 12 年度電機関係学会北陸支部連合大会 講演論文集 C-55, 2000, pp.197
- [2] 結城皖曠, ”遠隔教育への高速ネットワークの活用”, NIME Newsletter No.20, 2000, pp.6-7
- [3] ”AV/C Bulletin Board Type Specification – Resource Schedule Board 1.0”, 1394 TRADE ASSOCIATION, 1999
- [4] ”AV/C Camera Subunit Specification”, 1394 TRADE ASSOCIATION, 1999
- [5] 栗原 まり子, 鷹取 功人, 大野 次彦, 下間 芳樹, ”広域ネットワーク対応教育支援システム”, 電子情報通信学会技術研究報告, MVE-98-94, 1999
- [6] 石黒 智則, 中野 慎夫, 河島 君知, 黒田 卓, ”高臨場感遠隔教育システムの構成法の一検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, MVE-98-102, 1999
- [7] 里田 浩三, 平池 龍一, ”多地点臨場感会議システム「サイバーサークル」における仮想会議環境映像提示手法”, 電子情報通信学会技術研究報告, MVE99-64, 2000
- [8] 苑 復傑, ”高等教育におけるメディア利用の代替機能と補完機能”, メディア教育研究 第 4 号, 2000, pp.15-25
- [9] 浅井 紀久夫, ”Eye Mark Pointer の開発”, NIME Newsletter No.17, 2000, pp.6-7
- [10] 近藤 智嗣, ”研究・教育のための VR コンテンツ開発”, NIME Newsletter No.18, 2000, pp.6-7
- [11] Yasuo Tan, Takashi Nomura, Hirofumi Tamori, and Koji Koshiba. Plug and play campus digital video network with IEEE1394 and ATM. In Proceedings of the International Conference on Computer Communication 1999, 1999.

- [12] 宇井 修, 中山 実, 清水 康敬, "衛星通信講座における講義形態と学習者評価の関係", 電子情報通信学会論文誌, D-II Vol.J80-D-II No.4, pp.892-899, 1997
- [13] 田村 武志, 上西 慶明, 佐藤 文博, "マルチメディア遠隔教育システムの評価と学習者インタフェースの検討", 情報処理学会論文誌, Vol.34 No.6, pp.1235-1245.
- [14] 大川 恵子, 泉山 英孝, 加藤 朗, 村井 純, "次世代インターネットを利用した高等教育環境の構築実験 GIOS プロジェクト", 情報処理学会誌, Vol.42 No.1, pp.51-57, 2001
- [15] WIDE University, School of Internet, <http://www.soi.wide.ad.jp/>
- [16] Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 1.0 Specification, <http://www.w3.org/TR/REC-smil/>
- [17] 猪俣 敦夫, 落水 浩一郎, "オンデマンド学習に適した電子教材の編成法", 情報処理学会, コンピュータと教育研究会, CE-52, pp.48-56, 1999
- [18] 河原崎 剛, 村越 広享, 落水 浩一郎, "AHP を利用した教室講義とウェブサイト方式の学習効果の比較分析", 信学技報, ET2000-3, pp.17-24, 2000
- [19] 片山 薫, 香川 修見, 神谷 泰宏, 對馬 英樹, 吉廣 卓哉, 上林 彌彦, "遠隔教育のための柔軟な講義検索手法", 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2837-2845, 1998
- [20] 白戸 仁博, 佐々木 整, 竹谷 誠, "バーチャルリアリティ技術を用いた遠隔教育システムの開発と適用", 電子情報通信学会論文誌, Vol.J83-D-I No.6, pp.619-626, 2000
- [21] 稲葉 晶子, 豊田 順一, "CSCL の背景と研究動向", 教育システム情報学会誌, Vol.16, No.3, 1999
- [22] ITU-T. H.261, Video codec for audiovisual services at p x 64 kbit/s, 1993
- [23] ISO/IEC 11172-1, International Standard MPEG-1 Systems, 1993
- [24] ISO/IEC 11172-2, International Standard MPEG-1 Video, 1993
- [25] ISO/IEC 11172-3, International Standard MPEG-1 Audio, 1993
- [26] ISO/IEC 13818-1, International Standard MPEG-2 Systems, Nov. 1994
- [27] ISO/IEC 13818-2, International Standard MPEG-2 Video, Nov. 1994

- [28] ISO/IEC 13818-3, International Standard MPEG-2 Audio, Nov. 1994
- [29] ISO/IEC 13818-7, International Standard MPEG-2 Advanced Audio Coding (AAC), Dec. 1997
- [30] ISO/IEC 14496-1, Final Draft International Standard MPEG-4 Systems, Oct. 1998
- [31] ISO/IEC 14496-2, Final Draft International Standard MPEG-4 Visual, Oct. 1998
- [32] ISO/IEC 14496-3, Final Draft International Standard MPEG-4 Audio, Oct. 1998
- [33] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2564, Overview of the MPEG-4 Standard, Dec. 1998
- [34] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2458, Overview of MPEG-4 Profile and Level definitions, Oct. 1998

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究開始時から研究の方向性や研究者としてのあるべき姿について常にご指導頂きました、丹康雄助教授に心より感謝を申し上げます。

また、研究をはじめさまざまな面でアドバイスを頂きました、丹研究室のみなさん、松澤研究室のみなさんに感謝申し上げます。

本研究の一部は、通信・放送機構平成 11 年度産学連携支援・若手研究者支援型研究開発制度、および平成 12 年度科学研究費補助金により行われた。

第 A 章

図面

本文中で紹介した図の拡大版および、システムの構成図、回路図などを添付する。

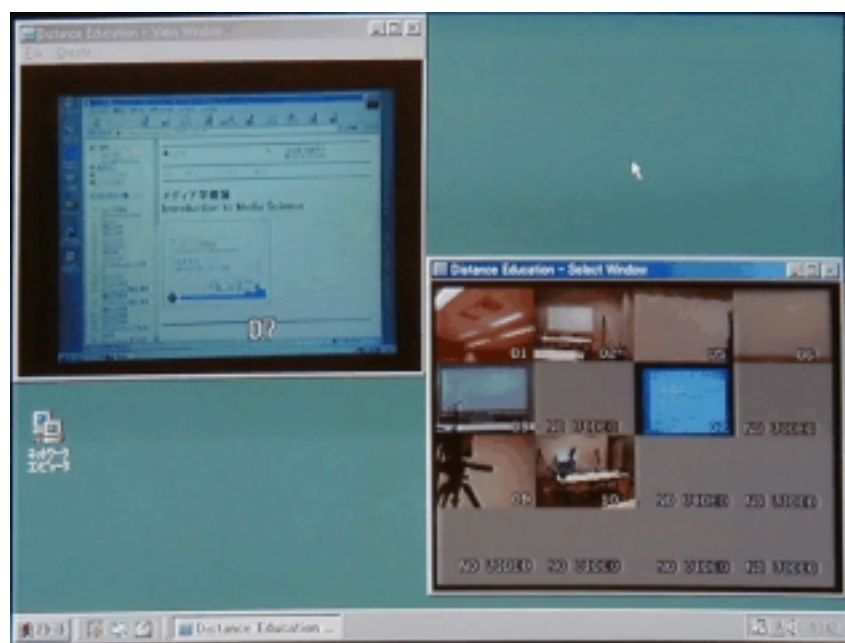


図 A.1: ユーザインタフェース



図 A.2: 視聴用ウィンドウ

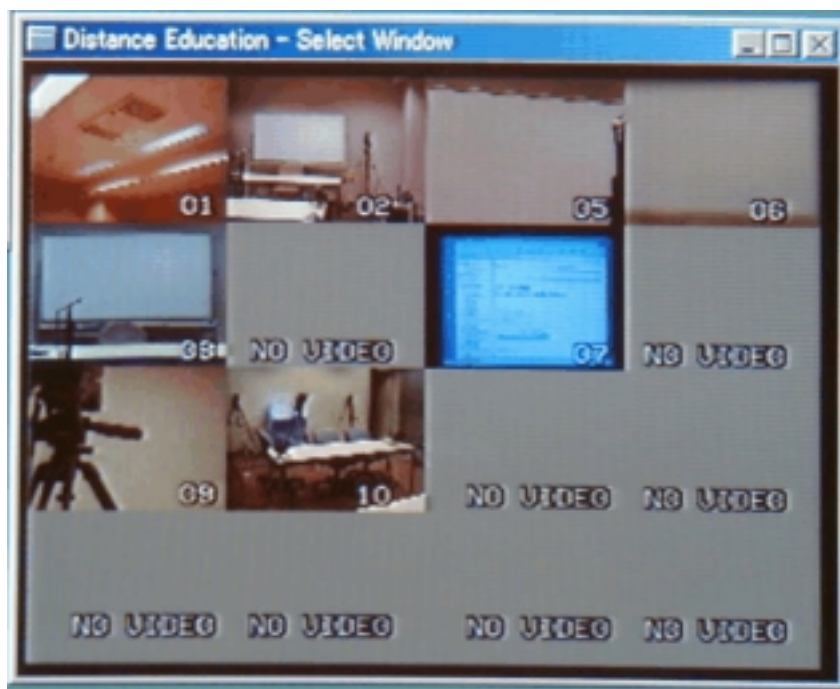


図 A.3: セレクトウィンドウ

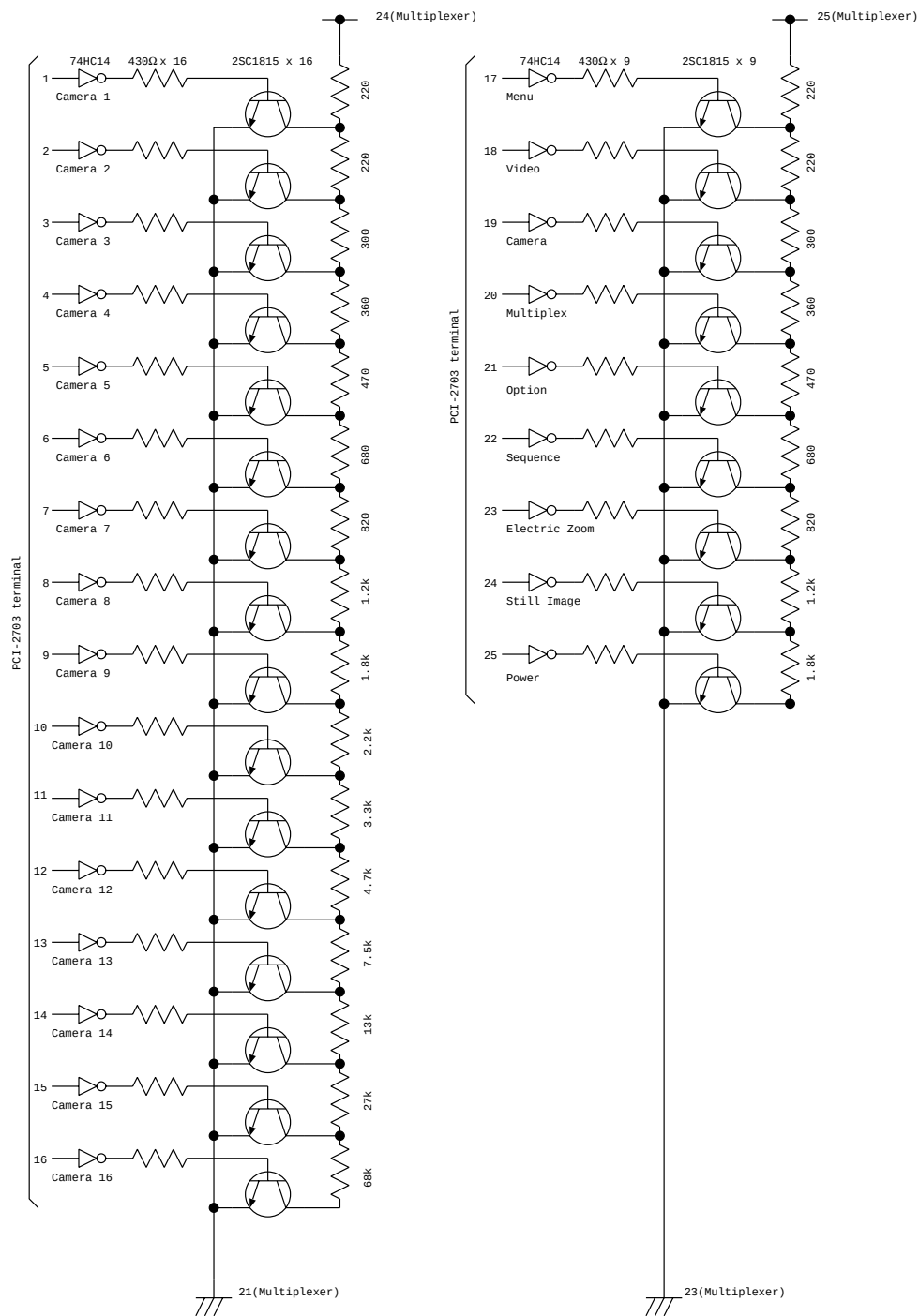


図 A.4: パラレル抵抗分割変換回路

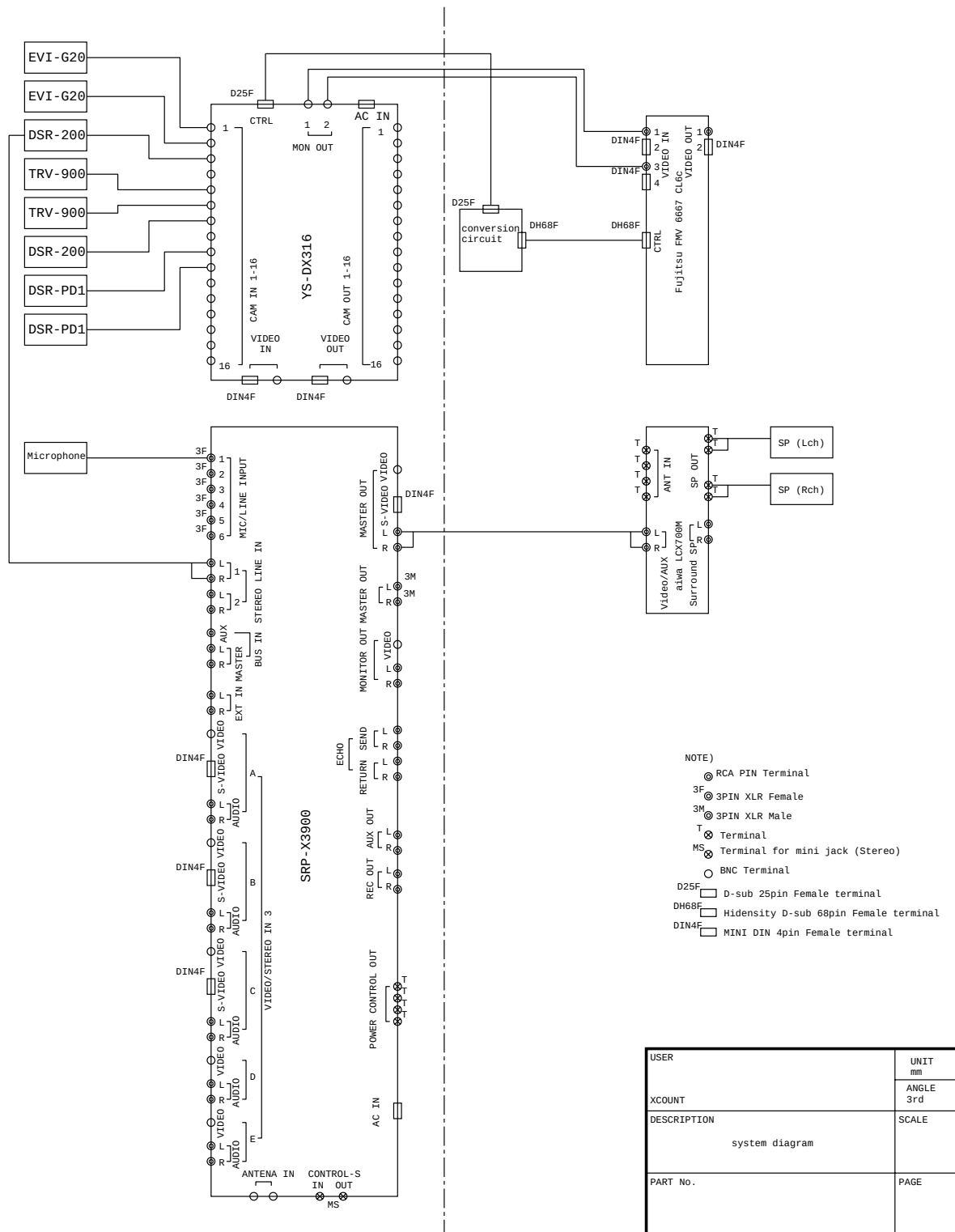


図 A.5: System Diagram