

同期型遠隔教育システムを実現するための多地点 リアルタイムコミュニケーション環境の構築

報告者 情報学科 助教授 井口信和
共同研究者 機械工学科 教授 沖 幸男
情報学科 講師 石 善明
情報学科 講師 溝渕昭二
電気電子学科 講師 越智洋司
共同研究企業 枚岡合金工具株式会社

1. 背景

高速なアクセスネットワーク技術の進歩によって、有線・無線の多様なブロードバンドアクセスが現実化のものになるうとしている。さらに、ユビキタス・ネットワークの実現により、いつでもどこからでもさまざまなネットワークサービスの利用が可能となる。

教育の分野においても、ブロードバンド時代とユビキタス社会に適応した新しい教育システムとして、コンピュータ・ネットワークと映像技術を活用した e-Learning に関心が高まっている。特に、映像転送システムを利用した遠隔講義の試みが様々な組織で実施されており、リアルタイムな映像転送の活用によって、距離と時間による制約の克服が期待できる。さらに研究活動においても地理的に離れた企業と大学の研究者間でのコミュニケーションの手段として活用できる。

2. 目的

本研究は、リアルタイムな映像伝送を用いる同期型遠隔教育を多地点において実現する環境の構築を目的とする。専用のハードウェアによる映像転送システムと、ソフトウェアベースのビデオ会議ソフトウェアによる映像転送システムを導入する。さらに、MCU(Multi-point Control Unit)の導入によって、多地点による同時接続環境を実現する。次に、多地点同時接続を行っている場合の、ネットワークの状況を計測し、ネットワークの状況と映像品質や音声品質との関係を明確にする。さらに、ネットワークの状況に対応して転送するメディアの品質を管理する QoS 管理マネージャを開発し、遠隔講義への導入の可能性について検討する。

本研究において想定している利用環境を図 1 に示す。大学内の研究室間、大学と企業間、さらに、研修等で企業に派遣している学生や自宅からのアクセスを可能とする。これらに

組織間の通信は1対1だけでなく、図1に示すとおり、多地点間での同時接続を可能とする。この通信環境の構築によって、異なるキャンパス間での講義やセミナーの中継が可能となる。さらに、その講義やセミナーの映像を、企業や自宅から聴講することも可能となる。また、企業と大学の研究室の間での技術相談や診断に利用することができる。現物の詳細な動画像を転送することで、その画像を見ながら、遠隔地間での相談・診断が可能となる。

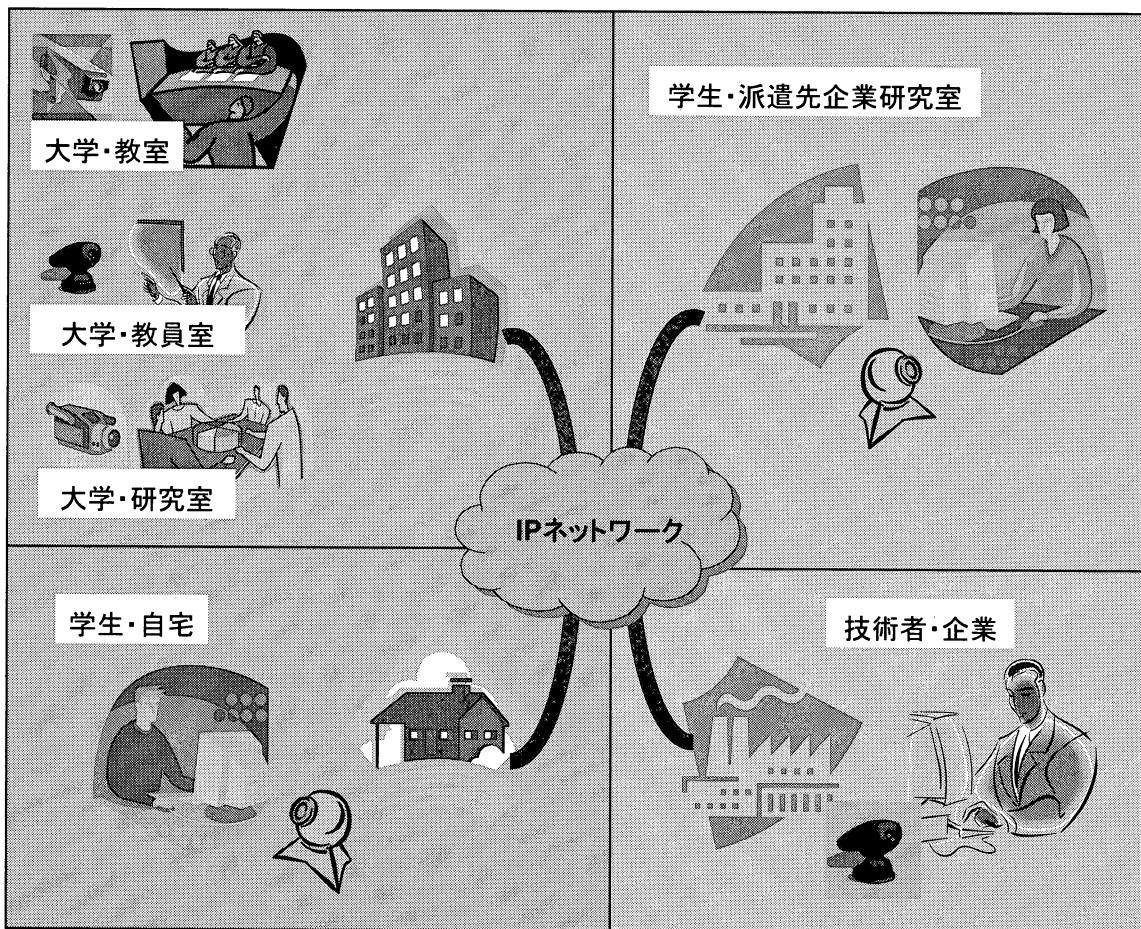


図1：想定している利用環境

3. 研究組織

- 映像通信システム担当：井口
- 通信状況計測担当：白石
- 遠隔講義におけるカメラワークおよび講義サポート担当：越智，溝渕
- 企業・大学間通信実験担当（通信先）：枚岡合金工業
- 遠隔講義の評価担当：沖
- 異なるキャンパス間での通信実験（通信先）：工学部，産業理工学部

4. 研究方法

本研究では、まず本部キャンパス内に映像転送システムによる遠隔講義環境を構築した。次に、企業および他のキャンパス間での通信実験を行った。最後に、開発した QoS 管理マネージャを導入し、ネットワークの状況に適応的な映像転送の可能性について調査した。本研究では、以下の順に映像転送システムによる通信環境を構築した。

- 1) 本部キャンパス内での通信環境
- 2) 企業（総合理工学研究科モノづくり専攻院生）との通信環境
- 3) 広島・福岡キャンパスとの通信環境
- 4) QoS 管理マネージャの導入

次に各通信環境と通信実験の内容、および結果について述べる。

4. 1 本部キャンパス内での通信環境

本部キャンパス内に専用のハードウェアによる映像転送システム（Polycom 製 VSX7000）を設置した。VSX7000 には多地点同時接続を実現する MCU (Multi-point Control Unit) を導入し、MCU の機能によって、4 地点での同時通信が可能となる。クライアントには、ソフトウェア版の Polycom を 3 台の PC に導入し、図 2 に示すとおり、4 地点での通信環境を準備した。これらの映像転送システムを用いて、研究室内 LAN での多地点通信および学内バックボーンを利用した多地点での通信実験を実施した。いずれの環境においても、音声・画像ともに良好な通信が実現できた。学内バックボーンを利用した環境では、時間帯によって、ネットワークの輻輳が原因と思われるパケットロスが検出されたが、概ね良好な通信実験が実施できた。

ソフトウェア版 Polycom は PC に導入し、USB カメラの画像を送信するものである。したがって、利用する PC の性能によっては、起動しない等の問題が発生した。また、USB カメラは、解像度およびキャプチャ能力が低いため、一般のビデオカメラによって撮影した画像と比較して、画質が低くなる。人の表情の判別には支障はないが、書籍の提示ではサイズの小さな文字の判別は困難であった。（図 3 参照）

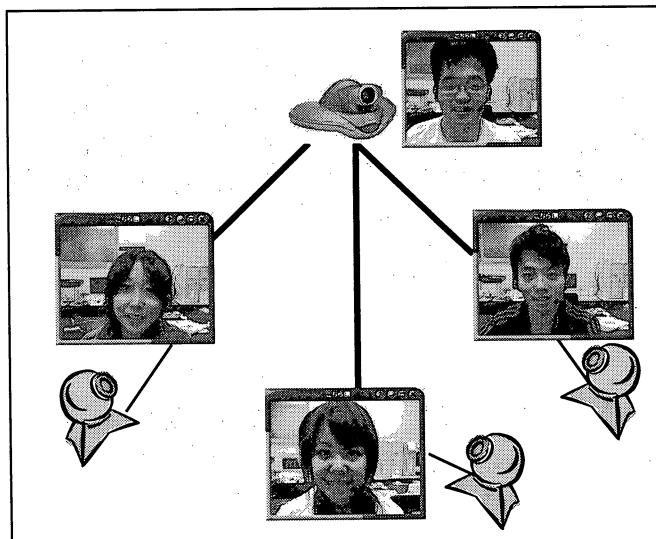


図 2 : 4 地点による通信環境

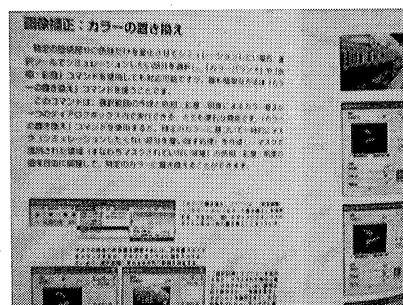


図 3 : USB カメラによって撮影した書籍の転送画像例

4. 2 企業（総合理工学研究科モノづくり専攻院生）との通信環境

企業と大学間でインターネットを利用した通信実験を実施した。通信先は、総合理工学研究科モノづくり専攻の大学院生を派遣している枚岡合金である。どちらもソフトウェア版 Polycom を導入し、1対1での通信実験を行った。

この通信環境では、ネットワークの設定において以下の配慮が必要であった。大学側のファイアーウォール（FW）では、映像と音声の転送に利用するポート番号をオープンにする設定が可能であったが、企業側ではインターネットを通常の業務に使用しているため、FW の設定変更は容易ではない。そこで、SoftEther を導入し、通信する2点間での VPN（Virtual Private Network）を構築し、FW を透過した映像通信環境を実現した。SoftEther はソフトウェアによって、TCP/IP over TCP/IP を実現する VPN ソフトウェアである。ソフトウェアであるため、特別な機器の導入は不要である。本ソフトの導入によって、FW で遮蔽された環境を通過して仮想 Ethernet 接続が確立できる。SoftEther の導入によって、FW で遮蔽された環境を通過して通信する環境が構築できた。しかし、SoftEther での処理のオーバーヘッドの影響によって、パケットロスが多く検出された。

図4に実際の通信時の画像例を示す。左が企業側で受信した画像であり、右が大学側で受信した画像である。学内 LAN 環境と比較して、パケットロスが多く検出されたが、動きの少ない画像であれば支障なく転送でき、音声の遅延も会話には支障の無い程度のものであった。

今回はソフトウェア Polycom と USB カメラという簡易な方法を用いたため、十分な画質の映像を転送することはできなかった。しかし、今後、より解像度の高いカメラを用い、高精細映像を転送するシステムを導入することで、現物の映像を見ながらの診断やアドバイスが可能になる。

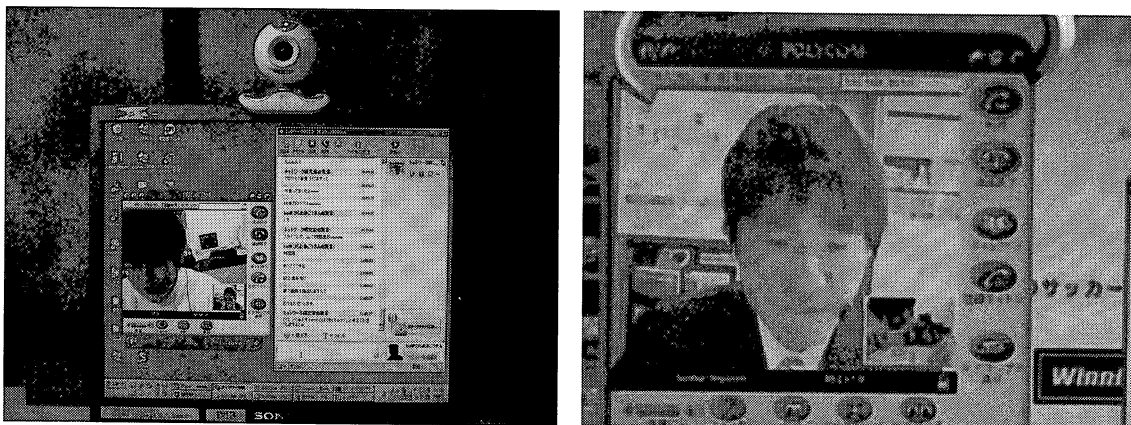


図4：企業と大学間での通信実験の画像例

4. 3 広島キャンパス・福岡キャンパスとの通信環境

図5に示す通信環境を構築し、本部キャンパスのMCUを利用した多地点通信の環境を構築した。この環境を用いて、実際の講義を中継する実験を行った。対象とした講義は、大

学院総合理工学研究科で開講している「実践科学技術英語」である。本部キャンパスで開講している講義を広島キャンパスおよび福岡キャンパスに中継し、双方向同時通信によって質疑応答にも対応できる環境を実現した。3キャンパス間でのディスカッションも可能である。

図6に実際に中継している講義映像の例を示す。左上側画像は本部キャンパスで講義を行っている講師の映像である。右上側画像は福岡キャンパスで受講している学生の映像であり、下側画像が広島キャンパスで受講している学生の映像である。講義を行っている本部キャンパス側では、解像度の高いカメラによって講師を撮影している。撮影をサポートする教員が講義の進捗や状況に対応してカメラを操作し、講師の背後に投影されるスライドをポジションや、教室全体を撮影するポジションなどを適宜切り替える作業を実施した。音声に関しては、講師の正しい発音が支障なく受信できるようにマイクの配置等を配慮した。受講者からの音質等における問題の指摘はなく、良好に講義を中継できた。また、利用者へのヒアリングの結果、利用者は画像の品質よりも音声の遅延と品質を重視することが分かった。特に英語の遠隔講義において、音声の遅延と音質は重要な要件である。

また、同じ環境を用いて、本部キャンパスで開講された大学院総合理工学研究科の学際セミナーを広島キャンパスに中継した。図7にセミナーを中継している様子を示す。壁に投影している画像が広島キャンパスで受講している学生の画像である。メモを取る様子などが観察できた。広島キャンパスの学生は、セミナーを受講するだけでなく、セミナー後に質問を行い、ネットワークを経由して講義に参加することができた。

MCU 機能付き Polycom は、現在 KUDOS401 教室に配置し、常時、通信可能な状態に設定済みである。

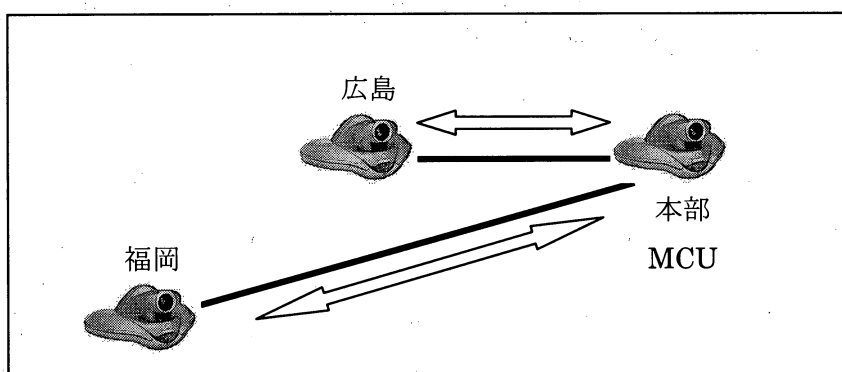


図5：本部・広島・福岡キャンパス間の通信環境

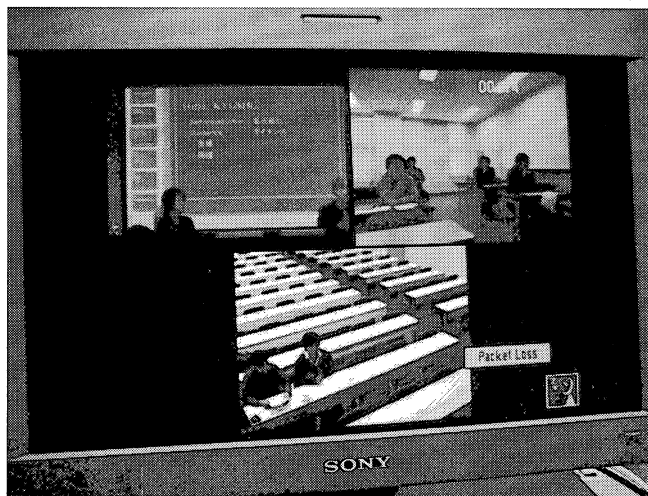


図 6 : 実践科学技術英語の中継画像例

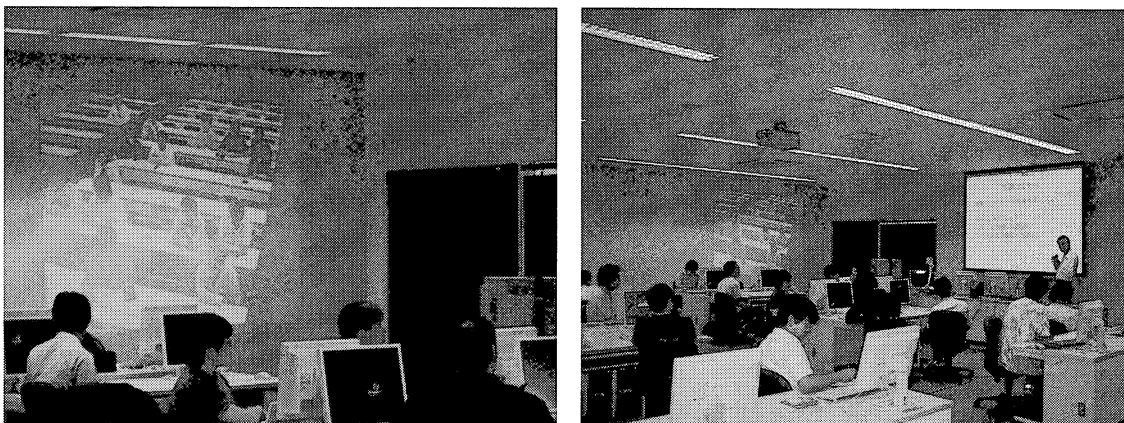


図 7 : 大学院学際セミナーの様子

4. 4 QoS 管理マネージャの導入

ネットワークの状況に対応して、転送するメディアの品質を管理する QoS 管理マネージャを開発した。本マネージャは、遠隔講義を実施している 2 地点間のパケットロス率を計測し、その結果を送信側に通知する。送信側では受け取った情報に応じて、送信する画像のフレームレートを調整する。本部キャンパス間の 2 教室に本マネージャを導入し、遠隔講義への適応の可能性について実験した。映像転送には、DV(Digital Video)を送受信する DVTS を用いた。実験の結果、パケットロス率が設定値を超えると送信レートが下がり、輻輳を回避しており、目的通り正常に動作していることを確認した。

5. 研究成果

専用のハードウェアによる映像転送システムとソフトウェア版の映像転送システムを導入し、MCU(Multi-point Control Unit)によって4地点同時接続を可能とする遠隔教育環境を構築した。構築したシステムを用いて、本部キャンパスで行われている英語の講義を広島キャンパスと福岡キャンパスに中継した。その時のネットワークの状況（スループット等）を計測し、画像品質と音声品質との関係について考察した。その結果、利用者は画像の品質よりも音声の遅延と品質を重視することが分かった。さらに、開発した QoS 管理マネージャを遠隔講義に導入した。本マネージャの機能によって、転送するメディアの優先度に差をつけることができるため、音声を優先した転送が可能となった。

6. 今後の展開

今回構築した多地点同時接続可能な遠隔講義システムを用いて、さらに多くの講義科目やセミナーでの利用実験を進める予定である。講義の内容や形態の違いによって、カメラやネットワークに要求される性能や機能が異なる可能性がある。それらの要件をまとめ、より多くの講義に対応できる遠隔講義システムのフレームワークを提案する予定である。さらに、遠隔講義を円滑に遂行するための授業法についても検討を進める。また、現在の遠隔講義では、カメラの操作のための補助者が必要となる。そこで、講師が、講義の進行の妨げにならない範囲で、独りで簡単に操作できる機能の開発が必要となる。

今後は、構築した遠隔講義システムを用いて、利用実験を進め、カメラワークや遠隔講義に適した授業法の確立、通信品質の保障といった課題に取り組んでいく予定である。さらに、より高精細な画像による映像転送システムの開発や新しいメディアの遠隔講義への適用についても進めていく予定である。