

Tele-Seminar Room : ギガビット ネットワークを利用した 多地点リアルタイム双方向通信に基づく遠隔ゼミ支援システム

Aiguo He^{†1} 程 子 学^{†2} 程 同 軍^{†3}
 小 山 明 夫^{†2} 柴 田 義 孝^{†4} 菅 沼 拓 夫^{†5}
 橋 本 浩 二^{†4} 中 村 勝 一^{†6} 和 田 裕^{†6}
 佐 藤 和 彦^{†6} 加 藤 貴 司^{†5}
 趙 悦^{†7} 野 口 正 一^{†8}

本論文ではギガビットネットワークを利用した多地点リアルタイム双方向通信に基づく遠隔ゼミ支援システム Tele-Seminar Room (遠隔ゼミ室) を提案する。遠隔ゼミ室の特徴は以下の諸機能を統合したことである。(1) MPEG-2 CODEC 内蔵パーソナルコンピュータを用いた IP over ATM プロトコルによる多地点間の高品質映像音声の双方向リアルタイム転送, (2) ゼミ発表資料の多地点同期提示制御。遠隔ゼミ室を用いた実験は日本ギガビットネットワーク (JGN) を利用して東北大学, 岩手県立大学および会津大学の間で実施された。実験により遠隔ゼミ室が従来型ゼミ室とほとんど同様な臨場感を与える, 実用的なゼミ環境を提供できることが検証され, 今後の研究課題が明確化された。本論文はまず遠隔ゼミ支援環境の課題を提示し, 遠隔ゼミ室のハードウェアとソフトウェア構成について述べる。さらに遠隔ゼミ室を利用した実験結果を検討し, その結果に基づいた改善について述べ, 今後の研究方向を提示する。

A Multi-site Tele-Seminar Support System Based on Realtime Interactive Communication over the Japan Gigabit Network

AIGUO HE,^{†1} ZIXUE CHENG,^{†2} TONGJUN HUANG,^{†3} AKIO KOYAMA,^{†2}
 YOSHITAKA SHIBATA,^{†4} TAKUO SUGANUMA,^{†5} KOJI HASHIMOTO,^{†4}
 SHOICHI NAKAMURA,^{†6} YUTAKA WADA,^{†6} KAZUHIKO SATO,^{†6}
 TAKASHI KATO,^{†5} YUE ZHAO^{†7} and SHOICHI NOGUCHI^{†8}

This paper proposes a Tele-Seminar Room, which is a multi-site tele-seminar support system based on interactive realtime communication over the Japan Gigabit Network (JGN). The feature of the tele-seminar room are: (1) High-quality video/audio transmission based on IP over ATM protocol between multi-sites using personal computers equipped with MPEG-2 CODEC; (2) Multi-site presentation of seminar materials. Using the tele-seminar room, experiments among Tohoku University, Iwate Prefectural University, and University of Aizu were performed over the JGN. Based on the experiments, the practical usefulness of the tele-seminar room has been verified, and a lot of useful experiences for the future research have been acquired. In this paper, the requirements for the tele-seminar room are discussed, and its hardware and software architecture are designed, finally the result of the experiments are discussed and the future works of this research are given.

†1 会津大学先端技術研究センター

Core and Information Technology Center, The University of Aizu

†2 会津大学コンピュータ理工学部

School of Computer Science and Engineering, The University of Aizu

†3 会津大学情報センター

Information Systems and Technology Center, The University of Aizu

†4 岩手県立大学ソフトウェア情報学部

Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

†5 東北大学電気通信研究所

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

†6 会津大学大学院コンピュータ理工学研究科

Graduate School of Computer Science and Engineering, The University of Aizu

†7 広島国際学院大学情報工学部

1. はじめに

近年におけるネットワークのブロードバンド化とコンピュータ技術の発展により、テキストやグラフィックデータのみならず音声やビデオデータを利用した遠隔地間での双方向通信が可能となった。これにより、Video-on-Demand やパケット電話などのサービスが日常的に利用されるようになり、複数の利用者が双方向通信を行う遠隔教育支援環境の研究開発もさかに行われるようになった。

現在の遠隔教育支援環境の形態は大きく分けて2つ存在する。1つはインターネットの普及にともなって発展してきた非同期(On-Demand)環境であり、もう1つは従来型授業環境をネットワーク経由で実現するリアルタイム環境である。非同期環境では電子教材を利用した自己学習や電子メールなどをを用いた対話的な学習ができる^{1),2)}。それに対してリアルタイム環境はリアルタイムの映像音声などを通じて従来型教室環境に近い臨場感と対話環境を構成することにより学習効果の向上を図るものであり、特に教員と学生間の人間同士の感情交流が必要な、成長期にある青少年向けの遠隔教育支援環境として重要であると思われる。

リアルタイム遠隔教育支援環境の構築には高速ネットワークが不可欠であるが、日本ギガビットネットワーク(JGN³⁾)で代表される次世代高速ネットワークの高い通信能力と利用者数の増加は、遠隔教育支援環境の開発と普及に大きな可能性をもたらしている。このためギガビットネットワークを利用した遠隔教育支援環境に関する研究は重要な意味を持っている。

一方、現在遠隔教育支援環境の多くが、教師から学生への知識伝達を目的とする遠隔講義の支援を中心にしているが、異なる地点や組織、異なる文化背景の人々の相互交流を促進し、視野を広げる手段として、遠隔ゼミ支援環境がより重要な役割を持つ。そのため本研究は複数の離れた地点(大学)間のリアルタイム双方向遠隔ゼミを支援する環境の構築を目的とする。

リアルタイムの遠隔ゼミを支援するには次の課題を解決する必要がある。

映像音声の通信 ゼミ参加者の理解度と集中度を確保するために、場合によって身振り手振りまで伝えることにより参加者に臨場感を与える必要がある。このため高品位映像音声が必要である。

発表資料の遠隔提示 映像音声のみでは発表者の意図伝達に不十分であり、発表資料の遠隔地点への提示が必要である。最近コンピュータで作成された高解像度の発表資料が増えており、このような資料は遠隔地点でも同様な鮮明さで表示する必要がある。

遠隔発表の支援 従来型ゼミの発表では、発表者は資料ページをめくったり、指示棒などで説明している部分を指示したり、発表しながら線や文字などを資料に追加したりする。また資料と黒板(ホワイトボード)を同時に使用することもある。このような操作は遠隔ゼミでも必要である。

多地点間通信と制御 映像音声や発表資料を多地点間で同期転送し、さらに映像音声設備を最小限にするための考慮が必要である。またゼミ中任意の地点から発表可能にするため、発表者が変わるときの発表支援機能の制御切替えなどを考慮する必要がある。

機能の統合 遠隔ゼミ環境は単なる設備の組合せでなく遠隔教育に特化した分散協調型情報処理システムとして考える必要がある。

これまでにリアルタイム遠隔教育環境についての研究が多数行われている。

インターネットベースのリアルタイム遠隔教育環境に関してはパーソナルコンピュータと廉価な入力機器で構成されるシステムが提案されている⁴⁾。同システムは資料共有や教員と学生間の1対1の質疑応答が可能であるが、インターネットの通信速度の制限で、従来型ゼミに近い臨場感の実現困難である。

一方高速通信が可能な衛星通信システムを利用した遠隔教育システム^{5)~8)}では多地点間の遠隔授業や遠隔ゼミが可能であるが、高価な設備が必要であり、遠隔地点間討論のときには映像音声の送受信切替え制御などが必要である。さらに発表資料の提示は直接映像で流すのが主流であり、全地点で同様な解像度が保証されない。

リアルタイム遠隔教育環境はテレビ会議システムとの関係が深い。テレビ会議システムは専用設備を利用し高臨場感を追求するもの^{9),10)}と、コンピュータのみで実現する簡易的なもの¹¹⁾が提案されているが、映像と音声による対話が重点であり、資料の遠隔提示や共有は考慮されておらず、多人数多地点の教育目的の遠隔ゼミには向いていない。

三好らはMicrosoft社のNetmeetingシステム¹²⁾の映像音声通信機能と独自開発した資料提示機能を組み合わせたシステムを提案している¹³⁾。このシステムは特別なハードウェアを使用しない利点があるが、遠隔地点の数が制限される。

Department of Computer Science, Hiroshima Kokusai Gakuin University

†8 仙台応用情報学研究振興財団

Sendai Foundation for Applied Information Sciences

資料の遠隔提示に関して、前田らの提案では、提示先での資料の鮮明さが確保でき、また提示者と参加者の間で資料を共有できる¹⁴⁾。ただし同方式は教員から学生への資料提示のみであり、また資料ページ切替え時の、操作から資料表示変更完了までの時間が(当時の設備環境で)平均約4秒で、リアルタイム性が不十分である。

宗森らがインターネットベースのリアルタイム多地点遠隔ゼミ支援システムを提案している¹⁵⁾。同システムは長い応用実績があるが、高速ネットワーク環境での評価がなされておらず、また資料遠隔提示と共有機能がコンピュータの機種に依存する。

JGN を利用した遠隔教育に関しては遠隔講義システムの例¹⁶⁾があるが、同システムは全地点から対等的に高解像度資料で発表するゼミ環境を実現していない。

筆者らの大学では「高速ネットワークを利用した遠隔教育システム」¹⁷⁾の研究開発が進められており、これまではJGNを利用した遠隔講義と遠隔コンピュータ演習指導支援システムの研究開発を行ってきた¹⁸⁾。今回は、JGNを利用した双方向リアルタイム遠隔ゼミを支援する「遠隔ゼミ室」を開発し、東北大学、岩手県立大学および会津大学において多地点遠隔ゼミ実験を実施した。

遠隔ゼミ室の特徴は遠隔ゼミに必要な映像音声通信制御、発表資料遠隔提示制御などを統合したことであり、その有効性は遠隔ゼミ実験により検証された。

以下、2章では遠隔ゼミ室の構成と設計方針について述べ、3章ではそのソフトウェアシステムについて述べる。また4章では遠隔ゼミ室とJGNを利用した遠隔ゼミ実験とその結果について述べる。5章では遠隔ゼミ室の考察を行い、今後の研究課題を提示し、さらにシステム改善と応用について述べる。

2. 遠隔ゼミ室の構成と設計方針

遠隔ゼミ室の全体イメージを図1に示す。本遠隔ゼミ室は高速ネットワーク(JGN)などのネットワーク設備と機材を含むハードウェア環境と、ゼミ室に導入されるコンピュータ上で動作するソフトウェア環境により構成される。遠隔ゼミ室は複数のマルチメディア通信機能を持つサイトからなる。

2.1 遠隔ゼミ室のサイト内部構成

サイト内の構成を図2に示す。各サイトに以下の設備を使用する(その理由については後述する)。

スクリーン 映像表示用2枚と資料表示用1枚
 コンピュータ 映像音声通信と資料提示制御用
 ビデオカメラ 自サイトの映像撮影用

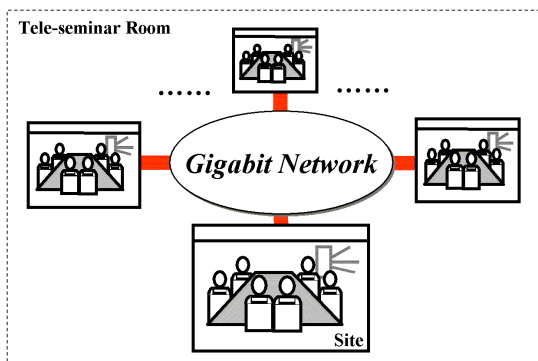


図1 遠隔ゼミ室のイメージ

Fig.1 An image of the tele-seminar room.

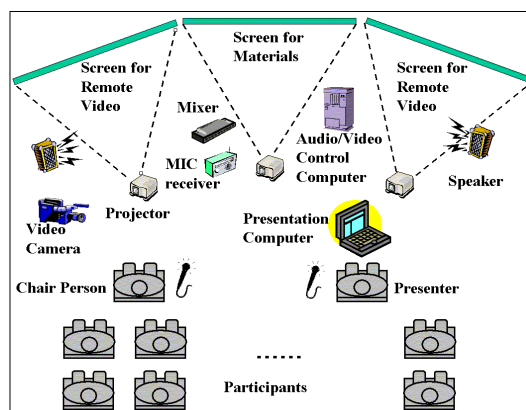


図2 サイト内のレイアウト

Fig.2 Layout in a site.

音声設備 ミキサ、スピーカおよび無線マイク

サイト内で座長と発表者は他の参加者と同様スクリーンに向けて着席し、別々のマイクを使用する。

コンピュータは通信処理にIPプロトコルを使用し、IP/ATMプロトコル変換装置ATM RouterとATMスイッチ経由でギガビットネットワークに接続する。サイト内の設備接続を図3に示す。

2.2 遠隔ゼミ室の設計方針

以下に、1章に述べた遠隔ゼミ環境の課題の解決方法について検討する。

2.2.1 サイト間の映像音声転送

ゼミの臨場感を得るには映像の品質が高いほどよいが、必要な通信帯域を抑えるため、映像はMPEG-2の圧縮形式で転送する。

ゼミ中サイト間の質疑応答が行われるため、任意のサイト間で映像音声を対称的に転送する必要がある。高臨場感を追求するテレビ会議システムでは、自サイトで他の全サイトの映像を同時に表示する方式を採用しているが、サイト数の増加につれサイト間の映像音

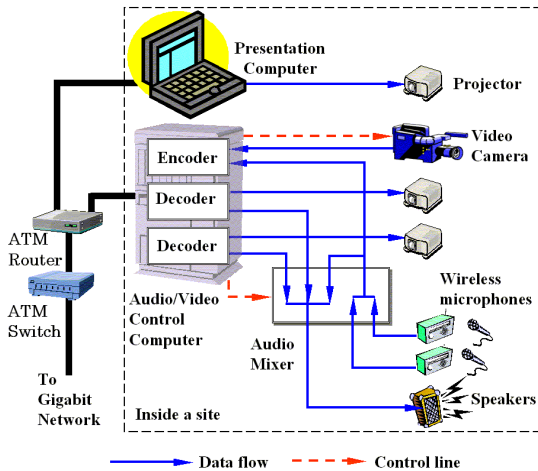


図 3 サイト内の設備接続
Fig. 3 Equipment connection diagram in site.

声チャンネル数が急増する問題がある⁹⁾。

一方、実用的には全サイトから同時に映像音声を送信する必要がない。たとえば発表の間は発表者サイトからの映像音声が必要であるが、他のサイトからは常時送信の必要がない。また質疑応答や討論のときは発言者双方サイトの映像音声が必要であるが、それ以外のサイトからは常時送信の必要性がきわめて低い。

以上の考慮から、遠隔ゼミ室では次のように映像音声通信制御を行う。

- 任意のサイトからは、他の全サイトへ同時に送信できる。
- 同時に送信するサイト数を 2 以下に制限する。これで各サイトでは同時に 2 か所だけの映像音声を受信すればよい。映像音声通信制御は、発言者の所在サイトなどの情報に基づき行う。

映像音声通信制御を自動的にを行うために映像音声制御コンピュータを導入する。また映像音声のリアルタイム処理を実現するために、ハードウェア MPEG-2 CODEC 装置をコンピュータに内蔵させる。

2.2.2 発表資料の遠隔提示

遠隔サイトに提示される発表資料の解像度の保証やサイト間の資料転送と表示を制御するために資料提示制御コンピュータを各サイトに導入する。

発表資料の各ページは JPEG 静止画像で構成する。これは JPEG 静止画像が十分な表現力を持ち、かつ容易に作成できるからである。たとえば Microsoft 社の PowerPoint で作成した資料は簡単に JPEG ファイルに変換することができる。

2.2.3 遠隔発表支援

発表者は自サイトの資料提示制御コンピュータを利

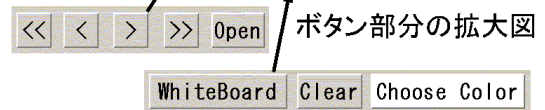
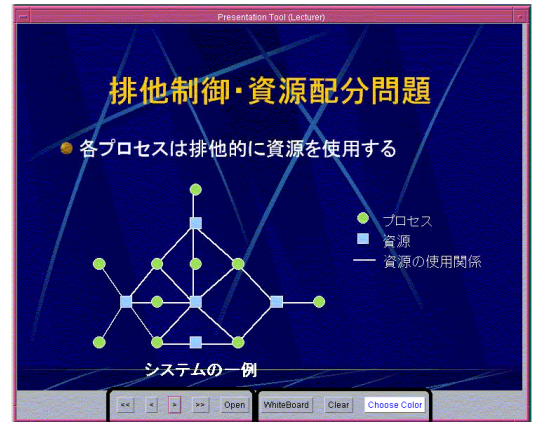


図 4 資料遠隔提示画面
Fig. 4 GUI for material presentation.

用して発表を行う。以降、発表者が使用中のコンピュータを発表者コンピュータと称する。

図 4 に遠隔発表支援機能の GUI 画面を示す。この画面は全サイトの資料表示用スクリーンに表示され、資料提示とホワイトボードの機能を提供する。発表者はこの画面を通して資料またはホワイトボードへの手書き描画および文字入力を行うほか、画面下側の制御ボタンで以下の操作を行う。

- 「Open」提示資料の読み込み
 - 「<」および「>」資料ページめくり
 - 「<<」および「>>」先頭または最後ページへのジャンプ
 - 「WhiteBoard」ホワイトボードと資料の切替え
 - 「Clear」手書きの描画や入力文字の削除
 - 「Choose Color」描画または入力文字色の選択
- 発表の際に全資料提示画面は発表者コンピュータに連動し、また発表者マウスと連動する擬似カーソルを表示する。

2.2.4 ゼミ制御支援

ゼミ時の協調動作を実現するために、資料提示制御コンピュータで以下の制御機能を提供する。

発表者コンピュータの切替え 任意サイトの資料提示制御コンピュータを発表者コンピュータにする。

発表開始と終了制御 発表者コンピュータだけで操作できる。発表のときは発表者コンピュータ以外での資料操作を禁止し、他人による誤操作を避ける。

3. 遠隔ゼミ室のソフトウェアの設計と実装

遠隔ゼミ室のソフトウェアシステムは 2 章で述べた機能を統合したプラットフォームを提供する。ソフトウェアの設計と実装に関しては、次の事項を考慮する。

映像音声の優先処理 映像音声の品質を保证するために、システム全体で映像音声データの通信と入出力は他の処理に優先する。

処理の分散化 個別のコンピュータに処理負担が集中しないように、コンピュータの処理能力に応じて機能を分散する。

起動の簡単化 各サイトに散在しているコンピュータで構成されるシステムの起動方法を簡単化する。

拡張性 コンピュータの OS に依存しないアーキテクチャを提供する。また OS 依存装置(内蔵 MPEG-2 CODEC など)の制御をカプセル化し、拡張性への影響を最小限にする。

上記考慮に基づき、遠隔ゼミ室のソフトウェアシステムを以下のように構成する。

- システム本体は JAVA 言語で開発する。
- システムの各機能ごとにプロセスを設ける。各プロセスはメッセージを用いたプロセス間通信を利用して自律協調的に動作する。
- システム起動時の制御や全体情報を管理するプロセスを設置する。
- 映像音声データの通信は UDP (User Datagram Protocol) を用いたソケットで実装し、他のデータの通信は RMI (Remote Method Invocation) インタフェースで実装する。

以下にプロセス、プロセス間通信用のメッセージ、およびプロセスの動作について述べる。

3.1 プロセス

プロセスは JAVA のクラスとして実装する。図 5 はプロセスのクラス階層図を示す。

3.1.1 MetaProcess

MetaProcess は各プロセスに共通する属性と機能を持つメタクラスであり、以下の属性を持つ。

- システム内部管理用プロセス ID
- RMI メッセージ送受信キュー

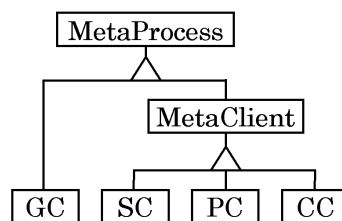
また MetaProcess は以下の機能を有する。

- RMI メッセージ受信とプロセス内配布

3.1.2 Global Controller (GC)

GC のプロセスは全システムで 1 つのみ存在し、システムの起動制御と全システムに関する情報の管理を担当する。GC は以下の属性を持つ。

- プロセスリスト



GC: Global Controller

SC: Stream Controller

PC: Presentation Controller

CC: Communication Controller

図 5 プロセスのクラス階層図

Fig. 5 Class hierarchy of process.

- 遠隔ゼミ室の状態 (後述)
- 現在の発表者コンピュータ
- 現在の映像音声送信中のサイト

また GC は以下の機能を有する。

- 他のプロセスからのログイン・ログアウト受付
- 映像音声通信制御

3.1.3 MetaClient

MetaClient はメタクラスであり、次の属性を持つ。

- GC プロセスへの参照情報

また MetaClient は次の機能を有する。

- GC プロセスへのログイン・ログアウト

3.1.4 Presentation Controller (PC)

PC のプロセスは資料提示制御コンピュータ上で動作し、以下の属性を持つ。

- 自サイトの CC プロセス (後述) への参照情報
- 発表資料データ
- 資料ページ別の文字データと手書きデータ

また PC プロセスは以下の機能を有する。

- 自サイトの CC プロセスとのメッセージ送受信
- 資料提示用 GUI 画面で提供される発表資料操作
- ゼミ制御操作

3.1.5 Stream Controller (SC)

SC のプロセスは映像音声制御コンピュータ上で動作し、以下の属性を持つ。

- 自サイトの CC プロセス (後述) への参照情報
- MPEG-2 CODEC ドライバへの参照情報
- 映像音声データ送受信キュー

また SC プロセスは以下の機能を有する。

- 自サイトの CC プロセスとのメッセージ送受信
- MPEG-2 CODEC の制御
- 映像音声通信制御

3.1.6 Communication Controller (CC)

CC のプロセスはサイト間の通信を担当し、以下の

属性を持つ。

- 自サイトの SC と PC プロセスへの参照情報
- 他サイト CC プロセスへの参照情報リスト
- 映像音声データ送受信キュー

また CC プロセスは次の機能を有する。

- 自サイトの SC, PC および他の CC プロセスとの通信

3.2 プロセス間通信メッセージ

メッセージはデータ転送用とシステム制御用に分類し, JAVA のクラスとして実装する。メッセージのクラス階層図を図 6 に示す。MetaMessage はメッセージの宛先, 送信元などの管理情報を持つメタクラスであり, Data メッセージは映像音声データ, 発表資料データおよび発表操作のデータを扱う。また Command メッセージは GUI からの操作とシステム制御を行うためのコマンドを扱う。

表 1 はメッセージの詳細である。

3.3 プロセスの動作

以下では, システム起動および待機と発表中の各状態における, 各プロセスの動作について述べる。

3.3.1 システム起動

システム起動時は GC プロセスが先に起動する。他のプロセスは起動後自分の情報で GC プロセスにログインし, 通信相手の情報を請求する。

GC プロセスは各プロセスの情報に基づき, 各 CC プロセスにはその配下の SC と PC プロセスおよび他の CC プロセスの情報を通知し, また各 SC と PC プ

ロセスには通信相手の CC プロセス情報を通知する。これらの情報に基づきシステムにおけるプロセス間の通信路が確立される。

3.3.2 待機状態

起動直後の遠隔ゼミ室は待機状態にある。この状態では制御が全サイトに開放されており, 各サイトで独自の作業(コンピュータへの発表資料読み込みなど)ができる。また映像音声の送信は行われず, 資料提示支援機能は動作しない。

待機状態では任意の資料提示制御コンピュータから「発表者コンピュータ切替え」操作を行うとその PC プロセスからメッセージ Presenter change が GC プロセスに送信される(図 7 のメッセージパス(1))。このメッセージはさらに GC プロセスから各サイトの CC プロセスに送信され(図 7 のメッセージパス(2))。最後に各 CC プロセスからすべての SC と PC プロセスに送信される(図 7 のメッセージパス(3))。

発表者コンピュータ上の PC プロセスはこのメッセージを受信後ゼミ制御操作を有効にする。

3.3.3 発表中状態

待機状態で「発表開始」の操作を行うと, メッセージ State change が図 7 に示す経路で全システムに送信され, 遠隔ゼミ室が発表中状態に入る。

この状態では, 発表者コンピュータの資料操作 GUI 画面のみが操作可能になり, その画面上のイベント(マウス移動, マウスボタン押下, 資料ページめくりおよび文字入力など)が発表者コンピュータ上の PC プロセスから他の PC プロセスに送信される。これらのイベントを受信した PC プロセスは資料や擬似カーソルの表示または手書きデータの描画などを行い, 発表者コンピュータ上の PC プロセスとの連動を実現する。

図 8 は発表中状態時の Data メッセージ送受信を示す。Data メッセージは GC プロセスを経由せず各 CC プロセス間で, 発表者サイトから他のサイトへ一方的に送信される。

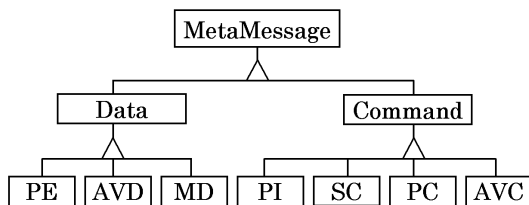


図 6 メッセージのクラス階層図

Fig. 6 Class hierarchy of message.

表 1 プロセス間通信用メッセージ

Table 1 Messages used for interprocess communication.

種別	記号	全称	説明
Data	PE	Presentation event	発表操作イベント(ページめくり, マウスイベント, 入力文字列など)
	AVD	Audio/video data	映像音声データ
	MD	Material data	発表資料データ
Command	PI	Process information	通信相手プロセス情報
	SC	State change	ゼミ室状態切替え
	PC	Presenter change	発表者コンピュータの切替え
	AVC	Audio video control	映像音声通信制御

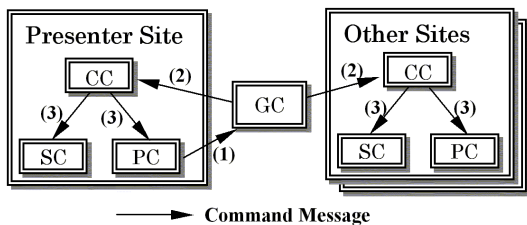


図 7 Command メッセージによるプロセス間通信
Fig. 7 Interprocess communication with Command message.

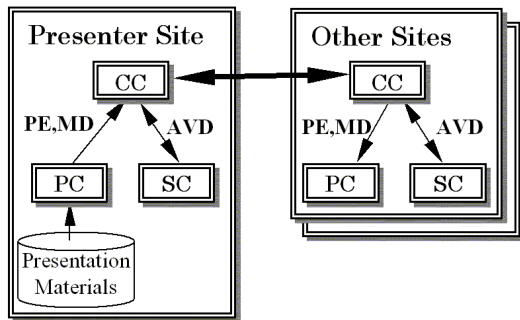


図 8 発表中状態時の Data メッセージ送受信
Fig. 8 Data messages transmission during presentation.

3.4 システムのインストール状況と性能測定

上記モデルに基づきシステムの基本部分を実装した。ただし実験条件などを考慮し映像音声送信制御機能は未実装である。なお、SC プロセスでは MPEG-2 CODEC の制御部を Java Native Interface (JNI) を利用して実装した。

実装したシステムに対し、以下の条件で会津大学・岩手県立大学間の JGN を利用してその性能を測定した。

- コンピュータ DOS/V 互換機
- (Pentium III 850 MHz, メモリ 250 MB)
- MPEG-2 エンコーダボード 黎明 RM-200
- MPEG-2 デコーダボード 黎明 RD200
- OS Windows NT 4.0 Workstation
- 動画フレームサイズ 720 × 480 ドット
- 動画フレームレート 29.97 フレーム/秒
- 動画ビットレート 7.2 Mbps
- 提示資料フレームサイズ 720 × 540 ドット
- 提示資料データサイズ 50~90KB/枚
- また 1 回の資料提示操作 (ページめくり, マウス移動などの情報) のデータは平均 20 バイトである。

測定の結果、JGN 上の遅延時間は 10 ms 以下であり、エンコーディングとデコーディングによる映像音声の遅延時間は 0.3 秒程度であった。さらにデータキャッシュなしで、資料のページめくり操作から資料

表示が完了するまでの平均時間が 0.8 秒以下であり、実験条件の違いを考慮しても文献 14) の方式に比べてかなり改善されたことが判明した。

4. 遠隔ゼミ室の応用実験

これまでに遠隔ゼミ室を利用して、以下の 2 種類の実験を実施した。

- (1) 従来型ゼミに比べての効果達成度調査実験
- (2) インターネット遠隔ゼミ環境との比較実験

4.1 ゼミ効果達成度調査実験

4.1.1 実験の概要

本実験は 2001 年 1 月 12 日に東北大学、岩手県立大学および会津大学の間で実施された。実験に使用したネットワーク構成を図 9 に示す。

本実験には東北大学から 17 名、岩手県立大学から 14 名、会津大学から 16 名が参加し、そのうち教員が 12 名、学生が 34 名、職員が 1 名であった。

図 10 は東北大学サイトの実験風景である。

実験では、東北大学サイトの座長がゼミ全体の司会者役を担当した。3 サイトよりそれぞれ 1 名が 20 分間の発表を行った。発表の題目は次のとおりである。

- 東北大学：“動的ネットワーキング”
- 岩手県立大学：“岩手県立大学におけるギガビットネットワークの研究”
- 会津大学：“Local Majority Coterie とそれを用いた資源配分のための分散アルゴリズム”

各々の発表の後に 10 分間の質疑応答が行われた。3 回の質疑応答では、教員 2 名と学生 6 名の計 8 名が発言し、平均的に 3 回程度対話した。なお全発表がネットワークや分散処理に深く関連するものであるため、質問応答も発表資料文章表記に対する単純な確認から深い内容まで行うことができた。

すべての発表と質疑応答が終了した後、東北大学サイトからの総括発言が行われた。さらにサイト間で JGN の応用と遠隔教育研究の動向などについて自由発言と意見交換が約 20 分行われた。最後に岩手県立大学サイトの主導で 3 サイトによる「遠隔三本締め」が行われ、遠隔ゼミ実験が終了した。

発表資料遠隔提示操作については事前に説明資料を配布したが、GUI 自身が非常に単純化されているため不慣れはなかった。

実験中、東北大学サイト側では以下の問題点が生じ実験に影響を与えた。

- 東北大学内 ATM 網内トラフィックの影響を受け、映像音声 が 3 回にわたり、最大十数秒間の途切れが生じたが、自然回復した。

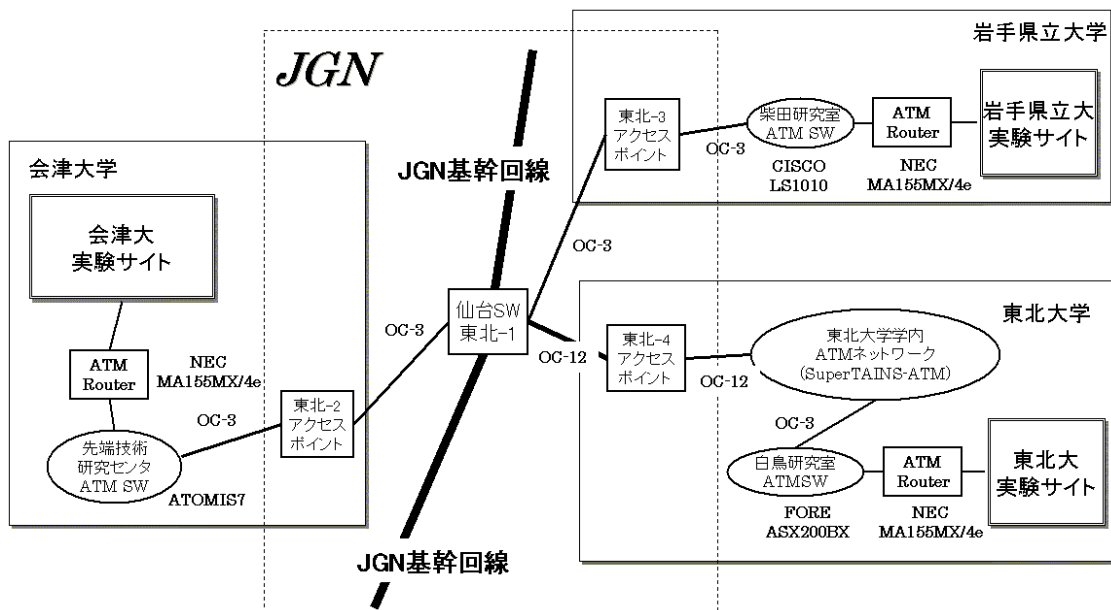


図9 実験に使用したネットワーク構成
Fig. 9 The network used for the experiment.



図10 実験風景(東北大学サイト)
Fig. 10 Tohoku University site.

- 発表者コンピュータは過熱のため処理性能が瞬間的に低下した。そのため発表開始から15分間経過した時点からは一時的に資料同期表示の遅れが生じた。遅れはマウスによる手書き描画(すなわち同期用マウスイベントの送信量)を抑えることにより解消した。

4.1.2 実験の結果

実験の後に、参加者に対しアンケート調査を実施した。以下ではアンケートの結果を分析し考察を行う。

(1) 発表内容理解度への影響

従来形式ゼミに比べて、遠隔ゼミ室がどの程度発表内容の理解に影響を与えたかを調べるために、以下の

質問をした。

質問「遠隔」が発表内容の理解に対する影響について、あなたの意見を教えてください。

図11が回答の集計結果である。60%の参加者が遠隔ゼミ室でも従来型のゼミと同様またはそれ以上の理解度が達成できたと答え、かなり理解度の低下を感じた参加者はわずか2%であった。

(2) 集中度への影響

従来形式ゼミに比べて、遠隔ゼミ室がどの程度参加者の集中度に影響を与えたかを調べるために、以下の質問をした。

質問「遠隔」があなたの集中度に対する影響を教えてください。

図12が回答の集計結果である。60%近い参加者が遠隔ゼミ室で従来の対面型ゼミと同様またはそれ以上の集中度が得られたと答え、逆に「ほとんど集中できなかった」参加者はいなかった。

(3) コミュニケーション上の違和感

遠隔ゼミ室が従来形式に比べて会話などにもたらす違和感を調べるために、以下の質問をした。

質問 東北大学、会津大学、岩手県立大学間での「仮想ゼミ室」が構成されていますが、会話などのコミュニケーション上の違和感をどのように思いますか。

図13が回答の集計結果である。70%以上の参加者が遠隔ゼミ室ではコミュニケーション上の違和感がなくまたは違和感がゼミに支障がなかったと答えた。

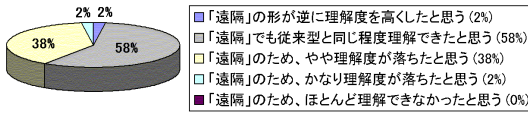


図 11 「遠隔」が理解度与える影響
Fig. 11 The influence on understanding.

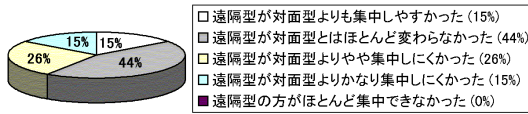


図 12 「遠隔」が集中度に与える影響
Fig. 12 The influence on concentration.

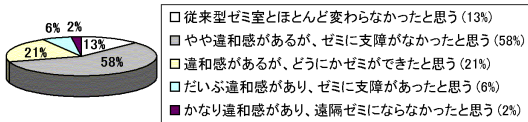


図 13 コミュニケーション上の違和感について
Fig. 13 About the sense of incongruity.

(4) 音声に対する評価

遠隔ゼミ室の音声効果を調べるために、まず参加者に遠隔サイトから送信された音声を評価してもらった。その結果は図 14 に示す。

岩手県立大学サイトと会津大学サイトが互いに相手からの音声を高く評価した。それに対し東北大学サイトと他の 2 サイト間は、相手からの音声に対する評価は相対的に低い。東北大学サイトで発生した映像音声の途切れがその原因と思われる。

一方自サイトのスピーカで聞いた自サイトのマイクで拾った音声についての評価を図 15 に示す。3 サイトとも自サイトの音声について相当満足した。

(5) 映像に対する評価

遠隔ゼミ室の映像効果を調べるために、参加者に遠隔サイトから送信された映像を評価してもらった。その結果は図 16 に示す。

映像の品質は映像処理設備の性能だけではなく、会場の環境（照明、液晶プロジェクタの光線強度、映像音声の安定性など）に大きく左右される。上記結果では、岩手県立大学からの映像が会津大学で高く評価された。これは、岩手県立大学サイトの室内照明が最も良く、また会津大学サイトでは、岩手県立大学サイトからの映像を投影するスクリーンが室内照明の影響をほとんど受けず、さらに岩手県立大学サイトと会津大学サイト間の映像音声で最も安定していたのが、原因と思われる。

(6) 映像と音声の遅延について

サイトごとの映像と音声の転送遅延に対する評価を

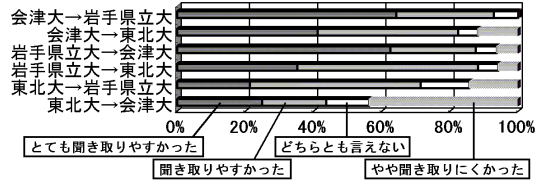


図 14 遠隔サイトの音声に対する評価
Fig. 14 Evaluation of the voice from remote sites.

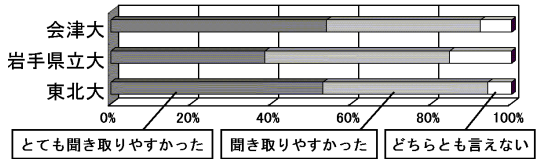


図 15 自サイトの音声に対する評価
Fig. 15 Evaluation of the voice on each site.

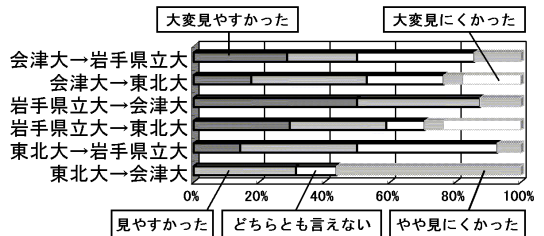


図 16 遠隔サイトの映像に対する評価
Fig. 16 Evaluation of the video from remote sites.

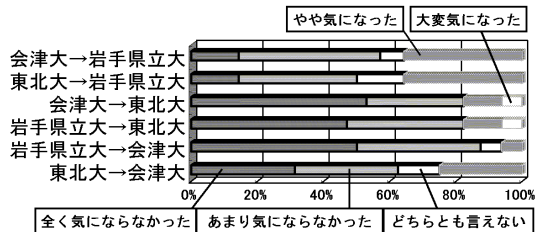


図 17 映像と音声の遅延について
Fig. 17 Evaluation of the delay of video/audio.

図 17 に示す。岩手県立大学からの映像音声の遅延に対しては「まったく気にならなかった」または「あまり気にならなかった」が最も多かった。また東北大学では外部からの映像音声の遅延に対しては「どちらともいえない」の評価がなく、全体の評価も高かった。一方岩手県立大学では外部からの映像音声に対する評価が最も低かった。

3 地点には同様な設備が使用され、物理的な遅延はほぼ同じである。岩手県立大学サイトで映像音声遅延に対して気になる参加者が最も多かったのは、同サイト側がゼミ終了直前の 3 サイトによる「遠隔三本締め」を主導し、他サイトの動作の遅れを最も直感した



図 18 遠隔ゼミ室の有効性

Fig. 18 Effectiveness of the tele-seminar room.

からと思われる(「三本締め」の際、会津大学サイトと東北大学サイト間では互いに相手側の遅れを感じたが、岩手県立大学サイトの主導に動作を合わせることができた。それに対し岩手県立大学サイトから見れば他の2サイトの動作が全部遅れていた)。

(7) 遠隔ゼミ室の有効性

最後に、遠隔ゼミ室の有効性について評価してもらったが、その回答の集計結果を図18に示す。

図18より、85%の参加者が遠隔ゼミ室を高く評価しているが、システムの機能改善も強く期待されていることが判明した。

4.2 比較実験

4.2.1 実験の概要

本実験の目的は遠隔ゼミ室と従来型リアルタイム遠隔教育システムとの比較である。実験は比較の対象を映像のサイズと品質の影響に限定し、以下の2種類のシステム構成を利用し2サイト間で遠隔ゼミを行い、それぞれの臨場感とゼミ効果を調査した。

構成1 図2および図10に示すように、資料と映像は別々のスクリーンに表示する。映像と資料双方は同一ネットワークで転送する。

構成2 従来型遠隔教育システムの映像通信系を想定し図19に示すスクリーン画面を利用する。

構成2では、映像音声の転送にはMicrosoft社のNetmeetingとインターネットを利用した。ただしネットワークの最大帯域幅を10Mbpsに限定し、画像サイズを360×240ドットに設定した。また、発言者がいない場合はサイト全体の映像を表示し、発言者がいる場合はなるべく発言者の顔だけ大きく表示するようにした。さらに資料提示機能は比較対象外とするため、遠隔ゼミ室と同様な資料提示画面とネットワークを利用した。

表2は実施された各実験の概要を示す。

実験の被験者は現在会津大学内で開発中の学習支援ソフトウェアの実験に参加している同大学の1年生および同ソフトウェアの設計担当者、開発者担当者と開発管理者であった。各実験は約5分間の発表と15分間の討論を1単位とし、上記2つの構成を交替に利用し計4単位実施した。

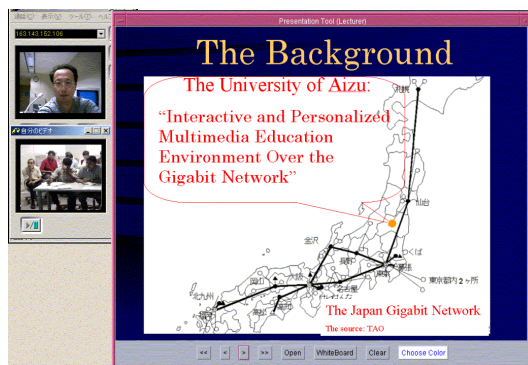


図 19 現行方式のスクリーン画面例

Fig. 19 Screen used in traditional systems.

発表と討論のテーマは被験者の背景を考慮し、以下のものを選んだ。

- 会津大学におけるJGNの応用研究の紹介
- 学習支援ソフトウェアの機能と用途の紹介
- 学習支援ソフトウェア使用後の感想
- 学習支援ソフトウェアの設計者・開発者および使用者間の意見交換

また各実験では半分以上の被験者が自発的に発言や質問をし、残りの被験者も遠隔サイトからの質問に答える形で発言した。

4.2.2 実験の結果

実験では被験者に5段階形式のアンケート調査を実施した。表3はアンケート調査の集計結果を示す。表の中では1は評価が最も低く、また5は評価が最も高いことを示す。

アンケートの結果からは遠隔ゼミ室の方が全般的に高く評価されたことが判明した。特に従来型の映像に比べて遠隔ゼミ室の大きいサイズでかつテレビ品質の映像では人の表情や身振りがはっきりと分かり、討論内容の理解度向上や、会話者双方のみでなくサイト間のコミュニケーションにより有効であることが判明した。

また「従来の対面式討論と同様な感じで討論できたか」および「質問しやすかったのか」に対して評価がやや下がったが、被験者の間に互いに知らない人が多かったのが原因と思われる。

2回の実験は異なるネットワークを利用したが、アンケートの集計結果からはネットワーク構成の違いに起因する評価の差は認められなかった。

5. 遠隔ゼミ室の考察と改善

以下では前記した実験結果に基づき、遠隔ゼミ室の考察を行い、さらに考察に基づいたシステム改善と応

表 2 対比実験の概要

Table 2 Outline of the experimentation.

日付	遠隔ゼミ室構成	ネットワーク	参加者数
2001/9/7	会津大学構内の離れた建物間	学内 ATM ネットワーク	15 名
2001/9/11	会津大学と岩手県立大学間	図 9 に示すネットワーク	15 名

表 3 比較実験のアンケート結果

Table 3 Result of the questionnaires.

No	アンケート項目 内 容	評価 (遠隔ゼミ方式)						評価 (従来型方式)					
		1	2	3	4	5	平均	1	2	3	4	5	平均
1	映像中人の表情や顔が討論内容理解に役立ちましたか	0	0	2	13	15	4.4	10	13	7	0	0	1.9
2	映像中人の身振りが討論内容の理解に役立ちましたか	0	0	2	11	17	4.5	6	16	8	0	0	2.1
3	討論の雰囲気は満足しましたか	0	1	6	9	14	4.2	12	8	10	0	0	1.9
4	従来の対面式討論と同様な感じで討論できましたか	2	3	7	13	5	3.5	17	8	4	1	0	1.6
5	質問しやすかったですか	1	3	9	9	7	3.6	9	7	12	1	0	2.2
6	遠隔地点のコミュニケーションがとれると思いますか	0	0	2	10	18	4.5	7	12	9	1	1	2.2
7	今後も、このような遠隔ゼミに参加したいですか	0	0	7	8	15	4.3	14	5	8	3	0	2.0

用について述べる。

5.1 機能の考察

5.1.1 映像音声通信について

遠隔ゼミ室はクリアの音声と鮮明な映像を転送することができた。映像音声の遅延が小さく、またスクリーンに投影される映像のサイズが大きく、異なるサイトのゼミ参加者同士が隣の教室にいるような感じで会話でき、ゼミの臨場感向上に大きく寄与した。

一方ネットワークのトラフィック変動に対する通信の安定性がゼミの効果を大きく左右することが判明した。また、映像よりも音声途切れの影響が大きいため、QoS 制御機能による音声品質の保証が必要である。

また、発表者が自分の映像を見えないことや、1台のカメラでつねに最適な角度で撮影し難いなどの問題が判明され、複数カメラや自サイト映像表示のサポートが必要である。

さらに手動でのカメラワークや音量調整がゼミの集中度低下の一因であり、これらの自動操作は今後の研究課題になる。

今後は映像音声通信制御機能を実装しより多くのサイトでの実験検証が必要である。

5.1.2 発表資料遠隔提示機能について

遠隔ゼミ室はすべてのサイトで同様な解像度で発表資料を提示でき、発表内容の理解度向上に寄与した。また任意のサイトからの資料提示や、資料の即席作成提示も可能であり、相当程度に遠隔ゼミの要求に満たしている。

一方、インターネット上のコンテンツを利用したゼミ発表が増えてきている。今回の実験でも岩手県立大学サイト側が発表中、ビデオカメラを通してインターネットの Web 画面を送信していた。インターネット

との連携は今後の課題の 1 つである。

5.1.3 発表支援機能について

資料提示制御コンピュータ間の協同処理により資料の連動が実現できた。また説明箇所を指示するための擬似カーソルの効果も良好であり、その効果が高く評価された。

ただし発表者コンピュータのモニタ画面出力がそのまま資料表示用スクリーンに表示されるため、発表者の操作による画面の乱れやモニタ画面上のアイコンなど一般参加者に不必要なものがスクリーン上に表示されてしまい、参加者の集中力に影響を与えた。このため資料提示操作機能とスクリーンへの資料表示機能を分離する必要がある。

5.1.4 遠隔討論支援の問題

実験を通してシステムによる遠隔討論支援機能が必要であることが判明した。実験では質疑応答の際発言希望者と各サイトの座長間で 2 段階の発言権要求を行うため、従来型ゼミに比べて進行の遅れが生じた。また発表の内容を指しながらの質問や、異なるサイトでのプライベートな議論に対する期待が高かった。これらを解決するには遠隔ゼミ室システムと連動する参加者用コンピュータの導入が必要である。

5.2 ソフトウェアシステムの考察

5.2.1 映像音声優先処理について

本システムでは、映像音声の優先処理によりその品質を確保できた。その効果を検証するためにテスト環境で SC, PC, CC プロセスを同一コンピュータ上で動作させ、優先処理有無の比較を行った。優先処理を行わない場合は資料ページめくり操作のときに映像音声の途切れが発生したが、優先処理を有効にした場合は途切れが発生しなかった。

5.2.2 処理の分散化について

本システムではコンピュータの処理能力に応じて自由に配置可能なプロセス構成を実現した。たとえば実験では CC プロセスと PC プロセスを資料提示制御コンピュータ上で動作させていたが、資料提示制御コンピュータに低性能のコンピュータを使用した場合、CC プロセスを映像音声制御コンピュータに移動するまたは新たなコンピュータを導入することが可能である。

5.2.3 起動の簡単化について

本システムのプロセスモデルでは GC を除いた各プロセスには起動時に必要な情報は GC プロセスが動作するコンピュータの IP アドレスだけである。このためそれらのプロセスはたとえ稼動するコンピュータの IP アドレスが変わっても起動パラメータの設定を変えずに起動できる。またゼミ実験中ではさらに各コンピュータに VNC 環境¹⁹⁾を導入し、全システムの起動を 1 台のコンピュータから行うことができた。

5.2.4 拡張性について

本システムは映像音声通信と資料遠隔提示機能を JAVA プラットフォーム上で統合することができた。

また本システムのプロセスモデルは遠隔ゼミ室のサイトの数を意識しない構成になっており、コンピュータの処理能力とネットワーク帯域幅の許容範囲内でサイト数の拡張に柔軟に対応できる。

さらに PC プロセスは完全に JAVA 言語で開発されており、コンピュータの OS に依存しない。このため、たとえば発表者が自分のコンピュータに PC プロセスをインストールすれば遠隔ゼミ室の資料提示制御コンピュータとして使用可能である。

5.3 発表支援機能の改良と学会での応用

5.1.3 の考察結果をふまえて、遠隔ゼミ室の発表支援機能を以下のように改良した。

- スクリーン表示用のプロセスを追加する。このプロセスは発表者コンピュータ上の PC プロセスと連動して資料を表示するが、資料操作ボタンなどを持たない。
- スクリーン表示用コンピュータを追加し、資料表示プロセスをそれに配置する。

これらの改良により 5.1.3 項の問題点を解決することができた。

改良後の本システムは 2001 年 3 月慶応義塾大学と会津大学間で行われた、情報処理学会第 62 回全国大会の JGN 遠隔セッションに応用され、その有効性が確認された。

6. おわりに

ギガビットネットワークを利用した多地点リアルタイム遠隔ゼミ室を提案した。遠隔ゼミ室の機能を実現するためのネットワーク、ハードウェアおよびソフトウェアを設計しそのコア部分の機能を実装し、実装したシステムを用いて多地点の遠隔ゼミ実験を行った。

実験の結果、本システムは従来型ゼミ室に近い臨場感を与えることができ、実用的なゼミ環境を提供できたと評価された。また今後この分野での研究課題が明確化された。

パーソナルコンピュータなどの情報処理機器の普及と高性能化に従い、人々が個人の情報処理機器を使用してリアルタイムでかつ双方向の遠隔授業や遠隔ゼミに参加できるような環境ができつつある。今後はそのような環境を想定し、遠隔教育環境を遠隔会議システムの単純利用から脱皮させ、参加者全員の持つ情報処理機器の処理機能を統合した遠隔教育環境について研究していきたいと考えている。

今後、これまでの実験と応用で判明した問題点を解決し、提案した遠隔ゼミ室をより実用的な遠隔教育環境にするように、研究と開発を進めていく予定である。

謝辞 本システムの実験にご協力いただいた東北大学白鳥研究室、岩手県立大学柴田研究室ならびに会津大学程研究室の皆様、つつしんで感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 玉城幹介, 桑原恒夫, 山田光一, 中村喜宏, 満永豊, 小西納子, 天野和哉: 個人進度別教育支援システム MESIA, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.8, pp.2351-2362 (2000).
- 2) 大川恵子, 伊集院百合, 村井 純: School of Internet—インターネット上での「インターネット学科」の構築, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.10, pp.3801-3810 (1999).
- 3) <http://www.jgn.tao.go.jp/>.
- 4) 吉野 孝, 井上 穰, 由井園隆也, 宗森 純, 伊藤士郎, 長澤庸二: インターネットを介したパーソナルコンピュータによる遠隔授業支援システムの開発と適用, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2788-2801 (1998).
- 5) Araki, M., et al.: Development of An Integrated management System of Distance Learning, *JDLA Journal*, Vol.1, pp.28-32 (1999).
- 6) Suzuki, H., et al.: VSAT Network Distance Learning System by Each Station Functioning Control in Turn, *JDLA Journal*, Vol.2, pp.16-20 (2000).
- 7) 田中健二, 近藤喜美夫: 大学間衛星ネットワー

ク(スペース・コラボレーション・システム)の構成, 電子情報通信学会論文誌 D-I, Vol.82-D-I, No.4, pp.581-588 (1999).

- 8) 浅井紀久夫, 田中健二, 結城皖曠, 近藤喜美夫: スペース・コラボレーション・システムの利用調査, メディア教育研究, No.1, pp.185-193 (1998).
- 9) 岡田謙一, 松下 温: 臨場感のある多地点テレビ会議システム: MAJIC, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.3, pp.775-783 (1995).
- 10) 井上智雄, 岡田謙一, 松下 温: 空間設計による対面会議と遠隔会議の融合: テレビ会議システム HERMES, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.9, pp.2482-2492 (1997).
- 11) 松浦宣彦, 松本敏宏, 清末悌之, 菅原昌平, 正木茂樹: 簡易型多地点テレビ会議システム NetForum の開発と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.11, pp.3142-3151 (2000).
- 12) <http://www.microsoft.com/JAPAN/windows/netmeeting/>(2001年1月現在).
- 13) 三好一賢, 岡永陽治, 黄 星齊, 近藤 暹: 衛星インターネットによる遠隔講義システムの設計, 開発と実験, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J83-D-I, No.6, pp.644-650 (2000).
- 14) 前田香織, 相原玲二, 大槻説乎: 遠隔講義のためのマルチメディア教材提示システム, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.1, pp.161-167 (1999).
- 15) 宗森 純, 吉田 壱, 由井園隆也, 首藤 勝: 遠隔ゼミナール支援システムのインターネットを介した適用と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.2, pp.447-457 (1998).
- 16) 渡辺健二, 大谷 誠, 田中久治, 飯盛義徳, 大川恵子, 国領二郎, 江崎 浩, 村井 純, 近藤弘樹: ギガビットネットワークによる高品質映像を用いた遠隔講義, 信学技報 ET2000-86, pp.71-77 (2000).
- 17) Cheng, Z., He, A., Huang, T., Koyama, A., Noguchi, S., Honda, N., Shibata, Y. and Shiratori, N.: A Overview of an Interactive and Personalized Multimedia Tele-Education Environment over a Gigabit Network, *Proc. IS2000*, pp.567-571 (2000).
- 18) He, A., Cheng, Z., Huang, T., Nakatani, R., Amatatsu, Y., Koyama, A., Zhao, Y. and Noguchi, S.: Design of a Real-time Interactive Tele-Exercise Classroom for Computer Exercises over a Gigabit Network, *Proc. ICOIN-15*, pp.757-762 (2001).
- 19) 中村文隆: VNC 詳細解説, CQ 出版社 (2000).

(平成 13 年 6 月 7 日受付)

(平成 13 年 11 月 14 日採録)



Aiguo He (正会員)

1988年名古屋大学大学院電子工学研究科博士課程修了。(株)アイヴィスを経て2001年より会津大学先端技術研究センター講師・工学博士。遠隔教育, 分散協調制御システム, ネットワーク, ソフトウェア工学の研究に従事。組合せ最適化問題の並列計算法に興味を持つ。IEICE, IEEJ 各会員。



程 子学 (正会員)

1993年東北大学大学院工学研究科博士課程修了。同年会津大学講師, 1999年同大学助教授。分散アルゴリズム, 遠隔教育, 心理エージェントの研究に従事。IEEE, ACM, IEICE 各会員。



程 同軍

1988年中国燕山大学大学院自動制御工学科修士課程修了。株式会社エーシーエスを経て1993年より会津大学情報センター助手。分散アルゴリズム, 遠隔教育, 会議日程調整等の研究に従事。



小山 明夫 (正会員)

1987年山形大学工学部情報工学科卒業。山形大学工学部文部技官を経て, 現在, 会津大学コンピュータソフトウェア学科講師。工学博士。高速ネットワークプロトコル, ネットワークエージェント, ルーティングアルゴリズム, 遠隔教育, 携帯電話用アプリケーションに関する研究に従事。IEEE Computer Society, IEICE 各会員。



柴田 義孝(正会員)

1985年UCLAコンピュータサイエンス学科修了。Ph.D. in Computer Science。1985年から1988年までBellcore(旧AT&Tベル研究所)にて専任研究員としてマルチメディア情報ネットワークの研究に従事。1989年より東洋大学工学部情報工学科助教授。1997年同大学教授。1998年より岩手県立大学ソフトウェア情報学部教授。同大学メディアセンター長。高速パケットビデオ、マルチメディアプロトコル、ハイパーメディアシステム、感性情報処理等の研究に従事。IEEE, ACM, IEICE各会員。



菅沼 拓夫(正会員)

1997年千葉工業大学大学院博士後期課程情報工学専攻修了。現在、東北大学電気通信研究所助手。博士(工学)。やわらかいネットワーク、エージェントプログラミングに興味を持つ。8th JWCC ベストプレゼンテーション賞受賞。情報処理学会第54回全国大会奨励賞受賞。IEEE会員。



橋本 浩二(正会員)

1996年東洋大学大学院工学研究科電気工学科専攻博士前期課程修了。同年(株)CSK総合研究所に入社。1998年より岩手県立大学ソフトウェア情報学部助手。2001年東北大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了。博士(情報科学)。分散マルチメディアシステムのアーキテクチャとエンド間QoS保証の研究に従事。



中村 勝一(学生会員)

1998年東京学芸大学教育学部情報環境科学課程教育情報科学専攻卒業。2000年会津大学大学院コンピュータ理工学研究科コンピュータシステム学専攻修士課程修了。現在、同博士後期課程在学中。教育支援システム、グループウェア、情報教育等に関心を持つ。IEICE, JSISE各会員。



和田 裕(学生会員)

1997年会津大学コンピュータ理工学部卒業。1999年同大学院コンピュータ理工学修士課程修了。現在同博士後期課程に在籍。遠隔教育システム等にかかる分散アルゴリズムや分散アプリケーションの研究に従事。



佐藤 和彦(学生会員)

1996年会津大学コンピュータ理工学部コンピュータソフトウェア学科卒業。1998年会津大学大学院コンピュータ理工学研究科修士課程修了。現在、同博士後期課程在学中。遠隔教育システム、マルチエージェントシステム、マッチメーカーに関する研究に関心を持つ。



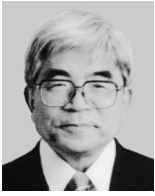
加藤 貴司

1997年東北大学大学院博士前期課程修了。2001年同情報科学研究科博士後期課程修了。現在同大学電気通信研究所助手。マルチエージェントシステムにおけるエージェントの協調に興味を持つ。JSAI, IEICE各会員。



趙 悦(正会員)

1988年東京工業大学工学研究科博士課程修了。東京理科大学助手(株)日本情報技術研究所を経て、1993年広島電機大学(現広島国際学院大学)講師。2001年同大助教授。工学博士。組合せ最適化問題の並列計算法に関する研究に従事。分散処理およびネットワークに関する研究に興味を持つ。IEICE, IEEEJ, JSAI各会員。



野口 正一（正会員）

1954年東北大学工学部電気工学科卒業．1959年同大学大学院博士課程修了．工学博士．1971年東北大学電気通信研究所教授，1990年東北大学応用情報学研究センター長．1993年日本大学教授．1995年情報処理学会会長．1997年会津大学学長．2001年仙台応用情報学研究振興財団理事長．主として情報システム構成論，コンピュータネットワーク，知識処理に関する研究に従事．
