

インターネットを介した仮想認知環境の構築

Construction of Virtual Cognition Environment via Internet

○成田 将一*、羅 志偉**、渡部 慶二*、遠藤 茂*

○Syouchi Narita, Zhi-wei Luo, Keiji Watanabe, Shigeru Endo

*山形大学大学院理工学研究科 **理化学研究所

*Yamagata University **Riken

キーワード：遠隔制御 (Teleoperation)、インターネット (Internet)、時変通信遅れ (Time-varying communication delay)、メディア同期(Media synchronization)

連絡先：山形県米沢市城南 4-3-16 山形大学工学部応用生命システム工学科渡部研究室
成田将一, Tel 0238-26-3178, E-mail narita@ewata.yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

われわれが、日常生活でふれることのあるTVゲーム、パソコンゲームなどは、利用者が、ゲームにのめり込めばそれなりの仮想空間への没入感が得られるが、現在の技術では、まだ仮想空間と現実空間の区別が付かないというほどのものではない。従来の仮想認知環境の研究では、この仮想空間と現実空間の区別が付かないほどリアリティのある仮想認知環境の構築に力が注がれてきた。しかし、近年のインターネットの家庭への普及や、通信速度の飛躍的な向上を実現した現在、従来のテレビゲーム、ゲームセンターのような外界から切り離された仮想認知環境から、遠隔地同士で対戦可能なネットワークゲームのような、ネットワーク型の仮想認知環境の研究開発に主流が変化されつつある。

ネットワーク型仮想認知環境を構築するにあたり、いくつかの重要な研究課題が挙げられる。まず、各サイトの対象の運動、音声と映像などの情報をいかに統合処理するかである。ま

た、ネットワークの負荷に応じて通信時間が不規則に変化するので、システム全体の安定性をいかにして維持するかである。これらの問題を考察するために、本研究室では、具体的な実験システムを構築し、実応用例を意識しながら幅広く研究を進めているが、今回、その一応用例として仮想会議システムを構築し、時変通信遅れに対処するための安定化制御問題の検討と、映像、音声のマルチメディアデータの packets 損失や遅れに対処するためのメディア処理について考察する。

2. 実験システムの構成

2.1 全体構成

本研究室で開発した実験システムの構成を図1に示す。このシステムは、ユーザが座る電動椅子である各クライアントと、それらを管理するサーバから構成されている。各クライアントには、通信相手からの音声や音源位置情報、映像などが呈示される。

各クライアントの電動椅子には、音声を出力

する装置としてヘッドフォン、キャプチャする装置としてマイク、映像を出力する装置としてディスプレイ、キャプチャする装置としてCCD カメラを使用する。また、搭乗者は椅子の背もたれに歪みゲージを加えることにより椅子の回転運動が操作できる。椅子の回転運動とディスプレイに表示する映像、ヘッドフォンに出力する音声を合わせることで、搭乗者に仮想空間にいることを認知させる。

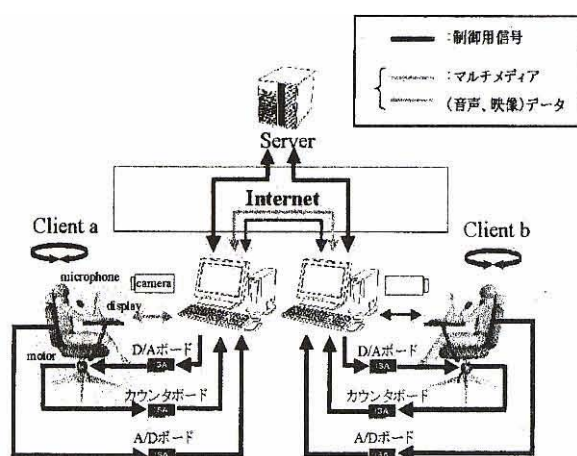


図1 実験システムの構成

2.2 ネットワーク構成

本研究の構築する仮想会議システムのネットワーク部は、会議室の特性、クライアントのリストを管理するサーバ、会議に参加するクライアントで構成される。通信プロトコルとしては、映像、音声などのリアルタイム制を必要とするデータはRTP（Real-time Transport Protocol）で、クライアントのリストなどの通信速度は求めないが、信頼性を必要とするデータはTCP（Transmission Control Protocol）を使用して通信を行う。サーバ・クライアントシステムの概観を図2に示す。

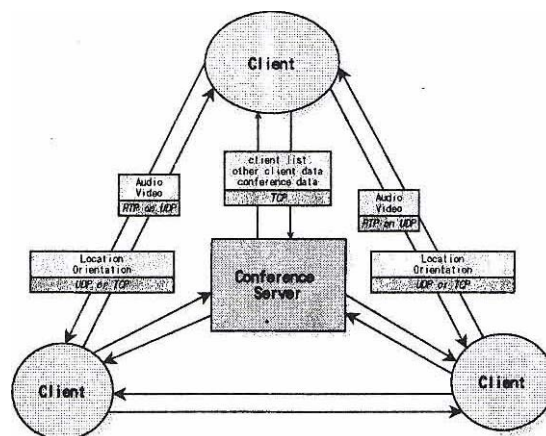


図2 ネットワーク構成

2.3 Real-time Transport Protocol

映像、音声などのメディアをリアルタイムで送信するための標準的なプロトコルとしてRTP（Real-time Transport Protocol）が挙げられる。RTPはマルチメディアデータのフォーマットであり、メディア再生の開始、停止などのストリーム制御をするために使われるプロトコルRTPS（Real-Time Streaming Protocol）のデータ部分にも使用されている。

RTP単体では配信されるメディアデータの品質を保証しないため、データの品質のモニターおよびレートの制御にはRTCP（Real-Time Control Protocol）が使用される。RTCPにより、メディアの受信側の受信状況が定期的に送信側にフィードバックされるため、この情報を元に、送信側では送信量を適時変化させ、リアルタイムメディアの品質の向上を図ることができる。また、RTCPでは、受信側が送信側に接続したときにセッションの識別子であるCNAME（canonical name）を交換する。このCNAMEはIPアドレス、ポート番号などのデータ通信の固有値が変化してもセッションを識別するために用いられる。

3. 仮想会議システムの開発

3.1 回転角度の制御と通信

本研究で構築する仮想会議システムでは、椅

子の角度データの時変通信遅れ問題や、同期問題のシミュレーションのため、クライアント間の椅子角度の同期を取り、同じ運動感覚を与えるモードを作成する。この同期モードによるデータの送受信の流れは図3のようになる。図3のブロック線図に示すように

$$V = G \times V_{input} - K_1(\theta - \theta_{net}) - K_2\dot{\theta}$$

を用いてモータ制御電圧を計算する。第1項は搭乗者の力を検出する歪みゲージからの電圧 V_{input} にゲインをかけたものである。第2項は自分の椅子の角度と他方椅子角度との偏差を定数倍したものであり、2台の椅子の角度を同

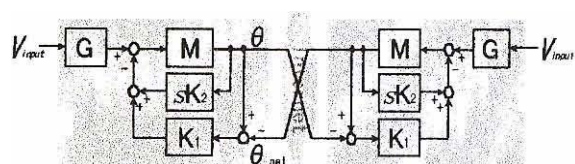


図3 バイラテラル制御

じにする方向に働く。第3項は、速度フィードバックである。この式に基づき、同一LAN内と、インターネットを介した場合（山形大—会津大）について制御実験を行った。

図4のように、 θ_a をクライアントAの測定角度、 θ_a' をクライアントBで受け取ったクライアントAの角度、 θ_b をクライアントBの測定角度、 θ_b' をクライアントAで受け取ったクライアントBの角度としたときの実験結果が図5である。

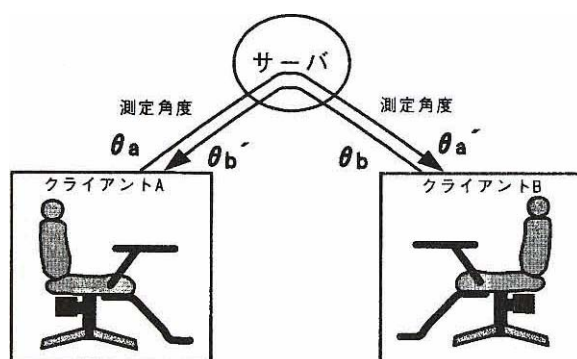


図4 角度データ同期の流れ

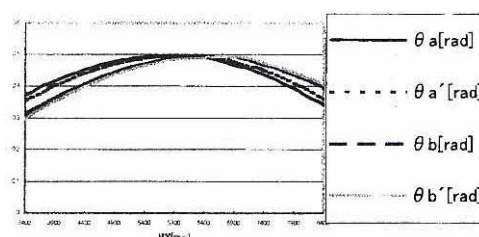


図5 LAN内での通信

θ_a' 、 θ_b' の角度波形は乱れることなく、椅子の動きも滑らかであった。次に、インターネットを介した実験を行った。その結果を図6に示す。

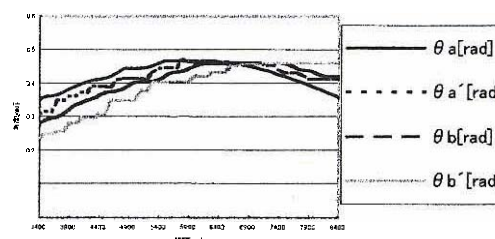


図6 インターネットを介した通信

インターネットを介した通信の場合、通信路が長くなると、ジッタやパケット転送が頻繁に起こるようになり、受信角度波形が乱れ、椅子の動きも乱れてしまった。波形を滑らかにするため、受信角度にフィルタ処理を施した場合、ある程度の波形の改善はみられたが、根本的に改善するために、通信プロトコルをTCPからUDPへ変更する手段が考えられる。UDPは通信速度は速いが、TCPに比べると、データの信頼性に欠ける特徴を持つ。

3.2 マルチメディア通信

仮想会議システムにおけるマルチメディア通信のプログラム実行動作画面を図7に示す。



図7 マルチメディア通信動作画面

このプログラムは、2. 3節で述べた RTP を使用している。カメラ、マイクデバイスでリアルタイムキャプチャしたマルチメディアデータを、ネットワークを介してリアルタイムストリーミングとして送受信するものである。今現在は、音声、映像を単純に送受信する機能しか持っていないが、各クライアントとのメディアのやりとりに、ユニキャスト伝送モードとマルチキャスト伝送モードの選択機能や、送受信先や圧縮フォーマットを容易に選択できるようになっており、今後の拡張に対応できるようになっている。

今後の課題として、メディア同期の問題が挙げられるが、一般にメディア同期とは、オブジェクト同期と連続同期とに分けられる。前者はメディアにおけるオブジェクト間の同期のことであり、シナリオに基づいたメディアの出力開始時刻の制御を行う。後者は音声やビデオのような連続メディアの出力タイミングを調整するものである。また、これらのマルチメディアデータには、蓄積メディアとライブメディアの2つに分けられるが、本研究でのメディアは実時間で発生するため、ライブメディアに対して適切な同期制御を行う必要がある。

また、メディア同期の基本機能として、メディア内同期、メディア間同期、端末間同期の3種類が挙げられる。メディア内同期は単一メディアにおけるメディアユニット (MU) の時間間隔に関するものであり、メディア間制御は音声と映像など複数メディア間の時間関係の保

持を行う。端末間同期は、マルチキャスト伝送された1つのMUが、異なる端末で同時に出力されるよう制御するものである。本研究で、仮想空間への没入感を得るという点で、これらの制御が必要となるが、メディア間同期に関しては必ずしも完全に同期をとる必要はない。それは、音声と映像の時間軸にズレが生じたとしても、メディアの最終利用者である人間には主観的な意味での許容同期誤差があるためである。

3. 3 仮想会議室との統合

仮想会議室と椅子とマルチメディア通信の統合プログラムの実行画面を図8に示す。図8は、インターネット上に作られた仮想会議室の背景上に、リアルタイム映像を貼り付けたものであり、椅子の角度を変えると仮想会議室の背景もスクロールしてゆき、向いている方向が変化する。

また、将来的には背景のスクロールと同時に、音声の3次元処理を行っていく予定である。



図8 統合プログラム

参考文献

- 1) 黒田優一、羅志偉、渡部慶二、遠藤茂：“インターネットを介した遠隔制御システムの設計”計測自動制御学会東北支部 第190回研究集会 資料番号 190-04
- 2) 田坂修二：“ネットワーク環境におけるメディア同期”電子情報通信学会誌 Vol84 No.3 pp.177-183
- 3) 高栖雄一郎：“インターネットを介した仮想認知環境の構築”山形大学卒業論文