

機器制御プロトコル CRCP を利用した遠隔会議装置制御システム

西村 浩二 前田 香織[†] 河野 英太郎[†] 相原 玲二

広島大学 総合情報処理センター

[†] 広島市立大学 情報処理センター

概要

ネットワークの大容量化は、遠隔地間の円滑なコミュニケーションを可能にした。また機器のネットワーク化は遠隔制御を可能とし、コミュニケーションの自由度や質の向上に貢献している。しかしネットワーク環境を前提とした機器制御方式の標準化やそのアプリケーションはまだ存在しない。本研究では、機器制御方式の統一を目的としてネットワークプロトコル CRCP を設計し、それを利用して遠隔地の会議装置を制御するシステムを開発した。そしてそれを実際の遠隔会議・遠隔講義に利用し、問題点やその対策について考察を行ったので報告する。

A Teleconference System using Remote Device Control Protocol

Kouji NISHIMURA, Kaori MAEDA[†], Eitaro KOHNO[†] and Reiji AIBARA

Information Processing Center, Hiroshima University

[†] Information Processing Center, Hiroshima City University

Abstract

The growth of network technology makes it smooth to communicate between long distant places. Ability of controlling remote devices contributes to improve the quality of communication. However, there are few discussions about the standardization of a protocol for controlling remote devices under such environments. In this paper, we design and evaluate a network protocol CRCP, which is for the purpose of being a common method. Then we develop a system to control remote devices used in teleconference systems. We also apply it to the real teleconferences and discuss the problem and the measures devised to deal with.

1 はじめに

情報通信技術の発達は、遠く離れた地点間のコミュニケーションに大きな変化をもたらしつつある。大容量化したネットワークにより高画質な映像や高音質な音声の伝送が可能となったことで、距離はコミュニケーションを阻害する要因ではなくなってきた。その結果、映像と音声を互いに送受信する遠隔会議が頻繁に行われるようになってきた。一方情報機器や家電機器のネットワーク化は、インターネットに接続する世界中のコンピュータからの遠隔制御を可能にする。遠隔会議を支える映像や音声の伝送装置(以下、遠隔会議装置あるいは単に会議装置と呼ぶ)が遠隔地から制御可能となることで、遠隔地間のコミュニケーションはさらに自由度を増し、その質も著しく向上すると考えられる。しかし、会議装置を

はじめとする機器の遠隔制御については様々な実現方法が提案されているが、プロトコルやデバイス、APIの標準化がそれぞれ独立して進められているため、ネットワーク環境を前提とした統一された制御手段については十分に議論されていない[1][2][3]。

そこで本研究では、遠隔会議装置として使用されるビデオカメラやテープレコーダなどのマルチメディア機器を制御するためのネットワークプロトコル CRCP(Camera Recorder Control Protocol)[4]を設計し、実装を行う。ただし、本研究の最終目標はネットワーク化された機器の統一的な制御手段を提供することであるため、CRCPの設計においては機能拡張の容易さも考慮に入れた。そして実装したアプリケーションを実際の遠隔会議で使用し、遠隔会議装置制御システムとしての問題点を考察し、その対応策を検討する。

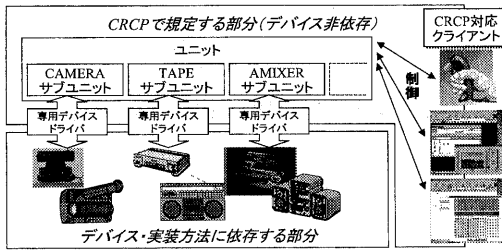


図 1: CRCP の概略

2 機器制御プロトコル CRCP

CRCP の主な機能は、ネットワークを通じて送受信される映像や音声などのデータを制御する機能である。これに類似した既存のプロトコルには、ファイル転送を行うための FTP (File Transfer Protocol) がある。CRCP の設計においては、多くの部分を FTP を参考にした。まず CRCP では、コマンドとその応答の通信に基本的に TCP (Transmission Control Protocol) を使用する。これによりコマンドの到達性や順序関係の保存が保証され、応答との関連も容易に取ることができる。しかし、赤外線リモコンのように単方向の通信しかできない機器の制御も扱うため、UDP (User Datagram Protocol) を使用することも可能としている。ただしこの場合はコマンドへの応答がないため、制御の確実性は目視などによる確認が必要である。また CRCP では、FTP と同様コマンドとその応答に ASCII 文字列を使用し、コマンド名も基本的には FTP と同じものを使用する。ただし、CRCP が制御するデータは映像や音声などのリアルタイムのストリームデータであり、FTP で扱うデータとはフォーマットも異なる。またカメラの光学系や移動の制御、テープ送りの制御など、FTP とは異なる制御も必要となる。そのため、一部の機能の拡張・変更や新たな機能の追加も行った。

CRCP の概略を図 1 に示す。CRCP では制御対象をユニットと呼び、その内部に複数のサブユニットを持つ。現在 CRCP には、POWER, CONNECTION, FILE, STREAM, TAPE, CAMERA の 6 つのサブユニットが定義されている。ユニットに対する制御はサブユニットに対する制御であり、ユニットに対する機能拡張はサブユニットを追加することにより行う。実際、設計の参考とした FTP に相当する機能は CONNECTION, FILE, STREAM が担当しており、テープレコーダおよびカメラ特有の機能拡張と

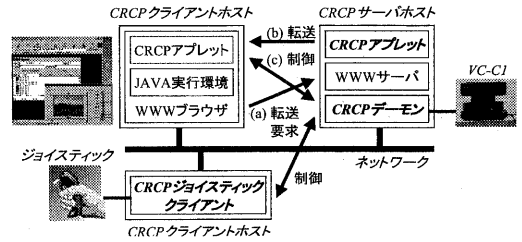


図 2: CRCP クライアント/CRCP サーバの実装

して、TAPE および CAMERA サブユニットを追加定義した。その他、ユニットが保有するサブユニットの種類・数・使用方法を通知する手段として、どのサブユニットにも属さない STATUS, HELP コマンドを用意している。コマンドの一覧と実装の条件および使用方法を付録 A に示す。

3 CRCP の実装と評価

本研究ではまず制御対象を遠隔地の雲台付きビデオカメラとし、制御手段として CRCP 利用するサーバとクライアントを実装した。

3.1 遠隔カメラ制御システム

サーバとクライアントの開発は Linux 2.0.30 と Solaris 2.5 上で C 言語および JAVA により行い、雲台付きビデオカメラには Canon VC-C1 (以下 VC-C1 と呼ぶ) を使用した。VC-C1 は RS-232C インターフェースを持ち、雲台部およびカメラ部をコンピュータから制御するための独自のプロトコルを備えている。実装した CRCP サーバと CRCP クライアントの関係を図 2 に示す。太字斜体で示した部分が今回実装を行った部分である。

CRCP デーモン (crcpd) VC-C1 が接続されたホスト (CRCP サーバ) で動作し、送られてくる CRCP コマンドを VC-C1 独自のプロトコルに変換することで、雲台部・カメラ部の制御を行う。

CRCP アプレット (Crcp*.class) Netscape Navigator や Microsoft Internet Explorer などの JAVA の実行環境を持つ WWW (World Wide Web) ブラウザ上で動作する JAVA アプレットである。CRCP アプレットは、CRCP サーバ上の WWW サーバの管理下にあり、WWW ブラウザで CRCP アプレットを含む URL (Uni-

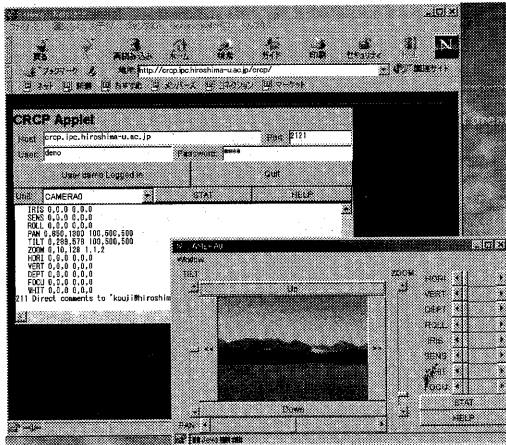


図 3: CRCP アプレットの実装

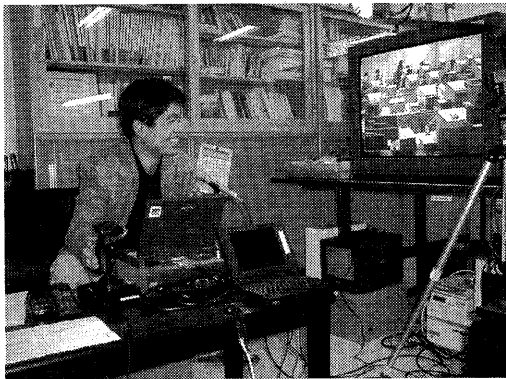


図 4: CRCP ジョイスティッククライアントの利用例

form Resource Locator) を指定する (図 2(a)) ことでダウンロードされ (図 2(b)), 実行される (図 2(c)). VC-C1 の制御画面を図 3 に示す. ユーザが CAMERA サブユニットを選択すると右下のウィンドウが表示され, スライドバーやボタンを操作することで雲台の向きやカメラのズーム比などを制御する.

CRCP ジョイスティッククライアント (js) ユーザインターフェースとしてジョイスティックを有するホストで動作する. このクライアントでは, スティックを倒す方向とその大きさを雲台の移動方向と移動速度に, スティックに備えられた 2 つのボタンをズーム比に対応させているため, 現在の状態を基準とした相対的な

制御区間	制御プロトコル	転送時間 (ms)
クライアント → サーバ	CRCP	0.25~0.28
	VC-C1 独自	0.30~0.31
サーバ → VC-C1	VC-C1 独自	16.7~18.8
サーバ ← VC-C1	VC-C1 独自	12.5
クライアント ← サーバ	CRCP	0.32
	VC-C1 独自	0.28

表 1: カメラ制御のためのコマンド転送時間 (PAN 処理の場合)

制御が可能である.

また CRCP は制御に ASCII 文字列を使用するため, クライアントとして telnet を使用することもできる.

3.2 プロトコルの評価

CRCP を導入することによりデバイスに依存しない制御が可能となるが, CRCP を導入することによるプロトコルオーバーヘッドがリアルタイム制御に影響を与える可能性がある. そこで PAN 処理を行う場合を想定して, CRCP を導入する前後での応答時間への影響を解析および実験により調べた. 各制御区間を流れるデータ長から計算した転送時間を表 1 に示す. データ長には TCP, IP のヘッダ長を含み, クライアント・サーバ間およびサーバ・VC-C1 間の転送速度はそれぞれ 1.5Mbps, 9,600bps とした.

次に, 10Mbps の Ethernet 環境における CRCP サーバの応答時間を計測した. その結果, クライアント・VC-C1 間の応答時間は 61.182ms となり, そのうち, サーバ・VC-C1 間の応答時間が 57.684ms を占めた. ただし, この時間には転送時間以外に CRCP サーバ内での処理時間と VC-C1 内での処理時間が含まれる.

これらの結果より, 機械動作を含むサーバ・VC-C1 間の処理時間が支配的であり, CRCP のプロトコルオーバーヘッドは十分小さく, リアルタイム制御への影響はないことがわかった.

4 遠隔会議装置制御システム

CRCP を利用した遠隔カメラ制御システムの典型的な応用例として遠隔会議がある. そこで遠隔カメラ制御システムを実際の遠隔会議の中で遠隔会議装置制御システムとして利用した. 以下では, 遠隔会議での利用における問題点とそれに対する対応策について述べる.

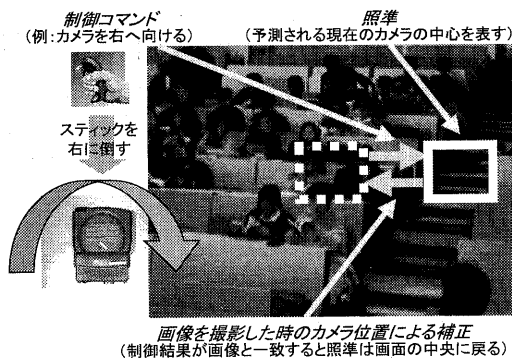


図 5: 照準による遅延の視覚的な提示

4.1 遅延の視覚的な提示

遠隔地間でのコミュニケーションにおける問題のひとつに遅延の問題がある。一方的に受信した映像や音声を視聴する場合はあまり問題とはならないが、数 100ms の遅延があると会話が成り立たなかったり、ぎくしゃくしてしまう。またこれは、会議装置の制御においても同様である。通常、制御はそれ以前の制御の結果のフィードバックを基に行われる。遠隔カメラ制御においては、カメラの撮影した映像を遠隔地で見ながら次の制御を行うことになる。そのため、受信した映像に遅延があると制御との間にずれが生じ、制御者が目標を正確に捉えることが困難となる。

遅延の主な原因としては、純粋に伝送路の距離に比例する遅延と両端の伝送装置での映像の取り込みや圧縮・伸長などの処理による遅延が考えられる。前者は使用する伝送路の種類 (ATM や衛星回線) に依存するため改善は難しいが、後者は高価な伝送装置を使用することである程度の改善は可能である。しかし、我々が利用可能な MPEG2 映像・音声伝送装置での映像処理などによる遅延は 200~500ms 程度である。またより安価な PC など伝送装置を構成した場合は、これらに加え時間解像度 (フレームレート) の減少も遅延の要因に加わる。

そこで我々は、遅延をなくすのではなく、遅延の大きさを制御者に視覚的に提示する方法を採用した [5][6]。制御者の指示により送出される制御コマンドから、そのコマンドが処理された後のカメラの状態 (雲台の方向やズーム比) は計算により求めることができる。一方送出する映像の各フレームには、その画像を撮影した時のカメラの状態を付加しておく。

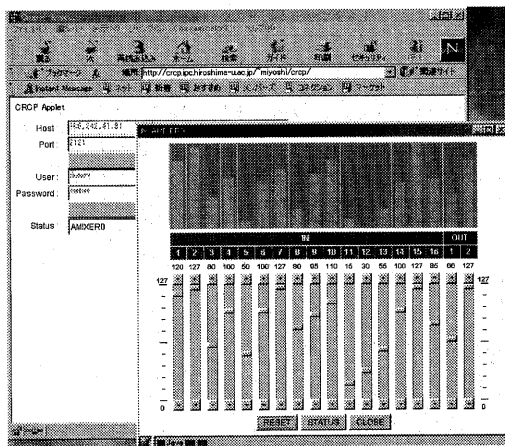


図 6: AMIXER アプレット

制御者が見る画面では、遅延を伴ったフレームが表示される。このフレームに含まれるカメラの状態と先の計算から求めたカメラの状態から、予想される現在のカメラの中心位置を計算し、受信画像のその位置に照準を重ねて表示する (図 5)。つまり、現在カメラは照準の位置を中心とする映像を撮影していることになる。また、照準は遅延の影響を受けず制御者の操作に即座に反応するため、制御者は目標に照準を合わせることで正確にカメラを向けることができるようになる。

4.2 音声ミキサの遠隔制御

遠隔会議では通常双方に数人から 10 数人の参加者がおり、任意のタイミングで会話が発生する。送信側では参加者の音声を数本のマイクで拾い、送信側の技術者が音声ミキサでレベルを適当な値に調整した後、受信側に送出される。沢山のマイクを使用する遠隔会議では、話者の声の大小に応じて音声ミキサへの入力レベルを頻繁に調整したり、相手方の音声の廻り込みを防ぐ必要がある。これらは AGC (Auto Gain Control) やエコーキャンセラによる対応も可能であるが、不要な音まで増幅してしまったり、言葉の先頭が途切れて会話に不自然さを与えることがある。また、比較的小規模な遠隔会議では会議装置の操作のための専門の技術者を置かず、参加者自身で操作を行うことが多い。そのため、議論に集中すればするほど操作が疎かになる傾向がある。

映像がない電話会議でもある程度の意志疎通が図れるように、遠隔会議における音声の明瞭さは会議

の成功に大きく影響する。しかしこのような状況では、受信側では音量しか調整できないということが問題となる。ある発言者の話に集中しようとしても、特定のマイクのレベルのみを上げることができない。したがって、一方で議論が白熱すればするほど、その内容が他方に届かないという状況に陥ってしまう。

この問題に対して、我々は音声ミキサを制御する AMIXER サブユニットを設計し、CRCP の拡張を行った。音声ミキサには YAMAHA 01V を使用した。このミキサは MIDI を備え、独自拡張により入出力 16+2 チャンネルの制御が可能である。また状態取得機能により、各チャンネルのレベルをリアルタイムに取得することができる。新たに定義した AMIXER サブユニットのコマンドを表 2 に示す。CRCP では、レベルメータ情報をフォーマット異なる音声データと見做し、通常の音声データと同様に扱う。

また、遠隔カメラ制御システムと同様に AMIXER サブユニットコマンドを処理するサーバとクライアントの実装を現在行っている [8][9]。実装方法は CAMERA サブユニットに対応する CRCP デーモン、CRCP アプレットと同様である。制御画面を図 6 に示す。ユーザは上部にリアルタイム表示されるレベルメータにより調整すべきチャンネルを識別し、下部のスライダーでレベルを調整することができる。ただし、レベルメータ情報は数 kbps 程度のデータストリームであり、音声ストリームとは独立しているため、音声の再生とレベルメータの表示の同期について今後検討を行う予定である。

5 おわりに

本研究では、機器制御プロトコル CRCP を設計し、遠隔カメラ制御システムを実装、プロトコルの評価を行った。また典型的な応用例として、遠隔会議装置制御システムとして利用した場合の問題点を考察し、その対応策について検討を行った。

マルチメディア環境におけるコミュニケーションでは、ユーザには映像や音声、提示資料の操作など、コンピュータ・リテラシーとネットワーク・リテラシー以上の能力が要求される。前田らはこれらを MCL(Multimedia Communication Literacy) と定義し、その教育の必要性を述べている [10]。本研究で設計した CRCP は、デバイスに依存する制御方式を隠蔽し、ネットワークに対して統一されたインターフェースを提供するため、ユーザが MCL を習得するためのシステムの構築に有効に利用できる。

謝辞

システム実装にご協力頂いた、広島市立大学情報科学部三好陽子さんに感謝します。本研究の一部は、日本学術振興会未来開拓学術研究事業における研究プロジェクト「高度マルチメディア応用システム構築のための先進的ネットワークアーキテクチャの研究」(JSPS-RFTF97R16301)並びに広島市立大学特定研究「放送メディアとインターネットを利用した遠隔教育システム」の支援を受けて実施された。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] H. Schulzrinne, A. Rao and R. Lanphier, "Real Time Streaming Protocol (RTSP)," RFC2326 (1998).
- [2] Imaging and Distributed Collaboration Group, "Remote Camera and Videoswitcher Control Software," available via <http://www-itg.lbl.gov/mbone/devserv/homepage.html>.
- [3] 後藤, 根山, 村岡, "RMCP:遠隔音楽制御用プロトコルを中心とした音楽情報処理," 情報処理学会論文誌, Vol.40, No.3, pp.1335-1345 (1999).
- [4] M. Ohta, K. Nishimura, K. Maeda, R. Aibara, T. Tsushima and H. Fujiwara, "Camera Recorder Control Protocol," Internet Draft, draft-ohta-ccc-video-02.txt (1999). (work in progress)
- [5] 西村, 前田, 相原, "遠隔教育用システムのためのカメラ制御ツールの試作," インタラクシオン'98 論文集, pp.21-22 (1998).
- [6] K. Nishimura, K. Maeda and R. Aibara, "Real-Time Camera Control for Videoconferencing over the Internet," Proc. 5th Int'l Conf. on Real-Time Computing Systems and Applications, pp.121-124 (1998).
- [7] K. Nishimura, K. Maeda, E. Kohno and R. Aibara, "An Integrated Control System for Remote Multimedia Devices over the Internet," 7th Int'l Conf. on Computers in Education (1999). (to be appear)
- [8] 河野, 西村, 前田, 相原, "CRCP による音声ミキサの遠隔制御," ITRC 第 5 回総会・研究会 (1999). (印刷中)

サブユニット名	摘要	コマンド
基本コマンド:		
	SHOW STATUS	STAT [<i>subunit-name</i> [<i>subunit-num</i>]]
	SHOW HELP	HELP [<i>subunit-name</i> [<i>subunit-num</i>]]
サブユニットコマンド:		
POWER	POWER ON POWER OFF	ON OFF
CONNECTION	USER NAME PASSWORD ACCOUNT LOGOUT	USER <i>user-name</i> PASS <i>password</i> ACCT <i>account-information</i> QUIT
FILE	CHANGE WORKING DIRECTORY CHANGE TO PARENT DIRECTORY STRUCTURE MOUNT REINITIALIZE PRINT WORKING DIRECTORY LIST NAME LIST SYSTEM	CWD [<i>directory-name</i>] CDUP SMNT [<i>path-name</i>] REIN PWD LIST [<i>path-name</i>] NLST [<i>path-name</i>] SYST
STREAM	DATA PORT PASSIVE REPRESENTATION TYPE TRANSFER MODE RETRIEVE STORE ABORT	PORT { <i>h1,h2,h3,h4,p</i> <i>h1,...,h16,p</i> <i>host port</i> } PASV { <i>h1,h2,h3,h4,p</i> <i>h1,...,h16,p</i> <i>host port</i> } TYPE {A N L R <i>t1,...</i> S {CELLB JPEG UYVY}} MODE {S P} RETR STOR ABOR
TAPE	PLAY RECORD PAUSE FAST FORWARD	PLAY [<i>direction</i> [<i>stop-position</i>]] RECO [<i>direction</i> [<i>stop-position</i>]] PAUS FF [<i>stop-position</i>]
CAMERA	IRIS SENSITIVITY ROLL PAN TILT ZOOM HORIZONTAL VERTICAL DEPTH FOCUS WHITE BALANCE	IRIS <i>iris</i> SENS <i>sensitivity</i> ROLL <i>roll-position</i> PAN <i>pan-position</i> TILT <i>tilt-position</i> ZOOM <i>zoom-position</i> HORI <i>horizontal-position</i> VERT <i>vertical-position</i> DEPT <i>depth-position</i> FOCU <i>focus</i> WHIT <i>white-balance</i>
AMIXER	INPUT CHANNEL OUTPUT CHANNEL	INCH <i>channel level</i> OUCH <i>channel level</i>

表 2: CRCP コマンド一覧 (本研究で拡張した AMIXER サブユニットを含む)

- [9] 三好, 阪口, 河野, 前田, 天野, "遠隔音声ミキサ制御ツールの開発," 平成 11 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会 (1999). (発表予定)
- [10] K. Maeda, R. Aibara, K. Kawamoto, M. Terauchi and S. Otsuki, "An Environment for Multimedia Communication Literacy," Proc. of ED-MEDIA/ED-TELECOM'97, pp.653-658 (1997).

付 録

A CRCP の仕様 (概要)

CRCP のコマンドの一覧を表 2 に示す。CRCP のコマンドは 2 種類あり, それぞれの実装条件と使用

方法は次の通りである。

基本コマンド すべてのユニットに必ず実装する
{STAT|HELP} [サブユニット] CR LF

サブユニットコマンド ユニット毎に必要なサブユニットを選択して実装する
[サブユニット] コマンド [引数...] CR LF

CRCP では同種のサブユニットを複数持つことを許しており, サブユニットはサブユニット名とサブユニット番号 (自然数) からなる。ただし, 同種のサブユニットがひとつしか存在しない場合はサブユニット番号は省略でき, ユニット全体を通してコマンド名が唯一である場合はさらにサブユニットも省略することができる。