

インターネット上のマルチメディア機器制御プロトコル

西村 浩二[†] 太田 昌孝^{††}
前田 香織^{†††} 相原 玲二[†]

ネットワーク技術の発達と一般家庭へのインターネットの普及とともに、近い将来、家電機器がインターネットから制御できるようになると予想される。しかし、それに適したプロトコルはまだ存在せず、標準化に関する議論も十分にされていない。本論文では、家電機器の制御、特にネットワーク化が進んでいる AV 機器をはじめとするマルチメディア機器の制御を取り上げ、ネットワーク環境における機器制御手法について考察するとともに、標準化すべき事項についてまとめる。そして、Camera Recorder の制御のためのプロトコル CRCP を設計し、評価する。さらに CRCP の応用として、遠隔講義実験について述べる。

A Multimedia Device Control Protocol over the Internet

KOUJI NISHIMURA,[†] MASATAKA OHTA,^{††} KAORI MAEDA^{†††}
and REIJI AIBARA[†]

As the Internet technology emerges, home appliance control over the Internet will commonly available. However, there is no protocol suitable for such purpose, nor discussion on standardization. In this paper, we focus on home appliance control, especially multimedia device such as audio-visual control, and consider its protocol standardization. Then we design CRCP, Camera Recorder Control Protocol, implement and evaluate them. Also we describe the experiments of our distance learning as its applications.

1. はじめに

情報通信技術の発達とともに、家電機器のネットワーク化が進められている。今後は、赤外線リモコンや内蔵タイマなどで制御されている現在の家電機器がインターネットに接続され、家庭内はもとより世界中のどこからでも容易に制御可能になると予想される。すでに電話と DTMF (Dial Tone Multi Frequency) 信号により制御できる機器はあり、これらがコンピュータによってインターネットで制御可能となれば、託児所に預けた子供の様子を職場の端末から確認したり、さらにそれを自宅のビデオに録画するといった、複数の機器やメディアが協調して動作するアプリケーションも容易に実現できるようになる。

ネットワーク環境における家電機器制御の実現に向

けて、制御対象(サーバ)と制御者(クライアント)の間であらかじめ制御手順(プロトコル)を規定する手法^{1)~3)}、機器が持つインタフェースを共通化し、その上で制御手順を標準化する手法^{4)~9)}、分散オブジェクト指向ベースの JAVA¹⁰⁾ を利用し、統一された API (Application Program Interface) の下で機器を制御する手法などが提案されている^{11)~13)}。これらの実現手法は、ネットワークプロトコルやデバイス、API の標準化を独立に進めて検討されたものであり、ネットワーク環境における機器制御の統合的な標準化については十分に議論されていない。

そこで本研究では、家電機器のネットワーク化において先鞭をつけるであろうマルチメディア機器、特にビデオカメラやビデオテープレコーダ(以下、Camera Recorder と呼ぶ)などの AV (Audio Visual) 機器の制御を具体的な対象とし、現在提案されている手法を考察することにより、ネットワーク環境において真に標準化すべき対象は何かについて論じる。またその議論に基づいて CRCP (Camera Recorder Control Protocol)⁴⁾ を設計・実装する。ただし、本研究の最終的な目標はあくまでも電灯など一般の家電機器の制

[†] 広島大学総合情報処理センター
Information Processing Center, Hiroshima University

^{††} 東京工業大学総合情報処理センター
Computer Center, Tokyo Institute of Technology

^{†††} 広島市立大学情報処理センター
Information Processing Center, Hiroshima City University

御であり、CRCP の設計においては機能拡張の容易さも考慮に入れた。

以下、2 章において機器制御に関する標準化とその問題点について考察し、プロトコル標準化の必要性について述べる。3 章では、CRCP の設計方針とその機能、プロトコルの詳細について述べる。4 章では CRCP の実装を行い、ユーザインタフェースの異なる複数のクライアントが容易に実現可能であることを示す。また実験による評価を行う。そして応用例として、遠隔講義（講演会）への利用を紹介する。最後に 5 章で、まとめと今後の展開について述べる。

2. 機器制御方式の標準化

現在、機器制御を目的とする様々な方式が提案されている。以下では、ネットワーク環境において特に重要な、個々の機器の整合性維持と協調動作の点について、それぞれの方式を考察する。

2.1 機器制御プロトコル

機器制御を目的としたプロトコルとしては、IETF (Internet Engineering Task Force) の MMUSIC (Multiparty MUltimedia SessIon Control) 作業部会の成果である RTSP (Real-Time Streaming Protocol)¹⁾ や、MBone (Multicast Backbone)⁵⁾ において遠隔地のカメラやビデオスイッチを制御するための Remote Camera Command Language²⁾、遠隔地にある MIDI (Musical Instruments Digital Interface) 機器を制御して演奏したり、遠隔地と合奏を行うための RMCP (Remote Music Control Protocol)³⁾ などが提案されている。

RTSP は、MMUSIC が少人数の会議において会議装置の制御を行うためのプロトコルを開発する作業部会であることから、クライアントとサーバはストリームデータの受信者が送信者であるというモデルに基づいて設計されている。そのため、RTSP は遠隔監視システムや VoD (Video on Demand) など一部のアプリケーションには適用できるが、制御者が必ずしも送信者や受信者と一致しない一般的な家電機器の利用モデルには十分に対応できない。Remote Camera Command Language は、MBone 環境における遠隔会議への利用を前提に設計されており、カメラやビデオスイッチなど主に映像機器の制御に特化している。一方 RMCP は、MIDI を利用する音響機器の制御に特化しており、またタイムスタンプと時刻同期サーバを用いた時間管理機能やアプリケーションに依存したメッセージを持つなど、特定のアプリケーションでの利用を前提とした設計となっている。

2.2 その他の標準化

マルチメディア機器制御に関する標準化としては、IEEE1394 端子を持つ DV (Digital Video) 機器を制御するための AV/C (Audio/Video Control)⁴⁾ とその関連仕様^{5),6)} やデジタルカメラとプリンタを接続して制御するための DPP (Direct Print Protocol)⁷⁾、赤外線デバイスを利用する同様な IrDA Control Specification⁸⁾、IrTran-P⁹⁾ などがある。これらの例に見られるように、機器制御は付加価値の高い家電製品が先行しており、この傾向は将来の家電機器のネットワーク化についても同様であると考えられる。これらは機器が持つインタフェースを IEEE1394 や赤外線などに共通化し、そのうえで標準化を行ったものである。どちらも別途インターネットとの接続性は議論がされているが、インターネットからの制御の可能性に関してはまだ議論されていない。

一方、インターネットからの機器制御を目的とした標準化としては、JAVA¹⁰⁾ や JAVA をベースとする Jini¹¹⁾、OSG (Open Service Gateway)¹²⁾ などがある。これらは JAVA の統一された API の下で、個々の機器の制御に関する情報を API に準拠した制御プログラムの形で提供し、機器制御を行うというものである。JAVA をベースとする機器制御の標準化にはいくつかの問題点がある。一般に JAVA の実行オーバーヘッドは大きく、CPU に対する負荷が大きい。加えて、制御対象機器ごとに API を準備するため API の仕様が複雑になり、事態はさらに悪化する。また通信の単位が制御プログラムであるため、セキュリティの制御が難しい¹⁶⁾。そして制御プログラムの設計に関する問題としては、制御インタフェースの指針が示されておらず、個々の開発者に委ねられている点がある。単一の GUI (Graphical User Interface) で 1 つのサーバしか制御しない環境では、適切なインタフェースと制御手順を持つ制御プログラムを用意すればよい¹³⁾ ため、この問題は明らかとなりにくい。複数のサーバを連係して制御する環境ではじめて、サーバごとに異なる GUI や制御手順が問題となる。

2.3 プロトコル標準化の必要性

以上の考察から、現在提案されている機器制御のためのプロトコルは、それぞれの環境やアプリケーションを想定したうえで設計されており、その統合的な標準化はまだ行われていないことが明らかとなった。また、マルチメディア機器が持つ様々なインタフェースを利用した制御プロトコルは、標準化は行われているが、インターネットからの制御可能性についての議論はまだ不十分である。一方、ネットワーク環境での利

用を前提とした機器制御のための標準化も進められているが、いくつか問題もあることが分かった。

機器制御においては、制御対象を適切にモデル化し、そのモデルに対する制御インタフェースを規定する必要がある。これはすなわち、サーバあるいはクライアントに固有の制御に関する情報を隠蔽し、それらの中でやりとりされる情報を規定するということであり、本論文が想定するネットワーク環境においては、ネットワークプロトコルの標準化により達成できる。

3. CRCP (Camera Recorder Control Protocol)⁴⁾

以上の議論に基づき、本研究では、Camera Recorder を具体的な対象としてプロトコルを設計した。以下では、CRCP の概要およびプロトコルの詳細について述べる。

3.1 CRCP の概要

CRCP では、コマンドとそれに対する応答は基本的に TCP を利用して通信を行う。TCP を利用することにより、コマンドの到達性や複数のコマンドの順序関係が自動的に保証され、またコマンドと応答の間の対応も容易にとることができる。一方、赤外線リモコンのように単方向の通信しか行うことのできない機器も考慮して、UDP でコマンドを送ることも可能としている。ただし、この場合コマンドへの応答がないので、制御の確実性は別途確認手段が必要である。

CRCP の目的は、赤外線リモコンと同様、あくまでサーバの制御である。そのためクライアントは制御に、サーバはクライアントからの制御を受け付けることに専念し、それらの中で制御以外のデータの通信は行わない。これにより、データの送受信者と制御者が分離でき、複数のサーバが協調動作するアプリケーションの実現が容易になる。ただし、これはクライアントやサーバがデータを送受信する機能と、同じホスト上にあることを禁止するものではない。

ネットワークに対応した Camera Recorder の制御において重要な機能は、ネットワークを通じて他の家電機器と音声や動画像のデータを送受信できる機能である。これに類似した既存のプロトコルとしては、ファイル転送のためのプロトコル FTP (File Transfer Protocol)⁷⁾ がある。そこで、CRCP のデータを送受信する部分は FTP を基に設計した。FTP では、コマンドとその応答は ASCII 文字列で送受信される。CRCP でもその点は同様であり、コマンド名も FTP と同じものを用いている。しかし、CRCP で扱うデータはリアルタイムのストリームデータであり、FTP と

はフォーマットも異なる。また Camera Recorder では、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である。そこで一部の機能の拡張・変更や、新たな機能の追加を行った。

3.2 CRCP の詳細

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。CRCP にはサブユニットとして、電源のオン/オフなどのための POWER サブユニット、クライアント・サーバ間のユーザ認証などのための CONNECTION サブユニット、VoD サーバやオートチェンジャなどでファイルを管理する FILE サブユニット、データの送受信元やフォーマットの指定を行う STREAM サブユニット、テープレコーダ部分に相当する TAPE サブユニット、カメラ部分に相当する CAMERA サブユニットの 6 種類が定義されている。

ユニットに対する制御は個々のサブユニットに対するものであり、ユニットに対する機能拡張はサブユニットを増やすことにより行う。実際 FTP に相当する機能は、CONNECTION、FILE、STREAM の 3 サブユニットが担当しており、テープレコーダ特有の機能拡張として TAPE サブユニット、カメラ特有の機能拡張として CAMERA サブユニットが新たに定義された。さらに、各ユニットにはサブユニットの種類数、使用方法をクライアントに通知する手段として、STAT、HELP コマンドが用意されている。

CRCP のコマンド一覧を表 1 に示す。CRCP には 2 種類のコマンドがあり、それぞれの実装の条件と使用方法は次のとおりである。

基本コマンド すべてのユニットで必ず実装する。

→ {STAT|HELP} [サブユニット] CR LF

サブユニットコマンド ユニットごと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 0 から始まるサブユニット番号の組で区別する。ただし、同種のサブユニットが 1 つしか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サブユニット名も省略できる。

表 1 における以下のコマンドは、FTP における同名のコマンドとその意味および用法が異なる。

DATA PORT (PORT)

PASSIVE (PASV) TRANSFER MODE に対応する UDP のポートを指定する。ホストアドレスは DNS (Domain Name System) によるドメイン

表 1 CRCP のコマンド
Table 1 The commands of CRCP.

Subunit Name	Description	Command Syntax
<i>Basic Commands:</i>		
	SHOW STATUS	STAT [<i>subunit-name</i> [<i>subunit-num</i>]]
	SHOW HELP	HELP [<i>subunit-name</i> [<i>subunit-num</i>]]
<i>Subunit Commands:</i>		
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] 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>

ン名が推奨される。アドレス指定においては、ユニキャストかマルチキャストか、IPv4かIPv6かの別を問わない。

REPRESENTATION TYPE (TYPE) A は ASCII, R は RTP (Real-time Transport Protocol) カプセル化された音声・動画データ, S は SunVideo¹⁸⁾ を意味する。ASCII は LIST, NLST コマンドに対して使用し、引数を付ける場合は N とする。音声・動画データフォーマットは、別途定められている RTP ペイロードタイプに従う。SunVideo の場合は、CELLB, JPEG, UYVY の各フォーマットから選択する。

TRANSFER MODE (MODE) S はストリーム (TCP), P はパケット (UDP) を意味する。将来の拡張として、第 2 引数により RSVP (Resource Reservation Protocol) における QoS (Quality of Service) の指定を行うことを検討している。

RETRIEVE (RETR) データの送を開始する。TRANSFER MODE により QoS が指定されている場合は、データとともに PATH メッセージも送出される。ただし、TAPE ユニットにおいては、PLAY コマンドが発行されるまで何も表示されず、ノイズ音あるいは無音となる。

STORE (STOR) データ受信の開始. **TRANSFER MODE** により QoS が指定されている場合は, **RESV** メッセージも送出される.

ABORT (ABOR) データの送出・受信を終了する.

PATH, **RESV** メッセージの送出も停止される. 上記のほか, **CRCP** ではテープレコーダおよびカメラに関する **TAPE**, **CAMERA** サブユニットのコマンドが追加されている. それぞれ引数により, 絶対的あるいは相対的にテープ位置や走行方向, カメラの向きやズーム比などを指定できる. また **STAT** コマンドは, **TAPE**, **CAMERA** 両サブユニットに対してそれぞれ次のように動作する.

TAPE STATUS (STAT TAPE) 応答は複数行からなる. 1 行目は現在実行中のコマンドとテープの現在位置を示す. 2 行目以降は, このサブユニットに実装されているコマンドと引数をとる場合は引数の有効範囲を, 各行に 1 つずつ表示する.

CAMERA STATUS (STAT CAMERA) 応答は複数行からなる. 1 行目は "OK" などの文字列で, 無視してよい. 2 行目以降は, このサブユニットに実装されているコマンドと引数の有効範囲および現在の状態を, 各行に 1 つずつ表示する. コマンド列の適用順序を不可換とするため, 各行は実行されるべき順序で表示する. たとえば, **ROLL** を **HORI** に先立って実行すべきであれば, **ROLL** 行が **HORI** 行に先行して表示される.

クライアントは, 制御に先だって **STAT** コマンドを発行し, そのユニットにおける有効なサブユニットと, コマンドおよび引数の範囲を受け取る.

4. CRCP の実装

本研究では, **CRCP** サーバと 2 つの **CRCP** クライアント (アプレット, ジョイスティック) を実装し, 実験と評価を行った. クライアントとサーバの開発は, 主に Linux 2.0.30 と Solaris 2.5 上で C 言語と JAVA により行い, 制御対象は雲台付きビデオカメラ Canon VC-C1 (以下, VC-C1 と呼ぶ) とした. このカメラは RS-232C インタフェースを持ち, 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メーカ独自のプロトコルを備える¹⁹⁾.

4.1 実装

実装した **CRCP** クライアントと **CRCP** サーバの関係を図 1 に示す. 図 1 において, 太字斜体で示される部分が今回実装を行った部分である.

CRCP デーモン (crepd) VC-C1 が接続されたホスト上で動作する, VC-C1 専用の制御プログラ

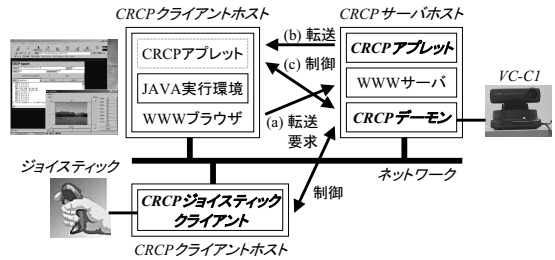


図 1 CRCP クライアント/CRCP サーバの実装

Fig. 1 Implementation of CRCP Client/CRCP Server.



図 2 CRCP アプレット使用例

Fig. 2 Snapshot of using CRCP applet.

ムである. **CRCP** に基づいたコマンドの受け付けとそれに対する応答を行い, 独自プロトコルにより雲台部・カメラ部の制御を行う.

CRCP アプレット (Crcp*.class) JAVA の実行環境を持ったクライアントに送られる JAVA アプレットで, Netscape Communicator 4.5 または Internet Explorer 4.0 で動作する. **CRCP** アプレットは, **CRCP** サーバ上の WWW (World Wide Web) サーバの管理下に置かれ, WWW ブラウザで **CRCP** アプレットを含む HTML (HyperText Markup Language) ページを指定する (図 1 (a)) ことでダウンロードされ (同 (b)), 実行される (同 (c)). **CRCP** サーバに接続し, VC-C1 を操作している様子を図 2 に示す. 左上のウィンドウにおいて **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, 以降はそのウィンドウ上のスライダーでカメラの **PAN**, **TILT**, **ZOOM** などの操作を行う.

CRCP ジョイスティッククライアント (js) ジョイスティックが接続されたホスト上で動作する.

表 2 カメラ制御のためのデータ長とその転送時間 (PAN 処理の場合)
Table 2 Data length and its transfer time for camera control (for PAN operation).

制御区間	制御プロトコル	データ長 (bytes)	転送時間 (ms)	実測値 (ms)	
クライアント → サーバ	CRCP	47 ~ 51	0.25 ~ 0.28	57.684	
	VC-C1 独自	56 または 58	0.30 または 0.31		
サーバ → VC-C1	VC-C1 独自	16 または 18	16.7 または 18.8		61.182
サーバ ← VC-C1	VC-C1 独自	12	12.5		
クライアント ← サーバ	CRCP	59	0.32		
	VC-C1 独自	52	0.28		

データ長: 制御コマンドの長さ. クライアント・サーバ間は TCP, IP のヘッダ (40 bytes) を含む.

転送時間: クライアント・サーバ間を 1.5 Mbps, サーバ・VC-C1 間を 9600bps としてデータ長から計算した時間.

実測値: 100 回の平均. クライアント・サーバ間は 10 Mbps Ethernet, サーバ・VC-C1 間は 9600bps.

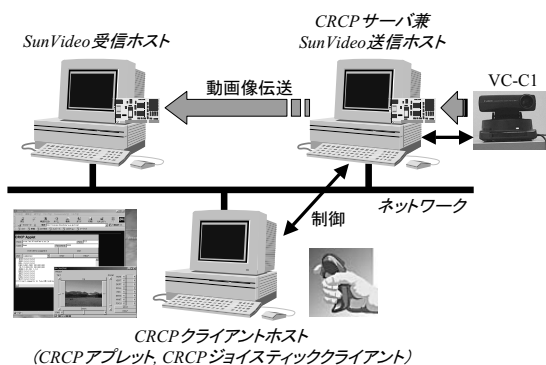


図 3 実験のシステム構成

Fig. 3 System configuration of the experiment.

このプログラムでは、ジョイスティックを倒す向きとその強さを雲台の移動方向と移動速度に、2つのボタンの操作をズーム比(望遠と広角)の指定に対応させている。そのため、CRCP アプレットが雲台やカメラを絶対的な位置や値で制御するのに対して、CRCP ジョイスティッククライアントでは現在の位置や値を基準とする相対的な制御を行うことができる。

このほか、CRCP は FTP と同様に ASCII 形式のコマンドと応答を使用するため、telnet を CRCP クライアントとして利用することもでき、新たな CRCP サーバを構築する際のデバッグツールとして使用することもできる。

4.2 実験とプロトコル評価

CRCP アプレットと CRCP ジョイスティッククライアントから、VC-C1 を接続した CRCP サーバを制御し、さらに CRCP サーバに装着したビデオキャプチャカード SunVideo¹⁸⁾ で取り込んだ動画を、別のホストに伝送する実験を行った(図 3)。SunVideo にはサンプルとして動画送受信プログラムが添付されており、CRCP デーモンは RETR コマンドによって送信プログラムを起動し、画像データを送信する。受信プログラムは SunVideo 受信ホスト上で起動し、

CRCP クライアントホストから画像伝送の開始・終了などの制御が行えることを確認した。

次に、CRCP を導入することによる応答時間への影響を調べた。CRCP および VC-C1 独自プロトコルで PAN 処理を行う場合を想定して、各制御区間を流れるデータ長から計算した転送時間、および 10 Mbps の Ethernet 環境における CRCP サーバの応答時間の実測値を表 2 に示す。なお、応答時間には転送時間以外にサーバ上の処理時間と VC-C1 内のコマンド処理時間が含まれる。データ長には TCP, IP のヘッダ (40 bytes) を含み、クライアント・サーバ間を 1.5 Mbps と仮定して転送時間を計算した。一方、サーバ・VC-C1 間は 9600 bps である。表 2 から、計算した転送時間、処理時間を含む実測値いずれもサーバ・VC-C1 間にかかる時間が支配的であり、CRCP のプロトコルオーバーヘッドも十分小さいため、応答時間への影響はないことが分かった。

実装したクライアントに関しては、次の点に注意する必要がある。CRCP アプレットは、クライアントが JAVA の実行環境を持つ場合には有効な制御手段となる。しかし、2 章で述べた問題点のうち、セキュリティについては各 CRCP コマンドの発行時に利用者単位の認証を行うことで解決できるが、CRCP アプレットは GUI も含めて規定しているため、複数のサーバを協調動作させるには別の適切なアプレットを用意する必要がある。

4.3 CRCP による機器制御の応用例

情報通信技術の発達は、高等教育機関における講義のあり方にも大きな変化をもたらしている。一定の条件を満たした遠隔講義は大学の単位として正式に認定されるというものである。遠隔教育のための環境構築の研究はすでにいくつも行われており、筆者らも遠隔制御カメラを利用した遠隔講義実験を繰り返し行って

動画像伝送が比較的快適に行える環境として MPEG1 の標準的な帯域を仮定したが、さらに少ない帯域を仮定しても RS-232C に比較して十分高速であるため、同様な議論が成り立つ。



図 4 CRCP ジョイスティッククライアントを使用した遠隔講義実験の一場面

Fig. 4 Scene of distance learning experiment using CRCP joystick client.

いる(図4)^{20)~22)}。

遠隔講義の利点は、遠く離れた講師と受講者が音声と動画像により双方向に通信できることにあるが、もう1つの利点は、各地に点在するマルチメディア教材を講義に利用できることにある。たとえば、地球の裏側にある天体望遠鏡や全国に数カ所にしかない高性能な電子顕微鏡、さらにその試料を操作するロボットアームなどである。CRCPを利用すれば、これらがすべて同じユーザインタフェース——たとえばジョイスティック——で操作できるようになる。

また、遠隔講義においては受講者の様子を講師へフィードバックする機能が重要である。筆者らの実験結果からも、講義の質と緊張感を保つためには、講師が自由に遠隔カメラを制御できることが重要であることが分かっている。ただし、動画像の伝送にある程度以上の遅延が含まれる場合、遠隔カメラの制御アプリケーションにはその遅延を考慮したものが望まれるため、操作性を向上させる試みも行っている^{23),24)}。

5. おわりに

本論文では、マルチメディア機器の制御、特に Camera Recorder を対象としたネットワークプロトコル CRCP を設計した。その際、制御に関する機器固有の情報はネットワーク上のどこに配置すべきかという観点から、既存の手法の問題点を整理し、ネットワーク環境における機器制御にはネットワークプロトコルの標準化が不可欠であることを述べた。

また、CRCP に準拠したサーバと、異なるユーザインタフェースを持つ複数のクライアントプログラムを

実装し、それぞれの特徴について述べた。ネットワークプロトコルを標準化することで、本来無関係であるはずの制御とユーザインタフェースは正しく分離され、クライアントの開発者は必要に応じて、様々なユーザインタフェースを提供することができる。最後に、具体的なアプリケーションとして遠隔講義システムを取り上げ、筆者らが行った遠隔講義実験についても紹介した。

ネットワークは年々高速・大容量化しており、その傾向は今後さらに加速すると思われる。しかし依然として、伝送遅延や符号化遅延など、取り除くことの困難な遅延が制御に及ぼす影響は無視することができない。そこで今後は、CRCP に準拠したアプリケーションを充実させていくと同時に、遠隔講義実験で問題となった、遅延により生じる遠隔カメラの操作性の問題について研究を進めたい。

謝辞 日頃から本研究に関して有益なご助言・ご協力をいただいた ITRC (インターネット技術研究委員会) 分散型マルチメディア基盤分科会メンバに感謝します。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)なら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」(9985)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) Schulzrinne, H., Rao, A. and Lanphier, R.: Real Time Streaming Protocol (RTSP), RFC 2326 (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) 後藤真孝, 根山 亮, 村岡洋一: 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) 1394 Trade Association: AV/C Digital Interface Command Set General Specification, Version 2.0.1 (1998).
- 5) 1394 Trade Association: AV/C Camera Subunit Specification, Version 1.0 (1999).
- 6) 1394 Trade Association: AV/C Digital Interface Command Set VCR Subunit Specification, Version 2.0.1 (1998).
- 7) 1394 Trade Association: Direct Print Protocol Specification, Version 1.0 (1998).

- 8) Chock, R., et al.: IrDA Control Specification (Formerly IrBus) Final Specification, Final revision 1.0 (1998).
- 9) Takagawa, Y., et al.: IrTran-P (Infrared Transfer Picture) Specification, Version 1.0 (1997).
- 10) Sun Microsystems, Inc.: Java (tm) Technology Home Page. Available via <http://java.sun.com>.
- 11) The Jini Community: www.jini.org Home Page. Available via <http://www.jini.org>.
- 12) OSG Initiative: OSGI Homepage. Available via <http://www.osgi.org/osgi.html/osgi.html>.
- 13) 平松薫, 森 啓, 納谷太, 大里延康: Java アプレットを用いたネットワーク型ロボットインターフェース, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.12, pp.3315-3323 (1998).
- 14) Ohta, M., Nishimura, K., Maeda, K., Aibara, R., Tsushima, T. and Fujiwara, H.: Camera Recorder Control Protocol, Internet Draft draft-ohta-ccc-video-02.txt (1999). (work in progress).
- 15) Macedonia, M.R. and Brutzman, D.P.: Mbone Provides Audio and Video Across the Internet, *IEEE Computer*, Vol.27, No.4, pp.30-36 (1994).
- 16) Yellin, F.: Low Level Security in Java, *Proc. 4th Int'l World Wide Web Conf.*, pp.369-379 (1995). Available at <http://www.w3.org/Conferences/WWW4/Papers/197/40.html>.
- 17) Postel, J. and Reynolds, J.: File Transfer Protocol (FTP), RFC 959 (1985).
- 18) Sun Microsystems, Inc.: *SunVideo User's Guide* (1994).
- 19) CANON INC.: *Canon VC-C1 COMMUNICATION CAMERA PROGRAMER'S MANUAL* (1994).
- 20) 前田香織, 相原玲二, 川本佳代, 寺内睦博, 河野英太郎, 西村浩二: 高速回線と Mbone ツールを用いた遠隔講義, 情報処理学会研究報告, DPS-79-21, pp.113-118 (1996).
- 21) 前田香織, 相原玲二, 川本佳代, 寺内睦博, 西村浩二, 河野英太郎: 遠隔講義のためのマルチメディア通信環境, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-B-I, No.6, pp.348-354 (1997).
- 22) 前田香織, 相原玲二, 大槻説平: 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).
- 23) 西村浩二, 前田香織, 相原玲二: 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).
- 24) Nishimura, K., Maeda, K. and Aibara, R.: 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).

(平成 11 年 5 月 6 日受付)

(平成 11 年 12 月 2 日採録)



西村 浩二 (正会員)

1990年広島大学工学部第二类(電気系)卒業. 1992年同大学院工学研究科博士課程前期修了. 全日空システム企画(株)を経て, 現在, 広島大学総合情報処理センター助手. 工学修士. マルチメディア機器のリアルタイム遠隔制御, ATM ネットワークの管理に関する研究に従事. 電子情報通信学会会員.



太田 昌孝 (正会員)

昭和 57 年東京大学理学部情報科学科卒業. 昭和 62 年同大学院理学系研究科情報科学専門課程博士課程単位取得退学. 同年より東京工業大学総合情報処理センター助手. 博士(理学). コンピュータグラフィックス, マルチメディア処理, UNIX, 計算の高速化, 超高速・高機能インターネット等の研究に従事.



前田 香織 (正会員)

1982年広島大学総合科学部卒業. 同年同大学工学部助手. 1990年(財)放射線影響研究所入所. 1994年広島市立大学次情報科学部助手を経て, 現在, 同大学情報処理センター講師. 情報工学博士. コンピュータネットワーク, マルチメディア通信の教育利用に関する研究に従事. 電子情報通信学会会員.



相原 玲二 (正会員)

1981年広島大学工学部第二类(電気系)卒業. 1986年同大学院博士課程修了. 同大学同学部助手, 同大学集積化システム研究センター助教授を経て, 現在, 同大学総合情報処理センター助教授. 工学博士. マルチプロセッサシステムの設計, 製作, コンピュータネットワークの研究に従事. 電子情報通信学会, IEEE Computer Society 各会員.