

RCML: アールキューブ操作言語の開発 (第2報)

- 試験的実装 -

Development of R-Cube Manipulation Language (2nd report)
- An Experimental Implementation -

柳田 康幸, 川上 直樹, 小山 欣吾, 高橋 周孝, 林 隆介, 舘 暲
Yasuyuki YANAGIDA, Naoki KAWAKAMI, Kingo KOYAMA,
Hirotaka TAKAHASHI, Ryusuke HAYASHI and Susumu TACHI

東京大学 大学院工学系研究科
(〒113 東京都文京区本郷 7-3-1,
{yanagida, kawakami, king, hirotaka, hayashi, tachi}@star.t.u-tokyo.ac.jp)

Abstract: We have proposed a language RCML (R-Cube Manipulation Language) to describe the remote robot and the environment, and a protocol RCTP (R-Cube Transfer Protocol) to communicate with the remote robot site, based on the requirements for real-time remote robotics. In this paper, the design of the functional configuration of RCML-based system is described and an experimental implementation of the server/client software is shown.

Key words: R-Cube, tele-existence, RCML, RCTP, VRML, Java

1 はじめに

アールキューブ[1]ネットワークの実現へ向けて、遠隔ロボット制御およびロボット感覚情報提示に関する環境記述、運動制御、情報提示のための言語、アールキューブ操作言語 (RCML: R-Cube Manipulation Language)[2]および通信プロトコル、アールキューブ通信プロトコル (RCTP: R-Cube Transfer Protocol)の開発を進めている。その第一段階として、RCMLシステムの機能構成を設計し、サーバ・クライアントソフトウェアの試験的実装を行った。

2 開発の基本方針

現在インターネットにおいて3次元仮想空間へのアクセスを行う場合、VRML[3]が標準として用いられている。RCMLの開発では、この既に標準化されている仮想空間へのアクセス方法とシームレスな形で実空間へのアクセス手段を提供する。そのため、第一段階では極力既存の標準的なソフトウェア、言語、プロトコルを利用して実装を試みる。その上で、現在のソフトウェア体系およびネットワークに関する問題点を明らかにし、現行の標準ソフトウェアおよびネットワークの形態に対するフィードバックを行う。性能面や機能の上で、現行の標準ソフトウェアの範囲内では不十分な場合は、必要に応じて適宜新たなソフトウェアを作成し、一般化する方針をとる。

3 システムの機能構成

RCMLシステムの機能的な構成を図1に示す。ここでは、ロボット側をサーバ、ユーザ側をクライアントとして定義する。ユーザ側に遠隔ロボットと同様な機械的装置が存在し、力や形状提示を行う場合には、ユーザ側のデバイスをサーバ側として扱うものとする。すなわち、実世界に空間的な働きかけを行うデバイスに関しては、対称な構成をとる。

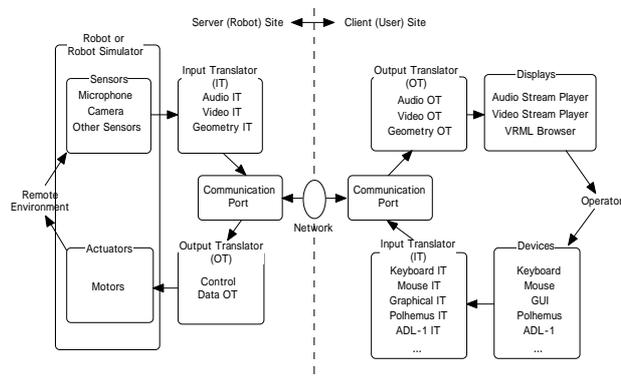


図1 RCMLシステムの機能的構成

また、本構成において、デバイスとは物理的なデバイスのことではなく、情報の入出力を行う機能上のユニットのことを言う。例えば、通常 GUI と呼ばれるユニットは、ボタンやスクロールバーを備え、キーボードやマウスといった物理的デバイスと連携してデジタル情報やアナロ

グ情報の入出力を行う機能を持ち、ここでは GUI を単一のデバイスとして扱う。一方で、キーボードのキーにより直接コマンドを入力する場合には、キーボード単体がデバイスとして扱われる。

ネットワーク上に流れる情報の形式は、汎用性を考慮してあらかじめ定めた標準形式に従うものとする。例えば、ロボットの先端位置を制御するための情報は、特定のデバイスやモニタの構造に依存しないデカルト座標系のみとする。

遠隔ロボットの臨場感制御に必要な情報は、以下のものである。

- 管理情報（双方向）：ネットワーク接続、異常事態への対応など。
- ロボット制御情報（クライアント サーバ）：ユーザの操作情報を遠隔ロボットへ伝達する。
- 感覚情報（サーバ クライアント）：視覚（ビデオ信号）、聴覚（オーディオ信号）などのユーザへ提示する感覚信号。もっぱら空間的なアクチュエータを持たないデバイスにより提示可能な信号。
- ステータス情報（サーバ クライアント）：遠隔ロボットの状態をユーザ側へ送る。ユーザ側に遠隔環境のコピーとしての仮想環境を構築する場合に利用される。

さらに、本構成では Translator という概念を導入する。これは特定のデバイスやディスプレイの性質に依存する情報とネットワーク上を流れる標準形式の情報の間の変換を行うユニットである。例えば、リンク式位置・姿勢計測装置などの 3 次元入力デバイスにより計測した情報（例：関節角）は Input Translator により標準的な空間記述形式（デカルト座標）に変換され、通信ポートを通してサーバ側へ送られる。その情報はロボット側で Output Translator によりモニタの構造に依存した制御指令値へと変換される（この時、必要ならば逆キネマティクスを解くなどの処理を行う）。感覚情報の側の例を挙げると、カメラから得られたビデオ信号はサーバ側の Input Translator (Video Stream Encoder) により標準形式のビデオストリームへと変換され、ネットワークに送出される。ユーザ側で受信されたビデオストリームは適切な形に変換されてディスプレイへと出力される。

以上の機能ユニットは物理的なハードウェアやプログラム単位とは独立である。例えば、ビデオストリームの再生ソフトウェアは Output Translator とディスプレイにまたがる処理を行うであろうし、ユーザの動作計測デバイスはハードウェアユニットとソフトウェアドライバを含み、リアル通信などの回線を含む場合がある。

RCML で提供される情報は、前述のネットワーク上でやりとりされる情報の種類とその属性（デジタル/アナログ、自由度数、感覚信号の種類など）である。クライアント側ではその情報の種類・属性に対して利用可能なデバイスとディスプレイを割り当てる。

4 試験的実装

以上のコンセプトに基づき、試験的かつ部分的な実装を行った。クライアントは Windows95 の稼動する PC/AT 互換機、サーバは UNIX 系 OS を搭載し仮想ロボットシミュレータの画像生成を高速に行うことができるグラフィックスワークステーション(SGI Indigo2)を用い、これらを LAN で接続した。クライアント側では通信ポート、データ入力（GUI を含む）を Java により実装し、サーバ側ではロボットシミュレータと通信ポートを C++ で記述した。環境の記述は VRML で行っている。ロボットシミュレータは現在のロボットの頭部位置・姿勢に基づき仮想カメラ画像を生成する。また、ロボット頭部を模擬した姿勢制御可能なカメラを接続した。カメラ画像は Window95 の動作する PC によりキャプチャ・エンコードされ、SGI 上のビデオストリームサーバからクライアントへ送出される。ビデオストリームのソフトウェアには RealVideo を用いている。クライアント PC のブラウザの GUI もしくは接続されたデバイスで操作を行うと、仮想ロボットの頭部や腕などの姿勢もしくはカメラの方向が変化し、それに対応した（仮想）カメラ画像が送られる。同時に、カメラの現在の方向もしくは仮想ロボットの姿勢がクライアントにステータス情報として送られ、VRML ブラウザで仮想的な視点から観察することができる。VRML ブラウザには、ソニーの Community Place Browser[4]を使用している。

現在の問題点としては、クライアント PC 上で複数のソフトウェアを同時実行しているせいか処理が重く、スムーズに制御情報が送出されないという現象が確認されている。

5 むすび

アールキューブ操作言語 RCML を用いるシステムの機能設計と試験的実装について述べた。本実装は固定的なものではなく、システム構築を進めるにつれて問題が生じた場合は柔軟に変更を行う予定である。なお、本研究は通産省の国際標準創成型研究開発「ロボット制御システム」の一環として行われた。本研究の遂行にあたり、貴重なアドバイスをいただいたソニー(株)アーキテクチャ研究所 松田晃一氏ならびに樋江井太氏に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 通産省アールキューブ研究会：「アールキューブ」、日刊工業新聞社 (1996)
- [2] 柳田, 川上, 舘：RCML: アールキューブ操作言語の開発（第 1 報）、本大会論文集 (1997)
- [3] M. Pesce: "VRML Browsing and Building Cyber-space", Macmillan Publishing (1995)
- [4] URL <http://vs.sony.co.jp/>