

論文の内容の要旨

論文題目 An Interactive Manipulation Approach for Networked
Robot Systems`
(ネットワークロボットシステムにおけるインタラクティブな操作法の研究)

氏 名 鄧 惟 中`

近年ネットワーク技術の著しい発達により、従来のテレロボットシステムをネットワーク経由で実装する研究が今まで盛んに行われてきた。この新しい応用分野のひとつの形にアールキューブ (R-Cubed), または実時間遠隔ロボット制御技術という研究開発構想があったのである。アールキューブの大きな特徴として、操作者はあたかも自分が遠隔地に居て振舞う感覚で遠隔地にあるロボットを操作する、いわばレイグジスタンス方式でありながら、このロボット操作をネットワーク資源として個人が気軽に利用できるとの二点が挙げられる。本論文はアールキューブ構想を基にして、異機種・異構造のロボットシステムと操作するネットワーク端末を結びつける汎用性のもつ手法を開発提案する。

提案した手法のシステム構成を図 1 に示す。ロボットをネットワーク資源として扱うため、クライアント・サーバ構造を取り入れる。また、ロボット側と操作者側の情報の入出力を行う機能上のユニットを入出力オブジェクトと呼び、そして任意の入力オブジェクト・出力オブジェクトのペアを可能にする構造を導入することで、異機種・異構造のロボットシステムに対するフレキシブルな操作系の実装が出来るようになる。さらに、物理デバイスやディスプレイが扱う特定形式の情報とネットワーク上を流れる標準形式の情報の間に変換を行うモジュールであるトランスレータという機構を導入することで、すべての実装システムが共通の通信プロトコルを利用できると図る。

このシステム構成を実現するには、2つの基礎技術が必要とされる。一つはサーバである遠隔ロボットの情報記述、例えば遠隔環境の 3次元モデル、ロボットの位置、入出力オブ

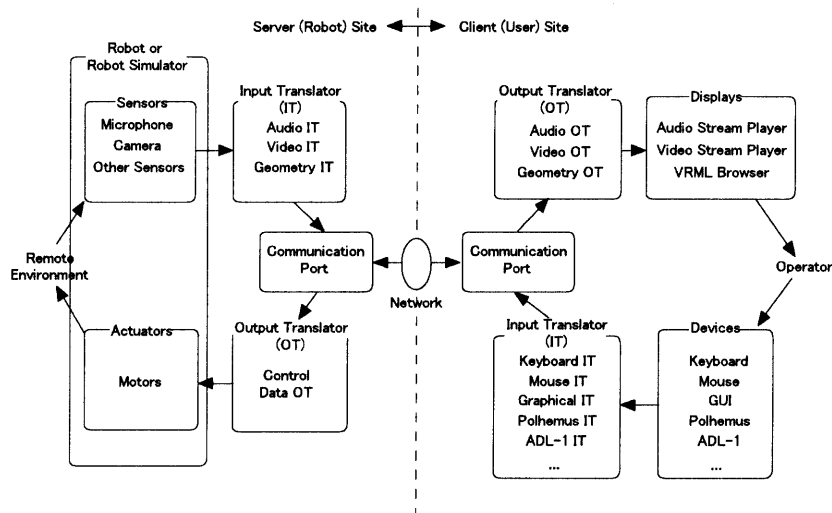


図1 機能レベルのシステム構成

ジェクト構成，自由度配置，制御パラメータなどが挙げられる．もう一つは上記のシステム構成に合わせたサーバとクライアントの間の通信プロトコルである．我々はその必要を満たすべく，アールキューブ操作言語(R-Cubed Manipulation Language, RCML)とアールキューブ通信プロトコル(R-Cubed Transfer Protocol, RCTP)を開発提案したのである．

RCML では遠隔環境の 3 次元モデル記述をするのに，すでに ISO 標準になった VRML97 を取り入れる．また，他の情報は VRML97 の PROTO 機能を用いて形式を定義し，表 1 のツリー構造になっている．RCML_Robot ノードはサーバ全般の情報を記述しながら，layer 2 のノードを包括する．システムノードはサーバとクライアントのシステム構成などの情報を記述し，入出力オブジェクトはその扱う情報の種類により違った種類のノードを用いてその情

表 1 RCML におけるノード構造

Layer 1 Node	RCML_Robot	
Layer 2 Node	System Node	RCML_Server RCML_Client
	Input Object Node	RCML_VideoInput RCML_AudioInput RCML_ControlInput RCML_TextInput RCML_BinaryInput
	Output Object Node	RCML_VideoOutput RCML_AudioOutput RCML_ControlOutput RCML_TextOutput RCML_BinaryOutput
Layer 3 Node	RCML_Control Input Node	RCML_CIData
	RCML_Control Output Node	RCML_COData

報を記録する。最後に、制御情報の入出力オブジェクトは通常複数存在するため、layer 3 のノードに細分して記述するよう定義する。

クライアントがサーバに接続し、操作を行う手順は RCTP に定義されるのである。一回の接続は三つの段階に細分できる：

- (1) 操作者が WWW サーバなどから RCML ファイルを入手し、クライアントソフトによりこの RCML ファイルを解析する。
- (2) RCTP サーバに接続を要求し、RCML ファイルで記述した情報を元に利用可能なデバイスとディスプレイを割り当てる。
- (3) 制御を行うための接続を切断するまでの遠隔操作。

1 段階目は HTTP コネクションで実現できて、そして 2 と 3 段階目は RCTP コネクションに属する。RCTP では、それぞれネゴシエーションフェーズとライブセッションフェーズと呼ぶ。ネゴシエーションフェーズではクライアントがオブジェクト単位でロボットの制御権を要求し、成功の場合ではサーバが許可を下すとともにオブジェクトの ID 及び初期値を発行する。ネゴシエーションフェーズの通信のやり取りは HTTP/1.0 をベースに上位互換の形になっているが、オブジェクトの割り当ておよび次のフェーズへの移行をするため ASSIGN と GO の二つの拡張メソッドを定義する。そして、ライブセッションフェーズの通信はバイナリモードで行われる。複数コマンド・データの多重送信を行い、通信のオーバーヘッドを回避するとともに、各トランスレータが独自に通信手段を持たずにすむような構成をとった。図 2 にシナリオの詳細を示す。

RCML・RCTP システム設計の有効性は、試験的実装システムにより検証を行った。入出力オブジェクト指向なシステム構成をとったため、フレキシブルな操作インターフェースを構築できることが確認されている。図 3 に実装システムを用いて操作するスクリーン画面を示す。

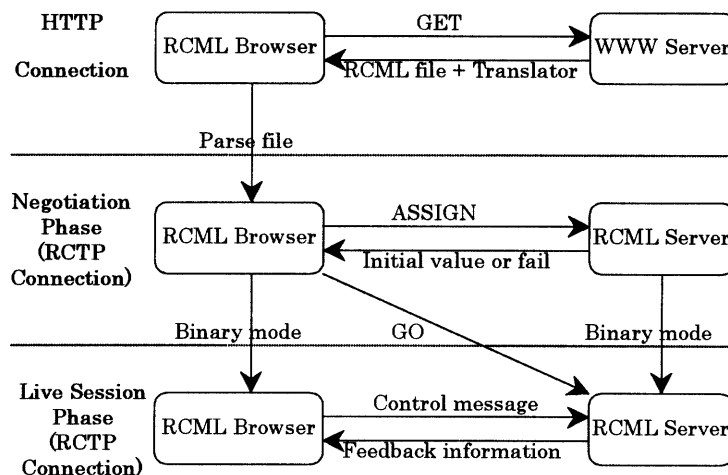


図 2 RCTP コネクションのシナリオ

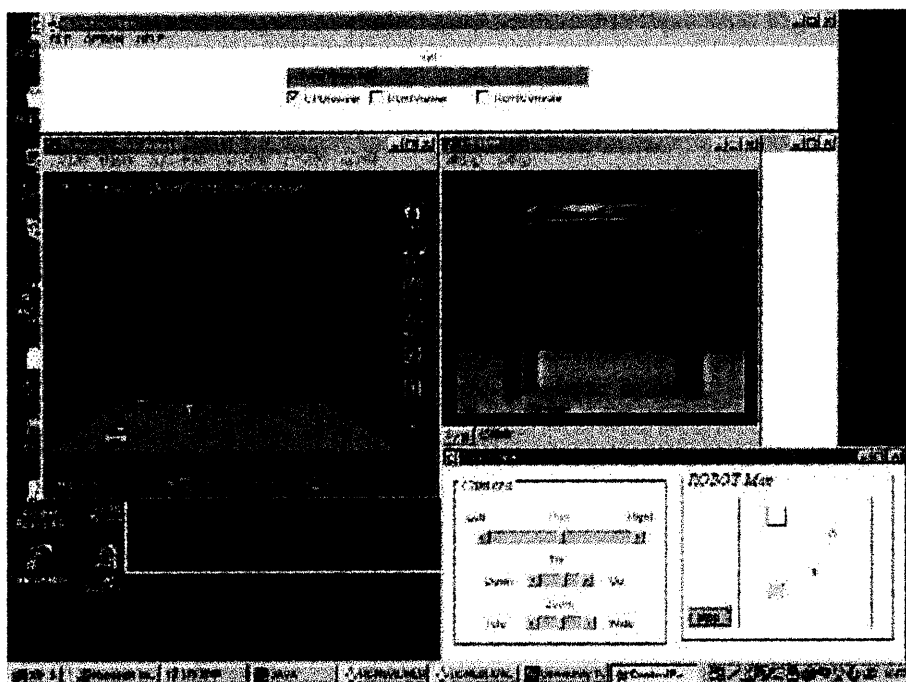


図3 クライアントの操作画面

結論として、本研究は異機種・異構造のロボットシステムと広範な入出力デバイスを結びつき、インタラクティブな操作を行うのに、汎用的なアプローチの開発および検証を行った。このアプローチにより遠隔ロボット操作システムの標準化の可能性も示されているのである。