

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 関口大陸

本論文は「ネットワーク型パーソナルロボットシステム構築法の研究」と題し、6章からなる。近年、ネットワークでロボットを結び、遠隔からロボットを自在に利用する所謂ネットワークロボティクスが盛んになりつつある。しかし、現在の状況は、専用の装置や回線を利用するものが大半で、パーソナルな環境でロボットを気軽に操作するための本格的な取り組みは少ない。本論文は、アールキューブ (Real-time Remote Robotics) 構想の一環として、ネットワーク型パーソナルロボットシステム構築のためのフレームワークを提案し、その工学的実現に向け、設計法を明らかにするとともに、実際のシステムを構成してその効果を実証して、今後の実用と応用への道を拓いたものである。

第1章は「序論」で、従来のテレロボティクス研究にはパーソナルなシステムとしての視座が欠落していたこと、またインターネットを利用する現在のコミュニケーションシステムでは、ロボットをインタフェースとして利用するという観点がなく、かつアドホックなシステムにとどまっている点を指摘し、本研究では、パーソナルなシステムでありながら、遠隔ロボット制御に最適なシステムで、かつ一般的なフレームワークとして機能するという三つの要素実現の重要性を説いて、それらの機能を有するネットワーク型パーソナルロボットシステムを実現するための構築法を提案するという本研究の目的と立場と意義を明らかにしている。

第2章は、「アールキューブ操作言語」と題し、ここで提案するシステムを所謂アールキューブ構想におけるボトムアップアプローチとして位置付け、アールキューブ操作言語システム第2版を提案している。アールキューブ操作言語の背景や先行研究や類似研究の問題点を考察したあと、それを解決するための要求仕様を明らかにし、その要求仕様を満たすためのモデルとして、イントロスペクション性を Remote Memory Access モデルに付与したモデルである Self-Descriptive Remote Memory (SDRM) モデルを提案している。次に、提案した SDRM モデルに基づき、遠隔ロボットの記述言語である RCML 2.0 と通信プロトコル RCTP/2.0 (R-Cubed Transfer Protocol) および GUI (Graphical User Interface) を定義する RXID 2.0 (RCML Extensible Interface Definition) を提案し設計して、具体的なシステムを構築している。ロボットの制御を各ロボットが持っているロボットの各軸に対応づけられた変数へのアクセスと抽象化し、ネットワークを経由してこれらの変数を書き換えることにより遠隔制御を行う。また、ユーザインタフェースを定義するための言語である RXID を設けることで多様な使用形態への対応を可能としている。RXID で定義されるユーザインタフェースの各要素と、RCML で定義される変数集合は、RXID ファイルから RCML ファイルへの一方向リンクで結び付けられているため、RCML ファイルの独立性が高められ、RXID ファイルに対する変更や、新たな RXID ファイルの作成を行った場合でも、基となる

RCML ファイルを変更する必要がない。なお、RCML 2.0 および RXID 2.0 は、共に XML (Extensible Markup Language) に基づいて記述されており、言語としての記述の容易性や拡張性等が保証されている。

第3章は「アールキューブ操作言語の実装」と題し、第2章で行ったアールキューブ操作言語の設計に基づき、実際のシステム実装を行っている。まず、設計にそった最適な実装方法に関する検討を行い、PC をクライアントとするシステムを実装するとともに、クライアントとして PDA (Personal Digital Assistant) および携帯電話をサポートするためのシステムのシームレスな実装にも成功している。また、実装した各システムの性能評価も同時に行って提案システムの有効性を実証している。

第4章は「ネットワーク環境におけるロボティックユーザインタフェース」と題し、パーソナルロボットが人間へのインタフェースとして機能するという視点に基づき、ロボティックユーザインタフェース (RUI: Robotic User Interface) の概念を提唱している。提案する RUI では、遠隔環境をユーザの周囲に再構成するのではなく、遠隔ロボットそのものをユーザの手元にハードウェアとして提供する事により、より簡便にかつ直感性は維持しつつ、遠隔ロボットの制御を行うことを目指している。次に、提案したネットワーク環境におけるパーソナルなロボティックユーザインタフェースの一例として、コミュニケーションを目的とした RobotPHONE を提案し、その試作を行っている。RobotPHONE では、形状共有デバイスと呼ばれるオブジェクト形状の同期を常に行うデバイスを用いることにより、遠隔地との形状の共有を図り、遠隔地とのインタラクションを可能とする。ヘビ型とクマ型の形状共有デバイスシステムを試作して、実験によりその有効性を実証している。

第5章は「ロボティックユーザインタフェースとアールキューブ操作言語」と題し、第2章および第3章で扱った RCML システムと、第4章で提案したネットワーク環境におけるロボティックユーザインタフェースの統合を行っている。すなわち、RCML システムをネットワークの両端がともにロボットであるようなマスタ・スレーブシステムにも適用するための拡張法を考案している。すなわち、ロボティックユーザインタフェースを RCML システムへ統合するために新たに RCML コーディネータの概念を導入している。それにより簡単にシームレスな統合が図れることを、試験的実装を行うことにより実証し、設計の妥当性を確認している。

第6章は「結論」で、本論文の結論をまとめている。

以上これを要するに、本研究では、パーソナルなロボットをインタフェースとするネットワークシステムの構築法を提案し、その実現可能性を理論と実験によって体系的に論じるとともに、ソフトウェアシステムの設計法を明らかにし、実際のロボティックインタフェースのハードウェアをも構成して提案方式の効果を実証して、今後の実用と応用への道を拓いたものであって、システム情報学及びネットワークロボティクスに貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。