

The 25th Annual Conference of
the Robotics Society of Japan



第25回 日本ロボット学会 学術講演会

講演概要集

- 会期 ▶ 2007年9月13 ~ 15日
- 会場 ▶ 千葉工業大学津田沼キャンパス
- 主催 ▶ (社)日本ロボット学会

OpenRTM-aist-0.4.0 を用いた モバイルマニピュレータの基本コンポーネントの検討

○菅原 隆行(筑波大) 李 在勲(産総研) 大原 賢一(産総研) 音田 弘(産総研)
友國 伸保(東大) 金 奉根(産総研) 安藤 慶昭(産総研) 大場 光太郎(産総研)

A Component Configuration for Mobile Manipulator using OpenRTM-aist-0.4.0

*Takayuki SUGAWARA(Univ. of Tsukuba), Jae Hoon LEE(AIST), Ken'ichi OHARA(AIST), Hiromu ONDA(AIST)

Nobuyasu TOMOKUNI(Univ. of Tokyo), Bong Keun KIM(AIST), Noriaki ANDO(AIST), Kohtaro OHBA(AIST)

Abstract — In this paper, a basic component configuration for a mobile manipulator using RT middleware is proposed. Robots are beginning to spread from industry to human environment in recent years. Then, the development efficiency of the robot is bad, because it might be very difficult for robots to execute several services in human environment. Therefore software developers have to write a program for every robot. So a component by the middleware technology which considered reusability of a program is proposed. Our robot has 7DOF manipulator, gripper, mobile, force-torque sensor and so on. And, all of systems are integrated on RT-Middleware.

Key Words: RT-middleware, RT Component, Mobile Manipulator

1. 序論

近年、工場から人間の生活環境へロボットを導入する動きが広まっている。その一例として、サービスロボットやペットロボットが挙げられる^[1]。しかし、ロボットを人間の生活環境へ導入するには、解決しなければならない課題が多数ある。課題の1つとして、ロボットの開発効率が上げられる。一般的にロボットは、ハードウェアに関してもソフトウェアに関しても、それぞれのコンセプトに基づいて設計されている。そのためロボットシステム設計者は、プログラムの再利用ができず、ロボットを変更する度にソフトウェアを作り直さなければならないことが多い。

一方、多くのロボットは、ロボットシステム設計者によって制御ソフトウェアが作られている^[2]。しかし、今後ロボットが普及することを考えると、これまでのようにすべてのプログラムをロボットシステム設計者が作ることは想定しにくく、一般のソフトウェア開発者であっても、開発に参加できるような枠組みが求められてくる。

そこで本研究は、人間の生活をサポートするロボットの実用化に向けて、ロボットシステム設計者とソフトウェア開発者の双方がロボットシステム開発に参加できるように、ロボットの基本的なモジュール(コンポーネント)を作成する。コンポーネント単位でロボットシステムを構築することで、コンポーネントレベルでの入れ替えや、他のシステムでの利用が期待できる。

本稿では、プログラムの再利用性を目指したモバイルマニピュレータの基本コンポーネントを提案する。まず、プログラム開発のプラットフォームとなる RT ミドルウェアについて述べ、次に複数の作業や複数のロボットに共通となるようなコンポー

ネントの設計方針を示す。設計方針に沿ったコンポーネントの実証実験として、ロボットで複数の作業を実現する。その後、より具体的な作業の共通点の抽出を行い、結果を活かしたコンポーネントを示し、別のロボットへの実装について検討する。

以上の構成で、異なるロボットへ異なる作業を行わせる際に、プログラムを再利用することでロボットの開発効率の向上を目指す。

2. RT ミドルウェア

2.1 RT ミドルウェアとは

RT ミドルウェアとは、産業技術総合研究所が開発中のロボット用のミドルウェア言語^{[3][4]}である。RT ミドルウェアは、ロボットシステムを構成する要素を、ソフトウェア的にモジュール化し、それを部品として自由に組み合わせることにより、新しい機能を持ったロボットシステムを容易に構築できるようにするための基礎技術を確立することにある。2006年9月、RT ミドルウェアの基本単位である RT コンポーネントが、国際的なソフトウェア標準化団体 OMG に採択され、今後ロボット用ソフトウェアのプラットフォームとなることが期待される。

2.2 RT コンポーネント

RT ミドルウェアの仕様を満たすロボットの機能要素を RT コンポーネント^[5]と呼ぶ。インタフェースの共通化を図ることにより、それぞれの RT モジュールを共有することが可能となる。そのため各開発者は、RT コンポーネントを任意のマシン、OS、プログラム言語を用いて実現できる。RT コンポーネントを共有することにより、実装の中身を公開することなくインタフェースの情報だけでロボットの要素技術を RT コンポーネントとして他者に提供

することも可能となる。RT コンポーネントの主な基本構造は、データポート (InPort / OutPort) , サービスポート (ServiceProvider / ServiceConsumer) , アクティビティ, コンフィギュレーションの4つから構成される。RT コンポーネントの例を Fig.1 に示す。

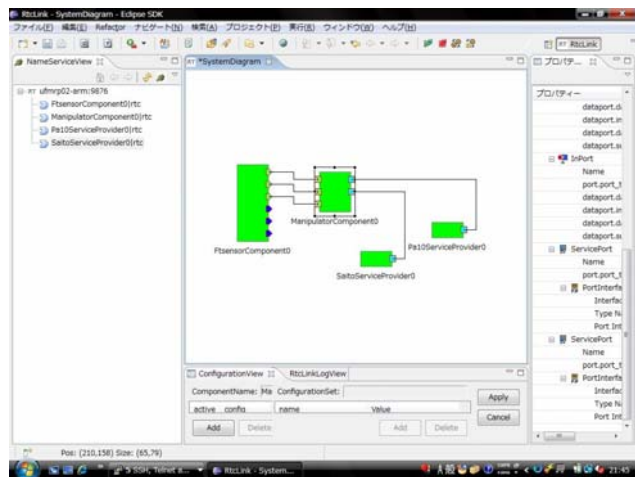


Fig.1 RT Component

3. 基本コンポーネントの設計方針

ロボットプログラムの再利用性を考えた場合、ロボットの機構や作業に共通する点が抽出されたコンポーネントを作成することが好ましいと考えられる。この理由として以下の2点が考えられる。

- ・ ハードウェアの変更への対応
- ・ アルゴリズムの拡張

ハードウェア毎にコンポーネントを作成することで、ハードウェアが変更された際に、システム全体を書き直すことなく、変更されたハードウェアのコンポーネントを作成するだけで対応できることが期待される。また、複数の作業に共通する機能を持つ基本的なコンポーネントを作成することで、高度なアルゴリズムや複数のデバイスを用いた処理を行う際、最初から作り直すことなく、基本コンポーネントの拡張による実装が可能になると考えられる。そこで、まずハードウェアの変更へ対応するように、ハードウェア毎にコンポーネントを作成し、ロボットの作業を実現する。次に実現したシステムの結果を基に、アルゴリズムの拡張を考慮に入れたコンポーネントの形について検討する。

共通部分を抽出するためのツールとして、統一モデリング言語である UML を用いる。UML のいくつかの図 (コンポーネント図, クラス図, ユースケース図等) を用いて、システム設計者間での共通認識を図ると共に、導き出した共通点を反映したコンポーネントの設計を行う。ハードウェア毎にコンポーネントを考えた場合、マニピュレータ, グリッパや移動機構などを1つのコンポーネントとし、全ての

作業に対応するような高機能なものではなく、最低限有する必要がある形を基本コンポーネントと考える。その様子を Table.1 に示す。

Table.1 Robot Functions

Arm(7自由度マニピュレータ)	ロボット座標系移動(X,Y,Z)
	手先座標系移動(x,y,z)
	全軸指定制御(1軸~7軸) 現在値(X,Y,Z),間接角度(1軸~7軸)
Gripper(2指ハンド)	開く(x), 閉じる(x)
	現在値(x)
F.T.sensor(6軸センサ)	現在の力値(x,y,z)とトルク値(y,p,r)

3.1 実証実験

3.1.1 実験目的

ロボットが行う作業を、食器の後片付けと書籍の整理という2つの作業に限定した場合の基本コンポーネントを設計し、本研究のプラットフォームとなる RT ミドルウェアによってロボットへ実装することを目的とする。また、実際の作業に適用したコンポーネントを活かしたコンポーネントの再設計も含めた基礎実験とする。

3.2.2 モバイルマニピュレータ

本研究で用いるロボットは、それぞれアーム, グリッパ, 力センサ, カメラ, 移動機構等を持っている。ロボットのハードウェア構成をまとめたものを Table.2 に示し、全体図を Fig.2 に示す。モバイルマニピュレータ内には3つの PC を搭載しており、大きく分けてマニピュレーション PC, モバイル PC, ヴィジョン PC に構成されている。このうち、マニピュレーション PC とモバイル PC は、実時間処理に対応する ART-Linux 上で動作している。

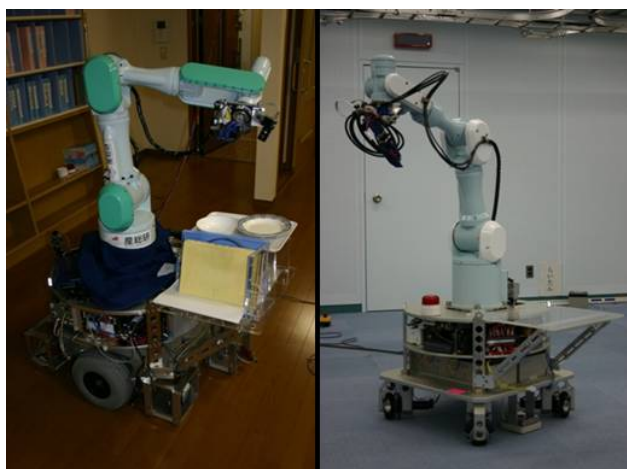
3.2.3 実験内容

人間の日常生活にある作業として、食卓の後片付けと書籍の整理を取り上げる。実験スペースとして、一般的な家庭環境を模擬した uRT-Space を Fig.3 に示す。ロボットは、食器や書籍に貼られている RFID を読み取り、ネットワーク上にあるデータサーバへ問い合わせ、物体の形状などの情報を得る。その後、食卓の後片付けの場合、テーブル上部からハンドカメラによって、物体の位置を検出する。この際、RFID によって食器の種類は既知であるため、あらかじめ用意しておいた画像を基にマッチングを行い、物体を検出している。物体位置の検出後、データサーバから得られた情報を基に、物体に合わせた把持を行い、食卓の後片付けを行う。書籍の整理の場合、自らのラックから書籍を把持したあとで、再度 RFID を読み取った差分によって把持している書籍を認識する。その後、データサーバから得られた特定の本棚へ移動し、レーザーとハンドカメラを用いて隙間を

検出し、隙間が書籍の厚みより少なければ書籍を本棚へ挿入し、書籍の整理を行う。これらの一連の様子を Fig.4 に示す。

Table.2 Specification of the robots

ロボット	ufmrp01	ufmrp02
アーム	7自由度マニピュレータ	7自由度マニピュレータ
グリップ	2指ハンド	2指ハンド
力覚センサ	カトルクセンサ	カトルクセンサ
視覚センサ	ハンドカメラ レーザー	ハンドカメラ
情報検出	タグリーダ	タグリーダ
移動機構	2輪移動台車	全方位移動台車



(a) ufmrp01

(b)ufmrp02

Fig.2 Service Robots

4. 作業・情報の共通点抽出

4.1 作業における共有要素の抽出

実証実験で得られた結果を基に、アルゴリズムの拡張を目指したコンポーネントの形について検討する。一般的にハードウェアは、それぞれ機構や機能が異なるため、それらの特徴を全て記述することは困難である¹⁶⁾。そこで、まず2種類の異なる作業を通じて、共通要素の抽出を行った。Fig.2(a)に示すロボットで2つの作業を実現した際のロボットシステムは、アームやグリップといった、それぞれのハードウェア要素を1つのコンポーネントとし、全体をRTミドルウェアで統合している。

実現したシステムを分析すると、2つの作業を行う際のロボットの処理には、多くの共通点がある。アームは、アームの底面を原点としたロボット座標系による移動、アームの先を原点とした手先座標系による移動、7軸の間接角度を指定する全軸指定制御、現在値を問い合わせる処理が挙げられる。



Fig.3 uRT-Space

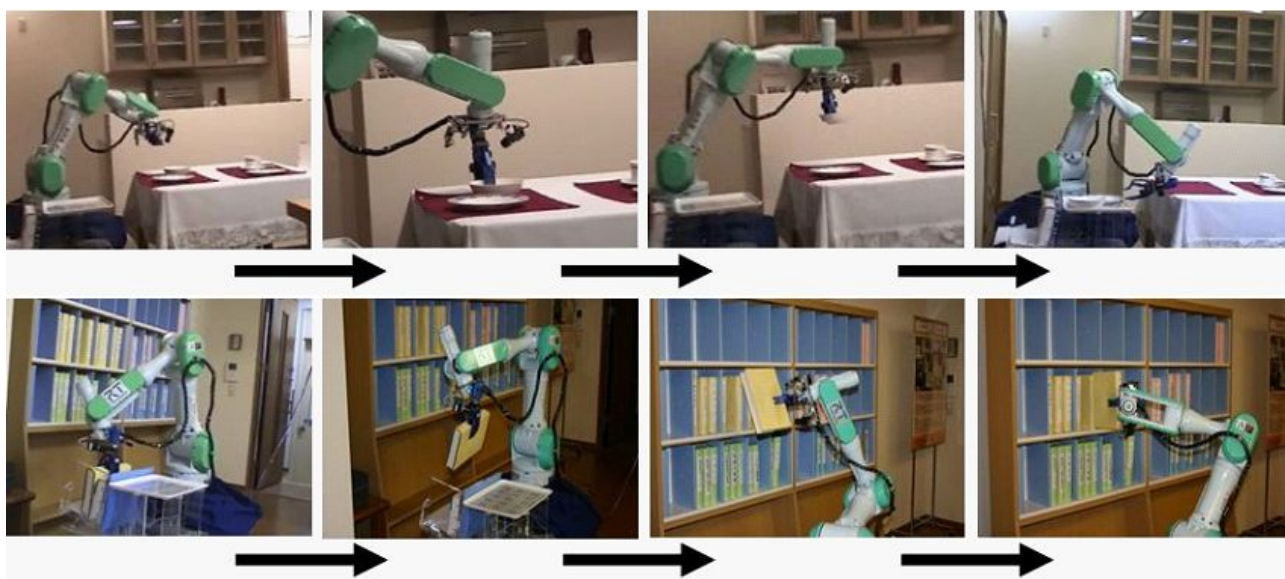


Fig.4 Table-Clean & Library System

グリップは、開く、閉じる、現在値の問い合わせ、力センサは、3軸にかかる力と、それぞれのモーメントを問い合わせる処理が挙げられた。これらは初期設定などの処理を省略しているが、複雑な処理を含まない形となっており、ほぼ Table.1 と同様の形となるため、基本的なコンポーネントとして取り扱うことができると言える。高度なアルゴリズムへの拡張や、上位のコンポーネントとの関係を考慮し、基本コンポーネント（アーム、グリップ、力センサ）の3つを組み合わせたコンポーネントを、マニピュレータコンポーネントとした。マニピュレータコンポーネントを RT コンポーネントの形で示したものを Fig.5 に示す。共通点のうち、アーム、グリップに関しては、サーボ on/off などの初期設定を加えたものをサービスポートへ実装し、力センサに関してはデータポートへ実装している。また、アームとグリップは、現在値の情報を上位のコンポーネントへ伝えるデータポートも持つものとしている。

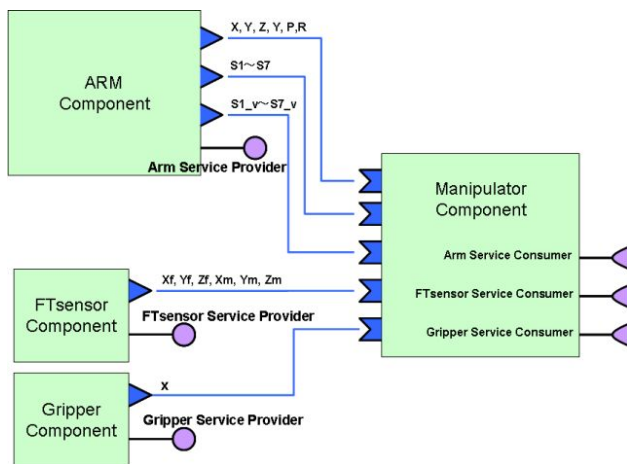


Fig.5 Manipulator Component

5. コンポーネントマネージャの設計

基本コンポーネントを複数作成し、それらを接続する場合、各センサやデータを管理するものが必要になると考えられる。その役割を本稿では、コンポーネントマネージャと呼ぶ。コンポーネントマネージャそのものを RT コンポーネントとすることも可能であるが、RT ミドルウェアではコンポーネントがアクティビティで管理されているため、この制約下で設計しなければならない。しかし、マネージャは柔軟に動作することが望まれることから、必ずしもコンポーネントである必要性はないと言える。本研究では、開発効率向上のためにスクリプト言語を用いて、コンポーネントを管理するコンポーネントマネージャの設計を試みる。

6. まとめ

本研究は、ロボットシステムをコンポーネント単位で考えることで、プログラムの再利用によるロボットシステムの開発効率向上を目指している。これまでに、UML を用いた議論を行い、基本コンポーネントを設計し、1 台のロボットによる複数の作業を実現した。その結果を基に、別のロボットへの適用し、プログラムの再利用性について検討している。今後は、作業の拡張とコンポーネントの形を増やし、各コンポーネントを Web 等で提供できるようにしていくことを目指す。

謝 辞

本研究は、文部科学省の平成 18 年度科学技術振興調整費による「科学技術連携施策群の効果的・効率的な推進 環境と作業構造のユニバーサルデザイン」の一環として実施されたものである。

参 考 文 献

- [1] 松日楽, 小川: “先端技術をリードするホームロボットの開発動向”, ~東芝レビュー, ~Vol.59 No.9 pp.2--8, 2004.
- [2] N. Kanamaru, H. Ogata, Y. Katayama, K. Endo, M. Tsuda and M. Mizukawa: “Using Task Block for Robotic Assembly System”, Proc. 3rd Asian Conf. on Robotics and its Application, pp.91--96, 1997.
- [3] N.Ando, T.Suehiro, K.Kitagaki, T.Kotoku, and W.K.Yoon: “RT-Middleware:Distributed Component middleware for rt(robot technology),” Proc. 2005 IEEE/RSJ Int. Conf. Intelligent Robots and Systems(IROS2005),pp.3555-3560,2005.
- [4] 安藤他, “OMG RTC 標準仕様に準拠した RT ミドルウェアの実装 OpenRTM-aist-0.4.0 新機能の紹介”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2007(ROBOMECH'07),1P1-A02, 2007.5
- [5] <http://www.is.aist.go.jp/rt/OpenRTM-aist/html/>
- [6] 山崎, 坪内, 友納: “移動マニピュレータへの直接的教示に基づく物体収納作業のための動作計画”, 第 12 回ロボティクスシンポジウム 4A2, 2007