

第24回 日本ロボット学会 学術講演会

The 24th Annual Conference of
the Robotics Society of Japan

講演概要集

会期 ▶ 2006年 9月14～16日

会場 ▶ 岡山大学津島キャンパス



分散コンポーネント型ロボットシミュレータ

○ 比留川博久, 金広文男, 中岡慎一郎, 末廣尚士, 神徳徹雄, 安藤慶昭 (産総研)
中村仁彦, 山根克 (東大) 齋藤元, 川角祐一郎 (ゼネラルロボティクス(株))

A Robot Simulator constructed on Distributed Object Modules

*Hirohisa Hirukawa, Fumio Kanehiro, Shinichiro Nakaoka,
Takashi Suehiro, Tetsuo Kotoku, Noriaki Ando(AIST) Yoshihiko Nakamura,
Katsu Yamane(Univ. of Tokyo) Hajime Saito, Yuichiro Kawasumi(GeneralRobotix, Inc.)

Abstract — This paper overviews a robot simulator constructed on distributed object modules which is under development in a JST project. The distributed object modules are implemented by RT middleware that is proposed to be a standard middleware for robotic technologies. The forward dynamics engine is to be implemented by an $O(n)$ algorithm as well as $O(\log n)$ one by parallel computing.

Key Words: dynamics simulator, RT middleware, CORBA

1. はじめに

本研究は、ロボットソフトウェアの蓄積に適した分散コンポーネントフレームワークと、この上に構築されたロボットワールドシミュレータを開発することにより、基盤ソフトウェアの再利用を促進し、次世代ロボットの開発を効率化することを目的としている。

本稿では、計画内容の概要とプロトタイプシミュレータの開発状況について述べる。

2. 研究計画

2.1. RT ミドルウェアを用いた分散コンポーネントフレームワークの研究開発

本研究では、ロボットのセンサ・アクチュエータ等の各種ハードウェアおよび、制御、動作計画、シミュレータといったソフトウェアをコンポーネント化し、実機とシミュレータのシステムを共通のフレームワークで構築するための基盤技術の研究開発を行う。ロボットシステムシミュレーションに不可欠な汎用的インタフェース仕様を策定することで、将来的に他の研究者・ベンダ等が作成した各種コンポーネントを追加・交換できる仕組みを構築する。以上述べた目的を実現するため、以下の課題について研究を行っている。

①シミュレータフレームワークの設計

シミュレーションおよび実機の研究開発をコンカレントに行うことができる統合シミュレーションシステムを、分散オブジェクトミドルウェア「RTミドルウェア」により構築するために必要とされる機能の設計。

②シミュレータフレームワークの実装

設計の結果明らかになったシミュレータフレームワークに必要な機能の研究開発。現在のところ想定されている機能は、時間管理、モデルの取り扱い、座標系の取り扱い等であるが、これ以外にも詳細な設計により必要性が明らかになった機能の研究開発

を行う。

③シミュレータのための標準インタフェース仕様の策定

シミュレータにおいて核となるエンジン部分には、動力学シミュレータサービス、干渉チェックサービス、モデルローダサービス等いくつかのサービスコンポーネントが含まれる。このエンジンとロボットのセンサ・アクチュエータ等のコントローラコンポーネントのインタフェース仕様を策定している。

2.2. 基本コンポーネントの研究開発

まず、ロボットワールドシミュレータ全体の仕様を検討し、全体仕様に基づいて再利用性、拡張性等の観点からグラフィカルユーザインタフェース(GUI)、動力学計算エンジン、干渉チェック、コントローラ、デバイスシミュレータといった基本コンポーネントに分割し、各コンポーネントの仕様を決定する。設計したシミュレータの全体構成図を次に示す。

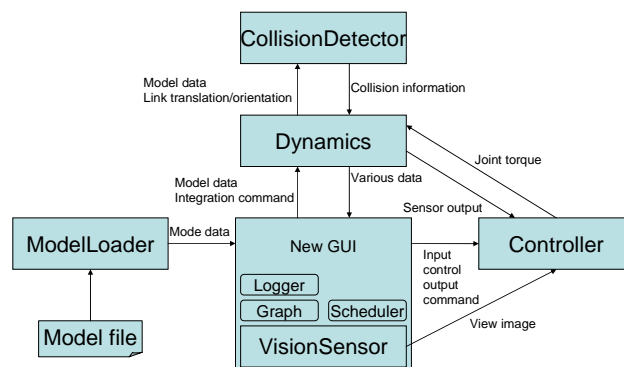


Fig. 1 Structure of new simulator

GUIは演算部分とは別コンポーネントとし、シミュレーションのパラメータ設定や実行制御はGUIを用いて対話的に行えるだけでなく、学習などの用途で設定を変えながら繰り返し実行できるようにユーザプログラムからも行えるようにする。

デバイスシミュレータは、ロボットを構成するアクチュエータやセンサ等のデバイスの機能をシミュレートするコンポーネントである。このコンポーネントと実際のデバイスへの入出力を行うコンポーネントのインタフェースを統一することで実際のロボットとシミュレーション世界にあるロボットを等価に扱えるようにする。

最小構成のコンポーネントを開発した段階で基礎的なシミュレーションを行い、シミュレーションの速度、計算の安定性・精度などの評価を行う。検証実験には、視覚機能・マニピュレーション・移動・歩行といった多様な要素から構成されるヒューマノイドロボットを用い、シミュレーション結果との詳細な比較検討を行う。

2.3. 動力学シミュレータコンポーネント

超多自由度ヒューマノイド、車輪・脚駆動型移動ロボットなど、広いクラスのロボットシステムの運動を対象とする汎用的で効率的な動力学シミュレータの計算エンジンを開発する。特に、数値計算の安定性、並列計算の効率に注目したプログラミングと実装を行う。また、検証用のロボットによりシミュレーションと実験の整合性を検証するとともに、シミュレーションの精度を高めるための知見を集める。以上述べた目的を達成するため、以下の項目について研究開発を行う。

①数値安定性を考慮した動力学計算に関する研究

ヒューマノイドの指リンクなど、系全体に比べて極端に質量やリンク長の小さいリンクがあると動力学計算が数値的に不安定になりやすい。そのような場合にも安定に動力学計算可能な計算法を開発する。

②動力学アルゴリズムの並列化に関する研究

動力学計算を高速化するために複数 CPU による並列計算が可能なアルゴリズム、およびそれを実行するソフトウェアを開発する。また、1 個以上の任意の数の CPU に対応して、CPU 数、計算量、数値安定性を考慮した最適なアルゴリズムを自動的に生成する手法を開発する。

③シミュレータの検証に関する研究

シミュレーションにおいて計算結果と現実の現象との整合性を確認する作業はきわめて重要である。これによってシミュレーションを実施する際にユーザが留意する事項などを明確にすることができる。本研究で開発するアルゴリズムとソフトウェアによる計算結果と物理現象の整合性を検証するためにロボットを開発する。

3. プロトタイプシミュレータ

仕様を決定するにあたり、既開発のシミュレータ OpenHRP2 をベースにプロトタイプ(OpenHRP3P)の

実装を行った。プロトタイプの開発にあたり、以下の点を変更した。

・開発の基本ルール

変数、クラス、ファンクションの命名規則、コーディングのスタイルを Java 言語コーディング規約に基づいて統一することとした。

・IDL

- 定義するタイプ名は、入れようとしているものではなく型の表現にとどめ、定義されている型を減らした。
- 各サーバ特有の定義を各サーバ用の IDL に移し、サーバの再利用性を高めた。
- 姿勢を Quaternion で表現するよう統一した。
- ユーザが無償でシミュレータを利用できるように商用 ORB である Orbix/E にかえて、無償で利用可能な Java および omniORB の両 ORB でコンパイルできるようにした。
- 干渉チェックサーバの実装を、ライセンス上再配布ができない RAPID を用いたものから配布可能な OPCODE を用いたものに変更した。

干渉チェッカに要求される仕様は、反力計算アルゴリズムに依存する。反力計算アルゴリズムは、ペナルティ法と拘束条件法に大別される。ペナルティ法は、仮想的なスプリングとダンパーを物体間に設定し、干渉深さ・速度に応じて反力を計算する方式である。この方式は実装が比較的簡単であるためロボティクスの分野で広く使われているが、任意の形状の物体と物体が衝突するような場合には、力学的に正しい反力を計算することが極めて困難である。近年、拘束条件法が精力的に研究され、理論的な基盤は確立しつつある。

本シミュレータでは、どちらの方式の実装も可能とするため、各干渉点の位置、その点における法線ベクトル、干渉深さを返すようにインタフェースを設計した。また、物体の表現方法としては、三角形の集合で物体を表現する方法と、凸多面体の和で表現する方法があるが、後者の表現方式に従うモデルを CAD モデルから変換して取得するのは困難であるので、前者の方法を採用することとした。

4. おわりに

本研究で開発シミュレータは、主要部分のソースコードを開示し、様々なプロジェクトの利用に供する計画である。多くのユーザの利用を期待している。

謝辞

本研究は、文部科学省の平成 17 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率的・効率的な推進」の一環として実施したものである。ここに感謝の意を表す。