

第9回（社）計測自動制御学会  
システムインテグレーション部門講演会



**SICE**<sup>®</sup>



2008.12.5-7  
長良川国際会議場／未来会館

# 分散コンポーネント型ロボットシミュレータ OpenHRP3

(独)産総研 ○神徳徹雄, 比留川博久, 中岡慎一郎, 末廣尚士, 安藤慶昭,

東京大学 中村仁彦, CMU 山根克, ゼネラルロボティクス (株) 齋藤元, 川角祐一郎

## A Robot Simulator constructed on Distributed Object Modules

\*Tetsuo Kotoku, Hirohisa Hirukawa, Shinichiro Nakaoka, Takashi Suehiro,

Noriaki Ando(AIST), Yoshihiko Nakamura(U of Tokyo), Katsu Yamane(CMU)

Hajime Saito, Yuichiro Kawasumi(GeneralRobotix, Inc.)

**Abstract** — This paper overviews a robot simulator constructed on distributed object modules which is under development to promote the integration of national projects on robotics. 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。具体的には、移動ロボット、マニピュレータ、脚型ロボット等の多様なロボットを対象として、視覚処理や運動制御をモジュール単位でシミュレーション可能なソフトウェアをオープンソースで提供し、この上で稼動するソフトウェアの共通基盤技術化を図ろうとするものである。本稿では、シミュレータ (OpenHRP3 と呼ぶ) の概要、特に RT コンポーネントを用いたユーザプログラムの構成方法について紹介する。

### 2. 研究内容

#### 2.1. OpenHRP3 概要

開発したシミュレータの全体構成を Fig.1 に示す。

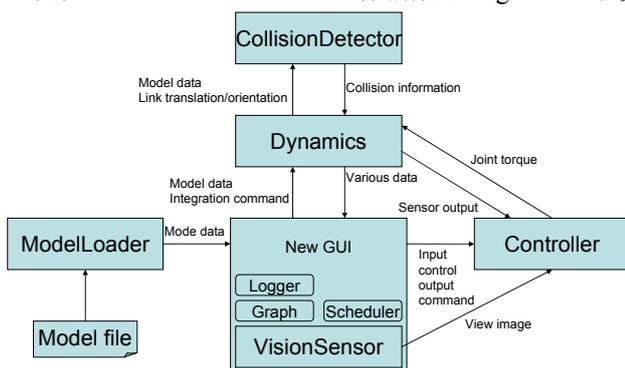


Fig.1 Configuration of OpenHRP3

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ことを目指している。

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。

干渉チェックについては、ソースコードでの配布を実現するため OPCODE をエンジンとして利用した。ORB には Java ORB, omniORB を使用している。

以上のコンポーネントの中、ユーザが開発するのはコントローラである。そこで、OpenHRP3 では、コントローラを RT ミドルウェアによりコンポーネント化することとした。

#### 2.2. 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中した。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目指した。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っている。

##### ①数値安定性を考慮した動力学計算に関する研究

基本的な順運動学計算・逆運動学計算を実装し、単一プロセスで計算量がリンク数に比例する順運動学計算法を実装した。これにより閉リンク機構を含む剛体リンク機構の動力学シミュレーションが可能になった。実装した順運動学計算法は、全てのリンクが独立状態からスタートし、その関節で働く拘束力と発生する加速度を計算しながら関節を 1 つずつ追加していく assembly ステップと、最後に追加された関節からスタートし、assembly ステップと逆の順

序で全関節の最終的な拘束力と加速度を計算する **disassembly** ステップから成る。

## 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した。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も開発した。

## 2.3 RT コンポーネントを用いたコントローラの構成

OpenHRP3 のユーザは、コントローラを開発することによりシミュレータを利用する。OpenHRP3 で RT コンポーネントを用いてコントローラを構成する方法を採用している。シミュレーション時のコントローラの構成図を Fig.2 に、実験時のコントローラの構成図を Fig.3 に示す。

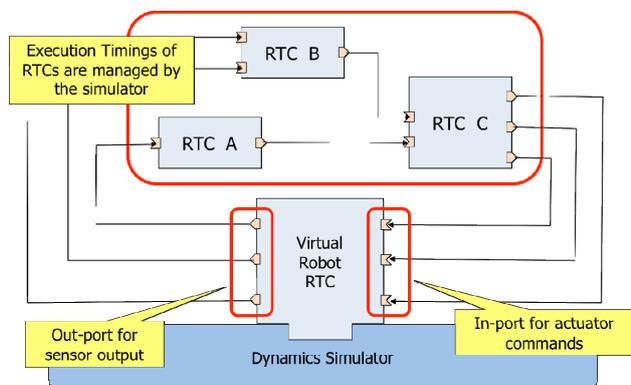


Fig.2 Controller configuration (simulation)

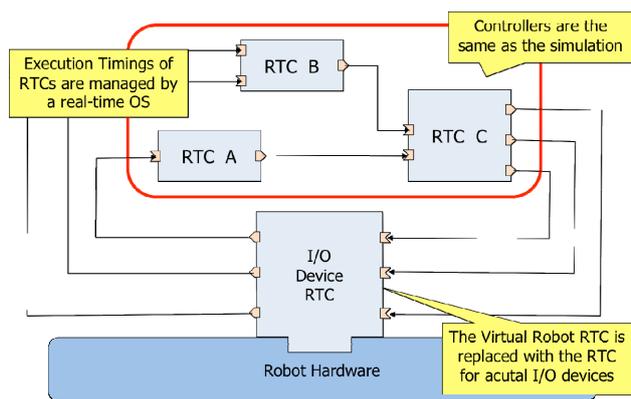


Fig.3 Controller configuration (experiment)

シミュレーション時には、実行タイミングはシミュレータの仮想クロックにより制御される。シミュレータとコントローラのインタフェースは、ブリッジコンポーネントにより行っている。実験時には、これがデバイス I/O コンポーネントにより置換され、クロックは実時間 OS により制御される。

## 3. シミュレーション例

マニピュレータが箱を持ち上げる動作の例を Fig.4 に、ヒューマノイドが手摺を掴んで体を支えながらテープを持ち上げる例を Fig.5 に示す。

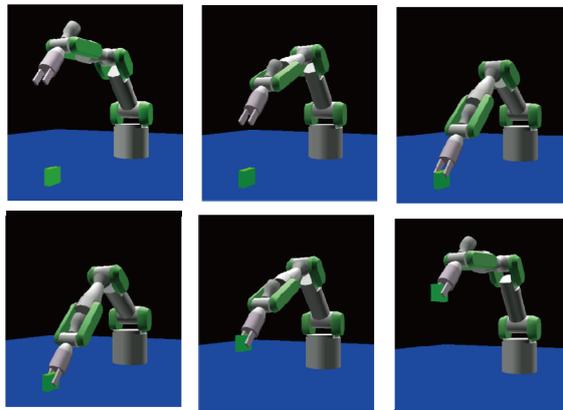


Fig.4 Manipulator picking up a box

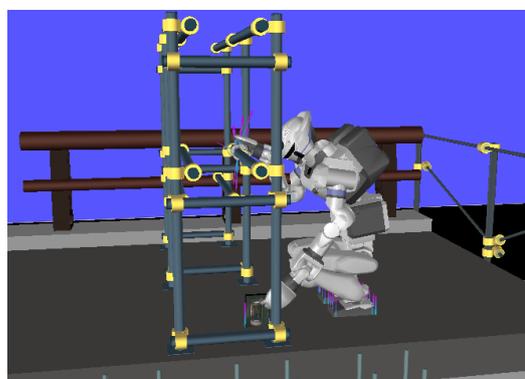


Fig.5 Humanoid robot grasping a cassette

## 4. おわりに

OpenHRP3 は、平成 20 年 6 月 18 日から Eclipse Public License によりオープンソースで配布を開始し、<http://www.openrtjp.org/openhrp3/jp/> から取得可能である。今後、ロボット研究の共通基盤技術として広く利用されることを期待している。

## 謝辞

本研究は、文部科学省の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」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。

## 参考文献

1. 山根, 中村, 分散コンポーネント型ロボットシミュレータにおける順動力学エンジンの計算効率, RSJ2006.
2. 川角, 斎藤, ロボットシミュレータのプラグイン拡張可能な GUI フレームワークの開発本講演会.
3. 中岡他, Gauss-Seidel 法の拡張による関節機構の接触 / 拘束力計算, RSJ2007.