

2M-3

P2P を利用したシステム統合アーキテクチャに基づく ロボットの移動機能の実現

徳永 穰, 中野 鐵兵, 藤江 真也, 清水 健二, 小林 哲則
早稲田大学 理工学部

1 はじめに

日常生活空間で活動することが可能なヒューマノイドロボットのように, 豊富な機能を混在させた多機能ロボットを実現する為には, 数多くの機能モジュールと, それらを効果的に統合させる技術が不可欠である. このようなロボット開発用の共通の仕組みとして, 様々なロボットアーキテクチャが提案されている [1, 2, 3, 4]. 本研究では, 各々の開発者が自由に開発を進めながらも, システムの複雑化を防ぎ, 自由なモジュールの追加を可能にする方法を提案する. 具体的には, 共通の興味を中心としたモジュールグループという概念を新たに導入し, グループ内にデザインパターンを適用しながらロボットシステムを構築する開発モデルを提案する. モジュール間の対等な関係と自由なデータの流れを可能にするための技術として P2P 技術を用いた. これらの特徴をもったロボットアーキテクチャを設計・実装し, ヒューマノイドロボット “ROBISUKE” への適用を検討する. 実用例として, 複数の経路修正モジュールを統合する階層型経路計画を利用した自律移動機能の設計を行い, 提案する設計手法とアーキテクチャの有効性を確認する.

2 開発方法論とアーキテクチャ

これまでに提案してきた開発モデルでは, モジュール開発者が自らの担当モジュールを自由に設計・開発し, 他のモジュール開発者との共同作業の中でシステム全体を作り上げていく [5]. このような開発モデルで, 開発者による自由なモジュール開発を進めながら, システム全体像の把握と柔軟な機能追加を可能にする方法として, 興味指向モジュールグループとデザインパターンを用いた開発方法について述べる.

2.1 興味指向モジュールグループ

興味指向モジュールグループとは, 画像や音声, 地図といった, 共通する特定の興味を持つ複数のモジュールから構成される論理的なグループである. モジュール開発者は, 担当モジュールを, そのモジュールが対象とする興味に基づいて, 対応する複数のグループに参加させる. グループでは, データの提供者・受信者と処理の主体・要求者の二つの基本関係 (図 1) を利用して, グループ内に参加するモジュール間のデータと処理要求の流れを決定する. また, グループに参加するモジュールが, グループ内の他のモジュールとどのように連携するかを明確にするために, グループに所属可能なモジュールの役割と, それぞれが公開すべき情報, 対応すべき処理要

求を決める.

2.2 ソフトウェア設計

モジュール開発者は共通の興味を持つ他のモジュール開発者とグループの設計を行う. 複数の興味を持つモジュールは複数のグループに所属し, それぞれのグループにおける役割を同時に実装する. グループ同士の連携はこの複数のグループに所属するモジュールを経由して自由に行われる. グループの設計時には他のグループとの連携方法を考慮に入れる必要はなく, そのグループの構成要素がどのような役割を持ち, それらがどのように連携するかだけを定めればよい.

グループ設計では, デザインパターンを用いて, 構成モジュールそれぞれの役割とそれらの関係を定める. グループのデザインパターンとしては, ソフトウェア開発におけるデザインパターン [6] と, ロボットソフトウェア特有のデザインパターンを組み合わせる.

ロボットは複数のグループの組み合わせとして構築される. それらのグループがデザインパターンに基づいて明示的に設計されるため, データの流れや依存関係が明確化され, システム全体像の把握が容易になる.

2.3 アーキテクチャの階層構造

本アーキテクチャは, すべてのモジュールが対等な立場を持ち, 開発者による自由な情報の流れの定義を可能にするために, 以下のような階層構造を持つ.

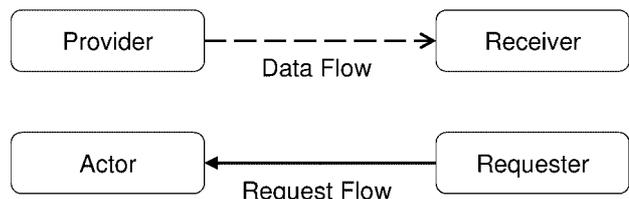
接続層: ハードウェアや物理的なネットワーク構成からモジュールを分離し, すべてのモジュールにとって単一の仮想的ネットワークを構成する.

フレームワーク層: モジュールが他のモジュールと通信を行うための基本的な API と, モジュールをグループ化するための枠組みを提供する.

モジュール層: ロボットの構成要素となるすべてのモジュールから構成される. モジュール開発者は, フレームワーク層によって提供される API を用いてその実装を行い, 任意の粒度でモジュールを開発する. モジュールやグループは開発者が自由に定義する.

2.4 P2P 仮想ネットワーク

提案手法に基づいて設計されたモジュールを実際に動作させるためには, 複数のモジュールがネットワークに



1: モジュールの基本関係

Robot Navigation System Using P2P Based System Integration Architecture.
Yutaka Tokunaga, Teppei Nakano, Shinya Fujie, Kenji Shimizu, Tetsunori Kobayashi
Sch. of Sci. and Eng., Waseda Univ.

対して透過的に、自由に通信を行える環境が必要となる。そこで本アーキテクチャでは、仮想ネットワークの構築とモジュール間通信を行うための技術として、Peer-to-peer(P2P)を実現するための技術の一つである JXTA[7]を利用する。様々なモジュールが JXTA によって構築される P2P 仮想ネットワーク上で動作するモデルとしてアーキテクチャを設計した。

3 移動機能の設計

提案するアーキテクチャに基づいて、複数の経路修正モジュールを統合する階層型経路計画を利用した自律移動機能の設計を行った。ここでは、地図上に1つの目的地を与えることで経路計画が行われ、その計画にそってロボットが自律移動を行うシステムを構築する。

3.1 経路計画

経路計画には [8] で提案されているアルゴリズムを拡張し、全体地図を利用して現在地から目的地まで全体経路を作成する Planner と、現在地付近の部分的な経路の修正を行う複数の Adjuster を階層的に利用する。

全体地図は Mapper によって管理され、事前に与えられる初期マップに、ロボットの移動に伴って動的に作成される周辺画像情報が逐次統合される。周辺画像情報はロボットを中心とした障害物の存在確率であり、比較的高解像度の画像情報を利用したステレオ視によって作成される。

Planner は、全体地図上の障害物からの距離に応じたコストを計算し、そのコストを元に全体経路を作成する。Mapper の処理と合わせることで精度が高く全体の経路を計画することが可能な反面、計算量が大きくなるために、頻度の高い経路の更新を行うことが困難である。

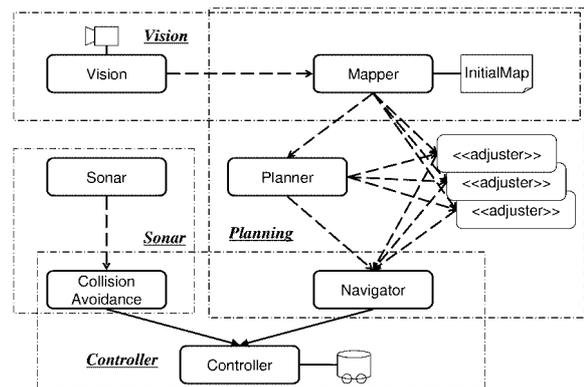
Adjuster は、ロボットを中心とした部分地図を作成し、部分地図上に検出された障害物を回避するように全体経路の修正を行う。局所的な経路の修正のみを行う事で計算量を抑え、急な環境の変化に対応する。

Planner と複数の Adjuster によって作成された経路は、Navigator によって統合され、ロボットに対する移動命令へと変換される。Adjuster が存在しないか、経路の修正が行われない場合には、Navigator は全体経路をそのまま利用する。Adjuster が障害物を見つけて経路の修正が行われた場合には、Navigator はその経路を採用し、全体地図にはまだ記載されていない障害物の回避を行う。Adjuster として、精度や速度、センサー、動作条件が異なる様々な障害物回避アルゴリズムを用いた実装を複数同時に利用することで、環境の変化に堅牢な自律移動を実現する。

3.2 設計

提案手法を用いてシステムの設計を行った。作成されたモジュールとそのグループを図 2 に示す。

グループとしては、ロボットの視覚情報に興味があるモジュールが所属する画像処理グループ (Vision Group)、経路計画に興味があるモジュールが所属する経路計画グループ (Planning Group)、ソナーの出力に興味があるモジュールが所属するソナー処理グループ (Sonar Group)、ロボットの行動に興味があるモジュールが所属する行動制御グループ (Controller Group) の 4 つを定義した。



2: 提案アーキテクチャに基づいたモジュール設計

経路計画グループでは Δ adjusterA という役割を定義した。 Δ adjusterA の役割を担うモジュールは Planner よりも短い周期で部分地図を更新し、障害物を回避できるように部分経路を作成する。Navigator は Planner と Δ adjusterA の経路が更新されるたびにそれらを受信し、Controller に対して移動命令を出す。

今回は、ロボット周辺の画像情報から障害物を検出し、その回避を行う Adjuster と、ソナーから得られる距離情報から障害物を検出し、その回避を行う Adjuster を用意する。このモデルでは、照明条件が悪く、周辺画像情報から障害物が検出できない場合でも、ソナーによってそれを検出することができれば、ロボットは障害物を回避して移動を継続することが可能となる。

Adjuster を環境に合わせて切り替えることで、環境の変化に堅牢な自律移動が実現できる。本アーキテクチャを用いることで、Adjuster の動的な追加や削除が容易に行えるため、環境に応じたシステムを構成し易い。

4 むすび

本稿では、P2P 仮想ネットワークに基づくソフトウェアアーキテクチャと、興味指向グループ・デザインパターンを利用した開発手法の提案を行った。また、動的に追加可能な複数の経路修正モジュールを統合した経路計画機能の設計を行った。今後はロボットの移動実験を行い、その有効性を確認する。

参考文献

- [1] Open-R, <http://openr.aibo.com/>
- [2] 尾崎 他, “ロボットプラットフォーム オープンロボットコントローラアーキテクチャ,” 東芝レビュー, vol.59, no.9, pp.20-24, 2004.
- [3] RT Middleware, <http://www.is.aist.go.jp/rt/>
- [4] 水川 他, “産業用ロボットにおけるネットワークインタフェースの標準化活動 ORiN,” 日本ロボット学会誌, Vol.18, No.4, pp.469-471, 2000.
- [5] 松坂 他, “多機能ロボット開発のための情報共有アーキテクチャの設計と実装,” 信学論 (D-I), vol.J86-D-I, no.5, pp.318-329, 2003.
- [6] Erich et al., “Design Patterns,” Addison-Wesley Professional, 1st edition, 1995.
- [7] Project JXTA, <http://www.jxta.org/>
- [8] 古川 他, “異なる粒度での環境把握に基づく階層型行動計画機能を持つ自律移動ロボット,” 第 6 回ロボティクス・シナポジア予稿集, pp.420-425, 2001.