

ロボット用ミドルウェアにおける 屋外自律移動共通インターフェースの提案と仮想環境での実装

Proposal of a common interface for outdoor autonomous movement in middleware for robots and implementation in a virtual environment

1W173123-7 丸山 涼太

MARUYAMA Ryota

指導教員 尾形 哲也 教授

Prof. OGATA Tetsuya

概要: 本研究では、既存の屋内を前提とした移動ロボットフレームワークに対して、屋内外での利用を可能とする移動ロボット用の通信フレームワークの提案を目的とする。屋外自律移動ロボットの需要を鑑み、機能のモジュール化を目的とした屋外自律移動技術における各機能要素間のインターフェースを定義した。本研究では既存のインターフェースへの機能追加・修正を行った。具体的には、広範囲地図対応、GNSS 利用、自己位置推定状態確認の各機能の提案を行った。屋外を模擬した仮想環境で本提案を実装し屋外自律移動システムの有効性を検証した。

キーワード: ロボットミドルウェア, 自律移動, インターフェース

Keywords: Robot Middleware, Autonomous movement, Interface

1 序論

本研究は、既存の自律移動ロボットのフレームワークの多くが屋外移動に適していないことを指摘し、屋外自律移動のためのフレームワークを提案することを目的とする。

近年の屋外移動ロボット技術は、自動車、列車などが、荷物配送の目的で自動運転や自律移動の技術は注目を浴びている。ロボットソフトウェア開発では、ROS や OpenRTM-aist, Player 等のロボットフレームワークがオープンソースとして公開されている。これらのフレームワークにより移動ロボットによる地図作成機能、いわゆる SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) や、自己位置推定や経路生成等の移動ロボットナビゲーション技術の普及が促進されている。本プロジェクトにおいても、OpenRTM-aist を用いた屋内用の自律移動ロボットフレームワーク [1] が公開されているが、屋外の広い地図情報送受信や、屋外では一般的な GNSS (Global Navigation Satellite System) の利用に課題がある。

そこで本研究では、OpenRTM-aist を用いた屋内自律移動ロボットフレームワークを基に、屋外自律移動対応インターフェースの提案を目的とした。提案インターフェースを実装し、シミュレータで有効性を評価した。

2 提案手法

前述した OpenRTM-aist を用いた屋内自律移動ロボットフレームワークに対する追加・修正点として、以下の3点を挙げる。

1. より広大な地図管理
2. GNSS のためのインターフェース

3. 自己位置推定の状態確認

以下に詳しく示す。

2.1 より広大な地図管理

一般的に屋内よりも広域での移動が求められる屋外自律移動ロボットでは地図データの容量拡大が大きな課題となる。データの視覚化だけでなく、自己位置推定や経路生成モジュールのそれぞれで、すべての地図データをメモリにロードしては負荷が大きい。

これに対して本研究では、分割した地図情報を送受信可能とするインターフェースを定義した。既存のインターフェースでは、地図情報は地図管理モジュールより、自己位置推定などの各コンシューマー側モジュールより要求が行われた後に配信される。この際に、すべての地図データが送信されるものであったが、本提案では各コンシューマーが要求時に、地図の中心座標および要求する範囲と解像度を送信できるように変更した。

2.2 GNSS のためのインターフェース

屋外では GNSS を受信可能であり、近年では高精度での位置推定が可能な技術が一般的になりつつある。本提案では Player のインターフェースを参考に、GNSS 位置情報、衛星数、精度、UTM 座標、地球楕円体、速度、方向、タイムスタンプの情報の送受信を可能とするインターフェースを提案した。

2.3 自己位置推定の状態確認

屋内外問わず、自己位置推定状態のリアルタイム監視は、デバッグや進行状況確認に有効である。また特に屋外の広大な環境では LiDAR を用いてもランドマークの検出

が難しく、自己位置推定が困難な状況が想定される。そこで、自律移動技術で広く自己位置推定に使用されるパーティクルフィルタの状態を確認可能とした。送信するパーティクルの情報は、評価値とパーティクルの2次元座標とした。

3 仮想環境での実装と評価

3.1 実験設定

本提案の評価のために、ロボット用動力学シミュレータである「CoppeliaSim」[2]を用いた。仮想空間に1に示すような30m四方の広さの屋外の環境を模擬した仮想的な実験環境とロボットを作成した。ロボットはMobilerobot社の移動ロボット製品であるPioneer 3-DXを模した2輪対向型の車輪移動ロボットであり、環境認識のためにLiDARを搭載している。シミュレータからは、車輪の回転角度とLiDARの情報が取得可能であり、一般的なSLAMによるマップ作成や、自己位置推定が可能となっている。

実験前に、シミュレータのロボットとLiDARと通信しながら、仮想環境のマップ作成をSLAM技術を用いて行った。SLAMにはオープンソースとして公開されているMRPT (Mobile Robot Programming Toolkit) を用いたRTコンポーネントを用いた。作成した地図を2に示す。



図1 作成した仮想環境: (a) 仮想環境をシミュレータ画面で俯瞰で表示したもの (b) SLAM モジュールを使って作成した全体マップ

3.2 実装

提案したシステムの実装として、ロボットミドルウェアであるOpenRTM-aistを用いて、下記のようなモジュールを配置してシステムを構築した。

1. ロボットの指令送信, 状態受信モジュール
2. LiDAR 情報受信モジュール
3. 自己位置推定モジュール
4. マップ情報管理モジュール
5. ユーザーインターフェース

マップ情報管理モジュールでは、提案インターフェースによりロボットの走行に必要な区間のみを分割送信可能とした。自己位置推定モジュールには、パーティクルフィルタの情報を送受信するためのサービスポートを実装した。これらの改良点を視覚化するために、新たにユーザーインターフェースを持ったモジュールを開発した。これにより、地図、ロボット、測距データ、パーティクルの情報の確認が可能となった。

図2に地図を分割した例およびパーティクルフィルタの状態情報を地図上に表示した様子を示す。緑の四角がロボット、黄色の点群が測距データ、複数の青色や赤色の点がパーティクルである。

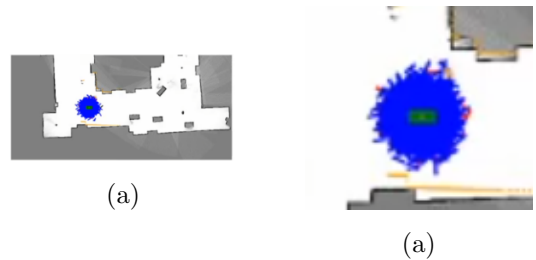


図2 地図の分割例 (a) 走行区間のみ分割表示した例 (b) パーティクルの分布状態を表示した画面

4 評価

GUI上でロボットの走行に必要な区間のみ表示した結果、視覚的に走行状況の把握が容易になり、データ量の減少によりメモリの使用量が減少した。加えて、パーティクルの情報をGUI上に表示した結果、ロボットのオドメトリチューニング実施の一助となった。作成した仮想環境内にて、ロボット周辺のランドマークの位置を変更し自己位置推定を実施した際、自己位置推定の評価値が低下し失敗した様子をGUIから判定でき、パーティクルの評価値と座標を表示した提案は有効であった。

5 結論

本論文では、屋外用自律移動ロボットのためのインターフェースの提案と仮想環境での評価を行った。既存の屋内用インターフェースにて屋外に不適な箇所を3点指摘し、機能を変更及び追加した。本インターフェースを用いた屋外自律移動を評価すべく、移動システムを構築し屋外仮想環境での動作確認を行い有用性を確認した。

参考文献

- [1] Tao Asato and Tetsuya Ogata. Proposal of a hierarchical fault-detection model for robot middleware and implementation in autonomous mobile robot system. 2015.
- [2] Eric Rohmer, Surya Singh, and Marc Freese. V-rep: A versatile and scalable robot simulation framework. pp. 1321–1326, 11 2013.