

ロボットのサイズおよび通路幅を考慮した 複数台移動ロボットの効率的な経路計画手法

○田倉 竜也, 松日楽 信人, 小松 廉,
永谷 圭司, 山下 淳, 浅間 一 (東京大学)

Path planning for mobile robots considering the size of robots and the width of a pathway

○Tatsuya TAKURA, Nobuto MATSUHIRA, Ren KOMATSU,
Keiji NAGATANI, Atsushi YAMASHITA, and Hajime ASAMA (The University of Tokyo)

Abstract : In situations where multiple robots of different sizes operate in the same environment, whether robots can move without collisions depends on both their sizes and the width of a path. Therefore, we propose a service of an efficient path planning with a global path planning only allowing passing each other if possible and a local path planning for each robot by using the footprints of other robots.

1 序論

無人化と効率化に伴い、倉庫での運搬作業などを例として複数台のロボットを同一環境下で運用する必要性が高まっている。一方、同一環境下で異なるサイズのロボットを運用するケースにおいては、屋内の環境等狭い領域が多い場合は特に、ロボット同士がすれ違えるか否かがロボットのサイズと通路の幅の両方に依存する。

複数エージェントに対する経路計画に対してはグラフベースのアルゴリズムが考案されている^[1]が、エージェントのサイズは考慮しておらず、また経路上のすれ違いを許容しない。また、上述の経路計画は、ロボットの動的特性を無視したものとなっているため、求めた経路を基に局所的経路計画法で実際の制御入力を求める方法が一般的である。局所的経路計画法の例としては Dynamic Window Approach (DWA)^[2]があるが、障害物の移動速度を明示的に扱うことはできない。

そこで本稿では、ロボット同士の可能なすれ違いを考慮した経路を生成したのち、他のロボットの存在位置および輪郭点 (以下 footprint と称する) を速度方向に拡大して点群データとして利用することで、異なるサイズが動作する環境下における各種ロボットやアプリケーションに応じた効率的な経路生成サービスを提案する。

2 システムの構成

システムの構成を Fig. 1 に示す。全体を管理する RSNP サーバと各移動ロボットが RSNP 通信^[3]によって接続されている。また、ロボット間でも適宜直接通信を行う。なお、各ロボットは自己位置推定およびサーバへの送信も行っているが、その部分の処理は図中では省略した。

2.1 メインサーバ

メインサーバは主に大局的経路計画を受け持つ。大局的経路計画では、いずれかのロボットが目的地に到達したタイミングで通路幅の情報を持ったグラフを用いて経路計画を行い、得られた経路を各ロボットに送信する。経路計画で考慮する制約として、通路幅よりも大きいサイズのロボットはそのエッジの利用を禁止すること、通路幅の半分のサイズ以下のロボット同士であればエッジ上のすれ違いを許容することを追加する。ここから、ロボットが干渉するのはエッジ上を交差するときのみとなるため、局所的経路計画においては、ロボット同士の干渉は、通路内でのすれ違いのみを考慮すれば良い。

2.2 移動ロボット

移動ロボットでははじめに、自己位置推定により推定した自身の位置をサーバに共有する。続いて、他の移動ロボットが自身から見て一定の範囲内に存在するか否かをサーバ側で判定し、範囲内に存在するロボットの footprint をサーバから取得する。続いて、対象のロボットと直接通信を行い、マップ上の位置、速度 (位置の時間微分を用いる) を取得する。最後に、サーバから取得した footprint をそのロボットの相対速度方向に拡大して、自身の位置を基準としたマップに障害物の情報として反映させる。局所的経路計画にはこのマップを用いる。詳細は以下の通り。

着目している footprint を持つロボットの、処理を行っているロボットに対する相対速度を \vec{v} とおく。

まず、 \vec{v} に対する偏角が 0 度以上 90 度以下の範囲である点について、 \vec{v} との内積に比例する大きさだけ半径方向に大きくする。比例定数を 1.0 とした計算結果を Fig. 2 に示す。黒い点がサーバから取得した footprint、赤い点がこ

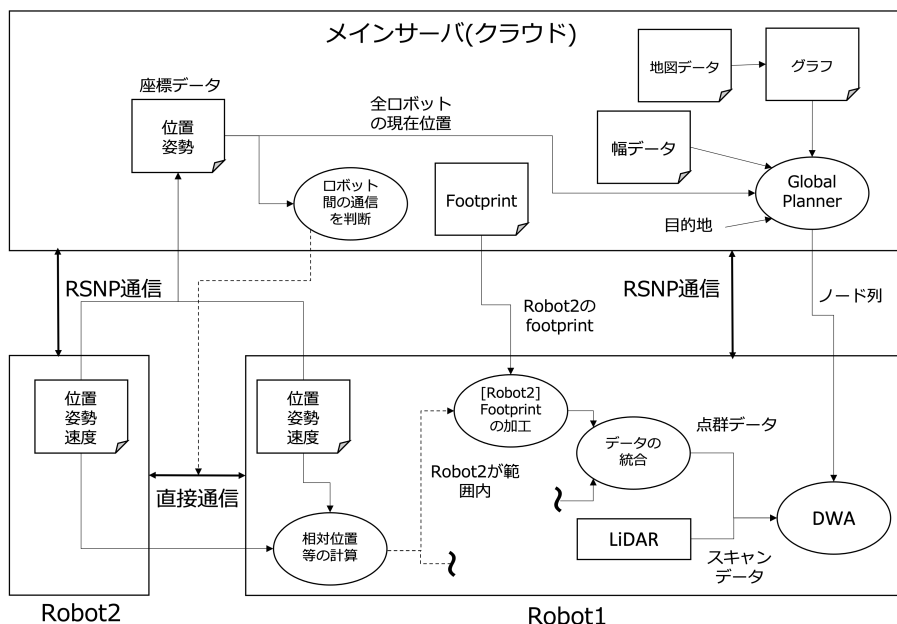


Fig. 1: System configuration diagram

の処理による変形後の点を示している。

続いて、点同士の間隔が一定の閾値以下となるよう補間する。Fig. 3 の赤点がこの処理で新たに追加された点となっている。

以上の操作により、速度方向に膨らませつつも、非対称性を持たせることによってロボット同士が正面から接近したときにそれぞれが異なる方向に回避することが期待できる。この処理を取得した footprint 全てに対して行い、得られた点群を 2D LiDAR で得られたスキャンデータと統合して障害物の情報として用いる。

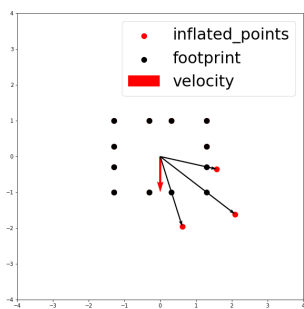


Fig. 2: Input and output after step 1

3 結論

本稿では、ロボット間の回避行動がすれ違い動作のみとなることを保証した経路を生成したのち、局所的経路計画において、各ロボットが近隣の他のロボットの位置、速度の情報に基づき footprint を変形して障害物データとして利用することで滑らかなすれ違い動作を実現する経路計画シ

ステムを提案した。今後は、RSNP 通信を用いて二台の移動ロボットと RSNP サーバを接続し、footprint の処理が少ない遅延で可能であること、およびすれ違い動作が生成されることを実験を通して確かめる。最終的には経路生成アーキテクチャとしてサービスを提供することを目標とする。

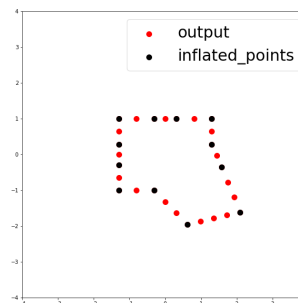


Fig. 3: Input and output after step 2

参考文献

- [1] Guni Sharon, Roni Stern, Ariel Felner, Nathan R. Sturtevant: Conflict-based search for optimal multi-agent pathfinding, *Artificial Intelligence*, vol. 219, pp. 40 – 66 (2015)
- [2] D. Fox, W. Burgard and S. Thrun: The dynamic window approach to collision avoidance, *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 4, no. 1, pp. 23–33 (1997)
- [3] 岡野憲, 加藤宏一朗, 中村幸博, 松日楽信人, 成田雅彦: “ロボット連携ネットワークのための汎用通信ユニットの開発と接続実証” *日本ロボット学会誌*, vol. 39, no. 10, pp. 973–980 (2021)