

通信の不安定性を考慮した遠隔操作ロボット制御方式の実装と評価

2022TC074 河部修輔
指導教員 宮澤元

1 はじめに

近年、自動運転技術が注目を浴びることによって使われている技術の一つである SLAM にも注目が集まることとなった。本研究では、ロボットオペレーションシステム ROS2、及び Kubernetes ディストリビューションである k3s を活用して、SLAM をクラウド・ローカル環境を動的に切り替えるシステムを構築することを目的とする。

2 背景

SLAM 技術とは、主に LiDAR センサーやカメラ等のセンサーからの入力を元に、地図生成と自己位置推定をリアルタイムで並行実行する技術のことである。しかし、SLAM の計算負荷はセンサーからの入力や地図データ、自己位置の算出等非常に高くなってしまうことがある。しかし、通信障害やリアルタイム性の問題からほとんどの SLAM の研究ではローカルで SLAM を動かすことが多い。先行研究の中で、低消費リソース SLAM をローカルで動かすことやクラウドへの一部オフロードはなされているが動的に SLAM をしている研究はまだない。そのため、実際にクラウドで SLAM を活用するにあたって重要な研究テーマといえる。本研究では、リソースの分散に注力しネットワークに応じて動的に SLAM ノードを切り替えるシステムを提案・評価する。[1, 2]

3 方法設計

- k3s サーバー
ubuntu24.04 上に k3s サーバーを構築し k3s 上に ROS2jazzy を構築する。その環境下で SLAM 用コンテナを管理する。
- k3s エージェント
ubuntu24.04 上に k3s サーバーを構築し k3s 上に ROS2jazzy を構築する。その環境下で通信監視ノードの結果から SLAM 用コンテナの起動・停止する。
- 通信監視
ハートビートとして ping コマンドから R T T やパケットロスを抽出、基準値を設定しそれを上回るとサーバーへ、下回るとローカルへセンサーデータを送信する。
- 地図データの共有
地図データはサーバー側とローカル側双方で保持することを前提にする。最初地図データ生成時に、サーバー側とローカル側双方に全地図データを送信し、それ以降は更新データ部分のみを頻繁に送信する。通信が不安定になりローカルへセンサーデータが送信された場合は、ローカル側でのみ S L A M 処理を行い、通信が復旧した場合はサーバー側に全地図データを送信する。そして、再び更新データのみを送信する。

表 1. 設計案

項目	内容
ROS バージョン	Jazzy
SLAM	slam_toolbox
クラスタ	k3s (サーバ/エージェント)

4 実験評価

4.1 実験環境

サーバー：ubuntu2404

ロボット：MentorPi (raspberrypi5)、ubuntu2404

ROS2：jazzy

4.2 実験方法

本研究の実験については、実際にシステムを稼働し ubuntu コマンドを用いて RTT やパケットロス 疑似的に下げることやサーバー側から離れた位置での通信等を想定している。その際の評価指標としては自己位置推定の揺らぎや地図データの誤差、異常検知から SLAM ノード切り替え時間、リソース消費等を使いたいと考えている。

5 終わりに

本研究は、ROS 2 と軽量 Kubernetes である k3s を組み合わせて、通信状況に応じて SLAM 処理の位置を動的に切り替える分散型自律ロボットシステムとそのための効率的な地図同期戦略を評価した。更には、k3s の導入によりリソースの効率デプロイやスケーラビリティの拡張がされ障害児の迅速リカバリやリソースの最適化が実現できた。

今後は、k3s 以外の k8s を用いることや LSTM のような機械学習による通信遅延の予測によって事前に SLAM を切り替えるシステムの提案等、更なる高次展開に取り組むと考えている。

6 参考文献

以下の参考資料を参照した。

参考文献

- [1] 中央公論社, 東京, 1981 長濱幸輝 石綿陽一 大川 猛 菅谷みどり『SLAM 実行時のエッジへの動的メモリオフロード制御の提案と設計』. IPSJ SIG Technical Report,2020
- [2] MathWorks. “SLAM とは? これだけは知っておきたい 3 つのこと”. <https://jp.mathworks.com/discovery/slam.html>