

# 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

本研究は、通信の不安定性を考慮した遠隔操作ロボットの制御方式の実装と評価をする。従来、ロボット制御における高負荷な作業はリアルタイム性の観点からロボット内だけで実行されてきた。しかし、ロボットの持つCPUで高負荷な作業を行うには高精度なサービスの利用に必要なリソースが足りないことも考えられる。とはいえ、クラウドだけで制御を行うと通信遅延や通信断等の恐れがある。更に、切り替え基準を静的に設定すると切り替えの頻発が起こりサービスが扱うパラメーターのずれやサービスの精度低下に繋がる。そこで、通信状況に応じて高負荷な作業の稼働場所をクラウド側とロボット側で動的に切り替えることにより、リアルタイム性と計算負荷の分散の両立と共に、不必要的切り替えを抑制することが可能だと考える。本研究では、以下を行う。

- 通信状態によって高負荷な作業の実行場所をクラウド側とロボット側で動的に切り替える機構の作成
- 切り替えを行う基準を固定的なものではなく通信品質に応じた動的なものにする
- クラウドに設置するアプリケーションの自己復帰機能の評価

## 2 背景

従来の自律走行ロボットはロボット内で処理を完結することが多かった。しかし、近年の自律走行ロボットは、オンボード処理による計算資源の有限性と更なる性能の向上を求めクラウドにアプリケーションをオフロードする機構を用いることが多い。ただし、クラウドにオフロードしたアプリケーションを元にロボット制御を行うことによって通信障害が起こる。その対処として切り替え機構が使われることがあるが固定的な閾値を扱うことが多く、固定的に設定すると切り替えの頻発が起こりサービスが扱うパラメーターのずれやサービスの精度低下に繋がる。こ

の課題に対して本研究では、通信状況に応じたロボット側での軽量版のサービスとクラウドでの高性能サービスを通信状況に応じ、動的に切り替える機構を提案する。

## 3 設計

今回のシステムにおいて、オフロードする先であるクラウドのことをサーバ、ロボット内のシステムのことをローカルとする。基本的なシステムの図は図1に示す。図のようにクラウドとローカル双方に高負荷なサービスを設置しローカルで通信監視を行う。

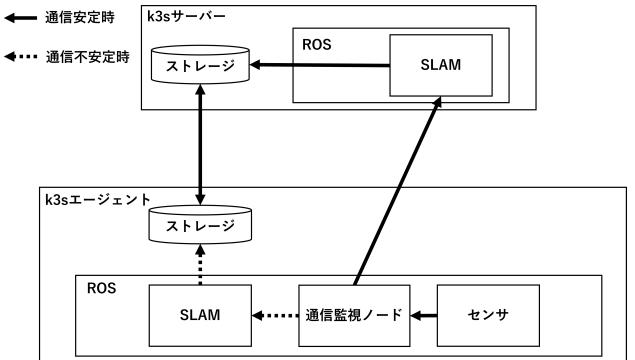


図1. システム構成図

## 4 実装

サーバーとローカルの構成には,Kubernetes ディストリビューションの一つであり、軽量化されておりエッジデバイスでも使いやすい k3s を用いて、負荷分散や pod の自己修復機能等の役割を担う。更に、自律走行用のサービスとして今回は SLAM を用いて自立制御を行う。SLAM は SLAM Toolbox を用いることでサーバーとローカルで軽量版と高精度版で分けることが可能である。その k3s 上に ROS を構築し,ROS 上に SLAM Toolbox を構築する形にする。k3s サーバーと k3s エージェント間の ROS 通信は cyclonedds という ROS の通信を行うミドルウェアをユニキャスト通信することで異なるネットワーク間を

同一のネットワークのように扱うことで ROS の通信を可能にしている。

## 5 実験評価

本研究の実験については、実際にシステムを稼働し linux コマンドを用いて RTT やパケットロス疑似的に下げるご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、実際の切り替えの結果を使いたいと考えている。実際の実験環境を以下に示す。

表 1. 実験環境

項目	内容
OS バージョン	ubuntu24.04
ROS バージョン	Jazzy
SLAM	SLAM Toolbox
クラスタ	k3s (サーバ/エージェント)
エッジデバイス	raspberrypi5
ロボット	MentorPi

## 6 終わりに

本研究は、ROS2 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提案した。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時の迅速リカバリやリソースの最適化の構成を検討した。現在は、まだ実装段階なので今後は、システムを最後まで構築し実験を繰り返すことでこのシステムの有用性をはっきりとしたいと考えている。最終的には、切り替え機構の最適化にまで踏み込めたらと考えている。以下の参考資料を参照した。

## 参考文献

- [1] 東 晃希 石綿 陽一 大川 猛 菅谷 みどり 芝浦工業大学工学部 Ales 株式会社 東海大学情報通信学部、情報処理学会第 83 回全国大会” fogcached-ros : ハイブリッドメインメモリ KVS サーバミドルウェアの提案”, pp. 93-94, 2021.
- [2] Rancher Labs, ”k3s: Lightweight Kubernetes”, <https://k3s.io/>, 2019.