

Zenoh bridge を用いた ROS 2 の通信性能評価

佐々木 怜名 †

竹房 あつ子 ‡

中田 秀基 §

小口 正人 †

† お茶の水女子大学

‡ 国立情報学研究所

§ 産業技術総合研究所

1 はじめに

マルチロボットシステムは、複数のロボットがセンシングしながら協力してタスクを遂行するシステムであり、作業の迅速化や冗長性の確保、高度なタスクの遂行を可能にする。このようなロボットシステムでは、一般にオープンソースソフトウェアの ROS (Robot Operating System) が用いられている。2017年にリリースされた ROS 2 では、リアルタイム性を確保するため、通信プロトコルに DDS (Data Distribution Service) が採用されている。DDS は、デフォルトでマルチキャスト UDP で通信を行っており、QoS を導入することで、性能、スケーラビリティ、信頼性などの向上を図っている。しかし DDS の課題として、ディスカバリーオーバーヘッドや、無線通信環境下での通信や大規模データの通信が困難になることが挙げられており、新たな通信プロトコル Zenoh が注目されている。Zenoh は低遅延で高スケーラブルな Pub/Sub/Query 型の通信プロトコルである。DDS や MQTT など他プロトコルとの相互運用プラグインも提供しているが、その性能は明らかでない。本研究では、Zenoh と DDS をブリッジするプラグインを用いたときの ROS 2 の通信性能を評価する。

2 実験

本実験では、2つのセンサロボット間の直接通信 (P2P) とクラウドサーバ上の Zenoh Router を介した通信 (Brokered) の所要時間を調査する。P2P では、ROS 2 で実装されたセンサロボットを用いて、Cyclone DDS [1] と、Zenoh と DDS をブリッジするプラグイン (zenoh-plugin-ros2dds [2]) を用いた時の ROS 2 の通信性能を比較する。Brokered では、ROS 2 で実装されたセンサロボット、クラウドサーバを用いて、MQTT ブローカを介した MQTT 通信と、Zenoh プラグインを用いて Zenoh Router を介した ROS 2 通信の通信性能を比較する。

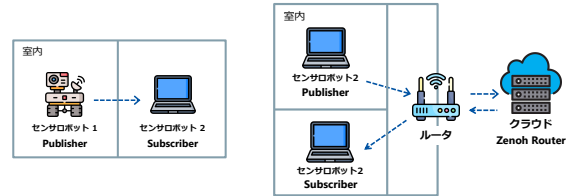


図 1: P2P

図 2: Brokered

本実験のシステムの構成について、P2P を図 1、Brokered を図 2 に示す。P2P では、センサロボット 1 上の Publisher からセンサロボット 2 上の Subscriber に文字列データを 1000 回パブリッシュする。また、センサロボットとエッジを Wi-Fi に接続する場合 (Wi-Fi) と Ethernet に接続する場合 (Wired) の 2 つの通信環境で測定する。Brokered では、センサロボット 2 上の Publisher からクラウド上の Zenoh Router を介して、別のセンサロボット 2 上の Subscriber に文字列データを 1000 回パブリッシュする。メッセージ通信処理間には 100 msec の sleep を入れる。異なるホスト間で一方方向のメッセージ通信の性能を測定するため、受信ホストがメッセージを受け取ったあと、送信ホストに対してソケット通信で小さいデータ (ack data) を送信するようにし、送信ホストでメッセージの送信から ack data を受け取るまでの時間を計測する。

2.1 P2P 通信の結果

センサロボット間の P2P 通信における通信時間の分布について、図 3 に Wi-Fi の結果、図 4 に Wired の結果を示す。以降、各グラフにおいて、箱の下端が第一四分位数、箱の中の線が中央値、箱の上端が第三四分位数を示す。横軸はメッセージサイズを Byte 単位で示し、縦軸は通信時間をミリ秒単位で示す。グラフの表は各サイズの片道通信時間の中央値を示す。図 3、図 4 より、メッセージサイズが小さい時の通信時間の中央値は、Zenoh プラグインを用いた時の方が大きい。しかし、Wi-Fi では 2MB 以上のとき、Wired では 4MB のとき、Zenoh プラグインを用いた時の方が中央値が小さくなる。特に Wi-Fi では両者の差が顕著となる。これは、Cyclone DDS ではマルチキャスト UDP を用いて通信するため、Zenoh プラグインを用いた時との差が大きくなると考えられる。これより、メッセージ

Communication Performance of ROS 2 using Zenoh/DDS Bridge

†Reina Sasaki

‡Atsuko Takefusa

§Hidemoto Nakada

†Masato Oguchi

†Ochanomizu University

‡National Institute of Informatics

§National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

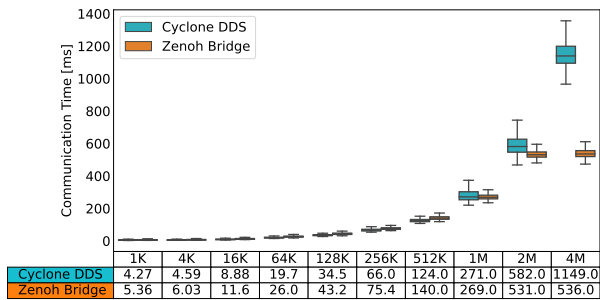


図 3: P2P における DDS と Zenoh プラグインの比較:
Wi-Fi

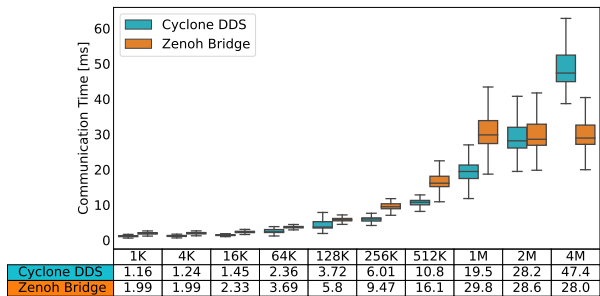


図 4: P2P における DDS と Zenoh プラグインの比較:
Wired

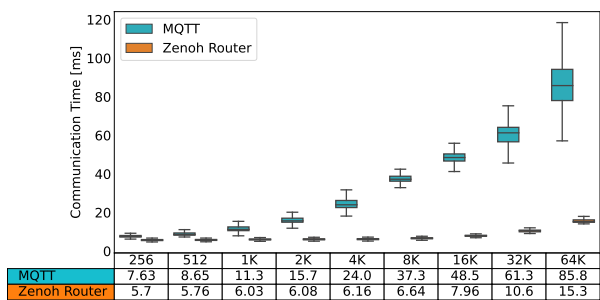


図 5: Brokered における MQTT と Zenoh Router の比較

サイズが大きい時、Zenoh プラグインでの処理よりも Cyclone DDS の通信オーバーヘッドが大きいことがわかった。

2.2 クラウドを介した Brokered 通信の結果

センサロボット間の Brokered 通信における MQTT と Zenoh Router の通信時間の分布を図 5 に示す。図 5 より、メッセージサイズが大きくなるほど、Zenoh Router よりも MQTT を用いたときの方が、通信時間の中央値や分布の広がりが大きくなるのが分かる。Zenoh Router では通信の中継以外の処理をしておらず、MQTT ブローカと Zenoh Router における処理は異なるため、同列に比較することは困難であるが、単純なメッセージの中継を行う場合には Zenoh が有効であることが示された。

3 関連研究

ロボットとクラウドを連携させ、大規模な計算やデータベースを要求する処理をクラウド上で担う、効率的かつ協調的なマルチロボットシステムが提案されている [3]。また、ロボットアプリケーションに ROS が広く利用されており、リアルタイム分散組込みシステムへの活用に向けて、ROS や ROS 2 のリアルタイム性が評価されている [4]。本研究は、ROS 2 準拠ロボットとクラウドで構成される IoT システムにおける、Zenoh プラグインを用いた時の ROS 2 の通信性能を評価している。

4 まとめと今後の課題

Zenoh と DDS をブリッジするプラグインを用いた時の ROS 2 通信について、P2P と Brokered の 2 つのトポロジーにおける通信性能を評価した。マルチロボットシステムのような、複数ロボットが無線環境で接続し、カメラ画像や点群データのような大規模データを通信する場合には、既存の DDS よりも Zenoh を用いた通信の方が性能が良いこと、単純なメッセージの中継では MQTT ブローカよりも Zenoh Router を用いた方が通信時間が短いことがわかった。

今後の課題は、プラグインを用いずに、Zenoh が実装された ROS 2 の通信性能評価を行う。また、クライアント数を増やし、より複雑な通信トポロジーを組んだ場合の通信性能の評価や、効率的な環境情報収集に向けて、複数センサロボットの適切な制御方法を検討する。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19H04089 及び 2023 年度国立情報学研究所公募型共同研究 (2023-23S0205) の助成を受けたものです。本研究成果はデータ活用社会創成プラットフォーム mdx を利用して得られたものです。

参考文献

- [1] Cyclone DDS. <https://cyclonedds.io/>.
- [2] zenoh-plugin-ros2dds. <https://github.com/eclipse-zenoh/zenoh-plugin-ros2dds>.
- [3] Gajamohan Mohanarajah, Dominique Hunziker, Raffaello D'Andrea, and Markus Waibel. Rapyuta: A cloud robotics platform. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, Vol. 12, No. 2, pp. 481–493, 2015.
- [4] Yuya Maruyama, Shinpei Kato, and Takuya Azumi. Exploring the performance of ROS2. In *2016 International Conference on Embedded Software (EMSOFT)*, pp. 1–10, 2016.