

Performance Analysis of a Node and Module Discovery Protocol in Data Distribution Service

Ryosuke Tomishige^{*1}

Yuya Tarutani^{*2}

Tokumi Yokohira^{*3}

Yuki Takano^{*4}

Koichi Imai^{*5}

2025 年 12 月 4 日

^{*1} Okayama University

^{*2} The University of Osaka

^{*3} Okayama University

^{*4} TIER IV, Inc.

^{*5} TIER IV, Inc.

0.1 イントロ

自動運転システムで採用されている ROS 2 は Data Distribution Service (DDS) と呼ばれる Pub/Sub 通信のミドルウェアを用いる。DDS ネットワークに参加するプロセスをノードと呼び、各ノードはトピックを出版/購読するためのモジュールを持つ。各モジュールは他のモジュールを Discovery Protocol (発見プロトコル) と呼ばれる仕組みを使用して自動的に発見し、通信を行なう。標準の発見プロトコルとして規定されている Simple Discovery Protocol (SDP) はノード発見とモジュール発見の 2 つの段階で構成される。しかし、SDP は小規模から中規模のネットワークを対象としており、大規模なネットワークで使用されることが想定されていない。

ROS2 でサポートされている DDS 実装のうち、eProsima' s Fast DDS、Eclipse Cyclone DDS の 2 つについて性能を確認する。

0.2 Simple Discovery Protocol

SDP のシーケンスの概略を図 1 に示す。各ノードは自身の情報を含む SPDP メッセージを定期的に送信し、ネットワーク上の他のノードに自身の存在を知らせる。SPDP メッセージを受信したノードは自身のモジュール情報を含む SEDP メッセージを送信する。

DDS のメッセージにはシーケンス番号が振られており、SEDP では信頼性確保のために、定期的に送信済み SEDP メッセージのシーケンス番号の一覧を HB メッセージで送信し、それを受信したノードは肯定確認応答または再送要求を ACKNACK メッセージで送信ノードに伝える。このとき、未知のノードからの SPDP 以外のメッセージは図 2 の二本目の矢印のように無視される。両ノードがお互いを発見した後に SEDP メッセージを受信することで他のノードが持つモジュールを発見する。

(a) Discovered pub mod- (b) unicast packet drop
ules

図 1: Discovery Time

(a) Fast DDS 1MiB (b) Fast DDS 10MiB

(c) Cyclone DDS 1MiB (d) Cyclone DDS 10MiB

図 2: Discovery Time

0.3 性能解析のための評価実験

すべてのノードが他ノードのもつ全モジュールの情報を受信するまでにかかる時間を Discovery Time と定義する。SDP のスケーラビリティを検証するために、車載ネットワークを模した多数のノードが存在するネットワークでノードを同時に立ち上げたときの、Discovery Time を計測する。2 台のホストを用意し、同一のトピックの出版/購読モジュールをそれぞれ 1 つ持つノードを Fast DDS、Cyclone DDS で実装し、各ホストで 102 ずつ立ち上げ実験を行なった。

実験結果を図 2 に示す。Fast DDS は 50s 程度、Cyclone DDS は 23 秒程度だった。

この差の原因として、UDP ソケットの受信バッファが原因として考えられるため、各実装のソケット受信バッファを変更して実験した。

Cyclone 1MB でも十分早い。Fast 10MB にすると改善するがそれでも Cyclone に比べて遅い。

疑問 1. なぜ Fast は Cyclone と比較して必要なソケットバッファが多いのか？

シンプルに Fast DDS のメッセージ処理速度が遅い可能性が極めて高い

疑問 2. Cyclone と Fast の discovery の進み方の差はどのような実装、パラメータの差によるものなのか？

各ノードの起動開始時刻を $t = 0$ とし、図 2c は

各ノードにおける発見済み出版モジュール数、図 2d は各 UDP ソケットにおける累積パケットドロップ数である。図 2c からモジュール発見の完了まで 50 秒程度かかっていることが観測された。図 2d から出版モジュール発見が完了するまでの間、多数のパケットがドロップしており、図 2c でモジュールを新規に発見が発生している時間と図 2d でパケットドロップが多発している時間が一致しているため、モジュール発見段階でパケットドロップが発生しているといえる。

パケットドロップが多発する原因としてモジュール発見のメッセージ数が大きいことが考えられる。総ノード数を P 、各ノードの平均モジュール数を E 、各ノードでの平均ドロップ率を D とすると、モジュール発見のメッセージ複雑度は $O(P^2ED^2)$ と表せる。このため、ノード数が多くなるとメッセージ数が非常に多くなる。