

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

Ryosuke Tomishige<sup>\*1</sup>

Yuya Tarutani<sup>\*2</sup>

Tokumi Yokohira<sup>\*3</sup>

Yuki Takano<sup>\*4</sup>

Koichi Imai<sup>\*5</sup>

2025 年 12 月 3 日

<sup>\*1</sup> Okayama University

<sup>\*2</sup> The University of Osaka

<sup>\*3</sup> Okayama University

<sup>\*4</sup> TIER IV, Inc.

<sup>\*5</sup> TIER IV, Inc.

## 0.1 はじめに

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 [?]。

本研究では、多数のノードを前提とした SDP の性能解析を行い、スケーラビリティの問題を実験的に確認する。

## 0.2 Simple Discovery Protocol

SDP のシーケンスの概略を図??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??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) 発見済み出版モジュール数 (b) パケットドロップ数  
ル数

図 1: Fast DDS の SDP の観察結果

## 0.3 性能解析のための評価実験

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、UDP ソケットにおけるノード・モジュール発見の様子とパケットドロップを調査する。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 ROS2 のデフォルト DDS 実装である Fast 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 1 に示す。各ノードの起動開始時刻を  $t = 0$  とし、図 1a は各ノードにおける発見済み出版モジュール数、図 1b 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 1a 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 1b 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 1a でモジュールを新規に発見が発生している時間と図 1b 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多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。

## 0.4 まとめ

実験により、合計 204 ノード、408 モジュールで構成される DDS ネットワークにおいてモジュール発見段階で多数のパケットドロップが発生し、全

モジュールの発見に約 50 秒かかることが確認できた。また、モジュール発見の段階が問題の原因であることをメッセージ複雑度の計算によっても確認できた。