

# 多様なロボットサービスを支援する IoT ミドルウェアの開発

小沢 公基†<sup>1</sup> 菅谷 みどり†<sup>1</sup>

今後、多種多様な複数台のロボットサービスが実現する。状況に応じて複数台のロボットが効率良くサービスを提供するために、複数台ロボットの情報をサーバで最適化し、制御命令をロボットに対してフィードバックする仕組みが必要である。そこで本研究では、サーバで最適化された制御命令をマルチキャストを用いてフィードバックを行うミドルウェアを設計、実装した。

## 1. はじめに

人口減少時代において、ICT による成長が不可欠であり、未来の社会像として内閣府で提唱された Society5.0 の様なデジタル化が大きく進んだ社会が考えられる[1]。そのような社会ではドローン、警備ロボ、受付案内、掃除ロボットなど、多種多様なロボットサービスが実現される。そのようなサービスにおけるロボットは、目まぐるしく変化する状況に対応するために、センサデータや内部情報を分析して制御に活用する必要がある。ロボット制御において、センサで取得したデータを分析し、制御に活用する事をフィードバックサイクル(以下 FBS)と呼ぶ。

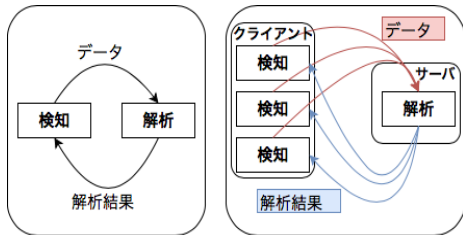


図 1 フィードバックシステム図

従来の FBS (図1左)は、ロボットの内部で検知したデータを分析し制御に反映していたが、ロボットサービスで要求される FBS (図1右)は、複数のロボットからのデータをサーバで解析し、ロボットの制御に反映する事ができなければならない。

中山, 住谷(2015)[2]らは TCP/IP を用いた分散ロボットシステムのデータ収集プラットフォーム(以下 RLS)の開発を行った。しかし、分散環境を構成し・大量のデータをリアルタイムに処理するという要求に対する仕組みが十分に提供されておらず、制御に必要な要求を満たすことが困難である。本研究では、サーバを介しマルチキャストを用いた FBS の設計・実装、評価により制御に

必要なリアルタイム性能の議論を行う。今回は、iRobot 社 iRobotCreate2を用いて、TCP/IP 通信で消費電力データを複数クライアントから収集し、解析結果を UDP で送信するサーバを設計、実装し評価した。また、解析結果は、ロボットを操作するための計算機である raspberry pi3 の音声ファイルの出力に用いられるという具体的な制御要求の元で実施した。

## 2. 提案手法

### 2.1. 提案概要

本研究では、解析結果を全てのクライアントに送信する仕組みとクライアントからのログデータを効率的に取得するマルチタスクサーバを提案する。それらの設計について以降で説明する。

### 2.2. マルチキャストセンダー

サーバで収集したログを解析し、コネクションレス型の UDP 通信を行う。全クライアントに送信、サーバ主導で行う必要があると考え、TCP/IP を使用せずに、コネクションレス型の UDP を採用した。

### 2.3. アクセプタ

クライアントからのログ受信スレッドを、プログラム起動時に生成し、待機させておくスレッドプール手法を用いた。クライアントからの、接続要求(connect 関数)を待つ accept 関数は、POSIX ライブラリの mutex を用いてスレッド間排他制御を行う。スレッドを予め生成しておく事で、クライアントからの接続時にスレッドを作成するというオーバーヘッドを失くす事ができ、同時に到着した接続要求に対しても対応する事が可能になる。

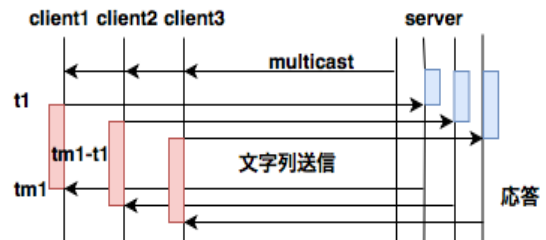


図 2 システム概要図

†1 芝浦工業大学 情報工学科  
Shibaura Institute of Technology, Information Science and Engineering

### 3. 評価実験

#### 3.1. 実験概要

ロボット制御用マシンとログサーバ間の通信性能を評価することを目的とし、複数台のクライアントからログサーバに接続し、それぞれのロボット制御用マシンからログデータを送信する実験を行った。

クライアントから文字列を送信し、サーバから送り返された文字列をクライアントが受け取るまでの応答時間(以下クライアント応答時間)。サーバがマルチキャストを送信してから、各クライアントからの最初の文字列を受信するまでの時間(以下マルチキャスト応答時間)。マルチキャストの目標応答時間は1秒とする。[3]クライアント計算機10台、サーバ計算機1台を用意し、実験を行った。また本実験は以降に示す2種類の環境下で実施した。

#### 3.2. ロボット演習の実践授業下

100人が収容可能な教室における実践授業下で実験を実施した。一部教室外で活動するグループもあった。クライアントはロボットから取得したデータが書き込まれているファイルを1分毎に監視し、更新があればサーバに送信する。クライアントの起動台数は、平均8台であった。

#### 3.3. 負荷一定のネットワーク下

サーバが20秒間隔でマルチキャストを行い、受信したクライアントは指定の文字列をサーバに送信する。合計200回計測した。

#### 3.4. 実験結果

##### 3.4.1. 負荷一定のネットワーク下でのテスト

マルチキャスト応答時間は9割が0.23秒以下で応答が完了し、目標応答時間を満たした。クライアント応答時間についても正規分布を取り、すべての応答時間が0.24秒以下であった。

##### 3.4.2. ロボット演習の実践授業下

マルチキャスト応答時間は9割が0.17秒以下で応答が完了し、目標応答時間を満たした。

##### 3.4.3. 実践時とテストの比較

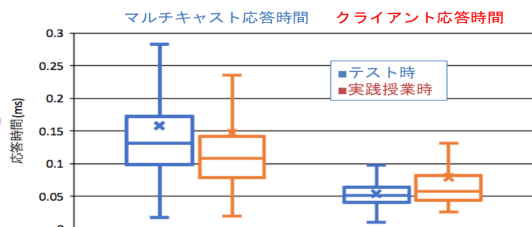


図3 実験結果比較

#### 3.5. 考察

##### 3.5.1. クライアント応答時間に関して

実践授業時に広い教室、教室外での活動という実践授業時の環境とクライアントの計算機資源をプログラミングやロボットの操作に使用していたため、テスト時に比べて、その分応答時間に影響を与えた。

##### 3.5.2. マルチキャスト応答時間に関して

実践授業時においては、実際に計算機を起動していたグループは実験時間内で平均8台であった。接続要求をacceptする部分はスレッド間排他制御している故に、クライアントの台数に比例して、排他制御分だけ処理時間が大きくなる。従ってテスト時の方が実践授業時よりも全体的な応答時間が大きくなったと考える。

#### 3.6. 今後の予定

サービスの実行完了までをサーバで管理する事によって、マルチキャストセグメント部分の信頼性向上を図る。今回は消費電力やプログラム実行回数のデータをサーバで比較するという処理の軽いものであったが、今後は深層学習など処理量が多い解析とログデータ通信の両立を図りたい。送信失敗時に、送信できなかったクライアントに対して再度送信を行うなど、通信をマネジメントし、信頼性を確保する仕組みが必要である。クライアントからの接続要求や、サーバプログラム内での解析タスクに優先度付与を行い、タスクをスケジューリングする仕組みを導入し、より効率的にサーバで処理する必要がある。データの管理は、キーバリューストア方式を用いて高速化を図りたい。

#### 参考文献

- [1] 内閣府. "Society5.0—科学技術政策". [https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)(参照 2019.06.24)
- [2] 中山悟, 住谷拓馬, 中野美由紀, 菅谷みどり "RLS:分散ロボットシステムのデータ収集プラットフォーム" 情報処理学会研究報告 Vol.2015-SLDM-170 No.45
- [3] 志和敏之, 神田崇行, 今井倫太, 石黒浩, 萩田紀博, 安西祐一郎, "対話ロボットの反応時間と反応遅延時における間投詞の効果" 日本ロボット学会誌 Vol. 27 No. 1, pp.87~95, 2009