

ROS 準拠ロボット及びエッジを用いた環境情報収集・ストリーム処理を行う IoT システムの構築

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

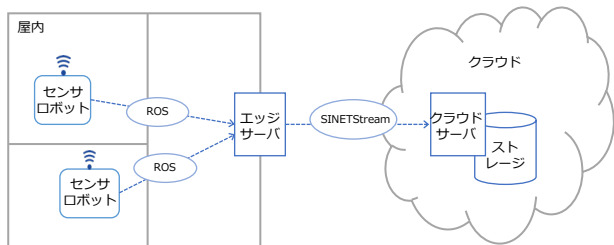


図1: 提案する IoT システムの概要

1 はじめに

スマートホームでは、IoT 機器に装備されたセンサで収集したデータを、お年寄りやペットの見守り、コロナ禍における室内二酸化炭素濃度監視などを目的とした様々なサービスに活用している。個々の家庭のデータをクラウドに収集する IoT システムを構築するには、通信遅延の低減、転送データ量の削減、プライバシーの保護への対策も必要となる。本研究では、ROS (Robot Operating System) [1] で実装された車輪型移動ロボットを用いて室内環境情報を収集し、エッジを介してクラウド上での解析処理を行う、スマートホームのための IoT システムの構築を目指す。我々は、提案システムのセンサロボットとエッジ間における処理方法の検討を行った [2]。本稿では、センサロボットとクラウド間において、エッジを介したセンサデータ処理方法の検討を行い、CO₂ 濃度リアルタイム監視システムを試作する。

2 センサデータ転送方法の検討

本章では、センサロボットからクラウドへ適切にセンサデータを収集する手法の検討に向け、カメラ画像、環境情報、位置情報を収集する試行実験を行う。また、

Construction of an IoT System for Indoor Environment Analysis and Stream Processing using ROS-compliant Robots and Edge Servers

†Reina Sasaki

‡Atsuko Takefusa

§Hidemoto Nakada

†Masato Oguchi

†Ochanomizu University

‡National Institute of Informatics

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

ロボットを活用したスマートホームアプリケーションの実証に向け、室内空間の CO₂ 濃度をリアルタイムで可視化するシステムを試作する。

図1に想定する IoT システムの概要を示す。屋内を移動する複数センサロボットが収集するセンサデータをエッジに集約し、エッジからクラウドサーバに集約したデータを送信する。エッジは、収集したセンサデータの間引き、匿名化等のフィルタ処理を行い、グローバルネットワークから室内ネットワークを分離する。センサロボットとエッジ間は室内 Wi-Fi で接続し、ROS でデータ通信を行う。エッジとクラウドサーバ間は IoT における標準的な通信プロトコルを用い、通信プロトコル層を抽象化する SINETStream[3][4] で実装する。センサロボットは車輪型移動ロボット Raspberry Pi ROS SLAM Robot (XiaoR Geek)[5] を、エッジは Surface Pro4 を、クラウドはデータ活用社会創成プラットフォーム mdx を用いる。

2.1 カメラ画像/環境情報/位置情報の転送

センサロボットでカメラ画像、環境情報、位置情報を収集し、エッジを介して、クラウドへ送信する。センサロボットには、環境情報を測定するセンサ SEK-SCD41 (SENSIRION)[6] を新たに搭載する。位置情報は、センサロボットのプログラムで推定されたオドメトリ情報を利用する。センサロボットで、各情報を取得し該当トピックに ROS でパブリッシュする publisher ノードを立ち上げる。エッジで、該当トピックから各情報を ROS でサブスクライブし、クラウド上のブローカに各情報を MQTT でパブリッシュする中継ノードと、クラウド上のブローカから MQTT で各情報をサブスクライブする subscriber ノードを立ち上げる。MQTT は IoT の標準的な通信プロトコルである。subscriber ノードで、サブスクライブした各情報を標準出力し、センサロボットで収集した任意のセンサデータを、エッジを介してクラウドに送信できることを確認した。

2.2 CO₂ 濃度リアルタイム監視システム

ロボットを活用したスマートホームアプリケーションの実装にむけて、室内環境でセンサロボットの遠隔

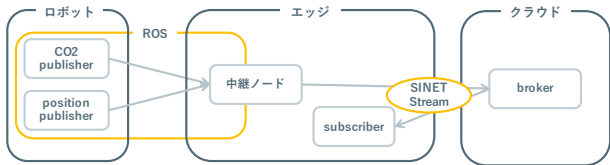


図 2: CO2 濃度リアルタイム監視システムの概要

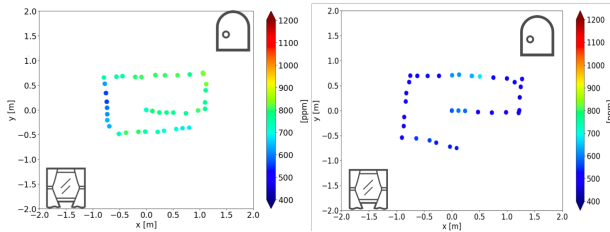


図 3: 換気前

図 4: 換気後

操作を行いながら CO2 濃度を収集し、リアルタイムで可視化する実験を行う。図 2 に本システムの概要を示す。実験では、2.1 節で開発した publisher ノードを用いて環境情報と位置情報を収集する。中継ノードで、収集した環境情報から CO2 濃度値を抽出し、CO2 濃度と位置情報をタイムスタンプで照合して、MQTT でブローカにパブリッシュする。エッジ上の subscriber ノードで、ブローカから MQTT でサブスクライブした各情報を元に、2次元のヒートマップをリアルタイムで更新する。換気をしていない室内空間で測定したヒートマップ (図 3) と、その状態から、右上のドアと左下の窓を開けて換気を行った後、同一環境で測定したヒートマップ (図 4) を示す。図から、換気後の CO2 濃度の数値が低いことがわかる。固定されたセンサの場合は、室内に複数のセンサを設置しなければ室内全体の CO2 濃度を把握することができないが、ロボットセンサを活用して適宜観測点を動かすことで室内の CO2 濃度を面で把握することができ、ロボットセンサを利用した IoT システムの有用性が確認できた。

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 [7]。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 ROS2 のリアルタイム性が評価されている [8]。本研究は、ROS で動作するセンサロボット及びエッジと、クラウドサーバで構成

される IoT システムを構築し、スマートホームでの活用を目指すものである。

4 まとめと今後の課題

センサが搭載された車輪型移動ロボットを用いて任意の空間で動的に環境情報を収集し、エッジを介してクラウドで解析処理を行う、スマートホームのための IoT システムを構築した。カメラ画像、環境情報、位置情報の収集と、室内空間の CO2 濃度の数値をリアルタイムで可視化するヒートマップを作成した。

今後は、カメラ画像転送時や作成した CO2 濃度可視化アプリケーション実行時における、遅延時間やスループットの測定を行う。また、複数センサロボットの適切な制御方法を検討し、効率的に環境情報を収集できるようにする。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19H04089 及び 2022 年度国立情報学研究所公募型共同研究 (22S0203) 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] ROS wiki. <http://wiki.ros.org/>.
- [2] 佐々木 怜名, 竹房 あつ子, 中田 秀基, 小口 正人. ROS 準拠ロボット及びエッジサーバを活用した環境情報収集・処理を行う IoT システムの検討. In *DI-COMO2022*, 第 2022 巻, pp. 1505–1511, 2022.
- [3] SINETStream. <https://sinetstream.net/>.
- [4] Atsuko Takefusa, Jingtao Sun, Ikki Fujiwara, Hiroshi Yoshida, Kento Aida, and Calton Pu. SINETStream: Enabling research iot applications with portability, security and performance requirements. In *Proc. COMPSAC 2021*, pp. 482–492, 2021.
- [5] XiaO GEEK. <http://www.xiaorgeek.com/Study/Study/catalog/cid/35>.
- [6] SENSIRION. SEK-SCD41. <https://sensirion.com/jp/products/product-catalog/SEK-SCD41/>.
- [7] 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.
- [8] Yuya Maruyama, Shinpei Kato, and Takuya Azumi. Exploring the performance of ROS2. In *2016 International Conference on Embedded Software (EMSOFT)*, pp. 1–10, 2016.