

# エッジアーキテクチャによる緊急通報システム設計方法の提案と評価

長坂 卓朗<sup>†</sup> 安藤 有輝<sup>†</sup> 柵木 哉信<sup>†</sup> 青山 幹雄<sup>†</sup>

南山大学 理工学部 ソフトウェア工学科<sup>†</sup>

## 1. 研究背景と課題

コネクテッドカーの普及とともに、緊急通報システムの普及が進んでいる。実用化されているシステムは、通報するまでのプロセスで人手を介しているため、通報までに時間がかかる。

本稿では、エッジコンピューティングを用いた緊急通報システムアーキテクチャ設計方法を提案する。プロトタイプを実装し、提案アーキテクチャの有用性を評価する。

## 2. 関連研究

### 2.1 コネクテッドカーのためのエッジコンピューティングアーキテクチャ

エッジコンピューティングをクラウドとコネクテッドカーの間に配置し、送信データをフィルタリングし、通信のレイテンシを短縮するアーキテクチャが提案されている。

### 2.2 緊急通報システム

車両事故などの緊急時に位置情報などを自動で警察や消防に通知するシステムが提供されている。

### 2.3 MQTT[6]

MQTT は Publish/Subscribe アーキテクチャを適用したメッセージ配信プロトコルである。ブローカ間のメッセージ共有を可能とするブリッジ機能がある。

## 3. アプローチ

### 3.1 ユースケース

通常時は自動車内で生成されるメッセージをクラウドに向けて配信しており、緊急時には救援機関の緊急指令室、近隣の緊急車両にメッセージを配信することを想定する。イメージ図を図1に示す。

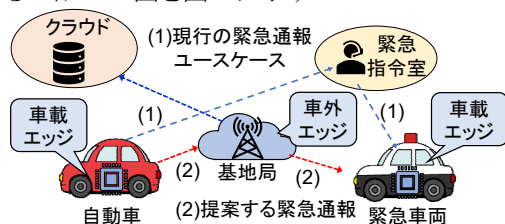


図1 ユースケース

### 3.2 アプローチ

現在提供されている緊急通報システムでは、緊急通報の発信元の近隣に緊急車両が存在しても、直接データ共有が行えない。そこで、緊急車両へ直接メッセージを配信するために、次の条件を満たすアーキテクチャを提案する。

#### (1) エッジを自動車の車載エッジ、車外エッジ、緊急車

A Design Methodology of eCall Systems Based on Edge Computing Architecture and its Evaluation

<sup>†</sup>Takuro Nagasaka, <sup>†</sup>Yuki Ando, <sup>†</sup>Toshinobu Masegi, <sup>†</sup>Mikio Aoyama, Department of Software Engineering, Nanzan University.

両の車載エッジに分割し、トピックによって経由するエッジを分散しスケラビリティを確保する。

(2) ブリッジを用いてエッジ間で緊急メッセージを含むデータを共有可能とする。

(3) 緊急メッセージを自動車から緊急車両に車外エッジを経由することで共有できる。

## 4. アーキテクチャ設計

### 4.1 設計プロセス

アプローチに従い、システムアーキテクチャを設計する。設計プロセスを以下に示す。

#### (1) 論理アーキテクチャ設計

ブリッジを用いてメッセージを共有できるアーキテクチャを設計する。

#### (2) メッセージ設計

メッセージの種類を通常メッセージと緊急メッセージに分け、それぞれのトピックを設計する。

#### (3) 物理アーキテクチャ設計

論理アーキテクチャに基づき、各機能の実現に必要なコンポーネントを示す物理アーキテクチャを設計する。

### 4.2 論理アーキテクチャ設計

提案するシステムアーキテクチャを図2に示す。自動車から生成されるメッセージはまずブローカ A に送信される。さらに負荷分散のために、一部のメッセージはブローカ B にブリッジによってメッセージ共有する。緊急メッセージが送信された場合、まずブローカ A が受け取り、ブローカ B にメッセージ共有し、さらにブローカ B はブローカ C にブリッジによってメッセージ共有する。これにより、クラウドを中継せずに緊急指令室、緊急車両にメッセージを配信できる。

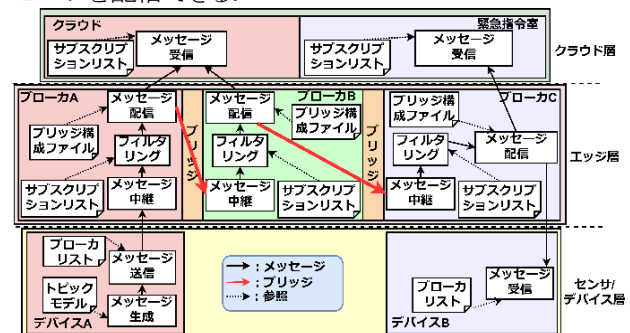


図2 論理アーキテクチャ

### 4.3 メッセージの設計

#### 4.3.1. メッセージトピックの設計

送信するメッセージのトピックは 4 階層で構成される(図3)。第2階層で通常メッセージと緊急メッセージの識別、第3階層でデータ概要の識別、第4階層でメッセージを一意に識別する構造とする。

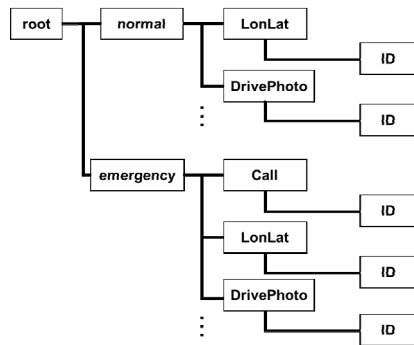


図3 メッセージトピックの構造

4.3.2. メッセージ設計

送信するメッセージは、「接続機関における自動車からの緊急通報の取扱いに関するガイドライン」に基づいて定義する[7]。メッセージのトピックごとにレイテンシを計測するためメッセージは json 形式とし、メッセージの生成時刻をデータとともに送信する。

5. プロトタイプの実装

5.1 プロトタイプ実装の目的

プロトタイプの実装の目的は次の3点である。

- (1) 提案方法の妥当性の確認
- (2) 多段 Pub/Sub[5]アーキテクチャと比較し、提案方法の優位性の確認
- (3) 有効なメッセージ分散パターンの確認

5.2 プロトタイプ実装の概要

レイテンシを評価するために、エッジアーキテクチャと多段 Pub/Sub, 1 段の 2 つのアーキテクチャのシステムのプロトタイプを実装する。メッセージ配信プロトコルには MQTT を用いる。ブローカには Eclipse Mosquitto[3], クライアントには Eclipse Paho[4]を用いる。

5.3 実行環境

プロトタイプの実行環境を表 1, 表 2 に示す。

表 1 実行環境

システム名	デバイス	エッジ	クラウド
ハードウェア	Raspberry Pi 4 B	Raspberry Pi 3 B+	FMVWWD2S8
OS	Raspbian 10	Raspbian 9.4	Ubuntu 18.04
プロセッサ	Cortex-A72,1.5GHz	Cortex-A53,1.4GHz	Intel Core i7-6700,3.40GHz
メモリ	4GB	1GB	16GB

表 2 ソフトウェア環境

ソフトウェア	実装範囲	バージョン
Eclipse Mosquitto	ブローカ	1.6.8
Eclipse Paho	クライアント	1.4.0

6. 実行結果と評価

6.1 評価方法

図 1 に示す緊急通報システムのユースケースに対して、緊急メッセージとして 100KB, 300KB, 500KB の画像データをデバイスから 0.1 秒ごとに配信する。パブリッシャがパブリッシュした時刻とサブスクライバがサブスクライブした時刻の差をレイテンシとして測定する。次の 4 つのユースケースで 3 回測定を行う。

- (1) ブリッジ: ブローカ B にブリッジを用いる
- (2) ブリッジ: ブローカ B を用いない

- (3) 多段 Pub/Sub: ブローカ B に多段 Pub/Sub を用いる
- (4) 多段 Pub/Sub: ブローカ B を用いない

6.2 実行結果

緊急車両に画像メッセージを配信したときのレイテンシの平均値を図 4 に示す。図においてパターン(1)の提案するブリッジを用いたアーキテクチャのレイテンシは線形(ブリッジ)である。また、パターン(3)の先行研究で提案されている多段 Pub/Sub アーキテクチャのレイテンシは線形(多段 Pub/Sub)である。

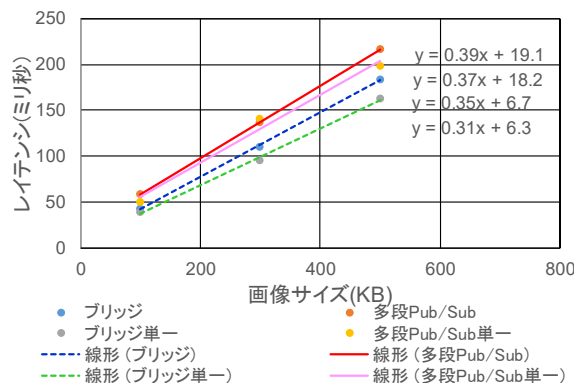


図4 レイテンシの測定結果

6.3 考察

図 4 から、パターン(3)の傾きはパターン(1)と比較して 11.4%増大している。このことから、提案アーキテクチャは先行研究のアーキテクチャと比較し 11.4%改善されていると言える。また、提案アーキテクチャのレイテンシはブローカを用いないパターン(2)と比較し 12.9%増大している。このことから、提案アーキテクチャは多段 Pub/Sub アーキテクチャとブローカ B を用いないアーキテクチャの中間として位置づけられる。

7. まとめ

本稿ではエッジアーキテクチャを用いた緊急通報システムアーキテクチャ設計方法を提案した。プロトタイプを実装しレイテンシを評価した結果、提案アーキテクチャが先行研究の多段 Pub/Sub アーキテクチャよりも優位であることを確認した。

参考文献

- [1] AECC, General Principle and Vision White Paper Version 2.1.0, Dec. 2018, [https://aecc.org/wp-content/uploads/2019/04/AECC\\_White\\_Paper.pdf](https://aecc.org/wp-content/uploads/2019/04/AECC_White_Paper.pdf).
- [2] CEN-EN 16072: 2015, Intelligent transport systems-ESafety-Pan European eCall-Operating requirements.
- [3] Eclipse Mosquitto, <https://mosquitto.org>.
- [4] Eclipse Paho, <https://eclipse.org/paho/>.
- [5] 濱野 真伍 他, IoT システムのためのエッジアーキテクチャ設計方法論の提案と評価, 第 198 回ソフトウェア工学研究会, Vol. 2018-SE-198, No. 12, Mar. 2018, pp. 1-8.
- [6] ISO/IEC 20922:2016, Information Technology - Message Queuing Telemetry Transport (MQTT), V3.1.1, 2016.
- [7] 警察庁 消防庁 総務省, 接続機関における自動車からの緊急通報の取扱いに関するガイドライン, May. 2018, <http://www.mlit.go.jp/common/001234105.pdf>.
- [8] 宇野 聡将 他, 二重エッジアーキテクチャ設計方法の提案と MQTT-Bridge を用いたプロトタイプによる評価, 第 81 回全国大会講演論文集, Mar. 2019, pp.215-216.