

2025年度  
修士論文

SN開発におけるデバッグシステムの開発

指導教員	アサノ デービッド	教授
	不破 泰	肩書き

2025年1月30日提出

信州大学大学院 総合理工学研究科 工学専攻 情報数理・融合システム分野  
24W6047A  
辻村篤志

あらまし

あらましを書く。

# 目次

<b>第1章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	研究背景 . . . . .	1
1.2	当研究室における先行研究 . . . . .	2
1.3	先行研究の課題 . . . . .	2
1.4	本研究の目的 . . . . .	2
1.5	本論文の構成 . . . . .	2
<b>第2章</b>	<b>システム構成と使用技術</b>	<b>4</b>
2.1	システム構成 . . . . .	4
2.2	ハードウェアデバイス . . . . .	4
2.2.1	マイコン . . . . .	4
2.2.2	無線モデム . . . . .	4
2.2.3	GPS センサ . . . . .	5
2.3	ソフトウェア . . . . .	5
2.3.1	使用言語 . . . . .	5
2.3.2	UML 設計ツール . . . . .	5
2.3.3	ビルドシステム . . . . .	5
2.4	開発環境 . . . . .	5
<b>第3章</b>	<b>設計・実装</b>	<b>6</b>
3.1	システムの概要 . . . . .	6
<b>第4章</b>	<b>検証</b>	<b>7</b>
<b>第5章</b>	<b>結論</b>	<b>8</b>

目 次	iv
第 6 章 今後の展望	9
参考文献	10

# 图 目 次

# 表 目 次

# 第 1 章

## はじめに

はじめにを書く。

### 1.1 研究背景

近年、無線センサネットワーク（Wireless Sensor Network：WSN）や IoT（Internet of Things）は、環境モニタリングやスマートシティ、インフラ監視、農業、ヘルスケアなど、さまざまな分野での応用が期待されている。実際、IoT 全体の接続デバイス数は急速に増加している。IoT Analytics によれば、2023 年時点で約 166 億台、2024 年には約 188 億台に達し、2030 年には約 400 億台に到達すると予測されている [1]。また、WSN の普及も市場規模の面から拡大を続けており、Grand View Research の報告では、産業用 WSN（Industrial WSN）の市場は 2023 年に約 51.9 億ドルと推定され、2024 年から 2030 年にかけて年平均 12.1%の成長が見込まれている [2]。

しかし、これらのシステムを構築するためには、複雑な通信プロトコルの設計やデータ処理の設計および実装が求められ、開発者には幅広い専門知識と多大な工数が必要となる。さらに、無線通信環境の構築やマイコン設定など導入時のハードルも高く、これらの研究や開発の多くはシミュレーション環境やエミュレータ上での検証にとどまることが多い。しかし、シミュレーション環境では実機特有の挙動や外部環境の影響を完全に再現することが難しく、実機での検証が不可欠である場合も多く、実機でのプロトコル検証を容易にするための支援環境の整備が求められている。

## 1.2 当研究室における先行研究

当研究室の先行研究では、無線通信プロトコルの動作を定義した状態遷移図から自動生成したプログラムを汎用ハード上で動作させ、プロトコルを実機で動作検証できる環境が構築されていた（旭ら [3]、小林ら [5]）。

## 1.3 先行研究の課題

このシステムにより基本的な通信プロトコルの動作検証が可能となったが、デバッグ方法はコンソールへのログ出力に依存しており、通信処理が高速に進むため逐次的な状態遷移を追跡することが難しかった。その結果、複雑な動作を含むプロトコルに対しては、異常動作の原因を把握しづらく、開発効率や教育的利用の観点では十分でない点が課題として残されていた。

## 1.4 本研究の目的

本研究の目的は、従来研究で課題となっていたデバッグ効率の低さを改善し、実機でのプロトコル検証をより効果的に行える環境を実現することである。そのために、状態遷移図から生成したコードの動作をログとして出力し、それを可視化・ステップ実行できる仕組みを開発した。これにより、プロトコルの動作を逐次的に把握でき、異常動作の原因究明を容易にするとともに、教育や応用実証に適した支援環境を提供することを目指す。

## 1.5 本論文の構成

本論文は全7章から構成されている。第1章では、本研究の背景として当研究室におけるこれまでの研究の流れを整理し、先行研究で顕在化した課題を明らかにした上で、本研究の目的を述べる。第2章では、当研究室における先行研究システムについて、その構成や実現されてきた機能を整理するとともに、運用およびデバッグの観点から課題をまとめる。第3章では、先行研究の課題を踏まえ、本研究で提案するシステムの概要と設計方針について述べる。ここでは、全体構成および各コンポーネントの役割を中心に説



明する。第4章では、提案システムの設計および実装について述べ、特にデバッグ支援を目的としたログ取得方式や状態遷移の可視化手法について詳述する。第5章では、提案システムの操作例を示し、実際の利用を通してどのような情報が得られるかを説明する。第6章では、従来手法との比較を通じて提案システムの有効性を評価し、その結果について考察を行う。最後に第7章では、本研究のまとめを行うとともに、今後の課題および展望について述べる。

## 第 2 章

# システム構成と使用技術

本章では、本研究で開発したデバッグシステムの構成と使用した技術について説明する。

### 2.1 システム構成

本システムは、ハードウェアデバイスとソフトウェアコンポーネントから構成される。ハードウェアデバイスとしては、マイコン、無線モデム、GPS センサを使用し、これらを組み合わせてセンサネットワークを構築する。ソフトウェアコンポーネントとしては、使用言語、UML 設計ツール、ビルドシステムが含まれ、これらを用いてプロトコルの設計・実装・デバッグを行う。図を挿入してシステム構成を示す。次節以降では、各コンポーネントについて詳細に説明する。

### 2.2 ハードウェアデバイス

センサネットワークを構築するために使用するハードウェアデバイスについて説明する。

#### 2.2.1 マイコン

マイコンについて説明する。

#### 2.2.2 無線モデム

無線モデムについて説明する。

### 2.2.3 GPS センサ

GPS センサについて説明する。

## 2.3 ソフトウェア

### 2.3.1 使用言語

使用言語について説明する。

### 2.3.2 UML 設計ツール

UML 設計ツールについて説明する。

### 2.3.3 ビルドシステム

ビルドシステムについて説明する。

## 2.4 開発環境

開発環境について記述する。

## 第 3 章

# 設計・実装

具体的にどのように設計・実装を行ったかを書く。

### 3.1 システムの概要

システムの概要を書く。Zシステムの概要を書く。Z

## 第 4 章

### 検証

検証を書く。

## 第 5 章

### 結論

結論を書く。

## 第 6 章

### 今後の展望

今後の展望を書く。

## 参考文献

- [1] IoT Analytics: "State of IoT 2024: Number of Connected IoT Devices Grows 16% to 16.6 Billion", 2024.
- [2] Grand View Research: "Industrial Wireless Sensor Network Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024–2030", 2024.
- [3] 旭 健汰, アサノ デービッド, 不破 泰: "無線モデムを用いたセンサネットワーク MAC プロトコル検証システムの開発", 信学技報, NS2023-147, pp.120–125, Dec. 2023.
- [4] PlatformIO Labs, "What is PlatformIO?", <https://docs.platformio.org/en/latest/what-is-platformio.html>, 参照 Oct. 15, 2025.
- [5] 小林 遼, アサノ デービッド, 不破 泰: "センサーネットワーク検証システムにおける遷移図を用いた MAC プロトコル設計環境の開発", 信学技報, NS2023-148, pp.126–131, Dec. 2023.
- [6] Mermaid.js, "Overview," <https://mermaid.js.org/intro/>, 参照 Oct. 15, 2025.
- [7] Mermaid.js, "State Diagram Syntax (stateDiagram-v2)," <https://mermaid.js.org/syntax/stateDiagram.html>, 参照 Oct. 15, 2025.
- [8] Eclipse Foundation, "MQTT: Message Queuing Telemetry Transport," <https://mqtt.org/>, 参照 Oct. 15, 2025.
- [9] 園田 継一郎, 不破 泰, アサノ デービッド, "無線センサーネットワークの端末・中継機における送信タイミング決定時間短縮方法の検討," 信学技報, NS2022-138, Dec. 2022.