

# IoT 技術を利用したバスロケーションシステムにおける Wi-SUN 通信の基礎評価

西尾 航<sup>†1</sup> 花井 達哉<sup>†2</sup> 鈴木 秀和<sup>†1</sup> 松本 幸正<sup>†1</sup>  
<sup>†1</sup> 名城大学大学院理工学研究科 <sup>†2</sup> 名城大学理工学部

## 1 はじめに

バスの利便性を向上させる手段の一つに、バスロケーションシステムがある。筆者らはバスの位置情報の収集や運行情報の配信に無線センサネットワーク（以下、WSN）を利用することで、低運用コストで実現可能なバスロケーションシステムを提案してきた [1, 2]。文献 [1] では 2.4GHz 帯の電波を利用した実証実験が行われ、電波到達率が高いと言えない結果となった。そこで文献 [2] では、電波の周波数帯を Wi-SUN (Wireless Smart Utility Network) が使用する 920MHz 帯へ変更し電波到達率を改善することで、センサノードの設置台数を削減することを提案している。しかし、具体的な削減数までは検討されていない。

本稿では、2.4GHz 帯と 920MHz 帯の電波を利用した電波到達率の測定実験を行い、実際のバス路線において設置すべきセンサノードの数を試算および比較を行うことで、Wi-SUN 通信の基礎評価を行う。

## 2 WSN を利用した

### バスロケーションシステム

図 1 に WSN を利用したバスロケーションシステムの概要を示す。このシステムでは、IEEE802.15.4 準拠のバッテリー駆動可能な無線センサノードをバス、バス停、バス路線沿いの電柱や街路灯に設置し WSN を構築する。構築した WSN を利用し、バスの位置情報の収集や運行情報の配信を行うことで通信コストが発生せず、低運用コストなシステムを実現している。

文献 [1] では、愛知県日進市のコミュニティバス「くるりんばす」において、直進性の強い 2.4GHz 帯の電波を用いた実証実験が行われた。実証実験の結果からバスロケーションシステムとして十分稼働することが確認されたが、電波が車や建造物に反射することによるパケットロスが確認された。文献 [2] では、文献 [1] の WSN の通信規格を Wi-SUN へ変更することを提案している。Wi-SUN は IoT 向け通信技術の一つとして注目を集めて

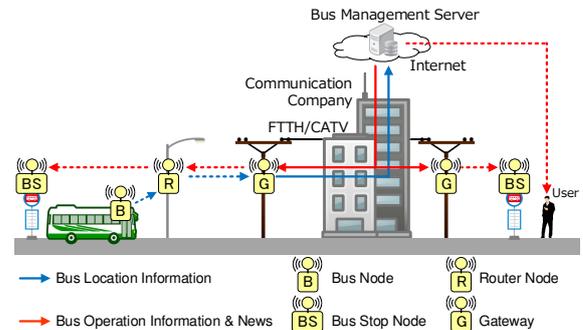


図 1 WSN を利用したバスロケーションの概要

表 1 無線モジュールの送信出力

	TWE-001 STRONG	BP35A1
送信出力 [mA]	8.01	20

おり、920MHz 帯の電波を使用する。920MHz 帯の電波は 2.4GHz 帯の電波に比べ回折特性がよく、通信可能距離が長いという特徴がある。そのため、文献 [1] の課題であった電波到達率を改善することができ、センサノードの設置数を削減が見込まれている。しかし、具体的な削減数の検証は行われていない。

## 3 検証実験

本検証実験では、2.4GHz 帯および 920MHz 帯の電波におけるパケット受信率を測定する。実験には文献 [1] の実証実験で用いられた 2.4GHz 帯の電波を利用する東京コスモス電機株式会社の無線モジュール TWE-001 STRONG と、ローム株式会社の Wi-SUN モジュール BP35A1 を使用する。実験に用いた無線モジュールの最大送信出力を表 1 に示す。

実験は愛知県名古屋市植田駅周辺にて行い、直進における通信可能距離および曲がり角における回折特性を検証した。実験場所を図 2 に示す。無線モジュールは受信機と送信機を用意し、防水防塵ボックスに格納し高さ 3m の三脚に取り付けた。直進距離の測定実験では受信機の位置を固定し、送信機を受信機から 100m 離れた地点から 50m ずつ離していき、各地点にてパケット受信率を測定した。回折特性の測定実験では、曲がり角を基準地点とし、受信機と送信機をそれぞれ基準点から 10m ずつ移動させ、各地点にてパケット受信率を測定した。

### Fundamental Evaluations of Wi-SUN Communication in IoT-based Bus Location System

Wataru Nishio<sup>†1</sup>, Tatsuta Hanai<sup>†2</sup>, Hidekazu Suzuki<sup>†1</sup> and Yukimasa Matsumoto<sup>†1</sup>

<sup>†1</sup> Graduate School of Science and Technology, Meijo University

<sup>†2</sup> Faculty of Science and Technology, Meijo University

受信機と送信機の直線距離間には高層マンションなどがあるため直接波が到達することはほとんどなく、基準点を經由した通信となる。各実験において送信機にパケットを500回送信させた。

#### 4 実験結果・評価

直進距離の測定実験の結果を図3に、回折特性の測定実験の結果を図4に示す。図3から、直進距離において2.4GHz帯は150m地点まで、920MHz帯は250m地点まで安定した通信ができていたことがわかる。図4から2.4GHz帯は基準点経由で60m地点までは安定した通信ができていたが、920MHz帯は基準点経由で120m地点までは安定して通信できることがわかる。

実験結果を用いて、くるりんばすの西コースをモデルに無線センサノードの設置台数を試算した。コース詳細および無線通信の条件を図5に示す。バス停には無線センサノードを必ず設置し、バスの走行コースが直進距離および曲がり角では図5に示した通信距離と回折特性に従ってセンサノードを設置した。ただし、検証実験では2.4GHz帯は回折特性がほとんど見られなかったため、全ての曲がり角において無線センサノードを設置した。

図6に試算結果を示す。2.4GHz帯から920MHz帯へ周波数を変更することにより、無線センサノードの総設置台数が35.5%削減可能になることがわかる。バス停以外に設置するセンサノードの設置台数は46.2%削減可能である。したがって、センサノードの設置台数を大幅に削減でき、その結果として設置コストだけでなく保守および運用コストの大幅な削減が見込まれる。

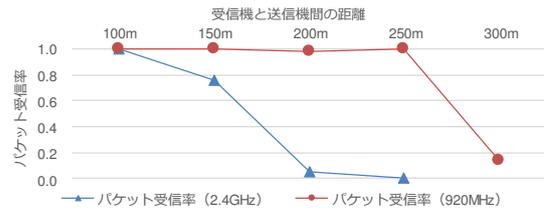


図3 直進距離の測定実験結果

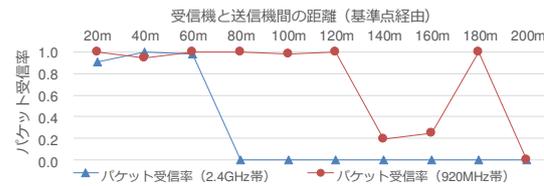


図4 回折特性の測定実験結果



図5 くるりんばす西コース概要と無線通信の条件

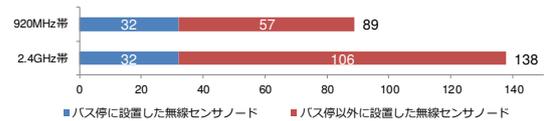


図6 くるりんばす西コースにおける設置台数の比較



図2 検証実験エリア

#### 5 まとめ

本稿では2.4GHz帯と920MHz帯の電波を用いた検証実験を行い、くるりんばす西コースにおいて無線センサノードの設置台数の比較検証を行った。その結果、無線センサノードの総設置台数が約35.5%削減でき、設置コストおよび運用コストの削減できることがわかった。

#### 謝辞

本研究の一部はJSPS 科研費15K15987の助成を受けたものである。

#### 参考文献

- [1] M. Hata, et al.: Proc. of the 20th ITS World Congress, 2013.
- [2] 西尾, 他: 情処研報, Vol.2015-MBL-75, No.33, pp.1-7, 2015.