2T-06

LoRaWANを用いたIoTバスロケーションシステムの実証実験

響尾祐彦 †1　酒井恵梨香 †2　髙尾凌我 †1　鈴木秀和 †1　松本幸正 †1
†1 名城大学理工学部　†2 名城大学大学院理工学研究科

1　はじめに

現在，多くのバス事業者のバスや地方自治体のコミュニティバスでは，バスの利便性の向上を目的としてバスロケーションシステムの導入が進められている．筆者らは，LPWA（Low Power Wide Area）を利用した低運用コストで実現可能なIoTバスロケーションシステムを提案している [1]．現在，愛知県日進市で運行しているコミュニティバス「くるりんばす」の循環線を対象として，LPWAの一規格であるLoRaWANを用いたIoTバスロケーションシステムの実証実験を行っている．本稿では，実証実験において検証したバスロケーションシステムとしての機能に加えて，スマートバス停における災害情報を配信する機能の検証結果について報告する．

2　IoTバスロケーションシステム

2.1　概要

筆者らが提案しているIoTバスロケーションシステムでは，IoT技術を活用した低コストで導入及び運用が可能な点が特徴として挙げられる．図1にIoTバスケーションシステムの概要を示す．バスの位置情報や遅延情報を収集および配信するために，携帯電話網ではなく，まちなかに構築したLoRaWANネットワークを利用する．バス停には低消費電力で稼働する安価な電子ペーパーを利用することにより，導入コストを抑えつつ，バッテリや太陽光発電のみで動作可能な動的情報の提示を実現する．従来のバス停に機材を取り付けるだけでスマートバス停化することができるため，主要ターミナルだけでなく，電源工事が困難な場所でも動的情報を提供することができる．

また，スマートバス停やLoRaWANネットワークはバスロケーションシステム専用のインフラではなく，今後，スマートシティを実現するインフラとして位置づけることにより，バスロケだけではなく，様々なセンシングソリューションを実現したり，スマートバス停ではバスロケ以外の情報を配信する応用が可能であり，維持管理コストを全体で分散化することができる．

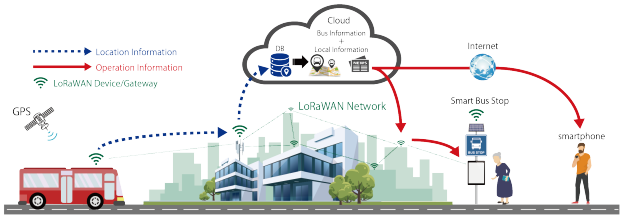

図1　IoTバスロケーションシステムの概要

図2　車載器

図3　スマートバス停

2.2　車載器

図2に車載器を示す．車載器は以下のコンポーネントから構成される．

- マイコン：Raspberry Pi 3
- LoRaデバイス：ABIT AL-050
- GPSモジュール：YIC GU-902MGG-USB

車載器はGPSから取得した位置情報と時刻情報およびバス識別情報や次バス停情報，走行状態などをLoRaWANネットワークを利用して管理サーバへ送信する．車載器はジオフェンシングを利用して，次バス停に向けて走行中，接近中，到着，停止，出発などの状態を推定する．なお，これらの情報を1フレームで送信するために，文献 [2] の圧縮技術を用いてデータサイズを11バイト以内に収めている．これらの処理をPython言語を用いて実装し，バスのエンジンがONになると自動的に動作するように設定した．

2.3　スマートバス停

図3にスマートバス停を示す．スマートバス停は管理サーバから受信した情報をJSONファイルとして保

A Demonstration Experiment IoT-based Bus Location System Using LoRaWAN

Masahiko Hibikio[†1], Erika Sakai[†2], Ryoga Takao[†1], Hidekazu Suzuki[†1] and Yukimasa Matsumoto[†1]
[†1] Faculty of Science and Technology, Meijo University
[†2] Graduate School of Science and Technology, Meijo University

Copyright ©2021 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

図 4　Web 管理コンソール（避難所配信ページ）

存し，JavaScript を用いて HTML ファイルに読み込む．レンダリングされた HTML ページを画像化して，電子ペーパーに出力することにより，バスの遅延情報や次発バス情報などを提示する [3].

2.4　管理サーバおよび Web 管理コンソール

管理サーバは Microsoft Azure を用いて構築した [4]. C#言語を用いて以下の機能を実装した．管理サーバは車載器から位置情報等を受信すると，位置情報および時刻情報から，遅延情報を生成する．さらに，スマートバス停にバスの位置情報や遅延情報を配信する．

また，Azure 上に Web 管理コンソールを実装した．Web 管理コンソールからはスマートバス停に対して手動で表示切替や各種情報配信を行うことができる．例として，図 4 に避難所配信ページを示す．配信先スマートバス停，発生した災害，避難所を選択して送信することにより，スマートバス停内に表示用画像が生成され，表示が切り替わる．

3　実証実験と評価

3.1　実証実験の概要

日進市のコミュニティバスの循環線を対象に IoT バスロケーションシステムの実証実験を開始した．日進市民会館の屋上に大井電機社製 LoRa ゲートウェイ OI-NET937-B を設置し，循環線の走行エリアをカバー可能な LoRa 通信エリアを構築した．スマートバス停は名鉄日進駅北口ロータリーに設置した．車載器はおよそ 5 秒間隔で位置情報を管理サーバへ送信し，管理サーバは 1 分間隔で遅延情報をスマートバス停に配信させた．

3.2　評価

バスのバス停到着判定にはジオフェンシングを利用している．バス停圏内（バス停から半径 34.7m のエリア）に入り，かつしばらく停止していた場合，到着と判定し，圏外へ離脱した場合，出発と正しく判定された．なお，バスがバス停圏内にいる時間はログの実績から 40〜90 秒程度であったため，LoRa 通信にいくつかのフレームロスが発生しても，管理サーバおよびスマートバス停側には到着判定結果を正確に反映することができた．

表 1，表 2 に管理サーバからスマートバス停へのバス運行情報反映までにかかる時間の詳細を示す．スマートバス停へのバス運行情報配信は最大でも 1 分以内に抑えられていた．スマートバス停では分単位の情報提供で十分であるため，リアルタイム性を有する配信が可能であることも確認した．

表 1　管理サーバからの情報配信時間 (n=10)

時間 [sec]	最小	平均	最大
遅延時間の算出	0.21	0.24	0.26
スマートバス停へ送信	4.21	5.67	6.46
合計	4.42	5.91	6.72

表 2　スマートバス停での情報反映時間 (n=10)

時間 [sec]	最小	平均	最大
Json ファイルへの反映	0.68	0.72	0.79
Web Driver 起動	12.43	14.53	15.84
HTML 生成	5.23	5.82	6.88
HTML を PNG に変換	4.02	4.88	5.52
PNG を BMP に変換	1.70	1.75	1.78
電子ペーパーへ出力	7.29	7.85	8.56
合計	31.35	35.55	39.37

なお，LoRa 通信のフレームロス率は遮蔽物の影響等により平均 15〜35% 程度になっていた．これはスマートバス停の筐体内に LoRa モジュールのアンテナを内蔵していることも原因と考えられる．現在は，管理サーバから同じメッセージを複数回スマートバス停に送信する設計としており，フレームロスが発生してもスマートバス停側に正しく情報を表示できるようになっている．今後は，アンテナを筐体の外部に移設することにより，安定性の向上を図る必要がある．

4　まとめ

これまでに提案されてきた IoT バスロケーションシステムが実環境においても正しく動作することを確認した．今後は他路線に拡張して実証実験を行っていく．

謝辞

本研究は愛知県 ITS 推進協議会の助成を受けたものである．また，日進市役所，名鉄バス株式会社，名鉄 EI エンジニアリング株式会社，マクニカネットワークス株式会社の支援を受けて実証実験を実施している．ここに謝意を表する．

参考文献

[1] Boshita, T., *et. al.*: Proc. IEEE ITSC 2018, pp. 933–938 (2018).
[2] Boshita, T., *et al.*: Proc. ICMU, pp. 1–2 (2018).
[3] 鈴木秀和，他：第 62 回度土木計画学研究発表会講演集，Vol. 2020，No. 27-5，pp. 1–7 (2020).
[4] 保下拓也，他：情報処理学会研究報告，Vol. 2019-ITS-79, No. 16, pp. 1–7 (2019).

Copyright ©2021 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.