

LPWA と電子ペーパーで構成するスマートバス停の開発と災害情報板としての活用

鈴木 秀和¹・松本 幸正²

¹非会員 名城大学准教授 理工学部情報工学科 (〒 468-8502 愛知県名古屋市中天白区塩釜口一丁目 501 番地)

E-mail: hsuzuki@meijo-u.ac.jp

²正会員 名城大学教授 理工学部社会基盤デザイン工学科 (〒 468-8502 愛知県名古屋市中天白区塩釜口一丁目 501 番地)

E-mail: matumoto@meijo-u.ac.jp (Corresponding Author)

GTFS やバスロケーションシステムの導入によって、バスを便利にできると考えられる。特に、コミュニティバスは経路が複雑なことが多く、簡単に経路が検索できるようにすることが求められ、運行本数も少ないため、遅延情報の提供も不可欠である。しかしながら実際には、運用コストが高いバスロケの導入は進んでいない。コミバスの主な利用者となるスマートフォンを保有しない後期高齢者などは経路検索も行えず、遅延情報が提供されていても入手することができず、コミバスを便利に利用できる環境はいまだ整っていない。そこで本研究では、省電力の LPWA ネットワークを通じて、電子ペーパーを表示部に持つバス停に、バスの走行位置や遅れ時間を表示できるスマートバス停を開発した。これによって、遠隔操作でバス停の表示を変更できることから、災害発生時の情報端末としても利活用できるように工夫した。開発したスマートバス停の動作検証実験の結果、運用コストを安価に抑えながら、バス停に直接情報を表示できる環境の実現が可能であることがわかった。

Key Words: コミュニティバス, LPWA, 電子ペーパー, スマートバス停, 災害情報

1. はじめに

バス事業者が撤退した路線沿線の高齢者や学生などの交通手段を維持するために、自治体が費用を負担して委託運行するコミュニティバス（以下、コミバス）がある¹⁾。コミバスは地域の需要に合わせ、住宅街の細かい道路を走行したり、公共施設同士を結んだりなど、民間のバス事業者が運行していないエリアをカバーしているケースが多く、高齢者や学生など地域住民の重要な移動手段となっている。しかし、バスは渋滞や天候の影響を受けやすく定時運行が難しく、さらにコミバスは運行本数が少ないため、バスに乗り遅れると次のバスまで長時間待たなければならない。そのため、バス利用者がバスの運行状況を把握できることは極めて重要である。

そこで、バスの位置情報や遅延情報等を提供するバスロケーションシステム（以下、バスロケ）を導入する交通事業者や自治体が増加している。バスロケではバスの位置情報を収集し、インターネットを通じて走行位置や遅延情報をユーザに提供したり、電光掲示板や液晶ディスプレイを搭載したバス停に表示したりするために携帯電話網を利用するタイプが最も普及している。しかし、通信端末 1 台ごとに通信コストが発生するため、導入規模に比例して通信コストが増加してしまう。中村らの調査²⁾によると、バスロケ導入後の問題

として、事業者規模に関わらず、高いランニングコストとシステム更新料が上げられており、税金で運用しているコミバスへの導入はあまり進んでいない。このような背景から通信コストを削減するためにバス停での情報提供を行わない場合が多いが、インターネットの利用を前提としてしまうと、スマートフォンを持たない子供や後期高齢者はこれらのバス情報へアクセスしたり、経路検索をしたりすることができず、未だ誰もが便利に利用できるサービス水準には達していない。

コストに次いでバスロケの機能も不足しているとの課題が挙げられており、バスロケを導入する自治体やバスロケサービスを楽しむ住民の要望を満たし切れていない。多くのバスロケに共通する拡張性の欠如も普及が進まない一要因であると考えられる。

一方、東日本大震災を踏まえて ICT を利用した情報提供に注目が集まっている³⁾。東日本大震災では、地震や津波で通信インフラが破損し携帯端末などの通信機器に多大な損害をもたらした。そこで、通信インフラの強化の他に、バス停サイネージや主要な駅や公共のスペースに設置されているデジタルサイネージを災害時の情報伝達媒体として活用する動きがある⁴⁾。しかし、多くのデジタルサイネージは震災後の節電要請で稼働を停止し、情報伝達媒体として十分機能しなかったことが報告されている⁵⁾。また、新しい情報伝達手段を導入する場合、平常時の有効利用方法も考えておかなければ

れば、住民の認知度が低いまま、災害時に有効に活用されない可能性も指摘されている。

そこで筆者らは IoT (Internet of Things) 技術を活用した新しいバスロケーションシステムを提案している⁶⁾。IoT バスロケと呼ぶこのシステムでは、低コスト、低消費電力かつ長距離通信が可能な IoT 向け無線通信技術として注目されている LPWA (Low Power Wide Area)⁷⁾を採用し、バス位置情報の収集だけでなく、表示内容の更新時だけ極わずかな消費電力で動作する電子ペーパーを搭載し、表示コンテンツを動的に更新可能なスマートバス停を導入している⁸⁾。

コミバスは公共性を担保する必要性から、公共交通空白地域をできるだけ減らすように路線の設定が行われることが多い。その結果、全人口に占めるバス停勢圏人口の割合は高くなり、比例してバス停数も多くなる。この特長を活かして、バス停を通じた情報提供を検討する。具体的には、住民にとって情報の収集が欠かせない災害時の情報を、自治体からスマートバス停に配信することを考える。本論文では、開発したスマートバス停について紹介し、バスロケだけでなく災害時に情報配信板として活用できることを示す。

2. IoT バスロケーションシステム

(1) 概要

従来のバスロケは携帯電話網を利用し、車載器、サーバシステム、電光掲示板など、ハードウェアおよびネットワークを1つのパッケージとして構成されている。そのため、それらのハードウェアやネットワークを他のサービスで共用することが困難で、サービスの導入コストや維持管理コストが結果的に高額になるケースが多い。そこで筆者らはバスロケを1つのIoTサービスとして、また車載器やバス停をIoTデバイスとして位置付け、ネットワークやバス停をバスロケだけでなく、

他のIoTサービスと共用できるアーキテクチャを提案している⁶⁾。これにより、スマートシティを実現するために様々なIoTサービスを導入する際、ネットワークやハードウェアの導入コストや維持管理コストを分散化し、サービス毎のコストを低下させることができる。

図-1にIoTバスロケの概要を示す。提案システムでは従来のバスロケで標準的に採用されていた携帯電話網ネットワークを利用せず、IoT向け長距離無線通信として注目を集めているLPWA規格を採用する。本論文ではLPWAの一規格であるLoRaWAN⁹⁾を採用したシステムについて取り上げる。自治体が管理する建屋の屋上などにLoRaゲートウェイを複数設置し、コミバス運行エリアをカバーするようにLoRaWANネットワークを構築する。ただし、LoRaWANはLTE通信などと比較すると通信量がかなり限定される。そこで、車載器を搭載したバスはGPSから時刻情報と位置情報を取得すると、バス識別情報、時刻情報、位置情報をLoRaWANの1メッセージで送信するために、文献¹⁰⁾で提案した可逆圧縮技術を用いて約17.5%程度に圧縮しLoRaゲートウェイ経由でクラウドに送信する。

クラウドに蓄積されたバスの位置情報と時刻情報から、遅延などの運行情報を生成し、LoRaWANネットワークを通じてスマートバス停へ配信する。これにより、スマートフォンを利用していない後期高齢者や子供に対して、バスのリアルタイムな情報をバス停にてオンサイトで提供することが可能になる。スマートフォンを利用できるユーザは、従来通りWebサイトやアプリを通じてバスの走行位置や遅延情報を入手できる。

(2) スマートバス停

a) ハードウェア設計

図-2にスマートバス停のモジュール構成を示す。スマートバス停はクラウド側より各種情報を受信するため、LoRaモジュールを搭載する。LoRaモジュールを

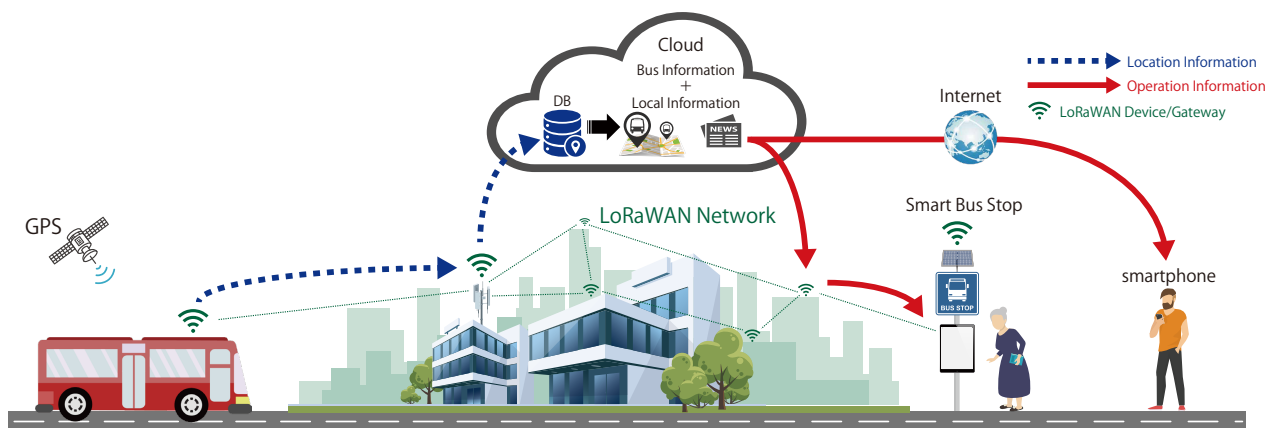


図-1 IoT バスロケーションシステムの全体像

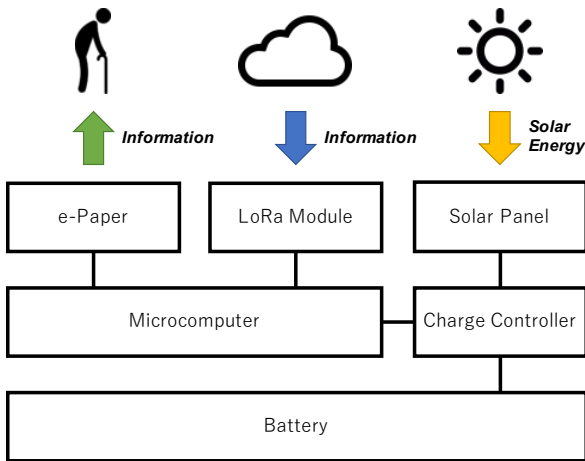


図-2 スマートバス停のモジュール構成

制御するマイコンが中核となり、受信したデータを電子ペーパーに出力する。LoRa モジュールとマイコンは USB で接続し、電子ペーパーは SPI インタフェースでマイコンと接続する。マイコンの電源はバッテリーを利用する。また、バッテリーを給電するための太陽光パネルとチャージコントローラーを接続する。

b) コンテンツ設計

コンテンツのレイアウトは現在の WEB 標準技術、すなわち HTML5 および CSS3 を利用したレスポンシブウェブデザイン¹¹⁾を採用する。図-3 にレスポンシブウェブデザインの概要を示す。レスポンシブウェブデザインは当該 Web ページを表示する端末の画面サイズに応じて、表示するコンテンツのレイアウトを変更したりすることができる。スマートバス停に搭載する電子ペーパーの画面サイズに応じて、レイアウトの変更、表示するコンテンツの選択、フォントサイズの変更などが自動的に反映される。CSS で画面のサイズに応じて適用するコードを変更するために、メディアクエリを利用する。以上により、静的なコンテンツを電子ペーパーのサイズに応じて動的に配置および表示調整することができる。

次に、遅延などのバス運行情報や地域情報などの動的コンテンツの表示について述べる。マイコンが LoRa モジュールからデータを受信すると、JSON (JavaScript Object Notation) ファイルとして出力する。電子ペーパーに表示するコンテンツの内、動的に変化する情報は JavaScript を用いて HTML ファイルに読み込ませる。例えば図-4 のように、時刻表ベースの情報はバス情報の標準フォーマットである GTFS-JP¹²⁾ から読み込み、バスの運行に応じてリアルタイムに変化する遅延情報や地域情報などは JSON ファイルから読み込む。これにより、クラウドからスマートバス停へ配信するデータサイズを削減することができ、LoRaWAN での配信

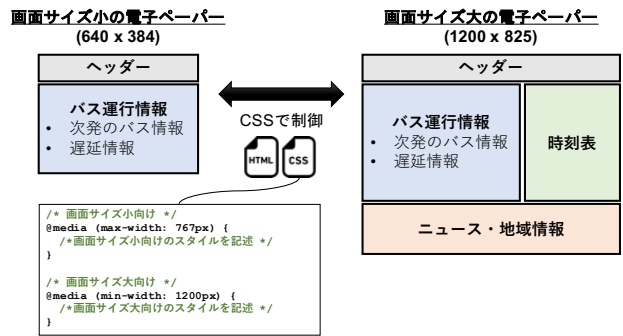


図-3 レスポンシブウェブデザインを利用した表示コンテンツのワンソース化

受信データ (JSONファイル) より

出発時刻 Departure	運行状況 Status	路線 Route	現在走行位置 Current Location
15:45	1分遅延 DELAY	7 循環線 7 LOOP LINE	2ヶ所前 1ヶ所前 当バス停 2 stops before 1 stop before this bus stop
15:50	定刻 ON TIME	1 赤池線 1 AKAIKE LINE	2ヶ所前 1ヶ所前 当バス停 2 stops before 1 stop before this bus stop
15:55	定刻 ON TIME	2 米野木線 2 KOMENOKI LINE	2ヶ所前 1ヶ所前 当バス停 2 stops before 1 stop before this bus stop

時刻表データ (GTFS-JPファイル) より

図-4 JSON でファイルの読み込みによる動的情報の反映

を可能とするとともに、コスト削減にもつながる。

c) 災害時における活用

電子ペーパーで表示するコンテンツは Web ページと同じであるため、図-5 のように災害時に配信したい情報を掲載する Web ページをあらかじめ作成しておき、動的に内容を変更したい部分 (例えば災害の種類や避難所名など) はバスの遅延情報と同じように LoRaWAN で配信して反映させる。これにより、災害時は自治体からの表示切替メッセージをスマートバス停へ送信することにより、電子ペーパーで表示するコンテンツが災害情報配信ページに切り替わり、スマートバス停が災害情報板として機能する。

平常時には、自治体担当者は地域のお知らせ情報を配信するようしておけば、それと同じ操作で災害時に避難情報などを配信することができることになる。また、平常時からスマートバス停で様々な情報が提供されていることが認知されることにより、災害時にもバス利用者や周辺住民はバス停で自治体からの情報を入力できると判断して行動に移すことが期待される。



図-5 災害時に表示する避難所案内情報ページの例

3. 実装

(1) スマートバス停のプロトタイプ

写真-1 にプロトタイプ実装したスマートバス停を示す。小型化のため、マイコンは Raspberry Pi Zero WH を採用し、LoRa モジュールはエイビット社製の AL-050 を利用した。給電関係として、ソーラー発電用ディープサイクルバッテリー NP9-12 (9Ah)、10W 単結晶ソーラーパネル (サイズ: 237×332×18mm) および 5A ソーラーチャージコントローラーを採用した。

電子ペーパーは Waveshare 社 9.5 インチ (解像度: 1200×825 pixel, リフレッシュ時間: 1 秒未満) を Raspberry Pi Zero WH の GPIO ピンにアダプタを装着して取り付けた。なお、多くの電子ペーパーは HTML ファイルを直接出力することができないため、下記の手順により HTML ページを一旦画像化してから、電子ペーパーに出力するように実装した。

1. Raspberry Pi Zero WH が LoRa モジュールからデータを受信したら、JSON ファイルを作成する。
2. Headless Chrome をコマンドラインで実行し、ブラウザの画面を表示しないまま、バス情報を出力する HTML ファイルをレンダリングして、画像ファイルとして出力する。このとき、パラメータとして電子ペーパーの解像度を指定する。
3. 画像ファイルを電子ペーパーに出力する。

(2) クラウド型バス管理システム

バスの位置情報の蓄積、分析および遅延情報の生成、配信を行うバス管理システムを、Microsoft Azure を利用して構築した¹³⁾。図-6 に試作したバス管理システムの概要を示す。バス車載器から受信したバスの位置情報からバス停の通過判定を行う。判定結果と時刻情報、位置情報からバスの遅延状況を推定し、ストレージに保存する。推定された遅延情報は LoRaWAN ネットワークを介して 1 分間隔でスマートバス停に配信される。

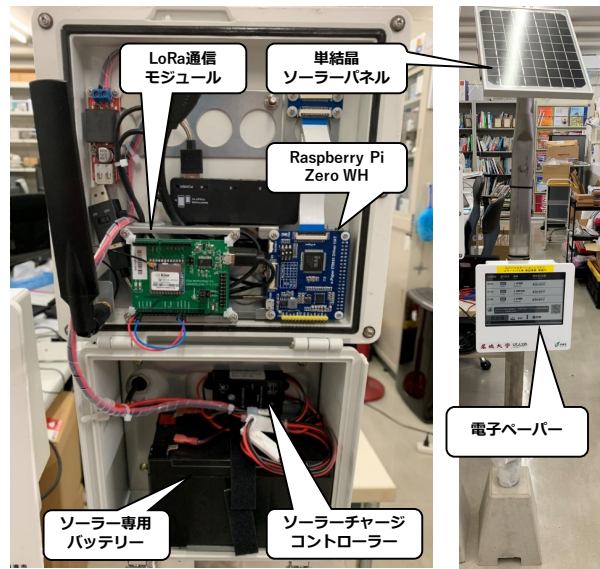


写真-1 スマートバス停のプロトタイプ実装

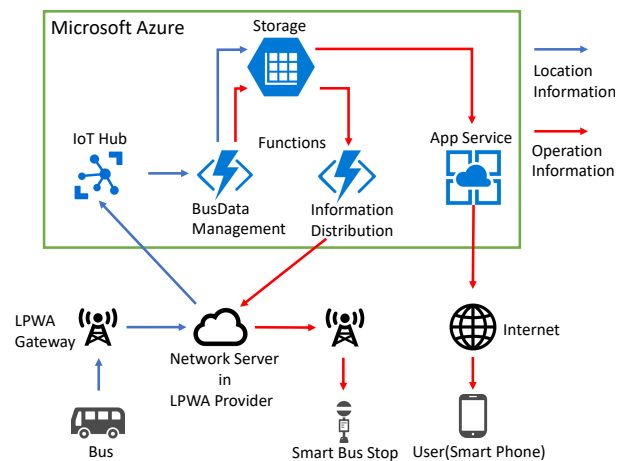


図-6 Microsoft Azure を用いたバス管理システムの概要

(3) 災害情報提供に関わる機能

LoRaWAN を用いる場合には一度に送信できる通信量が 11 バイトに限られるため、自治体の端末から多くのデータを短時間で送信することはできない。そこで、予めスマートバス停のマイコンに災害時情報と避難所情報などを組込んでおく。発災した際、自治体担当者が災害 ID と避難所 ID をスマートバス停に配信すると、スマートバス停では予め組込まれた情報を表示する。

クラウド側には表示切替用の管理 Web ページを作成した。管理者は Web ブラウザを利用して、表示したいコンテンツと配信先バス停を選択して送信ボタンをクリックすることにより、表示切替メッセージを当該スマートバス停へ送信することができる。

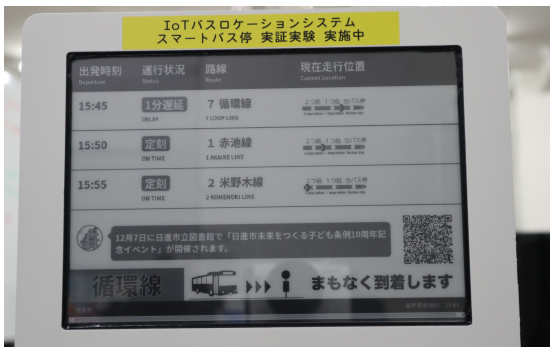


写真-2-a バス遅延情報

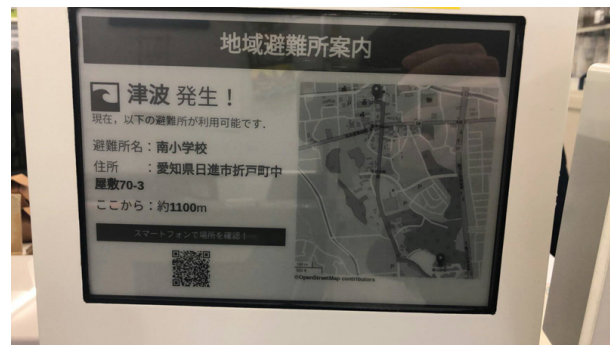


写真-2-b 災害情報

写真-2 スマートバス停での表示結果

表-1 IoTバスロケのコンポーネント配置場所

コンポーネント	配置場所
スマートバス停	愛知県日進市駅前ロータリー
LoRa ゲートウェイ	日進市民会館屋上
LoRa ゲートウェイ上流ネットワーク	docomo 3G/LTE 回線
Microsoft Azure データセンター	東アジアリージョン（香港特別行政区）
LoRaWAN ネットワークサーバ	フランス

4. 評価

(1) 動作検証

実装したIoTバスロケの動作検証を行った。写真-2にスマートバス停の表示結果を示す。写真-2-aのとおり、クラウドから受信したバスの遅延情報が反映されていること、またバスの接近や通過を示す情報も表示できていることを確認した。次に、管理Webページを用いて災害情報に切り替える操作を行ったところ、写真-2-bのとおり電子ペーパーに表示されるコンテンツが変化したことも確認した。

(2) リアルタイム性

スマートバス停に採用したRaspberry Pi Zero WHは低消費電力で動作する一方、性能が抑制されているため、クラウドから受信したバス運行情報を電子ペーパーに出力するまでのリアルタイム性について評価する。IoTバスロケの各コンポーネントが動作しているリージョンは表-1の通りである。LoRaゲートウェイは大井電気社のOiNET-937Bを、LoRaWANネットワークサーバはActility社のThingPark Wirelessを利用した。なお、車載器はRaspberry Pi 3 Model B+、エイビット社製LoRaモジュール（AL-050）およびU-Blox社のNEO-7Nを搭載したGPSモジュールから構築し、愛知県日進市で運行されているコミバス「くるりんばす」の循環線に搭載して、位置情報などをクラウドに送信させた。

上記の環境において、クラウドからバス遅延情報を

表-2 バス運行情報表示にかかる処理時間（単位：秒）

処理内容	最大	最小	平均
ネットワーク伝送	1.87	0.87	1.06
JSONファイル生成	0.83	0.77	0.79
Webページのレンダリング	11.34	10.39	10.74
WebページのPNG画像化	2.29	2.07	2.11
PNG画像からBMP画像へ変換	0.92	0.85	0.88
電子ペーパーでのBMP表示	6.01	5.91	5.97
合計	23.26	20.86	21.55

配信してスマートバス停の電子ペーパーに表示されるまでに要した処理時間を計測した。表-2に10回測定した結果を示す。ネットワーク伝送に1秒程度かかっているが、これは香港、フランス、日本の経路でメッセージが転送されているためである。LoRaWANネットワークサーバおよびMicrosoft Azureを日本国内で運用しているサーバやデータセンターを利用すれば、50%以上は改善されるものと考えられる。Webページのレンダリング、画像変換および表示処理に大半の時間を要している。これはRaspberry Pi Zero WHのCPU性能に起因している。例えばCPUのオーバークロックをしたり、通常のRaspberry Piに変更することにより、処理時間は改善されると考えられるが、消費電力が増加してしまう。現状で20秒程度の遅延が発生しているが、スマートバス停で提供する遅延情報は分単位であることから、この程度の誤差は実運用上大きな問題にはならないと考えられる。

(3) 災害情報の提供

前述と同じ環境にて、管理 Web ページからスマートバス停に災害情報を表示する際に要した時間を計測した。試験では、災害情報への表示切替信号を送信してから実際にスマートバス停の表示が切り替わるまでの処理時間を測定した。10 回測定した平均値は 8.28 秒であり、バス遅延情報を表示する場合より短時間で完了した。これは表示する可能性のある画像を事前に作成してマイコンに保存しており、クラウドから送信された災害 ID と避難所 ID をキーにして該当する災害情報画像を特定し、電子ペーパーに出力しているからである。そのため、Web ページのレンダリングや画像変換処理は発生しないため、短時間で表示を切り替えることができる。

なお、自治体担当者が時々刻々と変化する災害情報を配信する場合、これらの動的情報を Web ページに反映する必要があるため、前述の評価結果と同様に 20 秒程度は表示の切り替えに遅延が生じる。したがって、緊急地震速報のように数秒後に強い揺れが来るような速報性が求められるケースには対応できないが、その他の一般的な災害が発生した際や発災後に一分未満で情報配信が可能であることがわかった。また、電子ペーパーは通常の表示では電力を必要としないことから、停電時にも情報の保持が可能である点も、災害時における情報提示媒体として適していると考えられる。

(4) 通信コスト

LoRaWAN はネットワークオペレータがエンドデバイスやネットワークサーバなどをトータルソリューションとして提供される有料モデルと、サービスを導入したい事業者などが自前でネットワークやサーバを構築する無料モデルがある。ここでは有料モデルとして SORACOM 社が所有する公開された LoRa ゲートウェイをシェアする共有サービスモデル¹を、無料モデルとして無償利用できるクラウドサーバ The Things Network (以下、TTN)²を例に取り上げ、通信コストについて評価する。比較対象である携帯電話網利用モデルには、一般的な 3G/LTE のデータ通信プランの一つである UQ Mobile 社のデータ高速プラン (月間データ容量 3GB まで、月額 980 円) を利用した場合を想定する。

愛知県日進市のコミバス「くるりんばす」の路線をモデルケースとすると、赤池線、米野木線、三本木線、梅森線、五色園線、岩崎線、循環線の 7 路線があり、各路線で 1 台バスが運行している。また、路線全体のバス停は 161 箇所ある。仮にすべてのバス停に通信機能を持たせることを想定した場合、日進市全域を LoRaWAN

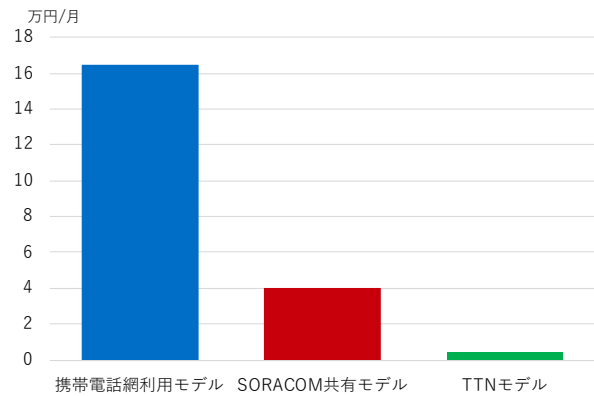


図-7 月額通信コストの比較

で通信可能とするには、LoRa ゲートウェイが 4 台は必要となる。

図-7 に月額通信コストの比較を示す。携帯電話網を利用する場合、全てのバス車両およびバス停に通信の契約が必要となるため、総額 164,640 円³の通信費が発生する。一方、LoRaWAN は車載器、バス停と LoRa ゲートウェイ間の通信費は一切発生しない。SORACOM 共有モデルの場合、1 台当たりの LoRa ゲートウェイ利用料が 9,980 円であるため、39,920 円⁴となる。TTN モデルの場合、事業者が自ら構築する LoRa ゲートウェイをインターネットに接続する必要があるため、携帯電話網利用モデルと同じ通信契約をした場合、3,920 円⁵しか発生しない。したがって、LoRaWAN を利用することにより、携帯電話網を利用する従来型のバスロケから大幅に通信コストを削減することが可能である。運用年数が長くなるほど通信コストの開きは拡大するため、LoRaWAN を活用することによりバスロケを安定的かつ継続的に運用することができる。

5. まとめ

本論文では LPWA と電子ペーパーで構成されるスマートバス停の開発について述べた。IoT 向けの無線通信技術 LoRaWAN を利用することにより、バスロケ導入の大きな障壁であった通信コストを大幅に削減できることを示した。また、スマートバス停は Web の標準技術を利用して動的に変化する情報を容易に提示できるため、自治体や利用者からの要望に応じて情報提供内容を柔軟に変更できる拡張性を有していることも示した。

³ 980 円/月 × (車載器 7 台 + バス停 161 台)

⁴ 9,980 円/月 × LoRa ゲートウェイ 4 台

⁵ 980 円/月 × LoRa ゲートウェイ 4 台

¹ <https://soracom.jp/press/2017020702/>

² <https://www.thethingsnetwork.org/>

謝辞：本研究は愛知県 ITS 推進協議会の「安心・安全な愛知づくりのための ITS 研究テーマ」の助成を受けて実施されたものである。LoRaWAN ネットワークの運用にあたりサポートして頂いたマクニカネットワークス株式会社，スマートバス停の試作をして頂いた名鉄 EI エンジニアリング株式会社および株式会社マエショウに感謝する。また，IoT バスロケの実証実験を実施するにあたり，フィールドを提供いただいた愛知県日進市役所生活安全課の関係各位に感謝する。

付録 I スマートバス停の参考価格

本論文で示したスマートバス停を構成する主なコンポーネントと参考価格を表-3 に示す。

表-3 スマートバス停を構成するコンポーネントと参考価格

コンポーネント	参考価格
マイコン Raspberry Pi Zero WH	¥1,848
電子ペーパー 9.7inch e-Paper HAT	\$169.99
LoRa モジュール AL-050	¥8,778
ソーラーパネル・チャージコントローラー	¥4,315
ソーラー発電用バッテリー	¥4,980
USB 電源モジュール KIS-3R33S	¥550
USB 電源スイッチ ADV-111	¥373

参考文献

- 1) 山口隆之，浅野光行：地域特性を考慮したコミュニティバスの導入促進に関する研究，都市計画論文集，Vol. 34, pp. 985-990, 1999.
- 2) 中村嘉明，溝上章志：バスロケーションシステムの導入・運用の実態と課題，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 74, No. 5, pp. I.1197-I.1205, 2018.

- 3) 高田義久：防災分野における ICT 国際展開支援，情報通信学会誌，Vol. 33, No. 4, pp. 115-119, 2016.
- 4) 蒲生秀典：災害情報伝達媒体としてのデジタルサイネージ利用の動向，科学技術動向 2013 年 11 月号，Vol. 140, 2013.
- 5) 総務省消防庁防災情報室：災害情報伝達手段の整備等に関する手引き，March 2014. https://www.fdma.go.jp/mission/prepare/transmission/item/transmission001_03_260715-2.pdf.
- 6) Boshita, T., Suzuki, H. and Matsumoto, Y.: IoT-based Bus Location System Using LoRaWAN, 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp. 933-938, 2018.
- 7) Raza, U., Kulkarni, P. and Sooriyabandara, M. : Low Power Wide Area Networks: An Overview, *IEEE Communications Surveys Tutorials*, Vol. 19, No. 2, pp. 855-873, 2017.
- 8) 鈴木秀和，保下拓也，松本幸正：IoT バスロケーションシステムにおける電子ペーパー型スマートバス停の試作，マルチメディア，分散協調とモバイルシンポジウム (DICOMO) 2019 論文集，Vol. 2019, pp. 1465-1471, jun 2019.
- 9) Sornin, N. and Yegin, A.: LoRaWAN 1.1 Specification, Technical report, LoRa Alliance, Oct 2017. https://lora-alliance.org/sites/default/files/2018-04/lorawanm_specification.-v1.1.pdf.
- 10) Boshita, T., Suzuki, H. and Matsumoto, Y.: Compression Method of Position Information for IoT-based Bus Location System Using LoRaWAN, 2018 Eleventh International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Network (ICMU), pp. 1-2, 2018.
- 11) Marcotte, E.: *Responsive Web Design*, A Book Apart, 2nd edition, Dec 2014.
- 12) 総合政策局公共交通政策部：静的バス情報フォーマット (GTFS-JP) 仕様書 (第 2 版)，国土交通省，Mar 2019. <http://www.mlit.go.jp/common/001283244.pdf>.
- 13) 福原知也，保下拓也，鈴木秀和，松本幸正：IoT バスロケーションシステムの実証実験に向けたクラウド型管理サーバの評価，情報処理学会第 82 回全国大会講演論文集，Vol. 2020, No. 1, pp. 357-358, feb 2020.

(? . ? . ? 受付)

Development of Smart Bus Stop Composed of LPWA and Electronic Paper and Its Application as Disaster Information Board

Hidekazu SUZUKI and Yukimasa MATSUMOTO

With an introduction of GTFS and a bus location system, a bus service could be made more convenient. In general, community buses have often complex routes, and it is necessary to be able to search for them easily. It is also essential to provide information on bus delays because of the few buses in operation. However, in practice, the introduction of bus location systems has not been successful because of their high operational costs. Since most of the late-stage elderly people, who are the main users of the community service, do not have smartphones, they cannot search routes and obtain delay information, therefore, it is not yet ready for them to use the service conveniently. In this study, we have developed a smart bus stop with an electronic paper screen that can display bus location and delay time. Through the Low Power Wide Area network, the bus stop can be remotely operated to change the information on the screen, and can be used as an information station at the time of a disaster. As a result of experiments to verify the operation of the developed smart bus stop, it was confirmed that it is possible to realize an environment in which a variety of information can be displayed at the bus stop while reducing the operation cost.