

ZigBee センサネットワークにおけるバス位置情報配送手法の検討

横山 和希†

鈴木 秀和†

松本 幸正†

† 名城大学理工学部

1 はじめに

近年、バス利用者の利便性向上を目的としたバスロケーションシステムが注目されている。バスロケーションシステムとは、バスの位置情報をサーバで管理することにより、バスの接近や到着予測時刻情報を、バス停留所や携帯電話、インターネットにおいて情報提供するシステムである。しかし、多くの既存システムでは、セルラー網を利用するため、運用コストが非常に高く、コミュニティバスを運営する地方自治体やバス事業者が継続して運用することが困難であるという課題がある。

本稿では、ZigBee センサネットワークを用いて、低運用コストで通過情報や接近情報を提供するシステムを提案する。

2 既存システム

図1に既存システムの一般的な構成を示す。現在普及している多くのシステムでは、各バス、バス停にGPS車載器、通信機器を搭載し、位置情報の収集にセルラー網を用いて実現している。このシステムにより、利用者は待ち時間の目安がわかり、時間を有効に利用することができる。国内では京都市営バス[1]、秋田市交通局[2]、山口県岩国市交通局[3]、東京都交通局都営バス[4]など、多くのバス事業者がサービスを展開している。しかし、運用コストが非常に高く、コミュニティバスを運営している小規模なバス事業者にとっては継続運用が困難であるという課題がある。

また、バスのバス停接近・通過を判断するために、バスにドアの開閉の信号を検出する機器を取り付け、バス停はバスからその信号を受信する仕組みがある。しかし、このような特殊な機器を取り付けるために、バスやバス停を改造しなければならないという課題がある。

3 提案システム

3.1 概要

提案システムでは、セルラー網の代わりにセンサネットワークを活用することにより、低運用コストでバスの位置情報配信、およびバス停での通過情報や接近情報の提供を実現する。

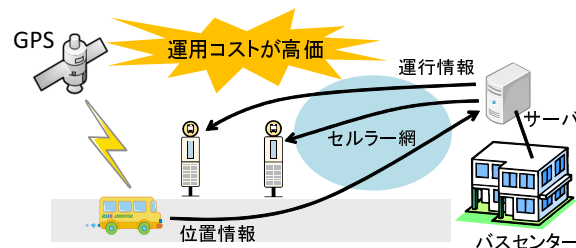


図1 既存システムの構成

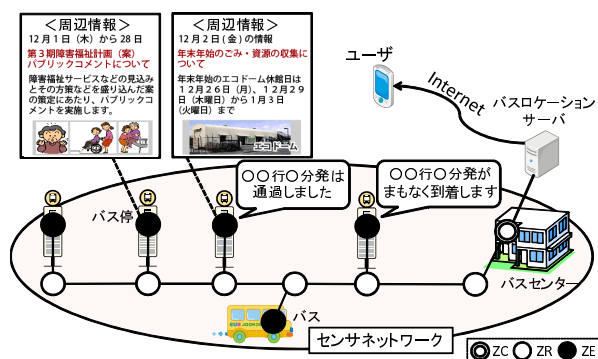


図2 提案システムの構成

図2にシステム構成を示す。バスとバス停にZigBeeエンドデバイス（ZE）、バス路線の道沿いにZigBeeルータ（ZR）、バスセンターにZigBeeコーディネータ（ZC）を設置して無線センサネットワークを構築する。バスに搭載したZEは走行路線沿いに設置されたZRを発見すると、位置情報パケットをZRへ送信する。受信した位置情報パケットは、マルチホップ通信により隣接ZRへ中継され、ある一定区間のバス停ZEまで配送される。これにより、バス走行区間の前後にあるバス停のZEは、バスの到着予測や通過判断が可能で、近隣バスの接近情報をバス停のディスプレイに表示する。また、バスの位置情報はバスセンターのZCへも配送され、ZCと接続されているバスロケーションサーバへ蓄積される。この位置情報により、利用者はインターネットを利用し、携帯端末からバスの運行情報を確認することができる。この他にも、バスセンターから複数のバス停に一度に情報を伝達することができることから、バス停における地域周辺情報や広告掲載の表示も可能となる。

“A Study on Bus Location Information Delivery Method in ZigBee Sensor Network”

†Kazuki Yokoyama †Hidekazu Suzuki †Yukimasa Matsumoto
Faculty of Science and Technology, Meijo University

3.2 バス位置情報の取得方法

バス位置情報の配送手法には、バス車載 GPS から取得した位置情報を配送する方法と、バス搭載 ZE と ZR のリンク関係から判断した位置情報を配送する方法の 2 つがある。

GPS を利用する方法は、非常に正確な位置情報を取得することができるが、GPS の信号が受信できない場合は、大きくずれた位置を取得する場合がある。また、バスに GPS 車載器を搭載するため、コストが掛かるといふ欠点もある。

センサデバイスのリンク情報を利用する方法は、センサネットワークに接続していれば、バスの位置を把握することができる。ここで得られる位置情報は、GPS のようなある地点の緯度経度ではなく、接続した ZR を中心とした数百メートルのエリアが把握できる程度である。また、ZR の位置情報を別途 GPS などで測定して、あらかじめバスセンターに登録する必要がある。

3.3 バス位置情報の配送手法

図 3 にバス位置情報配送の仕組みを示す。バス路線を区間 N に分割して、バスが走行している区間を i とする。また、区間 i におけるルータの台数を M_i とし、ルータを ZC 側より $ZR_{i,1}$ から ZR_{i,M_i} と定義する。ZR の添え字は、ZR が属する区間と、区間内のルータ番号を表している。バス位置情報は、進行方向のバス停 ZE にはマルチキャストで、バスセンターの ZC にはユニキャストで送信する。なお、路線ごとに 16 ビットマルチキャストグループ ID を割り当て、各バス停の ZE をメンバとしてグループを構築する。バス停 ZE へ送信する際、マルチキャストはバスの進行方向だけに配送するため、ZR の番号を見て、進行方向ではない ZR が受信した場合は、そこから先へはフレームの配送を行わないようにする。

ZigBee デバイスによっては最大マルチホップ数が限定されているため、採用するデバイスによっては、バスからバスセンターまで届かないケースが考えられる。そこで、マルチホップ区間を分割することにより、上記課題を解決する。デバイスの最大マルチホップ数を h_{max} 、現在のホップ数を h とし、バス停直下の ZR_{i,M_i} が以下の条件式で条件判断を行う。

$$h + M_{i+1} + 1 \leq h_{max} \quad (1)$$

この条件式を満たす場合は、そのままマルチホップを続け、満たさない場合は、次のバス停 ZE_{i+1} までマルチホップさせることができないため、バス停の ZE_i が再びマルチキャストを開始することにより、マルチホップを分割することができる。また、マルチキャスト

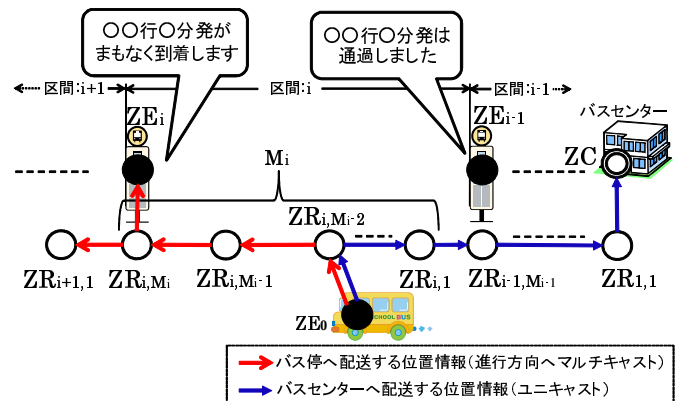


図 3 バス位置情報配送の仕組み

トグループを構成することにより各路線ごとに効率よく情報を配信することができる。複数路線が密集するエリアではネットワークポロジがメッシュ状になるため、ブロードキャストより通信負荷を低減することができる。

4 バス通過の判断

提案方式では、センサネットワークを用いることから、センサの電波強度の変化により通過の検出が可能と考えられる。バス停直下の ZR がバスの ZE の電波強度を測定し、定期的にバス停 ZE へバスの識別情報と電波強度情報を送信することにより、バス停は電波強度の減衰からバスの通過を判断する。これにより、既存システムのようにバスやバス停の改造を必要とせず、バス停のディスプレイに通過情報を表示することが可能になる。また、バスの通過と同時にバス停の ZE がタイマを起動することにより、通過後の経過時間の表示や、一定時間経過後に表示を消すこともできる。

5 まとめ

本稿では、ZigBee センサネットワークにおけるバス位置情報の配送手法について検討した。今後は提案方式を実装し、フィールド実験を通して、位置情報の取得方法やバス通過判断の評価を行う。

参考文献

- [1] 京都市交通局, <http://www.city.kyoto.lg.jp/kotsu/>
- [2] 秋田中央交通 公式サイト, <http://www.akita-chuoukotsu.co.jp/>
- [3] 岩国市交通局, <http://www9.ocn.ne.jp/iwa-bus/>
- [4] 東京都交通局, <http://www.kotsu.metro.tokyo.jp/>