

地下鉄利用者ガイドのための車内デジタル放送の提案

杉 直之¹ 望月 祐洋² 村尾 和哉¹ 西尾 信彦¹

概要: 近年、位置情報サービスの普及に伴い、GPS の電波が届かないビルや地下街のような屋内空間での測位手法の研究が盛んに行われている。主要地下鉄では複数の通路が立体的に入り組んでおり、非常に複雑な構造となっている。そのため、迷うことなく目的地までたどり着くのが困難であり、地下鉄乗車時の測位も実現しているとは言い難い。本論文では、地下鉄の車内アナウンスをビーコン端末で直接ユーザのスマートフォンにサイマル放送することによって、下車した後の進行方向の提示や、乗車中の路線上の位置の提示など、様々な車内サービスを行うための手法を提案する。

SUGI NAOYUKI¹ MOCHIZUKI MASAHIRO² MURAO KAZUYA¹ NISHIO NOBUHIKO¹

1. はじめに

近年スマートフォンが広く普及しており、地下鉄乗車中の利用者の中にもスマートフォンを使用する人々を多く見られるようになった。2016年10月に大阪市営地下鉄御堂筋線において、図1のような新車両(30000系車両)[2]が導入される予定であり、ユーザがより便利な地下鉄利用を行えるよう、車内での様々なサービスや機能が考案されている。現在本研究室においても地下鉄利用者の利便性向上のため、ビーコン発信機とスマートフォンを用いた新たなユーザエクスペリエンスを実現する手法を交通局に提案している。

現状の地下鉄車両では、各駅での発着や扉の開閉アナウンスを、車内スピーカーや図2のような車内案内表示装置を使って行っている。この方法は、乗車中の不特定多数の利用者に対して同様の内容を届けることに適している。しかし、ユーザ1人1人が欲しい情報を得たい場合においては、車内スピーカーや車内案内表示装置で提示できる情報の量にも限りがあるため、この方法を用いることは適しているとは言い難い。ユーザ1人1人が欲しいと考えられる情報には、下車予定の駅に到着する直前でのアラームや、下車した位置から目的地へ向かうための進路情報などが考えられるが、このような個人特化した情報はユーザ毎のス



図1 大阪市営地下鉄御堂筋線 30000系車両

スマートフォンで各人が閲覧できる状況が望ましい。

本研究では、これまでスピーカーや表示機を通じて配信していた車内アナウンスを、車内に取り付けたビーコン発信機を使ってユーザのスマートフォンに直接配信する方法を提案する。そして、スマートフォンで配信された情報を利用することで実現可能な、駅到着前のアラームや、下車した直後のユーザの進行方向を提示する手法を提案する。

以降、2節で本研究に関連する既存研究について述べ、3節で研究の目的と要請について述べる。4節で近接無線通信を用いた車内サービスを実現するための提案手法について述べ、5節で提案手法実現のための設計と実装について述べ、6節で評価を行う。7節でまとめと今後の展望について述べる。

¹ 立命館大学 情報理工学部
College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

² 立命館大学 総合科学技術研究機構
Research Organization of Science and Technology, Ritsumeikan University



図 2 車内案内表示装置

2. 関連研究

本節では、本研究に関連する既存の研究について紹介する。

2.1 気圧変化を用いた地下鉄乗車中の停車駅推定

スマートフォンに搭載されている気圧センサを用いることで、地下鉄乗車中の停車駅を推定する研究がある。地下鉄では駅に停車している間の気圧は安定した値を示すが、トンネル内を走行している間は大きく値が乱れてしまう。気圧の分散を計算することによってどの期間に走行していたのか、停車していたのかを判定することができる。また事前に調査した各駅ごとの標高差を基に、停車時の各駅ごとの相対的な気圧差から停車した駅を推定する。しかし、この手法による停車・走行状態の判定精度は 60~90% となり、その判別結果を用いた停車駅の推定精度も 40~80% 程度と精度にばらつきがある。また、推定結果が出るまでに何駅も通過する必要があるため、この手法はあまり実用的だとは言えない。

2.2 地磁気による方向推定

地磁気センサは地球の磁力線を受けて一定の方角を示すため、自分の向いている方向を知る際になどに使われる。しかし、センサの周囲に磁気を帯びたものが存在していた場合、センサの値に影響を与える場合がある。地下鉄のような環境では、周囲の構造自体に複数の鉄骨が使われているため、鉄骨の残留磁気による影響が非常に強く、このような場所では方向を知る目的で地磁気センサを使うことはできない。

2.3 SynapSensor

SynapSensor は BLE 対応のウェアラブル機器やタグから発せられるビーコンを認識し、キャッチした情報を 920MHz 帯の無線通信で形成されたセンサネットワークを通じてインターネットと連携させることができる IoT インフラである。これにより、特定の施設やエリアにおける人や物の所

在確認や安全管理などを行うことができる。

3. 本研究の目的と要請

本研究では、現在地下鉄車内において車内音声や車内案内表示装置によって放送されている車内アナウンスを、ユーザーのスマートフォンに近接通信によって直接配信することで、個々のユーザーに特化した様々な車内サービスを実現可能にすることを目的とする。例えば、路線上の位置をリアルタイムで知ることができれば、ユーザー毎に指定しておいた駅に近づいた時に到着アラームを鳴らすことができる。また、ユーザーが下車する位置を知ることができれば、駅ホームの地図データとの組み合わせで次の目的地への進路を提示することができる。こういった数々のサービスを実現するために、路線上の起点からの走行距離 (マイルージ)、扉の開閉信号、下車する際に乗っていた車両 ID の、3 種類の車両アナウンス情報をスマートフォンで受信できれば良いと考える。

4. 提案手法

本節では、近接通信によってスマートフォンに車内アナウンス情報を配信した際に実現可能なサービスについてその提案手法を述べる。

4.1 現状の車内アナウンスの方法

現状では各駅で発着の際の車内アナウンスは、電車の車輪の回転数から得られる路線上の起点からの累積走行距離 (マイルージ) を用いたタイミングで自動的に流れている。

4.2 地下鉄乗車中の路線上で位置推定

既存の路線アプリでは、時刻表の情報を用いることで特定の車両でのおおよその路線上の位置を知ることができる。しかし、この手法では現在乗車中の車両がどの車両なのかをあらかじめ知っておく必要があり、即座に位置情報を得ることができない。また、運行状況によっては時刻表から推定される現在位置と実際の位置に相違が生じてしまう。このため、時刻表を使った路線上で位置推定は厳密な位置を扱うことができない。

そこで、本手法では時刻表ではなく実際の走行距離 (マイルージ) と車両 ID をリアルタイムに受け取ることで、現在乗っている車両の路線上の位置を推定する。マイルージは車輪の回転数から得られた直接の値であることから、運行状況の急な変更にも柔軟に対応しやすい。マイルージの用いる長さの粒度は電車が高速に走行する乗り物であることを考慮すると、1m 間隔程で設定しておけば十分である。また、地下鉄御堂筋線での最高速度は 70km/h と決められているため、おおよそ 0.05s に 1 回マイルージの値を更新すれば良い。

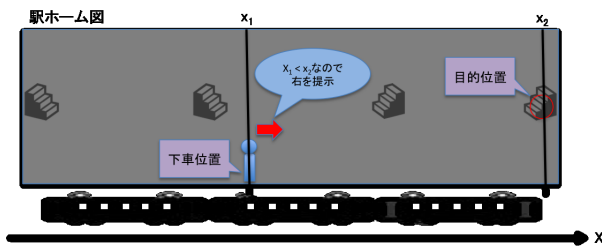


図 3 下車位置と駅ホーム図上の目的地の x 座標を比較

4.3 地下での路線上の位置情報を用いたサービス

地下での走行中の位置情報を地上用の地図に重ねあわせて表示することで、現在地上のどこの地下を走っているのかをアプリの画面上で可視化させることが可能である。また、マイルージの時間あたりの変化量から電車の加速、減速を判断し、減速し始めると到着のアラームを鳴らすようなサービスを作ることができる。

4.4 地上に対する地下鉄位置の可視化

地下での走行中の位置情報を地上での地図に重ねあわせて表示すれば、現在地上ではどの辺を走っていることになるのかといったことがひと目でわかるようになる。リアルタイムに路線上で位置を正確に知ることができれば、現在地上のどこの下を走っているのかを知ることができたり、マイルージの変化率から電車の加速、減速を用いると、適切なタイミングで到着前のアラームを鳴らすことなどが可能である。

4.5 地下鉄下車後の進行方向提示

地下鉄電車を下車した直後にどちらの方向に進めば良いのかをユーザに提示するには、車両の何両目から降りたのか、どのタイミングで降りたのかの2つの情報が必要である。まず、車両の何両目から降りたのかについては、車内アナウンスのデバイス ID を利用することで判断することができる。また、扉付近には指向性のあるスピーカーを扉の上に設置し真下に音波が発せられるように配置し、人間の耳には聞こえない 18kHz 以上の非可聴音を発信する。車内アナウンスを一定時間受信してかつ、非可聴音による扉の出入りが検知された場合のみその瞬間に下車したと判断する。下車した位置と、駅のホームでの地図を比較し、図3のように x 軸上で自分の下車位置が目的地に対して左右どちらに位置しているかによって、進行方向を自動的に判断し、スマートフォンの画面上に方向を提示する。

5. 実装

本節では、スマートフォンに対して車内アナウンスを配信するための、近接通信を行う方法について説明する。

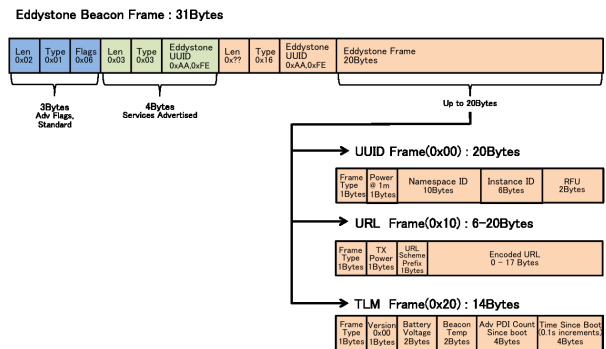


図 4 Eddystone の仕様

UUID Frame(0x00) : 20Bytes

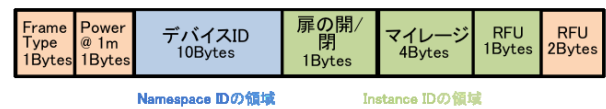


図 5 UUID フレームに載せる配信データ

5.1 近接通信に用いる通信規約

より多くのユーザが車内サービスを利用できるように、iOS, Android 両方の場合において近接通信が行える規約である必要がある。BLE(Bluetooth Low Energy) ビーコン規約である Eddystone[1] は、両方の OS に対応しているため今回はこの通信方式を採用する。

5.2 使用する Eddystone のフレーム

Eddystone は送信するビーコンのペイロード部分に図4のように3種類のフレームを載せて送信することができる。3つのフレームのうちの1つである UUID フレームでは、Namespace ID と、Instance ID にビーコン管理者が好きな値を載せて配信することが可能である。図5のように、Namespace ID の領域 10 バイトにはビーコン送信デバイスを識別するための静的な ID を載せる。Instance ID には動的に変化する情報を載せ、最初の 1 バイト分は扉の開閉信号、次の 4 バイト分はマイルージの値、次の 1 バイト分は予備の領域 (RFU) として開けておく。

5.3 ビーコン配信デバイス

Node.js によって Eddystone ビーコンを配信することができる。そのため、Node.js を実行させることができる Linux を搭載可能なボードコンピュータである RaspberryPi2 を使用する。ただし、RaspberryPi2 単体では BLE 通信を行うためのチップが搭載されていないため、Bluetooth4.0 に対応の USB アダプタとして、LBT-UAN04C1 をデバイスに差し込んで使用する。

6. 評価

車両案内を Eddystone で配信する際、どの程度の間隔ま



図 6 車両案内シミュレーション

で動的に値を変えていけるのかを実際に図 6 のようなシミュレーションアプリを作り調べた。配信側のデバイスは RaspberryPi2 に Bluetooth4.0 対応の USB アダプタ LBT-UAN04C1 を挿して使用し、Node.js によるプログラムによってビーコンの発信の制御を行った。受信側は、Android デバイスである Nexus9 を使用し、Google が Eddystone の検証用に公開しているアプリ「Eddystone Validation」をベースに、受信したデータに応じて適切なメッセージが出るようにカスタマイズを行った。Eddystone の送信間隔を 1000msec から徐々に送信間隔を短くしていった結果、11msec までは動的な値を送受信することができたが、10msec になると送受信できなくなった。しかし、マイレージを 1m 刻みの値だとすると、地下鉄御堂筋線の最高速度が 70km/h であることから、送信間隔が 50msec 間隔でも十分な粒度となる。よって、これらの機器は車両案内を Eddystone でスマートフォンに配信する上で、十分な性能を満たしていると言える。

7. まとめ

本研究では、通常では地下鉄車内において音声スピーカーや車内案内表示機によって放送されている車両案内をデジタル化し、ユーザーのスマートフォンに BLE ビーコンを使って配信する手法を提案した。またそのことによって実現可能な、地下鉄路線上の位置を知る手法や、下車した直後からの進行方向を提示するための手法について提

案を行った。

8. 今後

今後は、大阪市営地下鉄御堂筋線で実際に提案手法のシステムを構築し、本論文で提案した手法が実際に使えるのかを実証実験を通して検証していく。また、車両案内を放送することによって実現できるサービスを他にも多く提案していきたい。

参考文献

- [1] Specification for Eddystone, an open beacon format from Google, <https://github.com/google/eddystone>
- [2] 大阪市交通局 御堂筋線に更なる快適性向上をめざした 30000 系車両を導入します, http://www.kotsu.city.osaka.lg.jp/general/announce/w_new_info/w_new/list_h27_all/20151214_R1_30000kei.html