

移動体に搭載した Bluetooth スキャナの検知確率推定モデルの構築

日本大学 学生会員 ○青柳 達也

日本大学 正会員 石坂 哲宏

1. はじめに

カーナビやスマホから発信される Bluetooth(以下, BT)に含まれる MAC アドレスを路側に設置した複数のスキャナで取得し, 旅行時間の推定する取り組みが実施されて始めている。一方, 移動する車両の走行軌跡から区間の旅行時間を推定するプローブシステムでは, プローブ車両が少ない場合, 十分な精度で旅行時間を推定できない課題がある。

プローブによる旅行時間の推定を補うために, プローブ車両に BT のスキャナを搭載し, すれ違う対向車両の BT を複数のプローブ車両で観測することができれば, 旅行時間の推定に用いるデータを増加させることができると考えられる。しかしながら, 旅行時間推定のためにどの程度の BT 車両の混入率が必要であるかということ, 移動体に搭載されたスキャナの検知確率や検知特性に関して明らかになっていない。

そこで, 本研究では, 移動する車両に搭載したスキャナの検知特性を走行実験で把握し, 検知確率推定モデルを構築することを目的とする。

2. 既存研究の整理と本研究の位置づけ

坪田ら¹⁾は, 路側 BT スキャナを用いて, MAC アドレスと交通密度の関係や, 同一 MAC アドレスの検知回数と走行速度の関係について推定を行っている。また, BT を発信する端末を搭載した移動体の走行実験により, 検知確率に影響を与える要因を明らかにするとともに, 検知確率推定モデルを構築している。移動体 BT スキャナの特性を考慮するうえで, スキャナには向きや角度, 進行方向によって検知特性が見られるため, その検知特性を把握する必要があると考えられる。

3. 研究方法

(1) BT スキャナの概要

本研究では, 株式会社地域未来研究所によって開発

された MAC アドレス検知アプリケーションをインストールしたスマートフォンを BT スキャナとして使用する。MAC アドレスを収集する際は, 近隣の BT 端末と通信を行うための API を発行し, API がタイムアウトするまでの間, 不定期に返信されてくる Bluetooth 機器からの MAC アドレスをタイムスタンプごとに格納する。タイムアウトが発生すると, 新たに API を発行して通信を開始する。なお, タイムアウトまでの時間は自由に設定が可能となっているが本研究では 3 秒に設定した。

(1) 移動体に搭載したスキャナによる検知実験

自車の位置情報と合わせて情報を生成することからプローブ車両, 以下, PV 車両) と BT 発信機を搭載した実験内容としては, BT スキャナを搭載した車両(以下, BT 車両)をすれ違わせ, 移動体に搭載した BT スキャナがどの程度の確率で交錯を検出することができるかを検証する。

検知実験は, 2017 年 12 月 9 日に日本大学理工学部船橋キャンパス周辺の公道において実験を行った。また, 車両には GPS ロガーを搭載し, 位置の取得を合わせて行った。実験条件としては, 車両の移動速度を 20km/h, 40km/h, 60km/h の 3 種類設定した。

(2) BT スキャナの検知確率推定モデルの構築

検知率モデルには, MAC アドレス検知の有無をスキャナのタイムスタンプ(スキャンする時間間隔)ごとに被説明変数として表し, 車両の離間と走行速度を説明変数とするロジスティック回帰モデルを採用した。

4. 実験結果

(1) 移動体 BT スキャナによる検知状況

移動体 BT スキャナ検知実験の結果を表 1 と図 1 に示す。

キーワード: Bluetooth, 車載 BT スキャナ, 検知確率推定モデル, ロジスティック回帰モデル

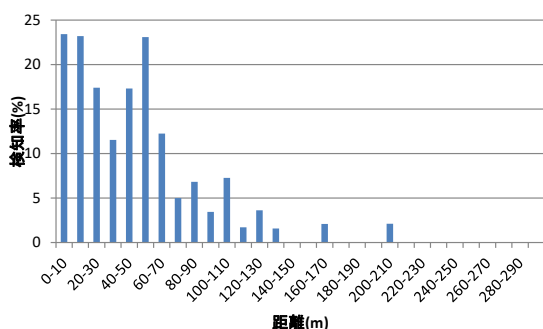
連絡先: 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部交通システム工学科交通システム研究室

TEL: 047-469-5355

e-mail: cstt16001@g.nihon-u.ac.jp

表－1 BT 検知実験結果

	速度(km/h)		
	20km/h	40km/h	60km/h
成功	28	43	12
失敗	516	690	127



図－1 通信成功率と距離の比較

表－1 について車両の速度についてみると速度が大きくなるにつれて検知確率が小さくなっているということがわかる。また、図－1 について距離と検知確率に着目すると、車両間の距離が小さくなるほど検知確率が大きくなる傾向がある。また、距離が近い場合でも検知確率は20～30%程度の値に留まっている。

(2) 検知特性モデルの構築

検知実験で得られたデータをもとに、MAC アドレス検知確率推定モデルを構築した。一回のタイムスタンプで MAC アドレスを検知する確率を p とすると式(1)に示す回帰式のようにになる。この式を p について解くと式(2)のようにになる。

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = b + a \times h \quad (1)$$

$$p = 1 / (1 + e^{-(b + a \times h)}) \quad (2)$$

但し、このとき h :二車両の距離(m), p :検知確率 b :定数, a :偏回帰係数を表す。

(3) 検知確率推定モデルの推定結果の検証

今回構築したロジスティック回帰モデルの偏回帰係数と p 値の算出を行ったところ表－2 のようになった。

表－2 偏回帰係数と p 値

	定数	距離
偏回帰係数	-0.8217	-0.0229
p 値		3.64×10^{-10}

距離の偏回帰係数は-0.0229 と負の値を示しており車両間の距離が大きくなるにつれて一回のタイムスタンプで MAC アドレスを検知する確率が低下していくと

ということがわかる。また、 p 値が 0.05 よりも小さいためこのモデルは 5 % 有意水準で検知確率の有無を説明することに適しているといえる。

今回構築したモデルはタイムスタンプごとに通信の成功を判定するもので、距離が近い場合でも成功確率が 50%を越えないモデルであったため、ロジスティック回帰モデルの検証で使用される、誤判別率による検証が難しい。そこで、実験で取得されたタイムスタンプごとに一様乱数を計算してその値とそのタイムスタンプの時の距離から推定された検知確率 p を比較して成功判定を行い、その合計が実測データと合致するかについて 3 万回繰り返し計算を行い、検証を行った。計算結果の平均値と標準偏差を表－3 に示す。

表－3 検知回数の実測値と推定値の比較

検知回数 (実測値)	検知回数の平均 (推定値)	標準偏差 (推定値)
83	82.988	8.380

実測の通信成功回数と、モデルで計算した通信成功回数の平均値を比較すると、ほぼ一致している。そのため、今回構築したモデルは実際の BT 検知を再現できているのではないかと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では移動体に搭載した BT スキャナの検知特性を把握するために、BT スキャナを搭載した車両と BT 発信機を搭載した車両を交錯させる検知実験を行い、ロジスティクス回帰モデルの構築を行った。今回構築したモデルでは交錯ごとの検知確率ではなく、タイムスタンプごとの検知確率を推定した。距離が遠くなることで確率が減少するが、推定が可能であると考えられる。

今後の課題としては、このようなタイムスタンプごとの推定を行うモデルに、速度や移動体の進行方向、遮蔽物の有無などの説明変数を加えた際に精度の向上が可能であるかどうか検証を行う必要があると考えられる。

参考文献

- Bluetooth スキャナの指向性と設置位置を考慮した MAC アドレスの検知確率推定モデル, 坪田 隆宏, 吉井 稔雄, 藤井 浩史, 河野 侑奈, 交通工学論文集, 3 巻(2017)2 号, p. A_37-A_43