

無線情報による行列行動の抽出

Standing in Line Behavior Extraction Method by Wireless Information

鈴木信雄^{*1}
Nobuo SUZUKI

津田和彦^{*2}
Kazuhiko TSUDA

^{*1} KDDI 研究所
KDDI R&D Laboratories Inc.

^{*2} 筑波大学大学院
University of Tsukuba

Wireless devices such as smartphones are commonly used in our recent daily life. The devices are able to apply to understand human behaviors besides connecting a network via high speed communication links. One of such network services includes public wireless LAN services. The service is provided at many public spaces and stores. The stores especially need some added values by the public wireless LAN service. Concrete services such as avoiding disasters and gathering customers via coupons begin at some stores in Japan. This study proposes the extraction method of human's standing in line behavior to contribute increasing added values of public wireless LAN services at stores. The shop owners can know the standing in line in front of their shops and provide appropriate services to the customers. This study also uses wireless LAN frames on the air. The estimation model with Bayesian estimation method is applied by using RSSI in actual wireless LAN frames. It achieved high accuracy of 0.868 through the evaluation experiment by 5-fold cross validation.

1. はじめに

スマートフォンなどの無線機能を持った可搬型デバイスの普及が進み、いつでもどこでも便利に使用する利用者が多くなった。このようなデバイスは無線通信機能を標準で搭載している。この機能は、高速な情報通信の他にデバイスを持つ人間の行動を把握するという目的にも活用することができる。一方、このようなデバイスに対して高速な情報通信手段を提供するために、公衆無線 LAN が多くの公共施設や店舗で設置されている。特に店舗では、無線 LAN を使った付加価値に期待が高まっており、防災対策やクーポンによる誘客など一部では具体的なサービスが開始されている[Kobayashi 2013].

本研究では、このような店舗における公衆無線 LAN の付加価値向上に貢献すべく、店舗前に並んだ人間の行列の有無を無線 LAN の情報を使って推定することを試みた。行列行動を推定するために無線 LAN の複数チャネルのフレームを使った。実際に行列しているスマートフォンのフレームを収集し、このフレーム情報を用いてベイズ推定の最大事後確率推定により予測モデルを構築した。行列していない周辺にある無線 LAN 機器のフレームも収集することで 5-fold cross validation による評価を行った。その結果、平均 0.868 の高い精度を確認した。

2. センサによる行動抽出技術

センサ機器を使った人間の行動を抽出する技術には多くの研究例がある。村上らは、加速度センサからの情報を使い、看護業務行動の推定を行っている[Murakami 2014]. 静止中や座位状態などの基本行動と家事行動などの複雑な行動とに分けて推定することにより、適用範囲を広げている。この研究では、行動の推定は加速度センサを持つ可搬型デバイスにて行われている。著者らの目的とする研究では、行列の有無を店舗側の管理者が把握するために、アクセスポイント側で判断できることが必要である。そのため、村上らの手法は適用が難しい。次に、無線情報を用いた行動の推定手法には、楊らの研究例がある

[Yo 2009]. Bluetooth の受信電波強度を使ってスマートフォン間の相対位置を求めると共に、GPS 信号を使うことで絶対位置を求めている。これにより同行度と呼ぶ尺度を定義し、この値が一定値以上の場合に 2 台のスマートフォンが同行していると判定している。本技術もセンサ側での情報の集約は行われておらず、同行の有無のみで行列に並んでいるかどうかまでの判定は行っていない。望月らは、無線 LAN の接続先探索のための Probe Request フレームを収集することで人の流れを解析するシステムを提案している[Mochizuki 2014]. これはセンサ側において人の滞留や流動を把握することができる。しかし、端末側に特別なアプリをインストールする必要がある。さらに、一過性の人の動きのみを対象としており、著者らが目的としている行列行動のような滞留や流動の結果として発生する行動のコンテキストまでの解析は行っていない。

3. 複数チャネル電波強度を使った行列行動の推定手法

本研究では、スマートフォンから取得できる無線情報のベクトルを入力として、そのスマートフォンを持つ人間が並んでいるという行列行動をしているか否かを推定する。そのためにベイズ推定の最大事後確率推定法である MAP(Maximum A Posteriori)決定法を用いる。MAP 決定法は、事前確率の大きい方に解が牽引される傾向があるため、比較的少ないデータ数でも精度が良くなるという特徴を有しており、今回の課題に対しても有効と考えられる。この推定法は、データの事後確率が最大になるものを学習結果とする手法であり、対象とする状態は「行列あり」と「行列なし」の 2 つのみである。本手法でのベイズの展開式を式(1)に示す。

$$P(H_i | D) = \frac{P(D | H_i)P(H_i)}{P(D | H_1)P(H_1) + P(D | H_2)P(H_2)} \dots (1)$$

ここで、 $P(H_i|D)$ は各状態 i (行列あり, なし)における事後確率を示し、 $P(D|H_i)$ と $P(H_i)$ は各状態 i における尤度と事前確率を表わしている。本手法では、行列行動を抽出するための入力デー

タに無線 LAN のフレームを使う。収集した無線 LAN フレーム中に含まれる受信電波強度 RSSI(Received Signal Strength Indicator)を用いて、各状態の尤度と事前確率を計算する。ここで、無線 LAN などの電波は、建物などの反射、他デバイスからの電波干渉、そして人間の動きによる見通しの変化などによって時々刻々と伝搬状況が変化する[Sugo 2013]。そのため、時間的な変化だけではなく周波数による変化も重要な特徴となる。これに対応するため、無線 LAN における全てのチャンネルからの情報を使用する。無線 LAN は 2.4GHz 帯と 5GHz 帯の 2 つの周波数帯が利用されている。今回は、古くから使用されており、より利用デバイス数の多い 2.4GHz 帯の 1~14 チャンネル全てを対象とする。

4. Cross Validation による評価

評価には Cross Validation 法を用いた。Cross Validation 法は交差検証法とも呼ばれ、収集したデータを複数のデータセットに分割し、学習と評価を交互に繰り返す手法である。まず、正例を得るために、実際にスマートフォンなどを人間が手に持った状態で行列を形成し、無線 LAN フレームを PC のパケットキャプチャツールにより収集した。この時の機器配置を図 1 に示す。行列は無線 LAN アクセスポイントとパケットキャプチャ用 PC に近い側を始点として並べた。行列を構成する無線端末機器は、スマートフォン 2 台、タブレット 3 台の計 5 台を用いた。

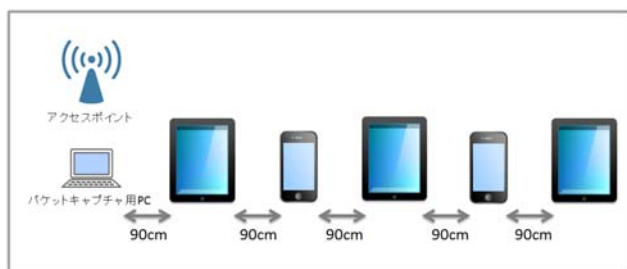


図 1 無線情報収集のための機器配置

行列を構成する機器 5 台それぞれについて全チャンネルを 60 秒間キャプチャした。この時、キャプチャデータの中には対象機器以外からの電波や対象機器に向けて送信された電波に対応する大量のデータが含まれている。この中から、対象機器から発信されたデータのみをフィルタし受信電波強度を抽出した。このように収集した無線 LAN フレームでの有効数は 3,562 個であった。次に、負例を得るために、行列を構成していない環境で周辺から放出されている無線 LAN フレームを収集した。ここでも正例と同様に、2.4GHz 帯の無線 LAN において 1~14 の全チャンネルを 60 秒間キャプチャした。周辺には多くの無線 LAN 機器から電波が送信されており、このままでは利用できない。そのため、機器から送信されたフレームの量が多い順から正例と同じく 5 台の機器を抽出した。これらの機器から送信されたフレームのみを対象に受信電波強度を収集した。収集された無線 LAN フレーム数は 28,023 個となった。実際の無線 LAN フレームを解析すると、アクセスポイントを探索する Probe Request と品質の問い合わせを行う QoS などのマネージメントフレームが多くを占めていた。

これらの無線 LAN 受信電波強度データに対して、本手法で提案した推定モデルを適用し、5-fold cross validation にて推定精度を評価した。評価には、精度、再現率、F 値を用いた。表 1 に評価結果を示す。

表 1 5-fold cross validation による行列行動の評価

データセット	精度	再現率	F 値
No.1	0.877	0.746	0.806
No.2	0.976	0.621	0.759
No.3	0.913	0.955	0.933
No.4	0.822	0.909	0.863
No.5	0.754	0.788	0.770
平均	0.868	0.804	0.827

表 1 からわかるように、精度、再現率、F 値ともに 0.8 を超える高い性能を示しており、本手法の有効性を確認できた。ここで、精度に着目すると、No.5 のデータセットが最も低い性能となっている。これは、評価対象となる受信電波強度の値が事前確率の学習データに含まれていない確率が高いためであった。今回の評価には受信電波強度の絶対値を用いているが、これをアクセスポイントから最も近い位置にある機器からの相対値で置き換えることにより、学習データに含まれる確率を上げることが可能である。一方、今回の評価においては 60 秒間のキャプチャを行った。これは収集データ量が膨大となるため、解析時間の都合から決めた時間である。行列行動の判定を 60 秒という短い時間で行うことができるというのは利点ではあるが、60 秒を過ぎて列から離れてしまう人も多く存在すると容易に考えられる。そのような場合には列に並んでいるとは必ずしも言えない。そのため、受信電波強度の時間変化と行列行動の待ち時間などの知見を継続して収集し、最適な判定時間を明らかにする必要がある。

5. おわりに

本稿では、無線の情報を使って人間の行列行動を抽出する手法を提案した。利用データとして、近年急激に普及したスマートフォンなどに標準装備されている無線機能を用いて無線 LAN フレーム情報を用いた。ベイズ推定の最大事後確率推定法である MAP 決定法を用いて行列行動の推定モデルを構築した。本モデルを用い、実際に行列した状態での無線情報を入力として 5-fold cross validation による評価を行った。その結果、平均精度が 0.868 と高い性能を確認できた。今後は、受信電波強度に絶対値を用いているが、行列始点からの相対値を使った学習とすることで性能向上を試みる予定である。さらに、今回の評価ではキャプチャ時間を 60 秒間としているが、最適な時間を電波伝搬状況の変化の統計的な推移より求めることも行う予定である。

参考文献

- [Kobayashi 2013] 小林: 無線 LAN ビジネス推進協議会活動報告, Internet Week 2013 (2013)
- [Mochizuki 2014] 望月, 鬼倉, 福崎, 西尾: Wi-Fi パケット人流解析システムの実環境への適用, DICOMO2014, pp.1249-1257 (2014)
- [Murakami 2014] 村上, 鳥居, 長, 内平: センサデータと業務知識からのトピックモデルを用いた看護業務行動の推定, 人工知能学会誌 Vol.29, No.5A, pp.427-435 (2014).
- [Sugo 2013] 須郷, 林, 前山, 今田, 鈴木, 渡辺: 列車内無線 LAN の伝搬特性, 電子情報通信学会技報 AP-2013-26, pp.59-64 (2013)
- [Yo 2009] 楊, 新井, 西尾: 絶対位置と相対位置を利用した同行判定手法の提案, 情報処理学会第 71 回全国大会 4U-6 (2009)