

# 相関ルールにより生成された FingerPrint を利用した無線 LAN 位置推定手法の検討

久保田 真一郎<sup>1,a)</sup> 石丸 正人<sup>1</sup> 杉谷 賢一<sup>1,b)</sup>

**概要：**位置指紋を用いた無線 LAN による屋内位置推定は古くから研究されている。その位置指紋の作成には、観測地点で測定される電波強度の平均値が採用されるが、この位置指紋の生成方法として、頻出する電波強度の値を採用するよう相関ルールを用いて位置指紋を構成することで、一般的な位置指紋による位置推定精度より向上するのではないかと考え、シミュレーションによる値を用いてその検討を行った。

## Discussion for WLAN Position Estimating by Fingerprint Method Using Association Rules

SHIN-ICHIRO KUBOTA<sup>1,a)</sup> MASATO ISHIMARU<sup>1</sup> KENICHI SUGITANI<sup>1,b)</sup>

**Abstract:** The position estimation using location fingerprints has been studied before. Location fingerprints are constructed by the average of measured RSS value in each location. We approach to use association rules for constructing location fingerprints. Then, the accuracy of position estimation using new location fingerprints is discussed, comparing with the case using general location fingerprints. In such a discussion, NS-2 simulation data are used.

### 1. はじめに

無線 LAN アクセスポイント (AP) を利用した位置推定については、多くの研究 [1], [2], [3], [4] が行われており、無線 LAN の AP からの受信信号強度 (RSS) を用い、最尤法を用いた位置推定手法 [5], [6], [7], [8] や位置指紋を利用する位置推定手法 [9], [10] に関する研究がある。最尤法を用いた推定手法は減衰特性のモデル化を一度行うと環境と

無関係に位置推定可能であるが、壁や床といった障害物がある場合には推定精度が低下することが分かっている。一方で、位置指紋の手法では、その環境ごとに位置指紋を作成することで、壁や床といった障害物の影響を考慮した位置推定を可能にする。一方で、壁や床の構造が変化するなど環境変化により位置指紋を再作成する必要があり、運用コストが増えると予想される。このようにそれぞれの手法は一長一短である。情報インフラとして無線 LAN のアクセスポイントが設置される場合、測定位置とアクセスポイントとの間に障害物が存在するケースが多いことから、本研究では障害物がある環境でも精度の良い位置指紋によ

<sup>1</sup> 熊本大学  
Kumamoto University, 2-39-1, Kurokami, Chuo-ku, Kumamoto  
860-8555, Japan

a) kubota@cc.kumamoto-u.ac.jp

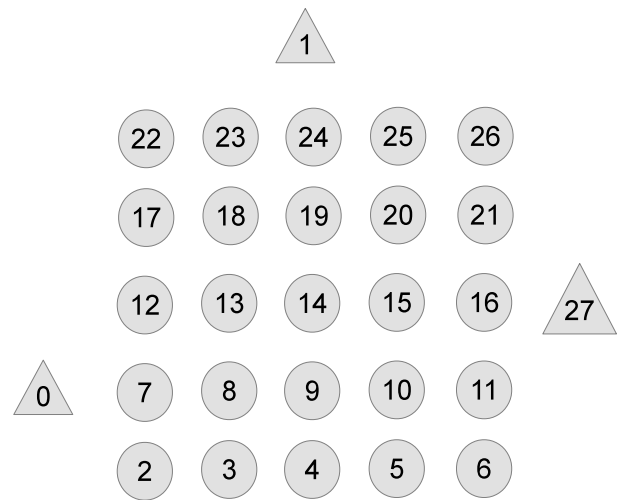
b) sugitani@cc.kumamoto-u.ac.jp

る位置推定手法について検討を行う。Swangmuang ら [10] の研究では、近接性グラフを利用し位置指紋のノードを効果的に減らすことで推定精度を向上させる研究を行っている。われわれは位置指紋がそもそもシンプルに生成されることに疑問を覚え、位置指紋生成手順について工夫できないか考えた。これまでの研究において、位置指紋はある特定のノード位置で測定される RSS の平均値をもとに構成され、必要なすべてのノードにおいて RSS の平均値を事前に測定し、位置指紋のデータベースを作成しておく。端末の位置を推定する際には、測定される RSS が位置指紋の値にもっとも近いノード位置が推定位置となる。この手法では、RSS の平均値を特徴量として扱うことで、その特徴量とのパターンマッチングにより位置を特定する手法となっている。正規分布において平均値をその母集団の代表値とすることは当然であるが、RSS の標準偏差は大きくばらつきをもって測定される。精度良く正規分布の母数とマッチするためには、位置推定に必要な測定数が十分に大きい場合である。できるだけ素早く精度良い位置推定結果を得るために、平均値のみに限らず、その他の測定される頻度の高い値も特徴量に含め、位置指紋と定義することで位置推定精度が向上するのではないかと考えた。測定頻度の高い値を抽出する手法として相関ルールを用いる。

以降では、今回の提案手法の効果を確認するために、NS-2 を用いて RSS の値をシミュレーションし、平均値を利用した位置指紋を作成したのちに、今回の提案手法である相関ルールにより特徴量を抽出し、新しい位置指紋を作成する。新しい位置指紋に精度を向上させる成果があるか、それぞれの位置指紋で位置推定を行った結果について考察する。

## 2. 実験環境および従来の位置指紋

本研究の提案手法が有効であるか確認するために、実験環境ではなくシミュレーションによる値を用いて位置指紋を作成し、位置推定を行うこととする。シミュレーションを行った実験環境は、縦横にそれぞれ 5 個のノードを並べ、**図 1** のようにノード番号 0, 1, 27 にアクセスポイントを配置した。ノード番号 2 から 26 は、それぞれ測定位置を表す。ノード番号 2 から 26 の間隔は 1 メートルで、アクセスポイント 0 とノード 7、アクセスポイント 1 とノード 24、アクセスポイント 27 とノード 16 はそれぞれ 3 メートル離れている。



**図 1** シミュレーション環境におけるノードの位置

**Fig. 1** Positons of each node in experiment environment

各ノードでアクセスポイントからの RSS がどのように測定されるか検討が必要である。RSS の減衰要因として考えられることは様々あり、文献 [11] には、屋外や屋内といった損失から伝搬スケールの大小に関わる損失まで幅広く記述がある。Walfisch and Bertoni モデル [12] では、屋外の通りで受信する信号強度について、建物を障害物としてシャドウイング効果による経路の損失、建物により回折や反射して到達する経路の損失を考慮したモデルについて述べられている。また、一般的な距離による伝搬損失モデルについても記述されており、次式で与えられる。これを今回のシミュレーションで採用する。

$$P_r(d) = P_r(d_0) - \beta \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X$$

$P_r(d_0)$  は基準距離  $d_0$  における RSS、 $\beta$  は距離減衰係数、 $d$  はアクセスポイントと測定ノードまでの距離、 $X$  は正規分布 (平均 0, 標準偏差  $\sigma$ ) に従う乱数である。簡単のため、必要となるパラメータは  $\beta = 1.8, \sigma = 4$  とした。

これらの条件下に置いて、シミュレーションを行い、各ノードにおいて受信される RSS の値を記録した。各ノードにおいて記録した RSS の値の平均値は**表 1** のとおりである。

## 3. 相関ルール抽出による位置指紋の作成

本研究で行う相関ルール抽出とは、あるアクセスポイントから受信する RSS の値に関連して他のアクセスポイントから受信する RSS の値が定まるような関係性が頻繁に起こるケースに注目する (抽出する) 課程を指す。関係性が頻繁に起こるケースを使い、位置指紋を構成する。たと

表1 各ノードで受信する RSS の平均

Table 1 Averages of RSS received from APs on each node.

ノード	AP0	AP1	AP27	ノード	AP0	AP1	AP27
2	-63.1	-69.5	-70.3	15	-67.9	-66.6	-66.5
3	-64.9	-69.2	-69.3	16	-69.2	-66.9	-64.5
4	-66.5	-69.1	-68.3	17	-64.0	-65.7	-70.4
5	-66.6	-69.6	-66.9	18	-65.5	-64.9	-69.1
6	-69.4	-69.5	-65.6	19	-67.1	-64.7	-68.0
7	-62.5	-68.3	-70.2	20	-68.1	-65.1	-66.8
8	-64.8	-68.1	-69.1	21	-69.2	-65.8	-65.0
9	-66.4	-67.8	-68.1	22	-64.8	-64.0	-70.6
10	-68.0	-68.2	-66.7	23	-66.4	-62.8	-69.4
11	-69.1	-68.5	-64.9	24	-67.8	-62.5	-68.3
12	-62.8	-67.1	-70.3	25	-68.8	-62.7	-67.3
13	-64.8	-66.7	-69.1	26	-69.7	-64.2	-65.8
14	-66.6	-66.4	-68.1				

表2 ノード2で受信する RSS の値に対して相関ルール抽出を行った結果

Table 2 Results of association rules for RSS on node 2nd.

相関ルール	支持度	確信度
node=2 ⇒ AP0=-63.1	0.0225	0.0225
node=2 ⇒ AP1=-68.2	0.0225	0.0225
node=2 ⇒ AP27=-69.4	0.0200	0.0200
node=2 ⇒ AP27=-70.2	0.0200	0.0200
node=2 ⇒ AP1=-68.4	0.0200	0.0200
node=2 ⇒ AP27=-71.8	0.0200	0.0200

例えば、AP0から受信するRSSが $a$ という値をとるときに、AP1から受信するRSSの値が $b$ となるケースが頻繁に起こる場合、そのケースを位置指紋に取り込み、位置指紋を構成する。

相関ルール抽出には、R言語の相関ルール抽出のライブラリ (arules) を用いて行う。相関ルール抽出では、相関ルールの重要度を表す指標として支持度 (support) と確信度 (confidence) があり、支持度は全事象のうちルールがどの程度頻繁に登場するかを表し、確信度はルールの関係性の強さを表す。arulesではアプリアリアルゴリズムを用いて、下限となる支持度と確信度をパラメータとして設定し、重要度の高い相関ルールを得ることができる。(支持度の下限を0にするとすべての相関ルールが抽出される。)

表2に、支持度の下限0.02、確信度の下限0.02の場合のノード2において測定された値をもとにアプリアリアルゴリズムにより抽出された結果を示す。

表3 ノード2で支持度が0.02以上となるRSSの値

Table 3 RSS values at support value more than 0.02 on node 2nd

ノード	AP0	AP1	AP27
2	-63.1		
2		-68.2	
2		-68.4	
2			-69.4
2			-70.2
2			-71.8

表4 ノード2の位置指紋

Table 4 location fingerprints on node 2nd.

ノード	AP0	AP1	AP27
2	-63.1	-68.2	-69.4
2	-63.1	-68.2	-70.2
2	-63.1	-68.2	-71.8
2	-63.1	-68.4	-69.4
2	-63.1	-68.4	-70.2
2	-63.1	-68.4	-71.8

表2からノード2において、支持度が0.02以上となる各APから受信するRSSの値がわかる。これをAPごとにまとめると表3となる。

これを位置指紋とするために、各値のすべての組み合わせをノード2の位置指紋とする(表4)。

この操作を他のノードについても同様に行ったものを新たな位置指紋とする。

#### 4. 位置推定による比較

ノードで受信されるRSSの平均を利用する位置指紋を用いた場合の位置推定結果と前節にて提案した位置指紋を利用した場合の位置推定結果とを比較した結果について発表にて報告する。

相関ルールによる位置指紋の生成について、支持度の下限を0.02に設定し、支持度が0.02より大きな値となる相関ルールに着目した。このとき、ノード2を条件とする相関ルールは6個であったが、支持度の下限を0.01にすると相関ルールの数は20個に増える。このように支持度の下限の調整により採用される相関ルールの数は変化することから、その下限値の設定についても検討が必要と考えている。

## 5. まとめ

位置指紋を利用した無線 LAN による屋内位置推定における位置指紋の作成手法に着目し、一般的に位置指紋には観測地点で測定される電波強度の平均値が採用されるが、この位置指紋の生成方法として、頻出する電波強度の値を採用するよう相関ルールを用いて位置指紋を構成する方法を提案した。提案手法の有効性を確かめるために、実際の測定値を利用するのではなく、シミュレーションによる RSS を利用した。この提案手法により作成した位置指紋を利用した位置推定精度と一般的な位置指紋の位置推定精度とを比較し、提案手法について検討を行った。

## 参考文献

- [1] 柳原健太郎: センサネットワークにおけるロケーション技術, 電子情報通信学会誌, Vol.92, pp.262–267, 2009–4.
- [2] 北須賀輝明, 中西恒夫, 福田晃: 無線 LAN を用いた屋内ユーザ向け位置測定方式 WiPS の実装, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2004) シンポジウム論文集, pp.349–352, 2004.
- [3] Patwri, N., Ash, J.N., Kyperountas, S., Hero, A.O., Moses, R.L., and Correal, N.S.: Locating the nodes, *IEEE Signal Process*, Vol.22, No.4, pp.54–69, 2005.
- [4] 伊藤誠悟, 河口信夫: アクセスポイントの選択を考慮したベイズ推定による無線 LAN ハイブリッド位置推定手法とその応用, 情報処理学会研究報告, Vol.38, pp.13–18 2006.
- [5] 趙 大鵬, 高島 雅弘, 柳原 健太郎, 武次 潤平, 福井 潔, 福永 茂, 原 晋介, 北山 研一: センサネットワークにおける受信信号電力を用いた最尤位置推定法, *IEICE technical report*, 104(690), pp.409–414, 2005.
- [6] R. ZEMEK, M. TAKASHIMA, D. ZHAO, S. HARA, K. YANAGIHARA, K. FUKUI, S. FUKUNAGA, and K. KITAYAMA: “Effect of Walking People on Target Location Estimation Performance in an IEEE802.15.4 Wireless Sensor Network(Network),” *IEICE transactions on communications*, vol. 90, no. 10, pp. 2809–2816, Oct. 2007.
- [7] 川村諒, 久保田真一郎, 副島慶人, 古川誠一, 杉谷賢一: 既設アクセスポイントを利用した屋内位置情報取得システムのための位置推定精度による分析, 情報処理学会論文誌ジャーナル, Vol.52, pp.1357–1364, 2011.
- [8] 久保田真一郎, 副島慶人, 川村諒, 杉谷賢一, 武藏泰雄, 永井孝幸, 入口紀男, 右田雅裕, 喜多敏博, 松葉龍一, 辻一隆, 島本勝, 木田健, 宇佐川毅, 中野裕司: 学内無線 LAN アクセスポイントを利用した位置推定における歩行者の影響について, 学術情報処理研究, No.15, pp.82–88, 2011.
- [9] K. Kaemarungsi: “Modeling of indoor positioning systems based on location fingerprinting,” *Proc. 23rd Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies*, March 2004, vol. 2, pp. 1012–1022, 2004.
- [10] N. Swangmuang and P. Krishnamurthy: “An effective location fingerprint model for wireless indoor localization,” *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 4, no. 6, pp. 836–850, Dec. 2008.
- [11] Rappaport, T. S.: *Wireless Communications: Principles and Practice*, 2nd edition *IEEE Press*, Piscataway, NJ, 1996.
- [12] Walfisch, J., and Bertoni, H. L.: A Theoretical Model of UHF Propagation in UHF Propagation in Urban Environments, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. AP-36, pp.1788–1796, October 1988.