大阪公立大学
Osaka Metropolitan University
学術情報リポジトリ

アクセスポイントの停止を考慮した屋内避難誘導のための無線LAN位置推定

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-09-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 高橋, 誠也, 田中, 優衣, 太田, 正哉 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10466/00016560

アクセスポイントの停止を考慮した屋内避難誘導のための無線 LAN 位置推定

高橋　誠也[†]　　田中　優衣[†]
太田　正哉[†a)]（正員）

Wireless LAN Positioning for Indoor Evacuation Guidance Considering Breakdown of Access Points

Seiya TAKAHASHI[†], Yui TANAKA[†], *Nonmembers*, and Masaya OHTA[†a)], *Member*

[†] 大阪府立大学大学院人間社会システム科学研究科，堺市
Graduate School of Humanities and Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University, 1–1 Gakuencho, Nakaku, Sakai-shi, 599–8531 Japan
a) E-mail: ota@eis.osakafu-u.ac.jp
DOI:10.14923/transinfj.2018JDL8006

あらまし　無線 LAN アクセスポイント (AP) が多数設置された建物における屋内避難誘導を想定し，これに利用するニューラルネットワークを用いた位置推定法の有効性を評価して問題点を指摘し，簡易な改善法を提案してこれを検証する．

キーワード　避難誘導，無線 LAN，位置推定，ニューラルネットワーク，フィンガープリンティング

1. まえがき

近年，広く普及しているスマートフォンは，災害時における避難誘導デバイスとして有用であり，これに利用するさまざまな位置推定法が考えられている．GPS は屋外においては高い精度で位置を推定できるが，屋内や地下では精度が大幅に低下するという問題がある．屋内で使用可能な位置推定法として，各所に設置された送信機の発信するビーコン信号を元に位置を推定する手法 [1]～[3] が提案されているが，これらは専用のビーコン送信機が必要である．無線 LAN を用いた位置推定法 [4]～[16] は既設のアクセスポイント (AP) を利用して位置を推定できる特徴を有する．

無線 LAN を用いた手法としてベイズ推定 [7] やサポートベクターマシン (SVM) [8], [9]，ニューラルネットワーク (NN) [10]～[15] を用いた Fingerprinting 方式 [16] の位置推定法が多数提案されている．これらの手法は高い推定精度を有することが報告されているが，避難誘導に応用する場合，火災や局所的な停電等により AP が停止し，観測できる AP 数が減少する事態を想定する必要がある．文献 [11] は観測できない AP がある場合に備えて観測できる AP の組み合わせに対応した NN を複数用意し，これらによって推定精度を改善しているが，AP の数が多いと組合せの数が膨大となり実用的ではない．

そこで本研究では NN を用いた Fingerprinting 方式の無線 LAN による位置推定法を屋内避難誘導システムとして用いることとし，災害等で一部の AP が停止したときのシステム性能を評価して問題点を指摘し，簡易な改善法を提案してその有効性を検証する．提案法では AP の停止を想定した観測データを用意し，学習データを拡張することで NN の数を増やすことなくその推定精度の劣化を低減する．

2. NN による Fingerprinting システム

2.1 システム構成

本研究で考える無線 LAN 位置推定システムは，対象となる建物の通路及び階段エリアを数 m ごとの区画に区切り，利用者のいる区画を推定する．

推定には図 1 の階層型 NN を用いる．この NN は入力層（入力数 I），中間層（ニューロン数 M），出力層（ニューロン数 K）の 3 層で構成される階層型 NN で，入力層は建物で観測できる AP に対応し（総 AP 数 I），その入力値には観測した AP の電波強度 (最小 −100dBm，最大 0dBm) を 0 から 1 の実数値にした値を使用する．このとき，観測できなかった AP の電波強度は −100dBm と考えて 0 とする．出力層は推定対象区画に対応する（総区画数 K）．中間層ニューロンの出力は LeRU 関数で，出力層の出力は softmax 関数で計算する．学習には誤差逆伝搬法を用いる．

2.2 学習用及び評価用データ

本手法の性能を評価するため大学内の 4 階建ての研究棟で学習用及び評価用データを取得した．図 2 は実験場所の各フロアの見取り図である．数字は認識対象の通路を約 7.5m ごとに区切った区画の番号である．

データ取得では，各区画で受信できる BSSID と電

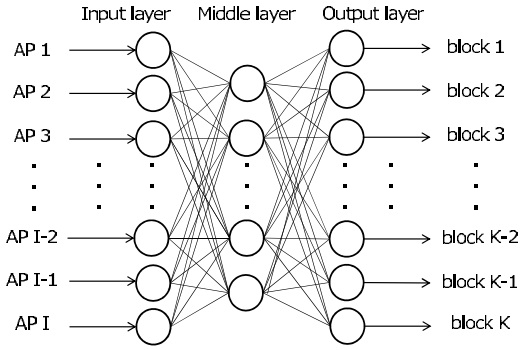

図 1　NN の構成
Fig. 1　Configuration of NN.

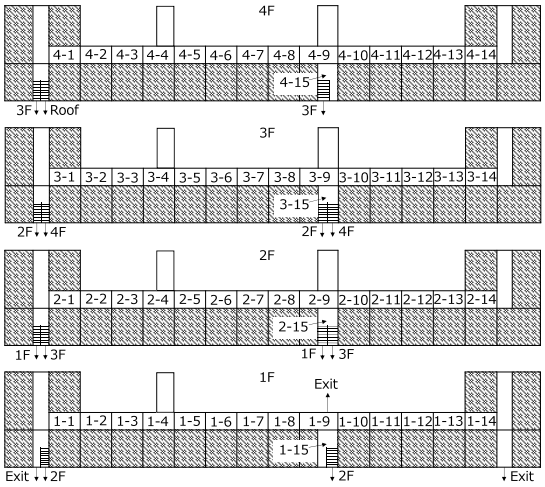

図 2　実験対象建物の見取り図
Fig. 2　Floor layouts.

表 1　実験環境
Table 1　Experimental environment.

Number of block	60
Number of data (before reduction)	120,000
Number of data (after reduction)	15,086
Number of AP ($= I$)	641

波強度を，日及び時間帯を変えて 10 回観測した．観測は各区画の中央で行うとし，1 回の観測は 20 秒間で，その際 0.1 秒周期で受信 AP を記録した (10×200 データ)．実験には Google 社製タブレット Nexus 9 (Android 5.1.1) を使用した．本デバイスの受信感度の安定性（受信電波強度の揺らぎ）を見るため，20 秒間の観測で平均電波強度が最大となる AP に対して，電波強度の標準偏差を求めると 3.5dBm であった．

本実験では短い周期で観測を行うため，連続して同一の観測結果が得られる場合がある．学習を高速化するために，これらの重複した観測データを削除して一つにまとめた．データの諸元（区画数，重複削除前後のデータ数，建物全体で観測できた AP 数）を表 1 に示す．なお AP の位置については特定せず，ブラインドの状態で観測した．各区画で観測された平均 AP 数は 62.1 個（標準偏差 $\sigma = 21.7$ 個）であった．

全観測データを学習用データ D_0 と評価用データ $\bar{D}_0$ に 9 : 1 に分割し，交差検定によりシステムの性能を評価した．本システムでは学習時に観測できなかった AP (BSSID) が評価時（推定時）に観測された場合はそれらを無視し，あらかじめ観測された AP のみを用いて位置を推定する．

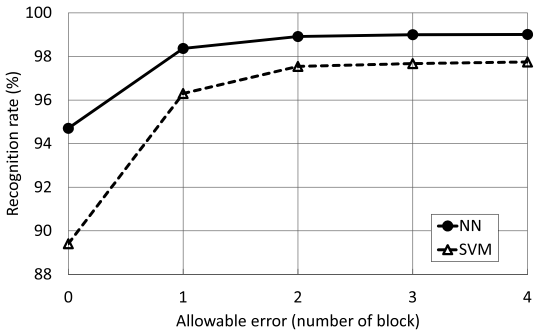

図 3　認　識　率
Fig. 3　Recognition rate.

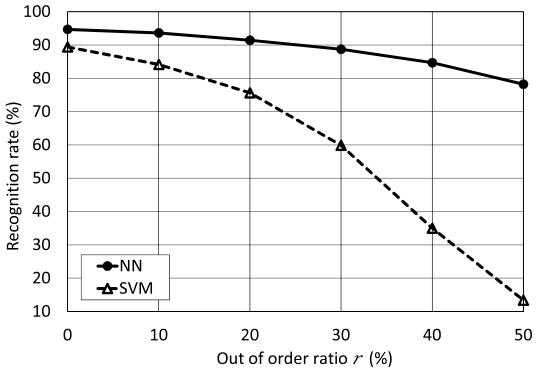

図 4　AP 停止率 r に対する認識率
Fig. 4　Out of order ratio r versus recognition rate.

2.3　実験と考察

まず本手法の認識性能を評価する実験を行った．$M = 100$, 誤差逆伝搬学習アルゴリズムにおける学習係数は 0.9 とし，文献 [8] の SVM と比較した．NN の学習 Epoch 数は 10,000 とし，10,000Epoch 後の NN で評価を行った．結果を図 3 に示す．横軸は区画単位の許容誤差，縦軸は区画認識率である．許容誤差を 0 とするとき，NN と SVM の認識率は 94.7%及び 89.4%で，±1 区画 (7.5m) の誤差を許容すると，いずれも 95%以上の認識率が得られた．図より SVM と比べて NN の方が優れていることがわかる．

次に評価用データ $\bar{D}_0$ からランダムに r% ($r = 0, 10, 20, 30, 40, 50$) の AP を間引き，これらを災害の際の AP 停止時の観測データ $\bar{D}_r$ と仮定して各システムの評価に用いた．結果を図 4 に示す．AP の停止率 r が増加するに従って認識率は低下することがわかる．SVM と比べて NN は比較的高い認識率を維持できるが，$r = 50$%で 80%以下にまで低下しており，この問題を改善する必要がある．

3. AP 停止時の認識率改善

3.1 学習用データの拡張

AP 停止時の認識率を改善するため，本研究では学習用データ D_0 からある割合で AP を間引いたデータを作成し，元のデータに加えて学習用データを拡張し，これを用いて NN を学習することを考える．具体的には D_0 から r% ($r = 10, 20, \ldots, 90$) の AP をランダムに間引いたデータを D_r とし，拡張後の学習用データ A_s を以下のように定義する．

$$A_s = \bigcup_{r=0}^{s} D_r \tag{1}$$

例えば $A_0 = D_0$，$A_{20} = D_0 \cup D_{10} \cup D_{20}$，$A_{80} = D_0 \cup D_{10} \cup \cdots \cup D_{80}$ である．このように間引きデータを学習用データに追加することによって学習に要する時間は長くなるものの，AP 停止時の認識率は改善すると考えられる．

3.2 実験と考察

本手法の有効性を評価するために実験を行った．評価には先の実験で作成した $\bar{D}_r$ ($r = 0, 10, \ldots, 90$) を用いた．結果を図 5 に示す．図より，間引き AP による学習用データの拡張を行わない場合 (学習用データ：A_0) と比べて拡張を行った場合，認識率は $r = 0$%では 92.2%に若干低下するものの，$r = 50$%では 87.5%に改善し，AP の 80%が停止する $r = 80$%でも 73.1%の認識率が得られた．

本手法は既存の観測データを元に容易に学習用データを拡張することができ，大きな性能改善が図れることがわかった．

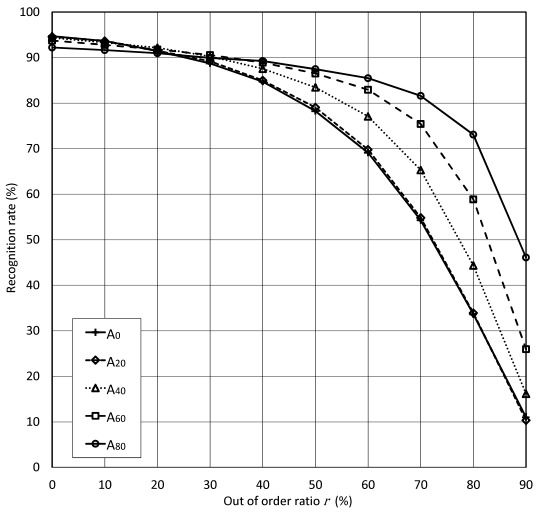

図 5 AP 停止率 r に対する認識率
Fig. 5 Out of order ratio r versus recognition rate.

4. む す び

本研究では NN を用いた Fingerprinting 方式の無線 LAN による位置推定法を屋内避難誘導システムとして用いることを想定し，災害等で一部の AP が停止したときの性能と課題を指摘し，その改善法について検証した．学習用データの簡易な拡張により AP 停止率 80%においても認識率 70%以上に改善できることを確認した．

文 献

[1] D. Manandhar, S. Kawaguchi, and H. Torimoto, “Results of IMES implementation for seamless indoor navigation and social infrastructure platform,” Proc. 23rd Int’l Technical Meeting of The Satellite Division of the Institute of Navigation, pp.1184–1191, Sept. 2010.

[2] 下坂正倫，後迫弘明，森 武俊，野口博史，佐藤知正，“位置推定可能な ZigBee センシングネットワークの構築,” ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集，pp.1A1-D15(1)–1A1-D15(4), June 2008. DOI:10.1299/jsmermd.2008._1A1-D15_1

[3] A. Harter, A. Hopper, P. Steggles, A. Ward, and P. Webster, “The anatomy of a context-aware application,” Wireless Networks, vol.8, pp.187–197, March 2002. DOI:10.1023/A:1013767926256

[4] A. Smailagic and D. Kogan, “Location sensing and privacy in a context-aware computing environment,” IEEE Wireless Commun., vol.9, pp.10–17, March 2002. DOI:10.1109/MWC.2002.1043849

[5] Y. Gwon, R. Jain, and T. Kawahara, “Robust indoor location estimation of stationary and mobile users,” Proc. IEEE INFOCOM, vol.2, pp.1032–1043, March 2004. DOI:10.1109/INFCOM.2004.1356990

[6] I. Guvenc and O. Dedeoglu, “Enhancements to RSS based indoor tracking systems using Kalman filters,” Proc. Int’l Signal Processing Conf. and Global Signal Processing Expo, pp.1–6, March 2003.

[7] A.M. Ladd, K.E. Bekris, G. Marceau, A. Rudys, D.S. Wallach, and L.E. Kavraki, “Using wireless Ethernet for localization,” Proc. IEEE/RSJ Int’l Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp.402–408, Sept. 2002. DOI:10.1109/IRDS.2002.1041423

[8] S.J. Cho, U. Ahmad, A. Gavrilov, S. Lee, and Y.K. Lee, “Application of support vector machines on signal strength based localization in wireless networks,” Proc. Int’l Conf. on Machine Learning, Models, Technologies, and Applications, pp.24–30, June 2007.

[9] Y. Rezgui, L. Pei, X. Chen, F. Wen, and C. Han, “An efficient normalized rank based SVM for room level indoor WiFi localization with diverse devices,” Mobile Information Systems, vol.2017, pp.1–19, 2017.

DOI:10.1155/2017/6268797

[10] R. Battiti, A. Villani, and T.L. Nhat, "Neural network models for intelligent networks: Deriving the location from signal patterns," Proc. First Annual Symposium on Autonomous Intelligent Networks and Systems, pp.1–13, May 2002.

[11] U. Ahmad, A. Gavrilov, U. Nasir, M. Iqbal, S.J. Cho, and S. Lee, "In-building localization using neural networks," Proc. IEEE Int'l Conf. on Eng. of Intelligent Systems, pp.1–7, April 2006. DOI:10.1109/ICEIS.2006.1703135

[12] U. Ahmad, A. Gavrilov, S. Lee, and Y.W. Lee, "Modular multilayer perceptron for WLAN based localization," Proc. IEEE Int'l Joint Conf. on Neural Networks, pp.6497–6503, July 2006. DOI:10.1109/IJCNN.2006.247351

[13] F. Saleem and S. Wyne, "Wlan-based indoor localization using neural networks," J. Electrical Engineering, vol.67, no.4, pp.299–306, 2016. DOI:10.1515/jee-2016-0044

[14] Z. Farid, R. Nordin, M. Ismail, and N.F. Abdullah, "Hybrid indoor-based WLAN-WSN localization scheme for improving accuracy based on artificial neural network," Mobile Information Systems, vol.2016, pp.1–11, 2016. DOI:10.1155/2016/6923931

[15] N. Li, J. Chen, Y. Yuan, X. Tian, Y. Han, and M. Xia, "A Wi-Fi indoor localization strategy using particle swarm optimization based artificial neural networks," Int. J. Distributed Sensor Networks, vol.12, no.33, pp.4583147:1–4583147:9, 2016. DOI:10.1155/2016/4583147

[16] P. Bahl and V.N. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system," Proc. IEEE INFOCOM, vol.2, pp.775–784, March 2000. DOI:10.1109/INFCOM.2000.832252

（平成 30 年 2 月 28 日受付，6 月 15 日再受付，
9 月 3 日早期公開）