

駐車場内における無線 LAN による位置特定の性能について

浅井 勇樹[†] 間邊 哲也[†] 長谷川 孝明[†]

[†] 埼玉大学 大学院 理工学研究科 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

E-mail: [†] {asai, manabe, takaaki}@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

あらまし 本稿では、駐車場における無線 LAN による位置特定性能を様々な条件下で評価する。屋外の典型的な駐車場である埼玉大学一般駐車場で、無線 LAN による Scene Analysis 手法を用いる位置特定の性能を実験により評価する。条件は、無線 LAN アクセスポイントの配置や、想定するユーザー、車両の位置特定における静的および動的な性能、車両の方向が挙げられる。以上から、様々な条件が及ぼす位置特定性能への影響を評価している。

キーワード 無線 LAN, 位置特定, 駐車場

On performance of positioning with Wireless LAN in parking lot

Yuki ASAI[†] Tetsuya MANABE[†] and Takaaki HASEGAWA[†]

[†] Saitama University 255 Simo-okubo, Sakura-ku, Saitama, 338-8570 Japan

E-mail: [†] { asai, manabe, takaaki }@hslab.ees.saitama-u.ac.jp

Abstract In this paper, we evaluate the performance to the efficiency of positioning with Wireless LAN in the parking lot. We evaluate the performance of positioning with Scene Analysis by Wireless LAN in typical parking lot of outdoor. A variety of conditions to reveal the efficiency of positioning with Wireless LAN in parking lot. Arrangement of the wireless LAN access point, assumed users, positioning efficiency of the vehicle in static and dynamic, and direction of the vehicle are listed. We evaluate effects for positioning performance by the variety of conditions.

Keywords Wireless LAN, Positioning, Parking lot

1. まえがき

近年、スマートフォンの広い普及に伴って、Location Based Services (LBS) も広く普及していることから、質の高い位置特定システムが要求されている。スマートフォンにおける質の高い位置特定システムの提供には、スマートフォンのアプリ開発に役立つスマートフォン・プラットフォームにおけるポジショニングサブプラットフォームが充実している必要がある。

一方で、大規模駐車場において、車が見つからないことによるトラブルが起きることがしばしばあるが、それに対して、Stick-N-Find[1]がある。このシステムは Bluetooth により専用ステッカーの方向をスマートフォン内に表示して車両を発見するシステムである。しかし、Bluetooth の電波が届く範囲まで近づく必要がある。文献[2]は、専用のカーナビゲーションにスマ

ートフォンを接続し、駐車した位置をスマートフォンに設定することで車までナビゲーションをするシステムである。しかし、専用デバイスが必要である。

駐車場においてスマートフォンで位置特定を行うためには手法の検討をする必要がある。GPS は第一の位置特定社会基盤として知られているが、周りが高い建物に囲まれた場所や屋内などは正確な位置特定は難しい。無線 LAN は、周りが高い建物に囲まれた場所や屋内でも位置特定ができる上に、第二の位置特定社会基盤として広く普及している。

そこで本稿では、スマートフォンを前提とした駐車場における無線 LAN による位置特定実験を行い、様々な条件下で性能を評価する。

2. 無線 LAN による位置特定

2.1. 無線 LAN による位置特定手法[3][4]

無線 LAN を用いた位置特定手法において、Proximity, Triangulation, Scene Analysis の 3 つに分類しているが [3][4], その中でも Scene Analysis は、位置特定性能が比較的高い手法として知られている。この手法は、MAC アドレスと RSSI のデータが取得可能ならば位置を特定できるため、一般的に設置されている無線 LAN を利用することが可能である。したがって、本稿では、一般的に設置されているアクセスポイントを利用することが可能であり、比較的位置特定性能が高い Scene Analysis を検討する。

2.2. Scene Analysis による位置特定に関する研究

文献[5]では、屋内廊下における無線 LAN による位置推定に関する研究を行っており、アクセスポイントの配置が位置特定性能へ影響することを述べている。文献[6]では、無線 LAN ポジショニングシステムに関する研究を行っており、実験を行う環境により、位置特定性能が異なっている。また、文献[7]では、車両による位置特定性能に関する研究を行っており、車両の動的な位置特定性能について触れている。

2.3. 無線 LAN による位置特定に影響を与える要因

無線 LAN を用いた位置特定手法は RSSI に依存するため、発信強度の変化や電波環境に大きく依存する。文献[8]では、24 時間に变化する RSSI の非定常性が述べられている。また、文献[9]では、送受信機間に障害物が存在しない Line-of-Sight(LOS)や障害物が存在する non Line-of-Sight (nLOS) における RSSI の特性を述べており、文献[6]では車両のシャドウイングに関する影響を述べている。シャドウイングは車両の方向により影響が異なると考えることができるため、車両の方向による位置特定性能への影響も評価する。

3. 人の位置特定の性能評価

3.1. 実験概要

実験は、埼玉大学一般駐車場で行う。参照点は図 1 に示すように、埼玉大学一般駐車場の通路と車室の間に計 53 点を設定する。位置特定専用の無線 LAN アクセスポイントを 30 基設置し、文献[6]より、車両によるシャドウイングを避けて直接波を受けやすくするために、高さ 3m の位置に設置する。配置は、図 2 のように駐車場の周囲に沿って等間隔に配置する周囲配置、図 3 のように駐車場に面的に均等に配置する面的配置とする。データ収集は、1 つの参照点の上で、スマートフォンを持った状態を想定して三脚を用いてお

およそ胸の位置の高さにスマートフォンを固定し、1 秒に 1 回、4 方向で 15 秒ずつ（計 60 秒）取得し、参照点 53 点分を行う。本研究では、準備した位置特定専用のアクセスポイント 30 基の情報だけを用いて位置特定を行う。

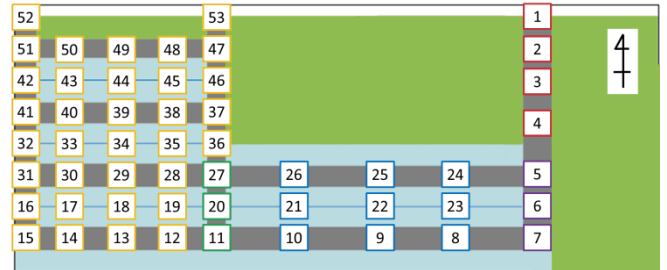


図 1 参照点の配置

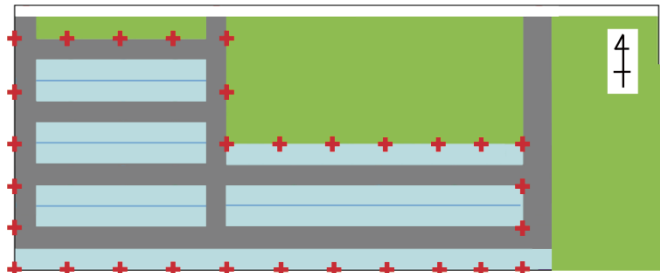


図 2 アクセスポイントの周囲配置

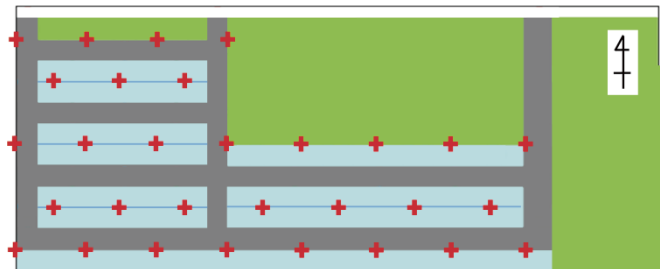


図 3 アクセスポイントの面的配置

3.2. 位置特定実験

3.2.1. 異なる配置のアクセスポイントによる位置特定性能の比較

アクセスポイントの配置による位置特定性能への影響を見るために、周囲配置と面的配置における位置特定性能を比較する。周囲配置と面的配置の位置特定性能を図 4 に示す。縦軸が距離の誤差の平均で、横軸が参照点の番号、エラーバーが標準偏差である。

アクセスポイントは面的配置よりも周囲配置の位置特定性能が高くなった。しかし、周囲配置と面的配置の位置特定性能が異なった要因が明らかではない。そこで、模擬的な調査として、収集したデータを間引いて調査を行った結果、疎密を作った配置が位置特定

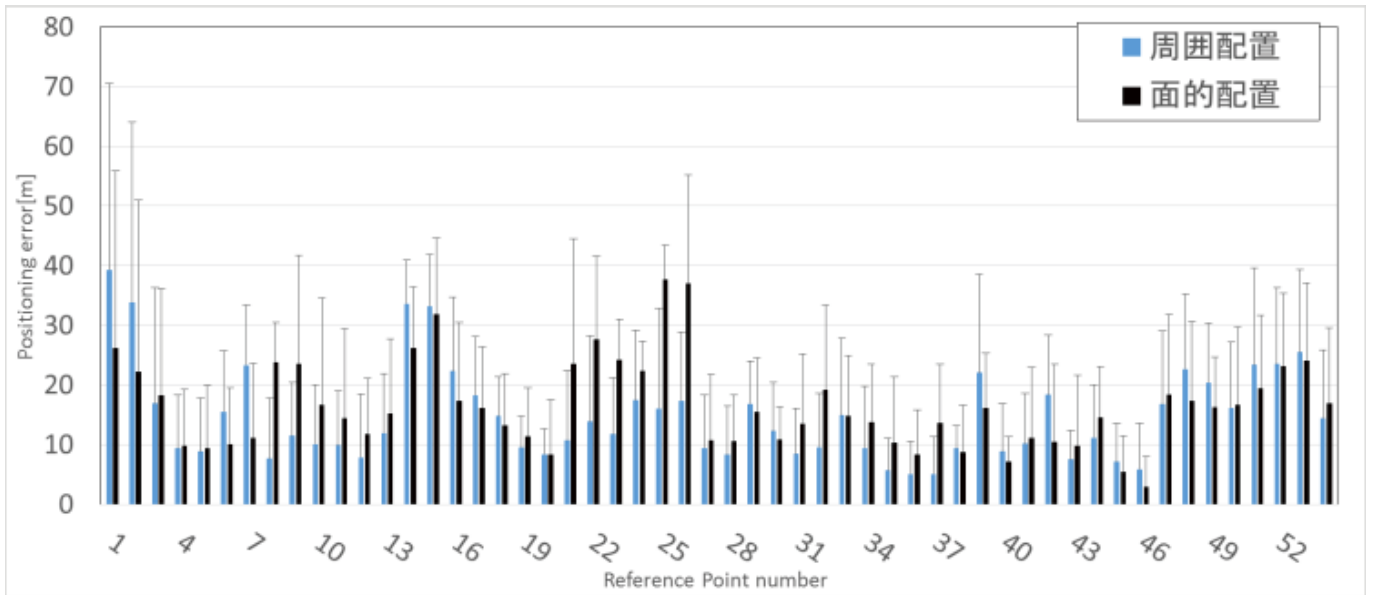


図4 周囲配置と面的配置における距離の誤差の平均

性能に影響する可能性を見出した。しかし、アクセスポイントの相互効果による発信強度の変化が位置特定性能に影響している可能性も考えられる。したがって、3.3.で検証を行う。

3.3. 検証実験

3.3.1. 実験概要

実験は埼玉大学一般駐車場の一部で、参照点は11～20, 27～51 (計35点)を設定する。アクセスポイントは高さ3mに設置し、2のべき乗である16基を用いる。このアクセスポイント16基を周囲および面的にそれぞれ均等に配置し、密度の細かいところと粗いところの比率を変える為に、隣り合う2基の中心に設置していき2箇所配置されるまで続ける。その配置のパターンは図5に示すように、周囲配置および面的配置において16箇所、8箇所、4箇所、2箇所である。また、データ収集は3.1.と同様に行う。

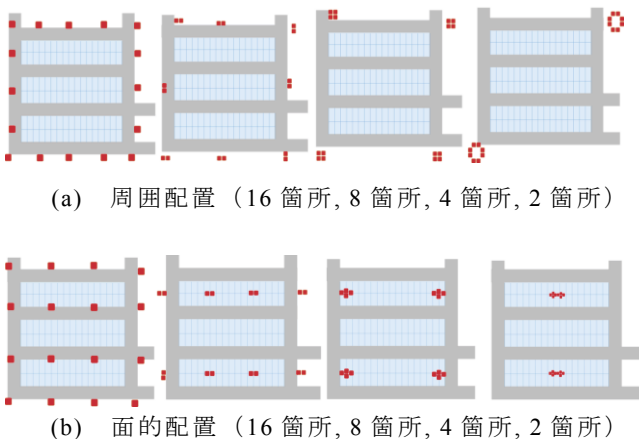


図5 アクセスポイントの配置

3.3.2. 疎密を作ったアクセスポイントの配置による位置特定性能への影響の検証

周囲および面的の16箇所、8箇所、4箇所、2箇所配置における位置特定性能を図6に示す。縦軸が全参照点における距離の誤差の平均で、横軸はアクセスポイントの配置箇所の数である。面的配置は疎密を極端にするほど位置特定性能は低くなった。また、面的配置の16箇所配置と、周囲配置の16箇所、8箇所、4箇所配置における位置特定性能は同程度となった。周囲配置ではアクセスポイントの配置に疎密を極端に作っていくと4箇所配置を良くして性能が転じている。つまり、アクセスポイントは疎密を作った配置が位置特定性能に影響すると考えられる。

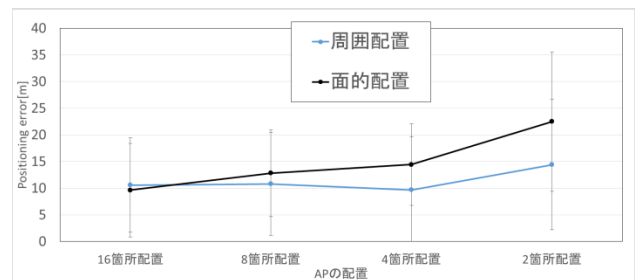


図6 アクセスポイントの各配置における位置特定性能

4. 車両の静的な位置特定の性能評価

4.1. 実験概要

実験は図1の埼玉大学一般駐車場の2つの通路で行い、参照点は24～26, 28～30番 (計6点)を設定する。

アクセスポイントは 30 基を周囲配置および面的配置で高さ 3m の位置に設置する。また、3.1.と同じように人がスマートフォンを持った状態を想定して収集するデータをデータベース (DBh) とし、車両のダッシュボードにスマートフォンを設置して収集するデータをデータベース (DBv) とし、車両の位置特定においてデータベースとして用いる。車両内のダッシュボードに設置して行うデータ収集は、1 秒に 1 回、東西の 2 方向で 30 秒ずつ (計 60 秒) 取得し、参照点 6 点分を収集する

4.2. 位置特定実験

4.2.1. 異なるデータ収集方法によるデータベースを用いた位置特定性能への影響の評価

データベースに DBh と DBv を用いた車両の位置特定性能を図 7 に示す。縦軸が距離の誤差の平均で、横軸が参照点の番号、エラーバーは標準偏差である。

車両の位置特定性能は、DBh より DBv を用いたほうが高くなった。しかし、アクセスポイントを周囲に配置した場合、DBh は DBv の位置特定性能と同程度となった。つまり、車両の位置特定は、DBh より DBv を用いた方が性能は高くなるが、駐車場において位置特定は人の位置特定および車両の位置特定を行う必要がある。周囲配置のアクセスポイントおよび DBh を利用することで、別々に収集する必要はない。したがって、アクセスポイントを設置するコストや、データ収集の作業におけるコスト、および位置特定の性能から、車両の位置特定はアクセスポイントを周囲に配置して、人がスマートフォンを持った状態で収集したデータをデータベースに用いる位置特定の可能性を示している。

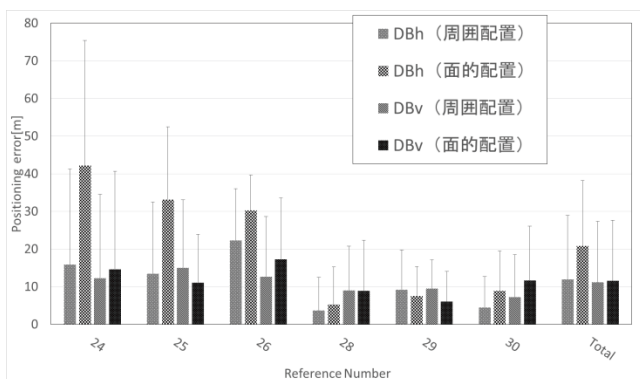


図 7 DBh と DBv における車両の位置特定性能

4.2.2. 車両の方向による位置特定性能への影響の評価

実験は 4.2.1.と同様の環境で行う。データベースは、ある方向を向いて走行する車両で収集する評価用

データに対して、その反対の方向を向いて走行する車両で収集したデータを用いる逆方向のデータ、同じ方向を向いて走行する車両で収集したデータを用いる同方向のデータ、逆方向と同方向のデータを用いる両方向のデータで構成する。それらのデータベースを逆方向、同方向、両方向として位置特定の性能評価を行う。

アクセスポイントを周囲または面的に配置し、データベースに逆方向、同方向、両方向を用いた位置特定性能を図 8 に示す。縦軸が誤差の平均で、横軸が参照点の番号、エラーバーが標準偏差である。どの方向のデータベースを用いても位置特定性能は同程度となった。したがって、屋外の典型的な駐車場で行った実験では、車両の方向による位置特定性能への影響はほとんどないと考えられる。しかし、今回の実験は一部の通路のみで行った評価であり、車種による影響なども考慮していないため、詳細な検証が課題である。

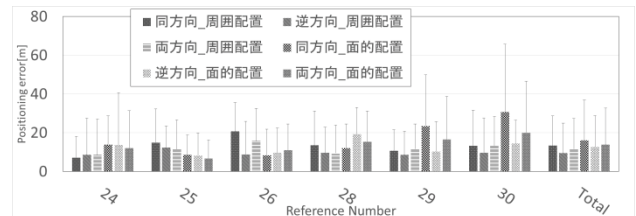


図 8 同方向、逆方向、両方向における車両の位置特定性能

5. 車両の動的な位置特定の性能評価

5.1. 実験概要

実験は 3.3.と同様の場所で行い、参照点も同様の 35 点を設定する。アクセスポイントの配置は 3.3.の結果より、周囲の 4 箇所に 16 基を配置する。データベースは 4.2.の結果より、人がスマートフォンを所持した状態を想定して収集するデータをデータベースに用いる。評価用データは、駐車場を走行する一般的な速度である 0km/h、4km/h、8km/h、12km/h、16km/h で収集する。その際に、データの量をおおよそ合わせるために、図 9 に示すように左回りと右回りの経路を 4km/h、8km/h の速度で 2 周分収集し、12km/h、16km/h の速度で 4 周分収集する。0km/h は経路上の参照点 11~15、16、20、27、31、32、36、37、41、42、46、47、50、51 番 (計 20 点) の上で各 1 回収集する。実際の位置 (真値) は、ビデオカメラを車両の窓から出して固定し、画面の中心が、ダッシュボードに固定したスマートフォンの位置の進行方向 1m 先に来るようにし、車室の白線にガムテープで印を付けることで、ビデオカメラで録画した動画をコマ送りで解析してスマートフォンとビデオカメラの時間と比較することで算出する。

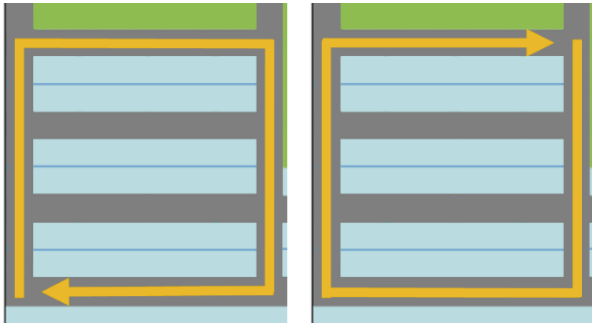


図 9 データ収集の経路

5.2. 速度による位置特定性能への影響の評価

図 10 に各速度における進行方向の誤差の平均を示す。縦軸が進行方向の誤差の平均で、横軸が速度である。進行方向の誤差は、準静的である 0km/h を含むほどの速度で位置特定を行っても後方 10m 程度となった。

図 11 に誤差の平均を時間換算した遅延を示す。縦軸が時間の遅延で、横軸が速度である。どの速度でも時間の遅延がほとんど生じなかった。アクセスポイントが疎である屋外の典型的な駐車場で行った本実験では、駐車場で走行する一般的な速度である 16km/h 以下において、速度による時間遅延の影響は、速度に依存しないその他の固定的な要因に対して無視でき、その固定的な要因が後方に約 10m 誤差が生じる支配的な要因と考えられる。

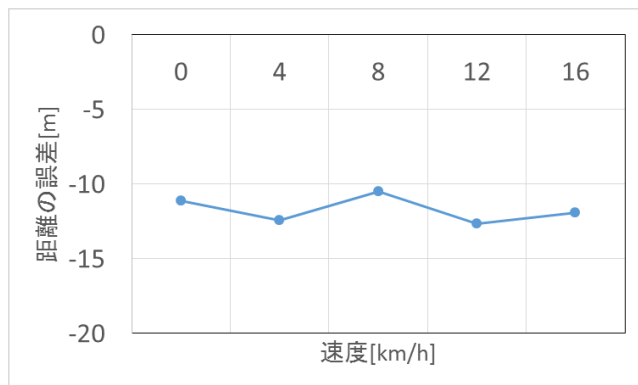


図 10 各速度における進行方向の誤差の平均

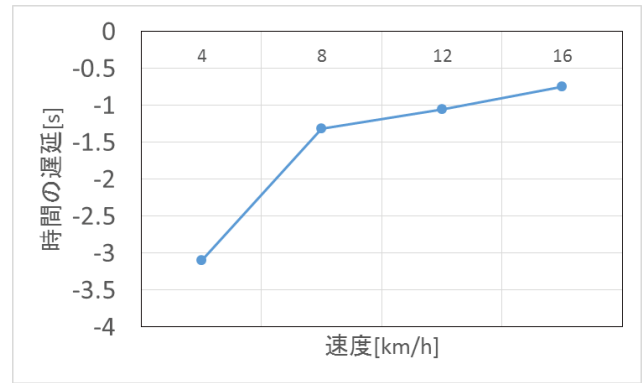


図 11 誤差の平均を時間換算した遅延

6. むすび

駐車場における位置特定性能の知見を得るために、スマートフォンを前提とした駐車場における位置特定性能の評価を行った。

アクセスポイントは疎密を作った配置が位置特定性能に影響すると考えられ、車両の位置特定は、アクセスポイントを周囲に配置して人がスマートフォンを持った状態で収集したデータをデータベースに用いることで、作業面のコストが低く位置特定の性能が高くなった。車両の方向は位置特定性能にほとんど影響しないことがわかった。アクセスポイントが疎である典型的な駐車場で、走行する一般的な速度である 16km/h 以下で実験を行い、時間遅延は速度に依存しないことを明らかにした。

今後の課題として、詳細な検証を行うことが挙げられる。具体的には、車両の動的な位置特定において車両の速度をさらに上げたときの位置特定性能への影響の評価、後方に誤差が生じる速度に依存しない固定的な要因の検証などである。

文 献

- [1] Stick-N-Find, “<https://www.sticknfind.com/>”
- [2] dococar, “<http://www.fujitsu-ten.co.jp/eclipse/product/navi/app/dococar.html>”
- [3] 伊藤 誠吾, 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ハイブリット位置推定手法とその応用,” 電気学会論文誌C, Vol.126, No.10, pp.1212-1220, 2006.
- [4] Hui Liu, Houshang Drabi, Pat Banerjee, Jing Liu, “Survey of Wireless Indoor Positioning Techniques and Systems,” IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS-PART C: APPLICATIONS AND REVIEWS, Vol.37, No.6, Nov. 2007.

- [5] 野田 真吾, 間邊 哲也, 長谷川 孝明, “屋内廊下における無線LANによる位置推定に関する一検討,” 信学技報, ITS2012-41, pp239-244, 2013.
- [6] 野田 真吾(2012), “無線LANポジショニングシステムに関する研究,” 埼玉大学大学院理工学研究科修士論文
- [7] Seigo ITO, Nobuo KAWAGUCHI, “WIRELESS LAN BASED VEHICULAR LOCATION INFORMATION PROCESSING,” In-Vehicle Corpus and Signal Processing for Driver Behavior, pp.69-82, 2009.
- [8] Kamol Kaemarungsi , Prashant Krishnamurthy ”Properties of Indoor Received Signal Strength for WLAN Location Fingerprinting,” Mobile and Ubiquitous Systems:Networking and Services, The First Annual International Conference, pp.14-23, Aug. 2004.
- [9] Atreyi Bose, Chuan Heng Foh, “A Practical Path Loss Model For Indoor WiFi Positioning Enhancement,” International Conference on, Information, Communications & Signal Processing, pp.1-5, Dec. 2007.