

方位センサーと無線LAN受信強度に基づく 位置推定システムの開発

小河原 亮[†] 藤井 雅弘[†] 渡辺 裕[†]

宇都宮大学工学部情報工学科[†]

1 はじめに

近年、携帯電話の普及・高性能化に伴い、携帯電話向けの様々なサービスが提供されている。特に、最近の携帯電話には無線LAN機能や様々なセンサーなどが搭載されており、この機能を用いたサービスも提供されるようになってきた。携帯電話のGPS(Global Positioning System)機能を用いて位置情報を取得し、その情報を元にしたナビゲーションやセカイカメラなどの新しいサービスが提供されている。しかしながら、GPS衛星の信号を直達で観測できない屋内環境では、その測位精度が極めて劣化し、十分なサービスを提供できないことが懸念されている。そこで、本研究では、携帯端末(以下: 端末)が受信する屋内に設置された無線LANのAP(Access Point)から発信される信号の受信強度と、端末に搭載されている方位センサーの情報に基づいて、屋内環境における端末位置を推定するシステムを提案する。提案するシステムでは、端末を持つ人体によるシャドウイングの影響を方位センサーの情報を用いて補正することで推定精度の向上が可能となることを示す。

2 位置推定

2.1 受信強度による位置推定

図1に本研究での位置推定システムの構成を示す。本研究では2台のAPを想定し、そのAP間を結ぶ線分上に端末が存在するとき、その端末の位置を推定する手法について議論を行う。受信強度は発信源から離れるにしたがって減衰する特性があり、本検討ではAP-端末間距離を d とすると、受信強度は平均的に $Cd^{-\alpha}$ によって与えられるものと想定する。ここで、 C は環境定数、 α は減衰係数を表す。また、無線LANで用



図1: 電力比による位置推定

いられるマイクロ波帯は、水分に吸収される性質を持つため、6割が水分で構成される人体にも吸収されることが知られている。したがって、AP-端末間を人体が遮る場合、見通し内の場合と比べて、その受信強度はより減衰するものと考えられる。本研究では、AP1-端末間距離を d_1 、AP2-端末間距離を d_2 、AP1-AP2間距離を x とし、それぞれのAPからの受信強度が R_1 、 R_2 で観測されたとき、

$$\begin{cases} R_1 : R_2 = C_1 d_1^{-\alpha_1} : C_2 d_2^{-\alpha_2} \\ d_1 + d_2 = x \end{cases} \quad (1)$$

を解くことによって d_1 、 d_2 を得て、位置推定を行う。ただし、環境定数 C_1, C_2 と減衰係数 α_1, α_2 は同一屋内においても、AP-端末間を人体によるシャドウイングの影響により異なることが想定されていることに注意する。

2.2 方位センサーによる補正

2.1節で述べた手法を用いて、より精度の高い、位置推定を行うためには、パラメタ($C_1, C_2, \alpha_1, \alpha_2$)を適切に設定する必要がある。両APと端末間の伝搬環境が同一であれば、 $C_1 = C_2, \alpha_1 = \alpha_2$ と考えることができるが、シャドウイングが発生している場合、これらに差を設けることで適切な推定が可能になると考えられる。我々の想定するサービスでは、利用者が端末を手を保持しながら利用することを想定しているため、利用者自身によるAP-端末間のシャドウイングが支配的であると考えられる。このようなシャドウイング現象の発生は、一般に、受信強度のみからでは判別不可能である。そこで、本研究では、端末に搭載された方位センサーの情報を利用する手法を提案する。通常、利用者は端末に対して正対して利用すると想定されるため、本研究では、端末の方位センサーの出力方位を利用者の向いている方位とする。この利用者の向きと、APの設置位置の関係より、端末は、シャドウイングが発生(AP-端末間の見通しが利用者によって阻まれている状況)しているか否かを判別する。

シャドウイングの有無が判別できた後、環境定数 C_1, C_2 と、減衰係数 α_1, α_2 を適切に設定する必要がある。本論文では、基礎的な検討として、 $\alpha_1 = \alpha_2$ としたときの C_1 と C_2 の違いによる位置推定精度と、 $C_1 = C_2$ としたときの α_1 と α_2 の違いによる位置推定精度について検討する。

A Study on Location Awareness System using Orientation Sensor and RSSI of Wireless LAN

Ryo Ogawara[†], Masahiro Fujii[†], Yu Watanabe[†]

[†]Information Engineering Section, Department of Engineering, Utsunomiya University

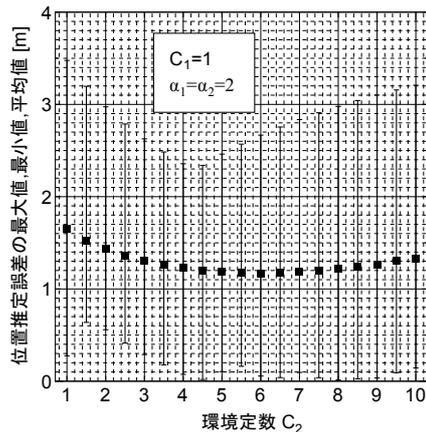


図 2: 環境定数の推定精度依存性

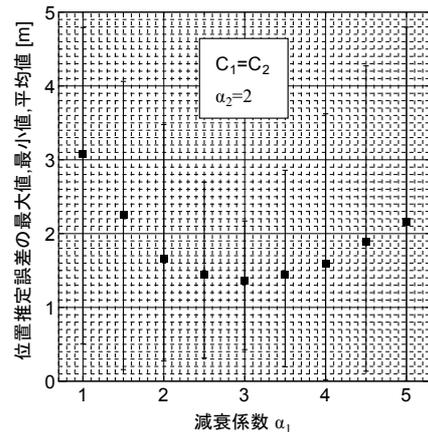


図 3: 減衰係数の推定精度依存性

3 検証実験

本節では、環境定数 C_1, C_2 と減衰係数 α_1, α_2 の設定による位置推定精度の違いについて検証する。実験は宇都宮大学工学部情報棟 3 階の廊下で行い、2 台の AP として WHR-HP-GNAP (BUFFALO 製)、端末として AP の信号から受信強度の取得が可能 Nexus One (Android 端末) を用いる。2 台の AP 間距離を $x = 10$ [m]、両 AP の高さを 1.6 [m]、端末の高さを 1.1 [m] に設置し、AP 間を結ぶ線分上で、一方の AP から 1 [m] 間隔で 1 ~ 9 [m] 離れた 9 地点での受信強度の取得を行う。各地点で取得する受信強度は 1 回/秒の周期で 100 回取得し、それらを平均したものを受信強度とした。本実験では、AP1-端末間に人体が存在し、人体-端末間距離はおおよそ 15 [cm] とした。このとき、AP1-端末間は人体による見通し外であり、一方で、AP2-端末間は障害物がなく見通し内として実験を行った。この時、端末上のアプリケーションでは、AP1 と AP2 の設置位置と方位センサーの情報から、AP1-AP2 間に端末が存在することを条件に、AP1 は見通し外で AP2 は見通し内にあると判別できる。

まず環境定数 C_1, C_2 の推定精度に対する依存性を検討する。自由空間での減衰係数は 2 であるので、ここでは、 $\alpha_1 = \alpha_2 = 2$ とした。図 2 に $C_1 = 1$ としたとき、 C_2 の値を横軸とし、位置推定誤差を縦軸にとった特性を示す。但し、位置推定誤差の点は 9 地点での推定誤差の平均値を示し、エラーバーの最大値は最大誤差、最小値は最小誤差を示す。 $C_1 = C_2 = 1$ の場合は、人体の存在による影響を考慮しない場合を意味する。 C_1 に対して C_2 を大きくとることは、AP2 からの受信強度に 1 より大きな重みづけをかけることと等価である。見通し外の AP1 より、見通し内の AP2 からの受信強度に大きな重みをかけ、位置推定を行うことで、 $C_1 : C_2 = 1 : 1$ のときと比べ、 $C_1 : C_2 = 1 : 4.5$ では、平均での推定誤差が 1.65 [m] から 1.20 [m] と 0.45 [m] 改善できた。図 2 より、 C_1 に対して C_2 を大きくとると $C_2 = 4.5$ 付近で推定誤差が最小となるが、それ以上 C_2 を大きくとると、推定精度が劣化することがわかる。このことから、見通し内と見通し外の AP に対する環境定数の比には適切な値が存在することがわかる。

次に、減衰係数の推定精度に対する依存性を検討する。図 3 に $C_1 = C_2, \alpha_2 = 2$ としたとき、 α_1 を横軸

に、位置推定誤差を縦軸にとった特性を示す。縦軸の位置推定誤差は図 2 の場合と同様である。また、 $\alpha_1 = 2$ の場合は、人体の存在による影響を考慮していない場合に相当する。 α_1 を 2 より小さく設定すると、見通し外の AP1 からの受信強度より、見通し内の AP2 からの受信強度を小さく見積もることになるので、当然、推定精度は劣化する。一方で、 α_1 を 2 より大きく設定することで、推定精度の改善が見込める。本実験では、 $\alpha_1 : \alpha_2 = 2 : 2$ のときと比べ、 $\alpha_1 : \alpha_2 = 3 : 2$ のとき、平均での推定精度が 1.65 [m] から 1.36 [m] と 0.29 [m] 改善できた。さらに、 α_1 を大きく設定すると、推定精度は逆に劣化してしまうことが観測できた。本実験から、環境定数と減衰係数を、見通し内と見通し外の AP からの受信強度に対して適切に設定することで、位置推定精度の改善が可能であることが示せた。

4 おわりに

本稿では、端末を持つ人体によるシャドウイングにより受信強度が減衰し、位置推定結果に影響が現れることを示唆し、方位センサーを用いた屋内向け位置推定システムについて提案した。本提案システムでは、見通し外の受信強度は、見通し内の場合と比べて減衰するので、方位センサーの情報と AP の設置位置の情報から、各 AP-端末間の見通し判別を行い、その結果に基づき、受信強度を特徴づける環境定数と減衰係数を適切に設定することで、位置推定精度を改善できることを示した。本検討では、環境定数と減衰係数それぞれの設定において、もう一方を固定して行ったが、それらのすべてを適切に設定することで、さらに推定精度の改善が可能であると考えられる。また、本手法は AP の数を増やすことで、容易に 2 次元、3 次元空間での位置推定へ拡張可能であるので、今後は、実用的に重要な 2 次元空間での位置推定のための適切なパラメタ設計方法について検討したい。

参考文献

- [1] 高島, 原, 北山他, “センサネットワークにおける受信電力と最ゆう法を用いた位置推定”, 信学論文誌 B, 通信, 89, 5, pp.742-750 (2006)