

ユーザ参加型無線 LAN 位置測定システムにおける アクセスポイント移設の検出法

藤木 慎太郎[†]

東京大学大学院 工学系研究科 電気系工学専攻

相田 仁^{††}

東京大学大学院 工学系研究科 電気系工学専攻

1 はじめに

近年、laptopPC や PDA に限らず、携帯電話や携帯ゲーム機にまで無線 LAN が搭載されるようになり、また同時に、無線 LAN のアクセスポイント (以下、AP) 爆発的に増加し、より多くの場所においてワイヤレスでインターネットに接続できる時代になってきた。そして、携帯電話を持つのが当たり前という時代に至り、携帯ゲーム機なども携帯する人々が多い昨今、それらの端末のなかにさまざまなアプリケーションが搭載されて来ている。中でも、位置認識技術を取り入れたアプリケーションは需要が高く、実際に近年増加傾向にある。

現在、携帯電話などで用いられている位置認識システムは GPS(Global Positioning System) を用いたものが大半を占めている。しかし、GPS を用いた位置測定では、屋内や地下鉄・地下街などの地下施設、ビルの陰などにおいて測定ができなくなるという難点がある。よって、これからは無線 LAN を始めとした無線通信技術を用いた位置測定技術が注目されるようになるだろう。その技術をもってすれば、屋内や地下施設など、GPS では測定不可能な場所においても測定を可能にし、場合によっては GPS よりもかなり精度が高い位置測定を可能にする。

では、具体的に無線通信技術を用いてどのように測定するのかというと、一般的には 2 種類の測定方式がある。RSSI(Received Signal Strength Indicator) 方式と TDOA(Time Difference of Arrival) 方式である。コスト (金額・手間) を考えると、前者は、例外を除き測定前にキャリブレーションを行って測定環境を整えておく必要があり、後者は設置費用が高額である、というネックが存在することを筆者は実験を通して体験してきた。ここで、筆者が注目したのは、その例外である事前測定を必要としない RSSI 方式の位置測定である。

つまり、地図検索サイトなどと連動させて全国各地から

利用者を募り、さまざまな場所に位置する利用者からその位置の「電測情報」を集め、データベース化することにおいて RSSI 方式特有の事前測定の手間を省略しようというものである。ゆえに、現在の普及度や電波の伝播距離から考慮すると、無線 LAN (IEEE.802.11 b/g/n) を用いるのが最も効率的であるといえよう。ここで電測情報とは、ユーザ、すなわち端末が受ける電波の発信源である AP の MAC アドレス、各 AP から発せられる電波の端末での受信強度、各 AP の推定位置、などである。

2 現状の問題点

しかし、ここでもうひとつの壁に当たってしまう。精度の問題である。無線 LAN の AP の数が少ない地域では、1 つあるいは 2 つといった少ない AP からの電波を用いて端末の位置を測定しなくてはならないためにどうしても精度が落ちてしまう。また、誤差 1m 程度の精度の高い位置測定を行うに足る数の AP が周りに存在したとしても、データベースにおけるそれらの電測情報が間違っていたら正確に位置測定を行うことができない。具体的には、ユーザが地図上の自分の位置を本来の自分の位置とはかけ離れた位置として設定してデータベースに登録してしまった場合や、AP が消滅・移動した場合などである。その点に関し、Place Engine[1] ではいくつかの対策を取っている。しかし、実際には、AP が密集した都市部においても精度が 10m より悪くなることがしばしばある。Place Engine は多くの地図検索サイトで採用されており、10 万を超える AP 情報がデータベースに登録されているにも関わらずである。本稿では、その原因の 1 つである、電波のマルチパス・見通し外伝搬の影響を考慮にいれた考察を、位置測定の原理まで掘り下げて進めていきたい。なお、本稿では、端末周辺に AP が密集していて、感知可能な AP が 4 個以上ある場面を想定している。

参考までに PlaceEngine における、AP 移設に対する方策を述べる。つまり、ユーザが電測情報を測定し、その時に現在地を明示してアップロードする際、その電測情報がアップロードされる前のある AP の推定位置を $pos(AP_j)$ とし、アップロードされた後の AP の推定位置を $pos(AP_j)'$ とする。このとき、次節で詳しく述べるが、電波強度は距離の $(2 + \alpha)$ 乗 [$\alpha > 0$] に反比例することより、AP の ID (MAC アドレス) と受信信号強度値から距離の制約条件を付けることができる。そして、もし、その

A method for detecting the movement of APs on user collaborative WiFi location systems

[†] Shintaro Fujiki

Department of Electrical and Information Systems, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

^{††} Hitoshi Aida

Department of Electrical and Information Systems, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

距離の制約条件を満たさなかった場合は、その電測情報には信頼性があまりないとし、

$$pos(AP_j)^{new} = t * pos(AP_j) + (1 - t) * pos(AP_j)' \quad (1)$$

($0 < t < 1$) というようにして位置情報を更新する。ここで $pos(AP_j)^{new}$ は制約条件を満たさない AP の更新後の推定位置である。 t は制約条件を満たさない AP をどれほど度外視するかを決める係数であり、 t が 1 に近いほど制約条件を満たさない AP を度外視し、 t が 0 に近いほどそれを信用するというものである。

しかし、この対策では、移設させた AP の位置情報を完全に更新するために多くのユーザからの電測情報アップロードが必要となってしまう。

3 提案手法

そこで、従来のユーザ参加型手法に加え位置測定システムで用いられている手法に加えて、次の 2 つの独自の精度改善手法を提案したい。

3.1 α の値の設定

AP からの距離 $[r]$ と電波強度 $[S]$ の関係は、真空中では S は r の 2 乗に反比例する。しかし、実際の環境においてはマルチパスやフェージングの影響があるために、 S は r の $(2 + \alpha)$ 乗 ($\alpha > 0$) に反比例すると近似できる。この減衰係数 α の値は AP の周りの反射物などの環境によって変わってくる (実際には天候や気候によっても若干変化するが本稿では考慮しない)。よって、各 AP ごとに独自の α の値を設定してデータベースに登録すれば、より正確な位置測定ができるはずである。

すなわち、データベースに登録する要素を

- AP を特定する Mac アドレス
- その AP の位置
- その AP が発する電波強度の実効値
- その AP に関する α の値

とすれば、マルチパス・フェージングを最大限に考慮することができる。 α の値はいくつかの場所で電測情報を集めることにより、実験的に決定される。

3.2 誤りを含んだ AP 情報の閾値を用いた排除手法

第 3.1 節で述べた各 AP の要素を含んだデータベースを用いて位置測定を行う。 3 次元で位置測定を行うとして、端末の周りに観測可能な AP が 4 個以上あると仮定する。ここで、前節の α は、AP から端末へ向かう角度などにより変動するので新たな条件を加えることを考える。

そこで、減衰関数が α であるアクセスポイント $AP_i (i=1,2,3,...)$ から距離 $[r]$ のところで電波強度が S_i である確率分布 $P_i(\alpha, r, S_i)$ を統計的に求める。位置がデータベースより既知である $AP_i (i=1,2,...,n)$ からの電波強度 (Fig. 1 参照) が電測結果と一致する確率は

$$P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n = \prod_{k=1}^n P_k(\alpha, r, S_k) \quad (2)$$

であり、これを最大にするような位置をもって端末位置を推定している。このとき、 P_i に閾値を設けて、その値より小さくなる場合にはその AP は移設されている可能性が高いとして AP 情報をデータベースから削除し、残りの AP を用いて測定を行うことにすれば、精度が高まる。

ただし、この条件を満たす AP が 3 個未満になる場合は閾値 x の値を大きくして、条件を緩める。

PlaceEngine の手法と異なる点は、各 AP に独自の α の値を設定して最大限にマルチパス・フェージングの影響を考慮している点、そして、制約条件を満たさない AP のデータベースでの位置情報を徐々に修正していくのではなく、完全に排除する点にある。

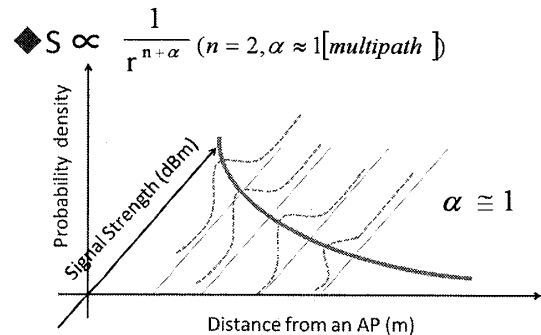


Fig.1 Relation between distance and signal strength

4 まとめ

従来の手法では、千葉県柏市にある AP を東京都文京区に移設した場合に、AP の移設を検出することができなかったが、第 3.2 節の手法を用いると、可能になった。また、第 3.1 節において述べた α の値を考慮することで、研究室の AP のようにマルチパスの影響の激しい場所に置かれた AP と、比較的周りの開けた屋外におかれた AP では区別をつけることができ、より信頼性の高い位置測定システムの実現が期待できる。

参考文献

- [1] 暦本 純一, 塩野崎 敦, 末吉 隆彦, 味八木 崇, “Place Engine: 実世界集合知に基づく WiFi 位置情報基盤”, ソニーコンピュータサイエンス研究所, 東京大学大学院新領域創成科学研究科, インターネットコンファレンス 2006, pp.95-104, 2006.
- [2] 藤田 迪, 佐々木 威, 河口 信夫, “地下鉄構内の制約条件を利用した無線 LAN 位置推定手法”, 電子情報学会研究報告. USN, No.20080710, pp.153-157, 2008.