

## 端末特性を考慮したベイズの定理による無線LAN位置推定

石原 佑哉† 内匠 逸‡ 打矢 隆弘§

†‡§ 名古屋工業大学 大学院 工学研究科 情報工学専攻

〒 466-8555 愛知県 名古屋市 昭和区 御器所町

### 1 はじめに

近年 GPS が使えない屋内で、端末の位置を特定するために、無線LANアクセスポイント(以下、AP)を用いた位置推定システムが利用されている。一般に普及している無線LAN位置推定の手法は、事前に観測したデータと、位置推定時に観測したデータの類似度を比較して、端末の位置を推定するものである。観測するデータは、推定対象の領域内に設置されている各APからの受信電波強度(以下、電波環境)である。

既存の無線LAN位置推定システムの多くは、類似度の計算にユークリッド距離 [1] を用いている。しかしユークリッド距離では、事前観測時と推定時で電波環境が変化した場合に、位置推定の精度が低下するという問題がある。そこで本稿では、電波環境の変化に対応した手法を提案して問題の解決を図る。

### 2 電波環境の変化原因

電波環境が変化する原因を次に挙げる。

< フェージング > 時間差をもって到達した電波が直接波と干渉することで、受信電波強度が変動する現象のこと。図1は、端末を同一点で固定し、APからの受信電波強度を5秒間隔で5分間観測した結果である。

< 受信感度の誤差 > アンテナの位置や筐体素材、無線LANカードの違いにより生じる端末毎の受信電波強度の差のこと。表1は、種類の異なる3台の端末を同一点で固定して、各APからの受信電波強度を5秒間隔で5分間観測した平均値である。

表 1: 端末ごとの受信電波強度の差

端末名	AP-1 の強度	AP-2 の強度
端末 N	-51.8dBm	-66.8dBm
端末 G	-40.5dBm	-57.0dBm
端末 X	-45.9dBm	-63.5dBm

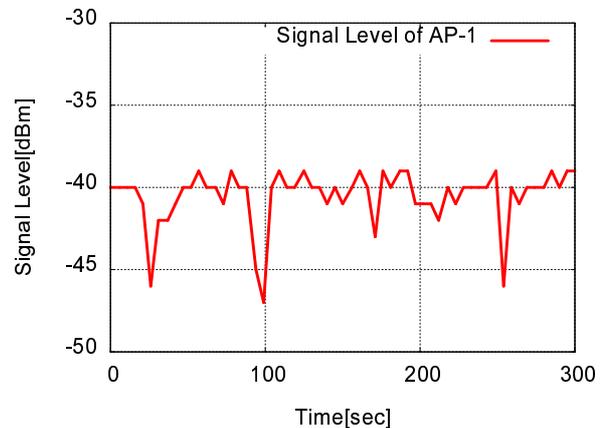


図 1: 同一点における受信電波強度の変動

### 3 提案手法

電波環境の変化に対応した本手法について述べる。本手法は、フェージングに対応するために先行研究 [2] の手法をベースにし、受信感度の誤差に対応するためにAPの受信電波強度比を用いて端末の位置を推定する。

まず、観測データと候補状態について定義する。端末の位置を推定する際の電波環境データを観測データ  $d$  とし、端末が各  $AP_i$  から観測する受信電波強度  $\alpha_i$ (dBm) と  $AP_i$  の組  $\{(\alpha_0, AP_0), (\alpha_1, AP_1), \dots, (\alpha_{n-1}, AP_{n-1})\}$  で構成する ( $n$  は観測した AP の数)。位置推定における候補状態集合を  $H = \{h_1, h_2, \dots, h_l\}$  と定める ( $l$  は状態の数)。  $h$  は位置  $(x, y)$  を表し、端末は  $H$  のいずれかに存在するものとする。ここで、受信電波強度が最大の AP を  $AP_0$  とし、「 $AP_0$  の受信電波強度  $\alpha_0$ 」と「 $AP_0$  以外の AP の受信電波強度  $\alpha_i (\neq \alpha_0)$ 」の比を  $\gamma_i (= \alpha_i - \alpha_0)$  と定める。

次に、各地点  $h_j$  で  $d$  を事前観測し、各 AP からの受信電波強度  $\alpha_i$  と受信電波強度比  $\gamma_i$  から、確率分布  $P(\alpha_i | AP_i, h_j)$  と  $P(\gamma_i | AP_0 AP_i, h_j)$  を計算する(式(1), (2))。

$$P(\alpha_i | AP_i, h_j) = \frac{\text{地点 } h_j \text{ で } AP_i \text{ の電波強度が } \alpha_i \text{ だった回数}}{\text{地点 } h_j \text{ で } AP_i \text{ を観測した回数}} \quad (1)$$

$$P(\gamma_i | AP_0 AP_i, h_j) = \frac{\text{地点 } h_j \text{ で } \alpha_0 \text{ と } \alpha_i \text{ の強度比が } \gamma_i \text{ だった回数}}{\text{地点 } h_j \text{ で } AP_0 \text{ と } AP_i \text{ を同時に観測した回数}} \quad (2)$$

A Wireless LAN Position Estimation based on Bayesian theorem in consideration of the terminal characteristics

†Yuya ISHIHARA ‡Ichi TAKUMI §Takahiro UCHIYA

†‡§Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya, Aichi, 466-8555 Japan

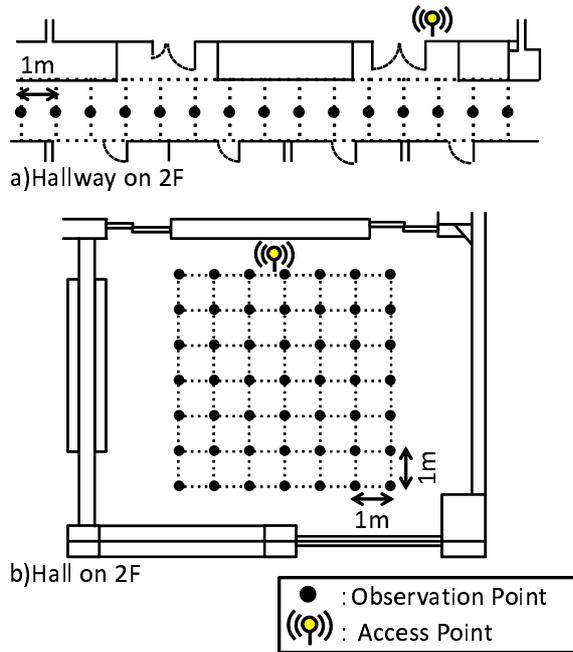


図 2: 実験環境全体図 a) 廊下 b) 講義室内

その上で、位置推定に用いる観測データ集合を  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$  とし ( $m$  は観測試行回数), 以下の手順で端末の位置を推定する.

< step1 > 式 (1) で事前に得た  $P(\alpha_i | AP_i, h_j)$  より,  $d$  における確率的生成モデル  $P(d|h_j) = \prod_{i=0}^{n-1} P(\alpha_i | AP_i, h_j)$  を求める. そして, ベイズの定理を用いて各  $h_j$  の事後確率  $P(h_j | D)$  を計算する (式 (3)).

$$P(h_j | D) = \frac{\prod_{k=1}^m P(d_k | h_j)}{\sum_{i=1}^l \{\prod_{k=1}^m P(d_k | h_i)\}} \quad (3)$$

< step2 > 有意水準を  $\delta$  と定め,  $h_j \in H$  から  $P(h_j | D) \geq \delta$  を満たす  $h'$  によって, 候補集合  $H' = \{h'_1, h'_2, \dots, h'_l\}$  を定義する ( $1 \leq l' \leq l$ ). step1 で求めた事後確率が全て  $\delta$  未満の場合, 事後確率が最大の  $h_j$  を推定位置とする.

< step3 > 式 (2) で事前に得た  $P(\gamma_i | AP_0 AP_i, h_j)$  より, 確率的生成モデル  $P(d|h'_j) = \prod_{i=1}^{n-1} P(\gamma_i | AP_0 AP_i, h'_j)$  を求める. そして, step1 と同様にベイズの定理を用いて各  $h'_j \in H'$  の事後確率  $P(h'_j | D)$  を計算する.

< step4 >  $P(h'_j | D)$  が最大の  $h'_j$  を推定位置とする.

つまり本手法は, step1, step2 で推定候補を絞り込み, 絞り込んだ候補の中から step3, step4 を通して選出した候補を推定位置とするものである.

#### 4 評価実験

提案手法と先行研究 [1][2] の推定精度を比較するため, 名古屋工業大学 2 号館 2 階の廊下 (図 2 中の a)) と,

講義室内 (図 2 中の b)) で評価実験を行った. なお, 今回の実験には表 1 で示した 3 台の端末を使用した.

#### 4.1 実験設定

まず, 図 2 の各丸印で事前に観測データ  $d$  を 3 台の端末で 30 回観測し,  $P(\alpha_i | AP_i, h_j)$  と  $P(\gamma_i | AP_0 AP_i, h_j)$  を求めた. 次に, 事前観測点と同じ点で, 推定する観測データ集合  $D$  を 3 台の端末で 12 回 ( $m = 3$ ) 観測した. 有意水準  $\delta$  は, 統計学で一般に用いられる値 0.05 とする.

#### 4.2 実験結果

実験結果を表 2 に示す. 表 2 は, 今回の実験環境における各手法の平均推定誤差と標準偏差を表している.

実験結果から提案手法は, 廊下・講義室内のどちらにおいても, 先行研究 [1][2] の手法より推定精度が高いことがわかる. 各手法とも廊下に比べて講義室内の推定精度が低いのは, 廊下の構造が室内よりも複雑であり, 各観測点の電波環境の差異が顕著だったためである. また, 講義室内の実験結果において, 提案手法が先行研究 [2] の手法に比べて精度が著しく高いことがわかる. 室内では, フェージングよりも受信感度の誤差の方が位置推定に与える影響が大きかった.

#### 5 まとめ

本稿では, フェージングと受信感度の誤差による電波環境の変化に対応した, 無線 LAN 位置推定の手法を提案した. 本手法は, 評価実験において, 先行研究 [1][2] の手法よりも精度が高いことを示した.

#### 参考文献

- [1] Paramvir Bahl, *ssdIEEE Infocom 2000*, pp.775-784, 2000.
- [2] 伊藤 誠信, 他, *電気学会論文誌 C 電子・情報・システム部門誌*, Vol.126, No.10, pp.1212-1220, 2006.

表 2: 実験結果

廊下における各手法の推定精度		
推定手法	平均推定誤差	標準偏差
ユークリッド距離 [1]	1.24m	1.82m
ベイズの定理 [2]	1.08m	1.45m
提案手法	0.71m	1.24m
講義室内における各手法の推定精度		
推定手法	平均推定誤差	標準偏差
ユークリッド距離 [1]	2.71m	2.08m
ベイズの定理 [2]	2.62m	2.05m
提案手法	1.86m	2.01m