

6ZA-4

ベイズ推定を用いた位置推定システムと応用アプリケーション

伊藤 誠悟[†] 佐藤 弘和[†] 河口 信夫^{†‡}

名古屋大学大学院情報科学研究科[†] 名古屋大学情報連携基盤センター[‡]

1. はじめに

近年、あらゆるところで利用可能となりつつある無線 LAN を利用した位置推定システムがいくつか提案されている [1][2][3][4]。これらのシステムのうちいくつかのシステムは位置推定用の専用ハードウェアを必要とする場合や、位置推定に関するプライバシー問題 [5] に十分に配慮していないという問題点がある。これらの問題を考慮し、本稿では既存に設置されている汎用の無線 LAN アクセスポイント（以下 AP）と無線 LAN 機能を搭載したノート PC を用いた位置推定システムの提案を行う。本手法では各 AP からの受信電波強度を事前に測定し、ユーザはそれらを事前モデルとして保持する。ユーザは事前受信電波強度モデルと現時点でユーザが観測できる AP の受信電波強度により現在位置を推定する。本システムの実装と名古屋大学 IB 電子情報館における評価実験を行い、システムの有用性を確認できたので報告する。

2. 位置推定システムの課題

- 導入容易性
位置推定システムを導入する際に位置推定のためだけに専用の高価なハードウェアを環境側へ設置することや、ユーザに位置推定のためだけの専用の端末を持たせるといったことはシステム導入の際の大きな障壁となり容易なシステム導入を行うことが難しい。
- プライバシー問題
位置推定システムの多くは、システム管理者側に位置情報を知られておりユーザは管理者側を完全に信頼しなければならない。GPS (Global Positioning System), PHS (Personal Handy phone System), PDC (Personal Digital Cellular) を利用した屋外用位置推定システムと異なり、無線 LAN を用いた位置推定システムは屋内で利用されることが多く、また位置推定に関する精度が高いためユーザの位置情報に関するプライバシーには特に考慮する必要がある。

3. 提案手法

前章の問題を考慮し、本システムでは位置推定システムとして既存のアクセスポイントをそのまま利用し位置推定を行う。また端末側の条件としては無線 LAN 機能を保持している端末ならばどのような端末でもよい。プライバシーに関しては位置推定サーバの設置を行わず端末側で全て位置推定を行うシステムである。本システムにおいて端末の位置を推定する手順は主に次の 2 つの手順である。

- **Survey Step:** 無線 LAN 機能を保持している端末を用

い、ある状態における AP 毎の受信電波強度 (RSSI: Received Signal Strength Indicator) を観測。観測した受信電波強度データをデータベース化し事前学習データとして利用する。

- **Estimation Step:** 端末は一定時間ある状態において AP の受信電波強度の観測を行う。Survey Step で取得した受信電波強度データと端末が現時点で取得した AP の電波強度分布を用いて端末の状態を推定する。ユーザが通常時に本システムを利用する場合は Survey Step は行わず、受信電波強度データベースを事前取得しておき Estimation Step のみを行う。

Survey Step における観測を o_1 、Estimation Step における端末の観測を o_2 とする。観測 o_1, o_2 が得られた際ユーザがある状態 s_k にある事後確率分布 $P(s_k | o_1, o_2)$ はベイズ推定を用いて以下の式となる。(式の詳細導出については文献 [6] を参照)

$$P(s_k | o_1, o_2) = \frac{P(s_k | o_1) \cdot P(o_2 | s_k)}{\sum_{k=1}^n P(s_k | o_1) \cdot P(o_2 | s_k)}$$

$P(s_k | o_1)$ は観測 o_1 が得られた際に状態 s_k である確率分布、 $P(o_2 | s_k)$ は状態 s_k である場合に観測 o_2 が得られる確率分布である。得られた事後確率分布 $P(s_k | o_1, o_2)$ よりユーザの位置推定を行う。

4. 評価実験

本手法の有用性を検証するために名古屋大学 IB 電子情報館で評価実験を行った。評価実験の際に用いたハードウェアは以下のハードウェアである。

- **ノート PC:** 東芝 DynaBook SS3500 DS/EP/2
 - **無線 LAN カード:** PROXIM 11/a/b/g Combo Card
- また IB 電子情報館に固定設置されている無線 LAN AP は以下のハードウェアである。
- **AP:** Colubris Networks CN-320

図 1 は実験環境である IB 電子情報館講義室前廊下である。図中の青印の部分において、Survey Step を実施した。Estimation Step におけるリクエストについては 1 分間の受信電波強度観測を 1 リクエストとし全 100 リクエスト分観測した。また実験環境においては常時 30 個前後の AP を観測することができる。

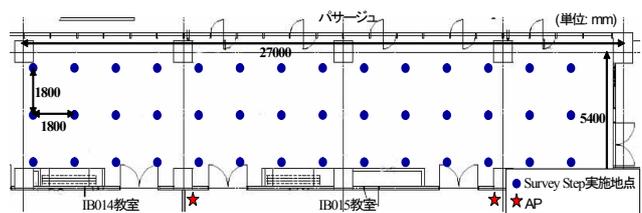


図 1 実験環境図

Bayesian Based Location Estimation System and Application
Seigo ITO[†], Hirokazu SATOH[†], Nobuo KAWAGUCHI[†]
[†] Graduate School of Information Science, Nagoya University
[‡] Information Technology Center, Nagoya University

講義室前廊下実験における推定誤差と全体のリクエストに対する割合のグラフを図 2 に示す。図 2 より講義室前廊下実験においては全リクエストのうち 53% が位置推定誤差 2m 以内、81% が位置推定誤差 3m 以内という結果を得た。

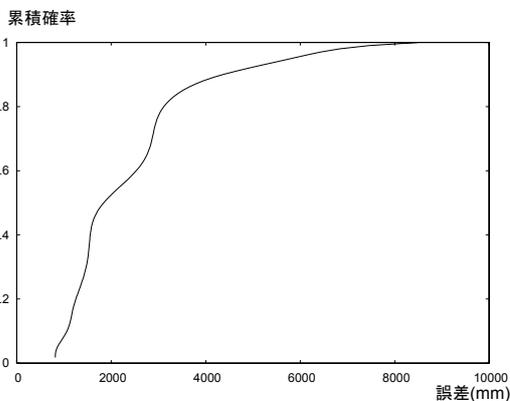


図 2 評価実験における推定誤差

5. 無線 LAN 位置情報を利用した講義支援

前章においてユーザが無線 LAN の受信電波強度より取得したユーザ自身の位置情報を用いたアプリケーションの一例を示す。以下ではユーザが館内を移動する際にノート PC を持っているだけで場所に応じた講義資料や講義情報や研究情報を容易に得ることができるという支援についての説明を行う。は名古屋大学 IB 電子情報館 1F の全体図である。図中における赤星印は設置されている無線 LAN アクセスポイントの場所を示している。以下利用シーンに沿って説明する。(館内では本システムを用いて無線 LAN の受信電波強度の情報からユーザ位置情報を常に取得)

- (1) ユーザは特別講義とプログラム実験を受講するためにノート PC を持ち IB 電子情報館内へ入る。
- (2) 支援システムは、無線 LAN の受信電波強度よりユーザ自身の位置を推定し講義室前廊下であると認識する。
- (3) 支援システムは、ユーザへ特別講義が開催される場所が IB011 から IB012 へ変更されたことを提示。そして、ユーザは IB012 講義室へ移動する。
- (4) ユーザが IB012 教室へ移動した際に、支援システムは特別講義の講師の略歴や講義資料が掲載されている Web ページへ Web ブラウザを移動させる。ユーザはその Web ページより講義資料をその場で取得し特別講義を受講する。
- (5) 特別講義が終了した後、ユーザは次に受講予定であるプログラム実験の講義を受けるために実験室へ移動する。
- (6) 支援システムはユーザが実験室へ移動したことを認識する。
- (7) 実験室へ移動した際に、支援システムはプログラム実験講義の宿題をアップロードするための Web ページへ Web ブラウザを移動させる。さらに先生が出張のため講義が自習となり情報を取得し、今回の宿題が掲載されている Web ページへ転送。

このようにして本システムを用いた Location-based Web

ページのサービスを行うことができる。

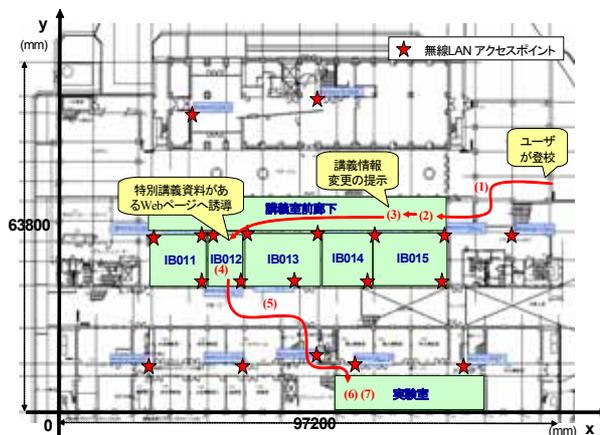


図 3 講義支援概要

6. まとめ

本稿ではベイズ推定を用いた位置推定システムと応用アプリケーションについての提案を行った。本システムでは、既存の無線 LAN AP の受信電波強度から端末の位置推定を行う。さらに端末は無線 LAN 機能を持っていればどのような端末でもよい。このため環境側や端末側に位置推定のためだけの特別なハードウェアを用意せずに容易に構築することができる。また本システムは Estimation Step における事前観測データと本ソフトウェアを端末に導入すれば位置推定を行うことができるため、意図しない対象者に自信の位置情報を知られることがない。本システムを用いたアプリケーションの一例として講義支援を行うアプリケーションを示した。この講義支援システムではユーザは無線 LAN 機能付き端末のみを保持していればサービスを受けることができる。今後の予定として、今回実験を行った名古屋大学 IB 電子情報館 1F はさまざまな学会の総合大会や研究会でよく利用されるのでこのような会議における会議支援として、かつ学期中の学生に対する位置推定サービスとしてサービス提供を行う予定である。

参考文献

- [1] 萩野敦, 他. 無線 LAN 統合アクセスシステム-位置検出方式の検討, マルチメディア分散協調とモバイルシンポジウム (DICOM02003), pp. 569-572
- [2] 北須賀 輝明, 他. 無線 LAN を用いた屋内向けユーザ位置測定方式 WiPS の実装, マルチメディア分散協調とモバイルシンポジウム (DICOM02004), pp. 349-352.
- [3] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," IEEE Infocom 2000, pp. 775-784, 2000.
- [4] Ekahau - <http://www.ekahau.com/>
- [5] Geo Location & Privacy <http://ecotroph.net/blojsom/blog/geopriv/>
- [6] 伊藤誠悟, 河口信夫. 実環境における無線 LAN を用いた位置推定システムとその応用. 情報処理学会 研究報告 IPSJ-MBL-30 2004, pp33-40