

携帯電話の Bluetooth 受信強度を用いた位置認識システムの開発

高階 孝敏†

藤井 雅弘†

渡辺 裕†

伊藤 篤‡

† 宇都宮大学大学院工学研究科

‡ KDDI 研究所

1 はじめに

近年、ネットワークと無線通信機能を備えた各種デバイスの協調による次世代の新しいユビキタスネットワークサービスに注目が集まっている。このようなサービスを実現するための要素技術の一つとして、移動する端末の位置検出が重要であると考えられている。現在、最も普及している携帯情報端末である携帯電話で利用可能な位置検出サービスに GPS を用いたものがある。しかしながら、GPS 衛星が観測できない屋内においては GPS を用いた位置認識は困難である。一方で、PDA 等の携帯情報端末向けの位置検出サービスとして、無線 LAN を用いたものが検討され、サービスとして提供されて始めている。しかしながら、無線 LAN 機能は、その消費電力等の問題から、携帯電話での搭載率は未だ高くない。そこで、本研究では普及率が高く、豊富なユーザインターフェースを有する携帯電話の多くに搭載されている近距離無線通信システムである Bluetooth に着目し、携帯電話の Bluetooth 機能を用いた屋内向け位置認識システムの提案・開発を行う [1]。

2 システムの概要とシナリオ

本研究で提案するシステムの概要について説明する。本研究では、美術館やショッピングモールなどの屋内施設において、ユーザの位置を検出し、ユーザに対して位置情報に基づく情報を提示することを目的としている (図 1)。

センサネットワークの分野において、位置情報が既知の複数の Anchor Node (AN) を用いて、位置情報が未知の Target Node (TN) の位置を検出するシステムの研究が行われている [2][3]。これは、受信電波強度 (Received Signal Strength Indicator: RSSI) や信号の到来時間差 (Time of Arrival: TOA) などにより TN-AN 間距離を AN 上で推定し、推定距離をサーバに集約することで TN の位置を推定するシステムである。この方式は、各 AN に複雑な制御が必要となり AN の設置、管理コストが高いという欠点がある。また、TN の位置の推定結果はサーバで管理するため、TN が自身の位置情報を取得しその位置情報に基づいたサービスを受けるためには、サーバからの位置情報の配信を受ける必要があるため、TN の移動に伴う位置情報の追従性に問題が生じる。

本稿では、AN はビーコンとしての機能のみを有するバッテリー駆動の安価な Bluetooth モジュールを用い、位置推定を TN (携帯電話) 上で行うシステムを提案する。提案システムでは、TN 上で即座に位置情報を利用でき、また AN のコスト削減などが可能であると考えら

れる。また、TN として用いる携帯電話は画面やキーなどの様々なユーザインターフェースを有するため、位置情報に基づいた様々なサービスの提供が可能となる。

本研究で提案するサービスのシナリオについて説明する。ユーザは本サービスを利用するために、携帯電話の標準的な機能である Web アクセスを用いて、対象となる施設利用時に施設情報を Web サーバから事前にダウンロードしておく。施設情報には、位置推定に必須である情報 (AN の位置など) の他にも、表示コンテンツなどを含めることが可能である。また、施設情報を TN 内に保持することで同一施設を複数回利用する際には、Web サーバからのダウンロード処理を省略できる。施設利用中は、ユーザのキー操作をトリガーとし TN の位置の算出及びコンテンツの表示を行う。表示コンテンツは、前述の通り予めダウンロードし TN 内部に保持するか、または、推定位置をパラメータにサーバから取得することが可能である。

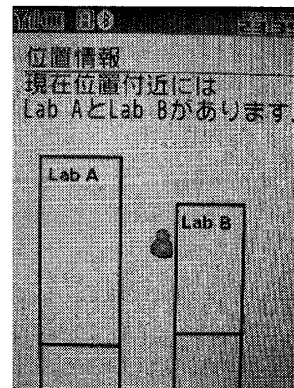


図 1: アプリ例

3 提案システムの構成と動作

提案システムの構成を図 2 に示す。提案システムは、ユーザの利用する携帯電話 (TN)、施設内に設置された Bluetooth 発信機 (AN) と Web サーバからなる。ここで、ユーザの携帯電話 (TN) は位置が未知である。また、Bluetooth 発信機 (AN) の位置は管理サーバ上で既知である。Web サーバはコンテンツや AN の Bluetooth アドレス・位置情報を TN が通常備えている Web アクセス機能を用いて TN が情報を取得するために用いる。提案システムでは、各 AN-TN 間の電波強度に基づく距離を推定し、TN の位置を推定する。また、TN 上で動作させるアプリケーションは携帯情報端末向けアプリケーションプラットフォームである Qualcomm 社の BREW (Binary Runtime Environment for Wireless) を用いた。

A Study on Location Awareness System using cellular phone with Bluetooth

† Takatoshi TAKAKAI † Masahiro FUJII † Yu WATANABE

‡ Atsushi ITO

† Utsunomiya University ‡ KDDI R&D Laboratories, Inc.

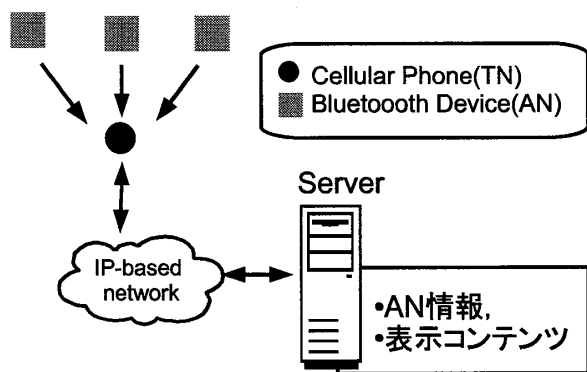


図 2: システム構成

4 位置推定法

4.1 電波強度収集方式

TN-AN間の電波強度を取得するためには、その間の無線リンクの確立が必要である。また、TN-AN間の電波強度からTN位置を推定するためには複数のANから電波強度を収集する必要がある。しかしながら、現在の汎用な携帯電話に搭載されているBluetooth ver1.2では一対他のマルチキャストリンク接続が不可能である。そのため本システムでは、複数のANから電波強度を測定するために、ANに対する一対一のユニキャストリンクを逐次確立することで、仮想的なマルチキャストリンクを確立し、電波強度測定を行う。そのため、マルチキャストリンクに比べ位置推定に必要な電波強度の収集に多くの時間が必要となり、TNでのユーザーアクションをトリガーとしたオンデマンドでの位置検出は実用上、困難であると考えられる。そこで、本研究では図3に示すようにTNが常時、複数のANを巡回しながら電波強度を測定し、位置の検出は、その時点で収集済みの電波強度から計算する。また、提案システムでは、位置推定に関係するANからのみ効率よく電波強度を測定するために、対象の施設内を複数のセルに区切り、部屋などのセル単位でAN情報を管理する。施設内の全セル情報は事前にWebサーバからダウンロードしておき、携帯電話内部に保持する。これにより、位置推定に寄与しない遠方のANからの電波強度の計測を回避し、効率よく電波強度の収集を行うことが可能である。また、セル単位でAN情報を管理する場合、TNがセルを移動する場合には適切にセルの切り替えを行う必要がある。今回試作したシステムでは、手動によるセルの切り替えを実装した。

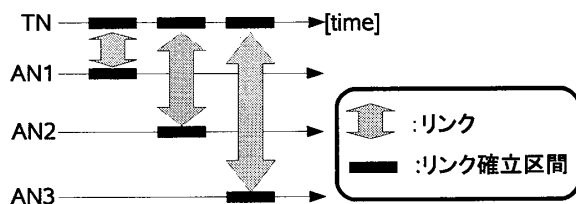


図 3: 電波強度測定の概要

4.2 セル内の位置推定

次にセル内における位置推定の方法について説明する。本研究では、電波強度を用いる方法により、位置推定を行う。これは、電波強度からノード間の距離を求め、それらを集約してTNの位置を推定する方法である。本研究では、この電波強度を用いる方法によりTNの位置を推定する。

位置推定の手順を以下で説明する。まず、事前準備として施設内の各セルにおいて距離 d に対する平均電波強度を実測により求め、最小二乗近似によりモデル式のパラメータを求める。本研究では、距離 d に対する平均電波強度 $R(d)$ のモデルとして以下の式を用いた。

$$R(d) = Cd^{-\alpha} \quad (1)$$

事前測定により求めたパラメータは施設情報ファイルにセル情報として記述され、TNが位置推定を行う際に用いられるものとする。

また、実際にTNが電波強度を収集する際には、AN毎のユニキャストリンク確立中に複数回電波強度を測定し、その平均をその時点での電波強度とする。これは、実際の伝播環境におけるフェージング等の影響による電波強度の変動を平滑化するためである。今、セル内に N 個のANがあるものとし、その座標を $(X_1, Y_1, Z_1) \cdots (X_N, Y_N, Z_N)$ とする。この時、TNの位置の推定値 $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ は以下の式で与えられる。

$$(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) = \arg \min_{(x, y, z)} \sum_{i=1}^N |(x - X_i)^2 + (y - Y_i)^2 + (z - Z_i)^2 - \hat{d}_i^2| \quad (2)$$

但し、 $\hat{d}_i$ は、TNが観測した平均電波強度と式(1)より算出したTN-AN $_i$ 間の推定距離とする。

5 まとめ

本稿では、携帯電話に搭載されているBluetoothの電波強度を用いた位置認識システムの開発を行った。今後の課題としては、セル間移動時のセル再設定の自動化や、より高精度な位置推定方法の策定などが挙げられる。また、より実用的なユースケースに基づきアプリケーションの開発を進める。

参考文献

- [1] 高階孝敏, 藤井雅弘, 渡辺裕, 伊藤篤, "Bluetooth搭載携帯電話を用いた位置認識システムの開発," 信学技報, vol. 108, no. 205, CS2008-22, pp. 31-36, 2008年9月.
- [2] A.Savvides, C.Han, M.B.Strivastava, "Dynamic Fine-Grained Localization in Networks of Sensors," Proc. Mobicom2001, pp. 166-179, 2001.
- [3] 高島雅弘, 趙大鵬, 柳原健太郎, 福井潔, 福永茂, 原晋介, 北山研一, "センサネットワークにおける受信電力と最尤法を用いた位置推定," 信学論(B), Vol. J89-B, pp. 742-750, May 2006.