

Bluetooth Beacons による歩行者ナビゲーションの一検討

町田 基宏、片桐 雅二、杉村 利明
株式会社NTTドコモ マルチメディア研究所

広範囲なエリアでのユビキタスコンピューティングを基礎にした Bluetooth beacons による歩行者ナビゲーションを提案する。新たなサービスを創造するために、歩行者への情報を配信したい人が情報配信装置を簡易に設置、設定できる仕組みに求められる要求条件を示した。そして、歩行者への位置情報とタウン情報を配信する Bluetooth beacons のプロトタイプを作成し機能確認を行うと共に、現状の Bluetooth を歩行者ナビゲーションに用いた場合の問題点を示す。

Study of pedestrian navigation using Bluetooth beacons

Motohiro MACHIDA, Masaji KATAGIRI, Toshiaki SUGIMURA
Multimedia Laboratories, NTT DoCoMo, Inc.

In this study, bluetooth beacons system are proposed as a highly precise location services platform that enables light systems providing town information. We designed the system as the easiest system for information suppliers so that anyone can install and manage one or more beacons. This will greatly stimulate the market and drive new markets and services.

We constructed bluetooth beacon system that provides location and town information to pedestrians. And our experimental system indicates that it has effective function of the location platform and potential of the town information system. However, communication ability of bluetooth isn't good for this application. And we points improvement of bluetooth communication.

1. はじめに

近年、歩行者の位置情報に基づいた歩行者ナビゲーションへの関心が高まっている。これらのナビゲーションシステムとしては、歩行者の位置情報から、その場所のスポット天気予報、お勧めのタウン情報や広告、さらには目的地までの経路案内情報を配信するサービスが生まれている。この背景には、歩行者の位置情報等が容易に取得できるようになった位置検出技術の進歩がある。

10年ほど前であれば位置情報というデータは、

大きな位置測定装置が必要であり、その測定コストも高かったため、大きな船や飛行機の航法といった特定の分野でしか利用されていなかった。しかし、カーナビで有名な GPS(Global Positioning Systems)衛星を用いる方法や、移動通信ネットワークの基地局を利用する方法の急速な進歩により、より安く手軽に位置情報を取得できるようになってきた。

GPS衛星を用いる方法は、最適な条件下では1m以内の高精度で位置を測定することが可能であ

る。しかし、歩行者が実際に歩く街中には GPS 衛星を捕捉する上で障害となるビル等が多数存在し、一般的に数十mの誤差精度で測定が可能な程度である。また衛星を捕捉できない建物内や地下街では当然であるが、位置を測定できないという問題がある。

移動通信ネットワークの基地局を用いる方法は、その測定精度が無線基地局のセル半径に依存する。“いまどこサービス” [1]はセル半径の小さいPHS(Personal Handy Phone Systems)を利用することで約100m程度の位置測定精度を実現している。またセル半径の大きい携帯電話網の場合、複数の基地局からの受信波を利用し、各受信波の到達時間のずれ、更にはその到達角度を利用して位置を測位する方法が開発、運用されている。しかし、まだ精度は100m程であり、どのエリアに歩行者がいるかを特定できる程度の精度である。

したがって、これらの位置測定技術では、例えば「××店の入口まで4m前進です。」とか屋内での「非常口は突き当りを右です」というような、高度な歩行者ナビゲーションや、ヘッドマウントディスプレイを利用して実際に目にしている風景に電子的注釈を提示するような現実映像と電子情報を関連づけて提示するオーグメンテッド・リアリティ(augmented reality)を提供するためには、まだ精度が不足しているのが現状である。

このような観点から、より歩行者の位置情報に基づいたスポット的な情報配信の研究が行われている。特定の施設内に wireless tag や IrDA(Infra-red Data Association) tag を数m間隔に配置し、歩行者(作業員)への情報配信を行う研究が行われている[2]。中でも Cooltown[3]は、目の前にある様々なものが Web サーバとして機能するように IrDA にて HTML で記述された情報や URL を配信し、その物に関する情報、関連する情報を閲覧できる仕組みを構築している。また、人の集まりやすい場所に限定してだが、その場所での情報配信サービスを Wireless-LAN を用いて行う SkyNetGlobal[4]や MobileStar[5]などの商用でのホットスポットサービスも提供されは

じめている。日本エリクソン株式会社等は Bluetooth を用いた街中での情報配信の実証実験を行っている[6]。しかし、これらの研究は、施設を特定し、人が集まるホテルのロビーや喫茶店等でのホットスポットサービスが中心であり、広範囲なエリアでの情報配信を行うことはできない。これらのサービスエリアを広げるためには、情報配信装置をエリア内に散在させる必要があり、そのための設備投資は極めて大きくなる。

本研究ではこの問題点に着目し、より広範囲なエリアで、歩行者の位置情報に基づいた情報配信を実現するための情報配信システムを提案する。第2章ではそのための方針と設計について述べる。第3章では現状の Bluetooth にて構築したプロトタイプについて説明し、第4章で今後の課題について述べる。

2 . Bluetooth Beacons

2.1.基本方針

移動通信の基地局として情報配信装置を細かく街中に設置することは、通信事業者が単独で行うことは難しい。筆者らは、情報を配信したい人が配信したいと思った時に、情報配信装置を簡易に設置し、設定できる仕組みが新たなユビキタスコンピューティングを基礎にした通信市場及びコミュニティ型サービスを創造する上で重要だと考える。そのために、情報配信装置に求められる条件は、

- ・ 情報提供者が情報配信したい時に、情報提供者自らが配信装置を設置できること。
- ・ 情報配信装置が安価で、購入が容易なこと。
- ・ 情報の登録、更新が極めて簡単であること。
- ・ 情報の配信制御を情報提供者が行えること。

であると考え。そして、情報提供者が情報配信したいと思うためにも、また受信者が配信される情報を受信したいと思うためにも、受信機側に求められる条件は、

- ・ 歩行者の大多数が日常的に所有していること。

- ・ 情報を受信するコストが極めて低いこと。
であると考える。

受信機に求められている条件から、PC(Personal Computer)、PDA(Personal Digital Assistant)、携帯電話等の携帯端末が挙げられる。PC や PDA は携帯端末として携行している人も増えてきているが、一般的にビジネス用途に使われている傾向がある。一方、携帯電話はそれに対し、現在、学生から壮年等の幅広い年齢層にわたり多くの人達が所有し、ビジネス以外の様々なコミュニケーションの道具として利用しており、その普及台数は平成 13 年 6 月末現在で 69,164,000 台[7]である。この数はほぼ国民 2 人に 1 人が所有していることになる。つまり、大多数が日常的に所有する端末は、携帯電話であるといえる。

次に、情報を受信するコストが極めて低いという条件から、携帯電話が標準的に装備し、通信に要するコストが少ないものとして、IrDA または Bluetooth があげられる。Wireless-LAN でも通信コストを抑えることは可能だが、端末製造コストや消費電力の点から本検討では用いないこととした。

歩行者は携帯電話を鞆の中やポケット等に入れて持ち歩く傾向がある。IrDA は極めて指向性が強いので、情報の送受を行うためには情報配信装置と携帯電話が対向する必要があるが、その結果歩行者がいちいち携帯電話を取り出す必要が生じる。それに対し、Bluetooth は 2.4GHz 帯の電波を利用した通信であるため、指向性による制約を受け難い。歩行者が身に付けているだけで、情報の送受が完了する。更にデータ通信速度が Bluetooth は、723.2kbps と速いことも IrDA より有利である。

本検討では、携帯電話の標準的データインタフェースとして期待される Bluetooth を用い、情報の送受を行うこととし、これにより提供情報の受信者を多くすること、受信する手間とコストを少なくすること、配信装置のコストを低く抑えることが可能であると考える。

2.2.配信装置 (Beacon) の基本機能

配信装置の機能として、3つの基本的な機能を有する必要があると考える。

第一が位置情報送信機能である。これは、携帯電話を持っている歩行者が、現在地を取得、確認してインターネット等のネットワーク上にあるコンテンツ提供者にアクセスし、その位置情報に基づいたナビゲーション情報を得るためには不可欠な情報である。その位置情報を情報配信装置から携帯電話等に配信する機能である。

第二は付加情報配信機能である。付加情報とは情報提供者が歩行者に配信したい広告や宣伝等の情報である。付加情報を配信する機能は、情報を発信したい情報提供者によって広いエリアに情報配信装置を設置してもらうためにも必要不可欠な機能である。

第三はメッセージ受信機能である。これは携帯電話から送られてくる歩行者からのメッセージを情報配信装置が受信する機能である。この機能は情報配信装置が掲示板の様なコミュニティーを形成する際には有効な機能と考える。

具体例を図 1 に示す。飲食店の前に設置された情報配信装置を例に説明する。飲食店の前に設置された情報配信装置から、店の前を通る歩行者に対して、その店の位置情報とともに、店側からのランチタイムの広告や割引クーポン券を配信する。

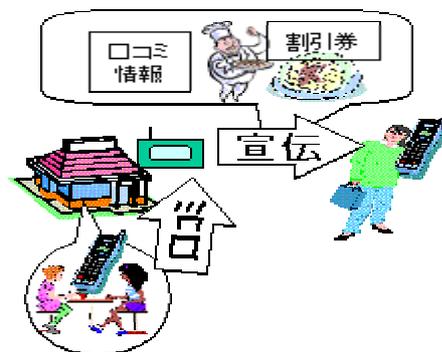


図 1 掲示板型情報配信装置の例

これらは位置情報送信機能、付加情報送信機能で実現することができる。次に、クーポン券を手

して来店したお客が、店を利用した感想や料理に関する感想を、メッセージ受信機能を介して情報配信装置に送付する。情報配信装置は、お客からの感想を受信し、掲示板として公開して広告情報として再び配信したり、顧客満足度向上の対策等にも利用できる。このような街中掲示板、口コミ掲示板が誕生し、新たなコミュニティが形成されると考える。

2.3.位置情報

情報配信装置の設置及び情報の登録を、極めて簡単にすることが、広いエリアに情報配信装置を普及させるために大切である。

情報配信装置は、屋外に設置して使い捨てできる程度の端末を想定する。装置には、携帯電話と同じような入力キーがあり、そこから位置情報を住所で入力することができる。住所で入力された位置情報は緯度経度へと変換されデータ格納される。またパソコン等の端末と接続して地図をクリックすることで位置情報を登録する機能を持たせてもよい。その例を図2-(a)に示す。登録された位置情報には、配信装置の在る緯度経度とその位置の誤差範囲、更には情報提供者の信頼性ランクに関する情報、場所に関するカテゴリ情報が記述されている。その例を図2-(b)に示す。

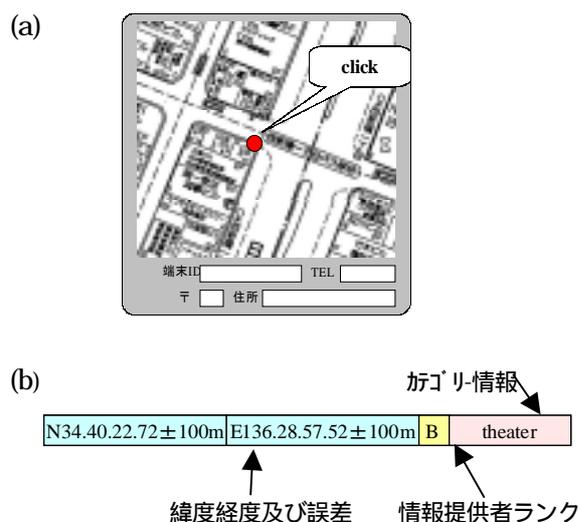


図2 位置情報の例

情報提供者の信頼性ランクとは、位置情報の信頼性を確保するために情報提供者をランク分けし、どの程度信頼できるかを示す情報である。これは、誰でも情報を配信できるように、誰でも設置できるようにすると、逆に悪意をもった情報配信者も生まれやすくなるためである。そこで情報提供者の信頼性をランク分けし、その位置情報の信頼性を保証する対策の一つとして、情報提供者の信頼性ランクを配信することは有効だと考える。

例えば通信事業者が設置した情報配信装置はランクA、通信事業者が情報配信者の身元を書類審査等で確認した装置はランクB、電器量販店で購入して設置しただけの配信装置はランクC等である。仮に今まで東京都品川区内の位置情報しか受信していなかった時に、その10分後に新潟市内の位置情報を受信したとする。携帯電話内の位置情報監視機能が異常を検知し、受信した位置情報の信頼性を検査することが考えられる。その際、位置情報提供者のランク情報を参照し、ランクが低い「Cランク」のデータの場合には破棄するといった対策を講じることが可能である。

次に、場所に関するカテゴリ情報とは、その場所が「何なの?」かという場所の属性を示す情報である。例えば映画館、劇場、電車内、病院等である。この情報を用いることで、端末をマナーモードに切り替えたり、着信規制をしたりすることが可能である。

2.4.付加情報

付加情報は、その情報提供者が提供したい情報であり、その配信形態はいろいろな場合が想定される。小さなお店であれば、店の前に設置し、近くを通る歩行者に対して、店の宣伝広告を配信するだろう。店の広告もテキスト情報であり、携帯電話程度のキーがあれば編集登録できるもので十分な場合も考えられる。一方、大規模な宣伝活動を行いたい商店街、更には製造メーカ自体が情報を配信する場合には、地域に、または日本全国に複数台の情報配信装置を設置することが考えられ

る。そこから配信する情報は、日々、あるいは2時間おきに更新する必要があるかもしれない。その様な場合には、情報配信装置自体が携帯電話網等の公衆網を経由した通信機能を有し、逐次付加情報の更新登録ができる形態も考えられる。また配信される情報もテキスト情報だけではなく、画像や動画も付加情報として配信される場合もあるだろう。

2.4.セキュリティ

携帯電話と POS(Point of Sales)システムとの間での電子商取引に利用することを想定し、Bluetooth はその通信規格自体が盗聴や誤接続防止のために、リンクキーから暫定的に生成する暗号化キーを用いた接続手法を規格化している。本検討では、核となる位置情報（例えば通信事業者が設置したランク A の場合）において、更に情報そのものを暗号化する手段を検討し信頼性の向上を試みた。

具体的には、位置情報に情報配信時間をタイムスタンプとして含ませ、位置情報を暗号化する。歩行者の携帯電話には、予め通信事業者から今日の位置情報の復号化キー（公開鍵）が配信され内蔵されているとする。携帯電話は受信した位置情報がランク A の信頼性の場合には、そのキーを用いて情報を復号化し、配信時間をチェックすることで、その位置情報の信頼性を確保することが可能と考える。

3 . 実験

3.1.システム構成

Bluetooth beacons の基本機能を確認するため Bluetooth ver.1.0[8]にてプロトタイプを作成した。図3にプロトタイプの Bluetooth beacon の例を示す。位置情報配信装置及び携帯電話には、既存の Bluetooth インタフェースカードを組み込んだ PC を用いて代用した。

位置情報及び付加情報の送受には、Bluetooth の HCI(Host Control Interface)を用いて行った。

位置情報配信装置側をマスター、擬似携帯電話側をスレーブとし、位置情報配信装置が一定間隔で擬似携帯電話を探し、在った場合には情報を送信する。位置情報送信装置の周りに擬似携帯電話が存在しなかった場合には一定間隔おいた後再度同じ動作を繰り返す作りとした。

位置情報送信装置には、簡単に位置情報を登録できるように、地図データから緯度経度への変換機能を持たせた。地図ビューアで配信装置を設置した場所をクリックすると、自動的に位置情報が緯度経度として格納される。



図3 trial Bluetooth beacon

受信機には、受信した情報を現在の位置情報として格納する機能と、付加情報を閲覧するためのビューア機能を持たせた。これらの付加情報と現在位置を利用して、公衆網を介してコンテンツ提供者のサイトにアクセスすることが可能となり、本検討では経路案内 Server[9]にアクセスし現在地に基づいた目的地までの経路案内を得ることとした。

3.2.実験条件

実験条件を図4に示す。実験室内に、beacon のセルが重ならないように2つの Bluetooth beacon を配置した。各々の Beacon からはデータサイズの異なる付加情報（5kByte、10kByte）を配信させた。そして、歩行者が歩く速度と同じ約80m/min の速さで擬似携帯電話を移動させ、情報の受信を行なった。また擬似携帯電話を同時に2

つ移動させた場合についても同様の実験を行なった。

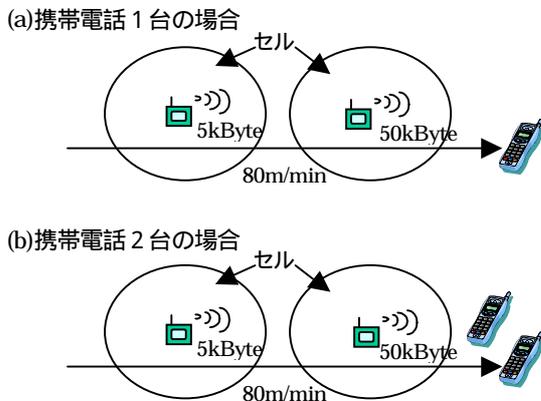


図4 実験条件

3.3.実験結果

まず携帯電話一台の場合、各 Bluetooth beacon からの配信情報を受信することができた。各々のデータ受信に要する時間は、平均 8 秒(付加情報 5kByte)及び 10 秒(付加情報 50kByte)であり、転送データサイズの違いによる顕著な差は得られなかった。これは、データ転送に要する時間のうち、その大部分を通信コネクション確立の時間が占めているためであり、その値は平均 6 秒であった。

次に、携帯電話が 2 台の場合についてであるが、歩行速度(80m/min)での移動の場合に 2 台とも各々の Beacon からのデータを受信することができたのは 10%ほどであった。携帯電話 2 台が静止した状態でのデータ受信に要する時間は平均 18 秒であった。

Bluetooth beacon のセル半径 10m、歩行者の歩行速度を 80m/min とした場合、そのセル内に歩行者が存在する最長時間は 15 秒である。この時間内になるべく多くの歩行者に情報を配信するためには、将来的に Bluetooth のコネクションを確立する時間を短縮する必要があると考える。

4 . まとめ

本検討では、情報を配信したい人が情報配信装置を簡易に設置、設定できる仕組みにより、新

たなユビキタスコンピューティングを基礎にした通信市場及びコミュニティー型サービスを創造する Bluetooth beacons による歩行者ナビゲーションを提案し、その要求条件を示した。そして、プロトタイプを作成し、現状の Bluetooth を、歩行者ナビゲーションに用いた場合の問題点を明らかにした。Bluetooth は携帯電話と PC だけではなく、車や改札機等様々な機器間のデータ通信インターフェースとして応用されることが期待されている。今後、ブロードキャストプロトコルの改良、セルの重なり制御等の課題を解決していくことが必要であろう。

参考文献

- [1]H.Toriyama and H.Yamamoto: Pedestrian Location Information Service: NTT DoCoMo Technical Journal Vol.2 No.3 Dec.2000
- [2]坂上秀和,早坂里奈,神場知成.ActiveTrace:位置および行動依存情報配信と解析のためのモバイルマーケティングプラットフォーム,pp.501-506.DICOMO2001 シンポジウム
- [3]cooltown home page ,<http://www.cooltown.hp.com/>
- [4]http://www.skynetglobal.com/index_ie.html
- [5]<http://www.mobilestar.com>
- [6]<http://www.ericsson.co.jp/pressroom/pressrel/2001/20010619.html>
- [7]http://www.joho.soumu.go.jp/pressrelease/japanese/sogo_tsusin/010706_6.html
- [8]<http://www.bluetooth.com/>
- [9] M.Machida, M.Izawa, and T.Sugimura: Study of pedestrian navigation using a small wireless handheld display: , In Proceedings of the third International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communication (WPMC'00) 2000.
- [10]インターフェース 2001 年 8 月号 CQ 出版社
- [11]森英悟.ブルートゥースがもたらすケータイの新しい可能性. シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」,pp.103-106,2001
- [12]宮尾克.ひとナビゲーションの現状と期待.シンポジウム「ケータイ・カーナビの利用性と人間工学」,pp.81-86,2001