

RFIDを用いた実時間移動体分布における分析収集機構の構築

堀場 勝広¹ 岡田 耕司² 久松 剛² 三島和宏² 川喜田 佑介³ 若山 史郎³
小川 晃通³ 土本 康生³ 杉浦 一徳⁴ 中村 修² 村井 純²

慶應義塾大学総合政策学部¹ 慶應義塾大学環境情報学部²
慶應義塾大学政策・メディア研究科³ 独立行政法人通信総合研究所⁴

本研究は移動体の位置情報を容易、かつ安価に実時間で扱える環境の構築を目的とする。本研究では、様々な移動体位置検出システムの中からRFIDに着目した。本機構はActive型のRFIDシステムを使用して設計、実装を行った。Active型のRFIDシステムは小型軽量で安価なため、様々な移動体に容易に取りつけられる。また発信する電波が微弱なため、限定された空間での移動体検出に適しているという特徴がある。この特徴を利用し授業の出席管理を自動的に行うシステムを、本機構の応用例として構築した。本システムはタグ、基地局、データベースマネージャーによって構成される。本システムではタグの情報を基地局が受信し、データベースに格納する。これにより、学生の出席状況を一元管理する。本研究で提案する手法は、様々な移動体の位置検出情報を必要とするソフトウェア開発に応用できる。

Development of realtime analysing and adding-up system for distributed mobile nodes with RFID

Katsuhiro Horiba¹ Kouji Okada² Tsuyoshi Hisamatsu² Kazuhiro Mishima²
Yuusuke Kawakita³ Shirou Wakayama³ Akimichi Ogawa³ Yasuo Tsuchimoto³
Kazunori Sugiura⁴ Osamu Nakamura² Jun Murai²

¹Faculty of Policy and Management, Keio University

²Faculty of Environmental Information, Keio University

³Graduate school of Media and Governance, Keio University

⁴Communications Research Laboratory

The purpose of this research is to facilitate positional information of distributed mobile nodes and to develop such a system at low-cost. We have focused on RFID system. We have designed and implemented our mechanism with small, light-weighted and affordable Active RFID system. Moreover, it can be attached to a variety of mobile nodes. Active RFID generate radio waves with low transmission power so that it is suitable to obtain information in limited spaces. We used this characteristics to automatical attendace-check system. This system consists of Tags, Reader, and Database Manager. Our approach can be applied to develop several softwares which require positional information of mobile nodes.

1 背景

近年、人間と共に移動する携帯端末や、インターネットの普及に伴って、移動体の位置情報を利用し

た様々なアプリケーションの開発が進んでいる。

移動体の位置検出システムとして代表的なものを以下に挙げ、特徴を示す。

● GPS

GPS(Global Positioning System)は、広範囲における移動体検出を目的としている。しかし、移動体はGPS衛星から位置情報を取得するが、動態管理を行うには、センターへ位置データの登録を

^{1 2 3}Keio University Shonan Fujisawa Campus
5322, Endo, Fujisawa, Kanagawa 252, Japan
E-Mail: {qoo, okada, ringo,three}@sfc.wide.ad.jp
⁴4-2-1 Nukui-Kitamachi, Koganei, Tokyo, 184-8795 Japan
Members of Murai LAB, those in especially STREAM and iCar

強いられる。そのため、ランニングコストが高額である。また、屋内では使用できない。

● Active Bats

Active Bat[1] は、屋内での位置情報検出を目的としている。超音波を用い、三次元での精密な位置検出を可能にしている。しかし、センサデバイスなど、導入に必要な機器の値段が非常に高額である。

このように移動体検出システムは、導入コスト、及び運用コストが高額なものが大半である。

1.1 研究目的

本研究の目的は、ユーザが目的に応じて位置情報検出システムを構築することである。ユーザは、移動体検出を行う際に様々な目的を持っている。その目的を達成するために必要な機能は様々である。しかし、前述の通りそのシステムは個人が導入、運用するには高額であるため困難である。

本研究は、屋内の限定された部屋での移動体の入退室を対象とする。

この条件を設定することにより、移動体検出システムは、個人での低価格な導入、安価な運用コスト、ユーザの簡易な位置情報参照が必要になる。そのため、GPSのように衛星を使った大掛かりな設備も、Active Batのように精密な三次元位置検出も必要としない。このような環境を実現するため、低価格な移動体検出機構を設計、実装した。

また、有用性を実証するため本機構を、授業の出席管理に応用した。

2 設計

本研究では、位置情報取得デバイスに3つの条件を設定した。

1. 導入コスト、運用コストが安価であること
2. 部屋単位の限定された空間で利用すること
3. 移動体に取りつけるデバイスが、一意な ID を持ち、その ID を検知できること

この要求を満たすため、本研究では位置情報取得システムに Active 型の RFID(Radio Frequency Identification) システムを使用する。

Active 型の RFID システムは、タグ自身が電波を発信し、基地局がタグの ID を、電波を用いて認識する。また、この ID は GUID(Global Unique ID) である。デバイス自体の値段は GPS や Active Bat などと比較して安価である。

移動体の測定場所と、取得データ管理場所を同一空間にする必要性をなくすため、本研究は RFID を利用して取得したデータの受け渡しをインターネットの技術を用いて行う。インターネットを使用することで、測定場所にインターネット回線網がなくても、PHS などの機器を使用することにより接続性が生まれる。そのため、インターネットへの接続性は限定されない。

以下に本機構で必要になる 5 つの設計要求を挙げる。

1. ID から持ち主を特定できる機構
2. 入退室時間と検出された基地局から割り出される大まかな位置を記録する機構
3. 複数の基地局から検出したデータを、インターネットを介して管理ホストにある単一のデータベースに格納し、一元的に管理する機構
4. 閲覧者の使用するプラットフォームに関わらず情報を提供する機構
5. 閲覧者に対して、最新の位置情報を提供する機構

2.1 設計概要

基地局を接続した PC をクライアントとし、管理ホストをサーバとする。基地局がタグから受信したデータをクライアントに渡し、クライアントはそのデータをサーバへと転送する。

上記の設計要求を満たすために必要な要件を以下に 5 つ記し、図 1 に本機構の設計概要を示す。

1. クライアント
クライアントは基地局が、タグから受信した信号に、基地局の識別子を付加し、情報をサーバへ転送する(図中(1),(2))
2. サーバ
複数のクライアントからのデータを受信し、一元的に管理する(図中(3))
3. Web インターフェース
データベースと接続し、クライアントから受け取ったデータを基にデータベースの内容を更新する(図中(4))
4. 閲覧者からの参照
閲覧者はブラウザを使用して Web インターフェースと通信することにより、最新の状況を参照する(図中(5))

3 分散収集機構の実装

本機構の実装には、RF CODE 社の製品、Spider タグ ver.3 とその基地局 [2] を使用した。Spider タグ

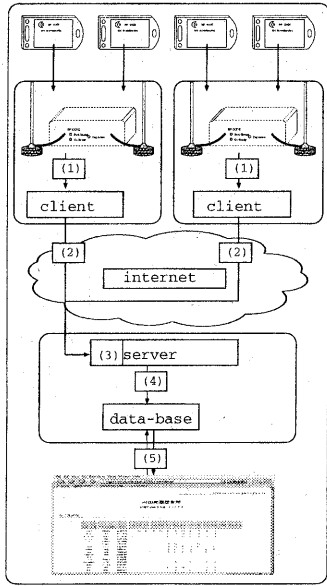


図 1: システム設計図

は Active 型で、電池を内蔵し、自らが 7byte の ID を電波で発信する。

本機構では、部屋単位の限定された空間を対象としているため、移動体の入退室のみを検出する。そのため移動体の詳細な位置を検出する必要はない。

一方で、入退室における時間管理は、移動体検出システムとして重要な情報となる。したがって、Spider は本機構の目的に適している。

本機構は下記に示される 4 つのモジュールにより構成される。

1. physical_sensor

基地局がタグからの電波を受信する。physical_sensor を起動している PC が、シリアル通信により、基地局からタグの ID を取得する。また、physical_sensor は、タグの ID の検出時間を記録し、これらの情報を area_server へ送信する。

2. area_server

area_server は、physical_sensor から受信したデータを解析し、タグの ID、基地局の識別子、検出時間をデータベースにクエリとして送信する。

3. データベースと Web インターフェース

データベースには、あらかじめ対象とする移動体を持つタグの ID を登録しておく。area_server から送信されたクエリをもとに、データベースを更新していく。更新されたデータを基にスクリ

プトを使用して、閲覧者に対し、Web インターフェースを提供する。

4. 閲覧者からの参照

閲覧者はブラウザを利用し、Web インターフェースにより、移動体の最新検出情報を取得、表示する。

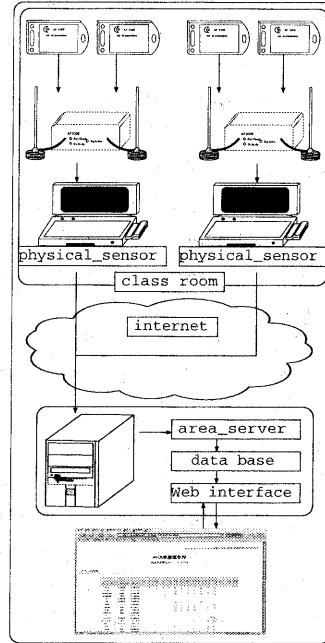


図 2: 実装図

3.1 physical_sensor

基地局は、physical_sensor が動作するクライアント PC とシリアルケーブルで接続される。

また、physical_sensor は、プログラム実行時の引数として、第一引数に area_server を、第二引数に基地局の識別子を指定する。これにより、インターネット上にある area_server と、複数ある基地局を、それぞれ一意に識別する。また、基地局の識別子により、リーダの大まかな位置を示すことができる。

そして、移動体の入室時間と最終検知時間を記録する。これにより移動体が管理空間内で検出された時間帯を確認できる。

physical_sensor は、シリアル通信によって取得したタグの ID と基地局の識別子、そして時間情報を area_server へ送信する。その際、移動の検出情報は確実な到達性が求められるため、情報の電送プロトコルには TCP を用いて通信を行う。

3.2 area_server

area_server は、physical_sensor から送信されたデータを受信し、データベースに対してクエリーを送信する。そして、タグIDを元にデータベースに登録されている移動体の検索を行い、その移動体に対して出席フラグを立て、検出された基地局の識別子を記録し、更新する。送信プロトコルには physical_sensor と同様の理由で TCP を用いる。

データベースと接続を行う場合、1データ毎にデータベースサーバへの接続と切断を繰り返すと、データベースソフトウェアの最大コネクション数を越えてしまう場合があった。そのため、データベースに接続したままデータの送信を行うか、多少のバッファリングを行い負荷を軽減する必要がある。今回の実装ではデータベースに接続し、切断せずにデータの送信を行った。

また、今回の実装では、出席管理に特化した機構を提供するために、連続して10分間同じ移動体のIDを検知した後、データベースに対して該当するエントリを更新するよう実装した。

3.3 データベースと Web インターフェース

データベースは、area_server から送信されたクエリーに基づいて、データベースの更新を行う。

Web インターフェースは、PHP を利用して HTML にデータベース中の移動体名と最新の出席状況を動的に出力する。

図3にデータベースのスキーマを示す。

LoginName	RFID	Attend	EnterTime	LeaveTime
qoo	GFDAOHQ	1	14:23	16:02
ringo	AGBRFKE			

図3: データベースのスキーマ

データベースのスキーマには、図3で示したエントリが必要である。area_server は、RFID のエントリを元に検索を行い、該当したエントリの Attend, EnterTime, LeaveTime を更新する。そのため、本機構では LoginName と RFID をあらかじめ登録する必要がある。

3.4 実装環境

図4に実装環境を示す。

プログラム名	使用 OS	使用言語
physical_sensor	NetBSD 1.5.2 hpcmips	C 言語 gcc2.95.4
area_server	FreeBSD 4.6Release	C 言語 gcc2.95.4
データベース	FreeBSD 4.6Release	MySQL 11.18
Web インターフェース	FreeBSD 4.6Release	PHP 4.2.3 Apache 1.3.26

図4: 実装環境

physical_sensor を起動する PC には高い演算能力を必要としない。これらの機能を実装には演算能力の高くないハンドヘルド PC などを用いて実装できる。

本機構の実証実験では、physical_sensor の実装ではハンドヘルド PC として NEC モバイルギア II (MC/R550) を使用した。

図5にスペックを示す。

CPU	VR4121(168Mhz)
Memory	32MB
Storage	Compact Flash 256MB
Network Interface	PCMCIA 802.11b

図5: モバイルギア II (MC/R550) のスペック

4 実験環境

図2のclass roomと書かれた部分を、授業を行う教室に設置する必要がある。

本実証実験では、基地局を2台用意し、アンテナを4ヶ所に設置した。図6に教室における基地局とアンテナの配置を示す。

実験を行った教室は、100人程度の生徒を収容可能な教室である。そして、実際に実験を行った授業では、履修者は131人で、40人から60人が出席する。

5 分散収集機構の評価

実証実験結果を用いて、移動体検出システムとしての実用性の評価を行う。また、研究目的と設計要求の達成度の評価も行う。

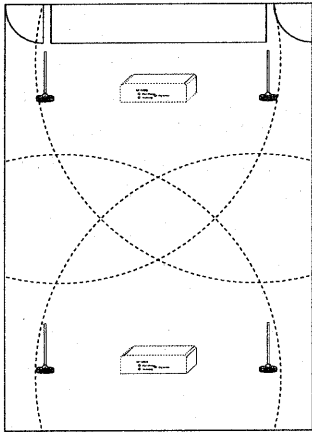


図 6: 基地局とアンテナの配置

5.1 移動体検出システムとしての実用性

本機構は、データの送受信において、特別な並列処理を行っていないため、計測対象の増加に当たっては、実時間性は低下する。

図 7 に、検出した生徒の数と時間のグラフを示す。このグラフは、10 秒に一度データベースに格納された移動体の数を計測データを基にしている。本実証実験は、移動体検出と、データベースへの格納スピードの測定を行うため、前述した area_server による 10 分間のタイムラグを用いないで行った。

本実証実験を行う際、測定開始以前より教室にいた生徒は 48 人である。その中でタグを忘れた人数は 8 人で、計測可能な生徒は 40 人であった。また、授業開始後の遅刻者が数人いた。

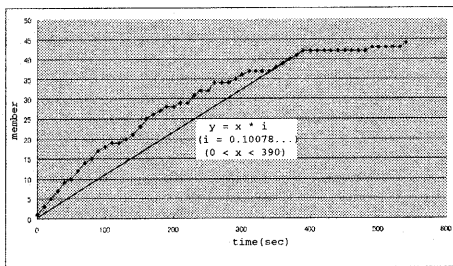


図 7: 測定結果のグラフ

このグラフから、計測開始から 390 秒までは線形のグラフを描きながら、42 人まで順調に計測をした。その後は定常のグラフを描いている。定常のグラフは、教室にいる生徒をすべて測定し終えたことを意

味する。また、測定開始から 2 人増加している点と、500 秒移行に緩やかに検出数が延びる点は、遅刻者の検出を意味する。

したがって、本実証実験において 100 人程度を収容する教室では、2 つの基地局を設置することで、約 40 人の移動体検出を約 400 秒で実現できた。

5.2 研究目的の達成度に対する評価

本研究の目的は、移動体検出システムを個人で構築し、その情報を容易に利用することである。

これらの目的を本機構は以下のように解決した。

- 本機構は、Active Bat などと比較して、低価格での導入を可能にした。また、GPS と比較して屋内外を問わず測定でき、ランニングコストを安価にした。これらは、個人での導入と運用に焦点をあて、Spider タグを使用することにより実現した。
- インターネットの利用により、他の移動体検出システムと比較して、特別な回線網の導入や、汎用的でない運用体型から発生する運用コストを低下させた。
- 閲覧者へのインターフェースを Web ブラウザにすることにより、移動体検出情報の参照を容易にした。

5.3 設計要求の達成度に対する評価

- 管理空間内の移動体の大まかな位置の検出と、検出結果の一元管理。

本機構は検出結果を、データベースにそれぞれの情報を用いて一元的に管理することで実現した。TCP を用いて実装したため、パケット転送時のデータ到達性が保証される。

本機構は移動体の検知区画内の有無に基づき出席情報を検出している。また、複数の基地局に移動体が発見されても、単一のデータベースに移動体の検知情報を格納している。そのため大まかな位置検出は難しいが、二つ以上の位置情報の競合による問題はない。

また、基地局との距離を計測する方法がないため、基地局の識別子により取得した位置のデータは信頼性が低い。しかし本機構では移動体が教室にいるか、いないかという情報に基づき出席をとるため、問題とならない。

- 閲覧者の計算機環境に対する非依存性。

Web インターフェースを利用することによって、Web ブラウザがインストールされているシステムならば閲覧者のプラットフォームに依存せずサービスの提供ができた。

6 終わりに

本機構は、個人での移動体検出システムを可能にした。

その実証実験として、授業の教室と言う限定空間において、生徒の出席管理機構を実装した。また、プラットフォームに依存することなく、閲覧者に対して、検出された最新の位置情報を閲覧可能にした。

また、複数ある基地局の中の識別子から、移動体の大まかな位置を検出できた。そして最終更新時間が履歴に残るため、管理空間から検出されなくなつてからのどのくらいの時間が経過したかを確認できた。

したがって、本研究の目的であるユーザが移動体の位置検出情報を容易に利用するソフトウェアの開発環境を提供したと言える。

6.1 今後の展望

本機構では限定空間内において移動体の検出を行った。しかし、システムをより実用的にするには、以下の点に留意しつつプログラムの修正を行う必要がある。

移動体が発見された基地局の場所が頻繁に入れ替わる場合に移動体が移動しているのか、複数の基地局に検出されているのかを区別するアルゴリズムを考案する。

また、`physical_sensor` と `area_server` のデータ送受信部分において、実時間性を高めるため、複数プロセスへの分割や、スレッドを使った並列処理を利用する。これにより、より多くの移動体を対象とする実装を行う。

以上の点を修正することにより、実用性の向上が期待される。

6.2 本研究を利用したソフトウェア開発

本機構の応用例として、以下に示す様なソフトウェアの構築が考えられる。

- 基地局からタグまでの距離を測定可能なハードウェアを使用して、2つの基地局から移動体の位置を割り出しを行うソフトウェア。
- 検出した位置情報をもとに、空調や電灯などを制御する空間管理ソフトウェア。
- 同フォーマットのデータベースを持つ、本機構が並列に集合することで、分散した空間の移動体検出を行い、複数の空間管理を連携して行うソフトウェア。

参考文献

- [1] Mike Addlesee., Rupert Curwen., Steve Hodges., Joe Newman., Pete Stegges., Andy Ward., and Andy Hopper. Implementing a sentient computing system. In *IEEE Computer Magazine and Vol.34 and No. 8*, Aug 2001.
- [2] rfcode. *RF-Code Web page*. <http://www.rfcode.com>.