

センサに対する地理位置情報の自動設定手法

山内正人[†] 洞井晋一[†]
松浦知史[†] 砂原秀樹[†]

近年センサの小型化、低価格化が進み、センサが世の中に偏在するようになってきている。また、ネットワーク環境の整備によって様々な情報を大量に流通させることが可能となってきた。それにより、大規模なセンサネットワークが構築され、運用・管理、センサデータの利用がおこなわれてきている。また、こうしたセンサネットワークではセンサにメタ情報を付与しサービスや運用・管理に活用している。しかし多くのメタ情報は自動化されておらず手入力のため設定コストが高いといった問題がある。また、設定コストが高いことによって設定者は精度の悪い情報を入力するといった問題もある。

そこで本論文では、センサの位置情報取得の自動化を目的とし、センサに対する地理位置情報の自動設定手法の検討を行う。位置情報を取得する方法として GPS や IP アドレスを用いた方法、無線 LAN 基地局情報を用いた方法が考えられる。これらの位置情報取得方法を定性的に比較しセンサに対する地理位置情報を自動設定するための最適な方法を検討する。また GPS と無線 LAN 基地局を利用して取得した位置情報を比較し、センサの位置情報の設定誤差が許容可能で広範囲で設定可能であることを確認した。

Auto configuration method for sensor location

MASATO YAMANOUCHI,[†] SHINICHI DOUI,[†] SATOSHI MATSUURA[†]
and HIDEKI SUNAHARA[†]

In recent years, sensors are small enough and their prices are getting lower. Sensors has change to be a dime a dozen. Improvement of networking infrastructure made transfer of large data over network. Thereby, large scale sensor networks have been constructible.

In this kind of sensor network, installation personnel of sensors add meta-information to sensor and developers are using this meta-information for applications. But installation personnel of sensors have to configure meta-information manually. Manual configurations make heavy costs and miss inputs to installation personnel of sensors.

In this paper, we introduce how to auto configure location of sensors. When we configure, auto configuration method have several way. One method is using GPS and another method is using access point database. We setup GPS and access point database for experiment, and compare these methods. Experimental result shows this auto configuration method can be configure in wide area and reduce miss inputs.

1. はじめに

近年センサの小型化、低価格化が進み、センサが世の中に偏在するようになってきている。それにより、大規模なセンサネットワークが構築され、運用・管理、センサデータの利用がおこなわれてきている。

しかし、センサデータの精度が保証されていないセンサを使用したセンサネットワークでは運用・管理やセンサデータを利用しようとした際にセンサデータの精度が必要となる。例えば、ユーザが精度の良いセン

サデータがほしい場合センサデータの精度が分からないとそのニーズには対応することができない。また、センサデータが近隣とは違う値を示している場合、精度が分からないとセンサの精度が悪いのかセンサに異常が起きているのかといったことがわからない。

センサデータの精度を知る方法としてはいくつかの方法が考えられる。例えば単一のセンサデータを取得してきただけではそのデータが正常かどうかといった事はわからないが、時系列で比較し一定時間データがまったく変化していない事がわかると、そのデータが異常である可能性が高いという事がわかる。また、近隣のセンサデータと比較し、明らかに違っている場合、そのデータが異常である可能性が高いことが分かる。

[†] 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology

時系列で比較する場合は、データに取得した時刻があるのでデータを時系列に収集することで比較することができる。また、近隣のセンサデータと比較する場合は、データに取得した位置があるのでデータを位置ベースで収集することで比較することができる。しかし、位置ベースでデータを収集する場合、位置情報の精度が保証されていないと収集することが困難である。例えばセンシングデータの共有を目指す Live E! プロジェクト (以下 Live E!) では、センサの設置時にセンサの設置位置情報やセンサの種類といったメタ情報 (プロフィール情報) を入力してもらいサービスに活用している。しかし、登録するプロフィール情報の多くの項目は自動化されおらず手入力のため設定コストが高いといった問題がある。また、設定コストが高いことによって設定者は精度の悪い情報を入力するといった問題もある。近隣のセンサデータを比較するためには精度が保証された位置情報が必要となるが、現在は精度が保証された位置情報の取得が困難である。

そこで本研究では、センサの位置情報取得の自動化を目的とし、センサに対する地理位置情報の自動設定手法の検討を行う。位置情報を取得する方法として GPS や IP アドレスを用いた方法、無線 LAN 基地局情報を用いた方法が考えられる。これらの位置情報取得方法を定性的に比較しセンサに対する地理位置情報を自動設定するための最適な方法を検討する。また GPS と無線 LAN 基地局を利用して取得した位置情報を比較し、センサの位置情報の設定誤差や設定可能範囲について考察する。

本論文では 2 章においてセンシングデータの共有を目指す Live E! プロジェクト (以下 Live E!) の概要とプロフィール情報の従来の設定手法について、3 章で位置情報の取得する方法と自動設定手法について述べる。また、4 章において実験手法と行った予備実験および考察を行い 5 章で今後の課題について述べる。最後に 6 章でまとめを行う。

2. Live E!での取り組み

本章では、Live E!の概要とその取り組み、問題について述べる。

2.1 Live E!の概要

Live E!では多団体のセンサを標準化することでセンシングデータを共有し、またセンサの設置を行うことで気象データを収集している。それらの情報の集約や公開、流通を図り、教育への利用や公共サービス等さまざまな形で社会貢献することを目指している。

Live E!ではセンサデータやプロフィール情報を東



図 1 センサプロフィール登録ソフト

大と奈良先端科学技術大学院大学のサーバで一元管理しユーザへは SOAP を使用してデータの提供を行っている。また、今後分散管理を行うためにデータの集約等に関する研究を行っている。

2.2 プロファイル情報

Live E!ではセンサの設置時にネットワークの設定以外にセンサの設置位置、センサメーカー、センサタイプ等をセンサのプロファイル情報として登録し、サービスに役立てている。登録に使用するソフトウェアを図 1 に示す。また Live E!で登録するプロフィール情報を表 1 に示す。

Live E!では図 1 のソフトウェアを使用して表 2 にあるような多数の項目を手入力する必要がある。また緯度経度や高度といった何らかの方法で調査して入力しなければならない項目もある。そのため設定コストが高く設定者は精度の悪い情報を入力してしまう場合がある。例えば実際の設置場所の住所が「兵庫県神戸市灘区 X 通り 1 丁目 1 - 1」だった場合、設置住所を省略し「兵庫県神戸市灘区」と入力されるケースがある。この住所から緯度経度を変換すると灘区役所といったまったく別の緯度経度に変換されてしまう。このように手入力によって精度の悪い情報が入力されるとサービスへの応用が困難である。

2.3 センサの登録

従来 Live E!やその他のセンサネットワークを管理している団体でも管理者が手作業でセンサのプロファイル情報を設定している事が多い。また様々なサービスを提供するには多くのプロフィール情報が必要となる。例えばセンサデータ検索サービスでは神戸市内の気温データといった特定のエリア内にあるセンサデータが知りたいといったニーズがある。ほかに、特定のエリア内にある精度のよい XX 社製のセンサかつ、地上 1.2m に設置されている正確なセンサデータが知りたいといったニーズも考えられる。このようなニーズに応える検索サービスを構築するにはセンサ設置位置、センサメーカー、対地高度といったプロフィール情報が必要となる。このようにサービスに比例して必要

表 1 プロファイルの種類

プロファイル名	内容
ID	センサを識別できるユニークな ID
パスワード	センサに対するパスワード
センサメーカー	センサのメーカー
センサ機種	センサの機種
設置点名	センサを設置している場所名
設置住所	センサを設置している場所の住所
緯度	センサを設置している場所の緯度
経度	センサを設置している場所の経度
標高	センサを設置している場所の標高
対地高度	センサの地上からの高さ
センサタイプ	表 2 参照
IPv4 アドレス	センサの IPv4 アドレス
IPv6 アドレス	センサの IPv6 アドレス
GNSS 測位状態	GNSS の測位状態
測地系	位置情報の測地系
設置状況	設置場所の周囲の環境等

表 2 センサタイプの種類

センサタイプ名	内容	単位
Temperature	温度データ	
Humidity	湿度データ	%
WindSpeed	風速データ	m/s
WindDir	風向データ	度
RainFall	雨量データ	mm/h
Pressure	気圧データ	hPa
CO2	CO2 濃度	ppm

表 3 複合センサの ID 体系

センサ名	ID
複合センサ	live-e.org/WXT510/030000049c92/
気温センサ	複合センサ ID + Temperature
湿度センサ	複合センサ ID + Humidity
風向センサ	複合センサ ID + WindDir

な入力項目が増加する傾向にあり、多数の項目を各センサに手入力で付与していく作業は誤入力をしてしまう危険性が高く、設定コストも高いといった問題がある。また、手入力で設定すると「奈良県生駒市高山町」と書く人がいたり「生駒市高山町」と書く人がいたり、人によって書式が異なってしまうため正規化されていないといった問題がある。プロファイル情報が正規化されていないと、思い通りの検索を行うことが困難である。例えば「奈良県生駒市高山町」に設置されていると登録されているセンサ A と「生駒市高山町」に設置されていると登録されているセンサ B があつた場合ユーザが奈良県内に設置されているセンサを検索するために「奈良県」と入力してもセンサ A しか検索結果として出力されない。また、正規化されていない情報を検索する手法も研究されているが完全ではない。

3. 位置情報の自動設定

本章ではいくつかの位置情報取得方法を上げ、センサに対する位置情報自動設定手法の詳細について述べる。

3.1 地理位置情報の取得方法

地理位置情報の取得方法としては主に GPS や IP アドレス、無線 LAN 基地局が考えられる。以下では各地理位置情報の取得方法について、利点・欠点を定性的に挙げる。また、前提条件としてセンサにはデータをアップロードするためのネットワークの到達性がある。

- GPS を用いた方法
GPS を用いた方法は高精度で測定できるといったメリットがある。高精度で測定できるため取得した地理位置情報の編集の必要もなく時間的コストの軽減も可能である。しかし、屋内やビルの間等、衛星がうまく捕捉できない場所では地理位置情報を取得することができないといった問題がある。
- IP アドレスを用いた方法
IP アドレスを用いた方法は IP アドレスをもとに Whois のデータベースを参照し、位置情報を取得してくる。この方法は特別な機器の必要がなく金銭的コストを軽減できるといったメリットがある。しかし、位置情報として市区町村までしか取得できないため、その先を入力しなければならず時間的なコストとプロファイル情報の精度を保証できない。
- 無線 LAN 基地局を用いた方法
無線 LAN 基地局を用いた方法では無線 LAN の基地局データを収集し、収集した基地局データのデータベースを用いて位置推定を行う。この方法では屋外では 20 ~ 50m、屋内では 3m ~ 20m の精度で位置の特定が可能である。また無線 LAN カードの搭載されたパーソナルコンピュータであれば使用できるということで汎用的な機器を使用して設定できる。しかし、無線 LAN 基地局が存在しない場所では使用する事ができないといった問題がある。しかし、無線 LAN 基地局の少ない郊外では有線ネットワークを引く事が困難で無線 LAN を使用する事が多い。そのためあまり無線 LAN 基地局が 1 つもなく、GPS でも位置情報が取得不可能な場所への設置はないと考えられる。今回無線 LAN 基地局を用いて位置推定を行う方法は Locky.jp project(以下、Locky)²⁾ の API を用いた。Locky では無線 LAN 基地局情報の協調

データ収集と、それを利用した測位（位置の推定）サービスを提供している。協調収集したデータから無線 LAN 基地局の ESSID と位置をマッピングしたデータベースを作成し、データベースをもとに位置を推定する。

3.2 自動設定手法

センサに対する地理位置情報を設定するにあたり、屋内外等の環境に関わらず広範囲に取得できる必要がある。上記で 3 つの方法について述べたが IP アドレスを用いた方法はプロフィール情報の精度が悪いため使用するのは困難である。そのため残り 2 つの方法の長所を生かし、自動設定する機構を構築する必要がある。GPS と無線 LAN 基地局を用いた方法を比較すると表 4 のようになる。GPS を用いると衛星を捕捉できる場所では高精度に測位できるといったメリットがある。このメリットを生かし、衛星を捕捉できる場所での設定は GPS を用いて行えば自動で高精度に設定が行える。また GPS の弱点である衛星の捕捉できない場所（ビルの谷間、屋内）では無線 LAN 基地局を用いる方法によって解決が可能である。衛星の捕捉できない場所はビルの谷間など主に都市部で発生すると考えられる。そのため無線 LAN 基地局を用いた方法を使用する場所は主に都市部と考えることが出来る。都市部では無線 LAN 基地局が普及しているため無線 LAN 基地局の弱点である無線 LAN 基地局が存在しない場所では使用することが出来ないといったことを緩和することができる。また、無線 LAN 基地局を用いた方法では数十メートルの誤差があるが、数十メートルでは住所等位置情報に大きな違いが出ないため許容可能であると考えられる。以上のことから、郊外で無線 LAN 基地局が無く、衛星も捕捉できない場所以外は GPS もしくは無線 LAN 基地局を用いた方法によって許容可能な範囲での地理位置情報が取得可能と考えられ、広範囲で地理位置情報の自動設定が可能と考えられる。

表 4 GPS と無線 LAN 基地局を用いた方法の比較

	GPS	無線 LAN
都市部		
郊外		

4. 自動設定手法の検証

本章ではセンサに対する地理位置情報の自動設定手法を検証するために、自動設定の精度と取得可能エリアの観点から予備実験を行った。実験では GPS と



図 2 情報収集を行った経路

Locky を使用して位置情報を取得した。

4.1 実験環境

この提案手法を評価するため、自動設定の精度と取得可能エリアの観点から実験を行う。実験には GPS として GlobalSat 社製 BT-338 を使用した。無線 LAN 基地局を用いて位置情報を取得する方法としては Locky の LockyToolkit を使用した。

実験は GPS もしくは無線 LAN 基地局を利用して位置情報が取得可能かと、無線 LAN 基地局で取得した場合の誤差を計測した。また、Locky で無線 LAN 基地局の情報収集を行っていない地域では事前に情報収集を行う必要がある。

4.2 予備実験

前節で述べた実験を行う予備実験として奈良先端科学技術大学院大学の学内で実験を行った。Locky の DB に奈良先端科学技術大学院大学内の無線 LAN 基地局の情報が少なかったため事前にエリアの外周を GPS と LockyStumbler の動作する PC を持って一周し情報収集を行った。また、GPS では屋内の位置情報が取得できないため手動で緯度経度を指定して無線 LAN 基地局の情報収集を行った。情報収集を行った範囲と経路を図 2 に示す。次にこの経路を歩き、GPS、無線 LAN 基地局から位置情報の取得を行った。位置情報の取得は 1 秒間隔で行った。GPS の情報取得には Locky の LockyStumbler を使用し、無線 LAN 基地局からの位置情報取得には Java で LockyToolkitAPI を使用したプログラムを作成して行った。取得した位置情報を表示するために GoogleMapAPI³⁾ を用いた Web ページを作成した。取得してきた位置情報のログファイルを解析し、GoogleMapAPI に位置情報を渡すことで地図上に情報を表示する。

4.3 結果と考察

GPS で取得できた位置情報を GoogleMap 上に表示したものを図 3 に示す。次に無線 LAN 基地局の情報を使用して取得できた位置情報を GoogleMap 上に



図 3 GPS を用いて収集した位置情報

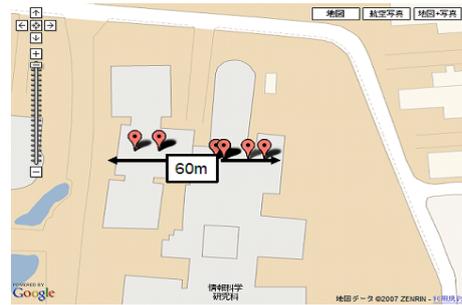


図 6 無線 LAN 基地局情報を増やした後取得できた位置情報



図 4 無線 LAN 基地局を用いて収集した位置情報



図 5 無線 LAN 基地局を用いて収集した位置情報の誤差

表示したものを図 4 に示す。また、屋内外での無線 LAN 基地局を用いて情報を取得してきた場合の誤差を GoogleMap 上に表示したものを図 5 に示す。実験を行った結果、GPS を用いた方法は精度よく高密度に位置情報を取得できているが建物内の位置情報は取得できていないことが図 3 からわかる。一方無線 LAN 基地局を用いた方法では屋内外問わず位置情報を取得できているが低密度でしか取得できていない事が図 4 からわかる。また誤差については屋内では精度とく取得でき、屋外では 25m 程度のずれが生じている事が図 5 からわかる。この事から GPS と無線 LAN 基地局を用いる事で従来の方法では正規化できていなかったセンサに対する地理位置情報を広範囲で自動設定し

正規化が可能であることを確認した。また、無線 LAN 基地局を用いた方法では誤差が屋外で 25m と多少ずれが生じるが、無線 LAN 基地局を用いた方法は主に屋内等 GPS で位置情報を取得できない場所で使われると考えられ、許容できると考えられる。

図 3 を見ると、エリア右下部のように屋外でも位置情報が取得できていない箇所がある。これは 3 方向から 7 階建ての建物にかこまれていたため、衛星を捕捉できない場所から移動してきたため、捕捉に時間がかかったためと考えられる。

また、無線 LAN 基地局を用いた方法は GPS より低密度でしか取得できていない。これは無線 LAN 基地局の情報が不足しているものと考えられる。そこで、図 6 の点線部において無線 LAN 基地局の登録情報を増やした。当初点線部のエリアでは 3 地点しか登録していなかったが 10 地点登録し、再度実験を行った。すると図 4 で点線部は 2 地点しか取得できていなかったが無線 LAN 基地局情報を増やした図 6 では 6 地点取得できていることがわかる。このように無線 LAN 基地局情報の充実によって取得できる精度、エリアは増える。今回は屋内は手動で緯度経度を設定したが今後屋内でも簡単に緯度経度が取得できるようになれば無線 LAN 基地局情報が充実すると考えられる。

5. 今後の課題

今回は予備実験として学内で実験を行った。今後は学内にはない環境でも実験を行い、Live EIでのセンサ登録ソフトにも実装していきたい。また実用するには緯度経度だけではなく、住所も必要のため、緯度経度から住所へ変換し、変換された住所の精度についても検討していきたい。

さらに、精度の保証された位置情報を使用し、センサデータの精度の保証やセンサのマネージメントに関して研究を進めていきたい。具体的には、精度の保証された位置情報によって近隣センサとのセンサデータ

を比較することが可能となった。そのためセンサデータの精度を出すために位置ベースや時間ベースで比較を行う。また、位置や時間ベースの比較だけではセンサデータの精度を出すことができない属性に関してはそれ以外の方法を検討していく必要がある。

6. おわりに

本稿ではセンサデータの精度を出す等センサやセンサデータをマネジメントする際に必要となる正規化されたセンサに対する地理位置情報の自動設定手法について述べた。具体的には GPS と無線 LAN 基地局を利用することによってさまざまな環境化でのセンサの設置位置を自動設定し、センサの地理位置情報を正規化できるであろう事を確認した。また位置情報の誤差も学内の環境では屋外で 25 メートル程度の誤差で近隣のセンサを検索するのに問題の無い誤差であることを確認した。今回は予備実験として学内での実験を行ったが今後は実際に学内にはないさまざまな環境化で実験を行い評価を行いたい。今後は様々なセンサを使用したセンサネットワークでセンサデータの精度を保証するフレームワークの構築を目指す。

参 考 文 献

- 1) Live E! Project, <http://www.live-e.org/>.
 - 2) locky.jp, <http://www.locky.jp/>.
 - 3) Google Maps API,
<http://www.google.com/apis/maps/>.
 - 4) K. Aberer, M. Hauswirth, A. Salehi: The Global Sensor Networks middleware for efficient and flexible deployment and interconnection of sensor networks, Tech. Rep. LSIR-REPORT-2006-006, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2006.
 - 5) Phillip B. Gibbons, Brad Karp, Yan Ke, Suman Nath, Srinivasan Seshan: IrisNet: An Architecture for a World- Wide Sensor Web, IEEE Pervasive Computing 2(4), 2003.
-