携帯電話の受信強度を用いた自己位置推定の基礎的検討

Fundamental examination of Self-Localization using a mobile phone RSSI

○ 新井 啓文 (東洋大) 正 秋元 俊成 (東洋大)
寺田 信幸 (東洋大)

Hirofumi ARAI, Toyo University, 2100 Kujirai, Kawagoe, Saitama, Japan
Toshinari AKIMOTO, Toyo University
Nobuyuki TERADA, Toyo University

In this paper, we purposed we a new approach for robot Self-Localization in indoor and outdoor. The approach is based on RSSI of mobile phone. First, we repeated experiment six times that is RSSI reproducibility measurement of PHS when the robot was moved 1000 mm in straight. Second, we measured RSSI of PHS in 2D small area (300mm×300mm). The result shows recognized RSSI of PHS in different environments and it is able to Self-Localization with high-resolution and sufficient accuracy. Alternatively, it make a RSSI map, we could detect a change of RSSI in 2D small area. The experimental results indicate that the robot is possible to localize accurately based on our proposed method and by applying the localization result to compensate the odometry, the cumulative error can be eliminated.

Key Words: Self-Localization, Mobile robot, mobile phone

1. はじめに

近年、高齢化が進み医療や介護の現場での人員不足、施設不足が問題になっている[1].それらの負担を減らすためロボットを導入する研究が進められている.ロボットが人間の生活する実環境で作業を行うためには、安全かつ安定した自律走行の実現が必要である.そのようなロボットを構築するためのキーテクノロジーの1つとして、自己位置推定が挙げられる.

車輪型移動ロボットの自己位置推定手法は、一般的にデッドレコニング法が使用される.しかし、その計測原理により移動距離とともに計測誤差が増大していくといった問題がある.そこで、環境中にランドマークなどを設置し、これに基づいて自己位置推定する方法が提案されている[2].しかし、ランドマークは美観上、その設置に問題がある場合があり、またインフラとして新しく設置する場合には作業および費用にかかる負担が大きい.

ランドマークを用いない手法として Global Positioning System (以下“GPS”)を利用した自己位置推定手法が提案されている[3]. 2009年11月中旬に開かれた、公道におけるロボットの実証実験が行なえるつくばチャレンジ[4]において、我々もGPSを利用した自己位置推定手法を利用した.しかし計測値の分散も多く、樹木の近くでは数m~数十mの誤差、もしくは衛星からの電波が受信できずに計測が不能になる問題があった.また精度の良いGPSほど高価である.そのような問題から、ロボットが歩道を走行できる精度の自己位置推定が難しい.また、つくばチャレンジの課題である1kmを完走したチームのほとんどがGPSを用いない自己位置推定手法であった[5].

そこで本研究では、衛星測位システムが利用できない場所、特に屋内での自己位置推定を可能にし、インフラの整備がすでに整っており、システム構築の為に導入コストが低いことから Personal Handy-phone System (以下“PHS”)の受信電界強度を利用することを考えた.

PHSで位置情報を提供するサービスはすでに研究されており、その多くはPHS端末より複数の基地局からの電波を受信

し、その受信電界強度(RSSI, Received Signal Strength Indicator)を利用して位置を推定する[6].しかし位置推定誤差が数十m~数百mほど生じる.この基本的な位置測位サービスは主として人の位置探査に用いられており、推定精度からロボットの自己位置推定としての使用は難しい.

そこで本稿では、PHSによる自己位置推定をロボットにも応用できるよう、環境中の受信電界強度を端末で測定し受信電界強度をマップとして記録し、これに基づき自己位置推定を行う手法の基礎的検討を行ったので報告する.

2. 実験

本稿の実験にはPHSと移動ロボットを使用した.PHSは日本通信株式会社製 b-mobile[PHS]を使用し、移動ロボットはMobile Robots社製 Pioneer3-DXを使用した(図2).

まず自己位置推定を行うために、受信電界強度が同じ位置で同様の強度が測定できるのか検証を行った.

次にロボットが自己位置推定するのに必要な2次元平面上での受信電界強度の分布マップを作成した.それぞれの詳細を以下に示す.

2.1. 受信電界強度の再現性の確認実験

2.1.1. 実験方法

本実験では、1000mmの直線を20mm間隔で受信電界強度の測定を行う実験を6回行い、受信電界強度に再現性があるかどうかの検証を行った.

2.1.2. 実験結果

図2より赤く四角で囲ったPHSの6回分の測定結果の平均とその標準偏差を図1に示す.縦軸は入感している各基地局の受信電界強度の合計を平均したものを示し、横軸は移動距離を示す.実験結果から移動距離が増えると標準偏差が大きくなった.

Fig.1 average and standard deviation of RSSI

2.2. 受信電界強度マップ作成

2.2.1. マップ作成方法

本実験では、2次元平面での受信電界強度を調査するため、屋内にて図3のように1セル300mm×300mmの領域をさらに20mm×20mmで分割し、その分割したセルごとに受信電界強度の測定を行い、受信電界強度マップの作成を行った。

Fig.2 b-mobile [PHS] and Robot

Fig.3 Map environment

2.2.2 結果

マップ作成結果を図4に示す。縦軸と横軸は位置座標を示し、マップの色は人感している各基地局の受信電界強度を合計したものを示す。作成した受信電界強度マップから、300mm×300mmの小さな領域にも関わらず、受信電界強度の変化が計測できた。

Fig.4 RSSI Map

3. 考察

受信電界強度の再現性の確認実験では、実験結果(図1)において直進距離が600mm以下の受信電界強度の標準偏差は十分に小さいと言える。このことから再現性があることが確認できた。移動距離が増えると標準偏差が大きくなっているのは、ロボットの直進が正確ではなく数mm～数cmの経路のずれが影響していると考えられる。しかしそのわずかなずれの影響が受信電界強度に出ていることや、1m以内に大きな特徴が複数あることから、自己位置推定に利用した際には高い分解能を実現できると考えられる。

受信電界強度マップ作成では300mm×300mmの小さな領域にも関わらず、受信電界強度の変化が計測できた。この変化は電波の波長によるものだと考える。PHSの波長λは約15cmであり、受信電界強度の再現性の確認実験結果(図1)では波と波のピークがλ/2に近く、電波の波長や電波伝達特性、電波干渉によって変化していると考えられる。実際にこのシステムをロボットに実装する際には、受信電界強度マップとロボットが測定した受信電界強度を、パターンマッチング等を利用することにより高精度な自己位置推定が行える可能性を今回の実験で確認した。これにより大域的自己位置推定には、文献[6]で紹介されている手法を用い、局所的自己位置推定では受信電界強度マップを用いる手法を組み合わせることも可能になる。

4. おわりに

本研究では屋内外を問わない自律移動ロボットの自己位置推定システムの開発を目的として、携帯電話の受信電界強度に着目した。本稿では、環境内に生じるPHSの受信電界強度の高い再現性を確認し、分解能が高く高精度な自己位置推定が出来る可能性を確認した。また受信電界強度マップの作成を行い、局所的2次元平面での受信電界強度の変化を捉えることが出来た。

今後は、さまざまな環境における受信電界強度について更なる検証と調査を続け、受信電界強度を利用した数cm単位での自己位置推定と、そのシステムを実装したロボットの自律走行の実現を目指す。このシステムが実現すれば、ロボットからの情報や、様々なインターネットサービスをPHSの通信網を介して行えるような技術の展開も期待できる。また精度の高い、人の位置探索システムにも応用できると考えられる。

文 献

- [1] 内閣府「高齢社会白書」, 佐伯印刷, June, 2008
- [2] 竹内 一雅, 大田順, 池田和生, 相山康道, 新井民夫, “人エランドマークを用いた移動ロボットのナビゲーション”, 日本機械学会論文集(C編), 66巻 647号(2000-7)
- [3] 倉田隆行, 荒井郁男, “GPSと変位計の組み合わせによる高精度測位システム”, 社団法人電子通信情報学会, 信学技法, SANE2002-69(2003-01)
- [4] 油田信一, 水川真, 橋本秀紀, 田代泰典, “つくばチャレンジ2008実世界で働くロボットを目指して”: 課題とチャレンジの要点, 第9回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, RWRC 113-1
- [5] “つくばチャレンジ開催記念シンポジウム参加レポート集”, 財団法人ニューテクノロジー振興財団, つくばチャレンジ委員会, 2010年1月9日
- [6] 横井直明, 川原靖弘, 胡清華, 保坂寛, 酒田健治, “PHS測位を用いた高精度位置補正法”, マイクロメカトロニクス(日本時計学会誌) Vol.52 No.198, 2007
- [7] 大下治 二郎, 東山潤司, 小山博昭, 垂澤芳明, “移動体通信基地局環境における電界強度測定”, 社団法人電子通信情報学会, 信学技法, ENCJ2004-138(2005-01)