

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23500103

研究課題名(和文)次世代RFIDシステムのための多次元型電子タグ高速位置推定方式の開発

研究課題名(英文)Development of multidimensional quick position estimation method of electronic tags for next generation RFID system

研究代表者

和田 友孝(WADA, Tomotaka)

関西大学・システム理工学部・准教授

研究者番号：20314560

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、(1)ノンストップ位置推定、(2)3次元位置推定、(3)モバイルロボットの自己位置推定、の3課題を解決する手法を検討し、計算機シミュレーションおよび実験によりその有効性を明らかにすることができた。さらに、モバイルロボットの自己位置推定を応用した自律移動方法の検討も行った。その結果、目的地までモバイルロボットを自律的に移動させることができることを確かめた。本研究の成果により、身体障害者へのナビゲーション、案内ロボットの移動手段などにも応用できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We have proposed new methods to solve the following three themes, i.e. (1) position estimation without stop, (2) position estimation in 3D, and (3) self-position estimation of mobile robot. We have shown the effectiveness of the proposed methods by computer simulations and experiments. In addition, we have investigated an autonomous moving method using self-position estimation of mobile robot. As a result, we have confirmed that the mobile robot is able to move to the destination autonomously in a passage. Research achievements will be able to be applied to navigation systems to disabled people and moving technology of guidance robots.

研究分野：無線通信システム

キーワード：RFID 電子タグ 位置推定 自律移動 ユビキタスネットワーク

1. 研究開始当初の背景

RFID システムは電子タグ(RFID タグ)と RFID リーダで構成される。電子タグは固有 ID をもっており、人や物に付与される。ユーザは RFID リーダで電子タグの固有 ID を読みとり、電子タグの付与された情報を獲得する。さらに、ユーザは電子タグの固有 ID と位置情報を関連付けることで、何がどこにあるという状況を自動認識することができる。この電子タグの位置を特定する技術は、ロボットによる位置把握やナビゲーションシステムへの応用が可能である。

本研究では、製造コストが低いパッシブ型電子タグの位置推定法を検討する。これまでにベイズの定理を用いた確率的アプローチによる位置推定法が提案されているが、この手法は格子状の地点の尤度を計算するため、位置推定の誤差を小さくするためには、測定地点間の移動量を大きくする必要があり、位置推定するための時間が相当かかるという問題点がある。そこで、高速に位置推定可能な新たな方式を検討する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、物や人に付加される電子タグの位置情報を 3 次元空間として高速に取得し、電子タグの付いた対象物の性質・特徴を多角的に認識する、多次元型認識システムの開発を目的とする。これにより、家庭内で老人や身体障害者でも空間位置情報を用いて必要とする物を瞬時に探し出すことが可能となる、新たな RFID システムの実現を目標としている。将来的には、移動型ロボットにこの位置情報取得機能を持たせ、自動的に周囲の環境を把握して自律的に人の支援が可能となるシステムの実現も視野に入れている。研究期間内に明らかにする内容として、以下の 3 課題を推進する。

(1) ノンストップ位置推定

RFID リーダの放射電波の電力を可変とすることにより、複数のロケーションにおける情報をノンストップで取得する手法を提案する。本方式により、従来よりも短時間で電子タグの位置を推定することができるため、その有効性および位置推定精度について検証を行う。

(2) 3 次元位置推定

これまでの 2 次元電子タグ位置推定方式を拡張して、3 次元位置推定方式を提案する。アンテナから放射する電波を制御することによって通信範囲を細かく制御し、電子タグの位置を絞り込む。これにより、迅速な 3 次元位置推定を実現する。

(3) モバイルロボットの自己位置推定

壁に一定間隔で貼り付けた電子タグがある通路を想定し、RFID リーダをモバイルロボットに搭載して自身の位置を推定する方式を提案する。モバイルロボットがノンストップで移動しながら自身の位置を特定できることを明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では、パッシブ型 RFID タグの位置を 3 次元空間として高速に取得し、電子タグの付いた対象物の性質・特徴を多角的に認識する、多次元型システムの開発を目的としている。最初に、RFID リーダを搭載したモバイルロボットが RFID タグの位置を高速に取得する方法について検討を行う。RFID リーダの通信範囲を電子的に高速に動かしながらロボットをノンストップで移動させることにより、高速に位置情報を取得することを目指す。次に、タグの高速位置推定法を 3 次元空間に拡張して行う方法について検討を行う。さらに、これらの手法を組み合わせ、新たな 3 次元空間における多次元型高速位置推定方式を確立する。この方式は、モバイルロボット自身の位置推定にも応用可能である。位置情報の入った電子タグを壁に貼り付け、その情報を読み取ることでロボット自身の位置を精度良く推定できることを実証実験により明らかにする。

4. 研究成果

(1) ノンストップ位置推定方式の有効性を示すため、コンピュータシミュレーションにより性能評価を行った。モバイルロボットが連続的に直線移動する場合において従来方式と提案方式の位置推定精度の比較を行った。図 1 に提案方式および従来方式である 2 方式の位置推定誤差の結果を示す。提案方式では RFID リーダの送信出力制御により、大きさが異なる 2 つの通信領域を用いることで RFID タグの存在し得る領域を絞り込むことができるため、連続移動時に位置推定誤差が増大するという問題を解決できることがわかった。位置推定精度は、RFID リーダを固定させた状態で位置推定を行う従来法と比較しても同程度の精度が得られることがわかった。今後の移動ロボットへの応用が期待される。

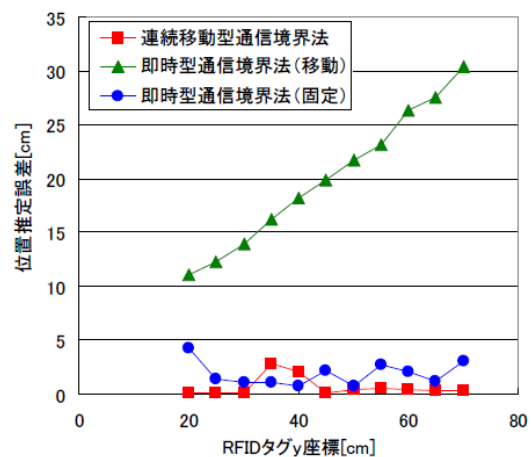


図 1 RFID タグの位置推定誤差

(2) 3 次元 RFID タグ位置推定のための動的マルチ通信レンジ方式を提案し、その有効性を

検証した。本方式は、アンテナと RFID タグ間の相対角度により変化する通信範囲に応じて、動的にセンサモデルの大きさを変化させてタグの位置を正確に推定する手法である。実験結果を図 2 に示す。本提案方式は、3次元位置推定における誤差を十分に減らせることがわかった。これは本方式がアンテナとタグ間の相対角度に応じて劇的にセンサモデルの大きさを変化させるため、送信電力制御の効果が大きく表れたと考えられる。また、RFID タグの初期検知において、アンテナの仰角が大きくなる程、動的マルチ通信レンジ方式の相対角度による通信レンジ変化の効果が出て高い位置推定精度を示すことがわかった。

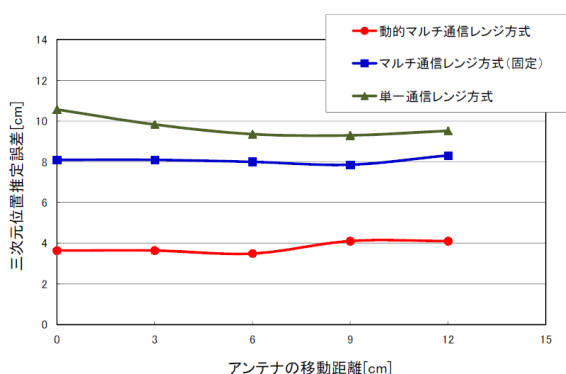


図 2 3次元位置推定誤差

(3) モバイルロボットは、水平方向時計回りに連続的に回転するアンテナを搭載し、屋内通路を連続移動する。位置情報が書き込まれたタグを通路の両側の壁に等間隔に設置し、これを読み込みながらロボットの移動を制御する。自己位置推定には、即時型通信境界法を用いる。これはリーダアンテナを水平方向に回転させ、アンテナとタグ間の相対角度を把握し、その相対角度に対応する仮想通信レンジである通信エリアモデルを発生させる。そして、通信エリアモデルをタグの存在候補として各存在候補が交わる交点をタグ推定位置とする。図 3 に L 字通路における平均経路誤差の特性を示す。この位置推定法は簡単な構成のため、従来方式と比較して高速かつ高精度に位置推定が可能となることがわかった。これはロボットナビゲーションに大きなインパクトがあると考えられる。

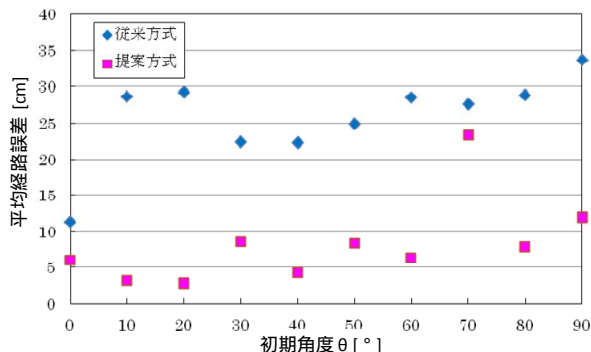


図 3 L 字通路における平均経路誤差

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 7 件)

1. Tomotaka Wada, Yusuke Shikiji, Keita Watari, and Hiromi Okada, "Novel Vehicle Information Acquisition Method using 2D Reflector Code for Automotive Infrared Laser Radar," IEICE Transaction on Fundamentals, vol.E98-A, no.1, pp.294-303, Jan. 2015. 査読有
DOI:10.1587/transfun.E98.A.294

2. Manato Fujimoto, Hayato Ozaki, Takuya Suzuki, Hiroaki Koyamashita, Tomotaka Wada, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, "Effective Barrier Coverage Constructions for Improving Border Security in Wireless Sensor Networks," IEICE Transaction on Communications, vol.E96-B, no.12, pp.3007-3016, Dec. 2013. 査読有
DOI:10.1587/transcom.E96.B.3007

3. Kazuya Mori, Akinori Yamane, Youhei Hayakawa, Tomotaka Wada, Kazuhiro Ohtsuki, and Hiromi Okada, "Development of Emergency Rescue Evacuation Support System (ERESS) in Panic-type Disasters: Disaster Recognition Algorithm by Support Vector Machine," IEICE Transaction on Fundamentals, vol.E96-A, no.2, pp.649-657, Feb. 2013. 査読有
DOI:10.1587/transfun.E96.A.649

4. Manato Fujimoto, Tomotaka Wada, Atsuki Inada, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, "Swift Communication Range Recognition Method for Quick and Accurate Position Estimation of Passive RFID Tags," IEICE Transaction on Fundamentals, vol.E95-A, no.9, pp.1596-1605, Sept. 2012. 査読有
DOI:10.1587/transfun.E95.A.1596

5. Manato Fujimoto, Tomotaka Wada, Atsuki Inada, Emi Nakamori, Yuki Oda, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, "Localization of Passive RFID Tags by Using Broad-Type Multi-Sensing-Range (B-MSR) Method," IEICE Transaction on Fundamentals, vol.E95-A, no.7, pp.1164-1174, July 2012. 査読有
DOI:10.1587/transfun.E95.A.1164

6. Tomotaka Wada, Toshihiro Hori, Manato Fujimoto, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, "An Adaptive Multi-Range-Sensing Method for 3D Localization of Passive RFID tags," IEICE Transaction on Fundamentals, vol.E95-A, no.6, pp.1074-1083, June 2012.

査読有

DOI:10.1587/transfun.E95.A.1074

7. Tomotaka Wada, Hiroyuki Takahashi, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, "A Novel Fast Mobile IPv6 Handover Scheme Using Dual Bands in Road-to-Vehicle Communications," IEICE Transaction on Fundamentals, vol.E95-A, no.1, pp.313-316, Jan. 2012. 査読有
DOI:10.1587/transfun.E95.A.313

〔学会発表〕(計 83 件)

1. Tadashi Nakanishi, Manato Fujimoto, Ryo Nagao, Sho Tatsukawa, Tomotaka Wada, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, "Moving Correction Method of a Mobile Robot Using Passive RFID System Based on Obstacle Prediction," The Fifth International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN 2014), On the Web, Busan, Korea, Oct. 28 2014.

2. 立川翔, 藤本まなと, 杉原真, 仲西正, 長尾遼, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, "移動ロボットのための RFID を用いた交差点衝突回避移動制御法," 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集, B-18-15, 徳島大学, Sept. 23 2014.

3. Ryo Nagao, Manato Fujimoto, Daiki Tsukuda, Tadashi Nakanishi, Tomotaka Wada, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, "Routing and Moving Control Method Using Passive RFID for Robot Navigation System," 8th Annual IEEE International Conference on RFID (RFID 2014), Poster Session, pp.68-69, Orlando, USA, April 9 2014.

4. 藤本まなと, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, 飯田幸雄, "パッシブ RFID システムを用いた指向性順応型三次元位置推定法," 電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-18-55, 新潟大学, March 21 2014.

5. 佃大貴, 藤本まなと, 仲西正, 長尾遼, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, "パッシブ RFID を用いたロボットナビゲーションシステムのためのルーティング及び移動制御法," 電子情報通信学会技術研究報告 (ITS 研究会), vol.113, no.337, ITS2013-22, pp.31-35, 東京理科大学, Dec. 3 2013.

6. Manato Fujimoto, Emi Nakamori, Daiki Tsukuda, Tomotaka Wada, Kouichi Mitsuura, Hiromi Okada, and Yukio Iida, "A New Indoor Robot Navigation System Using RFID Technology," 4th International Conference on Indoor Positioning and Indoor

Navigation (IPIN 2013), pp.637-638, Montbeliard-Belfort, France, Oct. 29 2013.

7. 藤本まなと, 中森絵美, 佃大貴, 仲西正, 長尾遼, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, 飯田幸雄, "自律移動ナビゲーションシステムのためのパッシブ RFID を用いた移動制御法," 電子情報通信学会技術研究報告 (情報ネットワーク研究会), vol.113, no.206, IN2013-70, pp.61-66, 東北大学, Sept. 13 2013.

8. 仲西正, 藤本まなと, 佃大貴, 長尾遼, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, "モバイルロボットにおける RFID を用いた障害物回避予測移動補正法," 電子情報通信学会技術研究報告 (ITS 研究会), vol.113, no.163, ITS2013-7, pp.7-12, 関西大学, July 26 2013.

9. 長尾遼, 藤本まなと, 佃大貴, 仲西正, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, "自律移動ロボットのためのパッシブ型 RFID システムを用いた通路分割型移動制御法," 電子情報通信学会技術研究報告 (ITS 研究会), vol.113, no.163, ITS2013-8, pp.13-18, 関西大学, July 26 2013.

10. 仲西正, 藤本まなと, 小田悠有希, 中森絵美, 佃大貴, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, "RFID システムを用いたモバイルロボットにおける前方経路予測移動補正法," 電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-19-48, 岐阜大学, March 21 2013.

11. Emi Nakamori, Daiki Tsukuda, Manato Fujimoto, Yuki Oda, Tomotaka Wada, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, "A New Indoor Position Estimation Method of RFID Tags for Continuous Moving Navigation Systems," The 3rd International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN 2012), Sydney, Australia, Nov. 14 2012.

12. 藤本まなと, 稲田充希, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, "パッシブ型 RFID タグ位置推定のための再検知型通信境界法の提案," 電子情報通信学会技術研究報告 (ユビキタス・センサネットワーク研究会), vol.112, no.242, USN2012-47, pp.107-112, 福岡大学, Oct. 19 2012.

13. Yuki Oda, Atsuki Inada, Emi Nakamori, Manato Fujimoto, Tomotaka Wada, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, "Dual Type Communication Range Recognition Method (D-CRR) for Indoor Position Estimation of Passive RFID Tags," IEEE 76th Vehicular

Technology Conference (VTC2012-Fall),
Quebec City, Canada, Sept. 6 2012.

14. 佃大貴, 稲田充希, 小田悠有希, 中森絵美, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, “RFIDシステムを用いた屋内ロボットナビゲーションのための自動移動補正法,” 電子情報通信学会総合大会講演論文集, B-18-13, 岡山大学, March 22 2012.

15. Manato Fujimoto, Emi Nakamori, Atsuki Inada, Yuki Oda, Tomotaka Wada, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, “A Broad-Typed Multi-Sensing-Range Method for Indoor Position Estimation of Passive RFID Tags,” International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN 2011), Guimaraes, Portugal, Sept. 21 2011.

16. Atsuki Inada, Yuki Oda, Emi Nakamori, Manato Fujimoto, Tomotaka Wada, Kouichi Mitsuura, and Hiromi Okada, “Sliding-Typed Communication Range Recognition Method for Indoor Position Estimation in Passive RFID Systems,” International Workshop on Applications of Wireless Ad hoc and Sensor Networks (AWASN 2011), pp.42-49, Taipei, Taiwan, Sept. 13 2011.

17. 小田悠有希, 稲田充希, 中森絵美, 藤本まなと, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, “パッシブ RFID タグ位置推定におけるデュアル型通信境界法,” 電子情報通信学会技術研究報告 (情報ネットワーク研究会), vol.111, no.80, IN2011-29, pp.1-6, 愛知県立大学, June 16 2011.

18. 中森絵美, 稲田充希, 小田悠有希, 藤本まなと, 和田友孝, 六浦光一, 岡田博美, “パッシブ RFID タグ位置推定における連続移動型通信境界法,” 電子情報通信学会技術研究報告 (情報ネットワーク研究会), vol.111, no.80, IN2011-30, pp.7-12, 愛知県立大学, June 16 2011.

〔図書〕(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://gakujo.kansai-u.ac.jp/profile/ja/8bf35ec8a2e716a2abca7f91G02vs.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和田 友孝 (WADA, Tomotaka)

関西大学・システム理工学部・准教授

研究者番号: 20314560

(2) 研究分担者

岡田 博美 (OKADA, Hiromi)

関西大学・先端科学技術推進機構・研究員

研究者番号: 10093387

(平成 26 年度より分担者から削除)

六浦 光一 (MUTSUURA, Kouichi)

信州大学・経済学部・教授

研究者番号: 00106147