

科学研究費補助金研究成果報告書

平成24年6月1日現在

機関番号：13801

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21760283

研究課題名（和文）

駐車支援に用いる広範囲監視のための複数アンテナを使用したレーダネットワークの検討

研究課題名（英文）

A research of radar network systems with multiple antennas for wide area detection in parking assistance

研究代表者

羽多野 裕之 (HIROYUKI HATANO)

静岡大学・工学部・助教

研究者番号：40402531

研究成果の概要（和文）：

自動車周囲に存在する障害物を検出するべく障害物検出システムの構築を行ってきている。駐車支援などで使用される近距離用システムにおいて必要とされる広い監視エリア、高い位置推定精度を実現すべく、本研究では分散配置されたセンシングデバイスをネットワークでつないだ「レーダネットワーク」による実現を検討している。送信機のアレイ化による監視領域の広域化、アレイ化による指向性情報や反射マルチパスの利用による位置推定精度向上などに取り組んだ。

研究成果の概要（英文）：

For detection of objects around own vehicle, we consider an estimation system of target positions. In the use of parking assistance, wide observation area and high estimation accuracy are required. In order to realize the requirements, we focus on a radar network system which is constructed with multiple sensing devices. We proposed architectures of the wide emission by an array of transmitters, the improvement by using the directional emission and multipath signals.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：無線技術応用

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：走行支援道路システム(AHS), 高度道路交通システム, 次世代交通システム, 情報通信工学, 移動体通信

1. 研究開始当初の背景

国土交通省が ASV(Advanced Safety Vehicle: 先進安全自動車)の研究開発を提唱する中、安全・快適な交通社会を目指して官庁・民間企業・大学が連携し、各種システムの研究開発が推進されてきた。その中でも、ドライバーに対して認知支援を行う、車載用障害物検出システムは重要な検討課題となっている。

車載用障害物検出システムは“遠距離用”と“近距離用”とに大別することができる。遠距離用においては、1990 年頃からアダプティブクルーズコントロール(ACC)で代表されるアプリケーションが既に実用化に至っている。一方で近距離用障害物検出システムは、超音波レーダやカメラを用いた簡易な駐車支援システムが実用化されているが、高度な運転者支援を行うことが可能なレベルまでは至っていない。本研究では、この近距離用障害物検出システムに着目している。

近距離用障害物検出システムでは、対象物が近距離であるが故に、広い視野角を有した監視領域と高い障害物位置推定精度が要求される。本研究では、これらの課題を達成するために複数のセンシングデバイスを分散配置したレーダネットワークによる実現を検討している。

2. 研究の目的

研究代表者らは実現のための要素技術として、「広範囲を隈なくカバー可能なアレイ化した送信機」、「分散配置された測距装置から得られた測距値を元に障害物の位置を確率的に導くアルゴリズム」について提案してきた。提案システムの推定精度は進行方向精度 1.5cm、角度精度 1.2 度と高度な駐車補助で要求される仕様（進行方向精度：数 cm、角度精度：1 度）をほぼ満たしている。

今までの検討では、測距レーダとして、安価かつ低周波数であるため信号の取扱いが容易である超音波レーダを用いている。超音波レーダは、駐車支援などの低車速アプリケーションには非常に有効なデバイスである。本申請内容では、以上のように確立してきた要素技術を電磁波等を用いたその他のセンシングデバイスを用いたレーダに応用し、かつレーダネットワーク特有の問題点を解決することを目的とする。これにより、移動速度や検出対象などの幅が広くなり、歩行者などの衝突回避システムや死角補助システムなどの幅広いアプリケーションに適応可能となる。

3. 研究の方法

以下の項目について取り組んだ。

(1)送信部アレイ化の推定精度向上への応用
前方監視用であれば車両前方にレーダを分散配置する（障害物を取り囲むように設置できない）。この場合、車幅方向に推定誤差が大きく発生する。この誤差の低減を目指す。具体的には、送信部の素子のアレイ化を行う。アレイ化を行うことにより信号放射の指向性を電子的に操作可能となる。以上のようなレーダネットワーク特有の誤差の低減を行うための、送信部アレイ化の検討・設計を行う。

従来の推定アルゴリズムでは、障害物の存在方位情報を利用していない。しかし、上記アレイ送信機を用いることにより方位情報を得ることができる。これにより、従来の位置推定アルゴリズムが有する精度の向上、誤検出の低減が可能である。この方位情報を利用した高精度な位置推定アルゴリズムの導出とその有効性を明らかにする。

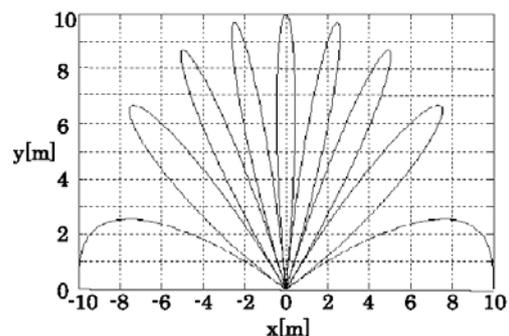
(2)位置推定アルゴリズムの高度化

本研究では近距離に存在するターゲットの検出を念頭にしている。従って高い推定精度が求められる。また、歩行者などの反射の弱いターゲットの場合、受信感度を上げて受信する必要がある。高い推定精度を達成するために、本検討ではターゲットが近距離かつ受信感度を上げた際に生じるマルチパス信号を有効に利用し、位置推定誤差を低減させる手法を新たに検討する。

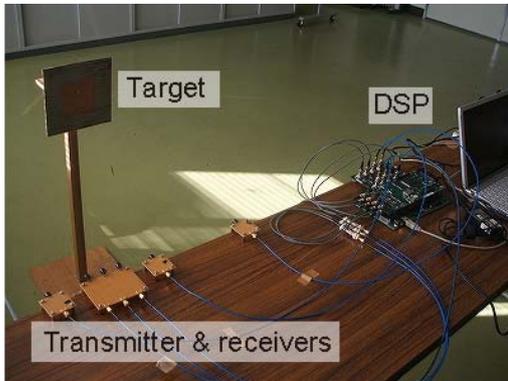
4. 研究成果

(1)送信部アレイ化の推定精度向上への応用
車両前方にレーダを分散配置場合に発生する位置推定誤差を低減させるべく、送信部アレイ化を行った。特に位置推定精度の向上を目指し、ビームを細く、かつ広範囲に指向性を制御することを検討した。さらに送信機の指向性情報を位置推定時に利用するアルゴリズムを提案し、車幅方向の位置推定誤差の低減を達成した。

指向性は敢えて複数のローブを発生させ、その指向性情報を位置推定時に利用する。設計により得られた指向性の一例を下図に示す。



これまでの計算機上での評価に加え、さらに、一連の「指向性を持たせて信号を放射。受信後の推定手法でその指向性情報を利用する手法」を超音波センサとテキサス・インスツルメンツ社製 DSP ボード、平塚エンジニアリング社製拡張 AD/DA ボードを利用し実装した。その様子を下図に示す。

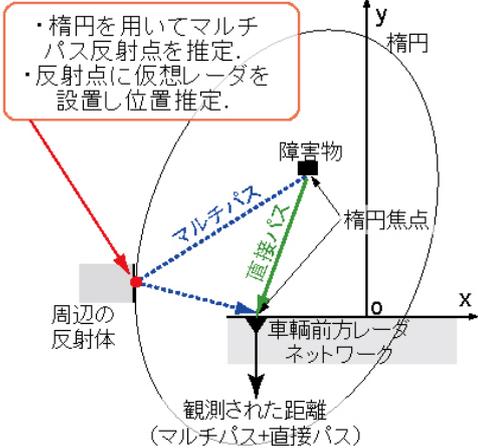


結果、推定された位置の誤差成分の分散値にして従来手法の約 70%までに位置推定精度の低減を可能とした。

(2) 位置推定アルゴリズムの高度化

マルチパス信号を有効に利用し、位置推定誤差を低減させる手法を新たに検討した。提案したアイデアを下図に示す。

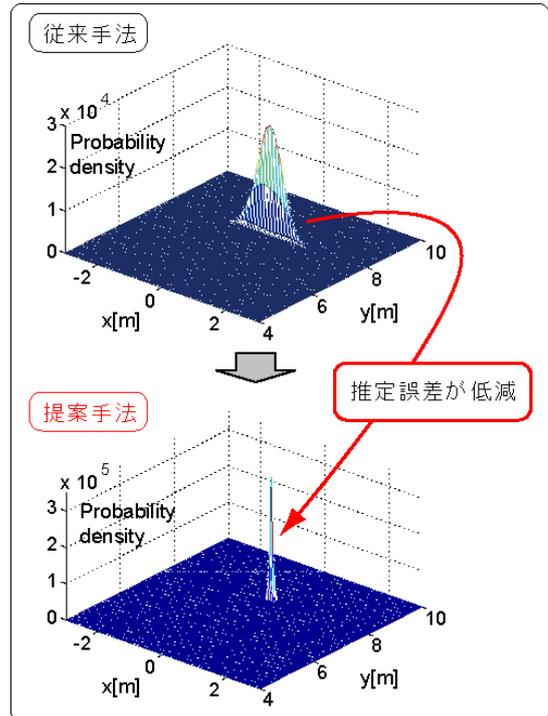
アイデア



提案手法では、

- ① 楕円の性質である「楕円は2焦点からの距離の和が一定である点の集合である」という特徴を利用
- ② 観測されたマルチパス信号より、楕円を作成し、周辺反射体における反射点を推定
- ③ その推定点を「仮想的な受信機」と見なす。この仮想的な受信機と実際の受信機とを利用し、障害物の位置を推定

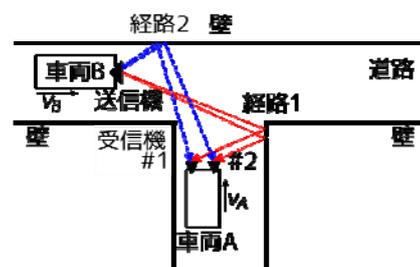
の手順で障害物の位置を推定する。計算機を使用したシミュレーションにて有効性を確認した。以下に一例を示す。



上の図はある点に存在する障害物の位置を推定した際の推定された位置の分布である。図より、従来手法と比べ、誤差成分の分散値として数%となっており、非常に有効に働いていることが確認できる。

(3) 新たなレーダネットワークの有用性の発掘

最終年度では、次フェーズへの取り組みを練る年度としても位置付けていた。今回の上記一連の検討事項は、レーダなどの測距センサを用いた障害物の位置検出システムである。そのレーダなどの信号を他車が有効に利用することを考える。多くの事故は交差点で発生しており、相手車両をいち早く検出することが望まれる。そこで、相手が見通しで見えなくともレーダネットワークで検知すべく、「交差点に進入しようとする死角領域の相手車両の接近を検知する新たな手法の検討」という新たな課題を設定した。想定環境を下図に示す。



この課題に対し、他車輛（車両 A）のレーダネットワークによって(1)受信強度、(2)ドップラ周波数などの特徴量から接近車輛（車両 B）を検出する手法を提案し、基礎検討を行った。上記の特徴量はレーダネットワーク内の複数の受信機で観測量が異なることが予想される。その“観測量の違い”によって、接近車輛の推定を行う手法である。この手法の検討によって、T字路における左右判定や、接近具合判定、速度推定がある程度可能である見通しが得られた。

本研究期間中の重要な課題として、情報発信に取り組むことを位置付けていた。上記の研究成果は、次章で詳述するように4件の論文誌ならびに8件の学会発表、その他、公開講座やホームページ上にて積極的に発信を行った。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計4件）

- [1] Hiroyuki HATANO, Tomoharu MIZUTANI, and Yoshihiko KUWAHARA, Reduction Processing of the Position Estimation Error Using Transmitted Directivity Information, IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 査読有, Vol. E95-A, No. 1, 2012, pp. 286-295
- [2] Hiroyuki HATANO, Tomoharu MIZUTANI, Kazuya SUGIYAMA, and Yoshihiko KUWAHARA, Target Position Estimation Algorithm under Corrupted Measurement Data for Radar Network Systems, IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 査読有, Vol. E95-A, No. 1, 2012, pp. 317-323
- [3] Hiroyuki HATANO, Kazuya SUGIYAMA, Tomoharu MIZUTANI, and Yoshihiko KUWAHARA, Error Reduction Algorithm for Target Position Estimation Using Reflected Signals, IEICE TRANSACTIONS on Communications, 査読有, Vol. E94-B, No. 10, 2011, pp. 2886-2890
- [4] Hiroyuki HATANO, Tomoharu MIZUTANI, and Yoshihiko KUWAHARA, An Effective Usage of Transmitted Directivity Information for Target Position Estimation Algorithm, IARIA International Journal on Advances in Telecommunications, 査読有, Vol. 4, No.

3&4, 2011, pp. 264-275

〔学会発表〕（計8件）

- [1] 渥原成樹, 羽多野裕之, レーダネットワークを用いた死角領域内の接近物体の検知, 電子情報通信学会総合大会, 2012年3月20日, 岡山大学(岡山県)
- [2] 羽多野裕之, [特別講演] 国際会議参加報告(ITST 2011, St. Petersburg, Russia), 電子情報通信学会技術研究報告(招待講演), 2011年12月15日, 長崎美術館(長崎県)
- [3] 羽多野裕之, 水谷友治, 桑原義彦, レーダネットワークにおける送信指向性情報を利用した位置推定アルゴリズム, 電子情報通信学会技術研究報告, 2011年7月28日, 静岡大学(静岡県)
- [4] Hiroyuki HATANO, Tomoharu MIZUTANI, Kazuya SUGIYAMA, Yoshihiko KUWAHARA, Performance of Localization Algorithm under Corrupted Measurement Data and Lopsided Sensor Arrangement, IEEE International Conference on New Technologies, Mobility and Security, 7-10 Feb. 2011, The University of Sorbonne(Paris, France)
- [5] Hiroyuki HATANO, Tomoharu MIZUTANI, Yoshihiko KUWAHARA, A Error Reduction Algorithm for Position Estimation Systems using Transmitted Directivity Information, IARIA International Conference on Networks, 23-28 Jan. 2011, St. Marteen, Netherlands Antilles
- [6] 杉山和哉, 羽多野裕之, 桑原義彦, 反射波を利用した位置推定誤差低減のための位置推定アルゴリズム, 電子情報通信学会総合大会, 2010年3月18日, 東北大学(仙台市)
- [7] 水谷友治, 羽多野裕之, 桑原義彦, レーダネットワークにおける受信機配置の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 2010年2月16日, 北海道大学(札幌市)
- [8] 水谷友治, 羽多野裕之, 桑原義彦, 障害物の位置推定誤差低減のための送信機の一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, 2009年10月8日, 静岡大学(浜松市)

〔その他〕

ホームページ等

<http://hatanolab.eng.shizuoka.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

羽多野 裕之 (Hiroyuki HATANO)

静岡大学・工学部・助教

研究者番号：40402531

(2) 研究分担者

該当なし

研究者番号：

(3) 連携研究者

該当なし

研究者番号：