

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 8 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22650013

研究課題名（和文）

測路レーダーとGPSを併用した走行車両群のリアルタイム挙動把握

研究課題名（英文）

Real-time Position Estimation of Moving Vehicles using Measuring Devices and GPS

研究代表者

東野 輝夫 (HIGASINO TERUO)

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号：80173144

研究成果の概要（和文）：

本研究では、ミリ波レーダーなどの測路デバイスとGPS機能付カーナビゲーションシステムを搭載する走行車両群の時々刻々と変化する走行位置を各車両群が自律的且つリアルタイムに推定するための車車間通信プロトコルを考案し、現実的な車両モビリティの下でその精度を精査し、車両密度とその位置推定精度などの関係を明確にすることを目的としている。

一般に、すべての車両が測路レーダーとカーナビを保持していると仮定できないので、提案プロトコルでは、カーナビやミリ波レーダーを保持している車両が非保持車両の位置を推定しながら保持車両間で推定位置情報を交換することで、走行車両群全体の移動履歴を高精度且つリアルタイムで推定する方法を考案した。

提案手法を交通流シミュレータと無線ネットワークシミュレーターを併用して評価し、その位置測定精度と車両密度、カーナビ・ミリ波レーダーの搭載率などとの関係を明らかにしている。様々な評価実験により、カーナビやミリ波レーダーを保持している車両の割合が30%程度でも、周辺車両のリアルタイムな位置が1メートル以内の誤差で推定できること（10%でも誤差は1.4メートル以内）などを示すことで、提案手法の有効性を評価している。

提案研究の一部の成果については、ITS関連分野で毎年開催されている伝統的国際会議である74th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Fall 2011)で発表している。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we have designed and developed an inter-vehicle communication protocol for estimating positions of moving vehicles in real-time by using measuring devices and GPS. As measuring devices, we assume millimeter wave radars inform the distance to neighboring vehicles and car navigation systems provide GPS positions of vehicles.

Since we cannot assume all vehicles have such millimeter wave radars and car navigation systems, the proposed protocol assumes that vehicles with such radars and car navigation systems estimate the positions of vehicles without such devices, and that vehicles with such devices exchange position information for obtained neighboring vehicles and estimate positions of all the vehicles accurately and efficiently.

We have evaluated their effectiveness using a traffic simulator and a network simulator together where we are discussing the relation between accuracy of position estimation and vehicular density for several attach rates of millimeter wave radars and car navigation systems. Using the proposed protocol, we can estimate real-time positions of moving vehicles within 1 meter errors even for a case that the attach rate is 30% (1.4 meter errors for a case that the attach rate is 10%).

A part of the research result has been presented at 74th IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Fall 2011), which is a traditional ITS related international conference.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	0	1,600,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	390,000	3,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：無線通信, ITS, 位置推定, GPS, 測路レーダー

1. 研究開始当初の背景

近年、ミリ波レーダーなどの測路デバイスを用いて、前方車両との車間距離が極端に短くなった場合に自動的に急ブレーキをかけて衝突を回避する機能を組み込んだ乗用車が開発されている。また、各車両の危険情報を車車間通信で後続の車両に伝搬させることで、多重衝突を回避しようとする研究などが行われている。しかし、実際には隣のレーンからの無理な割り込みや追い越し、レーンとレーンの間を高速ですり抜けていくバイクの存在など、車両の安全走行に問題となる状況が頻繁に発生しており、より高度な周辺車両のリアルタイム状況把握が必要とされている。

周辺車両群全体の移動履歴を各車両がリアルタイムに把握できれば、前方車両との単純な衝突回避のみならず、無理な割り込みや追い越しの回避、トラックの後ろを走行する小型車など対向車線の車両から死角になっている車両の検知、交通事故の発生や危険車両の接近などの情報伝搬、といった様々な交通安全アプリに寄与すると想定される。

申請者は、これまでに車車間通信を用いて、先行道路の道路情報の効率的な伝搬方式や暴走車両の分散協調検知のための車車間通信プロトコルを提案し、それらを *IEEE Transactions on ITS* 誌 (vol.8, no.3, pp.379-390, 2007) や *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 誌 (2009年9月採録決定, vol.59, no.2, pp.627, 2010) などで発表している。

提案方式では、これらGPS情報をベースとした車車間通信プロトコルに近年普及が進んでいるミリ波レーダーなどの測路デバイスからの推定車間距離情報などを連動させることで、複数車線を走行する周辺車両群の百ミリ秒毎の位置を高精度且つリアルタイムに推定するための方法を提案しようとし

たものであり、各車両が連携して近隣走行車両群全体の移動状況を高精度且つリアルタイムに推定する方法を提案している。

2. 研究の目的

本研究では、ミリ波レーダーなどの測路デバイスとGPS機能付カーナビゲーションシステムを搭載する走行車両群の時々刻々と変化する走行位置を各車両群が自律的且つリアルタイムに推定するための車車間通信プロトコルを考案し、現実的な車両モビリティの下でその精度を精査し、車両密度とその位置推定精度などの関係を明確にすることを目的とする。

一般に、すべての車両が測路レーダーとカーナビを保持していると仮定できないので、提案プロトコルでは、50～60%程度の車両がカーナビを保持し、20～30%程度の車両がミリ波レーダーを保持しているような状況を想定し、ミリ波レーダーやカーナビを保持する車両が非保持車両の位置を推定し、パケット衝突を回避しながら車両間で推定位置情報を交換することで、走行車両群全体の移動履歴を高精度且つリアルタイムで推定する方法を考案することを目的とする。

また、提案手法を交通流シミュレータと無線ネットワークシミュレーターを併用して評価し、その位置測定精度と車両密度、カーナビ・ミリ波レーダーの搭載率などとの関係を明らかにしたいと考えている。

3. 研究の方法

まず、市販のミリ波レーダーモジュールをベースにパソコンのUSBを経由して測路データの収集・評価を行えるような測路データ収集システムを構築する。また、実際の走行車両にGPS機能付きのポータブルカーナビゲーションシステムを搭載し、走行車両の計測位置を様々な環境で測定することで、実際の

GPS やミリ波レーダーの誤差分布を詳細に収集・分析する。ビルや橋、大型のトラックなど障害物が近くにある場合の誤差分布などの情報を詳細に収集・分析する。

得られた誤差分布情報を元に、複数の周辺車両から送られた自車両の推定位置と自車両の GPS から得られた位置情報を併用して、自車両の現在位置をできるだけ高精度に推定するための方法を考案する。

一般に、他車両からの推定位置情報や自車両の GPS 情報には誤差が含まれているが、複数の車両の推定位置情報を複数重ね合わせることで、その精度を高める手法を考案する。また、ミリ波レーダーの所持率が 20~30%程度でも相当数の車両が走行する都市環境では、対向車線を走るミリ波レーダー付車両からの推定位置情報は頻繁に得ることが可能であり、これらの情報から自車両の推定位置を補正していくことで、位置推定の精度を高めることを検討する。

これらの検討と並行して、時々刻々と変化する各走行車両の推定位置を周辺車両間で自律的に交換するための車車間通信プロトコルを考案する。一般にカーナビやミリ波レーダーを保持しない車両（非装備車両）はその車両の位置も周辺車両の推定も行えない移動ノードと考え、カーナビやミリ波レーダーを保持する車両がそれら非装備車両の位置や走行状況を連携して把握する仕組みを構築し、周辺車両群の走行マップをできるだけ正確に生成できるようにするための方法を考案する。

一般に、カーナビやミリ波レーダーの装備率が数%といった低い装備率では周辺車両群の走行マップを正確に構築することは困難であるが、例えば、10~30%程度の車両がカーナビやミリ波レーダーを保持しているような状況でも、ある程度の確度で走行マップを構築できると予想している。無論、併走する車両の影に隠れて数秒間ミリ波レーダーで捕捉できない車両が発生したり、対向車線の車がなく非装備車両が十数台連続して走行するような場合は周辺車両からの位置推定も行えず、数秒から十数秒近隣車両の走行状況を捕捉出来ない可能性がある。一方、ある程度の車両密度がある場合は、各車両は短時間で大幅に速度を変更することは難しいため、捕捉できない期間の走行車両の移動状況は当該道路に沿って等速で走行していると仮定してもある程度の精度は確保できる。本研究では、そういった場合、当該車両の位置情報の信頼度を下げ、信頼度に基づき周辺走行車両群の移動状況をできるだけ高精度

且つリアルタイムで推定できる方式を考える。

申請者らが *IEEE Transactions on Vehicular Technology* 誌で考案した車両モビリティ (microscopic モビリティモデル) を元に、実際の車両の走行状況に近い microscopic な車両モビリティを生成し、それらを交通流シミュレータ上で再現する。

再現した車両モビリティをもとに、提案プロトコルの性能を評価する。その際、様々な車両密度やカーナビの保持率、ミリ波レーダーの保持率に対してシミュレーションを行うことで、車両密度と測路デバイスの装備率などの環境情報と車両の位置推定精度の関係を明確にする。

4. 研究成果

シミュレーション実験により、提案手法の有用性を確かめた。

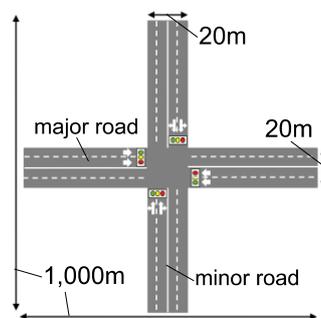


図1 シミュレーションマップ

シミュレーションマップとして、図1に示すような車幅 5m、長さ 1km の片側 2 車線、合計 4 車線の道路が交わる交差点のマップを用意した。図の左右方向の道路を主要道路 (major road)、上下方向の道路を一般道路 (minor road) と設定し、交通流シミュレータ VISSIM を用いて車両の挙動データを生成した。平均速度は 60km/h とし、主要道路、一般道路の車両台数をそれぞれ、1,800 台/時間、1,200 台/時間とした。タイムスロットの長さを 100 ミリ秒、GPS 位置誤差の標準偏差 σ_g を 5m、測域センサで測定した相対位置の誤差の標準偏差 σ_r を 0.25m、速度誤差の標準偏差 σ_v を 0.08m/ms とした。センサモデルは最大センシング距離を 100m の見通しモデルとし、GPS の測位間隔 T_g を 10 タイムスロット、センサの測定間隔 T_z およびメッセージ送信間隔 T_s を 1 タイムスロットとした。無線伝播モデルとして 2 波モデルを想定し、送信電力を 23dBm とした。また通信プロトコルはデータ転送レート 6Mbps の DSRC/WAVE とする。シミュレーションにおける性能をネットワークシミュレータ

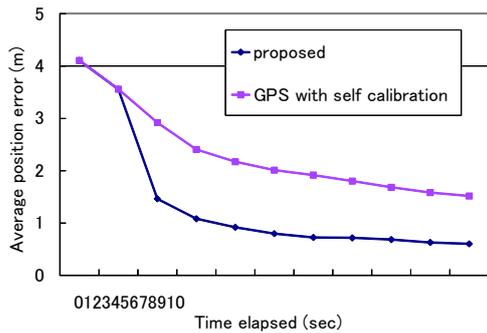


図2 装備車両の平均誤差

Scenargie を用いて評価した。

はじめに、提案手法により GPS 位置からの程度精度を向上できるかを評価した。一般にナビゲーションなどのアプリケーションは過去に測定した GPS 位置や地図情報などを用いて補正した GPS 位置を利用する。そこで、本節では過去の自身の観測情報に基づき GPS 位置を補正する手法と提案手法での性能を比較する。装備車両の割合は 100%とした。

まず、提案手法および比較手法における各装備車両が保持する自車両の推定位置の平均誤差を評価した。位置誤差は実際の位置とのユークリッド距離で定義する。図2に示す評価結果より、全車両が一斉に提案手法による位置推定を開始してから 10 秒後には平均誤差が 0.50m 以下となっており、GPS 位置に対して 90%、比較手法に対して 70%の位置誤差を軽減できた。

次に、装備車両の割合が精度に与える影響を評価した。図3に、装備車両の割合を10%から100%とした場合の10秒経過後の平均位置誤差を示す。結果より、装備車両の割合が低いほど位置候補数が減少するため誤差が悪化する傾向となった。しかし装備車両の割合が低い場合でも、異なる時間の異なる車両によって測定された観測情報を用いることにより、推定位置の誤差は図2に示したGPS位置誤差、約1.5mを大きく削減できている。

また、装備車両の割合が推定率 $R(d)$ に与える影響も評価した。ここで、推定率とは、ある距離 d が与えられたときに、誤差 d m 未満の範囲で他の車両に対して一意に定まった車両の割合を指す。図4に、装備車両の割合を10%から100%とした場合のシミュレーション開始後10秒経過後の $R(d)$ の値を示す。グラフより、高い装備率ほど高精度に推定できていることが分かる。十分に高い装備率の場合、近隣車両の70%ほどを1m未満の誤差で認識できており、装備率が50%程度の場合でも、40%程度の車両は1m未満の誤差で認識できている。しかし、装備率を100%としても $R(2.5)$ は100%に達していないが、これは、シミュレーションエリアの端からシミュレ

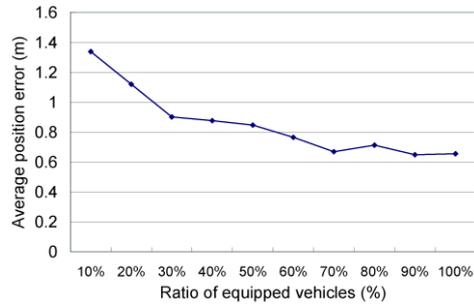


図3 装備率が平均誤差に与える影響

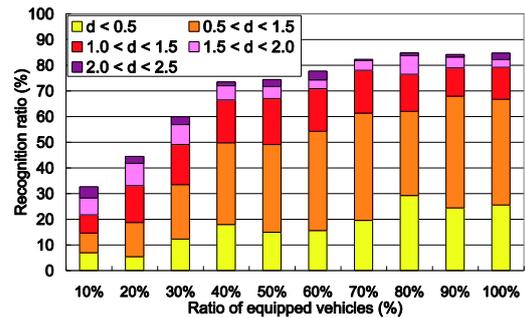


図4 装備率が認識率に与える影響

ーションエリア内に入ってきた車両はまだ十分な情報を得られておらず、そのため、推定精度が悪くなっていることも原因と考えられる。

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計3件)

- [1] 富樫 祐二, 梅津 高朗, 東野 輝夫: 排気量削減を目的とした車両移動予測に基づく強化学習による信号機制御手法の提案, 情報処理学会研究報告第48回高度交通システム (ITS), 2012-ITS-48, 2012/3/16, 東京都調布市.
- [2] Fujii, S., Fujita, A., Umedu, T., Yamaguchi, H., Higashino, T., Kaneda, S. and Takai, M.: Cooperative Vehicle Positioning via V2V Communications and Onboard Sensors, Proc. of the 4th International Symposium on Wireless Vehicular Communications (WiVeC2011), CD-ROM, 2011/9/5, San Francisco, U.S.
- [3] 藤井 彩恵, 山口 弘純, 東野 輝夫, 金田 茂, 高井 峰生: 車車間通信を用いた協調型車両位置推定手法, 情報処理学会研究報告第43回高度交通システム (ITS), 2010-ITS-43, 2010/11/11, 兵庫県神戸市.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

東野 輝夫 (HIGASINO TERUO)

大阪大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号：80173144