

氏 名 富樫 宏謙

学位(専攻分野) 博士(情報学)

学位記番号 総研大甲第 1556 号

学位授与の日付 平成24年9月28日

学位授与の要件 複合科学研究科 情報学専攻
学位規則第6条第1項該当

学位論文題目 RFID を活用した ITS プラットフォーム構成とその応用に
関する研究

論文審査委員 主 査 教授 山田 茂樹
教授 米田 友洋
教授 計 宇生
准教授 鯉渕 道紘
准教授 田 学軍 愛知県立大学

現在、安全・安心な道路交通環境の実現を目的として様々なITS関連システムが開発・研究されている。具体的には、VICSを用いた渋滞情報システムやITSスポットサービスによる情報提供、レーダを用いた衝突防止システムや車載のカメラを用いたレーンキープアシストシステムなどが存在し、これらのシステムは実用的ないし実用に近いレベルにある。一方で、各サービスが独立した機器により実装されているため、新たなシステムの利用には新たな機器を車載することが必要となっている。各種のサービスを独立した機器により実現・検討している現状は新たなサービスの実用化に対する阻害要因となっている。

こうした現状に対し、各種のサービスにおいて利用されている機器の機能について考えると、その多くは共通していることから、一定の基本機能を持つプラットフォームを構築できると考えた。このプラットフォームを活用して様々なサービスを提供することでサービスを普及しやすくするとともに、新たな多種のサービスの出現が期待できる。プラットフォームが備えるべき機能は路側機器の個体識別、データ通信、測距、車両の状態取得などが挙げられ、このうち、車両の状態取得については車載のセンサを用いるのが適当である。その他の基本機能は路側機器により実現することになるが、路側機器の要求条件をさらに検討すると、これらを一つの機器で実現可能な機器のうち、高密度に路側に配置可能な機器はRFID等に絞られ、機器の大きさや費用対効果について検討することで、提案プラットフォームではRFIDを採用している。さらにアクティブ型RFIDを利用することで車両から情報を取得する際の「質問⇒応答」といったプロセスを省略でき電波の有効活用が可能である。また、アクティブ型RFIDの一種であるマルチホップRFIDを利用することでより広い範囲への情報提供・収集が可能となる。こうした点から、提案手法ではマルチホップRFIDを活用してITSプラットフォームを構築する。

また、各種のアプリケーションをプラットフォーム上で実装するにあたっては、アプリケーション固有の課題の解決や、既に実現され得ているアプリケーションを提案プラットフォーム上へ移植するための検討を行うことが必要である。本研究ではITS関連システムのうち、レーンキープアシストシステムと、情報収集・提供サービスについてこれらの課題を検討することにより、提案プラットフォームの実現可能性とその実用化に際した課題を検討する。

プラットフォームの機能に関連して、本論文では路側RFIDを利用した位置推定手法として、以下のアルゴリズム的特徴を持つ手法を提案した。

1) 推定精度の向上を実現するため、提案手法では各RFIDの組み合わせに対し、それらを結んだ直線をRFIDの位置とRFID-アンテナ間の距離に基づいて内分または外分する点(内外分点)を利用している。2) 複数の内外分点を次数の異なる重みづけ関数により統合し、重みづけ次数の増加による統合結果の収束をもとに各アンテナの位置を推定する。この重みづけにおいて、車両の近くに位置するRFIDから求められた内外分点に、より大きなウェイトを与えている。

屋外の道路環境にて位置推定実験を行った結果、提案手法はRFIDを道路の両側に0.5m間隔で配置し、アンテナを8本車載することで誤差の平均値を0.7mに抑えられる事が判明した。車線方向の誤差に着目することで、提案手法は移動中の車両において車線の認識が可能であると結論付けられた。

また、プラットフォーム上で実装されるアプリケーションとして、本稿ではレーンキープアシストシステムとマルチホップRFIDを活用した情報収集・提供システムについて検討した。レーンキープアシストシステムについては、RFIDを用いた環境に適用できる既存の動作モデルが存在しないため、新たな動作モデルを提案した。レーンキープアシストシステムは車両とRFIDの距離から路肩との接近度合いを求め、接近度合いをいくつかの段階に分類することで適切な操作を起動し、車線からの逸脱を防止する。提案したレーンキープアシストシステムについてシミュレーションによる評価を行った結果、レーンキープ

プアシストシステム自体は、支援操作がシステムにより自動的に起動される場合において、適切な動作をすることが確認された。同時に、実用的にはRFIDの通信距離向上や距離計測精度の向上が課題であることも明らかとなった。

また、従来のRFIDシステムで課題となっていた通信距離不足に対応するためマルチホップRFIDを活用した情報提供システムについて検討した。マルチホップRFIDを活用することでサーバ・クライアントシステムを必要としないプローブ情報の収集と提供が可能になると考えられる。このように提案システムの応用シーンについて検討を行うことで、マルチホップRFIDを活用した情報提供システムは有用性の高い事が明らかとなった。

これらのことより、RFIDを活用してITSプラットフォームを構築することの実現可能性、特にアプリケーションの実装可能性が明らかになった。同時に、提案プラットフォームの活用により、既存のサービスと比較してアプリケーションの有用性の向上が期待される。

RFIDを活用したITSプラットフォームを実用化する際の課題はいくつか挙げられるが、主な点はRFIDを活用した位置推定精度の向上とRFIDの情報通信速度の向上である。しかし、Zigbeeの現状を考えればRFIDの通信速度も数100kbpsまでは達成可能であるし、マルチホップRFIDの特性を活用し、RFIDが相互に実際の電波状況や受信強度を観測することで測位精度も向上が期待できる。また、提案プラットフォームの展開可能性について検討することで、本論文で検討した以外のサービスや、歩行者など自動車以外の利用についても実現可能性のあることが判明した。したがって、提案プラットフォームは大きな可能性を持っていると結論付けた。

博士論文の審査結果の要旨

本博士論文は「RFID を活用した ITS プラットフォーム構成とその応用に関する研究」と題し、安全・安心な道路交通環境の実現を目的に、様々な ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) サービスを効率良く実現するために、一定の基本機能を持つ ITS プラットフォームを、RFID (Radio Frequency Identification: 電波による個体識別) デバイスを用いて構築し、このプラットフォーム上で様々な ITS サービスを提供する方法について研究を行ったものである。本研究では、プラットフォーム基本機能を分類し、各基本機能を、路側に高密度配置した RFID 機器で実現する ITS プラットフォームと、その ITS プラットフォーム上でのアプリケーションの構成方法を提案している。

論文は 7 章から構成され、第 1 章及び第 2 章の「研究分野の概況」と「関連研究・技術」に続いて、第 3 章と第 4 章では、RFID を用いた ITS プラットフォーム構成の詳細と実験結果を、第 5 章から第 6 章では、提案する ITS プラットフォーム上でのアプリケーションの構成例を具体的に示している。

第 3 章では、プラットフォーム基本機能を (1) 路側機器の個体識別、(2) データ通信、(3) 測位 (位置推定)、(4) 車両の状態取得等に分類するとともに、使用機器も含めた各種の対案を比較し、車両の状態取得については車載センサで、その他の基本機能は路側機器で、路側機器としては高密度で路側に配置可能な RFID を用いる案が ITS プラットフォームとして適することを示している。

第 4 章では、プラットフォーム基本機能のうち、最も基本的で重要な(3)の位置推定に関して、移動車両を対象に、路側 RFID からの電波強度の情報を用いて、車と路側 RFID 間の距離の内外分点を求め、次に複数の内外分点を次数の異なる重みづけ関数で統合することにより、移動する車の位置を求めるアルゴリズムを提案している。その実験を行った結果、提案手法は RFID を道路の両側に 0.5m 間隔で配置し、アンテナを 8 本車載することで誤差を 0.7m 以内に抑えられることを実証し、移動車両がどの車線を走っているかを識別できる技術レベルを達成したことを述べている。

第 5 章では、ITS プラットフォームのアプリケーション例として移動車両の車線からの逸脱を防止する「レーンキープアシストシステム」について、移動車両と RFID の距離から路肩との接近度合いを求め、適切なハンドル/ブレーキ操作を起動する自動運転制御モデルを提案している。シミュレーションにより、提案モデルが適切な動作をすることを確認したが、同時に RFID の通信距離向上や距離計測精度の向上が実用上の課題であることも明らかにしている。

第 6 章では、別なアプリケーション例として、マルチホップ RFID を活用した「情報収集・提供システム」について検討し、RFID 間でバケツリレー的に情報転送をするマルチホップ RFID を活用してプローブ情報の収集と提供を行うことにより、種々の応用シーンや車だけでなく歩行者にも適用可能で有用であることを明らかにしている。

第 7 章では結論として、本論文のコントリビューションについてまとめ、同分野における今後の研究課題を分類整理して提示した。

なお、研究成果として、出願者は主著で情報処理学会論文誌論文 1 篇、査読付国

際会議 5 篇、その他 7 件を発表している。

以上、本博士論文は、RFID を活用した ITS プラットフォームの実現方法については、従来とは異なる新しいアプローチであること、ITS プラットフォームの要素技術としての移動車両の位置推定アルゴリズムとについては、従来 RFID で移動車両の位置推定を行う研究は例が少なく、独創的であると評価される。また、その実証実験で車線識別が出来る位置精度を確認したこと等により、ITS プラットフォームの実現可能性を明らかにした点で、情報通信技術の発展に貢献するところが大きい。これにより、本論文は博士論文として十分な水準であると審査委員全員一致で認められた。

博士論文審査会では、審査委員全員による口頭試問で試験が実施された。試験は、出願者による論文内容の発表、研究内容の詳細、研究の結果と意義、予備審査時の博士論文との差分の説明、博士論文内容等に関する質疑応答と口述試験、および審査委員による試験結果の審議で行われた。発表では、本研究の研究背景と意義、本研究における提案内容の詳細と有効性の評価、研究結果のまとめおよび今後の課題、予備審査でのコメントに基づく博士論文の修正事項等について説明された。それに対して、審査委員からは、RFID のデータ通信機能と通信速度、DSRC(Dedicated Short Range Communications)/WiFi (Wireless Fidelity)など他の方式による測位手法との比較、提案した ITS プラットフォームのコスト計算の条件の明確化、提案した測位手法の結果の位置づけと考え方、ITS プラットフォームの今後の展開可能性や更なるアプリケーションの可能性などについての質問が出され、出願者から適切な回答を得ることができた。

以上の試験を実施した結果、RFID デバイスを用いた ITS プラットフォームの構成方法、RFID による移動車両の位置推定アルゴリズム、この ITS プラットフォームの上で様々なサービス実現方法の提案に関する博士論文と、それに関連する専門分野及びその基礎となる分野について、出願者は博士（情報学）の学位の授与に十分な学識と語学力を備えているものと判断し、審査委員全員が合格と判定した。