

機関番号：12612

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2008年度～2011年度

課題番号：20246066

研究課題名（和文） 先進安全自動車構想を実現するワイヤレスネットワーク技術の研究

研究課題名（英文）

Research on the Wireless Network Technologies for the Safety Vehicular Systems

研究代表者

中嶋 信生 (NAKAJIMA NOBUO)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：70323889

研究成果の概要（和文）：自動車事故防止を目的として、高信頼な車車間情報通信、高精度測位、危険の表示方法等の研究開発を行った。具体的にはMIMO+アダプティブ複号化、路側無線機中継、車の置かれた状況に応じたルーティング手法等の適用により、車車間通信の高信頼化を図ると共に、電波干渉の強い車車間通信に耐える低歪・高能率な無線回路を開発した。衝突防止に向けた車対人の相対測位ならびに歩行者の高精度電波測位では、2.4 GHzの周波数で推定誤差1m以下を達成した。ウェアラブル型の常時即時認識可能なドライバー用情報表示機器を実現した。

研究成果の概要（英文）：In order to prevent automobile accidents, reliable car-to-car wireless communication, precise positioning and driver alarm system were investigated. Reliable communication is achieved by MIMO + Adaptive demodulation, road side repeater, and new routing protocol based on the situation of the car (speed, relative position to the surrounding cars, and so on). Robust, low distortion and efficient RF devices were developed. Accurate pedestrian positioning system was realized by 2.4 GHz wireless system. The error was less 1 meter which will be enough for avoiding the collision. Quick cognitive wearable interface was developed for car drivers.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	14,600,000	4,380,000	18,980,000
2009年度	13,900,000	4,170,000	18,070,000
2010年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2011年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
総計	35,500,000	10,650,000	46,150,000

研究分野：工学

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：交通事故予防、路車協調システム、車車間通信自律分散情報交換、高精度測位、無線伝送、低相互変調歪回路

1. 研究開始当初の背景

路上交通事故による死者数は、車のシートベルトの装着義務化もあって減少傾向にあるものの、交通事故件数そのものは増加傾向にある。車の衝突防止機器も進歩してきたが、個々の車の判断のみでは、事故の回避に限界

がある。そこで、高信頼な情報交換型通信機能を有する車同士等の連携によって事故を回避する車車等協調システムが実現すれば、より事故を減らす新たな対策として期待される。

2. 研究の目的

(1) 車車間の確実な通信に向けた、電波伝搬モデルの確立と高信頼車車間通信方式の開発

(2) 路上の多数の車が混信せずにお互いの情報を確実に交換できる自律分散型ワイヤレスネットワーク

(3) 車車協調システムを発展させた車と歩行人との情報交換に基づく危険予知と人身事故回避技術

(4) 以上による路車協調・車車協調が一体となった新世代 ITS 安全・安心運転システムの構築

3. 研究の方法

(1) 無線伝送

見通しの悪い交差点付近を対象とした車車間通信伝搬モデルの構築に関して、これまでに取得している 5GHz 帯 MIMO 伝搬データを詳細解析し、その性質を組み入れた汎用的な MIMO チャンネルモデル (統計的理論モデル) の構築を行う。また、MIMO (送信受信共に複数のアンテナを使用して伝送品質・効率を高める方法) に代表される高機能ダイバーシチ (伝送品質向上) 方式を検討し、計算機シミュレーションで、その性能評価を行う。

交差点に設置された路側無線機を用いた車車間中継通信と車車間直接通信を併用する経路ダイバーシチ方式を提案し、CSMA/CA ブロードキャスト通信環境での交差点近傍でのパケット受信成功率の改善効果を理論解析して定量化する。

(2) 通信プロトコル

フェージング環境での CSMA/CA 自律分散ネットワークにおける隠れ端末の発生と通信への影響をモデル化し、理論解析により隠れ端末問題の影響を定量的に明らかにする。

車車間通信環境での隠れ端末の影響を交差点近傍でのパケット受信成功率について理論解析し、定量化する。

(3) 近傍車車間情報共有

自車両の位置を元にして、周囲の車両と情報共有する手法に関する検討を行う。まず、車両間の連携手法およびその連携手法を活用した情報共有手法のアルゴリズム検討を行う。具体的には、車両間無線ネットワークを模擬するシミュレーションシステムを構築し、計算機シミュレーションを行うことで提案するアルゴリズムの情報共有精度の検証を行う。さらに、複数車両の情報交換を行う際に必要となるアクセスプロトコルの評価を行うための準備として通信手順を定める MAC プロトコルに関するシミュレーションおよび評価を行う。

車両間で情報共有を行う方式における MAC プロトコルの検討を行う。具体的には、上述の無線ネットワークを模擬するシミュレー

ションプログラムに MAC プロトコル機能を付加することで、実際の無線通信環境に近い環境を模擬して、特性評価を実施する。さらに、車両間通信が可能な試作機を製作し、ソフトウェア無線プラットフォーム USRP N210 上に構築し、車両間ネットワークを無線信号で模擬できる環境を構築する。

(4) 装置技術

送受信間の距離が非常に近傍から見通し外数十 m まで多岐に渡る車車間の通信環境で、希望する受信信号に対して妨害波、干渉波の電力レベルが他の通信システムに比べて大きくなるという課題に対して、使用周波数帯である 700MHz 帯から 5.8GHz 帯で、低消費電力・高電力効率特性を有し周波数分散の小さい低歪み無線回路の開発を行う。このため右手・左手系回路の周波数分散特性並びに、負性群遅延回路の積極的利用、高調波処理を積極的に導入した高効率増幅器、およびこれのひずみ補償回路の開発を行う。

(5) 測位技術

衝突防止ではお互いの位置が高精度に認識されていることが必要である。自動車に関しては既に GPS-RTK や慣性航法などによる高精度測位が確立されているが、歩行者には適用できない。そこで歩行者用高精度測位を検討する。自動車と同じく GPS-RTK を適用すると共に、補助手段である Bluetooth による測距や自律測位、およびこれらを組み合わせたハイブリッド測位の検討をする。

(6) マンマシンインタフェース

ドライバーに危険信号を周知する方式を検討する。カーナビに表示する方法や音などの方法が考えられる。注意力を分散させず、瞬時の認識が可能な方式が必要である。ウェアラブルインタフェースの適用を検討する。

4. 研究成果

(1) 無線伝送

MIMO 通信の一般的なチャンネルモデルとして、送受信のアンテナアレイアンテナ素子間を結ぶチャンネル行列において、見通しパス (LOS) と見通し外パス (NLOS) が混在する伝搬環境を表現する理論モデルを構築した。このモデルは、LOS/NLOS 混在環境を表現するモデルとして、汎用的なモデルであり、これを、車車間通信の 2×2 MIMO アンテナシステムに応用し、前方に遮蔽車両がある交差点での伝搬損失の定量的評価を行った。この結果は、5GHz 帯での実測データに高精度で一致し、信頼性の高い回線設計を可能とする伝搬モデルの構築ができた。このモデルは、伝送特性 (特に、ダイバーシチ方式の一種である STBC 方式) の評価に有効である。

車車間通信での MIMO の伝送には上述の STBC 伝送が適しているが、通信が高速移動体を対象にしているためファーストフェージ

ングによる特性劣化が問題になる。そこで、STBCの時空間ブロック符号化に際して、データとともにパイロット信号を組み入れた符号化を行い、このパイロット信号を鍵としてアダプティブ復号を行うことにより、ファーストフェージングに耐性を有する伝送方式を提案し、計算機シミュレーションにより、この方式の効果を定量的に明らかにした。

交差点に設置された路側無線機による車車間直接通信／中継通信併用方式について、交差点近傍でのパケット受信成功率の改善効果を理論解析により明らかにした。CSMA/CAのキャリアセンスおよびバックオフ制御をITU-RP.1411-5伝搬損失モデルとレイリーフェージング変動に基づいた見通し有り／無しの場合について解析し、交差点近傍でのパケット受信成功率の改善効果を定量化した。また、ネットワークシミュレーションによって理論解析結果がシミュレーション結果とよく一致することを示した。

(2) 通信プロトコル

フェージング環境におけるCSMA/CA自律分散ネットワークでの隠れ端末の発生と通信への影響を直線状および面状のノード配置についてモデル化し、隠れ端末問題の影響をノード位置、キャリアセンスレベル、所要CINRとの関連において理論解析により定量化した。またネットワークシミュレーションによって理論解析結果がシミュレーション結果とよく一致することを明らかにした。

上記の解析法を車車間ブロードキャスト通信環境に拡張して適用し、交差点近傍でのパケット受信成功率について理論解析した。隠れ端末の影響をノード位置、キャリアセンスレベル、所要CINR、無線周波数との関係において定量化し、互いに見通しのない道路上の送信車両による隠れ端末の影響が極めて大きく、路側無線機による車車間直接通信／中継通信併用方式に用いれば、ある程度の改善が可能であることを明らかにした。

(3) 近傍車車間情報共有

車両に設置したGPSによる位置情報を基準として時間・周波数を適応的に利用するTDMA/OFDMのフレーム割り当てを行い、周囲の端末との間での相互干渉を回避した上での情報交換を行う手法の検討を行った。本検討では位置情報をマッピングする際に相互干渉を想定し、必要とされるエリアの通信をお互いに干渉とならないようにフレーム割り当てを行い、受信機でフレーム位置を検出することで周囲の車両の動きを把握しつつ情報共有を行うことを可能とした。

相互に情報をやり取りする際に路車間通信と車車間通信を連携させて利用する技術についての検討を行った。ここでは、情報交換を行う際に車両の動きに合わせて、車車間での情報交換と、路車間の情報交換を適応的に

選択して利用することで、路車間通信の頻度を減らしつつ確実な情報伝送を行う手法を開発した。

複数車両の情報交換を行う際に必要となるアクセスプロトコルについて実際の車両の動きをモデル化したシミュレーションにより、情報共有性能と車車間通信および路車間通信の連係動作について検証した。さらに、ソフトウェアプラットフォームを用いて簡単な情報交換プロトコルを実装し、その動作を確認した。

総合的なネットワーク構築に関する検討として、車両間ネットワークにて、パケット到達所要時間、移動速度を考慮した上で最大スループットを実現する機能を持つルーティング手法の検討を行い従来のルーティング手法に比べて、高信頼・高スループットを実現した。

これらの無線機を使い九州地区において、車両間ネットワークの実証実験を実施し、相互情報交換ができることの確認を行った。

(4) 装置技術

広帯域増幅器は一般に周波数領域で下に凸の周波数分散特性を有することが知られていたが、本研究により右手・左手系構成回路をある特異条件で使用すると上に凸の周波数分散特性が得られることを見出し、これを3.1GHz-10.6GHz帯InGaP/GaAs HBT MMIC増幅器に適用し群遅延偏差を約半分に低減することに成功した。

同様な分散特性低減を新たな負性群遅延回路を提案しこれによる群遅延補償を試みた結果、同帯域で群遅延は38.6psecから8.6psecへと四分の1に低減することに成功した。

ITSでの使用が見込まれる5.8GHz帯における高電力効率増幅器の開発を行い、GaNHEMT内部の寄生素子を考慮したF級電力増幅器の設計法を確立しドレーン効率79.9%の世界最高性能を実現した。

さらにこの方式を発展させ、高調波を純リアクタンス終端し、直流電力と基本波出力をバランスさせる増幅器設計法を確立し、5.8GHzでドレーン効率90.7%を達成し、この分野の先導的役割を果たした。

これらの高効率増幅器が一般に有する強非線形特性を補償する方式として、ダイオードプリディストータのバイアスを入力マイクロ波平均電力で制御するABCプリディストータ方式を提案し、F級増幅器のドレーン効率を劣化させることなく3次相互変調ひずみ・隣接チャネル漏洩電力とともに10dB以上低減することに成功した。

これにより増幅器の超高効率と超低歪みを両立させ、車載用無線機の高性能化に資することができた。

(5)測位技術

歩行者の端末が発する電波の波面を自動者が観測することで歩行者の相対位置を推定する方式を実験的に検討した。具体的には3~4素子のアンテナの受信信号相対位相を検出して波面の中心点(歩行者の位置)を推定する。2.4GHz帯での実験の結果、距離5mで0.7mの推定精度を得た。

歩行者の絶対位置を推定する方式として、路上に分散配置された基準点からの送信電波を用いる方式を検討した。3角測量方法は装置が複数必要でコスト高になるため、1つの基準点のみでアンテナの指向性を制御して測位する方式を提案し実験的に検討した。原理は基準点用アンテナの指向性パターンを2種類用意してそれらからの受信信号のレベル差を利用するもので、アンテナ直下を通過したときに測位を行う。2.4GHz帯で1m以下の推定精度を得た。人体にアンテナが密着した場合でも、ほぼ同様の精度が得られることを実験的に確認した。

歩行者用自律航法装置の高精度化を検討した。従来方式では、歩幅の変化や周囲の地磁気の変化が累積誤差を生じ、十分な推定精度が得られていない。本研究では、加速度センサーや最近実用化された小形で高性能はMEMSジャイロを用いて高精度化の実験的検討を行った。歩行距離推定に関しては超音波測距による高精度な方式の可能性を検討した。方位に関しては、長時間にわたって精度を保つことが難しく、光ファイバジャイロあるいはペルチェなどによる方位ドリフト軽減が必要であることが明らかになった。

高精度自律航法と上記基準点測位ならびにGPS-RTKを組み合わせることにより、歩行者の位置精度を1m以内程度に推定できる見込みを得た。

(6)マンマシンインタフェース

車に装着したインタフェースでは、緊急時に画面を見て必要な情報を瞬時に認識することが困難なため、ウェアラブル方式を検討した。詳細画像は車載同様瞬時の認識が困難なため光の点滅、色の変化、1ケタの数字、等を表示するだけとした。像は通常のメガネのレンズ面(一般に凹面)で反射させて虚像を結ばせる方式を実現した。軽量で常時装着しても違和感がなく、歩行者の簡易ナビゲーションにも適用できる特徴がある。

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30件)

①J. Dai and Y. Yamao, "CSMA/CA Unicast Communication Performance under Fading Environment with Two-Dimensional

Distribution of Hidden Terminal", IEICE Trans. Commun., Vol.E95-B, NO.9, 2012 (査読有).

②Satoshi Kawai, Yoichiro Takayama, Ryo Ishikawa, and Kazuhiko Honjo, "A High-Efficiency, Low-Distortion GaN HEMT Doherty Power Amplifier with a Series Connected Load," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol.60, No.2, 352-360, 2012 (査読有)

③Y. Wang, K. Ito and Y. Karasawa, "Propagation Channel Modeling in the Mixture of NLOS and LOS Environments for MIMO-MRC System and Its Application to ITS-IVC," IEICE Trans. Communications, Vol.E94-B, NO.5, 1204-1214, 2011 (査読有)

④服部 聖彦, 中村恭平, 中嶋信生, 藤井哲也, 門洋一, 張兵, 高玉圭樹, ユビキタスネットワークにおける位置依存サービスのための高精度位置推定システムの提案と検証 電子情報通信学会論文誌B, J94-B, 1341-1350, 2011 (査読有)

⑤吉田剛, 石川亮, 本城和彦 "パッケージ内蔵型高調波処理回路及びこれを用いたマイクロ波逆F級GaN HEMT増幅回路", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J93-C, No. 12, 557-564, 2010 (査読有)

⑥K. Kuroda, R. Ishikawa, K. Honjo, "Parasitic Compensation Design Technique for a C-Band GaN HEMT Class-F Amplifier," IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol.58, No.11, 2741-2750, 2010 (査読有)

⑦S. Sasaki, T. Taniguchi, and Y. Karasawa, "Advanced MIMO STBC Adaptive Array with PSAM in Fast Fading Channel," IEICE, Trans. Commun., Vol. E93-B, No. 3, 660-669, 2010 (査読有)

⑧K. Murase, R. Ishikawa, K. Honjo, "Group Delay Equalized MMIC Amplifier for UWB Based on Right/Left-Handed Transmission Line Design Approach," IET Microwaves, Antennas & Propagation, vol.3, No. 6, 967-973, 2009 (査読有)

⑨K. Honjo, "Milestones of Microwave and Millimeter-wave Technologies -Helical Progress in Device and Circuit-(Invited)," IEICE Electronics Express vol.6, No.11, 673-688, 2009 (査読有)

⑩Y. Karasawa, T. Kumagai, A. Takemoto, T. Fujii, K. Ito, and N. Suzuki, "Experiment on Synchronous Timing Signal Detection from ISDB-T Terrestrial Digital TV Signal with Application to Autonomous Distributed ITS-IVC Network," IEICE Trans.

Commun., vol. E92-B, no.1, 296-305, 2009
(査読有)

[学会発表] (計 74 件)

- ①山尾泰, 松中貴彦, “交差道路における CSMA/CA ブロードキャスト ITS 通信のパケット受信成功率,” 信学技報 RCS2012, 函館市, 2012 年 6 月 22 日
- ② H. Cheng and Y. Yamao, “Performance Analysis of CSMA/CA Broadcast Relay Network for ITS V2V Communications,” Proc. of IEEE VTC2012-Spring, 2D-2, Yokohama, 2012 年 5 月 7 日 [IEEE VTS Japan Student Paper Award 受賞]
- ③小鷹剛文, 唐沢好男, “トータルレコーディングシステムを用いた GPS 高精度測位方式” 信学総大, B-2-10, 岡山, 2012 年 3 月 20 日
- ④Mohammad Zahidul Islam, Al Hadi Abdullah, 唐沢好男, “高速フェージングに耐性を有する QO-STBC アダプティブアレー” 信学総大, B-1-196, 岡山大学, 2012 年 3 月 21 日
- ⑤日浦拓哉, 中嶋信生, 服部聖彦, “アンテナ指向性を利用した高精度スポット測位の検討 H24 電子情報通信学会総合全国大会 B-19-5, 岡山, 2012 年 3 月 20 日
- ⑥鈴木翼, 木村孝政, 加固秀太, 藤井威生, “トポロジ変化に対応した高スループットアドホックルーティング,” 電子情報通信学会東京支部学生研究発表会, 東海大学高輪キャンパス, 2012 年 3 月 3 日,
- ⑦Ryo Ishikawa, Junichi Kimura, Kazuhiko Honjo, “Analytical Design Method for Thermal Memory Effect Compensation Circuit in Microwave Power Amplifiers,” IEEE MTT-S Proceedings of Asia Pacific Microwave Conference 2011, digest, 315-318, Sydney, 2011 年 12 月 5 日
- ⑧ Ryo Ishikawa, Yoichiro Takayama, Kazuhiko Honjo, “High-Efficiency, Low-Distortion Microwave Cascode Power Amplifier with Independently Biased AlGaIn/GaN HEMTs,” IEICE, KIEES, IEEE MTT-S Japan Chapter 2011 Korea-Japan Microwave Conference, digest, 78-81, Korea, 2011 年 11 月 15 日
- ⑨西田佳史, 中嶋信生, 服部聖彦, “歩行者用自律航法のための高精度絶対方位取得法の一考察 GPS/GNSS シンポジウム 2011 ポスターセッション, 海洋大学, 2011 年 10 月 28 日
- ⑩ K. Minato, J. Dai and Y. Yamao, “Theoretical Analysis of Broadcast Packet Delivery Rate in ITS V2V Communication with CSMA/CA,” Proc. of IEEE WiVEC2011, P-11, San Francisco, 2011 年 9 月 5 日
- ⑪ J. Dai and Y. Yamao, “CSMA/CA Performance under Fading Environment with

Two-Dimensional Distribution of Hidden Terminal,” Proc. of VTC2011-Fall, 3P-11, San Francisco, 2011 年 9 月 6 日

- ⑫ K. Minato, H. Cheng and Y. Yamao, “Performance of Broadcast Transmission from Multiple Vehicles in Vehicle-Roadside-Vehicle Relay Network,” Proc. of CHINACOM 2011, Harbin, 2011 年 8 月 19 日
- ⑬F. Xu, T. Fujii, “Frequency Sharing Schedule with OFDMA for Road to Vehicle and Inter-vehicle Communications MC-SS2011, ドイツミュンヘン, 2011 年 6 月 4 日
- ⑭齊藤賢吾, 服部聖彦, 中嶋信生, “簡易 HMD を用いた歩行者ナビゲーションシステムの検討”, 電子情報通信学会 総合全国大会, 東京都市大学, 2011 年 3 月 16 日
- ⑮齋藤賢吾, 服部聖彦, 中嶋信生, “簡易 HMD を用いた歩行者ナビゲーションシステムの検討”, H23 電子情報通信学会総合全国大会 B-15-23, 東京都市大学, 2011 年 3 月 15 日
- ⑯宮田なつき, 唐沢好男, “ITS 車車間通信における情報伝送効率改善-車間距離を基にした送信制御の提案” 信学会 ITS 研究会, 北大, 2011 年 2 月 21 日
- ⑰Akira Saitou, Yuuya Hoshino, Yutaka Aoki, Kazuhiko Honjo, “A novel design of dual-band antennas with orthogonal radiation patterns for MIMO applications,” IEICE, IEEE MTT-S Proceedings of Asia Pacific Microwave Conference 2010, digest, 80-83, , Yokohama, 2010 年 12 月 10 日
- ⑱ Ryo Ishikawa and Kazuhiko Honjo, “Impulse UWB T/R MMIC Modules for Baseband Digital Signals,” EuMA IEEE2010 European Microwave Conference, digest, pp. 1066-1069, Paris, 2010 年 10 月 30 日
- ⑲齊藤賢吾, 服部聖彦, 中嶋信生, “ナビゲーションに特化した簡易表示メガネ形インタフェースの検討 電子情報通信学会ソサエティ大会, B-15-6, 大阪府立大, 2010 年 9 月 16 日
- ⑳西田佳史, 中嶋信生, 服部聖彦, “歩行者用自律航法のための高精度絶対方位取得法の研究 電子情報通信学会ソサエティ大会 B-20-5, 大阪府立大, 2010 年 9 月 14 日
- ㉑H. T. Le, T. Fujii, “Information Sharing in Sparse Traffic Area by Low Level Carrier Sense for VANET,” Proc. IEEE ICUFN 2010, 韓国済州島, 2010 年 6 月 5 日
- ㉒徐峰寧, 藤井威生, “路車間通信と車車間通信混在 OFDMA スケジューリング手法に関する一検討,” ITS シンポジウム 2009, 広島市立大学, 2009 年 12 月 10 日
- ㉓ Akihiro Ando, Yoichiro Takayama,

Tsuyoshi Yoshida, Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo,” A Predistortion Linearizer for a Class-F GaN HEMT Power Amplifier Using Two Independently Controlled Diodes,” IEEE MTT-S 2009 Asia Pacific Microwave Conference, digest, TUIF, Singapore, 2009年12月8日

□ L. Hoa Tung, T. Fujii,” Information Sharing in Low-Density Traffic Area for VANET,” Proc. TriSAI 2009, 電通大, 2009年10月28日

□ Ryo Ishikawa, Kazuhiko Honjo,” Differential Output Impulse Generation InGaP/GaAs HBT MMIC for Impulse UWB System,” European Microwave Integrated Circuit Conference Proceedings of European Microwave Integrated, 266-269, Rome, 2009年9月30日

□ 王軼, 伊藤健二, 唐沢好男,”ITS-IVC Propagation Channel Model for MIMO-STBC Transmissin at an Intersection where a Large Vehicle Shadows the Oncoming Car,” 信学ソ大, B-1-196, 新潟大, 2009年9月16日

□ Y. Yamao and K. Minato, ”Vehicle-Roadside-Vehicle Relay Communication Network employing Multiple Frequencies and Routing Function,”Proc. IEEE ISWCS2009, Siena, Italy, 2009年9月9日

□ J. T. J. Napitupulu, 唐沢好男,”ITS 車車間通信の SIMO/MIMO レイトレーシング簡易計算法,”信学ソ大, B-1-195, 新潟大, 2009年9月16日

□ 土屋潤三, 小佐古昂, 高崎和之, 唐沢好男, 小松寛,”GPS トータルレコーディングシステムによる測位誤差解析に関する検討,” 2009 信学総大, A-17-24, 愛媛大, 2009年3月19日

□ J. Shen and T. Fujii,” Two-dimensional location information exchanging method based on time and frequency slot assignment in ITS system,” IEEE APWCS2008, 仙台, 2008年8月22日

[図書] (計1件)

桑野博喜監修, 本城和彦 他著 MEMS/NEMS 工学全集 (株)テクノシステム pp. 87-92, 2009

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中嶋 信生 (NAKAJIMA NOBUO)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号 : 70323889

(2) 研究分担者

唐沢 好男 (KARASAWA YOSHIO)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号 : 40313407

本城 和彦 (HONJO KAZUHIKO)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号 : 90334573

山尾 泰 (YAMAO YASUSHI)

電気通信大学・先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター・教授

研究者番号 : 19436735

藤井 威生 (FUJII TAKEO)

電気通信大学・先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター・准教授

研究者番号 : 10327710