

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 15 日現在

機関番号：32704

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510236

研究課題名(和文)安全運転支援のためのスペクトル拡散方式を用いた可視光車車間通信・測距統合システム

研究課題名(英文) Vehicle-to-Vehicle Communication and Ranging System using Spread Spectrum Technique with Visible Light for Advanced Driver Assistance

研究代表者

水井 潔 (Mizui, Kiyoshi)

関東学院大学・理工学部・教授

研究者番号：10229685

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：スペクトル拡散方式を用いた車車間通信・測距統合システム(ブーメラン方式)に可視光通信を用いる可視光ブーメラン方式に関して検討した。まず、LED化されつつあるヘッドライトとテールランプを用いる方法について検討した。次にマンチェスタ符号化を用いる可視光マンチェスタブーメラン方式についても検討した。さらに、既存の車載レーザレーダを組み合わせた、レーザレーダ可視光ブーメラン方式を提案した。最後に、レーザレーダ可視光ブーメラン方式の双方向通信型を提案した。いずれの方式も計算機シミュレーションで特性を評価し、ある程度の干渉光が存在しても車車間通信と車間距離計測が同時に行えることを確認した。

研究成果の概要(英文)：In our studies, Vehicle-to-Vehicle Communication and Ranging Systems using Spread Spectrum Technique with Visible Light called Visible Light Boomerang Systems were discussed. First, Visible Light Boomerang System which uses headlights and taillights with LEDs was studied. Next, we discussed Visible Light Manchester Boomerang System. This system uses Manchester codes. Furthermore, Laser Radar Visible Light Boomerang System was proposed. The proposed system combines existing automotive laser radar with Visible Light Boomerang System. At last, we proposed an upgraded Laser Radar Visible Light Bidirectional Communication Boomerang System for reliable ranging and bidirectional vehicle-to-vehicle communications. From computer simulations, it is confirmed that a vehicle can communicate with the target vehicle and can measure the distance between the two vehicles at the same time even if a little interference wave exists.

研究分野：情報通信工学

キーワード：ITS 車車間通信 測距 可視光通信 スペクトル拡散方式

1. 研究開始当初の背景

事故や渋滞のない快適な交通社会を目指して、高度道路交通システム (ITS: Intelligent Transport Systems) の研究・開発が盛んに行われており、その一つとして申請者は、車車間通信とレーダを統合させたスペクトル拡散方式を用いた車車間通信・測距統合システム (愛称: ブーメラン方式) の検討を続けていた。ブーメラン方式の基本原則について説明する。前後して走行する A 車、B 車において、まず、後方 A 車がスペクトル拡散方式 (SS 方式) の目盛の付いた鍵信号ともよめる PN 信号を前方 B 車に向けて送出する。前方 B 車はその PN 信号に前方 B 車のブレーキ状態や速度、ステアリング、右左折などの車両情報を乗算する SS 変調を行い、後方 A 車に向けて送り返す。後方 A 車は自車の有する PN 信号を用いて SS 復調することで前方 B 車の情報を得ると同時に、SS レーダと同様な原理で PN 信号の往復時間から二車両間の車間距離を測定する。前後して走行する二車両にブーメラン方式を搭載することで、前車の車両制御情報を後車が車間距離とともに得ることが出来るので、短い車間距離でも安全な運転が可能となり、その結果、道路容量を増加させることが可能となる。

ブーメラン方式の検討の主目的は、新しい改良型システムの提案とその評価であった。しかし、ブーメラン方式を実用化するためには、個々の観点での改良だけでなく、使用する伝送媒体の特性も考慮した評価が必要であったが、従来は他の車車間通信の検討と同様にミリ波やマイクロ波といった電波を前提とした検討を行ってきた。

一方、高輝度な LED (発光ダイオード) が製品化され、新しい光源として普及していた。交通分野においても、交差点の信号灯や車両のヘッドライト、テールランプに利用され始めていた。

LED は人間の目には感知できない速度で点滅させることが可能であり、照明をしながら点滅パターンで情報を伝送するデジタル通信を付加的に行うことができる。このように、照明を主たる目的としている可視光を通信にも応用する可視光通信が提案され、注目されていた。

2. 研究の目的

ブーメラン方式を用いる車両にはヘッドライト、テールランプといった LED 化された車載光源が必ず用いられているので、これらの車載光源をブーメラン方式に利用する可視光ブーメラン方式を検討することが研究の目的である。ブーメラン方式に可視光通信を用いることで、新しくアンテナや送受光装置を設置する必要がなく装置的にも経済的にも、また、周波数利用の点でも効率が良く、電波法の規制を受けない、等の特徴が出てくる。

3. 研究の方法

本研究で検討する可視光ブーメラン方式は車両に必ず取り付けられているヘッドライトやテールランプといった車載光源を LED 化し、これらを利用する可視光通信方式である。可視光ブーメラン方式の場合、太陽光や他車からの光などの背景光が干渉となる。そこで、これらの干渉光に強い方式を計算機シミュレーションで検討した。

本研究では、前方 B 車から後方 A 車への伝送は LED テールランプの点滅を用い、後方 A 車から前方 B 車への伝送方法を 2 通り検討した。

平成 24 年度は LED ヘッドライトを用いる方法を、平成 25 年度はレーザー光を用いた車載レーダを用いる方法を提案した。平成 26 年度は 2 年間の検討結果から車載レーザレーダを用いる方法に絞り込み、さらに双方向通信化の可能性を検討した。

4. 研究成果

平成 24 年度では、ヘッドライト、テールランプといった LED 化された車載光源を利用したスペクトル拡散方式を用いた可視光車車間通信・測距統合システム (可視光ブーメラン方式) を検討した。

ヘッドライトやテールランプを利用した光変調を行う場合、信号 0 と信号 1 の 2 値でデジタル変調する ON-OFF キーイングと、信号の振幅 (強度) に応じてアナログ変調を行う光強度変調、フレーム内の信号 (パルス) の位置でデジタル変調を行うパルス位置変調 (PPM 変調) が考えられる。ブーメラン方式で利用するスペクトル拡散方式 (SS 方式) は直接拡散方式 (DS 方式)、周波数ホッピング方式 (FH 方式)、時間ホッピング方式 (TH 方式) がある。上記の 3 つの光変調のうち、ON-OFF キーイングと光強度変調は DS 方式が、PPM 変調は TH 方式が対応できる。

本研究では、TH 方式の可視光ブーメラン方式を検討した。今回のシミュレーションで採用した TH 方式は、1bit を 4frame に分割し、各 frame に 32 個の slot を用意し、A 車で設定したホッピングパターンに従い、frame 毎にある slot だけを点灯 (ON) し、他のスロットは消灯 (OFF) とする方式とした。また、B 車で拡散 (情報変調) 方法は、情報が“1” (あるいは“+1”) のときは、受信パルスを 1slot だけ遅延させ、その信号を受信パルスに引き続き送信し、情報が“0” (あるいは“-1”) のときは、受信パルスを 2slot 遅延させ、受信パルスとその遅延信号を送信する方式とした。A 車で逆拡散 (情報復調) と測距はマッチドフィルタの出力を用いる方式とした。

シミュレーションの結果、タイムホッピング (TH) 方式を採用することで、干渉光の強弱にはあまり影響を受けないが、干渉パルスの混入確率によって特性が劣化すること

が確認された。

平成25年度はまず、直接拡散方式(DS方式)を用いる従来のブーメラン奉仕食いを可視光通信に適用する場合を考えた。この場合、光変調としては、信号0と信号1の2値でデジタル変調するON-OFFキーイングと、信号の振幅(強度)に応じてアナログ変調を行う光強度変調の利用が考えられる。いずれにしる、干渉光が加わった場合、信号レベルが低い信号が信号レベルの高い信号に誤ることはあるが、その逆はない。また、信号が存在しない非通信状態と信号0という信号または信号レベルの低い信号が連続している通信状態の区別が付きにくい。これらにより、正負のレベルがある電気変調のブーメラン方式と可視光ブーメラン方式の特性が変わる可能性がある。そこで本研究では、光ファイバ通信によく用いられるマンチェスタ符号を用いた可視光ブーメラン方式の検討を行った。シミュレーションの結果、他車からの干渉光がある場合の特性は従来の直接拡散方式を用いた可視光ブーメラン方式よりも、若干ではあるが、向上することが確認された。また、簡単なモデル化をした背景光が干渉光として混入しても特性に影響がないことも確認された。

平成25年度では次に、可視光ブーメラン抄紙機と既存の車載レーザレーダを組み合わせたレーザレーダ可視光ブーメラン方式を提案し、その評価を行った。本方式は、レーザレーダで測距を行うと同時にテルランプを用いて車車間通信及び測距を行うものである。スペクトル拡散としてはレーザレーダに親和性のあるタイムホッピング方式(TH方式)を使用した。シミュレーション結果から、ある程度の干渉が加わっても、車車間通信と測距が可能であることが確認された。

平成26年度では、まず、後方A車から前方B車への伝送方式として、平成24年度に検討したLEDヘッドライト方式が良いのか平成25年度に検討した車載レーザレーダ方式が良いのかを比較検討した。その結果、レーザレーダでの測距結果とブーメラン方式での測距結果が相互に補完できる点や昼間でのヘッドライト点灯が不要な点などから車載レーザレーダ方式の方が優れていると判断した。

次に、車載レーザレーダ方式の双方向通信化を図った。本方式は、車載レーザレーダ方式で後方A車と前方B車との車車間通信を行う際に、B車指定のタイムホッピングパターン(THP)情報を取得した後、A車では指定されたTHPでA車情報をB車に送信、B車でA車情報を復調、同期・再生することで双方通信を可能にした。シミュレーションの結果から、ある程度の干渉が加わっても、双方向車車間通信と測距が可能であることが確認された。

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 0 件)

〔学会発表〕(計 5 件)

鈴木 旭 ジョン, 水井 潔: “スペクトル拡散方式を用いたレーザレーダ可視光双方向車車間通信・測距統合システムの一検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2014-71, pp.65-70, 北海道大学(札幌市), 2015年2月23日.

A.J.SUZUKI and K.MIZUI: “A study on combining visible light spread spectrum techniques in vehicle-to-vehicle communication and ranging systems to automotive radar”, 2014 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'14), pp.453-456 (CD-ROM), Hawaii (U.S.A.), 2014年3月1日.

鈴木 旭 ジョン, 水井 潔: “スペクトル拡散方式を用いた可視光車車間通信・測距統合システムの車載レーダとの融合に関する一検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2013-67, pp.369-373, 北海道大学(札幌市), 2014年2月17日.

水井 潔: “マンチェスタ符号化スペクトル拡散方式を用いた可視光車車間通信・測距統合システム”, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2013-2, pp.7-12, 関東学院大学(横浜市), 2013年5月31日.

水井 潔: “スペクトル拡散方式を用いた可視光車車間通信・測距統合システムの一検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2012-69, pp.77-82, 京都大学(京都市), 2013年3月11日.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

水井 潔 (Kiyoshi MIZUI)

関東学院大学・理工学部・教授
研究者番号：10229685

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
なし