

令和元年6月19日現在

機関番号：32704

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01234

研究課題名(和文)安全運転支援のための可視光ブーメラン方式の試作研究

研究課題名(英文)Studies on visible light boomerang system for safe driving support by prototype

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) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：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)の研究・開発が盛んに行われており、その一つとして、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(ブーメラン方式)が検討されている。一方、高輝度なLEDが新しい光源として普及しだしている。

ブーメラン方式を用いる車両にはLED化されつつあるテールランプ等が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の実現性の検討を簡易試作機により行った。簡易試作機による実験の結果、一つのシステムで通信と測距を同時に行うことの実現性が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ブーメラン方式の最大の特徴は、通信と測距を同時に行えることである。最近普及が始まった車載レーダでも後方車は測距データを処理することで前方車の挙動を予測することが可能となっているが、これはあくまでも予測に過ぎない。これに対しブーメラン方式では本物の前方車の意志を通信によって後方車は得ることが可能となる。これにより追突事故の大幅な減少が期待でき、将来的な高度な自動連続走行にもつながる。本研究はこのブーメラン方式の実現化に向けた研究である。

研究成果の概要(英文)：Research and development of Intelligent Transport Systems (ITS) are actively carried out aiming at a comfortable traffic society without accidents and traffic jams. As one of them, Vehicle-to-Vehicle communication and Ranging System using Spread Spectrum Technique called Boomerang system has been proposed and discussed. On the other hand, high brightness LEDs are becoming popular as a new light source.

Since tail lamps etc. which are being LED-ized are used for vehicles using the boomerang system, the feasibility of the visible light boomerang system using these on-vehicle light sources for the boomerang system was examined by a simple prototype. As a result of experiments with a simple prototype, the feasibility of simultaneously performing communication and ranging with one system was confirmed.

研究分野：情報通信工学

キーワード：高度交通システム 車車間通信 測距 ブーメラン方式 試作機

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

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、その一つとして筆者らは、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: プーメラン方式) の検討を続けていた。プ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でも言える 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プ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。

プ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、プ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はなく、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だしていた。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。

プ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 化されつつある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プーメラン方式に利用する可視光プーメラン方式の検討が計算機シミュレーションによる方式提案とその有効性確認で筆者らにより始まっていた。プ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信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い、電波法の規制を受けない、等の特徴が出てくる。

2. 研究の目的

可視光プーメラン方式の検討を簡易試作機の製作を中心に行うことが本研究の目的である。試作機による実験を通してここまで計算機シミュレーションによって検討されてきた本システムの実現性の検証と課題の抽出、解決策の検討を主たる目的としている。

3. 研究の方法

本研究では、ヘッドライトとテールランプを用いる可視光プーメラン方式を前提に試作機を製作した。ベースとなる SS 方式として直接拡散 (DS) 方式を用いる DS プーメラン方式とした。受光器 (光センサ) には回路設計や組み込みが簡単なフォトダイオード (PD) を用いた。送光器に LED ヘッドライト、テールランプの利用を想定した LED を用いた。

まず、平成 27 年度には試作第 1 号機として、基本的な回路をブレッドボード上で製作し、通信部機能の実現性の検証を行った。次に、平成 28 年度には通信距離の延長と通信速度の高速化を可能とした試作第 2 号機を製作した。平成 29 年度及び期間延長しての平成 30 年度には測距部機能の実現化を第 1 目的として回路の改良を行い、通信と測距を同時に行うというプーメラン方式の基本構成を実現した試作第 3 号機を製作した。

4. 研究成果

平成 27 年度の試作第 1 号機の実験では、可視光通信にフォトダイオード (PD) と赤色 LED を使用した。使用する PN 符号は 127chip の M 系列とした。PN 符号のチップレートは 10kchip/sec、情報ビットレートは 79bits/sec とし、オシロスコープでの波形の確認を容易にするため PN 符号と同期のとれた情報信号を発生させた。これらの数値は確実な動作と測定のためやすさから選定した。実験では質問機及び応答機の LED と PD がほぼ正面になるように配置した。干渉 LED を使用しない実験として、LED の照度を調節し、どの程度の照度まで通信が行えるか確認した。その結果、この試作機では 5cm まで通信ができることが確認できた。次に干渉 LED を使用した場合の実験として、併走車から干渉が加わることを想定して質問機 LED の横に干渉 LED を配置し応答機 PD に向けて干渉する実験と、対向車からの干渉を想定して質問機 PD に向けて干渉する実験を行った。このときの通信距離も 5cm とした。実験の結果からある程度の干渉が加わっても通信が可能なが確認された。また測距に関しては、実験機の処理遅延が大きく影響することが確認された。

平成 28 年度の試作第 2 号機の実験では、レンズを用いて第 1 号機よりもさらに長距離で高速な通信実験を行うことで可視光プーメラン方式の実現性についてさらなる検証を行った。第 2 号機では可視光通信にフォトダイオード (PD)、白色 LED、赤色 LED を使用した。LED の色を白色と赤色にしたのは、それぞれヘッドライトとテールランプの使用を想定してのことで

ある。また、送受信時に LED 光をレンズで集めることで通信距離を向上させた。実験では質問機と応答機で送受信、増幅、比較、逆拡散した信号をオシロスコープで観測した。実験で用いた PN 符号のチップレートは 1Mchip/sec、情報ビットレートは 10kbit/sec とした。これらの数値は第 1 号機に比べると高速化している。PN 符号には 15chip の M 系列を用いた。実際にはより長い M 系列を用いることが好ましいが、本実験ではオシロスコープで観測が容易な短い M 系列を使用した。送信部にレンズを用いる実験の結果から、最大 20m という実用的な距離での通信が可能であることが確認できた。

ここまで提案や改良を加えてきた DS 方式を用いたブーメラン方式のシミュレーションでは、通信の復調と測距はプログラミングが簡単なマッチドフィルタ法を用いていた。電波や可視光を伝送媒体とする場合、車間距離で決まるブーメランの往復に要する時間はチップ長に比べてわずかな時間となるので、マッチドフィルタでこのわずかな時間を検知するために、高速で動作することが可能なアナログ SAW フィルタや高速デジタルフィルタの使用を前提としたシミュレーションを行ってきた。

しかし、試作第 1 号機と第 2 号機では、この高速動作可能なマッチドフィルタを試作機上で簡易的に構成することは困難であったため、乗算 (EX-OR) と LPF による逆拡散法による通信復調部のみ実装し、測距部の実装まではできていなかった。

そこで平成 29 年度及び期間延長しての平成 30 年度の試作第 3 号機では、マッチドフィルタ法ではなく、逆拡散法をベースとする測距回路を製作し、通信部だけでなく測距部も実装しての実現性検証を行った。質問機での復調方法は、第 1 号機、第 2 号機と同様に質問機の送信信号と受信・再生した受信信号を乗算することで応答機の情報逆拡散し、LPF で平滑化して復調する逆拡散法を採用した。新たに加えた測距部では、送信信号と受信信号との車間距離による伝搬遅延と回路内部で発生する処理遅延との合計遅延時間 (位相差) を次の方法で測定した。まず、復調した応答機情報と逆拡散直後の信号とを乗算 (EX-OR) し、位相差パルスを生じさせた。この位相差パルスのパルス幅は合計遅延時間に比例するので、次にこの位相差パルス信号を LPF で平滑化した。この平滑信号の電圧も合計遅延時間に比例するので、合計遅延時間に沿ってこの電圧を測定した。この電圧から計算される遅延時間には回路等での処理遅延分が含まれているので、これを補正することで測距が可能となる。実験結果では、通信機能部についての性能は最大通信距離が 5m となった。測距機能部は誤差は大きいものの、距離に応じた出力電圧の増大が確認できた。測距部における理論値との誤差には改善の余地があるが、一つのシステムで通信と測距を同時に行うことの実現性が確認された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

鈴木 旭 ジョン, 山本政宏, 水井 潔: “スペクトル拡散方式を用いた可視光車間通信・測距統合システムの試作による一検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2015-90, pp.35-39, 京都大学 (京都市), 2016 年 3 月 10 日.

鈴木 旭 ジョン, 二木健斗, 山本政宏, 水井 潔: “スペクトル拡散方式を用いた可視光車間通信・測距統合システムの試作による一検討 (第 2 報)”, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2017-6, pp. 31-36, 埼玉大学 (さいたま市), 2017 年 6 月 21 日.

鈴木 旭 ジョン, 山本政宏, 水井 潔: “スペクトル拡散方式を用いた可視光車間通信・測距統合システムの試作による一検討 (第 3 報)”, 電子情報通信学会技術研究報告 ITS2018-84, pp. 49-54, 北海道大学 (札幌市), 2019 年 2 月 19 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〕

特になし

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名： 山本 政宏

ローマ字氏名： Yamamoto, Masahiro

所属研究機関名： 関東学院大学

部局名： 理工学部

職名： 教授

研究者番号(8桁)： 10200841

(2)研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。