

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 25 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560449

研究課題名(和文) LEDアレイと高速度カメラを用いた可視光通信における複数送信源の移動車輦での受信

研究課題名(英文) Mobile Reception of Multiple Information Sources for Visible Light Communication Using LED array and on-Vehicle High-Speed Camera

研究代表者

山里 敬也(Takaya, Yamazato)

名古屋大学・教養教育院・教授

研究者番号：20252265

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：LEDを高速点滅させることで情報伝送を行う可視光通信は、あらゆる照明・表示機器に通信機能を付加できるためユビキタス通信技術として注目されている。本研究ではLED信号機やLEDテールランプから車両へ情報伝送を行う可視光通信に着目し、自車に搭載された高速度カメラで複数情報源を同時に認識する状況を想定する。従来研究では情報源を1つと想定していたため、新たに複数情報源を認識する処理が必要となる。そこで、ブロックマッチングに基づく複数情報源認識手法を提案した。走行実験により情報源が複数存在する場合でも同時に認識でき、さらに情報源でないものを誤認識する確率が改善することを確認した。

研究成果の概要(英文)：Visible light communication systems which enable data transmission by blinking LEDs at fast rate attract attention. In this study, we focus on the visible light communication system for ITS (Intelligent Transport Systems) using on-vehicle high-speed camera. In this system, we assume that there are several information sources like LED traffic lights and LED tail lamps. We propose the multiple information sources recognition method based on block matching and confirm its effectiveness by field trials.

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：移動体通信 高度交通システム 可視光通信 高速度カメラ 複数送信機認識

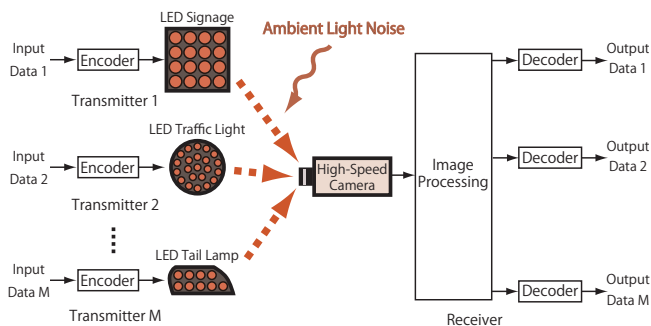


Figure 1: システムモデル

1 研究開始当初の背景

本研究では、可視光通信によるインフラ協調型安全運転支援システムの実現を目的に、可視光通信による路車間データ伝送および車車間データ伝送について検討する。具体的には、車両が遠方から交差点へ進入するケースを想定し、路車間送信機としてLED信号機、車車間送信機としてLEDテールランプを考え、これら複数データの同時受信を行う。受信機は、走行車両に搭載した高速カメラを用い、異なる情報源をそれぞれ個別に認識、追従することで、異なる情報源を得る。このように、運転者が視覚的に認識することができる信号機情報やテールランプの情報に加えて可視光通信により安全運転支援情報も送信できるため、交差点事故の削減に寄与できるものと考えている。

2 研究の目的

本研究では、高度道路交通システム(ITS)のための可視光通信において、車両に搭載された高速カメラでLED信号機やLEDテールランプ複数情報源を同時に認識する状況を想定する。

従来研究では走行実験により路車間可視光通信システムの有効性が示されているが、通信対象は1機のLED信号機のみと想定して研究が行われてきた。そこで本研究では、複数のLED光源(情報源)が同時に通信対象となる状況下で複数情報源を区別して認識するために、ブロックマッチングに基づく複数情報源認識手法を提案し実験により評価する。

3 研究の方法

3.1 システムモデル

図1にシステムモデルを示す。送信側はLED信号機などの送信機(情報源)が複数存在し、高速点滅によりデータを送信する。受信側では、車載高速カメラで撮影された画像に複数の情報源が同時に写るため、画像処理により各送信機を認識した後、個別に受信データを復号する。



Figure 2: 複数情報源の認識例

画像処理で行われる認識とは、図2に示すように撮影画像内に写っているものの中から情報源候補を絞り込み、空間的に分離することである。

3.2 複数情報源認識手法

高速度カメラで撮影された2連続画像を比較すると、情報源以外は僅かに位置が移動するだけであるのに対し、高速点滅する情報源は点滅パターンが異なっている。そこで撮影画像を小さな領域(ブロック)に分割し、各ブロックについて1サンプル前の画像と対応する位置で差分を計算することにより、高速点滅する情報源を取り出し、それ以外の背景を除去する。ブロック単位で情報源を含むかどうか判定を行うことができるため、複数情報源を区別して認識できる。

3.3 走行実験

提案手法を評価するために走行実験を行った。表1に示す実験諸元のもと、情報源の見逃し率と情報源以外のものの誤認識率を求めた。図3に見逃し率と誤認識率の関係を示す。図中の線は、ブロックサイズ N と通信距離毎に判定閾値を変化させることで描かれている。 N は4, 8, 16の3段階、通信距離は150-140m, 110-100m, 80-70m, 40-30mの4段階で結果を出しているが、見逃し・誤認識率共に0となったものは図中に示していない。

N が情報源と同程度の大きさに写るとき見逃しやすくなる。 $N=4$ では撮影距離が最も離れている150m地点でも N が情報源よりも小さく、情報源で占められているブロックが少なくとも1つ存在する。判定閾値を高く設定してもそのブロックについては情報源を見逃しにくいため、 $N=4$ の場合では、どの距離でも見逃し率が0のときに誤認識率も0を達成している。

4 研究成果

情報源が複数存在する場合での可視光通信について複数情報源を同時に認識する手法を提案し、実験では撮影距離150mまで見逃し率・誤認識率を共に0にすることができた。

5 主な発表論文等

5.1 (雑誌論文) (計5件)

1. 名倉徹, 山里敬也, 荒井伸太郎, 岡田啓, 圓道知博, 藤井俊彰, 車両走行時の路車間可視光通信のた

Table 1: 表 1: 実験諸元

| | |
|-------------|------------|
| LED 点滅速度 | 500Hz |
| 撮影速度 | 1000fps |
| レンズの焦点距離 | 35mm |
| レンズの絞り | 8 |
| 撮影フレーム数 F | 12800 枚 |
| 解像度 | 1024 × 512 |
| ブロックサイズ N | 4, 8, 16 |
| 通信距離 | 30m-150m |
| 車両速度 | 30km/h |

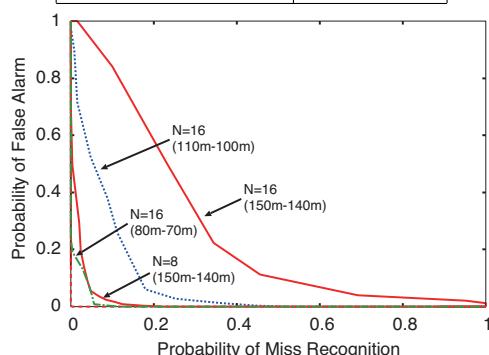


Figure 3: 見逃し率に対する誤認識率の関係

めの LED アレイ追跡手法, 電子情報通信学会論文誌, vol.J95-B, no.2, pp.326-336, 2012 年 2 月 (査読有り)

- 白木康建, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, 走行車両が高速度カメラを用いて情報を受信するユビキタス可視光通信のための複数情報源認識手法, 電子情報通信学会論文誌, vol.J95-B, no.11, pp.1517-1528, 2012 年 11 月 (査読有り)
- 西本早耶香, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, LED アレイと高速度カメラを用いた路車間可視光通信における遠距離データと近距離データの重畳符号化, 電子情報通信学会論文誌, vol.J96-B, no.2, pp.191-201, 2013 年 2 月 (査読有り)
- 大村明寛, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, 位相限定相関法を用いた路車間可視光通信システムにおける測距精度向上手法, 電子情報通信学会論文誌, vol.J96-B, no.12, pp.1365-1368, 2013 年 12 月 (査読有り)
- 山里敬也, [招待論文] 可視光通信の交通信号への適用, 照明学会誌, vol.98, no.1, pp.17-20, 2014 年 1 月 (査読有り)

5.2 (学会発表) (計 42 件)

招待講演 (計 11 件)

- 山里 敬也, [招待講演] LED アレイと車載高速度カメラを用いた路車間可視光通信, 電子情報通信学会技術研究報告, AN2011-5, pp.21-26, 2011 年 5 月 (査読なし)
- 山里 敬也, 可視光通信の ITS への応用, 高速光空間通信網推進協議会, 第 6 回セミナー講演資料, 2011 年 6 月 (査読なし)
- T. Yamazato, S. Haruyama, [Tutorial] Visible Light Communications, IEEE International Conference on Communications, 2011 年 6 月 (査読有り)
- T. Yamazato, Visible Light Communication and Its Application to ITS, International Symposium on Emerging Short Range Communications, 2011 年 6 月 (査読なし)
- 山里 敬也, [依頼講演] 可視光通信でできること, できないこと LED アレイと高速度カメラを用いた路車間可視光通信の研究から分かったこと, 電子情報通信学会技術研究報告, RCS2011-49, pp.85-90, 2011 年 6 月 (査読なし)
- T. Yamazato, Visible Light Communication and Its Application to ITS, International Symposium on Emerging Short Range Communications, 2011 年 6 月 (査読なし)
- 山里敬也, LED アレイと高速度カメラを用いた可視光通信の研究開発, ICT イノベーションフォーラム 2011, 2011 年 10 月 (査読なし)
- 山里敬也, “信号機の光” で車に情報伝送 -LED アレイと高速度カメラを用いた ITS 可視光通信, 応用科学学会秋期シンポジウム 2011 「世界にはばたく人と技術」, 2011 年 10 月 (査読なし)
- 山里敬也, LED アレイと高速度カメラを用いた可視光通信の研究開発, 情報通信フロンティアセミナー 2011 ICT 研究開発の成果展開に向けて, 2012 年 1 月 (査読なし)
- T. Yamazato, I. Takai, H. Okada, T. Fujii, T. Yendo, S. Arai, M. Andoh, K. Yasutomi, K. Kagawa, S. Kawahito, Image Sensor based Visible Light Communication for Automotive Applications, Proc. of International Symposium on Optical Wireless Communications, 2013, 2013 年 6 月 (査読なし)
- 山里敬也, [招待講演] 可視光通信の交通信号への適用 - LED アレイと車載高速度カメラを用いた路車間可視光通信, 平成 25 年度照明学会全国大会分

科会主催シンポジウム：II「SSLの最新動向を分かりやすく解説する」, 2013年9月(査読なし)

国際会議(計12件)

1. S. Nishimoto, T. Nagura, T. Yamazato, T. Yendo, T. Fujii, H. Okada, S. Arai, Overlay Coding for Road-to-Vehicle Visible Light Communication using LED Array and High-Speed Camera, International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, pp.1704-1709, 2011年10月(査読有り)
2. Y. Shiraki, T. Nagura, T. Yamazato, S. Arai, T. Yendo, T. Fujii, H. Okada, Robust Receiver Design for Road-to-Vehicle Communication System Using LED Array and High-Speed Camera, 18th World Congress on Intelligent Transport Systems, 2011年10月(査読有り)
3. K. Maeno, M. Tehrani, T. Fujii, H. Okada, T. Yamazato, M. Tanimoto, T. Yendo, High-Speed LED Traffic Light Tracking Method Using Image/High-Speed Communication Hybrid Sensor, International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT2012), 2012年1月(査読有り)
4. S. Nishimoto, T. Yamazato, H. Okada, T. Fujii, T. Yendo, S. Arai, High-speed Transmission of Overlay Coding for Road-to-Vehicle Visible Light Communication Using LED Array and High-Speed Camera, IEEE Workshop on Optical Wireless Communications, pp.1234-1238, 2012年12月(査読有り)
5. T. Fukumoto, S. Arai, T. Yendo, T. Yamazato, H. Okada and T. Fujii, Development of Simple Simulator for Visible Light Communication Using LED and Camera, Proceedings of RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'13), pp. 33-36, 2013年3月(査読有り)
6. T. Ito, T. Yendo, S. Arai, T. Yamazato, H. Okada, T. Fujii, Intensity Estimation Method of LED Array for Visible Light Communication, Proc. SPIE 8663, Video Surveillance and Transportation Imaging Applications, 86630V, 2013年3月(査読有り)
7. H. Okada, S. Misawa, T. Yamazato, T. Fujii, T. Yendo, Channel Information Estimation for Error Correcting Code in Road-to-Vehicle Visible Light Communication Systems, International Symposium on Wireless Vehicular Communications, 2013年6月(査読有り)
8. T. Kasashima, T. Yamazato, H. Okada, T. Fujii, T. Yendo, S. Arai, Interpixel Interference Cancellation

Method for Road-to-Vehicle Visible Light Communication, International Symposium on Wireless Vehicular Communications, 2013年6月(査読有り)

9. A. Ohmura, T. Yamazato, H. Okada, T. Fujii, T. Yendo, S. Arai, Accuracy Improvement by Phase Only Correlation for Distance Estimation Scheme for Visible Light Communications Using an LED Array and a High-speed Camera, 20th World Congress on Intelligent Transport Systems, 2013年10月(査読有り)
10. S. Usui, T. Yamazato, S. Arai, T. Yendo, T. Fujii, H. Okada, Utilization of Spatio-temporal image for LED array acquisition in Road to Vehicle Visible Light Communication, 20th World Congress on Intelligent Transport Systems, 2013年10月(査読有り)
11. S. Arai, Y. Shiraki, T. Yamazato, H. Okada, T. Fujii, T. Yendo, Multiple LED Arrays Acquisition for Image-Sensor-Based I2V-VLC Using Block Matching, IEEE Consumer Communications and Networking Conference, pp.1135-1140, 2014年1月(査読有り)
12. H. Yokota, S. Arai, T. Yamazato and Y. Tadokoro, Preliminary Study on LED VLC with Simple SR Receiver Using Schmitt Trigger, Proceedings of 2014 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'14), pp. 61-64., 2014年2月(査読有り)

国内会議(計19件)

1. 白木康建, 山里敬也, 荒井伸太郎, 圓道知博, 岡田啓, 藤井俊彰, 高度道路交通システムのための可視光通信におけるブロックマッチングを用いた複数情報源の認識手法, 電子情報通信学会技術研究報告, USN2011-18, pp.73-78, 2011年7月(査読なし)
2. 三澤慎之介, 岡田啓, 山里敬也, 圓道知博, 藤井俊彰, LEDアレイと高速度カメラを用いた可視光通信における誤り訂正符号のための通信路値の推定, 電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ大会, A-17-6, p.210, 2011年9月(査読なし)
3. 白木康建, 山里敬也, 荒井伸太郎, 圓道知博, 岡田啓, 藤井俊彰, 高度道路交通システムのための可視光通信における非情報源の誤認識率改善, 電子情報通信学会技術研究報告, USN2011-59, pp.13-18, 2012年1月(査読なし)
4. 笠嶋達也, 白木康建, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, [技術展示] LEDアレイと高速度カメラを用いた路車間可視光通信のリアルタイム伝送, 電子情報通信学会技術研究報告, USN2011-89, pp.173-175, 2012年1月(査読なし)

5. 笠嶋達也, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, LED アレイと高速度カメラを用いた路車間可視光通信のための符号間干渉の除去手法, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2011-38, pp.129-134, 2012年2月 (査読なし)
 6. 大村明寛, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, 可視光通信によるLEDアレイと車載高速度カメラ間の距離推定, 電子情報通信学会総合大会, B-10-104, p.427, 2012年3月 (査読なし)
 7. 大村明寛, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, [ポスター講演] 可視光通信を用いた路車間通信・測距統合システム, 電子情報通信学会技術研究報告, USN2012-9, pp.63-68, 2012年5月 (査読なし)
 8. 大村明寛, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, 路車間可視光通信・測距統合システムのための位相限定相関法による測距法, 第14回DSPS教育会議, 2012年9月 (査読なし)
 9. 笠井信, 圓道知博, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 荒井伸太郎, 高速度カメラ画像の実時間ソフトウェア処理による可視光通信システム, 電子情報通信学会技術研究報告, CS2012-83, pp.71-75, 2012年12月 (査読なし)
 10. 伊藤貴紀, 圓道知博, 荒井伸太郎, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 並列可視光通信におけるLEDアレイの輝度値推定, 電子情報通信学会技術研究報告, CS2012-90, pp.113-118, 2012年12月 (査読なし)
 11. T. Fukumoto, S. Arai, T. Yendo, T. Yamazato, H. Okada and T. Fujii, A Study on the Simulator Development for Visible Light Communication Using LED and Camera, Proceedings of IEEE Workshop on Nonlinear Circuit Networks (NCN'12), pp. 124-127, 2012年12月 (査読なし)
 12. 白井俊亮, 山里敬也, 荒井伸太郎, 圓道知博, 藤井俊彰, 岡田啓, [ポスター講演] 路車間可視光通信における時空間画像を基にしたLEDアレイ捕捉手法, 電子情報通信学会技術研究報告, ASN2013-55, pp.47-52, 2013年7月 (査読なし)
 13. 大村明寛, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, [ポスター講演] 車両走行時の振動を模擬した路車間可視光通信・測距統合システムのための測距法, 電子情報通信学会技術研究報告, ASN2013-55, pp.41-46, 2013年7月 (査読なし)
 14. K. Miyazaki, Y. Ohira, S. Arai, T. Yendo, T. Yamazato, H. Okada, T. Fujii, A Study on Simple LED-VLC Flashlight Transmitter for Disaster Situation, Proceedings of 2013 IEEE Workshop on Nonlinear Circuit Networks (NCN'13), 2013年12月 (査読なし)
 15. 白井俊亮, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 高橋桂太, 圓道知博, 荒井伸太郎, 高速度カメラを用いた路車間可視光通信における時間・空間勾配値を基にしたLEDアレイ捕捉手法, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2013-39, pp.55-60, 2014年2月 (査読なし)
 16. 大村明寛, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 圓道知博, 荒井伸太郎, 鎌倉浩嗣, 車両走行時における路車間可視光通信・測距統合システムのための測距法, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2013-38, pp.49-54, 2014年2月 (査読なし)
 17. 天野裕太, 鎌倉浩嗣, 山里敬也, Alamouti 符号化を用いたイメージセンサ可視光通信, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS2013-37, pp.43-48, 2014年2月 (査読なし)
 18. 後藤裕樹, 光通信イメージセンサを用いた車車間可視光通信への光OFDM方式の適用, 電子情報通信学会東海支部卒業研究発表会, 2014年3月 (査読なし)
 19. 後藤裕樹, 山里敬也, 岡田啓, 藤井俊彰, 高井勇, 川人祥二, 圓道知博, 荒井伸太郎, 鎌倉浩嗣, 光通信イメージセンサを用いた可視光通信への光OFDM方式の適用に関する一検討, 電子情報通信学会総合大会, B-10-20, p.388, 2014年3月 (査読なし)
- 5.3 (図書) (計0件)**
- 5.4 (産業財産権)**
- 出願状況 (計0件)
 - 取得状況 (計0件)
- 5.5 (その他)**
- なし
- 6 研究組織**
- 6.1 研究代表者**
- 山里敬也 (YAMAZATO, Takaya)
名古屋大学・教養教育院・教授
研究者番号: 20252265
- 6.2 研究分担者**
- なし
- 6.3 連携研究者**
- なし