

LED アレイと高速度カメラを用いた可視光通信システムの高速化

128k Transmission of Visible Light Communication System using LED Array and High-Speed Camera

名倉 徹¹ 間瀬 祥平¹ 荒井 伸太郎¹ 山里 敬也¹ 圓道 知博¹
 Toru NAGURA Shohei MASE Shintaro ARAI Takaya YAMAZATO Tomohiro YENDO
 藤井 俊彰² 谷本 正幸¹ 木村 好克³
 Toshiaki FUJII Masayuki TANIMOTO Yoshikatsu KIMURA

名古屋大学¹
Nagoya University

東京工業大学²
Tokyo Institute of Technology

豊田中央研究所³
Toyota Central R&D Labs., Inc.

1 はじめに

LED は従来の白熱灯と比較して低消費電力、視認性の良さや長寿命といった利点があり、LED 信号機が普及しつつある。LED を人の目には見えない程高速に点滅させることによって照明光であると同時に、通信機器としての役割も果たすことが可能である。

本稿では LED アレイと高速度カメラを用いた可視光通信システムを考える。[1] では筆者らが伝送速度 32kbps のシステムを達成した。

しかし、実環境での可視光通信システムを想定すると、さらに高速なシステムが必要であるため、送信機を工夫することにより、高速化を目指す。

2 システムモデル

図 1 にシステムモデルを示す。送信機は 16 × 16 の正方形行列上に配置された 256 個の LED と符号化器からなり、256 個の LED の入力データに対して階層的符号化を行っている。[2]

階層的符号化は、遠くから受信すると高周波成分が失われて、低周波成分が多く残るというチャンネル特性を活かして、優先度の低いデータを高周波成分に、優先度の高いデータを低周波成分に割り当てる符号化である。またチャンネルでは周辺光からの雑音加わり、受信機では高速度カメラで撮影した画像を処理し、情報を復号する。

3 システムの高速化

階層的符号化は 1bit のデータを表すために 5 値の輝度値 ($0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1$) が必要である。文献 [2] では、OOK を用いるため、この 5 値の輝度値を 4 回の点灯で表している。このため 4 回の輝度値を足す事で 5 値の輝度値を得ている。この手法は OOK を用いることにより、各点灯を 2 値で表現できるため、より正しい輝度値を得ることができるという利点がある反面、ビットレートが下がってしまう。

本稿ではこれをアナログ変調のパルス幅変調 (PWM) することで 5 値の輝度値を 2 倍のサンプリングを含めた 2 枚の撮影画像で得ることを可能とし、4 倍の高速化を実現した。

4 実験

通信距離 30m で実験を行い、誤り率特性を評価する。従来手法の点灯周波数 500Hz と提案手法を 2 通りの点灯周波数 4kHz, 8kHz で実験を行い比較を行った。

実験諸元を表 1 に示す。ここで繰り返しデータ数とは、1 枚の撮影画像で各 LED それぞれ 1bit の情報を得るために 1 つのデータを繰り返す回数である。

復号結果は表 2 のようになった。提案手法のどちらの高速化も撮影画像 2 枚で LED 1 つ当り 1bit の情報を受けられるので、ビットレートは共に 128kbps である。この結果から、高速化を行うことで誤り率特性が劣化することが言える。これは高速化を行うことで光量が減少するためであると考えられる。

また、2 通りの高速化の誤り率にも差が生じた。この原因は、撮影時に設定している露光時間が実際の露光時間とは異なっているからであると考えられる。露光時間は短くなることで、各データが一部失われ、誤り率が上がる。しかし点灯周波数が大きい程、その失われる情報

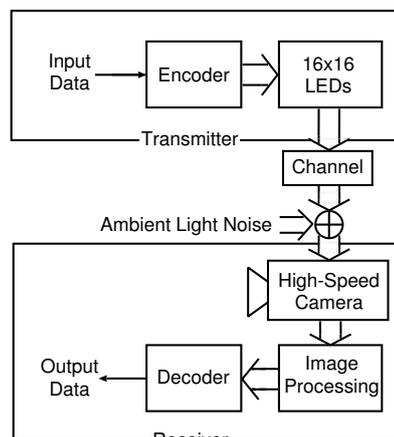


図 1 システムモデル

表 1 実験諸元

カメラの撮影速度	1000fps		
LED 点灯周波数	500Hz	4kHz	8kHz
繰り返しデータ数	1	2	4
送信ビット数	12800		
レンズの焦点距離	35mm		
レンズのピント	無限遠		
レンズの絞り	11		
撮影画像	モノクロ		
通信距離	30m		
解像度	128 × 128pixel		

表 2 高速化実験をした時の復号結果 (通信距離 30m)

	従来手法	提案手法 (高速化)	
LED 点灯周波数	500Hz	4kHz	8kHz
ビットレート	32kbps	128kbps	
全体の誤り率	0	1.09×10^{-2}	4.06×10^{-3}
高優先度の誤り率	0	2.50×10^{-3}	9.37×10^{-4}

の割合が相対的に小さくなるため、露光時間の影響は少なくなる。

5 むすび

本稿では、階層的符号化のために必要な 5 値の輝度値を OOK をすることで得ていたものを、PWM をして得ることで従来の伝送速度の 4 倍の高速化を実現した。

実験結果より、光量を変えずに高速化を行うことで、誤り率特性が劣化することが言えた。

参考文献

[1] 荒井伸太郎, 間瀬祥平, 山里敬也, 圓道智博, 藤井俊彰, 谷本正幸, 木村好克 “LED アレイと高速度カメラを用いた階層的符号化の路車間可視光通信実験,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol.ITS2007-61, pp.151-156, 2008 年 2 月。

[2] S. Arai, S. Mase, T. Yamazato, T. Yendo, T. Fujii, M. Tanimoto, Y. Kimura “Feasible Study of Road-to-Vehicle Communication System Using LED Array and High-Speed Camera,” Proceedings of the 15th World Congress on ITS, Nov 2008.