

# 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輝度補正

Detection of Luminance for Road-to-Vehicle Visible Light

Communication using LED Array and High-Speed Camera

荒井伸太郎<sup>1</sup> 間瀬 祥平<sup>1</sup> 名倉 徹<sup>1</sup> 山里 敬也<sup>1</sup> 圓道 知博<sup>1</sup>  
Shintaro ARAI Shohei MASE Toru NAGURA Takaya YAMAZATO Tomohiro YENDO  
藤井 俊彰<sup>2</sup> 谷本 正幸<sup>1</sup> 木村 好克<sup>3</sup>  
Toshiaki FUJII Masayuki TANIMOTO Yoshikatsu KIMURA  
名古屋大学<sup>1</sup> 東京工業大学<sup>2</sup> 豊田中研<sup>3</sup>  
Nagoya University Tokyo Institute of Technology Toyota Central R&D Labs., Inc.

## 1 はじめに

本研究では、送信機に LED アレイ、受信機に車載高速度カメラを用いた路車間可視光通信に着目する [1]。これは、LED が半導体デバイスで、高速に輝度を制御することが可能であることから、人間の目には見えないほど高速に変調させることで通信を実現するシステムである。

カメラを利用する上で、送信機を撮影した画像から LED の輝度を抽出することが、データ復調を行う上で非常に重要な動作である。しかしながら、通信距離の変化にしたがって、撮影画像に写る LED アレイのサイズや、LED の輝度が異なるため、データを受信する度に輝度の補正を行う必要がある。本研究では、個々の LED の輝度に着目した補正手法を提案し、その評価を行う。

## 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 の正方向行列上に配置された 256 個の LED 及び符号化器で構成されている。個々の LED の輝度を制御可能であり、入力データを 256 ビット同時に処理することができる。送信データはパケットとして送られ、パケットのデータ長は  $S (0, 1, \dots, s, \dots, S-1)$  で表され、 $s$  ごとに 256bits のデータを送る。ゆえに、全送信データ数は  $256 \times S$  で決まる。受信機は高速度カメラ、画像処理部、復号化器で構成されている。

## 3 受信機側での輝度補正手法

これまでの輝度補正手法は、送信機が全 LED を同時に点灯させるデータを送り、このデータを基準値として、送信データの輝度の補正を行っていた。

本研究で提案する輝度補正手法は、各 LED の輝度の平均  $E_{i,j}$ 、分散  $V_{i,j}$  を求め、各 LED ごとで正規化を行う。式で表すと次のようになる。

$$E_{i,j} = \frac{\sum_{s=0}^{S-1} LED_{i,j}(s)}{S} \quad (1)$$

$$V_{i,j} = \frac{\sum_{s=0}^{S-1} \{LED_{i,j}(s) - E_{i,j}\}^2}{S} \quad (2)$$

$$LED_{i,j}(s) = \frac{LED_{i,j}(s) - E_{i,j}}{\sqrt{V_{i,j}}} \quad (3)$$

式中の  $i$  と  $j$  は LED の位置、 $LED_{i,j}(s)$  は正規化前の LED の輝度値、 $LED_{i,j}(s)$  は正規化後の輝度値を表している。この方法では、各 LED がそれぞれの位置で受ける周辺の LED 光の干渉の影響も考慮されるため、従来より正確に輝度の補正ができる。

## 4 輝度補正の有効性の調査

正規化の有効性を、静止環境での通信実験より求める。表 1 に実験諸元を示し、補正された輝度と元データとの平均二乗誤差 (MSE) を計算して評価する。図 2 に実験結果を示す。比較のため、これまでの補正手法の結果も

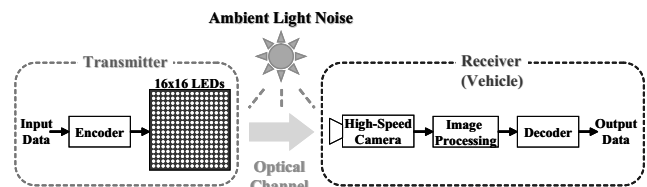


図 1 システムモデル。

同図に表す。図 2 では、MSE の値が小さいほど誤差が少ないことを示している。両者を比較すると、通信距離 20m では変化が見られないが 30m 以降では、提案手法の MSE が小さくなっていることが分かる。通信距離が長くなると、カメラが写す LED アレイのサイズは次第に小さくなるため、隣接する LED の光が互いに干渉してしまう。つまり、通信距離が長くなるにつれて、輝度の補正も困難となってしまう。ゆえに、通信距離が長くなっても、従来手法より MSE が小さい提案手法の方が輝度補正に優れているといえる。

しかしながら、今回提案した輝度補正手法は毎回画像から平均と分散の計算を行うため、リアルタイムで用いる場合には計算量が多い。そのため、提案手法のアルゴリズムの簡略化が必要であり、今後の課題である。

表 1 実験諸元。

変調方法	階層的符号化 [1]
全送信データ数	12.8kbits ( $S = 50$ )
カメラの撮影速度	1000fps
レンズの焦点距離	35mm
レンズの絞り	16
レンズのピント	無限遠
通信距離	20m ~ 50m

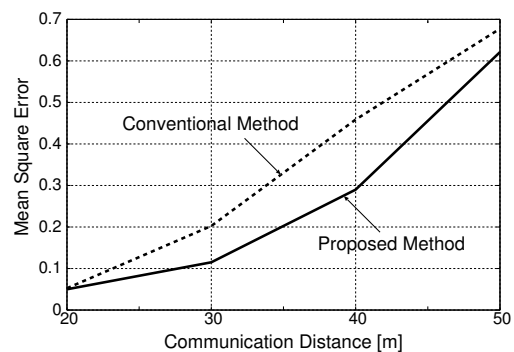


図 2 実験結果。

## 参考文献

- [1] 増田恭一郎, 岡田 啓, 山里敬也, 片山正昭, “LED 信号機と車載カメラを用いた可視光空間通信における階層的符号化方式,” 電子情報通信学会論文誌, vol. J90A, no. 9, pp. 696-704, 2007 年 9 月。