

12-8

複数光源を用いたシンプルな可視光通信シミュレータの作成

Development of Simple Simulator for Visible Light Communication Using Multiple Light Sources

福本 隆雄¹ 荒井 伸太郎¹ 圓道 知博²
 T. Fukumoto¹ S. Arai¹ T. Yendo²
 山里 敬也³ 岡田 啓³ 藤井 俊彰³
 T. Yamazato³ H. Okada³ T. Fujii³
 (香川高等専門学校¹, 長岡技術科学大学², 名古屋大学³)

1. はじめに

本研究では、車両のLED テールランプと高速度カメラを用いた車々間通信による交通情報の提供を目的とした研究を行っている [1]。車両のテールランプのように、光源が2つ以上存在し、それらが離れている場合、個々のLEDを識別するだけでなく、2つの光源を同一の送信機として識別しなければならない。本稿では、このような複数光源を用いた可視光通信システムを様々な通信環境で特性を評価するための、シンプルな可視光通信シミュレータの開発を行う。

2. 作成した可視光通信シミュレータ

本研究で想定している可視光通信システムは、 $N \times N$ 個のLED アレー送信機を2つ平行に一定の距離を空けて並べたものを送信側、高速度カメラを受信側と想定する。送信側では、データを On-Off-keying (OOK) で変調し、その変調に応じた二次元点滅パターンを生成することで送信する。受信側では、光空間チャンネルを通して到達するLEDの点滅を高速度カメラで撮影し、撮影された画像からLEDの輝度を抽出する。最終的に、抽出された輝度を閾値判定することによってデータの復調を行う。本研究で作成するシミュレータは、これら全ての行程を画像処理で行う。

3. シミュレータの動作方法

図1に、作成したシミュレータのブロック図を示す。まず、送信側の画像処理として、LEDアレーを2つ距離を空けて並べた画像を作成する。各LEDは、OOKに応じて点滅させ、個々のLEDで1 bit のデータを送る。受信機にカメラを用いた際に起こる光空間チャンネルの影響による画像のボケを、以下の式で表されるガウシアンフィルタを用いて模擬する。

$$h_g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right). \quad (1)$$

このとき σ^2 はガウス分布の分散で、ボケの度合いを示す。さらに、送受信間の距離が長くなることによる画像サイズの変化を、面積平均法を用いて模擬する。復調は、画像からLEDの輝度値を抽出し、その輝度値を閾値判定することで行う。

4. シミュレーション概要

上述したシミュレータを用いて実際に通信シミュレーションを行い、BERを測定する。シミュレーションは、 $N = 4$ 、各LEDの直径と間隔は先行研究に基づいて決定した [1]。また、2つの送信機の間隔はLEDアレー2個分とした。ガウシアンフィルタの σ^2 は10, 100, 1000, 通信距離による各送信機の画像上でのサイズ 16^2 , 8^2 , 4^2 ピクセルのLEDアレーの縮小画像を用いる。BER

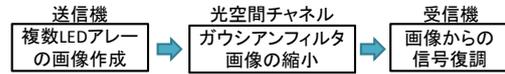


図1: 作成したシミュレータのブロック図。

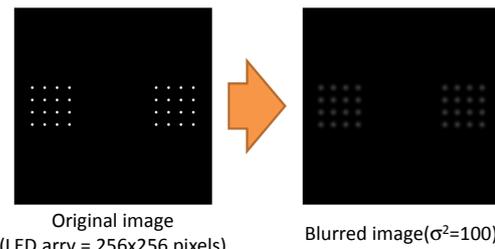


図2: シミュレータで作成した2つの光源の画像例。

表1: BER 特性。

	$\sigma^2 = 10$	$\sigma^2 = 100$	$\sigma^2 = 1000$
16^2 pixels	0.0	0.0	7.4×10^{-2}
8^2 pixels	0.0	0.0	7.6×10^{-2}
4^2 pixels	0.0	0.0	7.8×10^{-2}

は1,000回シミュレーション行った平均により計算する。

5. シミュレーション結果と考察

図2に、シミュレータで作成した2つの光源の画像例を、表1にシミュレーション結果を示す。ボケの影響が弱い状態 ($\sigma^2 = 10, 100$) で画像を縮小した時の結果に着目すると、どのサイズでもエラーフリーが確認できた。これは、縮小された画像のサイズが、LEDの個数以上であったためだと考えられる。つまり、ボケの影響が弱い場合、1ピクセルで1つのLEDを表されるときは、誤りなく復調できると言える。一方、ボケの影響が強い場合 ($\sigma^2 = 1,000$) の結果に着目すると、どの画像サイズでも、エラーが生じている。これは画像をボカしすぎたため、LEDの点滅が画像上で確認できなくなってしまったためと考えられる。以上の結果は実機による可視光通信実験でも報告されており、本研究で作成したシンプルなシミュレータでも同様の結果が確認できたといえる。今後の課題として、複数光源の数の増加や、光源ごとに異なる画像処理を行い、さらに実環境に近い可視光通信シミュレータの作成を行う。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費 24760307 の助成を受けて行われたものである。記して謝意を表する。

参考文献

[1] 白木, 他, “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,” 信学論 (B), vol. J95-B, no.11, pp.1517-1528, Nov. 2012.