

単一光源を用いた複数物体への情報付加を可能とする 多チャンネル光 ID 送信システム

1230134 林 匠人 (光制御・ネットワーク研究室)
(指導教員 小林 弘和 教授)

1. 研究背景・目的

近年、LED 照明を用いた可視光通信の発展が注目されており、その中に光 ID 送信というシステムがある。このシステムでは ID 情報を付加するために LED 照明の強度を高速で変調して物体に照射し、受信側は LED 照明光の照射物をカメラで撮影する。カメラから得られた光強度の変化をもとに取得した ID に対応するホームページや画像などを表示することで、物体固有の情報を取得することができる。しかし従来のシステムでは情報源の数だけ光源が必要となる。そこで本研究では物体の固有反射スペクトルを用いて、単一光源で複数の物体に対しそれぞれ異なる情報を送信可能な光 ID 送信システムの構築を目標とする。

2. LED 変調

目標とする光 ID 送信システムを構築するには固有反射スペクトルに応じて異なる ID 情報が付加されるように光源のスペクトルを設計する必要がある。物体毎の固有反射スペクトルを各行に並べた固有反射スペクトル行列 A を考えて、LED 光源のスペクトルをベクトル \vec{I}_{in} で表すと、図 1 に示すように、各物体からの反射光強度 \vec{I}_{out} は $\vec{I}_{out} = A\vec{I}_{in}$ と表せる。行列 A は正方行列でないため、一般化逆行列を用いて A^{-1} が求められる。したがって反射光として受信したい時系列データ $\vec{I}_{out}(t)$ を得るためには光源のスペクトルを時刻 t に対して、 $\vec{I}_{in}(t) = A^{-1}\vec{I}_{out}(t)$ とすれば良い。

各時刻において異なるスペクトルを光源として照射するために、本研究では回折格子による分光と多数のマイクロミラーを有する DMD (Digital Micromirror Device) を利用する。

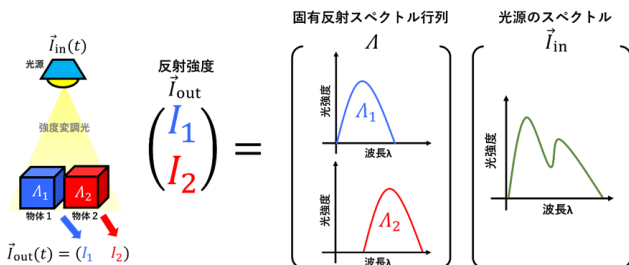


図1 照明光強度の算出方法

3. 実験構成

実験系を図2に示す。白色光源から出た光を回折格子で波長毎に分光し、凹面鏡で各波長を DMD 上の異なる位置に集光して、DMD で所望の波長のみを選択的に反射させ凹面鏡に返す。DMD の各ミラーは1つ1つが独立動作し、ミラーの角度を二方向に設定することができるため、一方を ON 状態 (凹面鏡に反射させる)、もう一方を OFF 状態 (凹面鏡に反射させない) とする。このミラー制御によって任意のスペクトルを有する光源を作り出し、物体を模したカラーフィルタを通してフォトダイオードにて測定を行う。

今回は Texas Instruments 社の DLP LightCrafter を DMD として使用した。あらかじめ作成した画像を MATLAB から DMD に送ることで、任意のミラーで反射させる制御を行う。

この実験系を用いて、3つのフィルタ (495nm のロングパスフィルタ FGL495, 550nm のロングパスフィルタ FGL550, 550nm のショートパスフィルタ FES0550) 毎にそれぞれ違う信号を送信する3フィルタの識別を行い、さらにそれぞれのフィルタ毎に SNR を調べる実験を行った。

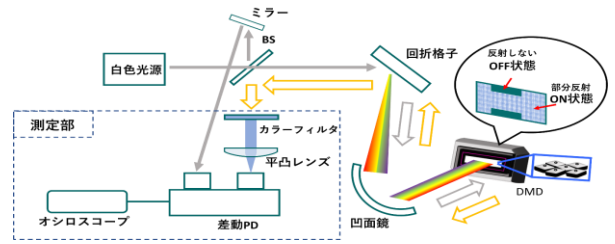


図2 実験系

4. 実験結果

それぞれのフィルタの透過信号のアイパターンを図3に示す。また、FGL495に付加した疑似ランダム信号1と3つのフィルタの透過信号の相互相関をとった結果を図4に示す。

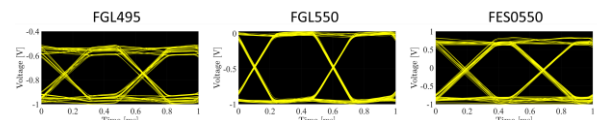


図3 3つのフィルタのアイパターン

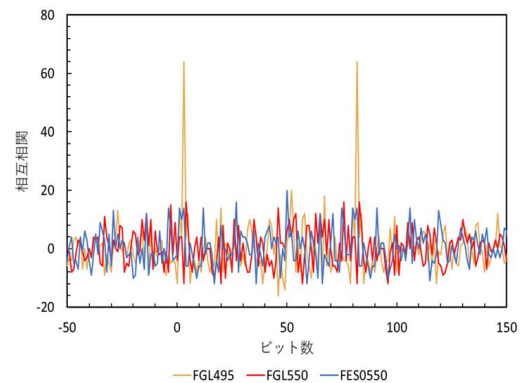


図4 3つのフィルタと疑似ランダム信号1との相互相関

それぞれのフィルタの SNR として、FGL495 で 25.3dB, FGL550 で 36.4dB, FES0550 で 29.4dB という値を求められ、25dB 以上の SNR で信号を受信することができた。

図4より FGL495 の相互相関が 64 となっていることから、ビット誤りがなくことが分かる。また、他2つのフィルタの透過信号には相関がなく、FGL495 のみに所望の情報が付与されていることが分かる。さらに、FGL550 と FES0550 についても同様に相関値 64 が確認された。

5. まとめ

本研究から、3つのフィルタの識別を 25dB 以上の SNR でビット誤り率 0 の信号を受信することが確認でき、高い精度でそれぞれのフィルタ毎に正しく復調することに成功した。

参考文献

[1] 久武太一, “固有スペクトルを用いた多チャンネル光 ID 送信システムの検討”, 高知工科大学, 学士論文 (2022)