

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

1220138 久武 太一 (光制御・ネットワーク研究室)

(指導教員 小林 弘和 准教授)

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いる. 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 LED 照明の光を高速で変調し, ID 情報を搭載した光を物体に照射して, 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変調信号をデバイス上で復調し, 得られた ID をもとに外部にアクセスし, 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. 本研究では図 1 に示すように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システムの構築を目的とする.

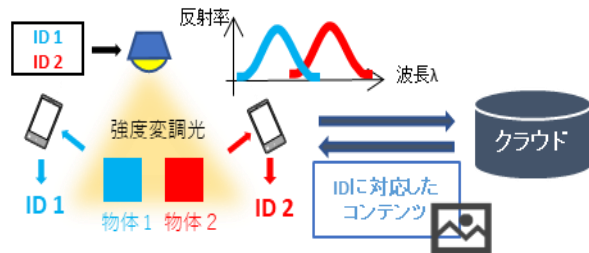


図 1. 光 ID システム

2. LED 変調

目標とする光 ID 送信システムを構築するには LED の変調方法を確立する必要がある. 光源の光スペクトル強度を縦ベクトル \vec{I}_{in} , 物体の個数を N として各物体の固有反射スペクトルを行列 $A = (A_1, A_2, \dots, A_N)^T$, 物体から反射された光パワーを \vec{I}_{out} と表す. \vec{I}_{out} は \vec{I}_{in} と A の要素ごとの積である光スペクトル強度の和で求めることができるので, $\vec{I}_{out} = A\vec{I}_{in}$ と表すことができる.

光源の光強度スペクトルは時間で変化するものを扱うため $\vec{I}_{in}(t)$ とすると, 各物体から反射された光パワー $\vec{I}_{out}(t)$ は, $\vec{I}_{out}(t) = A\vec{I}_{in}(t)$ と表せる. 物体からの反射光をそれぞれ任意の強度変化を持つ変調信号となるように光源の光スペクトル強度を制御することを考える. このとき行列 A は正方行列ではないため, 一般化逆行列 A^{-1} を用いると, $\vec{I}_{in}(t) = A^{-1}\vec{I}_{out}(t)$ で表すことができる. 外部変調で $\vec{I}_{in}(t)$ の光スペクトル強度の形状を制御することにより, 光パワー $\vec{I}_{out}(t)$ を得ることができる.

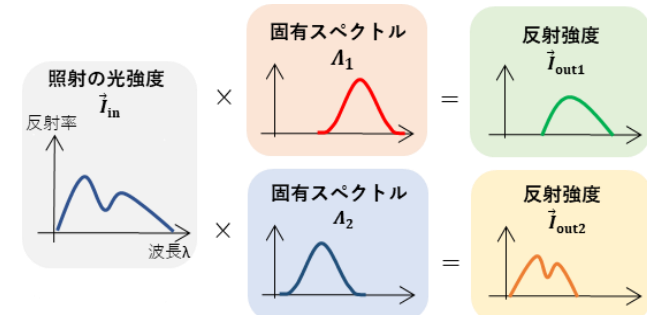


図 2. 固有反射スペクトルを用いた異なる $\vec{I}_{out}(t)$ の模式図

3. 実験構成

まず白色光源をビームスプリッタ(BS)に通し, 回折格子で波長ごとに異なる角度に分光して凹面鏡を用いて集光し, 多数のマイクロミラー(一辺 $10\mu\text{m}$) が配列したマイクロミラーデバイス (DMD) 用いて反射する波長および強度を選択し変調を行った. DMD で反射した光は元の経路を逆にたどり, 物体の反射スペクトルを想定したカラーフィルタの方向に反射

され, フォトダイオードに入射しオシロスコープで観測した. 今回は, Texas Instruments 社の DLP Lightcrafter を DMD として使用し, カラーフィルタは, 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 を用いた.

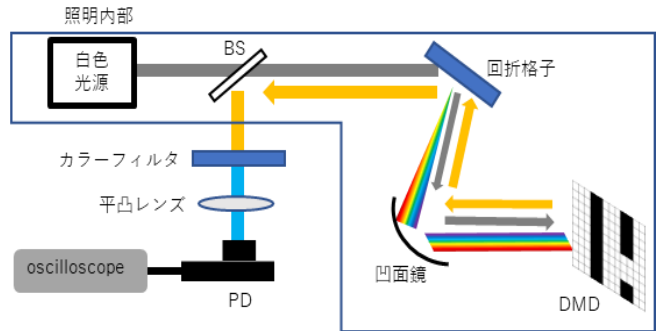


図 3. 実験系

4. 光検出器で観測した結果

二つの物体に対して異なる情報を送ることを仮定し, FGL550 には 4kHz , FES0550 には 2kHz で 1,0 を切り替える信号を送信した. 測定した結果を図 4 に示す.

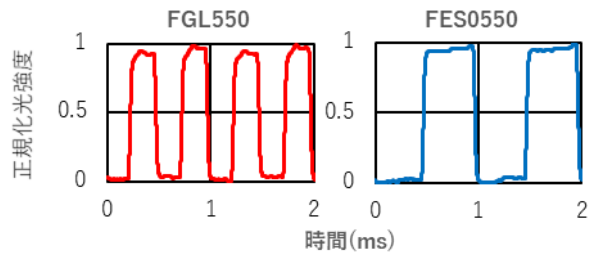


図 4. 二つのフィルタに対する LED 変調

FGL550 は 4kHz , FES0550 は 2kHz で 1,0 が切り替わる信号を得ることができた.

次に 2 つのフィルタから異なる 64 ビットの擬似ランダム信号を復調できるような信号を送信し, 観測したデータと擬似ランダム信号の相関をそれぞれ取ることで, フィルタごとに異なる信号を得ることができているか測定を行った測定結果を図 5 に示す.

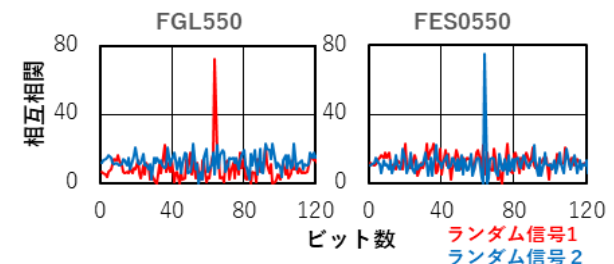


図 5. 二つのフィルタとランダム信号の相関

FGL550 はランダム信号 1 と FES0550 はランダム信号 2 と高い相関が確認できた. したがって, 二つのフィルタに対して異なる信号を送信できている.

5. まとめ

二つの物体に対して異なる信号を送信することができた. 物体の固有反射スペクトルを利用した多チャンネル光 ID システムの構築を目的とした, LED 照明光変調による情報送信システムを実現させることができた.