

不可視の色振動を用いたM系列による 映像上の位置情報伝送の基礎検討

Fundamental Study on Transmitting Coordinates on Images
by m-Sequences Using Imperceptible Color Vibration

松本 晟 阿部 知史 荒見 篤郎 平木 剛史 苗村 健
Akira Matsumoto Satoshi Abe Atsuro Arami Takefumi Hiraki Takeshi Naemura

東京大学
The University of Tokyo

1 はじめに

我々は、輝度一定で色度を振動させる色振動を用いることでリフレッシュレート 60 Hz の一般的な液晶ディスプレイでも不可視情報の伝送を可能にする研究 [1] を行ってきた。しかし、映像上の位置情報を伝送するにはデータ量が不十分であった。一方、Lumitrack [2] はプロジェクタの光の有無で M 系列を表現することで、可視の位置情報を伝送している。M 系列とは連続する n ビットが相異なる 2 進数列である。

本研究では、不可視の色振動を用いて M 系列を伝送することで、一般的な液晶ディスプレイの映像に数ミリレベルの位置情報を重畳する手法を提案する。本稿では、その位置情報を取得する回路を実装し、取得成功率を測定する実験を行った。

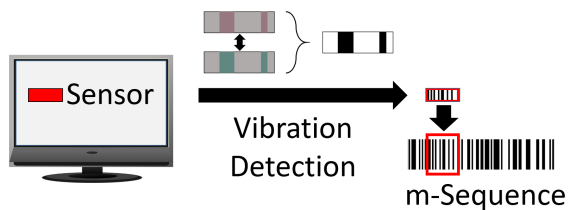


図1 システムの模式図

2 提案手法

[1] では、輝度一定の条件のもと RGB 各色を振動させて不可視情報を伝送している。また、M 系列は空間的に並べることで 1 次元の位置情報の伝送が可能である。そこで、色振動の有無を M 系列の 1 と 0 に対応させることで、数ミリレベルの位置情報を映像に重畳し、センサを用いて位置情報を取得する手法を提案する (図 1)。

受信側は色の振動を検出し、さらに空間分割された信号を一度に受信する必要がある。そのため、センサにはフォトダイオード (PD) が 1 次元に並んだフォトダイオードアレイを用いる。RGB いずれかの振動を選択的に検出するため、センサにはカラーフィルターを被せる。PD には PD が受光した振動の強さに応じた電圧値を出力とする検出回路を接続する。ここで、ディスプレイからの光は正面に直進するのではなく拡散するため、PD の出力は PD の周囲の画素の影響も受ける。そのため振動の有無を決定する閾値は、定数ではなく Lumitrack の閾値決定法に準じ近傍の PD の出力の平均値とした。

センサが受信可能な位置情報の分解能や範囲はセンサのサイズにより決まる。センサの PD が並ぶ間隔を W 、

センサの PD の数を N 、映像上の M 系列の 1 ビットの幅に対応する PD の数を n とする。 n はセンサの回転を考慮すると可変だがここでは回転は考えないものとする。ビットの境目に乗らない PD が常に存在するためには n が 2 以上であることが必要である。位置情報の分解能は Wn である。また、 $\frac{N}{n}$ ビットの M 系列を用いることができる。生成した M 系列の長さを L とすると LWn の範囲に位置情報が重畳可能である。

3 実験

提案手法により映像上の位置情報が伝送可能であるか検証するため、位置情報の取得成功率を測定する実験を行った。今回の実験では $W = 1$ [mm]、 $N = 16$ 、 $n = 2$ 、 $L = 100$ とした。よって受信できる位置情報は 2 mm きざみとなる。環境光の入らない暗室内で、輝度 60 cd/m² の色校正済みの液晶ディスプレイ (CG-2420, EIZO) を使用した。用いた映像はグレー (R, G, B) = (128, 128, 128) 単色の画像に M 系列を重畳したものであり、R の振動により 1 を表現し G と B は輝度を一定にするため用いた。具体的には (R, G, B) = (152, 120, 128) と (R, G, B) = (97, 136, 128) を 60 Hz で切り替えた。実験中色振動によるちらつきはなかった。ディスプレイの各位置でセンサを接触させた状態で 100 回計測した。正解としたのは測定位置と等しい値のみである。今回の実験では x 軸方向の位置情報を重畳した。結果を図 2 に示す。平均して 99% の成功率が得られた。

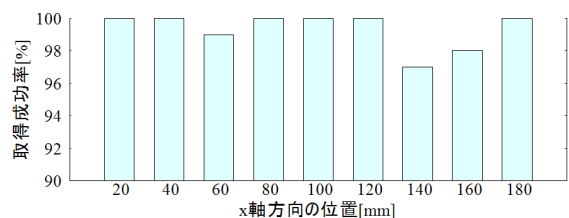


図2 結果のグラフ

4 おわりに

今後の展望として、x 軸を R、y 軸を B に対応させるなどして 2 次元の位置情報を伝送することや、センサの PD の数を増やし画面全体に位置情報を重畳することなどが考えられる。

参考文献

- [1] Abe, et al.: “Imperceptible Color Vibration...”, CHI EA '17, pp. 1464-1470, (2017).
- [2] Xiao, et al.: “Lumitrack...”, UIST '13, pp. 3-12, (2013).