

色空間ベクトルの想定時系列変化パターンとの類似度を用いて 可視光通信の受信誤りを低減する手法の提案

下前知世[†] 藤尾智彰[†] 塚田晃司[†]
和歌山大学システム工学部[†]

1. はじめに

災害発生時には、建物の倒壊による回線の切断や安否確認のための通信量の増大などによって既存の情報インフラが機能しなくなることがある。さらに夜間は、被災地の探索や被災者の安否確認が困難となってしまう、被災地から外部への情報を送る手段が必要になる。

そこで、本研究では光の色変化を利用した可視光通信に着目している。可視光通信の光は自然界に存在しないため発見が容易であり、直進性が高く夜間においても使用することができる。

先行研究[1]では、街頭などの外乱によって発生する誤った色を受信し、復号に悪影響を及ぼす問題があった。そこで、受光した RGB 成分を用いて得られる三次元曲線とあらかじめ想定される時系列変化パターンとの類似度を計算し、最も誤差の小さいものを出力することで受信誤りを正しいビット変換に訂正するシステムを提案する。

2. 関連研究

可視光通信を用いた研究には、光の明滅を利用して通信を行う「LinkRay」がある[2]。光源の明滅により送られる光 ID を受け取った端末は LinkRay プラットフォームに ID を問い合わせ、それに対応した情報を WEB サーバーから取得するというものだ。

色変化から情報を伝達する可視光通信システムに「Picalico」がある[3]。赤・緑・青の3色の点滅のパターンから ID を受信し、サーバーから ID に対応したコンテンツを取得する。

しかし、どちらの関連研究においても、ID を用いてサーバーへアクセスするため、動的なメッセージを扱うことには向いていない。

可視光通信の方式について、ブロック伝送とパスバンド信号を用いる可視光イメージセンサ通信システムの提案がある[4]。情報をパルス幅変調して明滅させ、光学スキャナを通してイメージセンサで読み取り復号することで、高速な変調光の受信を可能とする。しかし、送受信間の距離が 30m より大きくなると信号の輝度値が小さくなり、自然光の大きさが大きくなることで信号の欠損が起ってしまう問題がある。

3. 提案手法

本研究グループでは、可視光の色変化を利用した災害時通信システムを提案している[1][5][6]。先行研究において、認識率や利便性の向上・改善を目標にさまざまな研究が行われた。

しかし、先行研究における問題点として、非同期型通信であるため、街頭や災害時の火災などの光の外乱によって発生する一瞬の色の变化でさえ、色変化として正常な動作であれば通常の色変化として処理をすることがあった。そのため外乱が多い環境では、情報を復号した際に送信した情報と異なることがしばしばあった[5]。

その解決策として、あらかじめ想定される変化パターンの波形とカメラから受像した RGB 成分を二次元にして極座標を用いて計算した時間経過による角度変化の波形との平均二乗誤差を計算し、最も誤差の小さいものを出力する手法を提案した [6]。しかし、この手法でも一度誤認識すると、それ以降の復号が失敗する問題があった。

本研究では、先行研究における問題点を解決するために、受光した RGB 成分を空間ベクトルから極座標に投影することにより色の角度を取得し、時間変化を考慮した三次元曲線を求める。受け取った結果とあらかじめ想定される時系列変化パターンとの類似度を計算し、最も誤差の小さいものを出力するシステムを提案する。

先行研究では、RGB の値を座標変換して得られた極座標の角度変化のパターンと想定される変化パターンとを比較しているのに対し、本研究では、RGB の値を座標変換して得られた極座標の色の角度を用いた三次元曲線と想定される変化パターンを比較している。

3.1 送信処理

送信側では、3 シンボル 4 ビットの情報を送信する 4B3T 通信に、3 つのシンボル「+」「0」「-」の登場回数が均等になる伝送符号方式 MMS-43Code を用いた方式を適用する。この部分は先行研究をベースとしている[1][5]。シンボルに対応した色変化については、図 1 のように六角形の頂点に時計回りで赤(R)、黄(Y)、緑(G)、シアン(C)、青(B)、マゼンダ(M)、中心に白(W)を配置した図を考える。「+」シンボルを送信する場合は現在の色から時計回りの色へ、「-」シンボルを送信する場合は現在の色から反時計回りの色へ、「0」を送信する場合は六角形の対角に存在する色へ変化させる。全体の流れとしては、色の初期位置を R とし、ビット列から 4B3T 符号に変換し、変換された 3 つのシンボルから色配置に従って色変化を行う。

A method to reduce receive errors in visible light communication using similarity of assumed time series change pattern of color space vector

[†]Shimomae Tomoyo, Fujio Tomoaki, Tsukada Koji • Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

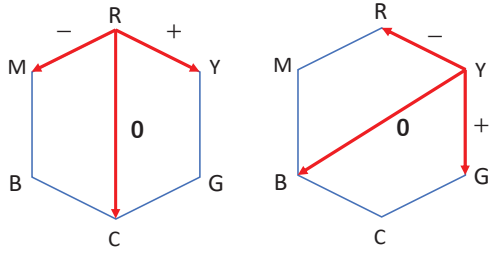


図1：色遷移と送信シンボルの関係

3.2 受信処理

図2で受信処理の大まかな流れを表す。

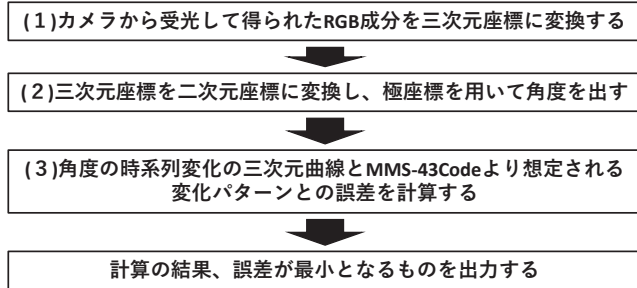


図2：提案手法の流れ

(1)受信側では、まずカメラから受光した RGB 成分を三次元座標に変換する。図3の左の図のように三次元座標を原点 O と白(W)を一直線上に見た場合に右の図のように六角形に見ることができる性質からアフィン変換を用いて、三次元座標から二次元座標に変換する。アフィン変換は、x(R)軸を中心とした反時計回りの回転と y(G)軸を中心とした時計回りの回転を行い、白(W)が z(B)軸上に重なるように変換する。この座標変換は以下の式(1)(2)になる。

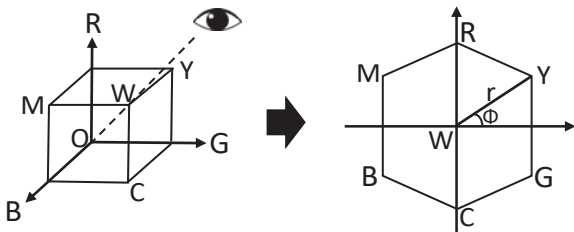


図3：RGB 三次元空間から極座標への変換

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta_1 R + \sin\theta_1 \sin\theta_2 G + \sin\theta_1 \cos\theta_2 B \\ \cos\theta_1 G - \sin\theta_1 B \\ -\sin\theta_2 R + \cos\theta_2 \sin\theta_1 G + \cos\theta_2 \cos\theta_1 B \\ 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{G_{\max}}{B_{\max}}, \quad \theta_2 = \tan^{-1} \frac{R_{\max}}{\sqrt{B_{\max}^2 + G_{\max}^2}} \quad (2)$$

(2)アフィン変換後の三次元座標を二次元平面に平行投影し、極座標を用いて角度を計算する。この座標変換は上記の式(3)(4)になる。得られた角度を時系列で時間軸方向に並べることで色角度の時系列三次元曲線を求める。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{2}{R'_{\max}-R'_{\min}} R' - \frac{R'_{\max}+R'_{\min}}{R'_{\max}-R'_{\min}} \\ \frac{2}{G'_{\max}-G'_{\min}} G' - \frac{G'_{\max}+G'_{\min}}{G'_{\max}-G'_{\min}} \\ \frac{1}{B'_{\max}-B'_{\min}} B' - \frac{B'_{\min}}{B'_{\max}-B'_{\min}} \\ 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$\Phi = \tan^{-1} \frac{y}{x} \times \frac{180}{\pi} \quad (4)$$

(3)図4のように MMS-43Code によってあらかじめ想定される時系列変化パターン(角度 ϕ)データの個数に合わせて拡張し、得られた色角度(角度 Φ)の時系列三次元曲線と比較し、誤差が最小となるものを選び、出力する。誤差 dif の計算は下記の式(5)になる。

色角度の時系列三次元曲線

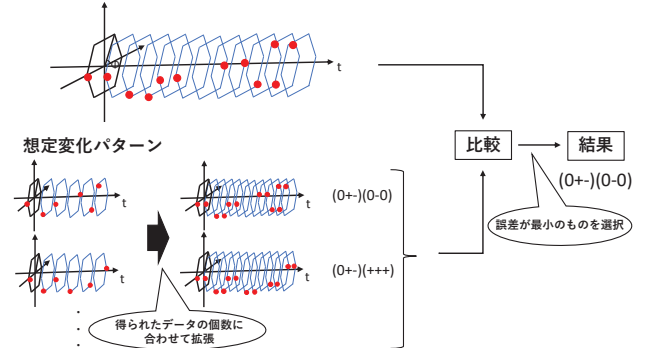


図4：変化パターンの推定

$$\text{dif} = \sum_{t=1}^n |\Phi(t) - \phi(t)| \quad (5)$$

4. おわりに

本研究では、災害時可視光通信の際に外乱によって発生する偽色による受信誤りの問題を解決するため、受光した RGB 成分を空間ベクトルから極座標に投影することで色の角度を取得し、時間変化を考慮した三次元曲線を求め、受け取った結果とあらかじめ想定される時系列変化パターンとの類似度を計算し、最も誤差の小さいものを出力するシステムを提案した。この手法を用いることで、より高い認識率を発揮する可視光通信システムが実現されると考える。

今後の課題として、白色の認識性能の向上、復号の際の効率的なアルゴリズムなどがあげられる。

参考文献

- [1] 岡崎 匡紀, 岡本 典樹, 塚田 晃司: 発光色の色変化の認識率を向上させる符号化方式を適用した災害時可視光通信手法の提案, 情報処理学会研究報告, 2016-GN-98(13), pp.1-8, 2016 年
- [2] パナソニック (株): LinkRay, 入手先 <https://panasonic.biz/c-ns/LinkRay/>
- [3] カシオ計算機 (株): 可視光通信技術 Picalico (ピカリコ), 入手先 <https://picalico.casio.com/ja/>
- [4] 今井 義人, 栗本 竜之介, 海老 原格, 水谷 孝一, 若槻 尚斗: ブロック伝送とパスバンド信号を用いる可視光イメージセンサ通信システムの構築と屋外における性能評価, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J101-B No.2 pp.111-121, 2018 年
- [5] 塚田 晃司, 岡崎 匡紀: 災害時における非常時通信のための偽色発生を抑制する非同期 CSK 方式の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.59 No.1 pp.12-21, 2018 年
- [6] 竹内 稜登, 塚田 晃司: 災害時可視光通信における変換パターンを用いたビットの誤り訂正手法の提案, 情報処理学会第 80 回全国大会, 2018 年 3 月
- [7] Infineon Technologies AG: T-SMINTO 4B3T Second Gen.Mo-dular ISDN NT(Ordinary)PEF 80902 Version 1.1: 伝送符号方式 MMS-43Code, 入手先 <https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/Infineon%20PDFs/PEF%2080902.pdf>