4ZB-08

養殖魚モニタリングのための可視光通信モジュールの改良と評価

筧　浩平 †　　谷口　義明 †,‡
† 近畿大学理工学部 ‡ 近畿大学情報学研究所

1　はじめに

さまざまなものにセンサ，通信機能を組み込み，収集した情報を利活用する IoT (Internet of Things) システムが注目を集めており，農業，畜産，養殖業などの第一次産業においても多くの研究開発がある．

我々の研究グループは，図 1 に示すように，マグロのような商品価値の高い魚にセンサ端末を装着し，可視光通信により情報を収集する養殖魚モニタリングシステムを検討してきた [1]．このシステムでは，魚に装着された端末は，データをフルカラー LED の色情報に変換して送信する．また，その光を生簀底面中央付近に設置した半天球カメラで撮影し，撮影動画像中の色情報からデータを受信する．LED の消費電力が小さいことに加え，カメラは同時に複数の LED を撮影でき端末側の多元接続処理が不要となることから，端末の消費電力が抑えられると考えられる．

可視光通信に関する検討は多数あるが [2–4]，我々の知る限り養殖魚モニタリングへの適用を考えているものや，そのような用途に簡易に利用できる製品がない．そこで我々は，これまでに，市販の機器を組み合わせることによる提案システムの実現可能性を検証してきた [5]．しかしながら，これまでの検討では，半天球カメラで LED を撮影した静止画像を対象にして通信を行えることを検証するにとどまっていた．

本研究では，これまでの実装システムを改良することにより，可視光通信を用いた養殖魚モニタリングシステムの一部を実機材を用いて実装，開発する．変調方式としては IEEE 802.15.7 [6] で規定されている CSK (Color Shift Keying) を採用し，また，同標準で規定されているキャリブレーション処理を実装する．また，実際に LED が明滅する様子を撮影した動画像を用いて，開発システムの検証を行う．

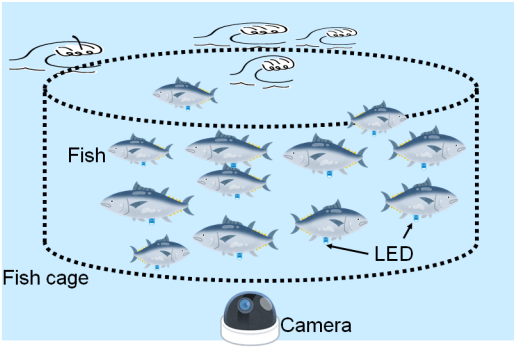
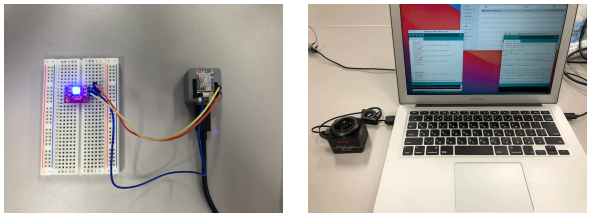


図 1: 養殖魚モニタリングシステム [1]



(a) 送信部　　(b) 受信部

図 2: 開発システム

2　開発システム

開発システムは，図 2 に示されるようにフルカラー LED を使って色情報を送る送信部と，半天球カメラから色情報を受信し処理する受信部に分かれる．

2.1　送信部

送信部は 24 mm 四方の小型マイコン ATOM Matrix，およびフルカラー LED WS2812 を用いて実装した．ATOM Matrix 自体にはバッテリーが内蔵されていないため，評価実験においては，ATOM Matrix を外部電源に接続して動作させた．

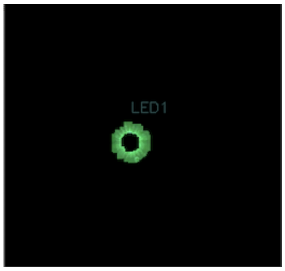
本研究では，送信部は 1 秒ごとにあらかじめ設定された色パターンで LED を発光するようにした．具体的には，まず，キャリブレーション処理のための LED 発光をした後，テスト用の固定長データに相当する色で発光する．色とデータの対応付けとしては，IEEE 802.15.7 で規定されている 4CSK を用いた．4CSK は 4 種類の色を使ってデータの変調を行う方式であり，一度のシンボルで 2 ビットの情報を伝送できる．

2.2　受信部

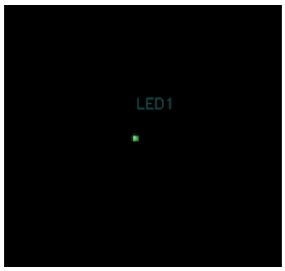
受信部は，半天球カメラ Kodak PIXPO SP360 4K とノートパソコン Macbook Air を用いて実装した．受信処理プログラムは Java と Python および OpenCV ライブラリを用いて実装した．ただし，本研究では，事前にカメラで撮影，保存した動画像ファイルに対して処理を実施するものとした．

Improvement and evaluation of a visible light communication module for fish farm monitoring
†Kohei Kakehi　†,‡Yoshiaki Taniguchi
†Faculty of Science and Engineering, Kindai University
‡Cyber Informatics Research Institute, Kindai University

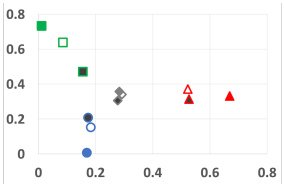
Copyright ©2022 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.



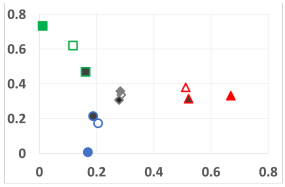
(a) 30 cm 離した場合の LED 領域



(b) 60 cm 離した場合の LED 領域



(c) 30 cm 離した場合の色度座標



(d) 40 cm 離した場合の色度座標

図 3: 受信した色の LED 検出例と色度座標

受信部は 1 フレームごとに動画像フレーム中の LED 領域を検出する．具体的には，動画像フレーム中，HSV 空間上で明度が V_1 以上の領域を LED の発光領域，明度が V_2 ($V_1 < V_2$) 以上の領域を LED の中心領域として抜き出し，それぞれの領域に対して膨張・収縮処理を実施する．その後，2 つの領域に含まれる領域を LED 領域とする．ここで，V_1，V_2 は閾値である．LED 領域を検出した後，LED 領域に含まれる画素の色の中央値を LED の色として抽出する．

LED 領域が検出された場合，受信部は，まず，抽出した色を用いてキャリブレーション行列 [6] を求める．その後，キャリブレーション行列による補正を行いながら，CSK により，抽出した色からデータの復調を行う．

3 実験評価

まず，室内で送信部を半天球カメラで撮影した動画像を用意し，受信部の受信処理プログラムに与えたところ，正しくデータを復号できることを確認した．

続いて，送信部と受信部の距離を変えた時に，受信部で色情報を正しく認識しデータを正しく復号できるかどうかを検証する実験を行った．送受信部間距離を 30 cm および 60 cm とし，送信部で緑色を光らせた場合に，受信部で LED として検出された領域を図 3(a)，図 3(b) に示す．距離が 30 cm の場合には色情報を正しく認識し，データを正しく復号できた．一方，距離を 60cm 離すと LED 領域をほとんど検出できなかった．その影響により，データを正しく復号することができなかった．距離を離した場合の受信率向上については今後の課題とする．

送受信部間距離が 30 cm，40cm の場合の受信色の色座標をそれぞれ図 3(c)，図 3(d) に示す．各色で塗りつぶされたのが送信色の色度座標，薄黒色がキャリブレーションなしの場合，塗りつぶされていないものがキャリブレーションをした場合の色の色度座標を示している．二つの図より，キャリブレーションにより，送信色に近い座標で受信され，データが正しく復号されることがわかる．

4 おわりに

本研究では養殖魚モニタリングシステムのための可視光通信モジュールの改良と評価を行った．

今後，送受信部間距離が大きい時の受信率の改善，角度を変えた場合，複数のフルカラー LED を用いた場合の評価，水中下での評価，改良を行う必要がある．

謝辞

本研究の一部は科学研究費（19K11934）の助成を受けた．ここに記して謝意を表す．

参考文献

[1] Taniguchi, Y.: A system for monitoring farmed fish via LED-based visible light communication, *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, Vol. 14, No. 11, pp. 1725–1726 (2019).

[2] 松田祐希, 宮城桂, 山田親稔, 谷藤正一, 市川周一：可視光 LED による水中通信システムの FPGA 実装, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 118, No. 282, pp. 43–46 (2018).

[3] 高山佳久：適用領域が広がる空間光通信の研究動向, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 119, No. 30, pp. 23–28 (2019).

[4] 小野寺幸仁, 高野宏紀, 久野大介, 中山悠：ドローン搭載 LED とカメラを用いた可視光通信におけるドローン検知精度の評価, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 120, No. 261, pp. 61–66 (2020).

[5] 筧浩平, 水島弘樹, 今中聖尋, 谷口義明：養殖魚モニタリングのための可視光通信モジュールの開発と評価, 2021 年度情報処理学会関西支部支部大会講演集, pp. 1–6 (2021).

[6] IEEE Standard, : IEEE 802.15.7-2018 - IEEE Standard for Local and metropolitan area networks–Part 15.7: Short-Range Optical Wireless Communications (2019), `https://standards.ieee.org/standard/802_15_7-2018.html`.

Copyright ©2022 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.