

ローリングシャッターセンサと光拡散フィルタを用いた水中光無線通信システムの構築と太陽光下における評価

北野 愛実[†] 海老原 格^{††} 若槻 尚斗^{††}
[†] 筑波大学理工学群工学システム学類 ^{††} 筑波大学システム情報系

1. はじめに

水中では電波が短距離で減衰してしまうことから、別の通信手段が検討されている[1]. そのうち光を用いた手法の一つである Optical Camera Communication (OCC) システムは、LED などの光源を送信機 (Tx) に、カメラを受信機 (Rx) に用いたものである[2]. 多くの水中ドローンにはすでに LED 照明と水中撮影用のカメラが搭載されており、これは既存のデバイスを使用した通信システムの構築を目指したものである[2]. 水中での光通信には通信距離の課題があり、カメラの前段に光拡散フィルタを用いることで通信可能距離を長くできることが明らかになってきた[3]. しかし、先行研究では太陽光下でこの OCC システムの評価を行っておらず、太陽光下で運用されることを考えると、実用化の上で懸念が残されたままである. そこで、本研究では bit error rate (BER) 検出限界値以下を目指した OCC システムを再構築し、これを太陽光下で評価する.

2. 通信システムの構築と実験手法

図 1 は構築した OCC システムのブロック図である. Tx は 0-1 の 15 bit の送信データをマンチェスタ符号化して 30 bit にし、ヘッダを付加したバイナリを 1 kHz のビットレートで送信し続けた. Rx は拡散フィルタによって LED の光を垂直方向に拡散し、それをローリングシャッターセンサで撮影した. 実験は 25 m の屋外プールで行った. Rx の光拡散フィルタは厚さ 1 mm のアクリル板に 1 mm 間隔で傷をつけたものである. 一定のシャッター速度、かつ ISO 値を 100 とし、Tx-Rx 間の距離を 200 mm ずつ変化させていき、各地点で静止画の連続撮影を 3 秒間行った. 撮影した画像を二値化した画像を用いた復号手法 1 とグレースケールを用いた復号手法 2 で復号した.

3. 実験結果

図 2(a), (b), (c) はそれぞれ Rx が取得した画像、(a) を閾値で二値化したもの、(a) を RGB の B の値でグレースケールにしたものである. 図 3 は Tx-Rx 間の距離と BER の関係を表しており、図 2(b), 図 2(c) を復号に用いたときのそれぞれの BER を表している. 復号手法 1 では 2000 mm 以上で復号不可となり、復号手法 2 では 200 - 3000 mm までで全ての観測点で BER 検出限界値以下を達成した.

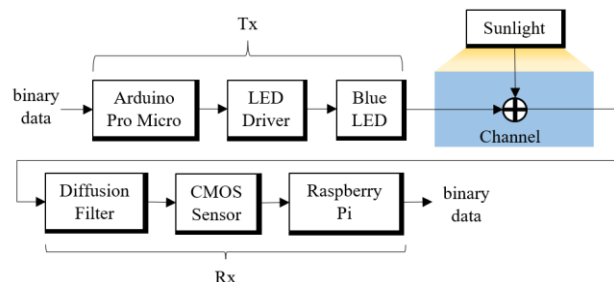


図 1. 実験に用いた OCC システムのブロック図.

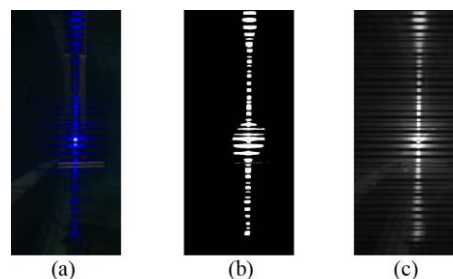


図 2. 復号に用いた画像の比較: (a) 撮影画像, (b) 復号手法 1 に用いた二値化画像, (c) 復号手法 2 に用いたグレースケール.

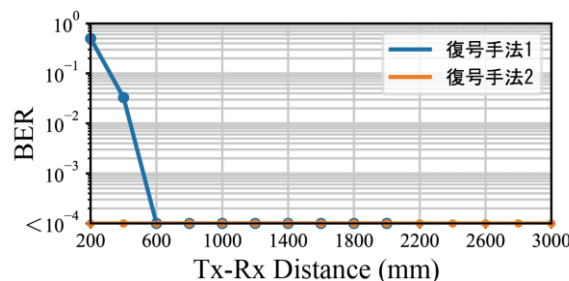


図 3. Tx-Rx 間の距離と BER の関係.

4. 結論

本実験では、送信機に LED、受信機に光拡散フィルタとローリングシャッターセンサを用いた OCC システムを構築し、太陽光下で実験及び評価を行った. その結果、Tx-Rx 間の距離が 3000 mm 以下の時は BER が検出限界値以下を達成できた.

参考文献

- [1] Hassan M. Oubei *et al.*, Japanese Journal of Applied Physics, **57**, 08PA06, 2018
- [2] N. T. Le *et al.*, Signal Processing: Image Communication, **53**, pp.95-109, 2017.
- [3] R. Hamagami *et al.*, IEEE Access, **9**, pp.146422-146436, 2021.