

水中ドローンを繋ぐ可視光通信システムに最適な変復調技術



SATテクノロジー・ショーケース2022

■ はじめに

水中インフラの点検などの場面で、水中ドローンの利用が注目されている。これらを運用するにあたり、ドローンとその操縦者をつなぐ、水中無線通信システムの確立は必要不可欠である。

近年、この水中無線通信の新たな手段として、可視光通信が注目されている。可視光通信とは情報をLEDの高速点滅として送信し、受光素子を用いて受信する手法である。特に、受光素子に汎用カメラを用いる可視光通信システムは、画像情報からの光源位置推定や、複数光源からの信号を個別に受信するマルチユーザ通信だけでなく、多くの水中ドローンが搭載している照明用のLEDとカメラを活用して、水中無線通信リンクを確立できるという利点を有している。しかし、カメラを用いる水中可視光通信の既存研究において、実環境で想定される外乱光の影響に関する課題(図1)は十分に考慮されていない。したがって、水中ドローンに適した、信頼性の高い水中可視光通信を実現するためには、外乱光影響下における最適な変復調方式を明らかにする必要がある。

我々の研究グループでは、現存するいくつかの変復調技術を用いた通信システムを構築し、シミュレーションと実験を通して、外乱光下における性能評価を行うことで、最適な変復調方式を明らかにした.

■ 活動内容

本研究では、多くの既存の可視光通信システムに採用されている変復調技術である、On-off keying (OOK)とOrthogonal frequency division multiplexing (OFDM)、および、本研究で新たに導入するPhase-shift keying (PSK)、計3つの変復調方式を用いる通信システムを以下の2つの課題のもとで、比較および検討した。シミュレーションと予備実験の結果、それぞれの課題に対して有効な変復調方式が明らかになった。

1. 課題(a)「低周波外乱光の干渉」

水中には、太陽光が水面の表面波によって散乱されて発生する、低周波の外乱光が存在する [図1(a)]. シミュレーションと予備実験の結果、基底帯域で信号を伝送するOOKを用いる場合、これらの外乱光との干渉が発生し、通信品質の劣化を招くことが確認できた. 一方、PSKやOFDMのように、搬送波帯域で信号を送信する方式の場合、低周波外乱光の影響を適当なフィルタにより回避できることが明らかになった.

代表発表者 **濱上 立季 (はまがみ りつき)** 所 属 **筑波大学 理工情報生命学術院** システム情報工学研究群

知能機能システム学位プログラム 問合せ先 〒305-8573 **茨城県つくば市天王台 1-1-1**

TEL:029-853-6470 FAX:029-853-6471 ebihara@iit.tsukuba.ac.jp

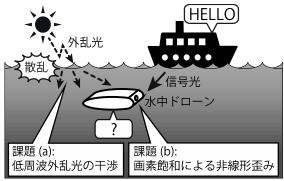


図 1 水中可視光通信における外乱光の課題

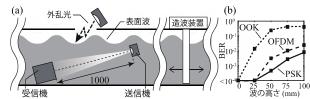


図 2 造波水槽実験: (a)実験環境 (b)実験結果(波の周波数 0.5 Hz のとき)

2. 課題(b)「画素飽和による受信信号の非線形歪み」

水中では表面波によって外乱光の強度が動的に変化する。その内、強度の高い外乱光はカメラの画素のダイナミックレンジを超える信号として受信される。これにより、画素飽和による受信信号の欠損(非線形歪み)が起きる[図1(b)]。シミュレーションと予備実験の結果、特にOFDMは画素飽和の影響を大きく受けることが確認できた。これは、OFDMは信号ピーク値が高くなるという性質を有しているためである。一方で、OOKやPSKはOFDMに比べて信号ピーク値が小さいため、画素飽和による通信品質劣化を抑えられることが明らかになった。

3. 大型造波水槽における実験

課題(a)-(b)が同時に存在する,実環境に近い環境において通信性能を評価するために,造波装置と外乱光源を備えた,大型の実験水槽を用いて実験を行った [図2(a)]. 実験の結果,課題(a)-(b)が同時に存在する環境では,PSKを用いる水中可視光通信システムが良好な通信品質を実現できることが明らかになった [図2(b)].

■ 関連情報等(特許関係、施設)

[1] Ritsuki Hamagami, Tadashi Ebihara, Naoto Wakatsuki, and Koichi Mizutani: *IEEE Access*, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3123358.

■キーワード: (1)水中可視光通信

(2)変復調技術

(3)無線通信

■共同研究者:海老原格(筑波大学)

若槻 尚斗 (筑波大学) 水谷 孝一 (筑波大学)