

令和 6 年度実績報告書

令和 7 年 3 月 21 日

公立千歳科学技術大学
学長 宮永 喜一 様

公立千歳科学技術大学特別研究等助成要綱第 7 条に基づき、下記のとおり報告いたします。

報告者	所属	電子光工学科科	職名	教授
	氏名	吉本 直人	ふりがな	よしもと なおと
研究課題名	水中環境のデジタル化基盤構築に関する研究			
本研究費による発表論文、著書など	- Ryusei Oikawa and Naoto Yoshimoto, “End-to-End Demonstration of All-optical Underwater Communication Network Using G.9960 Compliant OFDM Technology,” CLEO PacificRim 2024, P2-72, Incheon, Korea, August 2024. - 及川 怜聖, 佐藤 由麻, 吉本 直人, “水中光無線システムにおける水質変化に対する通信品質の耐性向上に関する検討”, 電子情報通信学会, Vol. 124, CS-100, pp.33-36, 2024. - 吉本 直人, “特集 イメージセンサを用いた可視光通信：光カメラ通信：「光」の技術・業界・人材の融合に向けて “, 映像情報メディア学会誌, Vol. 78, No.3, pp. 348-354 (2024). - 吉本 直人, 及川 怜聖, 岩月 勝美, 尾辻泰一, “ITU-T G.9960 準拠の OFDM 技術を用いた水中光無線によるギガビット級アクセスネットワークの水中への拡張”, 東北大学電気通信研究所共同研究プロジェクト発表会, A-13, (2025)			

研究成果報告

近年、活発化している次世代無線アクセス (beyond-5G) 技術の研究開発項目の中で、現状電波の不感地帯である「海中・水中」にサービスエリアの拡張する研究が注目を集めている。海中・水中に地上でのネットワークが拡張されれば、水中環境モニタリングを含めた水中での IoT サービスを提供することができる。図 1 に水中 IoT サービス基盤のイメージ図を示す。水中での様々なセンシングデバイスや水中ドローンなどと組み合わせることによって、「養殖業」や「船舶や水中インフラの点検」、「海中観光」などへの適用が期待されている。

地上の広帯域な光ネットワークサービスをシームレスに水中まで拡張するため、水中での減衰が小さい可視光 (青色/緑色) LD を用いた水中光無線通信が着目されている (オール光ネットワーク構成)。しかしながら、可視光 LD モジュールは高速変調向けには設計されておらず、光の広帯域性を活かすことができなかった。そこで、マルチチャネルな OFDM 変調方式を水中光無線区間に採用することによって、広帯域な周波数特性を持たないモジュール構造でも、エンドツーエンド (地上区間から水中区間まで) で高速な通信が可能な水中-陸上のシームレスなオール光ネットワークを提案した (図 2)。図 3 に実験構成を示す。国際標準規格 ITU-T G.9960 (G.hn) に準拠した OFDM 変調器を用いた。この変調器は Ethernet のベースバンド信号を OFDM 変調信号にマッピングしている。使用した OFDM 変調器帯の無線送受信器は 3 台でそのうち 1 台は中継器として設定した。これによって、OFDM 変調された信号が一定のバイアス電流で発光している LD の変調電流として重畳される。光水中環境は、実験室の水槽に水道水を満たすことで対応した。

次に、実験結果を示す。図 4 に水中光無線区間の光受光強度とエンドツーエンドのスループットとの関係を示す。適切な受光条件を選択することによって、双方向 400Mbps 以上のスループットが確保できることを示した。これによって、水中でも十分高画質な映像信号を取り扱うことが可能である。

図 5 にエンドツーエンドでデータ伝送した結果として、光受光強度とパケットエラー率との関係を示す。この結果から、水中区間において双方向で -7dBm 以上の受光強度を確保することができれば、パケットエラーフリーで通信可能であることを示した。これらの結果から、既存技術を活用した提案構成によって、水中-地上間のシームレスな広帯域通信が可能であることを示した。

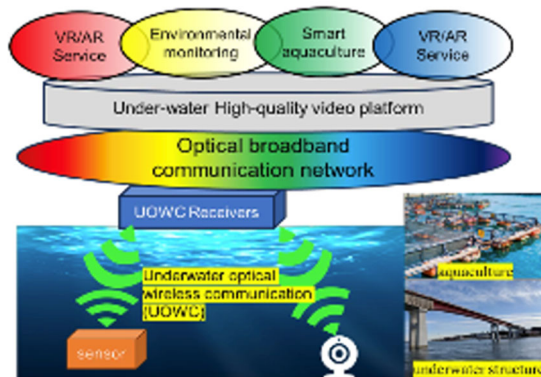


図 1 水中 IoT サービス基盤のイメージ

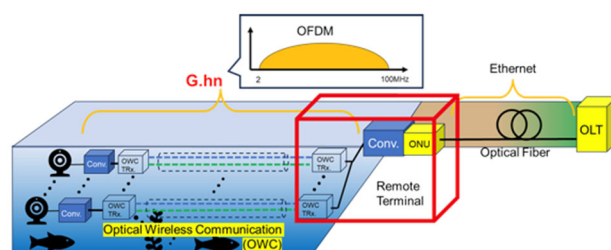


図 2 提案システムの概要

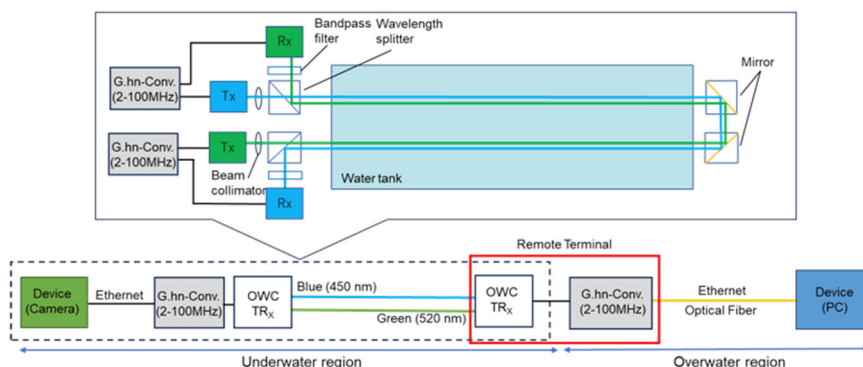


図 3 End-to-end のデータ伝送の実験構成

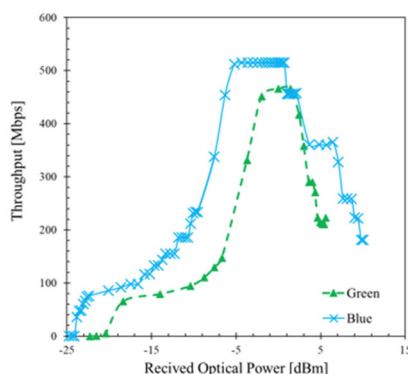


図 4 スループット特性

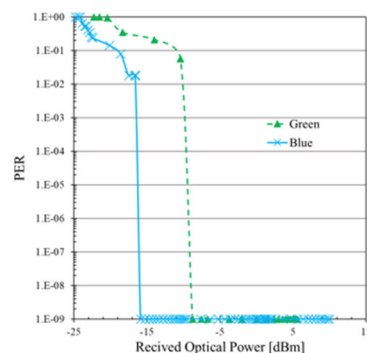


図 5 パケットエラー率