

水中音響通信における OFDM(直交周波数分割多重)方式の適用

○出口充康・樹田行弘・渡辺佳孝・志村拓也 (海洋研究開発機構)

海水中では電波が伝搬しない事から、海洋観測において水中音響通信は不可欠な技術の一つである。しかし、空中電波通信と比較して、伝搬速度の違いからドップラーシフトの影響が大きい点、反射波や屈折波といったマルチパス波が高い強度で、かつ大きく遅延して受信される点、海水の物理的性質によって高周波帯域を利用できない点など、基本的な伝搬路特性が大きく異なるといった問題がある。また、データの伝搬に大きな遅延が生じる事で用途によっては再送が難しく、各データ送信に高い信頼性を求められるなど、水中音響通信特有の要請に応えた通信技術の研究開発が期待される。

一方、近年携帯電話や地上デジタル放送で利用されている直交周波数分割多重方式(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)の水中音響通信への適用に関する研究が多数報告されている。OFDMでは、データを各周波数(サブキャリア)に割り当てており、所要計算量を低減できる反面、ドップラーシフトがサブキャリア間干渉(inter carrier interference, ICI)を引き起こし、復調性能を大きく劣化させるといった問題がある。近年の研究では、ドップラーシフトによる直接波の信号伸縮を計測、推定し、それをキャンセルするようにダウンサンプルのタイミングを調整するリサンプリング手法の研究などが行われているが、この手法はマルチパス波が無い環境でのみ有効な手法であり、高強度のマルチパス波が受信される実運用の環境では、マルチパス波のドップラーシフトがICIを引き起こす事が予想され、結果として通信性能を大幅に劣化させる事が危惧される。

そこで、本研究では、マルチパス波のドップラーシフトによって引き起こされるICIについて、シミュレーションを用いて解析した。解析にあたって、図1に示すように、小型船舶と係留した音源間での通信を想定した。また、動揺は小型船舶のピッチ運動のみを仮定しており、マルチパス波は直接波との振幅比が30%の海面反射波のみを仮定した。復調では、マルチパス波の影響を抑制するために一般的に導入される周波数領域等化处理に加え、送信信号自体を利用した理想的なりサンプリング手法を適用することで、直接波のドップラーシフトの影響をほぼ完全に抑制した。それらの処理によって復調したところ、図2に示すように、マルチパス波が受信されると復調性能が大きく劣化する現象が確認された。ドップラーシフトの無い環境では、マルチパス波の影響は周波数領域等化处理によってほぼ完全に補正される事から、図2の結果はドップラーシフトの影響を受けたマルチパス波がICIを引き起こし、その結果、復調性能が大きく劣化した事を示している。

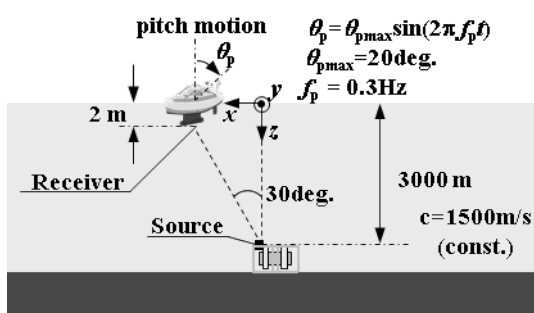


図1. 通信路概念図

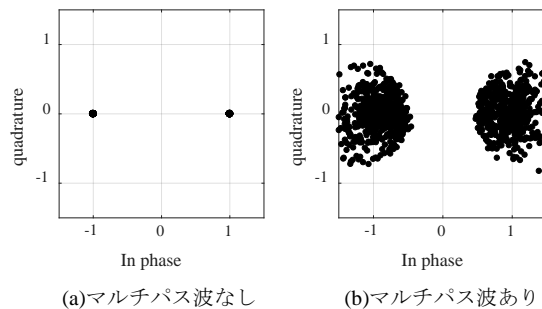


図2. コンスタレーション