

琉球大学学術リポジトリ

水中音響通信による水中での安定的な無線通信の実現及び大容量化に関するシステム構築の研究

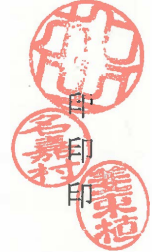
メタデータ	言語: ja 出版者: 琉球大学 公開日: 2023-05-09 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大城, 史帆 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002019806

令和5年 2月 6日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 和田 知久
副査 氏名 名嘉村 盛和
副査 氏名 姜 東植



学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	総合知能工学専攻 氏名：大城 史帆 学籍番号：■■■■■	
指導教員名	和田 知久	
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	水中音響通信による水中での安定的な無線通信の実現及び大容量化に関するシステム構築の研究	
審査要旨（2000字以内） 近年メタンハイドレートなどの海底天然資源の海洋開発の進展により、深海探査が不可欠になっている。深海探査の他にも海洋養殖モニタリングやマリンレジャー等での水中ドローンも利用されており、世界中で自立型無人潜水機（AUV: Autonomous Underwater Vehicle）の研究・開発が盛んになってきている。AUVの最大の利点はケーブル等を使用せずに完全に自立型で行動する無人潜水艦である。これらの研究・開発で必要不可欠となる実用的な水中音響通信には数多くの課題があるが、その中で本論文は3つの課題（有線長による探索エリアの制限、定期的AUVの母船回収の必要性、海面や海底の反射波で発生するマルチパス伝送による性能劣化）に対する解決法を提案し、計算機シミュレーションおよび海洋やプール実験により有用な結果を示した。		

(次頁へ続く)

本論文は全6章で構成されており、第1章では研究背景と目的、第2章では、本研究に使用する技術の基礎概要を紹介し第3章では、サイクリックプレフィックス (CP : Cyclic Prefix) なしSTBC-MIMO OFDMによる水平水中通信を提案した。直交周波数分割多重 (OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing) で発生するシンボル間干渉 (ISI : Inter Symbol Interference) やキャリア間干渉 (ICI : Inter Carrier Interference) を防ぐために、一般的にはCPをOFDM シンボルの下部から上部に付加して使用する。しかし、CP付加によりOFDMのデータ伝送容量が低下してしまう。本研究ではCPを付加することなく干渉を低減し、OFDM通信を行う事が可能かどうかを検討し、ISIはLeft Null Spaceの直交基底を使用して低減し、ICIは最小平均二乗誤差 (Minimum Mean Square Error) 法を使用することで低減する事ができることを示し、実際に計算機シミュレーションにて、2送信3受信及び2送信4受信のMIMO構成で、マルチパス遅延によるISI/ICI干渉による性能劣化の改善を定量的に示した。

第4章では3章を改良し、CPなしSTBC-MIMO OFDMに斜投影 (OB : Oblique Projection) を採用した方法を提案した。最小二乗法 (LS法 : Least Squares Method) 及びハウスホルダー変換によるQR分解ベースのOB演算子を使用して構造化ノイズを完全に削除する。計算機シミュレーションでは2送信3受信及び2送信4受信を想定し、2波マルチパスと多マルチパス環境で比較を行い、両環境でのマルチパス遅延による性能劣化の抑制を示した。また静岡県沼津市の内浦湾で行われた海上バースを用いた海洋実験では、従来型CPありOFDMシステム、CPなしOFDMシステム、そして提案したCPなしSTBC OFDMシステムの比較実験を行い、CPなしOFDMシステムは干渉の影響を最も受けたが、提案したCPなしSTBC OFDMシステムでは遅延波による性能劣化を抑圧する事を実験的に示した。

第5章では、海中での双方向の無線通信エリアの実現として、32kHz帯域幅の水中小領域音響ネットワーク (USAAN : Underwater Small Area Acoustic Network) を提案し、プロトタイプ of 無線水中ロボット (沖縄高等工業専門学校製作) を無線制御するシステム構築を行った。計算機シミュレーション結果で、海中移動時のドップラー問題の補正を確認し、秒速1m/s程度の移動通信での16QAM変調を用いるOFDM通信が実現できることを海洋実験で確認した。その後、読谷沖での海洋実験で、水中ロボットを実際に制御 (前進・後退・方向転換等) することに成功し、水中ドローンで撮影した 240x213 ピクセルの水中写真のリアルタイムでアップロードする事に成功している。

第6章では、移動速度が3m/s以上のような高速移動での無線通信実現のために、ドップラー現象によるチャネル伝達関数 (CTF : Channel Transfer Function) の劣化補正と初期同期法の改良を備えたUWA OFDM通信システムを提案した。初期伸び縮み係数 β_1 を検出するため、OFDM信号の先頭に2つのチャープ信号を挿入して β_1 を検出し、その値を初期値に適用する事でドップラー補正を行う。チャネル伝達関数はCP (Continuous Pilot : 連続パイロット) を使用して検出した値と本来の値のずれを計算し、修正されたCTFを使用してチャネル等化した結果を出力することで、安定した通信が実現できることを示し、無反響プールでの実験ではCTF補正ありとなしを比較し、提案方式の有効性を実験的に示した。

したがって、本研究成果は工学的に有用であり、提出された学位論文は博士の学位論文に相当するものと判断し学位論文の審査を合格とする。また、令和5年2月3日13:00にZoomシステムを用いて実施された論文発表会における発表ならびに質疑応答において、申請者は専門分野および関連分野の十分な知識ならびに十分な研究能力を有していることが確認できたので最終試験を合格とする。