

令和3年度研究開発成果概要書

採択番号 02301

研究開発課題名 海中・水中IoTにおける無線通信技術の研究開発

(1) 研究開発の目的

Beyond 5G 時代には陸上に整備されるIoT環境を海中・水中にも拡張するための革新的な電波通信技術を開発し、海中土木作業機械、AUV、海中ドローン、センサ群、カメラ等のIoT機器からのデータ収集や遠隔操作を可能とし、運用コストの低減や作業の安全性に寄与することで、海中・水中での経済活動の拡大に貢献する。

(2) 研究開発期間

令和3年度から令和6年度(4年間)

(3) 受託者

国立大学法人九州工業大学<代表研究者>  
パナソニック株式会社

(4) 研究開発予算(契約額)

令和3年度から令和4年度までの総額189百万円(令和3年度66百万円)  
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目1: 中距離電波伝搬の理論解析とアンテナの開発

- 研究開発項目1-a) 海中・水中における電波伝搬の基礎評価(九州工業大学)
- 研究開発項目1-b) 高効率なアンテナの開発と評価(九州工業大学・パナソニック)
- 研究開発項目1-c) 海中・水中MIMO技術の開発と評価(九州工業大学・パナソニック)
- 研究開発項目1-d) 大型水槽、海洋でのアンテナの評価(九州工業大学・パナソニック)

研究開発項目2: 通信システム・装置の開発と評価

- 研究開発項目2-a) 水中通信用通信装置の設計開発(パナソニック)
- 研究開発項目2-b) 近距離高速・長距離通信シームレス化(パナソニック)
- 研究開発項目2-c) 水中通信用通信装置の小型水槽評価(九州工業大学・パナソニック)
- 研究開発項目2-d) 大型水槽におけるシステム評価(九州工業大学・パナソニック)
- 研究開発項目2-e) 海洋・淡水湖での実証実験(九州工業大学・パナソニック)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計(件)	当該年度(件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	2	2
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

## (7) 具体的な実施内容と成果

### 研究開発項目 1：中距離電波伝搬の理論解析とアンテナの開発

本開発項目の目標は、海中・水中において中距離(4m)の電波伝搬特性を明らかにし、アンテナを開発することであり、本年度は基本的なアンテナの電磁界シミュレータによる設計および評価、試作アンテナを製作し小型水槽において伝送特性の評価を行った。研究開発項目ごとに成果を示す。なお、研究開発項目 1-d)は 2022 年度より実施する。

- 研究開発項目 1-a) 海中・水中における電波伝搬の基礎評価
  - 電波伝搬の実験システムの設計・作製
    - 直径 1.6m 水槽中から放射された電波を測定するシステムを製作し、水面上の電界強度を測定し電磁界シミュレーションの値と比較し塩水媒質の損失を確認
  
- 研究開発項目 1-b) 高効率なアンテナの開発と評価
  - 広帯域アンテナの基礎検討
    - 海中アンテナとしてアンテナ回りに真水を配置したダイポールアンテナおよびループアンテナを設計し開発
    - 水槽内での測定環境を模擬する電磁界シミュレーション環境を完成
    - 開発したアンテナのアンテナ特性および伝搬特性を電磁界シミュレータにより計算。また小型水槽で実測し、両者の差異が小さいことを確認
    - 実験時に用いるアンテナ治具等の影響が小さいことを確認
    - **通信機器を接続し、1m で 4Mbps の伝送に成功**
  - MIMO アンテナに適するアンテナ組合せ
    - ダイポールアンテナを 2×2 並べた MIMO アンテナの伝送特性を電磁界シミュレーションにより計算
  - 空間結合を防ぐアンテナ評価システムの構築
    - 深さ 30m 以上に耐えられる防水タンクと光ファイバによりアンテナの空間結合をアイソレートした計測システムを完成
  
- 研究開発項目 1-c) 海中・水中 MIMO 技術の開発と評価
  - シミュレーションによる MIMO 評価環境の開発
    - **MIMO 通信を評価するシミュレーション環境の構築を完成**
    - 送受信アンテナが 2 つの場合における MIMO 環境を電磁界シミュレーションにて解析し、各アンテナ間に発生する全てのパスを計算
    - MIMO 環境における伝搬特性を評価するため固有値を計算

### 研究開発項目 2 通信装置・システムの開発と評価

本開発項目は、HD-PLC の高帯域通信特性やマルチホップ技術を活用した水中での長距離通信システムの構築することであり、本年度はその基本的な開発を行った。研究開発項目ごとの成果を以下に示す。なお、研究開発項目 2-d)から 2-e)は 2022 年度より実施する。

- 研究開発項目 2-a) 水中通信用通信装置の設計開発：**OFDM 海中通信装置の開発に成功**
  - **通常モード比 2 倍超の長距離モードの機能実装を達成**
    - 1/8、1/16、1/32 モードの仕様検討、開発・実装および評価完了
    - 最大 16 ホップまでの段数拡張の仕様検討、開発・実装および評価完了
    - AGC 動作範囲拡張の方式・仕様調査および検討を実施
  - **通信速度向上および通信安定化に関する以下の仕様完成と機能実装を達成**
    - 時間スケジューリング、同期ブロードキャスト通信の仕様検討を実施
    - パケットロス率削減・低遅延化を含む通信安定化についての仕様検討、実装および評価完了

び評価を実施

- 海中通信に最適なプロトコルの調査を開始
  - IEEE802.1X のサーバー認証を組み合わせた Wavelet OFDM 通信ネットワークの認証方式の仕様検討を実施
  - IEEE 国際標準化に向けた推進内容を明確化
    - スコープに水中通信(Underwater communication)を含めた形で**PAR(Project Authorization Request)のドラフトを作成**
    - 上記 PAR の内容について、WG 発足に必要な 5 社からの賛同を獲得（2022 年度 2Q WG 発足予定）
    - 技術提案内容について項目レベルでの抽出を実施
- 研究開発項目 2-b) 通信モード切替えのシームレス化：**自動切替法考案、知財出願準備中**
- 近距離高速通信モードから長距離通信モードへの自動切替えについての要件定義と、全体概要設計を実施

## (8) 今後の研究開発計画

### 研究開発項目 1：中距離電波伝搬の理論解析とアンテナの開発

単一もしくは複数のアンテナを組み合わせた MIMO 技術による海中/水中の伝搬特性改善を目標としている。2022 年度はダイポールアンテナ・ループアンテナ・進行波アンテナを基本とし、アンテナの形状変更などによる特性改善を検討する。また、大型水槽を用いた海中/水中実験を実施し、アンテナの性能評価を行う。

### 研究開発項目 2 通信装置・システムの開発と評価

Wavelet OFDM 技術の高帯域通信特性やマルチホップ技術を活用した水中での長距離通信システムの構築することを目指している。2022 年度は本機能の仕様開発・実装・評価を行い、研究開発項目 1 にて検討した水中アンテナと結合させ、水槽内において開発した通信装置とアンテナにおいて実際にどの程度の通信が可能であるかの、水中通信実験を実施する。