



## ICTイノベーションフォーラム2015

# 水難事故防止や海底資源調査・探索等を目的とした OFDM変調方式による水中音響通信の研究開発

鈴木大作<sup>†</sup> 和田知久<sup>††</sup> Tran Minh Hai<sup>†††</sup> 太田佐栄子<sup>†</sup>

<sup>†</sup>沖縄工業高等専門学校 <sup>††</sup>琉球大学工学部情報工学科 <sup>†††</sup>琉球大学大学院理工学研究科

2015/10/7

# 研究開発の内容

## 背景と課題

- 沖縄県ではマリレジャー中の水難事故が深刻な問題で、安全に楽しむための環境の実現が重要
  - ➔ 水中コミュニケーションシステムや管理システムの開発と導入が重要
- 日本近海海域での海底資源の存在の確認
  - ➔ 資源調査・探査のためのワイヤレス通信技術の開発と導入が重要

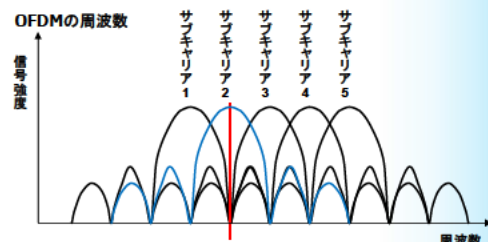
➔ 水中音響通信にOFDM変調技術やダイバーシチ等の技術を組み合わせることにより広帯域ワイヤレス伝送を実現する

## OFDM概要

### OFDM: 直交周波数分割多重方式

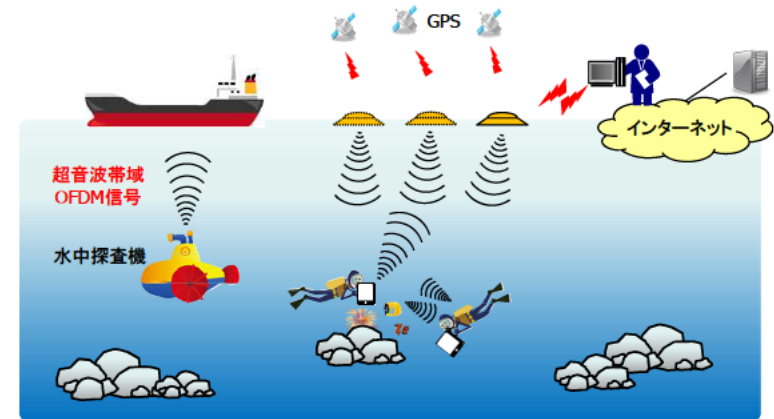
(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

- 多数の直交するキャリア信号を多重化するデジタル変調方式
- マルチパス環境下におけるフェージング対策として有効
- 地上デジタル放送、無線LAN等で活用



水中音響通信に適用

## OFDM水中音響通信の適用イメージ

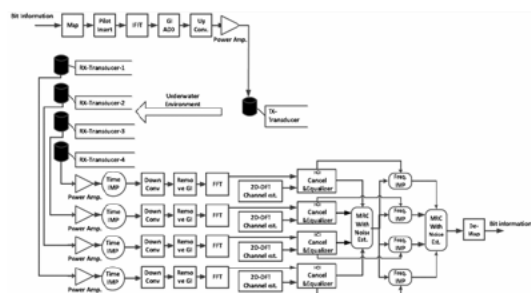


広帯域ワイヤレス水中通信ネットワークの実現

# 研究開発の成果

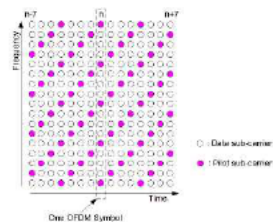
## システム概要

- **インパルスノイズキャンセル**  
生物等が発生するインパルス形状のノイズキャンセラを搭載し通信エラーを低減
- **2次元DFT補完による動的チャネル推定**  
チャネル推定パイロットの配置をすべての時間シンボルおよび、すべての周波数キャリア位置に配置しチャネル伝達特性を補完
- **4受信トランスデューサによるダイバーシチ合成**  
受信側に4つのトランスデューサを使用しMRC合成による受信品質の改善を実現（受信側トランスデューサの構成及び配置はカスタマイズ可能）
- **ターボエラー訂正**  
ビット誤り訂正のためにターボ符号による誤り訂正機能を搭載



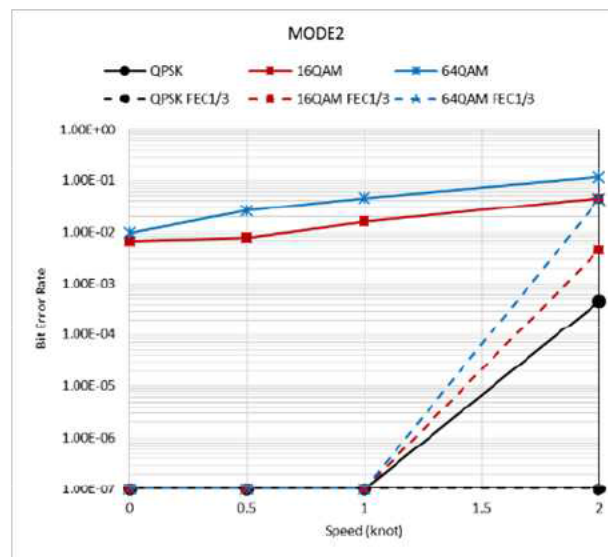
パイロットシンボルの配置による  
2次元DFT補完

システムの送受信処理ブロック図



## 評価内容及び結果

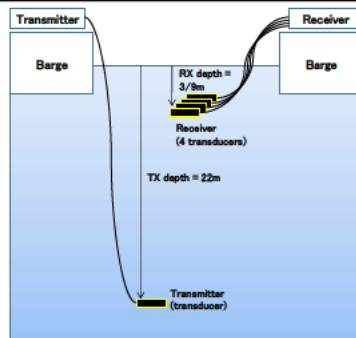
- **各モードにおけるBER特性の計測** (BER:Bit Error Rate)  
送信側トランスデューサの移動速度が1knotの場合にQPSK/16QAM/64QAMの全変調の試験においてエラーフリーの通信を実現



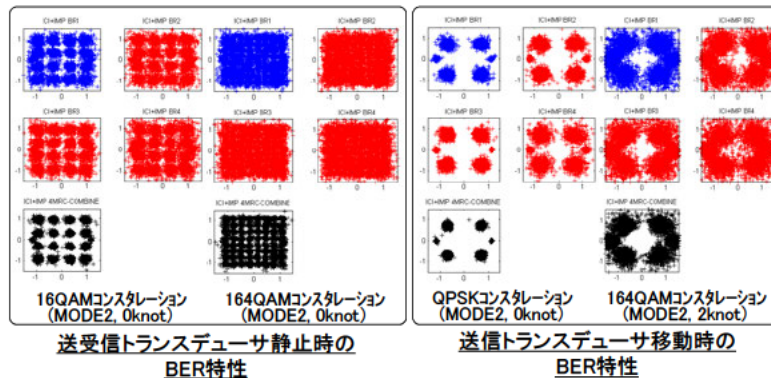
## 実験環境

OFDMシステムパラメータ

Parameters	MODE	
	2	3
TX-RX Elements	1 TX and 1-4 RX Transducer	
Sampling Frequency	96000 Hz	
TX Center Frequency	24000 Hz	
Band Width	8000 Hz	
FFT Size	1024	2048
OFDM symbol length T	10.667 ms	21.333 ms
GI length	0.5T	0.5T
Sub Carrier Spacing	93.75 Hz	46.875 Hz
Number of Sub Carrier	81	161



実験環境図



# 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

## 今後期待される展開

### ■ ダイビング等のマリレジャーでの安全管理システムでの活用

#### ■ インストラクターとの円滑なコミュニケーションの実現

ハンドサインやジェスチャーなどによるコミュニケーションから、音声による会話や専用端末(腕時計型など)による画像等の情報交換などによる円滑なコミュニケーションを実現。

#### ■ ダイバーのエア消費や生体モニタリング情報の管理と共有

ダイバーのエア消費量を端末で管理。またインストラクターは各ダイバーのエア消費だけでなく心拍数などの生体情報を一元管理することにより安全管理を実現。

#### ■ 気象情報や危険生物の情報提供と共有

水面設置のゲートウェイを介した、GPS衛星からの位置情報の取得や、地上局からの気象情報の提供、危険生物に関する情報提供並びにSNS等を活用したユーザ間の情報共有システムの実現。地上ユーザとの写真・動画等のリアルタイム伝送による海の魅力の共有。

### ■ 海洋開発における活用

#### ■ 海洋資源等探索ロボットの通信手段として活用

遠隔操作無人探査機(Remotely Operated Vehicle; ROV)における無線通信手段として活用。

#### ■ 海洋生物モニタリング用通信手段として活用

水中に設置した機器による海洋生物のモニタリング情報の地上局への送信や機器制御等の通信手段として活用。

- 水中通信ネットワークの構築への期待
- ゲートウェイを介し、GPSや衛星通信、無線LAN等の地上通信技術を組み合わせ、インターネット接続による様々な応用への期待

## 実用化に向けた企業との共同研究

### ■ OFDM水中音響通信試作機の開発に向けた検討

OFDM変調方式を用いた通信システム試作機開発に向けた検討を実施予定。通信の双方向化、多端末化に向けた技術検討実施予定。

## 国際共同研究への取り組み

### ■ ベトナムハノイ工科大学との国際技術交流実施

水中音響通信に関連する技術を保有する同大学教授らとの国際技術交流会を実施。今後国際共同研究に向けた取り組みを実施予定。

## 誌上発表リスト (代表する直近の3件)

[1] Tran Minh Hai, Yasuto Matsuda, Taisaku Suzuki, Tomohisa Wada, "Ultrasonic Diversity OFDM Transceiver architecture with Impulsive NoiseCancelling for shallow sea communication", 2nd international conference and exhibition on Underwater Acoustic (UA2014) (Island of Rhodes, Greek) (2014/June/22-27)

[2] Tran Minh Hai, Yasuto Matsuda, Taisaku Suzuki, Rie Saotome, Tomohisa Wada, "Adaptive Doppler Compensation for Ultrasonic OFDM Enabling 64QAM", OCEANS'15 MTS/IEEE Washington DC - USA (OCEANS'15) (Washington DC, USA) (2015/October/19-22)

[3] Rie Saotome, Tran Minh Hai, Yasuto Matsuda, Taisaku Suzuki, Tomohisa Wada, "An OFDM Receiver with Frequency Domain Diversity Combined Impulsive Noise Canceller for Underwater Network", The Scientific World Journal (Communication), Article ID 841750, Hindawi Publishing Corporation July 2015