

거제도 인근 실해역에서 CDMA와 OFDM 전송방식별 수중통신 성능 분석

채광영, 조천지, 왕비, 문대철, 고학림

호서대학교

rhkddud0822@naver.com

A study on the performance analysis of CDMA and OFDM transmission method underwater communication in the real sea area near Geoje Island

Chae Kwang Young, Zhao Tzan Chi, Wang Fei, Moon Dai Tchul, Ko Hak Lim

Hoseo Univ.

요 약

수중 음향 통신은 시변적인 해수면의 변화나 기하학적 형태의 해저면 영향으로 다중경로 및 지역확산이 발생하고 조류나 해류, 파도 등의 영향으로 송·수신기의 위치가 변화함에 따라서 도플러가 발생한다. 수중 통신을 함에 있어서 이러한 열악한 수중 채널 환경은 통신 성능 저하가 발생된다. 따라서 수중 통신 기술들은 많은 연구가 진행되어 왔다. 호서대학교에서는 경상남도 거제도 장사도 인근 해역에서 CDMA와 OFDM(BPSK), OFDM(QPSK) 송·수신 실험을 수행하였으며, 본 논문은 해당 실험의 데이터 기반 실험 환경에서 CDMA와 OFDM의 성능 분석을 BER 결과로써 나타내었다.

I. 서론

수중 통신 기술은 해저 광물 자원의 개발과 해양 생태계 연구, 해양 오염 및 재해 감시 등 민간 사업 부분과 해저에서의 표적 탐지 및 추적, 어뢰 탐지 등 군사적인 목적으로 활용되어 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 수중에서 통신은 주로 음향 통신 방법을 사용한다.[1]

수중 음향 통신 기술은 육상의 전파통신과는 달리 물을 매질로하는 음파(1500m/s)로 상대적으로 매우 느린 속도를 갖으며, 시변적인 해수면의 변화와 기하학적인 해저면의 형태로 인하여 다중경로(multipath) 지연확산(delay spread)이 발생한다. 조류나 해류, 파도로 인하여 선박에 고정되어 있는 송신기 및 수신기의 위치가 변화에 따라 도플러에 의한 영향으로 인하여 통신 성능 열화가 발생한다. 염도, 수압, 수온 등에 의해서도 통신 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 또한, 한반도를 기준으로 동해와 남해, 서해에서 각각 다른 수중 채널 환경을 겪게 되며, 수중 통신은 많은 제약 조건들을 극복하기 위하여 다양한 통신 기술들이 연구되어왔다. 수중 통신 기술 중, OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)방식은 직렬의 데이터를 병렬의 데이터로 변환하여 다수 개의 부반송파에 실어 전송하는 방식으로 대역폭을 효율적으로 사용하여 고속의 데이터 통신이 가능하다. 다음으로, CDMA(Code Division Multiple Access)방식은 대역확산을 이용하여 확산부호 간의 직교성을 이용해 심볼 간 간섭(Inter Symbol Interference; ISI)을 감소시키는 기법으로 Rake 수신기의 핑거를 이용하여 다중 경로 채널로부터 수신된 신호를 개별적으로 처리한 후 신호를 결합하여 ISI를 줄이는 방식이다.

호서대학교에서는 경상남도 거제도 장사도 인근 해역에서 2020년 10월 20일 OFDM BPSK 통신 방식과 OFDM QPSK 통신 방식, CDMA 통신 방식의 성능 분석을 위한 실험을 수행하였다.

본 논문에서는 해당 실험 데이터 기반 실험 데이터를 바탕으로하여 2km 이격거리에서 OFDM(BPSK)와 OFDM(QPSK), CDMA의 성능 분석을 BER(Bit Error Rate)로써 나타내었다.

II. 본론

표 1. CDMA 파라메타

Parameter	Value	
Modulation	BPSK	QPSK
Coding rate	1/2	1/3
Spreading Factor	8	12
Bandwidth	4kHz	
Sampling frequency	200kHz	
Carrier frequency	12kHz	
Pilot chip number	200chips	
Data chip number	660chips	

표 1은 CDMA 통신 방식에서 사용된 파라메타를 나타낸다. Modulation은 [2 2 2 4 2 4 4 4]의 배열을 갖으며 2는 BPSK, 4는 QPSK를 나타낸다. Coding rate는 [3 2 3 3 2 2 3 2]의 배열을 갖으며 2는 1/2 Coding rate, 3은 1/3 Coding rate를 나타낸다. Spreading Factor는 [12 12 8 12 8 12 8 8]의 배열을 갖는다. Bandwidth는 4kHz, Sampling frequency 200kHz, Carrier frequency 12kHz, Pilot chip number 200, Data chip number 660개를 사용한다.

표 2. OFDM 파라메타

Parameter	Value			
Modulation	BPSK		QPSK	
Coding rate	1/2		1/3	
Repetition freq.	1	2	4	8
Repetition time	1	3	9	
FFT size	512			
Bandwidth	4kHz			
Carrier frequency	12kHz			
Useful Subcarrier	400			
Guardband	54(left), 54(right)			
CP length	113			

표 2는 OFDM 통신 방식에서 사용된 파라메타를 나타낸다. Modulation 은 BPSK와 QPSK를 사용하였다. BPSK의 Coding rate 배열은 [2 2 3 2 2 3 2 3]이며 QPSK의 Coding rate 배열은 [3 3 2 2 2 3 3 3]이다. BPSK의 Repetition은 (8,1), (2,3), (1,3), (4,1), (1,3), (2,1), (2,1), (1,1)이며 QPSK의 Repetition은 (1,9), (8,1), (1,9), (8,1), (2,3), (4,1), (1,3), (2,1)로 설정하였다. FFT size는 512, Bandwidth 4kHz, Carrier frequency 12kHz, 400개의 Subcarrier, left 54개, right 54개의 Guardband, 113개의 CP length를 사용하였다.

그림 1. CDMA 및 OFDM 프레임 구조

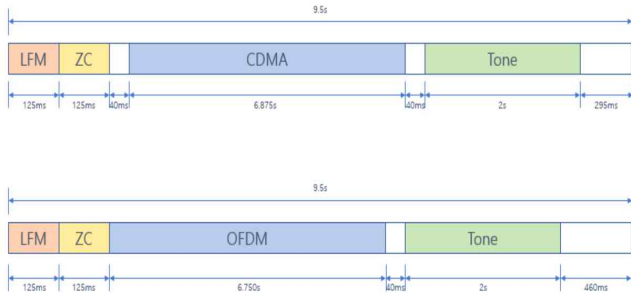


그림 1은 실험실 실험에서 사용된 CDMA와 OFDM의 프레임 구조이다. 시간영역에서 프레임 동기를 위하여 125ms의 LFM 신호를 사용하였으며, 복조시 Modulation, Coding rate, Spreading factor 또는 Repetition 정보를 확인하기 위하여 125ms의 Zadoff chu 신호를 사용하였다. SNR을 추정하기 위하여 40ms의 Zero padding 구간을 삽입하였으며, 도플러 영향으로 인한 주파수 확산을 확인하기 위하여 2초길이의 Tone 신호를 삽입하였다. CDMA와 OFDM의 프레임 길이는 9.5초로 동등하게 설정하기 위하여 Tone 신호 뒤에 Zero padding 구간을 각각 295ms와 460ms로 설정하였다. 그림 1과 같이 구성된 각 CDMA와 OFDM의 프레임을 Modulation, Coding rate, Spreading factor, Repetition에 따라서 8개의 프레임으로 구성된 슈퍼 프레임으로 설정하였다.

그림 2. 2km CDMA OFDM 파라메타 별 BER

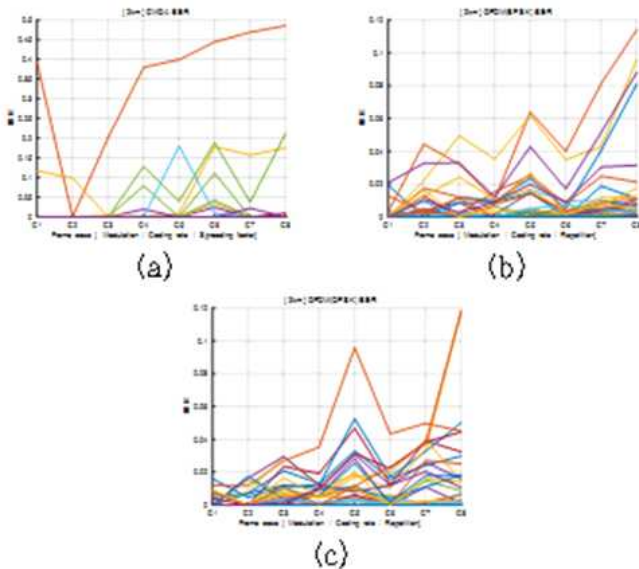


그림 1은 이격거리 2km에서 CDMA와 OFDM의 파라메타 별 BER을 나타낸다. X축은 8개의 프레임으로 구성된 슈퍼프레임을 파라메타에 따른 각각의 프레임 C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8이며, Y축은 BER이다. 그림1(a)는 이격거리 2km에서 CDMA결과로써, 32개의 데이터를 수집시간에 따른 BER을 프레임 별로 나타내었다. CDMA C2프레임에서 슈퍼프레

임에서 가장 낮은 평균 BER 0.0031을 갖는다. 그림1(b)는 이격거리 2km에서 OFDM(BPSK)결과로써, OFDM(BPSK) C1프레임에서 평균 BER 0.0019를 갖는다. 그림1(c)는 이격거리 2km에서 OFDM(QPSK)결과로써, OFDM(QPSK) C1프레임에서 평균 BER 0.0020을 갖는다.

그림 3. CDMA, OFDM 평균 BER

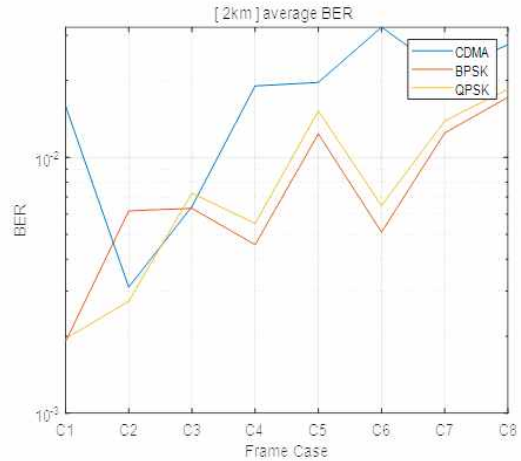


그림 2는 CDMA와 OFDM를 각 파라메타에 따라서 정의한 C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 각 프레임의 평균 BER을 나타낸 그래프이다. 동일한 실험실 실험환경에서 OFDM이 CDMA보다 우수한 BER 결과가 보이며, Frame Case (C1)에서 OFDM 평균 BER 값이 10^{-3} 에 근접함을 확인할 수 있다. Frame Case (C1)에서 CDMA의 파라메타는 (Modulation : BPSK, Coding rate : 1/3, Spreading factor : 12), OFDM(BPSK)의 파라메타는 (Coding rate : 1/2, Repetition : (8,1)), QPSK의 파라메타는 (Coding rate : 1/3, Repetition : (1,9))이다.

III. 결론

본 논문에서는 경상남도 거제시 장사도 인근 해역의 실험실 환경에서 수집한 데이터를 기반으로 CDMA와 OFDM 성능 분석을 수행한 논문이다. CDMA와 OFDM의 프레임 구조는 동기 신호인 LFM과 해당 프레임의 정보를 획득하기 위한 Zadoff chu, 데이터, 도플러 추정을 위한 Tone 신호, 신호의 길이를 9.5s로 동일하게 하기 위한 Zero padding으로 구성된다. 이러한 프레임은 파라메타에 따라서 8개의 프레임이 생성되는데, 이 프레임들을 묶어서 하나의 슈퍼프레임을 생성하고 송·수신된다. CDMA의 가장 낮은 BER 값은 0.0031로 C2프레임이며, OFDM(BPSK)는 BER 0.0019의 C1프레임, OFDM(QPSK)는 BER 0.0020의 C1프레임이었다. CDMA와 OFDM 간 C1프레임에서 OFDM이 BER 10^{-3} 에 가장 근접함을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENT

“이 논문은 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(분산형 수중관측 제어망 개발)”

참 고 문 헌

- [1] Hojun Lee, Jongmin Ahn and Jaehak Chung, "Improvement of CDMA Reception Performance in Underwater Acoustic Channel," Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences, pp. 254-254.