

# 다중접속 수중 음파 통신을 위한 LFM 기반 신호 검출 성능 분석 연구

김도훈, 차민혁, 유호동, 필웅후, 임태호

호서대학교

ehgns320@gmail.com

## A Study on the Performance Analysis of LFM-Based Signal Detection for Multiple Access Underwater Communication

Kim Do Hoon, Cha Min Hyuk, Liu Hao Dong, Bi Xion Ghou, Im Tae Ho

Hoseo Univ.

### 요 약

본 논문에서는 수중음향통신 송신 기법 중 하나인 LFM(Linear Frequency Modulation)을 이용하여 모의실험을 진행하였다. LFM이란 시간에 따라 주파수가 변화하는 Chirp 신호를 전송하는 통신 기법이며, 다중 접속을 위해 다양한 LFM 기법을 사용한다. 다중 접속 수는 1, 2, 4로 각각 진행하고, LFM 기법은 Up-LFM, Down-LFM, Up&Down-LFM를 통해 모의실험 후 비교하였다. 모의실험 결과 Up-LFM과 Down-LFM으로 실험한 진행한 결과 다중 접속 수가 4일 때에는 SNR이 증가하더라도 송신 데이터의 일부가 손실된 상태로 수신되었으며, 접속 수가 1일 때와 2일 때에는 SNR이 약 -7dB 이상일 경우 데이터를 완벽하게 수신하는 것을 확인하여 다중 접속을 할 경우 다중 접속의 수를 2로 하는 것이 적합한 것을 확인하였다. Up&Down-LFM으로 실험을 진행한 결과 다중 접속의 수가 4일 때에는 샘플링 주파수가 낮을 경우에는 SNR이 증가하더라도 데이터가 일부 손실하였고 샘플링 주파수를 높일 경우 송신 데이터를 완벽하게 수신하는 것을 확인하였다.

### I. 서론

최근 수중통신의 관심도가 높아짐에 따라 많은 연구가 진행 중이다. 육상통신에서 주로 사용하는 전파는 수중이라는 매질 차이로 인해 통신상의 문제점을 가지기 때문에 수중 통신에서는 주로 음파를 사용하여 통신한다. 수중에서 음파는 약 1500m/s로 매우 저속이고 수온, 염분, 수압, 해류 등에 의해 신호의 왜곡 및 손실이 일어나기 때문에 육상에서 전파를 이용한 통신에 비해 매우 어려운 일이다[1]. 이를 극복하여 수중통신이 성공한다면 수중을 조사 및 탐사하거나 군사용도, 수중의 환경 관리 등 응용분야가 넓을 것으로 전망된다[2].

본 논문에서는 수중통신 기법 중 LFM(Linear Frequency Modulation)을 사용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 다중 접속을 위해 다양한 LFM 기법을 사용한다. LFM을 이용한 모의실험은 Up-LFM, Down-LFM, Up&Down-LFM, 총 3가지 방법으로 진행하였으며, 다중 접속 수에 따라 SNR 값에 따른 BER 값을 비교하는 실험을 진행하였다.

### II. 본론

본 논문에서는 LFM을 사용하여 시뮬레이션을 진행한다. LFM이란 시간에 따라 주파수가 지속적으로 변화하는 Chirp 신호를 이용하여 송신하는 기법이며 본 논문에서 제안하는 기법인 LFM은 그림 1과 같이 시간 값에 따라 주파수의 값이 변화하도록 구성된다.  $T_{sc}/2$ 를 기준으로 Chirp rate가 변화한다. Bit 1과 Bit 0을 나타내는 방식에 따라 Up-chirp만 사용할 경우에는 Up-LFM, Down-chirp만 사용할 경우에는 Down-LFM, Up-chirp와 Down-chirp를 모두 사용하여 나타낼 경우에는 Up&Down-LFM으로 나누어진다. 각 LFM 방식별 다중 접속은 1, 2, 4인 3가지 경우로 진행하였다.

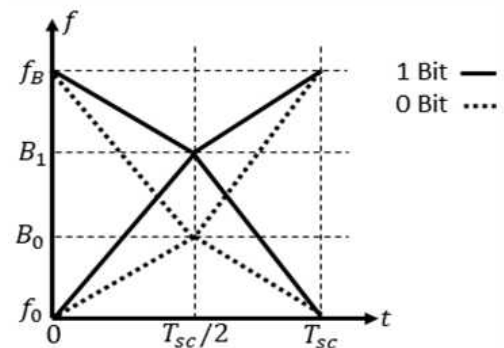


그림 1. LFM의 시간-주파수 관계

그림 2는 앞서 말했던 Up-LFM, Down-LFM, Up&Down-LFM에 따라 2개의 접속을 기준으로 시간과 주파수 관계를 나타낸 것이다. 빨간색과 파란색으로 접속에 따른 주파수 변화를 분류하였으며, 실선은 Bit 1, 점선은 Bit 0을 나타낸다.

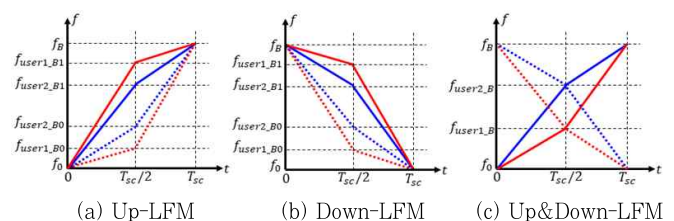


그림 2. LFM 기법의 분류

모의실험에 사용한 파라미터 값은 표 1과 같다.

표 1. 통신 파라미터

통신방식	Up -LFM	Down -LFM	Up&Down -LFM
채널	Bellhop		
다중 접속	1	2	4
처프시간( $T_{sc}$ )	25ms		
대역폭( $f_B$ )	0~5kHz		
샘플링주파수( $f_s$ )	10kHz	20kHz	
시뮬레이션 횟수	10000		

각 LFM 방식의 LFM 접속 수에 따른 시간, 주파수 관계는 그림 3과 같다.

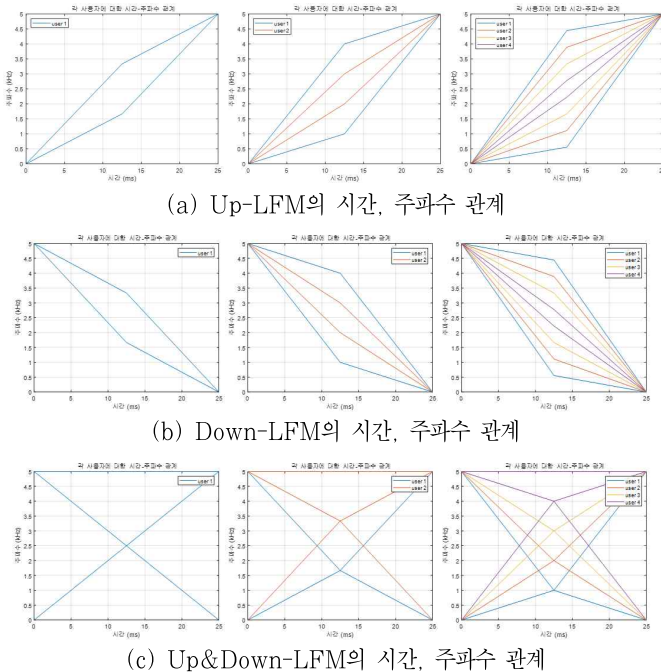
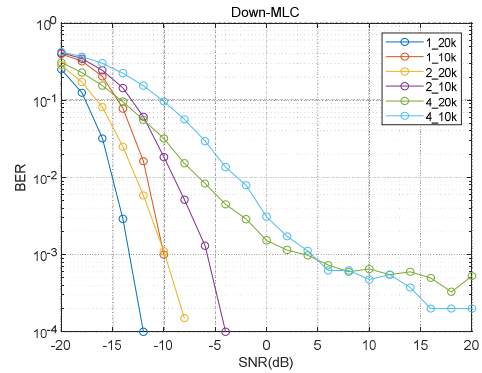
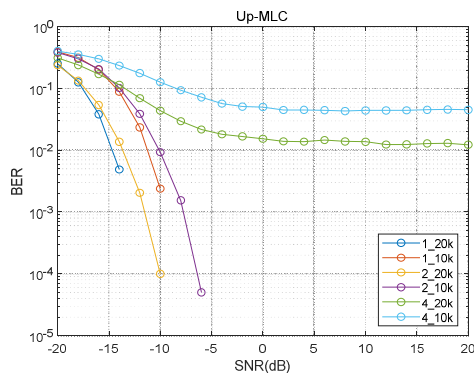


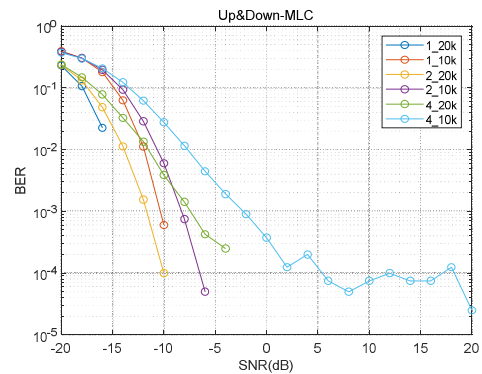
그림 3. LFM 방식별 다중 접속에 따른 시간, 주파수 관계

### III. 실험 결과

본 논문에서는 다중 접속 수중 음파 통신을 위해 다양한 LFM의 성능을 비교·분석하였다. 통신방식, 다중 접속 수, 샘플링주파수에 따라 모의실험을 진행하였으며 Up-LFM, Down-LFM, Up&Down-LFM에 대한 모의실험 결과는 그림4와 같으며 범례는 다중 접속 수·샘플링주파수이다.



(b) Down-LFM의 다중 접속 수·샘플링주파수 별 성능



(c) Up&Down-LFM의 다중 접속 수·샘플링주파수 별 성능

그림 4. LFM 방식별 모의실험 결과

### IV. 결론

본 논문에서는 다중 접속에 따른 LFM의 성능을 모의실험을 통해 비교하였다. 다중 접속 수는 1, 2, 4의 경우로 진행하였고 LFM의 종류는 Up-LFM, Down-LFM, Up&Down-LFM 3가지 방법으로 진행하였다. 모의실험 결과 Up-LFM과 Down-LFM은 다중 접속 수가 4일 경우에는 SNR이 높아지더라도 BER이 높게 존재하는 것으로 보아 접속의 수를 1 또는 2로 설정해야 하며, Up&Down-LFM의 경우 다중 접속의 수를 4로 하더라도 샘플링 주파수를 낮게 할 경우에는 SNR이 높아지더라도 BER 값이 0이 되지 않는 것으로 보아 유저의 수가 많아질수록 샘플링 주파수를 높여야 한다는 결과를 확인하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

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

### 참고 문헌

- [1] 임태호, 고헌립, “수중음향통신을 위한 물리계층 기술”, 한국통신학회지 33(8), pp.63-70, 2016
- [2] 박승창, “수중통신 시장의 동향 분석”, 전자공학회지 45(5), pp.76-83, 2018