

# 실험 환경에 따른 LFM 성능 분석에 관한 연구

김성호<sup>1</sup>, 김세연<sup>1</sup>, 박정은<sup>1</sup>, 고학림<sup>2</sup>, 김계원<sup>2</sup>, 이호준<sup>2</sup>

<sup>1</sup>호서대학교 해양 IT 융합 기술연구소 연구원

<sup>2</sup>호서대학교 정보통신공학과 교수

shhs92@hoseo.edu, seyeon92@hoseo.edu, pje@hoseo.edu, hlko@hoseo.edu,

kwkim@hoseo.edu, hjlee@hoseo.edu

## A Study of Performance Analysis of LFM According to Experimental Environment

Seong-Ho Kim<sup>1</sup>, Se-Yeon Kim<sup>1</sup>, Jung-Eun Park<sup>1</sup>, Hak-Lim KO<sup>2</sup>,  
Kye-Won Kim<sup>2</sup>, Ho-Jun Lee<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Oceanic IT convergence technology research center, Hoseo University

<sup>2</sup>Dept. of Information and communication Engineering, Hoseo University

### 요약

본 논문에서는 Linear Frequency Modulation(LFM)을 이용하여 실험역에서 실험을 진행하였다. LFM 이란 시간에 따라 주파수가 변화하는 Chirp 신호를 전송하는 통신 기법이며 성능 분석을 위해 대한민국의 한강, 서해, 남해에서 각각 실험을 진행하였다. LFM 신호의 중심 주파수는 34kHz 대역 폭은 1kHz로 설정하여 실험을 진행하였으며 채널 환경 분석을 위한 5초 길이의 Tone 신호를 함께 송·수신 하였다. 실험 결과 세 곳의 실험 포인트 모두에서 송·수신 신호 간의 뚜렷한 상호상관 결과를 확인할 수 있었다.

## 1. 서론

최근 수중통신에 대한 관심도가 계속해서 높아지고 있으며 이에 따라 많은 연구가 진행 중이다. 지상의 전파를 이용한 무선 통신 기술과 달리 수중에서는 음파를 이용한다. 음파는 수중에서 약 1500m/s로 매우 저속이고 시간에 따른 다중 경로와 해수면과 해저 면에서의 반사가 발생한다. 또한 수온, 염분, 수압, 해류와 해저지형 등에 의해 신호의 왜곡 및 손실이 일어나기 때문에 지상에서의 무선 통신에 비하여 매우 어려운 일이다.[1] Chirp 신호는 저전력 사용으로 인하여 시스템의 수명이 길고 다중 경로(Multi-path)에 대한 강인함이 있다.[2]

본 논문에서는 2022년 06월 한강, 2022년 08월 서해 오천항 인근 해역, 2022년 11월 남해 지세포항 인근 해역에서 실험을 진행하여 Linear Frequency Modulation(LFM)의 성능을 분석하였다. LFM 신호의 성능 분석을 위해 중심 주파수 34kHz, 대역폭 1kHz LFM 신호와 채널 환경 분석을 위한 5초의 Tone(정현파) 신호를 송신하였다.

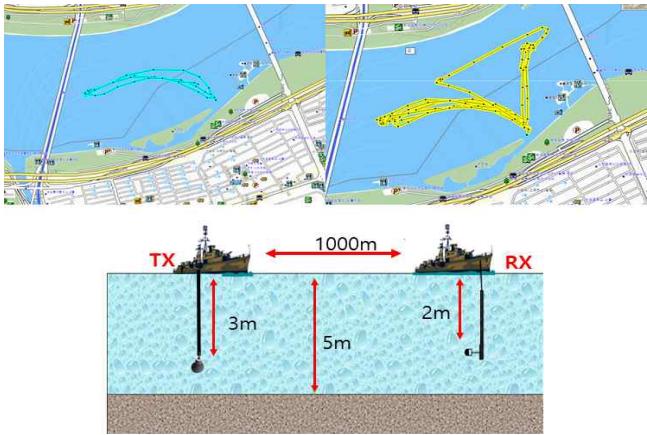
## 2. 본론

첫 번째 실험은 반포대교 인근 한강에서 진행하였으며 두 번째 실험은 서해 오천항 인근 해역 세번째 실험은 거제 지세포항 인근 해역에서 각각 진행하였다.

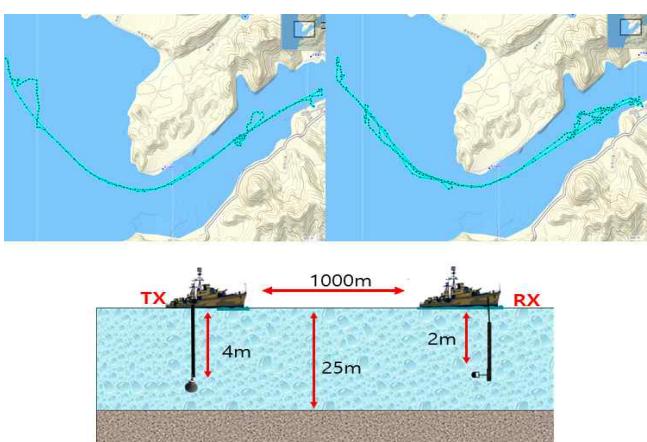


(그림 1) 송·수신 장비 구성

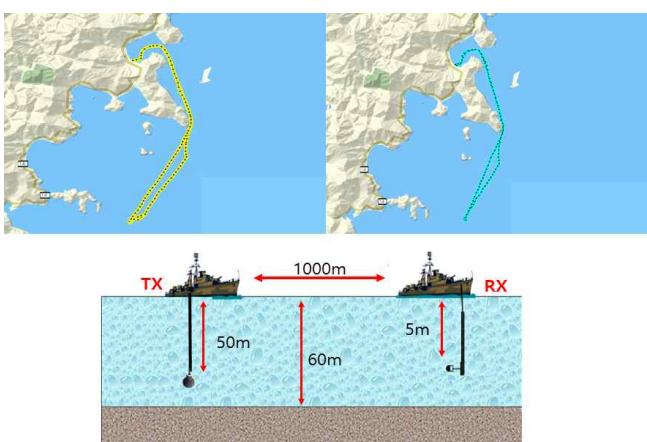
그림 1은 각각 송신 선박과 수신 선박의 장비 구성을 나타낸다. 그림 1\_(a)는 송신 선박의 장비로 Oscilloscope, NI-6361, Tx Amp, 노트북, UPS로 구성되며, 그림 1\_(b)는 수신 선박의 장비로 Oscilloscope, NI-6361, Rx Amp, 노트북, UPS, 파워 서플라이로 구성된다.



(그림 2) 한강 송신, 수신 실험 위치 및 구성



(그림 3) 오천항 인근 송신, 수신 실험 위치 및 구성



(그림 4) 지세포항 인근 송신, 수신 실험 위치 및 구성

그림 2, 그림 3, 그림 4는 각각 한강, 오천항, 지세포항 인근의 실험 위치와 실험 구성을 나타낸다. 한강의 수심은 약 5m이고 송신 트랜스듀서는 약 3m 수신 하이드로폰은 약 2m 위치에 배치하였고 오천항 인근 해역의 수심은 약 25m, 송신 트랜스듀

서는 4m 수신 하이드로폰은 약 2m 위치에 배치했으며 지세포항 인근 해역의 수심은 약 60m 송신 트랜스듀서는 약 50m 수신 하이드로폰은 약 5m 위치에 배치하였다. 송신한 신호는 0.5초, 0.75초, 1초, 2초의 Up-chirp LFM 신호와 채널 환경 측정을 위한 5초의 Tone 신호로 구성된다. 신호간 간섭을 없애기 위해 각 길이별 LFM신호와 Tone신호의 사이에 Zero padding 구간을 두었다. LFM 신호의 중심주파수는 34kHz 대역폭은 1kHz이며, 송신한 신호와 수신된 신호의 상호상관 결과를 분석하였다. 표 1은 LFM 신호의 파라미터를 나타낸다.

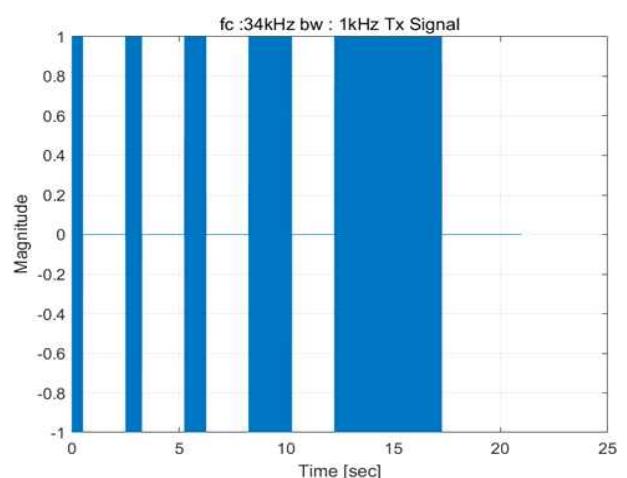
<표 1> LFM 신호 파라미터

Parameter	Value			
Center Frequency	34kHz			
Bandwidth	1kHz			
Length	0.5sec	0.75sec	1sec	2sec



(그림 5) 송신 신호 구조

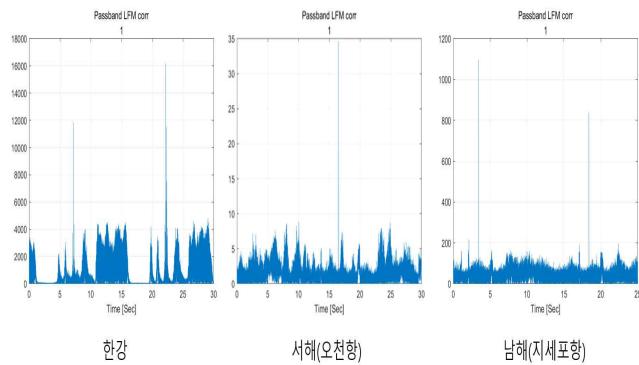
그림 5는 송신 신호의 구조 나타낸다.



(그림 6) 송신 신호

그림 6은 실제 실험에서 송신된 신호를 나타낸다.

### 3. 실험 결과



(그림 7) 실험 포인트별 1초 길이 LFM 상호상관 결과

그림 7은 실험 포인트별 1초 길이 LFM의 상호상관 결과를 나타낸다. 각 회의 수집 결과 1, 2초 길이의 LFM 신호에서 가장 좋은 상호상관 결과를 얻을 수 있었다.

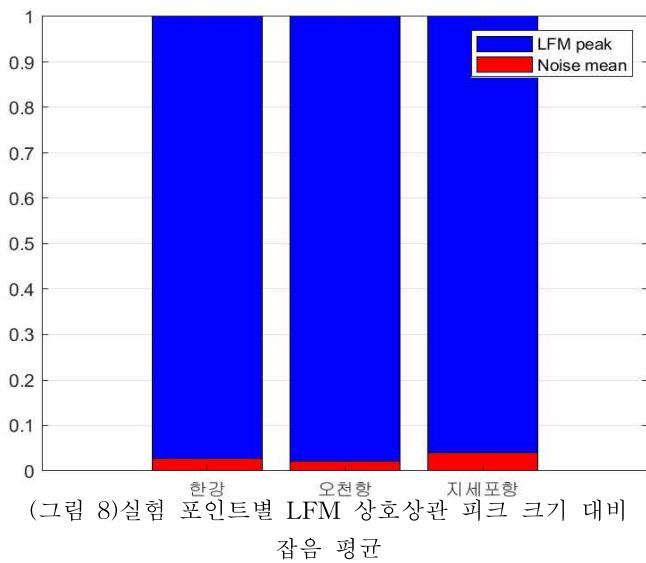


그림 8은 실험 포인트별 상호상관 피크 크기 대비 잡음의 평균을 나타낸다. 그림 7의 결과와 같이 상호상관 피크 대비 잡음의 평균이 매우 작게 나타나서 뚜렷하게 신호를 구분해낼 수 있다.

<표 2> 실험 포인트별 채널환경

	한강	오천항	지세포항
SNR	0.052dB	-1.19dB	2.238dB
Doppler spread	0.9Hz	2.09Hz	8.97Hz
Doppler shift	-0.01Hz	-17Hz	0.3Hz
MED	0.02s	0.05s	0.05s

표 2는 실험 표인트별 채널환경을 나타낸다. 한강에서 실험 결과 평균 SNR은 0.052dB Doppler spread

는 0.9Hz, Doppler shift는 -0.01Hz Maximum excess delay spread(MED)는 평균을 취할 경우 약 0.02초 이내로 대부분의 delay spread가 존재했다. 서해 오천항의 경우 평균 SNR은 -1.19dB Doppler spread는 2.09Hz, Doppler shift는 -17Hz MED는 평균을 취할 경우 약 0.05초 이내로 대부분의 delay spread가 존재했다. 남해 지세포항의 경우 평균 SNR은 2.238dB Doppler spread는 8.97Hz Doppler shift는 0.3Hz MED는 평균을 취할 경우 약 0.05초 이내로 대부분의 delay spread가 존재했다.

### 4. 결론

본 논문에서는 실험 환경에 따른 LFM 성능 분석을 위해 한강, 서해 오천항, 남해 지세포항에서 각각 실험을 진행하였다. 송신과 수신에 사용된 두 선박의 거리는 1000m로 1차 한강에서의 실험에서의 평균 수심은 5m 송신 트랜스듀서는 해수면 3m 아래 수신 하이드로폰은 해수면 2m 아래 배치했고 2차 서해 오천항에서의 실험에서의 평균 수심은 25m 송신 트랜스듀서는 해수면 4m 아래 수신 하이드로폰은 해수면 2m 아래 배치했고 마지막 3차 남해 지세포항에서의 실험에서의 평균 수심은 60m 송신 트랜스듀서는 해수면 50m 아래 수신 하이드로폰은 해수면 5m 아래 배치하였다. 실험 결과 세 실험 포인트에서 모두 중심주파수 34kHz, 대역폭 1kHz의 Up-chirp LFM 신호를 송·수신한 했을 때 모두 뚜렷한 상호상관 결과를 얻을 수 있었다.

### ACKNOWLEDGMENTS

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터육성지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITP-2022-2018-0-01417)

본 연구는 소방청 재난현장 긴급대응 기술개발사업 (20019290)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] 임태호, 고학림. “수중음향통신을 위한 물리계층 기술.” 한국통신학회지(정보와통신), 33(8), 63-70. (2016).
- [2] 채광영, 정태건, 임태호. “다양한 Chirp 신호 기반 수중 음파통신 성능 비교 분석 연구.” 한국정보통신학회논문지, 27(4), 525-533, (2023).