

# 수중 다중 경로 채널 환경에서 Coherent/Noncoherent CDMA 시스템 성능 비교

설승환, 김용철, 안종민, 이호준, 정재학\*  
인하대학교

koe3400@naver.com, dydcjf4691@naver.com, anjong3@naver.com, timmit@naver.com,  
\*jchung@inha.ac.kr

## Coherent and Noncoherent CDMA System in Underwater Acoustic Channel

Seol Seunghwan, Kim Yongcheol, Ahn Jongmin, Lee Hojun, Chung Jaehak  
Inha Univ.

### 요약

본 논문은 수중 다중 경로 채널 환경에서 도플러 효과로 인한 채널 추정 오차를 극복하기 위한 DFE 기법을 적용한 Coherent 방식과 Noncoherent 방식의 Code Division Multiple Access(CDMA) 성능을 비교 분석한다. 모델링된 수중 채널에서의 전산 모의 실험을 통해 Noncoherent 방식이 Decision Feedback Equalizer(DE) 기법을 적용한 Coherent 방식에 비해 성능이 우수함을 보였다.

### I. 서 론

수중 통신 환경에서 CDMA(Code Division Multiple Access) 기법은 직교성을 만족하는 확산 코드를 사용하기 때문에 다중 경로로 인해 발생하는 ISI 를 줄일 수 있으며, Rake 수신기로 인한 다이버시티 이득을 얻을 수 있다[1]. 그러나 도플러 시프트가 상관 시간에 따른 설계 한계치를 초과한 경우에는 채널 추정의 오차가 생겨 BER(Bit Error Rate) 성능이 낮아지는 단점이 있다.[2]

이러한 도플러 효과의 Nonstationary 를 극복하기 위해 DFE(Decision Feedback Equalizer)를 이용한 coherent CDMA 시스템과 Differential 검출 방식을 이용한 noncoherent CDMA 시스템을 통해 BER 성능을 향상시켰다.

본 논문에서는 두 방식의 BER 성능을 비교 분석하였다.

### II. 본 론

수신된 신호  $r(k)$ 에 대해 DFE 를 통과한 심볼  $s(k)$  은 아래와 같다.

$$s(k) = r(k) - \sum \hat{d}(k-1) \tilde{h}(k) \quad (1)$$

여기서  $\hat{d}(k-1)$  은  $k-1$  번째 검출된 심볼이고,  $\tilde{h}(k)$  는 추정한 채널이다. DFE 는 검출된 심볼을 다시 입력으로 보냄으로써 추후에 검출되는 심볼에 영향을 미치는 간섭성분을 제거한다[2].

Differential QPSK 변조 방식은 심볼 간의 위상차에 정보를 담아 전송한다.

$$\theta_k = \theta_{k-1} + \Delta\theta_k \quad (2)$$

여기서  $\theta_k$  는  $k$  번째 심볼의 위상이다. 현재 구간의 심볼과 이전 구간의 심볼 사이의 위상 차이를 이용하여 원래의 비트를 검출한다.

### III. 전산 모의 실험

본 논문에서는 모델링된 수중 채널에서의 전산 모의 실험을 통해 제 FE 기법을 적용한 Coherent CDMA 시스템과 Noncoherent CDMA 시스템을 비교하였다. Rician 채널의 최대 도플러 주파수는 2Hz 이고, 확산 인자는 12 로 하였다.

각 시스템의 BER 을 그림 1 에 Coherent CDMA 는 파란색 실선, Noncoherent CDMA 는 빨간색 실선으로 나타내었다. BER  $10^{-1}$  기준 Noncoherent CDMA 가 Coherent CDMA 보다 약 3dB 의 성능 향상을 보이며, SNR 이 증가함에 따라 Coherent CDMA 시스템과 Noncoherent CDMA 시스템의 성능 차이가 커졌다.

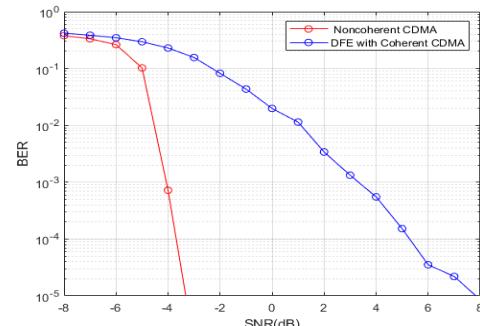


Figure 1. BER of Coherent CDMA and Noncoherent CDMA

### III. 결 론

본 논문에서는 DFE 기법을 적용한 Coherent CDMA 시스템과 Noncoherent CDMA 시스템을 비교 분석하였다. 전산 모의 실험을 통해 Noncoherent CDMA 시스템이 BER 성능이 우수함을 보였다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020년 해양수산부 재원으로 한국해양과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(분산형 수중판측 체어망 개발)

### 참 고 문 헌

- [1] H. Lee et al, "Performance Analysis of CDMA and OFDM on Underwater Acoustic Environments," J. ITS, vol.17, no.5, pp. 135-142, Oct. 2018.
- [2] Y. Kim et al, "Robust Detection for Doppler compression in underwater acoustic communications," in Proc. ICTC, Jeju island, Korea, Sept. 2018.