

# 해양통신에서 uplink coverage 확장을 위한 relay 송수신 기법연구

이경제\* · † 김동구

\*연세대학교 대학원 통합과정생, † 연세대학교 전기전자공학부 교수

**요 약** : 현재 해상에서의 통신은 파도로 인한 항로표지의 움직임에 의해 내륙에서의 통신과 비교했을때 어려움이 있다. 본 논문에서는 uplink 상황에서 커버리지 확장을 위한 relay 송수신 기법연구를 진행한다. 내륙에 위치한 기지국과 내륙으로부터 일정 거리 떨어진 해상에 위치한 부표들 간의 uplink 해상통신 환경을 two-hop으로 고려하였으며, 센서로 측정된 파도로 인한 부표의 움직임을 고려하여 안테나 개수에 따라 만들어진 빔을 선택하고 성능 분석을 진행한다.

**핵심용어** : 해상 통신, 부표의 움직임 각도, 센서, relay, 프리코더

**Abstract** : Currently, communication at sea is more difficult than communication at inland due to the movement of route signs by waves. This paper conducts research on relay transmission and reception techniques to extend coverage in uplink situations. The uplink maritime communication environment between inland base stations and buoys located a certain distance inland was viewed as two hops, and a beam generated according to the number of antennas was selected and a performance analysis was conducted considering the movement of buoys measured by sensors.

**Key words** : Offshore communication, buoy motion angle, sensor, relay, precoder

## 1. Introduction

해상환경에서 해수면 위 부표와 내륙의 기지국 간에 통신이 원활하게 이루어지기 위한 연구들이 진행되고 있다[1]. 기지국과 부표 사이 통신이 파도의 움직임 및 여러 기타 요인들로 인해 부표가 움직인다[2]. 이를 고려하여 본 논문에서는 프리코더를 설계하고 각도를 고려하지 않았을 경우의 프리코더 성능과 비교한다[3].

안테나 개수에 따른 유한한 빔을 생성한다.

$$F = [a(\Omega_1), a(\Omega_2), \dots, a(\Omega_N)], \quad (2)$$

$$a(\Omega_n) = \frac{1}{\sqrt{N}} [1, \exp(-j2\pi\Delta t\Omega_n), \dots, \exp(-j2\pi(N-1)\Delta t\Omega_n)]$$

빔포머 (2)에 주어진 angle of arrival의 각도와 variance를 고려하여 빔을 선택한다.

## 2. System model

본 논문에서의 전체 시스템 모델은 기지국과 릴레이 역할의 부표와 항로표지 간 통신이고 uplink 상황에서 릴레이에서 기지국까지의 통신 링크는 완벽하게 연결됐다고 가정한다. 항로표지에서 릴레이 사이 채널은 한 개의 direct Los path이고 uplink 신호를 수신할 때 이에 맞는 프리코더를 선택한다. 릴레이에서 의 수신 신호는 다음과 같다.

$$a(\Omega_n) \text{ where } n = \min_{m \in [1, \dots, M]} |\theta + \Omega_n - \Phi|$$

$$\Phi = AoA, \theta_n = \text{angle of buoy movement}$$

선택된 빔을 토대로 SNR 및 Amplify and forward 릴레이 capacity를 구하면 다음과 같이 이루어진다.

$$SNR = |a(\Omega_n)^H h^*|^2 / |n|^2$$

$$Y = Fhx + n, \quad (1)$$

$$C_{AF} = \log\left(1 + \frac{SNR_1 SNR_2}{SNR_1 + SNR_2 + 1}\right)$$

식(1)에서 는 수신신호, , h, x는 각각 프리코더, 채널송신 신호 n는 Additive white gaussian noise이다.

## 3. Beam selection

릴레이에서 수신 angle of arrival을 알고 있다고 가정하고

## 4. Simulation

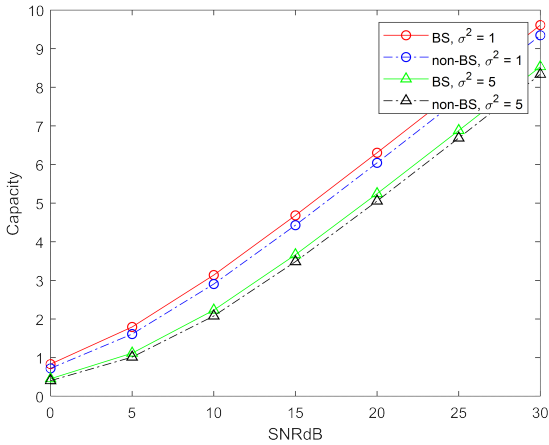


그림 1 SNRdB에 따른 Capacity 비교

시뮬레이션 결과는 SNRdB 0dB부터 30dB까지 5dB 간격으로 확인한다. capacity결과는 beam selection의 유무와 AoA의 variance를 1과 5로 설정했을 때로 그림1에 나타난다.

## 5. Conclusion

본 논문에서 부표의 움직임에 의한 AoA를 고려하여 beamselection을 했을 때 capacity가 beam selection을 하지 않았을 때보다 성능이 향상됨을 볼 수 있다. 이에 따라 제안하는 기법을 사용 시 capacity 측면에서 통신 커버리지가 향상됨을 볼 수 있다.

## ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(스마트항로표지 현장시설 고도화, 20210636)”

## 참 고 문 헌

- [1] Y. Huo, X. Dong and S. Beatty, "Cellular Communications in Ocean Waves for Maritime Internet of Things," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 7, no. 10, pp. 9965-9979, Oct. 2020, doi:10.1109/JIOT.2020.2988634.
- [2] American Bureau of Shipping, "SELECTING DESIGN WAVEBY LONG TERM STOCHASTIC METHOD,"
- [3] Peters, S.W., Panah, A.Y., Truong, K.T. et al. Relay Architectures for 3GPP LTE-Advanced. J Wireless Com Network 2009, 618787 (2009).