

해상환경에서 부표의 안테나 높이에 따른 LoS와 NLoS에 관한 연구

이경제* · † 김동구

*연세대학교 대학원 통합과정생, † 연세대학교 전기전자공학부 교수

요 약 : 해상에서의 통신은 파도의 움직임에 의해 내륙에서의 통신에 비해 어려움이 있다. 본 논문에서는 Bretschneider 스펙트럼 모델을 이용하여 Open-Ocean에서의 파도의 움직임을 모델링한다. 내륙에 위치한 기지국과 내륙으로부터 일정 거리 떨어진 해상에 위치한 부표와의 해상통신 환경을 고려하였으며, 모델링한 파도의 움직임을 바탕으로 부표부터 기지국까지의 거리에 대한 각도와 기지국부터 Block되어 Non-Line of Site(NLoS)된 지점까지의 거리에 대한 각도를 비교함으로써 Continuous-LoS(CLoS)구간을 확보하기 위해 파고 대비 안테나의 높이를 변경하며 비교했다.

핵심용어 : 파도 모델링, Bretschneider 스펙트럼 모델, 부표의 안테나 높이, LoS, NLoS

1. 서 론

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 LoS가 막히는 순간이 있는데, 본 논문에서는 파도의 형태를 모델링하고 LoS가 막히는 것을 극복하기 위해 만족해야 하는 부표 안테나의 높이를 수치화 한다.

2. 파도 모델링

본 논문에선 내륙에서 먼 바다에서의 파도 모델링을 위해 ISSC 스펙트럼이라고도 알려진 Bretschneider 스펙트럼 모델 [2]을 사용한다.

2.1 Bretschneider 스펙트럼 모델

$$S_{\eta}(\omega) = \frac{5}{16} \frac{H_s^2 \omega_p^4}{\omega^5} \exp\left(-\frac{5}{4} \left(\frac{\omega_p}{\omega}\right)^4\right) \text{ m}^2/(\text{rad/s}), \quad (1)$$

식 (1)과 같이 표현되는 스펙트럼 모델에서 H_s , ω_p 는 각각 파도의 높이(m), peak angular frequency(rad/s)를 나타낸다. 여기서 peak period는 $T_p = 2\pi/\omega_p$ 이다.

2.2 해수면의 높이 모델링

실제 파도는 많은 수(N_f)의 주파수들로 이루어져 있다. 따라서 파도는 모든 주파수 요소들의 합으로 식(2)와 같이 이루어진다.

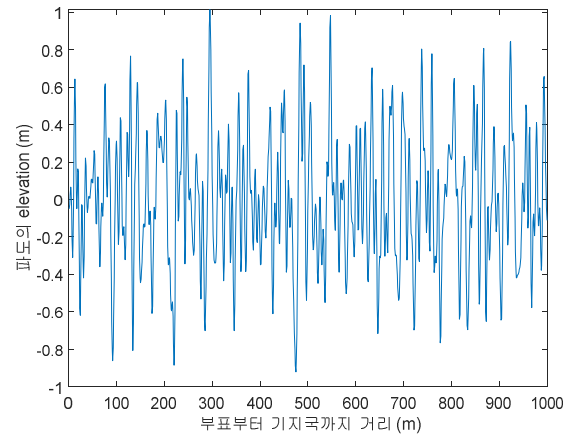


Fig. 1. 거리에 따른 파도의 elevation

$$\eta(x,t) = \sum_{i=1}^{N_f} a_i \cos(2\pi f_i t + k_i x + \alpha_i), \quad (2)$$

a_i , $k_i = \omega_i^2/g$, α_i 는 각각 i 번째 주파수 f_i 에 대한 진폭, 파수, 위상이다.

$$\mu_i = \sqrt{2 \times S_{\eta}(\omega_i) \times \Delta \omega}, \quad (3)$$

여기서 $\Delta \omega$ 는 스펙트럼 $S_{\eta}(\omega_i)$ 의 주파수 간격이다. 진폭(a_i)은 각 주파수의 평균 진폭 값을 구하는 식(3)을 사용하여 계산된 값을 Rayleigh 분포를 따르는 값들로 반환함으로써 구한다 [3]. 이를 통하여 한 time에서의 부표부터 기지국까지의 거리 해수면의 높이는 Fig.1로 나타내어 진다.

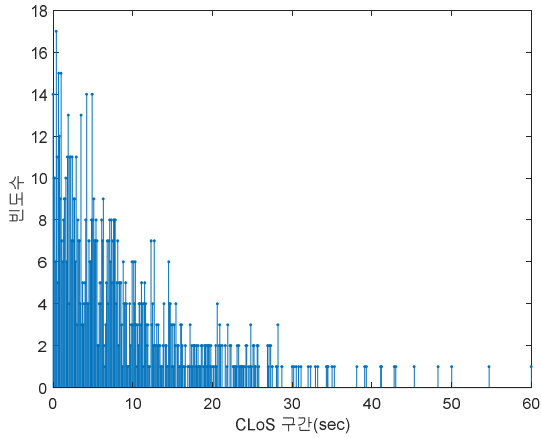


Fig. 2. CLoS 빈도수 (안테나 높이 = 1m)

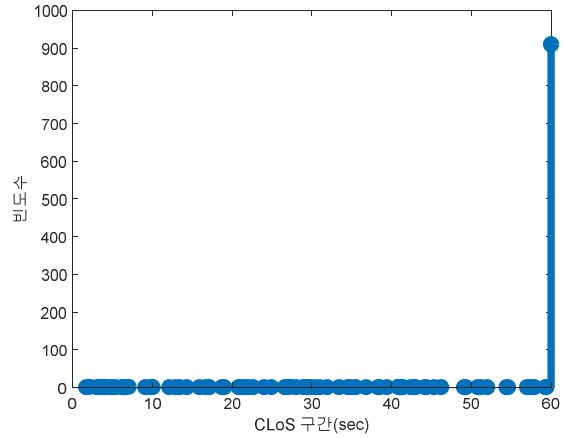


Fig. 3. CLoS 빈도수 (안테나 높이 = 1.8m)

3. 부표부터 기지국 간의 LoS NLoS

기지국부터 부표까지 거리 내에 LoS가 막히는 부분은 식(4)와 같이 기지국과 부표까지의 각도와 기지국부터 파도로 인해 막히는 곳까지의 각도의 비율을 통해 알 수 있다.

$$\frac{h_{tw} - (\eta(0,t) + h_a)}{d} > \frac{h_{tw} - \eta(x_n,t)}{d - x_n}, \quad (4)$$

위의 식에서 h_{tw} 는 기지국의 높이, h_a 는 부표의 안테나 높이, d 는 부표부터 기지국까지의 거리, x_n 은 부표부터 기지국 사이 임의의 위치, η 는 해수면의 높이를 말한다. 이를 통해 좌향이 큰 경우가 LoS가 막히는 지점이라는 것을 알 수 있다.

4. 시뮬레이션

본 연구의 시뮬레이션은 LoS가 막히지 않는 부표 안테나의 높이를 분석하기 위한 것으로서 부표부터 기지국까지의 위치와 기지국의 안테나 높이는 고정이다. 기타 시뮬레이션 값들은 Table 1와 같이 이루어져 있다.

Table 1 Characteristics of incident wave

안테나 높이	파고(m)	주기(sec)	기지국 높이(m)	거리(m)
1	1.5	10.0	60	1000
1.8	1.5	10.0	60	1000

5. 결 론

본 논문에서 해상에서의 통신을 원활하게 이루어지게 하기 위한 연구를 진행했다. 이를 위해 먼저 파도를 모델링하고 파도의 높이에 따라 기지국과 부표 간 LoS를 확보하기 위해 최적의 안테나 높이를 수치화했다. 파도 높이를 1.5m로 설정하고 부표의 안테나 높이를 각각 1m와 2m로 지정하여 진행했다. Fig. 2와 Fig.3에서 알 수 있듯이 부표의 안테나 높이가 파고의 높이 보다 0.3m 정도 높았을 때 CLoS 빈도수가 많아졌음을 볼 수 있었다. 그러나 모델링한 파도는 랜덤이기 때문에 시뮬레이션을 여러번 실행 했을때 파고의 높이가 가끔씩 높게 올라가 같은 높이의 안테나라도 LoS가 막히는 지점이 더 많이 생기는 경우가 있는데 이를 고려한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2021 년 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] S. J. Beatty, "Analysis and development of a three body heaving waveenergy converter," University of Victoria, 2009.