
해상환경에서 통신안테나 가시선(LOS)에 관한 연구

박태용

호원대학교

Study on securing the LOS of communication antenna on the sea surface

Tae-yong Park

Howon University

E-mail : sirpak75@gmail.com

요 약

장애물이 거의 없는 대기 중이나 주로 고정된 장애물이 존재하는 지상과 달리 해수면에서는 파도에 의해 수시로 통신 장애가 발생 할 수 있다. 특히 파도의 영향을 크게 받고 안테나 고도가 낮은 소형 통신국에서는 무선 통신을 위한 안테나 가시선(Line Of Sight, LOS) 확보가 어렵다. 본 논문에서는 해수면에서 파고와 송·수신 안테나의 고도 변화에 따른 가시선(LOS)과 통신망 운용을 위한 최소 안테나 고도를 계산하였다.

ABSTRACT

There's little to obstacles obstructing communication in the sky. There are nearly fixed obstacles obstructing communication on the ground. But communication disruption can be occur frequently and unexpectedly on the sea surface. Especially, it is difficult for a small station which can be greatly affected by waves and low antenna height to secure the LOS for radio communication. In this paper, LOS and minimum antenna height is calculated due to changing wave height and Tx/Rx antenna height on the sea surface.

키워드

무선통신, 가시선, Line Of Sight(LOS)

1. 서 론

고정된 통신국(communication station)에서 비교적 안정적으로 통신망을 운용하는 지상과 달리 함정과 같은 해상 통신국은 파도의 영향에 의해 끊임없이 움직이는 환경에서 통신망을 운용하게 된다. 기동하면서 통신망을 운용하는 함정 특성상 모든 통신망은 무선이다. 군위성통신체계, MOSCOS 등은 함 구조물에 의한 제한만 없다면 우리 해역 내에서 통신위성과의 LOS가 항상 보장되는 유일한 무선 통신체계이나 대역폭, 휴대성, 설치성 등의 한계로 인해 모든 통신국에 설치할 수는 없다. HF 대역의 경우 가시선 전파(propagation) 외에도 전리층 반사를 이용하므로

장거리 통신이 가능하지만, 안테나의 크기, 낮은 통신 품질, 신뢰성 저하, 좁은 대역폭 등으로 인해 사용 빈도가 높지 않다. VHF 대역 이상의 전파는 직진성이 강하기 때문에 특별한 경우를 제외하면 전파수평선 까지 LOS 통신에 사용된다. 따라서 VHF/UHF 통신망 운용을 위해서는 통신국간 가시선(LOS, Line Of Sight) 확보가 필수적이다. VHF/UHF 대역의 무선 통신망은 위성통신망의 등장으로 과거에 비해 사용 빈도는 줄었으나 전술통신, 근거리 영상전송체계 운용, 비상통신 등의 용도로 지속적으로 운용되고 있으나 파도, 지구 곡률 등이 LOS 확보에 제한을 주는 요인으로 작용하고 있다.

본 논문에서는 안테나 고도가 낮은 통신국의 파도에 의한 LOS의 제한, 원거리 통신에 있어서

지구 곡률에 의한 LOS의 변화에 대해 확인하고 통신망 운용을 위한 최소한의 안테나의 고도에 대해 확인하였다. 단, 본 논문에서는 전파의 대기 중 전파 특성은 고려하지 않은 기하학적 LOS만을 기준으로 내용을 기술하였음을 미리 밝힌다

II. 파도 및 지구곡률에 의한 LOS 변화

해상 환경에서 파도는 늘 존재한다. 안테나의 높이가 파고를 무시할 만큼 높이 설치되어있고, 파도의 영향을 거의 받지 않을 만큼 배수량이 크다면 파도에 의한 LOS의 변화가 적겠지만 RFID 구멍조기나 RHIB 과 같이 안테나가 거의 해수면에 위치하고, 파도와 함께 부유하는 경우에는 파도에 의해 시시각각 LOS가 변화한다.

파도에는 파랑, 너울 등에 의한 다양한 비선형적인 요소가 포함되어 있으나 최대 주파수 성분만으로 이루어진 정현파 형태로 단순화 하였다. 단순화한 파도의 곡선은 다음과 같다[1].

$$\zeta = \zeta_a \cos \omega_c t \tag{1}$$

여기서 ζ_a 는 파고, ω_c 는 파도의 주파수이다. 실제 파도의 특성을 알아보기 위해 2013년 8월 마라도해역의 해양기상정보를 참고하였다[2].

표 1. 2013년 8월 마라도해역 해상 관측 자료

날짜 Date	파고 Wave Height			파주기 Wave Period		평균 풍속 Wind Speed	평균 기압 Station Pressure	평균 습도 Relative Humidity
	유의 파고 Significant	최대 파고 Maximum	시간 Time	평균 Mean	최고 Max.			
	평균 Mean (m)	최고 Max. (m)	시간 Time (hour)	평균 Mean (sec)	최고 Max. (sec)			
01	1.6	2.4	21	6.9	7.1	6.1	1007.4	88
02	1.4	2.8	05	6.1	6.4	6.6	1011.6	88
03	1.1	2.4	21	5.6	6.4	5.8	1011.1	89
04	1.1	2.2	04	5.7	6.4	4.9	1007.1	89
05	1.0	2.2	15	4.9	5.8	5.5	1006.0	87
...
30	2.3	4.9	08	9.0	12.8	6.9	1005.1	82
31	2.1	4.6	02	8.4	9.1	9.2	1007.1	67
합계	1.7	3.8		7.5	9.9	6.7	1006.4	78
합	1.3	2.7		6.8	8.4	5.3	1007.8	81

파고의 대푯값은 유의파고 일일 평균값의 8월 한달간 평균값인 1.3미터를, 파주기의 대푯값은 일일 평균값의 8월 한달간 평균값인 6.8초를 적용하였다.

파고와 파주기를 이용하면 천해에서 파의 속도를 구할 수 있다[3].

$$v = \sqrt{gh} \tag{2}$$

여기서 g 는 중력가속도, h 는 수심이며, 마라도 해양기상부이 해점의 수심은 130미터이다[2].

파도의 파장은 아래의 식으로 구할 수 있다.

$$\lambda = vT \tag{3}$$

여기서 T 는 파의 주기이다.

식(2), (3)을 통해 2013년 8월 마라도해역 파도의 평균 파장은 약 243미터임을 알 수 있다.

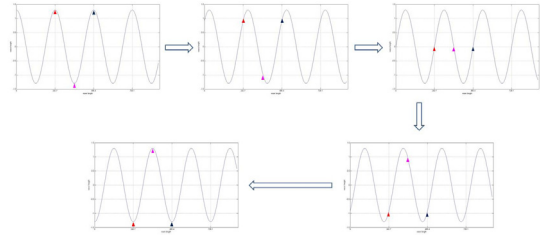


그림 1. 반주기 동안 인접 물체와 LOS 확보 기간

이때 1/2파장(약 121미터) 떨어진 해수면 상의 물체 간 LOS는 반주기에 한번 즉 3.4초에 한번 LOS가 확보되고, 1파장(약 243미터) 떨어진 물체 간에는 한주기에 한번 즉 6.8초에 한번 LOS가 확보된다. 또한 1파장을 초과하여 이격된 물체 간에는 LOS가 단 한번도 확보되지 않는다. 지속적인 LOS 확보를 위해서는 적어도 한쪽의 고도가 파도의 골부터 마루까지의 높이(1.3미터×2)는 물론 한쪽 물체가 마루에 의해 가려지는 부분도 고려하여야한다.

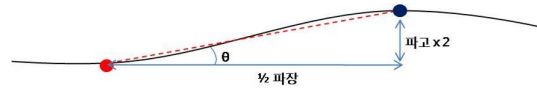


그림 2. 1/2파장 간 LOS

파장이 충분히 길 경우 1/2파장 간 LOS는 골-마루 간 직선 거리로 근사화 할 수 있다. 파도의 골-마루 간 사이각 θ 는 다음과 같다.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{2\zeta_a}{0.5\lambda} \right) \tag{4}$$

1/2파장을 벗어난 물체는 첫 번째 파도의 마루에 의해 LOS가 제한된다. 지구의 곡률 반경을 무시할 경우 해수면상에 위치하는 물체와 거리 r 만큼 떨어진 물체 사이에 지속적인 LOS가 확보되기 위해서는 한쪽 물체의 고도가 H 이상이 되어야한다.

$$H = r \cdot \tan(\theta) \tag{5}$$

지구는 구 형태이므로 두 물체 사이의 거리가 멀어질수록 지구 곡률에 의해 고도차가 발생한다.

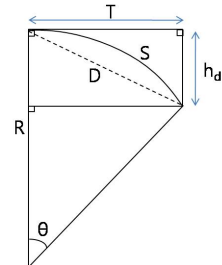


그림 3. 지구 곡률에 의한 고도차

지구의 반경을 R 이라 할 때 지구 곡률에 의한 고도차 h_D 는 다음과 같이 구할 수 있다[4].

$$h_D = R - \cos\theta R \quad (6)$$

이를 더욱 간략히 구하는 방법은 다음과 같다 [4].

$$h_D = S^2/2R \quad (7)$$

만일 파도가 없다면 지구의 반경을 6,370km라 가정하고, 10km, 50km 떨어진 물체 간의 고도차는 식(7)에 의해 각각 약 7.85m, 196m 이다.

III. 운용 상황별 요구되는 안테나 고도

고속정 또는 초계함 이상의 함정 간 운용하는 전술통신망의 경우 송신국, 수신국에 해당되는 함정의 높이가 10m 이상으로, 일반적인 파고보다는 높기 때문에 파도에 의한 영향보다는 식(6), (7)과 같이 지구 곡률에 의해 안테나 LOS가 결정된다.

RFID 구명조끼의 경우 송신 안테나가 거의 해수면 높이에 위치하고, 파도와 함께 상하운동을 한다. 이 경우 식(5)와 같이 파도의 특성과 수신 안테나의 고도에 따라 안테나 LOS가 결정된다. 2013년 8월 마라도해역 평균 해상상태를 기준으로 10km 떨어진 함정에서 RFID 구명조끼의 송신 신호를 지속적으로 수신하기 위해서는 파도와 지구 곡률을 반영하면 수신안테나의 설치 고도가 약 223m가 되어야한다. 그러나 실제로는 전파의 회절/산란으로 인해 전파 거리가 늘어나고, 단 1회의 수신신호로도 조난신호가 접수되므로 계산된 안테나 고도보다 낮은 함정 마스트에 설치된 수신안테나로도 조난신호를 어느정도 수신할 수 있다. 실제 해상 시험 결과에서 수신안테나 고도가 5m일 때 10km 거리에서 15%의 수신율로 조난신호를 수신하였다[5].

반면 영상신호 전송이나 제어신호 전송을 위해서는 끊어짐이 없는 통신망의 연결 유지와 수신 신호의 신호 대 잡음비(SNR)의 향상이 필수적이다. 특수전 부대에서 현장 상황을 영상전송체계로 전송하거나 수상/수중 탐색 및 정보를 전송하고, 기지로부터 제어 명령을 수신하는 USV의 경우 고속의 데이터 채널을 사용한다. 채널 용량, 즉 최대 전송속도를 계산하는 공식인 Shannon의 법칙은 식(8)과 같은데, SNR이 낮아지면 전송속도가 저하된다는 것을 알 수 있다.

$$C = B \times \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \text{ [bit/s]} \quad (8)$$

여기서 C 는 채널 용량(최대 전송속도), B 는 대역폭, S 는 신호, N 은 잡음이다.

SNR을 향상시키기 위해서는 안테나의 이득을 높이고, LOS를 안정적으로 확보하여야한다. 즉, LOS가 지속적으로 확보되는 안테나의 고도가 요구된다.

IV. 결 론

해상환경에서 무선 통신을 운용함에 있어 안테나의 LOS 확보는 필수적이다. 통신 용도, 통신 방식에 따라 LOS가 100% 확보 되어야하는지, 어느정도 끊어짐이 있어도 되는지 여부가 결정된다. 과거 음성통신망 위주의 아날로그 통신방식은 간헐적인 LOS 끊김 현상이 통신망 운용 전체에 미치는 영향이 적었으나, 디지털 통신의 경우 LOS의 지속적인 확보가 통신 QoS 향상을 위해 필수적이다. 특히 대용량의 데이터 전송이 요구되는 디지털 통신망은 안테나의 LOS가 작전 반경을 결정하는 핵심 요소가 될 수도 있으며, 통신국의 안테나 설치 고도를 높일 수 있는 방안에 대한 심층 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 조성현 외 2, "규칙파상에서 부유체의 움직임", 한국콘텐츠학회논문지, Vol.7, No.4, 2007.
- [2] "2013년 8월 해양기상월보", 기상청, 2013.
- [3] 정의철 외 2, "소형 조파기 내의 조파 생성에 대한 가시화 연구", 대한기계학회논문지 Vol.37, No.3, 2013.
- [4] 최광선 외 2, "지구 곡률을 고려한 중력의 정밀 지형 보정", 한국지구과학회논문지, V.28, No.7, 2007.12.
- [5] 양동신 외 2, "RFID 기술을 활용한 해양 인명구조 시스템 개발에 관한 연구", 해양환경안전학회 추계학술발표회논문지, 2006.