

# 장파대역 TLM 안테나의 전파 장애물에 의한 근거리장 성능 분석

## Near-field Performance Analysis of LW-TLM Antenna for propagation obstacle

김영완\*

Young-Wan Kim\*

### Abstract

For LW-TLM antenna of 65 kHz, Near-field propagation characteristics due to wave propagation obstacle are analyzed in this paper. The simulation modeling for propagation effects are based on the model of actual LW-TLM antenna which utilizes the frequency of 65 kHz, and the model expressed as propagation obstacle at a mountain height and a proximity of antenna and mountain. The near-field performance are analyzed based on the parameters of simulation model. In case of a normal mountain height and distance between the adjacent mountain and antenna site, a field strength change of about 1.7 dB has occurred. Above the constant distance of propagation obstacle and antenna, the wave propagation characteristics of disregarding the effects of propagation obstacle are shown. The results of this paper can be used to design and build a transmitting antenna site with 65 kHz operating frequency.

### 요약

논문에서는 65 kHz 장파대역을 사용하는 단축형 지선식 안테나의 전파 장애물에 의한 근거리 전파전파 특성을 분석하였다. 구축되는 65 kHz 장파대역 단축형 지선식 안테나를 모델링하고, 전파 장애물인 산 높기와 안테나 근접도에 따른 모델링을 통하여 전파 장애물이 안테나 전파 특성에 미치는 영향을 분석하였다. 일반적인 송신 안테나 사이트에 인접한 산 높기와 안테나와의 이격거리를 적용할 경우, 약 1.7 dB 이내의 전계 강도 변화가 발생되었다. 그러나 전파 장애물과 안테나와의 일정한 이격거리 이상에서는 전파 장애물에 의한 영향이 무시될 정도의 전파전파 특성을 나타내었다. 본 논문의 결과는 65 kHz 동작 주파수를 갖는 송신국 안테나 사이트 설계 및 구축 운영에 활용될 수 있다.

*Key words : LW-TLM Antenna, propagation effect due to obstacle, Long-wave broadcasting, Antenna site, Near-field propagation analysis of LW-TLM antenna*

\* Dept. of IT Convergence Communication Engineering,  
Kunsan National University

★ Corresponding author

E-mail : ywkim@kunsan.ac.kr, Tel : +82-63-469-4852

※ Acknowledgment

Manuscript received Nov. 25, 2020; revised Dec. 23, 2020;  
accepted Dec. 23, 2020.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### 1. 서론

국가 표준시와 표준주파수를 제공하기 위하여 세계 각국은 장파(Long Wave : LW)대역을 이용한 국가시보 방송국을 운영하고 있다[1]-[3]. 우리나라에서도 장파대역을 이용하여 국내 표준시와 표준주파수 전국적인 방송을 위한 국가시보 방송국을 구축하고 시험방송중이다[4][5]. 장파대역을 이용한 국가시보 방송은 기존 단파방송의 서비스 영역의 한계를 극복하고 국가자립기반 시각동기망의 안정

적인 전국서비스가 가능하므로, 이를 활용한 국내 국가표준시 및 국가표준 주파수 제공을 위한 장파대역 방송국 운용이 가능하게 될 것이다.

장파대역 송신국은 대부분 65 kHz 대역을 사용하므로 송신안테나의 높이가 1100m 정도의 큰 안테나가 필요하다. 그러나 안테나 물리적 한계로 인하여 짧은 전기적 길이( $L \ll \lambda/4$ )를 갖는 단축형 모노폴 안테나를 사용하며, 안테나 효율이 양호하고 안테나의 수평 지향성 특성에 적은 영향을 갖는 단축형 지선식 모노폴 안테나(TLM : Top-loaded Monopole)를 사용하고 있다[1][3][6][7]. 아울러, TLM 안테나는 안테나 높이에 비례하는 반경을 갖는 안테나 방사성 접지 공간이 필요하므로, 안테나 구축과 방송국 운영을 위한 보다 넓은 송신국 부지(site)가 필요하다[7]. 그러나 단축형 안테나를 설치하기 위해 백여 미터(m)의 반경을 갖는 평탄한 부지와 안정한 전파전파 환경을 제공하는 일정거리 내 전파 장애물이 없는 공간을 확보하기가 어려운 실정이다. 더욱이 국내 송신 안테나 사이트는 대부분 산악지형을 포함하고 있으므로, 주변 전파전파 환경에 의한 전파 영향을 고려하여 송신국 사이트를 설계하고 구축되어야 한다.

본 논문에서는 65 kHz 주파수를 갖는 장파대역 방송국의 송신국 안테나의 주변 전파 장애물에 의한 전파 영향을 분석한다. 안테나 높이에 비례하는 방사성 접지를 갖는 단축형 지선식 모노폴 안테나를 모델링하고, 주변 전파 장애물인 산악 지형을 정형적으로 모델링하여 안테나의 근거리장(Near-field) 영향을 분석한다. 주변 전파 장애물의 지형에 따른 근거리 장 전파전파(wave propagation) 영향도 분석을 통하여 산악지형 내 위치하는 장파대역 송신국 안테나 사이트 설계 및 구축에 활용하도록 한다.

## II. 안테나 및 전파 장애물 모델링

### 1. 안테나 모델링

장파대역 단축형 지선식 모노폴 안테나(TLM)는 그림 1과 같은 구조를 갖는다[7].

그림 1의 TLM 안테나의 정관(Top loading)은 안테나 설치 시 그림 2와 같은 지선(Top loading radials) 구조로 설계되어 구축 운용된다. 따라서 장파대역 TLM 안테나의 근거리 장 분석을 위하여 그림 3과 같은 구조로 모델링한다.

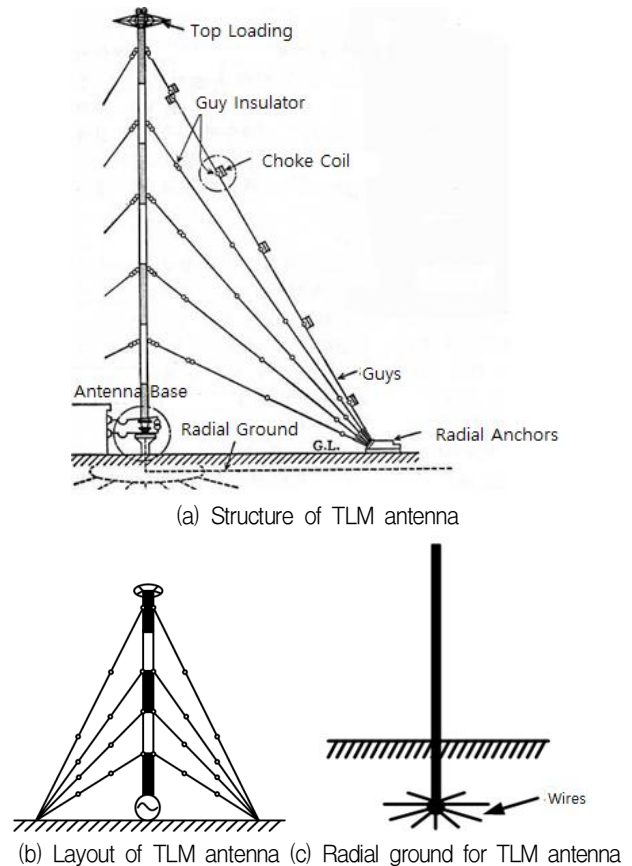


Fig. 1. TLM antenna system.

그림 1. 단축형 지선식 모노폴 안테나

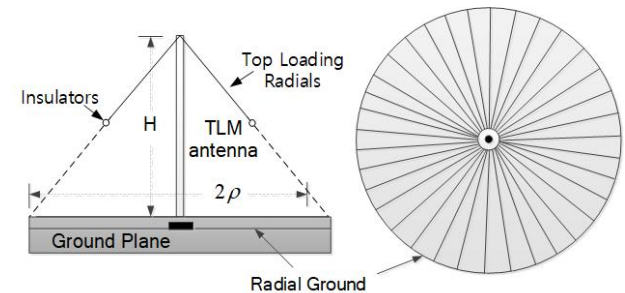


Fig. 2. Configuration diagram of actual TLM antenna.

그림 2. 구축되는 TLM 안테나 구성도

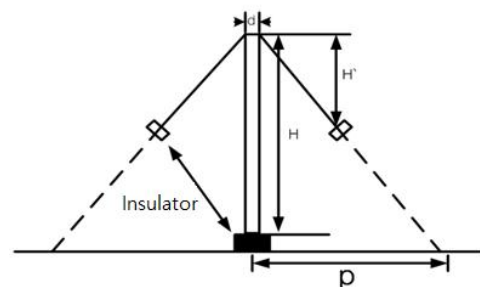


Fig. 3. Antenna modeling for performance analysis of LW-TLM antenna.

그림 3. 장파대역 단축형 지선식 모노폴 안테나의 성능 분석을 위한 안테나 모델링

65 kHz 장파대역 단축형 지선식 모노폴 안테나의 근거리 장 전파전파 특성을 해석하기 위한 그림 3의 안테나 파라미터는 다음 표 1과 같다.

Table 1. Antenna parameters for performance analysis of 65 kHz LW-TLM antenna.

표 1. 65 kHz 장파대역 단축형 지선식 모노폴 안테나의 성능 분석을 위한 안테나 파라미터

Parameters	Value	Unit
Frequency	65	kHz
Antenna height (H)	250	m
Diameter of antenna (d)	1	m
Height of top loading radials (H')	99.98	m
Length of top loading radials	141.4	m
Number of top loading radials	24	wires
Radius of radial ground ( $\rho$ )	250	m
Number of radial ground	120	wires
Ground conductivity	0.5	mS/m

표 1에서 방사성 접지(Radial ground)는 3° 간격으로 120분 접지선이 포설되며, 송신국 사이트 및 전파경로상의 대지 도전율은 산악지형의 대표값인 0.5 (mS/m)로 가정하여 모델링한다[6], [8].

2. 전파 장애물 모델링

송신국 안테나 주위의 전파 장애물은 인접한 산악지형이므로, 이에 대한 안테나 근거리에서의 전파전파 영향을 해석한다. 그림 4는 안테나의 전파전파 영향을 분석하기 위한 안테나에 인접한 산을 모델링한 모형이다.

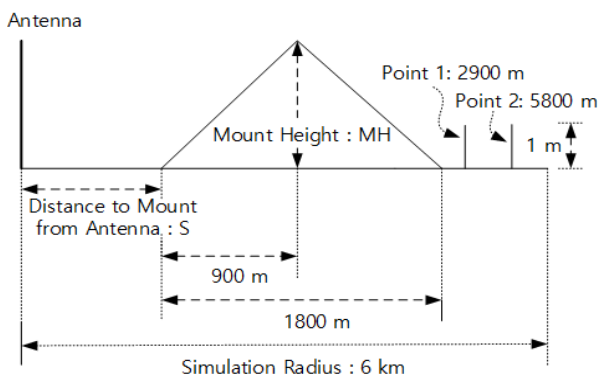


Fig. 4. Mount layout for performance simulation of LW-TLM antenna.

그림 4. 장파대역 단축형 지선식 모노폴 안테나의 성능 분석을 위한 산악지형 모델

송신 안테나 근거리장의 전파전파 영향을 해석하기 위하여 안테나와 인근 산과의 이격거리(S), 산의 높이(MH)를 가변 파라미터로 설정한다. 전파세기를 측정하기 위한 측정지점은 2지점(Point 1, Point 2)으로 고정하여 전계세기를 비교하도록 한다. 분석 모델은 동작 주파수의 파장(약 4.6 km)보다 큰 반경을 갖는 영역을 분석 범위로 설정하였으며, 전파 진행방향의 산 길이는 고정하여 비교분석이 가능하도록 하였다.

III. 근거리장 성능 분석

안테나 인접 전파 장애물(산)에 의한 근거리 전파전파 영향은 그림 3과 그림 4 모델을 사용하여 표 2와 같은 산 형상에 의한 영향을 분석하였다.

Table 2. Mount parameter for Near-field performance simulation.

표 2. 근거리장 성능 분석을 위한 산 형상 파라미터

Simulation model	Mount height(MH) (m)	Distance to mount from antenna(S) (m)
1	300	300
2	300	600
3	300	900
4	600	300
5	600	600
6	600	900
7	900	300
8	900	600
9	900	900

표 1의 산 형상 파라미터는 국내 장파대역 송신 사이트 주변의 산 형상으로, 이를 기반으로 일반화하여 산 형상 파라미터로 설정하였다. 아울러, 전파 장애물에 의한 영향도를 분석하기 위하여 전파 장애물이 없는 기본 모델을 기준으로 성능 분석하였다. 그림 5는 전파전파 성능 분석을 위한 시뮬레이션 도 및 전파 장애물이 없는 경우, 전파전파 특성을 보여주고 있다.

그림 5에서 방사특성은 수평방향으로 동일하게 전파하는 등방성 방사특성을 보여주고 있다. 그림 5와 같이 전파 장애물이 없는 경우, 근거리 장 전계강도 측정지점에서의 전계세기는 각각 -101.3 dBm

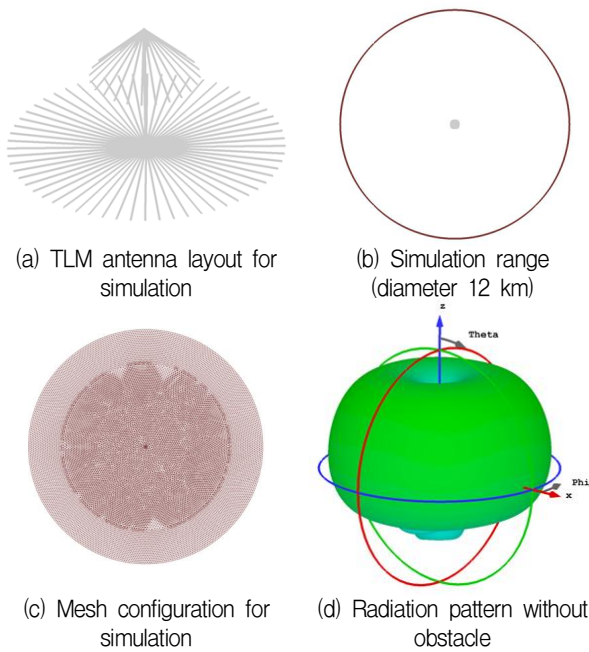


Fig. 5. Antenna simulation modeling and radiation pattern without propagation obstacle.

그림 5. 전파 장애물이 없는 안테나 분석 모델과 방사패턴 (point 1)과  $-106.5$  dBm(point 2)이었으며, 안테나의 입력 임피던스는  $14.2-j2080$  (ohm)이었다.

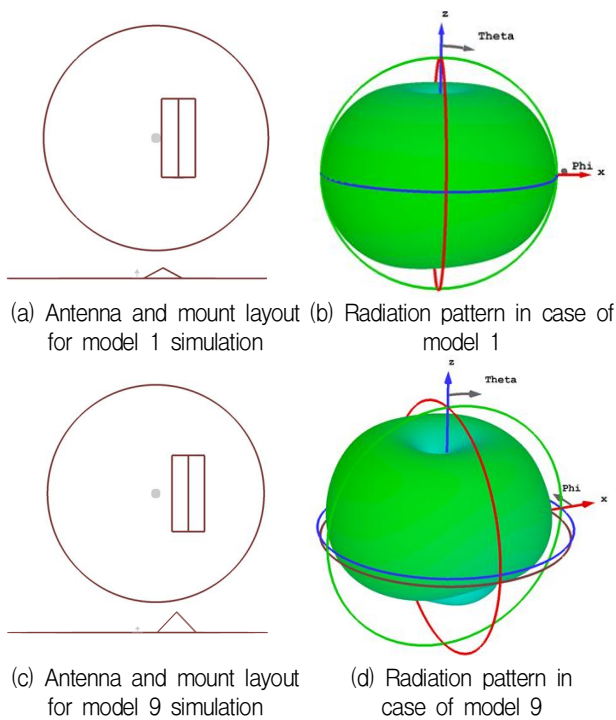


Fig. 6. Antenna radiation pattern and layout for simulation in case of model 1 and model 9.

그림 6. 모델 1과 모델 9인 경우, 시뮬레이션 도 및 안테나 방사특성

그림 6은 표 2의 모의 실험모델 1과 모의 실험모델 9인 경우, 전파 장애물에 의한 전파전파 특성을 나타내고 있다.

그림 6에서 안테나 방사특성은 그림 5에 비해 전파 장애물의 영향으로 방사 특성이 비 등방성으로 나타나고 있으며, 안테나 이득 특성이 감소하는 특성을 보여주고 있다. Model 1인 경우, 전계강도 측정지점에서의 전계세기는 각각  $-101.8$  dBm(point 1)과  $-107.5$  dBm(point 2)이었으며, 안테나의 입력 임피던스는  $14.4-j2080$  (ohm)이었다. Model 9인 경우, 전계강도 측정지점에서의 전계세기는 각각  $-101.1$  dBm(point 1)과  $-106.9$  dBm(point 2)이었으며, 안테나의 입력 임피던스는  $14.2-j2110$  (ohm)이었다. 표 2의 각 model에 대한 전계강도 및 안테나 입력 임피던스는 표 3과 같다.

Table 3. Wave propagation characteristics and antenna input impedance for simulation models, respectively.

표 3. 각 모의 실험모델들에 대한 전파전파 특성과 안테나 입력 임피던스

Simulation model	Electric field strength (dBm)		Antenna input impedance (ohm)
	Point 1	Point 2	
1	-101.8	-107.5	$14.4-j2080$
2	-101.0	-106.8	$14.4-j2080$
3	-101.1	-106.9	$14.3-j2080$
4	-102.2	-107.8	$14.7-j2080$
5	-101.1	-106.9	$14.3-j2110$
6	-101.2	-107.0	$14.2-j2110$
7	-102.8	-108.4	$14.4-j2110$
8	-101.1	-106.9	$14.2-j2110$
9	-101.1	-106.9	$14.4-j2110$

표 3의 65 kHz LW-TLM 안테나에 인접한 전파 장애물에 의한 근거리 장 전파 특성으로부터 산과 같은 전파 장애물이 존재할 경우, 산으로 인한 방사패턴 영향이 미비하게 나타나고 있다. 아울러, 전계강도의 차이가 발생되고 있으나 그 영향이 크지 않음을 알 수 있다. 산의 높이가 증가(산의 고도가 300 m에서 900m 증가)할수록 전계강도가 낮아지나, 산 정상 높이에 따른 전계강도 변화는 1 dB 이내의 작은 변화를 보여주고 있다. 아울러, 산의 고도가 일정하고 안테나로부터 산 시작점까지의 거

리가 가까울 경우, 전계강도 세기에 미치는 영향이 나타나고 있음(2 dB 이내)을 알 수 있으며, 일정거리 이상의 이격거리를 갖는 전파 장애물이 존재할 경우(600 m 이상)에는 전파전파에 미치는 영향은 무시할 정도임을 알 수 있었다. 안테나 입력 임피던스는 단축형 안테나로 인한 용량성 임피던스가 나타남을 알 수 있었으며, 전파 장애물에 의한 안테나 입력 임피던스 변화는 무시할 수 있는 특성변화를 나타내었다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 65 kHz 주파수를 사용하는 장파대역 단축형 지선식 모노폴 안테나의 근접 전파 장애물에 의한 근거리 전파전파 특성을 분석하였다. 65 kHz 동작 주파수를 갖는 LW-TLM 안테나를 모델링하고, 전파 장애물인 안테나에 근접한 산 형상을 정형적으로 모델링하여 근거리 전파전파 영향을 분석하였다.

전파 장애물인 산의 높이와 안테나와의 인접도에 따라 전계 강도에 변화가 나타나고 있음을 알 수 있었다. 그러나 전파 장애물인 산 높이와 산과 안테나 이격거리에 따른 전계강도 변화는 장파대역의 시간별, 계절별 전계강도 변화 범위(약 3 dB) 이내로, 시간별, 계절별 전파전파 특성에 비해 전파 장애물에 의한 영향은 낮은 편이다. 이는 산 높이 및 이격거리가 동작주파수의 파장에 비해 작은 변화(0.065 파장) 이므로, 송신 안테나특성에 미치는 영향이 적음을 알 수 있었다. 65 kHz 주파수를 이용하는 LW-TLM 안테나는 국가 표준시 및 표준주파수를 제공하는 국가 시보 방송국 안테나의 전파 장애물에 의한 영향을 대상으로 하고 있으므로, 본 논문의 분석 결과는 국가 표준시 방송국 송신 사이트 설계 및 운영에 활용할 수 있다.

#### References

- [1] NIST, "Time Realization and Distribution," <http://www.nist.gov/time-distribution/radio-station-wwwvb>
- [2] NICT, "Time and Frequency Transmission Facilities," <https://www.nict.go.jp/en/pamphlet/JST2->

e.pdf

- [3] NPL, "Time and Frequency MSF radio time signal," <https://www.npl.co.uk/msf-signal>
- [4] KRIS, "Test broadcasting of national standard time and frequency station," [http://www.kriss.re.kr/information/report\\_data\\_view.do?seq=3173](http://www.kriss.re.kr/information/report_data_view.do?seq=3173)
- [5] Y. K. Lee, "Development of standard time and frequency service using low frequency in Korea," in *Proc. of 2016 URSI Asia-Pacific Radio Science Conference(URSI AP-RASC)*, pp.134-135, 2016.
- [6] Y. W. kim, "Analysis and modeling of DGPS antenna performance depending on the DGPS site environment," *Journal of the Korea Institute Of Information and Communication Engineering*, vol.18, no.5, pp.1022-1027, 2014.  
DOI: 10.6109/jkiice.2014.18.5.1022
- [7] J. K. Kim, *Broadcasting antenna and wave propagation*, Wooshin Press, 1994.
- [8] ITU-R, "Recommendation ITU-R P.368-7 Ground-wave propagation curves for frequencies between 10 kHz and 30 MHz" ITU, 2015.

#### BIOGRAPHY

**Young-Wan Kim** (Member)



1983 : BS degree in Electrical Engineering, Kyungpook National University.

1985 : MS degree in Electrical Engineering, Kyungpook National University.

2003 : PhD degree in Electrical Engineering, Chungnam National University.

2004~Present : Prof. in Dept. of IT Convergence Comm. Engineering, Kunsan National University.