

<https://doi.org/10.7236/IIBC.2017.17.5.91>

IIBC 2017-5-12

## 위성통신용 VHF대역 미앤더 슬리브 모노폴 안테나 설계

# Design of VHF Band Meander Sleeve Monopole Antenna for Satellite Communications

이윤민\*, 신진섭\*

Yun-Min Lee\*, Jin-Seob Shin\*

**요약** 본 논문은 저궤도 위성 통신을 위한 미앤더 슬리브 모노폴 안테나를 제안하였다. 안테나는 평면 모노폴과 미앤더 슬리브의 그라운드와 함께 광대역 특성을 갖는다. 안테나의 모노폴 및 그라운드 도체는 동일 평면상에 있으며 동축 케이블을 이용한 공급을 통해 급전하였다. 안테나의 파라미터 변수의 특성을 확인하기 위해 상용 소프트웨어인 HFSS를 사용하였으며, 안테나 제조를 위해 유전상수가 4.4인 FR4를 사용하였다. 안테나의 크기는 600mm × 20mm × 1.6mm이다. 제작된 안테나의 주파수 대역은 130MHz~151MHz이고, 대역폭은 20MHz이다. 안테나의 측정결과, 반사 손실은 -10dB 이상의 대역에서의 반사 손실을 얻을 수 있었다. 방사 패턴의 최대 이득은 2.64dBi이다.

**Abstract** In this paper, we proposed a meander sleeve monopole antenna for low earth orbit satellite communications. The antenna has broadband property with the planar monopole and ground of meander sleeve. Monopole and ground conductors of the antenna are on the same plane, and exited through coaxial cable feeding. In order to confirm the property of antenna parameters, it was used a commercial software, HFSS, For the antenna fabrication, a FR4 dielectric substrate has a dielectric constant of 4.4 was used. The size of the antenna was 600mm × 20mm × 1.6mm. Frequency band of the fabricated antenna was 130MHz~151MHz, and the bandwidth was 20MHz. Measurement results of the fabricated antenna, the return loss is more than -10dB return loss in the band could be obtained. Radiation pattern has a maximum gain of 2.64dBi value.

**Key Words** : Meander sleeve monopole antenna, Low earth orbit, Ship security alert system

## 1. 서 론

전 세계적으로 컨테이너 화물선 안전 수송을 위한 컨테이너 보안 장치의 필요성이 대두되고 있다. 국제항해에 종사하는 외항선은 2005년 이후 SSAS(Ship Security Alert System) 선박 안전 경보장치를 설치하도록 강제적으로 의무화함에 따라 선박의 안전이 위협을 받고 있거

나 위태롭게 되었음을 해당기관에 표시하기 위하여 육상으로 보안경보를 송신할 목적으로 선박에 제공된다.<sup>[1][2]</sup> 기존에 컨테이너 화물 추적을 위한 시스템은 RFID 기반의 컨테이너 보안장치와 M2M 기반의 컨테이너 보안장치로 구분하여 운영하고 있다. 사용자들이 실시간 컨테이너 위치 추적 요구사항을 충족시키기 위해 위성신호 기술을 이용한 SSAS 기술이 개발되고 있다. 기존 장치

\*정회원, 경민대학교 정보통신과  
접수일자 2017년 7월 5일, 수정완료 2017년 9월 5일  
게재확정일자 2017년 10월 13일

Received: 5 July 2017 / Revised: 5 September, 2017 /

Accepted: 13 October, 2017

\*Corresponding Author: lymcall@naver.com

Dept. of Information & Communication, Kyungmin University, Korea

로는 CSD(Container Security Device), GNSS(Global Navigation Satellite System)기술을 이용하여 위치를 정확하게 파악하여 이동통신 기술을 이용하여 육상 및 해상 등에서의 위치 정보를 실시간으로 서버로 전송하는 기능을 갖추고 있다.<sup>[3]</sup> 선박 또는 컨테이너 안전 경보장치로 경제적인 소형 저궤도 위성통신인 Little LEO(Low Earth Orbit) 위성통신을 사용하는 시스템에 Orbcomm에서 서비스하고 있다.<sup>[4]</sup> 소형 저궤도 위성통신의 특징은 평균고도 750km에서 1400km 범위에서 사용되고, 위성 발사비용, 휴대형 단말기, 저 전력 송신기 및 이동 중 실시간 양방향 통신을 들 수 있다. 소형 저궤도 위성 시스템은 할당주파수대역이 148~150.05MHz(uplink)와 137~138MHz(down link)이며 중량 및 크기가 소형으로서 주로 저속 데이터(1Kbps내외)로 약천후에 Data Message Loss가 없고 음영지역을 해소한다는 강점을 들 수 있다.<sup>[5]</sup>

본 논문에서는 호우에 강한 VHF 장파대역을 사용하는 SSAS에 적합하도록 무지향성, 소형, 경량, 설치 운용이 편리한 안테나를 제안하였다. 137MHz에서 151MHz까지의 VHF주파수 대역에서의 광대역 기술로 미앤더 슬리브 모노폴 안테나에 관한 연구이다. 모노폴 안테나는 복사체의 높이를 사용 주파수의  $\lambda/4$ 로 하여 제작하고, 안테나의 크기는 600mm×20mm로 폭이 대단히 좁다. 안테나의 특성 변화요소로는 모노폴의 길이와 미앤더 슬리브의 길이, 미앤더 갭, 급전선의 길이, 폭, 모노폴과 미앤더 슬리브의 간격 등이다. 이런 요소들을 최적화는 시뮬레이션 소프트웨어 툴인 HFSS를 이용하였다.

## II. 안테나 구조 설계

기본 안테나의 구조는 평면형 미앤더 슬리브 모노폴 형태로서, 설계하고자 하는 안테나는 그림 1에서와 같은 구조의 안테나이다. 사용된 기판은 비유전율이 4.4인 FR-4를 사용하였고, 두께는 1.6mm이다. 미앤더 슬리브 모노폴 안테나의 전체 크기는 W는 20mm, L은 600mm이다. 급전선 임피던스는 50Ω 웨이브 포트를 이용하여 시뮬레이션 하였다.

슬리브 모노폴 안테나의 슬리브 외부는 방사소자로 동작하고 내부는 급전 동축 전송선로의 외부 도체로 동작한다. 원칙적으로 슬리브의 길이는 0부터 슬리브가 안테나의 전체 방사 부분을 이루는 부분까지 모노폴 전체 길이의 어느 일부분이 될 수 있다.<sup>[6][7]</sup>

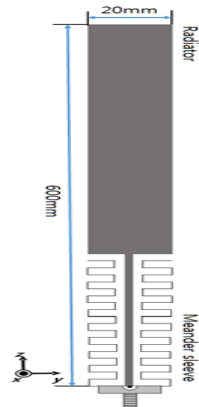


그림 1. 제안한 안테나 구조  
Fig. 1. The proposed antenna structure

그러나 실제로 슬리브는 대개 모노폴의 높이의 약 1/3에서 1/2이다. 모노폴의 길이가  $\lambda/4$ 에서  $\lambda/2$ 까지 변할 때 급전 점에서 전류의 변화가 발생한다. 그러므로 임피던스는 일정값을 유지되어야 한다. 슬리브가 없는 일반적인 모노폴에서는 안테나 크기가 안테나 패턴보다 임피던스에 더 많은 영향을 미친다. 본 논문에서 미앤더 슬리브 모노폴 구조를 보면 복사기와 미앤더 슬리브 사이에 유전체가 존재한다. 유전체의 비유전율에 따라서 대역폭의 변화가 발생된다. 또한 137MHz에서 151MHz까지의 대역폭을 가져야하기 때문에 슬리브 모노폴 안테나의 길이를 줄이기 위해 슬리브에 미앤더 기술을 이용하여 설계하였다.<sup>[8][9][10]</sup>

## III. 파라미터 변화에 대한 안테나의 특성변화

표 1에서는 미앤더 슬리브 모노폴 안테나의 특성변화 시뮬레이션을 위한 안테나 파라미터를 나타내었다.

표 1. 제안된 안테나 파라미터  
Table 1. The parameter of proposed antenna

변수	내용	크기
MS_H	미앤더 슬리브 높이	4 ~ 56mm
FL_G_G	급전선과 그라운드 갭	0.2 ~ 2.1mm
M_H	모노폴 높이	20 ~ 210mm
M_G	모노폴 갭	1 ~ 13mm

미앤더 슬리브의 높이는 4mm에서 56mm까지 변화하고, 급전선과 미앤더 슬리브 사이의 갭을 0.2mm에서 2.1mm까지, 모노폴의 높이 변화를 20mm에서 210mm까지, 모노폴과 미앤더 슬리브 사이의 갭을 1mm에서 13mm까지 변화하여 시뮬레이션을 시도하였다.

그림 2는 미앤더 슬리브의 길이를 변화하여 나타낸 그림이다. 슬리브의 길이는 전체 길이의 1/3 까지 변화하면서 공진주파수가 150MHz까지 변화하는 것을 보았다. 200mm까지 높이로 변화 하면서 스텝은 4mm로 나타내었다.

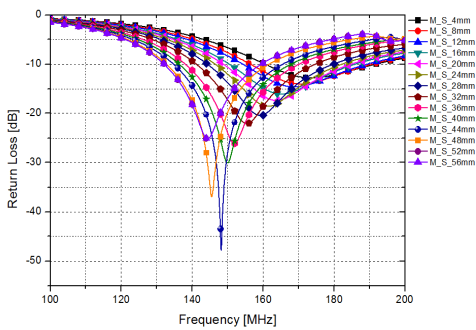


그림 2. 미앤더 슬리브 높이 변화의 반사 손실  
 Fig. 2. Return loss of meander sleeve height variation

그림 3은 급전선과 미앤더 슬리브 모노폴 사이의 갭의 변화를 나타낸 것이다. 안테나의 폭은 20mm로 매우 좁다. 그러면서 급전선을 0.2mm에서 2.1mm까지 변화하면서 나타낸 그림이다. 급전선의 임피던스가 원하는 공진주파수에서 나타나게 하려면 0.2mm에서 나타났다.

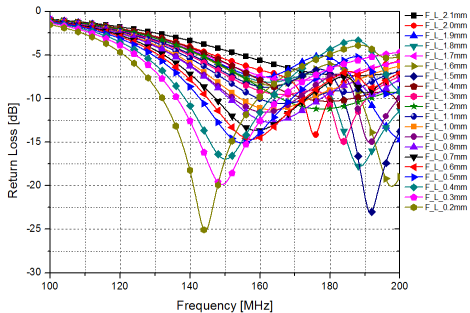


그림 3. 급전선과 그라운드 갭 변화의 반사 손실  
 Fig. 3. Return loss of feed line and ground gap variation

그림 4는 복사체인 모노폴의 높이 길이 변화를 나타낸 그림이다. 150MHz 주파수의  $\lambda/2$ 까지 모노폴의 길이 변화를 하면서 공진주파수가 최대 -40dB까지 나타나는 것을 볼 수 있었다.

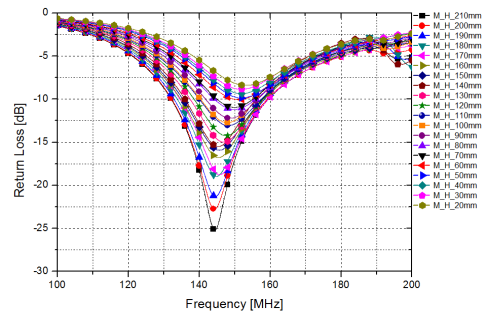


그림 4. 모노폴 높이 변화의 반사 손실  
 Fig. 4. Return loss of monopole height variation

복사체의 길이는 400mm까지 나타낼 수 있으며, 200mm길이에서 400mm까지 변화 하면서 나타내었다. 높이가 길어질수록 공진주파수가 150MHz에서 반사손실은 최대 -25dB까지 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 그림 5는 모노폴과 미앤더 슬리브사이의 갭의 변화를 나타낸 그림이다. 1mm에서 최대 13mm까지 변화하면서 이상적인 갭의 길이는 3mm로 최대 피크치가 -45dB로 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이상과 같이 그림 3에서부터 그림 5까지의 시뮬레이션에 안테나의 최적화된 파라미터를 추출하여 그 결과를 정리하면 표 2와 같다.

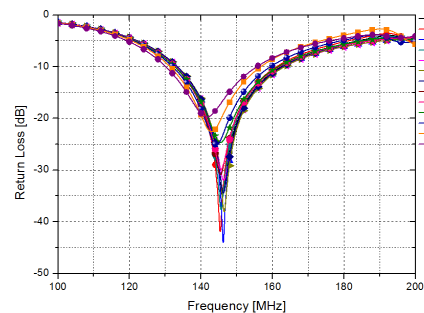


그림 5. 모노폴 갭 변화의 반사 손실  
 Fig. 5. Return loss of monopole gap variation

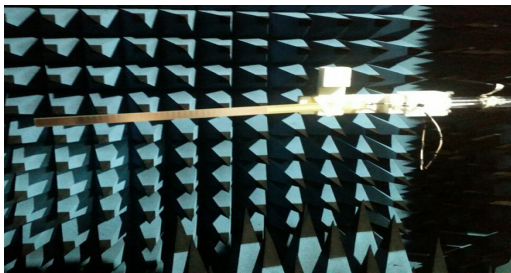
표 2. 설계된 안테나의 최적 파라미터

Table 2. Optimized parameters of designed antenna

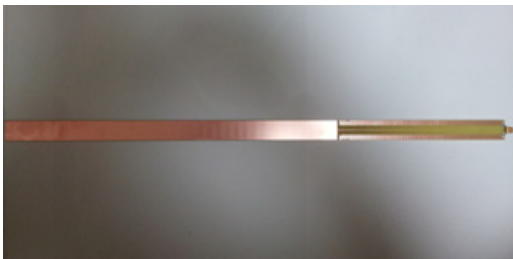
변수	내용	크기
MS_H	미앤더 슬리브 높이	190mm
FL_G_G	급전선과 그라운드 갭	0.2mm
MH	모노폴 높이	407mm
M_G	모노폴 갭	3mm

### III. 제작 및 측정

그림 6은 HFSS의 결과인 표 2의 특성을 고려하여 만든 안테나의 실물 사진과 안테나 측정중인 안테나의 실물 사진이다. 안테나의 전체 길이(L)는 600mm이고, 폭(W)은 20mm이다. 급전선은 동축 케이블을 이용하여 급전하였다. 안테나의 파라미터인 Return Loss, VSWR, Impedances는 에질런트사의 E5071C Vector Network Analyzer를 이용하여 측정하였다. 복사패턴 측정은 대전 테크노파크의 Antenna Far Filed Chamber를 이용하여 측정하였다.



(a) 측정중 안테나 사진



(b) 실제 안테나 사진

그림 6. 제작된 안테나 사진

Fig. 6. Photograph of fabricated antenna

그림 7은 설계한 안테나의 실제 제작해서 만든 안테나의 반사손실과 시뮬레이션 결과의 반사손실을 측정하여 나타낸 그림이다. 소형 저궤도 위성통신인 Little LEO(Low

Earth Orbit) 위성통신을 하기 위한 안테나로 대역폭은 137MHz에서 151MHz까지 14MHz의 대역폭이 필요하다.

본 논문에서는 VHF주파수 대역에서의 광대역 기술로 미앤더 슬리브 모노폴 안테나기술을 이용하여 137MHz에서 151MHz까지의 반사손실이 -10dB이상을 나타내는 것을 측정하여 확인할 수 있었다.

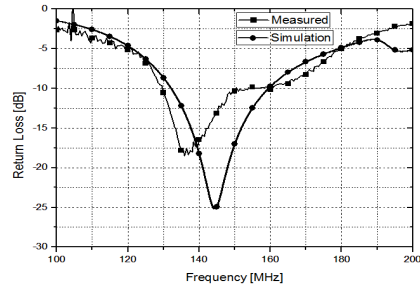
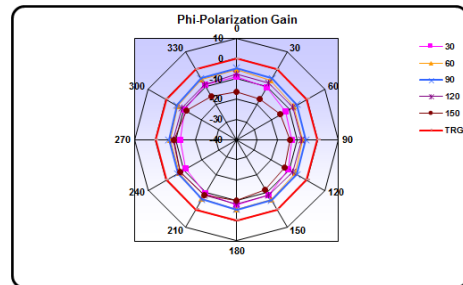


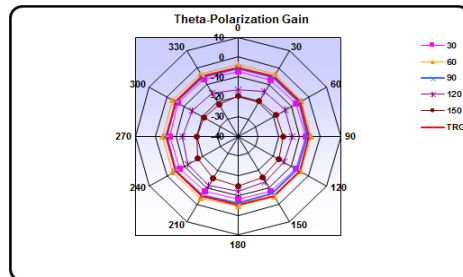
그림 7. 측정된 안테나의 반사손실

Fig. 7. Return loss of measured antenna

그림 8은 VHF대역에 대한 복사패턴을 측정한 결과를 나타낸 것이다. 130MHz의 E-plane(x-z평면)에서는 Gain이 -3.23dBi로 나타났으며, 150MHz의 E-plane에서는 1.95dBi로 나타났다. 또한 130MHz의 H-plane(x-y평면)에서는 Gain이 -5.65dBi로 나타났으며, 150MHz의 E-plane에서는 -4.81dBi로 나타났다.



(a) 130MHz, E-plane



(b) 130MHz, H-plane

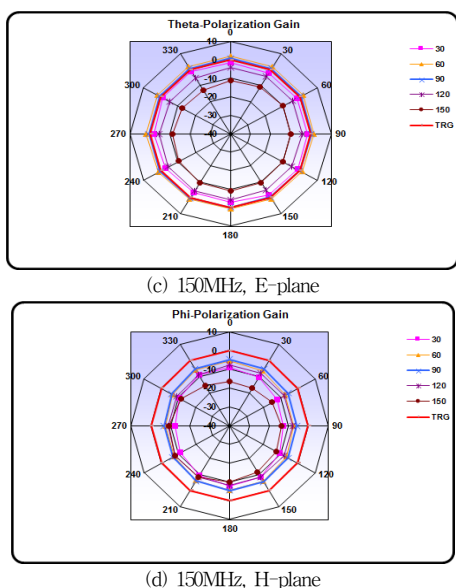


그림 8. 안테나의 복사패턴  
 Fig. 8. The radiation patterns of the antenna

본 논문에서는 소형 저궤도 위성인 Little LEO(Low Earth Orbit)를 이용한 컨테이너 화물선 안전 수송에 필요한 컨테이너 보안 장치의 SSAS(Ship Security Alert System)에 VHF안테나를 위한 미앤더 슬리브 모노폴 안테나로 제안하고, 최적 구조를 설계하였다. 설계된 안테나의 크기는 600mm×20mm에 두께는 1.6mm인 FR4기판에 안테나의 특성을 확인하기 위해 모노폴의 길이, 급전선과 슬리브와의 간격, 모노폴과 슬리브의 간격, 슬리브의 길이를 변화하여 안테나의 성능을 개선하였다. 주파수대역은 137MHz에서 151MHz까지의 VHF 대역에서 안테나 반사손실은 -10dB를 만족하였고, 측정된 최대 이득 값은 2.64dBi로 나타났다. 따라서 기하학적으로 단순하고 작게 안테나를 구현하였으므로 VHF대역에 안테나로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## V. 결론

본 논문에서는 소형 저궤도 위성인 Little LEO(Low Earth Orbit)를 이용한 컨테이너 화물선 안전 수송에 필요한 컨테이너 보안 장치의 SSAS(Ship Security Alert System)에 VHF안테나를 위한 미앤더 슬리브 모노폴 안테나로 제안하고, 최적 구조를 설계하였다. 설계된 안테

나의 크기는 600mm×20mm에 두께는 1.6mm인 FR4기판에 안테나의 특성을 확인하기 위해 모노폴의 길이, 급전선과 슬리브와의 간격, 모노폴과 슬리브의 간격, 슬리브의 길이를 변화하여 안테나의 성능을 개선하였다. 주파수대역은 137MHz에서 151MHz까지의 VHF 대역에서 안테나 반사손실은 -10dB를 만족하였고, 측정된 최대 이득 값은 2.64dBi로 나타났다. 따라서 기하학적으로 단순하고 작게 안테나를 구현하였으므로 VHF대역에 안테나로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- [1] SOLAS Chapter XI-2 : SPECIAL MEASURES TO ENHANCE MARITIME SECURITY
- [2] Resolution MSC.147(77) : ADOPTION OF THE REVISED PERFORMANCE STANDARDS FOR A SHIP SECURITY SYSTEM
- [3] E. K. Lee, et al. "PILOT CASE FOR CONTAINER SECURITY DEVICE (CSD) BASED ON ACTIVE RFID", international Journal of KIMICS, vol. 8, no. 1, pp.238-243 April 2010.
- [4] S. H. Oh, et 3, "Attitude Determination GPS/INS Integration System Design Using Triple Difference Technique", Journal of Electrical Engineering & Technology. vol.7, no.4, pp.615-625, July 2012.
- [5] Eun-Kyu Kim, Sung-Pill Choi, Young-Sik Moon, Jae-Joog Kim, Hyung-Rim Choi, "Design and Performance Evaluation for GPS/GLONASS Antenna used for Container tracking," J. Korea Inst. Inf/ Commun. Eng., Vol.17, No. 7, pp. 1544-1550, July 2013.
- [6] Gwang-Je Choe, "The Design of Broadband Sleeve Monopole Antenna using Loading Coil," Journal of KIEES, Vol. 13, No. 3, pp. 250-256, March 2002.
- [7] Yun-Min Lee, Sin-Hee Lee, Sang-Won Kang, "A Study on the Planar Sleeve Monopole Antenna for Digital TV Reception," Journal of KSDIM, Vol. 10, No. 2, pp. 21-27, June 2014.
- [8] Horng-Dean Chen, "Compact broadband

microstripline-fed sleeve monopole antenna for DTV application and ground plane effect,” IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 7, pp. 497-500, 2008.

- [9] Snag-Won Kang, Tae-Soon Chang, Yun-Min Lee, “Implementation of DTV Indoor Receiving Antenna with Gap Sleeve Structure,” Journal of
- [10] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, “Antenna theory and design,” pp. 246-247, Wiley, 1998.

### 저자 소개

#### 이 윤 민(정회원)



- 2008년 : 건국대학교 정보통신대학원 전자 및 정보통신 공학과 (공학석사)
- 2014년 : 건국대학교 전자 및 정보통신 공학과 (공학박사)
- 2016년 3월 ~현재 : 경민대학교 정보통신과 조교수

<관심분야 : RF, 안테나 설계, 마이크로파 회로 등>

#### 신 진 섭(정회원)



- 1991년 : 경희대학교대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1997년 : 경희대학교대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2017년 : 현재 경민대학교 정보통신과 부교수

<관심분야 : 정보통신시스템, 초음파 & 초고주파>