

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.2.145>

IIBC 2016-2-18

갭 슬리브 구조를 갖는 DTV 실내 수신용 안테나의 구현

Implementation of DTV Indoor Receiving Antenna with Gap Sleeve Structure

강상원*, 장대순**, 이윤민***

Sang-Won Kang*, Tae-Soon Chang**, Yun-Min Lee***

요약 본 논문은 갭 슬리브 모노폴 구조를 갖는 DTV 실내 수신용 안테나를 제안하였다. 제안한 안테나는 슬리브 모노폴 기본 구조와 갭 슬리브를 이용하였다. 안테나를 최적화 하기위해 복사기와 슬리브 사이 갭 조정, 슬리브와 그라운드 사이 갭을 조정하였다. 안테나 파라미터 특성을 확인하기 위해 ANSYS사의 HFSS를 이용하였다. 안테나 제작을 위해 비유전율이 4.7인 FR4 유전체 기판을 사용하였다. 안테나의 크기는 213×40×1.6mm³이다. 제작된 안테나의 주파수대역은 432MHz~827MHz이고, 대역폭은 395MHz이다. 최대 안테나 이득은 2.19dBi이다. 시뮬레이션과 측정 데이터를 비교분석한 결과 간격 슬리브 구조를 갖는 DTV 실내 수신용 안테나의 실용화 가능성을 확인할 수 있었다.

Abstract In this paper, we proposes a DTV indoor receiving antenna with a gap sleeve monopole structure. The proposed antenna uses a basic structure of a sleeve monopole and gap sleeve. To optimize antenna, we have adjusted the gap between monopole and sleeve, the gap between sleeve and ground. In order to confirm the property of antenna parameters, it was used a commercial software, HFSS. For the antenna fabrication, a FR4 dielectric substrate which has a dielectric constant of 4.7 was used. The size of the antenna was 213mm × 40mm × 1.6mm. Frequency band of the fabricated antenna was 432MHz ~ 827MHz, and the bandwidth was 395MHz. The maximum gain of the antenna was 2.19dBi. Consequently, it was confirmed the possibility of practical application of the DTV indoor receiving antenna with a gap sleeve monopole structure.

Key Words : Monopole, Sleeve antenna, Indoor DTV antenna, Gap Sleeve

1. 서 론

2013년 1월 1일부터 디지털(Digital) TV로 전환됨에 따라 DTV방송 수신을 위한 안테나가 다양하게 개발되고 있다. DTV방송용 주파수대역은 470MHz에서 810MHz을 갖고 있다. DTV 대역의 안테나는 UHF대역이므로, 광대역 특성을 갖도록 안테나를 설계해야 한다.^{[1],[2]} 또한 DTV 안테나는 설치 장소는 실외가 아닌 실

내이다. 실내용 DTV 안테나를 구현하기 위한 구조는 대수 주기 구조, 보우-타이 구조, 슬롯 구조, 평면형 모노폴 구조 등이 이용된다.^[2] 실내 DTV 안테나는 설치가 간단하고, 작고 가벼우며, 손쉽게 설치 가능해야 한다. 벽걸이형 디지털 TV가 선풍적으로 인기를 끌면서 거실 TV는 벽에 부착하는 타입으로 변화하기 시작했다. 따라서 스탠드형 안테나의 설치 장소 확보가 난해한 관계로 좀 더 작고 가벼운 형태의 안테나의 개발이 요구되어지고 있

*정회원, 페스앤유 연구소장

**정회원, 서일대학교 정보통신과

***정회원, 서일대학교 컴퓨터응용과

접수일자 : 2016년 2월 2일, 수정완료 : 2016년 3월 2일

게재확정일자 : 2016년 4월 8일

Received: 2 February, 2016 / Revised: 2 March, 2016 /

Accepted: 8 April, 2016

*Corresponding Author: kangsan7@hanmail.net

FESnU, Gocheon-dong, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea

다.^{[2],[3]} 현재에도 다양한 형태의 DTV용 안테나가 개발, 판매되고 있다.

본 논문에서는 소형화가 가능하고, 광대역 구조에 이용되는 슬리브 모노폴 구조를 이용하여 DTV 실내 수신용 안테나를 제안하고자 한다. 기본 슬리브 모노폴 구조에 갭(gap) 슬리브를 추가하고, 슬리브와 복사기, 접지면 사이의 갭을 조정하여,^[6] DTV 실내 수신용 안테나를 최적화시켰다. 안테나의 크기는 213mm×40mm×1.6mm이다. 간격 슬리브 구조를 갖는 DTV 실내 수신용 안테나의 검증을 위하여 ANSYS사의 HFSS 시뮬레이션 툴을 이용하여 안테나를 설계하였다. HP8753D Vector Network Analyzer를 이용하여 반사손실을 측정하였으며, Far Filed Chamber를 통하여 안테나의 복사 특성을 측정하여 성능을 검증하였다.

II. 안테나 구조 설계

제안한 안테나 구조는 평면형 슬리브 모노폴 형태이다. 그림 1과 같이 갭 슬리브 구조를 갖는 모노폴 안테나이다. PCB 기술을 이용하기 때문에, 기판의 비유전율이 4.7인 FR-4를 사용하였고, 두께는 1.6mm이다. 급전방식은 CPW 구조이고, 급전 임피던스는 50Ω을 이용하였다.

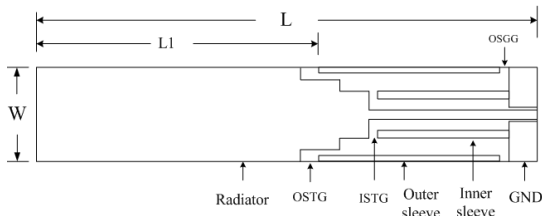


그림 1. 제안된 안테나 구조
Fig. 1. The proposed antenna structure

제안된 안테나 구조를 살펴보면, L은 안테나의 전체길이이므로, 슬리브 모노폴 안테나의 기본공진이며, 213mm이다. L1은 슬리브 공진모드이고 길이는 121mm이다. W는 안테나 폭이고, 길이는 40mm이다. 안테나 복사기 부분은 슬리브와 임피던스 매칭을 위하여 다단구조를 이용하였다. 제안한 안테나의 첫 번째 설계 방법은 안테나의 전체길이 L이 기본공진모드를 형성하고, 슬리브 공진모드를 이용하여 광대역화되도록 설계하였다.^[4] 이 광대역 기술은 UWB 안테나 설계에도 사용되는 방법이고, 슬리

브 모노폴 안테나 특징 중 하나이다. 두 번째 설계방법으로는 복사기와 슬리브 사이의 갭, 슬리브와 접지사이의 갭을 조정하여 커패시턴스 변화를 주어 임피던스 매칭을 하였다.^[6]

제안된 DTV 실내 수신용 모노폴 안테나는 외부 슬리브는 복사소자로 동작하고, 내부 도체는 급전 동축 전송선로로 동작한다. 그러나 슬리브는 대개 모노폴 높이의 약 1/3에서 1/2이다. 모노폴 길이가 $\lambda/4$ 에서 $\lambda/2$ 까지 변할 때 급전 점에서 전류의 변화가 발생한다.^{[4],[5]}

III. 파라미터 변화에 대한 안테나의 특성변화

제안한 안테나의 파라미터 변화에 대한 특성 변화를 위하여 HFSS를 이용하였다. 그림 2는 슬리브가 구조가 없는 모노폴 안테나이다. 첫 번째 공진모드인 기본공진 주파수는 495MHz이고, 두 번째 공진주파수는 모노폴 구조이므로 첫 번째 공진주파수의 약 2배인 942MHz이다.

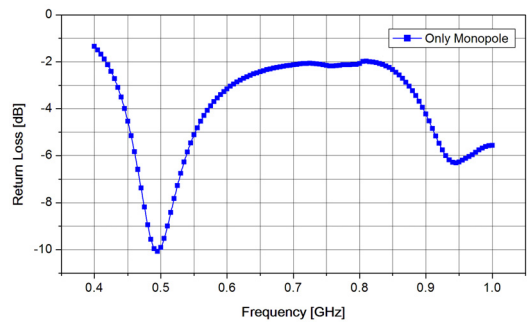


그림 2. 슬리브가 없는 모노폴 구조의 반사손실
Fig. 2. The return loss of monopole structure without a sleeve

기본 모노폴 구조에 간격 슬리브를 추가시켜 임피던스 매칭을 하였다. 표 1은 간격 슬리브 파라미터를 나타내었다. 복사기와 외부슬리브 갭 변화와 외부슬리브와 접지사이 갭 변화, 내부슬리브와 복사기 사이 갭 변화이다. 내부 슬리브는 슬리브 안테나의 급전 부분으로 CPW 구조로 볼 수 있다.

복사기와 슬리브 사이의 커패시턴스 변화를 주기 위하여 복사기 부분을 다단구조로 하였다. 다단 구조와 슬리브 사이의 갭 변화가 임피던스 매칭과 공진주파수 변

화에 큰 영향을 준다.

표 1. 갭 슬리브 파라미터

Table 1. The parameter of gap sleeve

변수	내용	크기
OSTG	외부슬리브와 복사기 사이 간격	2.5~12.5mm
OSGG	외부 슬리브와 접지사이 간격	0~5.5mm
ISTG	내부 슬리브와 복사기 사이 간격	1.5~5.5mm

외부 슬리브와 복사기 사이 갭 변화에 대한 반사손실 변화를 그림 3에 나타내었다. 외부 슬리브와 복사기 사이 갭을 2.5mm부터 12.5mm까지 2mm 갭으로 변화를 주었다. 외부 슬리브 크기는 77mm×2.5mm이다. 외부 슬리브와 복사기 사이 갭이 증가될수록 첫 번째 모노폴 공진주파수 변화보다 두 번째 슬리브 공진주파수 변화가 707MHz에서 748MHz까지, 41MHz 상승되는 것을 알 수 있다. 낮은 반사손실 값을 위해 OSTG 갭이 8.5mm가 되도록 하였다. 이 때 주파수 대역폭은 330MHz이다.

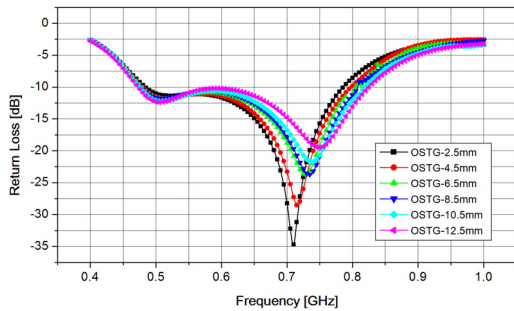


그림 3. OSTG 변화의 반사손실
 Fig. 3. Return loss of OSTG variation

외부 슬리브와 접지 사이 갭 변화에 대한 반사손실 변화를 그림 4에 나타내었다. 외부 슬리브와 접지 사이 갭을 0mm부터 5.5mm까지 변화를 주었다. 외부 슬리브 크기는 OSTG와 동일하다. 외부슬리브와 접지 사이 갭이 0mm인 경우는 외부 슬리브가 접지면과 연결이 되어 있는 경우이다. 0mm 일 때 제안된 안테나의 대역폭은 얻을 수 없었고, 접지면과 외부 슬리브 갭이 1.5mm 이상 될 경우 원하는 대역폭을 얻을 수 있었다. 이 갭이 5.5mm 까지 증가시켜도 공진주파수 변화와 대역폭 변화가 일어나지 않았고, OSGG 간격은 5mm로 하였다.

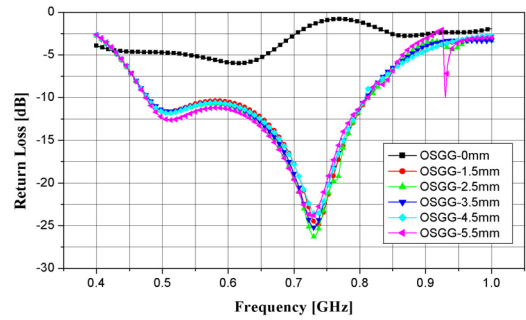


그림 4. OSGG 변화의 반사손실
 Fig. 4. Return loss of OSGG variation

내부 슬리브와 복사기 사이 갭 변화에 대한 반사손실 변화를 그림 5에 나타내었다. 내부 슬리브와 복사기 사이 갭을 1.5mm부터 5.5mm까지 1mm 갭으로 변화를 주었다. 내부 슬리브 크기는 58mm×2.5mm이다.

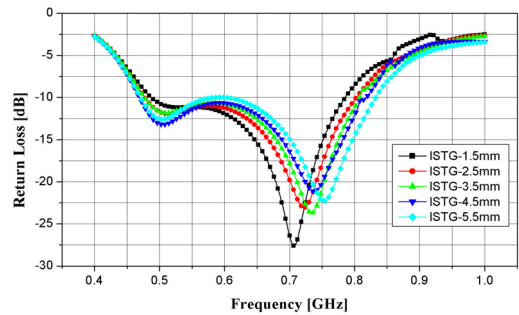


그림 5. ISTG 변화의 반사 손실
 Fig. 5. Return loss of ISTG variation

ISTG 1.5mm 일 때 주파수 대역은 487MHz~782MHz 이고, 대역폭은 295MHz이다. ISTG 4.5mm 일 때 주파수 대역폭은 474MHz~817MHz이고, 대역폭은 343MHz이다. 내부 슬리브와 모노폴 사이 갭이 증가 될수록 대역폭이 증가되는 것을 알 수 있다. 모노폴 기본 공진주파수는 518MHz에서 500MHz까지 18MHz 하강하고, 슬리브 공진주파수는 708MHz에서 755MHz까지 47MHz 상승되므로 주파수대역이 확장되는 것을 알 수 있다. 낮은 반사손실 값을 위해 ISTG 갭은 3.5mm로 하였다. 그림 6은 최적화된 안테나의 반사손실을 나타내었다. 첫 번째 모노폴 모드 공진주파수는 510MHz이고, 두 번째 슬리브 모드 공진주파수는 734MHz이다. 주파수 대역은 473MHz~818MHz이고, 대역폭은 345MHz이다.

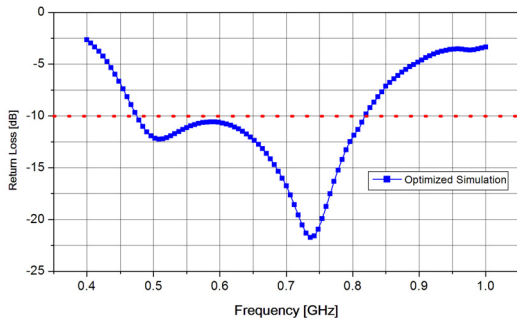


그림 6. 최적화된 안테나의 반사손실
Fig. 6. Return loss of Optimization antenna

이상과 같이 그림 2부터 6까지의 시뮬레이션을 통해 안테나의 최적화된 파라미터를 추출하여 표 2에 나타내었다.

표 2. 설계된 안테나의 파라미터
Table 2. The parameter of designed antenna

변수	내용	길이
L	안테나 길이	213mm
L1	모노폴 길이	121mm
W	안테나 폭	40mm
OSTG	외부슬리브와 복사기 사이 겹	8.5mm
OSGG	외부 슬리브와 접지사이 겹	5mm
ISTG	내부 슬리브와 복사기 사이 겹	3.5mm

III. 제작 및 측정

제안한 안테나 제작은 최적화된 시뮬레이션 결과를 이용하여 안테나를 제작하였다. 안테나 기판 재질은 비유전율 $\epsilon_r = 4.7$ 인 FR4를 사용하였고, 안테나와 접지면 재질은 1온스의 동(copper)을 사용하여 제작하였다. 제작된 안테나는 그림 7에 나타내었다.

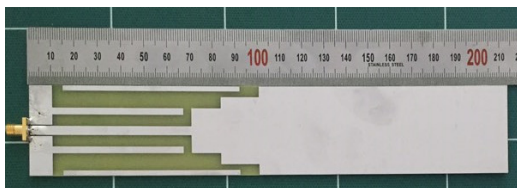


그림 7. 제작한 안테나 사진
Fig. 7. Photograph of fabricated antenna

안테나 특성 파라미터인 반사손실 측정을 위해 HP8753D Vector Network Analyzer를 이용하여 측정하였다. 그림 8은 제작된 안테나의 반사손실을 측정한 결과이다. 측정 결과를 살펴보면, 주파수 대역은 432MHz~827MHz이고, 주파수 대역폭은 395MHz이다. 이 대역폭은 DTV 대역을 만족하는 주파수 대역폭이다. 첫 번째 공진주파수는 모노폴 기본공진주파수이다. 공진주파수는 453MHz이고, 반사손실은 -16.073dB이다. 두 번째 공진주파수는 슬리브 모드 공진주파수이다. 슬리브 공진주파수는 734MHz이고, 반사손실은 -32.154dB를 나타내었다.

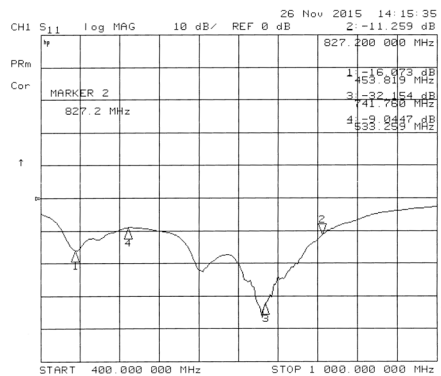


그림 8. 측정된 안테나의 반사손실
Fig. 8. Return loss of measured antenna

시뮬레이션 결과와 측정결과를 비교하여 표 3에 나타내었다. 첫 번째 모노폴 모드 공진주파수를 시뮬레이션과 측정결과를 비교하여 보면 57MHz 차이가 나는 것을 확인하였다. 두 번째 공진주파수인, 슬리브 모드 공진주파수 차이는 7MHz를 나타내었다. 주파수 대역폭 차이는 50MHz이다. 시뮬레이션과 측정결과를 통해 DTV 대역에서 실용화 가능한 안테나의 결과를 얻을 수 있었다.

표 3. 시뮬레이션 결과와 측정결과 비교
Table 3. Comparing simulation and measurement results

구분	시뮬레이션 결과	측정결과
공진주파수	510MHz, 734MHz	453MHz, 741MHz
주파수 대역	473MHz~818MHz	432MHz~827MHz
대역폭	345MHz	395MHz

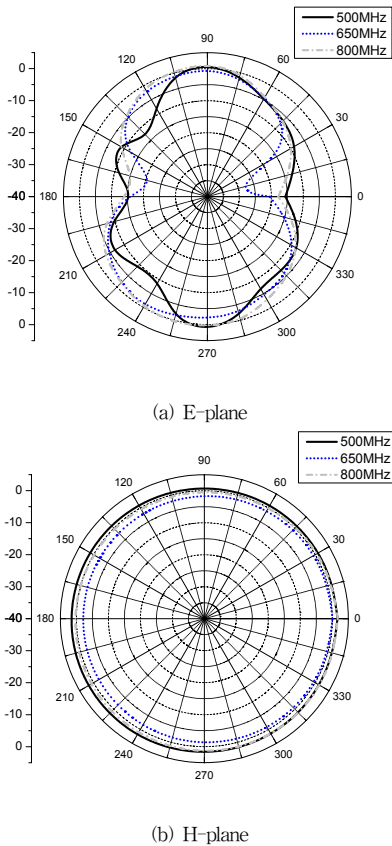


그림 9. 안테나의 복사패턴
 Fig. 9. The radiation patterns of the antenna

그림 9는 500MHz, 650MHz, 800MHz에 대한 복사패턴을 측정된 결과를 나타낸 것이다. 복사패턴 측정은 한양대학교 Antenna Chamber를 이용하여 측정하였다. 측정된 안테나 이득은 표 4에 나타내었다.

표 4. 측정된 안테나 이득
 Table 4. Measured antenna gain

Freq. (MHz)	Peak gain(dBi)	
	E-plane	H-plane
500	1.95	2.19
650	0.04	0.04
800	1.63	1.93

V. 결론

본 논문에서는 갭 슬리브 구조를 갖는 DTV 실내수신용 안테나를 제안하였다. 안테나 설계시 모노폴 공진모드와 슬리브 공진모드를 이용하여 광대역 특성을 얻을 수 있었다. 제안한 안테나의 최적화를 위해 모노폴 구조에 갭(gap) 슬리브를 추가시키고, 복사기와 슬리브 사이 갭, 슬리브와 접지사이 갭을 조정하였다. 그 결과 측정된 주파수 대역은 432MHz~827MHz이고, 대역폭은 395MHz의 결과를 얻을 수 있었다. 안테나의 크기는 213mm×40mm이고, 두께는 1.6mm이다. 측정된 안테나의 최대 이득 값은 2.19dBi 이다. 향후 안테나 구조를 단순하게 구현할 수 있도록 하고, 크기를 줄이는 소형화 작업이 필요하다.

References

- [1] 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.
- [2] Yun-min Lee, Sin-Hee Lee and 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.
- [3] Horng-Dean Chen, "Compact broadband micro-stripline-fed sleeve monopole antenna for DTV application and ground plane effect," IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 7, pp. 497-500, 2008.
- [4] Gwang-Je Choe and Sang-won Kang, "A Study on Broadband Printed Sleeve Monopole Antenna," JIIBC, Vol. 14, No. 6, pp. 245-250, Dec, 2014.
- [5] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, "Antenna theory and design," pp. 246-247, Wiley, 1998.
- [6] Kang, S. W, Chang, T-S, "Design of planar monopole antenna in velvet shape having two gap sleeves," Microw. Opt. Technol. Lett, Vol. 58, Issue 1, pp. 21-24, 2016.

저자 소개

강 상 원(정회원)



- 1999년 : 세명대학교 전자공학과(공학사)
- 2003년 : 건국대학교 전자정보통신과(공학석사)
- 2013년 : 건국대학교 전자정보통신과(공학박사)
- 2006년 7월~현재 : ㈜페스엔유 연구소장

<주관심분야 : 안테나 및 위성통신>

장 대 순(정회원)



- 2001년 2월 : 건국대학교 전자공학과(공학사)
- 2003년 2월 : 건국대학교 전자공학과(공학석사)
- 2009년 2월 : 건국대학교 전자공학과(공학박사)
- 2012년 3월~현재: 서일대학교 정보통신과 강의교수

<주관심분야 : 안테나 설계, UWB system, 무선전력전송 등>

이 윤 민(정회원)



- 2006년 : 한국산업기술대학교 전자공학과(공학사)
- 2008년 : 건국대학교 전자 및 정보통신 공학과(공학석사)
- 2014년 : 건국대학교 전자 및 정보통신 공학과(공학박사)
- 2016년 3월~현재 : 경민대학교 정보통신과 조교수

<주관심분야 : RF, 안테나 설계 등>