

광대역 슬리브 모노폴 안테나의 단순화 설계

Design of Simplified Wideband Sleeve Monopole Antenna

황 희 용*, 최 경**★

Hee-yong Hwang*, Kyoung Choi**★

Abstract

This paper presents the design method of a planar sleeve monopole antenna on PCB, which has wider bandwidth compared to that of the conventional sleeve monopole antenna, by showing the fact that the sleeve of the conventional antenna can be simplified in structure. The designed and fabricated planar sleeve monopole antenna's structure is very simple, with a monopole adjacent to a small square sleeve on FR4 PCB. The antenna shows 46% wider bandwidth compared to the corresponding 3-dimensional one with nearly omni-directional radiation property.

요 약

본 논문에서는 기존의 3차원 구조의 슬리브모노폴 안테나(Sleeve monopole Antenna)를 모노폴과 접지면상의 작은 기생모노폴의 형태로 단순화하여도 비슷한 특성을 보이는 것을 확인하고 PCB상에 보다 광대역인 평면 슬리브모노폴 안테나의 설계 방법에 대해 다룬다. 설계 및 제작된 슬리브안테나는 평면형으로 메인 모노폴과 이에 근접하는 작은 사각형 슬리브로 구성되고 기존의 3차원 슬리브안테나와 비슷한 전방향(omni-directional)특성과 기존보다 46% 더 넓은 대역폭을 나타내었다.

Key words : monopole, Sleeve antenna, Sleeve monopole, Wideband antenna, Planar sleeve monopole antenna

1. 서론

지속적인 무선 및 이동 통신의 발달에 따라 단일 안테나들의 연구 개발도 광대역화, 소형화, 경량화 방향으로 발전하고 있다. 그 중 모노폴 안테나(monopole antenna)는 복사 소자의 높이를 사용 주파수의 약 $\lambda/4$ 로 맞춰 안테나를 간단히 제작할 수 있는 장점이 있으나 대역폭이 좁은 것이 큰 단점이어서 광대역화에 대한 연구가 많이 진행되어 오고 있다[1]-[5]. 모노폴 안테나의 광대역화를 위

한 방법으로는 복사 소자의 두께를 증가시키거나 복사 소자의 끝에 디스크형태의 부하를 장하하는 탑로딩 모노폴 안테나(top-loading monopole antenna) [1]-[3]방법이 있고, 모노폴 소자를 원통으로 한 원통형 모노폴 안테나(cylindrical monopole antenna) [1], 그리고 모노폴 소자를 평면화 시킨 평면 모노폴 안테나(planar monopole antenna)에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다[1]-[6]. 평면 모노폴 안테나의 복사 소자는 삼각형, 마름모, 사각형, 원형 등의 여러 형태가 있으며 기존의 가는 도선을 사용하는

* Department of BIT Medical & Electrical and Electronics Engineering, Kangwon National University

** Electronic Engineering, Kangwon National University

★ Corresponding author

E-mail : hyhwang@kangwon.ac.kr

※ Acknowledgment

This study was supported by 2017 Research Grant from Kangwon National University(No.520170076)

Manuscript received Sep. 2, 2019; revised Sep. 24, 2019; accepted Sep. 26, 2019.

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.

모노폴 안테나에 비하여 확실히 대역폭이 넓은 것이 사실이지만 최적설계에 많은 노력이 필요하고 형태적으로 단순하지 않거나 면적이 커지는 단점이 있다. 반면에 슬리브 모노폴 안테나(sleeve monopole antenna)는 구조가 간단하고 4:1의 대역폭내에서 설계가 용이하나 3차원의 구조로 되어 있다는 단점이 있다[3][7]. 최근 광대역 특성을 갖는 프린트 슬리브 모노폴 안테나(printed-sleeve monopole antennas)를 제안하고 복사 특성을 고찰[5]한 예가 있으나 이 프린트슬리브는 메인모노폴의 일부로서 통상의 슬리브라고 할 수가 없다.

그림 1은 기존의 슬리브 안테나의 구조를 나타낸 것이다. 슬리브의 기하학적 치수들은 방사패턴에는 거의 영향을 미치지 않고 안테나 입력임피던스에 큰 영향을 미치며, 실제적인 슬리브의 길이(L_2)는 메인모노폴 길이(L)의 $1/3 \sim 1/2$ 이다[3], 또한 슬리브안테나의 슬리브는 등가회로적으로 메인모노폴 안테나 및 접지(GND)와 각각 등가의 캐패시턴스를 형성[4]하므로 이를 구현하는 데는 원통형의 슬리브 전체가 모두 필요하지는 않다고 가정할 수 있다. 이를 이용하여 슬리브안테나의 슬리브를 간략화시키면서도 슬리브안테나의 장점인 광대역과 전방향지향성을 유지하는 평면형의 슬리브 안테나를 설계한다.

II. 본론

1. 슬리브모노폴 안테나의 단순화

슬리브모노폴 안테나는 기본적으로 모노폴안테나에 슬리브를 추가해 대역폭을 넓힌 모노폴 안테나이다. 메인 모노폴 소자의 길이(L)를 사용 주파수의 약 $\lambda/4$ 로 설계할 수 있고 보다 정확한 값은 모노폴의 길이와 지름의 비(L/r)를 고려하여 길이 단축이 필요하다[3]. 설계에 사용할 모노폴은, 모노폴 안테나 중심주파수 2.45GHz를 실현하기 위해서, 공기중을 가정할 때 $\lambda/4 = 30.61\text{mm}$ 이고 도체 지름 1mm를 사용할 때 $L/r = 30.61$ 이므로 약 7%의 길이 단축을 적용하여 $L = 28.5\text{mm}$ 가 된다.

메인모노폴의 치수가 정해지면, 동축선로로 급전되는 슬리브모노폴의 슬리브외부는 방사소자로 동작하고 슬리브내부는 급전동축전송선로의 외부도체로 동작하므로, 슬리브의 길이(L_2)와 지름(R)의 두 변수값의 변화를 통해 안테나의 동작대역폭과

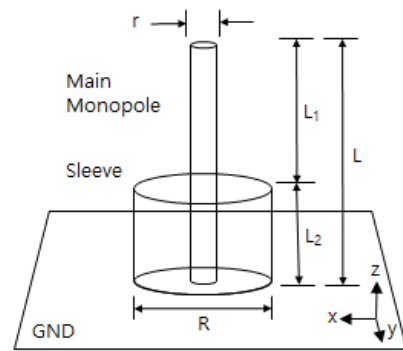


Fig. 1. Conventional Sleeve monopole antenna Structure.

그림 1. 기존 슬리브모노폴 안테나의 구조

임피던스를 변화시킬 수 있다[3]-[4]. 먼저, 그림 1의 기존 슬리브 안테나에서, 임의의 슬리브안테나를 반사손실 10dB, 대역폭 약 1.7GHz를 만족하도록 $L_2 = 14.8\text{mm}$, $R=9.0\text{mm}$ 를 선택하여 설계한다. 이제 슬리브원통(전체는 360°)의 일부를 제거하면서 최종적으로 슬리브원통전체(360°)의 $1/36$ (10°)만 남기는 과정에서 안테나의 반사손실의 변화 추이를 살펴보면 그림 2와 같이 된다.

여기서 소재는 모두 구리(Cu)를 가정하고 슬리브의 두께는 0.1mm, 접지면(GND)의 면적은 $80\text{mm} \times 80\text{mm}$ 로 설정하였다.

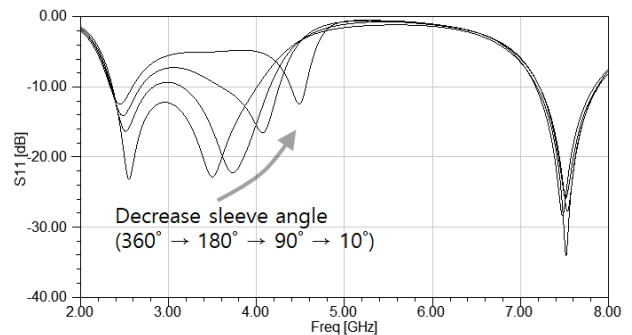


Fig. 2. |S11|s by removing part of sleeve cylinder.

그림 2. 슬리브원통의 일부를 제거함에 따른 |S11| 특성변화

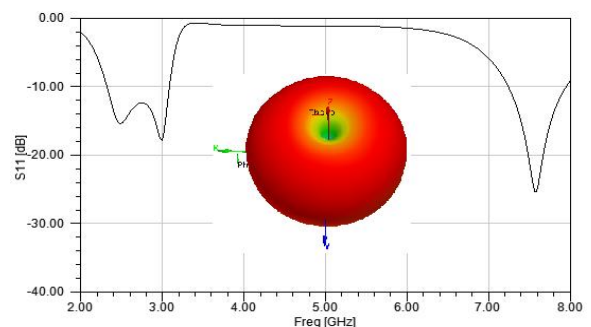


Fig. 3. |S11| of adjusted 10° -Sleeve antenna.

그림 3. 조정된 10° -슬리브안테나 |S11| 특성

그림 2의 10° 슬리브 안테나는 대역폭은 2.3~4.0GHz에서 2.4~4.6GHz로 넓어졌지만 |S₁₁|은 대역 내에서 5dB 정도로 나빠게 된다. 이 10° 슬리브 안테나를 R = 15mm과 L₂ = 21mm로 수정하여 정상적으로 50Ω에 매칭시켜 동작시키면 그림 3과 같이 초기의 슬리브 안테나 보다 대역폭이 약 1/2 정도로 줄어든 상태로 동작한다. 슬리브의 편재에 의해 지향성도 슬리브 방향으로 약 1.3 dB 증가하나 그림 3과 같이 전방향성(omni-direction)이 유지된다.

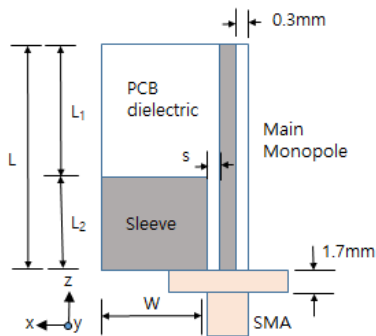


Fig. 4. Planar PCB sleeve monopole structure.
그림 4. 평면형 PCB 슬리브 모노폴 안테나 구조

2. 광대역 평면 슬리브모노폴 안테나의 설계

이제 이 슬리브가 간략화된 슬리브안테나를 더욱 구조적으로 안정되게 설계하기 위해서, 그림 4와 같이 PCB상에 평면형으로 단순화시킨 광대역 PCB 슬리브 모노폴 안테나의 구조로 변형한다. 기존의 슬리브안테나의 설계와 같은 과정으로 메인모노폴과 슬리브의 높이(L₂), 폭(W), 간격(s)을 정해준다. 다만 접지판(GND)을 대폭 줄여 12.6×12.6 mm²의 SMA커넥터로 대체하는 과정에서 안테나 동작 주파수 편이에 따라 메인 모노폴의 길이가 증가한다. 설계된 평면슬리브안테나의 설계수치는 표 1에 정리하였고, 편의상 임의로 선택한 PCB기판은 비유전율 4.4, 기판두께 0.76 mm, 도체두께 0.035 mm,

Table 1. Planar sleeve monopole structure parameters.

표 1. 평면형 슬리브 모노폴의 구조에 대한 수치

Structure Parameters	Value	Unit
Main monopole width	3.0	mm or mm ²
L	38.0	
L ₂	15.0	
L ₁	23.0	
W	13.0	
s	0.3	
SMA front area	12.6×12.6	

손실탄젠트 0.025를 갖는 FR4이다. 설계과정의 모의실험은 상용 3차원 전자기해석 도구인 Ansys사의 HFSS™를 이용해 이루어졌다.

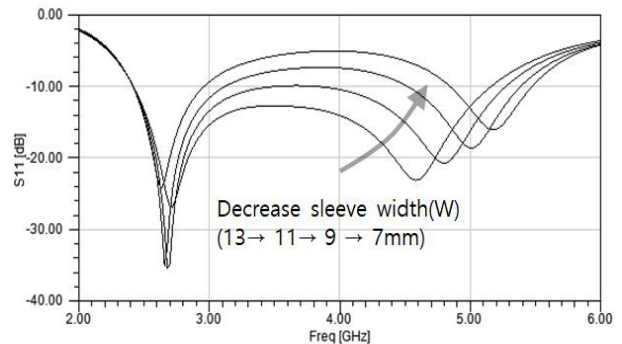


Fig. 5. |S₁₁|s according to sleeve width(W)
그림 5. 슬리브 폭(W)에 따른 |S₁₁| 변화

설계과정에서 슬리브의 폭(W)는 기존 슬리브 안테나의 설계과정에서 사용되지 않는 변수이므로 이것의 변화에 대한 슬리브안테나의 반사손실 변화를 그림 5에 나타내었다. 슬리브 폭(W)를 13mm에서 7mm로 감소시키면 대역폭은 증가하지만 임피던스 매칭이 급격히 나빠지는데, 이는 기대하는 대로, 기존 슬리브안테나의 슬리브 원통의 일부를 제거해감에 따라 변화하는 특성(그림 2)과 유사한 결과이다.

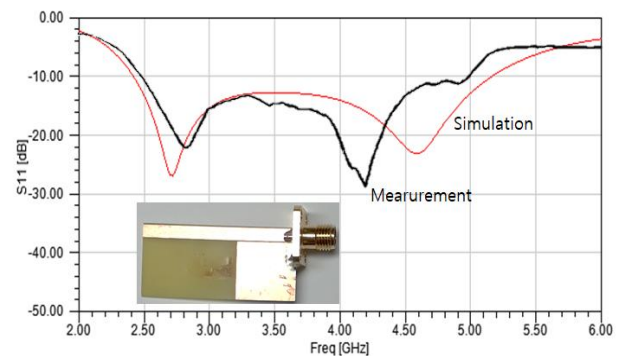


Fig. 6. Antenna |S₁₁|s (Simulated and measured) and Photograph

그림 6. 안테나 |S₁₁|특성 (모의실험 및 측정)과 사진

그림 6에서는 이렇게 그림 4의 구조를 이용하고 표 1의 수치로 제작된 평면슬리브안테나의 실제 사진과 모의실험된 반사손실 및 측정된 반사손실을 보여주고 있다. 대역폭은 10dB 반사손실기준으로 2.49GHz로 측정되었다. 이는 기존 슬리브안테나의 1.7GHz(그림 2의 360°-슬리브모노폴 안테나)에 비

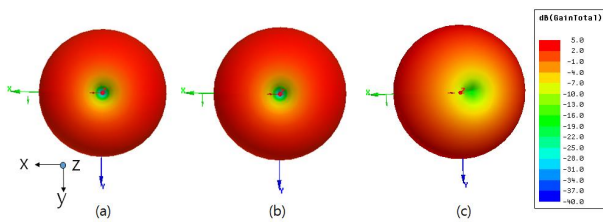


Fig. 7. Antenna directivity comparison; (a) conventional sleeve antenna, (b) simplified 10°-sleeve antenna, and (c) PCB wideband sleeve antenna.

그림 7. 안테나 지향성 비교 (a) 기존 슬리브안테나,
(b) 단순화된 슬리브 안테나,
(c) 단순화된 광대역 PCB 슬리브 모노폴 안테나

해 46% 증가한 대역폭에 해당한다.

슬리브안테나의 단순화과정에서 슬리브의 편재성이 커질수록 안테나의 지향성은 증가할 수 있는데, 그림 7과 같이 기존슬리브(a)는 xy-평면상에서 완전 대칭구조이므로 완전한 전방향성을 보여주지만 10°의 슬리브만 사용한 안테나(b)와 평면슬리브안테나는 슬리브가 있는 방향과 그 반대 방향(+x와 -x)으로 각각 1.3dB, 2.5dB의 지향성차이를 보인다.

III. 결론

기존 3차원 구조의 슬리브 모노폴 안테나(Sleeve Monopole Antenna)에서 슬리브를 간략화하여 평면화하여 PCB상에 광대역 평면형 모노폴 슬리브 안테나를 설계하였다. 제작된 안테나는 평면형으로 메인모노폴과 작은 사각형의 슬리브로 구성되어 구조적으로 CPW 모노폴처럼 단순하고 기존의 3차원 슬리브안테나와 비슷한 전방향방사 특성을 가지고 46%의 대역확장 효과가 있었다. 이를 응용하면 앞으로 소형 휴대기기 등에 광대역 안테나로 유용 가능할 것이다.

References

- [1] Kin-Lu Wong and Shao-Lun Chien, "Wide-Band Cylindrical Monopole Antenna for Mobile Phone," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol.53, No.8, 2005.
DOI: 10.1109/TAP.2005.851784
- [2] Richard C. Johnson, *Antenna Engineering Handbook*, McGraw-Hill, 1993.

[3] Warren L, Stutzman, and Gary A. Thiele, *Antenna Theory and Design, 3rd ED*, John Wiley & Sons, Inc. chapter 7, 2014.

[4] Gwang-Je Choe, Eun-Hak Lee, "The Design of a Low-Profile Loading Sleeve Monopole for PCS and IMT-2000 Frequency Bands," vol.14 no.2 pp.178-182, 2003.

[5] eung-Up Seo, Hak-Keun Choi, "Design and Radiation Characteristics of Printed-Sleeve Monopole Antennas," *Kiees*, vol.16, no.9 pp.926-931, 2005.

[6] Seng-wan Ha, Kyoung Choi, Hee-yong Hang, "Characteristics according to the form of a CPW sleeve monopole antenna," *Conference of KIITFE*, pp.300-302, 2012.

[7] Yong-xia Zhang, Zhi-Ya Zhang, Guang Fu, Long Yang, "Research on A Novel Wide-Band Sleeve Antenna," *2014 XXXIth URSI General Assembly and Scientific Symposium*, 2014.