

마이크로스트립 라인-프로브 급전구조를 갖는 광대역 패치 안테나의 설계

The Design of Broadband Patch Antenna with Microstrip Line-Probe Feeder

박 종 렬 · 이 윤 경 · 윤 현 보

Chong-Ryol Park · Yun-Kyung Lee · Hyun-Bo Yoon

요 약

본 논문에서는 중심주파수가 5.8 GHz에서 동작하는 새로운 급전구조를 갖는 광대역 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 및 제작하였다. 제안된 새로운 급전구조인 마이크로스트립 라인-프로브 급전구조는 광대역 특성을 가지며, 안테나의 패치 크기를 줄일 수 있다. 광대역 특성을 확인하기 위해 기존의 프로브 급전 마이크로스트립 패치 안테나와 비교하였으며, 그 결과 대역폭은 34.5 % 증가하였으며, 패치의 크기는 45 % 축소되었다.

Abstract

The design of broadband patch antenna with the new feeder structure is proposed in this paper. The antenna operates in the center frequency 5.8 GHz. Proposed the new feeder structure has also broadband characteristic and reduced antenna size. To confirm broadband characteristic, compared with probe feeder antenna. After designing and manufacturing, the antenna bandwidth enhanced by 34.5 % and the patch size reduced by 45 %.

Key words : Patch Antenna, Broadband Antenna, Suspended Plate Antenna

I. 서 론

무선통신의 발달로 인해 휴대용 단말기를 이용한 이동통신이 급성장하였으며, 단말기를 이용한 무선 인터넷 사용이 가능하게 되었다. 최근에는 특정 구역에 무선랜을 활용할 수 있도록 무선랜용 통신 모듈을 설치하여 무선으로 인터넷을 활용할 수 있도록 하였다. 이에 노트북에 장착할 수 있는 안테나의 개발 및 중계용 안테나의 개발이 이루어지고 있으며, 넓은 주파수 범위에 걸쳐서 여러 서비스를 제공하고 있기에 광대역 특성을 갖는 안테나의 필요성이 대두되고 있다. 중계용 안테나, 랜카드용 안테나 등 현재 무선 통신용으로 사용하는 안테나들은 그

크기를 줄이면서 동시에 넓은 대역폭을 요구하고 있다. 안테나 대역폭을 개선하는데는 다층구조를 사용하거나, 공기층을 삽입하는 방법, 패치에 슬롯을 만드는 방법 등이 있다^{[1]~[5]}.

패치를 축소하는 데는 shorting pin을 사용하거나 via hole을 응용한다^{[6],[7]}.

대역폭을 넓히기 위해 사용하는 방법중 다층구조를 구현하거나, 공기층을 삽입하는 방법은 그 특성 개선폭이 넓지만 제작이 어렵고, 비용이 커지는 단점이 존재하며, 슬롯을 이용하는 방법은 제작이 용이한 반면, 안테나 이득이 떨어진다. 패치를 축소하는데 사용하는 shorting pin과 via hole은 패치 안테나에 공진주파수에 큰 영향을 주기 때문에 축소효

동국대학교 전자공학과(Department of Electronic Engineering, Dongguk Univ.)

· 논문 번호 : 20020320-038

· 수정완료일자 : 2002년 6월 3일

과는 크지만 원하는 중심주파수 설계에 다소 어려움이 있으며, 부피가 커지는 경향이 있다.

여러 가지 방법 중에 대역폭을 넓히면서 제작을 용이하게 할 수 있는 프로브 급전 광대역 안테나가 있다. 본 논문에서 제안한 안테나는 프로브 급전 안테나에 비해 넓은 광대역 특성을 보이며, 동시에 패치의 크기를 45 % 줄일 수 있었다. 또한 제안한 구조에서는 마이크로스트립 라인을 이용함으로써, 프로브 안테나의 배열구조 구현의 어려움을 해결하여, 배열안테나로 설계가 가능할 것으로 보인다. 광대역 마이크로스트립 패치 안테나의 제작 및 측정을 통해서 급전구조에 따른 영향 및 안테나 특성 변화를 살펴보았다.

II. 급전구조에 따른 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 및 제작

마이크로스트립 안테나의 대역특성을 개선하기 위하여 많은 형태의 광대역 마이크로스트립 패치 안테나가 설계되어 왔다. 이에 본 논문에서는 새로운 급전구조를 갖는 광대역 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였으며, 프로브 급전 마이크로스트립 패치 안테나와 비교 분석하였다.

2-1 프로브 급전 패치 안테나의 설계 및 제작

프로브 급전을 갖는 광대역 패치 안테나는 대부분 공기층을 형성하거나 패치에 슬롯을 내는 구조를 사용해 왔다. 이러한 구조의 안테나들은 패턴과 cross-polarization level에 문제가 있었다. 이에 최근에는 프로브 스트립으로 불리는 급전방식의 광대역 패치 안테나가 제안되었으며, 이는 패턴과 cross-polarization level 문제를 해결하면서 넓은 대역폭을 보여주었다. 이 구조는 평판 패치 안테나 내에 급전 스트립 coplanar 형태로 평판과 커패시터 커플링을 가지며, 프로브 급전이 인덕티브 성분을 가지므로 효과적인 보상을 통해서 광대역 특성을 갖게 된다^[1].

이러한 안테나를 설계하는데는 기본 패치의 모양을 W , L 로 정의하고 다음 식을 가지고 설계한다^[8].

$$W = \frac{c}{2f_1} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.1.a)$$

$$L = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{re}}} - 2\Delta L \quad (2.1.b)$$

여기에 프로브 급전 광대역 패치 안테나의 설계에 있어서 공기층을 고려한 다층구조의 안테나를 설계하기 위한 추가적인 식이 있다^[8].

식 (2.1.c)에서 구해진 ϵ_{re} 와 식 (2.1.f)에서 구해진 ΔL 을 식 (2.1.b)에 대입하여 최종 L 을 결정한다.

$$\sqrt{\epsilon_{re}} = \left[1 + \frac{h}{H-h} \left(a - b \ln \frac{W}{H-h} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}} - 1 \right) \right]^{-1} \quad (2.1.c)$$

$$a = \left(0.8621 - 0.125 \ln \frac{h}{H-h} \right)^4 \quad (2.1.d)$$

$$b = \left(0.4986 - 0.1397 \ln \frac{h}{H-h} \right)^4 \quad (2.1.e)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{(\epsilon_{re} + 0.300)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_{re} - 0.258)(W/h + 0.813)} \quad (2.1.f)$$

H : 공기층과 radiation patch를 합한 높이

h : Radiation patch가 만들어진 유전체 높이

제작에 사용한 유전체는 유전율 2.5에 두께 h 는 1.6 mm의 테프론 기판이다. 패치 안테나는 W 가 20.2345 mm, L_1 이 16.2 mm, w 는 1.718 mm, d 는 3 mm, 슬롯 폭 s 는 1 mm, coplanar 길이 L_2 는 4 mm, 공기층과 유전체 높이 H 는 5.6 mm, 프로브의 직경은 0.8 mm이며, 설계는 MOM(Methods of moment) 방법에 기초한 상용화 프로그램인 Ensemble을 이용하였다. 그림 1은 프로브 급전 광대역 마이크로스트립 패치 안테나의 구조이다.

2-2 마이크로스트립라인-프로브 급전구조를 갖는 광대역 패치 안테나의 설계 및 제작

본 논문에서 제안한 마이크로스트립 라인-프로브 급전 광대역 패치 안테나는 패치 안테나와 공기층으로 분리되어 있는 급전선을 통해 패치 안테나에 급전하기 위해서 coaxial line의 내심을 사용하여 프로브 급전한 구조를 갖는다. 결국 마이크로스트립 급전방식에 프로브 급전방식을 복합적으로 설계한 것으로 볼 수 있다. 본 구조를 사용하여 패치에 coplanar 배열을 유지하면서 광대역 특성을 가지며,

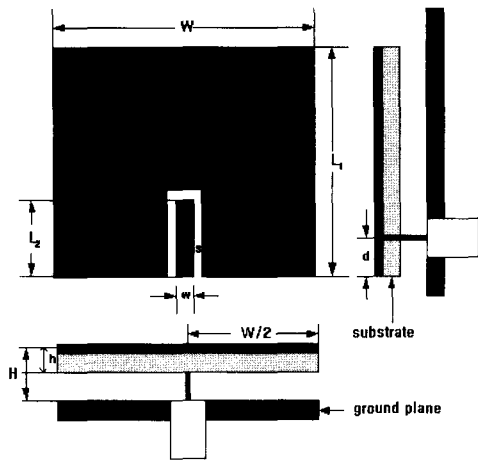


그림 1. 제작된 프로브 급전 광대역 패치 안테나의 구조
Fig. 1. The structure of manufactured probe feeding broadband patch antenna.

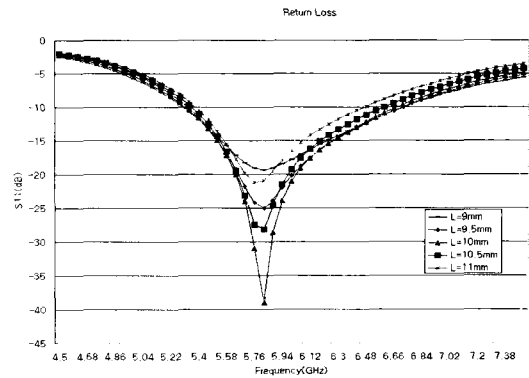


그림 3. 마이크로 스트립 급전선로의 길이 L_3 에 변화에 따른 마이크로스트립 라인-프로브 급전 패치 안테나의 반사손실
Fig. 3. The Return Loss for microstrip line-probe feeding patch antenna with different microstrip line Length L_3 .

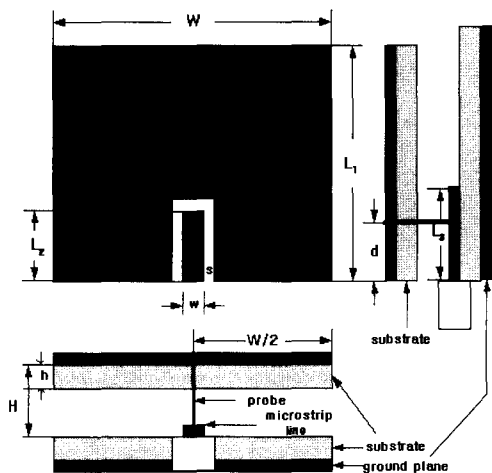


그림 2. 제작된 마이크로스트립 라인-프로브급전 광대역 패치 안테나의 구조
Fig. 2. The structure of microstrip line-probe feeding broadband patch antenna.

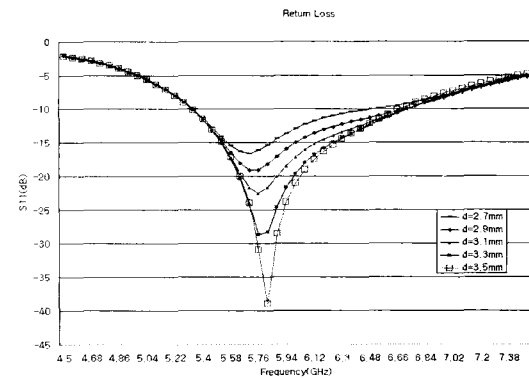


그림 4. 급전점의 위치에 따른 마이크로스트립 라인-프로브 급전 패치 안테나의 반사손실
Fig. 4. The Return Loss for microstrip line-probe feeding patch antenna with different probe position.

동시에 프로브와 마이크로스트립 급전 라인에 의한 L 성분의 증가로 같은 주파수에 프로브 급전 마이크로스트립 패치 안테나에 비해서 패치안테나의 크기가 45% 이상 작아졌다.

이는 동일 주파수에서 같은 부피를 갖는 프로브 급전 마이크로스트립 패치 안테나에 비해 안테나 크기의 축소에 있어 큰 개선점으로 보이며, 동시에

대역폭을 34.5% 개선할 수 있었다.

반면, 프로브 급전 안테나에 비해 유전체를 하나 더 추가함에 따른 제작 비용 증가의 단점이 존재한다.

본 안테나의 기본 설계는 2-1에서 식 (2.1)을 참조했으며 상용화 설계 프로그램인 Ensemble을 이용하였다.

그림 2는 제작된 마이크로스트립 라인-프로브 급전 광대역 패치 안테나 구조이다.

마이크로스트립 50 Ω 급전선로의 길이 L_3 에 따른 반사손실의 변화와, coplanar의 프로브 급전점의 위치에 따른 반사손실의 변화를 그림 3과 그림 4에 나타내었다.

그림 3은 마이크로스트립 급전선로 길이 L_3 에 따른 반사손실의 변화를 나타낸 것이며, L_3 을 9 mm ~ 11 mm까지 변화시키면서 시뮬레이션한 결과 L_3 이 10 mm일 때 반사손실 특성이 가장 좋았다.

그림 4는 프로브 급전점의 위치에 따른 반사손실의 변화이며, 급전점 위치를 패치 끝에서 거리 2.7 mm ~ 3.5 mm까지 변화시켰으며, 시뮬레이션한 결과 급전점 위치가 3.5 mm인 경우 가장 좋은 반사손실 특성을 갖음을 확인하였다. 따라서 마이크로스트립 급전선로 길이 L_3 은 10 mm, 급전점의 위치 d 는 3.5 mm로 설계하였다.

이상의 결과는 실제 안테나 제작에 있어서도 그 위치에 따른 실험결과와 일치하였다. 안테나 급전구조에서 마이크로스트립 라인 종단부분이 일종의 open stub로서 작용하여 급전회로에 Q값에 영향을 주며 이에 따라 대역폭의 변화로 이어진 것이다.

제작된 패치 안테나에 사용한 유전체는 유전율 2.5에 두께 h 는 1.6 mm를 마이크로스트립 급전선로에 사용한 유전체는 유전율 3.2에 두께 0.8 mm를 사용하였다.

그림 2에서 안테나의 패치 폭(W) 14.6 mm, 길이 (L_1)은 10.4 mm, w 는 1.718 mm, 슬롯 폭 s 는 1 mm, coplanar길이(L_2)은 4 mm이다. 공기층과 유전체 두께 H 는 5.6 mm, 프로브의 직경은 0.8 mm이며, 마이크로스트립 급전선로는 50 Ω 선로로 설계하였으며, 마이크로스트립 급전선로의 길이는 10 mm로 coplanar의 끝과 일치시켰다.

이상의 과정을 거쳐 안테나를 설계 및 제작하였으며, 그 측정결과를 비교 분석하였다.

2-3 결과 고찰

본 논문에서 제안한 마이크로스트립 라인-프로브 급전의 마이크로스트립 패치 안테나와 프로브 급전 마이크로스트립 패치 안테나를 제작 및 측정하여 비교하였다. 측정은 HP8722A Network Analyzer 를 이용하였다.

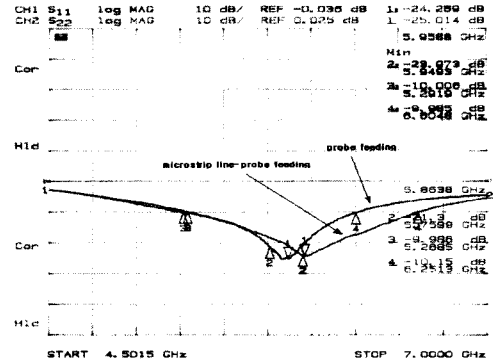


그림 5. 광대역 패치 안테나의 측정된 반사손실
Fig. 5. Measured return loss of the broadband patch antenna.

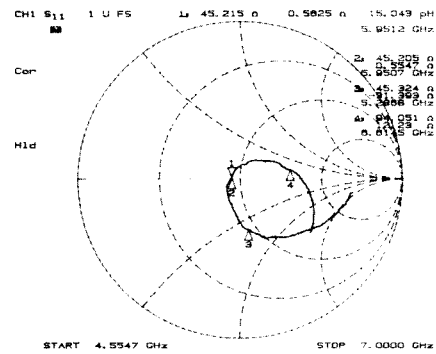
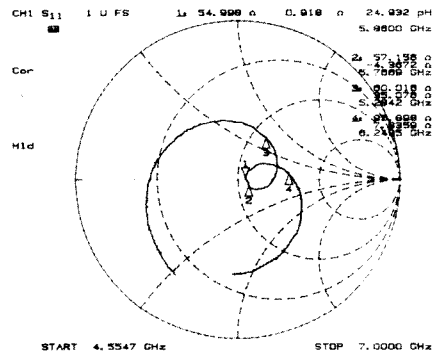


그림 6. 임피던스 측정치 (a) 프로브 급전 패치 안테나, (b) 마이크로스트립 라인-프로브 급전 패치 안테나
Fig. 6. Measured input impedance.

- (a) Probe feeding patch antenna
- (b) Microstrip line-probe feeding patch antenna

제작한 마이크로스트립 라인-프로브 급전 패치 안테나와, 프로브 급전 패치 안테나의 정재파비, 반사손실 및 임피던스를 그림 5, 6에서 비교하였다. 5.8 GHz 중심주파수에서 프로브 급전 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭은 16.94 % (982.8 MHz), 마이크로스트립 라인-프로브 급전 광대역 패치 안테나는 22.64 % (1312.9 MHz)의 측정결과를 얻었다(VSWR2:1).

프로브 급전 패치 안테나에 비해 추가된 마이크로스트립 라인 급전선에 의해 형성된 L-C 회로와 Coplanar 급전부의 L-C 보상에 의해 보다 광대역화한 것으로 판단할 수 있다.

설계 과정에서 사용한 상용화 프로그램 Ensemble에서는 마이크로스트립 라인과 프로브의 연결을 via hole로 구현하여 시뮬레이션한 결과로, 실제 제작한

표 1. 제작된 안테나들의 파라미터

Table 1. The parameters of manufactured antennas. 단위(mm)

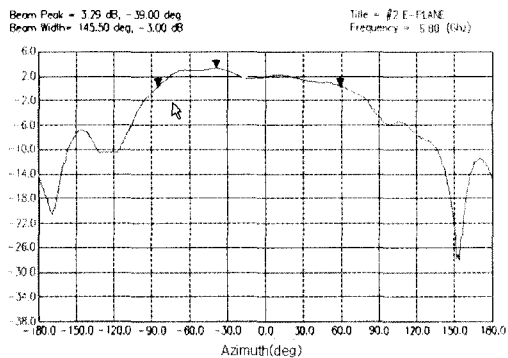
Parameter	프로브 급전 패치 안테나	마이크로스트립 라인-프로브 급전 패치 안테나
w	20.2345	14.6
L ₁	16.2	10.4
w	1.718	1.718
L ₂	4	4
L ₃		10
s	1	1
d	3	3.5
H	5.6	5.6
BW	16.94 % (982.81 MHz)	22.64 % (1312.9 MHz)

안테나에 비해 중심주파수가 약 5 % 상향편이 되었으며, 이러한 공진주파수의 편이는 여러 번 제작과정을 통해 최적화하였다. 제안한 안테나는 프로브 급전 마이크로스트립 패치 안테나의 기본 구조를 유지하면서 다른 유전체를 사용하여 마이크로스트립 급전선로를 추가하였다. 추가된 마이크로스트립 급전선로로 대역폭 특성을 개선할 수 있었으며, 패치의 크기도 45 % 줄일 수 있었다. 그림 7은 안테나의 복사패턴이며, 안테나 이득은 3.29 dBi를 얻었다. 안테나 이득은 급전선과 coaxial 도선을 통한 급전 방법에 의한 손실과 패치 축소에 영향을 받은 것으로 사료된다. 이러한 단점에도 불구하고, 제안한 안테나는 대역폭의 34.5 % 이상의 개선과, 상용화 시에 중요한 안테나 부피의 축소는 점에서 유용할 것으로 보인다.

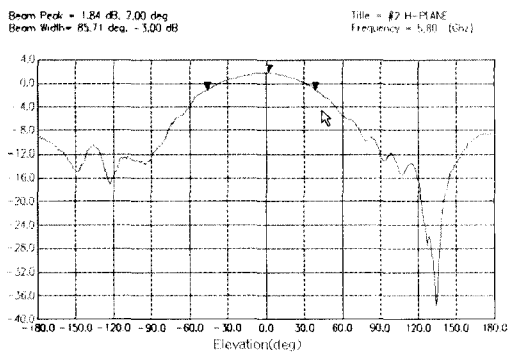
III. 결 론

본 논문에서는 5.8 GHz 중심주파수를 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 및 제작하였다. 또한 광대역 특성을 얻기 위하여 새로운 급전구조인 마이크로스트립 라인-프로브 급전구조를 제안하였으며, 기존의 프로브 급전 마이크로스트립 패치 안테나와 비교하였다.

비교결과, 마이크로스트립 라인-프로브 급전 패치 안테나와 프로브 급전 패치 안테나의 대역폭은 -10 dB 기준으로 각각 1312.9 MHz, 982.8 MHz로 대역폭이 34.5% 증가하였으며, 안테나 패치의 크기



(a) E-plane



(b) H-plane

그림 7. 마이크로스트립라인-프로브 급전 패치 안테나의 방사패턴

Fig. 7. Measured radiation patterns of microstrip line-probe patch antenna.

는 45 % 축소되었으며, 안테나 이득은 3.29 dBi를 갖는다.

참 고 문 헌

[1] Z. N. Chen and M. Y. W. Chia., "Broadband suspended plate antenna with probe-fed strip", *Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings*, vol. 148, pp. 37-40, Feb. 2001.

[2] D. Sanchez-Hernandez and I. D. Robertson, "A survey of broadband microstrip patch antennas", *Microwave J*, pp. 60-64, Sept. 1996.

[3] J. S. Dahele and K. F. Lee, "Theory and experiment on microstrip antennas with airgaps", *IEE Proc*, vol. 132, Pt. H, pp. 455-460, 1985.

[4] Zurcher. J-Fand, F. E. Gardiol, *Broadband Patch*

Antennas, Artech House, Norwood, MA, pp. 45-61, 1995.

[5] Hai Fong Lee and Wei Chen, *Advances in Microstrip and Printed Antennas*, Wiley-Interscience. pp. 71-109, 1997.

[6] D. H. Schaubert, et al, "Microstrip antennas with frequency agility and polarization diversity", *IEEE Trans. On Antennas and Propagation*, vol. AP-29, pp. 118-121, 1981.

[7] Mohamed Sanad, "Effect of the shorting posts on short circuit microstrip Antennas", *Antennas and Propagation Society International Symposium, AP-S.Digest*, vol. 2, pp. 794-797, 1994.

[8] Garg, Bhartia, Bahl and Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*", Artech House, pp. 265-269, pp. 779-781, 2000.

박 종 렬



2001년 2월: 동국대학교 전자공학과 (공학사)
 2001년~2002년: 동국대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 마이크로파회로

윤 현 보

1979년 3월~현재: 동국대학교 전자공학과 교수

이 윤 경

1993년 2월: 서울산업대학교 매체공학과 (공학사)
 1995년 8월: 동국대학교 전자공학과 (공학석사)
 2001년 2월: 동국대학교 전자공학과 박사과정 수료
 [주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 이동통신