

수정된 Inset 급전선과 단일 슬롯을 이용한 이중대역 마이크로스트립 안테나

Dual Band Microstrip Antenna with Modified Inset Feeder and a Slot

이 승 엽

Seung-Yeop Rhee

요 약

본 논문에서는 수정된 inset 급전 구조와 단일 슬롯이 장착된 이중대역 마이크로스트립 안테나에 대해 연구하였다. 수정된 inset 급전선은 x 방향의 수직 inset 급전선과 전체 inset 급전선의 길이를 줄이기 위해 추가된 y 방향의 수평 inset 급전선으로 구성된다. 임피던스 정합을 위한 급전선의 전체 길이는 수평 inset 급전선의 길이를 조절함으로써 구현된다. 낮은 공진 주파수와 높은 공진 주파수 간의 비율도 슬롯의 치수를 변화시킴으로써 쉽게 얻을 수 있었다. 또한, 슬롯의 길이와 위치가 안테나 대역폭, 입력 임피던스 등에 미치는 영향을 고찰하였다. 안테나를 제작하여 실험한 결과, 공진 주파수 간의 비율을 1.25에서 1.88까지 변화하게 하였다. 그리고 높은 공진 주파수 방사 패턴인 TM_{30} 은 낮은 공진 주파수 방사패턴인 TM_{10} 과 거의 같았으며, E평면에서 -20.0 dB 이하의 교차 편파 특성을 보였다. 이러한 결과들으로써 본 연구에서 제안된 안테나는 단일 급전 이중 대역 안테나로서 이용될 수 있음을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we study the characteristics of dual band microstrip antenna with modified inset feeder and a single slot. The modified inset feeder consists of the vertical inset feeder placed in x direction and the horizontal one in y direction for shortening the total length of inset feeder. The optimum feeding position for good impedance matching at two resonant frequencies can be easily found by adjusting the horizontal inset distance. And Various frequency ratios can be simply obtained by the parameters of slot. The measurements for fabricated antenna prototypes are carried out for validation. The measured results show a tunable frequency ratio from 1.25 to 1.88 with the variation of slot parameters. It is worthwhile to point out that the radiation patterns are similar at both bands, and below -20.0 dB of cross polarization level at the E plane.

Key words: Single Fed Dual Band Antenna, Slot Loaded Antenna, Inset Feeder

I. 서 론

최근 첨단 정보화 사회의 구현에 따라 다양한 통신 서비스와 많은 정보들을 교환해야 하는 필요성이 대두됨에

따라, 여러 대역을 사용하는 무선 통신 시스템의 요구가 증가하고 있다. 이러한 무선 통신 시스템의 기술 추세에 맞추어 이중 대역 안테나에 대한 개발이 활발히 진행되고 있다^[1].

전남대학교 전자통신공학과(Department of Electronic Communication Engineering, Chonnam University)

· Manuscript received May 16, 2016 ; Revised July 22, 2016 ; Accepted August 26, 2016. (ID No. 20160516-056)

· Corresponding Author: Seung-Yeop Rhee (e-mail: yrsy@chonnam.ac.kr)

가장 널리 쓰이는 이중 대역 안테나를 만드는 방법은 스텐브(stubs), 노치(notches), 핀(pins) 슬롯과 커패시턴스와 같은 리액티브 소자를 패치에 부착하는 방법이다^[2]. 이 방법은 리액티브 소자를 부착함으로써 패치의 공진 주파수들을 변화시켜 고차공진 주파수에서 기본 모드의 방사패턴과 유사한 방사패턴을 얻을 수 있도록 한 방법이다. 이 방법은 단일 급전과 단일 패치로 이중 대역을 실현시킬 수 있다는 것이 가장 큰 장점이다. 이 방법의 가장 대표적인 방법은 1995년 S. Maci가 제안한 것으로 직각패치 상에 두 개의 좁은 슬롯을 패치의 가장자리와 가깝게 만들어 이중대역을 구현한 방법이다^{[3],[4]}. 구체적으로 이 방법은 프로브 급전을 통해 TM_{10} 과 TM_{30} 을 동시에 여기시키면서 슬롯에 의해 TM_{30} 의 공진 주파수를 변화시키는 방법이다. 이 방법은 고차 방사패턴에서의 부엽도 최소화하여 거의 기본 주파수에 얻을 수 있는 broadside 방사패턴을 얻을 수 있으며, 공진주파수의 비를 1.6~2.0까지 할 수 있다. 이러한 장점 때문에 최근에는 여러 모양의 슬롯을 이용한 여러 가지 방법들도 연구되고 있다^{[5]~[7]}.

그러나 이 방법은 단일 프로브 급전의 미세한 위치변화에 따라 두 주파수 대역 사이에 TM_{20} 에 의한 공진 주파수가 발생될 가능성이 있다는 단점을 가지고 있으며, 이 주파수에서는 방사패턴이 완전히 달라 이중 대역 특성으로는 부적합한 특성을 갖는다^[4].

이처럼 프로브(probe) 급전은 최소한의 구조로 방사부 내부로 급전점을 이동시켜 임피던스 매칭을 구현할 수 있어 패치내부에 다양한 구조를 삽입하거나 설치하여 다기능 안테나를 만들 수 있다. 반면에, inset 급전 구조는 그림 1(a)와 같이 급전선이 안테나 내부 깊숙이 들어가기 때문에 안테나의 이중대역 특성을 위해 방사부 내에 슬롯이나 변형된 구조를 추가할 때 공간적인 제약을 받을 수밖에 없다. 따라서 일반적으로 안테나에 이중대역 뿐만 아니라, 광대역 특성을 갖도록 하기 위해서는 inset 급전 구조보다는 방사부 밑에서 바로 급전점으로 이동하여 급전하는 방식인 프로브 급전을 선호하고 있는 실정이다.

이러한 문제점을 개선하기 위해 본 논문에서는 inset 급전 구조에서의 수평 방향의 스텐브 구조를 갖는 수정된 inset 급전 구조를 가지며, 단일 슬롯을 갖는 이중 대역

안테나 구조를 제안하고자 한다.

II. 구조 및 이론

그림 1(b)는 수정된 inset 급전선을 갖는 이중 대역 마이크로스트립 안테나 구조이다. inset 길이를 안테나 중심 방향 즉 수직 방향 길이(L_v)를 최소화하기 위해 수평방

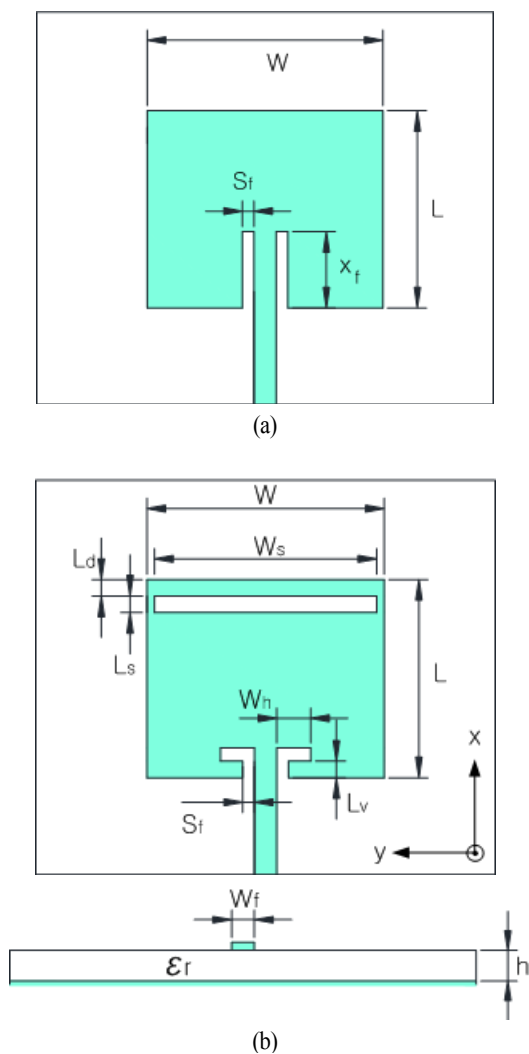


그림 1. (a) 일반적인 inset 급전 안테나, (b) 수정된 inset 급전선을 갖는 이중 대역 마이크로스트립 안테나 구조

Fig. 1. (a) Conventional inset fed antenna, (b) Configuration of dual band microstrip patch antenna with modified inset feeder.

향으로 길이(W_h)를 추가한 구조이며, 이중 대역을 위해 단일 슬롯을 패치 윗부분에 부착한 구조이다. 논문에서 사용한 기본 파라미터는 다음과 같다. 안테나 치수 $L=24.0$ mm, $W=32.0$ mm로, 슬롯 관련 치수는 $L_s=1.0$ mm, $W_s=30.0$ mm, 그리고 $L_d=1.0$ mm로 하였다. 급전선로인 50Ω 선로 폭은 1.9 mm로, inset 급전 관련 파라미터인 $L_v=2.0$ mm, $W_h=4.0$ mm 그리고 $S_f=0.6$ mm로 하였다. 사용된 기본 기판은 두께가 1.0 mm이고, 유전율이 $\epsilon_r=4.4$ 인 FR4 기판을 사용하였다.

2-1 수정된 Inset 급전선

마이크로스트립 단일 패치 안테나 급전 방식은 크게 직접 급전(direct feed)과 간접 급전(indirect feed) 방법으로 나누어진다^[2]. 직접 급전은 가장 일반적으로 사용된 방법으로 안테나 방사부인 패치에 직접 연결하는 방식으로 마이크로스트립 선로를 사용하는 inset 급전과 동축선로(coaxial cable)를 사용하는 프로브 급전 방법이 대표적이다. 이 두 방법은 제작이 쉽고, 이론적 해석이 어렵지 않다. 또한, 방사부의 가장자리에서 중심부로 급전 부분을 이동시킬 수 있는 구조를 가지고 있어, 높은 임피던스를 갖는 방사부와 낮은 임피던스를 갖는 급전선을 쉽게 연결시킬 수 있다는 점이 큰 장점으로 부각되어 지금까지 많이 사용되고 있다.

그림 1(a)처럼 길이가 L 인 방사부의 끝으로부터 안테나 급전점까지의 거리인 inset 길이(x_f) 라고 하면 방사부의 전류분포는 공진 시 사인함수 분포를 갖기 때문에 방사부 내의 x_f 지점에서의 입력임피던스(Z_{in})는 식 (1)과 같이 표현된다^[2].

$$Z_{in}(x) = \cos^2(\pi x_f/L) Z_{in}(0) \tag{1}$$

여기서, $Z_{in}(0)$ 은 방사부 끝점($x_f=0$)에서의 입력임피던스이다. 일반 마이크로스트립 단일 패치 안테나의 $Z_{in}(0)$ 는 수백 Ω 으로 50Ω 급전선으로 바로 연결 시 임피던스 부정합이 심하게 일어난다. 만약에 방사부 내부로 급전점을 즉, $x_f=L/4$ 이동시키면, 안테나의 임피던스는 식 (1)에 의해 50%가 감소하여 급전선과 정합이 수월해진다는 것을 알 수 있다.

그러나 식 (1)을 이용하기 위해서는 복잡한 계산이 필요한 $Z_{in}(0)$ 을 사전에 알아야 한다. Kara가 제안한 식 (2)는 $Z_{in}(0)$ 계산 없이 바로 안테나 관련 치수인 안테나 길이(L), 기판의 두께(h) 및 유전율(ϵ_r)로부터 x_f 를 구할 수 있다^[8].

$$x_f = \frac{L}{2\sqrt{\epsilon_{re}(L)}} \tag{2}$$

여기서, $\epsilon_{re}(L) = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1 + 12h/L}}$ 이다.

식 (2)를 이용하여 FR4 기판인 경우 즉, 유전율 4.4이고, 두께가 1.0 mm인 경우 일반적인 inset 급전 마이크로스트립 안테나에서 L 을 대략 공진주파수의 반파장으로 가정한다면 x_f/L 는 0.24가 되며, 이것은 x_f 가 안테나 중심 방향으로 안테나 길이의 24.0% 정도 들어가야 정합이 이루어진다는 의미이다. 이런 경우, 이중 대역을 위해 패치 내부에 슬롯과 같은 임의의 구조를 위한 공간적 제약을 가질 수밖에 없다. 따라서 inset 급전 안테나인 경우, 이중 대역을 발생시킬 수 있는 공간적 제약을 해결하기 위해서는 임피던스 정합을 위한 x_f 길이를 최소화하는 방법을 찾아야 한다. 본 논문에서는 그림 1(b)와 같이 안테나 임피던스 정합을 위한 총 inset 길이를 안테나 중심방향 즉 수직 방향(L_v)과 수평방향으로 길이(W_H)로 나누어 수직 방향의 길이를 최소화하는 방법을 사용하였다.

2-2 단일 슬롯을 갖는 이중 대역 안테나 구조

마이크로스트립 안테나에서 이중 공진 특성을 얻기 위해 사용되는 모드는 처음 세 모드로 TM_{10} , TM_{20} 과 TM_{30} 이며, 이들 모드는 모두 같은 편파를 가지고 있다.

이 중 TM_{10} 모드에 해당되는 공진 주파수는 가장 낮으며, 대부분 이 모드를 사용한다. TM_{20} 과 TM_{30} 모드의 공진 주파수는 각각 TM_{10} 모드의 공진 주파수의 두 배 및 세 배이므로 이중대역이나 다중 대역 특성을 얻고자 할 때 사용되고 있다.

안테나의 이중 대역 특성은 그림 2와 같이 패치 상에서의 전류 분포를 관찰함으로써 쉽게 이해할 수 있다.

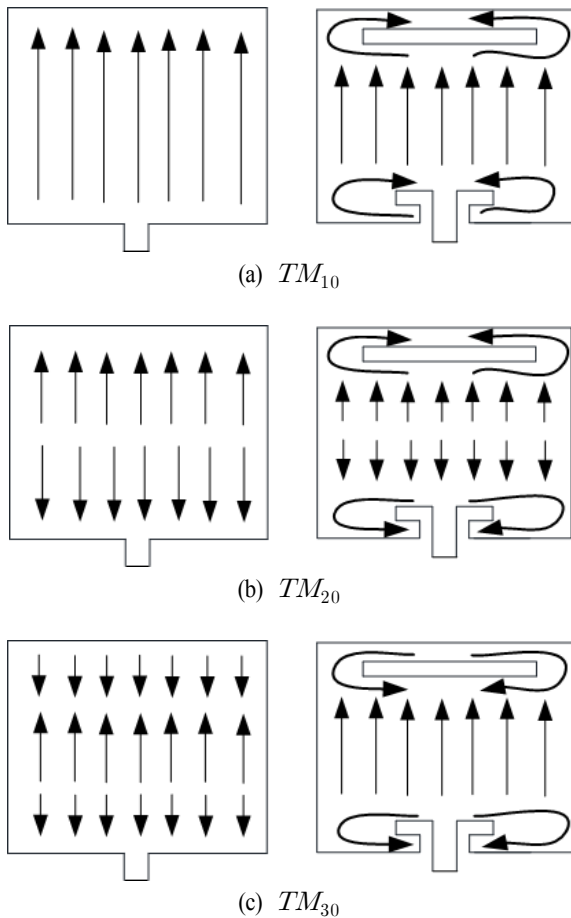


그림 2. 슬롯이 없는 경우와 수평 inset 급전과 단일 슬롯이 있는 경우의 패치상의 전류 분포
 Fig. 2. Current distribution on the patch without slot and with a slot and horizontal inset feeder.

그림 2는 슬롯이 있는 경우와 없는 경우, TM_{10} , TM_{20} 과 TM_{30} 모드에 대한 각각의 전류 분포이다. 아래 있는 슬롯은 수평 방향의 inset 급전선을 간략하게 모델링한 것이다. 그림 2(a)처럼 패치 가장자리 근처에 있는 슬롯은 TM_{10} 모드의 전류 없는 경우의 방사패턴과 거의 같다. 그리고 고차모드인 TM_{30} 의 전류 분포는 그림 2(c)와 같이 패치에 추가된 슬롯에 많은 영향을 받는다. 즉, 전류가 두 슬롯 주변 양쪽 똑같이 분리되어 반대방향으로 흘러, TM_{30} 전류 중 중앙의 전류 분포만이 방사패턴에 영향을 줌으로써 방사패턴이 기본모드의 방사패턴과 유사하게 된다. 그리고 TM_{30} 모드의 공진 주파수는 전류가 슬롯

주위를 빙 돌아 흐르게 됨으로써 공진주파수가 낮아지는 효과를 얻을 수 있다. 그리고 TM_{30} 모드의 방사 패턴은 TM_{10} 과 비슷하나, 슬롯 주위의 전류로 인하여 부엽 (grating lobe)이 있는 방사 패턴을 갖게 된다. 따라서, 슬롯 길이와 위치는 패치상의 TM_{30} 모드의 전류분포 즉, 고차모드 방사패턴에 많은 영향을 주기 때문에 이중 공진 특성을 좌우하는 매우 중요한 파라미터가 된다.

TM_{20} 모드의 전류 분포는 그림 2(b)처럼 패치 중앙에서 최소가 되고, 중심으로 반대방향으로 흐른다. 이런 전류 분포로 TM_{20} 모드 방사 패턴은 수직면에서 최소가 되고, 수평면에서 방사가 최대가 되는 패턴인 broadside null 패턴을 갖는다. 일반적으로 다중대역 안테나의 특성을 갖기 위해서는 안테나의 입력임피던스와 방사패턴이 다른 주파수 대역에서도 같도록 해야 하기 때문에 이런 고차 모드에 의한 다른 방사패턴은 다중대역 안테나를 만드는데 큰 제약이 될 수밖에 없다. 본 논문에서는 수정된 inset 급전선과 단일 슬롯을 이용하여 단일 마이크로스트립 패치 안테나에 TM_{30} 모드를 여기시킴으로써 이중대역 특성을 얻도록 하였다.

그림 1(b)와 같이 제안된 구조는 패치 윗 끝에서부터 (L_d)만큼 떨어져 패치 내부에 위치한 단일 슬롯 폭(L_s)와 폭(W_s)을 갖는다. 내재된 단일 슬롯과 수평 inset 급전선으로 TM_{30} 모드 방사패턴은 두 개의 슬롯이 장착된 안테나와 같이 TM_{30} 모드 방사패턴과 유사하게 된다^{[3],[4]}.

그림 3은 inset 급전선의 수평방향 길이인 W_h 변화에 대한 반사손실에 특성 변화를 나타낸 것이다. 낮은 주파수에서는 큰 변화가 없지만, 높은 주파수에서는 크기뿐만 아니라, 주파수도 변화가 있음을 알 수 있었다.

그림 4는 슬롯 주요 파라미터인 L_s 그리고 L_d 변화에 따른 이중 공진 특성을 구한 것이다. 표 2는 그림 4의 공진주파수 특성을 정리한 것이다.

표 1과 그림 4에서 알 수 있듯이, 슬롯 파라미터에 의해 두 공진주파수가 크게 변화함을 알 수 있다. 계산 결과, L_s 그리고 L_d 값이 증가함에 따라 첫 번째 공진 주파수 (f_1)는 더 낮아지고, 두 번째 공진 주파수(f_2)는 더욱 높

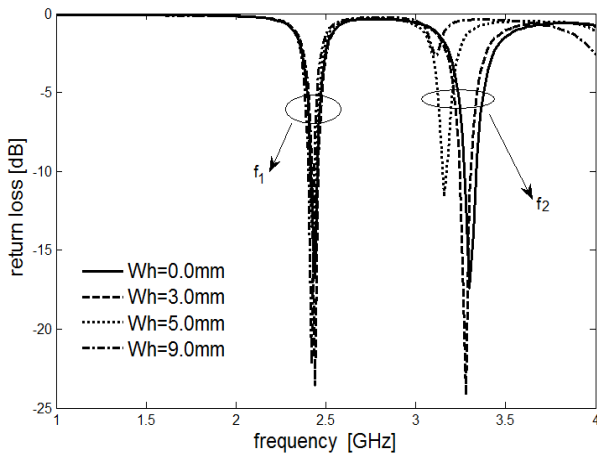


그림 3. W_h 변화에 대한 반사손실 변화
 Fig. 3. The variation of return loss versus parameter of W_h .

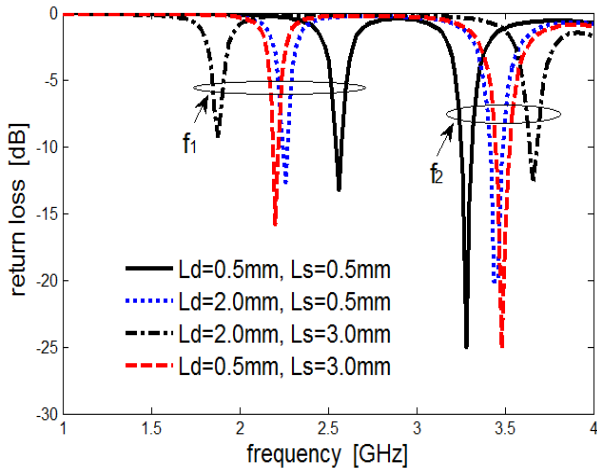


그림 4. 슬롯 파라미터 변화에 따른 공진주파수 변화
 Fig. 4. The variation of resonant frequencies versus parameters of slot.

표 1. 이중 대역 공진 주파수 계산 결과 비교
 Table 1. Comparison results of resonant frequencies for dual band.

Case	L_d [mm]	L_s [mm]	f_1 [MHz]	f_2 [MHz]	$f_r(f_2/f_1)$
1	0.5	0.5	2.56	3.28	1.28
2	2.0	0.5	2.26	3.45	1.53
3	2.0	3.0	1.88	3.65	1.94
4	0.5	3.0	2.20	3.48	1.58

아져, 전체적인 두 주파수간의 비($f_r = f_2/f_1$)는 커지는 경향을 보이고 있다. 이는 방사 패치 상에 추가된 슬롯의 L_s 그리고 L_d 가 증가한다는 것은 그림 2(c)의 TM_{30} 의 가운데 전류의 경로가 짧아져 동작 주파수가 높아짐을 의미하기 때문이다. 따라서 두 공진주파수간의 비를 늘리기 위해서는 L_s 그리고 L_d 를 증가시키고, 반대로 f_r 를 감소시키기 위해서는 L_s 그리고 L_d 를 모두 다 감소시키면 된다. 표 2에서 구한 계산값 f_r 의 변화는 1.28~1.94이다.

III. 제작 및 실험

본 장에서는 앞에서 언급된 내용을 기반으로 수정된 inset 급전 구조와 단일 슬롯을 갖는 이중대역 마이크로스트립 안테나를 제작하였다. 안테나의 첫 번째 공진 주파수는 측정 시 2.4 GHz에서 일어나도록 제작하였다. 안테나 치수는 앞서 언급된 기본 파라미터들과 같으며, 제작 시 접지면 크기는 80.0 mm×80.0 mm로 하였다.

그림 5는 제작된 안테나 사진이다. 제작한 안테나의 반사손실 특성과 공진 특성을 측정하기 위하여 HP8510C를 사용하였다.

제작된 안테나의 첫 번째 공진 주파수는 2.4 GHz이고, -10 dB 대역폭은 25.3 MHz이었다. 그리고 두 번째 공진 주파수는 TM_{30} 모드에 의한 것으로 3.3 GHz이고, -10



그림 5. 제작된 이중 대역 안테나 사진
 Fig. 5. Photo of the fabricated dual band antenna.

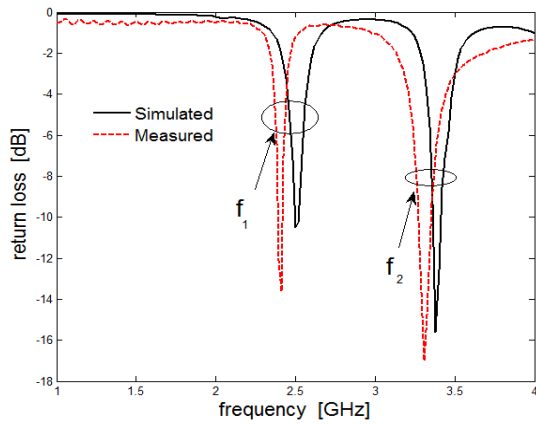


그림 6. 제안된 안테나의 반사계수 계산 및 측정 결과
Fig. 6. Simulated and measured return loss for the proposed antenna.

dB 대역폭은 78.4 MHz이었다. 측정된 이들 두 공진주파수 간의 비율(f_r)은 1.38이다. 그림 6에서 알 수 있듯이, 측정값과 계산값과의 공진 주파수차이는 작은 공진주파수에서는 120.1 MHz, 높은 공진주파수에서는 70.0 MHz 차이가 낮지만, 반사손실 특성은 큰 차이가 나지 않았음을 볼 수 있다.

그림 7에서는 안테나의 크기와 급전선의 치수는 변화하지 않고, 슬롯의 주요 파라미터인 L_d 값이 0.5와 2.0

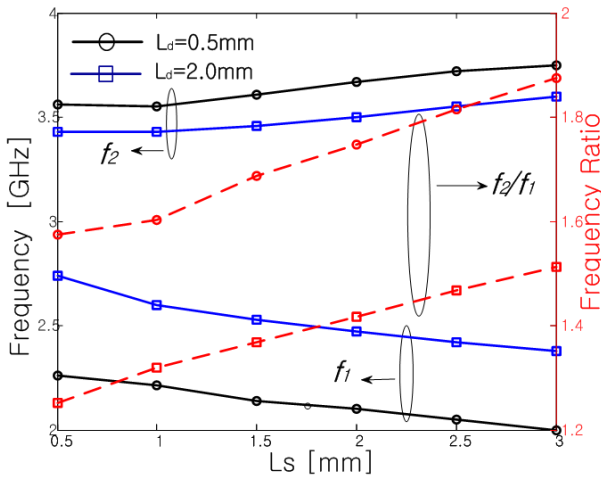


그림 7. 슬롯 폭 변화에 따른 측정된 공진 주파수와 주파수비 결과
Fig. 7. Measured resonant frequencies f_1 and f_2 and frequency ratio(f_2/f_1) against various slot width.

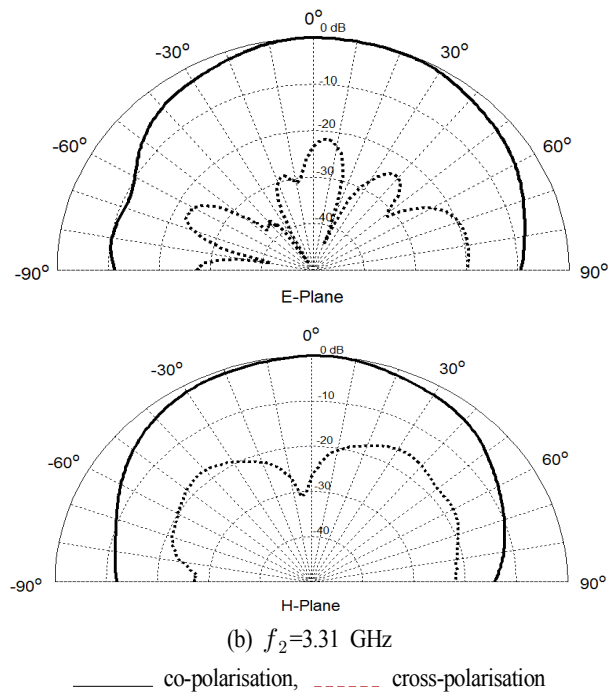
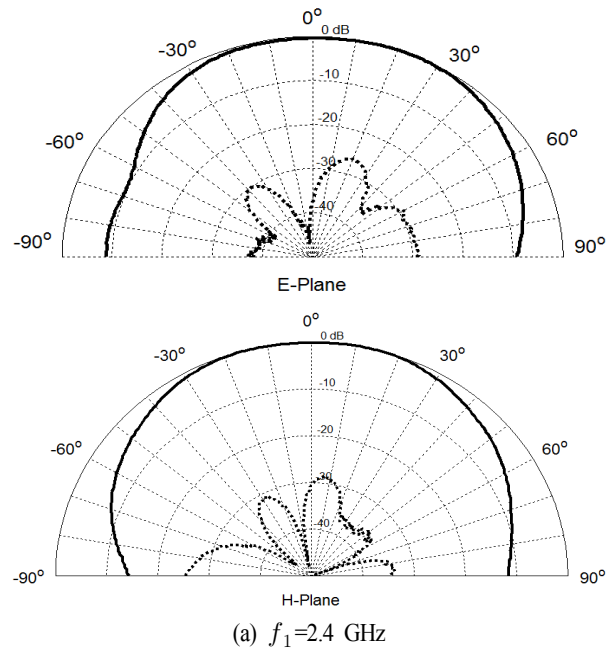


그림 8. 측정된 안테나의 E 평면 방사패턴(xz-평면)과 H 평면 방사패턴(yz-평면): (a) $f_1=2.40$ GHz (b) $f_2=3.31$ GHz.
Fig. 8 Measured E-plane(x-z plane) and H-plane(y-z plane) radiation patterns for proposed antenna.

mm 때 L_s 값을 0.5~3.0 mm 변화시키면서 공진주파수의 변화를 측정한 것이다. L_s 가 커지면 커질수록 f_1 과 f_2 의 차이가 커짐에 따라 주파수 비율 값은 점점 커진다. 측정된 f_r 의 1.25~1.88으로 까지 범위를 갖고 변화하였다. 슬롯이 있는 단일 이중 공진 안테나 구조에서는 f_r 이 1.6 보다 낮게 구현하기가 어려웠지만, 본 구조에서는 단일 슬롯 파라미터를 변화시켜 쉽게 구현할 수 있었다^{[4][7]}.

그림 8은 E와 H 평면에서 각 공진주파수의 방사 패턴을 측정한 결과이다. f_1 에서 E 및 H 방사패턴의 교차 편파와 동일 편파 차이는 약 -26.5 dB를 가지며, f_2 에서는 E 방사패턴에서는 22.0 dB, H 방사패턴에서는 -18.2 dB의 차이를 보이고 있어, f_1 에서 E와 H 패턴에 비해 f_2 에서 교차 편파의 특성이 저하되었음을 알 수 있다.

이것은 슬롯 부분에서의 수평성분의 전류에 의한 것으로 분석된다. 반치각 빔폭은 f_1 에서 E평면에서 93.6°, f_2 에서 77.6°의 빔 폭을 가졌다. 이득은 얇고 유전율이 높은 기판을 사용하여, 2.4 GHz에서는 -8.9 dBi 그리고 3.31 GHz에서 0.1 dBi가 나왔다. 이득이 낮은 이유는 유전율이 높고, 두께가 얇은 기판을 사용하여 안테나 효율이 낮기 때문인 것으로 분석된다^[2]. 제안된 안테나의 측정된 반사 손실 및 이중 공진 주파수 특성은 계산값과 약간의 차이가 있으나 비교적 일치했다. 이러한 오차는 안테나 특성에 민감한 영향을 주는 슬롯 및 inset 급전선부분의 슬롯 제작에 의한 제작에 의한 오차로 분석된다. 그리고 높은 주파수보다 낮은 주파수에서 공진주파수가 더 많이 차이가 발생한 것은 높은 주파수를 중심으로 임피던스 정합 튜닝을 실시한 결과로 사료된다.

IV. 결 론

본 논문에서는 수정된 inset 급전 구조와 하나의 슬롯을 갖는 이중 대역 특성을 갖는 안테나 구조를 제안하고, 제작과 측정을 통하여 그 가능성을 확인하였다. 제안된 inset 구조는 기존의 inset 급전 구조를 수직과 수평 부분으로 나누어, 안테나 중심부 방향의 수직 급전 길이를 최소화하였고, 안테나 내부에 단일 슬롯을 추가하여 이중

공진을 발생하도록 하는 구조를 가지고 있다. 일반적으로 슬롯을 이용하여 이중대역 마이크로스트립 안테나 구조에서는 대부분 프로브 급전 방식을 채택하였기 때문에 배열 안테나로 이용하는 데는 많은 제약이 뒤따랐다. 그러나 본 논문에서는 프로브 급전 방식이 아니기 때문에 배열 안테나에 적용 가능한 구조이다. 또한, 측정된 f_r 결과는 단지 슬롯 파라미터를 변화시킴으로써 최대 1.25에서 최대 1.88까지 얻을 수 있음을 확인하여, 이중 공진 안테나의 설계 폭을 넓힐 수 있음을 확인하였다.

References

- [1] J. R. James, P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, Peter Peregrinus, vol. 2, 1989.
- [2] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, 2001.
- [3] S. Maci, G. B. Gentili, "Dual-frequency patch antennas", *IEE Proc. Microw. Antennas Propag.*, vol. 39, no. 6, pp. 13-20, 1997.
- [4] S. Maci, G. B. Gentili, P. Piazzesi, and C. Salvador, "Dual-band slot-loaded patch antenna", *IEE Proc. Microw. Antennas Propag.*, vol. 142, no. 3, pp. 225-232, 1995.
- [5] C. Y. Huang, C. W. Ling, and J. S. Kuo, "Dual-band microstrip antenna using capacitive loading", *IEE Proc. Microw. Antennas Propag.*, vol. 150, no. 6, pp. 401-404, 2003.
- [6] M. Ali, B. A. Khawaja, M. a. Tarar, and M. Mustaqim, "A dual band U-slot printed antenna array for LTE and WiMAX application", *Microwaue Opt. Technol. Lett.*, vol. 55, no. 12, pp. 2879-2883, 2013.
- [7] Z. J. Jin, T. Y. Yun, "Compact dual-band slot antenna with capacitor loading", *Microwaue Opt. Technol. Lett.*, vol. 56, no. 7, pp. 1653-1658, 2014.
- [8] M. Kara, "Formular for the computation of the physical properties of rectangular microstrip antenna elements with various substrate thickness", *Microwaue Opt. Technol. Lett.*, vol. 12, no. 4, pp. 234-239, 1996.

이 승 엽



1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1988년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)

1993년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)

1993년 9월 ~ 2006년 2월: 국립여수대학교 전자통신공학과 교수

2004년 7월 ~ 2005년 8월: Syracuse 대학교 방문교수

2006년 3월 ~ 현재: 전남대학교 전자통신공학과 교수

[주 관심분야] 안테나 해석 및 설계, 초고주파 회로 설계, 전자파 해석