

# 이중 및 다중 대역 Slot Loaded 패치 안테나에 관한 연구

신호섭\*

## 요약

본 논문에서는 하나의 안테나에서 주파수가 다른 다수의 서비스를 송수신할 수 있는 이중 및 다중 대역 Slot Loaded 패치 안테나를 소개하였다. 이 안테나는 패치의 가장자리(edge)에 가까운 네 개의 슬롯에 의해 이중 및 다중 대역 안테나의 특성을 갖는다. 이 안테나의 프로브의 개수와 위치, 슬롯의 폭과 길이, 슬롯과 패치의 가장자리와의 거리 등을 변경함으로써 이중 및 다중 대역 주파수특성의 성능을 연구하였다.

## A Study on Dual-Band and Multi-Band Slot Loaded Patch Antenna

Ho-Seop Shin\*

### Abstract

In this paper, we introduced the dual-band and multi-band slot loaded patch antenna for multi services. This antenna has the characteristic of dual-band and multi-band antenna by 4 slots nearly located in the edges of a patch. By changing the number and location of probe, the width and length of slot, and the distance between slot and the edge of patch, we studied the performance of dual-band and multi-band characteristic.

Key words : Patch antenna,

## 1. 서론

위성통신 및 이동통신 서비스의 이용이 증가함에 따라 하나의 안테나에서 복수의 서비스 혹은 송수신 주파수가 각각 다른 위성이나 이동통신 서비스를 처리할 수 있는 이중 또는 다중 대역 안테나의 기술이 많이 요구되고 있다.

전형적으로 이중 또는 다중 대역 안테나는 다중 적층 패치(multilayer stacked patch)에 의해 얻어진다 [1]. 그러나 다중층은 제작하기가 어려우므로 최근에는 선형 편파에 대한 단일층 구조가 [2,3]에서 제시되었다. 이 구조는 패치의 가장자리에 근접하여 슬롯 2개가 놓여있는 구조이다. 본 논문에서는 패치의 가장자리에 근접하여 슬롯 4개가 놓여있는 구조를 대상으로 슬롯의 개수·폭·길이, 슬롯과 패치 가장자리와의 거리, 프로브의 개수·내부 직경·위치의 변화에 따른 주파수 특성의 성능을 자세하게 연구하였다.

## 2. 안테나의 구조와 급전

본 논문에서 사용된 안테나의 구조는 그림 1과 같다. 패치는 정사각형모양이고 패치의 가장자리 근처에 네 개의 슬롯이 있는 공간상으로 대칭구조이다. 또한 2개의 동축 프로브(coaxial probe)로 급전시켰다. 중요한 파라미터로는 기판의 두께  $t$ , 기판의 유전율  $\epsilon_r=2.2$ , 패치의 폭  $W$ 와 길이  $L$ , 슬롯의 길이  $L_s$ 와 폭  $d$ , 슬롯과 패치의 가장자리와의 거리  $s$ 이다. 각각의 크기는  $W=40$  mm,  $L=40$  mm,  $L_s=36$  mm,  $d=1$  mm,  $s=0.5$  mm, 프로브의 내부반경을 1 mm을 기준으로 하고  $W$ 와  $L$  값을 고정시킨 상태에서  $L_s$ ,  $d$ ,  $s$ , 프로브의 반경을 하나씩 변경하면서 2~4 GHz 주파수구간(S-Band)에서 시뮬레이션하였다.

## 3. 해석결과 및 고찰

### 3.1 프로브의 내부직경의 변화

그림 2는 프로브의 내부직경의 변화에 따른

\* 제일저자(First Author) 신호섭  
접수일 2005년 8월 20일, 완료일 2005년 12월 10일  
\* 군산대학교 전임강사  
hsshin@kunsan.ac.kr

$S_{11}$ 의 주파수특성을 나타낸다. 이 그림에서 알 수 있는 것처럼 내부직경이 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm일 때는 같은 주파수에서 4중공진이 일어나며 내부직경이 2.0 mm일 때는 첫 번째, 두 번째, 세 번째 같은 공진주파수에서만 공진이 일어난다. 또한 프로브의 내부직경이 증가하면 반사손실값은 조금 작아지고 공진주파수는 거의 무관함을 알 수 있다. 내부직경이 0.5 mm일 때  $S_{11}$ 는 주파수 2.28 GHz에서 -11.0 dB, 2.63 GHz에서 -10 dB, 3.21 GHz에서 -9.7 dB, 3.50 GHz에서 -16.8 dB를 나타냈다. 또한 내부직경이 1.0 mm일 때  $S_{11}$ 는 주파수 2.28 GHz에서 -10.5 dB, 2.63 GHz에서 -10.9 dB, 3.19 GHz에서 -9.1 dB, 3.50 GHz에서 -18.6 dB를 나타냈다. 또한 내부직경이 1.5 mm일 때  $S_{11}$ 는 주파수 2.28 GHz에서 -10.5 dB, 주파수 2.63 GHz에서 -10.8 dB, 주파수 3.20 GHz에서 -9.1 dB, 3.50 GHz에서 -18.5 dB를 나타냈다. 그리고 내부직경이 2.0 mm일 때  $S_{11}$ 는 주파수 2.28 GHz에서 -11.1 dB, 2.63 GHz에서 -11.0 dB, 3.20 GHz에서 -16.9 dB를 나타냈다.

### 3.2 슬롯길이의 변화

그림 3는 슬롯길이  $L_s$ 의 변화에 따른  $S_{11}$ 의 주파수특성을 나타낸다. 이 그림에서 알 수 있는 것처럼 슬롯길이  $L_s$ 가 36 mm, 34 mm일 때 4중공진이 일어나며 32 mm일 때는 3중공진이 각각 다른 주파수에서 일어난다. 또한 슬롯길이가 작아지면 공진주파수가 증가함을 알 수 있다. 슬롯길이가 36 mm일 때  $S_{11}$ 는 주파수 2.28 GHz에서 -10.5 dB, 2.63 GHz에서 -10.9 dB, 3.19 GHz에서 -9.1 dB, 3.50 GHz에서 -18.6 dB를 나타냈다. 또한 슬롯길이가 34 mm일 때  $S_{11}$ 는 주파수 2.30 GHz에서 -9.9 dB, 2.82 GHz에서 -15.2 dB, 3.31 GHz에서 -9.0 dB, 3.50 GHz에서 -14.3 dB를 나타냈다. 슬롯길이가 32 mm일 때  $S_{11}$ 는 2.36 GHz에서 -11.4 dB, 3.09 GHz에서 -13.6 dB, 3.52 GHz에서 -8.21 dB를 나타냈다.

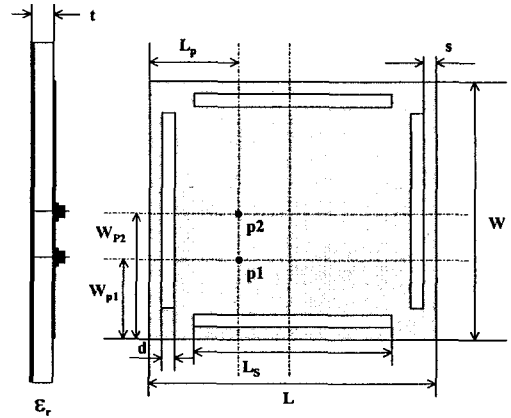


그림 1 다중 대역 Slot loaded 안테나의 구조

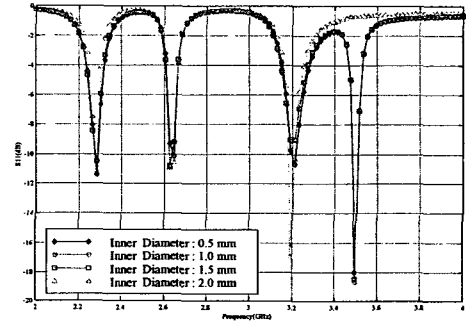


그림 2 프로브의 내부직경의 변화에 따른  $S_{11}$ 값

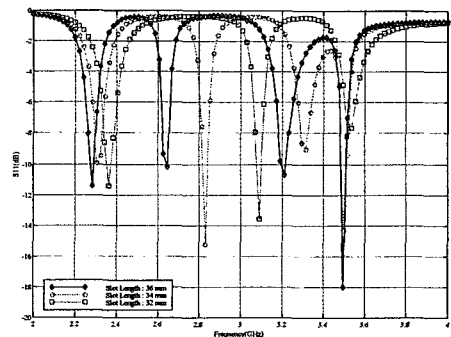


그림 3 슬롯길이  $L_s$ 의 변화에 따른  $S_{11}$ 값

### 3.3 슬롯폭의 변화

그림 4는 슬롯폭  $d$ 의 변화에 따른  $S_{11}$ 의 주파수

특성을 나타낸다. 이 그림에서 알 수 있는 것처럼 슬롯폭  $d$ 가 0.5 mm, 1.0 mm일 때 4중공진이 일어나며 1.5 mm일 때 2중공진이 각각 다른 주파수에서 일어난다. 또한 슬롯폭이 증가하면 반사손실값은 무관하고 공진주파수는 어느 슬롯폭까지는 감소함을 알 수 있다. 슬롯폭  $d$ 가 0.5 mm일 때  $S_{11}$ 는 주파수 2.32 GHz에서 -10.9 dB, 2.79 GHz에서 -13.0 dB, 3.20 GHz에서 -11.7 dB, 3.50 GHz에서 -23.0 dB를 나타냈다. 또한 슬롯폭  $d$ 가 1.0 mm일 때  $S_{11}$ 는 주파수 2.28 GHz에서 -10.5 dB, 2.63 GHz에서 -10.9 dB, 3.19 GHz에서 -9.1 dB, 3.50 GHz에서 -18.6 dB를 나타냈다. 그리고 슬롯폭  $d$ 가 1.5 mm일 때  $S_{11}$ 는 주파수 2.73 GHz에서 -10.0 dB, 주파수 3.92 GHz에서 -17.4 dB를 나타냈다.

3.4 슬롯과 패치의 가장자리사이의 거리의 변화

그림 5는 슬롯과 패치의 가장자리사이의 거리  $s$ 의 변화에 따른  $S_{11}$ 의 주파수특성을 나타낸다. 슬롯길이가 34 mm인 경우 거리  $s$ 가 0.5 mm, 1.0 mm, 1.5 mm일 때 모두 4중공진이 일어난다. 반면 슬롯길이가 36 mm인 경우 거리  $s$ 가 0.3 mm, 0.5 mm일 때 4중공진이 일어나며 거리  $s$ 가 1 mm일 때 2중공진이 일어난다. 또한 그림 5(a)에서 알 수 있는 것처럼 슬롯길이가 34 mm인 경우

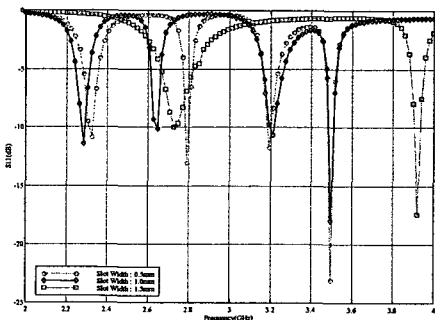
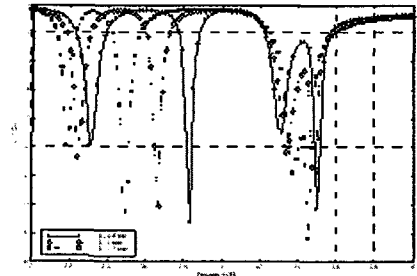


그림 4 슬롯폭  $d$ 의 변화에 따른  $S_{11}$ 값

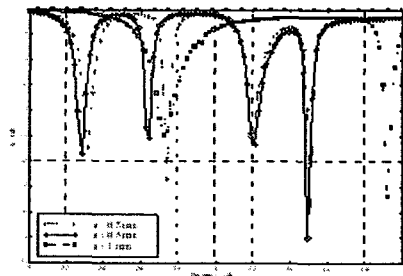
거리  $s$ 가 증가하면 첫 번째, 두 번째, 네 번째 공진주파수는 약간 감소하고 세 번째 공진주파수는 약간 증가한다. 또한 그림 5(b)에서 알 수 있듯이 슬롯길이가 36 mm인 경우 거리  $s$ 가 증가하면 공

진주파수가 거의 변하지 않음을 알 수 있다.

그리고 공진주파수에서의 정확한 반사손실값은 다음과 같다. 첫째, 그림 5(a)에서 알 수 있는 것처럼 슬롯길이가 34 mm인 경우를 알아보자. 이 경우에서 슬롯과 패치의 가장자리사이의 거리  $s$ 가 0.5 mm일 때 주파수 2.31 GHz에서 -9.9 dB, 주파수 2.83 GHz에서 -15.2 dB, 주파수 3.31 GHz에서 -9.0 dB, 주파수 3.50 GHz에서 -14.3 dB를 나타냈다. 또한 슬롯과 패치의 가장자리사이의 거리  $s$ 가 1.0 mm일 때 주파수 2.25 GHz에서 -10.7 dB, 주파수 2.66 GHz에서 -14.1 dB, 주파수 3.34 GHz에서 -10.3 dB, 주파수 3.48 GHz에서 -11.6 dB를 나타냈다. 그리고 슬롯과 패치의 가장자리사이의 거리  $s$ 가 1.5 mm일 때 주파수 2.18 GHz에서 -9.9 dB, 주파수 2.49 GHz에서 -16.6 dB, 주파수 3.38 GHz에서 -11.8 dB, 주파수 3.46 GHz에서 -16.4 dB를 나타냈다. 둘째, 그림 5(b)에서 알 수 있는 것처럼 슬롯길이가 36 mm인 경우를 알아보자.



(a) 슬롯길이가 34 mm



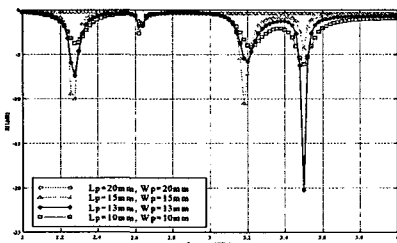
(b) 슬롯길이가 36 mm

그림 5 슬롯과 패치의 가장 자리사이의 거리  $s$ 의 변화에 따른  $S_{11}$ 값

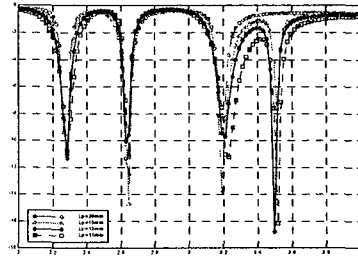
이 경우에서 슬롯과 패치의 가장자리사이의 거리  $s$ 가 0.3 mm일 때 주파수 2.32 GHz에서 -11.0 dB, 주파수 2.74 GHz에서 -13.4 dB, 주파수 3.20 GHz에서 -10.1 dB, 주파수 3.51 GHz에서 -15.5 dB를 나타냈다. 또한 슬롯과 패치의 가장자리사이의 거리  $s$ 가 0.5 mm일 때 주파수 2.28 GHz에서 -10.5 dB, 2.63 GHz에서 -10.9 dB, 3.19 GHz에서 -9.1 dB, 3.50 GHz에서 -18.6 dB를 나타냈다. 그리고 슬롯과 패치의 가장자리사이의 거리  $s$ 가 1 mm일 때 주파수 2.73 GHz에서 -10.0 dB, 주파수 3.92 GHz에서 -14.8 dB를 나타냈다.

### 3.5 프로브의 위치의 변화

그림 6는 프로브의 위치를 나타내는 파라미터인  $L_p$ 와  $W_p$ 값의 변화에 따른  $S_{11}$ 의 주파수특성을 나타낸다. 그림 6(a)에서 알 수 있듯이 프로브의 개수가 하나인 경우 패치의 중심에 프로브가 있으면( $L_p=W_p=20$  mm) 주파수특성이 아주 안 좋은 단일공진이 일어나지만 그 외에는 다 4중공진이 일어난다. 그림에서 알 수 있듯이 프로브의 위치의 최적의 trade-off는  $L_p=W_p=13$  mm에서 발견된다. 또한 그림 6(b)에서 알 수 있듯이 프로브의 개수가 두 개인 경우  $L_p=20$  mm에 프로브가 있으면 3중공진이 일어나지만 그 외에는 다 4중공진이 일어난다. 여기서 프로브의 위치의 최적의 trade-off는  $L_p=13$  mm,  $W_{p1}=13$  mm,  $W_{p2}=20$  mm에서 발견된다. 이때 공진주파수는 2.28 GHz, 2.64 GHz, 3.21 GHz, 3.50 GHz이고 각각 반사손실값은 -11.4 dB, -10.2 dB, -10.7 dB, -18.0 dB를 나타냈다.



(a) 프로브가 한 개일 때



(b) 프로브가 두 개일 때

그림 6. 프로브의 위치의 변화에 따른  $S_{11}$ 값

## 4. 결론

본 논문에서는 복사패치의 가장자리에 가까운 네 개의 슬롯에 의해 이중 및 다중 대역 안테나 특성을 갖는 안테나설계에 관하여 여러 가지 설계 파라미터에 대해 반사손실값을 스테디하였다. 프로브의 직경이 증가하면 반사손실값은 조금 작아지고 주파수편이는 거의 일어나지 않았으며, 슬롯의 길이와 폭이 작아지면 반사손실값은 무관하고 대체로 공진주파수가 증가하는 경향을 보였다. 또한 슬롯들이 패치의 가장자리로부터 너무 떨어져 있으면 주파수특성이 좋지 않았다. 그리고 프로브의 위치가 패치의 중심에 너무 가까워도 안 좋고 너무 멀리 떨어져도 안 좋기 때문에 적절한 프로브의 위치를 잡는 것이 가장 좋은 주파수특성을 가졌다.

위와 같은 설계변수들이 안테나의 주파수특성에 영향을 미치는 trade-off관계를 알아보았고, 이와같은 특성을 안테나의 이용목적에 맞게 잘 고려하고 이용함으로써 실제로 안테나를 보다 효율적으로 설계하고 제작할 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

[1] J. S. Dahele, K.F. Lee, and D.P. Wong, "Dual frequency stacked anular-ring microstrip antenna," *IEEE AP Trans*, vol. 35, no. 11, pp. 1281-1285, Nov. 1987.

- [2] S. Maci, G. Avitabile, and G. Biffi Gentili, "Single-layer dual-frequency patch antenna," *Electron. Lett.*, vol. 29, no. 16, pp. 1441-1443, 5th Aug. 1993.
- [3] S. Maci, G. Biffi Gentili, P. Piazzesi, and C. Salvador, "Dual-band slot-loaded patch antenna," *IEEE AP Trans*, vol. 142, no. 3, pp. 225-232, June 1995.
- [4] G. Avitabile, S. Maci, F. Bonifacio, and C. Salvador, "Dual band circularly polarized patch antenna," *IEEE AP. Int. Symp. Dig.*, pp. 290-293, June 1994.

### 신 호 섭



1995년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업(공학사).

1998년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사).

2003년 8월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업(공학박사).

2005년 3월~현재 : 군산대학교 공과대학 전자정보공학부 전임강사

주관심분야 : 안테나 설계 및 해석, 전자파 수치해석, 전파전파, EMI/EMC 1984년~1995년: MBC 기술연구소