

---

# 마이크로 스트립 배열 안테나 특성 연구

박용욱\*

## Characteristics of Microstrip Array Antenna

Yong-Wook Park\*

### 요약

정보화시대에 발맞춰 인터넷은 유선인터넷에서 무선인터넷으로 발전하게 되었다. 무선인터넷의 수요가 급증하자 기존에 사용된 2.4GHz대역의 통신은 포화상태에 이르게 되었으며 효율과 성능이 현저히 떨어지게 되었다. 본 논문에서는 T-슬롯 마이크로 스트립 안테나가 가지는 좁은 대역폭의 단점을 개선할 수 있는 U-슬롯을 채택하여 5 GHz 대역의 마이크로 스트립 배열 안테나를 연구하였다. 최적의 주파수 특성을 얻기 위하여 단일 안테나와 배열 안테나의 최적화 과정을 진행하였으며, 이를 기반으로 2×2 배열 방식을 통한 U-슬롯 마이크로스트립 배열 안테나의 가능성을 확인하였다.

### ABSTRACT

In the information age, internet was developed from the wired access to the wireless Internet access. When a surge in demand for wireless Internet access, efficiency and performance of 2.4GHz band which leads to saturation of the communication was significantly fall. In this paper, the U-slot microstrip array antenna in the 5 GHz band have been studied to improve the drawback of a narrow bandwidth of the T-slot micro strip antenna. The characteristics of single antenna and array antenna was investigated to obtain the optimum frequency properties. The optimal U-slot microstrip array antenna possibility was confirmed.

### 키워드

Antenna, Array, U-Slot, T-Slot, Patch, Microstrip  
안테나, 배열, U-슬롯, T-슬롯, 패치, 마이크로스트립

## 1. 서론

정보화 사회에서 무선 통신과 무선 기술의 발전은 다양한 분야에서 진행되고 있다. 즉 휴대용 무선 통신 기기의 보급과 산업 및 의학 등 다양한 분야에서 무선 통신 기술을 응용하여 생활의 편리함을 추구할 수 있는 서비스들이 늘어나고 있으며 무선통신과 이동통

신의 발달로 기존의 통신방식을 벗어난 새로운 형태의 통신수단인 인터넷이 일반인들에게 보급되었다. 인터넷은 유선인터넷의 형태로 급속히 발전하였으며 본격적인 정보화 시대로 진입하게 되었다. 인터넷은 이동성 및 확장성에 발맞춰 유선인터넷에서 무선인터넷으로 이동하였으며 무선인터넷을 위한 2.4GHz 대역의 무선랜 기술이 세계적인 표준 대역으로 보급되었다.

---

\* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과(pyw@nsu.ac.kr)

접수일자 : 2012. 07. 17

심사(수정)일자 : 2012. 11. 21

게재확정일자 : 2012. 12. 10

다양한 무선기기가 날로 증가하고 있는 현실에서 무선 기술의 기반을 형성하는 기술 중의 한부분이 바로 안테나 기술이다[1]. 송수신단의 최우선단인 안테나의 성능이 서비스 영역 및 서비스 형태에 따른 통신의 질을 좌우하게 되므로 무선 통신에서 최적의 안테나 설계가 점점 더 많은 관심을 받고 있다. 특히, 무선인터넷에 사용되는 안테나는 각 단말기에 위치하는 단말기용 안테나와 각 단말기와 유선랜 간의 게이트웨이 역할을 담당하는 액세스 포인트용 안테나에 의해 신호를 송수신하는 기능을 가진다[2,3]. 무선 통신에서 사용되는 안테나 중 마이크로스트립 안테나는 일반적인 마이크로파 안테나에 비하여 가격이 저렴하고, 박형, 경량이며 유전체 기판위에 포토리소그래피법으로 대량생산이 가능한 장점을 가지며 또한 설치가 용이하기 때문에 많은 기기에 응용되고 있다. 또한 다른 마이크로파 소자와의 결합을 통한 집적화가 용이하며 무선인터넷용 기기의 전체적인 크기를 줄일 수 있고, 원통 주위에 설치할 수 있어 무선인터넷 및 휴대폰과 같은 소형화 기기에서 사용될 수 있는 장점을 가지고 있다. 위에 열거한 마이크로스트립 안테나가 가지는 장점때문에 본 연구실에서는 과거 5 GHz 대역의 T-슬롯 마이크로 스트립 배열 안테나 연구를 다수 수행하였다[4-7].

본 논문에서는 T-슬롯 마이크로 스트립 안테나가 가지는 좁은 대역폭의 단점을 개선할 수 있는 U-슬롯을 채택하여 5 GHz 대역의 마이크로 스트립 배열 안테나를 연구하였다. 최적의 주파수 특성을 얻기 위하여 단일 안테나와 배열 안테나의 최적화 과정을 진행하였으며, 이를 기반으로 2x2 배열 방식을 통한 U-슬롯 마이크로스트립 배열 안테나의 가능성을 확인하였다[9,10].

## II. 마이크로스트립 배열 안테나

### 2.1 마이크로스트립 배열 안테나 특성

마이크로스트립 배열 안테나는 단일 안테나인 사각 패치 소자를 배열하여 각 소자의 여진 전류 위상을 조절하고 안테나를 특정 방향, 동일 위상으로 하여 합성된 주빔을 형성하는 안테나를 의미한다.

일반적으로 마이크로스트립 단일 안테나의 경우 원하는 주파수 대역의 설계가 가능하지만 방사패턴이 비교적 넓어 지향성이 낮기 때문에 장거리 통신에서 안테나 역할을 하기에는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방안으로 제안된 것이 단일 안테나의 사각 패치 소자를 증가시켜 고지향성을 갖도록 하는 배열 안테나이다.

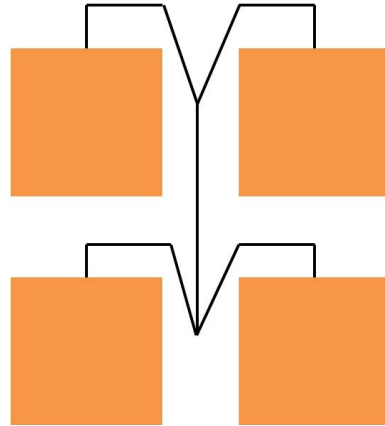


그림 1. 마이크로스트립 배열 안테나의 구조도  
Fig. 1 Structure of microstrip array antenna

본 논문에서는 그림 1과 같은 병렬 급전 배열방식을 사용하였다. 병렬 급전 방식은 입력단에서 모든 패치로 도달하는 라인의 길이가 같기 때문에 주파수 변화에 대한 위상의 변화, 즉, 기울기가 같으므로 넓은 대역폭 특성을 가질 수 있게 된다. 그러나 병렬 급전 배열방식의 단점은 라인의 길이가 길어지고 라인상의 전력분배가 많아짐으로 인해 라인과 전력분배기에 의한 손실로 인해서 방사패치에 도달하는 전력이 작아지는 단점이 있다. 또한 다중 빔, 스캐닝 위상배열, 좁은 빔폭이 필요한 경우 안테나의 급전의 조정에 더 많은 주의가 필요하게 된다.

### 2.2 배열 안테나의 전력분배기

마이크로스트립 배열 안테나에서는 다수의 사각 패치 소자에 동일한 전력을 공급하기 위해서 그림 2와 같은 전력분배기를 활용한다.

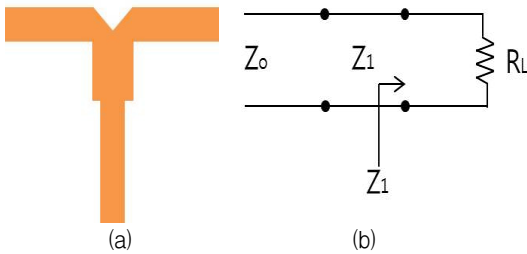


그림 2. 전력분배기 구조도 및 등가회로

Fig. 2 Structure of power divider and equivalent circuit

마이크로스트립 안테나에서 사용되는 전력분배기는 일반적으로 그림 2 (a)와 같은 T-접합 전력분배기가 사용된다. T-접합 전력 분배기는 전력 분배나 결합에 사용될 수 있는 3포트 소자로서 여러 가지 형태로 구현이 가능하다.

T-접합 전력분배기는 그림 2 (a)와 같이 3포트 소자이면서 중앙에 λ/4 변환기를 내장하고 있다. T-접합 전력분배기는 그림 2 (b)와 같이 회로적인 해석을 통해서 임피던스 정합 설계가 가능하다.

마이크로스트립 배열 안테나에서 50Ω의 임피던스를 얻기 위한 전력분배기의 입력 임피던스는 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{1}{Z_{in}} = \frac{1}{R_L} = \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \tag{1}$$

식 (1)을 통해 구한 입력 임피던스를 통해 전력분배기에 내장된 λ/4 변환기의 임피던스를 식 (2)와 같이 구할 수 있다[4].

$$Z_1 = \sqrt{Z_0 R_L} \tag{2}$$

### III. 안테나의 설계 및 제작

#### 3.1 설계목표

마이크로스트립 안테나를 설계하기 이전에 미국전기전자학회의 주파수 표준규격 IEEE 802.11a를 만족하는 중심주파수를 기준으로, 안테나로서 역할을 할 수 있는 입력 반사손실 -10 dB이하 대역폭, VSWR(정재파비)와 같은 설계목표를 설정하였다.

안테나의 설계 목표를 살펴보면 중심주파수는 IEEE

802.11a의 주파수 대역 5.15 GHz~5.25 GHz, 5.25 GHz~5.35GHz의 평균적인 중심주파수 5.2 GHz로 설정하였다. 입력반사손실은 안테나로서의 역할을 할 수 있도록 -30 dB 이하로 설정하였으며, -10 dB 이하 대역폭은 광대역 통신의 기준으로서 데이터 전송량을 고려하여 200 MHz로 설정하였다. VSWR은 신호의 투과율을 확인할 수 있는 설계목표이며, 안테나로서의 역할을 할 수 있도록 1.3 이하로 설정하였다. 마지막으로 임피던스는 상용화 되고 있는 기기와의 정합을 이루기 위해서 50 Ω으로 설정하였다. 앞에서 열거한 안테나 설계 목표에 대한 내용은 표 1과 같다.

표 1. 안테나 설계목표  
Table 1. Design spec of antenna

구분	규격
중심주파수 (IEEE 802.11a)	5.2 GHz
입력반사손실 (Input Return Loss)	-30 dB 이하
-10 dB 이하 대역폭	200 MHz
VSWR(정재파비)	1.3 이하
임피던스	50 Ω

#### 3.2. 2x2 배열 안테나 설계

단일 안테나와 1x2 안테나의 최적화된 설계 파라미터를 기초로 전력분배기 3개를 도입한 병렬 급전 방식의 2x2 안테나를 설계하였다. 배열 안테나의 경우 4개의 사각 패치 소자로부터 합성된 주빔을 구현하는데 어려움을 확인할 수 있었다. 그러므로 실험은 효율적인 주빔을 만들기 위한 다양한 형태의 배열 방식을 실험하였다. 2x2 배열 방식을 통한 U-슬롯 마이크로스트립 배열 안테나의 가능성을 확인하기 위해 HFSS(High Frequency Structural Simulator)를 이용한 시뮬레이션 결과와 FR-4 기판을 사용해 제작한 안테나의 주파수 특성을 비교 분석하였다. 처음 연구된 2x2 배열 U-슬롯 마이크로스트립 안테나의 구조는 그림 3과 같다. 사각 패치 소자와 중앙의 전송선로와의 균형을 맞추고 서로의 간섭을 최소한으로 하기 위해서 1x2 안테나에서 활용한 전송선로를 꺾어주는 방식을 도입하였다. 기존에 연구된 단일 안테나의 특성을 바탕으로 최적 설계 파라미터 값을 토대로

HFSS의 시뮬레이션 결과 값은 그림 4와 같다.

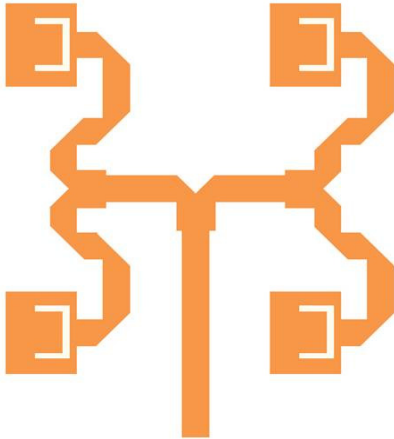


그림 3. 2×2 U-슬롯 마이크로스트립 배열 안테나 구조도 1.  
Fig. 3 Structure 1 of 2×2 microstrip array antenna with U-slot

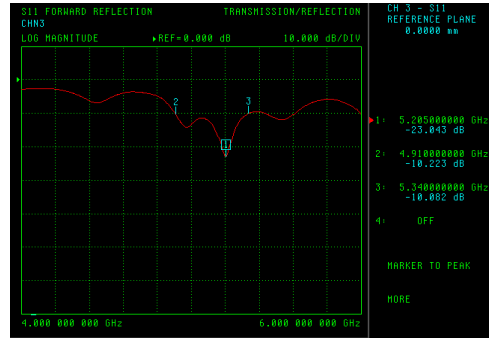


그림 5. 구조도 1 배열 안테나의 주파수 특성  
Fig. 5 Measured result of structure 1 array antenna

실제 제작한 안테나의 주파수 특성은 중심주파수 5.2 GHz, 반사손실 -23.1 dB의 값을 보여주고 있다. 제작된 안테나의 주파수 특성은 그림 4의 시뮬레이션 결과 값과 비슷한 형태를 보여주고 있지만 앞서

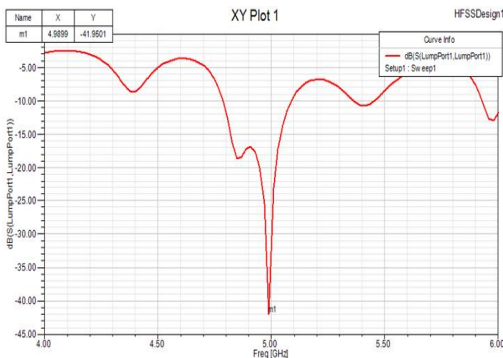


그림 4. 구조도 1 배열 안테나 시뮬레이션 결과  
Fig. 4 Simulation result of structure 1 array antenna

시뮬레이션 결과, 중심주파수 4.99 GHz, 반사손실 -41.950 dB이 나타났다. 5 GHz를 기준으로 4.4 GHz와 5.4 GHz에서 이중 주파수 특성이 나타나는 현상이 발생하였다. 이는 전송선로와 사각 패치 소자간의 간섭으로 정합특성이 완벽하게 구현되지 못하여 발생한 것으로 생각된다. 시뮬레이션 결과와 비교 분석을 위해 FR-4 기판을 사용하여 구조도1의 배열 안테나를 제작을 하였으며, 실제 제작한 안테나의 주파수 특성은 그림 5와 같다.

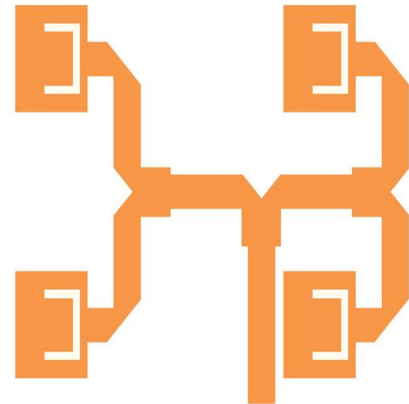


그림 6. 2×2 U-슬롯 마이크로스트립 배열 안테나 구조도 2.  
Fig. 6 Structure 2 of 2×2 microstrip array antenna with U-slot

말했듯이 입력반사손실의 증가와 이중대역이 발생하는 문제점을 보여 주고 있다. 구조도 1의 배열 안테나가 반사손실 및 이중대역의 문제점을 가지고 있어 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 새롭게 설계된 2×2 배열 U-슬롯 마이크로스트립 안테나의 구조는 그림 6과 같다. 기존의 결과에서 전송선로와 사각 패치 소자간의 간섭으로 발생하는 문제점을 최소화하기 위해 간섭이 발생하는 것으로 생각되는 전송선로를

최대한 단순화 시킨 구조로 배열 안테나를 재설계하였다. 그림 6의 배열안테나는 그림 3의 안테나와 달리 전송선로의 꺾는 방식의 횡수를 줄여 설계하였다. 앞서 결정된 최적 설계 파라미터 값을 토대로 설계한 배열 안테나의 HFSS의 시뮬레이션 결과 값은 그림 7과 같다.

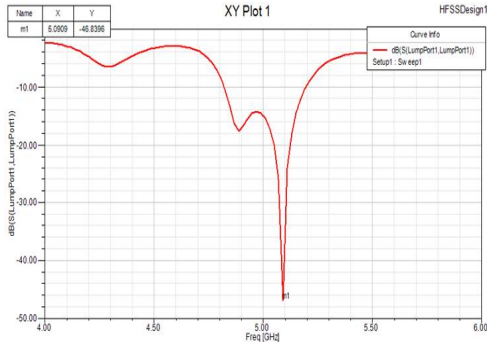


그림 7. 구조도 2 배열 안테나 시뮬레이션 결과  
Fig. 7 Simulation result of structure 2 array antenna

시뮬레이션 결과, 중심주파수 5.09 GHz, 반사손실 46.9 dB을 얻을 수 있었다. 구조도 1 안테나의 시뮬레이션 결과보다 다중대역 현상이 훨씬 완화된 것을 확인할 수 있다. 하지만 구조도 1 배열안테나와 마찬가지로 5 GHz를 기준으로 전송선로와 사각 패치 소자 간의 간섭으로 인한 약간의 이중대역 현상이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 주파수 특성을 확인하기 위해서 안테나를 실제 제작을 하였으며 실제 제작한 안테나의 결과는 그림 8과 같다.

제작된 안테나는 중심주파수 5.3 GHz, 반사손실 -32.590 dB 값을 보여주고 있다. 이는 시뮬레이션 결과와 비교하면 중심주파수는 약간 증가하고 반사손실 값도 약간 증가한 것을 알 수 있다.

이와 같은 결과는 그림 7의 시뮬레이션 결과 값과 비교해 전체적으로 비슷한 경향성을 보여주고 있으며 약간의 이중대역 특성은 존재하지만 설계 목표값에 부합되는 것을 알 수 있다. 이와 같은 실험 결과를 바탕으로 그림 6과 같은 구조를 갖는 2x2 안테나 배열 구조를 사용하여 사각 패치 소자 합성의 가능성을 확인할 수 있었다.

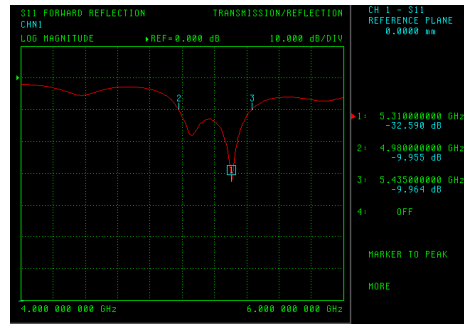


그림 8. 구조도 2 배열 안테나의 주파수 특성  
Fig. 8 Measuring result of structure 2 array antenna

#### IV. 결론

본 논문에서는 5 GHz 대역의 U-슬롯 마이크로 스트립 배열 안테나를 연구하였다. 연구를 위해서 단일 안테나와 1x2 안테나의 최적화 과정을 연구하였으며, 2x2 배열방식의 U-슬롯 마이크로스트립 배열 안테나를 5.2 GHz의 중심주파수를 기준으로 설계목표에 근거하여 제작하였다. 하지만 전송선로와 안테나 패치 소자 간의 간섭현상으로 인해 이중대역이 발생하는 문제점이 발생하였으나 안테나의 배열 방식을 변화시켜 안정된 그래프의 경향을 얻어내는 것과 함께 패치 소자 간의 간격을 조절함으로써 이중대역을 완화시켰다. 이를 통해 U-슬롯 마이크로스트립 배열 안테나의 가능성을 확인할 수 있었다. 단일 안테나의 최적의 주파수 특성을 유지하면서 이중대역의 현상을 해결하고 입력반사손실을 감소시킬 수 있는 새로운 배열방식을 고안한다면 U-슬롯 배열 안테나의 개선된 성능을 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고 문헌

- [1] M. K. Kang and S. M. Lee, "Design and Fabrication of Array Antenna for Access Point in the WLAN Band", KICS, Vol. 32, No. 12, pp. 446-448, 2007.
- [2] K. S. Park, S. Y. Choi, P. S. Shin and Y. H. Ko, "The Design of Compact and wideband antenna for wireless LAN at 5GHz band", IEK, Vol. 41, No. 6, pp. 93-99, 2004.

- [3] C. L. Mak, K. M. Lee and Y. L. Chow, "Experimental study of a Microstrip Patch Antenna with an L-shaped Probe", IEEE Transaction on Antenna and Propagation, Vol. 48, No. 5, pp. 777-783, 2000.
- [4] 박용욱, "원형편파 안테나 특성 연구", 한국전자통신학회논문지, 5권, 6호, pp. 563-567, 2010.
- [5] 박용욱, "WLAN용 패치 안테나 특성", 한국전자통신학회논문지, 6권, 6호, pp. 803-808, 2011.
- [6] 주성남, "U-Slot 패치를 이용한 광대역 2x2 배열 마이크로스트립 안테나 설계에 관한 연구", 목포해양대학교 대학원 해양전자통신공학과, 2005.
- [7] 이승재, 윤중환, 이진우, "차량에 적용 가능한 T-DMB/GPS/Mobile 안테나의 제작과 측정", 한국전자통신학회논문지, 6권, 5호, pp. 629-636, 2011.
- [8] 이강훈, 박주남, 이영철, "Satellite-Digital Multimedia Broadcasting 단말기용 헤리컬 안테나 설계", 한국전자통신학회논문지, 4권, 1호, pp. 44-50, 2009.
- [9] J. h. Kim, D. g. Oh, I. m. Park and Y. B. Park, "U-slot Microstrip Antenna with U-shaped Parasitic Patches", KIEES, Vol. 20. No. 5, pp. 428-434, 2009.
- [10] J. H. Park, S. B. Lim and H. K. Choi, "Design of Improved U-Slotted Patch Antennas with EBG Ground Plane", KIEES, Vol. 19. No. 3, pp. 304-310, 2008.

## 저자 소개



### **박용욱(Yong-Wook Park)**

1989년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1991년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1999년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

2000년 9월~현재 : 남서울대학교 전자공학과 부교수

※ 관심분야 : RF 디바이스, 안테나, 센서