

## U-슬롯을 가지는 이중대역 마이크로스트립 안테나

김병철\*, Minh Tuan Nguyen\*, 한성민\*\*, 이호진\*\*, 추호성\*\*\*, 박익모\*

\*아주대학교 전자공학부

\*\*한국전자통신연구원 전파방송연구단

\*\*\*홍익대학교 전자전기공학부

ipark@ajou.ac.kr

### Design of a Dual Band Microstrip Antenna with U-Slots

Byoungchul Kim\*, Minh Tuan Nguyen\*, Sungmin Han\*\*, Hojin Lee\*\*, Hosung Choo\*\*\*, Ikmo Park\*

\*School of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

\*\*Radio & Broadcasting Research Division, ETRI

\*\*\*School of Electronics and Electrical Engineering, Hongik University

#### Abstract

본 논문에서는 두 개의 U-슬롯을 이용하여 2 GHz와 5 GHz 대역에서 동작하는 WLAN용 이중 대역 마이크로스트립 안테나를 제안하였다. 2 GHz 대역의 공진을 유도하는 큰 U-슬롯 안쪽에 5 GHz 대역의 공진을 유도하는 작은 역 U-슬롯을 삽입하여 두 WLAN 대역을 동시에 만족하도록 설계하였다. 제안한 안테나는 동축 케이블을 이용하여 급전하였으며, 비유전율이 3.38인 RO4003 기판에 설계하였다. 안테나의 크기는  $62 \times 45 \times 6 \text{ mm}^3$  이고, 전산 모의실험 결과 낮은 쪽 중심주파수인 2.44 GHz에서 약 123 MHz의 대역폭과 8.9 dBi의 이득을, 높은 쪽 중심 주파수인 5.75 GHz에서 약 293 MHz의 대역폭과 6.3 dBi의 이득을 가지며 반전력 빔폭은 각각  $68^\circ$ 와  $70^\circ$ 이다.

#### I. 서론

지난 수년간 무선 통신 사업의 꾸준한 성장으로 시장규모가 크게 증가하고 있으며, 그에 따른 연구도 활발히 수행되고 있다. 특히 Wireless Local Area Network(WLAN)는 상용화 된 이래로 높은 성장률을 지속하고 있다. 유선이 필요 없는 WLAN은 무선접속장치가 설치된 곳을 중심으로 일정 거리 이내에서 PDA나 노트북 컴퓨터를 통해 초고속 인터넷 이용을 가능하게 하는 기술이다. 즉, 유선망에 구속됨이 없이 기존 유선 LAN의 모든 이점과 기능을 그대로 제공하는 것이다 [1, 2]. 2.4 GHz 대역의 802.11b 기반의 WLAN 서비스는 전송속도, 보안 및 향후 휴대인터넷 서비스와의 연계 등의 측면에서 취약점으로 가지고 있다는 평가를 받아 왔다. IEEE 802.11a 표준을 사용하는 5 GHz 대역은 보다 신속한 데이터 전송으로 최근 많은 관심을 받고 있다.

따라서 2.4 GHz~2.483 GHz 기존 대역 이외에도 5.725 GHz~5.825 GHz 대역을 포함할 수 있는 안테나의 필요성이 대두 되었다.

U-슬롯을 이용한 동축 급전 사각 패치 안테나는 기존의 마이크로스트립 안테나에 비해 확장된 대역폭을 가진다. 이는 패치에 의한 공진 주파수 근처에 U-슬롯에 의한 추가적인 공진을 유도하여 대역폭을 증가 시키는 방법으로서, 단일 소자만으로도 광대역 안테나 설계가 가능하다 [3-8]. 또한 두 개의 U-슬롯을 이용하면 다중 공진을 유도할 수 있다 [9]. 본 논문에서는 2.4 GHz 대역에서 멀리 떨어진 곳에 5.75 GHz대역에서 공진을 유도한 이중대역 U-슬롯 모양 안테나를 제안하였다. 시뮬레이션 결과 2.4 GHz 대역에서 약 123 MHz의 대역폭을, 5.8 GHz 대역에서는 약 293 MHz 대역폭을 가지며 각각 8.9 dBi와 6.3 dBi의 이득을 가진다.

### II. 안테나 구조

그림 1에 제안한 안테나 구조를 나타내었다. 본 논문에서는 WLAN 용으로 사용 가능한 안테나로서 큰 U-슬롯 모양에 작은 역 U-슬롯 모양을 추가한 구조를 제시하였다. 패치를 지지하는 기판과 급전구조를 지지하는 기판 사이에 공기층( $\epsilon_r=1$ )이 있고, 안테나는 동축선로로 급전하였다. 기판은 비유전율( $\epsilon_r$ )이 3.38인 RO4003이며, 두께는 각각  $t_1=0.508$  mm와  $t_2=0.818$  mm 이다. 동축선로 안쪽 도체의 지름은  $d$ 이며 패치 위의 끝부분에서부터  $F$ 인 곳에 위치하고 있다. 패치의 크기는  $L \times W$ 이며 높이  $h$  인 곳에 배치하였다. 작은 슬롯의 가로와 세로 길이는 각각  $w_{s1}$  과  $l_{s1}$  이며 폭은  $C_1$  이고, 큰 슬롯의 가로와 세로 길이는 각각  $w_{s2}$  와  $l_{s2}$  이며 폭은  $C_2$  이다. U-슬롯 모양들의 폭, 길이 및 위치의 변화에 따른 반사손실과 동축 급전의 위치 변화에 따른 반사손실 결과로부터 최적 조건의 파라미터를 얻어 내었다.

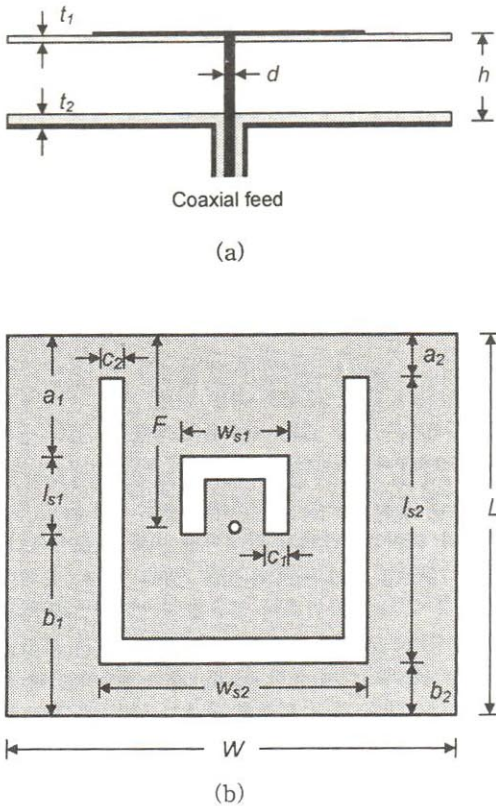


그림 1. 제안한 안테나 구조: (a) 측면도, (b) 정면도

### III. 안테나 특성

안테나 설계를 위한 시뮬레이션은 Zeland 사의 EM Simulator인 IE3D를 사용하였다. 제안한 안테나는 큰 U-슬롯이 있는 패치에 작은 역 U-슬롯을 삽입한 형태이다.

그림 2는 작은 역 U-슬롯의 세로 길이 변화에 따른 반사손실 특성을 보여준다. 세로 길이를 9 mm에서 11 mm, 그리고 13 mm로 변화함에 따라 높은 쪽의 공진 주파수는 6.40 GHz에서 5.75 GHz, 그리고 5.47 GHz로 변화하였다. 그러나 낮은 쪽의 공진주파수는 거의 변함이 없었다. 그러므로 작은 U-슬롯은 높은 쪽 공진주파수를 결정하는 것을 알 수 있다. 그림 3은 큰 U-슬롯의 세로 길이 변화에 따른 반사손실 특성을 보여준다. 세로 길이가 40.4 mm에서 30.4 mm, 그리고 20.4 mm로 감소함에 따라 낮은 쪽 공진 주파수가 2.44 GHz에서 2.59 GHz, 그리고 2.76 GHz로 높아졌다. 반면 높은 쪽 주파수는 거의 변화가 없었다. 그러므로 큰 U-슬롯은 낮은 쪽 공진주파수를 결정하는 것을 알 수 있다.

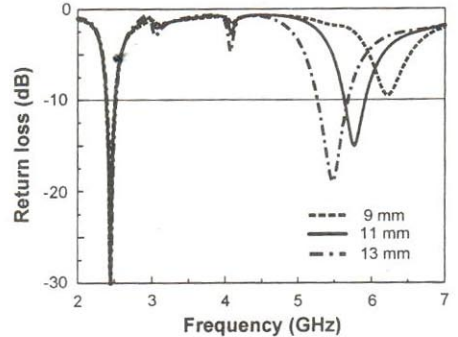


그림 2. 작은 U-슬롯 세로 길이에 따른 반사손실.

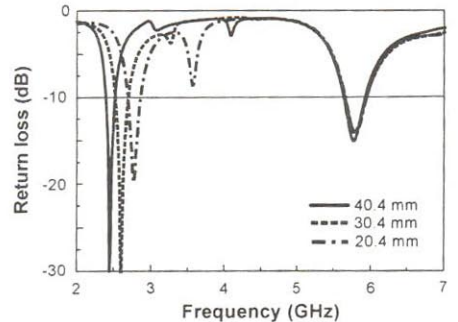


그림 3. 큰 U-슬롯 세로 길이에 따른 반사손실.

그림 4는 작은 역 U-슬롯의 위치 변화에 따른 반사 손실 변화이다.  $a_1$ 을 12.6 mm에서 9.6 mm로 감소시켰을 경우 높은 쪽 공진주파수가 5.75 GHz에서 6.52 GHz로 변환 반면,  $a_1$ 을 15.6 mm로 증가시키면 높은 쪽 공진주파수가 5.17 GHz로 낮아진다. 그림 5는 급전점의 위치 변화에 따른 반사 손실 변화이다.  $F$ 를 22.8 mm에서 17.8 mm로 감소시키면 낮은 쪽의 공진 주파수는 2.4 GHz로, 높은 쪽의 공진 주파수는 6.61 GHz로 변화하였다. 반대로  $F$ 를 27.8 mm로 증가시키면 낮은 쪽 공진 주파수는 2.8 GHz로, 높은 쪽 공진 주파수는 5.01 GHz로 변화하였다. 그림 6은 패치와 그라운드 사이의 높이 변화에 반사 손실 특성을 보여준다. 높이를 6 mm에서 3 mm로 낮추었을 경우 낮은 쪽 공진주파수는 2.56 GHz로, 높은 쪽 공진 주파수는 6.10 GHz로 높아졌고, 높이를 9 mm로 높이에 따라 낮은 쪽 공진주파수는 2.41 GHz로 높은 쪽 공진 주파수는 5.43 GHz로 낮아졌다.

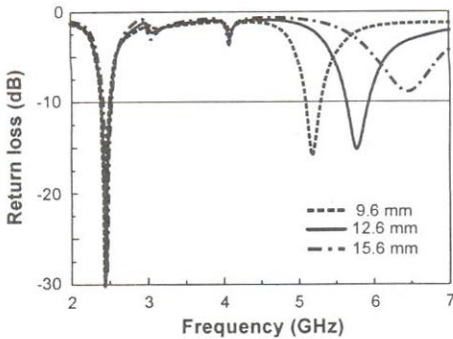


그림 4. 작은 U-슬롯 위치에 따른 반사손실.

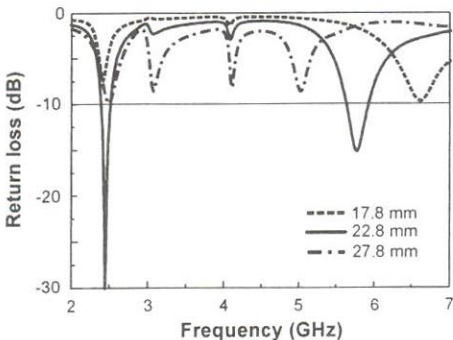


그림 5. 급전점의 위치에 따른 반사손실.

이상과 같은 결과를 바탕으로 최적화된 안테나의 설계 변수는 다음과 같다:  $L = 62$  mm,  $W = 45$  mm,  $h = 6$  mm,  $l_{s1} = 11$  mm,  $w_{s1} = 16.2$  mm,  $a_1 = 12.6$  mm,  $b_1 = 21.3$  mm,  $w_{s2} = 42.4$  mm,  $l_{s2} = 40.4$  mm,  $a_2 = 1.7$  mm,  $b_2 = 2.9$  mm,  $c_1 = 3.4$  mm,  $c_2 = 3.4$  mm,  $F = 28.8$  mm,  $d = 1.6$  mm이다. 최적화된 안테나는 낮은 쪽 공진주파수 2.44 GHz를 중심으로 2.384~2.508 GHz 까지 약 123 MHz의 대역폭을 가지며, 높은 쪽 공진주파수는 5.75 GHz를 중심으로 5.628~5.921 GHz 까지 약 293 MHz의 대역폭을 가진다.

그림 7은 낮은 쪽 중심 주파수인 2.44 GHz에서  $x-z$  평면과  $y-z$  평면의 복사패턴을 나타내었고, 그림 8은 높은 쪽 중심 주파수인 5.75 GHz에서의  $x-z$  평면과  $y-z$  평면의 복사패턴을 나타내었다. 낮은 쪽 중심주파수에서의 이득은 8.9 dBi이고 높은 쪽 중심 주파수에서의 이득은 6.3 dBi이다. 각각의 반전력 빔폭은 68°와 70°이다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11a/b 주파수 대역인 2400~2483 MHz와 5725~5825 MHz 대역을 포함하는 이중 U-슬롯 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 큰 U-슬롯은 낮은 쪽 공진을 유도하며 작은 역 U-슬롯은 높은 쪽 공진을 유도한다. 안테나의 대역폭은  $VSWR < 2$  를 기준으로 2.384~2.508 GHz와 5.628~5.921 GHz로 각각 123 MHz와 292 MHz의 대역폭을 가지며, 계산된 안테나의 최대 이득은 각각 8.9 dBi, 6.3 dBi이며, 반전력 빔폭은 68°와 70°를 가진다.

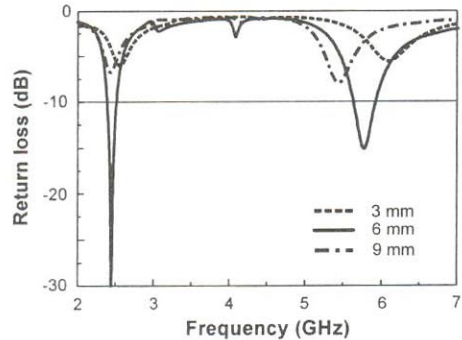
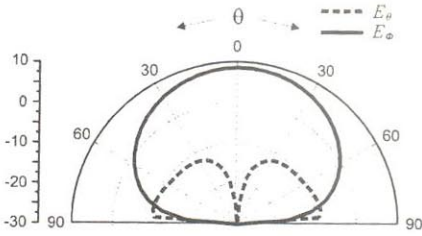
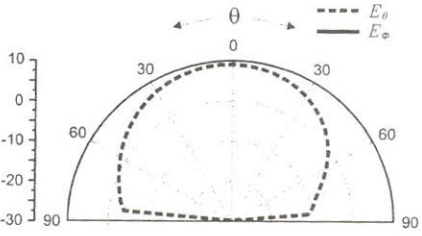


그림 6. 패치의 높이에 따른 반사손실.



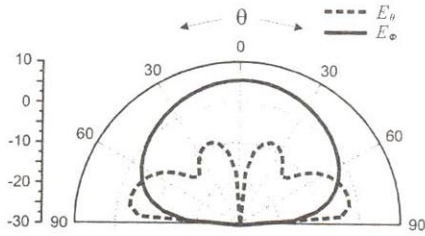


(a)

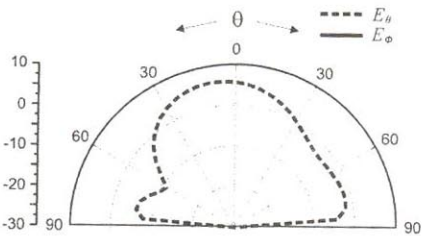


(b)

그림 7. 2.44 GHz 에서의 복사 패턴: (a) x-z 평면, (b) y-z 평면.



(a)



(b)

그림 8. 5.75 GHz 에서의 복사 패턴: (a) x-z 평면, (b) y-z 평면.

### 감사의 글

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음 [2006-S-020-01, 고속 이동체 인터넷 위성·무선 연동 기술].

### 참고 문헌

- [1] 고순주, "공중 무선랜 서비스의 제공현황분석", 전자통신동향분석, 19(2), pp. 7-46, 2004년.
- [2] 원광호, "WLAN 의 응용 및 발전 방향", 전자부품연구원 고속네트워크연구센터, 2001년 12월.
- [3] T. Huynh and K. F. Lee, "Single-layer single-patch wideband microstrip antenna," *Electron. Lett.*, vol. 31, no. 16, pp. 1310-1312, 1995.
- [4] K. F. Lee, K. M. Luk, K. F. Tong, Y. L. Yung, and T. Huynh, "Experimental study of a two-element array of U-slot patches" *Electron Lett.*, vol. 32, no. 5, pp. 418-420, 1996.
- [5] K. F. Lee, K. M. Luk, K. F. Tong, S. M. Shum, T. Huynh, and R. Q. Lee, "Experimental and simulation studies of the coaxially fed U-slot rectangular patch antenna," *IEEE Proc. Microwave Antennas Propag.*, vol. 144, no. 5, pp. 354-358, 1997.
- [6] W. C. Tzou, H. M. Chen, Y. C. Chen, and C. F. Yang, "Bandwidth enhancement of u-slot patch antenna on high permittivity ceramic substrate for bluetooth application", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 36, no. 6, pp. 499-501, 2003.
- [7] K. F. Tong, K. M. Luk, K. F. Lee, and R. Q. Lee, "A broad-band U-slot Rectangular patch antenna on a microwave substrate", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 48, no. 6, pp. 954-960, June 2000.
- [8] M. Clenet, C. B. Ravipati, and L. Shafai, "Bandwidth enhancement of U-slot microstrip antenna using a rectangular stacked patch", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 21, no. 6, pp. 393-394, 1999.
- [9] Y. X. Guo, K. M. Luk, and K. F. Lee, "Dual-band patch antenna with two U-shaped slots", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 26, no. 2, pp. 73-75, 2000.