

5GHz 대역에서 트리플 U-슬롯 모양의 마이크로스트립 안테나 설계 및 제작

Fabrication and Measurement of Triple U-shaped slot Microstrip Antenna in 5GHz band

강문규* 정유근** 주정민*** 정계택*** 윤중한**** 곽경섭***

Moon-Kyou Kang*, Yoo Keun Jung**, Jeong-Min Ju***, Gyey-Teak Jeong***,
Joong-Han Yoon****, Kyung-Sup Kwak***

요 약

본 논문에서는 기존의 연구에서 이루어진 HiperLAN 대역의 무선 LAN용 U-슬롯 모양의 안테나에 HiperLAN 1/2 및 5GHz 대역의 ISM 밴드의 대역폭 범위까지 다룰 수 있는 안테나를 설계하고, 제작하였다. 기본 U-슬롯 모양의 구조에 두 개의 U-슬롯 모양을 추가하여 새로운 모델을 제안하였다. 접지면과 기판 사이에 공기층을 삽입하여 VSWR<1.5에서 충분한 대역을 얻을 수 있도록 하였고, 안테나의 이득은 6.27~9.82dBi를 얻었다. 방사 패턴은 주파수 대역에서 안정된 패턴을 얻었다.

Abstract

In this paper, we designed, fabricated, and measured antenna results consisting of previous research, that can handle from wireless using-LAN U-shaped slot antenna of HiperLAN bandwidth to ISM band of HiperLAN 1/2 & 5 GHz bandwidth. We presented a new model that structures of basic U-shaped slot added the same thing twice. After the foam layer is inserted between ground plane and substrate, we got enough bandwidth for VSWR<1.5. The antenna gain was 6.27~9.82dBi. The radiation pattern got a stable pattern in frequency bandwidth.

key word : microstrip antenna, U-shaped slot antenna, 5GHz band, Wireless LAN

* 재능대학 컴퓨터 정보계열
(The School of Computer and Information Eng., Jeaneung College)
** 삼성전자 무선사업부 개발 1그룹 연구원
(The 1 Group of Development, Telecommunication Network Division, Samsung Electronics Co.)
*** 인하대학교 정보통신공학부
(The School of Information and Communication Engineering, Inha University)
**** 인하대학교 ITRC-UWB 센터
(ITRC-Ultra Wideband Research Center, Inha University)
接受日:2004年 2月 24日, 修正完了日:2004年 7月 6日

1. 서론

최근에 이동통신과 위성통신의 급속한 발달로 정보 화 사회에서 무선통신의 역할이 더욱 중요하게 되고 있다. 음성위주의 협대역 통신으로부터 출발한 무선통신 기술은 이제는 인터넷, 멀티미디어와 같은 광대역 통신으로 빠르게 변화하고 있다. 현재 IMT-2000과 초고속 이동통신을 이용한 4세대 이동통신 등 새로운 무

This research was supported by University IT Research Center Project of Inha UWB-RC, Korea

선 서비스의 상용화가 현실화되고 있다. 이러한 무선 통신의 기반을 형성하는 기술 중에 하나가 바로 안테나 기술이고, 그 성능이 통신의 성능을 좌우할 수 있으므로 그 중요도가 계속 증가하고 있는 추세이다.

한편, 차세대 무선 LAN 기술과 관련하여서는 이미 미국의 표준화기구인 IEEE에서는 5GHz대역에서 6~54Mbps의 전송속도를 갖는 OFDM 방식의 IEEE 802.11a 무선 LAN 표준안으로 확정하였고, 유럽의 표준화기구 (ETSI)에서도 이와 유사한 물리계층을 갖는 HIPERLAN/2를 고속 무선 LAN의 표준안으로 확정하였으며, 국제 표준화 기구인 ITU-R에서 광대역 무선 LAN에 대한 권고안을 작성하였다. HIPERLAN/2는 기존의 이더넷 기반의 지역망뿐만 아니라 UMTS망, ATM망, IP망 등의 이동 단말과 유선 광대역망과 같은 공중망의 연동 지원이 가능하기 때문에 3세대 이후의 무선 통신 시스템에서 요구되는 2Mbps이상의 고속 인터넷과 광대역 멀티미디어 서비스에 적합하다고 판단되어진다[1].

무선 LAN용 안테나로서는 기존의 마이크로스트립 안테나가 주로 사용되고 있다[2]. 마이크로스트립 패치 안테나는 제작이 쉽고, 인쇄 회로 기술로 대량 생산이 가능하며 소형, 경량의 장점이 있는 반면에 주파수 대역폭이 좁고, 안테나 이득이 작으며, 유전체 손실로 효율이 낮다. 마이크로스트립 안테나의 대역폭을 증가시키기 위해 여러 연구가 진행되었고, 기생 소자를 추가하는 방법인 U-슬롯 안테나는 마이크로스트립 패치 안에 U자 모양의 슬롯을 삽입함으로써 부피를 증가시키지 않으면서 대역폭을 늘릴 수 있어 많은 연구가 진행되고 있다[3]-[6].

따라서, 본 논문에서는 기존의 연구에서 이루어진 HiperLAN 대역의 무선 LAN용 U-슬롯 모양의 안테나에서 HiperLAN 1/2와 5GHz 대역의 ISM 밴드의 대역폭 범위까지를 다룰 수 있도록 U-슬롯 모양에 두 개의 U-슬롯 구조를 추가함으로써 새로운 모양의 안테나를 설계하고, 제작함으로써 앞으로 5GHz 대역의 무선 통신 안테나로 이용하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기본적인 U-슬롯 모양의 안테나의 기본 이론과 제안된 안테나의 최적화 과정을 설명하였으며 3장에서는 제안된 방법이 최적화된 U-슬롯 모양의 마이크로스트립 안테나의 제작 및 측정 결과에 대해 설명하였다. 마지막으로 4장에서는 이 논문의 결론을 맺는다.

II. 다중 U-슬롯 마이크로스트립 안테나

마이크로스트립 안테나 중에서 일반적으로 가장 많이 쓰이는 안테나가 바로 구형 패치 안테나이다. 이 구형 패치 안테나를 해석하는 방법으로는 전송선로 방법과 공진기 모델을 이용하는 방법이 있으나, 본 논문에서는 좀 더 간편하고 쉬운 슬롯-전송선로 방법을 이용하여 안테나의 물리적인 개념을 고찰하였다.

1. 슬롯-전송선 모델링 해석

Munson[7]의 전송선 모델링은 그림 1과 같이 해석할 수 있다. 마이크로스트립 패치 길이 L 을 인가하는 주파수의 반과장이 되도록 만들고 패치에 전원을 인가하면 패치면과 접지면 사이에는 그림 1의 (a)와 같이 전계가 분포하게 된다. 이때 패치 양쪽에서 누설되는 전계가 마이크로스트립 전송선로의 복사손실이며 이 값이 클수록 안테나의 성능은 향상된다. 누설전계의 성분을 그림 1의 (a)와 같이 접지면에 수직인 성분과 수평인 성분으로 나누면 수직성분은 상쇄되어 없어지고 수평성분만 남게 되어 원거리 전자계에서 합해지게 된다. 그러면 마이크로스트립 패치는 그림 1의 (b)와 같이 거리 L 을 두고 떨어져 있는 슬롯 A, B의 형태로 생각할 수 있으며, 그림 2와 같이 등가회로로 나타낼 수 있다[8]. 그림 2에서 jB 는 누설전계에 의한 양으로써 실제적으로 패치의 길이를 Δl 만큼 보상하여 주어 야만 한다. ($B = wC$) 즉, 다시 말해서 패치의 길이는 $L + \Delta l$ 일 때 비로소 정확한 공진이 일어나게 되는 것이다. 이 그림 2에서 G 는 슬롯 A, B를 통하여 손실이 일어나는 복사 컨덕턴스(Conductance)이며, 두 슬롯에 의한 어드미턴스(Admittance)의 합이 전체 어드미턴스가 되는 것이다. 다음으로 구형 마이크로 스트립 패치 안테나의 공진 주파수를 구하여 보자. 이미 알고 있듯이 마이크로스트립 패치 안테나의 공진 주파수에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 패치의 길이 L 이다. 패치길이 L 이 원래는 $\lambda_g/2$ 이어야하나 실제로는 $\lambda_g/2$ 보다 약간 적은 길이를 사용한다[10]. 예를 들어 보통 마이크로스트립 패치의 길이 L 은 $0.48\lambda_g \sim 0.49\lambda_g$ 사이가 된다. 여기서 λ_g 는 관내 파장 (Guided Wavelength)으로서 $\lambda_g = \lambda_0/\sqrt{\epsilon_r}$ 이다. 그리고, 실제로 패치 길이가 $\lambda_g/2$ 로 되지 못하는 이유는 앞에

서도 말한바와 같이 누설전계에 의한 Δl 길이 때문이며 Harrington은 이 부분을 프링징 필드(Fringing Field)로서 공진 주파수를 구하였다.

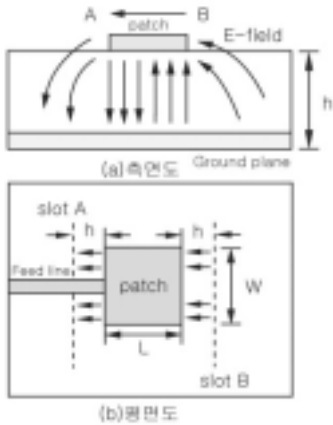


그림 1. 구형 마이크로 스트립 안테나의 슬롯-전송선 모델링

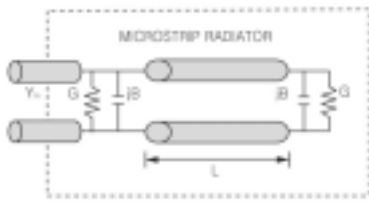


그림 2. 마이크로스트립 안테나의 등가회로

2.U-슬롯안테나[9][10]

기본적인 U-슬롯 안테나는 그림 3에서 보는 바와 같이 기본 패치에 U-자 모양의 슬롯을 넣은 구조를 갖는데 방사하는 면의 모서리의 밑 부분에 위치한 슬롯은 기본 공진 모드를 발생시키는 전류분포를 교란하여, 그 근접 주파수에서 또 다른 공진을 일으키게 한다. 이는 사각형 패치의 공진 특성과 결합하여 이중 공진 특성을 얻는 장점을 가지고 있다. 첫 번째 공진은 마이크로스트립 패치에 의해 발생되는 것이고, 두 번째 공진은 U-슬롯에 의하여 발생 되는 것이다. 이러한 두 개의 공진 주파수가 서로 이격되어 있으면 이중 공진 안테나가 되는 것이고, 두 개의 공진 주파수를 거의 일치하도록 가까이 위치시키면 광대역 안테나가

되는 것이다. 일반적으로 이중 공진 특성의 안테나는 스미스 차트상의 임피던스 궤적에서 대, 소 두 개의 루프가 생성된다. 특히 큰 루프내의 작은 루프의 위치와 크기가 안테나의 임피던스 대역폭을 결정한다. 스미스 차트상의 작은 루프를 가변시키는 파라미터는 사각형의 패치의 폭과 같이, U-슬롯 길이와 모양, 기판의 두께와 비유전율 등이 있다. 또한 방사하지 않는 면에 있는 두 개의 슬롯은 E-평면 방향과 직교하는 전류를 줄여 패치의 정방향으로 발생하는 교차편파를 감소시키는 역할을 한다. 이러한 U-슬롯의 방사패턴 특성은 패치의 정방향으로 약 20°정도의 범위 내에서는 교차 편파가 거의 없다. 그래서 선형 편파를 사용하는 경우에 동일 편파와 교차 편파간에 분리가 좋아 개구 결합 급전 방식을 사용한 배열화를 통해 보다 높은 이득을 얻을 경우에 유용하게 사용될 수 있다. 그러나, 여전히 좌우로 향하고 있는 전류분포에 의해 H-평면 방사패턴에서는 교차편파의 증가를 예상할 수 있다. 따라서, 큰 편파 이격도를 요구하는 시스템에 적용할 때 이러한 점을 고려하여야 한다. 또한 U-슬롯 안테나는 동축 급전 방식과 개구결합 급전방식을 사용하는데, 일반적으로 동축 급전 방식을 사용하고 있다. 이 방식은 임피던스 정합이 쉽고 스퍼리어스 복사가 적으나, 패치의 도체면에 물리적으로 접합을 시켜야 하며 대역폭이 좁아지는 단점을 가지고 있다. 이러한 단점들은 두꺼운 기판을 사용하거나, 방사소자 급전소자 사이에 공기층을 삽입시키는 방법에 의하여 극복될 수 있다. 공기층은 보통 비유전율이 1인 foam을 사용하는데 이는 안테나를 표면에 부착할 때 용이하도록 하기 위해서다. 하지만 너무 두꺼운 기판을 사용하면 안테나 효율이 떨어지고, 임피던스 정합에 어려움이 있게 된다. 그러므로 공기층의 삽입은 시뮬레이션을 할 때, 최적화 하는 과정이 어렵고, 안테나 제작시 정밀성이 요구되는 부분이 되기도 한다.

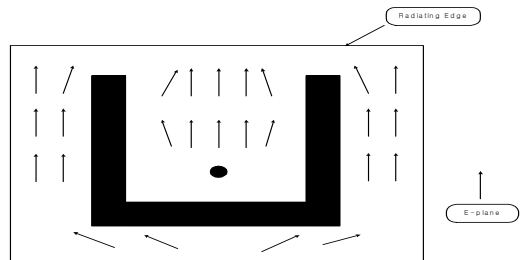
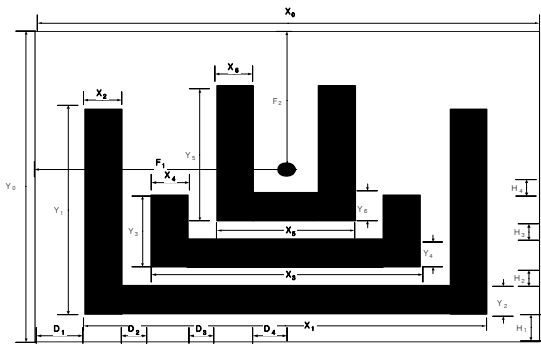


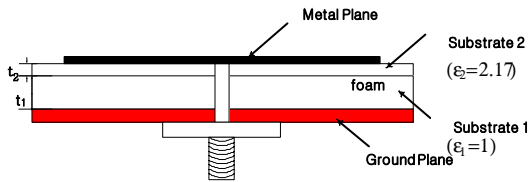
그림 3. U-슬롯에 의해 교란된 전류분포

3. 시물레이션을 통한 최적화

본 논문에서는 실내 외 무선 LAN용 5GHz대역에서 실용 가능한 다중 U-슬롯 모양의 마이크로스트립 안테나를 제안하고, 제작하였다. 추가된 U-슬롯 모양은 동작 대역의 특성을 개선하는 역할을 한다. 접지면과 기판 사이에는 대역폭을 개선하기 위해 공기층을 삽입하였으며, 실제 제작시 공기층으로는 비 유전율이 1인 foam을 사용하였다. 설계된 안테나의 구조는 그림 4에 나타나 있다. 모든 시물레이션은 무선 LAN 규격에 준하여 제작하였고, 동작 대역에서 VSWR<1.5가 되도록 하였다.



(a) 평면도



(b) 측면도 및 급전 방법

그림 4. 제안된 안테나의 구조

$$L \approx 0.49 \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \tag{1}$$

먼저, 식 (1)을 이용하여 패치 크기를 결정하였고, U-슬롯 모양이 삽입되면 이 식을 적용할 때 오차가 있으므로 많은 시물레이션을 통해 최적의 패치 크기를 얻었다. 시물레이션을 통해 U-슬롯 모양들의 두께, 길이 및 위치의 변화, 동축 급전의 위치 변화, 공기층의 두께에 따른 반사계수를 측정해 보며 최적의 조건으로 안테나를 설계하였다.

첫번째, 큰 U-슬롯 모양의 너비 X_2 의 길이에 따른 반사 계수의 변화를 살펴보았다. X_2 을 1.5mm에서 2.5mm까지 0.5mm 간격으로 변화시킨 시물레이션 결과를 그림 5에 나타냈다. 공진점의 변화를 보면 길이가 증가함에 따라 첫번째 공진 주파수는 조금씩 왼쪽(낮은 주파수)으로 움직이고, 두번째 공진 주파수도 왼쪽(낮은 주파수)으로 움직인다. 세번째 공진 주파수는 비슷한 값을 갖는 것을 확인할 수 있다. 이때, 길이가 작아지면 반사 계수 특성은 좋으나, 대역폭이 줄어들음을 확인할 수 있었다. 반대로 길이가 증가하면 약간 넓은 대역폭을 얻을 수 있으나, 반사 계수 특성이 좋지 않게 된다. 따라서, 원하는 대역에서 가장 좋은 특성을 갖게 되는 $X_2 = 2.0mm$ 을 선택하였다.

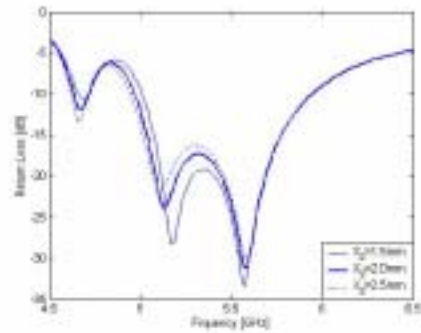


그림 5. 큰 U-슬롯 모양 너비 X_2 의 변화에 따른 반사 계수

두번째, 중간 U-슬롯 모양의 너비 X_4 의 변화에 따른 반사 계수의 변화를 살펴보았다. 이에 따른 변화를 그림 6에 나타냈다. 공진점의 변화를 보면 길이가 증가함에 따라 첫번째 공진 주파수는 왼쪽(낮은 주파수)으로 움직이고, 두번째 공진 주파수는 오른쪽(높은 주파수)으로 움직인다. 세번째 공진 주파수는 왼쪽(낮은 주파수)으로 움직이는 것을 확인할 수 있다. 이때, 길이가 작아지면 원하는 대역에서 반사 계수 특성은 좋으나, 대역폭이 줄어들음을 확인할 수 있었다. 반대로 길이가 증가하면 약간 넓은 대역폭을 얻을 수 있으나, 반사 계수 특성이 좋지 않게 된다. 따라서, 큰 U-슬롯 모양의 너비와 같은 길이인 $X_4 = 2.0mm$ 을 선택할 때 좋은 특성을 가짐을 알 수 있다.

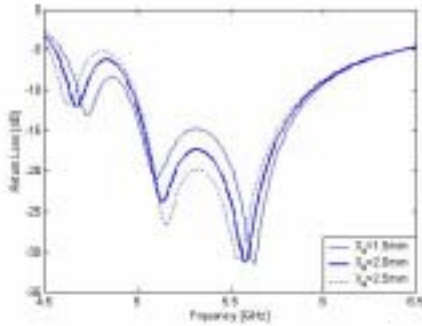


그림 6. 중간U-슬롯 모양 너비 X_4 의 변화에 따른 반사 계수

세번째, 중간 U-슬롯 모양의 세로 길이 Y_3 의 변화에 대하여 살펴보았다. 그림 7에서 보여지는 것처럼 공진점의 변화를 보면 길이가 작아지는 경우는 두 개의 공진 주파수가 나타나는데 첫번째 공진 주파수는 왼쪽(낮은 주파수)으로 움직이고, 두번째 공진 주파수는 비슷한 값을 갖는다. 세번째 공진 주파수는 조금 왼쪽(낮은 주파수)으로 움직이는 것을 확인할 수 있다. 길이가 작아지면 반사 계수 특성은 좋으나, 원하는 대역폭을 벗어남을 알 수 있었다. 반대로 길이가 증가하면 반사 계수 특성은 좋으나, 대역폭이 약간 좁은 것을 확인할 수 있다. 따라서, 최적의 조건으로 $Y_3 = 4.9mm$ 을 결정할 수 있다.

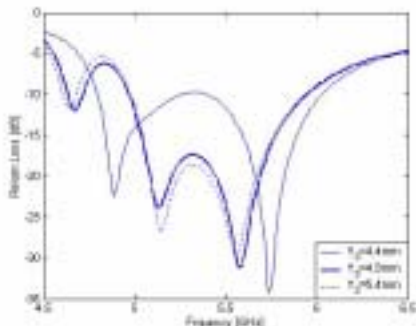


그림 7. 중간 U-슬롯 모양 세로 길이 Y_3 의 변화에 따른 반사 계수

네번째, 가로축 사이 간격 D_1 의 변화에 따른 반사 계수를 측정하였다. 원하는 대역에서 가장 좋은 특성을 나타내는 D_1 의 값을 $D_1 = 6.9mm$ 으로 결정하였다. 공진점의 변화를 보면 첫번째 공진 주파수는 거의 비슷한 값을 갖고, 길이가 작아지는 경우는 전혀 다른 특성을 나타냈다. 반사 계수 특성은 어느 정도 좋으나, 원하는 대역폭에 미치지 못한다. 길이가 증가하면 두번째 공진 주파수는 오른쪽(높은 주파수)으로 움직이고, 세번째 공진 주파수도 오른쪽(높은 주파수)으로 움직이는 것을 확인할 수 있다. 길이가 증가하면 반사 계수 특성도 좋으나, 원하는 대역폭에 벗어나 있다. 따라서, 5~6GHz 사이에서는 $D_1 = 6.9mm$ 이 가장 적당한 값이라고 판단할 수 있다.

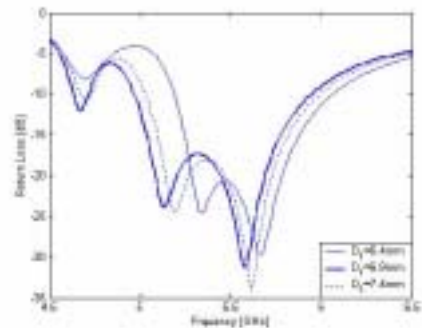


그림 8. 가로축 사이 간격 D_1 의 변화에 따른 반사 계수

다섯번째, 동축 급전의 위치에 따른 변화를 관찰하였다. $F_1 = 20.7mm$ (패치의 가로면에서 가운데)로 고정시키고, F_2 의 길이를 변화시키면서 시뮬레이션한 결과를 그림 9에 나타냈다. 공진점의 변화를 보면 길이가 증가해도 첫번째 공진 주파수 같은 값을 갖게 되고, 두번째 공진 주파수는 오른쪽(높은 주파수)으로 움직인다. 세번째 공진 주파수는 왼쪽(낮은 주파수)으로 움직이는 것을 확인할 수 있다. 이때, 길이가 작아지면 넓은 대역폭을 얻을 수 있으나, 반사 계수 특성은 좋지 않다. 반대로 길이가 증가하면 반사 계수 특성은 좋으나, 원하는 대역폭에 미치지 못하게 된다. 따라서, $F_2 = 11.9mm$ 에서 가장 좋은 특성이 나타난다고

할 수 있다.

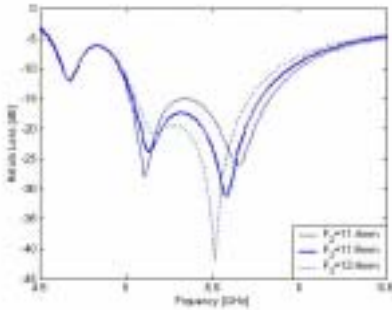


그림 9. 동축 급전의 위치 F_2 의 변화에 따른 반사 계수

마지막으로, 공기층의 두께 변화에 따른 반사 계수 특성을 알아보았다. 이를 그림 10에 나타냈다. 공기층은 foam으로써 비 유전율이 1인 것을 사용하였다. 공기층의 두께 변화는 작은 변화에도 반사 계수에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 공기층의 두께는 두께가 두꺼워지면 원하는 대역폭에 미치지 못하고, 반사 계수 특성도 안 좋아짐을 알 수 있다. 반대로, 얇아지면 원하는 대역폭은 만족하게 되나, 반사 계수 특성이 좋지 않음을 확인할 수 있다. 공기층의 두께가 $t_1 = 4.8mm$ 일 때 두 조건을 충족하는 특성을 나타냈다.

시뮬레이션한 결과 Y_3 와 D_1 의 변화는 다른 파라미터에 비해 반사 계수 특성에 많은 변화를 보이는 것을 알 수 있었다. 이외에도 동축 급전의 위치와 공기층의 두께는 안테나 제작시에 주의해야 할 부분이었다. 이러한 과정을 거쳐 얻어낸 최적의 안테나 파라미터

터를 표 1에 나타냈다.

패치의 전체 크기는 $X_0 = 41.4mm$, $Y_0 = 26.8mm$ 이다. 여기서 공기층은 비 유전율이 1인 foam을 사용하였고, 그 때 가장 좋은 특성을 나타내는 조건은 $t_1 = 4.8mm$ 이다.

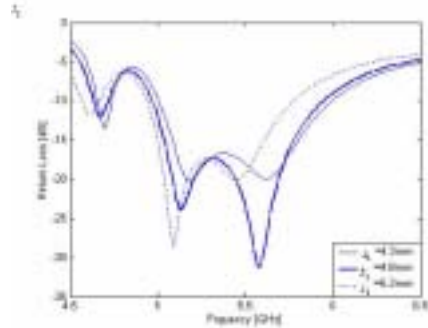


그림 10. 공기층의 두께 t_1 의 변화에 따른 반사 계수

III. 안테나제작및 측정

표 1의 조건을 가지고 안테나를 제작한 결과 5~6GHz 대역에서 VSWR<1.5로 좋은 특성을 나타냈다. 반사 계수 특성은 단일 U-슬롯 모양 안테나의 경우, VSWR<2의 대역폭은 넓은 반면에 VSWR<1.5 대역폭은 비교적 협소한 면이 있다. 그러나, 두 개의 U-슬롯 구조를 추가한 경우, VSWR<1.5의 대역폭이 넓게 나타남을 관찰할 수 있었다.

안테나는 비 유전율이 2.17 이고, 두께가 1.57 mm 인 Taconic TLY-5A-0620-C1/C1 기판을 사용하여 제

표 1. 최적화된 안테나 파라미터 (단위:mm)

X_1	U-슬롯 모양의 세로축 길이 27.60	가로축 사이 간격 Y_1	18.00	D_1	6.90	세로축 사이 간격		급전 위치	
						H_1	1.90	F_1	20.70
X_2	2.00	Y_2	2.00	D_2	2.40	H_2	1.75	F_2	11.90
X_3	18.80	Y_3	4.90	D_3	2.40	H_3	1.75		
X_4	2.00	Y_4	2.00	D_4	3.00	H_4	3.50		
X_5	10.00	Y_5	15.00						
X_6	2.00	Y_6	2.00						

작하였다. 접지면과 기판 사이에는 비유전율이 1인 foam을 삽입하였으며, 동축 급전 방식으로 제작하였다. 제작된 안테나의 VSWR 측정은 HP 8510C Network Anal. 을 이용하였다.

실제 제작한 안테나의 정면도와 측면도는 다음 그림 11 (a), (b)와 같다.



(a) 정면도



(b) 측면도

그림 11. 실제 제작된 트리플 U-슬롯 모양 마이크로스트립 안테나

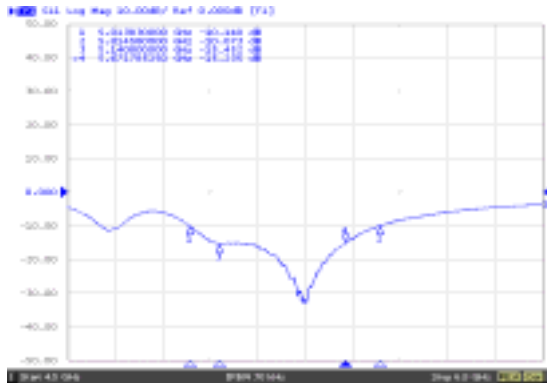


그림 12. 측정된 반사계수

실제 측정된 반사계수는 그림 12과 같다. 초기값은 4.5GHz이고, 최종값은 6.5GHz이며 한 칸의 간격은 200MHz이다. 그림에서 보는 것처럼 -15dB 이하를 만

족하는 대역은 5.14GHz~5.67GHz이다.

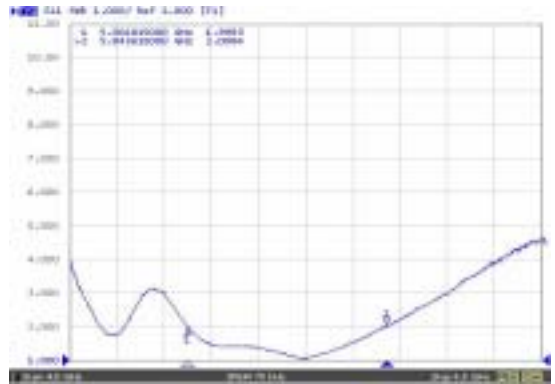
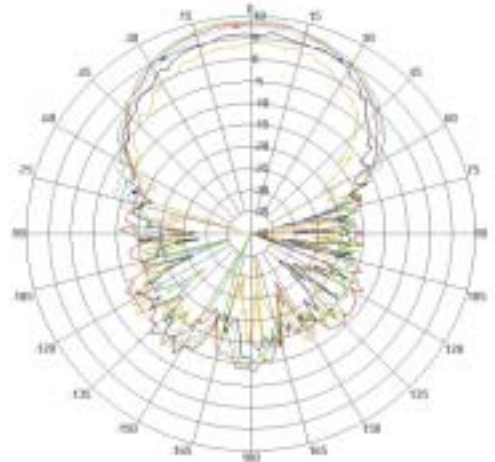


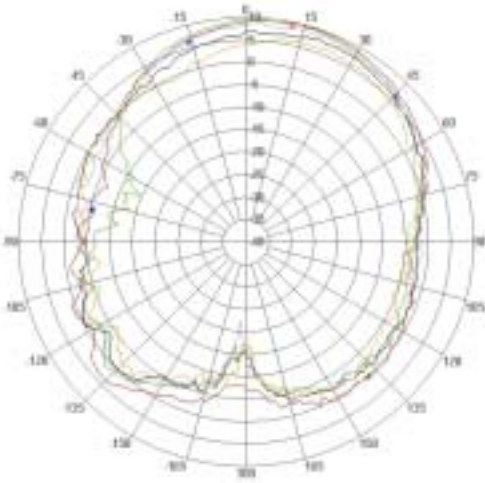
그림 13. 측정된 VSWR

그림 13은 실제 측정된 VSWR에 대한 측정된 결과를 나타낸다. 측정된 결과를 통해, $VSWR < 1.5$ 에서 610MHz(11.3%)의 대역폭을 얻었다.

방사 패턴은 azimuth와 elevation으로 각각 5.1GHz에서 5.9GHz까지 0.2GHz 간격으로 측정하였다. 즉, 5.1,5.3,5.5,5.7,5.9GHz에서 측정하였다. 실제 측정된 방사패턴의 azimuth와 elevation은 그림 14의 (a),(b)와 같다. 3-dB 빔폭은 azimuth와 elevation에서 각각 53.87와 64.18로 나타났다. 방사 패턴은 주파수 대역에서 안정된 패턴을 얻었다.



(a) azimuth



(b) elevation

그림 14. 측정된 방사 패턴

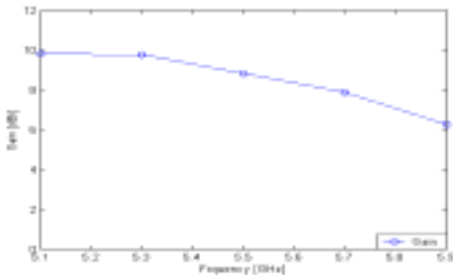


그림 15. 측정된 이득

그림 15은 이득에 대한 측정된 결과를 나타낸다. 실제 제작된 안테나의 이득은 6.27~9.82dBi를 얻었다. 따라서, 제안된 안테나가 실제 적용 가능하다고 판단되어진다.

IV. 결론

본 논문은 무선 통신의 증가에 따라 IEEE 802.11a와 HiperLAN 1/2에서 논의된 무선 LAN 사용 주파수의 대역을 동작 주파수로 하여 기존의 연구되어진 U-슬롯 모양에 두 개의 U-슬롯 구조를 추가하여 새로운 모양을 설계하고, 제작하였다. 모든 설계는 Ensemble

5.0을 사용하여 시뮬레이션하였다. 주요 파라미터 값을 변화시켜 최적화된 값을 얻었으며, 특히 U-슬롯 모양, Y_3 와 D_1 의 변화는 다른 파라미터에 비해 반사 계수 특성에 많은 변화를 보이는 것을 알 수 있었다. 제작된 안테나는 VSWR<1.5에서 610MHz(11.3%)의 충분한 대역을 얻을 수 있도록 하였고, 이득은 6.27~9.82dBi를 얻었다. 3-dB 빔폭은 azimuth와 elevation에서 각각 53.87와 64.18로 나타났다. 방사 패턴은 주파수 대역에서 전방향성의 일정한 형태의 패턴을 얻었다. 측정된 결과를 바탕으로 제안된 방법이 실제 안테나 시스템에 적용 가능할 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] 오승곤, "국내의 5GHz 대역 주파수 이용 동향," 한국통신학회논문지, vol. 19, no. 5, pp. 727-736, 2002.
- [2] K. F. Tong, K. M. Luk, K. F. Lee, and S. M. Shum, "Analysis of broadband U-slot microstrip antenna," IEE Tenth Int. Conf. Antennas Propagat., vol. 1, 1997, pp. 110-113.
- [3] J. Rosa, R. Nunes, A. Moleiro, and C. Peixeiro, "Dual-band microstrip patch antenna element with double U slots for GSM," IEEE Antennas Propagat. Soc. Int. Symp. Digest, vol. 3, 2000, pp. 1596-1599.
- [4] R. Bhalla and L. Shafai, "Resonance behavior of single U-slot and dual U-slot antenna," IEEE Antennas Propagat. Soc. Int. Symp. Digest, vol. 2, 2001, pp. 700-703.
- [5] Y. X. Guo, K. M. Luk, K. F. Lee and Y. L. Chow, "Double U-slot rectangular patch antenna," Electron. Lett., vol. 34, no. 19, pp. 1805-1806, 1998.
- [6] 오은실, 윤영중, "이중 U-슬롯을 이용한 광대역 마이크로스트립 안테나," 한국통신학회논문지, vol. 27, no. 7B, pp. 727-736, 2002.
- [7] R. S. Munson, "Conformal microstrip antennas and microstrip phased arrays," IEEE Trans. Antennas and Propagation, vol. 22, pp. 74-78, 1974.
- [8] K. R. Carvar and J. W. Mink, "Microstrip

antenna technology," IEEE Trans. Antennas and Propagation, vol. 29, no. 1, pp. 2-24, 1981

[9] S. Weigand, G. H. Huff, K. H. Pan, and J. T. Bernhard, "Analysis and Design of Broad-Band Single-Layer Rectangular U-Slot Microstrip Patch Antennas," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 51, pp. 457-468, Mar. 2003.

[10] 윤중환, 정계택, 최현규, 광경섭, "5.25GHz 대역 무선 LAN 다중 U-슬롯 모양의 마이크로스트립 안테나 설계 및 제작," 한국통신학회논문지, vol. 28, no. 6A, pp. 414-424, 2003.

저 자 소 개

姜 文 奎 (회원신청중)



1979년 2월 인하대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
 1982년 2월 인하대학교 대학원 전자공학 전공(공학석사)
 1995년 9월 ~ 현재 인하대학원 대학원 전자공학과 통신전공(박사과정)

1991년 ~ 현재 재능대학 컴퓨터 정보계열 부교수
 주관심분야 : 위성통신 이동통신, 통신네트워크, 무선인터넷, 안테나 설계

鄭 有 根 (회원신청중)

2002년 2월 인하대학교 전자공학과 학사 졸업(공학사)
 2004년 2월 인하대학교 정보통신전문대학원 졸업(공학석사)
 2004년 3월 ~ 현재 삼성전자 무선사업부 개발 1그룹 연구원
 주관심분야 : 위성통신 이동통신, 통신네트워크, 무선인터넷, 안테나 설계

朱 理 晷 (회원신청중)

2003년 2월 인하대학교 전자공학과 학사 졸업(공학사)

2003년 3월 ~ 현재 인하대학교 정보통신공학부 대학원 재학 중
 주관심분야 : 위성통신 이동통신, 통신네트워크, 안테나 설계

鄭 桂 澤 (회원신청중)

2003년 2월 인하대학교 전자공학과 학사 졸업(공학사)
 2003년 3월 ~ 현재 인하대학교 정보통신공학부 대학원 재학 중
 주관심분야 : 통신이론, 전자장 이론 및 산란, 안테나 설계

尹 中 漢 (正會員)



1994년 2월 인하대학교 전자공학과 학사 졸업(공학사)
 1996년 8월 인하대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)
 2003년 2월 인하대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학박사)

2003년 3월 인하대학교 IT신기술 연구소 Post-Doc.
 2004년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 ITRC-UWB 센터 Post-Doc.
 주관심분야 : 전자장 이론 및 산란, 안테나 설계

郭 慶 燮 (正會員)



1977년 2월 : 인하대학교 전기공학과 졸업(공학사)
 1981년 12월 : 미국 Univ. of So. Calif. 대학원(EE석사)
 1988년 2월 : 미국 University of Calif. San Diego (통신이론 및 시스템 박사)

1988년 2월 ~ 1989년 2월 : 미국 Hughes Network Systems 연구원
 1989년 2월 ~ 1990년 3월 : 미국 IBM Network Analysis Center 연구원

2000년 3월 ~ 2002년 2월 : 인하대학교
정보통신전문대학원 초대원장
1990년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 정보통신공학부
교수
2002년 1월 ~ 2003년 12월 : 통신학회 부회장
2004년 1월 ~ 현재 통신학회 감사
2003년 8월 ~ 현재 : 인하대학교 IT신기술 연구소
소장, ITRC-UWB 연구센터장

주관심분야 : 위성통신 이동통신, 통신네트워크, 무선
인터넷