

# WiMAX를 위한 3-밴드 슬롯 안테나에 관한 연구

정회원 윤성현\*, 황성범\*\*, 정광민\*\*\*

## A Study on the Tri-band slot Antenna for WiMAX

Sung-Hyun Yoon\*, Sung-Byum Hyaung\*\*, Kwang-Min Jeong\*\*\* *Regular Members*

### 요약

본 연구에서는 WiMax용 3중 밴드 구형 슬롯 안테나를 제안하였다.  $50\Omega$  마이크로스트립 선로로 급전되는 제안된 안테나는 임피던스 정합을 위하여 3개의 tapered된 마이크로스트립 선로로 급전하고, 두 개의 U-형태 스트립을 적절히 배치하였다. 두 개의 U-자형 스트립을 도입하여 제안된 안테나는 3개의 독립된 임피던스 대역폭이 발생되었다. 또한, 3-tapered 마이크로스트립과 2개의 U-슬롯의 크기와 위치를 조절하여 2.5, 3.5, 5.5 [GHz] 주파수에서 안테나의 입력 임피던스를 최적화하여 3중 밴드로 동작하는 WiMax용 안테나로 사용될 수 있다.

### ABSTRACT

In this study, we proposed 3-band rectangle microstrip slot antenna for WiMAX. The proposed antenna fed by  $50[\Omega]$ -microstrip line with 3-tapered microstrip line for impedance matching and used two U-shaped strip. By introducing two U-shaped strip, the proposed antenna generated three separate impedance bandwidth. Also, by optimizing the dimension and position of the 3-tapered microstrip, 2-U slot, we optimize input impedance of the antenna at frequency of 2.5, 3.5, 5.5 [GHz], that is can be used for WiMax antenna that has tri-band operation.

**Key Words** : WiMax, 3-band Antenna, U-Shape Antenna,, 3-Tapered Microstrip Line

## I. 서론

최근, 무선 기술의 빠른 발전에 의해서, 많은 무선 제품들이 소비자에게 제공되고 있다. 이러한 무선 제품의 안테나 추세는 다중 밴드 이거나 광대역화를 요구한다. 또한 WiFi, WiBro, WiMAX를 하나의 통신 기기에 통합하기 위해서는 이러한 다중밴드 안테나가 요구된다. U-자형 슬롯 안테나의 광대역 특성은 많은 문헌에서 제시되어있다<sup>[1,2,3]</sup>. 최근에는 5 GHz WLAN을 위하여 다중 U-slot 패치 안테나가 보고되었고<sup>[4]</sup>, WiMAX 응용을 위하여 모노폴

안테나도 제안되었다<sup>[5]</sup>. 또한 다양한 WLAN 환경하에서도 작동하기 위해서 이중 밴드 주파수에서 동작하는 안테나가 제시되었다.<sup>[6,7,8]</sup> 본 연구의 목적은 기존의 문헌<sup>[9]</sup>에서 2.4GHz,와 5.7GHz에서 dual-band로 동작하는 WLAN용 안테나를 tri-band WiMax로 동작하게 하는 것이다. 특히, 중간 주파수에 해당되는 3.4 - 3.69 [[GHz]범위에서  $S_{11}$ 이  $-10dB$  이하가 되게 하는 것이다. 이것을 위하여 본 연구에서는 슬롯 안테나의 입력 임피던스가 주파수에 따라서 변한다는 관점에서, 급전선과 입력 임피던스의 정합을 위하여 두 개의 U-slot와 3개의 tapered 마이크로

\* 본 논문은 2011년도 교육과학기술부사업에 의해 연구되었음.

\* 경남정보대학 정보통신계열 (yoon1@kit.ac.kr), (° : 교신저자)

\*\* 경남정보대학 정보통신계열(Hwong@kit.ac.kr), \*\*\* 경남정보대학 정보통신계열 (Kmjeong@kit.ac.kr)

논문번호 : 11028-1208, 접수일자 : 2011년 12월 08일, 게재확정일자 : 2012년 1월 6일

스트립 선로를 사용하여 2.5, 3.5, 5.5[GHz]에서 동작하는 WiMAX용 3-밴드 슬롯 안테나에 관하여 연구하고자 한다.

## II. 안테나 디자인

두 개의 U-slot과 3개의 마이크로스트립 선로 급전을 가지는 제안된 안테나의 구조는 그림 1,2 와 같고, 제작된 안테나는 그림 3,4와 같다. 안테나의 윗면, 아랫면의 설계 제원은 표1, 표2와 같다. 제안된 안테나의 최적의 기하학적 제원은 CST MWS 시뮬레이션 툴을 이용하여 얻었다. 사용된 기판은 FR4 ( $\epsilon_r = 4.4$ , 두께  $h = 1.6mm$ ) 이며, tapered 마이크로스트립을 사용한 이유는 임피던스 정합을 쉽게 하기 위해서다. 두 번째 U-slot를 사용한 이유는 3밴드 WiMAX의 중간 주파수를 얻기 위한 것이다.

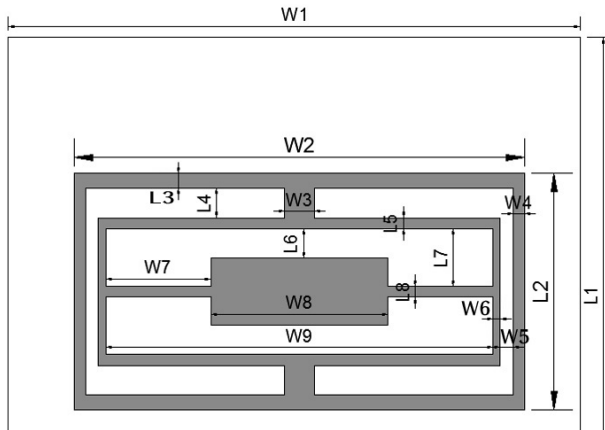


그림 1. 제안된 안테나의 모형도의 윗면

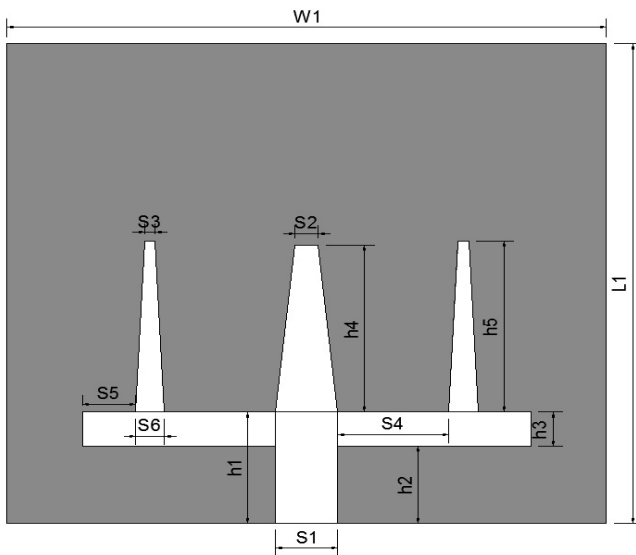


그림 2. 제안된 안테나의 모형도의 아랫면

표 1. 윗면의 제원

W1=31	L1=28
W2=24.4	L2=12.8
W3=1.6	L3=0.8
W4=0.6	L4=1.6
W5=0.7	L5=0.6
W6=0.4	L6=0.6
W7=5.7	L7=3.1
W8=9.6	L8=.06
W9=21	

표 2. 아랫면의 제원

S1=3.2	h1=6.5
S2=1.2	h2=4.5
S3=0.55	h3=2
S4=5.75	h4=9.75
S5=2.75	h5=10
S6=1.5	

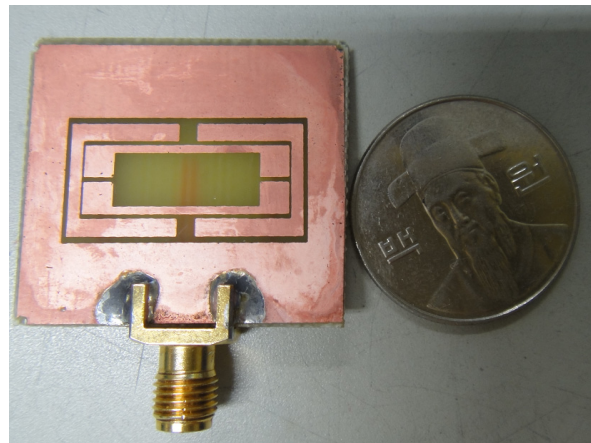


그림 3. 제작된 안테나의 윗면

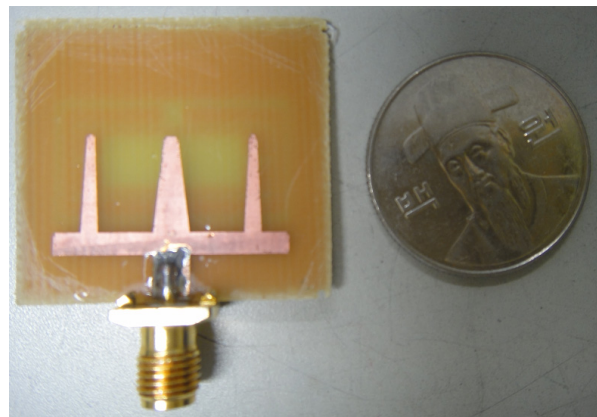


그림 4. 제작된 안테나의 아랫면

### Ⅲ. 시뮬레이션 및 실험 결과 분석

제작된 WiMAX용 3-밴드 안테나의 반사 손실은 Agilent N5230A Network Analyzer 로 측정하였고, 설계 및 시뮬레이션은 CST을 이용하였다. 그림 5은 설계된 안테나의 반사손실을 보인 것이고, 그림 6는 제작된 안테나의 반사손실을 측정한 것으로서, 측정치와 시뮬레이션의 유사함을 볼 수 있다. 즉, 3개의 독립된 공진 주파수 2.5, 3.5, 5.5 [GHz]를 얻을 수 있는데, 이것은 WiMax 통신 시스템에서 사용하는 주파수 이다. 그림 7,8,9은 제안된 안테나에서 2.5, 3.5, 5.5 [GHz]에서의 전류 분포를 보인 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 2.5[GHz]의 전류는  $L_2$ 를 통하여 흐르고, 5.5[GHz]의 전류는  $W_2$ 를 통하여 흐르고, 3.5[GHz]의 전류는  $L_7$ 을 통하여 흐른다는 것을 알 수 있다.

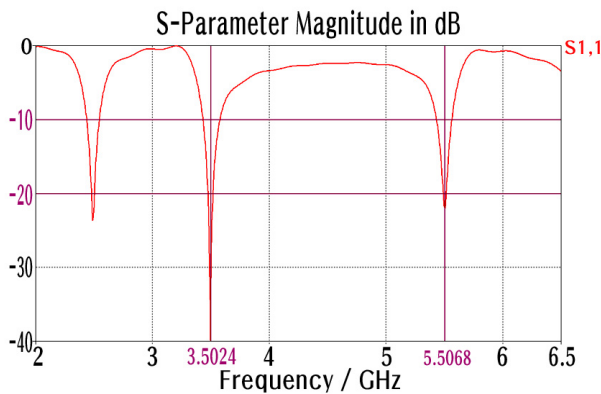


그림 5. 설계된 안테나의 반사손실

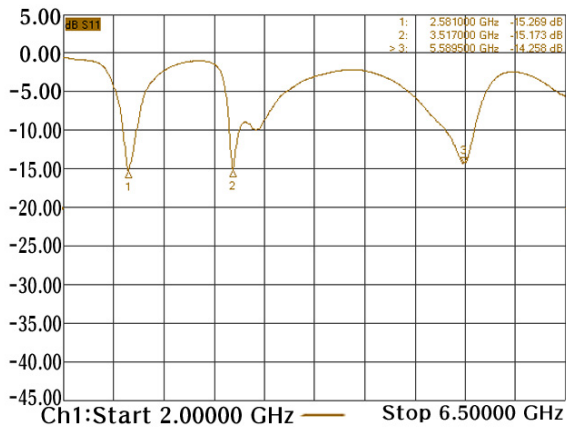


그림 6. 제작된 안테나의 반사손실

따라서 이러한 주파수 성분들이 분포된 길이를 조

정하여 전류 분포를 조정할 수 있고, 이것은 안테나의 공진 주파수를 조정할 수 있다. 그림 10, 그림 11, 그림 12는  $L_2, W_2, L_7$ 에 따른 공진주파수의 변화를 보인 것이다. 그림 10에서  $L_2 = 12.8mm$ 로 고정된 상태에서  $W_2 = 24mm, 25mm, 26mm$ 로 변화함에 따라서 2.5와 5.5[GHz] 전류가 흐르는 길이가 변화함으로 공진 주파수가 2.5와 5.5[GHz]의 공진 주파수가 변하지만 3.5[GHz]의 공진주파수는 변하지 않는다는 것을 알 수 있다. 이것은 3.5[GHz]의 전류가 본 연구에서 제시한 구조에서 두 번째 슬롯에 주로 분포하기 때문이다. 또한 그림 11에서  $W_2 = 24mm$ 로 고정되어있고,  $L_2 = 11mm, 11.8mm, 12.4mm$ 로 변화 시킴에 따라서 5.5[GHz] 전류가 흐르는 길이가 변화함으로 공진 주파수가 5.5[GHz]

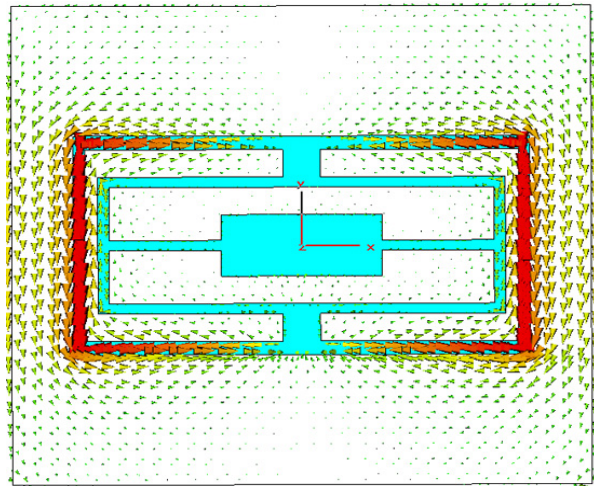


그림 7. 2.5[GHz]에서 전류분포

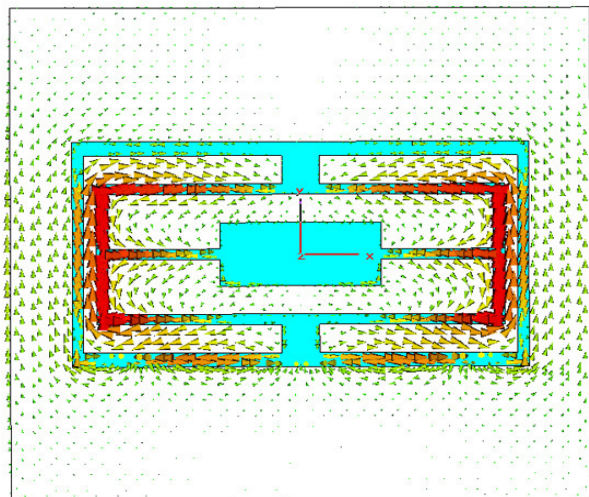


그림 8. 3.5[GHz]에서의 전류 분포

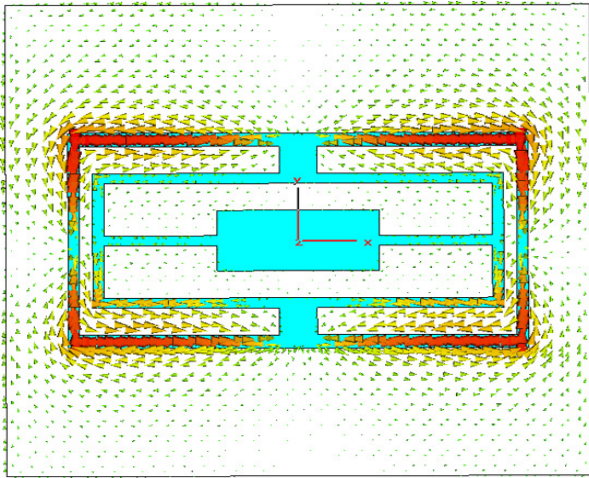


그림 9. 5.5[GHz]에서의 전류 분포

근처에서 변화됨을 알 수 있다. 그리고, 그림 12는  $W_2=24mm$ ,  $L_2=11.8mm$ 로 고정되어있고  $L_7 = mm$ 에 따른 3.5[GHz] 공진주파수의 변화를 보인 것 이다. 따라서  $W_2$ ,  $L_2$ ,  $L_7$ 의 길이를 조정하면 원하는 WiMAX(2.5/3.5/5.5 GHz)용 3-밴드 공진주 파수를 얻을 수 있다.

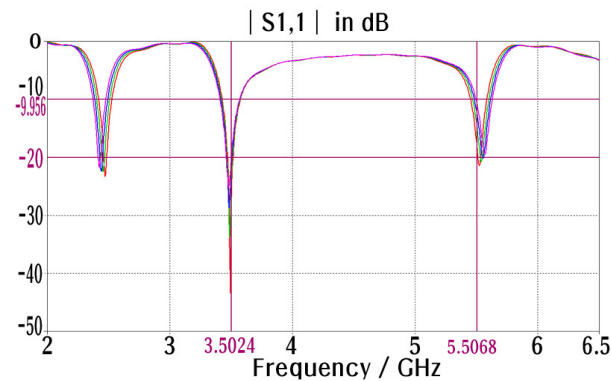


그림 10.  $W_2$ 에 따른 공진 주파수의 변화

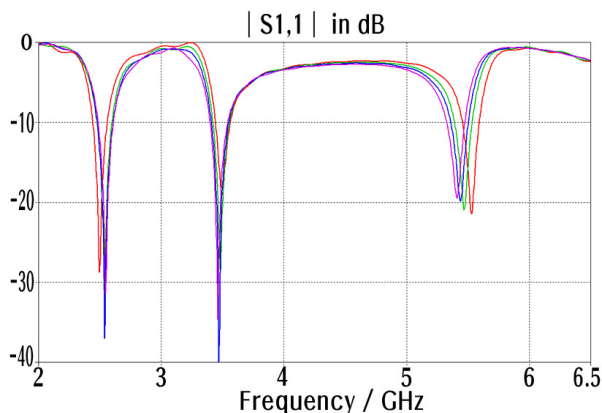


그림 11.  $L_2$ 에 따른 공진 주파수의 변화

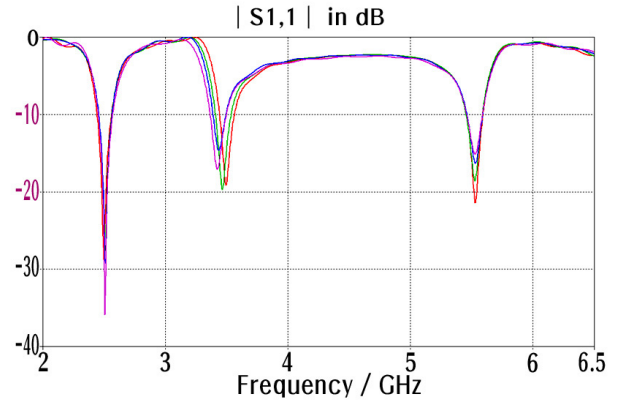


그림 12.  $L_7$ 에 따른 공진 주파수의 변화

한편, 또한 공진 주파수는 기판 아래에 위치한 마이크로스트립 선로에 의해서 영향을 받는다. 즉, 마이크로스트립 선로는 위쪽에 있는 슬롯으로 전자와의 결합이 발생되는데, 결합되는 정도는 마이크로스트립 선로의 길이, 폭, 위치에 영

향을 받는다. 안테나가 바람직한 동작을 하기 위해서는 입력 임피던스의 실수 값이 급전선의 특성 임피던스와 같고, 허수부는 0 에 가까워야한

다. ( $R = Z_0$ ,  $jX = 0$ ) 이 때가 return loss  $S_{11}$  값이 안테나의 공진 주파수에서 최소가 되는 조건이다. 또한, 기판의 위쪽에 있는 슬롯 도체와 아래쪽에 있는 마이크로스트립 급전 선로는 비유전율  $\epsilon_r = 4.4$ , 기판두께  $h = 1.6mm$  간격을 두고 배치되기 때문에, 두 도체 사이에는 용량성  $C$  가 존재하고, 기판 위에있는 슬롯 도체와 마이크로스트립은 유도성  $L$  을 가진다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 이론적 계산식에 의해서 근사적으로 안테나의 패턴을 형성하고, 급전을 위한 마이크로스트립 선로의 형태, 위치, 길이를 조정하여 원하는 3중 공진 주파수를 얻고자 하였다. 그림 13은 안테나 패턴에 50Ω의 특성 임피던스를 가지는 폭 3.2mm, 길이 16.25mm 마이크로스트립 선로만으로 급전 할 때의 관심 주파수 범위에서의 안테나 입력임피던스의 실수부와 허수부를 보인 것이고, 그때의  $S_{11}$  을 그림 14에 보인 것인데, 허수가 작으면서 실수부가 급전선의 특성 임피던스 50Ω에 가까울 때  $S_{11}$  이 최소가 된다는 것을 알 수 있다. 그림 14에서 2.51 GHz에서  $S_{11}$  값이 약 -6.5dB 로서 -10dB보다 큰값을 가지는 이유는 허수부가 0값에 가까울지라도 실수부가 약 150Ω으로서 급전선의 특성 임피던스 50Ω과 차이가 많기 때문이다. 그러나 3.35 GHz에서는 입력

임피던스의 허수부가 용량성 일지라도, 그 크기가 작고, 실수부가  $50\Omega$  근처이기 때문에  $S_{11}$  값이 약  $-22\text{dB}$ 로서 만족할 만한 값을 보인다. 한편 우리가 원하는  $5.5\text{GHz}$ 대에서는  $S_{11}$  값이  $-3.4\text{dB}$ 로서 사용하기에 부적합한 반사손실 값을 보이고 있다. 이것 역시 안테나 입력 임피던스를 조사해보면, 허수부는  $-13.5\Omega$ 의 작은 용량성을 가지지만, 실수부도 약  $10\Omega$  정도로 크기가 작기 때문에 임피던스 부정합에 의한 것이다. 그러나 우리가 원하지 않지만 약  $5.08\text{GHz}$ 대 에서 약  $-31\text{dB}$ 의  $S_{11}$  값이 존재하는 것은 입력 임피던스의 허수부는 거의 0이고, 절대치가  $47\Omega$  으로서 마이크로스트립 급전선의 특성 임피던스와 비슷하기 때문에  $3.5\text{GHz}$  때보다도 더 양호한  $S_{11}$ 이 발생한 것이다. 따라서 우리는  $5.08\text{GHz}$ 에서 발생한 공진률, 우리가 원하는  $5.5\text{GHz}$ 대로 시프트 시키기 위하여, 기존의 대부분의 문헌에서 하나의 마이크로스트립 선로를 사용하는 대신에 부가적으로 마이크로스트립을 추가여 안테나의 입력임피던스의 허수부를 0에 근접시키고, 실수부를  $50\Omega$ 에 근접시키기 위하여 다양한 방법을 수행하였다. 즉, 추가적으로 삽입한 마이크로스트립 선로가 안테나의  $L$  과  $C$  값을 변형시켜 안테나의 공진 주파수를 변화시키는 것이다. 이러한 관점 에서 본 연구에서는 직사각형의 마이크로스트립 보다 tapered 형태 마이크로스트립 선로가 임피던스의 정합에 용이한 것을 알 수 있었다. 그림 2는 임피던스 정합을 위하여 삼지창 형태로 급전선을 구성한 것을 보인 것이다. 그림 15는 본 연구에서 제안한 WiMAX용 3-중 밴드 안테나의 입력 임피던스를 나타낸 것이다.

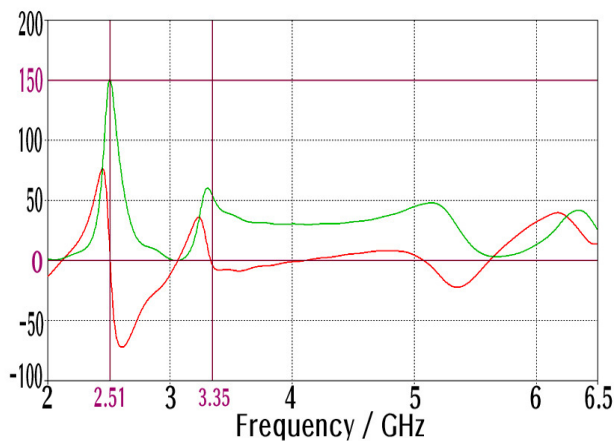


그림 13. 단일 급전선을 사용했을 때의 안테나 입력 임피던스의 실수부와 허수부

그림에서  $2.5\text{GHz}$  근처에서 입력임피던스의 허수부는 약  $-9\Omega$ 이고, 실수부는 약  $48\Omega$  정도 이므로 정합이 이루어져 그림 5에서 보는 것같이  $S_{11}$ 이  $-23\text{dB}$  정도 이고  $3.5\text{GHz}$ 대 에서는 허수부는 용량성으로서  $0\Omega$

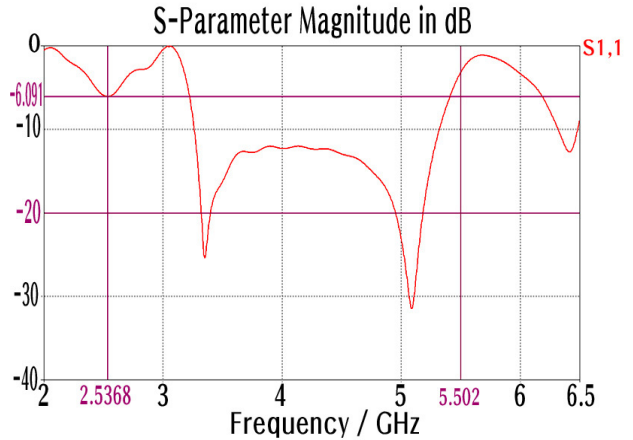


그림 14. 단일 급전선을 사용했을 때의  $S_{11}$

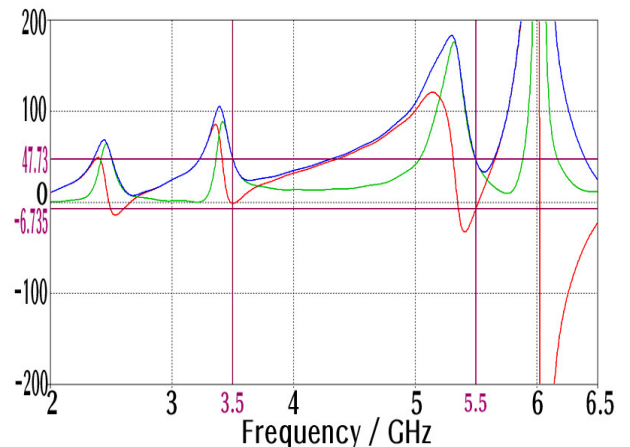


그림 15. 3-Tapered 급전선을 사용했을 때의  $S_{11}$

정도이고, 실수부는 약  $50\Omega$  정도로서 역시 정합이 양호하여  $S_{11}$ 이  $-40\text{dB}$  정도를 가진다. 또한  $5.5\text{GHz}$ 에서의 허수부는 용량성으로서  $-7\Omega$  정도이고, 실수부는  $48\Omega$  정도로 대응하는  $S_{11}$ 은 약  $-22\text{dB}$  정도이다. 따라서 3중 밴드의 임피던스 대역폭을 가지는 WiMax 용으로 사용될 수 있다. 그림 16,17,18은  $Y-Z$ , 평면에서 주파수 2.5, 3.5, 5.5 [GHz]에서의 복사 패턴을 보인 것인데, 절대이득이 각각  $3.5\text{dBi}$ ,  $3.7\text{dBi}$ ,  $3.8\text{dBi}$ 가 되는 것을 알 수 있다. 그림 19,20, 21은  $X-Z$

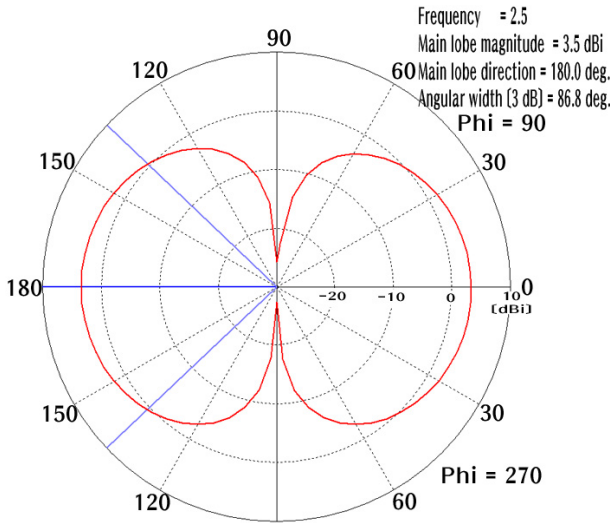


그림 16. Y-Z평면에서 복사패턴

평면에서의 복사패턴을 2.5, 3.5, 5.5 [GHz]에서 보인 것인데, 절대이득이 각각 3.5dBi, 3.7dBi, 3.5dBi이다. 방사패턴이 X-Z 평면에서는 전 방향성을 보이고, Y-Z에서는 양 방향성을 보이고 있다.

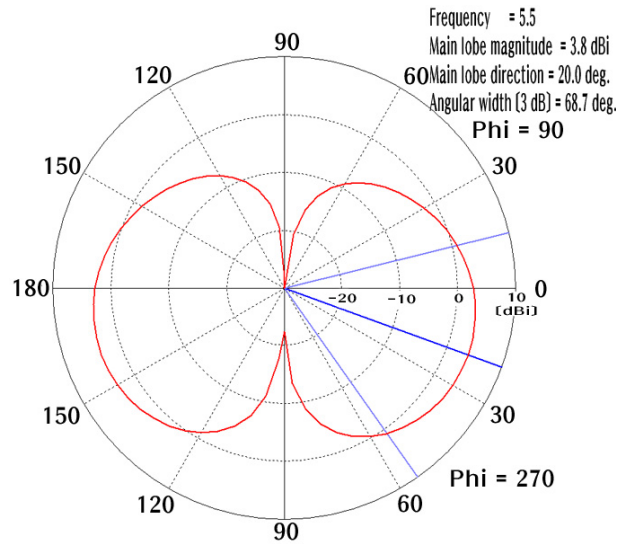


그림 18. Y-Z평면에서 복사패턴

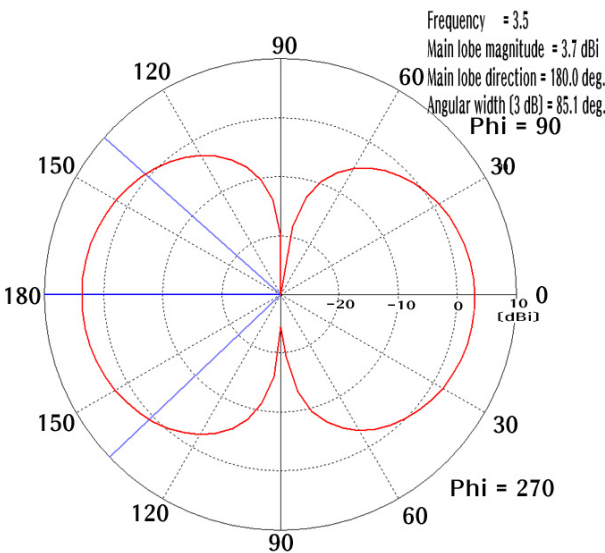


그림 17. Y-Z평면에서 복사패턴

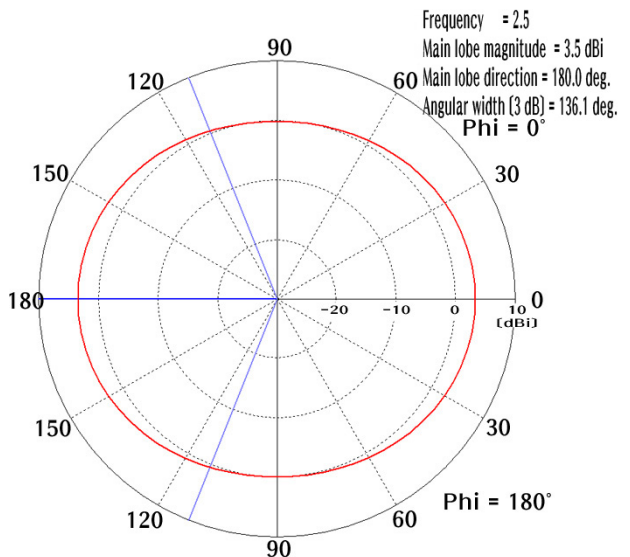


그림 19. X-Z평면에서 복사패턴

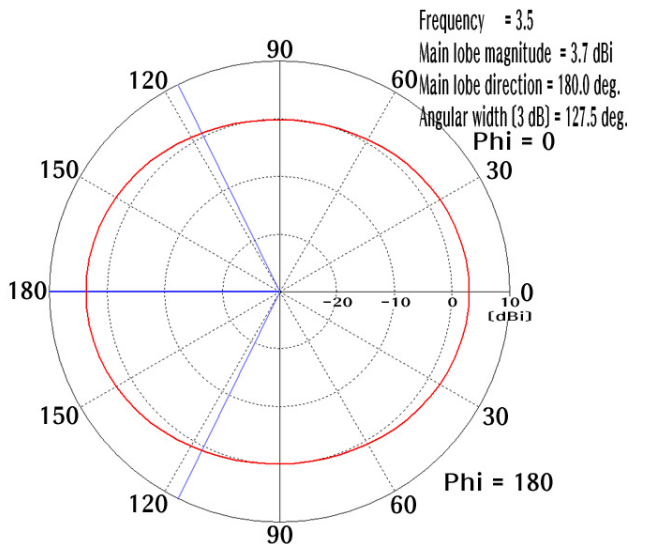


그림 20. X-Z평면에서 복사패턴

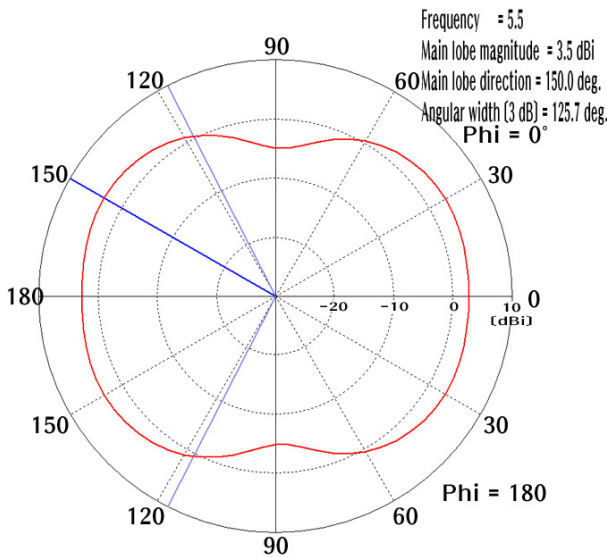


그림 21. X-Z평면에서 복사패턴

#### IV. 결 론

본 연구에서는 WiMAX용 3중 밴드 마이크로스트립 슬롯 안테나를 CST를 이용하여 설계하고 제작하여 그 특성을 측정하였다. 설계시 안테나의 입력 임피던스의 허수부와 실수부를 고려하여 임피던스의 정합을 시키기 위하여, 마이크로스트립 선로에 2개의 마이크로스트립을 추가하여 2.5, 3.5, 5.5[GHz]의 3개의 원하는 주파수에서 공진이 발생하게 하였으며, 제작하여 산란 계수를 측정 하였을 때 시뮬레이션과 유사한 결과의 WiMAX용 3중 밴드 안테나를 성공적으로 수행하였다.

#### 참 고 문 헌

[1] H. F. AbuTarboush, H. S. l-Raweshidy, “Connected E-Shape and U-Shape dual-Band Patch Antenna for Different Wireless Applications” the Second International EURASIP Workshop on RFID Technology, July, 2008.

[2] K. F. Tong, K.M. Luk, K.F. Lee, and S.M.Shum, “Analysis of a broadband U-slot microstrip antenna,” 10th international

conference on Antenna and propagation, pp 14-17, April 1997, conference publication no.436, IEEE 1997.

[3] M. Sanad, “ouble C-patch antennas having different aperture shapes,” in Proc. IEEE Antennas and Propagation Dig., June 1995, pp.2116 - 119.

[4] Jeong-Min JU, Gyey-Teak JEONG, Joong-Han YOON, Cheol-Soon KIM, Hyung-Sup KIM, and Kyung-Sup KWAK, “esign of Multiple U-Shaped Slot Microstrip Patch Antenna in 5 GHz Band WLAN,” IEICE Trans B: Communications E88-B: 821-825

[5] T. liu and L. L. Wong, “ wideband Stubby Monopole Antenna and a GPS for WiMAX Mobile Phone with E911 Function,” Microwave and Optical Technology Letter, Vol 46, 2005, pp. 485-487.

[6] Liu, W. C., “Broadband dual-frequency meandered CPW-fed monopole antenna,” Electron. Lett., Vol. 40, 1319-1320, 2004.

[7] Shams, K. M. Z., M. Ali, and H. S. Hwang, “A planar inductively coupled bow-tie slot antenna for WLAN application,” Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 20, No. 7, 861-871, 2006.

[8] Eldek, A. A., A. Z. Elsherbeni, and C. E. Smith, Square slot antenna for dual wideband wireless communication systems,” Journal of Electromagnetic Waves and Applications, Vol. 19, No. 12, 1571-1581, 2005.

[9] S. Gai, Y.-C. Jiao, Y.-B. Yang, C.-Y. Li, and J.-G. Gong “ Design of a novel microstrip-fed dual -band slot antenna for WLAN application” Progress In Electromagnetics Research Letters, Vol. 13, 75-81, 2010

윤 성 현 (Sung Hyun Yoon)

정회원



1984년 2월 동아 대학교 전자  
공학과 졸업(공학사)

1986년 2월 동아 대학교 전자  
공학과 졸업(공학석사)

1991년 2월 동아 대학교 전자  
공학과 졸업(공학박사)

1989년 9월~현재 경남정보대

학 정보통신계열 교수

<관심분야> RF 및 안테나

황 성 범 (Sung Byum Hyaung)

정회원



1986년 2월 동아 대학교 전자  
공학과 졸업(공학사)

1988년 2월 동아 대학교 전자  
공학과 졸업(공학석사)

1993년 2월 동아 대학교 전자  
공학과 졸업(공학박사)

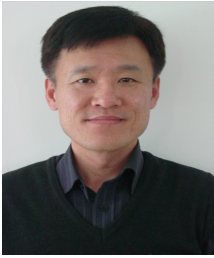
1991년 9월~ 현재 경남정보대

학 정보통신계열 교수

<관심분야> RF 회로 설계

정 광 민 (Kwang Min-Jeong)

정회원



1989년 경북대학교 전자공학과  
졸업 (공학사)

1991년 경북대학교 대학원 전  
자공학과 졸업 (공학 석사)

1991년~1998년 대륜정밀 연구  
소 선임연구원

1998년~현재 경남정보대학 정

보통신계열 부교수

2006년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (공학박  
사)

<관심분야> RF 시스템, 신호처리