

WLAN/WiMax용 프랙탈 마이크로스트립 패치 안테나 설계 및 제작

Fractal Microstrip patch Antenna Design and Fabrication for WLAN/WiMax Applications

김갑기*

Kab-Ki Kim*

요 약

본 논문에서는 WLAN 대역과 WiMax 대역에서 통신을 가능하게 하기 위한 다중대역 프랙탈 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 및 제작하였다. 제안된 안테나는 다중공진을 위해 공진주파수, 임피던스정합, 극성 및 방사패턴을 훌륭히 제어할 수 있으며 다중 독립 주파수를 만족시키기 위한 세 개의 반원의 프랙탈 패치를 삽입하였다. 제안된 구조는 반원의 프랙탈 구조가 연속적으로 이루어져 있는 형태의 안테나로써 하나의 반원이 하나의 대역을 나타내고 있다.

Abstract

In this paper, multi-band fractal microstrip patch antenna which is possible for WLAN band and WiMax band is designed and made. For multi-resonance of developed antenna, resonance frequency, impedance matching, polarity and reflection pattern can mad perfectly, then to make satisfied multi-independent frequency three kind of half circle fractal patch is inserted. In the situation continuously happening half circle in designed structure, antennas one of half-circle band is shown.

Key words : fractal, antenna, multi-band, WLAN/WiMax, microstrip patch¹⁾

I. 서 론

무선통신 서비스에 있어 중요시되는 것이 안정된 통화품질이며, 각 기지국 및 중계기에 설치된 안테나의 특성은 통화품질을 결정하는 수많은 요소 중 하나이다. 따라서 현재 사용되어지고 있는 중계기용 안테나는 주로 다이폴 구조와 마이크로 스트립 구조가 사용되어지고 있다. 그 중 마이크로 스트립 구조의 안테나는 저렴하고 견고하며 대량생산이 가능한 장점을

갖고 있지만 좁은 대역과 낮은 효율을 갖는 것이 단점이다[1][2]. 이를 개선하기 위해 광대역 또는 다중 대역 특성을 얻기 위한 다양한 형태의 안테나가 연구되었다. 특히 다중대역을 위한 안테나로는 프랙탈 안테나, 보우타이 안테나, 나선형 안테나, 대수주기 안테나 등이 있다. 이들 안테나의 대역폭은 25%이상으로 매우 넓으며, 보상구조와 자기유사구조로 안테나를 구성할 때 100%이상의 대역폭을 구현 할 수 있다 [3][4]. 따라서 본 논문에서는 반원의 프랙탈 마이크로

* 목포해양대학교(Mokpo National Maritime University)

· 제1저자 (First Author) : 김갑기

· 투고일자 : 2011년 11월 9일

· 심사(수정)일자 : 2011년 11월 10일 (수정일자 : 2011년 12월 16일)

· 게재일자 : 2011년 12월 30일

스트립 패치 안테나를 제작함으로써 안테나를 다중 공진시켜 대역폭의 문제점을 개선하였으며, 이는 IEEE 802.11의 무선랜 대역을 포함하고 IEEE 802.16e 인 이동형 WiMax의 규격을 동시에 포함할 수 있는 무지향성 안테나를 설계 및 제작하여 그 특성을 측정하고자 한다.

II. 다중대역 프랙탈 안테나의 설계

다중대역 안테나 설계(그림 2)는 접지면상에 좁은 폭의 슬롯을 이용한 안테나는 슬롯의 중앙에 급전하는 경우에 방사저항이 커져 마이크로스트립 선로와 슬롯 간의 정합을 시키기 어려우므로 한 쪽 끝단으로 읍셋 시켜 방사 저항을 작게 하는 Yoshimura가 제시한 방식으로 그림 1과 같이 전송선로와의 정합을 가지는 슬롯 안테나를 설계하였다.

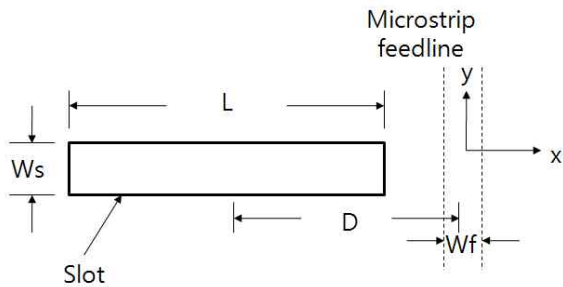


그림 1. 읍셋 급전 슬롯 안테나의 변수
Fig. 1. Parameters of an offset-fed slot antenna.

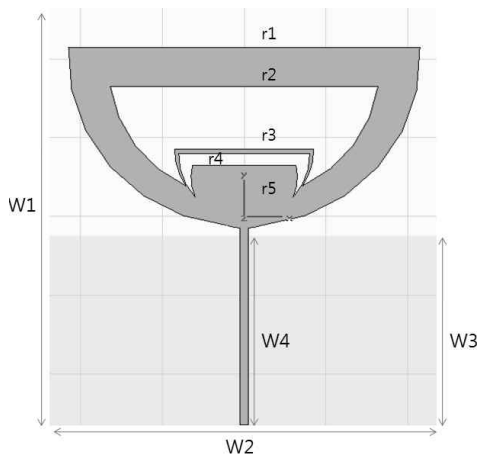


그림 2. 반원 프랙탈 패치 안테나
Fig. 2. Semi-circle Fractal patch antenna.

과 (2)를 이용하여 슬롯 안테나의 방사저항을 구하며, L은 슬롯의 길이, D는 슬롯의 중심과 급전선로의 중심까지의 거리, h는 기판의 두께, λ_0 는 자유공간에서의 파장, ω_f 는 마이크로스트립 급전 선로의 폭, p는 푸리에 변환변수이다[5].

$$R = \frac{45\pi \left(\int_{-L/2-D}^{L/2-D} \left[\frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} g(p) \frac{\exp(-jpx)}{\exp(jph)} dx \right] \cos \left[\frac{\pi}{L} (x+D) \right] dx \right)^2}{\left(\frac{L}{\lambda_0} \right)^2 \left[1 - 0.374 \left(\frac{L}{\lambda_0} \right)^2 + 0.13 \left(\frac{L}{\lambda_0} \right)^4 \right]} \quad (1)$$

$$g(p) = \frac{\sin(pw_f/2)}{pw_f/w} - \frac{1}{2} \frac{\sin^2(pw/4)}{(pw/4)^2} \quad (2)$$

식(3)과 (4)는 실효유전율(ϵ_{eff})과 주파수를 이용하여 슬롯의 길이를 얻을 수 있다.

$$L = \frac{150}{\sqrt{\epsilon_{eff}} \cdot f_{GHz}} \quad (3)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{2\epsilon_r}{1 + \epsilon_r} \quad (4)$$

슬롯 안테나의 설계에는 비유전율 ϵ_r 이 4.9, 유전체의 높이h가 1.5[mm]인 FR-4기판을 사용하였으며, 위 식을 바탕으로 안테나의 제원을 얻을 수 있었으며, 표 1의 제원을 이용하여 CST Microwave Studio 2008을 사용하여 다중대역을 만족시키는 최적화된 안테나를 설계하였다.

표 1. 설계된 안테나의 제원(단위 : mm)
Table 1. Parameters of designed antenna.

w1	106	r1	43	기판두께	1.5
w2	96	r2	33	유전율	4.9
w3	48	r3	17	기판	FR-4
w4	53	r4	16		

2-1 설계된 안테나의 시뮬레이션 결과

가. 입력대비 반사손실(Input return-loss)

그림 3은 WLAN대역과 WiMax 대역에서 입력대비 반사손실을 보여주고 있다. 목표 주파수인 2.4[GHz], 3.5[GHz], 5.8[GHz]에서 각각 -36.5[dB], -44.1[dB], -18.1[dB]를 보여줌으로써 -10[dB]이상의 좋은 특성을 보여주고 있다.

식(1)

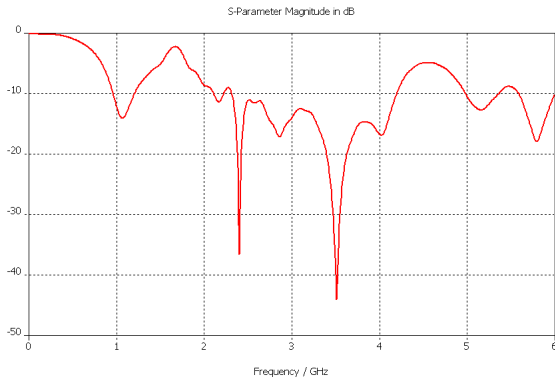


그림 3. 다중대역 안테나의 반사손실
Fig. 3. Input return-loss of multi-band antenna.

나. 방사패턴

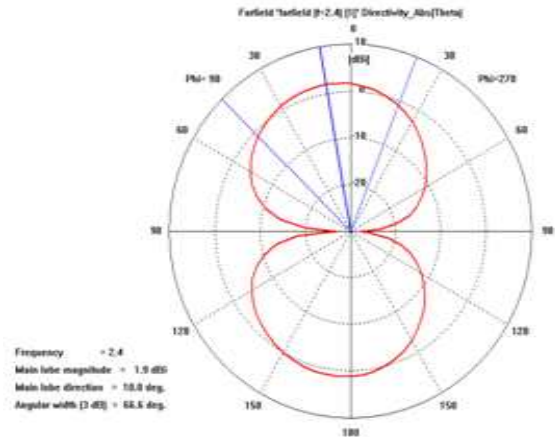


그림 4. 2.4[GHz] E평면 방사패턴
Fig. 4. Radiation pattern of the E Plane at 2.4[GHz].

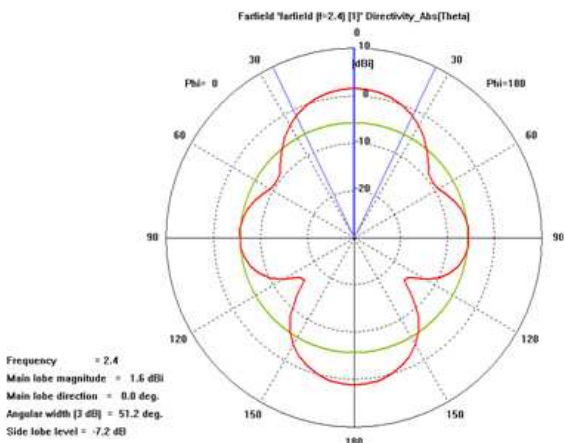


그림 5. 2.4[GHz] H평면 방사패턴
Fig. 5. Radiation pattern of the H Plane at 2.4[GHz].

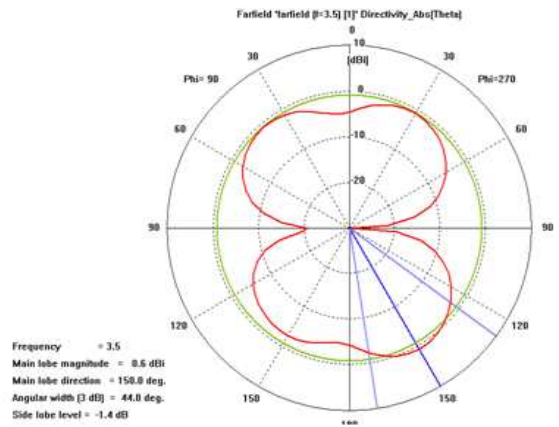


그림 6. 3.5[GHz] E평면 방사패턴
Fig. 6. Radiation pattern of the E Plane at 3.5[GHz].

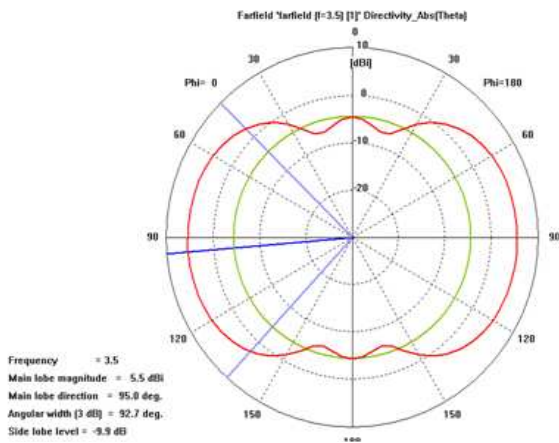


그림 7. 3.5[GHz] H평면 방사패턴
Fig. 7. Radiation pattern of the H Plane at 3.5[GHz].

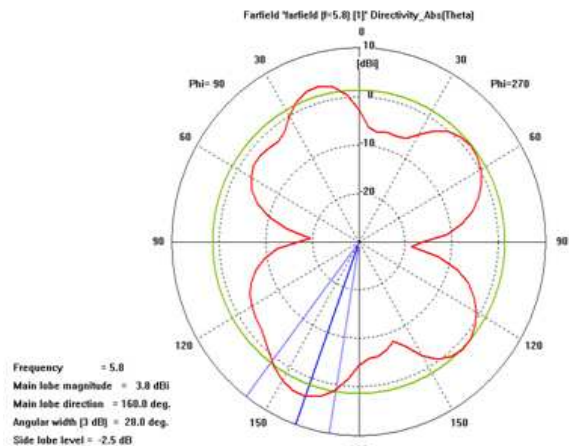


그림 8. 5.8[GHz] E평면 방사패턴
Fig. 8. Radiation pattern of the E Plane at 5.8[GHz].

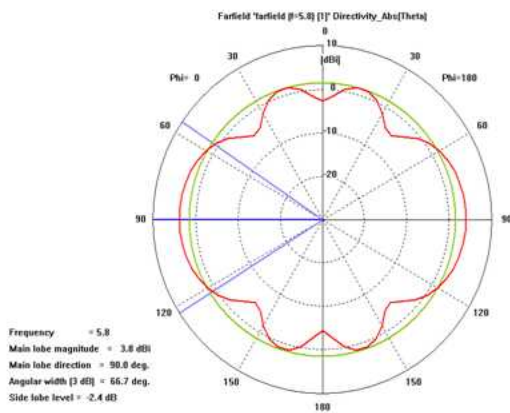


그림 9. 5.8[GHz] H평면 방사패턴
Fig. 9. Radiation pattern of the H Plane at 5.8[GHz].

III. 안테나 제작 및 측정결과

3-1 프랙탈 안테나 제작

시뮬레이션에 의해 최적으로 설계된 다중대역 프랙탈 마이크로스트립 패치 안테나는 106×96[mm]의 크기를 가지며, 비유전율 $\epsilon_r=4.9$, 기판두께 $h=1.5$ [mm]인 FR-4기판을 사용하였다. 또한 에칭기법으로 제작하였으며, 마이크로스트립 라인 급전방식으로 제작하고 부분 접지를 사용하여 광대역성을 나타나게 하였다.

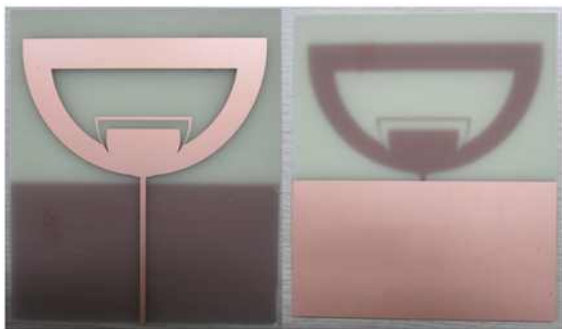


그림 10. 제작된 안테나
Fig. 10. The fabricated antenna.

3-2 프랙탈 안테나 측정 결과

제작된 안테나는 HP사의 8753ES VNA(Vector Network Analyzer)를 이용하여 입력대비반사계수(S11), 전압정재파비(VSWR), 입력 임피던스(Smith Chart)를 측정하였다.

가. 입력대비 반사손실 및 입력임피던스

그림 11에서 보여주는 것과 같이 2.4[GHz], 5.8[GHz]와 3.5[GHz]대역에서 반사손실이 -10[dB]이하이고, 그림 12에서 전압정재파비가 2:1 이하이며, 그림 13에서 임피던스 또한 50[Ω] 부근으로 궤적을 그림으로써 임피던스 정합이 잘 이루어진 것을 보아 실제 제작하여 측정 한 안테나의 특성을 시뮬레이션과 거의 유사한 결과를 보이고 있음을 알 수 있다.

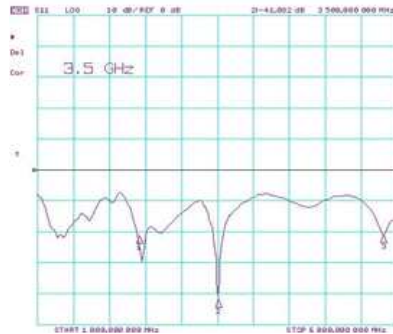


그림 11. 입력대비 반사손실
Fig. 11. Input return loss of fabricated antenna.

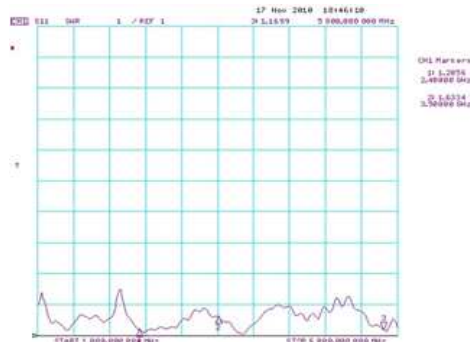


그림 12. 정재파비
Fig. 12. VSWR of fabricated antenna.

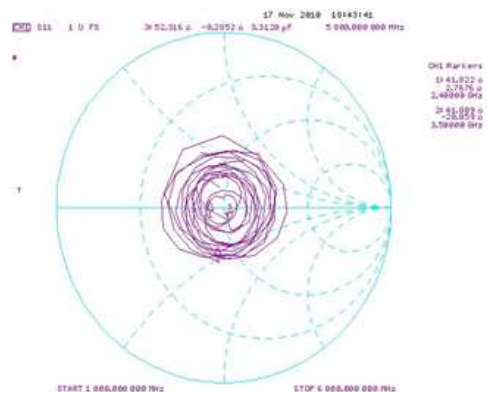


그림 13. 입력 임피던스
Fig. 13. Input Impedance.

나. 방사패턴

그림 14는 원거리장 영역에서 안테나의 방사패턴 및 이득을 확인할 수 있는 chamber이다.



그림 14. 방사패턴 측정

Fig. 14. Measurement of radiation pattern.

표 2. 시뮬레이션 결과분석

Table 2. Analysis of the simulation result.

	Frequency[GHz]	Antenna Gain[dBi]	Half Power Beam Width[deg]
Radiation Pattern of E-plane	2.4	1.9	66.6
	3.5	0.6	44.8
	5.8	3.8	28.0
Radiation Pattern of Hplane	2.4	5.1	51.2
	3.5	5.5	92.7
	5.8	1.6	66.7

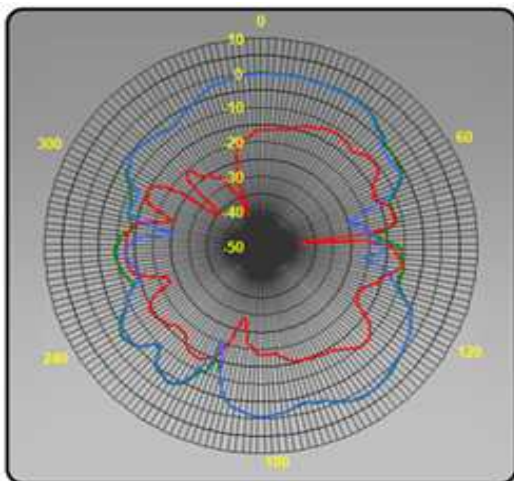


그림 15. 2.4[GHz]에서의 E평면 방사패턴
Fig. 15. Radiation pattern of the E plane at 2.4[GHz].

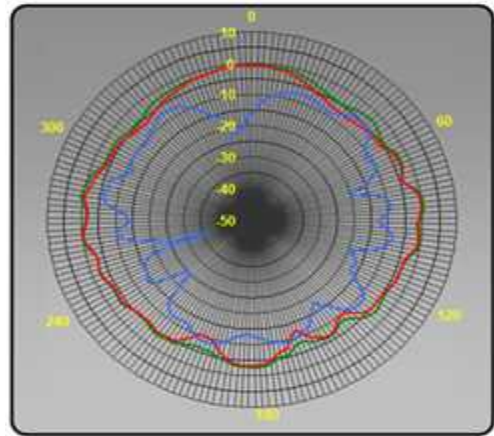


그림 16. 2.4[GHz]에서의 H평면 방사패턴
Fig. 16. Radiation pattern of the H plane at 2.4[GHz].

2.4[GHz]에서의 E 평면 패턴상의 최고 이득이 9.79[dBi]이고 H 평면 패턴상의 이득은 0.16[dBi]이다.

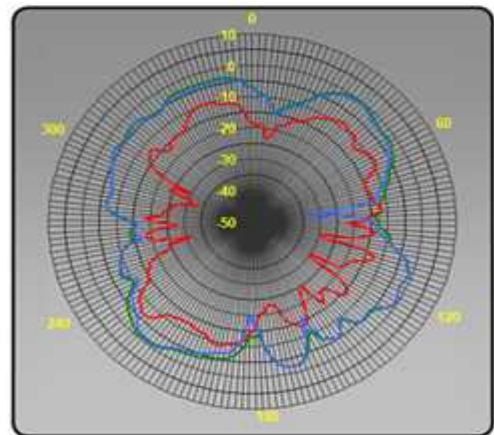


그림 17. 3.5[GHz]에서의 E평면 방사패턴
Fig. 17. Radiation pattern of the E plane at 3.5[GHz].

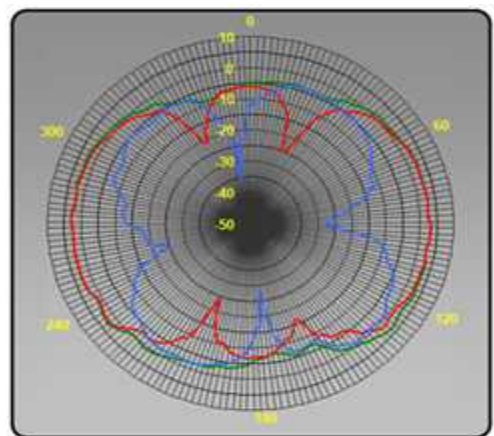


그림 18. 3.5[GHz]에서의 H평면 방사패턴
Fig. 18. Radiation pattern of the H plane at 3.5[GHz].

3.5[GHz]에서의 E 평면 패턴상의 최고 이득이 6.39[dBi]이고 H 평면 패턴상의 이득은 3.36[dBi]이다.

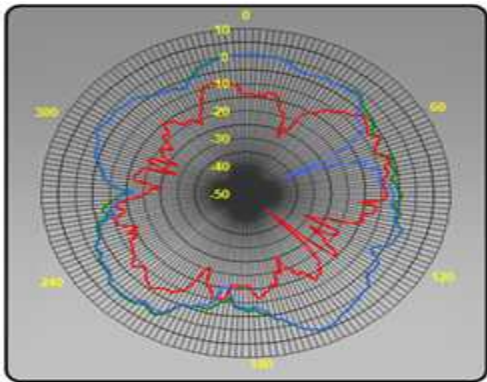


그림 19. 5.8[GHz]에서의 E평면 방사패턴
Fig. 19. Radiation pattern of the E plane at 5.8[GHz].

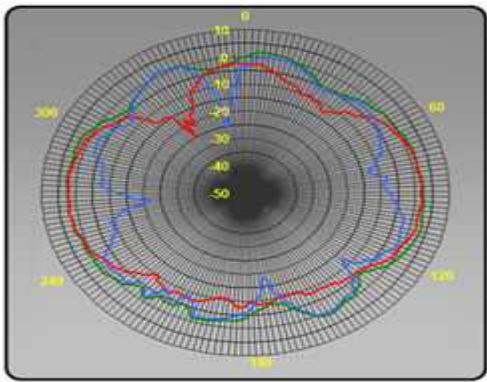


그림 20. 5.8[GHz]에서의 H평면 방사패턴
Fig. 20. Radiation pattern of the H plane at 5.8[GHz].

5.8[GHz]에서의 E 평면 패턴상의 최고 이득이 5.56[dBi]이고 H 평면 패턴상의 이득은 2.31[dBi]이다.

표 3. 시뮬레이션 결과와 측정결과 비교
Table 3. Comparison of the result in simulation and measurement.

		Simulation result		
		2.4	3.5	5.8
Resonant Frequency[GHz]		2.4	3.5	5.8
Input Return Loss[dB]		-36.5	-4.1	-18.1
VSWR		≤2	≤2	≤2
Gain[dBi]	E-plane	1.9	0.6	3.8
	H-plane	1.6	5.5	3.8
		Measurement result		
		2.4	3.5	5.8
Resonant Frequency[GHz]		2.4	3.5	5.8
Input Return Loss[dB]		-21.432	-41.082	-21.101
VSWR		≤2	≤2	≤2
Gain[dBi]	E-plane	9.79	6.39	5.56
	H-plane	0.16	3.36	2.31

IV. 결 론

본 논문은 WLAN 대역과 WiMax 대역에서 통신을 가능하게 하는 다중대역 프랙탈 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 및 구현하였다.

IEEE 802.11a와 IEEE 802.16e의 표준 규격을 하나의 안테나로 통합하여 사용할 수 있도록 다중대역 안테나를 설계 및 제작하기 위해 초기의 설계 대역폭을 입력대비 반사손실 -10[dB]이하의 범위에서 동작주파수인 2.4, 3.5, 5.8[GHz]를 포함하며, 무지향성의 방사특성을 목표로 하였다. 제작된 안테나의 측정 결과 입력 대비 반사손실이 -10[dB]이하인 대역폭으로써 각 동작주파수를 포함하며, 무지향성의 방사특성을 확인하였다. 실측 결과 안테나의 주파수 대역은 시뮬레이션 결과와 대체적으로 비슷한 특성을 나타내었고, 안테나의 이득은 더 높게 나타났다. 따라서 본 논문에서 제안한 다중대역 안테나는 동작주파수 대역에서 반사손실이나 삽입손실, 지향성이 설계하고자 하는 목표에 만족함으로써 WLAN, WiMax용 통신에서 활용 가능할 것으로 사료되며, 하나의 안테나로 다중대역통신이 가능하여 설치비용 절감의 효과를 가져 올 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] Ramesh. Garg, Prkash. Blartia, Inder. Bahl, Apisak. Ittipiboon, "Microstrip Antenna Design Handbook", *Atrech House*, pp. 2-3
- [2] 임태균, 조성식, 이진택, 김갑기 "UWB용 사각 패치 안테나의 설계" *한국항공학회논문집*, 제13권, No.1 pp. 208-211, 2009.10.16
- [3] C.T.P. Song P.S.Hall, H. Gbafouri and I. Henning, "Fractal Antenna Research at University of Birmingham" *11th Int. Conf. on Antennas and Propagation*, vol. 2, pp. 724-727, 2001.
- [4] J.A.Kong, Y. Zhang, R.T.Shin, Fernando L. Tecerira and Y. Eric Yang, "Wideband Antenna Element in Electromagnetic Wave Theory and Applications", *RLE Progress Report 143..*

- [5] 문영길, “변형된 급전선로를 이용한 광대역마이크로스트립 슬롯 안테나 설계 및 제작”, *제주대학교 공학석사 논문*, pp.8-19, Dec. 2003.

김 갑 기 (金甲基)



1980년 : 광운대학교

통신공학과(공학사)

1984년 : 건국대학교 대학원

전자공학과(공학석사)

1998년 : 건국대학교 대학원

전기공학과(공학박사)

2001년~2002년 : 뉴욕시립대학 전자공학과 연구교수

현재 : 목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수

관심분야 : 마이크로파 통신, 초고주파 회로설계,

해상무선통신, 이동통신, 위성통신