

소형화 구조를 위한 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나 설계

김선웅¹ · 김결범² · 윤중현³ · 최동유^{4*}

Design of Koch Curve Microstrip Patch Antenna for Miniaturization Structure

Sun-Woong Kim¹ · Gul-Bum Kim² · Jung-Hyun Yun³ · Dong-You Choi^{4*}

¹Department of Information and Communication Engineering, Graduate School of Chosun University, 309 Pilmun-daero Dong-gu, Gwangju 501-759, Korea

²Department of IT Convergence Engineering, Chosun University, 309 Pilmun-daero Dong-gu, Gwangju 501-759, Republic of Korea

³Department of Photoelectronics, Chosun College of Science & Technology, 309-1 Pilmun-daero Dong-gu, Gwangju 501-744, Korea

^{4*}Department of Information and Communication Engineering, Chosun University, 309 Pilmun-daero Dong-gu, Gwangju 501-759, Korea

요 약

안테나에서의 소형화 기법은 안테나의 물리적인 모양을 변형하여 공진에 필요한 전기적인 길이를 주어진 공간에서 최대화하고 경우에 따라서 고차의 공진모드를 이용하는 방법이다. 가장 대표적인 설계방법으로는 헬리컬 안테나, 미앤더 안테나, 프랙탈 안테나 등이다. 본 논문에서 제안한 소형화 안테나는 프랙탈 개념의 koch curve 구조이다. 안테나는 ISM 대역의 2.45 GHz 주파수이며, 마이크로스트립 패치 안테나로 제작하였다. koch curve 마이크로스트립 패치 안테나는 유전율 4.7, 유전체 높이 1.6 mm, 손실 탄젠트 0.02의 FR4 epoxy 기판을 사용하였으며, 에칭공정으로 제작하였다. 제작된 안테나의 반사손실 결과는 2.45 GHz 대역에서 -23.17 dB, VSWR 결과는 1.1491, 임피던스 정합은 46 Ω이다.

ABSTRACT

The antenna miniaturization technique involves the increment of the electrical length of the resonator the variation of the physical appearance of the antenna. The most typical method of size reduction is designing helical antenna, meander antenna, and fractal antenna. Size reduction using fractal antenna is proposed in this paper. Fractal koch curve has been etched in microstrip patch antenna to downsize the antenna at ISM (Industrial Scientific and Medical) frequency band of 2.45 GHz koch curve microstrip patch antenna ha FR4 epoxy substrate with dielectric constant 4.7, loss tangent equal to 0.02 and dielectric high of 1.6 mm. The designed antenna is fabricated using etching process. The fabricated antenna has return loss of 2.45 GHz, VSWR of 1.1492, and impedance is matched to 46 Ω.

키워드 : 프랙탈, 코흐 커브, ISM 대역, 마이크로스트립 패치 안테나

Key word : fractal, koch curve, ISM band, microstrip patch antenna

접수일자 : 2014. 10. 31 심사완료일자 : 2014. 11. 19 게재확정일자 : 2014. 12. 02

* **Corresponding Author** Dong-You Choi(E-mail:dychoi@chosun.ac.kr, Tel:062-230-7060)

Department of Information and Communication Engineering, Chosun University, 309 Pilmun-daero Dong-gu, Gwangju 501-759, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.12.2823>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

무선통신 시스템은 예측하기 어려울 정도로 급속히 발전하고 있다. 무선통신 시스템에서의 안테나는 무선 마이크에 붙어 있는 짧은 도체선의 안테나를 비롯하여 위성통신의 대형 패러볼릭(parabolic) 안테나까지 안테나는 현재 다양한 응용에서 사용되고 있다[1].

무선통신 시스템에서의 단말기는 통신 이외의 응용으로 인하여 다양한 기능이 집약되고 있는 실정이다. 무선통신 안테나 기술 또한 이러한 휴대 단말기 시장의 다양한 요구로 인하여 소형화, 경량화, 저 전력화 등 다양한 기술의 개발에 집중하고 있는 추세이다[2, 3].

따라서 본 연구는 무선통신 시스템의 소형 및 경량화를 위해 안테나의 소형화를 연구하였다. 안테나의 소형화 방법에는 안테나의 물리적인 모양을 변형하여 공진에 필요한 전기적인 길이를 주어진 공간에서 최대화하고 경우에 따라서 고차의 공진모드를 이용하는 방법이다. 가장 대표적인 설계방법으로는 프랙탈(fractal) 안테나이다. 프랙탈 안테나 구조에는 sierpinski gasket, koch curve, fractal tree, sierpinski carpet 등이다.

공진형 안테나의 크기를 줄이기 위한 연구에서 비롯된 구조인 프랙탈 안테나는 다중 공진 특성을 이용한 다중 대역 안테나이다. 일반적으로 공진형 안테나는 그 크기가 감소하면 입력 임피던스가 매우 작아져서 입력 단으로부터 안테나로의 전력 전달이 어려워진다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 공진형 안테나에 프랙탈 원리를 적용함으로써 크기는 줄이면서 입력 임피던스를 증가시킬 수 있다.

프랙탈 안테나는 다이폴이나 패치 형태로 구현할 수 있다. 패치 안테나는 마이크로스트립 전송선으로 간주할 수 있으므로 패치에 흐르는 전류를 기존의 직선 경로 대신에 프랙탈로 변형된 경로를 따라 흐르게 하면 공진형 전송선의 면적을 줄일 수 있다. 프랙탈 구조가 반복됨에 따라 다중 공진 특성이 발생하게 되며 다중 대역에 대해 좋은 반사손실 특성을 보인다. 하지만 안테나의 구조가 복잡해지는 단점이 있다. 따라서, 안테나를 구현하는데 많은 어려움이 따른다[4].

본 논문에서는 프랙탈 구조의 koch curve 형태를 적용하여 소형의 마이크로스트립 패치 안테나(microstrip patch antenna)를 설계 및 제작하였다. 기존에 연구한 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나에 사각 슬릿을

더욱 반복하였으며, 안테나의 공진점 및 물리적 길이의 변화를 관찰하였다[5]. 이를 위해 제 2 장에서는 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 및 제안하였다. 제 3 장에서는 시뮬레이션 및 측정을 통해 안테나 특성을 분석하였으며, 제 4 장에서는 결론을 맺는다.

II. 안테나 설계 및 제작

2.1. 마이크로스트립 패치 안테나 설계

마이크로스트립 패치 안테나는 구조적으로 간단하고, 효율이 높으며, 공형(conformal)이기 때문에 널리 사용된다. 마이크로스트립 안테나의 가장 일반적인 형태 중 하나는 사각형 패치이다.

본 논문에서 제안한 마이크로스트립 패치 안테나는 접지면을 갖는 유전율 ϵ_r 인 유전체 기판 위에 폭 W 와 길이 L 을 갖는 전형적인 사각형 패치 안테나이며 그림 1과 같다.

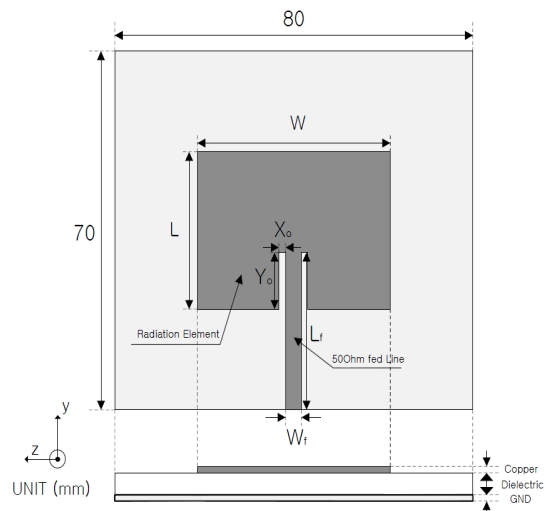


그림 1. 제안한 기본 구조의 마이크로스트립 패치 안테나
Fig. 1 microstrip patch antenna of the proposed base structure

마이크로스트립 기판은 전자장 일부가 유전체 안에 있으며 일부는 공기 중에 있으므로 $1 < \epsilon_{eff} < \epsilon_r$ 의 관계를 만족하고 ϵ_{eff} 는 기판의 두께와 선로 폭에 의해 결정된다. 실효 유전율은 식 (1)과 같다.

$$\epsilon_{eff} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2}\right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2}\right) \left(1 + \frac{12h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

마이크로스트립 안테나는 프린징 효과로 인해 물리적인 크기보다 전기적으로 더 큰 것처럼 보인다. 이와 같은 현상으로 인하여 패치 크기는 각 종단에서 거리 ΔL 만큼 확장되었다. ΔL 은 실효 유전율 ϵ_{eff} 과 폭과 높이의 비(W/h)의 함수이다. 실효 유전율 ϵ_{eff} 는 정규화된 확장 길이에 대한 전략적인 관계[6]는 식 (2)와 같다.

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8\right)} \quad (2)$$

패치 길이는 양측으로 ΔL 만큼 확장되었으므로 패치의 실효 길이는 식 (3)과 같다.

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (3)$$

마이크로스트립 패치 안테나를 설계하기 위해서는 몇 가지 중요한 설계 조건을 만족해야 하는데 안테나의 유전율 ϵ_r 과 기판의 높이 h 그리고 안테나의 공진 주파수 f_r 등이다. 특히, 패치 안테나의 방사소자 폭 W 는 효율적인 방사를 결정하는 변수로서 식 (4)와 같다.

$$W = \frac{C}{2f_r} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

패치 안테나의 방사소자 길이 L 은 패치 안테나의 공진 주파수를 결정하는 변수로서 식 (5)와 같다[7].

$$L = \frac{1}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} - 2\Delta L \quad (5)$$

2.2. 프랙탈 패치 안테나 설계

그림 2 (a)에서 사각형 패치 안테나의 세로축 길이 L_1 은 공진 주파수 파장 1/2의 길이에 해당되며, 한 번 안테나의 전기적 길이가 정해지면 안테나의 공진 주파수가 결정된다. 그림 2 (b)와 같이 안테나에 koch curve 구조를 적용한 경우는 세로축 길이가 L_2 와 같이 늘어

나게 된다.

이 때문에 공진 주파수는 좀 더 낮아지게 된다. 이는 프랙탈이 가진 성질, 즉 공간 채움 특성에 의한 것으로 프랙탈 형태를 가진 패치 안테나는 같은 면적에서 공진 주파수를 낮추는 특성을 가지게 된다[8].

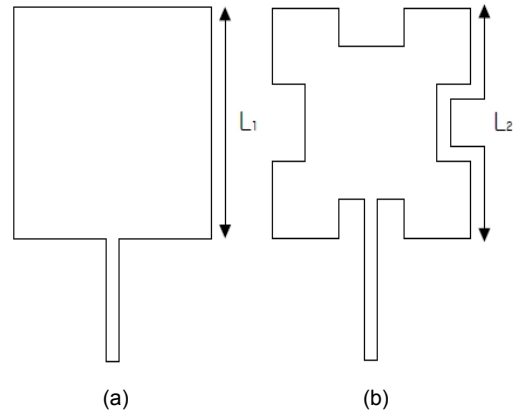


그림 2. (a) 사각형 패치와 (b) koch curve 구조
Fig. 2 (a) rectangular patch and (b) koch curve structure

III. 안테나 설계 및 제작

제한한 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 공진 주파수는 WLAN (Wireless Local Area Network), Bluetooth, RFID (Radio Frequency IDentification) 기반의 무선통신 시스템에 널리 사용되고 있는 ISM (Industrial Scientific and Medical) 대역의 2.45 GHz로 선정하였다[9].

이러한 다양한 응용에서 방사체가 큰 안테나는 무선통신 시스템의 소형화 관점에서 적합하지 않으므로 koch curve 구조를 통해 안테나의 소형화를 유도하였다. 제한한 기본 구조 마이크로스트립 패치 안테나는 inset-fed 구조를 갖는 안테나로서 패치와 급전선이 연결되는 부분에 두 개의 슬롯을 통하여 임피던스를 정합하였다[10-13].

본 논문에서 설계한 inset-fed 구조의 마이크로스트립 패치 안테나의 주요 파라미터와 상세 크기는 표 1, 표 2와 같다.

안테나는 초고주파 해석 시뮬레이션 프로그램인 Ansys사의 HFSS (Ver.12)를 이용하여 시뮬레이션을

하였다. 제안한 기본 구조 마이크로스트립 패치 안테나의 반사손실 예측 값은 그림 3과 같다.

표 1. 기본 구조 안테나의 주요 파라미터

Table. 1 major parameter of basic structure antenna

파라미터	FR4
주파수	2.45 GHz
비유전율(ϵ_r)	4.7
손실탄젠트	0.019
기판 두께	1.6 mm
기판 종류	FR4_epoxy

표 2. 기본 구조 안테나의 상세 크기 [mm]

Table. 2 detail size of basic structure antenna

안테나	W	L	X_0	Y_0	W_f	L_f
기본 구조	27.8	35.7	0.85	9	2.8	28

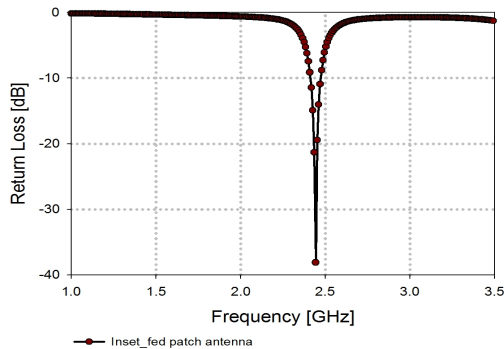


그림 3. 기본 구조 안테나의 반사손실 예측 값

Fig. 3 return loss simulation result of basic structure antenna

그림 3의 결과, 기본 구조 마이크로스트립 패치 안테나의 반사손실 예측 값은 2.45 GHz 대역에서 -38.11 dB이다.

본 논문에서 제안한 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나는 그림 1의 기본 구조 안테나(L, W)에 koch curve 구조를 적용하여 전기적 길이(L_1 , W_1)를 증가함으로써 안테나의 공진 주파수의 특성을 분석하였다. 안테나의 구조 및 상세 크기는 그림 4, 표 3과 같다.

L_1 와 W_1 의 전기적 길이의 증가에 따른 반사손실 시뮬레이션 결과는 그림 5와 같다.

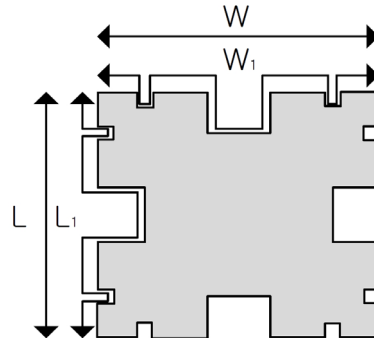


그림 4. koch curve 패치 안테나의 구조

Fig. 4 structure of koch curve patch antenna

표 3. koch curve 패치 안테나의 전기적 길이 [mm]

Table. 3 electrical length of koch curve patch antenna

	L	W	L_1	W_1
길이	27.8	35.75	46.8	54.75

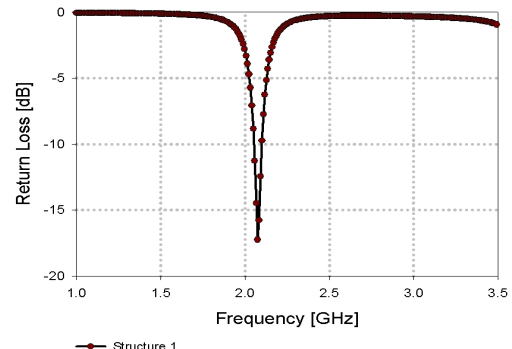


그림 5. koch curve 패치 안테나의 반사손실 예측 값

Fig. 5 return loss simulation result of koch curve patch antenna

그림 5의 결과, koch curve 구조를 적용하여 전기적 길이(L_1 , W_1)를 증가시킴으로써 안테나의 공진 주파수는 2.45 GHz 대역에서 2.074 GHz 대역으로 375 MHz 만큼 이동하였다. 즉 koch curve 구조를 이용한 전기적 길이의 증가는 공진 주파수가 낮아지는 특성을 보였다.

공진 주파수가 낮아지는 특성을 통해 표 4의 구조 1, 구조 2, 구조 3, 구조 4의 전기적 길이의 변화를 통해 2.074 GHz 대역에서 2.45 GHz 대역으로 다시 재 정합하였으며, 안테나의 면적을 축소시켰다. 이에 따른 반사손실 결과는 그림 6과 같다.

표 4. koch curve 패치 안테나의 전기적 길이 [mm]
Table. 4 electrical length of koch curve patch antenna

	L	W	L_1	W_1
구조-1	26.8	34.75	45.8	53.75
구조-2	25.8	33.75	44.8	52.75
구조-3	25.8	32.75	44.8	51.75
구조-4	24.0	31.65	43.0	50.65

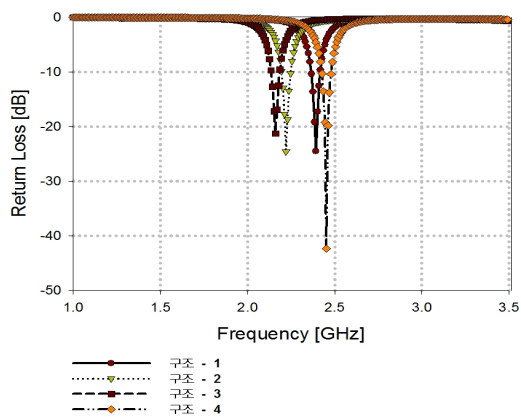


그림 6. 전기적 길이에 관한 반사손실 결과
Fig. 6 return loss result for the electrical length

그림 6의 결과, 전기적 길이 변화에 따른 구조-4의 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나 동작 주파수가 ISM 대역 2.45 GHz에 가장 근접하였으며, 본 논문에서 구조-4를 최종 안테나로 선정하였다. 구조-4의 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 반사손실 및 -10 dB 대역폭은 각각 -42.39 dB, 50 MHz이다.

제안한 기본 구조 마이크로스트립 패치 안테나와 구조-4의 koch curve 패치 안테나 시뮬레이션 예측 값 비교 결과는 표 5와 같다.

표 5. 최종 제안한 안테나의 예측 값
Table. 5 simulation result of the final proposed antenna

구 조	공진 주파수 [GHz]	반사손실 [dB]	-10 dB 대역폭 [MHz]	상대 면적율 [%]
기본 구조	2.45	-38.11	50	100.0
구조-4	2.45	-42.39	50	76.43

표 5의 결과, 안테나의 특성은 비슷하게 유지되는 가운데 기본 구조 마이크로스트립 패치 안테나에 비하여 구조-4의 koch curve 패치 안테나는 23.87%의 면적을 축소할 수 있었다.

시뮬레이션 한 결과를 바탕으로 제작한 구조-4의 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 상세 크기는 그림 7, 표 6과 같다.

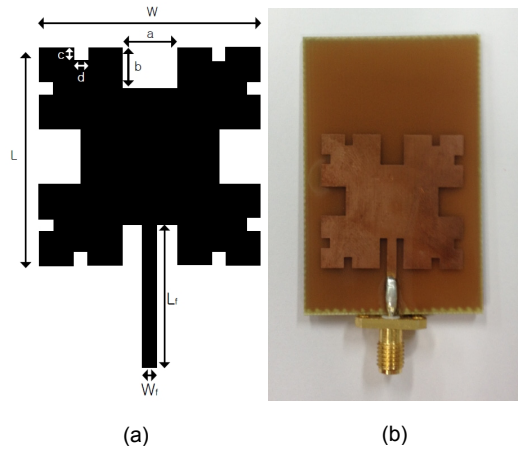


그림 7. koch curve 패치 안테나의 구조 (a) 안테나 구조 (b) 제작한 안테나
Fig. 7 structure of the koch curve patch antenna (a) Antenna structure (b) Manufactured antenna

표 6. koch curve 패치 안테나의 상세 크기 [mm]
Table. 6 detail size of koch curve patch antenna

안테나 구조	W	L	W_1	L_1	a	b	c	d
기본 구조	24	31.6	1.9	13	5.5	5.5	2	2

제작한 안테나는 Agilent사의 네트워크 분석기 (N5230A)를 이용하여 반사손실 및 임피던스, 정재파비 등을 측정하였다. 제작한 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 반사손실 실측 값은 그림 8과 같다.

그림 8의 결과, 제작한 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 반사손실 실측 값은 2.45 GHz 대역에서 -23.17 dB이며, -10 dB 대역폭은 50 MHz이다. VSWR 및 스미스 차트를 통해 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 정합을 확인하였다. 제작한 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 정재파비 실측 값은 그림 9와 같다.

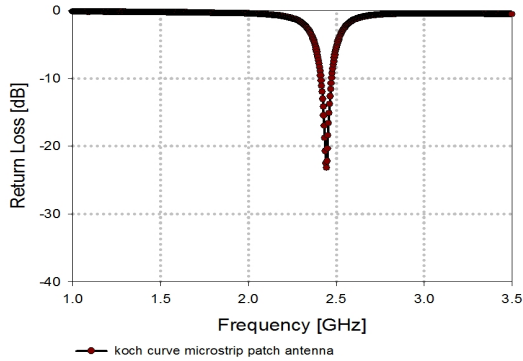


그림 8. 반사손실 측정 결과
Fig. 8 return loss measure result

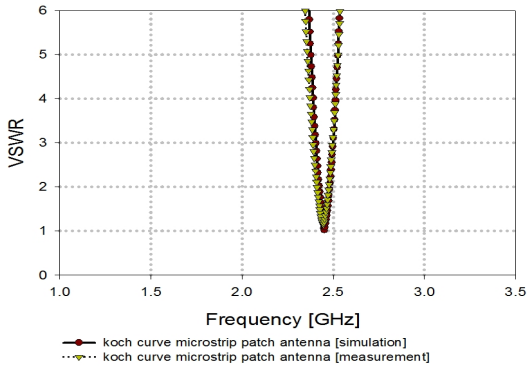


그림 9. 정재파비 측정 결과
Fig. 9 VSWR measure result

그림 9의 결과, 제작한 Koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 정재파비 실측 값은 2.45 GHz 대역에서 1.1491으로 $VSWR \leq 2$ 를 만족하였다.

제작한 Koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 임피던스 정합 실측 값은 그림 10과 같다.

그림 10의 결과, 제작한 Koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 임피던스 정합 실측 값은 46 Ω 이다.

시뮬레이션 예측 값과 제작한 안테나의 실측 값을 비교한 결과는 표 7과 같다.

본 논문에서 제안한 Koch curve 마이크로스트립 패치 안테나는 소형화 및 ISM 대역의 2.45 GHz 주파수의 두 가지 조건을 만족하였다.

제작한 Koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 방사패턴 시뮬레이션 결과는 그림 11과 같다.

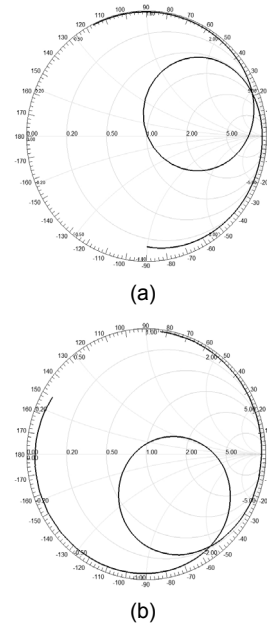


그림 10. 임피던스 정합 실측 결과 (a) 예측 값 (b) 실측 값
Fig. 10 impedance matching measure result (a) Predictive value (b) Measured value

표 7. 제안한 안테나의 시뮬레이션 예측 값과 실측 값 비교
Table. 7 simulation predicted value and measured value comparison of proposed antenna

구분	공진 주파수 [GHz]	반사손실 [dB]	-10 dB 대역폭 [MHz]	임피던스 [Ω]	정재파비
예측 값	2.45	-42.39	50	50.76	1.0153
실측 값	2.45	-23.17	50	46	1.1491

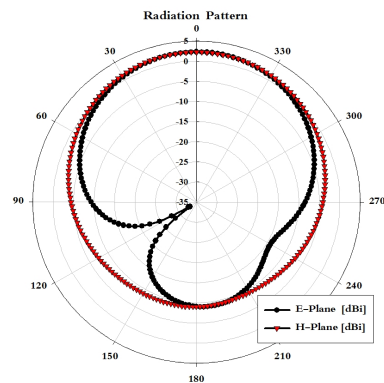


그림 11. 방사패턴 예측 결과
Fig. 11 radiation pattern simulation result

그림 11의 결과, koch curve 마이크로스트립 패치 안테나의 E-평면(XZ)과 H-평면(YZ)의 방사패턴에 따른 안테나 이득 예측 값은 2.26 dBi이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나의 소형화를 위하여 프랙탈 개념의 koch curve 구조를 응용하여 제작하였다. koch curve 마이크로스트립 패치 안테나는 Ansys사의 HFSS 툴을 이용하여 설계하였으며, 이를 기반으로 에칭 공정으로 제작하였다. 안테나는 유전율 4.7인 FR4_epoxy 기판을 사용하였으며, 제작한 안테나는 Agilent사의 네트워크 분석기(N5230A)를 이용하여 반사손실과 정재파비, 임피던스 정합을 측정하였다.

제작한 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나는 다양한 변수를 통해 분석하였다. 전기적 길이 변화에 따른 구조-4의 koch curve 마이크로스트립 패치 안테나 동작 주파수가 ISM 대역 2.45 GHz에 가장 근접하였다. 기본 구조의 마이크로스트립 패치 안테나에 비하여 제안한 안테나는 23.87%의 축소율을 보였으며, ISM 대역의 2.45 GHz 주파수 대역에 정합되어 안테나 특성 파라미터를 만족하였다.

향후에는 다양한 방법의 소형화 설계를 통하여 높은 이득의 소형 및 경량화 안테나를 제안하여 다양한 무선 통신 시스템의 연계성에 부합하는 안테나를 설계하고자 한다.

감사의 글

“이 논문은 2014학년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음”

REFERENCES

- [1] G. B. Kim, “Miniaturization of Microstrip Patch Antenna using Koch Curve Geometry,” M.S. thesis, Chosun Univ., Aug. 2014.
- [2] B. S. Kim, “Miniaturization of Microstrip Patch Antenna using Fractal Geometry,” M.S. thesis, Chosun Univ., Feb. 2013.
- [3] Sika, S., S.-K. Noh, and D.-Y. Choi, “Comparative Study of Antenna Design for RF Energy Harvesting”, *International Journal of Antennas and Propagation*, 2013, pp. 1-10.
- [4] H. S. An, “Design of the UWB Antenna Using Fractal Concept,” M.S. thesis, Hanbat National Univ., Feb. 2008.
- [5] S. W. Kim, D. S. Lim, Y. G. Kim and D. Y. Choi, "Design and Implementation of Koch Curve Microstrip Patch Antenna for Antenna Miniaturization," *Korea Society of IT Services*, vol. 12, no. 3, pp. 323-330, Sep. 2013.
- [6] E. O. Hammerstad, “Equations for Microstrip Circuit Design,” *Proc. Fifth European Microwave Conf.*, pp. 268-272, Sep. 1975.
- [7] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, Third edition, A John Wiley and Sons, INC. Publication.
- [8] I. K. Kim, “Microstrip patch antenna using the Koch island fractal geometry,” M.S. thesis, Yonsei Univ. Dec. 2000.
- [9] D. Y. Choi, Sika Shrestha, J. J. Park and S. N. Noh, “Design and Performance of an Efficient Rectenna Incorporating a Fractal Structure,” *International Journal of Communication System*, No. 2013, pp. 1-19, Jul. 2013.
- [10] S. W. Kim, D. Y. Choi, "Design and Implementation of Rectenna using 2×2 Array Patch Antenna," *Korea Society of IT Services*, vol. 13, no. 1, pp. 135-146, mar. 2014.
- [11] Y. B. Thakare, Rajkumar, "Design of fractal patch antenna for size and radar cross-section reduction," *The Institution of Engineering and Technology*, vol. 4, iss. 2, pp. 175-181, feb. 2010.
- [12] Abolfazl Azari, "A New Super Wideband Fractal Microstrip Antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 59, no. 5, pp. 1724-1727, may. 2011.
- [13] V. V. Reddy, N. V. S. N. Sarma, "Compact Circularly Polarized Asymmetrical Fractal Boundary Microstrip Antenna for Wireless Applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 118-121, jan. 2014.



김선웅(Sun-Woong Kim)

2012년 조선대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
2014년 조선대학교 정보통신공학과 석사(공학석사)
현재 조선대학교 정보통신공학과 박사과정
※관심분야 : 에너지 하베스팅, UWB 안테나



김걸범(Gul-Bum Kim)

2014년 조선대학교 정보통신공학과 석사(공학석사)
현재 조선대학교병원에서 재직 중
※관심분야 : 에너지 하베스팅, 안테나



윤중현(Jung-Hyun Yun)

1993년 조선대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1995년 조선대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
1999년 조선대학교 전자공학과 졸업(공학박사)
2003년 ~2005년 동신대학교 정보통신과 겸임교수
2003년~2005년 (주)지피텍 기술이사
2006년~2007년 조선대학교 초빙직원교수
현재 조선이공대학교 광전자과 조교수
※관심분야 : 광통신, 광시스템 설계, 초고주파, 반도체



최동유(Dong-You Choi)

1999년 조선대학교 전자공학과 졸업(공학사)
2001년 조선대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
2004년 조선대학교 전자공학과 졸업(공학박사)
현재 조선대학교 정보통신공학과 부교수
※관심분야 : 에너지 하베스팅, 전파잡음, 마이크로파 강우감쇠