

http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.1.195

JIIBC 2014-1-26

4세대 이동통신 Accesspoint용 Fractal구조 광대역 안테나 설계

Design of Fractal Structure Wideband Antenna for 4G IMT-Advanced AccessPoint Applications.

김동환*, 김갑기**

Dong-hwan Kim*, Gab-gi Kim**

요약 본 논문은 Fractal구조의 L-형 급전구조를 이용하여 AccessPoint용 소형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였고, 소형 안테나는 "Crossed-Diagonal"이라 불리는 특이한 형태의 공진 흐름이 존재함으로써 얻을 수 있다. 설계 프로그램으로는 CST사의 MicroWave5.0을 사용하였다. 설계된 패치 안테나의 동작특성으로써 입력 반사손실이 -10[dB]이하 VSWR 2:1인 범위가 3.202[GHz] ~ 4.233[GHz]까지 1031[MHz]의 29.4%라는 특성을 나타내었고, 단일 패치로서 E-평면과 H-평면의 이득은 8.7[dBi], 8.6[dBi] 그리고 3[dB]빔폭은 E-평면에서 43.9°, H-평면에서 78.7°라는 시뮬레이션 결과를 각각 얻을 수 있음을 논문을 통해 알 수 있다.

Abstract In this paper, an AccessPoint compact microstrip patch antenna was designed by using L-shaped feeding structure of a Fractal Structure and the compact antenna can be obtained by the rare formed presence of the resonance flow which is called "Crossed-Diagonal". CST's MicroWave5.0 was used for the design. As the operating characteristics of the patch antenna, it showed the characteristic of 1031 [MHz] or 29.4% in the range of 3.202 [GHz] ~ 4.233 [GHz] when an input return loss is less -10 [dB] and VSWR 2:1, also as it is in this paper, we got simulation results such as, gains of the E-plane and H-plane are 8.7 [dBi] and 8.6 [dBi] for this is the single patch, and 3 [dB] beamwidth is 43.9° at E-plane and 78.7° at H-plane.

Key Words : AccessPoint, Fractal patch, FCDM, CDM, E-plane radiation pattern, H-plane radiation pattern

1. 서론

본 논문에서는 미래 IT산업 발전의 견인차 역할을 할 4G(4Generation) 이동통신의 기지국 및 AccessPoint용 안테나를 설계하려고 한다. 이동 통신 단말기용 안테나는 소형화와 다중 대역 동작이 요구된다. 안테나의 소형화는 이득 및 효율을 감소, 협대역 특성으로 인하여 다중

대역 동작을 어렵게 한다^[1]. 지난 2007년 11월 IMT-2000 진화 및 이후 시스템들을 위한 세계 공용대역을 선정하기 위한 세계전파통신회의(WRC-07)가 스위스 제네바에서 개최되었다. 또한 회의에서는 4세대 이동통신용 주파수 분배를 논하는 연구의제(Agenda 1.4)를 다루었고, 여러 후보대역들 중, 생활용 무전기 대역 450~470[MHz], 디지털 TV대역을 뺀 470~806.862[MHz], 세계 공통 대

*정회원, SK Telecom NSI사업팀장

**정회원, 목포해양대학교 해양정보통신공학과

접수일자 : 2014년 1월 14일, 수정완료 : 2014년 2월 5일

게재확정일자: 2014년 2월 7일

Received : 14 January, 2014 / Revised : 5 February, 2014

Accepted: 7 February, 2014

**Corresponding Author : microkim@mmu.ac.kr

Div. of Marine Electronics and communication Engineering,
Mokpo National Maritime University, Korea

역인 2300~2400[MHz], 그리고 주파수대역 선정전에 가장 폭이 넓어 4G에 적합할 것으로 예측됐던 3400~4200[MHz]대역도 채택 과정에서 3400~3600[MHz]로 크게 줄은 4개의 대역으로 확정되었다. 이에 대한 주파수 소요량은 연구결과 2020까지는 IMT 용도로 총 1.28~1.72[GHz] 대역폭이 필요할 것으로 예측되어진다.^[2] 이 주파수대역을 수용할 수 있는 안테나의 개발이 반드시 필요하게 되었다. 이동통신 서비스에 있어 중요시되는 것이 안정된 통화품질이며 각 기지국 및 중계기에 설치된 안테나의 특성은 통화품질을 결정하는 수많은 요소 중 하나이다. 현재 사용되어지고 있는 중계기 및 기지국용 안테나는 주로 다이폴 구조와 마이크로스트립 구조가 사용되어지고 있는데 그 중 마이크로스트립 구조의 안테나는 제작이 용이하고 대량생산이 가능하며 견고하고 또한 가격도 저렴하며 부피가 작고 가볍다는 장점을 갖는 반면 좁은 대역폭과 낮은 효율을 갖는 것은 마이크로스트립 안테나의 단점이라 할 수 있다.^[3] 하지만 대역폭이 좁다는 단점을 가지고 있기 때문에 이를 개선하기 위해 최근 들어 낮은 유전체 기판을 사용^[4]하거나 적층구조 방식^[5] 및 급전방식의 변화^[6] 그리고 방사패치에 여러 가지 형태의 Slot을 삽입^[7] 등의 방법을 사용하는 광대역화 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 논문에서는 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭 문제를 개선하고, 프랙탈 구조를 사용함으로써 다중공진을 일으켜 4G 이동통신의 대역 중 세계 공통대역인 2300~2400[MHz]와 국가별로 자유롭게 사용가능한 대역인 3400~3600[MHz]를 모두 포함하는 주로 실내에서 사용하고 비교적 크기의 제한을 받지 않는 AP(AccessPoint)용 광대역 안테나를 설계하고자 하였다. 안테나의 대역폭을 개선하기 위해서 첫 번째 L자 형태의 급전구조^[8]를 이용 하였으며, 직사각형 패치에 FCDM (Fractal Crossed Diagonal Mode)구조를 추가하여 소형화 및 이중 공진 효과^[9]를 이용하였다.

II. Fractal구조 패치안테나 설계

마이크로스트립 패치안테나의 단점인 협대역 특성을 개선하기 위하여 방사패치에 Fractal 구조에 기초로 한 crossed-diagonal 특성을 가지는 FCDM이라 불리는 방법을 이용하였다.

제안된 FCDM 구조의 패치안테나는 방사패치에 Fractal구조로 된 규칙적이고 복잡한 형태의 슬롯들을 포함으로써 crossed-diagonal 형태의 공진흐름이 존재하게 되고, 슬롯 간 자체의 공진과 사각형 패치의 공진 특성이 서로 결합하여 광대역 특성을 나타내며, 또한 슬롯에 의한 캐패시터 성분의 증가는 프로브에 의한 인덕턴스 성분의 보상으로 대역폭 확장이 이루어지게 된다. 그림 1은 소형 Fractal패치 안테나의 기본구조이다.

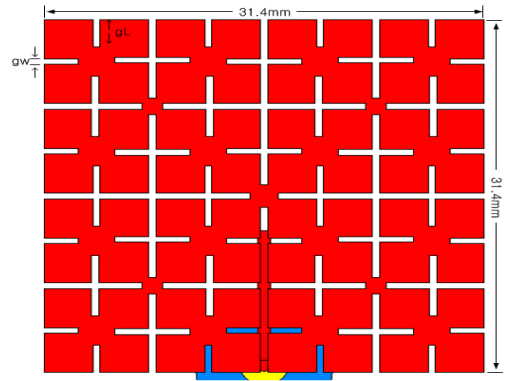


그림 1. FCDM패치 안테나의 구조

Fig. 1. The structure of the patch antenna FCDM

마이크로스트립 안테나의 공진패치에 적용되는 슬롯의 기능을 보면 길이 방향의 슬롯은 기본 모드의 전류 분포를 변화시킴으로서 인접 주파수에서 공진을 만들어 대역폭을 넓히는 역할을 한다. 이럴 경우 의도하지 않은 폭 방향의 전류 흐름이 생겨 교차 편파를 증가시키는데 이러한 영향을 최소화하기 위해서 폭 방향의 슬롯을 만들어주게 된다^{[10][11]}.

일반적으로 안테나는 xy평면에 놓인 평면 공진기로서 취급되어지는데 전개영역을 위한 Von Neumann의 경계 조건은 Helmholtz방정식을 이용하여 E_z 는 다음 식(1)과 같이 나타내어진다.

$$\Delta E_z + k^2 E_z = 0, \frac{\partial E_z}{\partial n} = 0 \quad (1)$$

자계영역은 식(2)와 같이 얻어지며,

$$\vec{H} = \frac{1}{j\omega\mu_0} \vec{Z}_0 \times \nabla E_z \quad (2)$$

마지막으로, 표면 전류흐름은 자기 전류에 비례하며 즉, 식(3)과 같이 전계의 변화에 따라 증가한다.

$$\vec{J} \propto \nabla E_z \quad (3)$$

또한 높은 두께의 공기층이 적용된다면 공기층 자체의 광대역 효과로 인해 두 개의 공진을 연결할 수 있지만, 낮은 공기층을 사용할 경우 두 개의 공진주파수를 합치기 위한 슬롯의 변형이 필요하다. 따라서 최적의 슬롯 패치 안테나를 설계하기 위한 각 변수를 다음의 표 1과 같이 결정하였다.

표 1. FCDM 패치 파라미터
Table 1. FCDM patch parameters

W	Width of Patch	gw	Slot-Width in the direction of W
L	Length of Patch	gL	Slot-Length in the direction of L

FCDM패치 안테나 설계 변수들 gw, gL에 대하여 시뮬레이션을 하였으며, 시뮬레이션은 3D 회로설계가 가능한 CST사의 Microwave Studio 5.0를 사용하였다. 그림 2, 3은 slot의 길이와 폭의 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 보이고 있다.

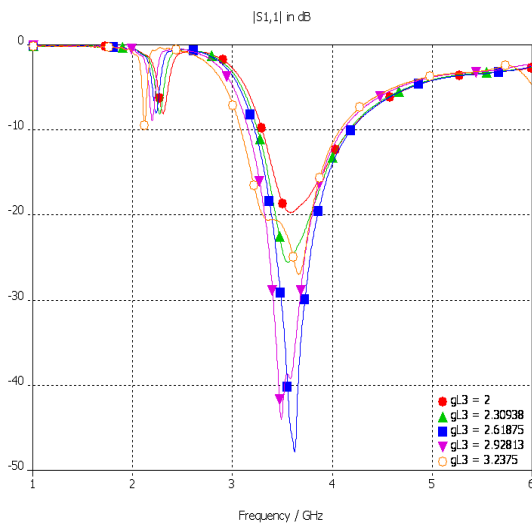


그림 2. Slot길이에 따른 S_{11} 의 변화
Fig. 2. Change of S_{11} along the length of the Slot

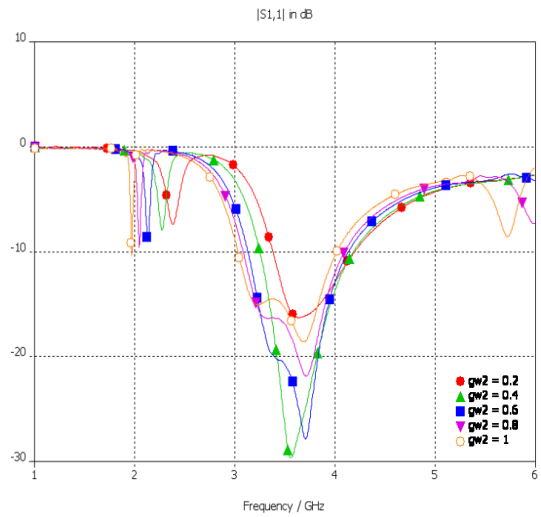


그림 3. Slot폭에 따른 S_{11} 의 변화
Fig. 3. Change of S_{11} along the width of the Slot

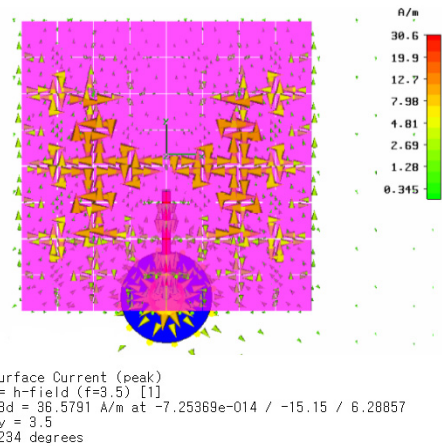


그림 4. CDM의 표면전류
Fig. 4. The surface current of CDM

그림 4는 시뮬레이션을 통한 표면전류를 보여주고 있다. 두 개의 CDM(Crossed-Diagonal Mode)특성이 분명히 나타남을 보여주고 있다. 그러므로 전계영역은 E_y 의 기본모드를 가지게 되는 것이다

III. 급전회로 설계

L자 형태의 급전구조를 갖는 안테나는 구조가 간단하

고 각종 이동통신을 위한 기지국용 안테나로서 좋은 특성을 보인다. L자 형태의 급전구조를 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 기본 구조를 그림 5에서 나타낸다.

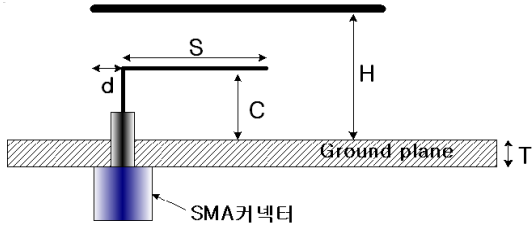


그림 5. 급전구조
Fig. 5. Feeding structure

급전선의 길이 S와 그라운드와 급전선간의 높이C, 급전선과 FCDM 패치면 과의 앞뒤간격인 d, 그라운드와 패치간의 높이 H로 구성된 각 파라미터의 변화에 따른 특성을 살펴보면 다음 그림 6, 7, 8, 9와 같다.

시뮬레이션 결과에서는 S=12.57[mm], C=10.55[mm], d=0.5[mm], H=15.35[mm]에서 가장 양호한 특성을 나타냄을 알 수 있다.

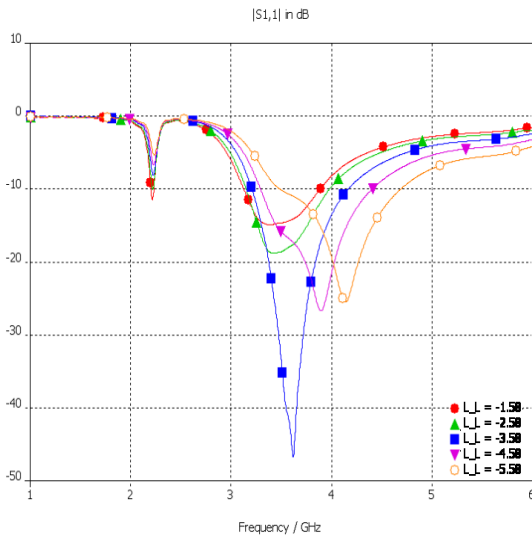


그림 6 .급전선 길이에 따른 S_{11} 의 변화
Fig. 6. Change of S_{11} along the length of the feed line

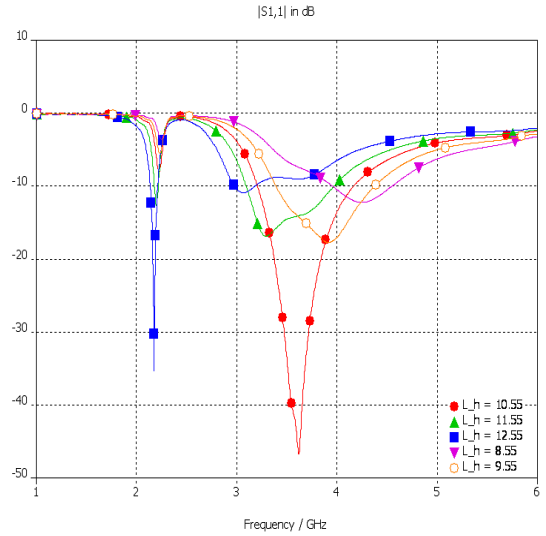


그림 7. 급전선 높이에 따른 S_{11} 의 변화
Fig. 7. Change of S_{11} along the height of the feed line

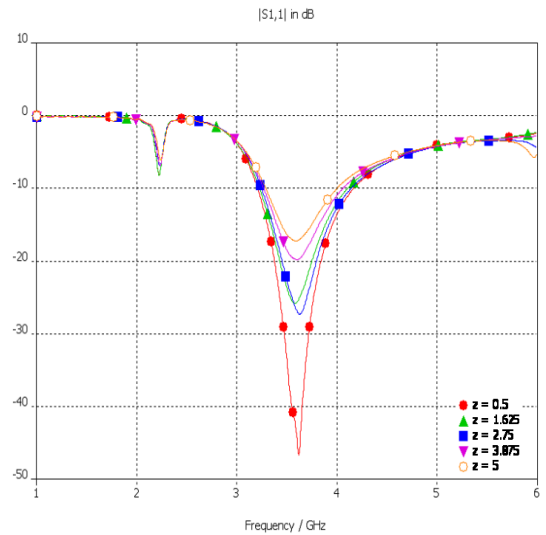


그림 8. d에 따른 S_{11} 의 변화
Fig. 8. Change of S_{11} along the d

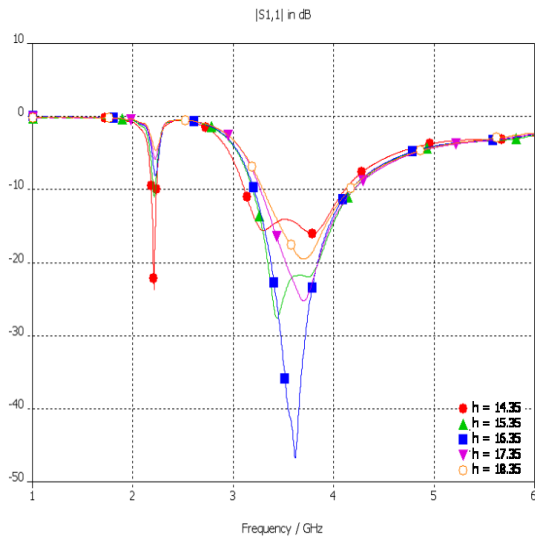


그림 9. 기판의 높이에 따른 S_{11} 의 변화
Fig. 9. Change of S_{11} along the height of the substrate

IV. FCDM안테나 설계

본 논문에서는 4세대 이동통신 AccessPoint용 광대역 Fractal 안테나를 설계하고자 한다. 다음 표2에서 최종적으로 설계할 안테나의 사양을 나타내었다.

표 2. 안테나 설계 목표
Table 2. Antenna design goals

	FCDM 안테나
Frequency Range	3.4~3.6[GHz]
Band Width	200[MHz]
VSWR	≤ 2
Input Impedance	50[Ω]
Gain	≥ 8 [dBi]
Half Power Beam Width	≥ 45 [deg]

그림 10은 최적화된 소형 마이크로스트립 FCDM안테나의 구조를 보여주고 있으며, 그림 11은 최적화된 안테나의 시뮬레이션 결과인 입력 반사손실을 보여준다.

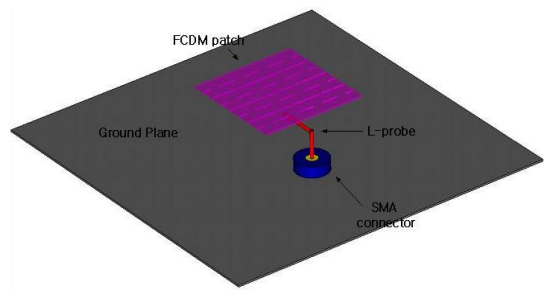


그림 10. FCDM 안테나의 구조
Fig. 10. FCDM antenna structure

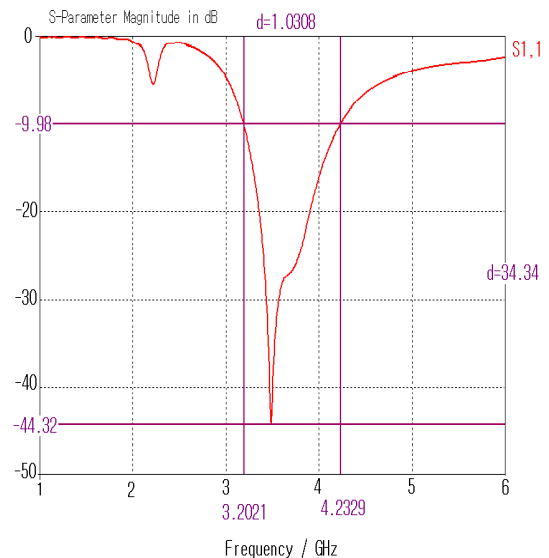


그림 11. 입력 반사손실(S_{11})
Fig. 11. Input Return Loss

설계된 안테나에서 반사손실 -10 [dB](VSWR 2:1)가 되는 대역폭은 $3202.1 \sim 4232.9$ [MHz]까지 29.4% 다시 말해서 1031[MHz] 라는 매우 광대역인 특성이 있음을 알 수 있었다.

또한 그림 12에서 최적으로 설계된 안테나의 임피던스 궤적을 볼 수 있다. 입력반사손실의 중심 중과수인 3.5[GHz]에서의 입력임피던스가 약 45[Ω] 정도 있음을 알 수 있었다. 그림 13과 14에서는 설계된 안테나의 3.5[GHz]에서 E평면과 H평면 방사패턴을 보이고 있다.

V. 결론

설계된 안테나는 FCDM구조로 된 소형패치안테나로 설계되었고, 마이크로스트립 안테나의 단점인 협대역을 보완하기 위해 급전구조는 L형 급전구조를 이용하였다. 설계된 안테나의 $-10[\text{dB}]$ 이하의 동작 주파수로서는 $3202.1\sim 4232.9[\text{MHz}]$ 로 대역폭이 $1031[\text{MHz}](29.4\%)$ 인 광대역의 특성을 나타내었다. 또한 $3400\sim 3600[\text{MHz}]$ 의 중심주파수 인 $3.5[\text{GHz}]$ 에서의 $-10[\text{dB}]$ 이하의 이득은 E-평면과 H-평면에서 $8.7[\text{dBi}]$, $8.6[\text{dBi}]$ 의 특성을 나타내었으며, $3[\text{dB}]$ 빔폭은 43.9° , 78.7° 를 각각 나타내었다. 추 후 본 논문의 본래의 목적인 Fractal 구조의 다중공진을 이용하여 4G의 세계 공통대역인 $2.3\sim 2.4[\text{GHz}]$ 대역까지 포함하는 듀얼밴드 안테나를 설계 할 것이며, 시뮬레이션 결과를 토대로 최적화된 데이터를 사용하여 차세대 4G 이동통신 AccessPoint용 안테나를 제작할 계획이다. 제작된 안테나는 4G AP용으로 충분히 활용 가능할 것으로 사료된다.

References

- [1] Guen-Chul Park, Sung Woon Kang, Bayarmaa O, Dong-Hwan Kim, Gab-Gi Kim, "Design of the Dual-band UWB Microstrip Antenna", Korean Institute Of Information Technology 2013.5, page(s): 259-262
- [2] Woo-gi Jeong, Hyeon-gu Yun, Jae-woo Im, Jong-gwan Yuk, "The research of fourth-generation mobile communications service frequency requirements ", Journal of Korea Electromagnetic Engineering Society, 17 (2), PP. 110-116
- [3] Ramesh. Garg, Prakash. Blartia, Inder. Bahl, Apisak. Ittipiboon, Microstrip Antenna Design Handbook, Atrech House, PP.2-3.
- [4] J. R. James and P. S. Hall., Handbook of microstrip antenna. London : Peter Peregrinus. 1989.
- [5] S. D. Targonski and R. B. Waterhouse., "An Aperture Coupled Stacked Patch Antenna with 50% Bnadwith", IEEE AP-S. Baltimore. Maryland, pp. 18-21, July 1996.

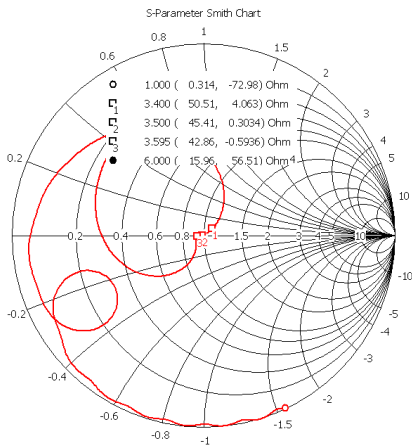


그림 12. 입력임피던스
Fig. 12. the input impedance

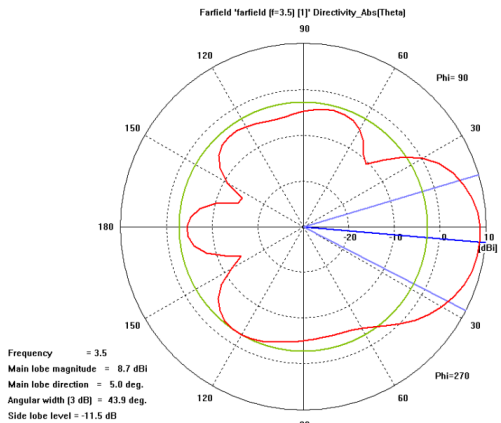


그림 13. 제안된 E-평면 방사패턴
Fig. 13. The proposed E-plane radiation pattern

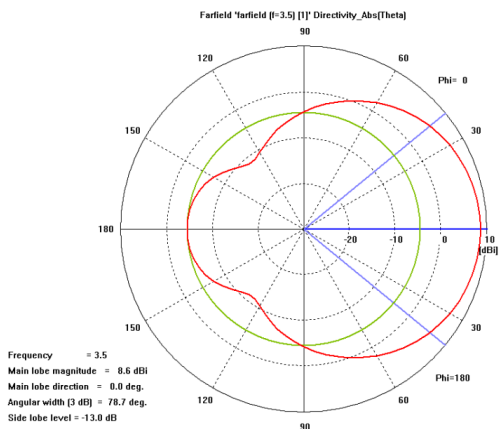


그림 14. 제안된 H-평면 방사패턴
Fig. 14. The proposed H-plane radiation pattern

- [6] Naftall Herscovici, "A wide-band single-layer patch antenna", IEEE AP-S, Atlanta, Georgia. pp. 1108-1111. June. 1998.
- [7] K. F. Lee, K. M. Luk, Tong. S. M. Shum, T. Huynh, and R. O. Lee., "Experimental and simulation studies of the coaxially feed U-slot rectangular patch antenna," IEEE Proc, Vol. 144, PP. 354-358, Oct. 1997.
- [8] Jin-young Kwon, Gab-gi Kim "L-Slot Microstrip Patch Antenna Design for LTE", The Journal of The Institute of internet, Broadcasting and Communication, Vol. 13, No.3 pp. 171-175, 2013
- [9] Jae-ruen, "Double Resonance Characteristics of Crossed Planar Monopole Antenna by L-Shaped Slit", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 8, No. 3 pp. 508-512, 2007.
- [10] Myung-hwan Yu, Beom-seon Yi, "The design and Manufacturing of Coupled opening Ku-band U-slot microstrip antenna" Journal of the Korea Electromagnetic Engineering Society in 1998 General Conference. Vol. 10, No. 4, pp. 636-644, 99.8.
- [11] Ju-seong Jeon, "The design of U-Slot array antenna in PCS base station" Korea Institute of Engineering, Volume 12, No. 3, pp. 117 ~ 154. Jan 2001.

김 갑 기(정회원)



- 1980년 : 광운대학교 통신공학과(공학사)
- 1984년 : 건국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
- 1998년 : 건국대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
- 2001년~ 2002년 : 뉴욕시립대학 전자공학과 연구교수
- 2004년~현재 : 목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수
- 관심분야 : 마이크로파 통신, 초고주파 회로설계, 해상무선통신, 이동통신, 위성통신.
- E-mail : microkim@mmu.ac.kr

저자 소개

김 동 환(정회원)



- 1999년 : 광운대학교 정보콘텐츠 대학원 전파공학과(공학석사)
- 2011년~현재 : 목포해양대학교 대학원 전자통신공학과(공학박사과정)
- 1990년 ~ 1992년 : 교통부 항공청근무
- 1992년 : SK Telecom 입사
- 2003년 : 위성DMB기술기획팀장
- 2004년 : BcN 사업 TF팀장
- 2010년 : Smart city 사업팀장
- 2012년~현재 : NSI 사업팀 사업담당
- 관심분야 : 해상무선통신, 이동통신
- E-mail : ch21c@nate.com