

L-형급전구조를 이용한 소형 마이크로스트립 Fractal

패치 안테나 설계

박창현* · 윤치무* · 김갑기*

The Design of Miniature Microstrip Fractal Patch Antenna

Using L-shaped Feeding Structure.

Chang-hyun Park* · Chi-mu Yoon* · Kab-ki Kim*

*Mokpo National Maritime University

E-mail : pegasus7h@mmu.ac.kr

요 약

본 논문은 Fractal 구조에 기초로 한 L-형 급전구조를 이용한 4세대 이동통신용 소형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 소형 안테나는 "Crossed-diagonal"라 불리는 특이한 형태의 공진 흐름이 존재함으로써 얻을 수 있다. 설계는 CST Microwave Studio 5.0으로 하였으며, 설계된 패치 안테나의 동작 특성으로서 입력 반사손실이 -10 [dB]이하 VSWR 2:1인 범위가 2.944 [GHz] ~ 4.209 [GHz]까지 1.2647[GHz]의 35.4%라는 특성을 나타내었고, E-평면과 H-평면의 이득은 8.3dBi, 8.4dBi 그리고 3dB 빔폭은 E-평면에서 40.6° H-평면에서 81.6° 라는 시뮬레이션 결과를 각각 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, We have designed miniature microstrip patch antenna based on fractal structure using L-shaped feeding structure for 4G mobile communication applications. Miniature antenna has achieved by the presence of unusual fundamental resonant mode which we call "crossed-diagonal"(CD)current. Using CST Microwave Studio 5.0, patch antenna was designed. The simulated input return loss showed the bandwidth of 1.2647[GHz](2.944~4.209GHz), 35.4% below -10dB. The gain of E, H-plane was achieved 8.3dBi and 8.4dBi respectively. And beamwidth of 3dB in the E, H-plane was 40.6° and 81.6°, respectively.

Keyword

L-shaped, Fractal, Crossed-diagonal, microstrip

1. 서 론

본 논문에서는 미래 IT산업 발전의 견인차 역할을 할 4G(4Generation) 이동통신의 중계기 및 기지국용 안테나를 설계하고자 한다. 2007년 10월 IMT-2000 진화 및 이후 시스템을 위한 세계 공용대역을 선정하기 위해 세계전파통신회의(WRC-07)가 스위스 제네바에서 개최될 것이며, 4G 이동통신에 대한 주파수분배가 이루어질 것으로 예상되어지고 있다. 또한 지난해 제주도에 서 열린 '2006삼성4G포럼'에 참가했던 주파수 전문가들에 따르면 각국이 가장 유력한 대역으로 꼽고 있는 4G대역은 고주파인 3.4 ~ 4.2[GHz]대역으로 유력시 되고 있다고 한다. 이에 따라 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 마이크로 스트립 구조가 사용되어지고 있는데 그중 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^[1]. 하지만 대역폭이 좁다는 단점을 가지고 있기 때문에 이를 개선하기 위해 최근 들어 낮은 유전체 기판을 사용^[2]하거나 적층구조 방식^[3] 및 급전방식의 변화^[4] 그리고 방사패치에 여러 가지 형태의 Slot을 삽입^[5] 등의 방법을 사용하는 광대역

화 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭 문제를 개선하여 앞으로 4G 이동통신의 유력시되는 3.4 ~ 4.2[GHz]를 포함하는 광대역 안테나를 설계하고자 한다. 안테나의 대역폭을 개선하기 위해서 첫 번째 L자 형태의 급전구조를 이용 하였으며, 직사각형 패치에 FCDM(Fractal Crossed Diagonal Mode) 구조를 추가하여 소형화 및 이중 공진 효과를 이용하였다.

II. 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 파냄으로써 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.

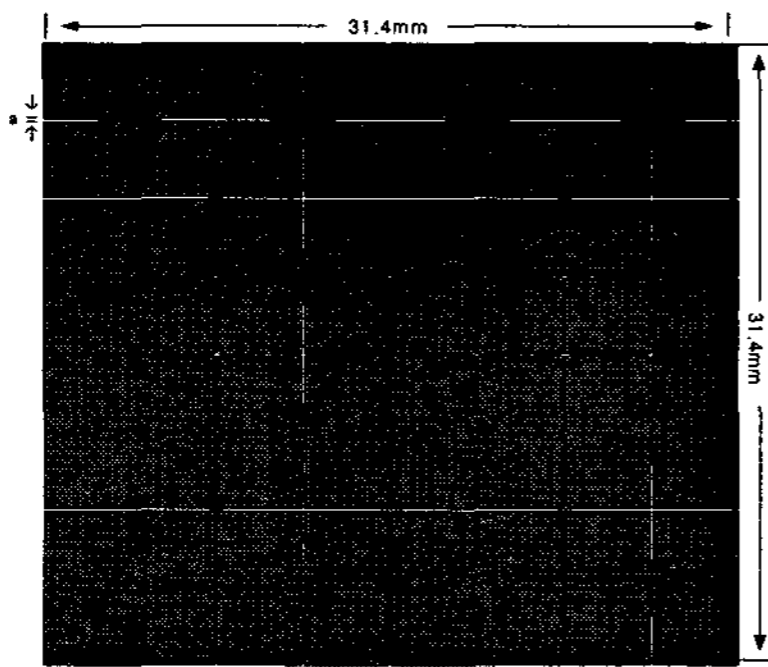


그림 4. FCDM패치 안테나의 구조
Fig 1. Structure of FCDM patch

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^{[6][7]}.

일반적으로 안테나는 xy평면에 놓인 평면 공진기로써 취급되어지는데 전개영역을 위한 Von Neumann의 경계조건은 Helmholtz방정식을 이

용하여 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, 식3과 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. Parameter of FCDM patch

W	Width of Patch	a	Slot-Width in the direction of W
L	Length of Patch	b	Slot-Length in the direction of L

FCDM패치 안테나 설계 변수들 a, b에 대하여 시뮬레이션을 하였으며, 시뮬레이션은 3D 회로설계가 가능한 CST사의 Microwave Studio 5.0를 사용하였다. 그림 2는 slot의 길이 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 보이고 있다.

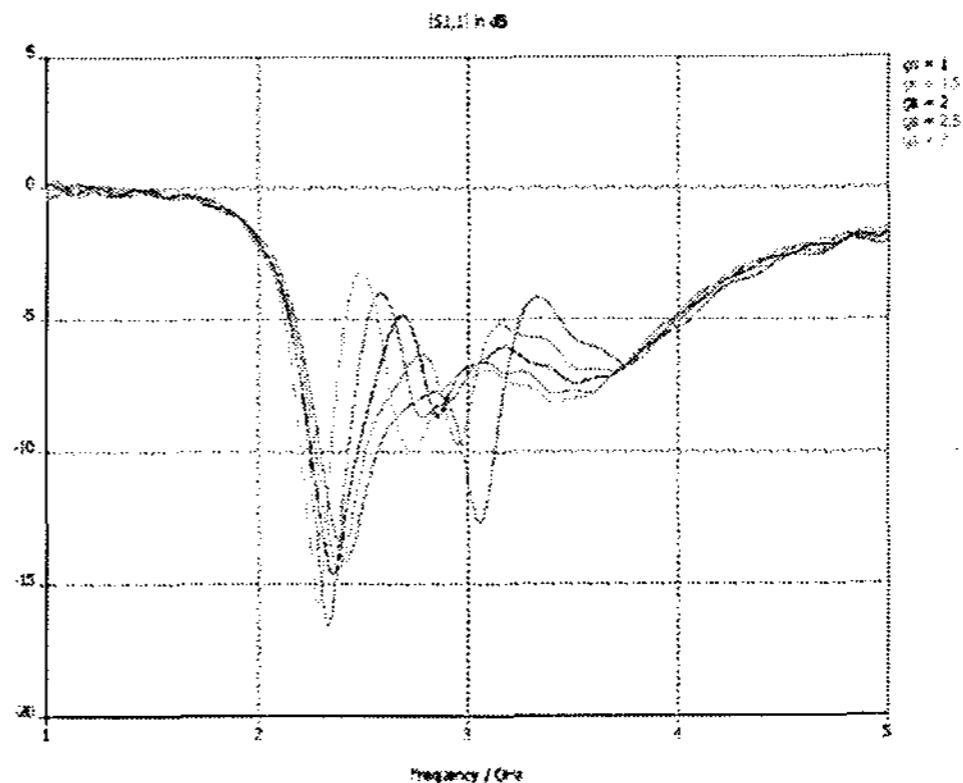


그림 2. (b)에 따른 S11의 변화
Fig 2. The variation of S11 in terms of (b)

슬롯의 폭 (a)에 관해서도 시뮬레이션 하였으나, 특성은 크게 변화하지 않았으며, b와 패치의 폭과 길이가 안테나의 특성에 영향을 미치는 중요한 변수임을 알 수 있었다.

그림3은 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.

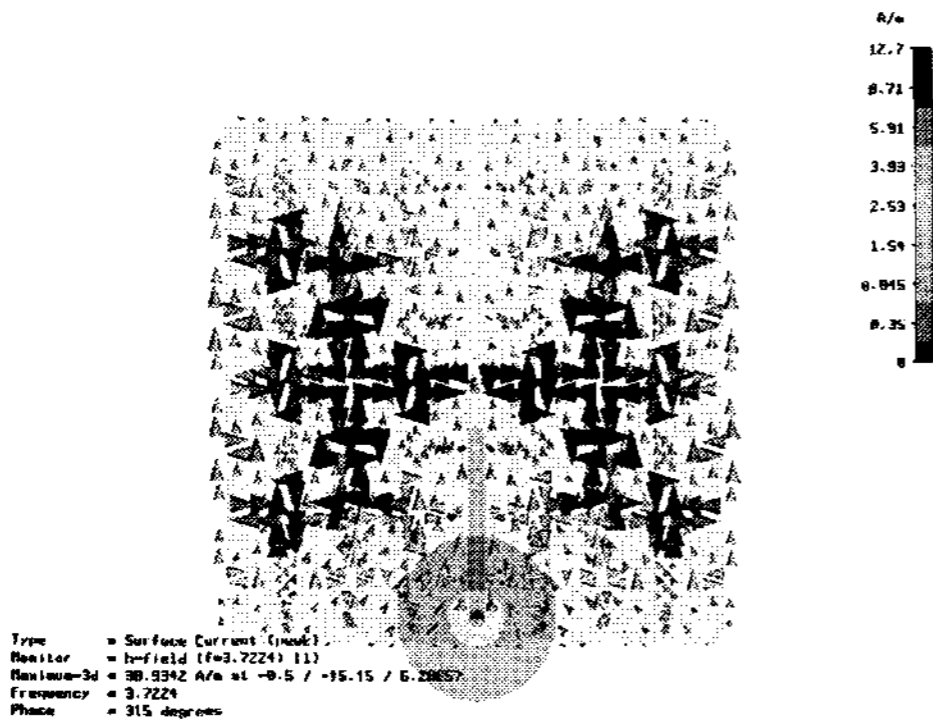


그림 3. CDM의 표면전류
Fig 3. Surface electric currents of the CDM

III. 급전회로 설계

L자 형태의 급전구조를 갖는 안테나는 구조가 간단하고 각종 이동통신을 위한 기지국용 안테나로서 좋은 특성을 보인다^[8]. L자 형태의 급전구조를 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 기본 구조를 그림 4에서 보인다.

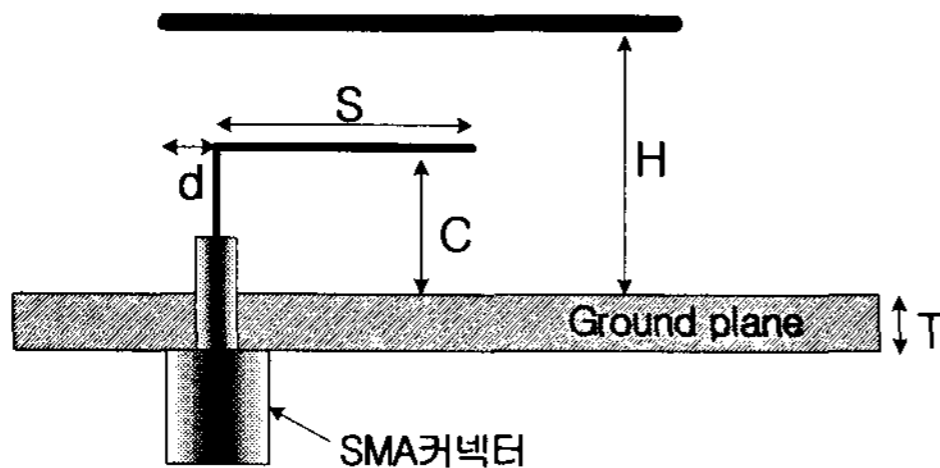


그림 4. 급전 구조
Fig 4. Structure of Feed

급전선의 길이 S와 그라운드와 급전선간의 높이 C, 급전선과 FCDM 패치면과의 앞뒤간격인 d로 구성된 각 파라미터의 변화에 따른 특성을 살펴보면 다음 그림 5, 6, 7과 같다.

시뮬레이션 결과 S는 12.07mm, C는 10.58mm, d는 0.9mm에서 가장 양호한 특성을 나타냄을 알 수 있다.

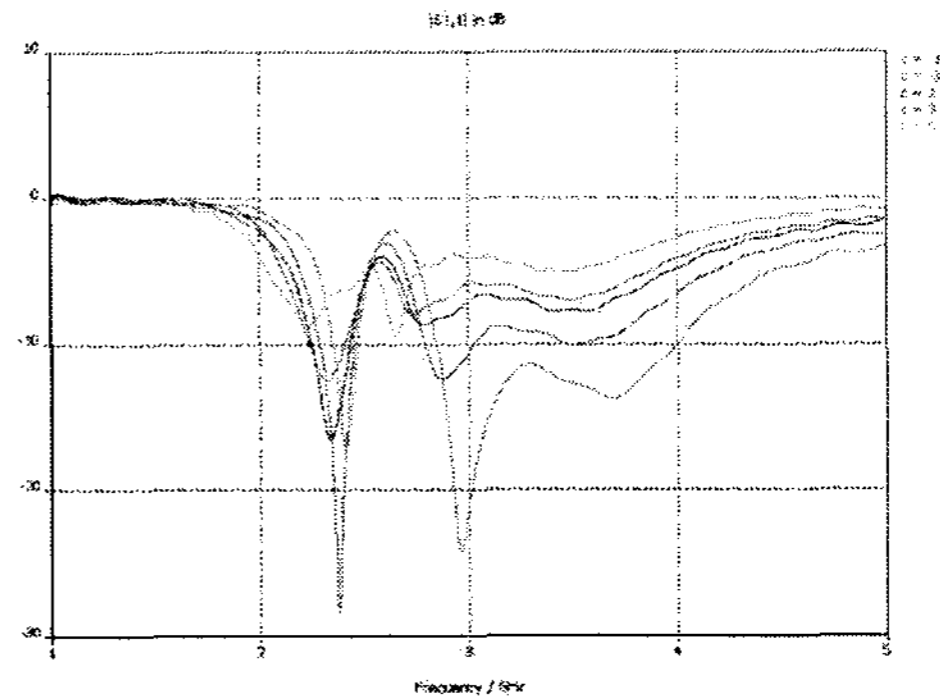


그림 5. (S)에 따른 S11의 변화
Fig 5. The variation of S11 in terms of (S)

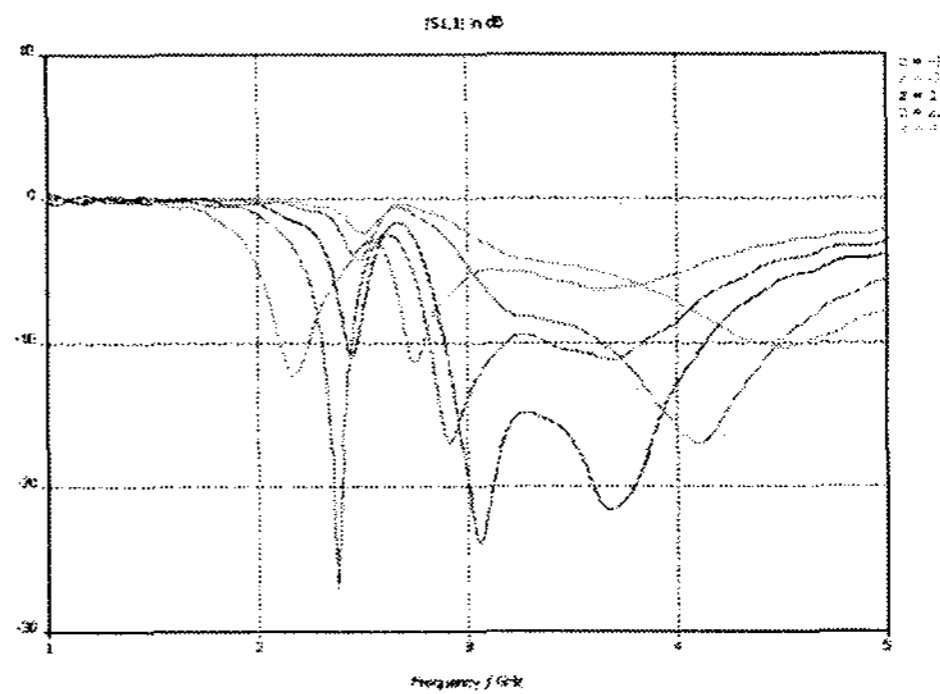


그림 6. (C)에 따른 S11의 변화
Fig 6. The variation of S11 in terms of (C)

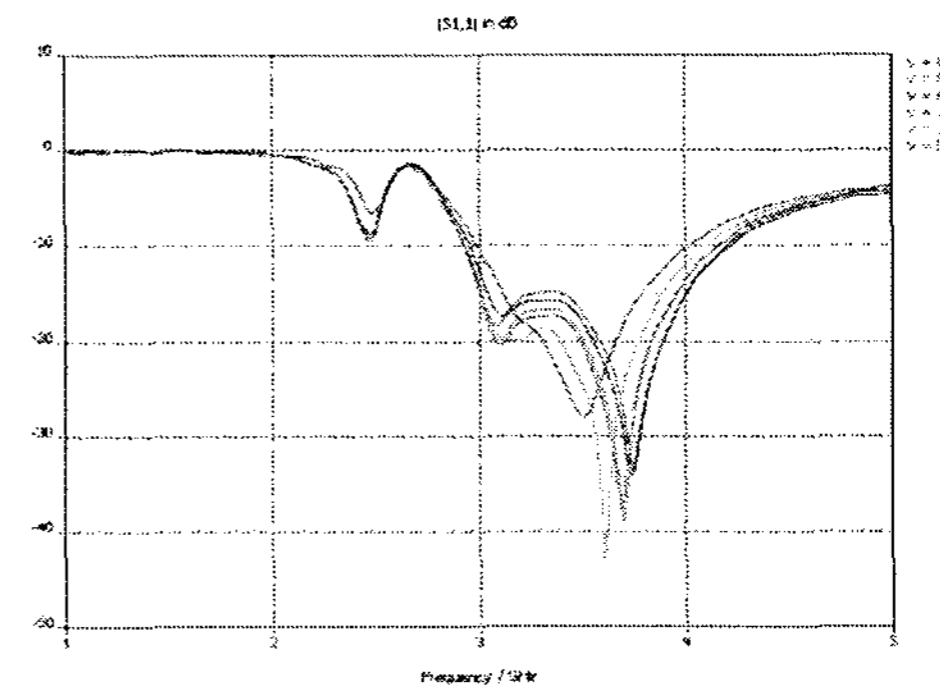


그림 7. (d)에 따른 S11의 변화
Fig 7. The variation of S11 in terms of (d)

IV. 안테나 설계

본 논문에서는 현재 가장 유력시되는 4세대 이동통신 대역중 하나인 3.4 ~ 4.2[GHz]용 기지국 및 중계기용 광대역 안테나를 설계하고자 한다. 다음 표 2에서 안테나의 설계 목표를 나타내었다.

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

4 Generation Frequency	
주파수	3.4 ~ 4.2[GHz]
대역폭	800MHz
VSWR	≤ 2
이득	≥ 8dBi
3dB빔폭	≥ 30 deg

그림 8은 최적화된 소형 마이크로스트립 FCDM 안테나의 구조를 보여주며, 그림 9는 최적화된 안테나의 시뮬레이션 결과인 입력 반사손실을 보여주고 있다.

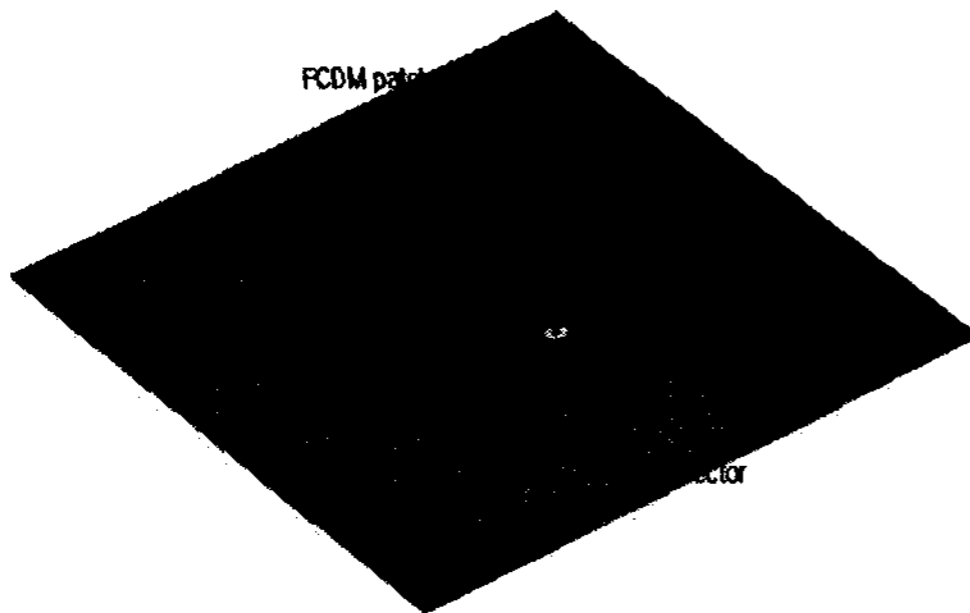


그림 8. FCDM 안테나의 구조
Fig 8. Structure of FCDM antenna

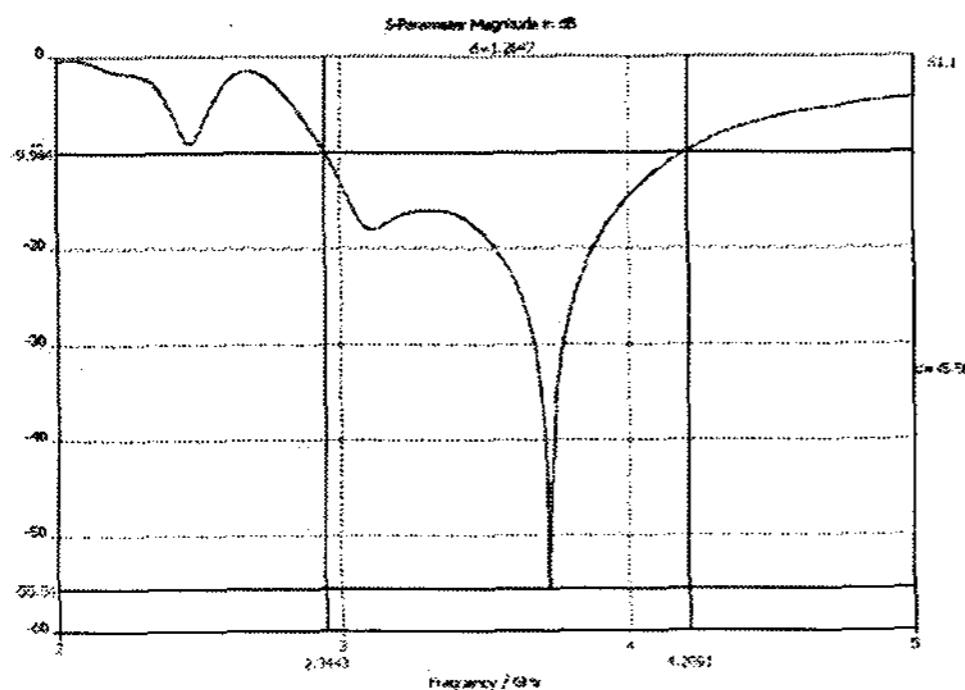


그림 9. 입력 반사손실
Fig 9. Input return-loss

설계된 안테나에서 반사손실 -10dB(VSWR 2:1)가 되는 대역폭은 2.944GHz ~ 4.209GHz 까지 35.4% (1.2647GHz)라는 매우 광대역인 특성이 있음을 알 수 있었다.

또한 그림 10에서 최적으로 설계된 안테나의 임피던스 궤적을 볼 수 있다. 입력반사손실의 중심 주파수인 3.72[GHz]에서의 입력임피던스가 약 45 [Ω] 정도 나옴을 알 수 있었다.

그림 11과 12에서는 설계된 안테나의 3.72GHz에서 E평면과 H평면 방사패턴을 보이고 있다.

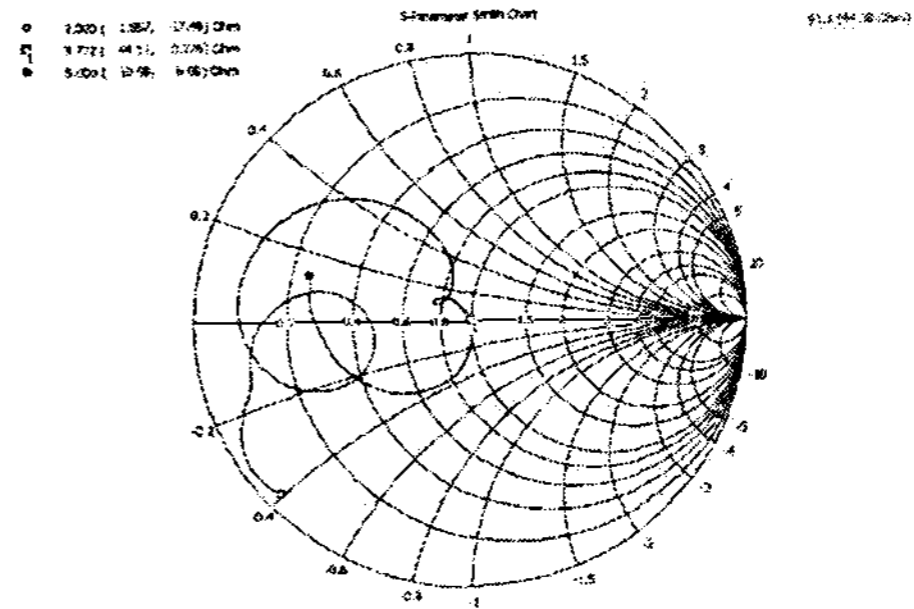


그림 10. 입력 임피던스
Fig 10. Input Impedance

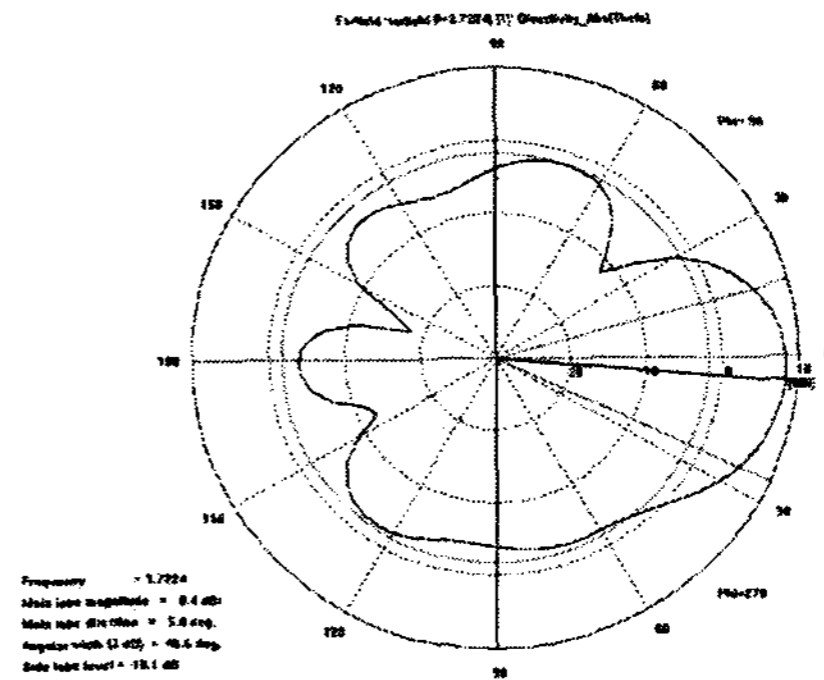


그림 11. E-평면 방사패턴
Fig 11. Radiation pattern of E-plane

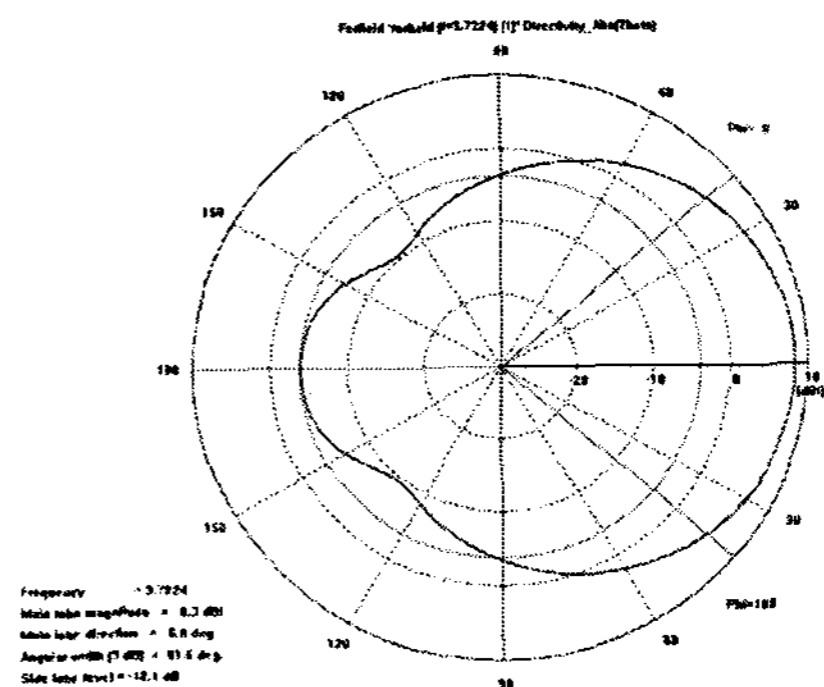


그림 12. H-평면 방사패턴
Fig 12. Radiation pattern of H-plane

E평면과 H평면에서 8.4dBi, 8.3dBi의 이득을 나타내었으며, 3dB 빔폭은 E평면에서 40.6°를 H평면에서는 81.6°를 각각 나타내었다.

위의 결과들로 볼 때 FCDM구조와 L형급전 구조를 사용함으로써 대역폭을 개선하는 효과가 있음을 확인 할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 2007년 10월 스위스 제네바에서 개최될 WRC-07회의에서 4세대 이동통신 주파수 대역으로 가장 유력한 주파수대역 3.4~4.2[GHz] 대역에 사용되는 기지국 및 중계기용 광대역 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나는 FCDM구조로 된 소형패치안테나로 설계되었으며, 마이크로스트립 안테나의 단점인 협대역을 보완하기 위해 급전구조는 L형 급전구조를 이용하였다. 설계된 안테나의 동작 주파수로서는 2.944[GHz] ~ 4.209[GHz]로 대역폭이 1.2647[GHz](35.4%)를 나타내었다. 또한 이득은 E-평면과 H-평면 모두 8.3dBi 이상의 특성을 나타내었으며, 3dB 빔폭은 40.6°, 81.6°를 각각 나타내었다.

추 후 시뮬레이션 결과를 토대로 최적화된 데이터를 사용하여 차세대 4G 광대역 안테나를 제작할 계획이며, 제작된 안테나는 4G 주파수 대역 기지국 및 중계기용 안테나로 충분히 활용 가능할 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Ramesh. Garg, Prkash. Blartia, Inder. Bahl, Apisak. Ittipiboon, Microstrip Antenna Design Handbook, Atrech House, PP.2-3.
- [2] J. R. James and P. S. Hall., Handbook of microstrip antenna. London : Peter Peregrinus. 1989.
- [3] 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.
- [4] Naftall Herscovici, " A wide-band single-layer patch antenna", IEEE AP-S, Atlanta. Georgia. pp. 1108-1111. June. 1998.
- [5] 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.
- [6] 유명환, 이범선, "개구 결합 급전 방식의 Ku 밴드 U 슬롯 마이크로스트립안테나 설계 및 제작," 1998년도 한국전자과학회 종합학술발표회 논문집. Vol. 10, No. 4, pp. 636-644, 99.8
- [7] 전주성, "PCS기지국용 U-Slot 어레이 안테나 설계" 한국 전자과학회지 논문지, 제12권, 제3호, pp,117~154. Jan 2001.
- [8] Y. X. Guo, K. M. Luk, and K. F. Lee, "Analysis and design of L-probe proximity fed patch antenna", IEEE Transactions On Antennas and Propagation, vol. 49, no. 2, Feb. 2001.