

E형 적층패치를 이용한 4세대 이동통신 AccessPoint용 광대역 안테나의 설계 및 제작

윤현수* · 최병하*

*목포해양대학교

Design and Fabrication of Wideband Antenna Using E-shaped Stacked Patches for
IMT-Advanced AccessPoint.

Hyun-Soo Yoon* · Byoung-Ha Choi*

*Mokpo National Maritime University

E-mail : super_gain@mmu.ac.kr, antenna@mmu.ac.kr

요 약

본 논문에서는 E형 적층패치를 이용하여 4세대 이동통신(IMT-Advanced) AccessPoint용 광대역 안테나의 설계 및 제작에 관한 연구를 하였다. E형 패치는 전류의 이동경로를 길게하여 소형화 및 광대역화 할 수 있었으며, 동축 프로브의 인덕터 성분이 슬롯에 의한 캐패시터 성분을 보상하여 더욱 광대역화된 안테나를 제작할 수 있었다. E형 단일패치 안테나는 13%(510[MHz])의 임피던스 대역폭을 얻었으며, 첫 번째 패치의 위에 두 번째 패치를 적층함으로써 56%(2060[MHz])의 임피던스 대역폭을 얻을 수 있었다. 최종 제작된 안테나는 3.23 ~ 5.29[GHz] 대역에서 -10dB 이하의 양호한 반사손실과 9.6dBi 이상의 높은 이득을 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, Wideband antenna using E-shaped stacked patches has been designed and fabricated for 4th generation mobile communication(IMT-Advanced) AccessPoint application. E-shaped patch was miniature and broadband by made the movement route of current long. And inductive of coaxial probe compensates capacitive by slot. Therefore we fabricated to improve the bandwidth of proposed antenna. The E-shaped single patch antenna has an impedance bandwidth of about 13%(510[MHz]), By adding a second patch at the top of the first patch a bandwidth of 56%(2060[MHz]). The final fabricated antenna could have a good return loss(Return loss \leq -10dB) and a high gain(over 9.6dBi) at the range of 3.23 ~ 5.29 [GHz].

Keyword

IMT-Advanced(4G), E-shaped Patch, Slot Antenna, Wideband Antenna

1. 서 론

4G란 4th Generation mobile communication의 약어로서, 현재 사용중인 IMT-2000, HSDPA보다 한 단계 앞선 기술이다. 4G 서비스는 (IMT - Advanced) 고속 이동 중에 100Mbps, 정지 및 저속 이동 중에 1Gbps까지 데이터 통신이 가능하다.

국제전기통신연합(ITU : International Telecommunication Union) 산하, 전파규칙의 개정등의

업무를 수행하는 세계전파통신회의(WRC-07)에서 4세대 이동통신용 주파수 분배를 논하는 연구의제(Agenda 1.4)를 다루고, 4세대 이동통신용 주파수 분배를 확정하기로 하였다. 410 ~ 430, 450 ~ 470, 470 ~ 806/862, 2300 ~ 2400, 2700 ~ 2900, 3400 ~ 4200, 4400 ~ 4990[MHz]의 7개 대역이 후보대역으로 논의되었고 공유가능성 및 기술개발이 활발히 진행되고 있다. 이에 대한 주파수 소요량은 연구결과 2020년까지는 IMT(IMT-2000 + IMT-Advanced) 용도로 총 1280 ~ 1720MHz 대

역폭이 필요할 것으로 예측되어진다[1]. 이 중에서도 3400 ~ 4200[MHz] 대역이 IMT-Advanced용 주파수로 선정될 가능성이 매우 높다. 이에 대응하여 이 주파수대역을 수용할 수 있는 안테나의 개발이 반드시 필요하게 되었다.

본 논문에서 안테나 설계시 사용되는 마이크로 스트립 구조는 집적도가 뛰어나며 비교적 저가소형, 경량으로 대량 생산이 용이하며 제작이 쉽다는 장점이 있으나, 낮은 효율과 협대역 특성을 가지고 있어 광범위한 활용에 많은 제약을 수반하고 있다. 낮은 효율과 협대역 특성을 개선하기 위한 다양한 방법들이 연구되었는데, 기생소자를 이용하는 방법, 다층구조를 이용하는 방법, 공기층을 이용하는 방법, 개구 결합에 의한 방법, 유전체 기판의 두께를 증가시키는 방법, 캐패시터와 리액턴스, 임피던스를 변환하는 방법 등이 제안되어 왔다[2-7].

본 논문에서는 실내에서 주로 사용하며 비교적 크기의 제한을 받지 않는 AP(AccessPoint)용 고효율 안테나를 설계 및 제작하였다. 안테나의 효율과 대역폭을 개선하기 위하여 접지면과 방사패치 사이의 기판을 유전율이 낮은 공기층을 이용하였으며, 패치의 공진과 Slot에 의한 2차 공진을 유도하여 이중 공진에 의한 광대역화를 구현하였다. 하지만 4세대 이동통신용 주파수 소요량을 만족하지 못해 더 넓은 대역폭을 얻기 위하여 적층구조를 사용하였다. 급전 방식은 마이크로 스트립 선로에 의한 불요방사파를 줄이고 보다 넓은 대역폭을 얻기 위하여 동축프로브 급전 방식을 적용하였다.

II. E-shaped 안테나의 구조 및 설계

일반적으로 마이크로스트립 안테나의 방사소자 길이는 공진조건에 의해 약 $0.45 \sim 0.5\lambda_g$ 로 결정되고 폭은 길이의 1 ~ 2배 정도가 되도록 설계한다. 이때 패치의 폭이 안테나의 공진 길이보다 1.5배 이상이 되면 임피던스 정합의 측면에서 용이하나 안테나의 물리적인 크기를 증가시킬 뿐만 아니라 고차모드를 야기 시켜 안테나의 성능을 저하시키게 되므로 패치의 폭은 길이와 거의 유사하게 결정한다. 그럼에도 불구하고 Slot이 삽입된 안테나의 경우 패치의 폭을 길이의 약 2배가 되도록 설계하여 안테나의 성능을 저하시키지 않으면서 임피던스 정합을 쉽게 하고 광대역화 할 수 있다. 즉, 마이크로스트립 안테나의 입력 임피던스는 패치의 폭을 증가시킬수록 주파수 변화에 따른 임피던스의 변화가 둔화되어 패치의 공진과 Slot에 의한 2차 공진은 넓은 주파수 대역에 걸쳐 임피던스 정합이 이루어지고 이를 통하여 광대역 특성을 얻을 수 있게 된다[8-9].

이를 응용하여 주파수 소요량 대역폭이 넓은 4세대 이동통신 AP용 E-shaped 안테나를 설계하였다. 그림 1은 E형 패치 안테나의 구조를 보여

주고 있다. 안테나 설계 프로그램인 CST사의 Microwave Studio 5.0 틀에 의해서 E-shaped 패치 안테나의 설계변수를 최적화한 결과를 그림 2에서 나타내었다. 이때, 슬롯의 폭(SW)을 증가시킬수록 캐패시턴스 값은 감소하고 인덕턴스 값은 증가하여 공진주파수가 낮아지는 것을 볼 수 있다. 이를 통하여 슬롯의 폭이 패치의 크기를 결정할 수 있는 중요한 요소임을 알 수 있다. 이 결과를 바탕으로 중심주파수 3800[MHz]에서 최적화시킨 설계 변수를 표 1에 나타내었다.

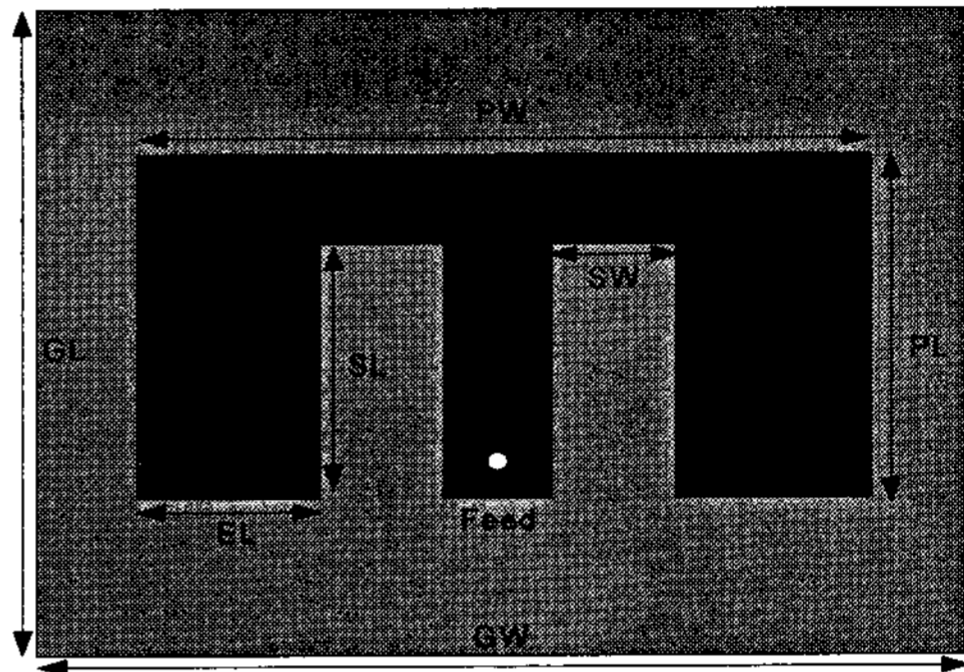


그림 1. 단일 E형 안테나의 정면도

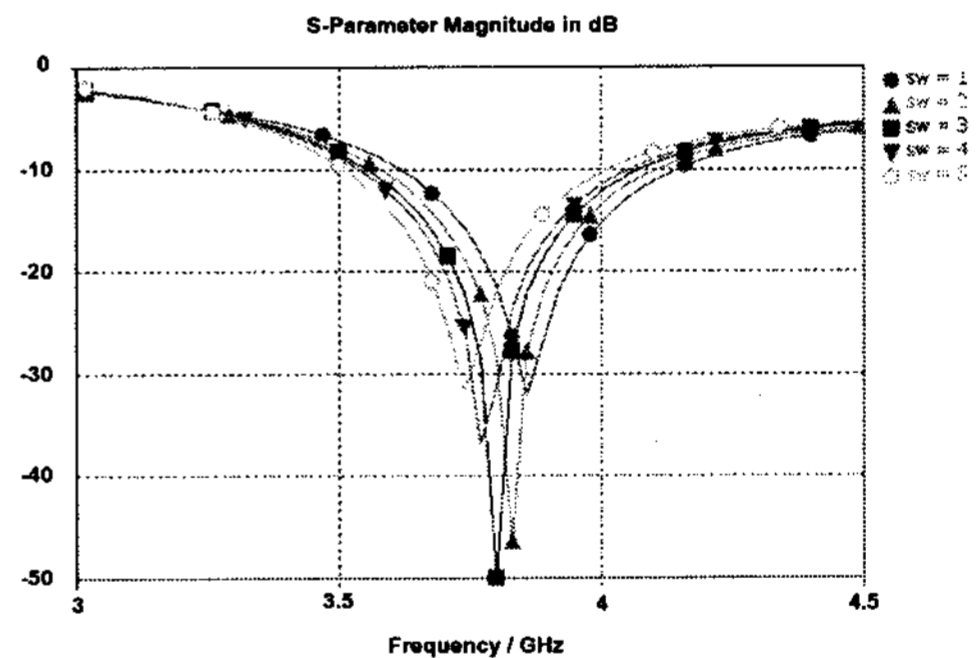


그림 2. SW변화에 따른 입력 반사손실

표 1. 단일 E형 안테나의 최적 설계 변수 [mm]

설계변수	GW	GL	PW	PL	EL
Length	100	80	60	32	16
설계변수	SW	SL	h1	h2	Feed distance
Length	3	26	6	5	7

단일 E형 안테나의 최적 설계 변수를 이용하여 설계된 안테나의 특성을 측정하였다. 그림 3은 입력 임피던스, 그림 4는 E-평면 방사패턴, 그림 5은 H-평면 방사패턴을 보여준다. 입력 반사손실은 -27.38[dB]로 잘 설계되어졌지만 VSWR 2:1인

범위가 510[MHz]로 주파수 소요량 대역폭이 넓은 4세대 이동통신용으로 사용할 수 없음을 알 수 있었다. 방사패턴 특성을 살펴보면, 중심주파수 3800 [MHz]에서 안테나의 이득은 E-평면과 H-평면에서 각각 10 [dBi], 9.9[dBi] 그리고 Half Power Beam Width는 60.2°, 51.6°를 나타냄을 알 수 있었다.

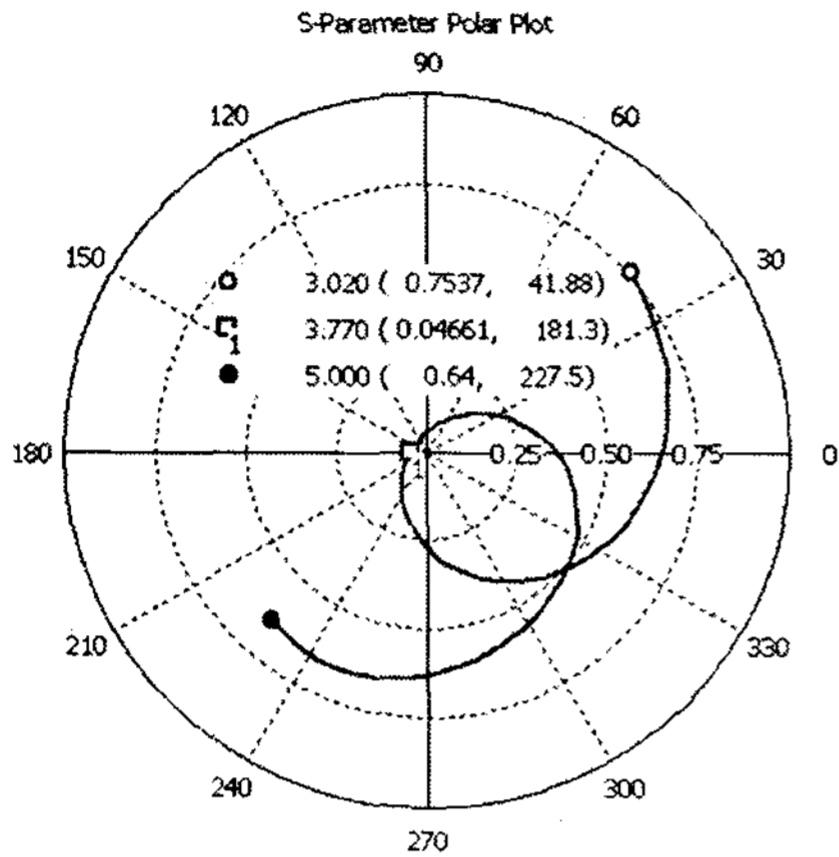


그림 3. 단일 E형 안테나의 입력 임피던스

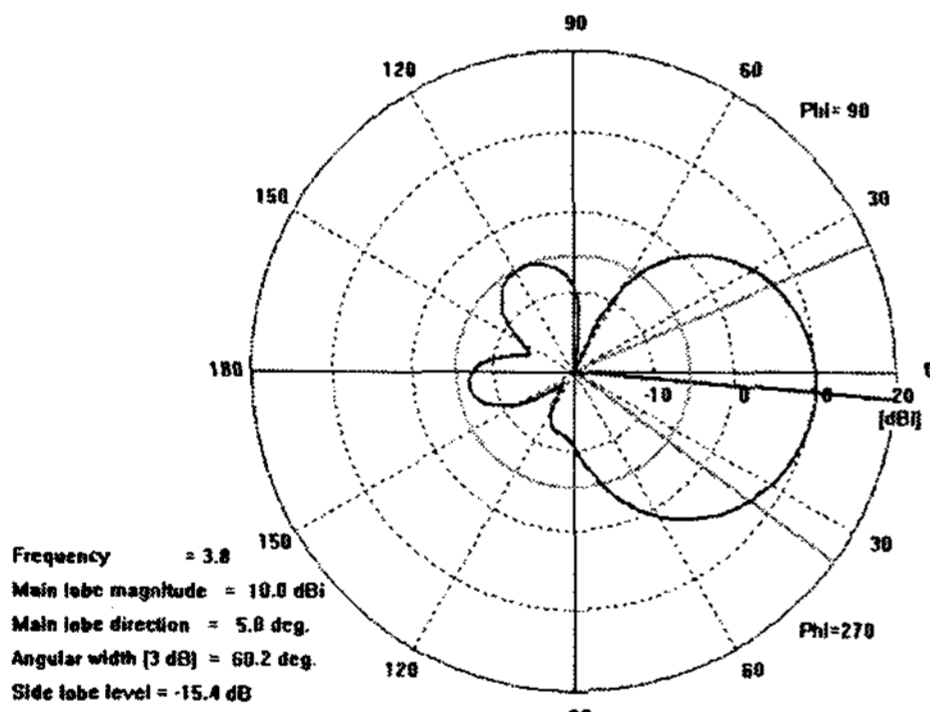


그림 4. 단일 E형 안테나의 E-plane 방사패턴

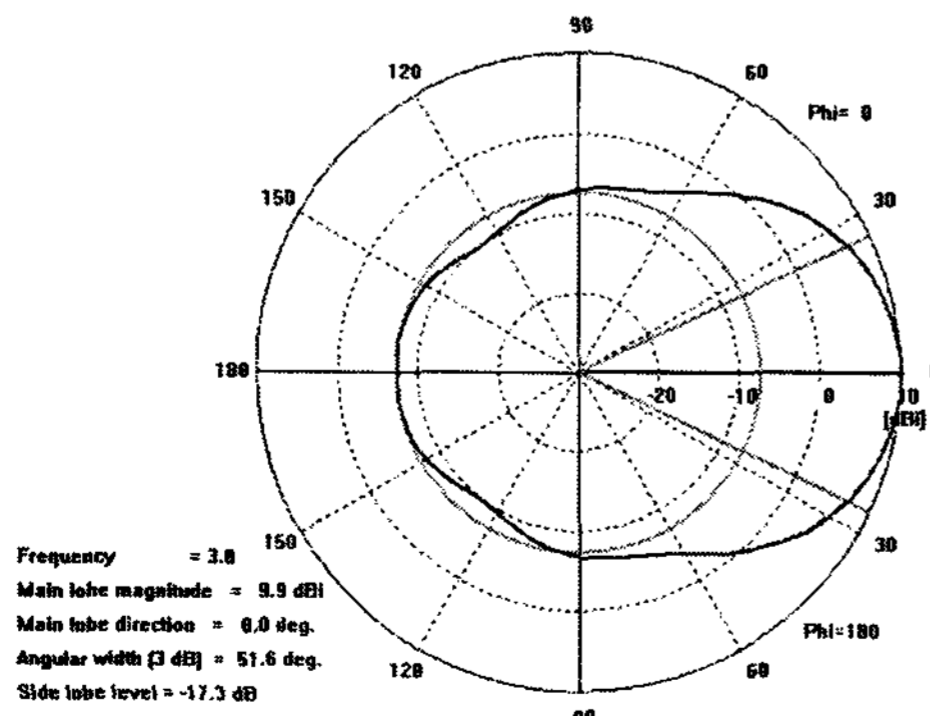


그림 5. 단일 E형 안테나의 H-plane 방사패턴

III. 제안된 E-shaped 적층 안테나의 설계

최종 설계할 안테나의 사양을 표 2에 나타내었다. 앞서 설계한 단일 E형 안테나의 대역폭을 개선하기 위하여 적층구조를 사용하였으며, 그 안테나의 구조를 그림 6.에서 보여주고 있다. 이때, 단일 E형 안테나에 바로 적층구조를 사용하게 되면 캐패시턴스 값의 변화, 인덕턴스 값의 변화, 결합도 약화, 후면방사파 증가 등의 요소 변화로 인하여 좋은 특성을 얻을 수 없게 되어 그 설계 변수를 다시 변화 시켜야 했다. 이 결과를 바탕으로 제안된 E-shaped 안테나의 최적화시킨 설계 변수를 표 3.에 나타내었다.

표 2. 제안된 안테나의 사양

E형 적층 안테나	
Frequency Range	3400 ~ 4200[MHz]
VSWR	≤ 1.5
Input Impedance	50 [Ω]
Radiation Pattern	Directional
Gain	≥ 8.0
Half Power Beam Width	≤ 60°

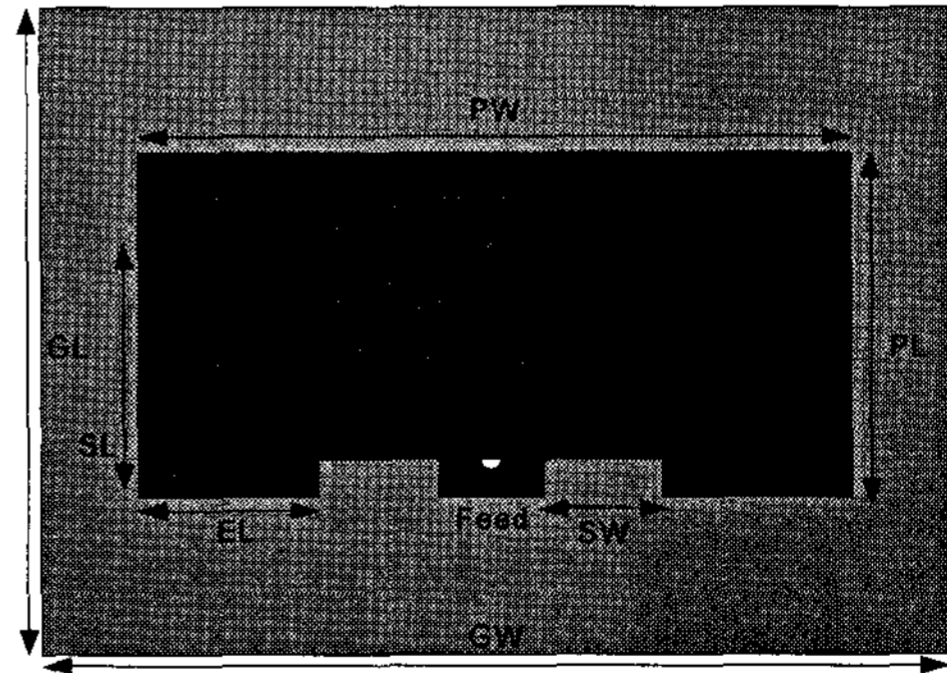


그림 6. 제안된 E형 안테나의 정면도

표 3. 제안된 E형 안테나의 최적 설계 변수 [mm]

설계변수	GW	GL	PW	PL	PW1	PL1	EL
Length	100	80	60	34	50	24	16
설계변수	SW	SL	h1	h2	Feed distance		
Length	8	24.8	6	5	7		

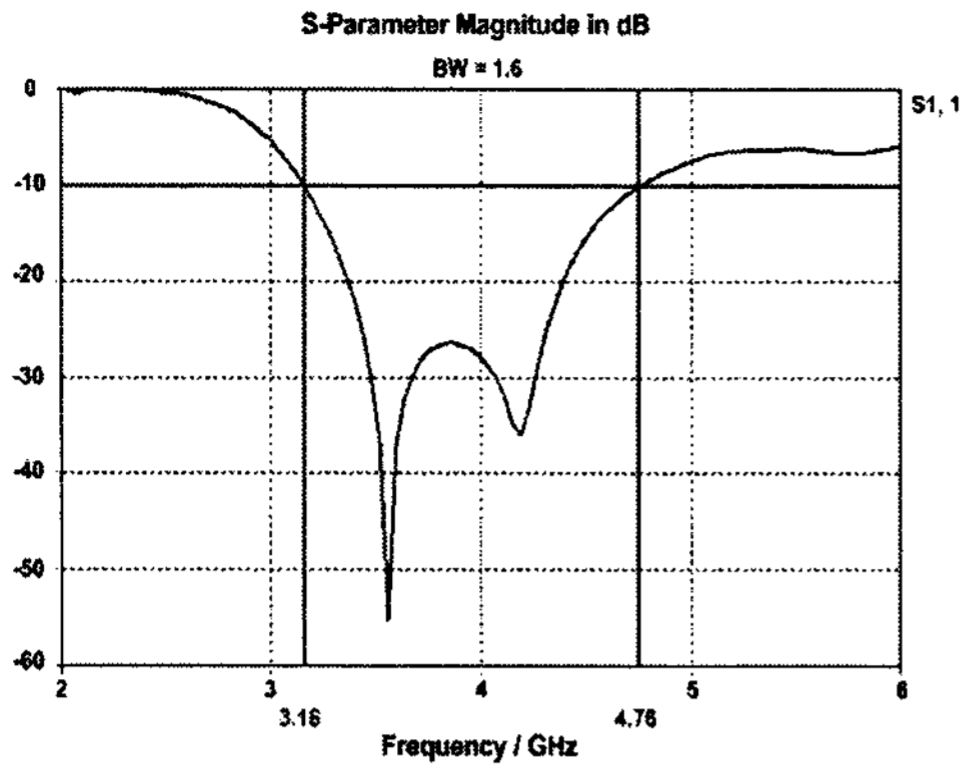


그림 7. 제안된 안테나의 입력 반사손실

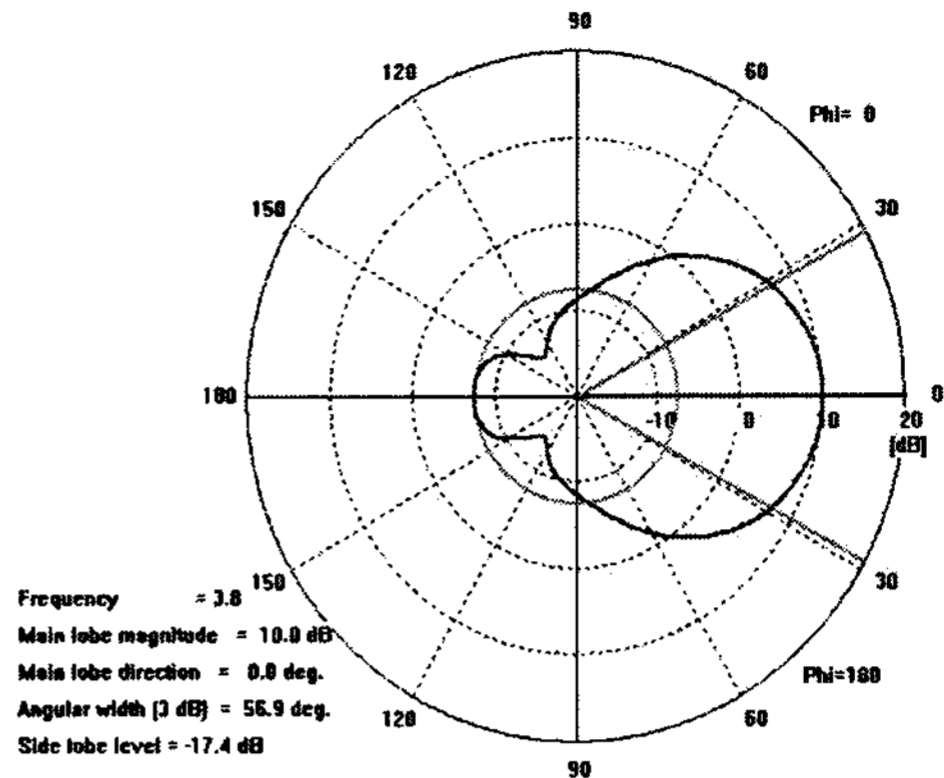


그림 10. 제안된 안테나의 H-plane 방사패턴

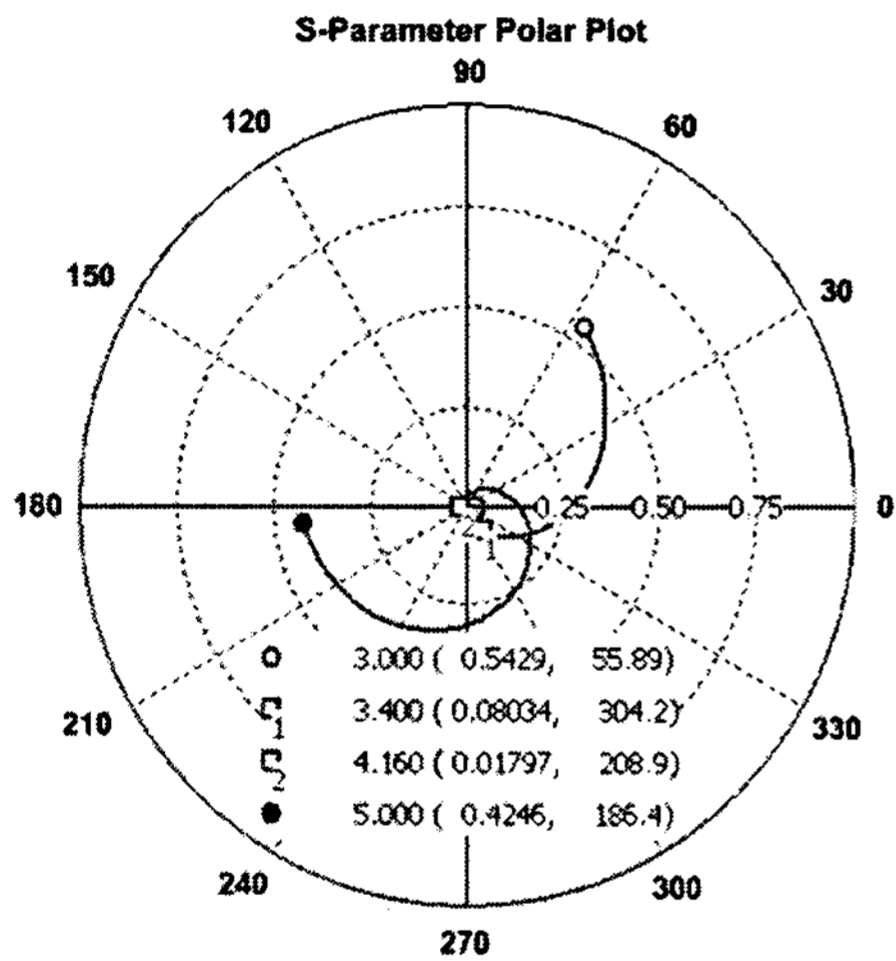


그림 8. 제안된 안테나의 입력 임피던스

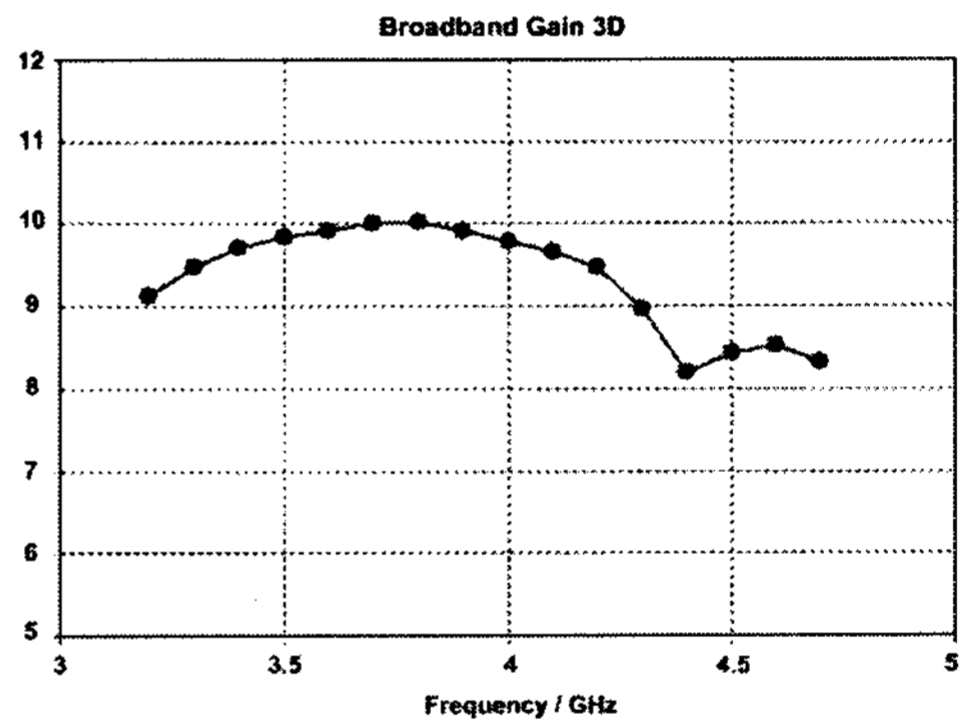


그림 11. 제안된 안테나 이득

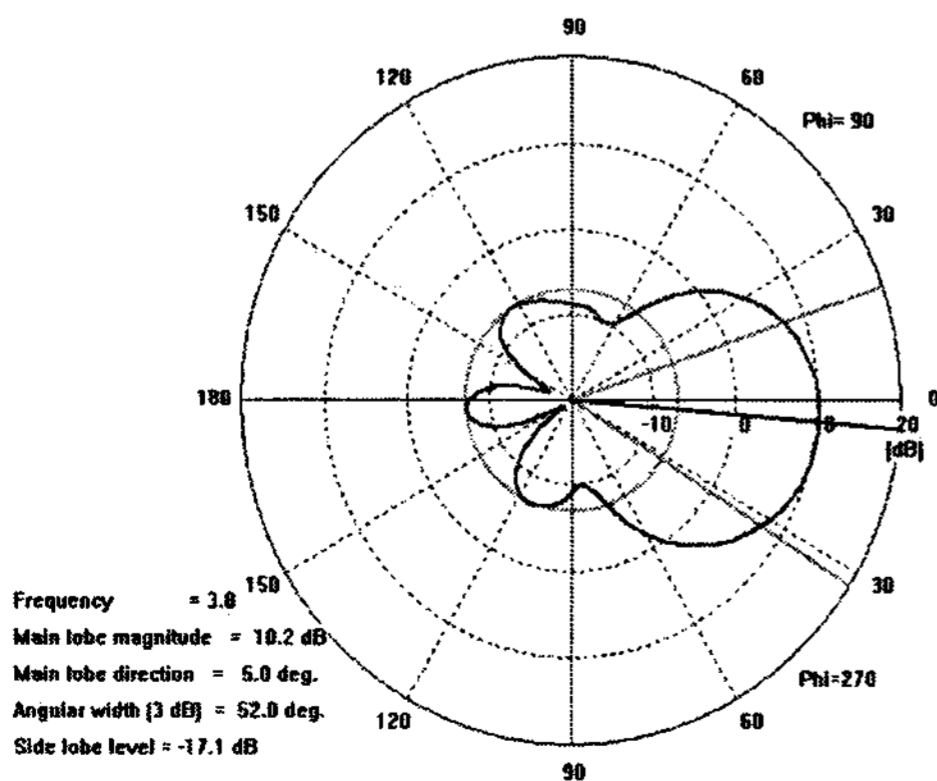


그림 9. 제안된 안테나의 E-plane 방사패턴

E형 적층 안테나의 최적 설계 변수를 이용하여 설계된 안테나의 특성을 측정하였다. 그림 7.은 입력 반사손실, 그림 8.은 입력 임피던스, 그림 9.는 E-평면 방사패턴, 그림 10.은 H-평면 방사패턴, 그림 11.은 안테나 이득을 보여준다. 입력 반사손실은 VSWR 2:1인 범위가 1600[MHz]로 주파수 소요량 대역폭이 넓은 4세대 이동통신용으로 사용할 수 있음을 확인 할 수 있었다. 방사패턴 특성을 살펴보면, 중심주파수 3800 [MHz]에서 안테나의 이득은 E-평면과 H-평면에서 각각 10.2 [dBi], 10[dBi]로 향상되었고, Half Power Beam Width은 52°, 56.9°를 나타냄을 알 수 있었다. 각 주파수 대역별 이득을 살펴보면, VSWR 2:1인 범위내의 모든 주파수 대역에서 평균이득은 9.2 [dBi]이상을 나타내었고, 4세대 이동통신용 주파수 대역에서는 9.5[dBi]이상을 나타내었다.

IV. 제안된 E-shaped 적층 안테나의 제작 및 측정

안테나 설계 툴인 CST Microwave Studio 5.0에서 안테나의 제반 특성을 예측하였으며, 이 결과를 바탕으로 최적으로 설계된 안테나는 공기층에 의해 분리되어진 방사체와 접지면을 연결하는 프로브 및 방사체의 유동에 의한 안테나 파손을 막기 위해서 유전율이 매우 낮은 foam($\epsilon_r \approx 1.03$)으로 고정하여 제작하였다. 제작된 실물 사진을 그림 12에 나타내었다.

제작된 안테나는 Agilent 8753ES VNA (Vector Network Analyzer)를 사용하여 측정하였으며, 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 그림 13에서 입력 반사손실을 비교하였으며, 그림 14와 그림 15에서 각각 중심주파수 3800[MHz]의 E-plane 방사패턴과 H-plane 방사패턴을 나타내었다. 이득은 그림 16에서 측정결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여 나타내었다.

그 결과를 보면 VSWR 2:1인 범위에서 약 2060[MHz]라는 매우 좋은 대역 특성을 나타내었으며, 방사패턴을 측정한 결과 E-평면에서는 안테나 이득 10.5 [dBi], 3 dB 빔폭은 50°를 나타내었고, H-평면에서는 안테나 이득 10.7 [dBi], 3 dB 빔폭은 59.2°라는 특성을 나타내었다. 또한, 전 주파수 대역에서 9[dBi] 이상의 높은 이득을 나타내었다.

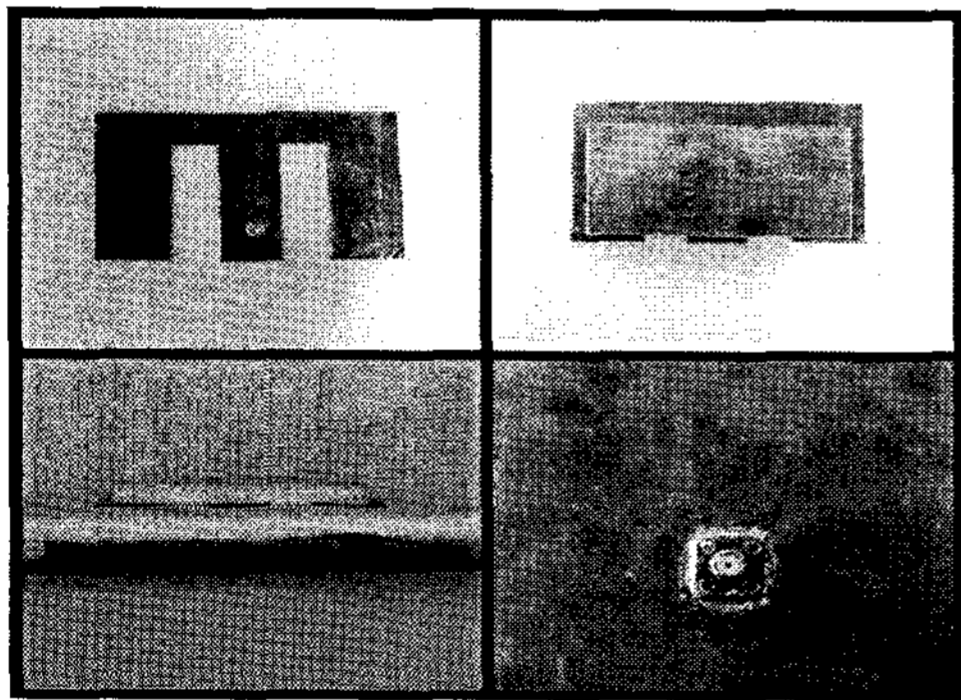


그림 12. 제작된 안테나의 실물 사진

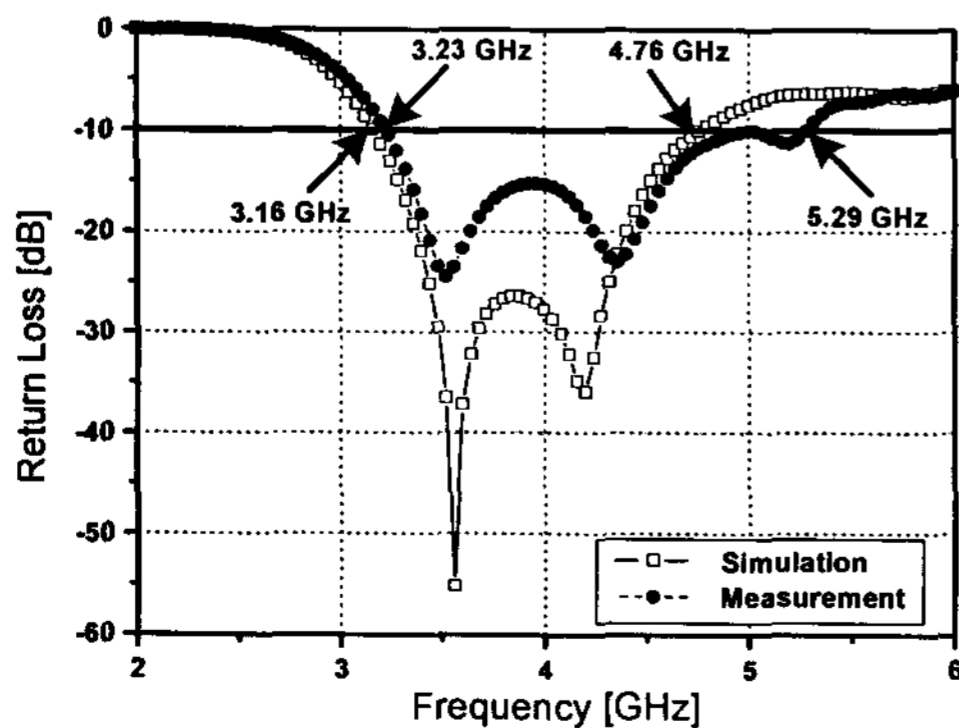


그림 13. 제작된 안테나의 입력 반사손실

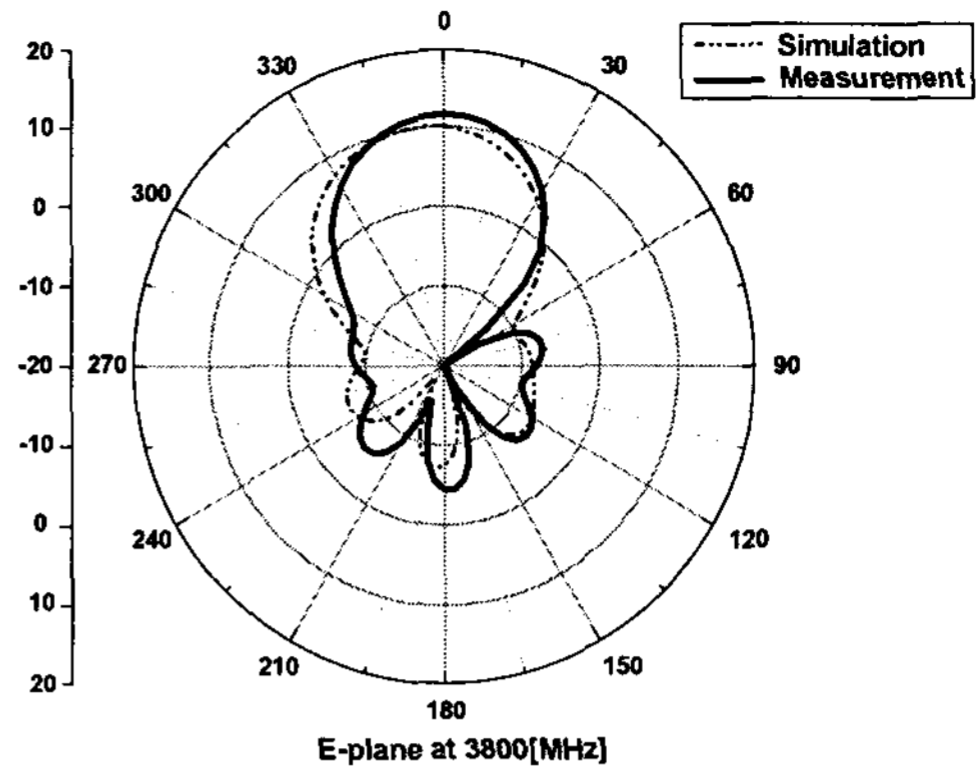


그림 14. 제작된 안테나의 E-plane 방사패턴

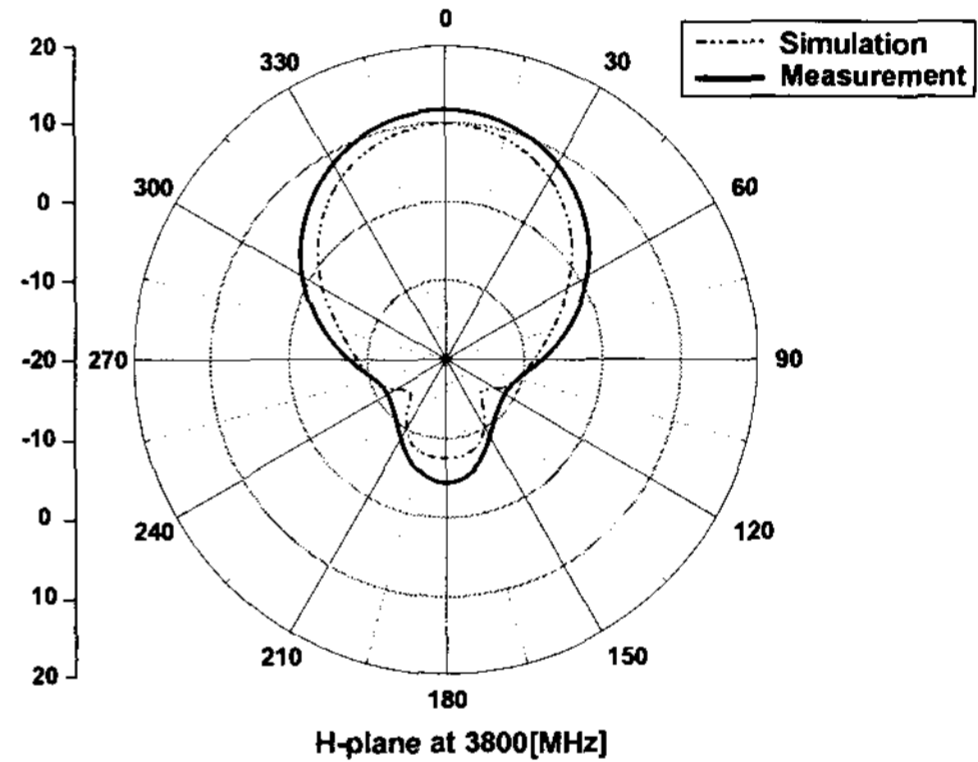


그림 15. 제작된 안테나의 H-plane 방사패턴

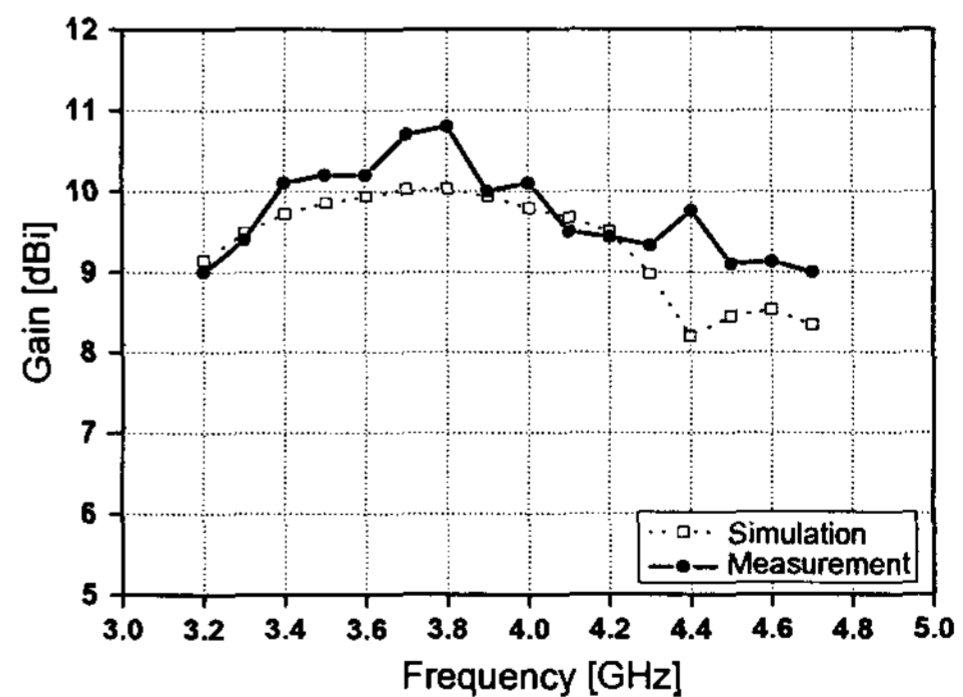


그림 16. 제작된 안테나의 이득

V. 결 론

본 논문에서는 E형 적층패치를 이용하여 4세대 이동통신 AccessPoint용 광대역 안테나의 설계 및 제작에 관한 연구를 하였다.

E형 패치는 전류의 이동경로를 길게하여 소형화 및 광대역화 할 수 있었으며, 동축 프로브의 인덕터 성분이 슬롯에 의한 캐패시터 성분을 보상하여 더욱 광대역화된 안테나를 제작할 수 있었다. 첫 번째 패치의 위에 두 번째 패치를 적층함으로써 56%(2060[MHz])의 임피던스 대역폭을 얻을 수 있었다.

측정결과 최종 제작된 안테나는 3.23 ~ 5.29 [GHz] 대역에서 -10dB 이하의 양호한 반사손실과 9.6dBi 이상의 높은 주파수 대역 평균 이득을 얻을 수 있었다. 주파수 대역은 약간 상향되어 시뮬레이션 결과보다 약 460 [MHz] 정도 더 넓은 특성을 나타내었는데 이는 시뮬레이션 과정과는 다르게 방사패치와 접지면 사이의 프로브 길이가 정확히 연결되지 못해 발생된 것으로 예상된다. 또한 안테나의 이득 8 [dBi]이상 그리고 3 dB 빔폭은 60° 이하로 초기 설계스펙을 모두 만족함을 알 수 있었다. 안테나의 초기 설계 스펙에 대하여 시뮬레이션 결과와 측정결과를 비교하여 표 4.에 나타내었다.

표 4. 측정결과 비교분석

	제안된 안테나 설계사양	Simulation Result	Measurement Result
Frequency Range	3400 ~ 4200[MHz]	3160 ~ 4760[MHz]	3230 ~ 5290[MHz]
VSWR	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 1.5
Input Impedance	50 [Ω]	50 [Ω]	50 [Ω]
Radiation Pattern	Directional	Directional	Directional
Average Gain	≥ 8.0	≥ 9.2	≥ 9.6
Half Power Beam Width	≤ 60°	≤ 52°	≤ 50°

따라서 본 논문에서 사용한 설계 방식으로 제작된 안테나는 4세대 이동통신(IMT-Advanced) AccessPoint용 안테나로써 동작하기에 충분한 대역폭과 이득을 얻을 수 있었다.

참고문헌

[1] 정우기, 윤현구, 임재우, 육종관, 박한규 "4 세대 이동통신 서비스 주파수 소요량에 관한 연구", 전자파학회논문지, 17(2), pp. 110-116.
 [2] Constantine A. Balanis "Antenna Theory Analysis and Design" John Wiley & Song INC., 1998.
 [3] W. Kin-Lu, "Compact and Broadband Microstrip Antennas", John Willey & Sons, INC. 2002.

[4] F. Croq and D. M. Pozar, "Milimeter Wave Design of Wide-Band Aperture Coupled Stacked Microstrip Antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat*, Vol. 39, No. 12, pp.1770-1776, Dec, 1996.
 [5] Pozar, David M. A Review of Bandwidth Enhancement Techniques for Microstrip Antennas, *IEEE Press* : 157-167.
 [6] S. E. Davidson, S. A. Long and W. F. Richard, "Dual-band microstrip antennas with monolithic reactive loading," *Electron. Lett.*, vol. 21, pp. 936-937, 1985.
 [7] Hugo F. Pues and Antoine R. Van Capelle, An impedance Matching Technique for Increasing the Bandwidth of Microstrip Antennas, *IEEE Trans. Antennas & Propagat.* AP-37 : 1345 - 1354.
 [8] R. Grag, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, INC. PP. 1~72, 533-590, 2001.
 [9] G. Kumar, K. P. Ray, "Broadband Microstrip Antennas", Artech House, INC, 2003.