

비대칭 급전선로와 패치설계를 이용한 다중대역 안테나의 설계

A Novel Multiple Band Antenna Design Implementing Unbalanced Feed-Lines and Meandered Patch Options

정진우*, 노형환, 박준석, 조홍구

(Jin-Woo Jung and Hyoung-Hwan Roh and Jun-Seok Park and Hong-Goo Cho)

Abstract : Applications in present-day mobile communication systems particularly require miniaturized dimensions and low-profiles of antenna in order to meet the mobile units. Thus, size reductions and bandwidth enhancements are becoming crucial design considerations for practical applications of microstrip antennas. The motivation of further experiments have been stepped to follow those studies for achieving compact and broadband, even multiplied operation modes, which are greatly increased with much attentions recently. To obtain broadband, single-feed, circularly polarized characteristics of microstrip antennas, a design with feed-line ought to be a factor of two. Usually, diagonally balanced-line feeds with hybrid coupler are employed to attain circular polarizations. We firstly formulated DGS (Defected Ground Structures) based operation principles of the entire microstrip components and therefore were able to derive impedance variance of feed-lines. After verifying corresponding experimental results, we targeted the frequency bands of UHF RFID (Ultra High Frequency Radio Frequency IDentification) and approximately of 0.4-2.4GHz have exhibited remarkable two resonance amplitudes as a dual band antenna. Our secondary researches were aimed to design quad band microstrip antenna which represents four resonance characteristics within the identical frequency bands as well. Microstrip patch has been meandered to lengthen the electrical paths, and the other design criteria with respecting physical parameters including radiation patterns and impedance bandwidths measurements will be described for verification. Advisable applications of these antennas can be GSM850, GSM900, GPS (L1-1575 and L2-1227) and UMTS-2110 of cellular systems, which extremely desire multiband and minimum size.

Keywords: Dual band Antenna, Quad band Antenna, Microstrip Antenna design, Meandered Patch, UHF RFID, DGS.

I 서론

Maxwell 전자파 관계식을 실험적으로 증명한 헤르츠의 실험이 이루어진 근대 통신공학의 발전의 시발점에서부터 전파통신분야의 안테나 공학도 눈부신 발전을 거듭해 왔다. 특히 국내의 선박용 안테나를 비롯한 이동통신 및 위성통신 등과 같은 무선통신이 급격히 발달하면서 보다 진보된 기능의 안테나에 대한 수요 역시 급증하게 되었다. 무선 전화에서 FM라디오, 이동수단 그리고 휴대용 통신 기기에 이르기까지, 안테나는 무선통신 시스템의 시작으로부터 종단에 이르는 전체 성능을 좌우하는 중요한 요소가 되며, 이에 따라 시스템에 가장 적합한 안테나 사용이 시스템 효율성 제고에 매우 큰 몫을 차지하게 되었다. 특히 최근에 도래한 RFID (Radio Frequency IDentification: 자동 무선 인식) 시스템은 국내 IT시장을 보다 확장된 응용분야로의 발돋움으로 이끌어 낼 가능성이 돋보여 그 중요성이 대두되고 있는 통신 시스템이라고 할 수 있다. 기본적인 Super-Heterodyne 통신 시스템에서 Zero-IF (Direct Conversion) 방식에 이르는 소형화 시스템에 이르러 대부분의 신호 송수신 작업은 시스템 종단의 단일 안테나로 이루어지며, 이것이 가장 널리 알려진 Full/Half-Duplex 통신 방식이다. 여기서 단일 안테나를 사용함에 있어 안테나의 크기나 그 성능이 전체 통신 단말의 설계 과정에 있어 최우선적으로 고려되어야 할 사항 중 하나라는 사실에 의하여 최근에는 보다 작은 크기의 안

테나에서 다중/고성능을 이끌어 내고자 하는 노력이 계속되어 왔다. 국내의 무선 통신시스템 (휴대용 단말 및 기타 소형 통신 시스템 등)에 대한 수요가 급증함으로 인해 설계/연구자들은 이에 발맞추어 보다 간단한 생산과정 및 생산비용 절감을 꾀하여야 하며, 이에 초고주파 소자에 대한 수많은 연구들이 이루어 졌으며 그의 결과 중 하나로서 마이크로스트립 패치 안테나를 들 수 있다. 일반적인 마이크로스트립 안테나 구조는 인쇄회로 제작 방법을 사용해 금속의 일부가 방사에 적합하도록 만들어 지며, 이를 이루기 위한 방법으로서의 패치 소자와 패치 배열은 이미 널리 알려져 있다. 부피가 작고 특정 형태로 만들기 쉬우며 대량 생산 비용이 적게 들어서 큰 주목을 받고 있다. 가장 간단한 형태의 마이크로스트립 소자는 평행한 두 금속이 일정한 유전율을 띄는 유전체를 사이에 두고 분리된 계층 구조이며, 위쪽 금속의 적절한 배열로 전송선로가 형성되고 이에 적합한 파장크기의 패치라면 이를 마이크로스트립 안테나라고 명명할 수 있다. 패치안테나는 공진형 안테나의 일종이며, 만족스러운 대역폭을 이끌어내는 공진특성은 마이크로스트립 안테나 설계의 주 연구 대상이 될 것이다. 전례적인 수 퍼센트 미만의 대역폭에서 벗어나 높은 방사효율과 원하는 편파, 가변 임피던스 등의 성능을 제공하는 다중 대역 안테나를 해당 연구의 목표로서 지향하였다. 다중 대역을 이끌어 내기 위한 연구 및 실험은 단일 패치로의 급전선로상의 위상변화를 설계자의 의도에 정확히 부합하는 혼성 결합기로서 유도함으로 그 시발점이 수행되었다. 일반적으로 결합선로 결합기의 경우 결합계수를 크게 하기 위해서는 선로간의 간격이 매우 좁게 되어 제작이 어려우며, 자칫 두 선로간의 단락을 초래할 수 있다. 하지만 혼성 결합기 구조를 사용하면, 통과 단과 결합 단에 같은 크기의 신호가

* 책임저자(Jin-Woo Jung 정진우)

논문접수 : 20xx. x. x., 채택확정 : 200x. x. xx.

정진우, 노형환, 박준석, 조홍구: 국민대학교 전자공학부 UCRC실험실 (Firebirdjin@gmail.com, jspark@kookmin.ac.kr)

※ 본 연구는 2006년도 정보통신부의 대학 ITRC 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (IITA-2006-(C1090-0602-0011))

나올 수 있고 3dB 결합기로 동작될 수 있으며 이 경우 두 출력선의 위상차가 90°가 된다. 본 연구에서는 이를 최대한 활용하여 두 급전선로상의 진행파에 대한 크기는 동일 하면서 위상만 다른 각각의 신호를 해당 패치의 최적 임피던스 종단점으로 연결, 두 공진 특성을 이끌어 내었으며, 이는 최종적으로 4중 공진 안테나를 제작하기 위한 전 단계적인 연구가 되었다.

II. 안테나 설계 및 제작

패치의 본격적인 설계에 앞서 급전지점에서 해당 공 급전원의 전력으로부터 3dB 신호성분을 샘플링 하여 이상적인 전력분배를 유도함과 동시에 90° 위상차를 이루어야 하였다. 통과포트와 결합포트간의 90° 위상차는 패치의 최적 임피던스 지점으로 진행하는 파형에 대한 공진 주 파수 지점간의 주파수 편차 특성을 이루어 낸다는 가정을 하였다. 아래의 그림 1에 혼성결합기에 대한 기본적인 신호의 움직임을 먼저 파악하기 위한 구상을 표현하였다.

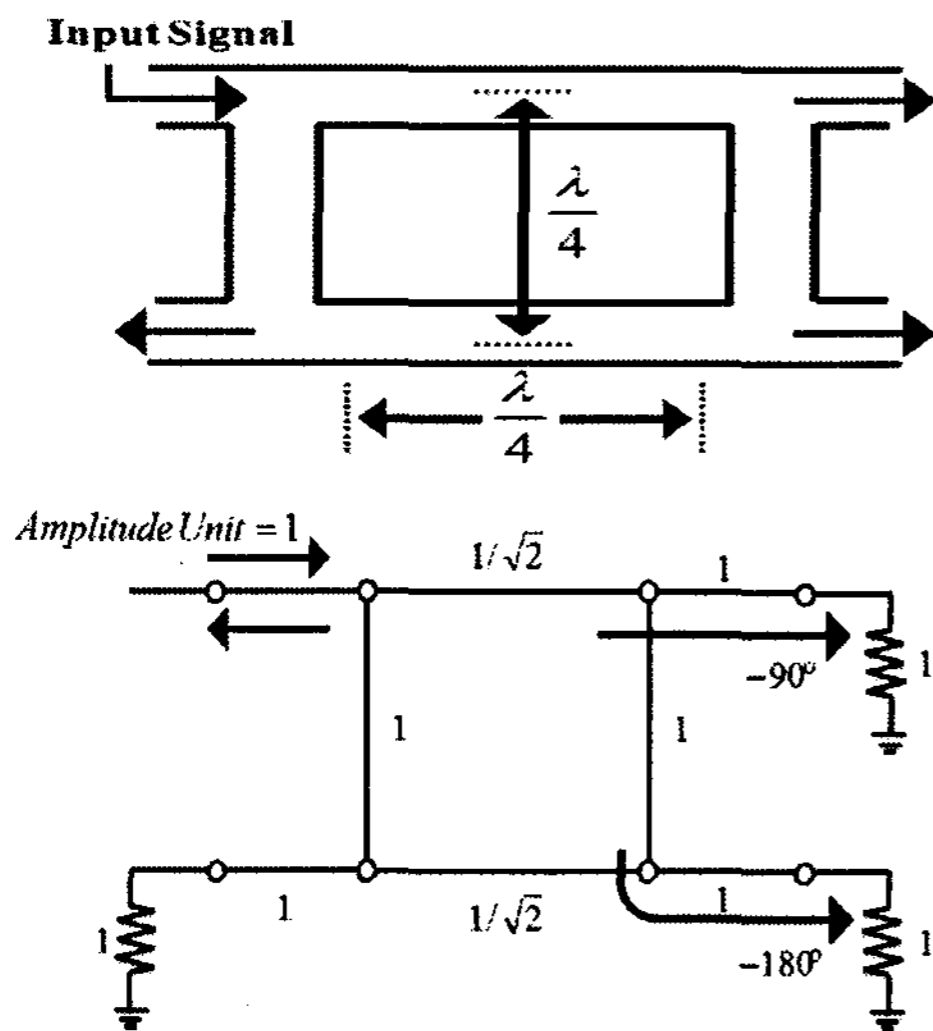


그림 1. 혼성 결합기의 90° 위상 편차 수행 기본 원리
Fig. 1. Basic operational principles of Hybrid Coupler. Showing 90° phase shifts. And it's Regulated Equivalent Circuit

급전선로상의 이상적인 전력분배 구상 및 유도과정이 끝난 다음으로 해당 분배 전력이 인가될 마이크로스트립 패치를 설계 하였으며, 완성된 패치에 전송선로를 연장시켜 혼성 결합기와 접합 시키는 과정이 수행되었다.

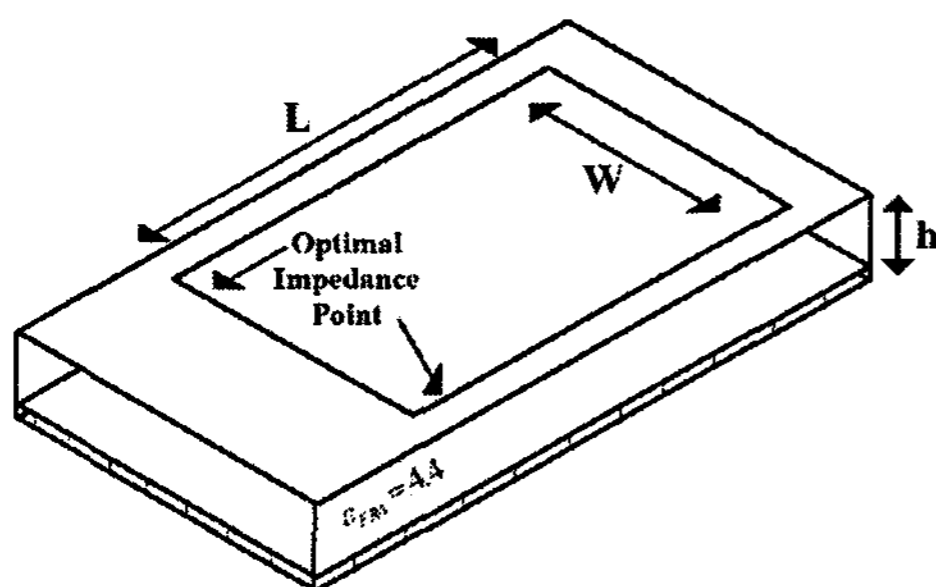


그림 2. 안테나패치 설계 및 최적 임피던스 지점 설정
Fig. 2. Designed Microstrip Patch and its Optimal Impedance Points

해당 패치의 설계 과정은 다음의 수식을 이용함으로써 그 정확도를 높일 수 있었다.

$$W = \frac{c}{2f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

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

$$\Delta L = 0.412 \frac{(\epsilon_{effective} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{effective} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} h \quad (3)$$

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{effective}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

최적 입력 임피던스의 계산과정은 다음의 수식을 따른다.

$$R_{input} = \frac{1}{2(G_1 \pm G_{12})} \quad (5)$$

$$G_1 = \frac{1}{120\pi^2} \int_0^\pi \frac{\sin^2 \left(\frac{k_0 W}{2} \cos \theta \right)}{\cos^2 \theta} \sin^3 \theta d\theta$$

$$G_{12} = \frac{1}{120\pi^2} \int_0^\pi \frac{\sin^2 \left(\frac{k_0 W}{2} \cos \theta \right)}{\cos^2 \theta} j_e(k_0 L \sin \theta) \sin^3 \theta d\theta$$

두 해당 마이크로스트립 소자의 접합 및 그에 해당하는 주 파수 영역에서의 동작특성을 고려한 실측치를 그림3에 나타 내었다.

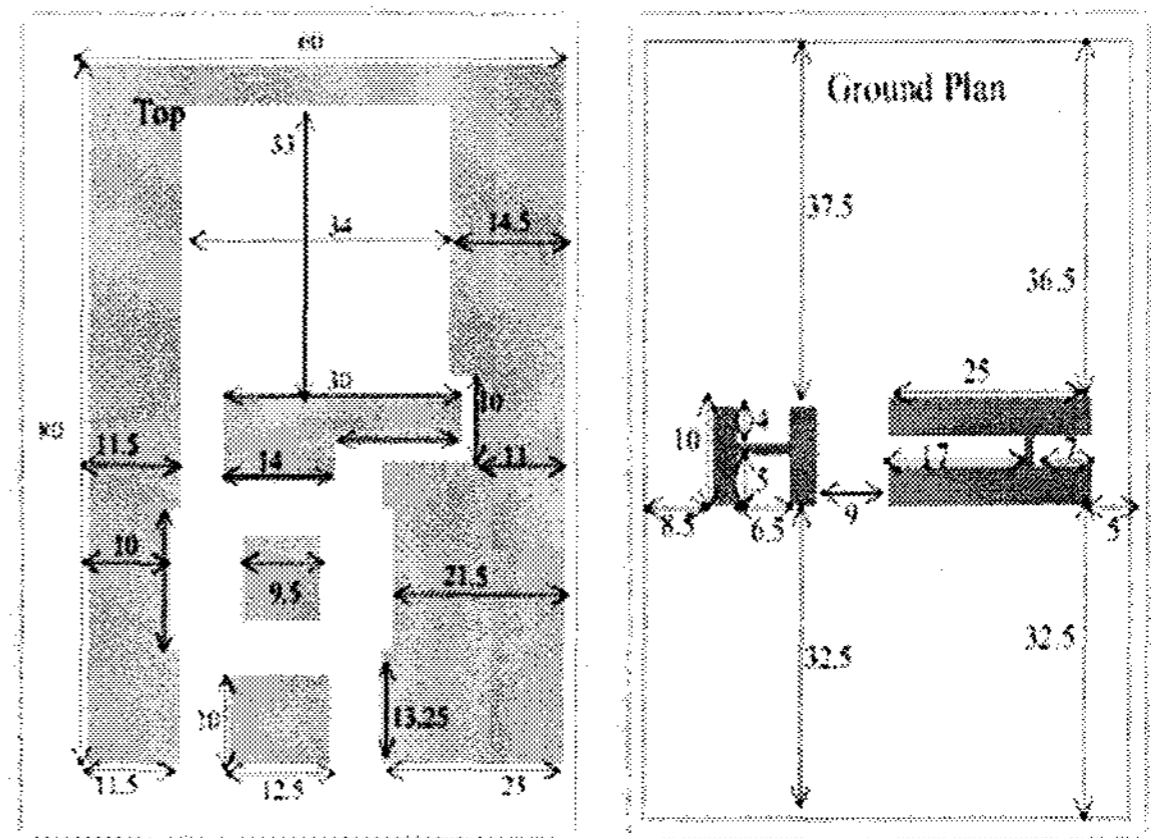


그림 3. 마이크로 스트립 선로상의 (a)혼성 결합기 구조와 패 치 및 (b)DGS구조 응용기반 접지면 구성
Fig. 3. Microstrip Patch including (a) Hybrid Directional Coupler in Patch forms and (b) DGS formulation on Ground Plane.

위의 그림3에 나타내었듯이, DGS (Defected Ground Structure: 접지면을 식각시켜 공진특성을 개선)구조를 응용하였다. Lentz법칙을 인용하여 해당 패턴과의 수직상태를 유지하도록

설계 하였고, 이로서 불필요한 상호 인덕턴스 효과를 일정량 감쇄시킬 수 있었다. 아래의 그림4에 전체적인 구조의 특성을 검증해보기 위한 Agilent사의 ADS (Advanced Design System)의 Momentum EM 시뮬레이터와 Ansoft사의 HFSS(를) 이용한 Mesh구조 분배 설정을 나타내었으며, 이를 통해 전체적인 방사 특성을 보다 빠르고 정확하게 측정할 수 있었다.

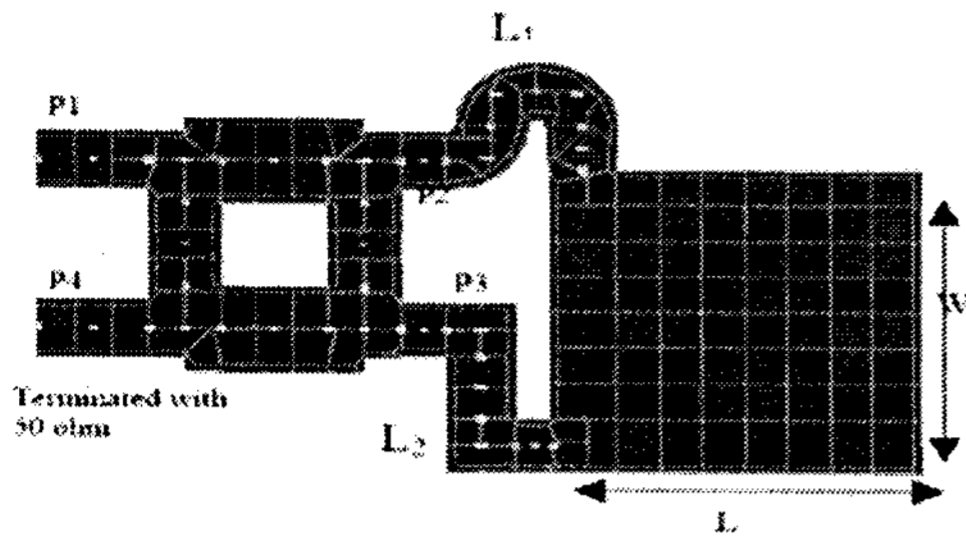


그림 4. 최종 EM특성 실험에 대한 ADS Momentum / HFSS 시뮬레이터상의 Mesh구조 및 응용 변수의 설정

Fig. 4. Mesh Configurations and Variant directions throughout the entire Patch Structure for EM Characteristic Simulations by employing ADS Momentum / HFSS systems.

III. 이중 대역 안테나의 측정 결과 및 분석

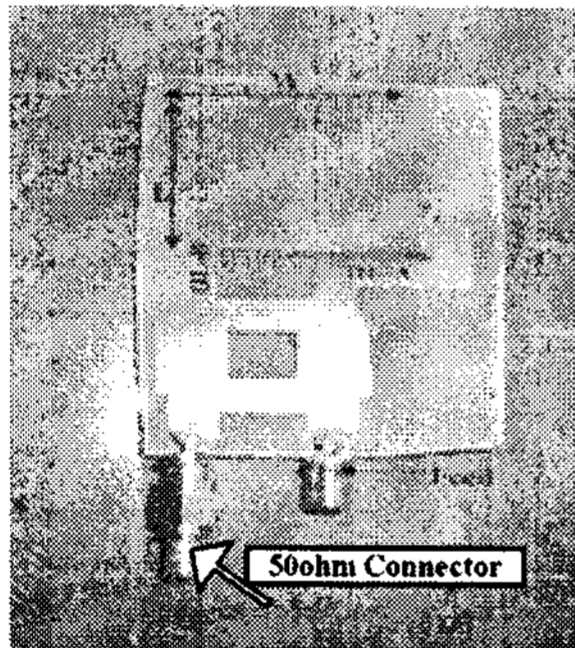


그림 5. 이중대역 안테나 실사
Fig. 5. Picture of Dual-band Antenna

해당 안테나의 EM특성을 다음과 같이 시뮬레이션을 통하여 검증하였으며, 그림 6에 나타내었다.

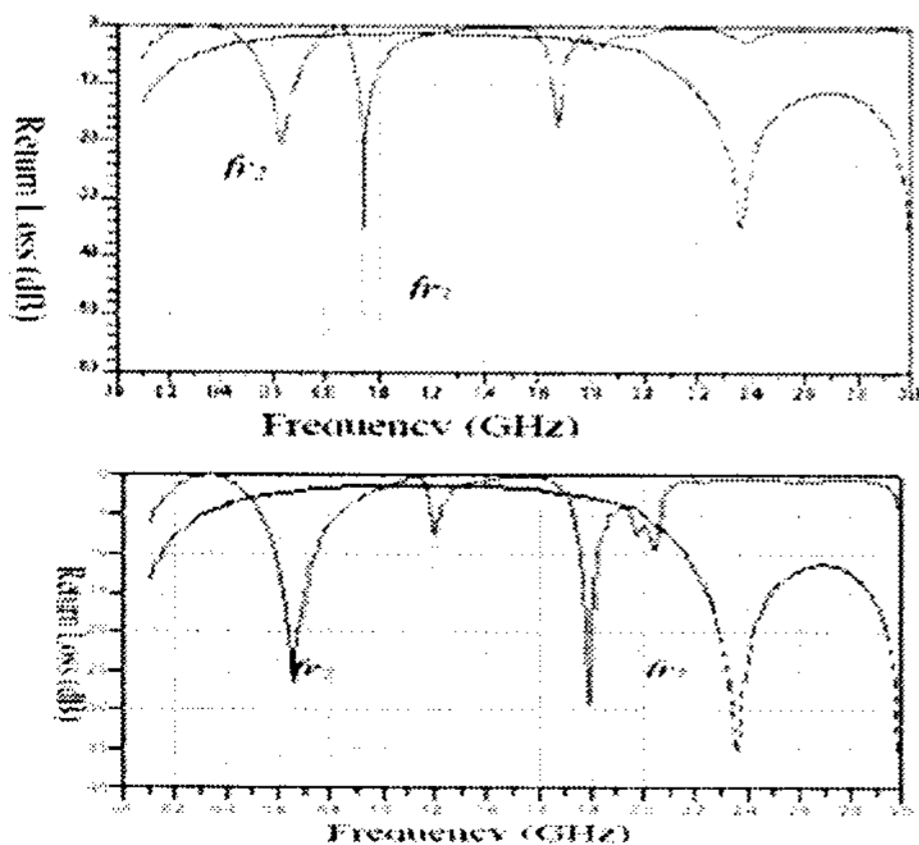


그림 6. 이중 대역 안테나의 EM 시뮬레이션 결과 특성 및 변수
Fig. 6. EM Simulation Results of Dual-band Antenna characteristics

그림에서 볼 수 있듯이, 가변 공진점을 설정하기 위해 해당안테나의 사이즈와 관련된 변수조정을 수행 하였다. 수행 과정에서 응용된 DGS구조에서의 배열/조정 효과를 표1과 그림7에 비교해보았다.

표 1. 이중 공진지점의 변화에 영향을 미치는 변수
Table 1. Effective Variants for Shifting up/down Dual Resonances

l_1 mm	l_2 mm	w_1 mm	w_2 mm	f_{r1} GHz	f_{r2} GHz	R.L. (f_{r1}) dB	R.L. (f_{r2}) dB
20	20	10	6.5	0.88	2.15	-20	-20
25	50	4	4	0.65	1.8	-25	-30
25	30	4	4	0.7	1.9	-20	-20
80	20	8	5	0.6	0.9	-20	-35
90	80	4	5	0.42	1.12	-29	-18
28	25	7	3	0.72	1.9	-22	-22
15	20	8	8	0.9	2.25	-20	-25
75	20	6	4	0.62	0.93	-20	-50

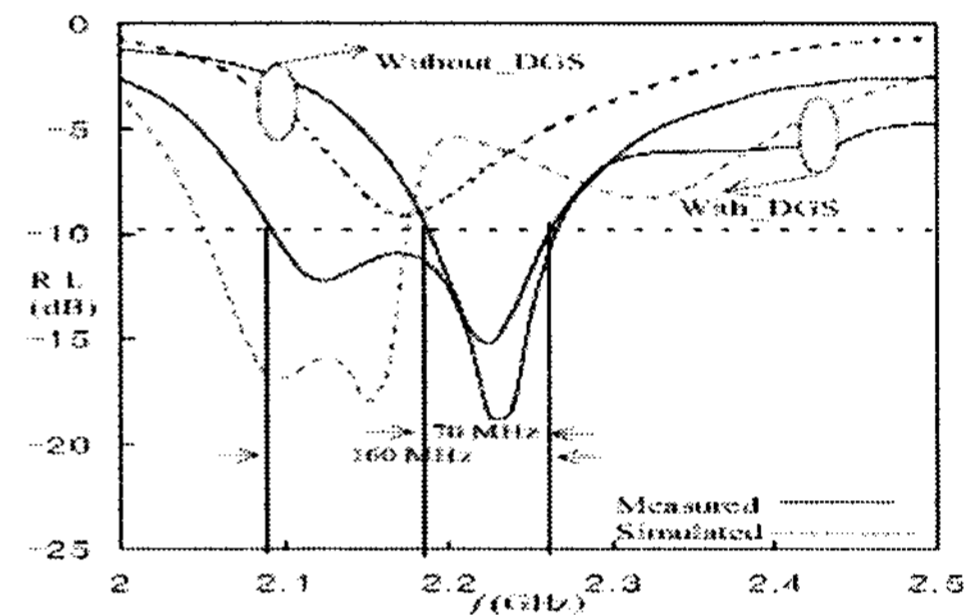


그림 7. DGS가변 배열/조정에 따른 공진 효과의 비교
Fig. 7. Comparisons of Resonance variances following DGS Configurations

안테나의 특성을 검증해 보기 위한 필수 파라미터중 해당 이중대역 안테나의 방사패턴을 HFSS시뮬레이터를 통해 출력해낼 수 있었으며, 이를 그림8에 나타내었다.

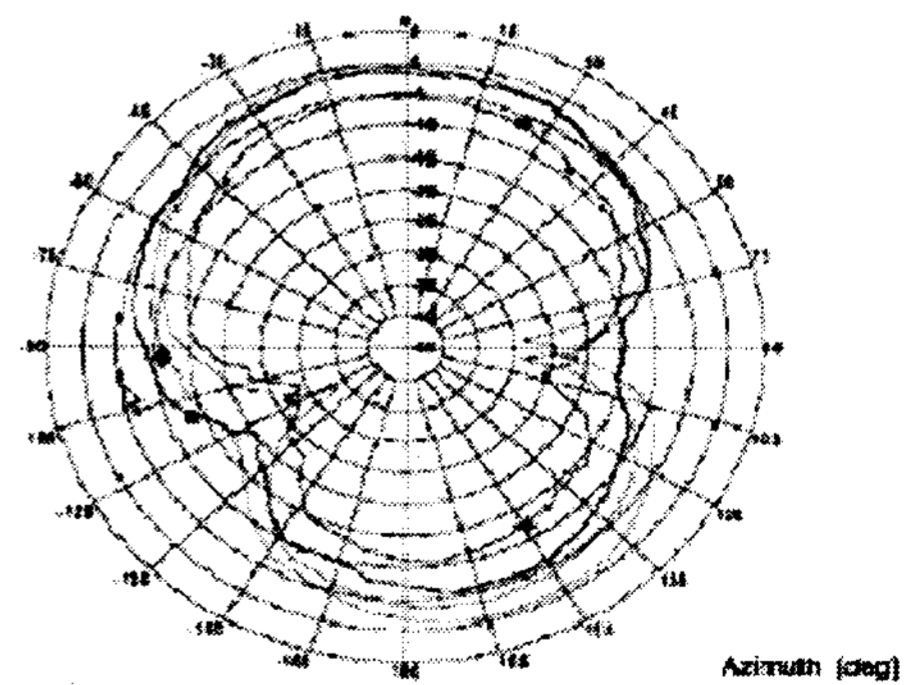


그림 8. 이중대역 안테나의 방사특성
Fig. 8. Radiation Patterns of Dual-band Antenna

IV.4 중 대역 안테나의 측정 결과 및 분석

이중대역 안테나의 기본적인 특성을 시뮬레이션을 통해 검증하고 분석 하였으며, 그 후에 해당 패치에 대한 배열설정을 통해 공진 개수의 확장 및 그에 따른 다중 방사패턴을 피하였다.

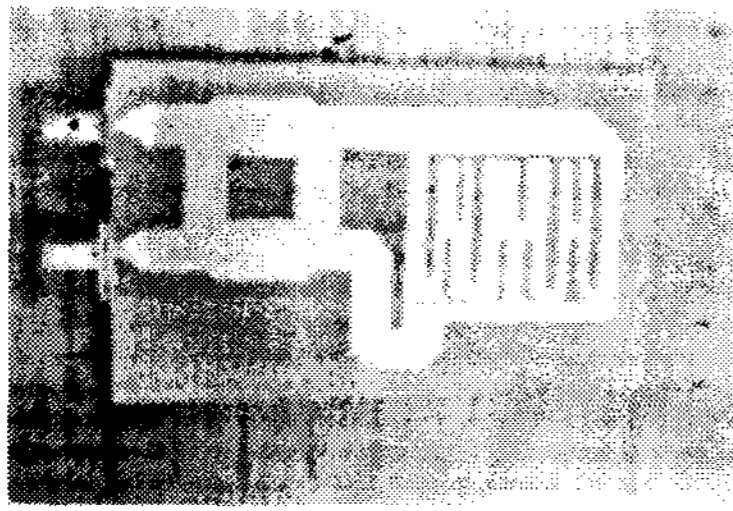


그림 9. 4중 대역 안테나 실사
Fig. 9. Picture of Quad-band Antenna

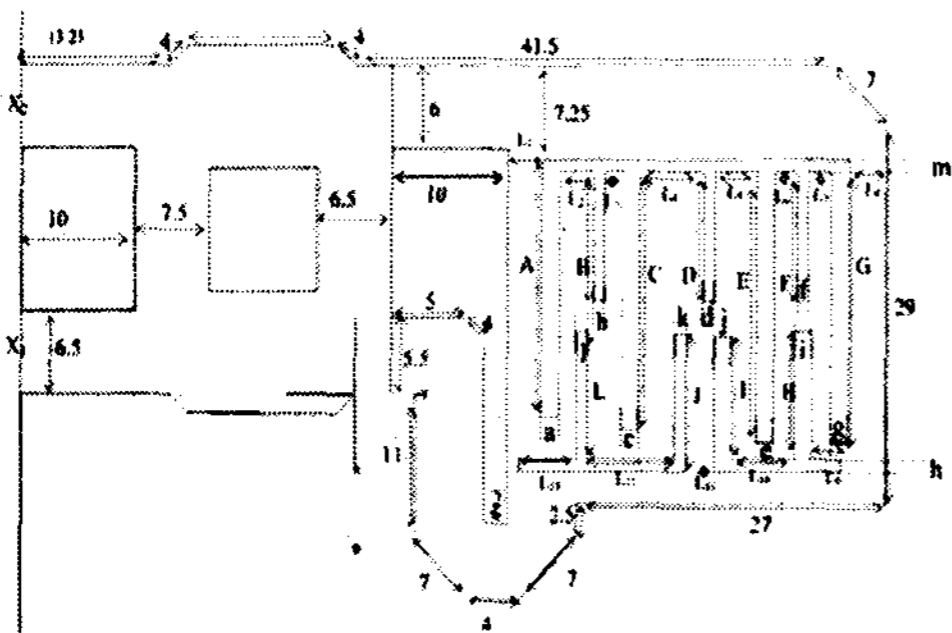


그림 10. 4중 대역 안테나의 구조에 대한 변수 지정
Fig. 10. Variants of the entire Quad-band Antenna dimension

4중 대역 안테나의 기본특성 파악에 역시 동일한 EM시뮬레이션 시스템을 사용하였으며, 보다 정확한 결과값 산출을 위해 세밀한 튜닝 작업이 요구되었다.

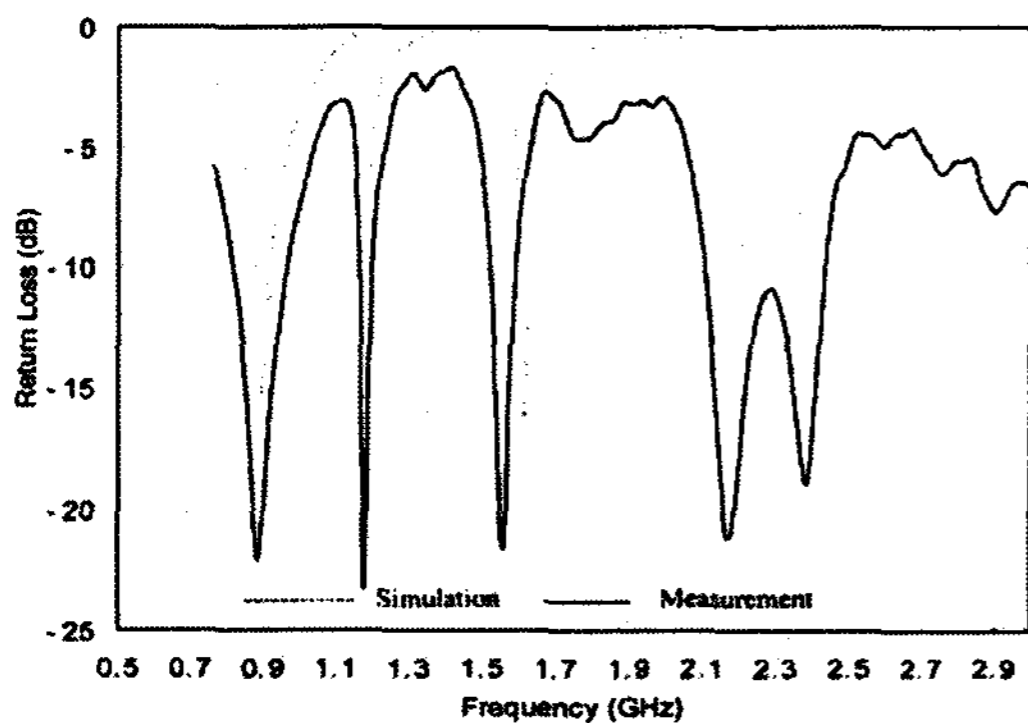


그림 11. 4중 대역 안테나의 공진특성
Fig. 11. Resonance characteristics of Quad-band Antenna

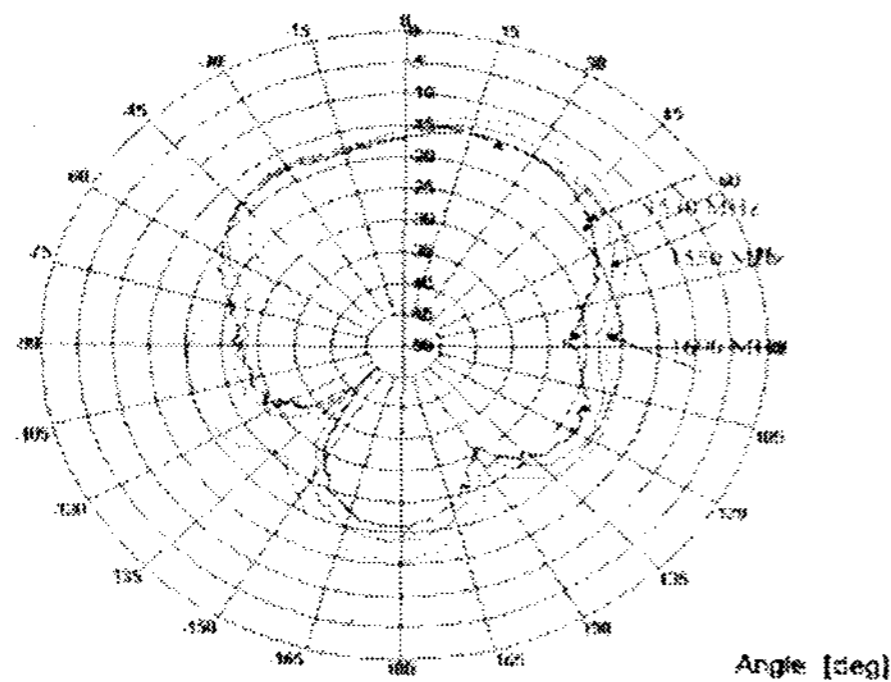


그림 12. 4중 대역 안테나의 방사패턴
Fig. 12. Radiation Patterns of Quad-band Antenna

V. 결론

소형화 경량화에 따른 전체 시스템의 크기에 대한 요구사항은 계속적으로 증가하는 추세이며, 이를 결정짓는 중요 요소 중 하나가 바로 안테나 사이즈일 것이다. 최첨단 전파 통신에 유용하게 응용될 수 있는 다중 모드 안테나의 개발은 단일 시스템으로 다방면적인 통신응용분야로 이끌어 낼 수 있을 것이다. 본 연구에서는 마이크로스트립 구조 및 DGS구조를 통한 경량화 및 생산비용 절감 등을 꾀하였으며, 보다 개선된 특성을 얻고자 세밀한 변수지정 및 고급 시뮬레이터의 도입 등의 노력을 기울였다. 실용성이 강조되는 다중 모드 안테나 응용분야에 있어 해당 논문으로서 소개하는 안테나의 공진특성 및 방사패턴은 매우 만족할 만한 수준이며, 이를 GSM 및 GPS와 같은 통신 단말 응용시스템에 광범위하게 응용할 수 있을 것이라 기대된다.

참고문헌

- [1] Kim-Lu Wong, Compact and Broadband Microstrip Antenna, John Wiley & Sons, 2002.
- [2] Kai-Ping Yang and Kim-Lu Wong, "Dual-Band Circularly-Polarized Square Microstrip Antenna", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 49, No. 3, March 2001, pp. 377-381.
- [3] A. Constantine Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, 2nd Edition, Wiley, 1997.
- [4] Jun-Seok Park, J. S. Yun and C. S. Park, "DGS Resonator with inter-digital capacitor and application to bandpass filter design", Electronic Letters, Vol. 40, No.7, 1st April, 2004
- [5] F. Ferrero, C. Luxey, G Jacquemod and R.staraj, "Satellite Applications", IEEE, Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol.4, 2005.
- [6] Ji-Yong Park, Cristophe Caloz, Yongxi Qian, and Tatsuo Itoh, "A Compact circularly polarized subdivided microstrip patch antenna", IEEE Microwave Wireless Component Letters, Vol. 12, pp. 18-19, Jan 2002.
- [7] Warren L. Stutzman and Gary A. Thiele, Antenna Theory and Design, 2nd Edition, John Wiley & Sons 1998.
- [8] K. Fujimoto and J.R James, Mobile antenna systems handbook, 2nd Edition, Boston, Artech House, 2000.
- [9] J. George, M. Deepukumar, C.K. Anandan, P. Mohan and K.G Nair, New compact microstrip antenna, Electron Letter 32 (1996), 508-509.
- [10] R. Waterhouse, "Small microstrip patch antenna", Electron, Lett. 31, 604-605, April 13, 1995.
- [11] G. S. Row, S. H. Yeh, and K. L. Wong, "Compact dual-polarized microstrip antennas", Microwave Opt. Technol. Lett. 27, 284-287, Nov. 20, 2000.



정진우

2007년 2월 국민대학교 공학사 졸업
2007년 3월-현재 국민대학교 전자전파
공학과 (공학석사과정)
[주 관심분야] RF, RF Component/System
Design, EMC



노형환

2005년 2월 국민대학교 공학사 졸업
2007년 2월 국민대학교 공학석사 졸업
2007년 3월-현재 국민대학교 전자전파
공학과 공학박사과정
[주 관심분야] RF, RF power Amplifier,
EMC



박준석

1987년 국민대학교 공학사 졸업
1993년 국민대학교 공학석사 졸업
1996년 국민대학교 공학박사 졸업
이후 University of California at Los An-
geles Ph. D 과정 수료
현 국민대학교 전자공학부 부교수



조홍구

1972년 서울대학교 공학사 졸업
1979년 서울대학교 공학석사 졸업
1987년 서울대학교 공학박사 졸업
현 국민대학교 전자공학부 교수