

다중 입·출력(MIMO) 시스템용 소형 안테나 특성분석

채규수^{1*}

A study of small antennas for MIMO applications

Gyoo-Soo Chae^{1*}

요약 본 논문에서는 MIMO 시스템에 사용 가능한 소형 안테나의 디자인 방법을 제시 하고자 한다. 제안된 안테나는 소형 안테나로 많이 사용되는 역-F형 안테나이다. 안테나는 IEEE802.11a (5.15-5.35GHz) 대역에서 동작하며 휴대용 기기에 사용될 수 있도록 평면형으로 디자인되었다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 안테나가 제작되었고 MIMO 시스템에 활용성을 평가하기 위해 각 안테나간의 격리도(Isolation)를 측정하였다. 그리고 격리 도를 증가시키기 위해 안테나사이에 $\lambda/4$ 파장에 해당하는 슬릿을 추가하여 결과를 분석하였다.

Abstract In this paper, small printed antennas for MIMO applications are presented. The proposed antennas are based on PIFA structure which is a popular approach for miniaturization. The obtained antenna operates in IEEE802.11a band (5.15-5.35GHz) and has a planar structure which can be adopted for various portable applications. According to our simulation results, prototype antennas are manufactured and the isolation among the antenna elements are measured for MIMO applications. And we suggest a technique to improve isolation by adding a $\lambda/4$ slit between two antennas and investigate the results.

Key words : MIMO, Printed antenna, Inverted-F antenna, Antenna Isolation

1. 서론

무선통신 기술의 급격한 발전으로 보다 향상된 품질의 서비스를 제공하기 위해서 전송속도를 획기적으로 증가시키는 기술이 요구되고 있다. 3세대 무선통신 서비스의 경우 전송속도는 대개 정지 시 10Mbps 이상, 이동 시는 384Kbps 이상이 요구되고 있다. 또, 4세대 이후의 무선통신의 경우는 정지 시 전송속도가 155Mbps, 이동 시는 2Mbps 이상의 성능이 요구되고 있다. 따라서 차세대 무선 통신시스템의 개발은 전송속도를 획기적으로 향상시키는 방향으로 진행 되어야 한다. 한편, 한정된 전파자원의 효율적인 활용을 위해서 채널 자체의 용량이 필수적으로 증대 되어야 한다. 이것은 4세대 및 그 이후의 무선통신 기술 개발에서 반드시 고려되어야 하는 중요한 사항이다. 채널용량을 증대 시키는 대표적인 기술로는 현재 국내에서도 활발

히 상용화되고 있는 CDMA가 있는데 이것은 한 채널을 최대한 효과적으로 사용하는 기술이다. 그리고 최근에 별도의 주파수 할당 없이 채널용량을 극대화 할 수 있는 다중입력 다중출력(MIMO) 기술이 주목 받고 있다. 일반적으로 하나의 송수신 안테나 시스템으로 채널 용량을 증대시키는 방법은 송수신 안테나의 편파를 달리하여 사용하는 방법이 있다. 그러나 하나의 송수신 안테나로 채널용량을 증대시키는데 한계가 있어 다중안테나 시스템이 제안되었다. 각 송수신 안테나에서 나온 신호가 각각 정해진 수신 안테나로만 전달된다고 가정하면 송수신 안테나의 수만큼 채널용량을 증가시킬 수 있다. 그러나 실제 시스템에서는 송수신 안테나 사이의 이격거리나 신호처리 능력을 고려하여 4개의 안테나를 사용하는 연구가 많이 진행되고 있다. 채널용량을 증대 시키는 방법으로 이러한 무선통신의 기반을 형성하는 기술에서 특히 안테나의 중요도가 날로 증가하고 있다. 안테나 자체의 편파특성이나 안테나 사이의 격리도(isolation)가 채널용량에 많은 영향을 준다.

¹백석대학교/RDRC center KAIST 정보통신학부

*교신저자: 채규수(gschaeb@bu.ac.kr)

최근의 연구 결과들은 작은 크기로 더 좋은 특성을 갖는 안테나의 개발에 초점을 맞추고 재료의 물리적인 특성과 전자기파의 이론적인 한계를 극복하고자 하는 노력들이 시도되고 있는 것이다[1-9]. 본 연구에서는 특별히 무선랜 대역용 MIMO 안테나의 개발에 초점을 맞추고 있다. 최근에 안테나 사이의 거리가 근접한 경우의 MIMO 특성에 관한 연구가 진행되고 있다 [10-11]. 1997에 처음으로 IEEE에서 무선랜 표준을 정하였고 최근 더 빠른 데이터의 처리속도가 요구되면서 IEEE802.11a, e, f, g, h, i 등의 다양한 표준이 채택되었다. 현재 보안과 주파수간섭, 전력소모, 로밍(roaming)서비스, 등 해결해야 할 문제들이 많지만 4세대 이동통신 시장을 이끌어 갈 것으로 전망된다. 무선랜의 이런 추세에 따라 안테나의 개발도 다중대역(multi-band), 광대역(wide-band)의 특성이 요구되고 있다. 1990년대 초까지 이동통신 및 위성통신에서 리플렉터(reflector), 야기(Yagi-Uda), 다이폴(dipole) 형태의 외장형 안테나가 주로 사용 되었다. 최근에는 휴대용 단말 장치에 적용 가능한 소형(small), 경량(light), 박형(slim)의 내장형 평판 안테나가 각광을 받고 있다. 그러나 평판형 안테나는 협대역(narrow-band) 특성을 갖는 것이 항상 문제가 되었다. 따라서 이를 극복하기 위한 광대역 평판 안테나의 개발이 무선통신 시스템 전 분야의 최대 관심사라고 할 수 있다. 특히 IMT-2000과 초고속 이동통신을 이용한 4세대 이동통신 등 새로운 무선 서비스의 도래가 가시화 되고 있는 시점에서 광대역 안테나의 중요성이 계속 커지고 있다. 광대역 안테나의 기술발전 경향은 최근의 특히 출원 경향의 분석을 통해 유추해 볼 수 있다. 현재 자주 거론되고 있는 광대역 안테나의 구조로는 고 전력의 광대역인 경우는 기존의 리플렉터 안테나의 변형된 형태나 1950년대에 널리 연구되었던 주파수 독립(frequency-independent)형 안테나 형태들이 주류를 이루는 반면 비교적 소형의 경우에는 마이크로스트립 형태의 개구면 결합, bow-tie, 스파이럴 및 경사진 슬롯 형태가 주종을 이루고 있다.

본 논문에서는 소형 안테나 사이의 이격거리에 따른 격리도와 안테나사이의 거리가 가까워 질 때 격리도를 증가 시키는 방법을 제시하고자 한다. 새로운 소형화 기술들이 개발되고 있지만 안테나 사이의 물리적인 거리가 가까울 때 안테나 사이의 간섭을 줄이는 방법이 필요하다.

2. 안테나 디자인

2.1 원통형 구조

본 연구의 소형 광대역 안테나의 디자인을 위해 실제 5GHz대역의 원통형 역-F형 안테나를 디자인하고 이 안테나를 기본으로 안테나 사이의 격리도를 향상시키는 방법을 모색 하고자 한다. 먼저 아래 그림과 같이 CST MWS를 이용한 시뮬레이션을 통하여 기본적인 안테나 구조를 설계 하였고 이를 바탕으로 안테나 샘플을 만들고 특성을 측정하였다. 각 안테나는 역-F형 안테나이고 안테나가 원통형의 구조물위에 감긴 형태이다. 표 1에서 안테나의 기본 사양이 나타나 있다.

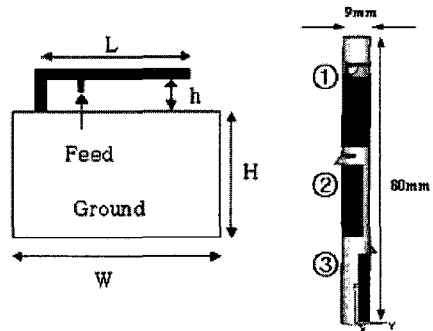


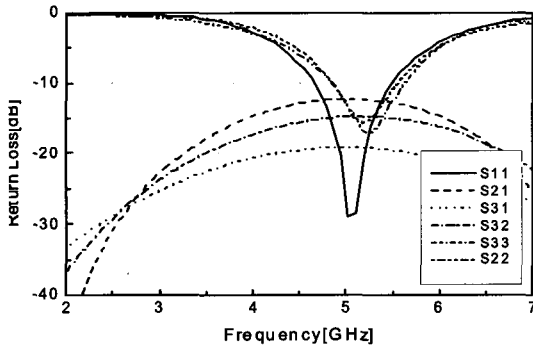
그림 1. 원통형 역-F형 안테나 디자인

표 1. 원통형 역-F형 안테나 사양

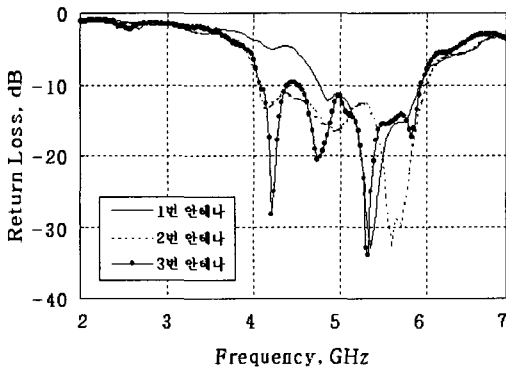
사용주파수	5.15 ~ 5.825GHz
VSWR	2.0(max)
평균이득(dBi)	-3
편파	선형
방사 패턴	Omni-directional
안테나 크기	30x25mm(각 안테나) 9φ x80mm(원통 안테나)
격리도(dB)	-15dB(S32), -12dB(S21)

그림 2(a)에 원통형 안테나의 시뮬레이션 결과가 나타나있다. 5GHz대역에서 안테나의 궤환손실(return loss)은, 좋은 특성을 보이지만 안테나 사이의 격리도는 -12~-15dB정도로 MIMO 시스템에 사용되기는 다소 부적합한 구조이다. 그림 2(b)에서는 실제 제작된 안테나의 측정 결과가 나타나있다. 안테나가 광대

역의 특성을 보이지만 실제 안테나의 특성이 개별적으로 나타난 특성이 아니라 아래위 안테나 사이의 간섭 효과로 기인한 것으로 판단된다. 그림 3에서는 원통형 안테나의 방사 특성을 보여주고 있다. 방사특성은 우수하지만 원통형의 구조는 안테나의 소형화는 가능하지만 MIMO 시스템에 적용되기는 어려울 것으로 생각된다.



(a)



(b)

그림 2. 안테나 Return Loss (a)Simulation (b)Measurement

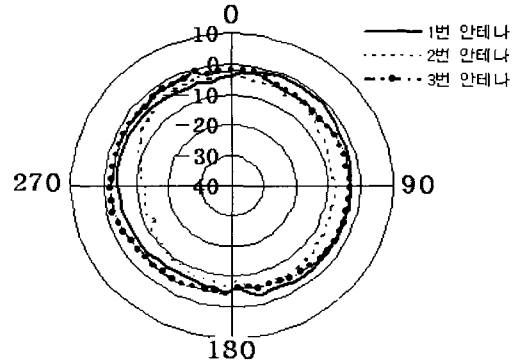
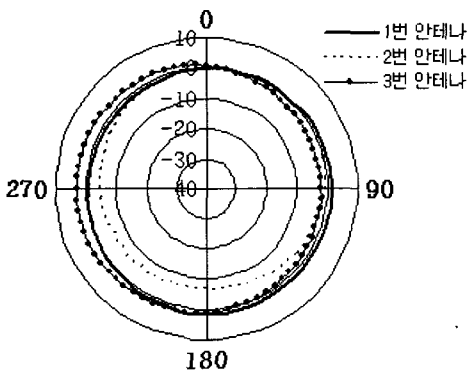
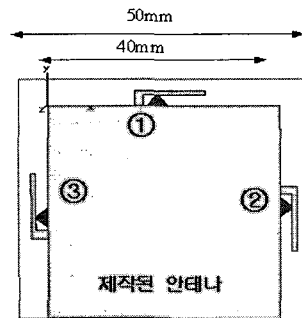


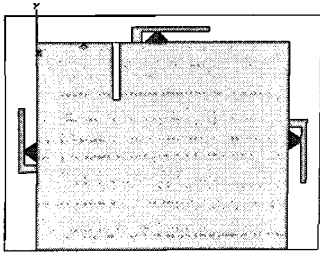
그림 3. 안테나 방사패턴 @5.35GHz (a)Simulation (b)Measurement

2.2 정사각형 구조

앞에서 논의 되었던 원통형 안테나의 단점을 보완하기 위해 그림 4에서 나타난 정사각형의 모서리에 역-F형 안테나를 배치한 안테나가 제작되었다. 그리고 안테나의 기본 사양이 표 2에 나타나 있다. 안테나 사이의 거리는 40mm와 25mm정도 이다. 그림 5에서 안테나의 특성이 나타나 있다. 안테나 사이에 슬릿이 없는 경우에는 가까운 안테나 사이의 격리도는 -10dB 정도로 MIMO 시스템에 사용하기에는 부적합 하였다. 이것을 개선하기 위해 안테나 사이에 약 $\lambda/4$ 의 slit을 추가 하여 접지면에 유기되는 표면 전류가 슬릿에 유기되어 실제 안테나 사이에 격리도가 증대되는 효과를 그림 5(b)에서 보여주고 있다. 물론 그림 5에서 보는 바와 같이 격리도가 크게 향상되지는 않았지만 슬릿이 있는 경우 안테나의 임피던스 특성이 많이 개선됨을 볼 수 있다. 이를 토대로 실제 제작된 안테나의 특성이 그림 6에 나타나 있다. 안테나 사이의 격리도가 슬릿이 있는 경우 -20dB 이하로 많이 향상된 것을 볼 수 있다.



(a)

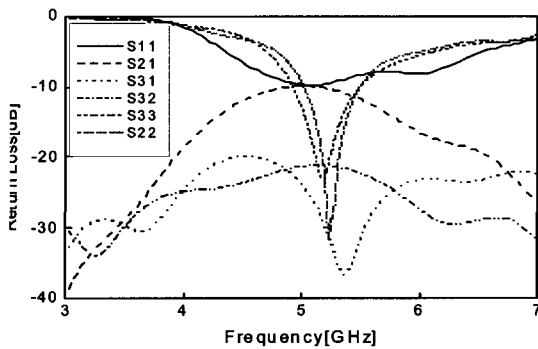


(b)

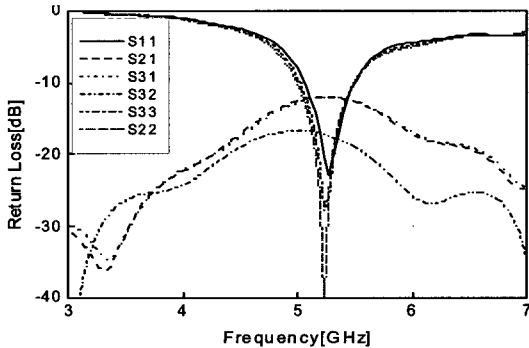
그림 4. 실제 제작된 평면형 3-elements 안테나 디자인
(a)without slit (b)with slit

표 2. Printed 3-elements 역-F형 안테나 사양

	Specifications
사용주파수	5.15 ~ 5.825GHz
VSWR	2.0(max)
평균이득(dBi)	-4
편파	선형
방사 패턴	Omni-directional
안테나 크기	46x46mm
격리도(dB)	-13dB(min) for without slit -20dB(min) for with slit



(a)



(b)

그림 5. 정사각형 구조 안테나의 시뮬레이션 Return Loss
(a)without slit (b)with slit

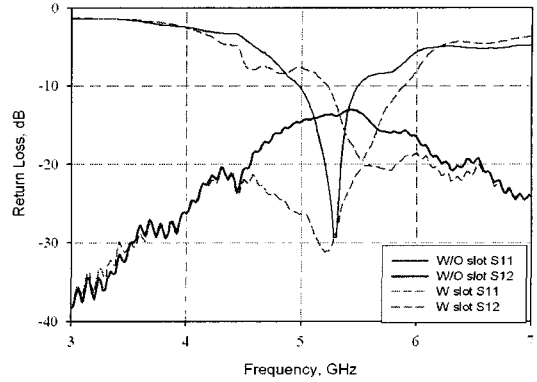


그림 6. 정사각형 구조 안테나의 측정된 Return Loss

2.3 직사각형 구조(실제 PDA 구조)

앞에서 제안된 안테나에 대한 MIMO시스템 동작 특성 실험을 위해 실제 PDA PCB위에 3개의 안테나를 배치하고 그 특성을 살펴보았다. 먼저 그림 7과 같이 시뮬레이션 모델을 구성하였고 S파라미터 시뮬레이션 결과가 그림 8에 나타나 있다. 5GHz 대역에서 안테나가 만족스러운 특성을 가지지만 S21이 -15dB 정도로 다소 높게 나타나고 있다. 그림 9에서는 그림 7의 모형을 제작한 안테나를 보여주고 있으며 이 안테나를 사용하여 S파라미터를 측정한 결과가 그림 10에 나타나있다. 여기서, 왼쪽 옆면에 위치한 안테나와 윗면 왼쪽에 위치한 안테나 사이의 거리가 다소 가까워서 S21이 -17dB 정도이고 S32와 S31은 -20dB이하로 실제 MIMO 시스템에 사용되기에 충분하다. 이 경우에 S21을 증가시키기 위해 PCB 디자인을 고려하여 앞에서 제시된 슬릿을 추가 하는 방법이 사용될 수 있다. 물론 실제 PCB에서 충분한 길이의 슬릿을 확보하기는 쉽지 않다. 그러나 안테나 사이의 격리도가 아주 중요한 경우에는 안테나의 위치나 슬릿을 고려하여 디자인할 필요가 있다.

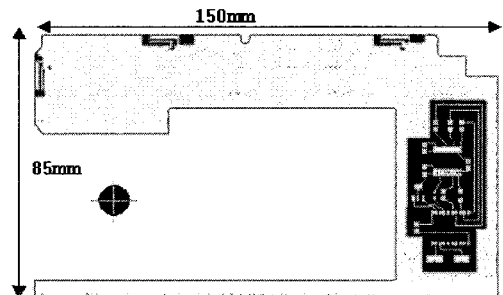


그림 7. 시뮬레이션 모델

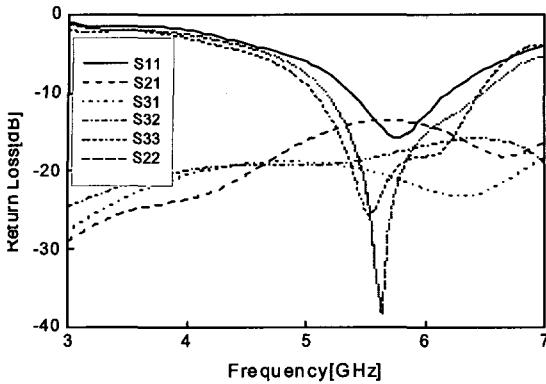


그림 8. 시뮬레이션 귀환 손실

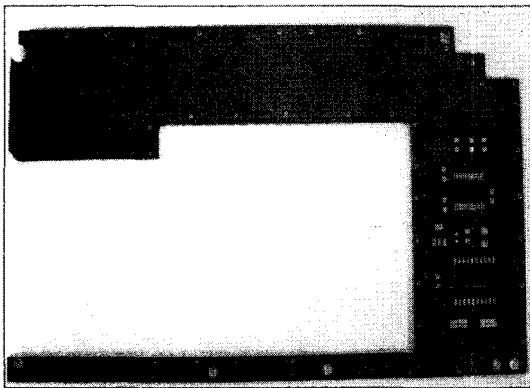


그림 9. 실제 제작된 안테나

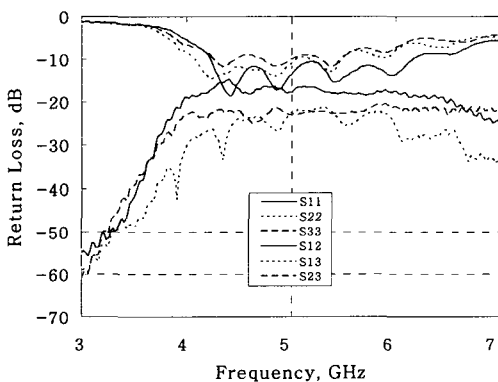


그림 10. 측정된 귀환 손실

4. 결론

본 연구에서는 최근까지 소개된 여러 가지 형태의 입체구조의 안테나를 MIMO 시스템에 사용 가능한 소

형 평판 안테나의 디자인에 초점을 맞추고 있다. 기본적으로 3개의 안테나를 사용하여 안테나 배치를 달리 하며 안테나 사이의 격리도를 분석하였고 MIMO 시스템에 사용가능한 구조의 안테나를 제안 하였다. 그리고 실제 사용되는 PDA의 기판을 사용하여 안테나를 디자인 하였고 MIMO 시스템에 적용여부를 판단하는 중요한 결과를 얻었다. 여기 제안된 안테나를 기본으로 앞으로 MIMO 시스템에 사용 가능한 배열 안테나의 특성 연구에 적극적인 노력이 필요 할 것으로 사료 된다. 본 연구에서는 각 단일 안테나의 성능이나 안테나 소형화에서 어느 정도 성과를 거두었으며 이 안테나를 기본으로 실제 전파환경에서 수신전계를 측정하는 연구가 이루어 져야 할 것이다.

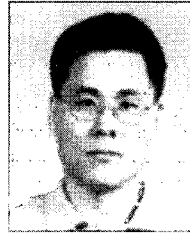
참고문헌

- [1] 『광대역 평판형 안테나 특허맵』, 특허기술정보원, 2000.
- [2] K. L. Wong, Planar antennas for wireless communications, Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2003.
- [3] M. J. Ammann and Z. N. Chen, Wideband monopole antennas for multi-band wireless systems, IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 45, no. 2, April 2003.
- [4] S. H. David, I. D. Robertson, A Survey of broadband microstrip patch antennas, Microwave Journal, pp. 60-84, Sep. 1996.
- [5] M. Karaboikis, Compact dual-printed inverted-F antenna diversity system for portable wireless devices, IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 3, 2004
- [6] R. Li, G. DeJean, M. Tentzeris and J. Laskar, Development and analysis of a folded shorted-patch antenna with reduced size, IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. 52, no. 2, Feb., 2004.
- [7] C. Wood, Improved bandwidth of microstrip antennas using parasitic elements, IEE Proc. H, pp. 231-234, Aug. 1980.
- [8] S. T. Fang, Dual-frequency planar antenna, US patent No. 6788257, Sep. 2004.

- [9] Y. H. Kuo, Coplanar waveguide-fed folded inverted-f antenna for UMTS application, Microwave Opt. Technol. Lett., vol. 32, pp. 146-147, April 2002.
- [10] V. Jungnickel, V. Pohl, and C. von Helmolt, Capacity of MIMO Systems With Closely Spaced Antennas, IEEE Communications Letters, vol. 7, no. 8, pp. 361-353, Aug., 2003.
- [11] R. L. Choi, R. D. Murch, and K. B. Letaief, IMO CDMA Antenna System for SINR Enhancement, IEEE Trans. on Wireless Communications, vol. 2, no. 2, pp. 240-249, March 2003

채 규 수(Gyoo-Soo Chae)

[종신회원]



- 1993년 2월 : 경북대학교 전자공학 (공학사)
- 1995년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2000년 12월 : Virginia Tech (공학박사)
- 2001년 1월 ~ 2003년 2월 : Amphenol Mobile (RF Manager)
- 2003년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

<관심분야>
안테나 설계, 초고주파 이론