

변형된 접지구조를 갖는 이중대역 소형 안테나 설계

채규수^{1*}

Design of dual-band compact antenna with a deformed ground plane

Gyoo-Soo Chae^{1*}

요약 본 논문에서는 휴대용 무선통신기기에 장착해서 사용가능한 소형 내장형 이중대역(RFID, PCS) 안테나가 소개되었다. 제안된 안테나는 기본적인 PIFA(Planar Inverted-F Antenna) 구조이며 기존 안테나 방사체 아래쪽에 변형된 접지구조를 추가하였다. 이 변형된 접지 구조는 안테나에 의해 유기되는 전류를 분산 시키고 안테나 주 방사부와 결합성분을 유도하여 안테나를 소형화 시킨다. 시뮬레이션 결과에 따라 안테나가 실제 제작 되고 측정되었으며 변형된 접지로 인해 공진 주파수가 낮은 주파수 대역으로 150MHz 정도 이동하는 것을 볼 수 있었다. 그리고 제안된 안테나의 표면전류가 분산되는 특징이 관찰되어 전자파흡수율(SAR)과 보청기호환성(HAC)을 개선하는데 사용될 수 있다.

Abstract In this paper, a small internal antenna for dual-band(RFID, PCS) applications is presented. The proposed antenna is a basic PIFA type and has a deformed ground plane under the main radiator. The modified ground plane is spreading the surface current and the antenna miniaturization can be achieved due to the coupling effect. The antenna is manufactured according to the simulation results and the resonance frequency move to low frequency band by 150MHz. And the surface current on the radiator and ground plane is evenly distributed so our suggested antenna can be used for better SAR and HAC performance.

Key words : RFID, dual-band antenna, current distribution, SAR, HAC

1. 서론

최초의 상업적인 셀룰러(Cellular) 서비스가 1981년에 도입된 이후로 현재까지 다양한 서비스 시스템들이 여러 나라에서 도입되었다. 최근에는 첨단 유비쿼터스 시대를 앞당기는 핵심기술로 RFID와 USN이 집중 조명을 받고 있다. 특히, RFID는 유비쿼터스 환경의 기초가 되는 핵심 기술이다. 물리공간에 존재하는 모든 것(기계, 동물, 사람 등)에 붙이는 태그(Tag)에 고유한 정보를 입력하고, 리더(Reader)를 통하여 이 정보를 읽고, 기존의 인공위성, 이동통신, 인터넷 망과 연계하여 정보시스템과 통합하여 사용된다[1]. 이러한 유비쿼터스 컴퓨팅센서(Ubiquitous Computing Sensor)기술이 기업경영, 공급 망 관리, 유통 관리, 지식관리 등 거의 모든 분야에서 혁신적인 기술발

전을 주도하게 될 것이다. RFID기술은 약 20년 전에 처음 등장하여 지금껏 널리 사용되지 못하다가, 지난 2000년부터 ISO에서 표준화가 추진되고 있으며 최근에 새롭게 관심을 끌고 있다[2]. 상품이나 물류와 관련하여 기존에 널리 사용되고 있는 바코드 방식과 달리, RFID는 비접촉 방식으로서 포장, 대상 표면의 재질, 환경변화 등의 여부에 관계없이 항상 인식이 가능하다. 또 마이크로칩이 내장되어 있어서 바코드 보다 훨씬 많은 정보를 교환할 수 있으므로, 물류 재고관리, 도난 방지 등에 적용할 수 있다. 또한, 스마트카드 등과 연계하여 사용하면 보안통제와 같은 더욱 다양한 분야에 응용할 수 있다.

무선통신의 이러한 추세에 따라 안테나의 개발도 소형(Compact), 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(Low-profile), 경량(Light), 박형(Slim)의 내장형 안테나가 각광을 받고 있다[3-7]. 이동통신 시스템분야에서 3.5세대 기

이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국 학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2005-I00690-D00262)

¹백석대학교 정보통신학부/RDRC KAIST

*교신저자 : 채규수(gschaeb@bu.ac.kr)

술인 Wibro와 HSDPA기술이 도입되면서 이에 따른 기기와 부품의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 안테나 분야에서는 LTCC, U-slot, Reconfigurable 안테나, Integrated 안테나, 다중대역 안테나 등의 새로운 기술들이 소개되었다[8-12]. 현재 우리나라를 중심으로 새로운 통신시스템들에 대한 사용자들의 요구가 꾸준히 증가하고 있고 향후 전 세계로 보급될 전망이다. 그래서 안테나 분야에서 소형, 다중대역, 다기능 안테나에 대한 연구가 더욱 활발하게 진행 될 것으로 예상된다. 그러나 최근에 많이 개발되고 있는 LTCC, PIFA, chip 등의 소형 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[8]. 안테나가 시스템에 내장되면서 여러 가지 문제가 발생하고 있는데 SAR(Specific Absorption Ratio)와 HAC(Hearing Aid Compatability) 등의 전자파 문제가 꾸준히 대두 되었다. 이러한 문제를 해결 하기 위해서는 안테나의 방사부와 인쇄회로 기판의 접지부 사이의 상관 관계를 정확히 밝히는 것이 중요하다. 안테나의 특성을 개선하고 표면 전류의 특징을 관찰하기 위한 기술들이 소개되었다[13-15]. 그러나 일부 연관성을 밝히는 연구도 있었지만 아직까지 안테나에서 유기되는 표면 전류를 정확하게 해석하고 이것이 SAR나 HAC에 어떻게 영향을 주는지 밝혀주는 효과적인 기술이 개발되지 못했다. 실제 생산되는 통신기기에서는 안테나 자체의 성능 분석에 의한 기술적인 개선보다 외부로의 전자파 차폐를 통한 SAR를 감소시키는 방법이 주로 사용되었다. 최근에는 휴대폰 안테나를 기기 아래쪽으로 배치하여 SAR나 HAC 문제가 많이 줄어들고 있다. 그러나 통신기기 하나가 여러 가지의 기능을 하는 복합적인 시스템으로 변화하고 있다. 예를 들면 휴대폰에 블루투스, DMB, Wibro의 기능이 추가되면서 단순히 안테나 위치를 바꾸는 정도로는 영구적인 해결책이 되지 못한다.

그래서 본 연구에서는 휴대용 무선통신기에 사용될 RFID 시스템의 핵심 부품인 내장형 안테나를 개발하고자 한다. 또한 광대역 특성을 가지면서 변형된 접지 면을 사용하여 SAR와 HAC를 개선하는 안테나 구조를 제안하고자 한다.

2. 안테나 설계 및 측정 결과

본 연구에서는 휴대용 무선통신기에 사용가능한 소형 내장형 이중대역(RFID, 908.5~914MHz), (PCS 1850~1990MHz)) 안테나를 설계하고자 한다. 현재까지

개발된 내장형 안테나는 일반적인 역-F형 안테나가 널리 사용되고 있고 안테나의 크기를 줄이는 방법으로 방사부의 끝을 접지면과 결합성분을 가지도록 설계되었다. 그림 1에서 지금까지 소개된 일반적인 결합구조의 안테나를 보여주고 있다[7, 14]. 이러한 구조에서는 안테나의 소형화에 제한이 있고 최근에 출시되는 두께가 얇은 소형기에 장착되기 어려운 점이 있다. 또한 제작상의 어려움 때문에 상용 제품에 널리 적용되지는 못하고 있다. 그래서 본 연구에서는 주 방사부의 면적도 줄이면서 안테나의 전체 부피도 줄이는 방법을 제시하고 있다. 그림 2에 본 연구에서 제시하는 안테나의 구조가 나타내었다.

안테나를 디자인 하기위해 CST MWS를 사용하여 시뮬레이션 하였고 안테나의 주 방사부는 역-F형 구조를 가지며, 바깥쪽의 긴 방사부는 낮은 대역(900MHz)에서 가운데의 짧은 방사부는 높은 대역(1800MHz)에서 공진이 되도록 설계되었다. 물론 이러한 방사부의 구조는 과거에도 소개된 이중대역 안테나의 전형적인 구조이다. 그러나 본 연구에서는 주 방사부의 아래쪽에 변형된 접지 구조를 추가하여 안테나의 소형화와 표면전류의 분포를 고르게 하여 불필요한 전자파의 발생을 줄이도록 설계 되었다.

제작된 안테나의 크기는 27(L)x7(W)x6mm(H)이다. 그림 3에서 실제 제작되어 휴대폰에 장착된 안테나의 모양을 보여주고 있으며 이것을 사용하여 다음에 제시된 안테나의 특성들이 측정 되었다. 안테나 구조대한 귀환손실(Return Loss) 특성을 그림 4에 나타내었으며 변형된 접지면이 있는 경우와 없는 경우에 대한 특성이 각각 나타나 있다. 변형된 접지면이 있는 경우는 안테나의 공진 주파수가 1050MHz에서 950MHz로 이동하여 100MHz정도 낮아지는 것을 볼 수 있고 이때 1800MHz 근처에서는 오히려 70MHz정도 공진 주파수가 높은 주파수 대역으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 그림 5에 안테나의 3차원 방사특성 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 900MHz 대역에서 최고 이득은 -1.2dBi이고 안테나 효율은 31% 정도로 나타났고, 1800MHz 대역에서 2.4dBi와 84%로 각각 나타났다. 이결과로 여기서 제안된 안테나가 소형화 되면서도 이득과 효율 특성은 동등하게 유지 될 수 있음을 알 수 있다. 그림 6은 안테나 표면전류 분포 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 지금까지 소개된 연구결과를 보면 전류 분포가 고르게 퍼져 있는 경우 SAR와 HAC문제가 현저히 낮아진다는 것을 알 수 있다[13]. 900MHz 대역에서는 전류의 분포는 크게 다르게 나타나지 않지만 주 방사부에 유기되는 전류가 약간 크고 안테나의 효율도 5% 정도 개선되는 결과를 얻었다. 그리고 1800MHz에서는 접지면에 유기되는 전류 분포가 확연히 달라짐을 볼 수

있다. 이런 현상은 안테나로 인한 전류의 주위 부품에 대한 영향과 불요 전자파의 방사를 줄이는 데 기여한다. 물론 이러한 결과들이 실제 휴대폰이 동작되는 상태에서 정확히 검증되어야 할 것이다. 그림 7에서는 제작된 안테나의 궤환손실을 보여주고 있다. 변형된 접지면이 있는 경우와 없는 경우에 안테나의 공진이 900MHz대역에서는 150MHz 정도 낮은 주파수대역으로 하고 1800MHz 대역에서는 50MHz정도 높은 쪽으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 이것은 앞에서 제시된 시뮬레이션결과와 거의 일치하는 특성을 보여주고 있다. 또한 여기에 사용된 변형된 접지면의 길이의 변화에 따른 특성을 살펴본 결과 동작 주파수(910MHz)의 반 파장 길이 근처에서 전류 분포가 변함을 알 수 있다. 이것은 변형된 접지면을 사용하여 안테나의 소형화 할 수 있으며 접지면에 유기되는 전류 분포를 조절 할 수 있음을 보여주고 있다. 기존의 소형화 방법은 접지면과 결합성분을 크게 하기위해 방사부의 끝이 일정한 면을 가지도록 설계하였으나 여기 소개된 안테나는 방사부가 접지면 쪽으로 접혀서 그 끝이 접지면과 아주 근접하게(~1mm) 하여 결합효과를 극대화 하였다.

안테나의 방사특성은 그림 8과 같이 x-y 평면에서 고른 방사 특성을 보이고 있으며 안테나의 평균이득과 최대이득이 그림 9에 나타나 있다. 안테나의 방사특성을 안테나를 휴대폰에 장착하고 슬라이드를 열지 않은 상태와 열어 놓은 상태에서 각각 측정하였다. 그림에 나타난 것과 같이 슬라이드를 열어놓은 상태의 방사특성이 훨씬 좋은 것을 볼 수 있다. 국내 RFID의 UHF대역인 910MHz에서, 슬라이드의 상태에 따라 평균이득은 -3.7dBi와 -7.5dBi로 최대 이득은 -1.5dBi와 -5dBi로 각각 얻었다. 표 1에 안테나의 특성을 정리하였다. 이러한 특성은 이동통신용 안테나의 디자인에서도 거의 비슷하게 나타나고 있다. 여기에서 1800MHz에 대한 방사 특성은 자세하게 소개하지 않았다. 본 연구는 이중대역 안테나 디자인에 관한 내용이지만, 900MHz(국내 RFID 대역)용 안테나의 소형화에 중점을 두었고 소형 안테나이면서 1800MHz(PCS) 대역에서도 사용 가능하도록 설계하였다.

이 안테나를 사용하여 일반적인 사무실 환경에서 50cm 거리에 있는 태그를 읽을 수 있음을 실제 측정을 통해 확인하였다. 물론 안테나 크기가 커지면 태그인식 거리가 더 멀어 질 수 있지만 휴대폰의 제한된 공간에 장착 가능한 안테나를 기본으로 설계되어 특성이 다소 떨어지는 것이다.

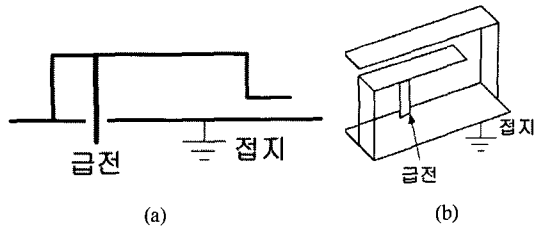


그림 1. 종래의 기술 방식 안테나 구조

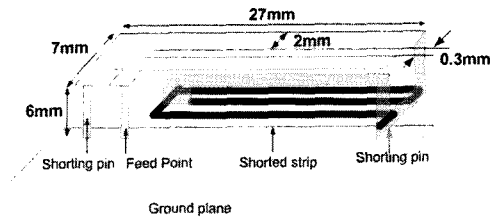


그림 2. 제안하는 안테나 구조

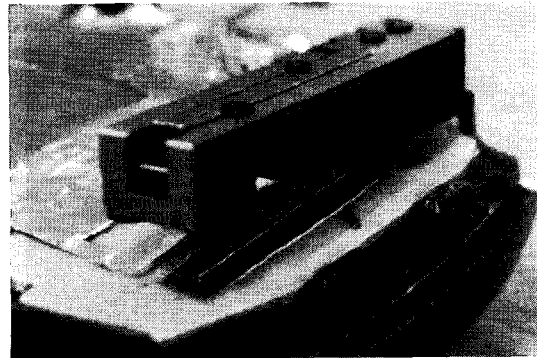


그림 3. 실제 제작된 안테나가 휴대폰에 장착된 모양

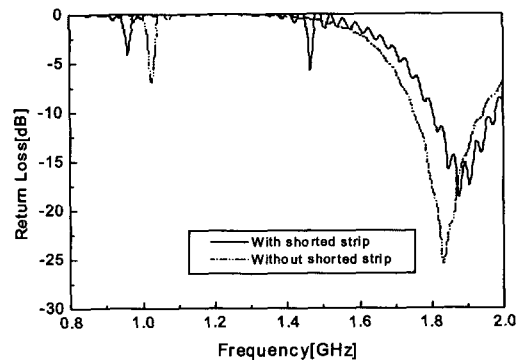
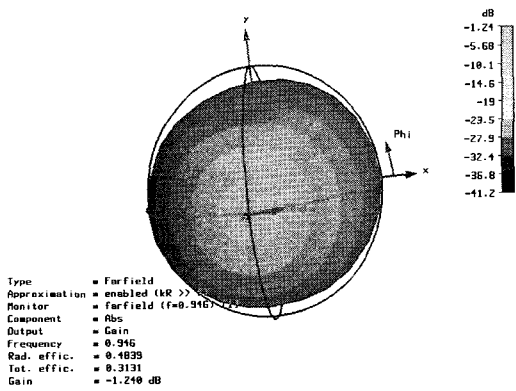
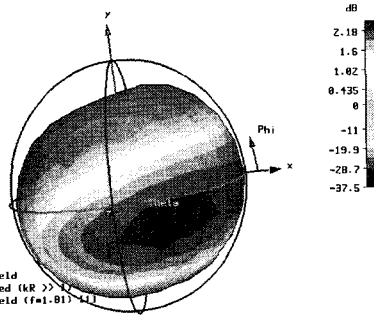


그림 4. 안테나 Return Loss 시뮬레이션 결과

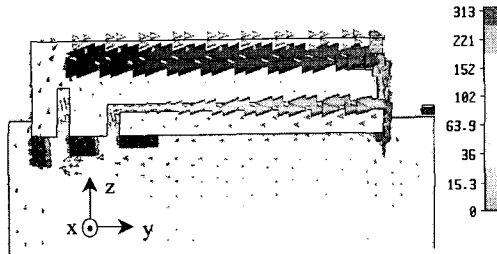


(a)

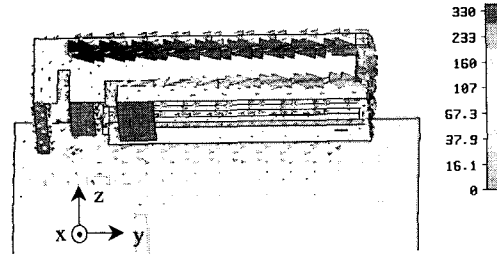


(b)

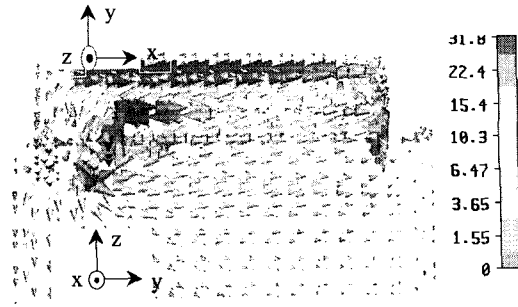
그림 5. 안테나 3차원 방사특성 시뮬레이션 결과
 (a) 900MHz (b) 1800MHz



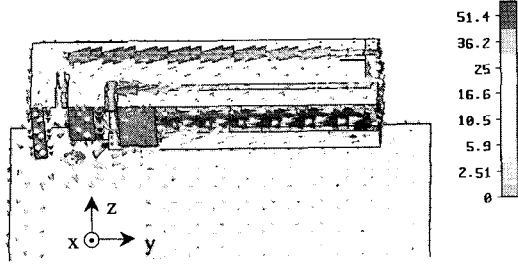
(a) 900MHz without shorted strip



(b) 900MHz with shorted strip



(c) 1800MHz without shorted strip



(d) 1800MHz with shorted strip

그림 6. 안테나 표면전류 분포 시뮬레이션 결과

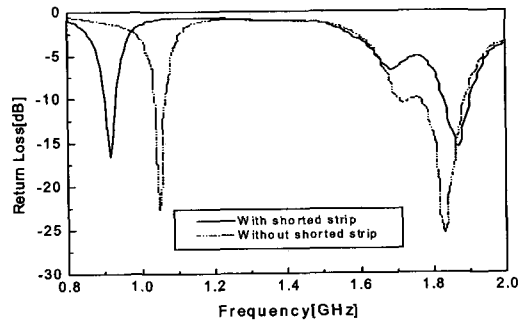
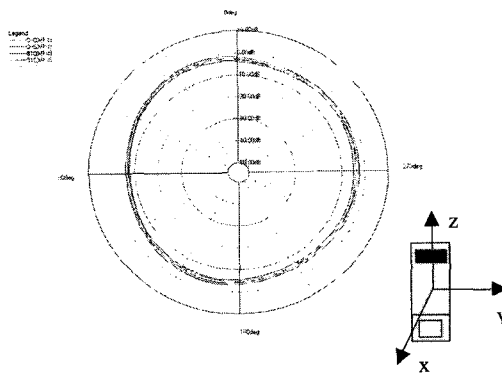


그림 7. 제작된 안테나 Return Loss 측정결과



(a)

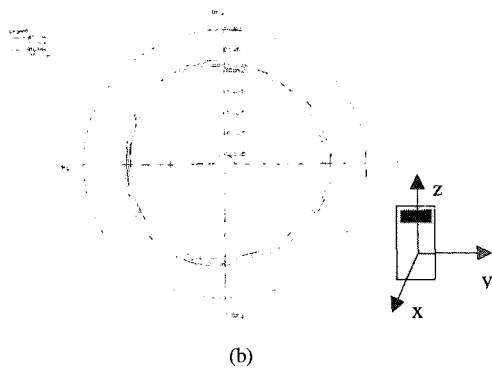


그림 8. 제작된 안테나의 방사특성@900MHz (x-y(azimuth) plane) (a) Slide-up (b) Slide-down

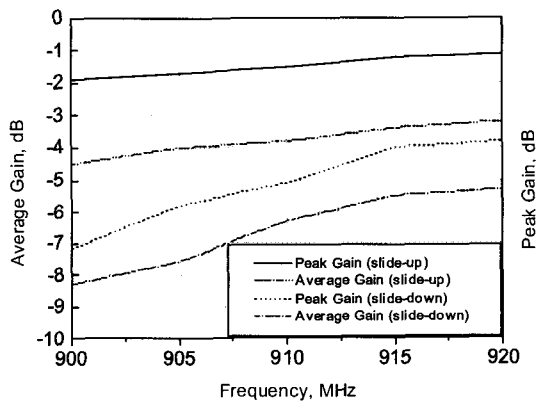


그림 9. 제작된 안테나의 이득 @900MHz(H-plane)

표 1. 안테나 특성

항목	사 양
사용 주파수	908.5~914MHz, 1850~1990MHz
안테나크기 (W x L x H)	7x27x6mm
VSWR	< 3.0
이득 (최대값)	-1.5dBi(910MHz)
이득 (평균값)	-3.7dBi(910MHz)
임피던스	50Ω
편파	선형

3. 결론

본 논문에서는 휴대용 통신기기에 사용 가능한 이중대역 소형 안테나가 소개되었다. 안테나는 RFID (908.5~914MHz), PCS(1850~1990MHz) 대역에서 동작하

도록 설계 되었으며 RFID 대역에서 상용 요구사항을 만족하는 양호한 결과를 얻었다.

본 연구에서 사용된 변형된 접지면은 안테나 방사부와 결합성분으로 인한 공진주파수의 이동(150MHz) 효과로 안테나의 소형화 방법으로 제시되었다. 또한 사용주파수의 반 파장 근처의 길이로 조정하여 방사부와 전체 접지면에 유기되는 표면전류의 분포를 일정하게 분산시키는 효과로 SAR와 HAC의 문제를 해결하는 방법으로 제안되었다. 과거에도 비슷한 연구 결과가 있었지만 추가적인 공간의 사용 없이 안테나의 소형화와 전류분포를 동시에 해결하는 방안으로 변형된 접지면이 제시되었다. 물론 본 연구에서는 전류 분포에 따른 시뮬레이션 결과만 제시 되었으나 추후에 변형된 접지면이 추가된 안테나로 SAR나 HAC의 개선효과에 대한 실험결과를 제시하고자 한다.

참고문헌

- [1] 최길영, 성낙선, 모희숙, 박찬원, 권성호, "RFID 기술 및 표준화 동향," 전자통신동향분석, 22권, 3호, pp. 29-37, 2007.
- [2] 김상태, 「RFID 기술개요 및 국내의 동향 분석」 전자부품연구원 전자정보센터, 2003.
- [3] 채규수, "다중 입·출력(MIMO) 시스템용 소형 안테나 특성분석," 한국산학기술학회논문지, 7/6, pp. 1194-1199, 2006.
- [4] M. Ali, G. James, H. S. Hwang, and R. A. Sadler, "Design of a multiband internal antenna for third generation mobile phone handsets," *IEEE Trans. on Antennas and Prop.*, Vol. 51, No. 7, pp. 1452-1460, July 2003.
- [5] C. R. Rowell and R. D. Murch, "A capacitively loaded PIFA for compact mobile telephone handsets," *IEEE Trans. on Antennas and Prop.*, Vol. 45, No. 5, pp. 837-842, May 1997.
- [6] R. L. Li, G. DeJean, E. Tsai, E. Tentzeris and J. Laskar, "Novel small folded shorted-patch antennas," *IEEE Antennas and propagation Society International Symposium*, Vol. 4, pp. 26-29, 2002.
- [7] G. Poilasne, J. Shamblin, L. Desclos, and S. Rowson, "Low-profile, multi-frequency, multi-band, capacitively loaded magnetic dipole antenna," US patent no. 6943730, 2005.
- [8] Ying, C., and Zhang, Y.P., "Integration of ultra-wideband slot antenna on LTCC substrate," *Electronics Letters*, Vol. 40, Issue 11, pp. 645 - 646, May 2004.

- [9] Luk, K.M., Guo, X., Lee, K.F., and Chow, Y.L., "L-probe proximity fed U-slot patch antenna," *Electronics Letters*, Vol. 34, Issue 19, pp. 1806 - 1807, Sept. 1998.
- [10] Mak, C.L., Chair, R., Lee, K.F., Luk, K.M., and Kishk, A.A., "Half U-slot patch antenna with shorting wall," *Electronics Letters*, Vol. 39, Issue 25, pp. 1779 - 1780, Dec. 2003.
- [11] Mak, A. C. K., Rowell, C. R., Murch, R. D., and Mak, C.-L., "Reconfigurable Multiband Antenna Designs for Wireless Communication Devices," *IEEE Trans. on Antennas and Prop.*, Vol. 55, Issue 7, pp. 1919-1928, July 2007.
- [12] Ee Lee, Kin Meng Chan, Gardner, P., and Dodgson, T.E., "Active Integrated Antenna Design Using a Contact -Less, Proximity Coupled, Differentially Fed Technique," *IEEE Trans. on Antennas and Prop.*, Vol. 55, Issue 2, pp. 267-276, Feb. 2007.
- [13] K. Caputa, M. A. Stuchly, E. M. Skopec, H. I. Bassen, P. Ruggera, and M. Kanda, "Evaluation of Electromagnetic Interference from a Cellular Telephone with a Hearing Aid," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 48, No. 11, Nov., 2000.
- [14] I. Pankinaho, "Antenna construction including a ground plane and radiator," US patent no. 6297776, 2001.
- [15] M. F. Abedin and M. Ali, "Modifying the ground plane and its effect on planar inverted-F antennas (PIFAs) for mobile phone handsets," *IEEE Antennas and Wireless Prop. Lett.*, Vol. 2, pp. 226-229, 2003.

채규수(Gyoo-Soo Chae)

[종신회원]



- 1993년 2월 : 경북대학교 전자공학과(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