

An Antenna with Combination of Electric-Magnetic Radiators for NotePC Platform

김 용 진* · 김 진 환†
(Yong-Jin Kim · Jin-Hwan Kim)

Abstract - This paper is presented on the antenna design for notepc platform. We present the antenna with combination of electric-magnetic radiator for dual-band Wireless Local Area Network (WLAN) service and a High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) service. Due to the limited antenna space in notepc platform, the antennas for various wireless communication service should be located at a very small area. In this paper, the magnetic-type radiator works for high frequency band (1.7 - 2.1 GHz) application and the electric-type radiator works for low frequency band (820 - 960 MHz) application. This combination produces wide-band characteristics in the high frequency band. Simulation and experimental results of input impedance and gain characteristics of the proposed antenna are presented. There are good agreements between the simulated and measured S11 and gain values.

Key Words : Noetpc Antenna, Electric-Magnetic Combined Antenna

1. 서 론

무선 통신 기기의 발전과 새로운 무선 서비스들의 개발로 안테나 개발에 있어서, multi-band, wide-band, 안테나 miniaturization 등과 같은 요구가 증대되고 있다. 노트북의 경우에도 다양한 무선 서비스, 즉, WLAN, GSM/DCS, HSDPA 등과 같은 서비스들의 실지로 인하여, 새로운 안테나 개발 및 적용에 많은 연구가 진행 되고 있다. [1-4]. 현재 까지 알려진 서비스를 실현하기 위해서는 하나의 무선 디바이스 안에 10개 이상의 안테나가 장착 되어야 한다고 알려져 있다. Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) 시스템의 적용이 점점 현실화 되고 있는 시점에서 정해진 안테나 공간 안에서 많은 안테나들의 무선기기 안의 실장은 피할 수 없다 [5-7]. 안테나를 실장 할 수 있는 공간은 점점 적어지고, 요구되어 지는 무선 서비스는 점점 많아지면서 안테나와 관련된 산업계 및 학계의 고민은 점점 깊어지고 있다. 안테나의 사이즈 소형화 및 광대역화, meta-material 과 같은 새로운 재료적 접근법등의 많은 노력이 진행되고 있다. 본 논문에서는 전기적 방사 성능을 가지는 PIFA 형 안테나와 자기계 방사 성능을 가지는 loop 형 안테나의 결합형으로 주어진 공간 안에 두 안테나의 적절한 조합으로 하나의 급전부를 가지면서 1.7 GHz - 2.1 GHz 대역의 high frequency band 에서는 loop 안테나가 동작을 하고, 820 MHz - 960 MHz 대역에서는 노트북 안테나에서 많이 사용되고 있는 PIFA 형 안테나

로 동작하는 구조를 제안한다. 소형 안테나 구현의 경우, 전기계 방사체의 capacitive 한 임피던스 특성과 자기계 방사체의 inductive 한 임피던스 특성의 결합을 통하여 구현하고자 하는 안테나의 임피던스 특성이 기존의 제1 공진점 이하 주파수 대역에서 이루어짐으로써, 안테나의 사이즈를 줄일수 있게 된다 [8-9]. 따라서, 안테나 장착의 공간을 줄일 수 있으며, 광대역의 특성을 얻을 수 있다. 또한, 전기계 안테나와 자기계 안테나 결합 시, 적절한 표면 전류의 제어를 통하여 한쪽 방향에서는 안테나의 방사가 합해지고, 반대 방향에서는 안테나의 방사가 상쇄됨으로써, 일방향성의 안테나 패턴을 보인다. 이러한 결합형 구조의 안테나 설계는 UWB 안테나 설계를 위하여 근래에 연구되고 있으며, 지향성 안테나 beam pattern 의 요구가 증대되는 통신 서비스 개발에 맞추어 연구가 활발히 진행되고 있다 [8-9]. 본 논문에서는 이러한 결합형 구조를 이용하여, 노트 PC 쪽으로 방사되는 이득을 줄이고, 수신을 위한 공간상로의 방사 이득을 높임으로써, 전체적인 시스템의 수신 강도를 높이하고자 하였다. 본 논문에서는 ansoft 사의 HFSS 전자장 해석 프로그램을 사용하여 시뮬레이션 하였으며, 안테나를 제작하여 실제 노트북 platform mock-up 에 장착하여 측정 하였다. 또한, 안테나의 방사 이득 값은 기존의 상용 PIFA 안테나의 이득과 비교하였다.

2. 본 론

2.1 루프(loop) 안테나 설계 결합형 안테나

제안된 결합형 안테나의 설계를 위하여 먼저 자기계 방사체를 가지는 loop 안테나를 설계 하였다. 목적 주파수 1.7 GHz - 2.1 GHz 를 가지는 loop 형 안테나의 기본 모델은 그림 1 에 나와 있다. 안테나의 위치는 노트북 display 장치 위에 위치하며 전체적 사이즈는 610 mm² 이다. Loop 안테나의 길이는

* 정 회 원 : 인하공업전문대학 전기정보과 조교수 · 공박

† 교신저자 정회원 : 인하공업전문대학 전기정보과 부교수 · 공박
E-mail: jhkim@inhatc.ac.kr

접수일자 : 2009년 12월 3일

최종완료 : 2009년 12월 18일

87 mm ($f = 2\text{GHz}$ 에서 0.58λ). 시뮬레이션을 위한 ground plane 의 경우, 사이즈는 62 mm x 140 mm 이다. 제안된 loop 안테나의 길이의 경우, ground plane 을 고려한 최단거리로 계산하면, 142 mm ($f = 2\text{GHz}$ 에서 0.94λ) 이다. 논문 [9] 에서 제안된 결합형 안테나의 일방향성 구현을 위한 loop 형 안테나의 길이와 거의 일치한다. Ground plane 의 사이즈는 실제 노트 PC platform 보다 작은 사이즈로 시뮬레이션 하였으며, 이는 시뮬레이션시의 계산 시간을 줄이기 위함 이었다. 따라서, 실제 측정 값과는 다소의 차이가 있을 수 있으나, 이것은 실제 측정시의 세부 tuning 을 통하여 해결하고자 한다.

제안된 loop 안테나의 시뮬레이션 특성은 그림 2 에 나와 있다. 그림 2 (a) 에는 S11 특성이 보여 지고, 그림 2 (b)에는 방사 패턴 및 이득 값이 보여 진다. S11 특성의 경우, S11 < -10 dB 기준으로 1.68 GHz - 2.09 GHz 의 특성을 보인다. 방사 패턴의 경우, 안테나에 비해 상대적으로 큰 접지면

(ground plane)의 결과로 beam 의 형태가 약간 x축 방향으로 왜곡된 결과를 보인다. 주파수 $f = 1.87 \text{ GHz}$ 에서의 방사 특성을 보였으며, 이때의 최대 이득은 3.921 dBi를 가진다.

2.2 PIFA 안테나 설계

제안된 PIFA 안테나의 구조는 그림 3 에 나와 있다. 그림 3 (a) 에는 전체적인 접혀진 3-D 형태의 안테나 구조 및 위치를 보여 주며, 그림 3 (b) 에서는 안테나의 방사체 부분을 펼친 전개도 형식의 그림을 보여주고 있다. 안테나의 전체 사이즈는 8 mm x 4 mm x 71.2 mm 이다. 안테나의 전체적인 길이는 약 9.84 cm 이며, 이는 중심 주파수 $f = 900 \text{ MHz}$ 에서 0.29λ 의 길이가 된다. 그림 3 (b) 에 보여 지듯이, 안테나의 급전부와 shorting부가 한 평면상에 위치하는 것이 아니라, 3차원 구조의 급전부와 shorting 부를 가진다.

제안된 PIFA 안테나의 시뮬레이션 결과는 그림 4에 보여 진다. 그림 4 (a) 는 S11 특성 plot 이고, 그림 4 (b) 는 안테나의

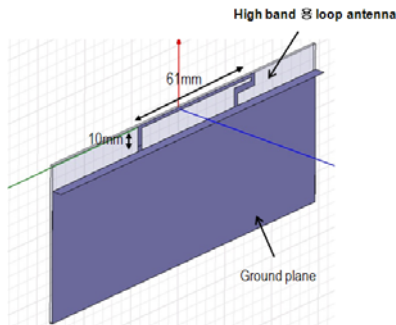
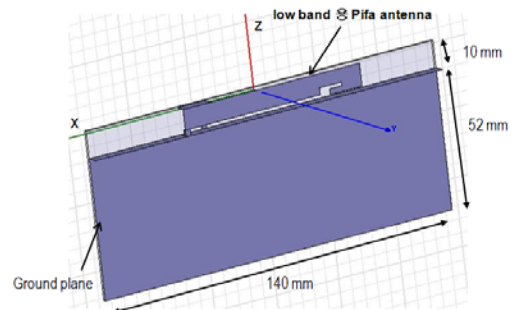
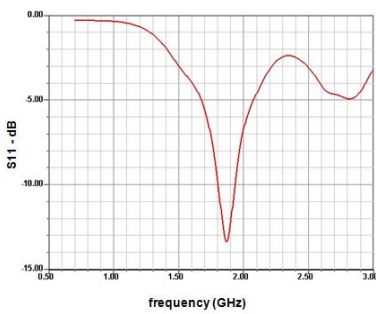


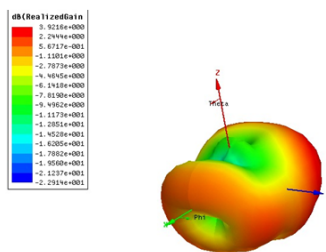
그림 1 High frequency band 용 Loop 안테나 모델
Fig. 1 Loop antenna model for high frequency band



(a) PIFA 안테나 구조

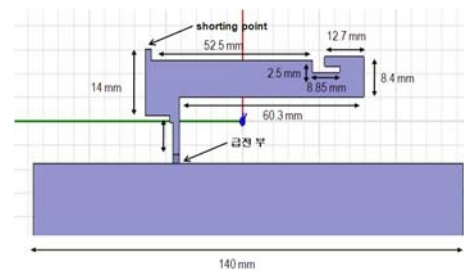


(a) S11 plot



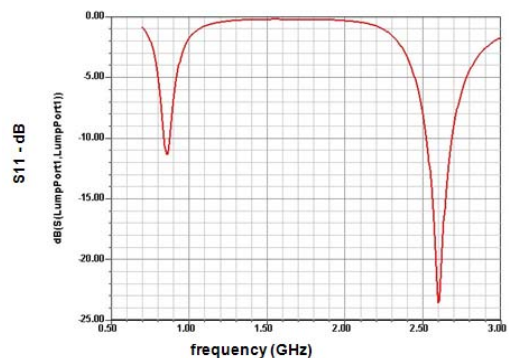
(b) 방사패턴 및 이득 ($f = 1.87\text{GHz}$)

그림 2 Loop 안테나의 시뮬레이션 결과
Fig. 2 Simulation results for loop antenna

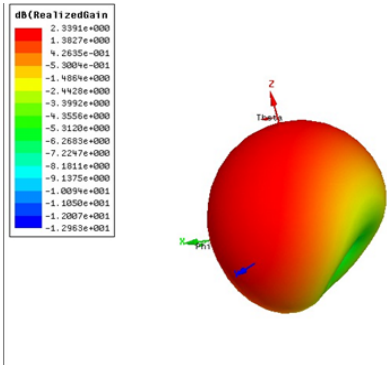


(b) PIFA 안테나 세부구조

그림 3 제안된 PIFA 안테나 모델
Fig. 3 Proposed PIFA antenna model



(a) S11 plot



(b) 방사패턴 및 이득(f=1.87GHz)

그림 4 PIFA 안테나의 시뮬레이션 결과
Fig. 4 Simulation results for PIFA antenna

방사 패턴 및 이득 값을 보인다. S11 의 경우, 중심 주파수 $f = 860$ MHz에서 공진하는 구조이며, $f = 2.6$ GHz 에서도 공진 하는 특성을 보인다. 방사 패턴 특성의 경우, Z축 에 대하여 지향성의 방사 패턴을 보이며, 대부분의 노트북용 PIFA 안테나와 동등한 방사 패턴을 보인다. 방사 이득의 경우, 주파수 $f = 860$ MHz에서 2.39 dBi 의 특성을 보인다.

2.3 Loop-PIFA 결합형 안테나

제안된 loop - PIFA 결합형 안테나의 구조는 그림 5 에 나와 있다. 그림 5 의 안테나는 앞에서 설명한 loop 안테나와 PIFA 안테나의 결합으로 이루어 졌으며, feeding 은 한곳에서 이루어진다. 두 안테나의 적절한 조합으로 두 안테나의 특성을 함께 가지는 안테나의 공진이 가능하며, 공진 주파수의 경우도 3 개의 공진 주파수를 가지는 안테나가 된다. 제안된 결합형 안테나의 전기적 특성은 그림 6 과 그림 7 에 보여 진다. 그림 6 에는 S11 특성이 보여 지고, 그림 7에는 방사 패턴 및 이득 값이 보여 진다. S11 특성의 경우, low frequency band 에서는 $S_{11} < -5$ dB 기준으로 915 MHz - 990 MHz 의 통과특성을 보이며, high frequency band 에서는 $S_{11} < -10$ dB 기준으로 1.89 GHz - 1.99 GHz의 통과 특성을 보인다. 또한, $f = 2.75$ GHz 에서도 공진하는 특성을 보인다. 위의 결과는 두 안테나를 분리해서 시뮬레이션 했을 때 와 비슷한 결과를 보인다.

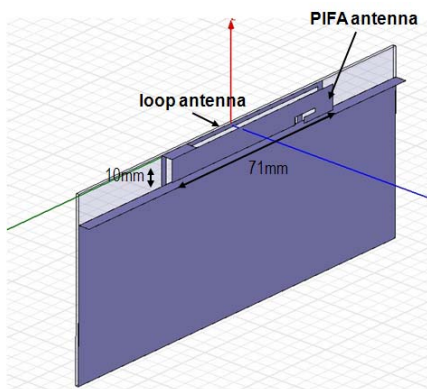


그림 5 제안된 Loop-PIFA 결합형 안테나 모델
Fig. 5 Loop-PIFA combination antenna model

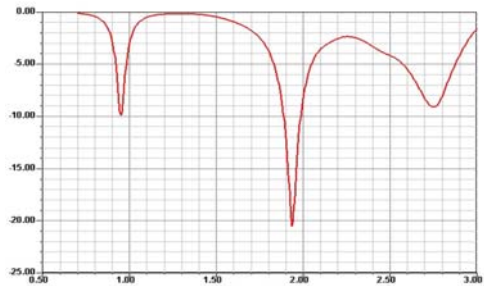
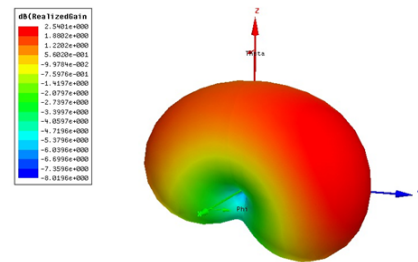
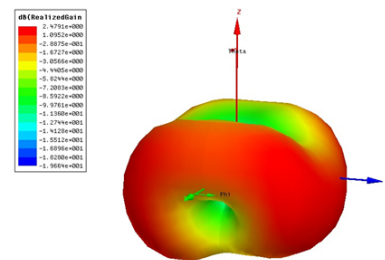


그림 6 Loop-PIFA 결합형 안테나의 S11 시뮬레이션 결과
Fig. 6 S11 simulation result for Loop-PIFA combination antenna model



(a) $f = 950$ MHz



(b) $f = 1.94$ GHz

그림 7 Loop-PIFA 결합형 안테나의 방사패턴 시뮬레이션 결과
Fig. 7 Radiation pattern of Loop-PIFA combination antenna (simulation results)

시뮬레이션 방사 패턴의 경우, 저주파 대역에서는 PIFA 의 특성을 보이며, 고주파 대역에서는 loop 안테나의 특성을 보인다. 최대 방사 이득의 경우, $f = 950$ MHz 에서 2.54 dBi 의 특성을 보이며, $f = 1.94$ GHz에서 2.47 dBi 의 특성을 보였다.

2.4 Loop-PIFA 결합형 안테나 제작 및 측정

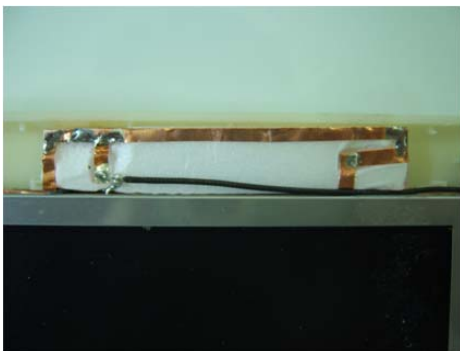
제안된 Loop - PIFA 결합형 안테나는 그림과 같이 proto-type 으로 제작 되었다. 제작된 모습은 그림 8 에 보여 진다. PIFA 안테나의 경우, notePC platform 안쪽에 위치하고 있어 사진으로는 확연하게 들어나 보이지는 않는다. 안테나의 기본은 cooper tape 을 이용하여 제작되었으며, 3 차원 구조의 안테나를 지지하기 위해서 styrofoam 위에 제작 되었다. 급전을 위해서 약 30 cm 의 케이블을 사용하여 측정 하였다. 또한, 그림 8 에 보였듯이, 안테나는 노트북 mock-up

안에 위치한 LCD panel 위에 장착되었다.

본 측정 환경에 의해서, cable loss 에 의한 S11 의 감쇠가 예상되며, 시뮬레이션 모델과 다른 ground 환경을 사용함으로써, 보다 실제 환경에 가까운 측정을 구현 하고자 하였다. 노트북 내에서의 안테나의 위치는 그림에 보였듯이 우측 구석의 상단부에 위치한다. 시뮬레이션에서 안테나는 정 중앙에 위치하였으나, mock-up 의 노트북 개폐를 위한 장치로 인하여 부득이 하게 위치를 수정 장착하여 측정 하였다.

제작된 안테나의 S11 특성은 그림 9 에 보여 진다. 공진 주파수의 경우, $f = 900 \text{ MHz}$, 2 GHz , 3.5 GHz 에서 보여 진다. 3개의 공진 주파수를 가지는 특성은 시뮬레이션과 동일한 결과를 보였으나, 주파수의 경우는 약간 shift 된 특성을 나타낸다. 이것은 LCD 창에 따른 ground 조건의 변화, 안테나 장착 위치의 변화에 의해서 나타난 결과로 생각된다. 또한, 긴 lossy 케이블의 사용으로 인하여 S11 특성이 전체적으로 약 3 - 5 dB 정도 낮아진 특성을 보인다. 또한, 주파수에 비례해서 loss 가 점점 심해짐을 보이고 있다. 노트북 안테나의 성능 향상을 위해서는 low-loss 를 가지는 cable의 사용이 중요하다고 생각된다. 주어진 결과로 보면 $f = 2 \text{ GHz}$ 대역의 경우, $S_{11} < -10 \text{ dB}$ 기준으로 약 $1.85 \text{ GHz} - 2.3 \text{ GHz}$ 의 band-width를 보인다.

기존의 동등한 사이즈를 가지는 상용 HSDPA/WLAN 안테나와의 이득 측정 비교 결과는 그림 10에 보여 진다. 측정 결과는 vertical polarization 를 기준으로 azimuthal plane (H-plane, x-y 평면) 의 측정 결과이다. 기존 안테나와 측정 결과를 비교하면, 저주파 대역에서는 900 MHz 이후의 이득



(a) 제작된 안테나의 정면



(b) 제작된 안테나의 뒷면

그림 8 Loop-PIFA 결합형 prototype 안테나 사진
Fig. 8 Prototype of the Loop-PIFA combination antenna

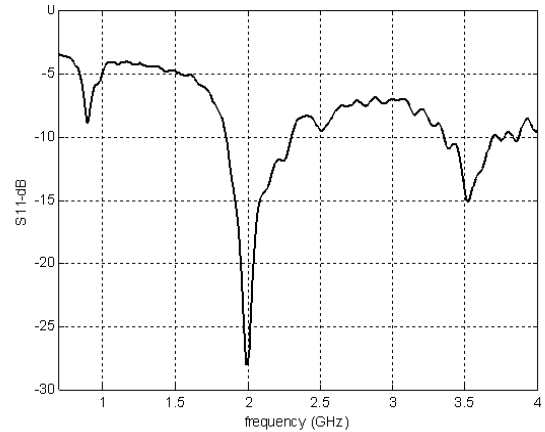


그림 9 Loop-PIFA 결합형 안테나의 S11 측정 결과
Fig. 9 S11 measurement result of the Loop-PIFA combination antenna

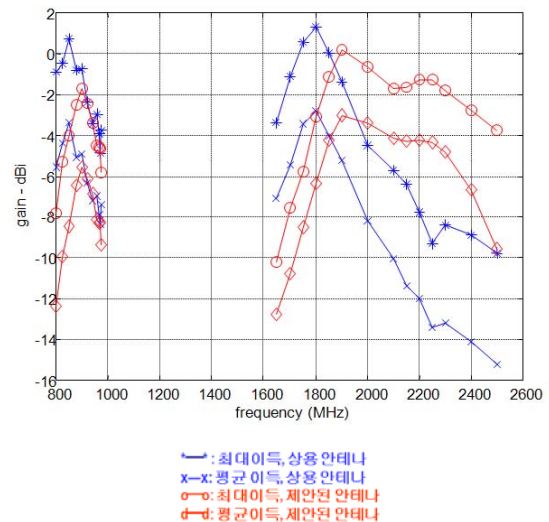


그림 10 Loop-PIFA 결합형 안테나의 상용 제품과의 방사 이득 비교 결과
Fig. 10 Measured radiation gain comparison between proposed Loop-PIFA combination antenna and commercial products

값은 비슷하나, 이전 대역의 이득 값은 약 -3dB 정도 떨어지는 성능을 보인다. 그러나 고주파 대역 (2GHz 대역) 에서는 공진 주파수의 shift 를 고려하면 제안된 안테나가 동등한 이득 값을 가지면서 약 400 MHz 이상의 광대역 특성을 보이고 있다. 이것은 전기계 안테나와 자기계 안테나의 결합에 따른 광대역 특성을 보여준다고 생각되어 진다 [8-9]. 본 논문에서 제안된 구조는 multi-band 를 구현하기 위한 안테나 설계에도 유용하리라 생각된다. 결합형 안테나의 공진 주파수의 경우, PIFA 형 안테나의 공진 주파수와 Loop 안테나의 공진 주파수가 동시에 공진하는 구조로서 다수의 공진 주파수를 얻고자 하는 안테나 설계에 사용할 수 있다. 또한, 다양한 안테나 beam pattern 의 구현이 요구되어 지는 안테나 설계에도 결합형 안테나의 적용도 증대되리라 생각된다.

3. 결 론

본 논문에서는 전기계 안테나인 PIFA 안테나와 자기계 안테나인 Loop 안테나 결합형 구조를 가지는 노트북용 안테나를 제안했다. 결합형 구조의 안테나는 $f = 900$ MHz, 2 GHz, 3.5 GHz에서 공진특성을 보이며, 2GHz 대역에서는 450 MHz의 광대역 특성을 보였다. 안테나 사이즈는 2840 mm³의 크기를 가진다. 측정 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하여 보였으며 유사한 결과를 나타내었다. 방사 이득의 경우, 기존 상용 안테나와 성능을 비교 하였으며, $f = 900$ MHz 대역에서는 동등한 성능을 보였으며, $f = 2$ GHz 대역에서는 광대역의 특성을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] Junho Yeo, Young Ju Lee and Raj Mittra, "A Novel Dual-band WLAN ANtenna for Notebook Platfprms", 2004 IEEE AP-S International Symposium and URSI National Radio Science Meeting, Monterey (2004).
- [2] Chih-Ming Su, Wen-Shyang Chen, and Kin-Lu Wong, "Compact dual-band metal-plate antenna for 2.4/5.2 GHz WLAN operation", Microwave and Optical Technology Letters, vol. 38, issue 2 (2003), pp. 113-115.
- [3] Cheng-Hao Kuo, Kin-Lu Wong, and Fa-Shian Chang, "Internal GSM/DCS dual-band open-loop antenna for laptop application", Microwave and Optical Technology Letters, vol. 49, issue 3 (2007), pp. 680-684.
- [4] D.Liu, and T.J. Beukema, "Developing integrated antenna subsystems for laptop computers", IBM Journal of Research and Development, vol.47, num. 2/3 (2003).
- [5] Pasi Suvikunnas and Pertti Vainikaninen, "A Novel MIMO Antenna for Laptop Type Device", Proceedings of the Antenna Measurement Techniques Association, Stone Mountain, Georgia, USA (2004).
- [6] Chi-Yuk Chiu and Ross D. Murch, "Dual band antenna tube for MIMO application", 2008 IEEE AP-S International Symposium and URSI National Radio Science Meeting, San Diego, CA, USA (2008).
- [7] Hua Zhong and Wenhua Chen, "A Conformal Tri-polarization Antenna", 2008 IEEE AP-S International Symposium and URSI National Radio Science Meeting, San Diego, USA (2008).
- [8] D. -H. Kwon, E. V. Balzovsky, Y. I. Buyanov, Y.Kim, and V. I. Koshelev, "Small printed combined electric-magnetic type ultrawideband antenna with directive radiation characteristics," IEEE Trans Antennas Propag 56 (2008), 237-241.
- [9] 김용진, 정창원, 김영봉, 권도훈, "전기-자기계 방사체 결합형 소형 초광대역 안테나," Trans. KIEE. Vol. 58 P. No.1 (2009), 33-37.

저 자 소 개



김 용 진 (金 容 進)

1970년 3월 13일생. 1992년 인하대 전기공학과 졸업. 1999년 오하이오주립대학교 전기공학 졸업(석사). 2003년 오하이오주립대학교 전기공학과 대학원 졸업(공학). 2003.7-2007.3 삼성종합기술원 근무. 2007.3-현재 인하공업전문대학 전기정보과 조교수.
Tel : 032-870-2191
Fax : 032-870-2507
E-mail : yongjink@inhatc.ac.kr



김 진 환 (金 眞 煥)

1967년 5월 15일생. 1991년 인하대 전기공학과 졸업. 1993년 인하대 전기공학과 대학원 졸업(석사). 1996년 동대학원 졸업(공학). 1997. 3 - 2001.8 두원공과대학 근무. 2001.9 - 현재 인하공업전문대학 전기정보과 부교수.
Tel : 032-870-2193
FAX : 032-870-2507
E-mail : jhkim@inhatc.ac.kr