
대칭형 이중 링 구조를 이용한 소형 광대역 다이폴형 안테나의 설계 및 구현

주영림* · 김우수* · 오순수** · 박효달*

Design and implementation of a small broadband dipole antenna
using the symmetric double-ring structure

Young-Rim Ju* · Woo-Su Kim* · Soon-Su Oh** · Hyo-Dal Park*

이 논문은 2010년 (주)에이스테크놀로지의 지원을 받아 수행된 연구임

요 약

본 논문에서는 DCS1800/PCS/WCDMA/WLAN 이동통신용 서비스대역을 동시에 만족하는 새로운 구조의 소형 광대역 다이폴 안테나를 설계 및 제작하였다. 제안된 안테나는 기존의 평판 마이크로스트립 다이폴 안테나를 기본으로 하여 광대역 다이폴 형태로서 $1 \times 30 \times 70 \text{ mm}^3$ 크기로 구현되었다. 안테나의 크기를 감소시키고 대역폭을 개선하기 위하여 새로운 대칭형 이중 링 방사체 구조를 사용하였다. 새로운 대칭형 이중 링 구조 사용하면 다이폴의 유효 전류 길이가 증가하게 되어 안테나크기가 소형화 될 수 있고, 또한 리액턴스 성분이 감소되어 광대역임피던스 특성을 얻을 수 있다. 제작된 안테나는 $\text{VSWR} < 2$ ($\leq -10\text{dB}$)에서 1.5 GHz~2.57 GHz로 1.07GHz (52 %)의 광대역 특성을 나타낸다.

ABSTRACT

In this paper, a small broadband dipole antenna that simultaneously satisfies DCS1800/PCS/WCDMA/WLAN is designed and fabricated. To reduce the size and to improve the bandwidth of planar microstrip dipole antenna, a new symmetric double-ring radiator structure is used. An antenna can be reduced with increasing effective current length of dipole, and can be obtained a wide band impedance characteristic with decreasing reactance component by using a novel symmetrical double-ring structure. The proposed antenna shows broadband characteristic of 1.07GHz(52%) from 1.5GHz to 2.57GHz with $\text{VSWR} < 2$ ($\leq -10 \text{ dB}$).

키워드

대칭형 이중 링, 광대역, 다이폴, 안테나

Key word

symmetric double-ring, Broadband, Dipole, Antenna

* 인하대학교 전자공학과 (주영림, r730j@hanmail.net)

** 한국전자통신연구원

접수일자 : 2010. 07. 08

심사완료일자 : 2010. 07. 18

I. 서 론

최근 이동통신 시스템은 소형화 및 다기능화 되고 있다. 이동통신 서비스가 발전하고 적용 범위가 확장됨에 따라 사업자들의 수요가 급격히 증가하고 있다. 현재 이동 통신 서비스 시장에서는 이동전화와 간단한 메시지가 가능한 Cellular, PCS(Personal Communication Services)의 2G에서부터 다양한 멀티미디어의 데이터 통신 서비스를 제공하는 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access)의 3G, 무선 초고속 인터넷인 WiBro(Wireless Broad-band Internet)까지 동시에 사용할 수 있는 시스템을 요구하고 있다. 따라서 서비스 제공자는 각 주파수 별 안테나를 설치해야하며, 이를 운영하기 위해서는 많은 비용을 소모하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 안테나가 광대역 특성을 가지게 되면 다양한 서비스를 하나의 안테나로 동시에 운영할 수 있게 되고 그만큼 유지보수가 쉬워지게 된다. 현재 안테나의 소형화는 휴대기기용 안테나를 중심으로 자동차, 항공기, 로켓, 선박 등 이동체 탑재용 안테나로 이루어지고 있다. 그러나 안테나를 소형화시키면 기구적으로 작아서 사용상 편리한 여러 가지 장점이 있지만 전기적 성능 면에서는 안테나 복사패턴이 나빠지게 되고 이득 또한 낮아진다[1],[2]. 뿐만 아니라 안테나의 입력저항이 매우 작아지고 리액턴스가 매우 커져서 안테나 효율이 급격히 나빠지고 대역폭이 좁아지게 된다[3]. 그러므로 크기가 작으면서 대역폭이 넓은 안테나를 개발하는 것이 현실적인 과제로 나가고 있다. 이러한 문제들을 극복하는 방법으로써 마이크로 스트립 안테나가 연구되었다[4]. 하지만 마이크로 스트립 안테나는 구조의 특성상 광대역으로 구현하기가 상당히 어렵다는 문제점이 있다. 또 다른 방법으로써 다이폴 안테나가 연구되었다[5].

다이폴 안테나는 공진 점에서의 임피던스가 시스템 임피던스 50 Ω 과 정합하기 쉬운 값을 가지기 때문에 마이크로스트립 안테나보다 넓은 대역폭을 가진다[5],[6]. 본 논문에서는 소형화에 유리한 마이크로 스트립 안테나의 장점과 광대역 특성에 유리한 다이폴 안테나의 성능을 가진 마이크로 스트립 평판 다이폴 안테나 구조를 새롭게 변경하여 원하는 상용 주파수 대역에서 광대역 특성을 가진 안테나를 설계 하였다. 대칭형 이

중 링 구조의 방사체는 다이폴의 유효 전류 길이가 증가하므로 안테나의 전기적 길이가 감소되고, 리액턴스 성분이 줄어들어 광대역 임피던스 특성을 얻게 된다. 보다 더 좋은 광대역 특성을 얻기 위하여 대칭형 이중 링 구조의 방사체와 접지면, 급전 구조의 위치를 최적화하는 방법을 이용하였다. 제안한 안테나는 $VSWR < 2$ 이하 1.5 GHz~2.57 GHz(1.07GHz)광대역 임피던스 대역폭을 가진다. 제안된 안테나는 상용주파수대역인 DCS1800/PCS/WCDMA/WLAN(Wireless LAN)에 적용 가능한 결과를 보여준다.

II. 안테나 설계

본 논문에서는 상용주파수 대역인 DCS1800/PCS/WCDMA/WLAN에서 사용할 수 있는 이동통신용 소형 광대역 다이폴 안테나를 설계 하였다. 안테나 기판으로는 유전율 4.6, 투자율 1, 두께가 1 mm인 FR4 기판을 사용하였다. 접지면 과 급전라인사이 길이는 대역폭을 최대한 확보하기 위해 1mm의 간격을 주었다. 급전라인 길이는 10 mm이고 폭은 1 mm로 최적화된 값을 가진다. 접지면의 크기는 51 mm × 30 mm 이고 접지면 과 대칭형 이중 링 구조를 가진 방사체, 급전라인을 합친 전체 크기는 (30 mm × 70 mm) 로 일반적인 Bar 모양의 이동통신용 단말기크기로 설계 되었다.

본 논문에서는 광대역 특성에 문제가 되는 저주파 대역의 대역폭 개선을 위해 대칭형 이중 링 구조로 된 새로운 방사체를 도입하고 최적화된 급전 구조를 이용하였다. 설계된 안테나의 구조는 그림 1에 나타내었다. 기존 마이크로 스트립 평판 다이폴 안테나는 접지면 과 방사체의 크기가 동등하면서 대칭으로 된 구조로 설계되었다[7]. 평판 다이폴 안테나는 낮은 주파수 대역에서 광대역 특성을 얻으려면 안테나의 크기가 커지는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이 문제를 해결하기 위해 방사체의 크기와 접지면의 크기가 서로 다른 새로운 구조를 이용하여 낮은 주파수 대역에서 또 다른 공진을 유도함으로써 광대역 특성을 얻었다. 방사체구조는 대칭형 이중 링 구조를 사용하였고, 접지면 은 평판 마이크로스트립 구조를 사용하였다. 모든 시뮬레이션은 상용 소프트웨어인 CST사의 Microwave Studio를 이용하여 설계 및

검토하였으며 방사 특성은 모든 동작 대역에서 $VSWR < 2$ (< -10 dB)가 되도록 설계하였다.

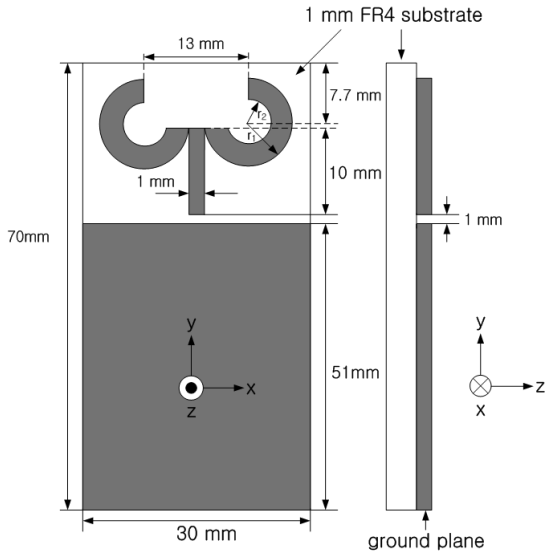


그림 1. 제안한 안테나의 구조
Fig. 1 Structure of proposed antenna

안테나의 최적화된 링 모양의 방사체는 대역폭을 결정하는데 있어서 중요한 파라미터이다. 따라서 상용 주파수 대역에서 광대역 특성을 가진 안테나설계를 위해서 낮은 주파수 대역에서 공진하는 링의 크기와 높은 주파수 대역에서 공진하는 접지면의 크기를 결정하는 것이 중요하다. 공진이 발생하는 링의 길이는 식 (1)에 의하여 결정된다.

$$l = 2\pi r = \frac{\lambda}{2}, \lambda = \frac{c}{f_0 \sqrt{\epsilon_r \mu_r}} \quad (1)$$

$$r = \frac{c}{4\pi f_0 \sqrt{\epsilon_r \mu_r}}$$

여기서 f_0 는 공진주파수, c 는 빛의 속도 3×10^8 m/s, ϵ_r 은 비유전율 4.6, μ_r 은 비투자율 1이다. $r_1 = 6$ mm 이고 $r_2 = 4$ mm 이다. 접지면의 크기는 51 mm \times 30 mm 로 최적화 값을 가진다. 방사체의 크기와 접지면의 크기는 낮은 공진주파수 대역과 높은 공진주파수 대역을 결정하는 파장의 길이 $\lambda/2$ 가 되도록 설계되

었다. 그림 2는 3가지 형태의 서로 다른 방사체를 가진 안테나구조이다. 3가지 형태의 방사체를 가진 안테나의 시뮬레이션을 선택한 이유는 주어진 Bar 형태의 전체 안테나 크기에서 가장 좋은 광대역 특성과 효율을 비교하여 최적의 값을 얻기 위해서이다.

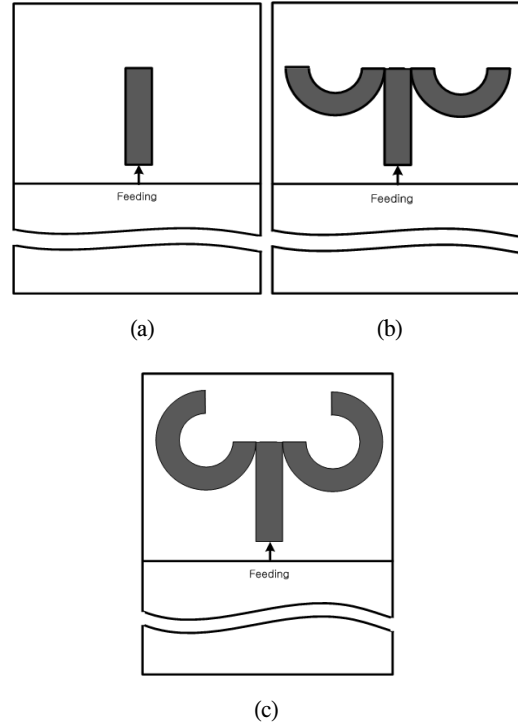


그림 2. 3개의 서로 다른 방사체를 가진 안테나
Fig. 2 Antenna with three differential radiators
(a) Antenna with only feeding line, (b) Antenna with half-shaped ring radiator, (c) Antenna with symmetric double-ring radiator.

그림 2(a)는 급전 구조만 있는 안테나 구조, 그림 2(b)는 반원 모양을 가진 안테나구조, 그림 2(c)는 본 논문에서 제안된 광대역 특성을 가진 대칭형 이중 링 안테나 구조를 보여준다. 시뮬레이션 결과를 통하여 그림 2(c)의 안테나가 최적의 구조임을 알 수 있다. 그림 3은 3가지 형태의 방사체를 가진 안테나에 대한 시뮬레이션 방사 손실을 보여준다.

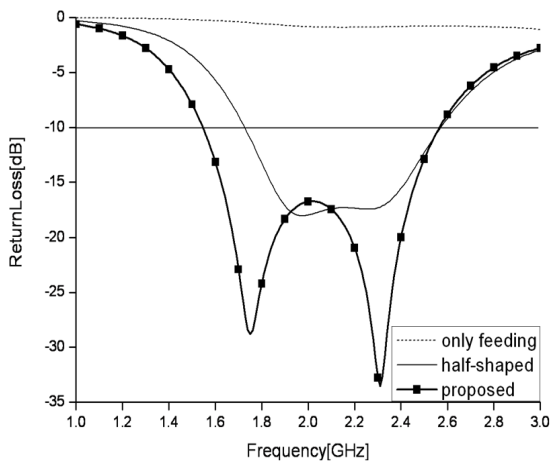


그림 3. 3개의 서로 다른 방사체를 가진 안테나의 반사손실
 Fig. 3 Return loss of antenna with three differential radiator

점선은 급전 구조만 있을 때의 반사손실을 보여주며 동작주파수에서 공진이 발생하지 않음을 보여준다. 결과는 상용주파수 대역 1.5 GHz~2.57 GHz에서 방사 진행되지 않고 파들이 모두 반사되는 특성을 나타낸다. 따라서 급전 구조만 있는 방사체를 가진 안테나는 전기적 특성이 나빠므로 사용하기에는 적절하지 못함을 나타낸다.

실선은 급전 구조에 반원 모양의 방사체를 추가한 그림 2(b)안테나의 반사손실을 보여준다. 대역폭은 1.75 GHz~2.57 GHz이고, 1.75 GHz~2.57 GHz대역에서 반사손실은 -18 dB로 양호한 결과를 보이지만 원하는 주파수대역인 1.5 GHz~2.57 GHz를 만족하지 못한다. 따라서 그림 2(b)의 안테나 구조도 상용주파수 대역을 만족 못하는 협대역 특성을 보여준다.

점이 있는 실선은 본 논문에서 제안된 대칭형 이중 링 안테나의 반사손실을 나타낸다. 안테나의 대역폭은 1.5 GHz~2.57 GHz로 상용주파수 대역을 만족하여 반사손실도 $VSWR < 2$ 이하에서 -17 dB로 좋은 특성을 나타낸다. 3가지형태의 방사체를 가진 안테나의 시뮬레이션 결과를 통하여 그림 2(c)의 구조가 본 논문에서 사용하려고 하는 상용주파수 대역을 만족하는 장점을 보여준다. 그림 4는 제안된 안테나의 광대역 특성을 보여주는 임피던스 값에 대한 결과를 나타낸다.

주파수 F_{low} 에서의 임피던스 값은 $46-j0.3 \Omega$, 주파수 F_{mid} 에서의 임피던스 값은 $58-j0.02 \Omega$, 주파수 F_{high} 에서의 임피던스 값은 $50+j0.2 \Omega$ 으로서 거의 50Ω 에 가까운 값을 갖는다. 따라서 제안된 안테나는 상용 주파수 대역인 1.55 GHz~2.57 GHz에서 유도성 임피던스 성분이 증가하여 상대적으로 커패시터 성분을 감소시킴으로써 반사손실 특성이 우수하여 광대역 안테나로 적합하다.

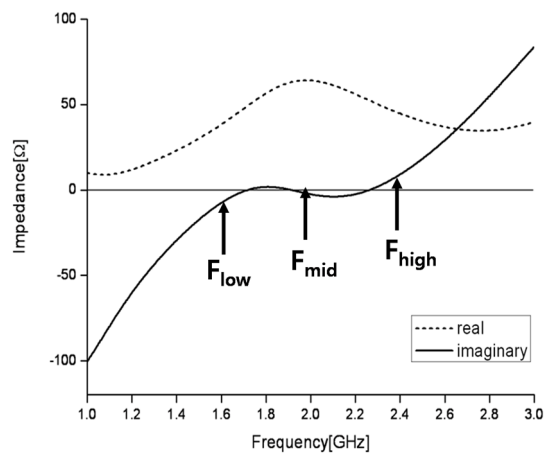


그림 4. 제안된 안테나의 임피던스(Ω)
 Fig. 4 Impedance of proposed antenna

III. 안테나 제작 및 측정

안테나는 최적화된 파라미터를 가지고 사용하여 제작하였으며 급전은 동축 케이블을 사용하였다. 실제 제작한 안테나의 모습은 그림 5에 나타내었다. 제작된 안테나는 두께가 1 mm인 FR4기판을 사용하였다. 안테나 방사체 크기는 급전라인을 포함하여 $18 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ 이다. 급전라인의 폭은 최적화된 값 1 mm 로 설계 하였다. 안테나의 측정은 Agilent 사의 Network Analyzer 을 사용하였고 방사 패턴은 안테나 전문 업체의 near-field measurement chamber를 사용하였다.

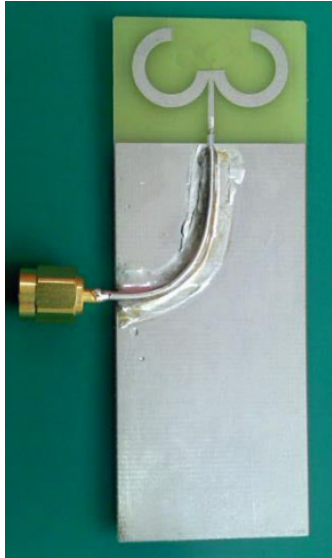


그림 5. 제작한 안테나의 전면도
Fig. 5 Fabricated antenna

실제 제작된 안테나의 대역폭은 1 GHz(1.6 GHz ~ 2.6 GHz)의 광대역 특성을 나타내었다. 그림 6에서 보듯이 시뮬레이션 결과와 측정 결과가 매우 일치하는 것을 보여준다.

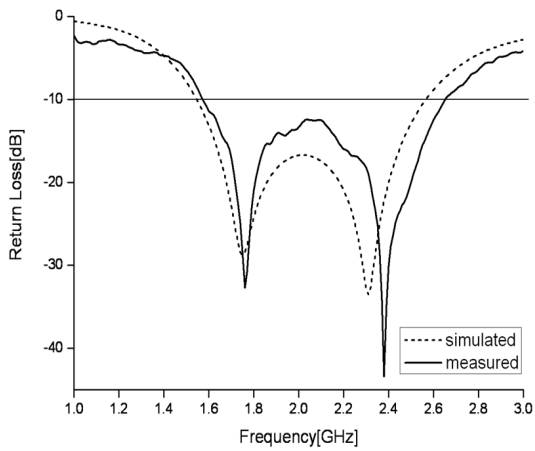
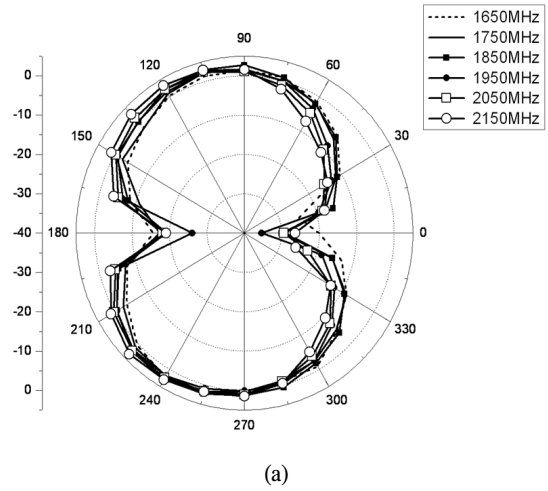
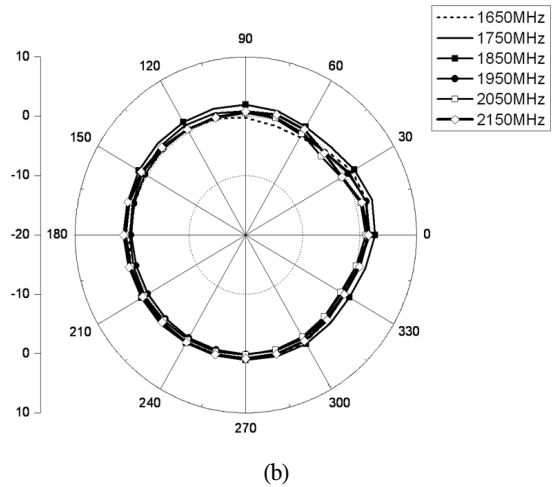


그림 6. 시뮬레이션과 측정값의 반사손실 비교
Fig. 6 Comparison of return loss between simulation and measurement

그림 6은 최적화된 파라미터로 설계된 시뮬레이션 값과 실제 제작한 안테나의 반사손실을 측정한 결과 값을 비교한 그림이다. 측정 범위는 1 GHz ~ 3 GHz이며 시뮬레이션에서의 대역폭은 $VSWR < 2$ (< -10 dB) 기준으로 1.07 GHz(1.5 GHz ~ 2.57 GHz)로 나타났고



(a)



(b)

그림 7. 측정된 안테나의 방사패턴
(a) 수직평면 (b) 수평평면

Fig. 7 Radiation pattern of measured antenna
(a) E-plane (b) H-plane

그림 7은 제작된 안테나의 방사패턴을 측정한 그림이다. 실제 측정된 E-plane과 H-plane의 방사패턴은 그림 7(a)와 그림 7(b)와 같은 결과를 보여준다. 안테나의 측정범위는 1.35 GHz에서 15°씩 증가해서 2.55 GHz까지

측정한 결과이며, 상용주파수 대역인 WCDMA 대역에서 65% ~ 72%, DCS/PCS대역에서 61% ~ 65%, WLAN 대역에서 54% ~ 59%의 방사효율과 전방향성 방사특성을 나타내었다.

측정된 안테나의 이득은 1.5GHz ~ 2.55GHz대역에서 -2.38 dB ~ -2.56 dB 로 이동통신용 안테나로 사용하기에는 양호한 값을 나타낸다.

IV. 결 론

본 논문은 DCS1800/PCS/WCDMA/WLAN대역에서 사용할 수 있는 대칭형 이중 링 구조를 사용한 소형 광대역 다이폴 안테나를 설계 및 제작하였다. 우선 상용주파수 대역에서 사용하는 안테나의 크기를 결정하기 위해서 이론적 방법으로 접근하였고, 또한 소형 광대역 특성을 얻기 위해 새로운 방사체구조인 대칭형 이중 링 구조를 제안하였다.

최적화된 파라미터로 제작한 안테나는 동일 주파수에서 동작할 수 있는 평판 다이폴 안테나의 크기에 비해 67% 이상의 감소 효과를 나타내었다. 또한 제안된 안테나의 접지면을 또 다른 새로운 구조로 연구를 진행한다면 현재 안테나의 크기에 비해 보다 더 감소시킬 수 있는 장점을 가지고 있다. 측정 결과는 $VSWR < 2$ (≤ -10 dB)을 기준 52%의 넓은 대역폭과 -2.38 ~ -2.56 dB의 이득 및 전방향성 방사 특성을 얻었다.

추후 차세대 통신 시스템을 위한 낮은 대역에서의 보다 더 넓은 광대역 특성을 얻기 위하여 접지면의 구조에 대하여 좀 더 충분한 연구를 수행한다면 상용화를 위한 소형, 광대역의 우수한 특성을 갖는 안테나를 손쉽게 구현할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] K.Fujimoto, A.Henderson, K.Hirasawa and J.R.James, Small Antenna, Chapter 1, RSP LTD, 1987.

[2] M.Shinji, "Small or Low Profile Antennas and Radio Communication Systems Poisson's," *IEICE*, vol. J71-B, no. 11, pp. 1198-1205, 1998.

[3] S.Tokumaru, "Electrically Small Antennas," *IEICE*, vol. J71-B, no. 11, pp. 1206-1212, 1998.

[4] R.Garg, P.Bhartia, I.Bahl and A.Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, pp. 2, 533-539, 2001.

[5] C.A.Balanis, *Antenna Theory, Analysis and Design* Willy, pp. 184, 197-204, 514, 2005.

[6] W.L.Stutzman, G.A.Thiele, *Antenna Theory and Design*, Willy, pp. 169-170, 173, 1998.

[7] H.Shimasaki, M.Teshima, S.Mizoguchi and T.Amano, "A Study on Modified Planar Dipole Antenna with Broadband Raidation Patterns," *IEEE. AP-S International Symposium*, pp. 1655-1658, 2006.

저자소개

주영림(Young-Rim Ju)



2008년 8월 인하대학교
전자공학과(공학사)
2009년 3월 ~ 현재 인하대학교
전자공학과 석사과정

※ 관심분야: 안테나설계, 해석

김우수(Woo-Su Kim)



1996년 2월 인하대학교
전자공학과(공학사)
1998년 2월 인하대학교
전자공학과(공학석사)

2001년 ~ 현재 한국산업기술평가관리원 선임연구원
2006년 3월 ~ 현재 인하대학교 전자공학과 박사과정
※ 관심분야: 전자장이론, 안테나설계



오순수(Soon-Soo Oh)

1998년 2월 인하대학교
전자공학과(공학사)
2000년 2월 인하대학교
전자공학과(공학석사)

2003년 8월 고려대학교 전파공학과(공학박사)
2003년 9월~2005년 4월 University of Manitoba,
Post-Doc. Fellow
2005년 5월~현재 한국전자통신연구원(ETRI)
전파기술연구부 선임연구원
※ 관심분야: 안테나 설계, 해석 및 측정



박효달(Hyo-Dal Park)

1978년 2월 인하대학교
전자공학과(공학사)
1984년: (불)국립항공우주대
전자공학과(공학석사)

1987년: (불)국립항공우주대 전자공학과(공학박사)
1992년~현재 인하대학교 전자공학과 정교수
※ 관심분야: 항공통신 시스템 설계, 초고주파 공학,
전자장이론, 안테나공학