

1.8GHz 대역용 CPWG 안테나 연구

박용욱*

¹남서울대학교 전자공학과

Study on the CPWG Antenna of 1.8GHz

Yong Wook Park¹*

¹Electronic Engineering, Namseoul University

요약 본 논문에서는 코플레인드 그라운드 도파관(CPWG)에 의해 급전되는 패치 안테나의 설계 방법 및 안테나 특성을 연구하였다. 안테나의 패치 길이, 폭, 위치를 조절하여 안테나와 CPWG 급전선이 임피던스 정합 되도록 하였다. 또한 안테나의 특성을 향상시키기 위해 CPWG 안테나의 설계 변수인 패치 길이, 패치 넓이, 패치 위치 및 그라운드 포지션에 따른 안테나 특성 변화를 HFSS 프로그램을 사용하여 안테나의 주파수 특성을 시뮬레이션 하였다. 이 결과를 바탕으로 1.8GHz LTE 대역에서 사용 가능한 CPWG 안테나를 설계하고, 설계된 안테나를 유전율 4.4, 두께 0.8mm인 FR4-epoxy 기판을 사용하여 포토리소그래피 방법으로 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나는 최종적으로 회로망 분석기(Network Analyzer)를 통해 안테나 특성을 분석하였다. 측정된 안테나의 주파수 특성은 시뮬레이션 결과와 잘 일치하여 본 연구의 타당성을 확인 할 수 있었다. 제작된 CPWG 안테나는 중심주파수 1.80 GHz, 입력반사손실 -32.1 dB, 대역폭 22 MHz, 임피던스 50.2Ω의 결과 값을 보였다. 본 연구에서 제안된 안테나는 LTE 대역에 응용이 가능할 것으로 기대된다.

Abstract In this study, the properties of a patch antenna fed by a coplanar waveguide with ground (CPWG) and design method were studied. The antenna was impedance-matched to the CPWG feedline by adjusting the width, length, and position of the patch. To improve the frequency properties of the CPWG type antenna, patch length, patch width, patch position, and ground distance were simulated using HFSS (High Frequency Structure Simulator) simulation program. A CPWG antenna of 1.8 GHz for LTE band was designed and fabricated by photolithography on an FR4 substrate (dielectric constant of 4.4 and thickness of 0.8 mm). The fabricated antenna was analyzed using a network analyzer. The measured results agree well with the simulations, which confirmed the validity of this study. The fabricated CPWG antenna showed a center frequency, minimum return loss and -10dB bandwidth of 1.8GHz, -32.1dB, 22MHz and 50.2Ω respectively. The proposed antenna is expected to be applicable to the LTE band.

Keywords : Antenna, CPWG(Coplanar Waveguide with Ground), FR-4, HFSS, 1.8GHz

1. 서론

최근 개인휴대형 이동통신기술의 급속한 발전과 보급으로 인해 단말기의 소형화, 경박화에 대한 연구와 함께 그에 부합하는 안테나에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 소형 안테나 구조에서 대표적인 급전방법은 마이크로스트립과 CPW에 의한 급전 방법이 있다. 고주파

대역에서 마이크로스트립 급전에 비해 CPW 급전은 손실이 적고, 단일 면에 회로를 구성하므로 공정이 단순하고, RF소자 및 능동회로와 접합이 용이한 점 등의 다수의 장점을 갖고 있어 초고주파 대역 안테나로 많이 사용되고 있다[1-4].

현재 대용량 트래픽을 유발하는 모바일 기기의 보급이 급속도로 확산되고 있다. 비약적으로 늘어난 모바일

본 논문은 2015년도 남서울대학교 학술연구비 지원으로 연구되었음.

*Corresponding Author : Yong Wook Park(Namseoul Univ.)

Tel: +82-41-580-2117 email: pyw@nsu.ac.kr

Received November 6, 2015

Accepted February 4, 2016

Revised (1st December 2, 2015, 2nd December 7, 2015, 3rd December 22, 2015)

Published February 29, 2016

트래픽의 급격한 증가를 수용하기 위해 LTE 통신망이 급속히 보급되기 시작하였고 LTE 통신 사업자 중 40% 이상이 사용하고 있는 주파수대역은 1.8 GHz 이다. 따라서 본 논문에서는 LTE통신을 위한 1.8 GHz 대역의 고주파 대역에서 효율이 좋고 복사 손실이 적은 CPWG(Coplanar Waveguide with Ground)형태의 안테나를 연구하기 위해 패치의 길이, 폭 및 패치 사이의 간격의 파라미터를 시뮬레이션 한 후, 고 지향성을 추구할 수 있는 CPWG 안테나를 설계 및 제작하여 안테나의 특성을 비교, 분석하였다.

2. 이론

CPW(Coplanar Waveguide) 급전 방식은 마이크로 스트립 급전 방식에 비해 분산이 적게 발생하며 광대역 전파 특성이 있고 접지면과 동일한 면상에 급전 구조가 구현되었기 때문에 급전 손실이 줄어든다. 또한 뒷면의 접지면을 이용하게 되면 기존 마이크로 스트립 안테나 구조와는 다르게 via hole를 사용하지 않고도 수동소자나 능동소자의 직·병렬 부착에 용이하며 회로를 소형화할 수 있다. 이는 공정상의 이점 뿐 아니라 밀리미터파 영역에서 via 등에 의한 기생효과가 줄어드는 장점을 갖게 되어 수 GHz에서 수십 GHz 이상의 회로에 구조에 주로 이용된다[5-8].

CPWG는 CPW의 변종된 Type의 안테나로 특성은 CPW와 유사하며 유전율 기판을 금속판과 함께 고정하거나 EM 커플링을 차단 할 때 좋으며 뒷면전체를 그라운드로 하여 그라운드 전위가 안정화 된다. 또한 특성 임피던스 감소로 유전율을 증가 시켜 급전선의 폭과 그라운드 간격 등에 영향을 받는 CPW에 비해 안정성이 매우 뛰어나다.

이와 같은 특성을 갖는 CPWG의 특성 임피던스 공식은 다음과 같다.

$$Z_o = \frac{60\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \frac{1.0}{\frac{K(k)}{K(k')} + \frac{K(kl)}{K(k'')}} \\ \epsilon_e = 1 + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{K(k')K(k_1)}{K(k)K(k'_1)} \\ k_1 = \frac{\sinh(\pi a/2h)}{\sinh(\pi b/2h)}$$

$$\frac{K(k')}{K(k)} = \begin{cases} \left[\frac{1}{\pi} \ln \left(2 \frac{1+\sqrt{k'}}{1-\sqrt{k'}} \right) \right]^{-1} & \text{for } 0 \leq k \leq 0.7 \\ \frac{1}{\pi} \ln \left(2 \frac{1+\sqrt{k}}{1-\sqrt{k}} \right) & \text{for } 0.7 \leq k \leq 1 \end{cases}$$

$$K'(k) = K'(k'), k' = \sqrt{1-k^2}$$

$$k = \frac{a}{b}, a = \frac{S}{2}, b = \frac{S}{2} + W$$

위에 특성 임피던스 식에 의해 선로와 그라운드의 사이의 폭을 구할 수 있다. 하지만 CPWG의 특성상 임피던스 매칭에 크게 영향을 받지 않으므로 본 논문에서는 설계에 용이하게 0.3 mm로 설정하여 연구를 진행하였다.

3. 안테나 설계 및 실험

3.1 안테나 설계 목표

본 논문에서는 LTE 통신에 응용 될 수 있는 CPWG type의 안테나를 설계하기 위하여 표 1에서 제시된 LTE 통신 규격에 맞는 CPWG 안테나를 설계하였다. LTE 통신 규격은 중심주파수는 1.8 GHz, 입력반사손실은 -25 dB 이하, -10 dB 이하 대역폭은 LTE 통신 규격 기준인 20 MHz정도의 안테나 특성을 요구하지만 본 연구에서 설계하는 CPWG는 광대역 주파수 특성을 가지는 특성을 고려하여 -10 dB 이하 대역폭은 30 MHz로 설정하였다.

Table 1. Design spec of CPWG antenna

Parameter	Value
Center frequency	1.8 GHz
Input Return Loss	< -25 dB
-10 dB bandwidth	30 MHz
VSWR	1.5
Impedance	50Ω

정재파비(VSWR)는 입사파에 대한 반사파가 어느 정도인지 나타내는 수치로 반사량이 많을수록 정재파비는 커진다. 이런 이유로써 균일성을 측정할 수 있으며 반사량이 적을수록 임피던스 매칭이 잘 이루어졌다고 할 수 있다. 하지만 1은 이상적인 값이므로 달성하기 불가능하기 때문에 1에 가까울수록 좋다. 본 연구에서는 안테나로서의 역할을 할 수 있도록 1.5로 설정하였다. 마지막으로 임피던스는 상용화 되고 있는 기기와의 정합을 이

루기 위해서 50Ω 으로 설정하였다. 따라서 표 1과 같은 전파 특성을 갖는 CPWG 안테나를 설계하여 유전율 4.4, 기판 두께 1.6mm이고 메탈두께 $17\mu\text{m}$ (0.5oz. Copper)의 특성을 갖는 FR4 epoxy 기판을 사용하여 설계된 안테나를 제작하였다.

3.2 안테나 실험 방법

안테나 설계는 이론을 바탕으로 각 설계 목표 값을 달성하기 위해 그림 1과 같이 실험을 진행하였다. 실험은 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 활용하여 안테나를 설계 및 구조 분석을 수행하였다. 설계된 안테나는 비유전율 4.4, 기판 두께 1.6mm의 특성을 갖는 FR4 epoxy 기판을 사용하여 Negative PR을 이용한 포토리소그래피 방법으로 안테나를 제작하였다. 최종적으로 제작된 안테나의 주파수 특성을 회로망 분석기(Network Analyzer)를 통해 평가 및 분석하였다.

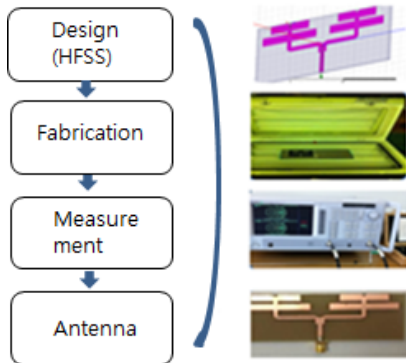


Fig. 1. Flow chart of antenna fabrication

3.3 CPWG(Coplanar Waveguide with Ground)

안테나 설계

시뮬레이션 결과값을 통해 실제 제작한 결과값이 설계 목표 값을 달성하였을 경우에는 가정과 일치하므로 연구를 마치게 된다. 만약, 달성하지 못했을 경우에는 앞에 열거한 순서를 반복하여 목표한 수치를 이끌어 내었다. 그림 2는 설계된 CPWG 안테나의 모양으로, 구조를 살펴보면 기존의 마이크로스트립 급전방식과는 달리 접지면과 동일한 면상에 급전 구조가 구현되어 있다. 또한 안테나의 특성에 영향을 미치는 파라미터는 패치의 폭과 길이, 패치 사이의 간격인 GD, Lq 등의 입력 파라미터가 고려되었다.

안테나의 주파수 특성을 영향을 미치는 패치의 폭(W1, W2)과 길이(L1, L2)의 주파수 특성을 분석하였고, 입력반사손실에 큰 영향을 미칠 것으로 생각되는 파라미터인 패치 사이의 간격 GD, Lq에 반사손실 특성 분석을 HFSS 프로그램을 이용하여 안테나의 주파수 특성에 영향을 미치는 안테나 특성을 연구하였다.

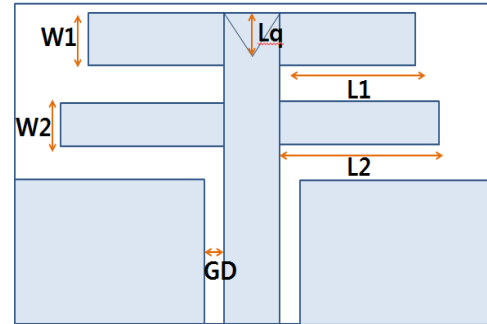


Fig. 2. Structure of designed CPWG antenna and parameters

단일 안테나 파라미터 특성 실험 및 추출된 6가지 파라미터의 특성을 HFSS 프로그램을 이용하여 특성 분석을 수행한 후 표 2와 같은 최적의 안테나 파라미터 값을 결정하였다[5]. 각각의 파라미터 분석에서 최고의 특성을 갖는 설계값이 존재하지만 표 1의 설계 목표 값에 가장 근접한 안테나 특성을 갖는 안테나를 설계하기 위해 표 2와 같은 설계값을 선택하였다. 또한 설계 파라미터를 결정하기 위해서 기존에 알려진 마이크로 스트립 안테나 및 CPWG 안테나 이론의 수식들을 참조하였다.

Table 2. Optimized parameters of CPWG antenna

GD (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	Lq (mm)	W1 (mm)	W2 (mm)
0.3	10.5	19.5	2.5	6	7

4. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 LTE 통신에 사용 될 수 있는 중심주파수는 1.8 GHz, 입력반사손실은 -25 dB 이하, -10 dB 이하 대역폭은 LTE 통신 규격 기준인 30 MHz정도의 특성을 갖는 그림 2와 같은 CPWG 형태의 안테나를 설계

하기 위해 안테나에 큰 영향을 미치는 파라미터를 결정하여 특성 분석을 실시하였다. HFSS 프로그램을 활용하여, 각각의 파라미터가 미치는 영향을 분석하기 위해 각 파라미터의 크기를 mm 단위로 변화시키며 안테나의 주파수 특성을 확인 분석 하였다.

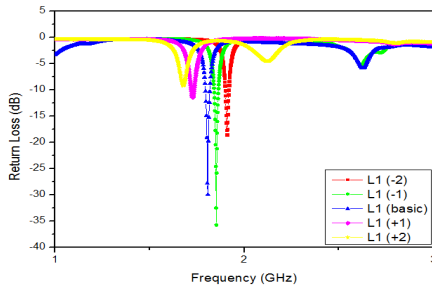


Fig. 3. Simulation result of L1 length

패치 변화에 따른 특성을 분석하기 위해 패치의 길이(L1)를 10.5 mm 기준으로 하여 패치 길이를 변화시켜 주파수 특성을 분석하였다. 그림 3은 패치의 길이(L1) 변화에 대한 주파수 특성으로 L1의 길이가 증가 할수록 그림 3과 같이 중심주파수가 일정하게 감소하는 경향을 보였다. 이는 L1의 길이와 중심주파수의 관계가 반비례한다는 것을 보여 주고 있다. 그림 4는 패치의 길이(L2)를 19.5 mm 기준으로 1 mm 단위로 변화에 따른 주파수 특성으로 L2의 길이가 증가할수록 L1의 특성과 같이 중심주파수가 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 결과에서 패치인 L1과 L2는 길이와 중심주파수의 관계가 서로 반비례한다는 것을 확인 할 수 있었다.

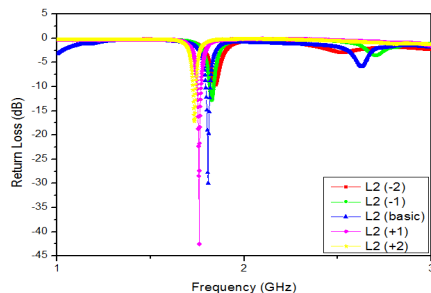


Fig. 4. Simulation result of L2 length

그림 5는 설계 파라미터 중 패치의 폭(W1, W2)을 변화시키며 안테나의 특성을 확인한 실험결과이다. 패치의

폭(W1, W2)을 6 mm 및 7 mm 기준으로 패치의 폭을 1 mm 단위로 증가 시킬 때마다 그림 4와 같이 중심주파수가 일정하게 감소하는 경향을 보였다. 이는 패치의 폭인 W1, W2의 길이와 중심주파수의 관계가 반비례한다는 것을 보여 준다.

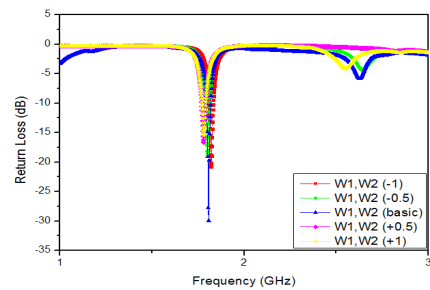


Fig. 5. Simulation result of W1, W2 widths

그림 6은 파라미터 Lq의 변화에 대한 주파수 변화 특성 결과이다. Lq의 크기를 2.5 mm 기준으로 Lq의 크기를 증가 시킬 때마다 그림 6과 같이 입력반사손실이 증가하는 경향을 보였다. 이는 Lq가 입력 반사손실에 영향을 미치는 파라미터 인 것을 확인 할 수 있고 또한 Lq의 크기와 입력반사손실의 관계가 비례하다는 것을 보여준다.

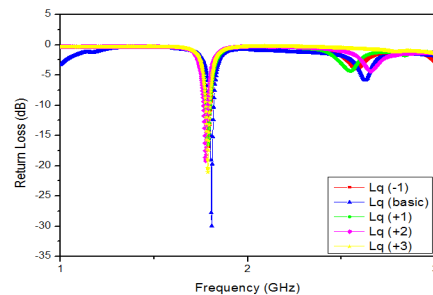


Fig. 6. Simulation result of Lq heights

선로와 그라운드 사이의 간격(Gd)를 0.3 mm 기준으로 간격 변화에 따른 특성을 분석하였다. 그림 7은 Gd의 변화에 대한 결과이다. 그림 7과 같이 Gd가 증가하면 입력반사손실이 증가하는 경향을 보였고 +0.4 mm 이상이 넘어가는 길이에서는 2.7GHz 대역에서 주파수 성분이 나타났다. 이는 특정 길이에서는 Gd가 입력반사손실에 큰 영향을 미친다는 것을 보여 주고 있다.

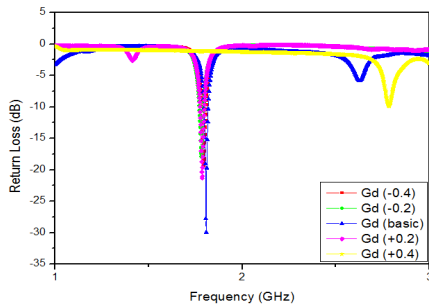
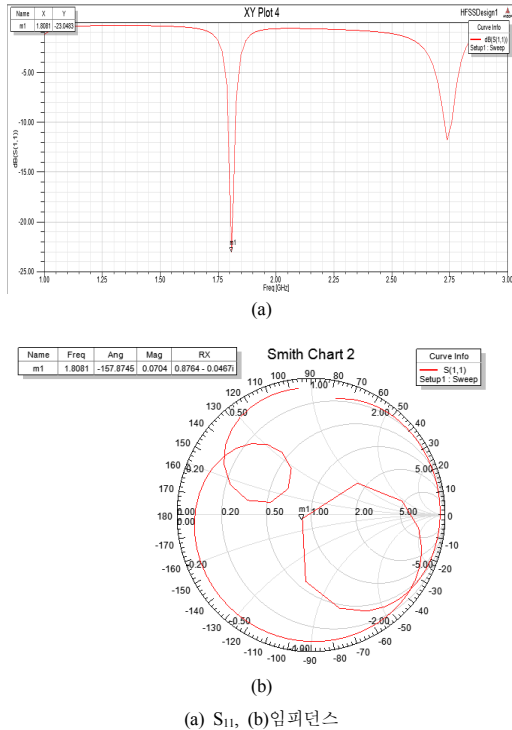


Fig. 7. Simulation result of Gd distance

이와 같은 패치의 길이(L_1 , L_2), 패치의 폭(W_1 , W_2) 및 G_d , L_q 등의 설계함수들이 안테나의 주파수 특성에 미치는 특성을 확인하여 최적의 설계 변수를 확정한 후 설계된 CPWG 안테나의 HFSS 시뮬레이션 결과는 그림 8과 같다. 시뮬레이션에 대한 결과값은 중심주파수 1.80 GHz 를 기준으로 입력반사손실 -23.04 dB, 대역폭 33 MHz, 임피던스 43.82Ω의 결과값을 보여 주었다.

Fig. 8. Simulation result of CPWG antenna
(a) S_{11} , (b) Impedance

설계 목표와 비교하여 볼 때 중심주파수는 일치 하였지만 반사손실과 임피던스에서 약간의 차이를 보였다. 또한 2.7GHz 대역에서의 성분을 보이지만 이는 안테나의 주기적인 특성에 의한 것이라 파악된다. 이와 같은 결과는 우리가 목표로 한 설계목표와 비교하였을 때 거의 일치하는 결과를 가지는 것을 확인할 수 있다. 따라서 우리가 설계한 표 2와 같은 특성을 갖는 마이크로 스트립 안테나를 포토리소그래피법으로 안테나를 제작하여 회로망 분석기로 안테나 특성을 분석하였다.

시뮬레이션 결과와 설계목표를 토대로 CPWG 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나는 그림 9에 나타나있다.

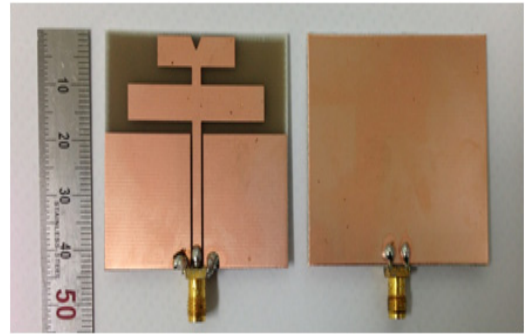
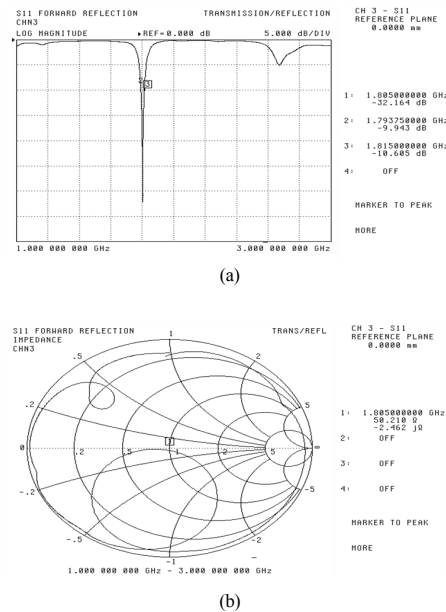


Fig. 9. Photos of fabricated CPWG antenna

Fig. 10. Measuring result of fabricated CPWG antenna
(a) S_{11} , (b) impedance

제작한 안테나를 회로망 분석기로 측정한 결과값은 그림 10과 같다. 측정결과, 중심주파수 1.8 GHz를 기준으로 입력반사손실 -32.1 dB, 대역폭 22 MHz, 임피던스 50.2Ω의 결과값을 보였다. 중심주파수와 반사손실, 임피던스 등은 모두 설계목표에 만족하는 결과값을 보였지만 대역폭은 설계치와 상당한 오차를 보여 좀 더 개선이 필요한 것을 확인 할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 LTE 통신을 위한 1.8GHz 대역의 CPWG 방식의 안테나를 연구하였다. 각 선로방식의 안테나를 주파수와 반사손실에 관한 파라미터 특성 실험을 하였고 이를 통해 최적화된 설계값을 얻을 수 있었다. 실제 제작된 CPWG 안테나는 중심주파수 1.80 GHz, 입력 반사손실 -32.1 dB, 대역폭 22MHz, 임피던스 50.2Ω의 결과값을 보였고 각 파라미터 값을 조절하여 주파수 이동이 용이함을 확인 할 수 있었다.

References

- [1] J-I. Kim and J. Yeo, "CPW-fed Compact Slot Antenna Matched by T-shaped Stub," JKAIS, vol. 13, no. 13, pp. 3140-3145, 2012.
- [2] J-H. Lim, M-S. Lee and D-Y. Yang, "Disk Sector Antenna fed by CPW for UWB Communications," JKAIS, vol. 10, no. 2, pp. 303-312, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/kais.2009.10.2.303>
- [3] Y. Kim, "Pattern-Switchable Microstrip Patch Antenna with Loop Structure," JKAIS, vol. 13, no. 11, pp. 5447-5451, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/kais.2012.13.11.5447>
- [4] H. D. Chen, "Broadband CPW-fed square slot antennas with a widened stub," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 51, no. 8, pp. 1982-1986, Aug. 2003.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2003.814747>
- [5] Y. W. Park, "Study on the Single Feed Antenna for 2.64 GHz," JKAIS, vol. 14, no. 2, pp. 811-815, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/kais.2013.14.2.811>
- [6] C. L. Tang and K. L. Wong, "Single-feed slotted equilateral-triangular microstrip antenna for circular polarization," IEEE Trans. Antennas propagat., vol. 47, pp. 1174-1177, 1999.
- [7] A. A. Gheethan and D. E. Anagnostou, "Broadband and dual-band coplanar folded slot antennas (CFSAs)," IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 53, no. 1, pp. 80-89, Feb. 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MAP.2011.5773572>

- [8] O. Kim, "Design of Dual-band Microstrip Antenna for Wireless Communication Applications," J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 7, no. 6, pp. 1275-1279, 2012.

박 용 욱(Yong Wook Park)

[정회원]



- 1991년 8월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
- 1999년 2월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업 (공학박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

RF 디바이스, 안테나, 센서