

변형된 항아리형 초 광대역 패치안테나의 설계에 관한 연구

김선호* · 이영철**

A Study on Ultra-Wideband Patch Antenna with Modified Barrel Shape

Sun-Hyo Kim* · Young-Chul Rhee**

요약

본 논문에서는 변형된 항아리형 패치안테나를 사용하여 초 광대역 안테나를 구현하였다. 설계한 패치안테나의 물리적 길이와 홈(노치)를 광대역 특성 조건으로 최적화시켰으며, 10 mm × 21.8 mm 크기로 설계된 변형된 항아리형 패치안테나를 제작하였다. 설계된 최적화 패치안테나의 표면 전류분포를 분석하고 초 광대역 특성 조건을 만족함을 확인하였다. 실험 결과 제작된 초 광대역 패치안테나의 입력반사손실은 -10 dB 이하로 전압정재파비 역시 2 이하의 특성을 나타내었으며, 3.1~10.6 GHz 대역에서 약 1~3 dBi 이득범위를 나타내었다. 이와 같은 실험결과는 초 광대역 통신시스템에 활용이 가능할 것으로 판단된다.

ABSTRACT

This paper implemented an ultra-wideband(UWB) antenna by using a modified barrel-shaped patch antenna. The designed UWB patch antenna was optimized to match UWB technical specifications by considering the sizes of barrel circle and oval(notch) which is distance between the patch and contact surface and designed antenna was implemented by 10 mm(R1) × 21.8mm size. Optimal values on the basis of simulated reflective loss results, the surface current distribution of designed patch antenna was analyzed in order to check operation mode of antenna and wideband mechanism. Experimental results of implemented UWB antenna, Return loss of UWB antenna the voltage standing wave ratio was 2 or less in the 1.775-13.075 GHz band, VSWR in 2 or less. And the maximum gain of approx. 1-3 dBi was found in 3.1-10.6 GHz. This result satisfied the characteristics of ultra-wideband and the proposed antenna will be applicable to an ultra-wideband system.

키워드

UWB, Patch Antenna Radiation pattern, Return loss, Current distribution

초 광대역, 패치 안테나, 방사 패턴, 반사 손실, 전류밀도 분포

1. 서론

초 광대역(ultra-wideband) 무선통신 기술은 3.1~10.6 GHz의 주파수 대역에서 100 Mbps 이상의 속도로 초고속 통신을 실현하는 근거리 무선 통신 기술로

서 매우 낮은 전력과 초고속, 고성능의 무선 네트워크를 구축하여 신뢰성 있는 통신이 가능하도록 표준화된 무선통신 기술이다[1]. 이러한 초 광대역 시스템은 넓은 7.5 GHz의 주파수 대역폭을 사용하므로 원활한 송수신을 위해서는 광대역 특성을 지닌 안테나의 사

* 한국폴리텍대학교 창원캠퍼스 스마트전기전자과 · Received : Feb. 13, 2016, Revised : Mar. 13, 2016, Accepted : Mar. 24, 2016
* 교신저자 : 경남대학교 정보통신공학과 · Corresponding author : Young-Chul Rhee
· 접수일 : 2016. 02. 13 Dept. of Information and Communication Technology, Kyungnam University,
· 수정완료일 : 2016. 03. 13 Email : micropt@kyungnam.ac.kr
· 게재확정일 : 2016. 03. 24

용이 필수적으로 요구된다[2]. 초 광대역 시스템의 문제점으로는 소 출력으로 근거리 무선통신이므로 다른 무선 통신과 간섭이 크게 발생하지 않으나, IEEE 802.x 에 따르는 다양한 기존 무선통신방식과의 간섭이 발생할 수 있는 가능성이 있다는 점이다. 따라서 기존 무선서비스를 활용하고 있는 특정한 주파수 대역과 서로 전과간섭이 발생되지 않도록 대역을 여러 대역으로 구분하여 필요한 대역 내에서 기존 서비스 대역을 저지시키는 등 초 광대역 안테나에 대한 설계가 필요하다[3-4].

초 광대역 안테나 설계 방법 중 대부분의 형태는 기존에 이용되는 패치 안테나의 형태에서 다양한 모양의 패치형태를 적용[5-6]하여 초 광대역 특성을 나타내도록 최적화 시키는 방안이 요구되고 있으며 다양한 형태의 패치안테나의 물리적 크기에 따른 주파수 동작 특성에 따라 안테나 특성의 물리적 이해 방안이 요구되고 있다.

초 광대역 마이크로스트립 패치 안테나 설계에 있어서 그림 1과 같이 마이크로스트립 선로에 의해 급전되며 초 광대역 패치 안테나는 초 광대역의 대역폭에서 정상적으로 동작하고 안테나의 크기를 소형화하기 위해서 패치형태에 대하여 다양한 물리적 크기가 최적화 설계 되어야 한다[7-9]. 최근에는 초 광대역 특성을 구하기 위하여 대칭된 패치 안테나의 노치들이 방사 패치의 아랫단 모서리에 배치하고, 노치 구조를 절단된 접지면에 삽입함으로써 다양한 특성을 얻을 수 있음이 보고되었다[10-11].

본 논문에서 원형과 타원형의 패치를 결합한 항아리형의 변형된 패치 안테나를 설계하고 초 광대역 시스템에서 요구하는 설계조건을 만족시키기 위하여 변형된 패치의 물리적 크기를 최적화시켜 제반 조건을 만족함을 확인하고 설계된 변형 패치안테나에 대한 주파수 대역별 전류분포밀도에 대한 시뮬레이션[12]으로 최적화에 대한 이론적 설계과정을 분석하며 마이크로 스트립 초 광대역 변형된 안테나를 제작하고 대역별 특성조건을 분석하고자 한다.

II. 초 광대역 패치 안테나의 요구조건과 변형된 패치안테나 형태

초 광대역 안테나 설계과정에서 고려해야 할 기본적인 요건들은 다음과 같다. 동작주파수의 초 광대역 특성(3.1~10.6 GHz)을 가져야 하고, 전압정재파비 2 이하, 안테나 입력단에서 반사손실은 -10 dB이하가 되어야 한다.

또한 안테나의 성능은 무지향성 방사패턴을 유지해야 한다. 초 광대역 안테나는 E-평면과 H-평면 범폭의 제어가 가능하면서 편평한 주 빔을 가지며 낮은 측엽이 요구된다. 또한 초 광대역 안테나의 크기는 가능한 초소형이어야 한다. 초 광대역 안테나 설계 시 고려사항은 표 1과 같다[13].

표 1. 초 광대역 안테나 기술적 목표

Table 1. Technical specification of UWB anyenna

Item	needs goals
Band	3.1~10.6GHz
Input return loss	More than -10 dB
Antenna gain	More than 3 dBi
Antenna gain variation	Less than 3 dBi
The group delay variation	Less than 1 ns
Antenna pattern	Omnidirectional pattern
Antenna efficiency	More than 90 %

마이크로 스트립 패치안테나를 초 광대역 안테나로 적용하기 위하여 그림 1과 같은 기본적인 패치의 형태[14]에서 방사패턴과 임피던스의 접지면 영향을 줄이기 위해 접지면 하단에 노치(notch)를 추가로 부착시켜 마이크로스트립 패치안테나의 전체 특성을 개선시킬 수 있다[15].

본 논문에서는 그림 1의 기본 패치안테나의 원형패치를 두 개를 원형을 겹치고 윗면을 절단한 형태의 패치안테나로 그림 2와 같이 변형시켰다. 제안된 안테나는 그림 3과 와 같은 구조로 설계하였다. 제안된 안테나의 구조는 모노폴 구조를 바탕으로 원형 패치 및 타원형 패치를 적절한 간격으로 배치하여 결합한 형태로 설계하였으며, 접지면에 사각 노치를 삽입하여 초 광대역을 만족하도록 설계하였다. 그림 2는 제안된 안테나를 설계하는 과정을 나타내었다. 그림에서는 기본 마이크로스트립 급전 패치안테나를 원형과 타원형

을 적절한 간격으로 결합시킨 형태로 구성하였다. 그림 2(b)에서는 그림 2(a)에서 제시된 모델에서 원형 패치의 상위 영역을 제거하여 항아리 형의 새로운 초 광대역 안테나를 설계하였으며 그림 2(c)는 마이크로 스트립 선로 급전 항아리형을 바탕으로 접지면에 노치를 삽입한 형태로 초 광대역이 만족되도록 설계하였다. 슬릿의 구성은 최적화된 크기로 $2.0\text{ mm}(W_4) \times 3.0\text{ mm}(L_8)$ 로 설계하였다.

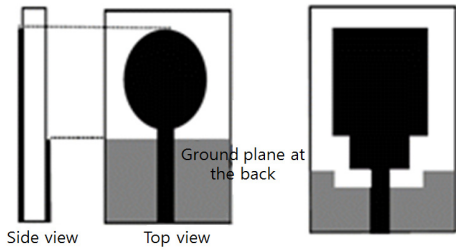


그림 1. 마이크로스트립 패치안테나 기본 형태
Fig. 1 Basic microstripline patch antenna

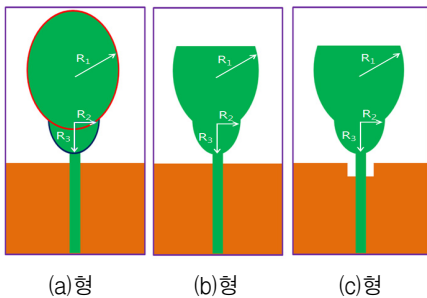


그림 2. 변형된 패치안테나의 설계과정
Fig. 2 Design of modified patch antenna

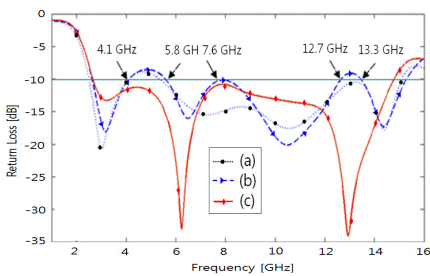


그림 3. 제안된 패치안테나의 반사손실
Fig. 3 Return loss of designed Patch UWB antenna

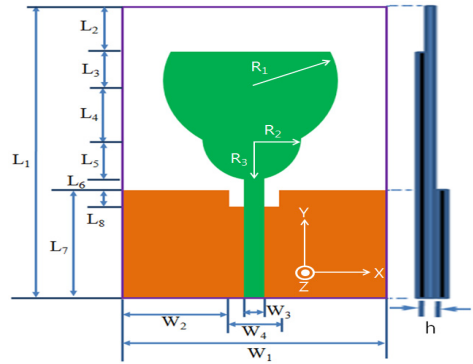


그림 4. 변형된 항아리형 패치안테나의 구조
Fig. 4 Structure of modified barrel shaped patch antenna

그림 3은 설계된 패치안테나에 대한 반사손실을 나타내었다. 그림 2(a)에서 원형과 타원형 패치 모양이 결합된 안테나 구조의 반사손실 결과 초 광대역 하위 밴드(3.1~5.15 GHz) 대역에서 -10 dB 를 기준 대역폭을 만족시키지 못하는 결과를 얻었으며, 그림 2(b)는 기본 항아리형 패치 형태로서 5 GHz 대역, 8 GHz 대역, 그리고 13 GHz 대역에서 -10 dB 를 기준 대역폭을 만족시키지 못하는 결과를 얻었다. 그러나 그림 2(c)모델은 반사손실이 전체 초 광대역 대역폭을 만족함을 알 수 있었다. 그림 2(c)를 기본으로 초 광대역 안테나의 성능을 최적화시키기 위하여 기하학적 구조에 따른 반사손실을 분석하였으며 그림 4는 설계된 변형된 패치 안테나에서 원형 패치 길이 R_1 변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다. 그림 5에서 R_1 의 길이가 9.0 mm 일 경우 10 GHz 후반 대역에서 반사손실 특성이 열화되는 것을 확인하였으며 11.0 mm일 때 10.0 mm 일 때 보다 반사손실이 열화되는 것을 확인하였다. 따라서 R_1 의 길이를 10.0 mm에서 만족스러운 반사손실 특성을 얻었다. 그림 6은 타원 패치의 길이 R_2 와 R_3 길이 변화에 따른 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 R_2 의 길이가 6.3 mm, R_3 의 길이가 9.0 mm 일 경우가 다른 경우에 비해 반사손실이 상대적으로 좋은 특성을 갖고 있음을 확인하였다. 그림 7은 원형 패치 중심과 타원형 패치 중심사이의 길이변화에 따른 반사손실 특성을 나타내었다. L_4 의 길이가 7.5 mm 일 때, 전 대역에 걸쳐 안정적인 반사손실 특성을 얻었

다. 그림 8은 접지면에 사각 노치(notch)가 존재하는 경우와 존재하지 않은 경우에 대한 시뮬레이션 반사손실 특성을 나타내었다.

사각 노치가 존재하는 경우에 6 GHz 대역과 13 GHz 대역에서 공진이 발생하여 전체적으로 -10 dB 이하의 반사손실 특성을 만족함을 확인하였다.

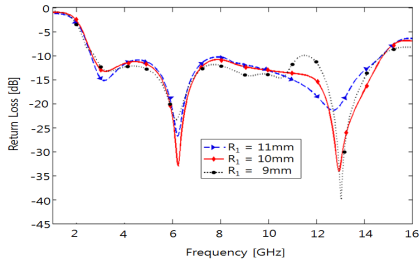


그림 5. 원형 패치 R1의 길이에 따른 반사손실
Fig. 5 Return loss with circular patch R1

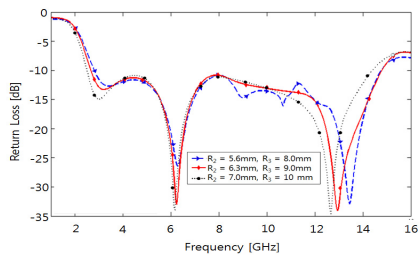


그림 6. R₂, R₃에 따른 반사손실 특성
Fig. 6 Return loss with circular patch R₂, R₃

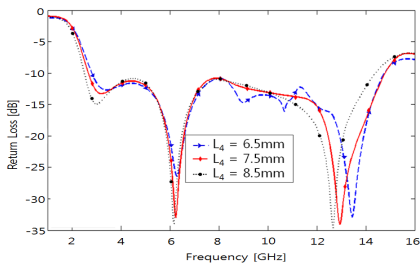


그림 7. 원형 패치 중심과 타원형 패치 중심사이의 길이변화에 따른 반사손실
Fig. 7 Return loss with length between circular and ellipse patch

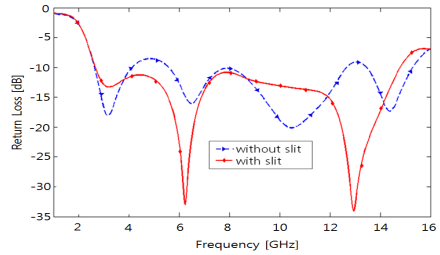
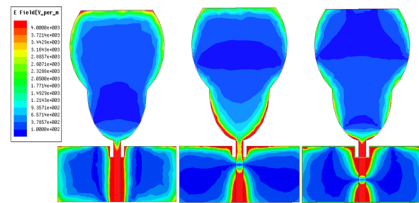


그림 8. 노치에 따른 반사손실의 변화
Fig. 8 Return loss with notch



(a)3.1 GHz (b)6.1 GHz (c)9.1 GHz
그림 9. 설계된 패치안테나의 전류밀도분포
Fig. 9 Current distribution of designed patch antenna

제안된 안테나의 전류밀도 분포는 그림 9와 같다. 그림 9(a)의 3.1 GHz 에서는 항아리 형의 상위 영역에서 전체적으로 강한 전류분포가 존재하는 것을 확인할 수 있었으며 그림 9(b)의 6.1 GHz에서는 하단 영역에서 강한 전류분포가 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 3.1 GHz 대역의 공진은 상대적으로 긴 파장이 필요하므로 항아리 형의 상위영역에서 강한 전류가 분포하며, 6.1 GHz 대역의 공진은 상대적으로 짧은 파장이 필요하므로 항아리 형의 하단영역에서 강한 전류가 분포하게 된다. 특히 그림 9(c)의 9.1 GHz에서의 급전 선로와 항아리 형 패치와 연결된 부분에서 가장 강한 전류분포가 존재하는 것을 확인할 수 있으며 가장 짧은 파장에 의한 공진이 발생하고 있음을 확인할 수 있다.

III. 변형된 패치안테나의 실험 및 분석

제안된 최적화 수치를 사용하여 제안된 안테나를 제작하고 측정하였다. 그림 10은 실제 최적화된 수치

로 제작된 안테나이다. 그림에서 모의실험 결과와 실제 측정된 반사손실관계를 나타내었다. 측정 결과 초 광대역인 3.1~10.6 GHz를 만족하며, 표 1에서 언급한 입력반사손실이 -10 dB 이하로 나타내었으며 차단하면 전압정재파비가 2 이하로 만족하였다.

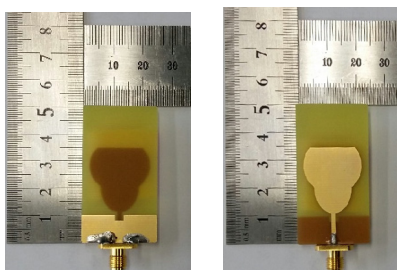


그림 10. 설계된 UWB 안테나
Fig. 10 Designed UWB antenna

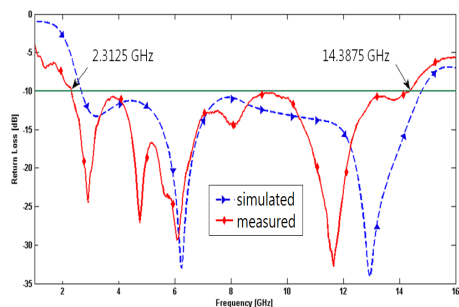
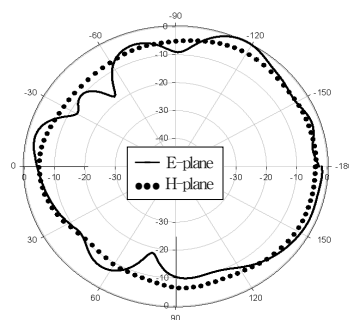
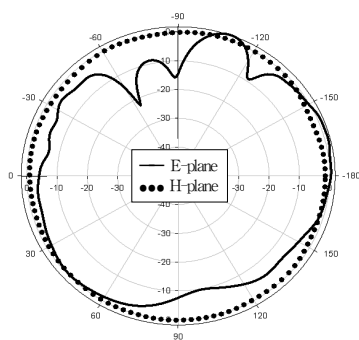


그림 11. 설계된 UWB 안테나의 반사손실
Fig. 11 Return loss of designed patch antenna

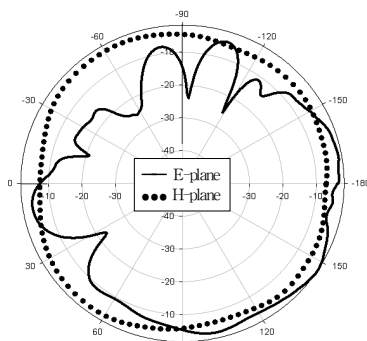
그림 11은 설계된 안테나의 측정된 방사패턴을 측정하기 위한 측정시스템을 나타내었으며 그림 12(a)는 3.1 GHz 주파수, 그림 12(b)는 6.1 GHz. 그림 12(c)는 9.1 GHz에서의 방사패턴을 나타내고 있으며 그림 13은 안테나의 이득을 나타내었다. 초 광대역에서 균일한 이득은 얻을 수 없지만 주파수대역 3.1~10.6 GHz에서 1~3 dBi까지 비교적 초 광대역 특성을 가지는 안테나가 제작되었음을 알 수 있었다.



(a) Radiation patterns at 3.1GHz
(a) 3.1GHz에서의 방사패턴



(b) Radiation patterns at 6.1GHz
(b) 6.1GHz에서의 방사패턴



(c) Radiation patterns at 9.1GHz
(c) 9.1GHz에서의 방사패턴

그림 12. 설계된 UWB안테나 방사패턴
Fig. 12 UWB antenna radiation pattern designed

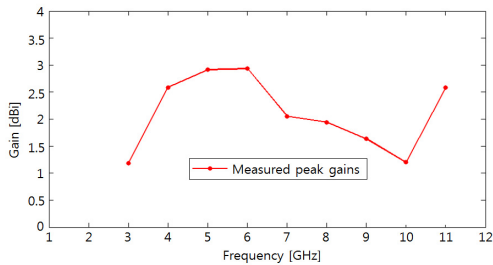


그림 13. 설계된 초 광대역 패치안테나 이득
Fig. 13 Designed Ultra-Wideband Patch Antenna gain

IV. 결론

본 논문에서는 변형된 항아리형 패치형 초 광대역 안테나를 설계 및 제작 하였다. 설계한 안테나는 10.0 mm × 23.5 mm의 크기로 설계되었으며 25.0 mm(W) × 39.5 mm(L) × 1.0 mm(t) FR-4 기판 위에 인쇄되었다. 제안된 안테나의 구조는 원형과 타원형의 일정한 간격으로 결합시키고, 상단 부분을 제거하였으며, 접지면에 노치를 형성함으로써 우수한 광대역에서 임피던스 정합에 의한 특성을 나타내었다. 상용 시뮬레이션 프로그램을 사용하여 원형과 타원형의 패치 크기, 패치와 접지면 사이의 간격, 접지면 슬롯 크기, 원형 상단 부분 패치의 커팅 길이와 표면 전류와 전자계 분포, 반사손실 등을 분석하였다.

최적화된 설계를 바탕으로 제작된 안테나를 측정할 결과 1.775~13.075 GHz 대역에서 표 1에서 제시하는 기술적 조건을 만족하는 결과를 얻었으며, 전압정재파비 측정 결과 원하는 초 광대역에서 2이하의 특성을 만족하고 있음을 확인하였다. 또한 방사패턴은 전체적으로 H-면, E-면 모두 전방향성 특성을 나타내었으며, 1~3 dBi의 이득범위를 나타내었다. 이와 같은 실험결과는 초 광대역 통신시스템에서 요구하는 기술적 제안에 합당한 조건을 나타내고 있으므로 본 논문에서 제안한 안테나는 초 광대역용으로 활용이 가능할 것으로 판단된다. 향후 초 광대역 범위 내에서의 타무선통신 대역과의 혼선 방지를 위한 대역저지 기능을 포함한 초 광대역 패치 안테나에 대한 연구가 필요하다.

References

- [1] FCC, "First order and report, revision of part 15 of the commission's rules regarding UWB transmission systems," *Fed Commun. Comm.*, FCC 02-48, Apr. 2002.
- [2] V. Daniel, S. Ignacio, and P. David, *Ultrawide band Antennas : Design and Applications*. London, Imperial College Press, 2010.
- [3] Z. Nhen, "Development of Ultra-wideband antennas," *J. of Electromagnetic Engineering and Science*, vol. 13 no. 2, June 2012, pp. 63-72.
- [4] H. Shantz, *The art and science of Ultrawide band antennas*. Norwood, Artech House. 2015.
- [5] P. Gao, L. Xiong, J. Dai, S. He, and Y. Zheng, "Compact printed wide slot UWB antenna with 3.5/5.5 GHz dual band notched characteristics," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 12, 2013, pp. 983-986.
- [6] E. Lim, Z. Wang, C. Lei, Y. Wang, and K. Man, "Ultra Wideband Antennas Past and Present," *IAENG Int. J. of Computer Science*, vol. 37, no. 3, Aug. 2010, pp. 304-314.
- [7] A. Subbarao and S. Raghavan, "Printed planar uwb antenna with rejection of WLAN and WiMAX bands," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 55, no. 4, Apr. 2013, pp. 740-744.
- [8] X. Liu, Y. Yin, and P. Liu, "A compact cpw-fed UWB antenna with independent dual band-notched characteristics," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 55, no. 5, May 2013, pp. 1126-1130.
- [9] K. Chung, H. Park, and J. Choi, "Wideband Microstrip-fed monopole antenna with a narrow slit," *IEEE Microwave and Optical Techn. Letters*, vol. 47, no. 4, 2005, pp. 400-402.
- [10] J. Lee, J. Yoo, J. Kim, J. Park, and J. Kim, "A novel UWB antenna Using PI-Shaped Matching Stub for UWB Applications," *IEEE Int. Conf. on Ultral-wideband (ICUIWB2008)*, vol. 1, Sept. 2008, pp. 109-112.
- [11] Z. Nhen, T. See, and X. Qing, "Small printed ultrawideband antenna with reduced ground plane effect," *IEEE Trans. Antennas and Propagation*, vol. 55, no. 2, Feb. 2007, pp. 383-388.
- [12] S. Singhal, T. Goel, and A. Singh, "Inner tapered tree -shaped fractal antenna for UWB application,"

- Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 57, no. 3, Mar. 2015, pp. 559-567.
- [13] H. Wiu, C. Ku, T. Sang, and C. Fang, "Compact monopole antenna with band-notched characteristic for UWB applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 9, 2010, pp. 397-400.
- [14] T. Ni, Y. Jiao, W. Mei, L. Zhou, and F. S. Zhang, "A compact printed CPW-fed UWB antenna with dual band-notched characteristics," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 9, Sept. 2012, pp. 2194-2199.
- [15] H. Zhai, J. Ou, T. Li, G. Li, L. Li, and C. Liang, "A compact ultrawideband with two band-notches," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 55, no. 3, Mar. 2013, pp. 583-586.
- [16] D. Scai, Z. Lei, Y. Ding, and D. Zhao, "A compact coplanar waveguide-fed monopole antenna with dual band-notched functions for ultra-wideband applications," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 54, no. 3, Mar. 2012, pp. 677-681.

저자 소개



김선호(Seon-Hyo Kim)

1995년~현재 : 한국폴리텍대학
창원캠퍼스 스마트전기전자과
교수

※ 관심분야: 초고주파 통신



이영철(Young-Chul Rhee)

1981년~현재 : 경남대학교 정보
통신공학과 교수

※ 관심분야: 마이크로파 능동회로 응용, 무선통신
시스템

