

O-slot UWB 마이크로스트립 패치안테나 연구

오호권^{1*} · 최석임² · 유형진³

Study on O-slot UWB Microstrip patch antenna

Ho-Kweon Oh^{1*} · Suk-Im Choi² · Hyung-Gin You³

^{1*}Department of Electronic Engineering, Kangwon University, Chuncheon 200-701, Korea

²Department of Electronic & Communication Engineering, Kangwon University, Chuncheon 200-701, Korea

³Department of Electronic Engineering, Kongju University, Kongju 314-701, Korea

요 약

본 논문에서는 O형 슬롯을 가진 계단 구조의 UWB 마이크로스트립 패치안테나를 제안하고 안테나의 특성을 분석하였다. 안테나의 특성 개선을 위하여 방사소자인 패치면의 크기, O형 슬롯의 반지름 변화, 급전선의 폭과, 사각 슬롯의 폭을 CST 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 최적화 하였다. 제안된 안테나는 2.8GHz ~ 11.4GHz 주파수 대역에서 최소 반사손실은 약 -32.39dB 그리고 -10dB 대역폭은 8.6GHz의 대역폭을 특성을 나타냈다.

ABSTRACT

In this paper, We proposed a UWB microstrip patch antenna with an O-shaped slot of the step structure and analyzed the characteristics of the antenna. In order to improve of frequency properties, size of the patch radiating element, radius change of the O-shaped slot, width of the feed line and a rectangular slot were optimized by CST simulation program. The proposed antenna showed that the 2.8GHz ~ 11.4GHz frequency, the minimum return loss and -10dB bandwidth were -32.39dB and 8.6GHz, respectively.

키워드 : 울트라와이드밴드, 패치, 마이크로스트립, 슬롯, 안테나

Key word : UWB, Patch, Microstrip, Slot, Antenna

접수일자 : 2014. 07. 17 심사완료일자 : 2014. 08. 13 게재확정일자 : 2014. 08. 28

* **Corresponding Author** Ho-Kweon Oh(E-mail: oh33@kopo.ac.kr, Tel:+82-2-2001-4079)

Department of Electronic Engineering, Kangwon University, Chuncheon 200-701, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.9.2066>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

무선통신에서 주파수 자원의 효율적인 사용을 위해 기존의 시스템과 상호 간섭 없이 주파수를 공유할 수 있는 무선기술에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히, UWB 기술은 기존의 무선 시스템과 비교하여 매우 넓은 대역폭에 걸쳐 상대적으로 매우 낮은 스펙트럼 전력 밀도가 분포함으로써 허가 없이 사용이 가능한 무선 기술로 저 비용으로 낮은 소비전력의 근거리 범용 무선기술로 광범위하게 이용되고 있다[1].

2002년 미 연방통신위원회(FCC)는 UWB 시스템을 중심 주파수의 20% 이상의 부분 대역폭 혹은 500 MHz 이상의 대역폭을 갖는 시스템으로 정의하고 있다[2]. 대역폭의 상한 주파수와 하한 주파수도 -10 dB 지점으로 제한하고 있으며, 보안성이 우수하여 근거리 고속데이터 통신을 할 수 있다. UWB 시스템에 있어서 안테나는 매우 중요한 요소로 소형, 평면구조, 저비용, 신뢰성이 요구되고 있다[3]. UWB에 사용되는 안테나는 사각형, 원형, 타원형, EBG(Electromagnetic Band-Gap)[4], 멀티레이어[5], 슬롯형[6, 7], 다이아몬드형[8], U-T형[9], 이나 CPW(Coplanar waveguide)[10] 피드 형태 등 다양한 안테나가 연구되고 있다[11].

이러한 시스템에서 사용될 안테나는 UWB 시스템에서 요구하는 대역폭과 균 지연 특성 등의 성능을 만족시키기 위해 가볍고 저가의 안테나 제작에 대한 연구가 진행되고 있다. 따라서 본 논문에서는 3.1GHz ~ 10.6GHz 이상의 주파수의 대역폭에서 -10dB 이하의 입력 반사손실을 만족 하도록 O-slot구조의 마이크로스트립 패치 안테나를 CST(Computer Simulation Technology) 소프트웨어를 이용하여 설계하고 최적화 하였다. 이와 같이 최적화된 안테나는 높은 이득과, 넓은 대역폭, 우수한 방사특성을 갖는 안테나를 설계 하였다.

II. 안테나의 구조 및 설계

본 논문에서 안테나 설계는 두 개의 파트로 구분하여 설계 하였다. 첫 번째는 그림 1과 같이 UWB 대역을 만족하는 마이크로스트립 안테나로서 대역폭은 3.1GHz ~ 10.6GHz에서 -10dB를 만족하는 스텝구조 형태의 사

각형 마이크로 스트립 패치 안테나를 설계하였다. 두 번째로는 패치 면에 그림 2와 같이 O형의 슬롯을 만들어 접지면의 크기를 고정하고 특성변화에 영향을 미치는 주요 파라미터인 패치면의 폭, 슬롯의 폭과 반지름, 급전선 홈의 길이를 변화에 따른 안테나의 특성변화를 관찰하여 최적화 하였다. 정재파비는 안테나의 최소 요구치인 VSWR 2이하 특성을 만족하여야 한다. 패치에 전원을 공급하기 위하여 마지막 스텝의 하단부에 마이크로스트립 라인을 연결하는 직접 급전방식으로 설계하였다. 기판은 유전율 4.4인 FR-4 재질의 1.6mm 두께로 설계하였다.

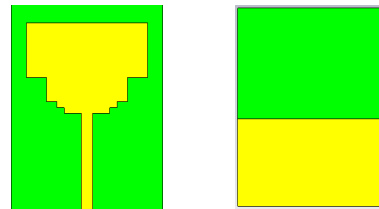


그림 1. 스텝 형 마이크로스트립 패치 안테나
Fig. 1 Step typed Microstrip patch antenna

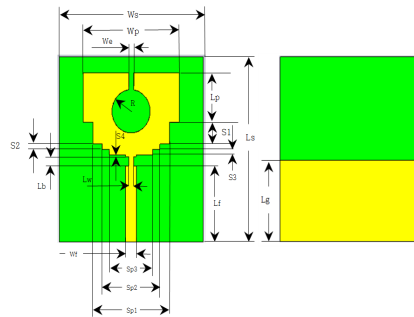


그림 2. 제안된 마이크로스트립 패치 안테나
Fig. 2 Proposed Microstrip patch antenna

표 1. 안테나의 파라미터
Table. 1 The parameter of the antenna

파라미터		구분	크기[mm]
패치면	폭	Wp	20
	길이	Lp	9
스텝1	폭	Sp1	16
	길이	S1	4

스텝2	폭	Sp2	12
	길이	S2	1
스텝3	폭	Sp3	9
	길이	S3	1
스텝4	폭	Wf	2.2
	길이	S4	0.3
피드라인 홈	폭	Lw	1
	길이	Lb	0.7
사각슬롯	폭	We	1
원형슬롯	반지름	R	4
피드라인	폭	Wf	2.2
	길이	Lf	14
접지면	폭	Ws	30
	길이	Lg	15
기관 FR-4	폭	Ws	30
	길이	Ls	34
	두께	h	1.6
	유전율	ϵ_r	4.4

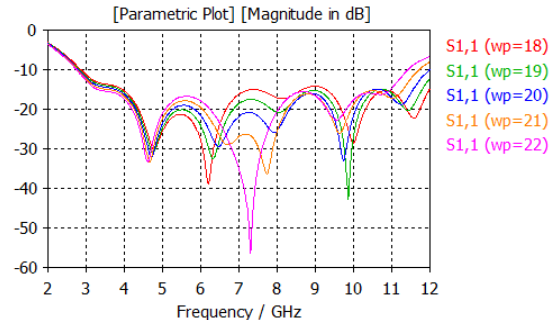


그림 3. 패치면 폭 Wp 변화에 따른 특성변화
Fig. 3 Variation of characteristics of the patch width Wp

3.2. 사각 슬롯의 폭(We)과 안테나 특성

사각 슬롯의 폭 We를 각각 1mm ~ 5mm까지 1mm 단위로 변화 시킬 때 그림과 같이 1mm에서 최대 -32.24dB, 5mm에서는 -29.56dB로 약2.68dB 정도의 차이가 발생하였으며 슬롯의 폭 크기는 안테나의 특성 변화에 큰 영향이 없었다. 그러나 최적의 폭을 선택하기 위해 폭의 크기를 1mm로 선택하였다. 그림 4에서는 We 폭 변화에 따른 입력 반사손실과 주파수 특성변화를 나타낸다.

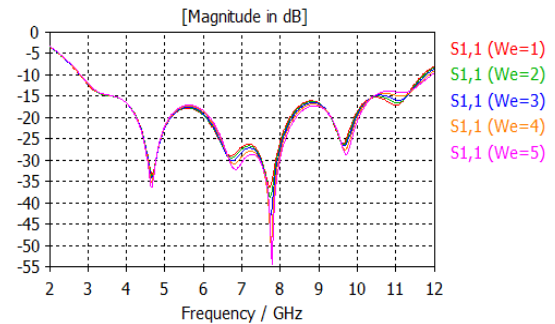


그림 4. 사각 슬롯 폭 We 변화와 입력반사손실
Fig. 4 Return loss, Variation of the rectangle slot, We

3.3. O형 슬롯의 반지름 (R)과 안테나 특성

O형 슬롯의 반지름 R을 3mm ~ 7mm로 변화시켜 특성변화를 살펴보았다. 반지름이 5mm일 경우 입력 반사손실은 4.52GHz에서 -54dB, 6.25GHz에서 -30dB, 8.20GHz에서는 -32.30dB로 우수한 특성을 나타내고 있으나 6.26GHz에서는 -15.11dB로 반지름이 4mm일 때 보다 3.17dB 정도의 차이를 나타냈다. 따라

III. 안테나 시뮬레이션

본 연구에서는 스텝 형 사각구조에 O형의 슬롯이 삽입된 마이크로스트립 패치 안테나로 UWB 주파수 대역의 안테나를 시뮬레이션하고 그 특성을 비교 분석하였다. 패치면의 폭(Wp)과 사각 슬롯의 폭(We)과 원형 슬롯의 반지름(R), 피드라인 홈의 길이(Lb)에 대한 안테나의 특성을 연구하였다.

3.1. 패치면의 폭(Wp)과 안테나 특성

Table 1과 같이 패치면의 폭을 제외한 파라미터 값을 고정하고 패치면의 폭 Wp를 18~22mm로 변화시켜서 시뮬레이션 한 결과 입력 반사손실이 -17dB이하 이면서 가장 넓은 UWB 주파수 대역폭을 만족하는 21mm를 선택하였다.

폭이 가장 작은 18mm에서는 7.33GHz에서 입력 반사손실이 약 -12dB로 나타났으며 폭이 넓은 22mm 경우는 11.15GHz대역에서 반사손실이 -10dB로 나타났다. 그림 3에서 Wp크기 변화에 따른 입력 반사손실과 대역폭을 나타낸다.

서 특정 주파수에서의 입력 반사손실이 좋은 특성보다는 UWB모든 대역에서 특성이 우수한 R=4mm를 선택하였다. 그림 5는 반지름 크기 변화에 따른 특성을 나타낸다.

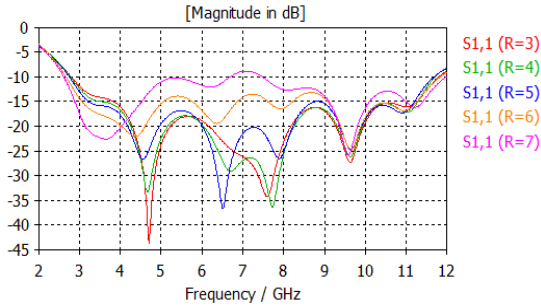


그림 5. O형 슬롯의 반지름 R의 크기와 특성변화
Fig. 5 Return loss, Variation of the O-type slot, R

3.4. 피드라인 홈의 길이(Lb)와 안테나 특성

피드라인 홈의 길이 Lb를 0.7mm ~ 4.7mm로 변화시킬 때 입력 반사손실과 주파수 대역폭 변화를 나타냈다. 길이가 0.7mm일 때 입력 반사손실은 4.68GHz에서 약 -33.32dB, 7.73GHz에서 -36.54dB로 매우 양호한 특성을 나타내고 있다. 그러나 Lb의 길이가 점점 길어져 3.7mm가 되었을 경우에는 약 9GHz 대역에서 -9dB 정도로 입력 반사손실 특성이 급격히 나빠지는 것을 알 수 있다. 따라서 UWB의 모든 주파수에서 특성이 가장 우수한 홈의 길이를 1.7mm로 선택하였다. 그림6에서는 Lb의 길이 변화에 따른 입력반사 손실과 주파수 특성 변화를 나타낸다.

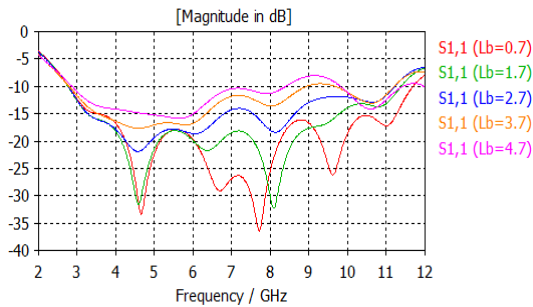


그림 6. 피드라인 홈의 길이 Lb 변화와 특성변화
Fig. 6 Return loss, Variation of the Feedline slot, Lb

IV. 결과

시뮬레이션 결과를 바탕으로 최종적인 안테나의 특성중 반사계수(S11) 결과는 그림 7의 (a)와 같다. -10dB 기준 동작 주파수는 2.80GHz ~11.76 GHz이며, 대역폭은 8.95GHz이다. 입력반사손실의 경우 중심주파수 4.65GHz, 7.73GHz, 9.64GHz 에서 각각 -33.32dB, -36.25dB, -26.11dB로 나타났다. 그림 7의 (b)에서는 VSWR=1을 중심으로 주파수에 따른 임피던스 궤적을 나타내고 있다.

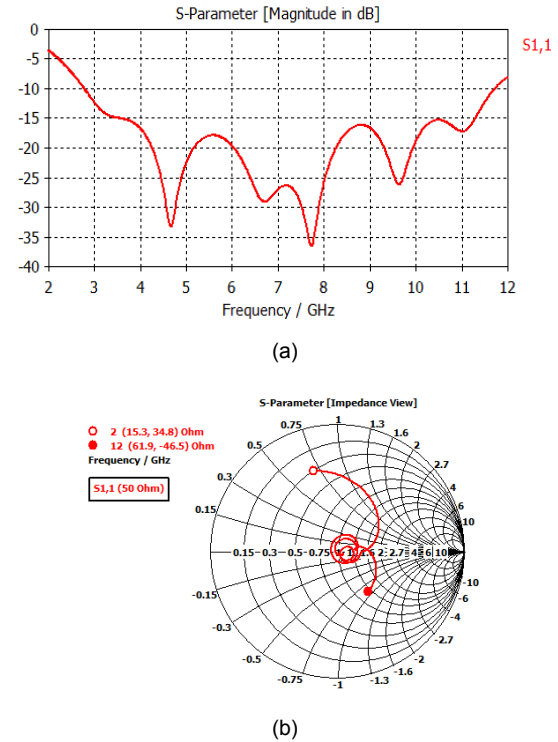


그림 7. 제안된 안테나의 시뮬레이션 결과 (a) S11 파라미터 (b) 스미스차트
Fig. 7 Result of the roposed antenna simulation (a) S11 Parameter (b) smith chart

그림 8에서는 VSWR(Voltage Wave standing Ratio) 시뮬레이션 결과로 2.80GHz ~11.76 GHz에서 VSWR < 2를 만족하며, 특히 3.1 GHz ~ 10.6GHz대역에서는 VSWR < 1.5로 매우 우수한 특성을 나타냈다.

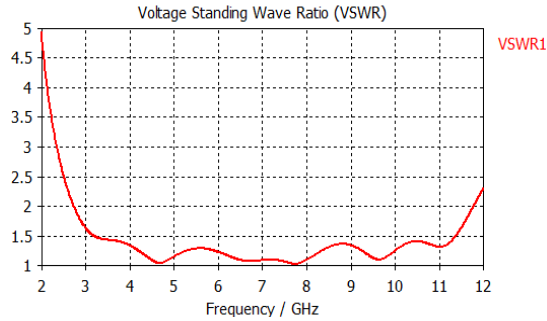
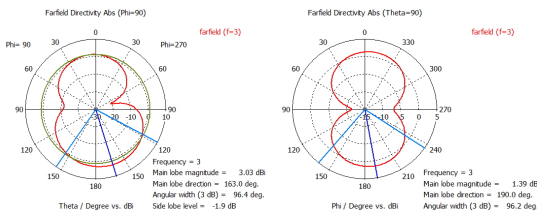
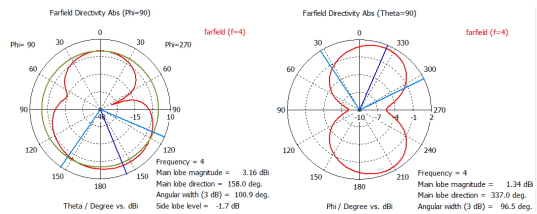


그림 8. 제안된 안테나의 VSWR
Fig. 8 VSWR of the proposed antenna

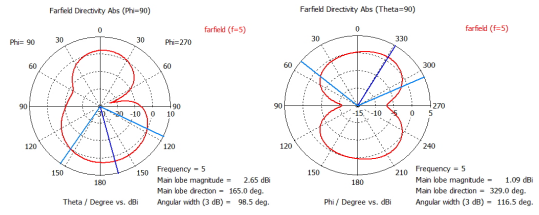
그림 9는 안테나의 E-면과 H-면에 대한 복사패턴의 시뮬레이션 결과로 3,4,5,6,7,8,9GHz에서 결과이다. E-면의 3dB 빔폭은 각각 96.4도, 100.9도, 98.5도, 63.9도, 80.9도, 81.2도, 82.2도를 나타냈다. 또한 H-면의 3dB 빔폭은 3,4,5,6,7,8,9GHz에서 각각 190도, 337도, 329도, 121도, 56.2도, 49.8도, 47.2도를 나타냈다. 또한 주엽의 크기와 지향성 등을 나타내고 있으며 안테나의 이득은 3GHz ~ 8GHz에서 각각 1.34dBi ~ 4.53dBi를 나타냈다. 그림 10에서는 3, 5, 7, 9GHz에서 3D 복사패턴으로 이득은 각각 3.03, 2.65, 3.11, 5.1dBi를 나타내고 있다.



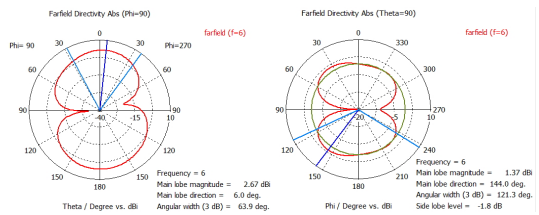
(a) E-plane(z-y plane), H-plane(x-y plane) 3GHz



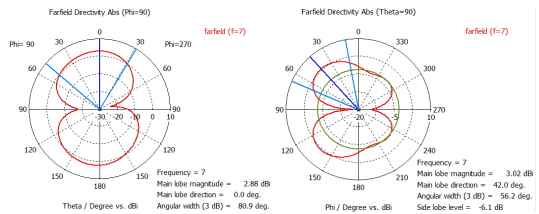
(b) E-plane(z-y plane), H-plane(x-y plane) 4GHz



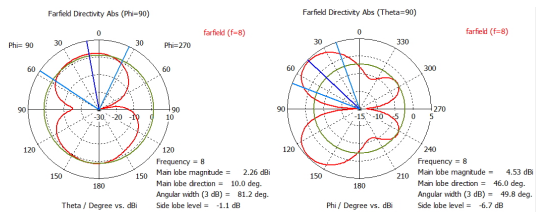
(c) E-plane(z-y plane), H-plane(x-y plane) 5GHz



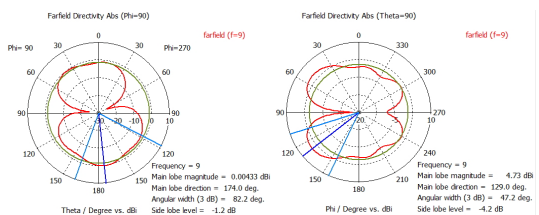
(d) E-plane(z-y plane), H-plane(x-y plane) 6GHz



(e) E-plane(z-y plane), H-plane(x-y plane) 7GHz



(f) E-plane(z-y plane), H-plane(x-y plane) 8GHz



(g) E-plane(z-y plane), H-plane(x-y plane) 9GHz

그림 9. 안테나의 방사패턴 (a) 3GHz (b) 4GHz (c) 5GHz (d) 6GHz (e) 7GHz (f) 8GHz (g) 9GHz
Fig. 9 Radiation of antenna (a) 3GHz (b) 4GHz (c) 5GHz (d) 6GHz (e) 7GHz (f) 8GHz (g) 9GHz

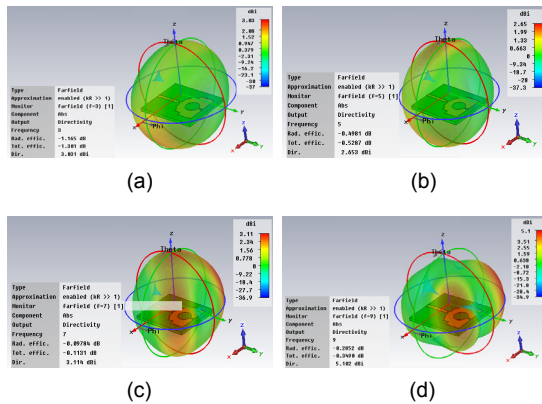


그림 10. 3D 제안된 안테나의 3D복사패턴 (a) 3GHz (b) 5GHz (c) 7GHz (d) 9GHz

Fig. 10 3D Radiation of the proposed antenna (a) 3GHz (b) 5GHz (c) 7GHz (d) 9GHz

V. 결론

본 논문에서는 UWB주파수 대역을 만족하는 2.8GHz ~ 11.4GHz에서 동작하는 마이크로스트립안테나를 설계 및 시뮬레이션하고 각각의 파라미터변화에 따른 특성변화를 연구하였다. 스텝구조를 갖는 기본형 안테나의 패치면 중심에 원형슬롯을 삽입하고 시뮬레이션으로 특성을 비교한 결과 패치면, O형 슬롯, 피드라인의 홈 길이 변화는 반사손실과 주파수 특성에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다.

O형 슬롯 구조는 반사손실 특성 개선에 영향을 주는 것으로 나타났으며, 제안된 안테나의 -10dB이하를 만족하는 반사손실을 갖는 주파수 대역은 약 8.4GHz이며, 3.2GHz ~ 9.8GHz 대역의 반사손실은 -15dB 이하의 특성을 나타내고 있다. 또한 WSWR은 3.1GHz ~ 10.6GHz 대역에서 약 1.5 ~ 1.1의 매우 우수한 특성을 나타냈다.

연구결과를 바탕으로 소형이면서 제작이 용이하고, 주파수에 상관없이 균일한 복사패턴을 구현할 수 있는 효율적이고 경제적인 안테나의 연구 개발이 필요하다.

REFERENCES

- [1] C.-C. Lin, Y.-C. Kan, L.-C. Kuo, and H. R. Chuang, "A planar Triangular monopole antenna for UWB communication", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Vol. 15, no. 10, pp. 624-626, 2005.
- [2] "FIRST REPORT AND ORDER : Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems", *Federal Communications Commission*, Washington, DC, FCC 02-48, 2002.
- [3] G. Brzezina, Q. Ye, L. Roy, "Development of a Practical Ultra-Wideband Antenna with Planar Circuit Integration Possibilities" *Antennas and Propagation Society International Symposium 2005*, pp. 504-507, July. 2005.
- [4] Son Trinh-Van, Chien Dao-Ngoc "Dual Band-Notched UWB Antenna based on Electromagnetic Band Gap Structures" *Rev Journal on Electronics and Communications*, Vol.1. 1, no 2, April-june. 2011.
- [5] Yashar Zehforoosh, Changiz Ghobadi, and Javad Nourinia "Antenna Design for Ultra Wideband Application Using a New Multilayer Structure" *PIERS ONLINE*, vol. 2, no 6, pp. 544-549, 2006.
- [6] Aruna Rani and A.K. Gautam "Improvement in Gain and Bandwidth of Rectangular and U Slot Loaded Patch" *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, vol. 8, pp 283 - 288, November. 2011.
- [7] Ritu, Krishan Sherdia "Microstrip Antenna Design for UWB Applications" *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering* Vol. 2, Issue 10, ISSN (Print) : 2319-5940. pp 3824-3828, October. 2013.
- [8] Ziani Kerarti Djalal, Meriah Sidi Mouhamed "New Diamond Antenna for Ultra Wideband Applications" *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 9, Issue 4, no 1, pp 387-390, July. 2012.
- [9] P. S. Ashtankar and C. G. Deth "U-T Shape Ultra Wide Band Antenna for IEEE802.15.3a Applications" *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology* Vol. 5, no. 3, PP 57-66, September. 2012.
- [10] M.R. Tripathy and Isha Chauhan "CPW-fed Hexagonal Shaped Slot Antenna for UWB Applications" *International Journal of Information and Computation Technology*. ISSN 0974-2239, Vol. 3, pp. 1135-1144, Number. 2013.
- [11] Eng Gee Lim, Zhao Wang, Chi-Un Lei, Yuanzhe Wang, K.L. Man "Ultra Wideband Antennas - Past and Present" *IAENG International Journal of Computer Science*, 37:3, IJCS_37_3_12. Advance online publication: August. 2010.



오호권(Ho-Kweon Oh)

원광대학교 전자공학과 교육학석사
강원대학교 전자공학과 박사수료
한국폴리텍대학 서울정수캠퍼스 정보통신과 부교수
※관심분야 : 무선통신, 안테나, PAN, BAN



최석임(Seok-Im Choi)

한양대학교 전자공학과 교육학 석사
강원대학교 전기전자공학과 박사수료
한국폴리텍대학 강릉캠퍼스 전자통신과 부교수
※관심분야 : 컴퓨터네트워크, 무선통신, 안테나



유형진(Hyung-Jin You)

서울과학기술대학교 전자공학과 공학사
원광대학교 전자공학과 교육학석사
공주대학교 전기전자제어과 박사수료
광명공업고등학교 스마트 전자과 교사
※관심분야 : OFDMA/MIMO, 무선통신, 컴퓨터 공학