

향상된 대역 저지 특성을 갖는 보우타이형 광대역 모노폴 안테나

A Wideband Bow-Tie Monopole Antenna with Improved Band Rejection Characteristics

문 수 덕 · 최 경 · 황 희 용

Soo-Deok Moon · Kyoung Choi · Hee-Yong Hwang

요 약

본 논문은 두 개의 대역 저지 반파장 슬롯을 방사체에 삽입하여, 향상된 대역 저지 특성을 갖는 보우타이형 광대역 모노폴 안테나를 제안하였다. 제안된 안테나는 전자기적으로 급전된 보우타이 형태의 방사 평면과 접지면 사이에 반원 모양의 기생 접지면을 추가한 구조이다. 향상된 대역 저지 특성을 얻기 위하여 두 수평 슬롯 간의 결합량을 조절하였다. 측정된 안테나는 4.96~5.51 GHz에서 저지 특성을 갖고, 2.7~6.9 GHz에서 정재파비 2.0 이하를 만족하는 광대역 특성을 나타내었다. 단일 슬롯 사용과 비교하면, 넓은 저지 대역폭과 향상된 스커트 특성을 나타내었다. 측정된 안테나의 방사 패턴은 이상적인 모노폴 안테나와 유사한 특성을 가지며, 저지 대역에서의 안테나 이득은 다른 동작 주파수에 비해 x-z 평면을 기준으로 5~10 dB 이상 감소되었다.

Abstract

This paper proposes a wideband monopole antenna with improved band rejection characteristics by inserting two band notch slots with half wavelength in radiator. The designed antenna is composed of bow-tie patch fed electromagnetically with parasitic ground patch of a semicircular shape. We obtained band rejection filter-like characteristics by controlling coupling amounts between two horizontal resonance slots. Using this technique, we achieved the broad rejection bandwidth and improved skirt characteristics compared with only one notch slot. The measured bandwidth is from 2.7 GHz to 6.9 GHz for VSWR below 2.0 except the limited band of 4.96 GHz~5.51 GHz. This antenna shows a similar radiation pattern of the ideal monopole and the radiation gain reduction is more than 5~10 dB on the x-z plane at rejection frequency.

Key words : Wideband Monopole, Two Half Wavelength Resonance Slots, Improved Band Rejection Characteristics, Coupling Factor

I. 서 론

다양한 무선 서비스의 발달로 하나의 휴대 단말기에 여러 서비스를 탑재하는 기술의 필요성이 점점 커져가고 있다. 이를 위해 단말기에 여러 서비스 대역을 동시에 수용하기 위해 서로 다른 대역의 여러

안테나를 동시에 탑재하기도 한다. 그러나 시스템에서 안테나가 차지하는 부피가 커질 뿐만 아니라 각각의 안테나를 정합하는 데도 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해서 다중대역 안테나, reconfigurable 안테나, 또는 광대역 안테나 등 여러 대역의 안테나가 복합화 된 단일 안테나를 이용할 수 있다. 일반적인

강원대학교 IT특성화학부대학(College of Information Technology, Kangwon National University)

· 논문 번호 : 20061002-120

· 수정완료일자 : 2006년 11월 15일

다중 대역 안테나의 경우 협대역 공진 소자를 이용하여, 민감한 임피던스 대역폭과 복잡한 구조로 인해 설계에 있어 어려운 점이 있다. 그러나 광대역 안테나를 이용할 경우 양호한 임피던스 정합, 안정된 방사패턴, 높은 효율 등에 이점을 갖고 있다^[1].

광대역 특성을 갖는 평면형 모노폴, 슬롯 안테나, 평면 타원형 안테나 등 다양한 광대역 안테나 및 UWB 안테나 기술들이 제안되고 있다^{[2]~[4]}. 이러한 안테나들은 사용 주파수 대역 내에서 IEEE 802.11a WLAN 대역 등 기존의 다른 서비스 신호들과 상호 간섭 문제가 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위해서 안테나 다음 단계에 UWB 대역 저지 필터^[5] 등 간섭 대역을 저지하는 여파기를 위치시킬 수 있지만, 전체 시스템의 크기가 커지는 단점이 있다. 따라서 안테나 자체에서 원하는 주파수 저지 기능을 갖게 하는 연구가 병행되고 있다^{[6]~[9]}. 현재 가장 활발히 연구되고 있는 방법은 방사체 내에 반파장 슬롯이나 개방된 1/4 파장 슬롯을 삽입하는 것인데, 이 방법을 이용하여 원하는 주파수를 저지할 수 있으며, 크기가 다른 슬롯을 삽입하여 여러 대역의 주파수를 저지할 수 있다. 그러나 저지 주파수 대역에 하나의 협대역 슬롯을 삽입하기 때문에 대역 저지 대역폭이 작아 여파기 역할을 하는데 부족한 점이 있다.

본 논문에서는 광대역 특성을 갖는 보우타이 패치를 이용하여 광대역 모노폴 안테나를 설계하였으며, 이 안테나에 주파수 저지 특성을 갖는 복수의 수평 슬롯을 삽입하여 각 슬롯 간의 커플링 특성을 조절하는 슬롯 연결 구조를 제안하였다. 이를 이용하여 향상된 대역 저지 특성을 갖는 광대역 안테나 특성을 살펴보았다.

II. 안테나 설계

제안한 광대역 안테나는 그림 1과 같이 평면형 모노폴 안테나로 보우타이 패치와 반원 모양의 접지면이 있는 앞면과 급전 선로가 위치한 뒷면으로 구성된다. 제작된 안테나는 80×80 mm²인 접지면 위에 22×22 mm²이며 두께가 0.64 mm인 평면형 모노폴이 수직으로 연결된 구조이다. 여기서 평면형 모노폴은 비유전율이 6.15이고, 유전체 손실(tangent loss)이 0.0028인 Taconic社의 기판을 사용하였다.

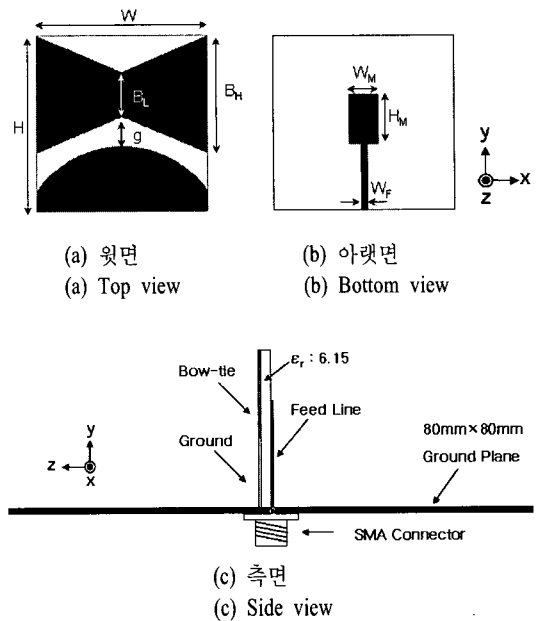


그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Geometry of the proposed antenna.

보우타이 안테나는 기본적으로 광대역 특성을 갖고 있으며, 중앙으로 급전된다. 평면형 보우타이 안테나에서 직접 결합 급전방식보다 마이크로스트립 선로를 이용한 간접 결합 급전 방식이 더 넓은 대역폭 특성을 나타낸다^[10]. 제안한 안테나는 방사체인 보우타이 패치에 중앙으로 간접 결합 급전이 되어 광대역 특성을 얻었으며 추가적인 광대역 공진을 위해 보우타이 패치와 모노폴의 접지면 사이에 반원 모양의 접지면을 삽입^[11]하였다.

안테나의 설계 변수에 따른 반사 손실의 변화를 그림 2에 나타내었다. 이 결과는 Ansoft社의 EM 시뮬레이터인 HFSS를 사용하였다. 보우타이 패치 가로 길이인 W 는 첫 공진 주파수의 반파장 크기가 되어 안테나의 하한 주파수를 결정하는 변수가 된다. 또한, 그림 2(a)에서 보우타이 패치와 원형 접지 패치의 간격 g 에 따른 변화는 간격이 넓어질수록 안테나의 전 동작 주파수에서 임피던스가 양호하게 정합되다가 6.5 mm 이상이 되면 다시 6 GHz 대역의 임피던스 정합이 잘 이루어지지 않는다. 그림 2(b)에서 급전 선로의 폭 W_M 이 두 번째 공진 주파수가 올라가지만, 임피던스 정합이 나빠지게 되어 3.4 mm 이상이 되면 안테나의 상한 주파수가 더 이상 올라가지 않는다.

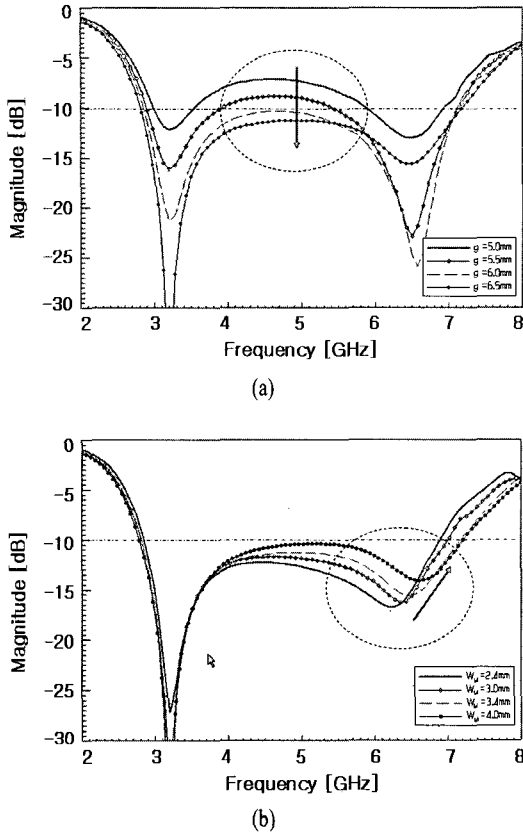


그림 2. (a) 패치와 접지면의 간격 g 와 (b) 급전선로 폭 W_M 에 따른 반사 손실
 Fig. 2. Return loss for different parameters of (a) g and (b) W_M .

본문에서는 안테나의 대역 저지 특성에 중점을 두어 광대역 안테나의 설계에 대해선 간단히 소개하였다. 제안된 안테나의 설계 변수는 저지대역 특성을 위해 최적화되었고, 표 1에 나타내었다.

III. 대역 저지 특성

앞서 언급했듯이, 광대역 안테나에서 주파수 간섭을 줄이기 위해 해당 주파수 대역의 방사를 저지시켜 주어야 한다. 이러한 방법에는 저지 대역을 제외

표 1. 제안된 안테나의 설계 변수
 Table 1. Design parameters of the proposed antenna.

Parameters	W	H	B_H	B_L	g	W_M	H_M	W_F	R
Values[mm]	22.0	22.0	13.0	4.0	4.5	3.4	6.5	0.8	15.0

한 주파수에서 공진하는 다른 여러 방사 소자를 결합하여 광대역 안테나를 설계하는 방법^[12]과 방사 소자에 단락된 반파장 U자 슬롯이나 수평 슬롯 또는 개방된 1/4 파장 슬롯을 삽입하여 대역 저지 특성을 얻을 수 있는 방법이 있다^{[6]~[8]}. 대역 저지 슬롯은 방사 저항 앞에 개방 스티브(open stub) 또는 단락 스티브(short stub)로 등가할 수 있다^[9]. 이 스티브들은 일정한 주파수에서 입력 임피던스가 영이나 무한대가 되기 때문에 대역 저지 특성이 일어난다^[13].

제안된 안테나에서 슬롯의 길이에 따라 대역 저지 주파수가 변화하게 되고, 삽입된 위치에 따라 반파장을 갖는 슬롯의 길이와 정재파비가 변화한다. 따라서 그림 3에 슬롯이 삽입된 위치에 따른 정재파비와 5.3 GHz의 반파장 슬롯의 길이 변화를 나타내었다. 동일한 대역 저지 주파수를 갖는 슬롯의 길이는 H_s 가 클수록 선형적으로 줄어든다. 또한 반원 모양의 접지면으로 인하여 보우타의 중앙으로 급전된 표면 전류가 접지면 방향으로 많이 분포하기 때문에 보우타의 가장자리로 갈수록 저지 대역의 VSWR은 커진다.

삽입된 슬롯을 그림 4와 같이 동일한 대역 저지 주파수를 갖는 대역 저지 공진기로 사용하여, 두 슬롯간의 상호결합을 이용하여 저지 대역폭을 넓히고, 향상된 스킨트 특성 갖는 대역 저지 여파기처럼 구현할 수 있을 것이다.

여파기 개념을 적용하여 앞서 설계한 광대역 안테나에 폭이 0.3 mm인 두 개의 수평 슬롯을 삽입한 대역 저지 안테나의 구조를 그림 5에 나타내었다. 두

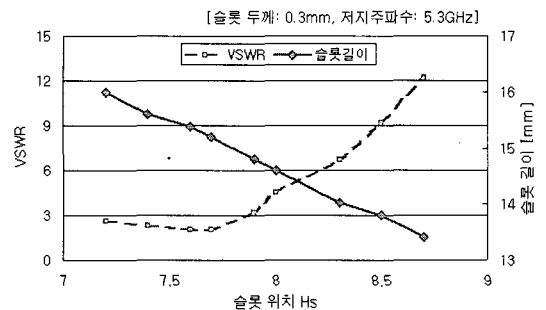


그림 3. 슬롯 위치에 따른 VSWR과 슬롯 길이
 Fig. 3. The variation of VSWR and slot length for slot positions.

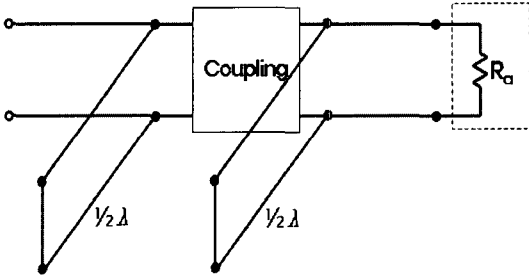


그림 4. 대역 저지 특성을 갖는 안테나의 등가 회로
Fig. 4. Equivalent-circuit of antenna with band rejection characteristic.

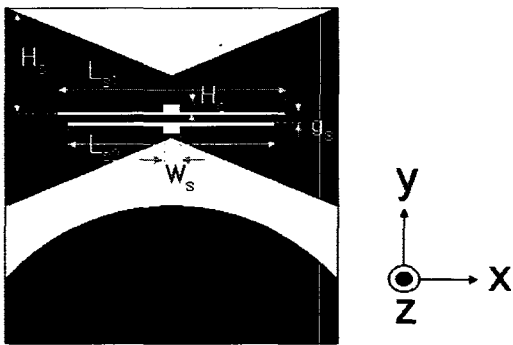


그림 5. 제안한 대역 저지 안테나의 구조
Fig. 5. Geometry of the proposed band rejection antenna.

슬롯 간의 간격 g_s 의 변화가 두 슬롯간의 결합량에 큰 영향을 줄 것이다. 따라서 두 슬롯 간의 결합량 변화를 보우타이 가장자리에 있는 슬롯 2를 고정 한 후 슬롯 1을 이동하며 시뮬레이션 한 결과를 확인하여 그림 6에 나타내었다. 그 결과 일반적인 마이크

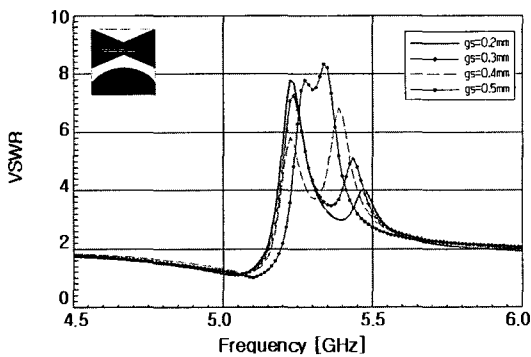


그림 6. 슬롯 간의 간격 변화에 따른 반사 손실
Fig. 6. Return loss for various gaps of notch slots.

로스트립 결합 선로와 같이 두 슬롯 간격이 좁아질수록 상호 결합량은 커진다. 또한, 삽입된 두 슬롯의 위치에 따라 정재파비의 크기가 달라지는데, 그림 6에서와 같이 g_s 가 0.4 mm일 때부터 두 정재파비 최고점의 차이가 적어진다.

또한 수평 슬롯 중간에 작은 슬롯을 삽입하여 저지 대역 특성을 변화시킬 수 있다. 삽입된 슬롯의 높이인 H_c 의 변화에 따른 정재파비를 그림 7에 나타내었다. 삽입된 슬롯의 높이가 증가할수록 결합량은 작아진다. 슬롯 간의 간격에 따라서는 중심 주파수가 변하지 않지만, 추가된 슬롯의 크기에 따라서는 중심 주파수가 이동하면서 결합량이 변한다.

추가되는 슬롯 없이 양호한 대역 저지 특성을 나타내지만, 결합량을 조절하는 두 설계 변수를 모두 안테나에 적용하기 위해 두 개의 슬롯의 설계 변수를 표 2와 같이 정하였다.

제작한 광대역 안테나와 대역 저지 안테나의 실물 사진은 그림 8에 각각 나타내었으며, 제작된 안테나는 강원대학교 정보통신연구소 안테나 무반향 실험실(antenna anechoic chamber)에서 Anritsu社의 37397C를 사용하여 측정하였다. 그림 9는 광대역 안테나와 각각 단일 슬롯과 두 개의 슬롯으로 구성된 대역 저지 안테나의 전압 정재파비 측정 결과를 보여준다. 제작된 대역 저지 안테나는 2.7 GHz에서 6.9 GHz까지 $VSWR \leq 2.0$ 을 유지하고, 주파수 4.96 GHz에서 5.51 GHz까지의 저지 대역폭을 갖는다. 또한 저지 대역을 제외한 다른 동작 주파수에서는 측정된 광대역 안테나와 특성이 크게 변하지 않는다.

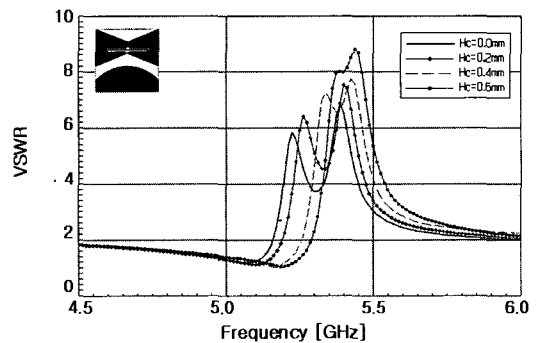


그림 7. 삽입된 슬롯의 높이에 따른 반사 손실
Fig. 7. Return loss for various heights of the inserted slots.

표 2. 제안된 대역 저지 슬롯의 설계 변수
Table 1. Design parameters of the proposed band rejection slots.

Parameters	L_{s1}	L_{s2}	H_s	W_s	H_c	g_s
Values[mm]	15.16	13.80	6.80	1.20	0.50	0.40

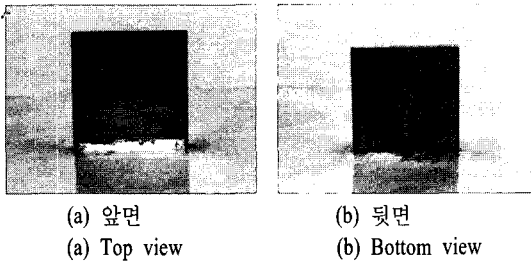


그림 8. 제작된 안테나
Fig. 8. Photograph of fabricated antenna.

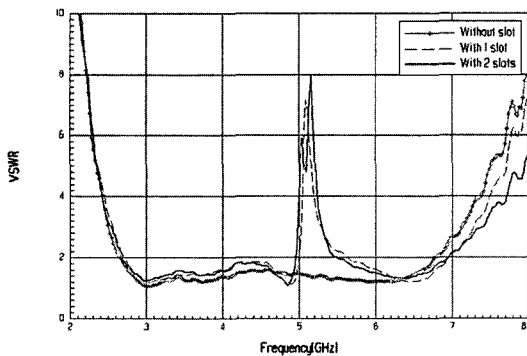


그림 9. 광대역 안테나와 대역 저지 안테나의 정재파비 측정 결과
Fig. 9. Measured result of VSWR for wideband antenna and band rejection antennas.

삽입된 두 개의 슬롯은 저지 대역폭 내에서 두 개의 대역 저지 공진을 형성하며 향상된 대역 저지 특성을 나타낸다. 측정된 대역 저지 안테나는 수평 슬롯 하나를 삽입했을 때 비해 넓은 저지 대역폭과 향상된 스커트 특성을 갖는다.

제작된 안테나의 복사 패턴을 저지 대역을 포함하여 각 주파수별로 그림 10에 나타내었다. 제작된 안테나는 동작 주파수에서 이상적인 모노폴 안테나의 방사 패턴과 유사한 복사 패턴을 나타내고 있다. 그림 10의 (b)에서 보듯이, 제작된 안테나는 저지 주파수에서 방사가 제대로 되지 않는다. 저지

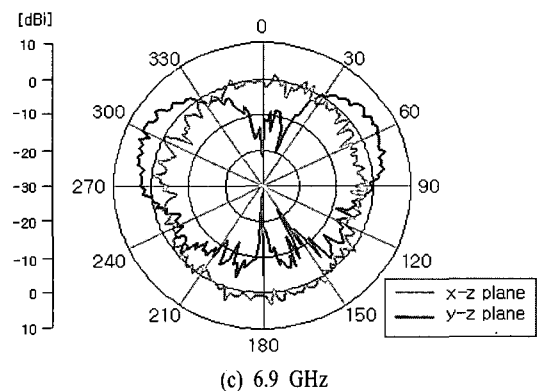
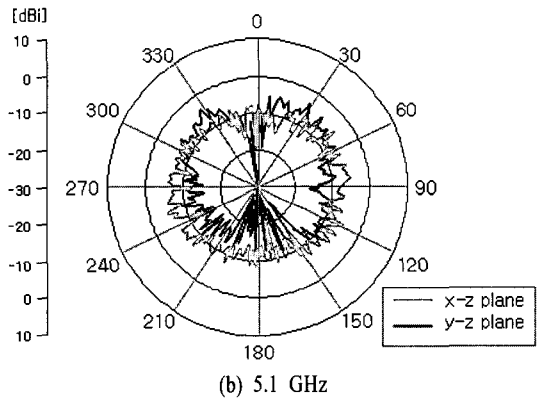
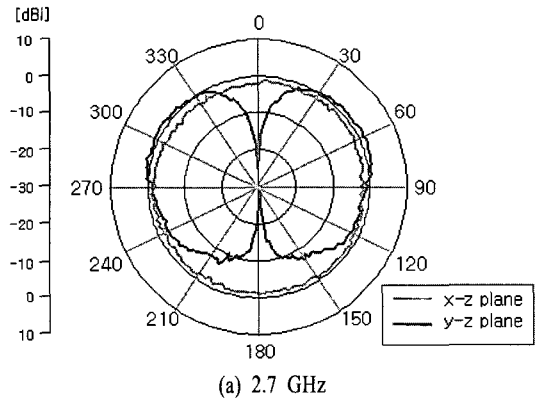
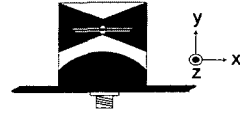


그림 10. 대역 저지 안테나의 복사패턴 특성
Fig. 10. Measured radiation patterns for proposed antenna.

대역에서의 안테나의 방사 이득은 다른 동작 주파수 보다 x-z 평면에서 대략 5~10 dB 이상 크게 줄어 들었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 5 GHz 대역의 향상된 대역 저지 특성을 갖는 광대역 모노폴 안테나를 설계 및 제작하였다. 제안된 안테나는 광대역 특성을 나타내는 보우타이 패치와 반원 모양의 접지면으로 구성된 앞면과 스텝의 급전 선로로 구성된 뒷면으로 구성되어 있으며, 보우타이 패치로 전자기적 결합을 통해 급전된다. 대역 저지 특성을 갖기 위해 두 개의 수평 슬롯을 안테나의 방사체에 삽입하여, 두 슬롯간의 상호 결합량을 조절함으로써 향상된 대역 저지 특성을 얻을 수 있었다.

측정된 대역 저지 안테나는 단일 슬롯을 삽입한 것에 비해 넓은 저지 대역폭과 향상된 스킨트 특성을 갖는다. 복사 패턴 측정 결과 동작 주파수에서 이상적인 모노폴 안테나와 유사한 복사 패턴을 나타내었고, 저지 대역인 5.1 GHz에서는 x-z 평면을 기준으로 다른 동작 주파수에 비해 5~10 dB 이상의 이득 저하를 보였다. 이 방법을 이용하여 UWB 안테나와 같은 많은 광대역 안테나에 적용하여 대역 저지 특성을 향상시킬 수 있을 것이다.

감사의 글

연구관련 장비 및 시설을 지원해 주신 강원대학교 정보통신연구소와 EFRC에 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] W. S. Lee, D. Z. Kim, K. J. Kim, and J. W. Yu, "Multiple frequency notched planar monopole antenna for multiband wireless system", in *Proc. 35th Eur. Microw. Conf.*, Paris, France, pp. 1935-1937, Oct. 2005.

[2] Chen. X, Liang. J, Li. P, Guo. L, Chiau. C. C, Parini. C. G, "Planar UWB monopole antennas", *Microwave Conference Proceedings, APMC, Asia-Pacific Conference Proceedings*, vol. 1, Dec. 2005.

[3] Li. P, Liang, J, Chen. X, "Ultra-wideband printed elliptical slot antenna", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 3A, pp. 508-511, Jul. 2005.

[4] H. G. Schantz, "Bottem fed planar elliptical UWB

antenns", *Ultra Wideband Systems and Technologies, IEEE Conference on*, pp. 219-223, Nov. 2003.

[5] 노양운, 홍석진, 정경호, 정지학, 최재훈, "UWB 용 대역 저지 필터 설계", *한국전자과학회논문지*, 17(2), pp. 83-93, 2006년 2월.

[6] T. Dissanayake, K. P. Esselle, "Design of slot loaded band-notched UWB antennas", *Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 1B, pp. 545-548, Jul. 2005.

[7] 박길영, 신호섭, 오병철, 김남, "변형된 접지면과 대역 저지 특성을 갖는 단일 평면 타원형 UWB 안테나", *한국전자과학회논문지*, 16(12), pp. 1194-1205, 2005년 12월.

[8] Wooyoung Choi, Jihak Jung, Kyungho Chung, and Haehoon Choi, "Compact wideband printed monopole antenna with frequency band-stop characteristic", *Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 3A, pp. 606-609, Jul. 2005.

[9] W. S. Lee, D. Z. Kim, K. J. Kim, and J. W. Yu, "Wideband planar monopole antennas with dual-band-notched characteristics", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 54, no. 6, pp. 2800-2806, Jun. 2006.

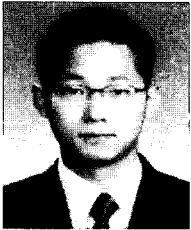
[10] Le Coq. L, Von der Mark. S, Drissi. M, Citerne. J, "Printed bowtie antenna fed by electromagnetic coupling", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 4, pp. 2710-2713, Jul. 1999.

[11] 문수덕, 박재일, 최경, 황희용, "초광대역 보우타이 패치 안테나의 설계", *춘계 마이크로파 및 전파전파 학술대회 논문집*, 27(1), pp. 129-132, 2004년 5월.

[12] Kihun Chang, Hyunrak Kim, and Young Joong Yoon, "Multi-resonance UWB antenna with improved band notch characteristics", *Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 3A, pp. 516-519, Jul. 2005.

[13] 문수덕, 최경, 황희용, "향상된 대역 저지 특성을 갖는 보우타이형 광대역 모노폴 안테나", *한국전자과학회 종합학술발표회 논문집*, 16(1), pp. 203-207, 2006년 11월.

문 수 덕



2005년 2월: 강원대학교 전기전자정보통신공학부 (공학사)
2005년 3월~현재: 강원대학교 전기전자공학과 석사과정
[주 관심분야] RF 소자 및 시스템 설계, 안테나 설계 등

황 희 용



1992년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1995년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학석사)
2000년 2월: 서강대학교 전자공학과 (공학박사)
2001년 3월~2002년 4월: University of Maryland Research Scholar
2002년 5월~2003년 4월: (주)아모텍 연구소장
2003년 2월~현재: 강원대학교 IT특성화학부대학 전기전자전공 조교수
[주 관심분야] RF, Microwave, Millimeter wave 분야의 부품 및 시스템

최 경



1981년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학사)
1983년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학석사)
1988년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학박사)
1993년 7월~1994년 7월: Rensselaer Polytechnic Institute 교환교수
1994년 7월~현재: 강원대학교 IT특성화학부대학 전기전자전공 교수
[주 관심분야] 전자기기 수치해석, Microwave