

위성 인터넷 서비스를 위한 두 개의 Y 형태 슬롯을 가지는 이중 대역 마이크로스트립 안테나

A Dual Band Microstrip Antenna with Two Y-Shaped Slots for Satellite Internet Service

김병철 · 이상운 · 한성민* · 이호진* · 추호성** · 박익모

Byoungchul Kim · Sangun Lee · Sungmin Han* · Hojin Lee* · Hosung Choo** · Ikmo Park

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.11a/b 주파수 대역인 2.400~2.483 GHz와 5.725~5.825 GHz 대역에서 유사한 복사 패턴을 가지며 동작하는 위성 인터넷을 위한 두 개의 Y-슬롯이 있는 이중 대역 마이크로스트립 안테나를 제안한다. 제안한 안테나의 크기는 50×47.5×6.5 mm³이고, 동축 케이블을 이용하여 급전하였으며, 안테나 패치는 두께가 0.508 mm이고 비유전율이 3.38인 RO4003 기판 위에 설계하였다. 제작된 안테나의 측정 결과, VSWR<2를 기준으로 2.398~2.507 GHz와 5.458~5.972 GHz의 대역폭을 가지며, 안테나의 최대 이득은 각각 8.92 dBi, 7.74 dBi 이다.

Abstract

In this paper, a dual band microstrip antenna with similar radiation pattern for the satellite internet service is proposed. The proposed antenna has two Y-shaped slots on the microstrip patch that is fabricated on RO4003 substrate with a dielectric constant of 3.38 and a thickness of 0.508 mm, and operates in the 2 GHz and 5 GHz bands. The size of the antenna is 50×47.5×6.5 mm³, and fed by coaxial cable. The measured bandwidths of the antenna are 2.398~2.507 GHz and 5.458~5.972 GHz for VSWR<2. The measured gains are 8.92 dBi and 7.74 dBi, respectively, for the lower and upper bands.

Key words : Satellite Internet, Dual Band Antenna, Y-Shaped Slots, Microstrip Antenna

I. 서 론

최근 언제 어디서나 시간과 장소에 구애받지 않고 인터넷을 하고자 하는 사용자들의 요구가 꾸준히 증가하면서 wireless local area network(WLAN)에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다. 유선이 필요 없는 WLAN은 무선 접속 장치의 유효거리 이내에서 PDA 나 노트북 컴퓨터를 통해 초고속 인터넷 이용을 가

능하게 하는 기술이다. 그리고 실내와 마찬가지로 실외에서도 인터넷 이용이 가능하며, 이동 중에도 서비스를 제공할 수 있다. 즉 유선망에 구속됨이 없이 기존 유선 LAN의 모든 이점과 기능을 그대로 제공한다^{[1],[2]}.

기존의 802.11b 기반의 WLAN 서비스는 전송 속도, 보안 및 향후 휴대 인터넷 서비스와의 연계 등의 측면에서 취약점으로 가지고 있다는 평가를 받아 왔

아주대학교 전자공학부(School of Electrical and Computer Engineering, Ajou University)

*한국전자통신연구원 전파방송연구단(Radio & Broadcasting Research Division, ETRI)

**홍익대학교 전자전기공학부(School of Electronics and Electrical Engineering, Hongik University)

· 논문 번호 : 20071130-08S

· 수정완료일자 : 2008년 2월 1일

다. 새로운 대안으로 제시된 5 GHz 대역인 802.11a는 보다 신속한 데이터 전송으로 많은 관심을 받아왔으며, 지난 수년간 기존의 대역과 새로운 대역에서 동시에 작동시킬 수 있는 이중 대역 안테나가 많이 개발되어 왔다^{[3],[4]}. 그러나 802.11 a/b 대역을 이용한 WLAN 서비스는 기존 지상망이 잘 갖추어진 도심지역에서는 이용에 큰 문제가 없지만, 제한된 무선망을 가진 산간·도서 벽지나, 고속 이동 열차, 항공기, 해상 선박 등의 경우 서비스 제공에 한계를 가진다. 따라서 위성을 이용하여 넓은 영역을 효과적으로 수용하고자 하는 연구가 활발히 진행 중이다. 하지만 위성을 통한 서비스도 고속의 이동체가 터널과 같이 위성 신호가 직접 도달하지 않는 음영지역을 통과 할 경우 서비스가 중단되는 문제가 있다. 터널을 통과하는 전파는 벽과 철도 선로 등의 반사에서 기인하는 다중 경로 효과뿐만 아니라 도플러 효과로 인한 손실이 발생한다. 그러므로 고속 이동체가 터널을 통과할 때의 무선 환경에서 최적의 성능을 가지는 신호 증계 장치(gap filler)용 안테나 개발의 필요성이 대두되었다^{[5]~[7]}.

위성 서비스를 위한 신호증계장치용 안테나는 WLAN 대역인 2.4~2.483 GHz 대역과 5.725~5.825 GHz 대역을 동시에 만족하여야 하며, 수직 편파 특성, 고이득, 두 대역에서 유사한 모양의 복사 패턴이 요구된다. U 형태의 슬롯을 이용한 동축 급전 사각 패치 안테나는 기존의 마이크로스트립 안테나에 비해 확장된 대역폭을 가진다. 이는 패치에 의한 공진 주파수 근처에 U 형태의 슬롯에 의한 추가적인 공진을 유도하는 방법으로 단일 소자만으로 광대역 안테나 설계가 가능하다^{[8]~[11]}. 또한 두 개의 U-슬롯을 이용하면 다중 공진을 유도할 수 있다^[12]. 그러나 일반적인 슬롯 안테나의 경우, 높은 쪽 공진 주파수가 낮은 쪽 공진 주파수의 2배 이상이 되면 복사 패턴에 변형이 생긴다. 본 논문에서는 두 개의 Y 형태 슬롯을 이용하여 두 대역에서 유사한 모양의 복사 패턴을 가지는 마이크로스트립 패치 안테나를 제안한다.

II. 안테나 구조 및 특성

그림 1에 제안한 안테나 구조를 나타내었다. 본 논문에서는 WLAN용으로 사용 가능한 안테나로서

큰 Y-슬롯 모양에 작은 역 Y-슬롯 모양을 추가한 구조를 제시하였다. 패치를 지지하는 기판과 급전구조를 지지하는 동축 사이에 공기층($\epsilon_r=1$)이 있고, 안테나는 동축 선로로 급전하였다. 기판은 비유전율(ϵ_r)이 3.38인 RO4003이며, 두께는 $t=0.508$ mm이다. 동축 선로 안쪽 도체의 지름은 d 이며 패치 위의 끝부분에서부터 F 인 곳에 위치하고 있다. 패치의 크기는 $L \times W$ 이며 높이 h 인 곳에 배치하였다. 작은 슬롯의 가로와 세로 길이는 각각 w_{s1} 과 l_{s1} 이며 폭은 c_1 이고, 큰 슬롯의 가로와 세로 길이는 각각 w_{s2} 와 l_{s2} 이며 폭은 c_2 이다. Y-슬롯 모양들의 폭, 길이 및 위치와 동축 급전의 위치 변화에 따른 반사 손실 결과로부터 최적 조건의 안테나 설계 파라미터를 얻어 내었다.

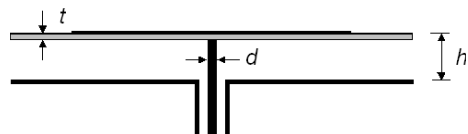
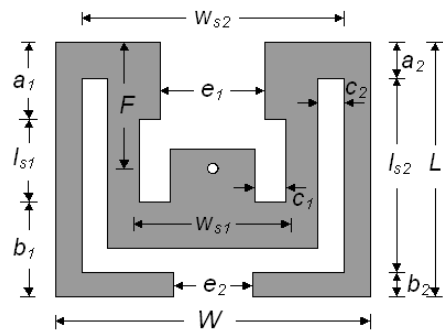
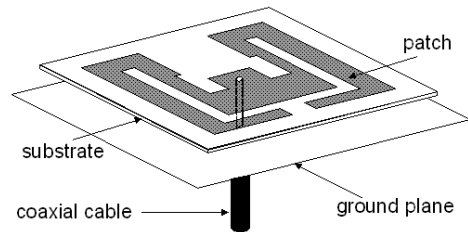


그림 1. 안테나 구조
Fig. 1. Antenna structure.

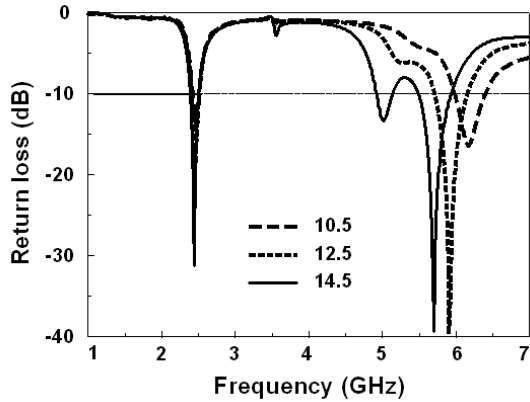


그림 2. 작은 Y-슬롯 세로 길이 변화에 따른 반사 손실
Fig. 2. Variation of return loss with the length of small Y-slot.

안테나 설계를 위한 시뮬레이션은 CST사의 M-WS를 사용하였다. 그림 2는 작은 Y-슬롯의 세로 길이 변화에 따른 반사 손실 특성을 보여준다. 세로 길이를 10.5 mm에서 12.5 mm, 14.5 mm로 증가시키면 따라 높은 쪽의 공진 주파수가 6.16 GHz에서 5.91 GHz, 5.69 GHz로 감소하였다. 반면 낮은 쪽 공진 주파수는 거의 변화가 없었다. 따라서 작은 Y-슬롯은 높은 쪽 공진 주파수를 결정하는 것을 알 수 있다.

그림 3은 큰 Y-슬롯의 세로 길이 변화에 따른 반사 손실 특성을 보여준다. 세로 길이가 18 mm에서 28 mm, 그리고 38 mm로 증가함에 따라 낮은 쪽 공

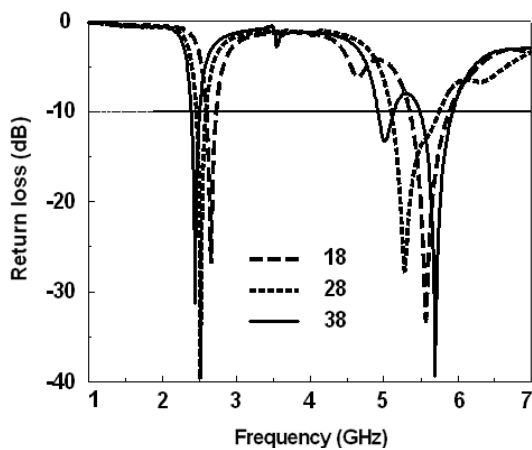


그림 3. 큰 Y-슬롯 세로 길이 변화에 따른 반사 손실
Fig. 3. Variation of return loss with the length of big Y-slot.

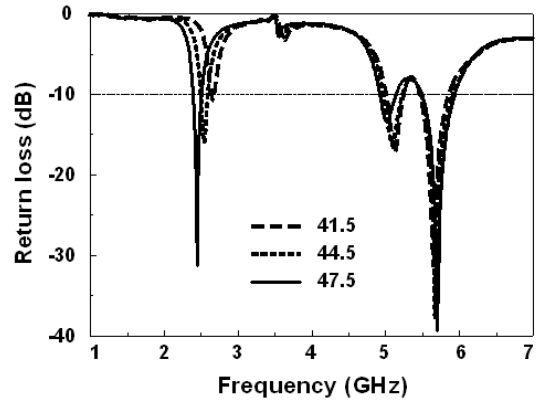


그림 4. 패치의 세로 길이 변화에 따른 반사손실
Fig. 4. Variation of return loss with the length of rectangular patch.

진 주파수가 2.69 GHz에서 2.52 GHz, 2.44 GHz로 감소하였다. 그러나 높은 쪽 공진 주파수는 불규칙적으로 변화하였다. 그러므로 큰 Y-슬롯은 낮은 쪽 공진 주파수를 결정하는 것을 알 수 있다.

그림 4는 패치의 세로 길이 변화에 따른 반사 손실 변화이다. 세로 길이를 41.5 mm에서 44.5 mm, 47.5 mm로 증가함에 따라 낮은 쪽 공진 주파수는 2.66 GHz에서 2.54 GHz, 그리고 2.44 GHz로 감소하였다. 그러나 높은 쪽 공진 주파수는 거의 변함이 없었다. 그러므로 패치의 세로 길이는 낮은 쪽 공진 주파수를 결정한다는 것을 알 수 있다.

그림 5는 패치의 가로 길이 변화에 따른 반사 손실 변화를 보여준다. 가로 길이가 50 mm에서 57.5 mm, 65 mm 증가함에 따라 높은 쪽 공진 주파수가 5.69 GHz에서 5.6 GHz, 그리고 5.49 GHz로 감소하였다. 반면 낮은 쪽 주파수는 거의 변화가 없었다. 따라서 패치의 가로 길이는 높은 쪽 공진 주파수를 결정함을 알 수 있다.

그림 6은 급전점의 위치 변화에 따른 반사 손실 변화이다. F를 23.5 mm에서 24.5 mm, 25.5 mm로 증가시키면 낮은 쪽의 공진 주파수는 2.45 GHz에서 2.44 GHz, 2.43 GHz로 감소하였고, 높은 쪽 공진 주파수는 5.61 GHz에서 5.69 GHz, 5.76 GHz로 감소하였다. 그러므로 급전점의 위치는 낮은 쪽 공진 주파수보다 높은 쪽 공진 주파수의 변화에 더 큰 영향을 주는 것을 알 수 있다.

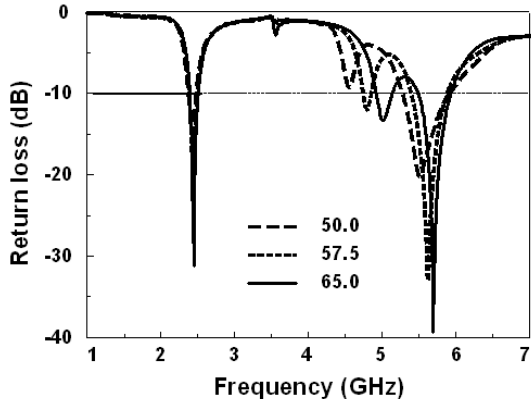


그림 5. 패치의 가로 길이 변화에 따른 반사손실
Fig. 5. Variation of return loss with the width of rectangular patch.

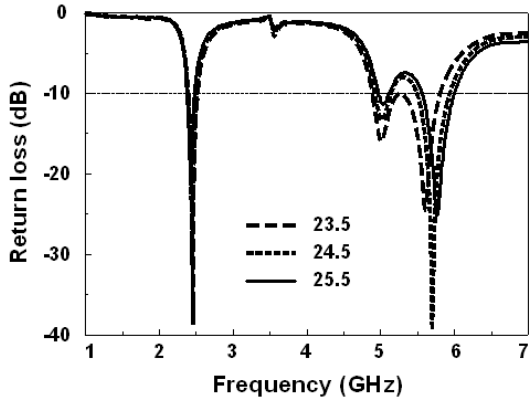


그림 6. 급전점 위치에 따른 반사 손실
Fig. 6. Variation of return loss with the feed point position.

그림 7에는 위의 설계 값을 토대로 실제 안테나를 제작한 사진이며, 측정 결과 2.4 GHz 대역과 5 GHz 대역을 모두 만족하였다.

그림 8에는 시뮬레이션을 통하여 계산한 안테나와 제작하여 측정한 안테나의 반사 손실 특성을 나타내었다. 표 1은 최적화 된 안테나의 설계 변수이다. 계산된 안테나의 반사 손실은 낮은 쪽 중심 주파수 2.44 GHz에서 2.389~2.504 GHz의 대역폭을, 높은 쪽 중심 주파수인 5.69 GHz에서 5.489~5.928 GHz의 대역폭을 가지며, 측정된 반사 손실은 낮은 쪽 중심 주파수 2.45 GHz에서 2.398~2.507 GHz와 높은 쪽 중심 주파수인 5.67 GHz에서 5.458~5.972

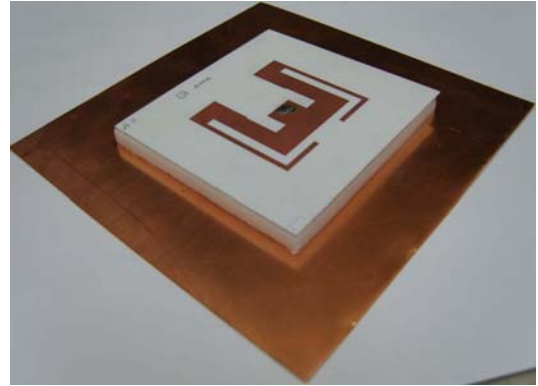


그림 7. 구현된 두 개의 Y-슬롯을 가지는 마이크로 스트립 안테나

Fig. 7. Photograph of the implemented microstrip antenna with two Y-slots.

표 1. 최적화된 안테나의 설계 변수
Table 1. The design parameter of the optimized antenna.

Design parameters in mm			
L	47.5	F	24.5
W	50	d	0.92
l_{s1}	14.5	l_{s2}	38
w_{s1}	23.5	w_{s2}	46
a_1	17	a_2	7.5
b_1	16	b_2	2
c_1	5.5	c_2	3.5
e_1	22.5	e_2	15

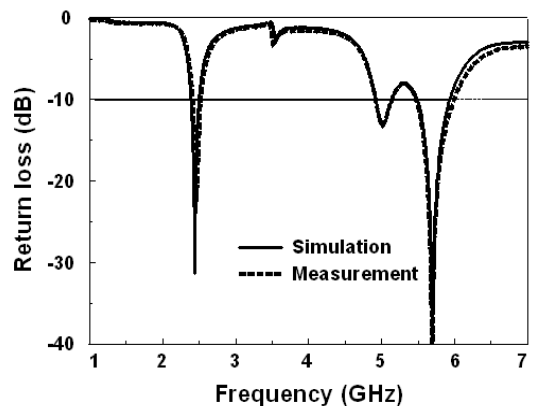


그림 8. 최적화 된 안테나의 반사 손실
Fig. 8. Return loss of the optimized antenna.

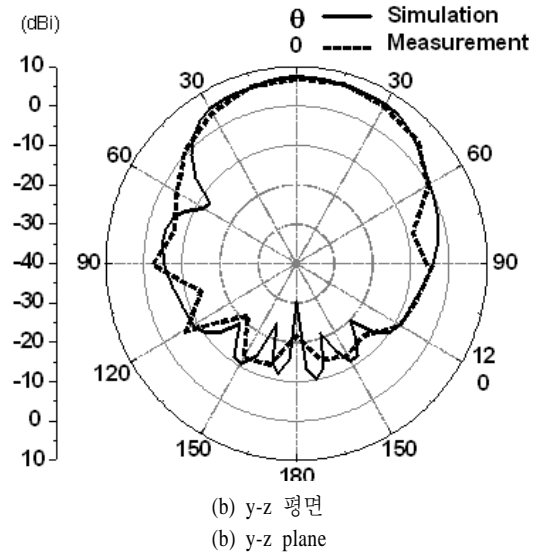
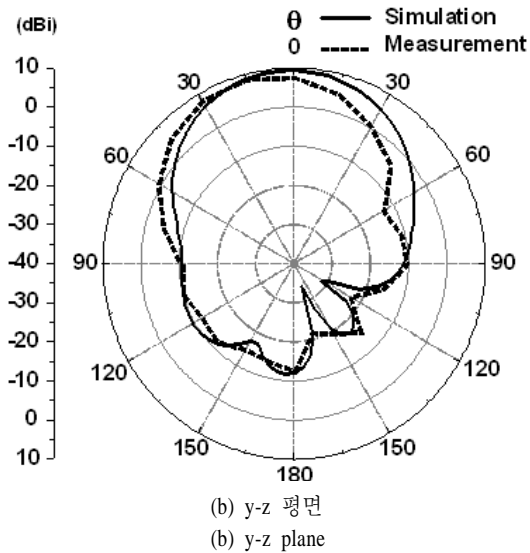
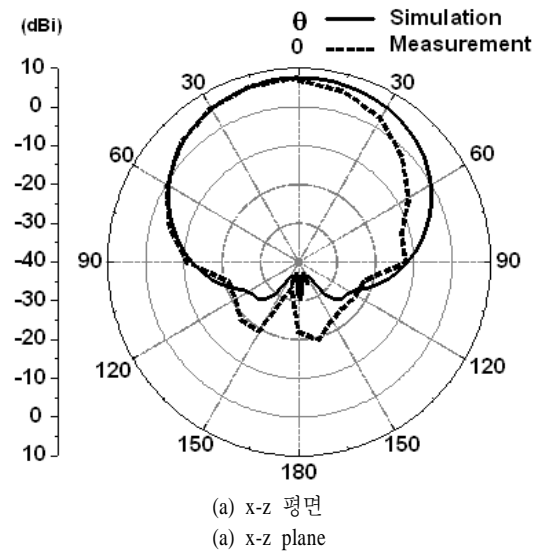
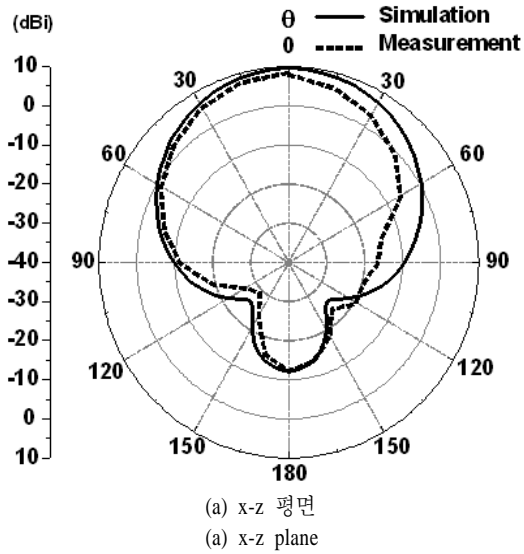


그림 9. 2.44 GHz에서의 복사 패턴
Fig. 9. Radiation patterns at 2.44 GHz.

그림 10. 5.69 GHz에서의 복사 패턴
Fig. 10. Radiation patterns at 5.69 GHz.

GHz의 대역을 가짐으로써 계산 값과 매우 유사함을 알 수 있다.

그림 9에는 낮은 쪽 중심 주파수인 2.44 GHz에서 x-z 평면과 y-z 평면의 복사 패턴을 나타내었고, 그림 10은 높은 쪽 중심 주파수인 5.69 GHz에서의 x-z 평면과 y-z 평면의 복사 패턴을 나타내었다. 계산된 안테나의 최대 이득은 각 대역의 중심 주파수에서 9.77 dBi와 7.76 dBi이며, 측정된 이득은 각각 8.92 dBi와 7.74 dBi이다.

III. 결 론

본 논문에서는 두 개의 Y-슬롯을 가지며 위성 인터넷 서비스를 위한 신호중계장치용 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나는 IEEE 802.11a/b 주파수 대역인 2.400~2483 GHz와 5.725~5.825 GHz 대역을 모두 수용하였다. 마이크로스트립 패치에 형성된 큰 Y-슬롯은 낮은 쪽 공진을 유도하며 작은 역 Y-슬롯은 높은 쪽 공진을 유도함을 확인

할 수 있었다. 계산된 안테나의 주파수 범위는 VS-WR<2를 기준으로 2.389~2.504 GHz와 5.489~5.928 GHz로 각각 115 MHz와 439 MHz의 대역폭을 가지며, 최대 이득은 각각 9.77 dBi, 7.76 dBi이다. 측정 결과 2.398~2.507 GHz와 5.458~5.972 GHz의 대역폭으로 전산 모의 실험 결과와 유사하며, 최대 이득은 각각 8.92 dBi, 7.74 dBi이다.

참 고 문 헌

- [1] 오승곤, "국내외 5 GHz 대역 주파수 이용동향", 한국통신학회지, 19(5), pp. 646-653, 2000년 5월.
- [2] 원광호, "WLAN의 응용 및 발전 방향", 전자부품연구원 고속 네트워크연구센터, 2001년 12월.
- [3] K. Fukuchi, Y. Yamamoto, K. Sato, R. Sato, and H. Tate, "Wide-band wireless LAN antenna for IEEE 802.11 a/b/g", *Hitachi Cable Review*, vol. 23, pp. 6-10, Aug. 2004.
- [4] N. Behdad, K. Sarabandi, "A compact dual-/multi-band wireless LAN antenna", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 2, pp. 527-530, Jul. 2005.
- [5] 강연수, 안도섭, "차세대 위성 개인 이동 통신 기술 동향", 전자통신 동향 분석, pp. 97-106, 2006년 8월.
- [6] A. Bazzi, Andrea G. G. Pasolini, and V. Schena, "Gap fillers for railway tunnels: technologies and performance", in *Proc. EMC Europe Workshop 2005-Electromagnetic Compatibility of Wireless Systems*, pp. 147-150, Sep. 2005.
- [7] V. Schena, F. Ceprani, "FIFTH project solutions demonstrating new satellite broadband communication system for high speed train", *Vehicular Technology Conference*, vol. 5, pp. 2831-2835, May 2004.
- [8] T. Huynh, K. F. Lee, "Single-layer single-patch wideband microstrip antenna", *Electron. Lett.*, vol. 31, no. 16, pp. 1310-1312, 1995.
- [9] K. F. Lee, K. M. Luk, K. F. Tong, Y. L. Yung, and T. Huynh, "Experimental study of a two-element array of U-slot patches", *Electron. Lett.*, vol. 32, no. 5, pp. 418-420, 1996.
- [10] K. F. Lee, K. M. Luk, K. F. Tong, S. M. Shum, T. Huynh, and R. Q. Lee, "Experimental and simulation studies of the coaxially fed U-slot rectangular patch antenna", *IEE Proc. Microwave Antennas Propagat.*, vol. 144, no. 5, pp. 354-358, 1997.
- [11] W. C. Tzou, H. M. Chen, Y. C. Chen, and C. F. Yang, "Bandwidth enhancement of U-slot patch antenna on high permittivity ceramic substrate for bluetooth application", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 36, no. 6, pp. 499-501, 2003.
- [12] K. F. Tong, K. M. Luk, K. F. Lee, and R. Q. Lee, "A broadband U-slot rectangular patch antenna on a microwave substrate", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 48, no. 6, pp. 954-960, Jun. 2000.
- [13] M. Clenet, C. B. Ravipati, and L. Shafai, "Bandwidth enhancement of U-slot microstrip antenna using a rectangular stacked patch", *Microwave Optical Technol. Lett.*, vol. 21, no. 6, pp. 393-394, 1999.

김 병 철



2004년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
2007년 9월~현재: 아주대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 설계

이 호 진



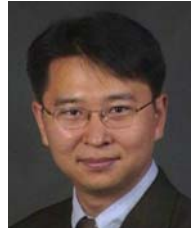
1981년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1983년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
1990년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
1983년 6월~현재: 한국전자통신연구원 광역무선기술연구그룹 그룹장
[주 관심분야] 위성 시스템

이 상 운



2007년 2월: 남서울대학교 전자공학과 (공학사)
2007년 3월~현재: 아주대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] RFID 태그 안테나 설계

추 호 성



1998년 2월: 한양대학교 전파공학과 (공학사)
2000년 8월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학석사)
2003년 5월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학박사)
2003년 6월~2003년 8월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (Post Doctor)
2003년 8월~현재: 홍익대학교 전자전기공학부 조교수
[주 관심분야] 초소형 안테나, 최적화 알고리즘을 이용한 안테나 설계, RFID용 태그 및 리더 안테나

한 성 민



1998년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학사)
2001년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학석사)
2000년 9월~2004년 10월: (주)AM-IC 중앙연구소 선임연구원
2004년 10월~2006년 3월: (주)EM-KO 부설연구소 대리
2006년 5월~현재: 한국전자통신연구원 광대역무선멀티미디어팀 연구원
[주 관심분야] 안테나

박 익 모



1984년: 뉴욕주립대학교 전기전자공학과 (공학사)
1989년: 일리노이대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 (공학석사)
1994년: 일리노이대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 (공학박사)
1994년~1996년: LG전자기술원
1996년~현재: 아주대학교 전자공학부 교수
[주 관심분야] 초고주파 및 테라헤르츠파 수동소자 (안테나 포함) 설계 및 해석