

폴디드 구조와 단락 구조를 이용한 5 GHz 무선 랜용 광대역 패치 안테나 설계 및 구현

Design and Implementation of Wideband Patch Antenna with Folded and Shorted Structure for 5 GHz WLAN

김용희 · 한준희 · 이원규 · 양운근

Yong Hee Kim · Jun Hee Han · Won Kew Lee · Woon Geun Yang

요 약

본 논문에서는 폴디드 구조와 단락 구조를 이용한 5 GHz WLAN(Wireless Local Area Network)용 광대역 패치 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 소형화와 광대역화를 위해 사각 패치에 폴디드 구조와 단락 구조를 사용하였다. 3차원 전산 모의 실험 프로그램인 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 사용하여 안테나를 설계하였으며, 구현된 안테나는 HP 8720C 네트워크 분석기와 far field measurement chamber를 사용하여 측정하였다. 전산 모의 실험 결과 반사 손실은 전체 사용 주파수 대역에서 13.41 dB 이상으로 비교적 양호한 특성을 나타내었으며, 10 dB 대역폭은 1,523 MHz로 광대역 특성을 나타내었다. 또한, 제안된 안테나의 최대 이득은 5.825 GHz에서 6.57 dBi의 특성을 보였다. 구현된 폴디드-단락 구조 안테나의 반사 손실 측정 결과 10 dB 대역폭은 1,377 MHz의 특성을 보였다. 구현된 안테나의 이득 측정 결과 5.775 GHz에서 6.87 dBi의 최대 이득을 나타내었다. 구현된 안테나는 5 GHz WLAN에 적용 가능한 성능을 나타내었다.

Abstract

In this paper, we present a wideband patch antenna with folded and shorted structure for 5 GHz WLAN(Wireless Local Area Network). The proposed antenna used folded and shorted structure in the rectangular patch for miniaturization and wide frequency bandwidth. The antenna was designed by using 3D simulation program, HFSS(High Frequency Structure Simulator) software of the Ansoft company and the implemented antenna was measured by using HP 8720C network analyzer and far field measurement chamber. Simulation result on the return loss shows fairly good characteristic of at least 13.41 dB in whole frequency range of interests, and the 10 dB bandwidth is 1,523 MHz which shows wide bandwidth characteristic. And the simulated maximum gain of the proposed antenna is 6.57 dBi at 5.825 GHz. Measured result for the 10 dB bandwidth of the implemented folded and shorted structure antenna is 1,377 MHz. Measured maximum gain of the implemented antenna is 6.87 dBi at 5.775 GHz. Measured results for the implemented antenna showed applicable performances for the 5 GHz WLAN.

Key words : Wideband Antenna, Folded Structure, Shorting Pin, WLAN(Wireless Local Area Network)

I. 서 론

정보통신 기술의 발달에 따라 통신, 방송, 교통,

특히 개인 휴대 통신 분야에서 전파의 이용이 급증하고 있다. 이와 더불어 네트워크 분야에서도 이동성과 무선화는 이제 필수적 요소로 자리 잡고 있다^[1].

인천대학교 전자공학과(Department of Electronics Engineering, University of Incheon)

· 논문 번호 : 20060526-09S

· 수정완료일자 : 2006년 8월 14일

최근 WLAN(Wireless Local Area Network)을 이용한 휴대용 컴퓨터, 휴대폰, PDA(Personal Digital Assistant) 등의 무선기기들의 보급이 확산되고 있으며, 이러한 무선 단말기들의 소형화 추세에 따라 안테나의 소형화에 대한 요구가 점점 증가되고 있다. 특히 마이크로스트립 패치 안테나의 경우 무게가 가볍고 부피가 작으며, 높이가 낮은 등의 장점을 가지고 있어 널리 이용되고 있다. 그러나 기본적인 패치 안테나는 동작 주파수의 $\lambda/2$ 에서 공진하기 때문에 이를 더 소형화 하려는 다양한 방법들이 연구되어 왔다.

마이크로스트립 패치 안테나의 소형화 기법의 대표적인 예는 고유전율을 가지는 물질을 사용하여 소형화 시키는 방법이 있는데, 유전체를 사용할 경우 좁은 대역폭, 방사 효율의 저하 등의 문제가 있기 때문에 구조적인 변경을 통한 안테나의 소형화 기법이 활발히 연구되고 있다^[2]. 그러나 소형 안테나들은 좁은 대역폭과 낮은 이득을 가지므로 적용하기에 어려움이 있다. 소형 안테나의 협대역 특성을 개선하여 광대역을 이루기 위해 여러 가지 방법이 제시되었는데 그 중에서 단락된 패치 안테나 위에 기생 패치를 올림으로써 기생 패치에 의한 공진을 추가하여 대역폭을 넓히는 방법은 가장 널리 알려져 있다^[3]. 또한, 단락된 패치를 L-형태의 프로브나 스트립 선로를 이용하여 급전한 구조와 단락된 패치에 U-형태 슬롯 또는 L-형태 슬릿을 형성한 구조들 역시 광대역 특성을 가진다. 그러나 이들 구조들은 단락된 패치의 공진과 U-형태의 슬롯과 L-형태의 슬릿에서 형성되는 공진을 결합함으로써 넓은 대역폭을 이룰 수는 있지만 안테나의 크기를 감소시키는 것에는 한계가 있다^[4]. 소형 안테나의 또 다른 형태로서 연구되고 있는 구조로는 단락 핀을 이용한 안테나가 있다. 단락 핀을 이용한 안테나는 위치에 따라서 안테나의 전체적인 크기를 줄일 수 있고, 단락 핀이 급전점에 가까이 위치했을 경우, $\lambda/4$ 까지 크기를 줄일 수 있다^[5].

본 논문에서는 패치 안테나의 소형화 기법 중 폴리드 구조에 의한 소형화 방법과 단락 구조 사용에 의한 소형화 방법을 함께 적용하여 소형화하는 방법을 연구한다. 패치 안테나를 기본으로 하여 폴리드 구조와 단락 구조를 사용하여 5 GHz WLAN 대역에 적용 가능한, 크기가 작고 가벼운 광대역 안테나를

제안하며, 전산 모의 실험 결과와 측정 결과를 분석한다.

2장에서는 제안된 안테나의 구조를 살펴보고 3장에서 제안된 안테나의 전산 모의 실험 결과와 측정 결과를 분석하며 4장에서 결론을 맺는다.

II. 제안된 안테나의 구조

그림 1은 제안된 안테나의 구조를 나타내고 있다. 제안된 안테나는 사각형 마이크로스트립 패치 안테나에서 대역폭 증가와 소형화를 위하여 패치 밑면에 단락 핀으로 접지시키고 패치면을 접어 올린 후, 급전점 근처에 단락 핀을 위치시킨 구조이다. 그리고 실험상 제작을 용이하게 하기 위해서 별도의 유전체를 사용하지 않고 공기층을 두고 패치를 조립하였으며, 동축 케이블을 이용하여 프로브 급전을 하였다. 또한, 전산 모의 실험을 통하여 제안된 안테나의 크기를 5 GHz WLAN 대역에 적용되도록 설정하였다.

그림 2는 소형화와 광대역화를 이루기 위해 폴리드 구조와 단락 구조를 사용한 제안된 안테나의 파라미터를 나타내고 있다. 그림 2(a), (b)는 각각 제안된 안테나의 정면도와 측면도를 나타내고 있다. 그림 2(a)에서 보인 안테나의 전체 크기는 $W_1 \times L_1$ 으로 W_1 은 18.0 mm, L_1 은 19.3 mm이다. 또한, 급전점의 중심과 단락 핀 사이의 거리(D)는 6.0 mm이다. 그림 2(b)에 나타난 안테나에 사용된 접지판 L_4 는 60.0 mm이다. 폴리드 구조를 이용하여 패치의 전기적인 길이를 늘여 가시 길이를 짧게 하였으며, 별도의 유전체를 사용하지 않고 동판 하나로 구현할 수 있어 비용면에서도 경쟁력이 있을 것으로 생각된다. 단락 구조를 사용하여 일반적인 패치의 한 변의 길이인 0.5λ 에 비해 0.2λ 소형화 시켰으며, 대역폭이 좁

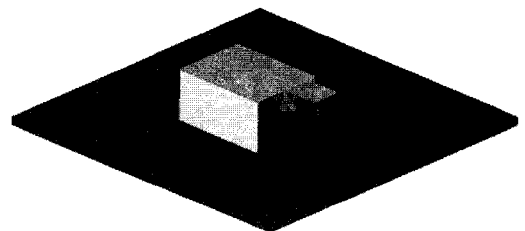


그림 1. 제안된 안테나의 구조
Fig. 1. Structure of the proposed antenna.

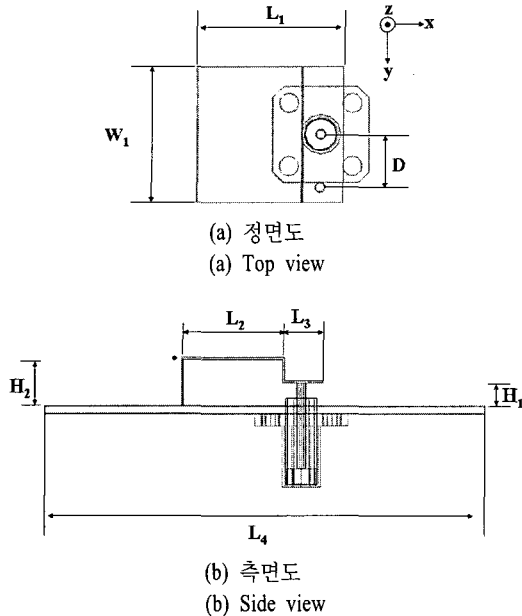


그림 2. 제안된 폴디드-단락 구조 안테나의 파라미터
Fig. 2. Parameters of the proposed folded and shorted structure antenna.

은 패치 안테나의 대역폭을 늘리기 위하여 패치를 접어 올리는 구조를 채택하였고 패치의 끝부분을 접어 내림으로 인하여 안정적인 전류의 흐름을 유도하였다. 또한 단락 판의 폭에 따라 공진 주파수를 선택할 수 있어 튜닝을 쉽게 할 수 있는 장점이 있다.

그림 3과 표 1은 접지판의 크기에 따른 반사 손실 변화에 관한 전산 모의 실험 결과를 보여주고 있다.

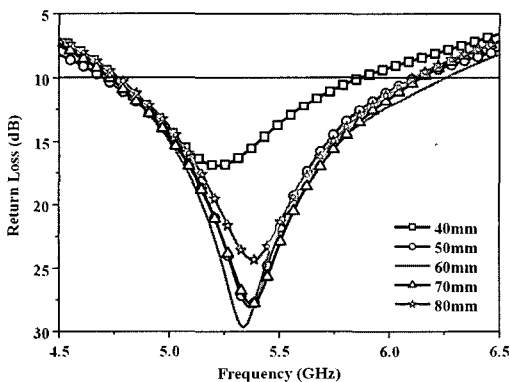


그림 3. 접지판의 크기에 따른 반사 손실 전산 모의 실험 결과
Fig. 3. Results of return loss simulation as the size of ground plane was varied.

표 1. 그림 3에 제시된 전산 모의 실험 결과 요약
Table 1. Summary of the simulation results presented in Fig. 3.

Ground size (mm)	Frequency band (Return loss ≥ 10 dB)	Bandwidth (%)
40.0×40.0	4.761 GHz~5.866 GHz	20.80
50.0×50.0	4.716 GHz~6.104 GHz	25.66
60.0×60.0	4.731 GHz~6.254 GHz	27.73
70.0×70.0	4.746 GHz~6.134 GHz	25.51
80.0×80.0	4.776 GHz~6.104 GHz	24.41

표 2. 제안된 폴디드-단락 구조 안테나의 크기
Table 2. Sizes of the proposed folded and shorted structure antenna.

Parameter	Length(mm)
L_1	19.3
L_2	14.0
L_3	5.3
L_4	60.0
W_1	18.0
H_1	3.0
H_2	6.0
D	6.0

접지판의 크기($L_4 \times L_4$)를 40.0 mm×40.0 mm, 50.0 mm×50.0mm, 60.0 mm×60.0mm, 70.0 mm×70.0 mm, 80.0 mm×80.0 mm로 변화를 주며 안테나의 반사 손실을 살펴본 결과, 접지판의 크기가 60.0 mm×60.0 mm일 때가 반사 손실 10 dB 기준으로 할 때 임피던스 대역폭 면에서 가장 좋은 특성을 나타내었다. 또한, 안테나의 높이 H_1 과 H_2 는 각각 3.0 mm, 6.0 mm이며 패치 안테나에서 폴디드 부분을 나눈 L_2 와 L_3 의 길이는 각각 14.0 mm, 5.3 mm이다.

표 2는 5 GHz WLAN 대역에 적용 가능하도록 전산 모의 실험을 통하여 구한 그림 2에서 보인 안테나의 최적화된 크기를 나타내고 있다.

Ⅲ. 전산 모의 실험 및 측정 결과

3차원 전산 모의 실험 프로그램인 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 사용하여 안테나의 전기적 특성과 방사 패턴을 예상할 수 있었으며 구현

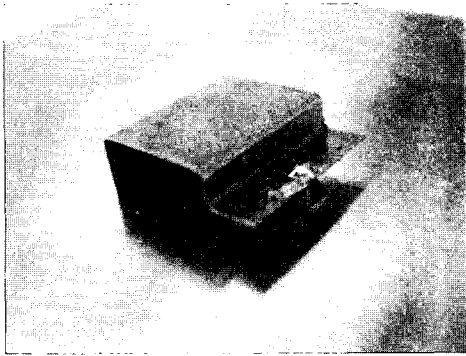


그림 4. 구현된 폴디드-단락 구조 안테나의 사진
Fig. 4. Photograph of the implemented folded and shorted structure antenna.

된 안테나는 HP 8720C 네트워크 분석기와 far field measurement chamber를 사용하여 측정하였다.

그림 4는 제작된 폴디드-단락 구조 안테나의 사진이다. 패치의 한 쪽 끝을 접어 내려 접지시키고 패치의 다른 쪽 끝을 접어 내려 낮은 쪽 방사 면에서 급전하는 구조로 되어 있고, 급전점에서 좌측 옆으로 단락 핀을 위치하였으며, SMA 커넥터를 사용하여 동축 급전 방식을 적용하였다.

그림 5에 제안된 안테나의 전기적 특성인 반사 손실의 전산 모의 실험 결과 값과 구현된 안테나에서 측정된 결과 값을 나타내었다. WLAN의 5 GHz 사용 대역인 5.150 GHz~5.350 GHz, 5.725 GHz~5.825 GHz에서 반사 손실 값이 전산 모의 실험 결과와 측정 결과 각각 13.41 dB, 11.65 dB 이상으로 비교적 양호한 특성을 나타내었다.

표 3에 제안된 안테나 대역폭의 전산 모의 실험 결과 값과 구현된 안테나에서 측정된 결과 값을 나타내었다. 측정 결과 반사 손실 10 dB를 기준으로 하여 대역폭은 1.377 GHz(4.589 GHz~5.966 GHz)로 약 26.09 %의 특성을 보였으며, 전산 모의 실험 결과와 유사한 측정 결과를 얻은 것을 확인하였다.

그림 6은 제안된 안테나 동작 대역 각각의 중심 주파수인 5.250 GHz와 5.775 GHz에서의 방사 패턴에 관한 전산 모의 실험 결과를 보여주고 있다. 전산 모의 실험 결과 5.250 GHz에서 6.26 dBi, 5.775 GHz에서 6.53 dBi의 이득을 나타내었다.

그림 7은 구현된 안테나의 방사 패턴을 전자파 무

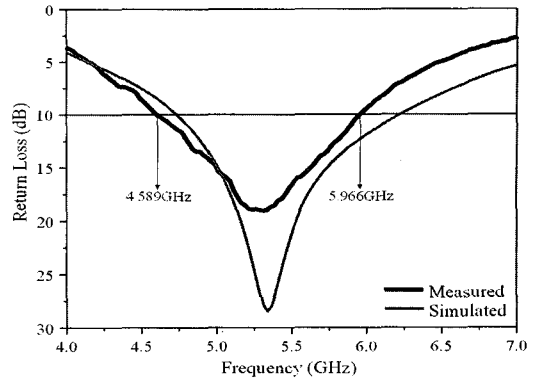
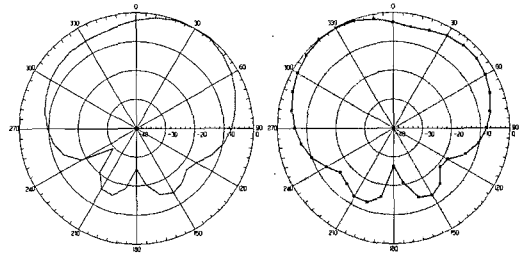


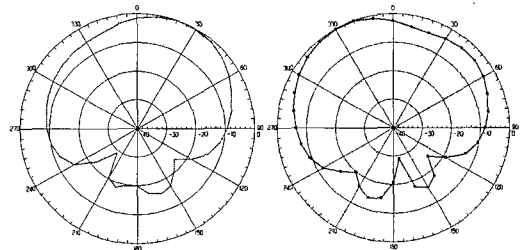
그림 5. 제안된 안테나의 반사 손실
Fig. 5. Return loss of the proposed antenna.

표 3. 제안된 안테나의 대역폭
Table 3. Bandwidth of the proposed antenna.

	Frequency band (Return loss \geq 10 dB)	Bandwidth (%)
Simulated	4.731 GHz~6.254 GHz	27.73
Measured	4.589 GHz~5.966 GHz	26.09

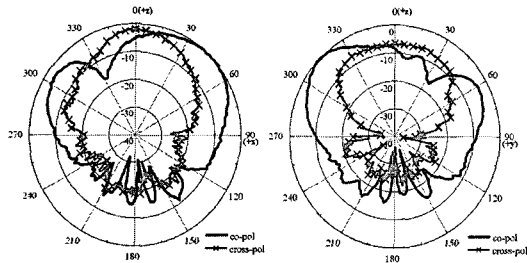


(a) 5.250 GHz에서의 방사 패턴(xz-평면, yz-평면)
(a) Radiation patterns at 5.250 GHz(xz-plane, yz-plane)

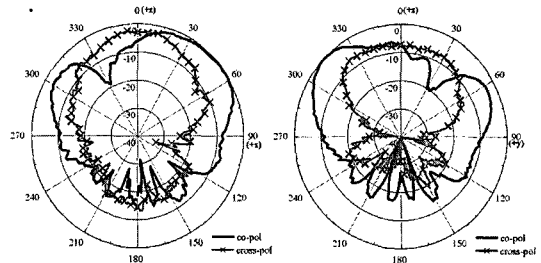


(b) 5.775 GHz에서의 방사 패턴(xz-평면, yz-평면)
(b) Radiation patterns at 5.775 GHz(xz-plane, yz-plane)

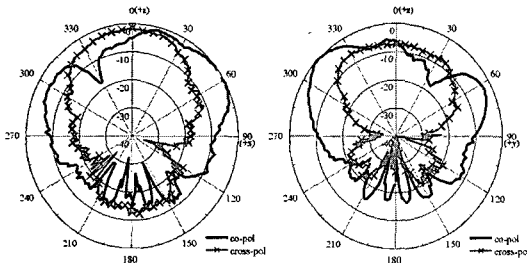
그림 6. 제안된 폴디드-단락 구조 안테나의 방사 패턴에 관한 전산 모의 실험 결과
Fig. 6. Simulation results on radiation patterns of the proposed folded and shorted structure antenna.



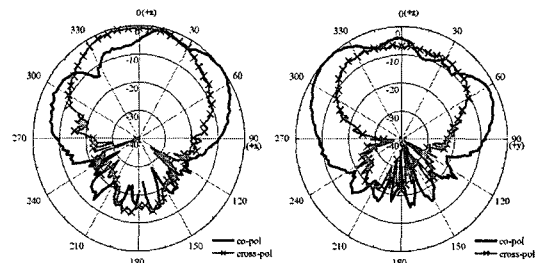
(a) 5.150 GHz에서의 방사 패턴(xz-평면, yz-평면)
(a) Radiation patterns at 5.150 GHz(xz-plane, yz-plane)



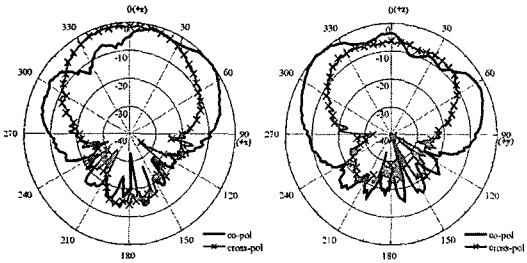
(b) 5.250 GHz에서의 방사 패턴(xz-평면, yz-평면)
(b) Radiation patterns at 5.250 GHz(xz-plane, yz-plane)



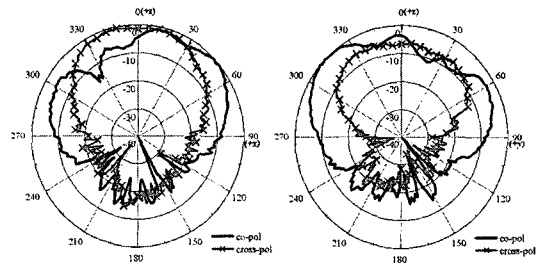
(c) 5.350 GHz에서의 방사 패턴(xz-평면, yz-평면)
(c) Radiation patterns at 5.350 GHz(xz-plane, yz-plane)



(d) 5.725 GHz에서의 방사 패턴(xz-평면, yz-평면)
(d) Radiation patterns at 5.725 GHz(xz-plane, yz-plane)



(e) 5.775 GHz에서의 방사 패턴(xz-평면, yz-평면)
(e) Radiation patterns at 5.775 GHz(xz-plane, yz-plane)



(f) 5.825 GHz에서의 방사 패턴(xz-평면, yz-평면)
(f) Radiation patterns at 5.825 GHz(xz-plane, yz-plane)

그림 7. 구현된 안테나의 방사 패턴 측정 결과

Fig. 7. Measured radiation patterns of the implemented antenna.

반사실에서 측정한 결과이다. 5 GHz WLAN 사용 주파수 대역인 5.150 GHz~5.350 GHz, 5.725 GHz~5.825 GHz 중에서 5.150 GHz, 5.250 GHz, 5.350 GHz, 5.725 GHz, 5.775 GHz, 5.825 GHz에서 측정하였다.

표 4는 구현된 안테나의 5.150 GHz, 5.250 GHz, 5.350 GHz, 5.725 GHz, 5.775 GHz, 5.825 GHz에서 xz-평면과 yz-평면의 co-pol, cross-pol의 최대 이득 측정 결과를 보여주고 있다.

그림 8은 표 4 결과의 각 주파수별 최대치를 그래프로 나타내고 있다. 낮은 대역의 최대 이득은 5.150 GHz에서 6.11 dBi, 높은 대역의 최대 이득은 5.775

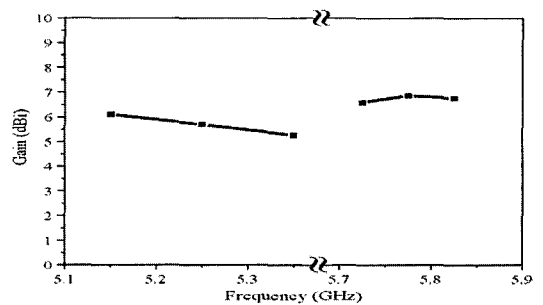


그림 8. 구현된 폴디드-단락 구조 안테나의 이득 측정 결과

Fig. 8. Measured gain of the implemented folded and shorted structure antenna.

표 4. 측정된 xz-평면, yz-평면에서의 co-pol, cross-pol 최대 이득

Table 4. Measured peak gains of co-pol, cross-pol in xz-plane, yz-plane.

Frequency (GHz)	Peak gain(dBi)			
	xz-plane		yz-plane	
	Co-pol	Cross-pol	Co-pol	Cross-pol
5.150	3.66	1.54	6.11	0.53
5.250	2.58	0.20	5.70	-0.31
5.350	1.76	-0.04	5.26	-0.47
5.725	3.69	3.07	6.60	0.85
5.775	4.37	3.37	6.87	1.08
5.825	4.07	3.59	6.76	0.99

GHz에서 6.87 dBi로 각각 측정되었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 마이크로스트립 패치 안테나의 소형화와 광대역화를 위해 폴디드 구조와 단락 구조를 사용한 5 GHz WLAN용 안테나를 제안하였다.

구현된 안테나의 전산 모의 실험 결과, 반사 손실은 전체 사용 주파수 대역에서 13.41 dB 이상으로 비교적 양호한 특성을 나타내었으며, 반사 손실 10 dB 기준으로 대역폭은 1,523 MHz로 광대역 특성을 나타내었다. 또한, 5.825 GHz에서 최대 이득은 6.57 dBi로서 양호한 이득 특성을 나타내었다.

제작된 안테나의 반사 손실 측정 결과는 사용 주파수 대역에서 11.65 dB 이상의 특성을 보였고, 반사 손실 10 dB를 기준으로 대역폭은 1,377 MHz로서 약 26.09 %의 특성을 보였다. 또한 이득 측정 결과,

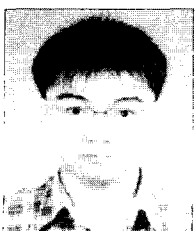
5.775 GHz에서 6.87 dBi의 최대 이득을 보였으며 방사 패턴은 무선 환경에 적용 가능한 결과를 나타내었다.

구현된 폴디드 구조와 단락 구조를 이용한 마이크로스트립 패치 안테나는 간단한 구조로 구성되어 있으며, 소형화와 광대역화라는 장점이 있다. 또한, 제품 생산시 생산 단가를 절감할 수 있고 5 GHz 대역 WLAN의 시스템에 적용이 가능하며, 사업자의 제품 상용화에 많은 활용이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

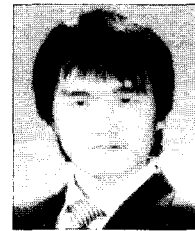
- [1] 김용진, 이상설, "5 GHz 대역의 무선 LAN용 평면 역-F 안테나 설계 및 제작", 한국전자과학기술 논문지, 13(5), pp. 459-467, 2002년 5월.
- [2] 허희무, 장연정, 우종명, "폴디드 구조를 이용한 마이크로스트립 안테나의 소형화", 한국전자과학기술논문지, 16(5), pp. 526-533, 2005년 5월.
- [3] J. Ollikainen, M. Fischer, and P. Vainikainen, "Thin dual-resonant sacked shorted patch antenna for mobile communications", *Electron. Lett.*, vol. 35, no. 6, pp. 437-438, Mar. 1999.
- [4] 정중호, 문영민, 추호성, 박익모, "다중의 단락편을 가지는 전자기적 결합 급전 소형 광대역 모노폴 안테나의 특성 연구", 한국전자과학기술논문지, 15(12), pp. 1168-1177, 2004년 12월.
- [5] R. L. Li, G. DeJean, E. Tsai, E. Tentzeris, and J. Laskar, "Novel small folded shorted-patch antennas", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, 2002.

김 용 희



2006년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
 2006년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] RFID, 안테나, 안테나 효율

한 준 희



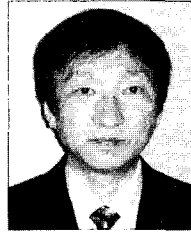
2006년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
 2006년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] 단말기 안테나, 전자파 비흡수율

이 원 규



2000년 8월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
2003년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학석사)
2003년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 박사 수료
[주 관심분야] 이동통신, 패치 안테나, SAR 저감 방법, 초고주파 회로설계 등

양 운 근



1983년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1985년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
1994년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학박사)
1988년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 전임강사, 조교수, 부교수, 교수
1997년 3월~2001년 12월, 2004년 2월~2005년 1월: (주) LG전자 (구 (주)LG정보통신 포함) 자문교수
2000년: 한국통신학회 산하 부호 및 정보이론 연구회 위원장
2001년 5월~2002년 2월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소 초빙연구원
2002년 3월~현재: (주)JT 기술자문교수
2003, 2004, 2005년도: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's Who in the World" 등재
2005년~2006년도: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's Who in Science and Engineering" 등재
[주 관심분야] 이동통신 단말기, 안테나, 전자파 비흡수율