GPS/DMB 수신용 단일 급전 이중 대역 원형 편파 사각 패치 안테나 설계 및 구현

Design and Implementation of Single-Feed Dual-Band Circular Polarization Square Patch Antenna for GPS and DMB

윤 기 석 · 김 혁 진 · 양 운 근

Ki Suk Yoon · Hyuck Jin Kim · Woon Geun Yang

요 약

본 논문에서는 GPS/DMB 수신기용 단일 급전 이중 대역 원형 편파 사각 패치 안테나를 제안한다. 제안된 안테나는 사각 패치면의 4 코너에 접힌 형태의 슬롯을 가지며, 패치면 중앙에 대각선 슬롯을 가지는 구조이다. 측정된 안테나의 −10 dB 임피던스 대역폭은 낮은 주파수 대역(GPS)에서 1.516 GHz~1.600 GHz로 84 MHz의 대역폭을 가지며, 높은 주파수 대역(DMB)에서 2.596 GHz~2.705 GHz로 109 MHz의 대역폭을 보였다. 또한, 측정된 최대 선형 이득은 GPS 대역에 해당되는 1.575 GHz에서 6.23 dBi와 DMB 대역에 해당되는 2.642 GHz에서 6.97 dBi로 나타났다.

Abstract

In this paper, we propose a novel single-feed dual-band circular polarization square patch antenna for GPS(global positioning system)/DMB(digital multimedia broadcasting) receiver. The proposed antenna has folded slots at the 4 corners and a diagonal slot at the center of the square patch. The measured −10 dB impedance bandwidths of the proposed antenna were 84 MHz ranging from 1.516 GHz to 1.600 GHz for the low frequency band(GPS) and 109 MHz ranging from 2.596 GHz to 2.705 GHz for the high frequency band(DMB). The measured peak linear antenna gains of the proposed antenna were 6.23 dBi at 1.575 GHz for GPS and 6.97 dBi at 2.642 GHz for DMB band.

Key words : Dual-Band, GPS, DMB, Circular Polarization, Square Patch Antenna

I. 서 론

근래에 와서 위성 방송 수신용으로 마이크로스트립 안테나를 많이 사용하고 있다. 패치 안테나는 유전체 손실과 급전 손실에 의해 안테나의 이득이 제한을 받고, 주파수 대역폭이 좁으며, 가용 전력량이 적다는 단점을 가지고 있다. 반면에 평면 및 입체면 상에서의 간결성과 적합성, MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuit) 설계와 양립하여 사용하고자 할 때, 특별한 패치의 형태와 모드로 공진 주파수, 편파, 복사 패턴과 임피던스의 형태에 따라 다양하게 선택되어질 수 있다. 또한, 현대의 기술을 이용하면 생산하기가 간단하고 경제적이다[1].

위성에서 송출하는 신호는 주로 원형 편파를 사용하며, GPS(Global Positioning System)와 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 서비스의 경우 RHCP(Right Hand Circular Polarization)을 사용한다[2]. 다수 주파수 대역의 원형 편파 신호를 수신하는 방법으로서, 각각의 대역에 맞는 패치 안테나를 별도로 사용하거나 패치를 적층하는 방법, 또는 평면상에 특별한 설

「이 논문은 인천대학교 2006년도 자체 연구비 지원에 의하여 연구되었음.」

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

· 논 문 번 호 : 20071130-07S

· 수정완료일자 : 2008년 1월 10일

계를 하는 방법 등을 사용할 수 있다[3]~[5]. 각각 주파수 대역의 패치 안테나를 별도로 사용하거나 적층하는 경우 기구적인 사이즈가 커지는 단점이 있어 소형화에는 불리하게 된다.

본 논문에서는 GPS/DMB 수신용 단일 급전 이중 대역 원형 편파 사각 패치 안테나의 새로운 구조를 제안한다. 제안하는 새로운 구조는 사각 패치면의 모서리에 꺾어진 슬롯을 가지며, 패치면 중앙에 대각선 슬롯을 가지는 구조이다. 제안된 안테나에 대하여 전산 모의 실험을 수행하고 안테나를 실제 제작하여 특성을 측정한다.

2장에서는 패치 안테나의 설계 이론과 제안된 안테나의 구조를 설명하고, 3장에서는 전산 모의 실험 결과와 구현된 안테나의 전기적 특성과 방사 패턴 측정 결과를 제시한다. 그리고 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 안테나 설계

패치 안테나에서 방사 소자의 폭(W)은 임피던스에 영향을 주고, 방사 소자의 길이(L)는 안테나의 공진 주파수에 영향을 준다. 유전체의 두께를 h, 비유전율을 ε_r, 안테나 동작 주파수를 f_r이라 할 때 방사 소자의 폭(W)은 식 (1)과 같이 주어진다.

$$W=\frac{c}{2f_r}\left(\frac{\varepsilon_r+1}{2}\right)^{-1/2} \tag{1}$$

패치 폭이 식 (1)에 나타난 것보다 좁게 설계될 경우 복사 효율이 떨어지게 되고, 반면에 넓게 설계된다면 복사 효율이 커지나 고차 모드가 발생되어 필드의 왜곡이 생길 수 있다. 방사 소자의 폭을 식 (1)에서 결정하였다면 방사 소자의 길이(L)는 식 (2)에서 얻을 수 있다.

$$L=\frac{c}{2f_r\sqrt{\varepsilon_e}}-2\Delta l \tag{2}$$

여기서 실효 유전율 ε_e와 선 증가분 Δl은 식 (3), (4)와 같이 주어진다.

$$\varepsilon_e=\frac{\varepsilon_r+1}{2}+\frac{\varepsilon_r-1}{2}\left(1+\frac{12h}{W}\right)^{-1/2} \tag{3}$$

$$\frac{\Delta l}{h}=0.412\frac{(\varepsilon_e+0.300)(W/h+0.264)}{(\varepsilon_e-0.258)(W/h+0.813)} \tag{4}$$

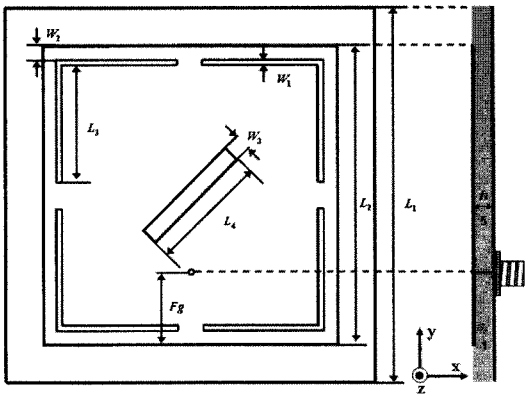


그림 1. 제안된 단일 급전 이중 대역 원형 편파 사각 패치 안테나의 구조

Fig. 1. Structure of the proposed single-feed dual-band circular polarization square patch antenna.

공진이 일어나게 되면 방사 소자가 협대역의 특성을 갖기 때문에 방사 소자의 크기를 결정하는데 있어서 길이 L은 매우 중요한 파라미터가 되며, 식 (2)는 정확한 방사 소자의 길이 L값을 구하는데 사용된다[6],[7].

그림 1은 제안된 단일 급전 이중 대역 원형 편파 사각 패치 안테나를 보여준다. 본 논문에서 제안하는 안테나는 2001년 Yang과 Wong이 제안한 안테나[8]를 변형한 것으로서 제안된 안테나는 패치면 중앙에 하나의 대각선 슬롯을 가지고 있으며, 사각 패치면의 각각의 모서리에 꺾어진 슬롯을 가진다.

사각 패치 안테나에서 원형 편파를 얻는 방법으로는 코너 컷, 슬롯 등을 이용하는 방법 등이 있다. 제안된 안테나의 대각선 슬롯은 원형 편파를 가지는 전류 흐름을 만드는데, 제안된 안테나는 대각선 슬롯에 의해 RHCP가 발생하며, 대각선 슬롯을 반대방향으로 할 경우 LHCP(Left Hand Circular Polarization)가 발생하게 된다[9],[10]. 사각 패치면의 모서리의 슬롯들은 이중 대역을 형성하는 전류 흐름을 만든다. 제안된 안테나는 Zeland사의 IE3D 전산 모의 실험 프로그램을 사용하여 전산 모의 실험을 하였고, 전산 모의 실험을 기반으로 제작하여 측정하였다.

Ⅲ. 단일 급전 이중 대역 원형 편파 사각 패치 안테나

표 1에서 제시된 파라미터 값으로 Zeland사의 IE-

표 1. 제안된 안테나의 설계 파라미터
Table 1. Design parameters of the proposed antenna. (unit: mm)

L_1	L_2	L_3	L_4	h
90.0	77.9	28.5	22.2	5.0
F_g	W_1	W_2	W_3	ε_r
23.8	1.8	7.7	3.3	1.0

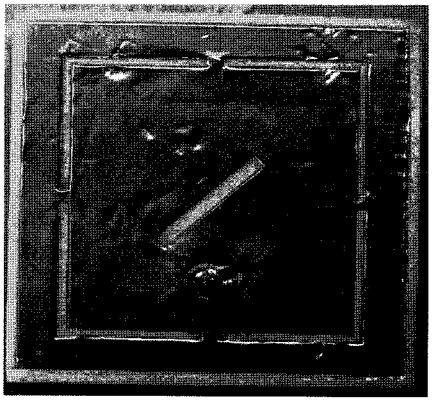
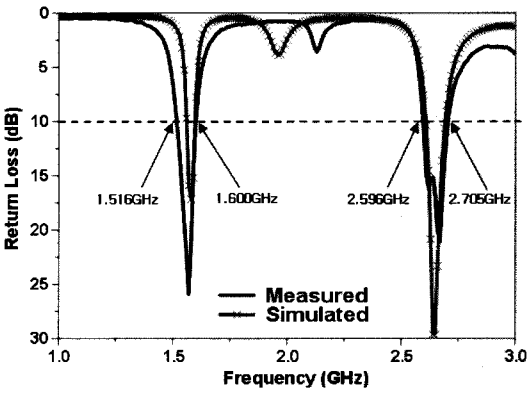


그림 2. 제작된 단일 급전 이중 대역 원형 편파 사각 패치 안테나
Fig. 2. Implemented single-feed dual-band circular polarization square patch antenna.

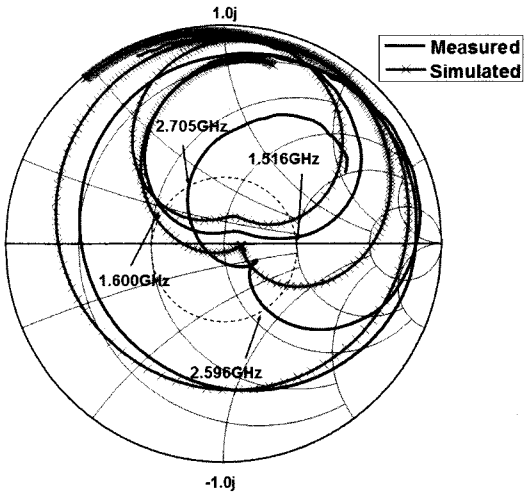
3D 전산 모의 실험 프로그램을 사용하여 제안된 안테나의 전기적 특성에 관하여 전산 모의 실험을 하였고, 전산 모의 실험 결과를 기반으로 하여 제작하여 특성을 측정하였다.

그림 2는 구현된 안테나의 사진이다. 패치면보다 큰 사이즈인 90 mm×90 mm 크기의 사각형 접지판 위에 유전율이 공기와 비슷한 두께 5.0 mm의 스티로폼을 두고 그 위에 크기가 77.9 mm×77.9 mm인 사각 패치를 구성하였다. 사각 패치 각각의 모서리에는 측면으로부터 7.7 mm 떨어진 곳에 28.5 mm×1.8 mm 슬롯이 직각으로 구성되어 4개가 위치하며, 패치면의 중앙에는 22.2 mm×3.3 mm의 슬롯이 급전 위치를 기준으로 오른쪽이 위쪽으로 기울어진 대각선으로 구성된다. 단일 급전으로 패치의 하단 측선에서 23.8 mm 떨어진 곳에 프로브 급전 방식으로 급전하였다.

그림 3(a)와 (b)는 반사 손실과 임피던스 궤적에 대한 전산 모의 실험 결과와 측정 결과를 보여준다. 먼저 그림 3(a)는 반사 손실로 전산 모의 실험 결과,



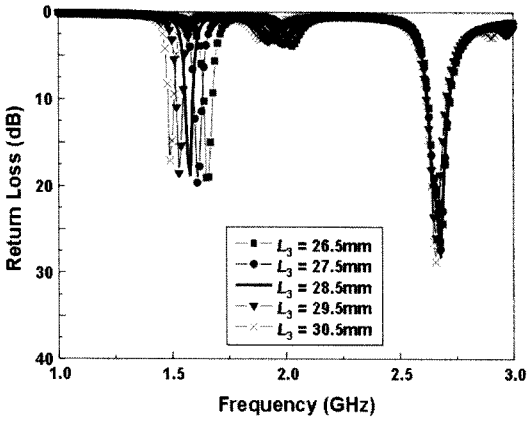
(a) 반사 손실
(a) Return loss



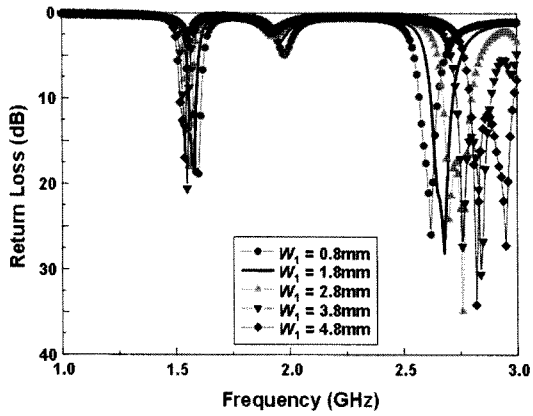
(b) 임피던스 궤적
(b) Impedance loci

그림 3. 반사 손실과 임피던스에 대한 전산 모의 실험 및 측정 결과
Fig. 3. Simulated and measured results on return loss and impedance loci.

S_{11} 값 −10 dB를 기준으로 낮은 대역에서 1.556 GHz~1.598 GHz로 42 MHz의 대역폭을 가지며, 높은 대역에서 2.608 GHz~2.694 GHz로 86 MHz의 대역폭을 보였다. 측정 결과, 낮은 대역에서 1.516 GHz~1.600 GHz로 84 MHz의 대역폭을 가지며, 높은 대역에서 2.596 GHz~2.705 GHz로 109 MHz의 대역폭을 보였다. 낮은 대역은 GPS 서비스가 제공되는 1.575 GHz를 만족하며, 높은 대역에서는 위성 DMB 서비스가 제공되는 2.630 GHz~2.655 GHz를 만족한다. 그림 3(b)는 임피던스 궤적으로 전산 모의 실험 결과



(a) L_3의 변화에 따른 안테나 반사 손실
(a) Return loss of the antenna vs L_3



(b) W_1의 변화에 따른 안테나 반사 손실
(b) Return loss of the antenna vs W_1

그림 4. 안테나 반사 손실에 대한 전산 모의 실험 결과
Fig. 4. Simulation results on the return loss of the antenna.

와 유사한 측정 결과를 얻을 수 있었으며, 전산 모의 실험과 측정 결과의 궤적상에 두 곳에서 kink가 발생하고 있음을 볼 수 있어 두 대역에서 원형 편파가 발생되는 것을 확인할 수 있다.

그림 4는 제안된 안테나의 크기 변화에 따른 반사 손실의 변화를 보이고 있다. 그림 4(a)는 슬롯의 길이인 L_3의 변화에 따른 반사 손실의 변화를 나타내고 있으며, 슬롯의 길이가 길어지거나 짧아짐에 따라 1.5 GHz 대역의 중심 주파수가 변하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 그림 4(b)는 슬롯의 폭인 W_1의 변화에 따른 반사 손실의 변화를 나타내고 있으며,

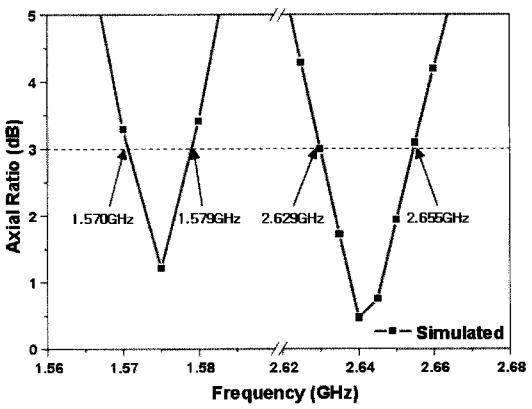


그림 5. 축비에 대한 전산 모의 실험 결과
Fig. 5. Simulation results on the axial ratio.

슬롯의 폭이 넓어지거나 좁아짐에 따라 2.6 GHz 대역의 중심 주파수가 변하는 것을 확인할 수 있었다.

그림 5는 축비에 대한 전산 모의 실험 결과로 3 dB 축비 대역폭은 낮은 대역에서 1.570 GHz~1.579 GHz으로 9 MHz의 대역폭을 보이며, 높은 대역에서 2.629 GHz~2.655 GHz으로 26 MHz의 대역폭을 보였다. 전산 모의 실험 결과, 낮은 대역에서는 GPS 서비스가 제공되는 주파수를 만족하며, 높은 대역에서는 DMB 서비스가 제공되는 주파수 대역인 2.630 GHz~2.655 GHz 주파수 대역을 만족하는 것을 알 수 있다. 전반적으로 주파수 대역을 만족하는 특성을 보인다.

그림 6은 구현된 안테나의 측정된 최대 이득을 나

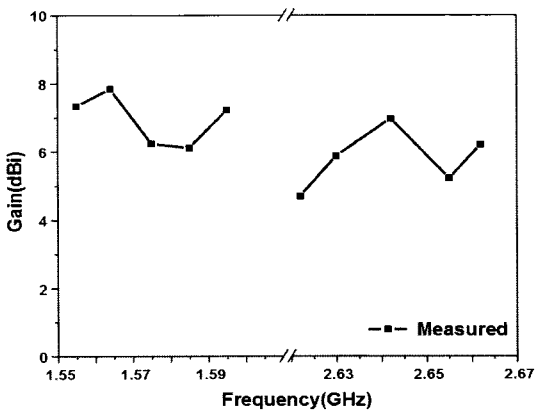
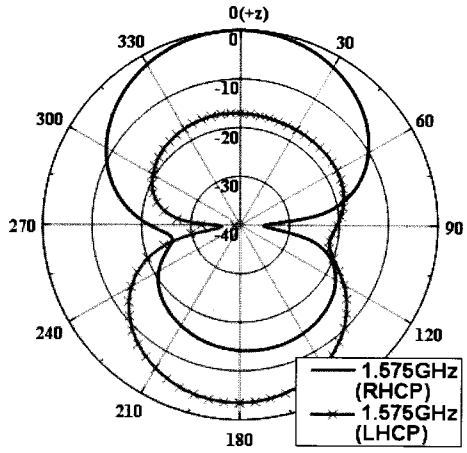
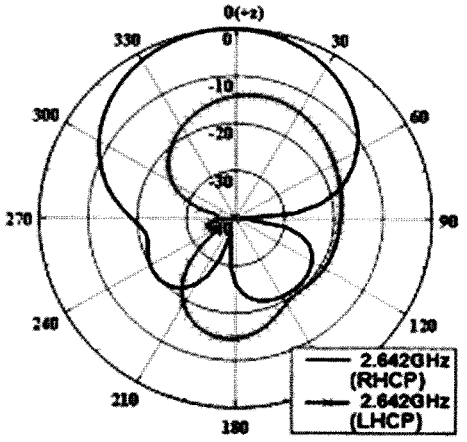


그림 6. 구현된 안테나의 최대 선형 이득 측정 결과
Fig. 6. Measured peak linear gain of the implemented antenna.



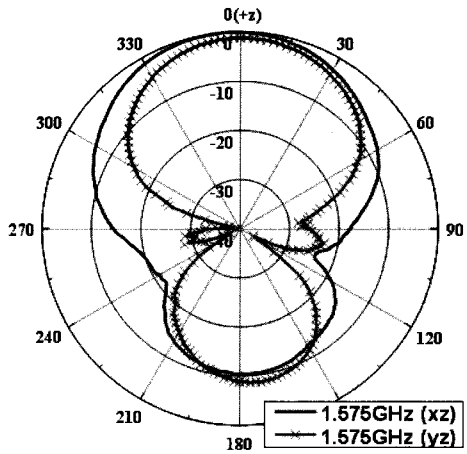
(a) 1.575 GHz



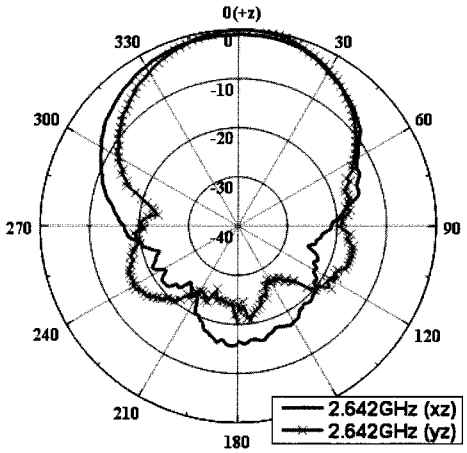
(b) 2.642 GHz

그림 7. 제안된 안테나의 방사 패턴 전산 모의 실험 결과(정규화)

Fig. 7. Simulated radiation patterns of the proposed antenna(normalized).



(a) 1.575 GHz



(b) 2.642 GHz

그림 8. 구현된 안테나의 방사 패턴 측정 결과(정규화)

Fig. 8. Measured radiation patterns of the implemented antenna(normalized).

타내고 있다. 전자파 무반사실에서 송신 안테나로 선형 표준 안테나를 사용하여 각 주파수별로 측정된 안테나 이득으로서 대체적으로 높은 이득을 보이는 것을 알 수 있다. 낮은 대역인 GPS 주파수에서 6.23 dBi의 안테나 이득을 보이며, 높은 대역인 DMB 주파수 대역인 2.642 GHz에서 6.97 dBi의 안테나 이득을 보인다.

그림 7, 8은 제안된 안테나의 정규화된 방사 패턴을 나타내고 있는데, 그림 7(a)와 (b)는 제안된 안테나의 XZ 평면에서의 전산 모의 실험 결과를 보여준다. 그림 7(a)는 GPS 대역인 1.575 GHz 에서의 방사 패턴으로 최대 선형 이득이 6.57 dBi 이었으며, 그림 7(b)는 DMB 대역인 2.642 GHz의 방사 패턴으로 7.79 dBi의 최대 선형 이득을 보였다. 그림 7(a)와 (b)에서 알 수 있듯이 RHCP는 Z방향으로 크게 방사되며, LHCP는 작게 방사되는 것을 볼 수 있다.

그림 8(a)와 (b)는 구현된 안테나의 정규화된 방사 패턴 측정 결과를 보여준다. 그림 8(a)는 GPS 대역인 1.575 GHz의 방사 패턴으로 HPBW(Half Power Beam Width)는 XZ 평면을 기준으로 72°가 됨을 보였다. 그림 8(b)는 DMB 대역인 2.642 GHz의 방사 패턴으로 HPBW는 XZ 평면을 기준으로 70°가 됨을 알 수

있다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 GPS/DMB 수신용 단일 급전 이중 대역 원형 편파 사각 패치 안테나의 새로운 구조를 제안하였다. 제안된 구조는 사각 패치면의 모서리에 꺾어진 슬롯을 가지며, 패치면 중앙에 대각선 슬롯을 가지는 구조이다. 제안된 구조의 대각선 슬롯은 원형 편파를 형성하는 전류 흐름을 만들며, 사각 패치면의 모서리의 슬롯들은 이중 대역을 형성하는 전류 흐름을 만든다.

구현된 안테나의 측정 결과, 반사 손실은 S_{11} 값 −10 dB를 기준으로 낮은 대역에서 1.516 GHz~1.600 GHz로 84 MHz의 대역폭을 가지며, 높은 대역에서 2.596 GHz~2.705 GHz로 109 MHz의 대역폭을 보였다. 두 대역에서 원형 편파를 발생하는 kink가 형성되는 것을 임피던스 궤적으로 확인할 수 있었다. 안테나의 방사 패턴 측정 결과, GPS 대역인 1.575 GHz에서 6.23 dBi의 최대 선형 이득과 HPBW는 XZ 평면을 기준으로 72°를 나타냈으며, DMB 대역인 2.642 GHz에서 6.97 dBi의 최대 선형 이득과 HPBW는 XZ 평면을 기준으로 70°로 나타났다.

제안된 안테나는 단일 급전 구조로서 GPS/DMB 수신용 이중 대역 원형 편파 특성을 보였다. 다양한 응용 모델에 따라 안테나 유전체의 유전율을 조정한다면 다양한 분야에 용이하게 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, 2001.

[2] 이상운, "지상 및 위성 DMB 표준화 추진", TTA 저널 제92호, pp. 103-108, 2004년 5월.

[3] D. M. Pozar, S. M. Duffy, "A dual-band circularly polarized aperture-coupled stacked microstrip antenna for global positioning satellite", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 45, pp. 2296-2298, 1996.

[4] D. Sanchez-Hernandez, G. Passiopoulos, M. Ferrando, E. Reyes, and I. D. Robertson, "Dual-band circularly polarized microstrip antennas with a single feed", *Electron. Lett.*, vol. 32, pp. 2296-2298, 1996.

[5] G. B. Hsieh, M. H. Chen, and K. L. Wong, "Single feed dual-band circularly polarized microstrip antenna", *Electron. Lett.*, vol. 34, pp. 1170-1171, 1998.

[6] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, 1998.

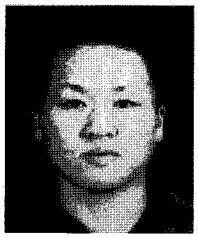
[7] 이문수, 전성근, 안테나 이론, 2nd Ed., 미래컴, 2001.

[8] Kai-Ping Yang, Kin-Lu Wong, "Dual-band circularly-polarized square microstrip antenna", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 49, pp. 377-382, 2001.

[9] Hyuck Jin Kim, Ki Suk Yoon, Sung Min Kim, and Woon Geun Yang, "Design and implementation of dual band circular polarization square patch antenna for the reception of GPS and S-DMB signals", *Proc. of IEEE AP-S International Symposium*, pp. 2657-2660, Jul. 2006.

[10] 김혁진, 김성민, 양운근, "다수의 슬롯을 이용한 이중 대역 원형 편파 사각패치 안테나 설계 및 구현", 추계 대한전자공학회 종합학술대회 논문집, 28(2), pp. 123-126, 2005년 11월.

윤 기 석

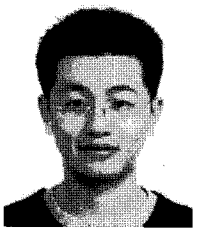


2006년 8월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)

2006년 9월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정

[주 관심분야] RFID, RF 수동소자, 단말기 내장형안테나

김 혁 진



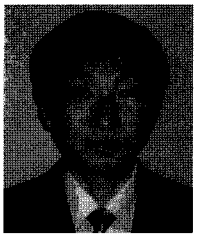
2005년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)

2007년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학석사)

2007년 3월~현재: 한국전산원 U-IT Cluster 연구주임

[주 관심분야] RFID, 이동통신, 안테나

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 정보이론연구회 위원장

2001년 5월~2002년 2월: 한국전자통신연구원 무선방송연구소 초빙연구원

2002년 3월~2007년 12월: (주)JT 기술자문교수

2003년~2005년: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's Who in the World" 등재

2005년~2006년: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's Who in Science and Engineering" 등재

[주 관심분야] 이동통신 단말기, 안테나, 전자파 비흡수율