

GPS와 DMB 신호 수신을 위한 단일 급전 이중 대역 원형 편파 삼각 패치 안테나 설계 및 구현

Design and Implementation of Single-Feed Dual-Band Circular Polarization Triangular Antenna for Reception of GPS and DMB Signals

이 원 규 · 김 성 민 · 양 운 근

Won Kew Lee · Sung Min Kim · Woon Geun Yang

요 약

단일 급전을 가진 안테나로서 이중 대역에서 원형 편파를 수신하기 위하여 막대형 슬롯을 가진 삼각 패치 안테나를 제안하였다. 이중 대역의 높은 주파수 대역과 낮은 주파수 대역에서의 공진 주파수비를 크게 하기 위하여 슬롯 구조를 막대형에서 H 형으로 변형한 안테나를 또한 제안하였다. 막대형 슬롯의 3가지 설계 예를 검토하고, GPS(Global Positioning System)와 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 신호를 수신하기 위해 공진 주파수비를 크게 할 수 있는 H 형 슬롯의 안테나를 4가지 경우에 대하여 전산 모의 실험하여 특성을 검토하였다. 이들 중 요구되는 주파수비 특성을 보이는 경우에 대하여 S_{11} , 축비, 방사 패턴 등을 전산 모의 실험한 후 제작하여 전기적 특성을 측정하였다. 전산 모의 실험에서 축비와 최대 이득은 낮은 주파수 대역의 GPS 주파수 1.575 GHz에서 각각 3.80 dB, 8.85 dBi의 결과를 보였으며, 높은 주파수 대역의 2.642 GHz에서 각각 2.02 dB, 8.60 dBi의 결과를 나타내었다. 구현된 안테나의 측정된 S_{11} 값은 낮은 대역인 GPS 신호 주파수와 높은 주파수 대역인 DMB 신호 주파수 대역에서 각각 -12.43 dB와 -18.75 dB 이하의 특성을 보였다.

Abstract

We propose a novel single-feed triangular patch antenna with bar-type slots for dual-band circular polarization operation. And also propose a H-type slotted triangular patch antenna to enhance the ratio of the resonance frequencies. 3 cases of design examples with bar-type slots were investigated and also 4 cases of H-slotted antennas were investigated to meet the dual-band requirement for GPS(Global Positioning System) and DMB(Digital Multimedia Broadcasting). One suitable design example was implemented and measured. Simulation results of the design example for GPS and DMB system show that axial ratio and maximum gain are 3.80 dB, 8.85 dBi for low-band at 1.575 GHz and 2.02 dB, 8.60 dBi for high-band at 2.642 GHz, respectively. Measured results of the implemented antenna show that S_{11} is -12.43 dB for low-band at 1.575 GHz and less than -18.75 dB for high-band, respectively.

Key words : GPS(Global Positioning System), DMB(Digital Multimedia Broadcasting), Circular Polarization, Triangular Antenna, Single-Feed, Dual-Band

I. 서 론

21세기 정보화 사회를 구현하기 위해서는 위성 통신의 장점을 이용한 통신망이 필연적으로 요구되

고 있다. 위성통신 서비스는 넓은 지역에 정보를 동시에 전달할 수 있으며, 지상 재해의 영향을 받지 않아 정보 통신망의 중추적 역할을 하고 있다^[1]. 디지털 멀티미디어 방송(DMB: Digital Multimedia Broad-

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

· 논문 번호 : 20050511-055

· 수정완료일자 : 2005년 9월 9일

casting) 서비스는 이동하면서도 각종 단말기를 통해 고화질로 프로그램을 시청할 수 있는 차세대 방송을 주도할 서비스로 주목받고 있다. DMB는 지상파 DMB와 위성 DMB로 나누어지며, 위성 DMB의 경우 서비스 커버리지는 크게 위성 직접 수신 지역과 음영 지역으로 나눌 수 있다. 위성은 정지위성으로 남남동 방향의 45° 상공에 위치하고 있어 위성이 직접 보이는 지역은 전국 어디서나 수신 가능하며, 도심 및 지하 등 음영 지역은 별도의 갭필러(gap filler)를 이용한 중계로 수신 가능하다. 우리나라 위성 DMB 주파수는 일본과 함께 S-밴드에서 2.630 GHz~2.655 GHz의 주파수를 사용하며, 전송 방식은 CDM(Code Division Multiplexing) 방식을 채택하였다. 이러한 위성 DMB 서비스를 수신하기 위한 안테나는 편파 특성과 이동체에 장착 등의 문제가 고려되고 있으며, 현재 마이크로 스트립 패치 안테나를 이용한 위성 DMB 안테나의 연구가 활발하게 이루어지고 있다^[2].

마이크로스트립 안테나의 패치 소자와 패치 배열은 인쇄형 안테나의 가장 일반적인 형태이고, 패치 안테나의 본격적인 연구는 1970년대에 시작되어 그동안 유용한 설계 방법이 많이 나왔다. 평면 및 입체 면상에서의 간결성과 적합성, MMIC(Microwave Monolithic Integrated Circuit) 설계와 양립하여 사용하고 자 할 때, 특별한 패치의 형태와 모드로 공진 주파수, 편파, 복사 패턴과 임피던스의 형태에 의하여 다양하게 선택되어질 수 있을 뿐만 아니라 현대의 기술을 이용하면 생산하기가 간단하고 경제적이다^{[3][4]}. 단점으로는 유전체 손실과 급전 손실에 의해 안테나의 이득이 제한을 받고, 주파수 대역폭이 좁으며, 가용 전력량이 작다는 점을 가지고 있다^[5].

현재 차량의 경우 GPS(Global Positioning System)를 이용한 네비게이터 등과 같은 장치를 많이 부착하고 또한, 최근에 DMB 수신기를 장착하는 경우가 늘어나고 있다. 이 경우에 각각의 안테나를 사용하는 것보다 하나의 안테나로 GPS와 DMB 신호를 수신하게 된다면, 안테나의 차지하는 공간과 안테나와 수신기 사이의 배선을 최소화 할 수 있다. 이러한 GPS와 DMB 신호를 수신할 수 있는 기존의 안테나는 각각 별개로 사용하거나, 단일 패치면 위에 패치의 구조 변화를 통해 이중 대역의 수신용으로 사용하였고, 또는 적층 구조를 갖는 안테나를 사용하여

이중 대역 수신을 하였다. 그러나, 적층 구조로 인하여 안테나의 제작이 어렵고, 경제적으로도 단일 패치보다 제작비가 상승이 되는 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 이와 같이 기존의 두 개의 안테나로 DMB 및 GPS 각각의 신호를 수신하는 점을 보완하기 위해, 단일 패치면 위에 단일 피드점과 다중 슬롯 구조를 사용하여 이중 대역에서 원형 편파 신호를 수신할 수 있는 안테나를 설계, 구현하고자 한다. 단일 급전 T-슬롯 삼각 패치 안테나에 막대형 슬롯을 삽입하여 이중 대역 원형 편파를 수신할 수 있는 안테나를 제안하고, 기본 형태인 삼각형 패치 안테나의 전류 벡터와 T 형 슬롯이 있는 경우 그리고 제안된 막대 형태의 슬롯을 가진 삼각형 패치 안테나의 전류 벡터를 관찰한다. 높은 주파수 대역과 낮은 주파수 대역의 공진 주파수비를 확대하기 위한 방법으로서 안테나의 슬롯 형태를 H 형으로 한 삼각 패치 안테나를 또한 제안한다. 막대형 슬롯을 가진 3가지 설계 예에 대하여 안테나를 전산 모의 실험을 통하여 공진 주파수, 축비 등의 특성을 관찰한다. 막대형 슬롯을 변형하여 H 형태의 슬롯을 가진 GPS와 DMB 신호를 수신할 수 있는 단일 급전 이중 대역 원형 편파 삼각 패치 안테나를 전산 모의 실험하고 구현한다. 제작된 안테나의 전기적 특성을 네트워크 분석기로 측정하여 평가한다.

2장에서는 제안된 안테나의 기본 개념과 두 가지 형태에 대하여 기술하고, 3장에서는 전산 모의 실험 결과와 구현된 안테나의 측정 결과를 분석하며, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 단일 급전 이중 대역 원형 편파 안테나

2-1 제안된 이중 대역 안테나의 기본구조

본 논문에서 제안하는 안테나는 1999년 Tang과 Wong에 의해 제안된 단일 대역의 원형 편파 안테나^[6]를 기본으로 하여 이중 대역에서 원형 편파가 되도록 한 것이다.

제안된 안테나의 원형 편파 특성은 삼각형 안테나에 T-슬롯을 삽입하면^[7] 단일 대역의 원형 편파 안테나로 동작한다. 이때, 급전점이 T-슬롯 하단의 왼쪽에 있으면 RHCP(Right Hand Circular Polarization)용 안테나로 동작하고, 오른쪽에 있으면 LHCP(Left

Hand Circular Polarization)용 안테나로 동작한다. 또한, T-슬롯이 삽입되지 않은 정삼각형 패치의 빗변 근처에 막대형 슬롯을 삽입하면 이중 대역 특성을 갖는 선형 편파 안테나로 동작하며, 막대형 슬롯의 길이에 따라 주파수비를 결정할 수 있다. 따라서 원형 편파 특성을 갖는 T-슬롯이 삽입된 삼각형 안테나에 이중 대역의 특성을 갖는 막대형 슬롯을 삽입하면, 원형 편파를 수신하면서 이중 대역 특성을 갖는 단일 패치 안테나로서 동작하게 된다.

그림 1은 제안된 안테나의 기본 구조이다. 설계 예의 경우 패치와 접지판 사이를 5 mm로 하였고 대역폭 개선과 유전체 손실을 최대한 줄이기 위해 유전율이 1인 공기층을 유전체로 사용하였다. 그림 1의 경우는 RHCP용 안테나가 된다.

그림 2는 삼각 패치면 위에서 슬롯이 없는 구조부터 T-슬롯이 삽입된 형태와 T-슬롯과 각 변에 근접한 막대형 슬롯이 삽입된 형태에서 전류 벡터의 변화를 보여 주고 있다. 그림 2(a)는 패치면 상에 슬롯이 없으며 전류 벡터 흐름으로 알 수 있듯이 선형 편파 특성을 갖는다. 그림 2(a) 구조와 같은 패치면 위에 그림 2(b)와 같이 T-슬롯을 삽입함으로써 전류의 흐름을 제어, 원형 편파 특성을 갖게한 뒤 그림 2(c)와 같이 삼각형 패치 각 변 부분과 근접하게 막대형 슬롯 구조를 삽입하여 이중 대역에서 원형 편파 특성을 갖도록 하였다.

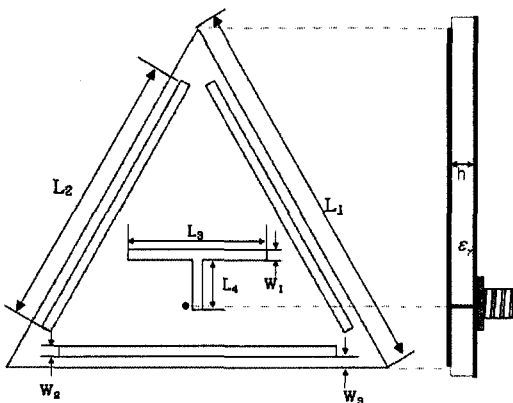
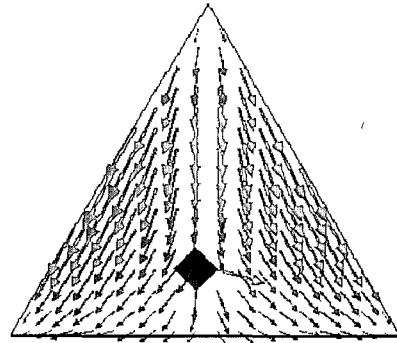
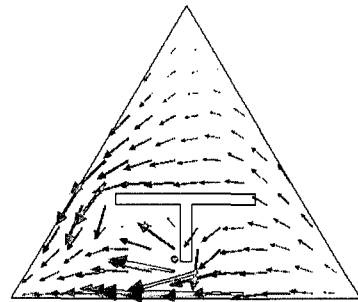


그림 1. 제안된 막대형 슬롯의 단일 급전 이중 대역 안테나의 구조

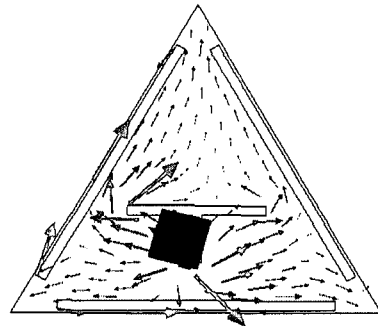
Fig. 1. Structure of the proposed bar-type slotted single-feed dual-band CP(Circular Polarization) antenna.



(a) 슬롯이 없을 때의 전류 벡터
(a) Current vector of an antenna without slot



(b) T-슬롯을 삽입했을 때의 전류 벡터
(b) Current vector of an antenna with T-slot



(c) 제안된 막대형 슬롯을 가진 안테나의 전류 벡터
(c) Current vector of the proposed antenna with bar-type slots

그림 2. 각 안테나 패치면 상의 전류 벡터
Fig. 2. Current vector of each antenna.

2.2 GPS와 DMB 신호 수신용 이중 대역 안테나

그림 1의 형태로서 몇 가지의 경우에 대하여 전산 모의 실험을 해본 결과 높은 주파수와 낮은 주파수의 비가 큰 경우에는 설계에 곤란함을 보였다. DMB 대역의 중심 주파수인 2.642 GHz와 GPS 신호 주파

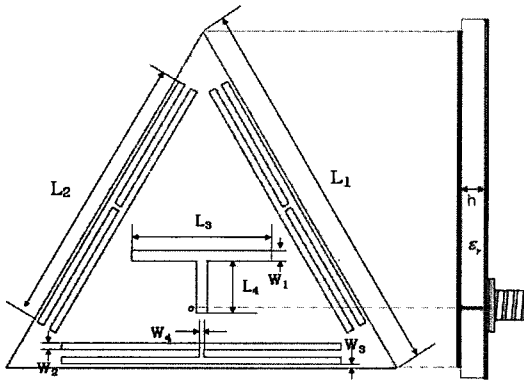
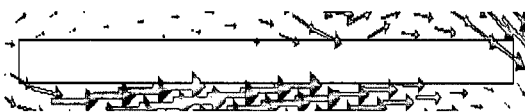


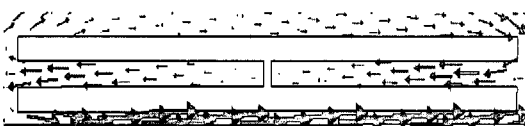
그림 3. 제안된 GPS와 DMB 신호 수신용 H 형 슬롯을 가진 원형 편파 안테나의 구조
 Fig. 3. Proposed H-type slotted CP antenna for GPS and DMB signals receiver.

수 1.575 GHz의 비는 1.677로서 기본 형태로 한 예에서의 경우보다 큰 값이 된다. 이러한 주파수비의 문제를 해결하기 위해, 막대형 슬롯의 모양을 그림 3과 같이 H자 모양으로 변형한 새로운 안테나를 제안한다.

그림 4는 패치면에 삽입된 슬롯의 변화에 따른 전류흐름을 보인다. 그림 4(a)는 표 1의 antenna 3을 낮은 주파수 대역의 공진점인 1.879 GHz에서 전산 모의 실험한 결과로서 삼각형 패치의 좌측에 삽입된 막대형 슬롯 근처의 전류 벡터를 나타내었다. 그림 4(b)는 제안된 GPS와 DMB 신호 수신용 안테나를 낮은 주파수 대역의 공진점인 1.575 GHz에서 전산 모의 실험한 결과로서 삼각형 패치의 좌측에 삽입된



(a) 막대형 슬롯 근처의 전류 벡터
 (a) Current vector around bar-type slot



(b) H 형 슬롯 근처의 전류 벡터
 (b) Current vector around H-type slot

그림 4. 슬롯 근처의 전류 벡터
 Fig. 4. Current vector around slot.

H 형 슬롯 근처의 전류 벡터를 나타내었다. H 형 슬롯 사이로 전류가 흐르기 때문에 막대형 슬롯 형태보다 전기적인 길이가 길어져 공진 주파수비가 변화되었다.

Ⅲ. 전산 모의 실험 및 측정 결과

Ansoft사의 Ensemble 8.0 평면 안테나 전산 모의 실험 프로그램을 사용하여 제안된 막대형 슬롯을 가진 기본 형태의 안테나를 3가지의 경우에 대하여 전산 모의 실험하였다. 공진 주파수비의 관점에서 전산 모의 실험 결과를 검토하였다. GPS와 DMB 신호를 수신하기 위하여 슬롯 구조를 H 형태로 변형하여 전산 모의 실험 후 구현하여 특성을 측정하였다.

3-1 막대형 슬롯을 가진 단일 급전 이중 대역 원형 편파 안테나 전산 모의 실험

막대형 슬롯을 가진 기본 형태 안테나 3가지의 경우에 대해 전산 모의 실험을 통하여 분석하였다. 또한, 파라미터의 변화에 따른 전기적 특성을 분석하였다.

표 1은 제안된 막대형 슬롯을 가진 이중 대역 삼각형 패치 안테나의 최적화된 파라미터 값에 따른 두 공진 주파수비 f_2 (높은 대역의 공진 주파수)/ f_1 (낮은 대역의 공진 주파수)를 나타낸 것이다.

그림 5는 표 1에 나와 있는 제안된 단일 급전 이중

표 1. 제안된 막대형 슬롯의 단일 급전 이중 대역 안테나의 설계 예

Table 1. Design examples of the proposed bar-type slotted single-feed dual-band antenna.

	Antenna 1	Antenna 2	Antenna 3
L_1 (mm)	75	77	77
L_2 (mm)	56	56	56
L_3 (mm)	28	28	28
L_4 (mm)	10	10	10
W_1 (mm)	2	2	2
W_2 (mm)	2	3	2.2
W_3 (mm)	0.6	1.7	1.0
f_1 (GHz)	1.992	1.874	1.879
f_2 (GHz)	2.645	2.718	2.695
f_2 / f_1	1.327	1.450	1.434

GPS와 DMB 신호 수신을 위한 단일 급전 이중 대역 원형 편파 삼각 패치 안테나 설계 및 구현

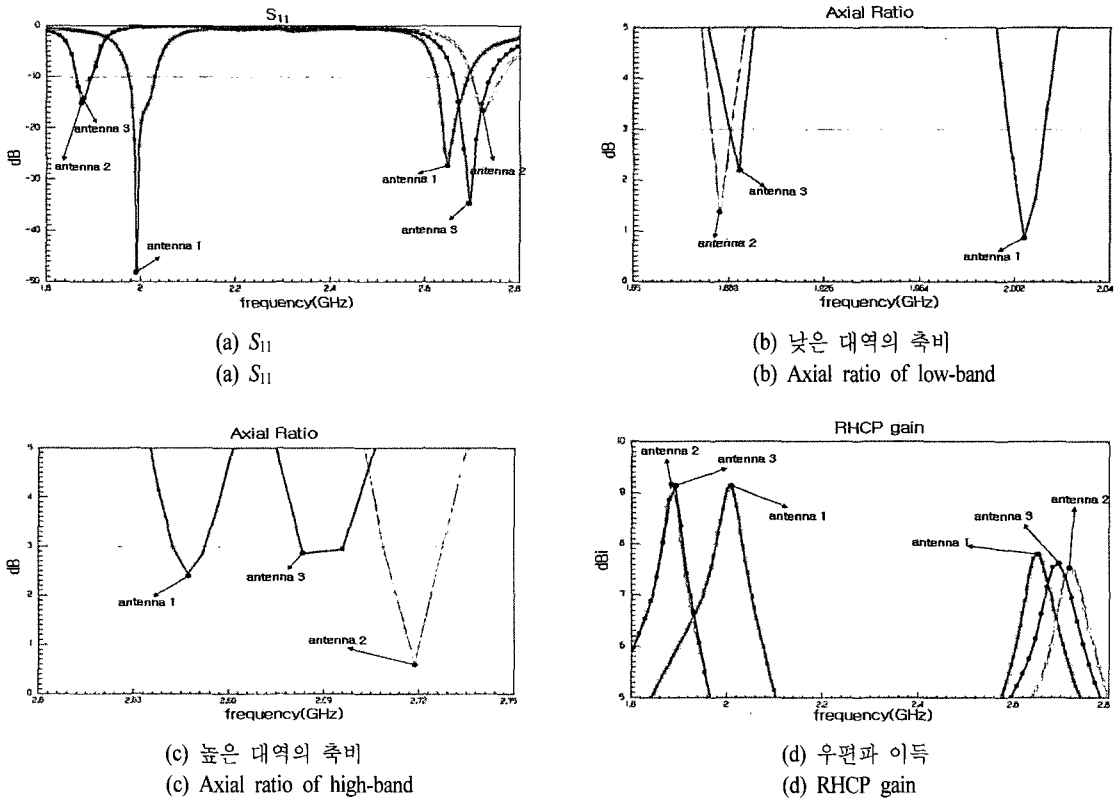


그림 5. 제안된 막대형 슬롯의 단일 급전 이중 대역 원형 편파 안테나의 전기적 특성 전산 모의 실험 결과
 Fig. 5. Simulated electrical characteristics for the proposed bar-type slotted single-feed dual-band CP antenna.

대역의 각 안테나들의 파라미터를 이용하여 전산 모의 실험에 의해 구한 특성 값들이다. 그림 5(a)에서는 각 안테나들의 S_{11} 값이 각각의 공진 주파수에서 -14 dB 이하의 특성을 보이며, 그림 5(b)에서는 낮은 대역에서의 각각의 공진 주파수에서의 축비가 최대 2.18 dB 최소 0.87 dB 정도의 양호한 특성을 보인다. 그림 5(c)에서는 높은 대역에서의 각각의 공진 주파수에서의 축비가 최대 2.84 dB 최소 0.61 dB로서 양호한 특성을 보인다. 그림 5(d)에서는 각 안테나들의 우편파 이득을 낮은 대역과 높은 대역에서 보여주는 그림으로서 각각의 공진 주파수에서 최소 7.55 dBi에서 최대 9.15 dBi가 되는 것을 볼 수 있다.

그림 6(a)는 제안된 antenna 1의 주파수 f_1 에서의 방사 패턴을, 그림 6(b)는 주파수 f_2 에서의 방사 패턴을 각각 보여주고 있다. 반전력 빔폭은 그림 6에 나와 있는 각 선분들 사이각으로 주파수 f_1 에서 66°의 특성을 보이며 f_2 에서는 74°의 특성을 보인다.

표 2는 antenna 1의 이득과 반전력 빔폭을 나타낸

다. 패치 안테나의 일반적인 특성인 이득이 높으면 빔폭이 작으며 이득이 낮으면 빔폭은 상대적으로 늘어나는 현상을 나타내었다. 또한, 표 3은 각 안테나의 f_1 과 f_2 에서의 대역폭을 나타내고 있다. 표 3은 제

표 2. Antenna 1의 이득과 반전력 빔폭

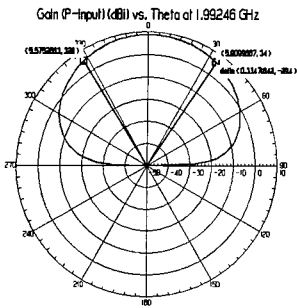
Table 2. Gain and beamwidth of antenna 1.

	이득(dBi)	빔폭(°)
f_1	9.1	66
f_2	7.7	74

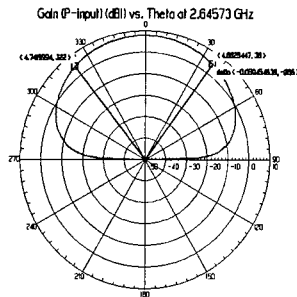
표 3. 제안된 막대형 슬롯 안테나들의 -10 dB 대역폭(MHz)

Table 3. -10 dB bandwidth of the proposed bar-type slotted antenna(MHz).

	Antenna 1	Antenna 2	Antenna 3
f_1	57	32	33
f_2	67	63	79



(a) Antenna 1의 낮은 대역 f_1 에서 방사 패턴
(a) Radiation pattern of antenna 1 in $\Phi=0$ plane at low-band f_1



(b) Antenna 1의 높은 대역 f_2 에서 방사 패턴
(b) Radiation pattern of antenna 1 in $\Phi=0$ plane at high-band f_2

그림 6. 제안된 막대형 슬롯의 단일 급전 이중 대역 안테나의 방사 패턴
Fig. 6. Radiation patterns for the proposed bar-type slotted single-feed dual-band antenna.

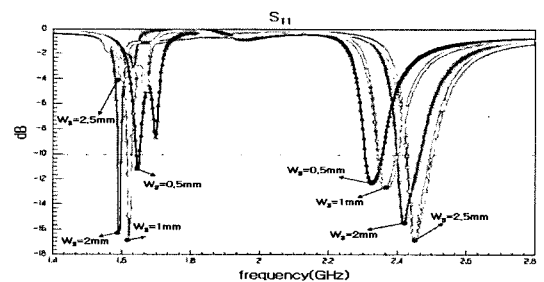
안된 안테나들의 -10 dB 대역폭을 나타내는 것으로서 낮은 대역 f_1 에서는 antenna 1이 57 MHz로 다른 안테나들보다 우수한 특성을 보이고 높은 대역 f_2 에서는 antenna 3이 79 MHz로 다른 안테나들보다 우수한 특성을 보이는 것을 확인할 수 있다.

패치 크기의 파라미터인 L_1 의 길이가 변화하면 공진 주파수의 변화가 있어야 한다. 그러나, 제안한 삼각형 안테나 근처에 삽입된 막대형 슬롯은 안테나 전체 크기에 맞춰 공진하는 낮은 대역 주파수와 막대형 슬롯의 안쪽으로 존재하는 내부 삼각형 크기에 맞춰 공진을 하는 원리를 이용한다. 표 1에서 antenna 1에서 L_1 값이 75 mm에서 antenna 2에서는 77 mm로 길이를 변화시켰을 때 공진 주파수는 두 대역 모두 낮아지는 결과를 보여야 한다. 그러나, ante-

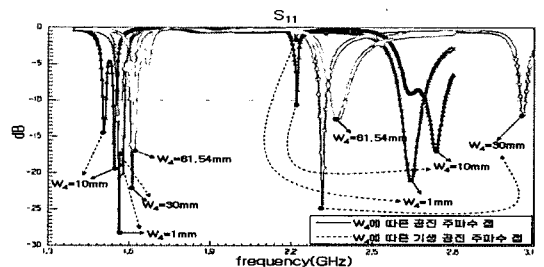
nna 2에서는 W_2 와 W_3 의 슬롯 두께를 넓게 하여 막대형 슬롯의 내부 삼각형 면적을 축소하였을 때 높은 대역의 공진 주파수가 상승하는 것을 확인할 수 있다. 이는 각변 근처에 삽입된 슬롯이 전체 크기와 막대형 슬롯의 안쪽으로 존재하는 내부 삼각형을 격리시켜줌으로써 이중 대역 특성을 갖게 하며 주파수비 또한 조정 가능하게 한다.

3-2 GPS와 DMB 신호 수신용 원형 편파 안테나

GPS와 DMB 신호를 수신하기 위한 안테나로서는 이중 대역의 공진 주파수비가 1.677은 되어야 한다. 3-1절에서 제안된 안테나의 파라미터는 이중 대역의 공진 주파수비의 한계점이 있기 때문에, 막대 슬롯의 구조적인 변형과 정삼각형 빗변과의 거리 조정을 통하여 두 공진 주파수비를 맞추었다. 패치 한 변의 길이는 패치면 상의 슬롯 추가로 인한 전류의 전기적 길이가 길어져서 공진 주파수의 반 파장보다 작아지게 된다. 낮은 대역의 주파수 반 파장보다 패치 한 변의 길이를 작게 설계하였다. 또한, 3-1절에



(a) 막대형 슬롯을 가진 안테나
(a) Antenna with bar-type slots



(b) H형 슬롯을 가진 안테나
(b) Antenna with H-type slots

그림 7. 제안된 안테나의 S_{11} 의 변화
Fig. 7. Variations of S_{11} of the proposed antenna.

서 설계한 안테나의 크기보다 크게 하여 이중 대역의 주파수비를 보다 쉽게 조정하였다.

그림 7(a)는 패치 각 파라미터 $L_1=86$ mm, $L_2=61.54$ mm, $L_3=30.68$ mm, $L_4=11.52$ mm, $W_1=2.34$ mm, $W_2=1.57$ mm로 고정한 후 W_3 값의 변화에 따른 두

공진 주파수비를 보여주고 있다. $W_3=0.5$ mm일 때의 주파수비는 1.416의 결과를 나타내었으며, $W_3=1$ mm일 때의 주파수비는 1.459의 결과를 나타내었다. 또한, $W_3=2$ mm와 2.5 mm일 때의 주파수비는 각각 1.515와 1.532의 값을 나타내고 있다.

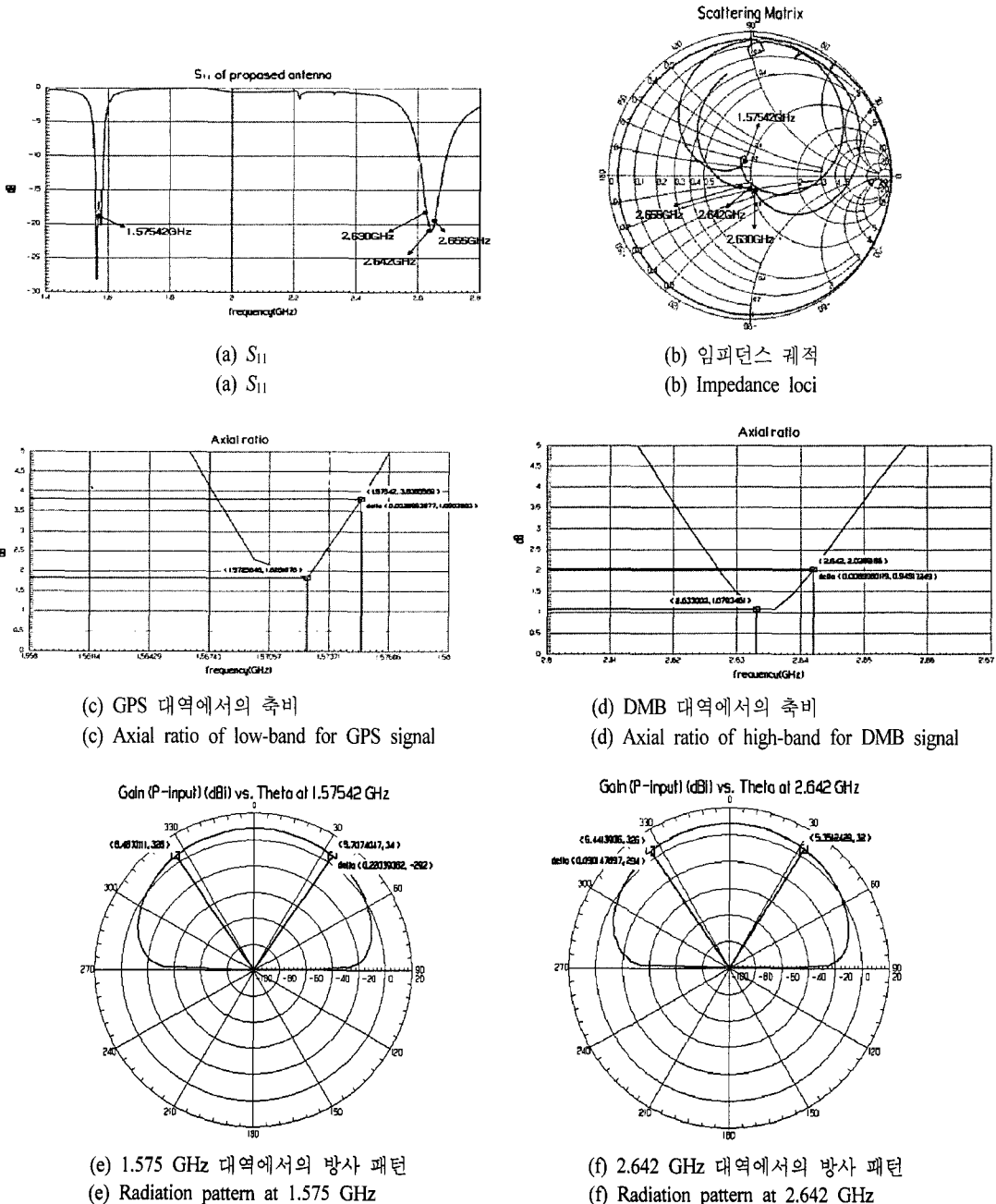


그림 8. GPS와 DMB 신호 수신용으로 제안된 H형 슬롯을 가진 안테나의 전기적 특성 전산 모의 실험 결과
 Fig. 8. Simulation results on electrical characteristics of the proposed H-type slotted antenna for GPS and DMB signals.

$W_3=2.5$ mm일 때는 낮은 대역의 S_{11} 의 특성이 좋지 않은 결과를 보여 $W_3=2.5$ mm의 파라미터 값은 지양하며, $W_3=2$ mm일 때는 축비 특성이 좋지 않은 결과를 보였다. 또한, $W_3=1$ mm일 때의 주파수비는 1.459이기 때문에 GPS와 DMB의 공진 주파수비인 1.677을 만족하지 못한다. 이 점을 해결하기 위하여 기존의 고정시켜 놓았던 안테나의 파라미터는 변화시키지 않고 그림 3과 같이 막대형 슬롯을 H 형 슬롯으로 변형하여 설계하였다.

그림 7(b)는 그림 3과 같이 막대형 슬롯을 H 형 슬롯으로 변형함으로써 생성되는 새로운 파라미터인 W_4 가 생성된다. 각각의 파라미터 값은 $L_1=86$ mm, $L_2=61.54$ mm, $L_3=30.68$ mm, $L_4=11.52$ mm, $W_1=2.34$ mm, $W_2=1.57$ mm, $W_3=1$ mm로 고정된 후, W_4 값의 변화에 따른 두 공진 주파수비를 보여 주고 있다. $W_4=61.54$ mm일 때 그림 1과 같은 막대형 슬롯 형태가 되므로 주파수비는 앞서 실험한 것과 같이 1.459의 결과를 나타내며, $W_4=1$ mm일 때의 주파수비는 1.677의 결과를 나타내었다. 또한, $W_4=10$ mm와 30 mm일 때 주파수비는 각각 1.767과 1.898의 값을 나타내었다.

표 4는 GPS와 DMB 신호를 수신하기 위한 안테나 파라미터를 나타내었다. 또한, 그림 8은 GPS와 DMB 신호 수신용 원형 편파 안테나를 표 4의 파라미터를 이용하여 전산 모의 실험에 의해 얻은 S_{11} 값과 임피던스 케적, 축비 등을 나타낸 것이다. 그림 8(a)에서 S_{11} 값이 GPS 대역인 1.575 GHz와 DMB 대역의 중심 주파수인 2.642 GHz에서 각각 -18 dB 이하로 비교적 양호한 특성을 나타내었다. 그림 8(c)와 (d)는 축비를 나타낸다. 낮은 주파수 대역인 GPS 대역에서는 3.80 dB의 결과를 보였고, 높은 주파수 대

역인 DMB 대역에서는 2.02 dB의 결과를 보였다. 그림 8(e)와 (f)는 안테나의 방사 패턴이다. 최대 이득은 GPS 대역과 DMB 대역에서 각각 8.85 dBi와 8.60 dBi를 나타내었다.

3-3 구현된 GPS와 DMB 신호 수신용 원형 편파 안테나 측정 결과

그림 9는 구현된 GPS와 DMB 신호 수신용 원형 편파 안테나의 샘플 사진이다. 안테나 구현시 그림 3에 나타난 것과 유사하게 적용하기 위해 패치와 접지판 사이의 거리를 5 mm로 제작하였다. 이러한 거리를 맞추기 위해 스티로폼을 패치 가장자리에 부착하여 제작하였다.

그림 10은 구현된 GPS와 DMB 신호 수신용 원형 편파 안테나의 측정 결과이다. 그림 10(a)에서 S_{11} 값이 GPS 대역과 DMB 대역에서 각각 -12.43 dB와 -18.75 dB 이하로 비교적 양호한 특성을 나타내고 있다. 그림 10(b)에서는 전압 정재파비를 보이고 있으며, GPS 대역과 DMB 대역에서 각각 1.69과 1.28로서 양호한 특성을 보이고 있다. 그림 10(c)에서 보이는 것과 같이 임피던스 케적도 50 Ω 근처로 잘 정합됨을 확인할 수 있다.

표 5는 전산 모의 실험 결과와 제작된 안테나의 측정 결과의 S_{11} 에 대하여 비교하였다. 측정 결과는 DMB 대역에서는 전산 모의 실험과 유사한 결과를 보이고 있으며, GPS 대역에서는 전산 모의 실험 결과

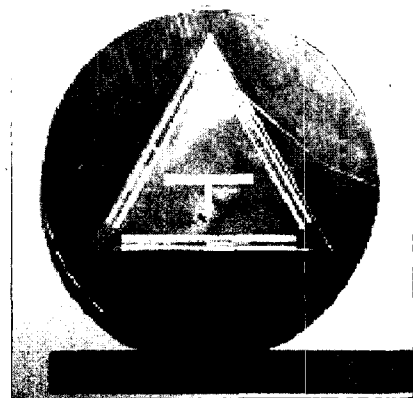
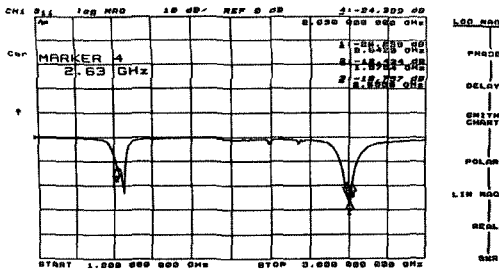


그림 9. GPS와 DMB 신호 수신용 원형 편파 안테나
Fig. 9. Photograph of the implemented antenna for GPS and DMB signals receiver.

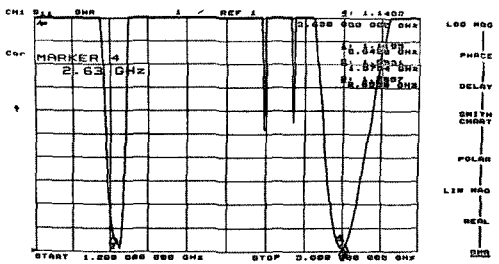
표 4. 제안된 GPS와 DMB 신호 수신용 H 형 슬롯을 가진 안테나 설계 파라미터

Table 4. Design parameters of the proposed H-type slotted antenna for GPS and DMB signals receiver.

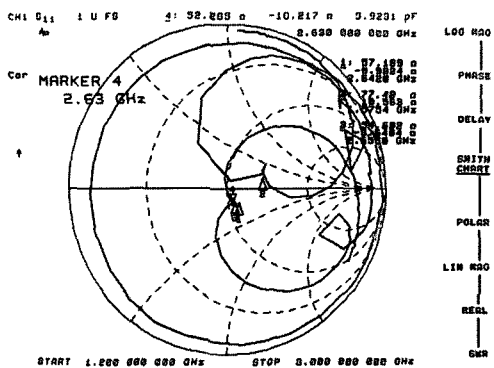
L_1 (mm)	L_2 (mm)	L_3 (mm)	L_4 (mm)
86.00	61.54	30.68	11.52
W_1 (mm)	W_2 (mm)	W_3 (mm)	W_4 (mm)
2.34	1.57	1.00	1.00



(a) S_{11}
(a) S_{11}



(b) 전압 정재파비
(b) VSWR



(c) 임피던스 궤적
(c) Impedance loci

그림 10. 구현된 GPS와 DMB 신호 수신기용 H 형 슬롯을 가진 안테나의 전기적 특성 측정 결과
Fig. 10. Measured electrical characteristics of the implemented H-type slotted antenna for GPS and DMB signals receiver.

보다 다소 낮은 결과를 보이고 있으나, GPS와 DMB 신호 수신 안테나로 적용 가능한 성능을 보이고 있다.

IV. 결론

표 5. 제안된 GPS와 DMB 신호 수신용 H 형 슬롯을 가진 안테나의 전산 모의 실험 결과와 측정 결과의 비교

Table 5. Measured and simulation results on S_{11} for the proposed GPS and DMB signals receiving H-type slotted antenna.

	전산 모의 실험 결과		측정 결과	
	GPS 대역	DMB 대역	GPS 대역	DMB 대역
S_{11}	-18 dB 이하	-12.43 dB	-12.43 dB	-18.75 dB

본 논문에서는 단일 급전을 가진 안테나로서 이중 대역에서 원형 편파를 수신하기 위하여 막대형 슬롯을 가진 패치 안테나를 제안하였다. 이중 대역의 높은 주파수 대역과 낮은 주파수 대역에서의 공진 주파수비를 크게 하기 위하여 제안된 안테나의 슬롯 구조를 막대형에서 H 형으로 변형한 안테나를 또한 제안하였다. 막대형 슬롯을 가진 안테나를 3가지 경우에 대하여 공진 주파수, 축비, 이득의 관점에서 검토하였다. 이중 대역의 설계 예로서 GPS와 DMB 신호를 수신하기 위한 안테나를 구현하기 위하여 공진 주파수비를 크게 할 수 있는 H 형 슬롯의 안테나를 4가지 경우에 대하여 전산 모의 실험하여 특성을 검토하였다. 이들 중 요구되는 주파수비 특성을 보이는 경우에 대하여 S_{11} , 축비, 방사 패턴 등을 전산 모의 실험한 후 제작하여 전기적 특성을 측정하였다.

막대형 슬롯을 가진 경우에 대하여 설계된 예의 경우에서 전산 모의 실험 결과, S_{11} 값은 전체적으로 -14 dB 이하의 양호한 특성을 나타내었으며, 전압 정재파비도 1.50 이하로 양호한 특성을 나타내었다. 원형 편파의 가장 큰 특성인 축비도 2.84 dB 이하의 특성을 보였다. GPS와 DMB 수신에 적합한 H 형 슬롯을 가진 설계 예($W_4=1$ mm인 경우)에서 전산 모의 실험 결과 S_{11} 값은 GPS 대역과 DMB 대역에서 각각 -18 dB 이하로 비교적 양호한 특성을 나타내었다. 축비와 최대 이득은 1.575 GHz GPS 주파수에서 각각 3.80 dB, 8.85 dBi의 결과를 보였으며, DMB 대역의 중심 주파수 2.642 GHz 대역에서 각각 2.02 dB, 8.60 dBi의 결과를 나타내었다. 구현된 안테나의 측정된 S_{11} 값은 낮은 대역인 GPS 신호 주파수와 높은 주파수 대역인 DMB 신호 주파수 대역에서 각각 -12.43 dB과 -18.75 dB 이하의 특성을 보였다.

구현된 안테나는 기존에 개발된 적층 구조의 이중 대역 안테나 및 두 개의 급전 방식을 사용한 안테나보다 단일 급전과 단일 패치의 구조라는 장점이 있다. 향후 지속적인 연구를 통해 단일 급전과 단일 패치로 다중 대역을 사용할 수 있는 안테나를 설계할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 제품화시 유전율이 높은 유전체를 사용한다면, 크기의 소형화도 가능하며, 차량용으로도 활용성이 높을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] L. Y. Kantor, *Handbook of Satellite Telecommunication and Broadcasting*, Artech House, 1987.
 [2] 김창환, "위성 DMB 서비스 동향", 전자정보센터 IT 리포트, 2003년.
 [3] W. G. Yang, D. S. Kim, J. A. Ju, and D. S. Kim, "Experimental results of patch antenna for wire-

less local loop", *Proc. of ICEIC '98*, pp. II-326-II-329, Aug. 1998.
 [4] C. A. Wong, J. Y. Wu, "A circularly polarized small-size microstrip antenna with a cross slot", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 44, pp. 1399-1401, Oct. 1996.
 [5] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, 1998.
 [6] C. L. Tang, K. L. Wong, "Single-feed slotted equilateral-triangular microstrip antenna for circular polarization", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 47, pp. 1174-1178, Jul. 1999.
 [7] 김성민, 이원규, 오종대, 손지명, 김혁진, 양운근, "위성 디지털 멀티 미디어 방송 서비스 수신용 삼각형 패치 안테나 설계 및 구현", 통신학회 추계 종합학술대회논문집, vol. 30, pp. 11-29, 2004년 11월.

이 원 규



2000년 8월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
 2003년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 박사과정
 [주 관심분야] 이동통신, 패치안테나, SAR 저감방법, 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 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 초빙 연구원
 2002년 3월~2005년 현재: (주)JT 기술자문교수
 2003년, 2004년, 2005년: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's Who in the World" 등재
 2005-2006년: 세계인명사전 마르퀴즈 "Who's Who in Science and Engineering" 등재
 [주 관심분야] 이동통신 단말기, 안테나, 전자파 비흡수율

김 성 민



2005년 2월: 인천대학교 전자공학과 (공학사)
 2005년 3월~현재: 인천대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] 안테나 및 통신이론