

위성 DMB와 ITS 서비스 수신을 위한 단일 급전 이중 대역 원형 패치 안테나 설계

Design of a Single-Feed Dual-Band Circular Antenna for Reception of S-DMB and ITS Services

김영상 · 노승진 · 김남수 · 고진현* · 하재권*

Young-Sang Kim · Seung-Jin Noh · Nam-Soo Kim · Jin-Hyun Ko* · Jae-Kwon Ha*

요 약

본 논문에서는 단일 급전을 이용하여 위성 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)와 ITS(Intelligent Transport Systems) 서비스를 수신할 수 있는 이중 대역 원형 패치 안테나의 구조를 제안하고, 실제 제작을 통하여 성능을 확인하였다. 제작한 이중 대역 안테나는 위성 DMB 대역과 ITS 대역에서 각각 90 MHz와 180 MHz의 -10 dB 대역폭을 갖고, 최소 반사 손실은 약 -35 dB와 -18 dB로 측정되었는데, 이는 시뮬레이션 결과와 잘 일치하였다. 그리고, 위성 DMB와 ITS 대역의 안테나 이득은 각각 2.3 dBi와 2.7 dBi를 얻었다.

Abstract

In this paper, we proposed and fabricated the single-feed dual-band circular patch antenna for S-DMB(Satellite-Digital Multimedia Broadcasting) and ITS(Intelligent Transport Systems) services. The manufactured dual-band antenna showed that the measured -10 dB bandwidth and the minimum return loss was 90 MHz and -35 dB for S-DMB, 180 MHz and -18 dB for ITS, respectively. It is noticed that the measured and the simulated results are agreed well. And the antenna gain of S-DMB and ITS has 2.3 dBi and 2.7 dBi, respectively.

Key words : DMB, ITS, Dual Band, Single Feed

I. 서 론

무선 통신의 발달과 더불어 최근 국내에서는 고속 주행 중에도 TV를 시청할 수 있는 위성 DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 서비스가 실시되고 있으며, 그 중에서 위성 DMB 서비스는 상용화되어 있으며 지상파 DMB 서비스는 전국으로 확대하는 과정에 있다. 한편, 현행 교통 체계를 첨단화하기 위해 위치정보 서비스, 텔레매틱스 서비스 등이 결합된 ITS(지능형 교통 시스템: Intelligent Transport Sys-

tems) 서비스가 활성화 될 것으로 전망된다^[1].

이와 같은 상황 하에서 무선 통신망의 구축을 위해 가장 기본적이고 핵심적인 요소 중 하나는 신호를 송수신할 수 있는 고성능 안테나의 개발일 것이다.

현재 사용되고 있는 위성 DMB 수신 안테나는 중심 주파수가 2.63 GHz이고, 대역폭은 2.605~2.655 GHz까지 50 MHz를 갖는다. 그리고 ITS 서비스 수신 안테나는 중심 주파수 5.8 GHz, 대역폭은 5.795~5.815 GHz까지 20 MHz를 요구한다. 또한, DMB 전용 위성인 한별 위성이 남남동 방향의 45° 상공에

「본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.」

청주대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Computer and Communication Eng., Cheongju University)

*블루웨이브텔(주)(BluewaveTel Co., Ltd.)

· 논문 번호 : 20060707-074

· 수정완료일자 : 2006년 8월 29일

위치하고 있기 때문에, 위성 DMB 안테나는 주 빔(main lobe)이 45° 기울어진 방사 패턴을 가져야 하고, ITS는 노변 기지국이 약 30° 정도 기울어져서 설치되기 때문에 주행 중인 차량의 단말기가 이 신호를 수신하기 위하여 주 빔이 30° 기울어진 방사 패턴을 가져야 한다^[2].

서로 다른 두 주파수 대역의 두 가지 서비스를 수신하기 위한 방법으로는 두 가지 방법이 주로 사용되는데, 첫 번째 단일 패치면 위에 이중 급전을 이용하여 이중 대역을 구현하는 방법과^[3], 두 번째 적층 구조를 갖는 안테나를 사용하여 이중 대역을 구현하는 방법이 있다^[4]. 그러나, 적층 구조를 사용하는 경우에는 안테나의 제작이 용이하지 않을 뿐만 아니라, 안테나의 높이(profile)가 증가하는 문제점이 있다.

안테나에 급전하는 방법도 이중 대역의 각각의 주파수 대역마다 급전하는 방법과, 단일 급전을 이용하여 이중 대역을 구현하는 방법이 있다. 각각의 주파수 대역마다 급전하는 방법은 수신기가 서로 분리된 경우에는 유리하나, 두 가지 서비스를 동시에 수신하는 수신기에는 불리하다. 한편 단일 급전 방법은 안테나에 연결된 급전선이 단순한 장점도 가지고 있다. 단일 급전 방식을 구현하는 대표적인 방법으로는 단일 패치에 스텐브(stub), 단락 핀(short pin), 슬롯(slot)을 주로 사용하는데^[5], 이들 중 슬롯을 사용함으로써 이중 공진을 일으키는 방법이 안테나의 높이를 낮추면서 단순한 구조를 가지며 제작상 용이한 특징을 갖는다.

따라서 본 논문에서는 적층 구조의 단점을 해결하고 차량의 외관을 해치지 않는 형태를 구현하기 위해, 단일 패치면 위에 단일 급전을 이용한 원형 패치 안테나를 제안하였고^[6], 다중 슬롯 구조를 사용하여 이중 대역에서 원형 편파 신호를 수신할 수 있는 안테나를 설계, 구현하였다^[7].

본 논문의 구성은 제2장에서 이중 대역 마이크로 스트립 방사 패치 안테나의 설계 및 특징을 서술하고, 제3장에서는 제안한 안테나의 특성을 시뮬레이션 결과와 비교하여 분석하였다. 제4장에서는 제작한 안테나의 실험 결과와 시뮬레이션 결과를 비교 분석하였으며, 마지막으로 제5장에서는 본 논문의 결론을 서술하였다.

II. 방사 패치의 구조

본 논문에서 제안하는 안테나는 1998년 Hsieh와 Wong에 의해 제안된 단일 급전 이중 대역의 원형 편파 안테나를 기본으로 하여 이중 대역에서 원형 편파가 되도록 한 것이다^[8].

안테나의 크기는 공진 주파수에 해당하는 파장에 비례하여 커지게 된다. 따라서 ITS(중심 주파수 5.8 GHz) 안테나와 비교하여 긴 파장을 갖는 위성 DMB(중심 주파수 2.36 GHz) 안테나의 크기를 전체 안테나 크기로 고려하였다. 원형 마이크로스트립 패치 안테나는 원형 패치의 반지름에 따라 공진 주파수를 결정할 수 있으며, 이때 공진 주파수는 TM-모드에 의해서 달라지고 이는 식 (1)을 통해 구할 수 있다^[9].

$$(f_r)_{nm} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\mu\epsilon_r}} \left(\frac{X_{nm}}{a_e} \right) \quad (1)$$

여기서 X_{nm} (n 및 $m=0, 1, 2, 3, \dots$)은 TM-모드를 결정하는 파라미터인데, n 은 각 모드(Angle mode)이고 m 은 방사 모드를 나타낸다. ϵ_r 과 a_e 는 각각 기판의 유전율과 안테나의 전기적 반지름을 나타낸다. 그리고 μ 는 투자율을 나타낸다.

안테나의 전기적 반지름은 물리적 길이 이외에 전기적 길이를 포함하므로 안테나의 실제 물리적 반지름 a 와 전기적 반지름 a_e 사이에는 다음과 같은 관계가 있다^[9].

$$a_e = \frac{a}{\left(1 + \frac{2h}{\pi\epsilon_r a_e} \left[\ln\left(\frac{\pi a_e}{2h} \right) + 1.7726 \right] \right)^{1/2}} \quad (2)$$

여기서 h 는 사용된 유전체의 높이를 나타낸다.

그림 1은 본 논문에서 제안한 이중 대역 안테나의 방사 패치 구조를 나타내고 있다. 제안된 안테나의 이중 대역 특성은 방사 패치의 내부에 고리 모양의 슬롯 또는 두 쌍의 아크형 슬롯을 삽입하면 단일 급전의 이중 대역 안테나로 동작한다. 하지만, 고리 모양의 슬롯을 삽입하면 급전점으로부터 5.8 GHz 대역으로 전류가 흐르지 않아서 방사를 하지 못하는 문제가 있다. 이것을 해결하기 위해, 간격 S 를 두고 두 쌍의 아크형 슬롯을 삽입하였다. 이때, 아크형 슬롯의 내부 반지름의 길이는 식 (2)를 통하여 구하였다.

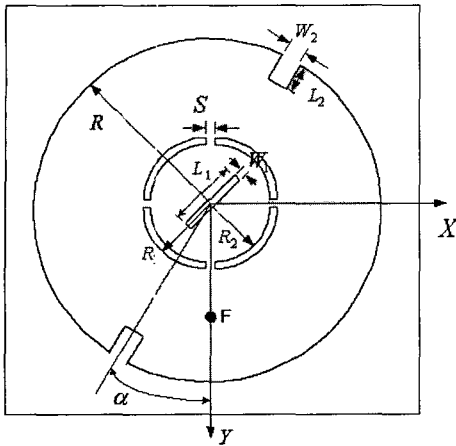


그림 1. 제안된 이중 대역 안테나의 방사 패치 구조
Fig. 1. Structure of the proposed dual-band antenna.

또한, 위성 DMB 안테나와 ITS 안테나는 각각 원형 편파 특성을 갖기 때문에, 위성 DMB 대역의 경우, 방사 패치의 중심으로부터 각도 α 가 30°에 위치한 슬릿을 삽입하였다^[10]. 이때, 슬릿의 위치가 급전점을 중심으로 오른쪽에 있으면 RHCP(Right Hand Circular Polarization)용 안테나로 동작하고, 왼쪽에 있으면 LHCP(Left Hand Circular Polarization)용 안테나로 동작한다.

또한, ITS 안테나는 노변 기지국으로부터 송신되는 신호가 편파 특성을 가지고 있기 때문에 패치의 중앙에 원점을 중심으로 45° 방향으로 위치한 막대형 슬롯을 삽입하여 RHCP가 유도되도록 하였다^[11]. 이때, 막대형 슬롯이 방사 패치의 중심에서 오른쪽에 있으면 RHCP용 안테나로 동작하고, 왼쪽에 있으면 LHCP용 안테나로 동작한다.

따라서, 본 논문에서 제안한 안테나는 원형 편파를 수신하면서 이중 대역 특성을 갖는 단일 급전 안테나로서 동작하게 된다.

III. 시뮬레이션 결과 분석

제안된 그림 1의 안테나는 Ansoft사의 HFSS 9.0 프로그램을 사용하여 아크형 슬롯을 가진 형태에 대해 시뮬레이션 분석을 하였다. 또한, 파라미터 변화에 따른 전기적 특성을 분석하였다.

그림 1에서 패치 크기의 파라미터인 R 과 아크형 슬롯의 크기 파라미터인 R_1 , R_2 의 길이가 변화하

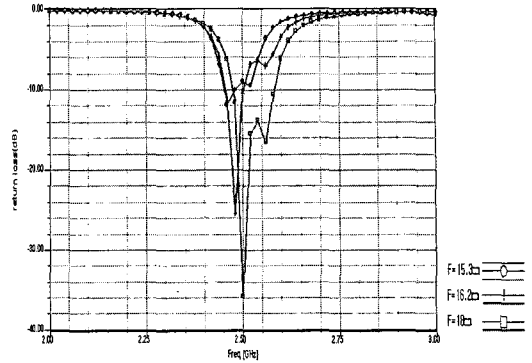


그림 2. 급전점의 위치 변화에 대한 위성 DMB의 반사 손실
Fig. 2. Return loss versus F in the S-DMB band.

면 공진 주파수의 변화가 있어야 한다. 그러나, 제안한 안테나의 내부에 위치한 아크형 슬롯의 파라미터 R_1 과 R_2 의 길이가 변화하면, 5.8 GHz 대역의 안테나 특성뿐만 아니라 2.6 GHz 대역의 안테나 특성에도 많은 영향을 미치기 때문에 각각의 대역에 서로 영향을 미치지 않는 독립된 파라미터만 고려하여 시뮬레이션 하였다.

단일 급전을 이용하여, 두 대역에서 임피던스 매칭을 위해 급전점 F 는 시뮬레이션을 통하여 2.63 GHz 대역에서 공진이 나타나는 위치를 선정하였고, 급전점의 위치를 고정시킨 후, 5.8 GHz 대역의 임피던스 매칭을 위해 아크형 슬롯간의 간격 S 를 변화시키면서 시뮬레이션 하였다.

그림 2는 유전체의 유전율이 4.5인 FR4로 사용한 경우, 식 (1)을 통하여 구한 위성 DMB 대역의 안테나 패치에서 2.63 GHz에 매칭을 위하여 급전점의 위치 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다.

시뮬레이션 결과 급전점의 위치가 방사 패치의 중심으로부터 멀어질수록 공진 주파수가 높아지는 특성을 나타내었으며, 반사 손실 또한 낮아지는 특성이 나타났다. F 의 위치가 방사 패치 중심에서 18 mm 떨어져서 있을 때, 중심 주파수는 2.58 GHz이며 -10 dB 대역폭은 약 100 MHz를 얻었다. 그러나, 위성 DMB가 요구하는 중심 주파수인 2.63 GHz에 정확히 매칭이 되지 않아서, 위성 DMB 대역에 영향을 주는 파라미터인 슬릿 L_2 의 길이를 변화시켜서 임피던스 매칭을 하였다.

그림 3은 슬릿의 길이 L_2 의 변화에 따른 위성

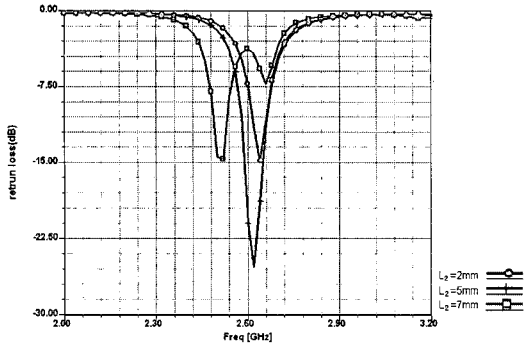


그림 3. L_2 의 변화에 따른 위성 DMB의 반사 손실
Fig. 3. Return loss versus L_2 in the S-DMB band.

DMB 대역의 반사 손실을 나타내고 있다. L_2 의 길이가 증가할수록 주파수는 낮아지는 특성이 있으며, L_2 의 길이가 5 mm일 때 2.62 GHz에서 최소 반사 손실이 -24 dB로 나타나며 이때 -10 dB 대역폭은 100 MHz로 우수한 특성을 갖는 것을 알 수 있다.

그림 4는 L_2 의 길이가 5 mm이고 슬릿의 각도 α 가 30° 경우의 방사 패턴을 나타내고 있다. 이 그림으로부터 위성 DMB 안테나는 주빔이 45° 기울어진 방사 패턴을 얻었다.

그림 5는 내부 아크형 슬롯간의 간격 S 의 변화에 따른 ITS 대역의 반사 손실을 나타내고 있다. S 의 값이 1 mm에서 4 mm로 증가할수록 반사 손실이 낮아지며 5.8 GHz에서 매칭이 되는 것을 볼 수 있다. S 의 길이가 4 mm일 때 -10 dB 대역폭이 5.72~5.82 GHz로 100 MHz를 얻었다.

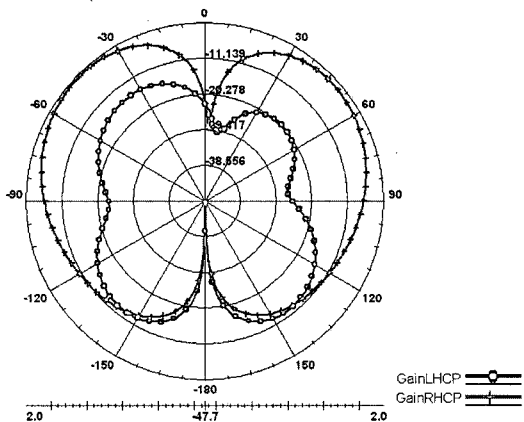


그림 4. 위성 DMB의 방사 패턴(2.6 GHz)
Fig. 4. Radiation pattern of the S-DMB(at 2.6 GHz).

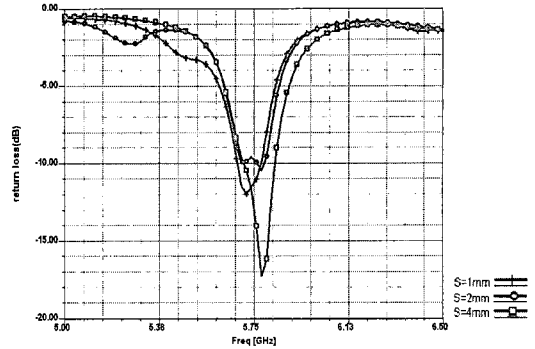


그림 5. S 의 변화에 따른 ITS 대역의 반사 손실
Fig. 5. Return loss versus S in the ITS band.

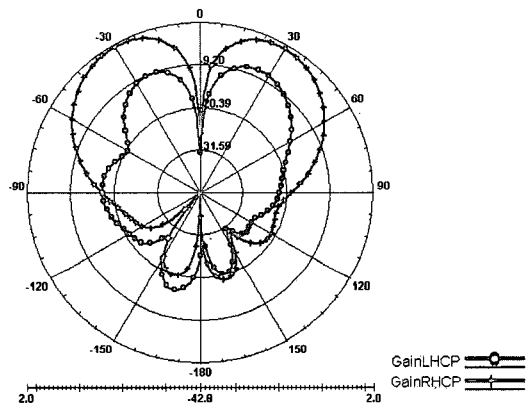
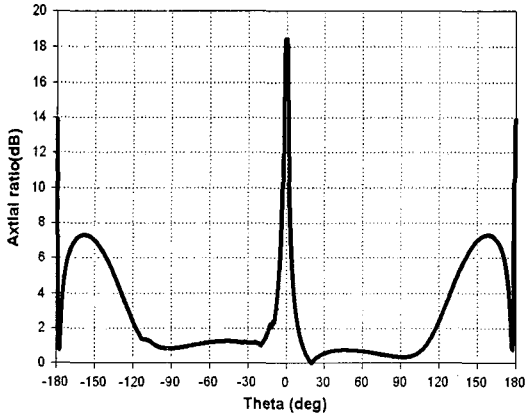


그림 6. ITS의 방사 패턴(5.8 GHz)
Fig. 6. Radiation pattern of the ITS(at 5.8 GHz).

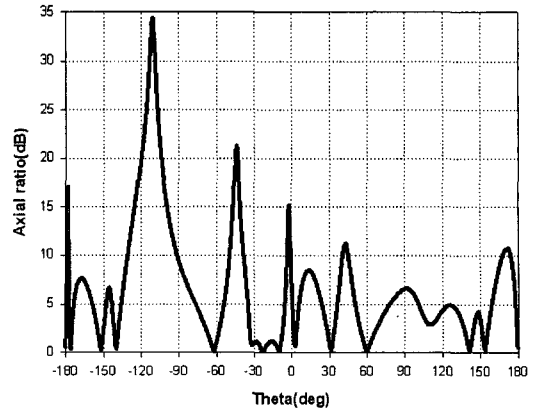
그림 6은 S 의 길이가 4 mm이고 패치 중앙의 막대형 슬롯의 각도가 45°인 경우의 방사 패턴을 나타내고 있다. 이 결과에서 볼 수 있듯이, ITS 대역은 주빔이 30° 기울어진 방사 패턴을 얻었다.

위성 DMB 안테나와 ITS 안테나는 원형 편파를 가지기 때문에, 그림 7과 그림 8에 시뮬레이션 결과를 나타내었는데, 각 대역의 축비(axial ratio) 특성을 나타내었다. 일반적으로 축비가 1.5 dB 이하일 때 우수한 편파 특성을 가진다.

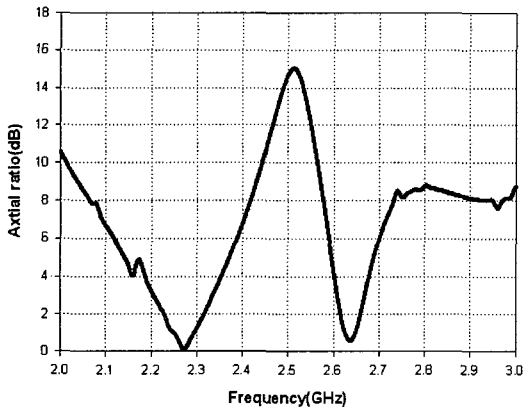
그림 7은 동작 주파수 2.6 GHz에서 방위각과 주파수에 따른 축비를 나타내고 있다. 위성 DMB의 경우 $\theta=45^\circ$ 에서 0.74 dB로 양호한 특성을 얻었고, 주파수에 따른 축비의 시뮬레이션 결과 최대 1.5 dB 이하 대역폭이 약 40 MHz를 얻었다. 그림 10은 동작 주파수 5.8 GHz에서 방위각과 주파수에 따른 축비를 나



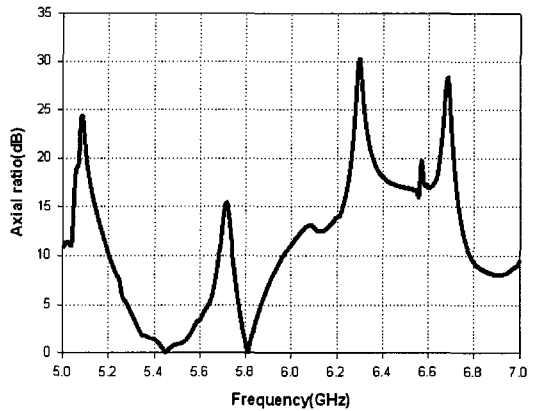
(a) 방위각에 따른 축비 - 2.6 GHz
(a) Axial ratio versus Theta at 2.6 GHz



(a) 방위각에 따른 축비 - 5.8 GHz
(a) Axial ratio versus Theta at 5.8 GHz



(b) 주파수에 따른 축비
(b) Axial ratio versus frequency



(b) 주파수에 따른 축비
(b) Axial ratio versus frequency

그림 7. 위성 DMB의 방위각과 주파수에 따른 축비
Fig. 7. Axial ratio versus frequency and Theta of S-DMB receiving antenna.

그림 8. ITS의 방위각과 주파수에 따른 축비
Fig. 8. Axial ratio versus frequency and Theta of ITS receiving antenna.

타내고 있다. ITS의 경우, $\theta=30^\circ$ 에서 1.1 dB로 양호한 특성을 얻었고, 주파수에 따른 축비의 시뮬레이션 결과 최대 1.5 dB 이하 대역폭이 약 20 MHz를 얻었다.

이 결과는 제1장에서 언급한 두 대역의 요구 규격을 만족하여 위성 DMB와 ITS 서비스 수신 안테나로 적용 가능한 성능을 보이고 있다.

90 mm이고, 기판은 두께가 1.5 mm이고 유전율이 4.5인 FR4를 사용하였으며, 아크형 슬롯의 폭과 간격은 각각 1 mm, 4 mm를 두고 설계하였다.

표 1은 시뮬레이션을 통하여 얻은 값을 가지고

IV. 실험 결과 및 고찰

이 장에서는 본 논문에서 제안한 안테나를 직접 제작하여, 측정된 결과와 시뮬레이션한 결과를 비교 검토하고자 한다. 제작한 안테나의 크기는 90 mm×

표 1. 제작된 안테나의 설계값

Table 1. Dimensions of the manufactured antenna.

설계 변수	R	R_1	R_2	S	W_1
길이(mm)	26.6	7.75	6.75	4	1
설계 변수	L_1	W_2	L_2	α	
길이(mm)	8	5	5	30°	

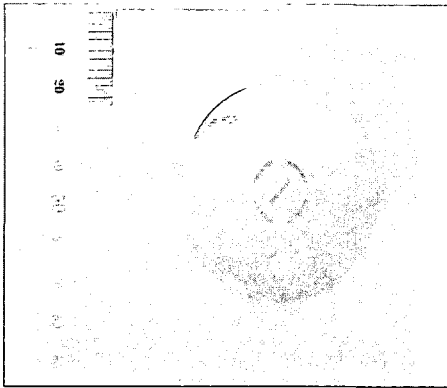


그림 9. 위성 DMB와 ITS 서비스 수신용 이중 대역 안테나
 Fig. 9. The manufactured antenna for the S-DMB and the ITS service.

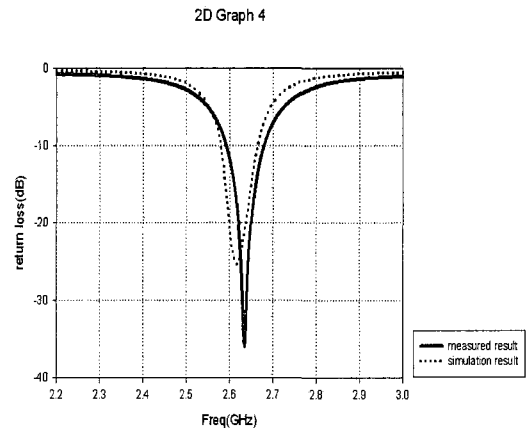
제작한 안테나의 설계 값을 나타내고 있고, 제작한 안테나의 실제 사진은 그림 9에 나타내었다.

그림 10의 (a)와 (b)는 각각 제작된 안테나의 위성 DMB 대역의 반사 손실과 방사 패턴의 측정 결과를 나타내고 있고, 그림 11의 (a)와 (b)는 각각 제작된 안테나의 ITS 대역의 반사 손실과 방사 패턴의 측정 결과를 나타내고 있다.

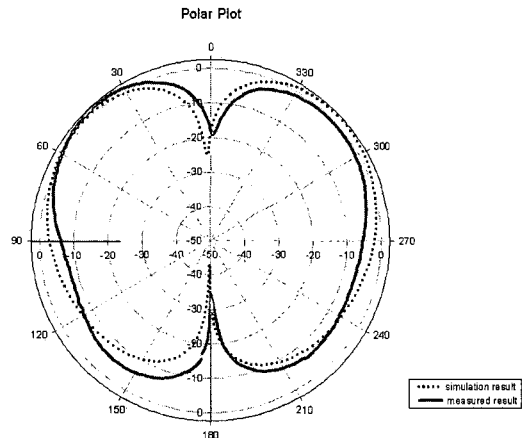
실제 측정 결과 위성 DMB 대역의 주파수, 대역폭 및 방사 패턴과 ITS 대역의 방사 패턴은 시뮬레이션 결과와 큰 차이가 없었다. 하지만, 위성 DMB 대역은 측정 결과의 최소 반사 손실이 시뮬레이션 결과와 비교하여 -10 dB 정도 낮아졌고, 대역폭은 2.59 ~ 2.68 GHz로 90 MHz를 얻었다. 그리고 ITS 대역의 경우, 측정 결과의 대역폭은 시뮬레이션 결과와 비교하여 80 MHz 정도 더 넓어진 5.75 GHz ~ 5.93 GHz로 180 MHz를 얻었으며, 공진 주파수는 30 MHz 정도 이동해서 나타나는 것을 확인하였다. 이러한 차이를 보이는 이유는 제작시 발생하는 급전점의 미세한 오차로 분석되며, 또한 제작에 사용된 유전체의 유전율 차이로 인한 것으로 해석된다.

V. 결 론

본 논문에서는 위성 DMB와 ITS 서비스를 수신하기 위해 단일 급전을 이용한 이중 대역 원형 패치 안테나를 제안하였다.



(a) 위성 DMB의 반사 손실
 (a) Return loss of the S-DMB



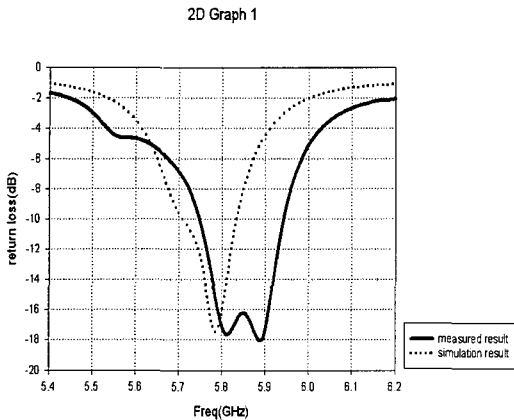
(b) 위성 DMB 방사 패턴(2.6 GHz)
 (b) Radiation pattern of S-DMB(at 2.6 GHz)

그림 10. 제작한 안테나의 위성 DMB 대역에 대한 측정 결과

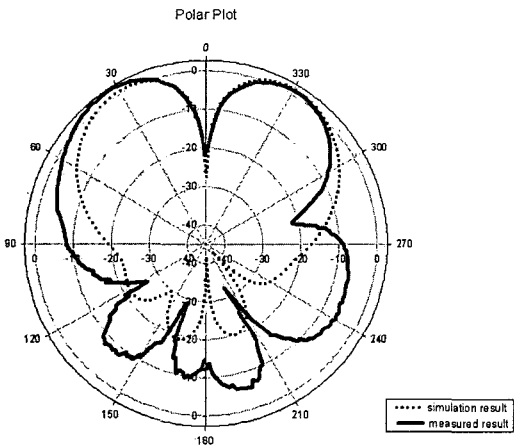
Fig. 10. The measured result regarding S-DMB band of the manufactured antenna.

두 대역의 서비스를 수신하기 위하여 원형 패치의 내부에 두 쌍의 아크형 슬롯을 삽입하였다. 중심 주파수는 위성 DMB의 경우, 2.63 GHz이고 최소 반사 손실은 -35 dB이며 -10 dB 대역폭은 90 MHz를 얻었다. 또한, ITS의 경우, 중심 주파수는 5.8 GHz이고 최소 반사 손실은 -18 dB이며 -10 dB 대역폭은 180 MHz로 비교적 양호한 특성을 얻었다 그리고 안테나의 이득은 위성 DMB가 2.3 dBi, ITS는 2.7 dBi를 얻었다.

참 고 문 헌



(a) ITS의 반사 손실
(a) Return loss of the ITS



(b) ITS 방사 패턴(5.8 GHz)
(b) Radiation pattern of the ITS(at 5.8 GHz)

그림 11. 제작한 안테나의 ITS 대역에 대한 측정 결과

Fig. 11. The measured result regarding ITS band of the manufactured antenna.

본 연구를 통해 위성 DMB와 ITS 서비스 대역을 만족하는 단일 급전 원형 패치 안테나를 제안함으로써 적층 구조의 이중 대역 안테나보다 낮은 프로필을 갖는 차량용 안테나가 가능함을 알 수 있었다. 향후에는 두 대역의 이득을 개선하기 위한 구조와 위성 DMB 대역의 방사 패턴에서 발생하는 back lobe를 줄이기 위한 구조를 연구할 계획이다.

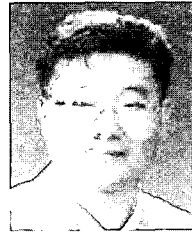
- [1] H. Okado, "A 2.4 and 5 GHz dual band antenna", *IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium*, vol. 3, pp. 2596-2598, Jun. 2004.
- [2] Soon Ho Hwang, Young Jun Cho, and Seoung Ook Park, "An internal dual band antenna for bluetooth/DMB application", *IEEE Antenna and Propagation Society International Symposium*, vol. 2B, pp. 535-538, Jul. 2005.
- [3] S. Maci, G. Biffi Gentili, "Dual-frequency patch antennas", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 39, no. 6, pp. 13-20, Dec. 1997.
- [4] Choon Sae Lee, V. Nalbandian, and F. Schwering, "Multi-layer dual-band microstrip antenna", *IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium*, vol. 1, pp. 472-475, Jun. 1994.
- [5] A. Derneryd, "Analysis of the microstrip antennas", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 27, no. 5, pp. 660-664, Sep. 1979.
- [6] Constant A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, Wiley, 1997.
- [7] Kin-Lu Wong, *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, Wiley, 2002.
- [8] Gui-Bin Hsieh, Ming-Huang Chen, and Kin-Lu Wong, "Single-feed dual-band circularly polarised microstrip antenna", *IEE Electronics Letters 11th*, vol. 34, no. 12, pp. 1170-1171, Jun. 1998.
- [9] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, 2001.
- [10] H. Nakano, K. Vinchien, T. Sugiura, and J. Yamauchi, "Singly-fed patch antenna radiating a circularly polarised conical beam", *IEE Electronics Letters 10th*, vol. 26, no. 26, pp. 638-640, May 1995.
- [11] JR James, PS Hall, *Handbook of Microstrip Antennas*, IEE, 1993.

김 영 상



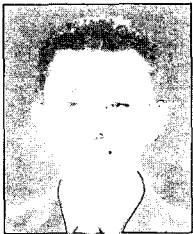
2005년 2월: 청주대학교 정보통신공학부 (공학사)
 2005년 3월~현재: 청주대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] 무선 이동통신 채널, cooperative diversity, DMB 이중 대역 안테나

고 진 현



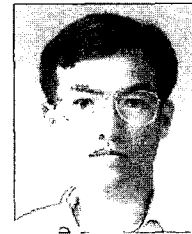
1998년 2월: 목원대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2000년 2월: 목원대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 2000년 6월~현재: 블루웨이브텔(주) 선임연구원
 [주 관심분야] Antenna design, Satellite DBS antenna, Beam tilting antenna, ITS antenna

노 승 진



2005년 2월: 청주대학교 정보통신공학부 (공학사)
 2005년 3월~현재: 청주대학교 전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] 송신 다이버시티, 무선 이동통신 채널, DMB 이중 대역 안테나

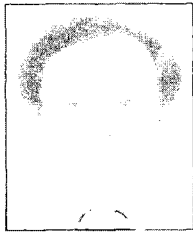
하 재 권



1980년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1982년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
 1994년~1998년: 한국전자통신연구원 선임연구원

1989년~1990년: Rockwell International(Texas, USA) Visiting Engineer
 2000년 6월~현재: 블루웨이브텔(주) 대표이사
 [주 관심분야] Antenna and RF circuits for ITS system, Multi-band antenna, Satellite DBS antenna, Beam tilting antenna

김 남 수



1986년 7월~1994년 2월: 한국전자통신연구소 이동통신 연구단 무선기술 실장 역임
 1991년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
 1991년 1월~1991년 10월: BNR (Bell Northern Research) 방문연구원

2002년 1월~2003년 1월: NJIT(New Jersey Institute of Technology) 교환교수

1994년 3월~현재: 청주대학교 전자정보공학부 교수
 [주 관심분야] 무선 이동통신 채널, 이동통신 시스템 설계, 디지털 변복조 시스템