

TDMB 및 GPS 수신용 전장용 샤크 안테나

Shark Antenna for Vehicle TDMB and GPS Receiver

김 주 만*
(Jooman Kim)

손 태 호**
(Taeho Son)

요 약

본 논문에서는 접힌 헬리컬 모노폴 안테나와 프랙털 구조의 사다리꼴 패치 안테나를 탑재한 TDMB, GPS 수신용 샤크 안테나를 설계하고 이를 제작한다. 안테나 축 방향으로 발생하는 널을 최소화하고, 수직은 물론 수평편파 성분을 수신할 수 있도록 접힌 타입으로 TDMB 안테나를 설계한다. 대역확보 및 이득향상을 위한 GPS수신 안테나는 프랙털 구조의 공기층 사다리꼴 마이크로스트립 패치 안테나로 구현한다. 설계한 TDMB용 및 GPS용 안테나를 제작한 후 TDMB 안테나는 기존의 상용화 된 A사의 안테나와 수신 특성을 비교한다. 또한 GPS안테나는 세라믹 패치안테나와 특성을 비교한다. 비교 결과 TDMB 안테나는 수신 대역에서 이득과 수신신호세기 모두 각각 3dB 향상되었으며, GPS 안테나는 VSWR 2:1 기준에서 135MHz의 넓은 대역폭을 얻었다. 이득은 공진주파수에서 4.31dBi로 일반 세라믹 패치안테나보다 전 대역에서 3~5dB 높은 이득을 얻었다.

Abstract

In this paper, a folded helical monopole antenna for TDMB receiving and a trapezoidal fractal microstrip patch antenna for GPS were designed and fabricated for the vehicle shark antenna. To minimize null which is generating toward antenna axis direction and to receive both vertical polarization and horizontal polarization for TDMB antenna, we fold 90 degree helical monopole element. GPS antenna to get wide bandwidth and gain improvement was designed an air substrate trapezoidal microstrip patch antenna. Fabricated TDMB and GPS antenna were measured for S11 and radiation pattern, and compared with a commercialized antenna. TDMB antenna shows 3 dB higher antenna gain and receiving signal strength than the commercial one. GPS antenna shows the gain of 4.31 dBi at the resonant frequency, which is 3~5 dB higher gain over whole operating band and 135MHz wide bandwidth at 2:1 VSWR than the conventional ceramic antenna.

Key words: TDMB antenna, GPS, shark antenna, trapezoidal patch, microstrip antenna

* 주저자 : 순천향대학교 정보통신공학과 석사과정

** 공저자 : 순천향대학교 정보통신공학과 교수

† 논문접수일 : 2008년 11월 28일

‡ 논문심사일 : 2008년 12월 18일

‡ 게재확정일 : 2008년 12월 22일

I. 서 론

최근 자동차에 대한 관심이 높아지면서 자연스럽게 자동차의 디자인에 많은 관심을 갖기 시작하였다. 자동차의 전장품 중 자동차 디자인의 가장 큰 저해요소 중의 하나는 TDMB(Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting)를 수신하는 외장형 1/4 파장 모노폴(monopole) 안테나이다. 하지만 이 안테나는 차체 외부에 돌출되어 있으므로 안테나 본체의 파손 우려가 크다는 단점이 있다. 또한 안테나와 시스템을 연결하는 동축선(coaxial cable)의 길이가 길고 감쇄가 심해서 수신감도를 저해하는 문제점을 갖고 있다 [1]. 더구나 자동차의 외형 디자인을 중요시 하는 소비자들의 동향과 맞지 않아 그 수요가 점차 줄어들고 있다. 이를 보완하기 위하여 근래에 샤크 안테나가 등장하고 있다. 초기 샤크 안테나는 TDMB(174MHz~216MHz)만을 수신하였지만 최근에는 GPS(Global Positioning System, 1.564~1.585GHz) 수신 안테나를 추가로 탑재, 통합하여 안테나의 효율 및 자동차 전장품 디자인 향상에 크게 기여하고 있다. 샤크안테나 내에 들어가는 TDMB 안테나는 외장형안테나보다 이득특성이 떨어지지만 저잡음 증폭을 하기 때문에 수신감도 입장에서는 결코 뒤지지 않는다 [2]. 하지만 이러한 샤크 안테나는 가격이 비싼 것이 흠이다.

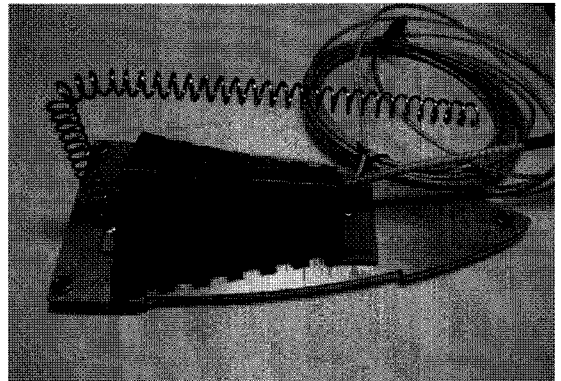
본 논문에서는 기존 안테나에 비해 이득이 큰 TDMB 및 GPS용 샤크 안테나를 제안한다. TDMB 안테나로는 접힌 헤리컬 소자를 적용한다. 수직 및 수평편파성분을 모두 받기 위해 헤리컬 소자를 90도로 접는다. GPS 수신용 안테나는 프랙털 구조 사다리꼴 마이크로스트립 패치 안테나로 설계 및 제작한다. 공기층을 사용한 패치에 십자 슬롯을 부설하고 프랙털 이론을 적용하여 안테나의 소형화를 유도한다 [3-5]. 십자 슬롯의 가로와 세로의 비와 급전 점의 위치를 조절하여 원편파를 유도한다. 설계한 안테나를 제작하고 이를 측정하여 그 결과를 고찰한다.

II. 안테나의 구조

1. TDMB용 접힌 헤리컬 안테나

TDMB대역은 주파수가 낮기 때문에 안테나로는 모노폴 소자를 적용할 수밖에 없다. 더구나 안테나가 샤크코리 구조물 내에 장착되어야 하므로 모노폴의 길이를 줄일 수 있는 헤리컬 소자를 사용하여야 한다. 헤리컬의 설계는 참고문헌 [6]에 나타난 설계 식을 이용하여 설계하였다. 본 연구에서는 수직은 물론 수평편파성분을 효율적으로 받기위해 헤리컬 소자를 90도 구부려 적용하였다. 이렇게 제작한 안테나는 <그림 1>과 같다. 안테나의 전체 크기는 70mm x 145mm x 65mm(폭 x 길이 x 높이)이다. 헤리컬 안테나의 총 길이는 약 175mm로 TDMB 동작 주파수 대역인 200MHz 기준의 약 0.12λ로 안테나를 헤리컬로 사용함으로써 전체적인 길이를 λ/4의 1/2 수준으로 감소시켰다.

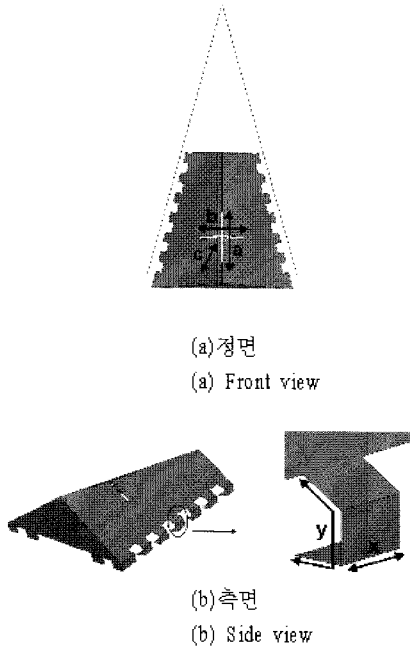
<그림 1>의 TDMB용 접힌 헤리컬 안테나는 수신대역 이외의 잡음을 제거하기 위한 BPF(Band Pass Filter)와 신호의 증폭을 위한 LNA(Low Noise Amplifier)를 거친 뒤 시스템과 연결된다.



<그림 1> 제작된 안테나
<Fig. 1> Implemented antenna

2. GPS용 사다리꼴 패치 안테나

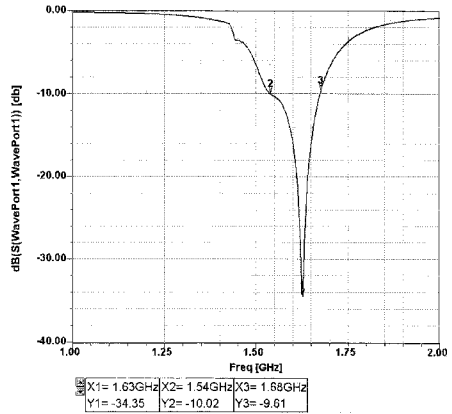
<그림 2>는 제안한 사다리꼴 패치안테나의 상세



<그림 2> GPS용 사다리꼴 패치안테나의 구조
<Fig. 2> Geometry of trapezoidal patch antenna for GPS

그림이다. 사다리꼴 패치안테나의 설계는 먼저 슬롯이 없는 상태에서 프랙탈 구조의 길이인 폭 x 와 깊이 y 를 조절한다. 주어진 임의의 크기에서 공진주파수가 가장 낮게 형성되는 프랙탈로 최적화한다. 이후 슬롯을 부설하여 축비 및 S_{11} 특성을 보면서 세로 및 가로길이 a , b 와 급전 점의 위치를 조절하여 우회전 원편파(RHCP)를 얻도록 trade-off 설계한다. 설계는 시뮬레이션을 통하여 설계하였으며, 시뮬레이션 툴은 상용화된 Ansoft사 HFSS v10.0을 사용하였다.

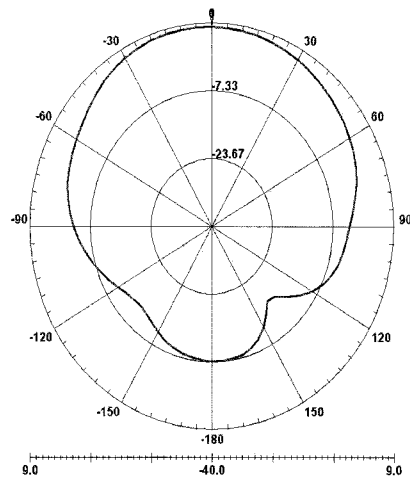
시뮬레이션결과 슬롯의 폭의 변화에 따른 S_{11} 변화는 거의 차이가 없었다. 본 연구에서는 제작의 편리성을 위하여 폭을 1.0mm로 하였다. 앞에서 언급한 방법으로 설계된 슬롯 a , b 의 길이는 23mm, 22mm이고 프랙탈구조 x , y 의 길이는 4.6mm, 8.9mm이다. 안테나의 전체 크기는 60.6 x 31.2 x 58.8mm (윗면 x 아랫면 x 높이)이다. 이 크기는 면적으로 볼 때 동일한 공진주파수를 가지는 일반 삼각 패치



<그림 3> 사다리꼴 패치 안테나의 시뮬레이션 반 사손실
<Fig. 3> Simulated return loss of trapezoidal patch antenna

안테나보다 42.5%정도로 축소된 크기이다.

급전위치 c 는 <그림 2>에 나타나 있으며, 슬롯 중앙에서의 거리를 변수 c 로 하여 축비를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 급전위치가 20mm일 때의 축비의 값이 2.735 dB로 가장 양호하게 나타나 그 값을 설계 값으로 정하였다.



<그림 4> 패치 안테나의 시뮬레이션 방사패턴
<Fig. 4> Simulated radiation pattern of the trapezoidal patch antenna

<그림 3>은 최종 설계한 안테나에 대한 시뮬레이션 반사손실 값이다. 주파수대역은 반사손실 -10 dB 기준으로 할 때 1.54-1.68 GHz대역으로 GPS대역을 만족하는 140 MHz의 광대역 특성을 보이고 있다.

설계한 안테나의 시뮬레이션 H면 방사패턴은 <그림 4>와 같다. 이득은 GPS 공진주파수인 1.575 GHz에서 8.75 dBi를 보이고 있다.

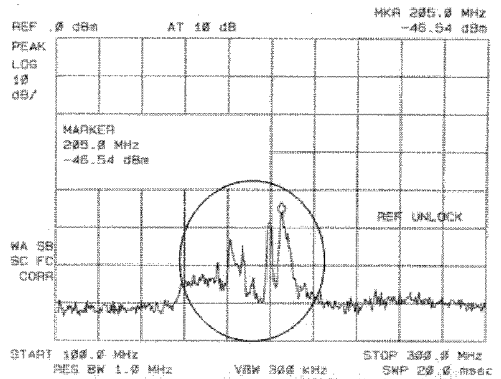
III. 안테나 측정

1. TDMB 안테나 수신 성능

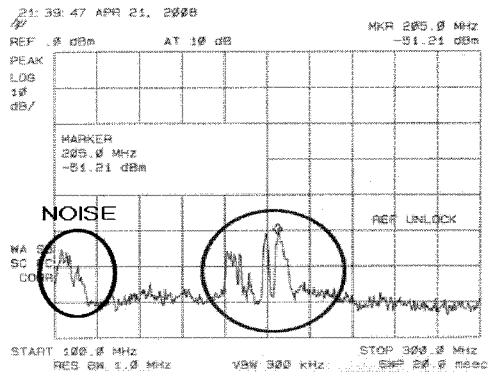
안테나의 반사손실을 Agilent사의 network analyzer (E5062A)를 사용하여 측정한 결과 TDMB 대역(174MHz~216MHz)에서의 반사계수는 -3dB, 최대 VSWR 6:1 이하를 만족하는 값이 측정되었다. -3dB 대역폭은 대역폭이 좁은 안테나인 경우 업계에서 정하는 대역폭이다. 대역폭을 개선하기 위해서는 기존보다 지름이 큰 헬리컬을 사용하면 된다 [6]. 하지만 지름이 커지게 되면 안테나의 전체적인 길이가 짧아지게 되어 안테나 이득이 감소된다. 이에 실험을 통한 trade-off를 통해 최적화 된 헬리컬 안테나를 설계하였다.

제작한 샤크 안테나에 내장된 헬리컬 안테나와 동일한 타입의 상용화된 A사의 샤크 안테나에 내장된 안테나를 무반사 챔버실에서 측정 비교 하였다. 측정 결과 본 안테나의 평균이득은 -5.012 dBi가 측정되었으며, A사의 안테나는 평균이득 -8.020 dBi로 측정되었다. 따라서 본 안테나가 A사 안테나 보다 약 3 dB 높음이 나타났다. 효율 역시 21.78 %의 제안안테나에 비해 A사 안테나는 효율 10.07 %로 되어, 본 안테나가 A사 보다 2배 높게 측정되었다. HP8592L spectrum analyzer를 사용하여 제안한 안테나와 상용화 된 A사의 샤크 안테나의 수신 성능을 비교 측정 하였다. <그림 5와 6>은 제안한 안테나 및 A사 안테나의 TDMB 수신신호 세기를 비교적 약 전계지역에서 측정한 그림이다. 제안한 안테나는 205 MHz에서 최대 -46.54 dBm의 수신신호가 측정 되었고 A사의 안테나는 동일한 주파수에서

-51.21 dBm으로 약 5 dB 작은 수신신호가 측정되었다. 이는 제안된 안테나가 3배 강한 신호를 수신 한다는 것을 알 수 있다.



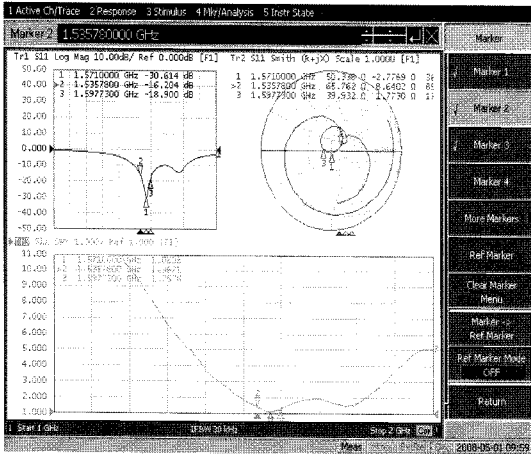
<그림 5> TDMB 안테나의 수신신호 세기
<Fig. 5> Receiving signal strength of the TDMB antenna



<그림 6> A사 TDMB 안테나의 수신신호 세기
<Fig. 6> Receiving signal strength of the TDMB antenna manufactured by A company

2. GPS 안테나의 성능

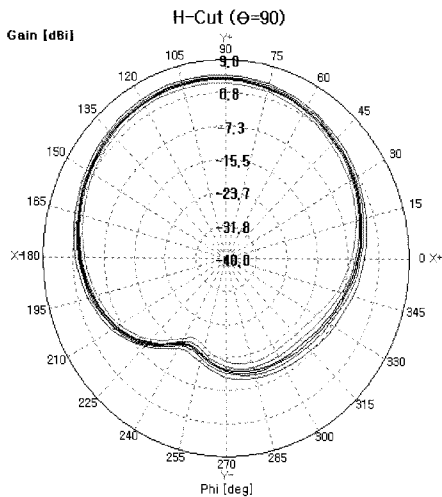
2장에서와 같이 설계한 사다리꼴 패치안테나를 제작하고 이를 측정하였다. 패치의 재질은 납땀이 가능한 동판을 이용하였고, 접지판의 재질은 샤크 안테나의 밑면으로 사용될 알루미늄이다. 제작된 안테나를 Agilent사의 network analyzer로 측정한 반사손실과 VSWR은 <그림 7>과 같다.



<그림 7> GPS 안테나의 측정된 반사손실 특성
<Fig. 7> Measured return loss of GPS antenna

VSWR 2:1 기준으로 대역폭은 135 MHz (1.49-1.63GHz)이다. 시뮬레이션 대역폭과 거의 일치함을 알 수 있다.

<그림 7>에서 상단 좌측은 S11, 상단 우측은 Smith chart 및 하단은 VSWR 특성을 나타낸 것이다. 반사손실에 대한 이러한 방식의 열거는 업체에서 널리 적용하여 시행하고 있는 데이터 표시방식이다.



<그림 8> GPS 안테나의 방사패턴 측정결과
<Fig. 8> Measured radiation pattern of GPS antenna

<표 1> GPS 안테나의 측정 이득 및 효율
<Table 1> Measured gain and efficiency of GPS antenna

Freq. (MHz)	Eff. (%)	Peak (dBi)	θ (deg)	ϕ (deg)
555	68.49	5.35	90	105
565	59.49	4.78	90	105
570	54.78	4.44	90	105
575	52.76	4.31	90	105
585	50.41	4.13	90	105
595	42.03	3.36	90	105

<그림 8>은 무반사 챔버실에서 측정된 RHCP H 면 방사패턴 측정결과이다. 접지면이 작은 관계로 후방 방사가 다소 발생하고는 있으나, 전체적으로 볼 때 패치안테나의 방사패턴 형태를 잘 유지하고 있다.

<그림 8>의 방사패턴에 대한 세부적인 데이터 값을 나타낸 표는 다음 <표 1>과 같다.

GPS안테나의 이득은 중심주파수인 1.575GHz에서 4.31dBi의 값으로 측정되었다. 표에서 보듯이 GPS대역 전반적으로 볼 때 이 안테나의 이득은 4.13~4.78 dBi이며 효율은 50.41~59.49 %의 양호한 특성을 보이고 있다. 축비는 중심주파수에서 2.85dB로 설계치 2.7 dB와 근접하게 측정되었다. 본 안테나는 차량용이므로 이미 상용화된 차량용 세라믹 패치안테나와 비교하면, 본 안테나가 3 ~ 5 dB 높은 이득특성을 나타내고 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 차량용 샤크안테나에 적용할 적절한 헤리컬 모노폴 안테나와 프랙털 구조의 사다리꼴 패치안테나를 제안하였다. 수직 및 수평면과의 TDMB신호를 모두 수신하기 위하여 헤리컬 소자를 접어서 모노폴 안테나로 제작하였다. GPS안테나로는 샤크안테나에 용이하게 탑재하기 위하여 사다리꼴 패치로 설계하였다. 패치크기를 줄이기 위하여 프랙털구조를 적용하였으며, 십자슬롯 및 급전위치

를 조절하여 우회전원편파 특성을 가지도록 하였다.

제작된 TDMB안테나의 성능평가를 위하여 상용화 된 A사 안테나와 비교한 결과, 수신 대역에서 이득과 수신신호세기 각각 모두 3 dB 향상됨을 보였다. GPS 안테나에 대한 측정결과 공진주파수에서 VSWR 2:1 기준으로 135 MHz의 넓은 대역특성을 얻었다. 이득 또한 공진주파수에서 4.31 dBi로 측정되어, 전 대역에서 일반 세라믹 패치안테나의 이득보다 3~5 dB 높은 이득을 얻었다.

참고문헌

- [1] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.
- [2] 현재성, 손태호, 박영태, “AM FM DMB 수신에 가능한 차량 탑재형 안테나 시스템,” *추계 마이크로파 및 전파전파 학술대회 논문집*, pp. 127-130, 2007. 9.
- [3] K. L. Wong, *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, John Wiley & Sons, New York. 2002.
- [4] R. Garg, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, 2001.
- [5] 성하원, 손태호, “프랙털 구조의 GPS용 사다리꼴 마이크로스트립 패치안테나 설계,” *추계 마이크로파 및 전파전파 학술대회 논문집*, pp. 135, 2008. 9.
- [6] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, New York., 1997.

저자소개



김 주 만 (Kim, JooMan)

2008년 2월: 순천향대학교 정보기술공학부(공학사)
 2008년 2월~현재: 순천향대학교 정보통신공학과(석사과정)
 [주 관심분야] 휴대폰용 안테나설계, 자동차 안테나개발



손 태 호 (Son, Taeho)

1979년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학사)
 1986년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학석사)
 1990년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학박사)
 1980년~1981년: 영국 Ferranti사 연구원
 1978년~1987년: LIG넥스원 연구소 근무
 1992년~1994년: 천문우주연구원 객원연구원
 1999년~2000년: University of Illinois 연구교수
 2000년~2003년: (주)닛시텔레콤 위촉 연구소장
 2002년~2006년: (주)에스비텔레콤 기술고문
 2005년~2007년: (주)하이트렉스 기술고문
 2006년~현재: (주)동원 위촉 연구소장
 2007년~현재: (주)스카이크로스 기술고문
 1990년~현재: 순천향대학교 정보통신공학과 교수
 [주 관심분야] 위성통신, 휴대폰, RFID용 안테나설계, 자동차용 전장품 개발 등