TDMB, GPS 수신용 전장용 샤크 안테나

Shark Antenna for Vehicle TDMB and GPS Receiver

김주만
(순천향대학교대학원, 석사과정)

손태호
(순천향대학교, 교수)

Key Words : TDMB, GPS, 차량 내장형, 폴디드 안테나, 마이크로스트립 패치

목 차

I. 서론
II. 안테나의 구조
1. TDMB용 폴디드 헤리컬 안테나
2. 사다리꼴 패치 안테나
III. 안테나의 측정
1. TDMB 수신 성능
2. GPS 안테나 성능
IV. 결론
참고문헌

I. 서론

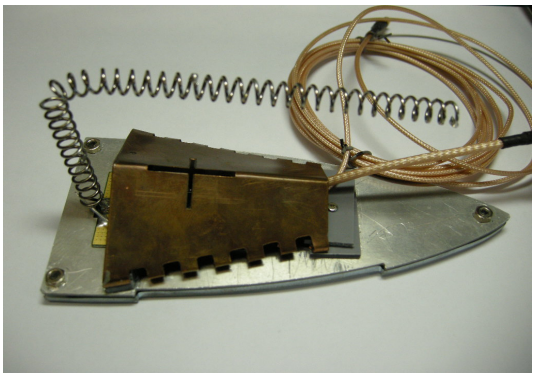
최근 자동차의 대한 관심이 높아지면서 자연스럽게 자동차의 디자인에 많은 관심을 갖기 시작하였다. 자동차의 전장품 중 자동차 디자인의 가장 큰 저해요소 중의 하나는 TDMB (Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting)를 수신하는 외장형 1/4 파장 모노폴(monopole) 헤리컬(helical)안테나이다. 하지만 외장형 헤리컬 안테나는 방사패턴에 축 방향으로 널(null)이 발생해 수신특성의 편차가 심하고 돌출된 안테나의 본체는 파손의 우려가 크다는 단점이 있다. 또한 자동차의 디자인을 중요시 하는 소비자들의 동향과 맞지 않아 그 수요가 점차 줄어들고 있다. 이를 보완하여 샤크 안테나가 등장하였다. 초기 샤크 안테나는 TDMB(174MHz~216MHz)만을 수신하였지만 최근에는 GPS(Global Positioning System) 수신 안테나를 추가로 탑재, 통합하여 안테나의 효율 및 자동차 전장품 디자인 향상에 크게 기여하고 있다. 하지만 이러한 샤크 안테나는 가격이 고가이고 수신 특성이 외장형 모노폴 안테나보다 떨어진다는 단점이 있다.

본 논문에서는 낮은 수신 특성과 고가의 샤크 안테나의 단점을 향상시킨 고효율, 저가의 통합형 샤크 안테나를 제안한다. 샤크 안테나를 구현하기 위해 GPS 수신용(1.564~1.585GHz) 안테나를 프랙탈 구조 사다리꼴 마이크로스트립 패치 안테나로 설계 및 제작한다. 공기층을 사용한 패치에 십자 슬롯을 부설하고 프랙탈 이론을 적용하여 안테나의 소형화를 유도하고 십자 슬롯의 가로와 세로의 비와 급전 점의 위치를 조절하여 원편파를 유도한다. TDMB 수신용 안테나는 폴디드 헤리컬 소자를 적용한다. 기존 샤크 안테나가 갖는 낮은 수신 특성을 향상시키기 위하여 방사패턴의 축 방향에서 생기는 널에 의한 수신특성의 편차를 감소시킨다.

II. 안테나의 구조

1. TDMB용 폴디드 헤리컬 안테나

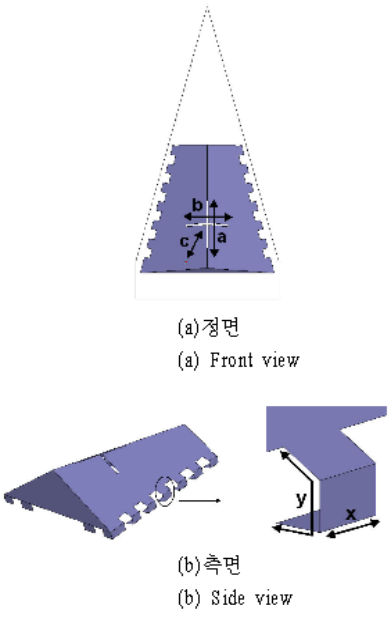
실제 제작한 샤크 안테나를 그림 1에 나타내었다. 제안한 헤리컬 안테나에서는 수신대역 이외의 잡음을 제거하기 위한 BPF(Band Pass Filter)와 신호의 증폭을 위한 LNA(Low Noise Amplifier)를 사용하였다. 샤크 안테나의 전체 크기는 70mm x 145mm x 65mm(폭 x 길이 x 높이)이다. 헤리컬 안테나의 총 길이는 약 175mm로 TDMB 동작 주파수 대역인 200MHz 기준의 약 0.12λ로 안테나를 헤리컬로 사용함으로써 전체적인 길이를 λ/4의 1/2 수준으로 감소시켰다. 또한 안테나를 폴디드시켜 축 방향으로 존재하는 널에 의한 수신특성의 편차를 감소시키는 구조로 설계하였다. 이것은 기존 상용화된 샤크 안테나에 탑재된 헤리컬 안테나보다 차체에 수직성분과 수평성분을 고르게 분포시킴으로써 H-패턴에서의 고른 수신 특성을 얻을 수 있다.



<그림 1> 실제 제작한 샤크 안테나

2. 마이크로 스트립 안테나(GPS)

그림 2는 제안한 사다리꼴 패치안테나의 상세 그림이다. 사다리꼴 패치안테나의 설계방법은 먼저 슬롯이 없는 상태에서 프랙털 구조의 길이인 폭 x와 깊이 y를 조절한다. 주어진 임의 크기에서 공진주파수가 가장 낮게 형성되는 프랙털로 최적화한다. 이후 슬롯을 부설하여 세로 및 가로길이 a, b에 따른 최대한의 소형화를 유도한다. 이때 슬롯의 가로와 세로의 비율 및 급전점의 위치를 조절하여 우회전 원편파를 얻도록 축비와 S11특성을 보면서 trade-off한다.



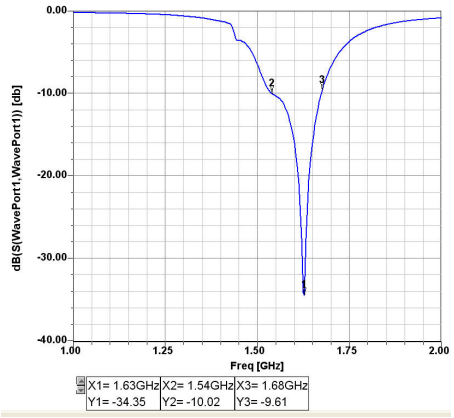
(a)정면
(a) Front view

(b)측면
(b) Side view

<그림 2> 제안한 사다리꼴 패치 안테나의 구조

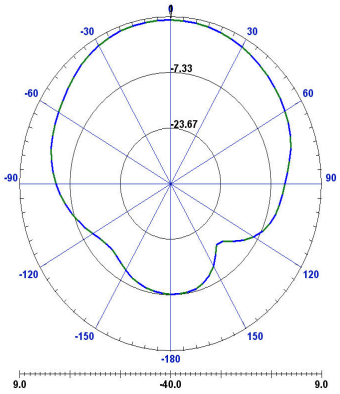
연구결과 슬롯의 폭의 변화에 따른 S11 변화는 미미하게나왔다. 본 연구에서는 제작의 편리성을 위하여 폭을 1.0mm로 하였다. 앞에서 언급한 방법으로 설계된 슬롯 a, b의 길이는 23mm, 22mm이고 프랙털구조 x, y의 길이는 4.6mm, 8.9mm이다. 안테나의 전체 크기는 60.6 x 31.2 x 58.8mm(윗변 x 아랫변 x 높이)이다. 이 크기는 면적으로 볼 때 동일한 공진주파수를 가지는 일반 삼각 패치 안테나보다 42.5%정도로 축소된 크기이다.

급전위치 c는 그림 2에 나타나 있으며, 슬롯 중앙에서의 거리를 변수 c로 하여 축비를 시뮬레이션 하였다. 그림에서 급전위치가 20mm일 때의 축비의 값이 2.735 dB로 가장 양호하게 나타나고 있다.



<그림 3> 제안한 사다리꼴 패치 안테나의 시뮬레이션 반사손실

그림 3은 최종 설계한 안테나에 대한 시뮬레이션 반사손실 값이다. 주파수대역은 VSWR 2:1 기준으로 할 때 1.54 - 1.68GHz대역으로 GPS대역을 만족하는 140MHz의 광대역 특성을 보이고 있다.



<그림 4> 제안 안테나의 시뮬레이션 방사패턴

설계한 안테나의 시뮬레이션 방사패턴은 그림 8과 같다. 이득은 GPS 공진주파수인 1.575GHz에서 8.75dBi를 보이고 있다.

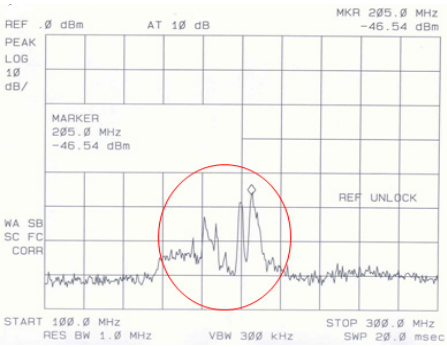
III. 안테나의 측정

1. TDMB 수신 성능

안테나의 반사손실을 Agilent사의 network analyzer (E5062A)를 사용하여 측정한 결과 TDMB 대역(174MHz~216MHz)에서의 대역폭은 -3dB, VSWR은 6:1 이하를 만족하

는 값을 확인하였다. 이때 -3dB 대역폭을 개선하기 위해서 기존보다 지름이 큰 헤리컬을 사용하면 된다. 하지만 지름이 커지게 되면 안테나의 전체적인 길이가 짧아지게 되고 이로 인해 차체와 안테나간의 수평성분이 물리적으로 짧아지게 되어 안테나에서 가장 중요한 특성인 H-패턴의 이득이 감소된다. 이에 실험을 통한 trade - off를 통해 최적화 된 헤리컬 싸이즈로 안테나를 설계하였다.

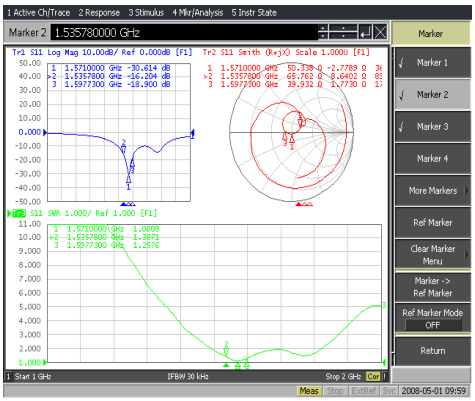
제작한 제안된 샤크 안테나에 내장된 헤리컬 안테나와 동일한 타입의 상용화된 A사의 샤크 안테나에 내장된 안테나를 무반사 챔버실에서 측정 비교 하였다. 측정 결과 제안된 샤크 안테나에 내장된 헤리컬 안테나의 이득이 -5.012dBi가 측정되어 A사의 샤크 안테나에 내장된 안테나 이득 -8.020dBi 보다 약 3dB 높게 측정되었다. 또한 제안된 샤크 안테나에 내장된 안테나의 효율이 21.78%가 측정되어 A사의 샤크 안테나에 내장된 안테나의 효율 10.07% 보다 2배 높게 측정 되었다. 충남 아산시 소재의 대학교 연구실내에서 HP8592L spectrum analyzer를 사용하여 제안한 샤크 안테나와 상용화 된 B사의 샤크 안테나의 수신 성능을 비교 측정 하였다. 그림 5는 제안한 샤크 안테나의 TDMB spectrum data이다. 제안한 샤크 안테나는 205MHz에서-46.54dBm으로 가장 높은 수신 성능이 측정 되었고 B사의 샤크 안테나는 동일한 주파수에서 -51.21dBm에서 가장 높은 수신 성능이 측정 되었다. 비교 결과 제안된 안테나나 3배 강한 신호를 수신한다는 것을 알 수 있다.



<그림 5> 폴디드 모노폴 헤리컬 안테나 spectrum data

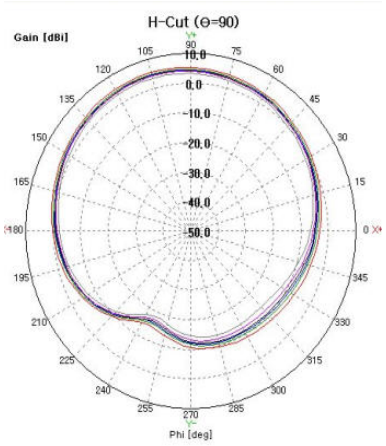
2. GPS 안테나 성능

설계한 사다리꼴 패치안테나를 제작하고 이를 측정하였다. 패치의 재질은 납땜이 가능한 동판을 이용하였고, 접지판의 재질은 알루미늄이다. 제작된 안테나를 Agilent사의 network analyzer로 측정한 반사손실과 VSWR은 그림 6과 같다. VSWR 2:1 기준으로 대역폭은 200MHz(1.49-1.69GHz)이다. 시뮬레이션 대역폭보다 다소 넓은 특성을 보이고 있으나 시뮬레이션 대역을 포함하고 있으므로 문제가 되지 않는 것으로 판단한다.



<그림 6> 제작된 GPS 안테나의 반사손실 측정결과

그림 6에서 상단 좌측은 S11, 상단 우측은 smith chart 및 하단은 VSWR특성을 나타낸 것이다. 반사손실에 대한 이러한 방식의 열거는 업체에서 널리 적용하여 시행하고 있는 데이터 표시방식이다.



<그림 7> 제작된 GPS 안테나의 방사패턴 측정결과

그림 7은 무반사 챔버실에서 측정된 H-면 방사패턴 측정결과이다. 접지면이 작은 관계로 후방 방사가 크게 발생하고는 있으나, 전체적으로 볼 때 패치안테나의 방사패턴 형태를 유지하고 있다. 그림 11의 방사패턴에 대한 데이터 값을 나타낸 표는 다음 표1과 같다. 이득은 GPS 중심주파수인 1.575GHz에서 4.31dBi의 값으로 측정되었다.

<표1> 제작된 GPS 안테나의 측정이득 및 효율

Freq. (MHz)	Eff. (%)	Peak (dBi)	θ (deg)	ϕ (deg)
1555	68.49	5.35	90	105
1565	59.49	4.78	90	105
1570	54.78	4.44	90	105
1575	52.76	4.31	90	105
1585	50.41	4.13	90	105
1595	42.03	3.36	90	105

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 헤리컬 폴디드 모노폴 안테나와 프랙탈 구조의 사다리꼴 패치 안테나를 탑재한 TDMB, GPS 수신용 샤크 안테나를 제안하였다. 헤리컬 모노폴 안테나의 단점인 축 방향에서 생기는 널을 최소화하기 위해 차체와 안테나를 수평과 수직성분이 분포하게 TDMB 수신용 안테나를 설계하였다. 제작 후 상용화 된 A, B사의 샤크 안테나와 비교 결과 TDMB 수신 대역에서 이득과 수신신호세기 각각 모두 3dB 향상됨을 보였다.

삼각형이 변형된 GPS 수신용 프랙털 구조의 사다리꼴 패치 안테나는 기존의 마이크로스트립의 단점인 낮은 이득을 보상하기 위해 유전율이 1인 공기층을 사용하였다. 슬롯의 가로 세로 비율과 급전점의 위치를 조절함으로써 축비가 3dB 이하인 우회전 원편파를 설계하였다. 제작 후 측정결과 공진주파수 1571MHz에서 VSWR 2:1 기준으로 135MHz 대역으로 GPS 대역을 만족하는 넓은 대역폭을 얻었다. 이득 또한 공진주파수에서 4.31dBi로 일반 세라믹 패치안테나의 이득보다 2~5dB 높은 이득을 얻었다.

참고문헌

1. C. A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design", John Wiley & Sons, 1997.
2. H. Arai, "Measurement of Mobile Antenna System", Artech House, 2001.
3. Ramesh Garg, "Microstrip Antenna Design Handbook", Artech House, Inc.
4. David M. Pozar, "Microwave Engineering", John Wiley & Sons, Inc,. New York.
5. W. L. Stutzman / G. A. Thiele, "Antenna Theory and design", John Wiley & Sons, Inc,. NewYork.
6. Kin-Lu Wong "Compact and Broadband Micro strip Antennas", John Wiley & Sons, Inc,. New York.
7. Girish Kumar / K. P. Ray "Broadband Microstrip Antennas",
8. 현재성외 2인, “AM FM DMB 수신이 가능한 차량 탑재형 안테나 시스템”, 2007년도 추계 마이크로파 및 전파전파 학술대회 논문지, pp. 127-130, 2007.05.18
9. 성하원외 1인, “프랙털 구조의 GPS용 사다리꼴 마이크로스트립 패치안테나 설계”, 2008년도 추계 마이크로파 및 전파전파 학술대회 논문지, pp. 135, 2008.09.26