

# 자동차용 AM/FM/TDMB/GPS 통합 능동형 샤크 안테나

## Active Shark Antenna for the Vehicle AM/FM/TDMB/GPS Receiver

김 주 만 · 손 태 호

Jooman Kim · Taeho Son

### 요 약

AM, FM, TDMB, GPS 수신용 자동차 전장 안테나를 설계하고 이를 제작하였다. AM 안테나는 페라이트 턴 스타일 안테나로 설계하여 전방향 특성을 갖도록 하였다. FM, TDMB 수신용으로는 헬리컬 소자를 접은 접힌 모노폴 안테나로 설계하였다. 대역 확보를 위한 GPS 수신 안테나는 공기층 사다리꼴 마이크로스트립 패치 안테나로 설계하였다. 제작된 AM 수신용 안테나의 수신 신호 세기는 -65.7 dBm으로 기존의 외장형 폴 안테나의 -63.5 dBm과 비교하면 소형이면서도 유사한 수신 성능을 나타냄으로써 외장형 폴 안테나 및 glass 안테나 대체 품으로 적용할 수 있음을 보였다. FM 및 TDMB 수신 신호 세기는 각각의 중심 주파수에서 -55.66 dBm, -43.50 dBm 측정됨으로써 기존 안테나에 비해 5~10 dB 높은 특성이 나타났다. GPS 안테나에 대한 측정은 VSWR 2 : 1 기준으로 135 MHz의 넓은 대역 특성과 4.31 dBi의 이득이 측정되어, GPS 전 대역에서 일반 세라믹 패치 안테나의 이득보다 3~5 dB 높은 이득을 얻었다.

### Abstract

A vehicle antenna for AM, FM, TDMB, GPS systems was designed and implemented. Omnidirectional AM antenna was designed by ferrite turn style antenna. For the FM and TDMB antenna, folded monopole antenna which helical is folded was applied. GPS antenna for the bandwidth achievement was designed by trapezoidal microstrip patch that has air substrate. Receiving signal strengths by the measurement were presented for the AM, FM and TDMB antenna. AM signal strength was -65.7 dBm, this strength is almost as same conventional pole antenna as -63.4 dBm. It can be replaced conventional pole or glass antenna by the studied antenna. Signal strengths for FM and TDMB were -55.66 and -43.50 dBm at center frequency, they are 5~10 dB higher than conventional antenna. Measurements of bandwidth and gain for the GPS antenna showed 135 MHz under VSWR 2 : 1 and 4.31 dBi, gains over GPS band were 3~5 dB higher than ceramic patch antenna.

Key words : Shark Antenna, Vehicle Antenna, AM, Helical, GPS Antenna

### I. 서 론

최근 자동차는 라디오 서비스는 물론 고품질 방송인 TDMB(Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting) 서비스와 위성 통신을 통한 위치 파악 시스템인 GPS(Global Positioning System) 서비스를 한꺼번

에 제공받고 있다. 이러한 서비스를 제공 받기 위해서는 각각의 서비스에 맞는 다수의 안테나들이 필요하다. 다수의 안테나 사용은 원가 상승뿐만 아니라 자동차 디자인의 큰 저해 요소가 된다. 디자인을 중요시하는 소비자들의 성향에 따라 안테나를 하나로 통합한 통합형 안테나가 주목을 받고 있다. 그 중 가

순천향대학교 정보통신공학과(Dept. of IT Engineering, SoonChunHyang University)

· 논문 번호 : 20091127-21S

· 교신저자 : 손태호(e-mail : thson@sch.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 5월 13일

장 널리 사용되고 있는 것이 샤크 안테나이다. 초기 샤크 안테나는 TDMB 수신전용으로 널리 사용되었지만 최근에는 GPS, 라디오 수신기능을 추가로 탑재, 통합하여 안테나의 효율 및 자동차 전장품 디자인 향상에 크게 기여하고 있다. 하지만 이러한 샤크 안테나는 가격이 고가이고, 수신 특성이 외장형 안테나보다 떨어지는 단점이 있다<sup>[1],[2]</sup>.

본 논문에서는 AM/FM/TDMB/GPS를 수신하는 전장 샤크 안테나를 설계하고 이를 제작한다. AM 안테나로는 샤크 모형내 설치되도록 작으면서도 전방향 특성을 가져야 하므로 본 논문에서는 페라이트 턴 스타일(turn style) 안테나를 적용한다. 2개의 페라이트를 90도 교차하고, 90도 위상차를 갖도록 급전한다<sup>[3]</sup>. FM(88~108 MHz), TDMB(174~216 MHz) 수신용 안테나는 헤리컬의 피치를 달리하여 이중 공진 특성을 갖도록 한다<sup>[4]</sup>. 수직 및 수평 편파 성분을 동시에 수신하기 위하여 헤리컬 소자를 90도 접은 접힌 모노폴 안테나를 적용한다. GPS(1.564~1.585 GHz) 안테나는 사다리꼴 마이크로스트립 패치 안테나로 설계하고 이를 제작한다. 공기층을 사용한 패치에 십자 슬롯을 부설하고 프랙털 이론을 적용하여 소형화를 유도한다<sup>[5]~[7]</sup>. 십자 슬롯의 가로와 세로의 비와 급전 점의 위치를 조절함으로써 GPS가 사용하는 우회전 원편파 특성을 유도한다. 설계한 각 안테나를 제작하고, 이를 측정하여 기존 안테나와 비교하며 이를 고찰한다.

## II. 샤크 안테나 구조

본 연구의 안테나는 4가지 밴드의 안테나를 샤크 구조물 내에 장착한 안테나이다. 장착되어야 할 구조물의 크기는 폭×길이×높이=75×164×70 mm이다. 설계 제작된 샤크 안테나는 그림 1과 같다. 출력은 AM과 FM이 동시에 전송되는 동축선과 TDMB 및 GPS용 동축선으로 전송된다.

### 2-1 AM용 페라이트 턴 스타일 안테나

제안한 AM 수신용 페라이트 턴 스타일 안테나는 2개의 페라이트 방사 소자가 90도로 교차되어 샤크 안테나의 상단(그림 1에서 오른쪽)에 장착된다. 안테나의 소형화를 위하여 투자율이 높은 사각형의 페라

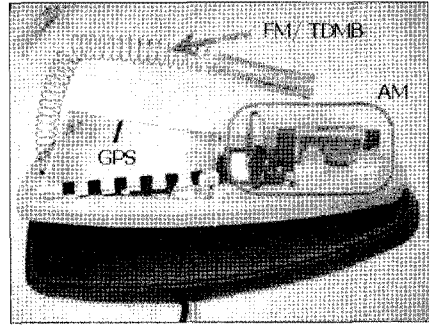


그림 1. 제작된 안테나  
Fig. 1. Implemented antenna.

이트가 사용되었다. 페라이트의 투자율( $\mu$ )과 반경( $a$ )가 클수록, 권선( $N$ )이 많을수록 방사저항( $R$ )이 증가한다. 페라이트에 권선을  $N$ 회 감을 경우 임피던스는 다음 식으로부터 구할 수 있다<sup>[4]</sup>.

$$R = \mu^2_{\text{eff}} \times 20\pi^2 \left( \frac{2\pi a}{\lambda} \right)^4 N^2 [\Omega] \quad (1)$$

본 연구에 적용된 페라이트의 크기는 40 mm×12 mm(가로×세로)이다. 권선을 조정하여 임피던스를 50옴에 맞추었다. 페라이트 안테나는 기본적으로 8자의 지향 특성을 갖는다. 따라서 무지향 특성을 갖도록 하기 위하여 2개의 페라이트를 90도로 교차시켜 90도의 위상차를 가지게 한다. 샤크 축 방향으로 놓인 안테나 1에 의한 전계를  $E_1$ , 이와 수직으로 위치한 안테나 2에 의한 전계를  $E_2$ 라 놓는다.

2 안테나 간에 90도 위상을 다르게 급전을 하므로 90도 위상차가 난 안테나의 총 전계는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} E_{\text{total}} &= E_1 + E_2 \\ &= \frac{j60I_0}{r} \left[ \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\phi\right)}{\sin\phi} + j \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \sin\phi\right)}{\cos\phi} \right] e^{-jkr} \end{aligned} \quad (2)$$

따라서 지향성은

$$|D(\phi)| = \left[ \frac{\cos^2\left(\frac{\pi}{2} \cos\phi\right)}{\sin^2\phi} + \frac{\cos^2\left(\frac{\pi}{2} \sin\phi\right)}{\cos^2\phi} \right]^{1/2} \quad (3)$$

가 되어 거의 무지향 특성이 나타나게 된다.

본 연구에서 적용한 90도 위상변위기는 다음과 같은 회로로 적용하였다.

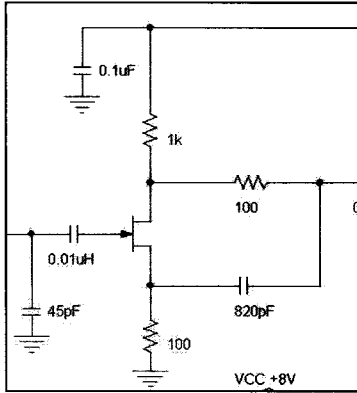


그림 2. 90도 위상 변위 회로  
Fig. 2. Circuit for 90 phase shifter.

2-2 FM/TDMB용 이중 공진 헤리컬 안테나

FM과 TDMB 수신용 안테나로는 헤리컬 모노폴 안테나를 적용하였다. 헤리컬의 피치를 달리할 경우, 이중 공진이 발생한다. 여기서는 피치를 각각 1 mm, 3 mm로 달리하여 이중 공진을 발생시키는 방법을 사용하였다. 헤리컬의 설계는 참고문헌 [4]에 나타난 설계 식을 이용하여 설계하였다. 본 논문에서는 수직은 물론 수평 편파 성분을 효율적으로 받기 위해 헤리컬 소자를 90도 구부려 적용하였다. 이렇게 제작한 안테나는 그림 1에서 확인할 수 있다. 헤리컬 안테나의 총 길이는 약 135 mm로 FM 동작 주파수 대역인 100 MHz 기준으로 안테나를 헤리컬 소자로 사용함으로써 전체적인 길이를  $\lambda/4$ 의 1/5 수준으로 감소시켰다.

FM, TDMB용 접힌 헤리컬 안테나의 수신 대역 이외의 잡음을 제거하기 위한 BPF(Band Pass Filter)를 적용하였고, 신호는 LNA(Low Noise Amplifier)로 증

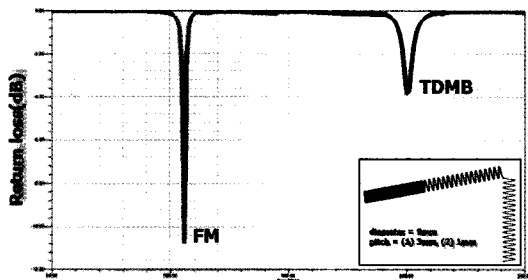
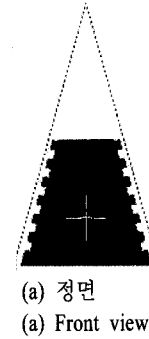
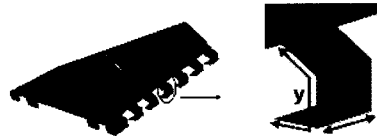


그림 3. FM/TDMB 안테나의 시뮬레이션 반사 특성  
Fig. 3. Simulated return loss of FM/TDMB antenna.



(a) 정면  
(a) Front view



(a) 측면  
(a) Side view

그림 4. GPS 사다리꼴 패치 안테나의 구조  
Fig. 4. Structure of trapezoidal microstrip patch antenna for GPS.

폭하여 각 시스템과 연결하였다.

2-3 GPS용 사다리꼴 패치 안테나

GPS 수신을 위한 사다리꼴 패치 안테나의 그림은 그림 4와 같다. 사다리꼴 패치 안테나의 설계는 먼저 슬롯이 없는 상태에서 프랙털 구조의 길이인 폭  $x$ 와 깊이  $y$ 를 조절한다. 주어진 임의의 크기에서 공진 주파수가 가장 낮게 형성되는 프랙털로 최적화한다. 이후 슬롯을 부설하여 축비 및 반사 손실 특성을 보면서 세로 및 가로길이  $a, b$ 와 급전 점의 위치를 조절하여 우회전 원편파(RHCP)를 얻도록 HFSS를 이용하여 trade-off 설계하였다.

본 연구에서는 제작의 편리성을 위하여 폭을 1.0 mm로 하였다. 앞에서 언급한 방법으로 설계된 슬롯  $a, b$ 의 길이는 23 mm, 22 mm이고, 프랙털 구조  $x, y$ 의 길이는 4.6 mm, 8.9 mm이다. 안테나의 전체 크기는 60.6 mm×31.2 mm×58.8 mm(윗변×아랫변×높이)이다. 이 크기는 면적으로 볼 때 동일한 공진 주파수를 가지는 일반 삼각 패치 안테나보다 42.5 % 정도로 축소된 크기이다.

급전 위치  $c$ 는 그림 4에 나타나 있으며, 슬롯 중앙에서의 거리를 변수  $c$ 로 하여 축비를 시뮬레이션하

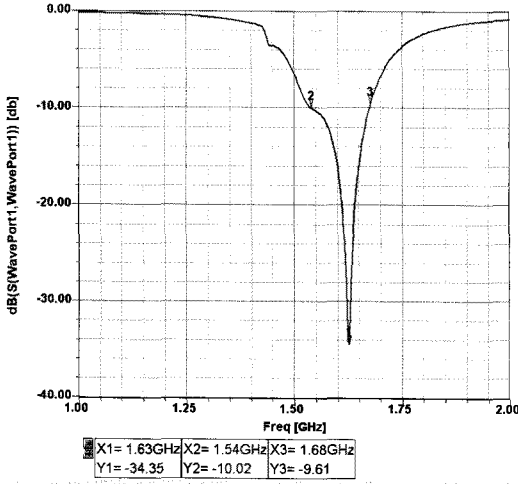


그림 5. GPS 안테나의 시뮬레이션 반사 손실  
Fig. 5. Simulated return loss of GPS antenna.

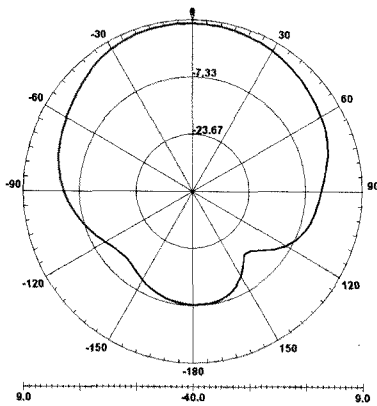


그림 6. GPS 안테나의 시뮬레이션 방사 패턴  
Fig. 6. Simulated radiation pattern of GPS antenna.

였다. 시뮬레이션 결과 급전 위치가 20 mm일 때의 축비의 값이 2.735 dB로 가장 양호하게 나타나 그 값을 설계 값으로 정하였다.

그림 5는 최종 설계한 안테나에 대한 시뮬레이션 반사 손실 값이다. 주파수 대역은 반사 손실 -10 dB 기준으로 할 때 1.54~1.68 GHz 대역으로 GPS 대역을 만족하는 140 MHz의 광대역 특성을 보이고 있다. 설계한 안테나의 시뮬레이션 방사 패턴은 그림 6과 같다. 이득은 GPS 공진 주파수인 1.575 GHz에서 8.75 dBi를 보이고 있다.

### III. 안테나 측정

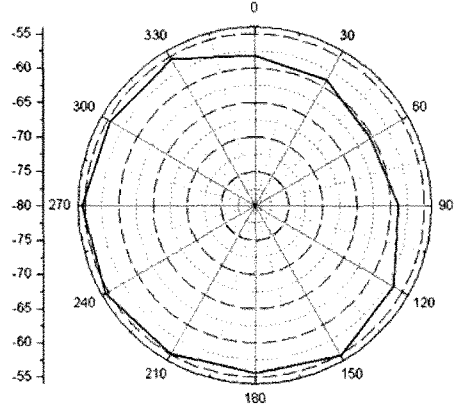


그림 7. AM 안테나의 각도별 수신 특성  
Fig. 7. Measured receiving pattern for AM antenna.

#### 3-1 AM 안테나 성능

Portable spectrum analyzer를 사용하여 AM 수신용 안테나의 각도별 수신 특성을 측정하여 그림 7에 나타내었다. 본 AM 수신용 안테나가 거의 무지향성 특성을 나타냄을 보이고 있다.

연구한 안테나와 상용 A사의 외장형 폴 안테나의 수신 신호 세기를 측정 비교하였다. 그림 8과 9는 연구된 안테나 및 A사의 외장형 폴 안테나의 AM 라디오 수신 신호 세기를 실외에서 측정한 그림이다. 970 kHz를 기준으로 제안한 안테나의 수신 신호 세기는 -68.22 dBm으로 A사의 외장형 폴 안테나의 -63.5 dBm과 수신 성능을 비교했을 때 유사한 수신 특성을 가짐을 알 수 있다. 따라서 샤크 안테나에 탑재된

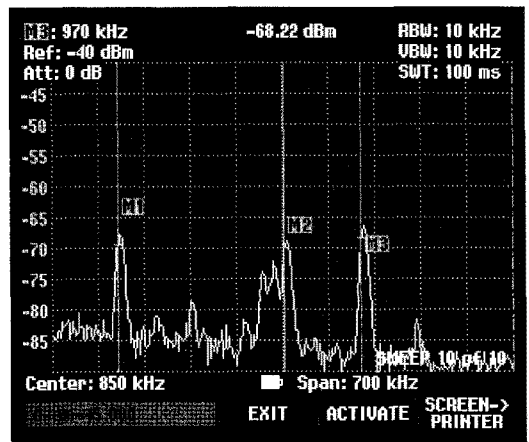


그림 8. 연구된 AM 안테나의 수신 신호 세기  
Fig. 8. Signal strength of studied AM antenna.

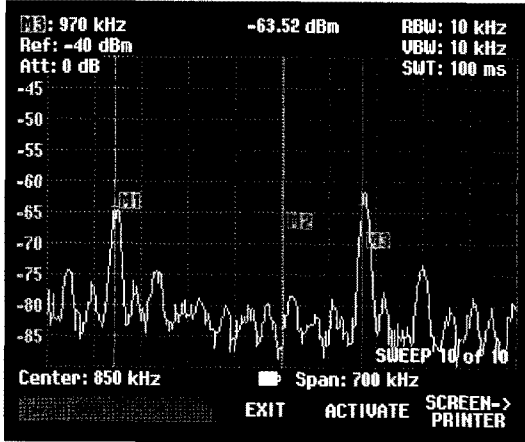


그림 9. A사 폴 안테나의 수신 신호 세기  
Fig. 9. Signal strength of a company pole antenna.

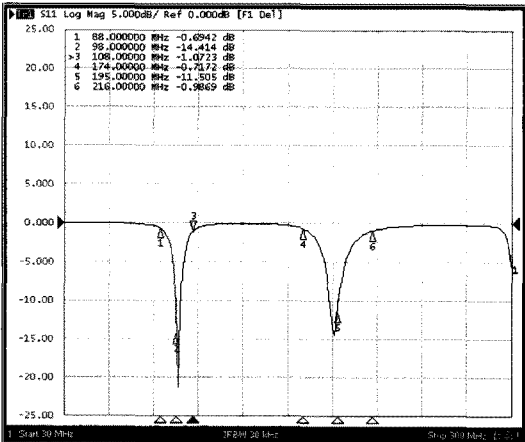


그림 10. FM/TDMB 안테나의 측정 반사 손실  
Fig. 10. Measured return loss of FM/TDMB antenna.

소형 안테나가 외장형 폴 안테나와 견줄만하다고 판단된다.

### 3-2 FM/TDMB 수신 성능

FM, TDMB 수신용 안테나의 반사 손실을 측정하였다. 이중 공진 헤리컬 모노폴 소자인 FM, TDMB 수신 안테나의 반사 손실 측정 결과는 그림 10과 같다.

측정 결과, FM 대역, TDMB 대역에서 반사계수는 중심 주파수에서 각각 -20 dB, -15 dB로 우수한 특성으로 측정되었다. 표 1은 TDMB 대역에서 제안한 안테나(a)와 상용화된 B사(b)의 안테나의 방사 이득 및 효율을 비교 측정한 것이다. 비교 측정 결과 제

표 1. TDMB 안테나의 측정 이득 및 효율  
Table 1. Measured gain and efficiency of TDMB antenna.

175.28	-10.757	8.36%	175.28	-13.253	4.71%
177.008	-10.37	9.14%	177.008	-12.644	5.42%
178.736	-9.951	10.07%	178.736	-12.076	6.17%
181.28	-9.236	11.87%	181.28	-11.28	7.41%
183.008	-8.713	13.39%	183.008	-10.799	8.28%
184.736	-8.237	14.94%	184.736	-10.416	9.05%
187.28	-7.682	16.94%	187.28	-10.057	9.83%
189.008	-7.149	17.84%	189.008	-9.951	10.07%
190.736	-7.269	18.67%	190.736	-9.953	10.06%
193.28	-7.024	19.75%	193.28	-10.097	9.73%
195.008	-6.887	20.39%	195.008	-10.406	9.28%
196.736	-6.723	21.17%	196.736	-10.493	8.89%
199.28	-6.599	21.78%	199.28	-10.85	8.19%
201.008	-6.641	21.57%	201.008	-11.173	7.60%
202.736	-6.76	20.69%	202.736	-11.577	6.92%
205.28	-7.017	19.78%	205.28	-12.362	5.78%
207.008	-7.258	18.71%	207.008	-13.026	4.96%
208.736	-7.576	17.40%	208.736	-13.761	4.19%
211.28	-8.18	15.14%	211.28	-14.855	3.26%
213.008	-8.642	13.61%	213.008	-15.568	2.76%

(a) 연구 안테나 (a) Studied antenna  
(b) B사 안테나 (b) B company's antenna

안한 TDMB 수신용 안테나가 평균 3 dB 높게 측정되었다.

본 대학 연구실 내에서 portable spectrum analyzer를 사용하여 제안한 FM, TDMB 수신용 안테나의 수신 신호 세기를 그림 11, 12와 같이 측정하였다.

FM 대역에서 최대 -55.66 dBm, TDMB 대역에서 최대 -43.50 dBm 값이 측정되었다. 이 값은 시중 자동차에 설치된 샤크 안테나의 측정치보다 5~10 dB 높은 값으로 본 안테나 성능의 우월함을 보여주고 있다.

### 3-3 GPS 안테나 측정

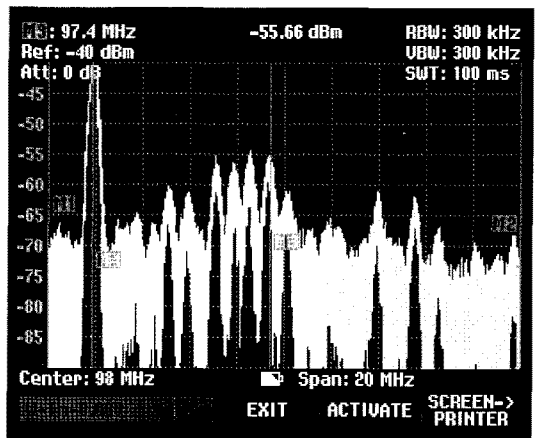


그림 11. 측정된 FM 수신 신호 세기  
Fig. 11. Measured FM signal strength.

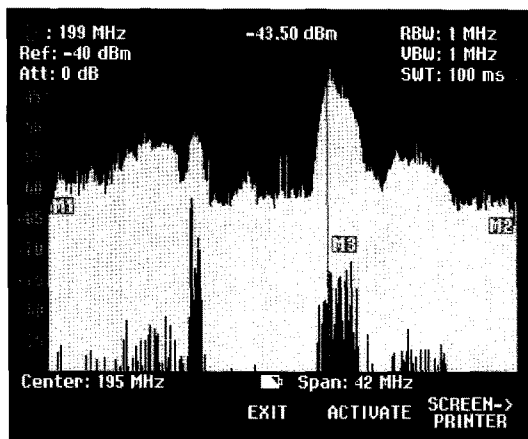


그림 12. 측정된 TDMB 수신 신호 세기  
Fig. 12. Measured TDMB signal strength.

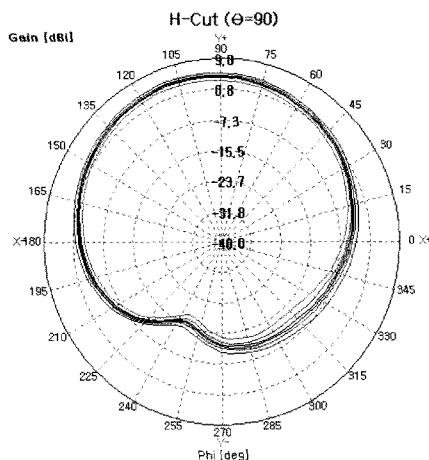


그림 14. GPS 안테나의 측정 방사 패턴  
Fig. 14. Measured radiation pattern of GPS antenna.

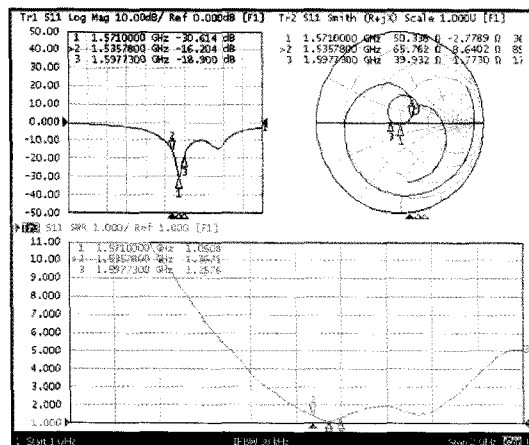


그림 13. GPS 안테나의 측정 반사 손실  
Fig. 13. Measured return loss of GPS antenna.

설계한 사다리꼴 패치 안테나를 제작하고, 이를 측정하였다. 패치의 재질은 납땀이 가능한 동판을 이용하였고, 접지 판의 재질은 샤크 안테나의 밑면으로 사용될 알루미늄이다. 제작한 안테나의 측정된 반사 손실 및 VSWR은 그림 13과 같다.

VSWR 2:1 기준으로 대역폭은 시뮬레이션 대역폭과 거의 일치하는 135 MHz(1.491~1.63 GHz)이다. 그림 14는 무반사 챔버실에서 측정된 RHCP H면 방사 패턴 측정 결과이다. 접지 면이 작은 관계로 후방 방사가 다소 발생하고는 있으나, 전체적으로 볼 때 패치 안테나의 방사 패턴 형태를 잘 유지하고 있다.

그림 14의 방사 패턴에 대한 세부적인 데이터 값을 나타낸 것은 표 2와 같다.

표 2. PS 안테나의 측정 이득 및 효율  
Table 2. Measured gain and efficiency of GPS antenna.

Freq. (MHz)	Eff. (%)	Peak (dBi)	$\theta$ (deg)	$\phi$ (deg)
1,555	68.49	5.35	90	105
1,565	59.49	4.78	90	105
1,570	54.78	4.44	90	105
1,575	52.76	4.31	90	105
1,585	50.41	4.13	90	105
1,595	42.03	3.36	90	105

GPS 안테나의 이득은 중심 주파수인 1.575 GHz에서 4.31 dBi의 값으로 측정되었다. 표 2에서 보듯이 GPS 대역에서의 안테나의 이득은 4.13~4.78 dBi이며, 효율은 50.41~59.49%의 양호한 특성을 보이고 있다. 축비는 중심 주파수에서 2.85 dB로 설계치 2.7 dB와 근접하게 측정되었다. 본 안테나는 차량용이므로 이미 상용화된 차량용 세라믹 패치 안테나와 비교하면, 본 안테나가 3~5 dB 높은 이득 특성을 나타내고 있다.

본 안테나는 AM을 제외한 FM, TDMB 및 GPS는 각각 BPF와 LNA를 채택하고 있는 능동형 안테나이다. 이는 미약한 신호를 저 잡음으로 증폭시키고 더불어 케이블 손실에 의한 수신부 잡음 지수의 저하를 막기 위함이다. 이상과 같은 회로는 안테나 하단 주물 내 위치하도록 하였으며, 인쇄 회로 기판으로

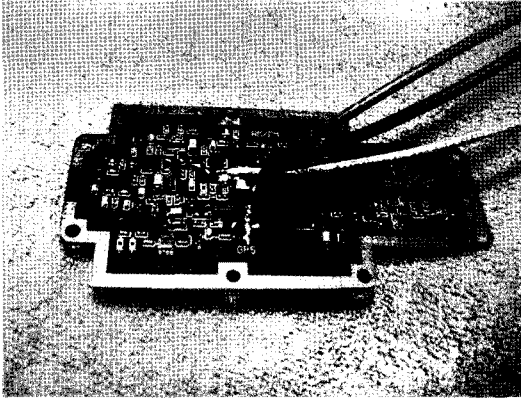


그림 15. 제작된 전자 회로  
Fig. 15. Implemented circuits.

제작된 회로는 그림 15와 같다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 AM, FM, TDMB, GPS 수신용 전장 샤크 안테나를 설계 제작하여 수신 성능을 측정하였다. AM 안테나는 샤크 안테나에 탑재 가능하도록 소형의 페라이트 턴 스타일 안테나로 설계하였다. FM 및 TDMB 안테나로 헤리컬 소자를 접은 접힌 모노폴 안테나로 제작하였다. GPS 안테나는 샤크 안테나 구조물에 용이하게 탑재되기 위하여 사다리꼴 패치로 설계하였다.

제작한 AM 안테나는 기존의 외장형 폴 안테나에 비해 소형이면서도 수신 성능이 거의 유사하게 측정되었다. FM 및 TDMB용 이중 공진 헤리컬 안테나의 수신 신호 세기 최대치는 각각  $-55.66$  dBm,  $-43.50$  dBm 측정되어 기존 상용 샤크 안테나보다 5~10

dB 높게 측정되었다. GPS 안테나는 VSWR 2 : 1 기준으로 135 MHz의 넓은 대역 특성을 얻었다. 이득은 공진 주파수에서 4.31 dBi로 측정되어 일반 세라믹 패치 안테나의 이득보다 3~5 dB 높은 이득을 얻었다.

본 연구 결과는 전장용 안테나를 통합하고 동시에 소형화하는데 도움을 줄 것으로 생각한다.

#### 참 고 문 헌

- [1] 현재성, 손태호, 박영태, "AM FM DMB 수신 가능한 차량 탑재형 안테나 시스템", 추계 마이크로파 및 전자파 학회 학술대회 논문집, 30(1), pp. 127-130, 2007년 5월.
- [2] 김주만, 손태호, "TDMB 및 GPS 수신용 전장용 샤크 안테나", 한국 ITS학회논문지, 7(6), pp. 57-62, 2008년 12월.
- [3] 이상설, 안테나 및 전자파전파, 형설출판사, 1995.
- [4] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons, New York, 1997.
- [5] K. L. Wong, *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2002.
- [6] R. Garg, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, 2001.
- [7] 성하원, 손태호 "차량 GPS용 프랙털 구조의 사다리꼴 마이크로스트립 패치 안테나 설계", 한국전자파학회논문지, 20(3), pp. 215-221, 2009년 3월.
- [8] D. M. Pozar, *Microwave Engineering*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.

김 주 만



2008년 2월: 순천향대학교 정보기  
술공학부 (공학사)  
2010년 2월: 순천향대학교 정보통신  
공학과 (공학석사)  
2010년 3월~현재: (주)이더트로닉스  
연구원  
[주 관심분야] 휴대폰용 안테나 설  
계, 자동차용 전장 안테나 등

손 태 호



1979년 2월: 한양대학교 전자통신  
공학과 (공학사)  
1986년 2월: 한양대학교 전자통신  
공학과 (공학석사)  
1990년 2월: 한양대학교 전자통신  
공학과 (공학박사)  
1978년~1987년: LIG넥스원 중앙연  
구소 근무  
1980년~1981년: 영국 Ferranti사 연구원  
1992년~1994년: 천문우주연구원 객원연구원  
1999년~2000년: University of Illinois 연구교수  
2000년~2003년: (주)넷시텔레콤 위촉 연구소장  
2002년~2006년: (주)에스비텔레콤 기술고문  
2005년~2007년: (주)하이트랙스 기술고문  
2007년~2009년: (주)동원 위촉연구소장  
2007년~현재: (주)스카이크로스코리아 기술고문  
1990년~현재: 순천향대학교 정보통신공학과 교수  
[주 관심분야] 위성 통신, 휴대폰, RFID용 안테나 설계, 자  
동차용 전장품 개발, 전자파 생체 영향 등