



두 가지 결합 방식의 자동차를 위한 샤크 꼬리 안테나 제작

신경환*¹, 이문희*², 이용창**², 손태호***³

Manufacture of Shark Tail Antenna for Automobiles in Combination

Kyung-Hwan Shin*¹, Moon-Hee Lee*², Yong-Chang Lee**², and Tae-Ho Son***³

요 약

본 논문에서는 TDMB, GPS 수신용 자동차 전장용 안테나를 설계하고 이를 제작하고, 기존 제품대비 소형화를 목표로 한다. 안테나 설계는 HFSS를 이용하고, 측정은 Agilent사의 네트워크분석기와 MTG사의 무반사실 챔버를 이용한다. TDMB 안테나는 헬리컬 안테나 대신 루프 안테나 두 개를 수직으로 배치하여 전방향성 특성을 갖도록 하고, 안테나 아래쪽에 브랜치 라인 커플러를 이용하여 대역폭을 향상시킨다. GPS 안테나는 세라믹 패치 안테나 대신 FR4 기판을 이용한 패치 안테나로 한다. 양쪽에 Truncated 방법을 적용하여 원편파를 유도하였고, 4개의 Bent-slot을 이용하여 패치의 소형화를 이루었다. 제작된 TDMB 안테나의 측정결과는 176~216MHz에서 반사계수가 -10이하로 정재파비가 2 : 1 이하의 특성을 가지며 전방향성 형태의 방사패턴을 가진다. 평균 효율은 기존의 헬리컬 안테나가 15.55%인 반면에 제안한 안테나는 19.813%로 대략 4.5%정도 향상하였다. GPS 안테나는 1.575GHz에서 반사손실이 -12.034dB로 정재파비 2 : 1 이하의 특성을 가지고 효율은 7.95%로 측정되었다.

Abstract

In this paper, microstrip patch antenna for the global positioning system(GPS) and double loop antenna for Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting(TDMB) were proposed and implemented and aim to miniaturization. The antenna design uses HFSS, and the measurement uses Agilent's network analyzer and MTG's anechoic chamber. TDMB antennas have two omnidirectional loop antennas arranged vertically instead of helical antennas, and branch line couplers below the antenna improve bandwidth. The GPS antenna is a patch antenna using FR4 board instead of ceramic patch antenna. The circular polarization was induced by applying the truncated method to both sides, and the miniaturization of the patch was achieved by using four bent-slots. The measured TDMB antenna has a reflection coefficient of less than -10dB at 176 ~ 216MHz and a voltage standing wave ratio of 2: 1 or less. The average efficiency was 15.55% for the conventional helical antenna, whereas the proposed antenna improved about 4.5% by 19.813%. The GPS antenna has a reflection loss of -12.034dB at 1.575GHz and has a voltage standing wave ratio of 2: 1 or less and an efficiency of 7.95%.

Keywords

shark antenna, loop antenna, microstrip antenna, TDMB, GPS

* 순천향대학교 정보통신공학과
 - ORCID¹: <https://orcid.org/0000-0002-3913-4415>
 - ORCID²: <https://orcid.org/0000-0002-1406-4553>
 ** 동아방송예술대학교 교수(교신저자)
 - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0352-0066>
 *** 순천향대학교 정보통신공학과 교수
 - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3898-6819>

• Received: Jun. 15, 2018, Revised: Jul. 16, 2018, Accepted: Jul. 19, 2018
 • Corresponding Author: Yong-Chang Lee
 Division of Broadcasting Technology, Dong-Ah Institute of Media and Arts, Dong-Ah yedae Rd. 47 Samjuk-myeon, Anseong-si, Gyeonggi-do 17516, Korea
 Tel.: +82-31-670-6743, Email: yclce@dima.ac.kr

1. 서 론

최근 자동차는 라디오 서비스는 물론 고화질 방송인 TDMB(Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting) 서비스와 위성 통신을 위한 위치 파악하는 시스템인 GPS(Global Positioning System) 서비스를 한 번에 제공받고 있다. 이러한 서비스를 제공받기 위해서는 각각의 서비스에 맞는 다수의 안테나가 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. 그중 가장 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[1].

본 논문에서는 TDMB와 GPS를 수신하는 전장 샤크 안테나를 설계하고 이를 제작한다. 본 논문의 목적은 기존의 샤크 안테나 대비 소형화를 이루는 것이다. TDMB (174MHz~216MHz) 수신용 안테나는 기존의 헤리컬 안테나 대신에 공간의 효율 향상을 위해 루프 안테나로 설계하였다[2][3]. 전방향성 특성을 갖기 위해 루프 안테나 두 개를 교차하도록 설계하였으며, 또한 브랜치 라인 커플러를 연결하여 더 넓은 대역을 갖도록 하였다[4][5]. GPS(1.564GHz~1.585GHz) 수신용 안테나는 FR4-Epoxy기판을 사용한 패치 안테나를 설계하고 제작한다. 공기층을 이용하여 살짝 띄워 대역폭을 향상시키고, Bented 모양의 슬롯을 이용하여 소형화를 유도한다. 또한, Truncated 기법과 급전 위치를 조절하여 GPS가 사용하는 우회전원형 편파(PRHC, Right-Hand Circular Polarization)를 유도한다[6]-[8]. 설계한 각 안테나를 제작하고, 이를 측정하여 고찰한다.

II. 안테나 설계

2.1 TDMB용 루프 안테나 및 브랜치 라인 커플러

본 절에서는 샤크안테나에 구성되는 안테나 중에서 먼저 TDMB 수신용 안테나를 알아본다. TDMB 수신용 안테나는 기존의 헤리컬 안테나보다 향상된 특성을 위해 루프 안테나와 브랜치 라인 커플러를 이용하였다. 그림 1은 루프 안테나의 구조를 나타낸 사진이다. 루프 안테나는 15mm(가로)×12mm(세로) 크기의 장방형 형태로 루프 안테나 2개를 교차하여 최대한의 전방사에 가까운 방사 형태를 가질 수 있도록 설계하였다. 각각의 루프의 턴 수는 둘레 길이를 고려하여 10회로 하였다. 한 개의 루프 안테나의 총 길이는 약 540mm로 TDMB 주파수 대역인 200MHz를 기준으로 약 0.4λ로 1/2λ수준으로 감소하였다. 루프 안테나의 선로간의 간격은 4×10-4λ로 0.8mm이며, 두 개의 루프 안테나의 간격은 3mm이다. 두 개의 루프를 합한 안테나의 전체적인 크기는 15mm(가로)×15mm(세로)×15mm(높이)이다.

그림 2는 제작된 루프 안테나를 Agilent사의 넷 워크분석기로 측정한 반사손실과 VSWR 결과이고 이를 표 1에 요약하였다. TDMB 주파수인 200MHz에서 공진이 발생하였고, VSWR은 시작과 끝 주파수인 174MHz와 216MHz에서 8.64 : 1의 결과를 보이고 있다.

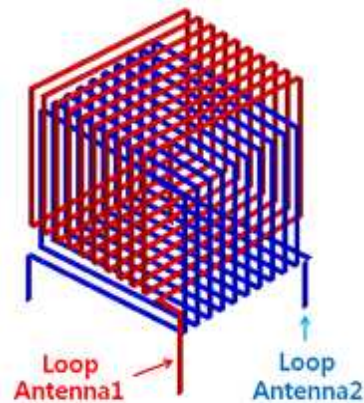
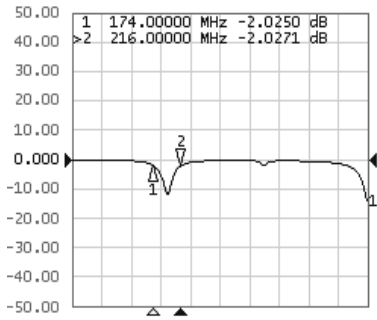


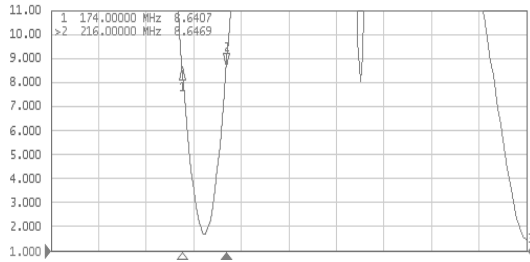
그림 1. 루프 안테나 구조
Fig. 1. Structure of loop antenna

표 1. 루프안테나의 반사손실과 정재파비 값
Table 1. Return loss and VSWR of loop antenna

Freq.	Return Loss	VSWR
174 MHz	-2.0250 dB	8.6407 : 1
216 MHz	-2.0271 dB	8.6469 : 1



(a) 반사손실



(b) 정재파비

그림 2. 루프 안테나의 네트워크 분석기 측정
Fig. 2. Network analyzer measurement of loop antenna,
(a) Return loss, (b) VSWR

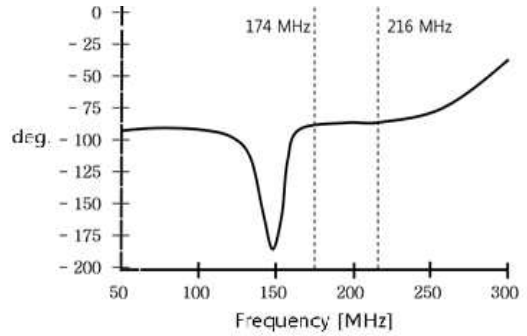


그림 4. 브랜치 라인 커플러 출력 위상차
Fig. 4. Phase difference of branch line coupler

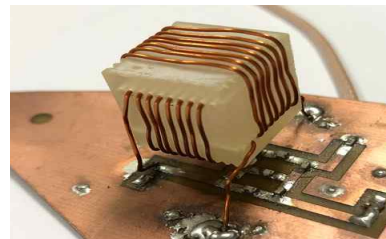
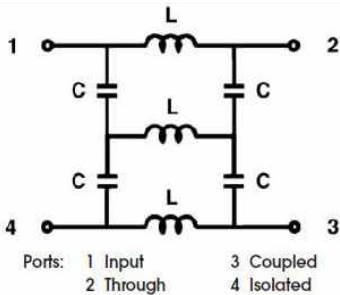
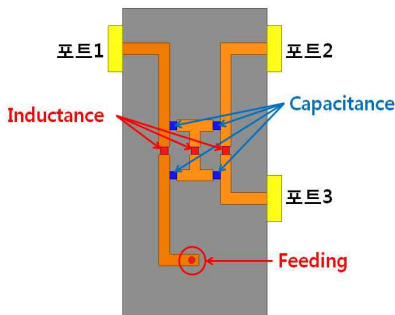


그림 5. 루프 안테나 구조 제작한 모습
Fig. 5. Implemented loop antenna



(a) 브랜치 라인 결합기 등가회로

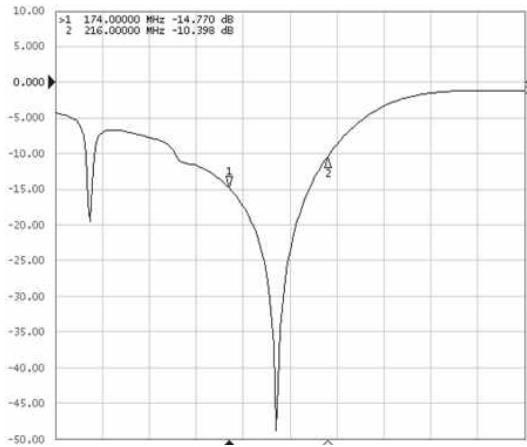


(b) 브랜치 라인 커플러 구조

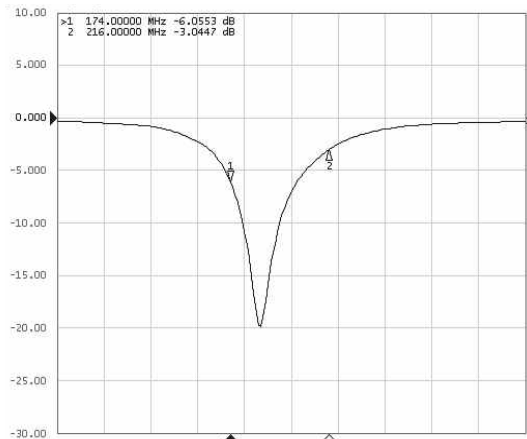
그림 3. 브랜치 라인 결합기
Fig. 3. Branch line coupler (a) Equivalent circuit,
(b) Structure

그림 3은 루프 안테나의 대역폭 향상을 위해 결합한 브랜치 라인 결합기의 등가회로와 구조이다. $\epsilon = 4.4$, $h=0.8\text{mm}$ 인 FR4기판을 사용하였다. 커플러의 라인은 마이크로스트립 선로가 아닌 Chip을 이용하였다. L과 C의 값을 200MHz 기준으로 계산하여 설계에 적용하였다. 포트 2와 포트 3의 출력단 선로의 길이는 90° 위상차를 유지하기 위해 동일한 길이를 적용하였다. 포트간에 90° 위상차가 발생하고 안테나의 배치를 장방향으로 했기 때문에 대역폭이 향상될 수 있다. 그림 4는 포트 간의 출력 위상차를 나타내는 그래프로 174MHz~216MHz에서 $80^\circ \sim 100^\circ$ 사이의 값이 나오는 것을 확인하였다.

그림 5는 브랜치 라인 커플러와 결합한 루프 안테나의 실제 제작한 모습이다. 루프 안테나는 커플러에서 10mm 높이만큼 띄워져 있다. 그림 6(a)는 브랜치 라인 커플러를 결합한 루프 안테나의 반사손실이고, 그림 6(b)는 기존의 헤리컬 안테나의 반사손실 값을 나타낸 그래프이다. 그림 7은 브랜치 라인 커플러는 결합한 루프 안테나의 정재파비 값을 나타낸 그래프이고 표 2에서 반사손실과 정재파비 값을 정리하였다.



(a) 커플러를 결합한 루프 안테나의 반사손실



(b) 기존 헤리컬 안테나의 반사손실

그림 6. 제안한 루프 안테나와 기존의 헤리컬 안테나의 반사손실 결과 비교
Fig. 6. Return loss comparison of proposed loop antenna and helical antenna, (a) Loop antenna, (b) Helical antenna

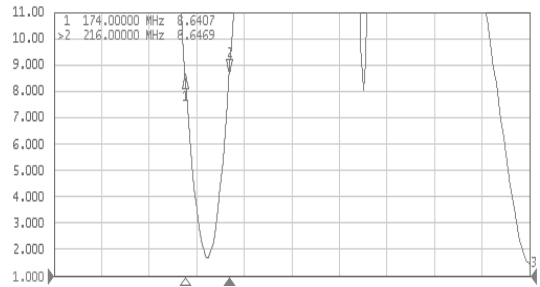


그림 7. 브랜치 라인 커플러를 결합한 루프 안테나의 정재파비 값

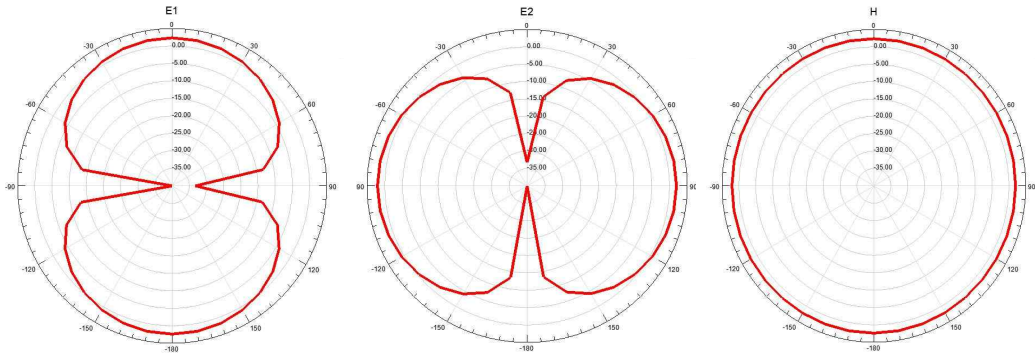
Fig. 7. VSWR of branch line coupler with loop antenna

표 2. 브랜치 라인 커플러를 결합한 TDMB 수신용 안테나의 반사손실과 정재파비 값
Table 2. Return loss and VSWR of TDMB antenna with branch line coupler

Freq.	Return Loss	VSWR
174 MHz	-14.43 dB	1.47 : 1
216 MHz	-9.41 dB	2.02 : 1

174MHz~216MHz에서 반사손실은 -9.41dB ~ -14.43dB로 측정되었고, 정재파비는 174MHz에서 1.47:1, 216MHz에서 2.02:1로 커플러를 결합한 루프 안테나가 -10dB 대역폭이 기존의 헤리컬 안테나에 비해서 4배 이상으로 확장된 것을 알 수 있다. 대역폭과 반사손실이 더 좋아져 TDMB 주파수 대역에 적합하다는 것을 알 수 있다.

그림 8과 그림 9는 제작한 루프 안테나를 무반사 챔버에서 측정한 결과이다. 그림 8은 2D 패턴이고 그림 9는 3D 패턴이다.



(a) X-Z 평면 (b) X-Y 평면 (c) Z-Y 평면

그림 8. 브랜치 라인 커플러를 결합한 루프 안테나의 2D 방사패턴

Fig. 8. 2D radiation pattern of branch line coupler with loop antenna, (a) X-Z plane, (b) X-Y plane, (c) Z-Y plane

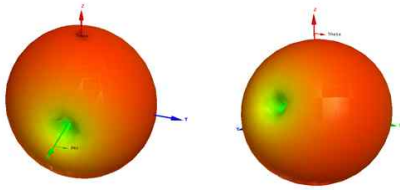


그림 9. 브랜치 라인 커플러를 결합한 루프 안테나의 3D 방사패턴

Fig. 9. 3D radiation pattern of branch line coupler with loop antenna

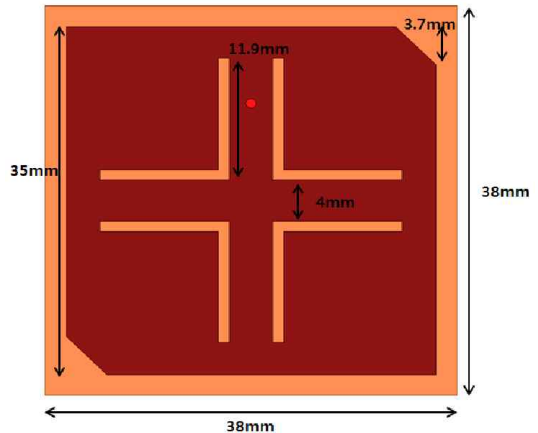
그림 8과 그림 9를 보면 루프 안테나를 장방형 형태로 배치했기 때문에 전체적으로 등방성 형태의 방사 패턴을 띄는 것을 알 수 있다. 아래의 표 3은 기존의 헬리컬 안테나의 효율 측정표이고, 표 4는 제안 안테나의 효율 측정표이다. 기존의 헬리컬 안테나의 평균 효율이 15.55%이고, 제안 안테나의 평균 효율이 19.813%로 대략 4.5% 향상된 것을 볼 수 있다.

표 3. 헬리컬 안테나의 효율 측정표
Table 3. Efficiency of helical antenna

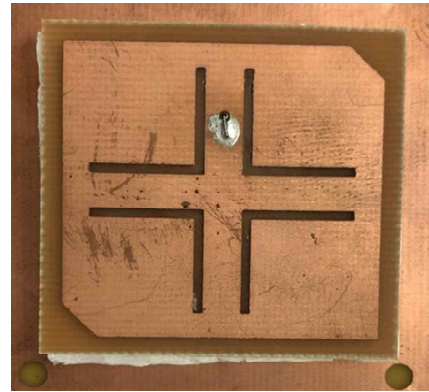
Freq.[MHz]	Eff.[%]	Avg.[dBi]
174	8.36	-10.757
179	10.07	-9.951
184	14.94	-8.237
189	17.91	-7.449
194	20.39	-6.887
199	21.78	-6.599
204	19.78	-7.017
209	17.40	-7.576
214	13.61	-8.642
216	11.27	-9.135

표 4. 브랜치 라인 커플러를 결합한 TDMB 수신용 안테나의 효율 측정표
Table 4. Efficiency of TDMB antenna with branch line coupler

Freq.[MHz]	Eff.[%]	Avg.[dBi]
174	8.03	-9.92
179	9.55	-9.52
184	20.19	-8.1
189	25.07	-7.53
194	26.82	-7.32
199	24.42	-7.62
204	23.22	-7.93
209	20.74	-8.08
214	20.28	-8.1
216	19.81	-8.18



(a) 설계 모습



(b) 제작한 모습

그림 10. GPS 수신용 마이크로스트립 패치 안테나
Fig. 10. Microstrip patch antenna for GPS (a) Simulated, (b) Implemented

2.2 GPS 수신용 안테나 설계 및 제작

그림 10은 GPS 수신용 안테나는 마이크로스트립 패치 안테나 전체적인 모습으로 FR4 기판을 이용하여 설계 및 제작하였다. 1.575GHz 주파수에서 동작하고 패치의 크기는 35mm(가로)×35mm(세로)로 하였다. 급전은 동축 선로를 이용하였고 패치에 간격 4mm, 길이 11.9mm의 구부린 모양의 슬롯 4개를 이용하여 패치의 물리적인 길이를 줄여 소형화를 유도하였다. 슬롯이 없을 경우의 전체적인 패치의 크기는 45mm(가로)×45mm(세로)가 되어 10mm 소형화를 이루었다. 또한, Truncated 기법을 이용하여 우측 상단과 좌측 하단에 삼각형 모양으로 잘라내서 RHCP를 유도하였다.

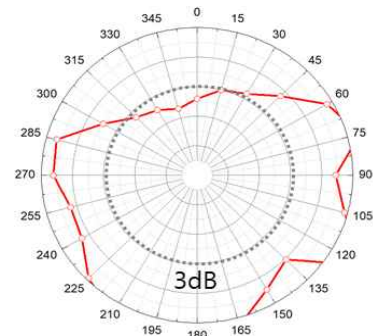
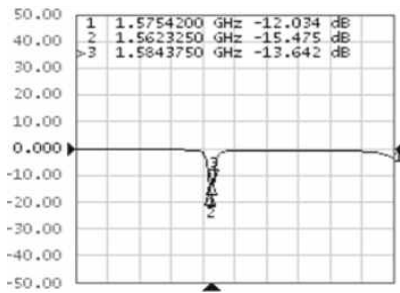
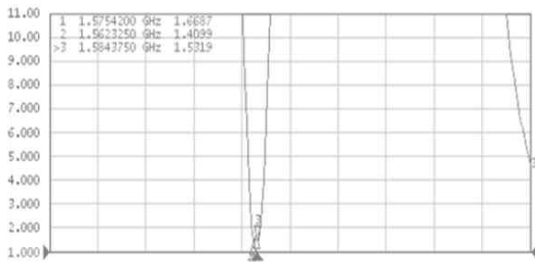


그림 11. 패치 안테나 축비 결과
Fig. 11. Axial ratio of patch antenna



(a) 반사손실 (Return Loss)



(b) 정재파비 (VSWR)

그림 12. 패치 안테나의 네트워크 분석기 측정결과
Fig. 12. Network analyzer measurement of patch antenna,

(a) Return loss, (b) VSWR

그림 11은 마이크로스트립 패치 안테나의 축비 결과이다. $-45^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 사이에 3dB 이하로 양호한 특성을 나타내고 있다. 그림 12는 마이크로스트립 패치 안테나의 네트워크분석기 측정 결과이다. GPS 주파수인 1.575GHz에서 -12.034dB 로 측정이 되었고, 정재파비는 1.6687 : 1로 측정되었다.

그림 13은 마이크로스트립 패치 안테나의 전류밀도 특성 결과로 패치 안테나의 가장자리 부분에서 가장 강하게 흐르고, 반시계방향으로 도는 것을 보아 RHCP의 특성을 잘 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림 14와 그림 15는 패치 안테나의 방사패턴을 나타낸다. 그림 14는 2D 방사패턴을 나타낸 결과로 Z축 방향으로 지향성을 띠는 방사패턴을 갖는 것을 알 수 있다. 그림 15는 3D 방사패턴을 나타내는 그림으로 2D 방사패턴에 알 수 있듯이 Z축 방향으로 지향성을 띠고 있다. 그 결과 패치 안테나의 효율은 1.575GHz에서 7.95%, 이득은 -4.41dBi 로 측정되었다.

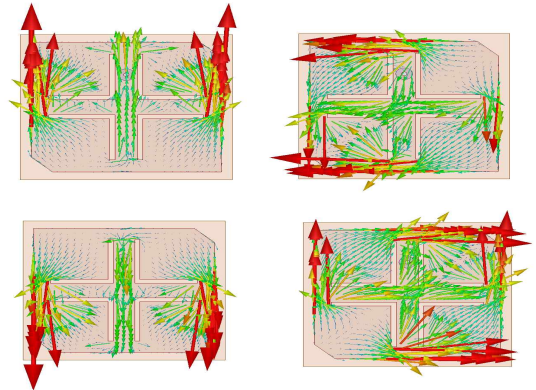
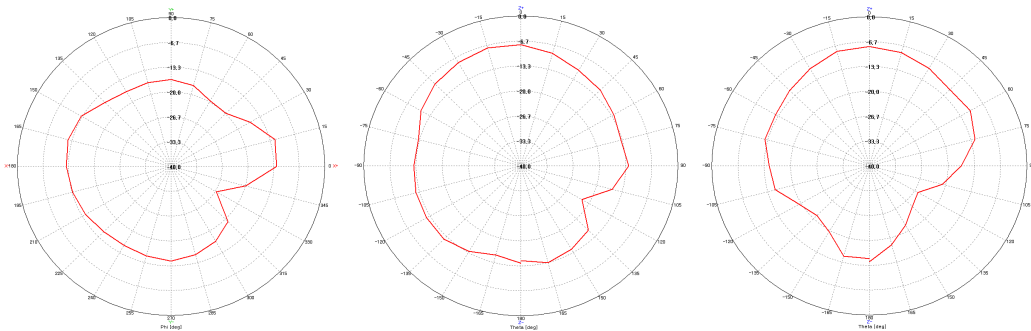


그림 13. 패치 안테나의 전류밀도 특성 결과
Fig. 13. Current density of patch antenna



(a) X-Z 평면

(b) X-Y 평면

(c) Z-Y 평면

그림 14. 패치 안테나의 2D 방사패턴

Fig. 14. 2D radiation pattern of patch antenna, (a) X-Z plane, (b) X-Y plane, (c) Z-Y plane

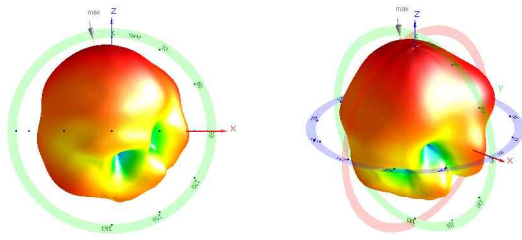


그림 15. 패치 안테나의 2D 방사패턴
Fig. 15. 3D radiation pattern of patch antenna

III. 결 론

본 논문은 차량용 샤크 안테나에 적용할 다중 편선 루프 안테나와 마이크로스트립 패치 안테나를 제안하였다. 수직 및 수평편파의 TDMB 신호를 모두 수신하기 위하여 2개의 루프를 교차하여 루프 안테나를 설계 및 제작하였다. GPS용 안테나로는 패치의 크기를 줄이고 가격 절감을 위해서 Bent-slot을 적용한 패치 안테나를 설계 및 제작하였다. 패치 안테나는 FR4 기판을 이용하였고, Truncated 기법을 이용하여 우회전원편파(RHCP) 특성을 가지도록 하였다.

그 결과 루프 안테나의 경우 TDMB 주파수인 200MHz에서 -6dB이하로 정재파비 2:1이하의 특성을 가지는 것을 확인하였다. 무반사실 챔버에서 측정한 결과 전방향성 형태로 방사가 이루어지는 것을 알 수 있었고 평균 효율은 기존의 헤리컬 안테나가 15.55%인 반면에 19.813%로 대략 4.5% 향상된 것을 알 수 있다. GPS용 패치 안테나의 경우 1.575GHz에서 -12.034dB로 정재파비는 1.67:1이하의 특성을 보였다. 또한, 전류밀도 확인결과 우회전원편파(RHCP)가 발생하는 것을 알 수 있다. 무반사실 챔버에서 측정한 결과 1.575GHz에서 7.95%, 이득은 -4.41dBi로 측정되었다. 이러한 결과를 바탕으로 상용화되고 있는 샤크 안테나의 성능을 유지하고 샤크 안테나 내부에 많은 공간 형성 및 제작비용을 감소할 수 있는 결과를 얻었다.

References

[1] Joo-Man Kim and Tae-Ho Son, "Active Shark Antenna for the Vehicle AM/FM/TDMB/GPS

Receiver", The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 21, No. 6, pp. 698-705, Jun. 2010.

[2] Tai Tsun Wu, "Theory of the Thin Circular Loop Antenna", Journal of Mathematical Physics, Vol. 3, No. 6, pp. 1301-1304, 1962.

[3] K. Fujimoto, "Mobile Antenna System Handbook", ARTECH HOUSE, 1994.

[4] T. Edwards and M. Steer, "Foundations for Microstrip Circuit Design", John Wiley & Sons, Ltd, 1991.

[5] Vruti S Joshi, Balvant J Makwana, and Ashish M Kothari, "A circularly polarized dual-band patch antenna with branch-line coupler for IRNSS application", 2017 2nd RTEICT, pp. 1612-1614, May 2017.

[6] G. F. Khodaei, J. Nourinia, and C. Ghobadi, "A practical miniaturized U-Slot patch antenna with enhanced bandwidth", Progress In Electromagnetics Research B, Vol. 3, 47-62, Jan. 2008.

[7] S. Muhamud Kayat, M. T. Ali, M. K. M. Salleh, M. H. M. Rusli, N. Ramli, and H. Alias, "Frequency reconfigurable truncated rhombuslike slotted antenna with patch size reduction", 2013 RF and Microwave Conference (RFM), pp. 445-449, Dec. 2013.

[8] Kin-Lu Wong, "Compact and Broadband Microstrip Antennas", John Wiley & Sons, Inc, pp. 201-203, 2002.

저자소개

신 경 환 (Kyung-Hwan Shin)



2004년 2월 : California State University, Fullerton(학사)

2009년 8월 : 성균관대학교 정보통신공학과(공학석사)

2018년 6월 ~ 현재 : 순천향대학교 정보통신공학과(박사수료)

2005년 ~ 2009년 : ㈜넥스정보통신

관심분야 : 마이크로파공학

이 문 희 (Moon-Hee Lee)



2015년 2월 : 순천향대학교
정보통신공학과(공학사)
2017년 2월 : 순천향대학교
정보통신공학과(공학석사)
2017년 2월 ~ 현재 : 순천향대학교
정보통신공학과(박사과정)
관심분야 : 마이크로파공학, 안테나

이 용 창 (Yong-Chang Lee)



1991년 1월 : 한남대학교
물리학과(이학사)
1996년 2월 : 한남대학교
물리학과(이학석사)
2001년 2월 : 순천향대학교
정보통신전공(공학박사)
1991년 ~ 1994년 : (주)한중합계기

기술연구소

1994년 ~ 1996년 : (주)내외반도체 기술연구소
1996년 ~ 2001년 : (주)나우시스 부설연구소 연구소장
2001년 3월 ~ 현재 : 동아방송예술대학교 방송기술계열
교수
관심분야 : 디지털방송 송수신 시스템, 디지털 방송기기,
마이크로파공학

손 태 호 (Tae-Ho Son)



1979년 2월 : 한양대학교
전자통신공학과 (공학사)
1986년 2월 : 한양대학교
전자통신공학과 (공학석사)
1990년 2월 : 한양대학교
전자통신공학과 (공학박사)
1978년 ~ 1987년 : 금성정밀(주)

중앙연구소 선임연구원

1980년 ~ 1981년 : 영국 Ferranti 연구원
1992년 ~ 1994년 : 천문우주연구원 객원연구원
1999년 ~ 2000년 : 한국 ITS학회 회장
2002년 ~ 현재 : (주)에스비텔레콤, (주)하이트랙스,
(주)스카이크로스 기술고문
1990년 ~ 현재 : 순천향대학교 정보통신공학과 교수
관심분야 : 위성통신, 휴대폰 안테나설계, 자동차용
전장품 개발