

다층구조의 이중편파 다중대역 패치 안테나 설계

Design of Dual-Polarized and Multi-Band Multi-Layer Patch Antenna

최종호*, 정봉식**
 Jong-Ho Choi*, Bong-Sik Jeong**

요약

본 논문에서는 GPS(Global positioning System)-Bluetooth-DSRC(Dedicated short range communication) 대역의 신호를 동시에 수신할 수 있는 차량용 이중편파 다중대역 안테나를 적층형으로 설계하였다. 안테나는 다층 구조(Multi-Layer)이고, 유전율이 4.4이고, 두께가 1.6mm 인 FR4-epoxy 기판을 사용하였다. GPS와 DSRC 대역은 원형편파(Circular Polarization) 특성을 가지고, 블루투스 대역은 선형편파(Linear Polarization) 특성을 가지며, 이들 안테나는 단일 프루브 급전하였다. 안테나는 Ansys HFSS v11로 시뮬레이션 하였고, 측정결과와 비교하면서 크기가 67mm×67mm×4.8mm인 안테나를 설계하였다. 최적 설계된 안테나는 -10dB 대역폭이 각 대역에서 82MHz, 127MHz, 862MHz로 측정되었고, GPS 및 DSRC 대역의 3dB 축비 대역폭은 12MHz와 112MHz로 시뮬레이션 되었다. 이 결과는 시스템이 요구하는 사양을 만족하고 있음을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, a dual-polarized multi-band multi-layer antenna for a vehicle, which operates in the GPS, bluetooth, and DSRC bands, was implemented. The antenna was designed as a multi-layer structure, and a FR4-epoxy substrate with $\epsilon_r=4.4$ and $t=1.6\text{mm}$ was used. GPS and DSRC antennas have circular polarized characteristics, and a single probe feeding method was applied. Simulated results by Ansys HFSS v11 was compared with the measured ones. The size of the optimally designed antenna is 67mm×67mm×4.8mm, -10dB bandwidth of the antenna was measured to be 820MHz, 127MHz, and 862MHz in each band, and 3dB AR bandwidth of the antenna was simulated to be 19MHz and 110MHz in GPS and DSRC bands. The results confirmed that suggested system satisfies the system requirements.

Keywords : Multi-Band, Multi-Layer, Dual-Polarization, stacked, Patch Antenna

I. 서론

최근 운전자의 편의와 안전을 도모하기 위해 차량에 많은 무선 통신 시스템이 장착되어 있다. 차량내 무선 통신 시스템으로는 FM 라디오, DMB(Digital Multimedia Broadcasting), TPMS(Tire Pressure Monitoring System), RKE(Remote Key Entry), GPS, 블루투스(blueetooth) 시스템, DSRC 시스템 등이 있다. 여기서 GPS 시스템은 GPS 위성신호를 수신하여 사용자 위치를 파악하고 차량의 이동속도, 최적 이동경로, 주유소 위치 등의 다양한 정보 제공에 이용된다. 블루투스 시스템은 휴대단말기와 차량내 무선 액세스 포인트 간의 근거리 무선통신에 의해 운전하면서 자유롭게 통화할 수 있고, 또한 단말기 간의 데이터 전송에도 이용되고 있다. DSRC 시스템은 도로변의 노변기지국(Road-Side Equipment)과 차

량 내 단말기(On Board Unit)간의 통신에 의해 통행요금 자동징수(ETCS)와 교통정보 등의 서비스 제공에 활용된다. 최근에는 DSRC 기능과 함께 차량간 통신이 가능한 V2V 기능을 갖고 있는 WAVE 시스템을 사용되고 있다. 이들 무선시스템은 동작주파수가 다르기 때문에 별도의 안테나를 필요로 한다. GPS 안테나는 2MHz(1575.42±1.023MHz)의 대역폭에 원형편파 특성을 가져야 하고, 블루투스 안테나는 대역폭이 83.5MHz (2400~2483.5MHz)이고 선형편파 특성을 가져야 하며, DSRC 안테나는 10MHz(5800±5MHz)의 대역폭에 원형편파 특성을 가져야 한다. 최근 이러한 안테나를 소형이면서 하나의 안테나로 통합하려는 요구에 따라 다중편파 다중대역의 소형 안테나에 대한 연구가 이루어지고 있다[1-6].

[7]에서는 원형아크 모양의 스테르브와 L 모양의 스테르브를 결합하여 USB에 적용할 수 있는 소형 삼중대역(무선랜, WiMAX) 안테나를 설계하였고, [8]에서는 직사각형 패치에 슬롯을 생성하고 근접결합 급전으로 선형편파 사중대역(GPS, WiMAX, 무선랜) 안테나를 설계하였다. 이때 GPS 안테나도 선형편파 특성을 갖는다. [9]

* 동아대학교 ** 동아대학교 (교신저자)
 투고 일자 : 2015.9.17 수정완료일자 : 2015.11.3
 게재확정일자 : 2015.11.8.
 ※ 이 논문은 동아대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음

에서는 모서리 섭동을 이용하고 정사각형 패치에 T자 슬롯으로 커패시티브(C) 결합 급전하여 이중편파(원형편파, 선형편파) 이중대역(2.4GHz, 3.1GHz) 안테나를 설계하였다. 이는 삼중대역 이상의 이중편파 다중대역 안테나를 설계하기에는 어려움이 있다. [9]에서는 선로를 분기시키고 또한 미앤드(meander) 구조로 삼중대역 안테나를 설계하였다. 이 구조는 원형편파 특성을 구현하기가 곤란하다. 한편, 소형 안테나는 협대역 특성을 가지므로 광대역화 기법을 적용할 필요가 있다.

일반적으로 대역폭 개선에는 Q값을 낮추거나, 임피던스 정합을 하거나, 다중공진을 이용한다. Q값을 낮추기 위해서는 기판을 두껍게 하거나 낮은 유전율의 기판을 사용하고, 또한 손실이 있는 기판을 사용한다. 임피던스 정합은 안테나 소자와 급전선로 사이에 정합회로를 삽입하거나 안테나 패치에 슬롯 혹은 슬릿을 생성하여 구현한다. 다중공진은 기본소자 주위에 기생소자를 위치하거나 개구면 혹은 근접 결합 급전하여 구현한다[10].

그래서 본 논문에서는 유전체 기판을 적층시키고 단일 프루브 급전으로 이중편파 다중대역 특성을 갖는 안테나를 설계하고자 한다. 본 논문의 구성은 II장에서 안테나 구조를 설명하고, III장과 IV장에서 시뮬레이션 및 측정 결과를 바탕으로 최적 안테나를 설계하고, V장에서 결론을 맺고자 한다.

II. 안테나 구조

그림 1은 삼층구조의 이중편파 다중대역 안테나이다. 그림 1의 맨 아래 GND면은 접지면이고, 두 번째 도체면(GPS)은 GPS 안테나, 세 번째 도체면(Bluetooth)은 블루투스 안테나, 맨 위 도체면(DSRC)은 DSRC 안테나로서, 이들은 단일 프루브 급전을 이용한다. 동축선로의 내심은 맨 위의 DSRC 안테나에만 연결되고, GPS 안테나와 블루투스 안테나에는 직접 연결되지 않고 근접결합에 의해 급전된다. 한편 GPS 및 DSRC 안테나의 원형편파 특성은 정사각형 패치의 모서리 양끝을 잘라내는 모서리 섭동(corner truncation)에 의해 구현된다[11].

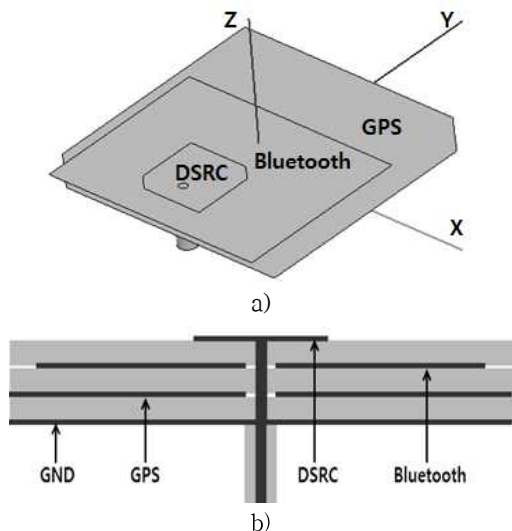


그림 1. 다층구조 안테나 a)사시도 b)측면도
Fig. 1. Multi-layer antenna a) perspective b) sideview

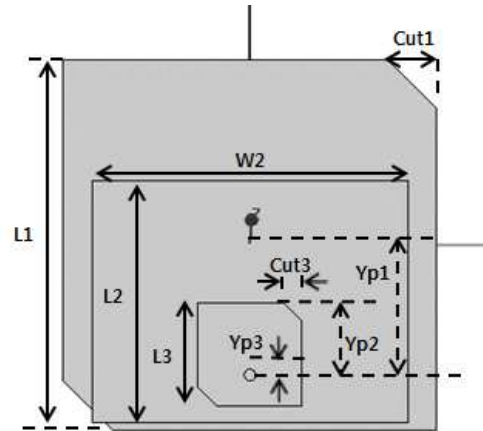


그림 2. 다층구조 안테나 평면도
Fig. 2. Top view of multi-layer antenna

여기서는 $\epsilon_r=4.4$, $h=1.6\text{mm}$ 인 FR4-epoxy를 사용한다. 그림 2는 안테나의 평면도이고, L1은 정사각형 GPS 안테나의 변의 길이이고, Cut1은 GPS 안테나에 원형편파 특성을 주기 위해 잘라내는 직각이등변삼각형의 변의 길이이며, 급전위치인 Yp1은 GPS 안테나 패치 중심으로부터 급전점까지 거리이다. W2와 L2는 블루투스 안테나의 직사각형의 가로와 세로 길이이고, Yp2는 블루투스 안테나의 급전점이다. L3는 정사각형 DSRC 안테나의 변의 길이이고, Cut3는 DSRC 안테나에 원형편파 특성을 주는 직각이등변삼각형의 변의 길이이고, Yp3는 DSRC 안테나의 급전점이다.

III. 3층구조 다중대역 안테나

이제, 다층구조에서 각 층에 위치한 안테나의 반사손실 및 축비 특성을 살펴보고자 한다. 그림 3과 4는 GPS 안테나의 L1 변화에 따른 GPS 대역과 블루투스 대역의 반사손실을 시뮬레이션 한 것이다. 시뮬레이션은 Ansys사의 HFSS(v.11)로 수행하였다. L1이 45mm를 중심으로 $\pm 0.5\text{mm}$ (2.2%) 변할 때, GPS 대역의 중심주파수는 약 2.0% 변하고, 블루투스 대역의 중심주파수는 약 0.8% 변하지만 GPS 대역에 비해 변화가 적다. 이는 GPS 안테나의 크기 변화가 블루투스 대역뿐만 아니라 DSRC 대역의 중심주파수 변화에 상대적으로 적게 영향을 주었다. 그림 5는 2.2%의 L1 변화에 대해 GPS 안테나의 축비는 약 1.6% 변하였다. 그림 6은 블루투스 안테나의 크기 L2가 변할 때 블루투스 안테나의 반사손실을 구한 것으로, L2가 2.1% 변할 때, 블루투스 대역의 중심주파수는 약 1.5% 변하지만, GPS 대역과 DSRC 대역의 중심주파수는 거의 변화하지 않았다. 그림 7은 약 2%의 L2 변화에 대한 다중대역 안테나의 축비를 구한 것으로, 블루투스 안테나는 선형편파 특성을 유지하고, GPS와 DSRC 안테나의 축비는 거의 변하지 않는다. 그림 8과 9는 DSRC 안테나의 크기 L3 변화에 대한 DSRC 대역의 반사손실과 축비를 구한 것으로, L3가 약 3.2% 변하면 DSRC 대역의 중심주파수는 약 7.5% 변하지만, 750MHz의 반사손실 대역폭과 250MHz의 축비 대역폭은 거의 변화가 없다.

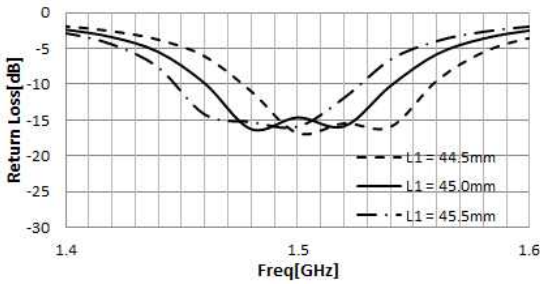


그림 3. L1 변화에 따른 GPS 안테나의 반사손실
Fig. 3. RL of GPS antenna for L1 in length

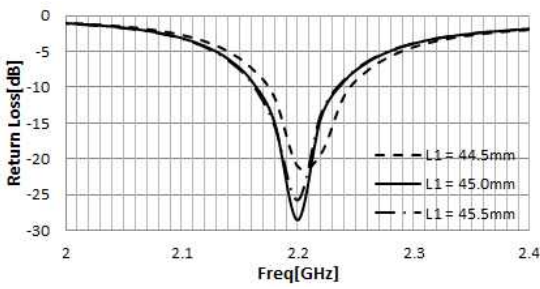


그림 4. L1 변화에 따른 Bluetooth 안테나의 반사손실
Fig. 4. RL of bluetooth antenna for L1 in length

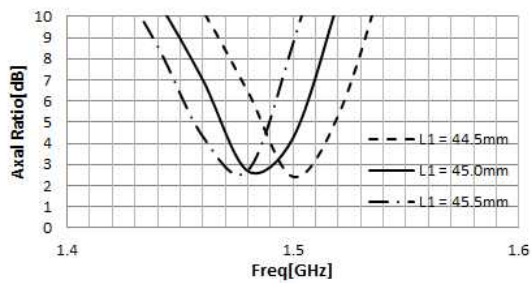


그림 5. L1 변화에 따른 GPS 안테나의 축비
Fig. 5. AR of GPS antenna for L1 in length

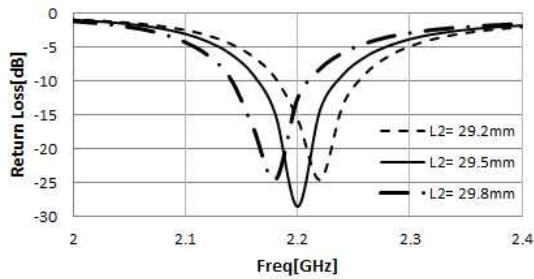


그림 6. L2 변화에 따른 Bluetooth 안테나의 반사손실
Fig. 6. RL of bluetooth antenna for L2 in length

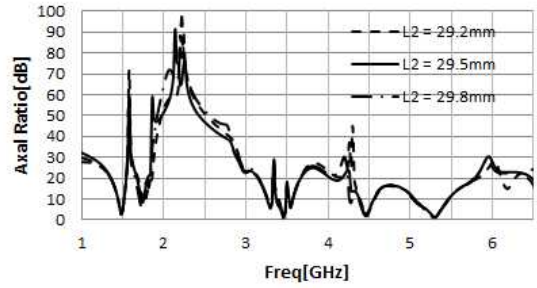


그림 7. L2 변화에 따른 다중대역 안테나의 축비
Fig. 7. AR of multi-band antenna for L2 in length

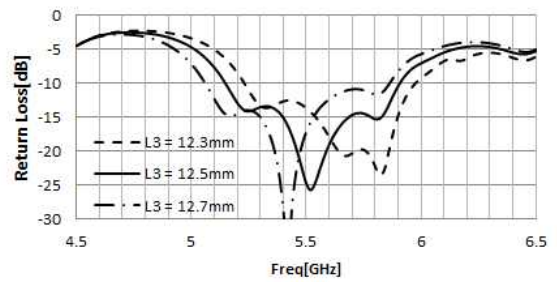


그림 8. L3 변화에 따른 DSRC 안테나의 반사손실
Fig. 8. RL of DSRC antenna for L3 in length

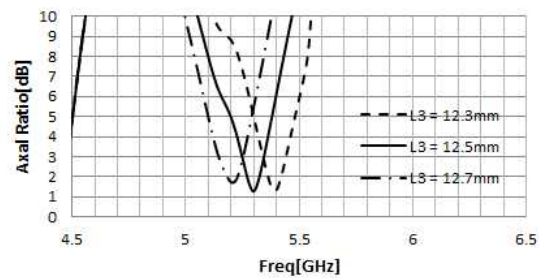


그림 9. L3 변화에 따른 DSRC 안테나의 축비
Fig. 9. AR of DSRC antenna for L3 in length

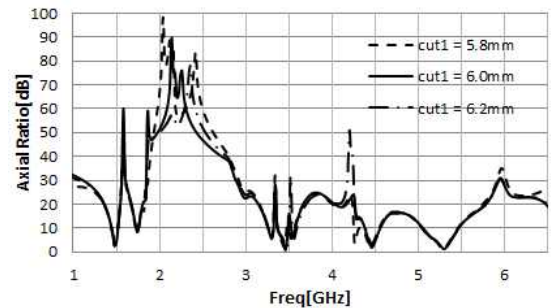


그림 10. Cut1 변화에 따른 다중대역 안테나의 축비
Fig. 10. AR of multi-band antenna for Cut1 in length

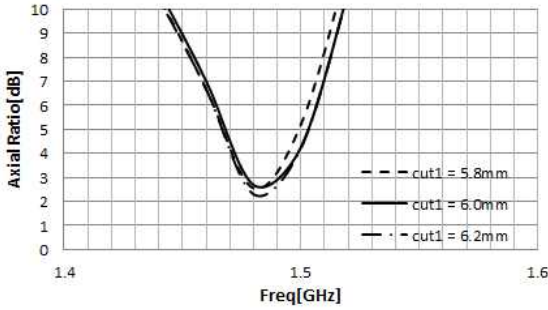


그림 11. Cut1 변화에 따른 GPS 안테나의 축비
Fig. 11. AR of GPS antenna for Cut1 in length

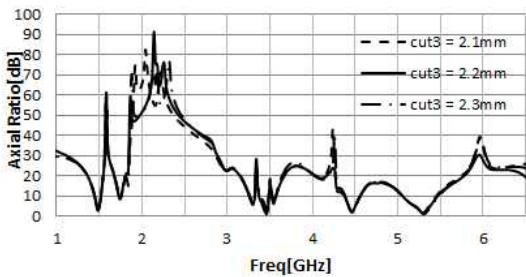


그림 12. Cut3 변화에 따른 다중대역 안테나의 축비
Fig. 12. AR of multi-band antenna for Cut3 in length

표 1. 3층 구조 안테나의 파라메타 [단위: mm]
Table 1. Parameters of 3-layer antenna [Unit: mm]

안테나	파라메타		
	L1	Cut	Yp
GPS	43	6	-16
블루투스	L2	W2	Yp2
	27.7	38	-7.8
DSRC	L3	Cut2	Yp3
	11.4	2	-2.5

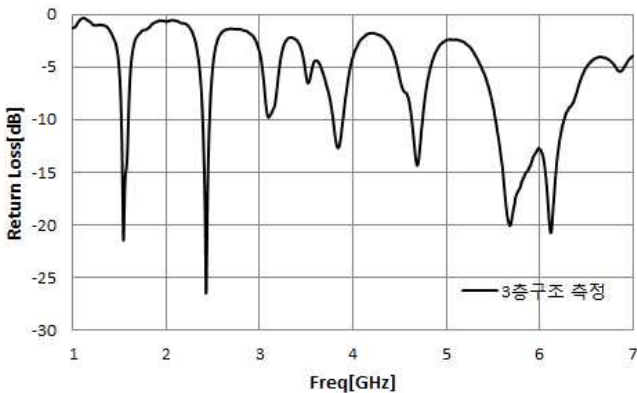


그림 13. 3층 구조 안테나의 반사손실 (측정)
Fig. 13. Measurement result of 3-layer antenna

표 2. 3층 안테나의 특성 결과 [단위: MHz]
Table 2. Results of 3-layer antenna [Unit: MHz]

안테나	반사손실		축비
	측정	시뮬레이션	시뮬레이션
GPS	1525~1592 (67)	1454~1540 (86)	1475~1480 (5)
블루투스	2395~2462 (67)	2168~2236 (68)	
DSRC	5530~6257 (727)	5138~5902 (764)	5250~5350 (100)

그림 10은 GPS 안테나의 접동 크기(Cut1) 변화에 대해서 이중 편파 삼중대역 안테나의 축비를 구한 것이고, 여기서 GPS 대역의 축비를 보여주는 것이 그림 11이다. 이때 Cut1이 7% 변하더라도 GPS 대역의 축비와 축비 대역폭은 일정하게 유지되고 있다. 그림 12는 Cut3의 변화에 대한 다중대역 안테나의 축비를 구한 것으로 Cut3의 변화에도 세 대역에서 축비 변화는 거의 없음을 알 수 있다. 표 1은 시뮬레이션과 측정을 통해 설계된 3층 구조의 이중편파 다중대역 안테나의 주요 설계값이고, 그림 13은 표 1의 설계값으로 제작한 3층구조 삼중대역 안테나의 반사손실을 측정된 것이다. 표 2는 삼중대역 안테나의 반사손실과 축비 대역폭에 대한 시뮬레이션 값과 측정값을 정리한 것이다. 이때 GPS와 DSRC 안테나는 대역폭 특성을 만족하지만, 블루투스 안테나의 -10dB 대역폭은 67MHz로 83.5MHz의 대역폭을 만족하지 못하므로 대역폭 특성을 개선할 필요가 있다.

IV. 4층구조 다중대역 안테나

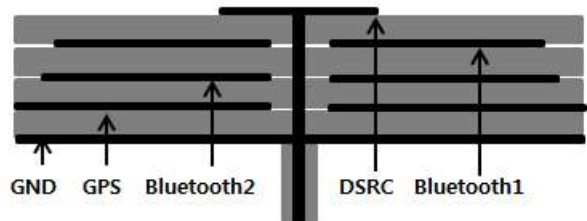


그림 14. 기생패치 삽입된 4층 구조의 안테나
Fig. 14. Parasitic patch inserted 4-layer antenna

블루투스 안테나의 대역폭은 서론에서 설명한 대역폭 개선기법 중에서 적층형 안테나에 적합한 기생 패치를 추가하는 방식을 적용한다. 추가되는 기생 패치는 DSRC 패치와 블루투스 패치 사이에 배치한다. 이는 유사한 2개의 공진주파수를 근접시켜 블루투스 대역의 -10dB 대역폭을 개선하게 하였다. 그림 14는 기생패치가 추가된 4층 구조의 이중편파 삼중대역 안테나이고, 그림 15는 최종 설계된 안테나를 제작한 것이고, 표 3은 최종 설계된 4층 구조 안테나의 주요 파라메타 값이고, 그림 16은 최적화된 3층 구조 안테나와 4층 구조 안테나에 대한 반사손실을 측정된 것이다. 측정 결과에 의하면, 4층 구조 안테나의 -10dB 대역폭은 각 대역에서 82MHz, 127MHz, 862MHz이다. 블루투스 대역폭은 127MHz로 3층

구조 안테나의 67MHz에 비해 증가되었다. 이는 기생패치의 추가로 인해 시스템이 요구하는 블루투스 대역의 대역폭인 83.5MHz를 만족함을 보여준다. 표 4는 4층 안테나의 시뮬레이션 및 측정 결과를 정리한 것이고, 그림 17은 4층 구조 안테나의 각 대역의 중심주파수에서의 복사패턴이다.

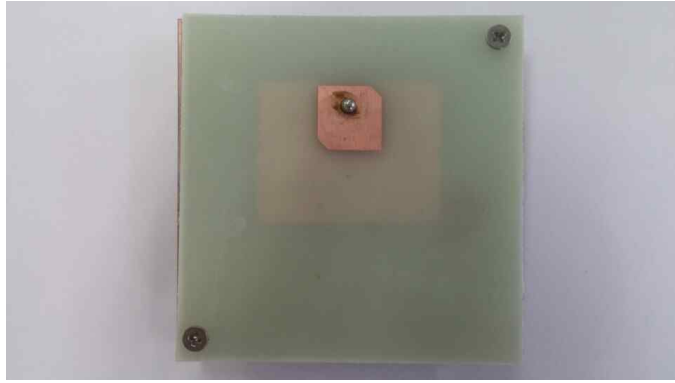


그림 15. 제작된 4층 구조 안테나
Fig. 15. Fabricated 4-layer antenna

표 3. 4층 구조 안테나의 파라메타 [단위: mm]
Table 3. Parameters of 4-layer antenna [Unit: mm]

안테나	파라메타		
GPS	L1=W1	Cut1	Yp
	45	6.0	-16.0
블루투스 1	L2	W2	Yp2
	27.8	35.81	-9.0
블루투스 2	L4	W4	Yp4
	29.0	37.36	-5.25
DSRC	L3=W3	Cut3	Yp3
	12.5	2.2	-2.5

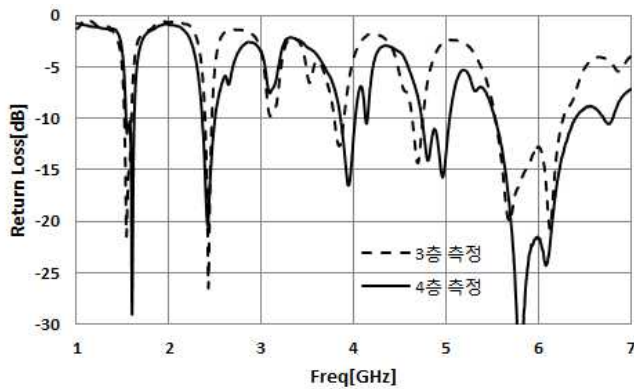
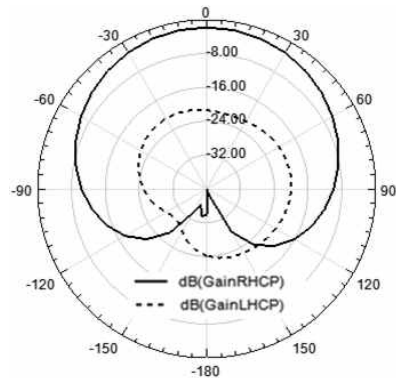


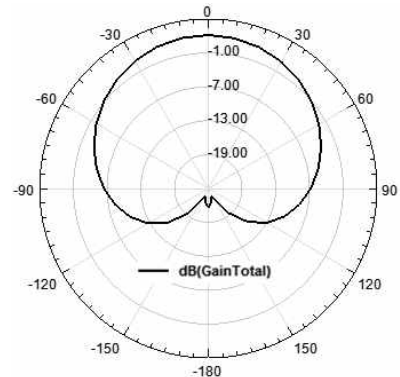
그림 16. 3층과 4층 구조 안테나의 반사손실 (측정)
Fig. 16. Measurement results of 3-layer and 4-layer antennas

표 4. 4층 안테나의 특성 결과 [단위: MHz]
Table 4. Results of 4-layer antenna [Unit: MHz]

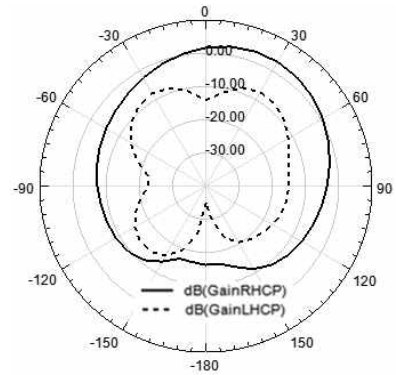
안테나	반사손실		측비
	측정	시뮬레이션	시뮬레이션
GPS	1540~1622 (82)	1457~1525 (68)	1478~1490 (12)
블루투스	2365~2492 (127)	2140~2245 (105)	
DSRC	5530~6392 (862)	5215~5815 (600)	5290~5402 (112)



a) GPS 대역



b) 블루투스 대역



c) DSRC 대역

그림 17. 4층 구조 안테나의 복사패턴
Fig. 17. Radiation patterns of 4-layer antenna

V. 결론

본 논문에서는 차량에 사용되는 다층구조의 이중편파 다중대역 안테나를 설계하였다. 이 안테나는 GPS, 블루투스, DSRC 안테나를 하나로 통합하기 위해 패치를 적층하여 다층구조로 설계하였다. 블루투스 안테나는 선형편파 특성을, GPS와 DSRC 안테나의 원형편파 특성을 갖도록 하였다. 원형편파 특성은 정사각형 패치의 모서리를 잘라내는 모서리 접동으로 구현하였다. 블루투스 대역의 대역폭 특성을 개선하기 위해 기생패치를 삽입하였다. 다층 안테나의 급전은 맨 위의 DSRC 패치에 프루브를 직접 연결하고 나머지 패치는 근접결합으로 급전하였다. 시뮬레이션 및 측정을 통해 4층 구조의 이중편파 삼중대역 안테나를 설계한 결과, 헨, 블루투스, DSRC 안테나의 -10dB 대역폭은 각각 82MHz, 127MHz, 862MHz로 측정되었고, GPS와 DSRC 안테나의 3dB 축비대역폭은 각각 12MHz와 112MHz로 시뮬레이션 되었다. 이 결과는 시스템 요구조건을 만족한다. 추후 차량에 사용되는 4개 이상의 안테나를 통합한 다중대역 안테나를 설계하고자 한다.

참고 문헌

- [1] 오세근, 미래지능형 자동차산업 동향과 전망, 전자부품연구원 전자정보센터. 2011.
- [2] 박세환, 스마트/지능형 자동차 개발동향, 전자부품연구원 전자정보센터. 2012.
- [3] Kin-Lu Wong, Compact and Broadband Microstrip Antennas, John Wiley & Sons, 2002.
- [4] Kin-Lu Wong, Planar Antennas for Wireless Communications, John Wiley & Sons, 2003.
- [5] Rod Waterhouse, Printed Antennas for Wireless Communications, John Wiley & Sons, 2007.
- [6] 서기원, 김정환, 노형환, 성영락, 오하령, 박준석, “이중대역/ 이중편파 패치 안테나를 이용한 렉테나 설계,” 전기학회논문지, 제59권, 제12호, pp.2268-2272, 2010.
- [7] Ya W. Shi, L. Xiong, and Meng G. Chen, “Compact triple-band monopole antenna for WLAN/WiMAX-band USB dongle applications,” *ERRI Journal*, Vol.37, No.1, pp.21-25, 2015.
- [8] Y.F. Cao and S.W. Cheung, “A multi-band slot antenna for GPSS/WiMAX/WLAN systems,” *IEEE trans AP*, Vol63, No.3, pp.952-958, 2015.
- [9] 임정섭, 김철복, 장재삼, 이호상, 정영호, 조동기, 이문수, “CPW 급전 삼중대역 내장형 평면 모노폴 안테나 설계,” 전자공학회논문지, 제44권, TC편 제12호, pp.73-78, 2007.
- [10] Zhi Ning Chen and Michael Y. W. Chia, Broadband Planar Antennas: Design and Applications, John Wiley & Sons, 2006.
- [11] 최종호, 정봉식, “적층형 다중대역 패치 안테나의 대역폭 개선에 관한 연구,” 2015년도 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, pp.1013-1014, 2015.



최종호(Jong-Ho Choi)

2014년 2월 동아대학교 전자공학과(공학사)
 2014년 3월~현재 동아대학교 전자공학과 석사과정
 ※관심분야 : 차량안테나, 무선전력전송



정봉식 (Bong-Sik Jeong)

正會員
 1987년 2월 경북대학교 전자공학과(공학사)
 1990년 2월 KAIST 전기및전자공학과 (공학석사)
 1995년 2월 KAIST 전기및전자공학과 (공학박사)

1995년 1월~1997년 2월 LG전자 선임연구원
 1997년 3월 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 교수
 ※관심분야 : 안테나설계, 무선전력전송