GPS용 광대역 마이크로스트립 패치안테나 설계

Design of Broadband Microstrip patch Antenna for the GPS

신 경 환* · 이 용 창** · 손 태 호***

* 주저자 : 순천향대학교 박사과정
** 교신저자 : 동아방송예술대학교 교수
*** 공저자 : 순천향대학교 교수

Kyung Hwan Shin* · Yong Chang Lee** · Taeho Son**

* Dept. of IT Eng., Univ. of Soonchunhyang
** Division of Broadcasting Eng., Univ. of Dong-Ah Inst. of Media and Arts
*** Dept. of IT Eng., Univ. of Soonchunhyang
† Corresponding author : Yong Chnag Lee, yclee@dima.ac.kr

Vol.17 No.5(2018)
October, 2018
pp.128~134

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
https://doi.org/10.12815/kits.2018.17.5.128

Received 10 October 2018
Revised 16 October 2018
Accepted 19 October 2018

ⓒ 2018. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요 약

본 논문에서는 GPS용 마이크로스트립 패치안테나의 대역특성을 넓히기 위하여 90° 하이브리드를 적용한 2포트 급전을 제안한다. 패치는 정사각형 패치이며, 급전은 프로브 급전한다. 90°하이브리드 칩 소자 회로를 설계하고, 90°위상차가 나는 출력 포트를 패치안테나에 각각 공급한다. 설계된 패치와 90°하이브리드 회로를 FR4 기판에 구현하고 이들을 결합한다. 구현된 안테나에 대한 정재파비 측정결과, 2:1 기준으로 29% BW (1,230～1,700 MHz)을 얻었으며, 축비 밴드폭은 3dB 기준 15.87% BW (1,400～1,650 MHz)의 광대역 특성을 얻었다. 이득은 중심주파수에서 2.75dBi으로 측정되었다.

핵심어 : GPS 안테나, 마이크로스트립 패치, 90° 하이브리드, 프로브 급전, 축비

ABSTRACT

In this paper, two ports feeding a microstrip patch antenna using a quadrature hybrid circuit was proposed to enhance the bandwidth for the global positioning system(GPS). The square patch was designed, and the probe feeding was applied. The quadrature hybrid chip circuit for two-port feeding was designed, and output ports that have a 90-degree phase difference feed to the patch antenna. The designed patch and quadrature hybrid circuit were implemented on an FR4 board, and were combined. The measurement of the bandwidth within a voltage standing wave ratio(VSWR) of 2:1 and axial ratio(AR) in 3dB were wide band as 29% BW (1,230～1,700 MHz) and 15.87% BW (1,400～1,650 MHz), respectively. Antenna gain were measured 2.75dBi at the center frequency.

Key words : GPS Antenna, Microstrip Patch, Quadrature Hybrid, Probe Feeding, Axial Ratio

Ⅰ. 서 론

GPS(Global Positioning System)는 현재 정보통신분야 이외에도 수많은 산업 및 개인 휴대기기에 적용됨으로써 우리의 생활에 유용하게 적용되고 있다. 위치를 기반으로 하는 많은 정보산업, 의료산업 및 융합산업 기기들에 의한 GPS 사용은 더욱 많아질 전망이다. GPS 시스템 중 중요한 부분을 차지하는 것이 바로 안테나이다. GPS는 편파 다이버시티(diversity)를 극복하기 위하여 우회전 원 편파(Right Hand Circular Polarization: RHCP)를 사용한다. 따라서 안테나는 일반 다이폴(dipole) 및 모노폴(monopole)과 같은 안테나가 아닌, 원 편파용 안테나를 사용하여야 한다.

현재 널리 적용되고 있는 GPS용 안테나로는 QHA(Quadrifilar Helical Antenna)와 마이크로스트립 패치(microstrip patch)안테나(이하 패치안테나)이다. QHA는 안테나 축 방향으로 방사가 발생하며, 원통형으로 설계가 가능하여 이동단말기에 적용하기에 용이한 장점을 갖고 있다(Fusco et al., 2003), (Adams et al., 1974), (Lohn et al., 2002). 그러나 제작단가가 비싸고 원통형으로 세워야 하기 때문에 차량 등 이동물체에 대한 적용이 어렵다. 패치안테나는 유전체 기판에 구성되므로 양산성이 좋고, 저가 실현이 가능하다. 더구나 기판형태로 면과 평행하게 배치가 가능하기 때문에 이동물체 장착에 매우 유리하다. 그러나 이러한 패치안테나는 대역폭 특성이 좁은 단점을 가지고 있어, 대역 확장에 관한 연구가 진행되어 왔었다(Wong, 2002). 차량 및 이동물체용 GPS의 경우, 패치안테나의 크기를 줄이기 위하여 유전율이 높은 세라믹(ceramic) 소재를 유전체로 한 패치안테나가 널리 사용되고 있다.

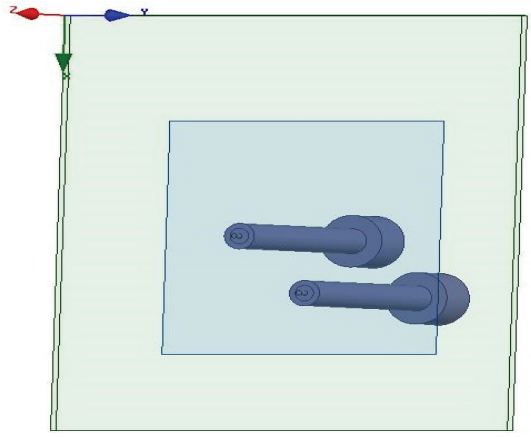
그러나 유전율이 높으므로 대역폭이 더욱 좁아지게 된다. 따라서 대역폭 특성을 얻기 위하여 두께가 4mm 이상인 두꺼운 세라믹 유전체를 사용하기도 한다. 이러한 기존의 세라믹 GPS 패치안테나의 경우, 공정에 따른 유전율 변화로 각 패치마다 튜닝을 해야 하는 양산성의 단점을 지니고 있다.

이 연구는 넓은 대역폭을 가진 GPS 패치안테나를 설계하고, 이를 구현하는 연구이다. 90°하이브리드를 적용하여 하이브리드 출력 2포트를 패치안테나에 90°위상차로 공급함으로써 대역을 넓힌다. 패치는 정사각형 패치로 설계하며(Balanis, 1997), (Sainati, 1996), 90°하이브리드는 칩(chip) 소자 회로를 구성한다(Sainati, 1996). 안테나와 회로를 각각 FR4 기판에 구현하고, 회로를 안테나 뒷면에 부착한다. 제작한 안테나의 대역특성을 network analyzer로 측정하고, 무반사실에서 방사패턴 및 이득을 측정한다. 측정된 측정치와 설계에 의한 값을 비교 검토하고, 이를 고찰한다.

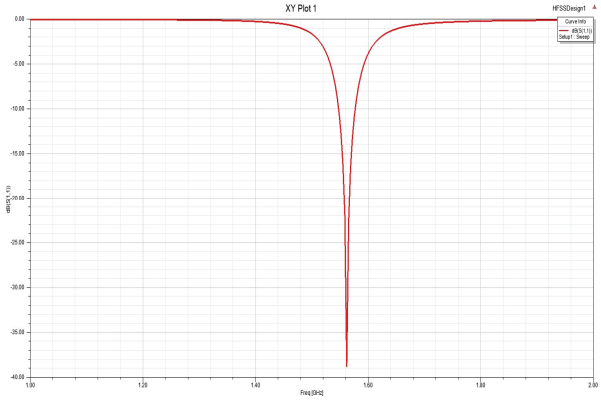
Ⅱ. 안테나 설계

패치안테나는 마이크로스트립(microstrip) 기판 위에 용도와 성능을 결정하는 각종 모양의 금속 형태를 만들어 급전하는 방식의 안테나이며, 제작이 쉽고 소형 무선통신기기 등에 많이 사용되고 있다(Balanis, 1997). <Fig. 1>은 본 연구에서 적용된 이중 급전 정사각형 패치안테나이다. 본 연구에 사용된 기판은 비유전율이 4.5이며, 두께가 1.2 mm인 FR4이다. 기판의 전체 크기는 가로×세로 = 80×75mm이다.

패치는 정사각형이며, GPS 주파수인 1,575MHz에서 공진을 갖기 위한 한 변의 길이는 45mm이며, 기판으로부터 d_1 및 d_2가 각각 17.85mm 및 12.85mm 위치에 배치하였다. 이는 후면에 있는 90°하이브리드 회로와 결합하기 위해서이다. 급전 위치 f는 중심에서 11.0mm 떨어진 지점이다. 이들은 참고문헌 (Balanis, 1997), (Sainati, 1996)에 있는 수식으로 계산한 뒤, HFSS로 설계하여 얻은 값이다. 설계에 사용된 HFSS는 Ansoft사 v16이다.



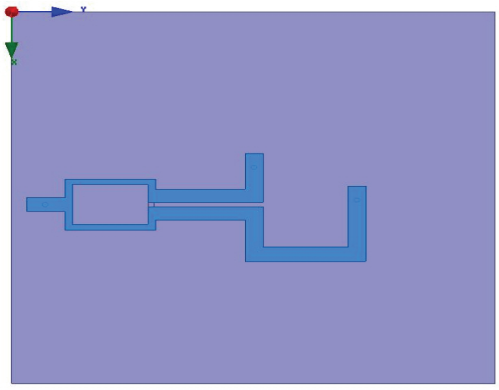
<Fig. 1> Structure of the 2 ports in the patch antenna.



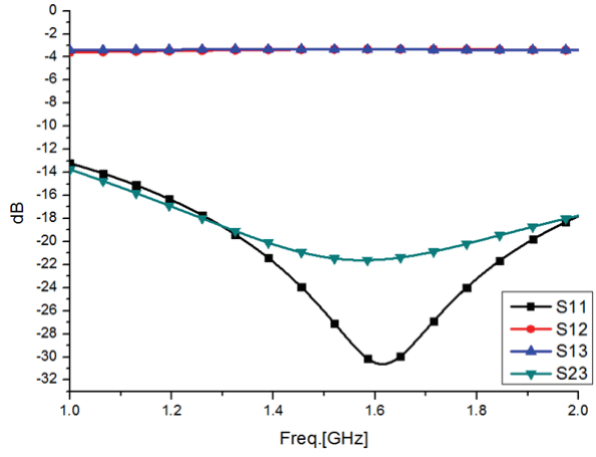
<Fig. 2> Input reflection coefficient of the antenna.

<Fig. 1>과 같이 설계된 안테나의 입력 반사계수 시뮬레이션 결과는 <Fig. 2>와 같다. <Fig. 2>에서 보듯이, 공진은 1.575 GHz에서 발생하고 있으며, VSWR 2 : 1인 -10dB 대역폭은 30MHz로 2% BW로 일반적인 패치 안테나가 갖는 좁은 대역특성을 보이고 있다.

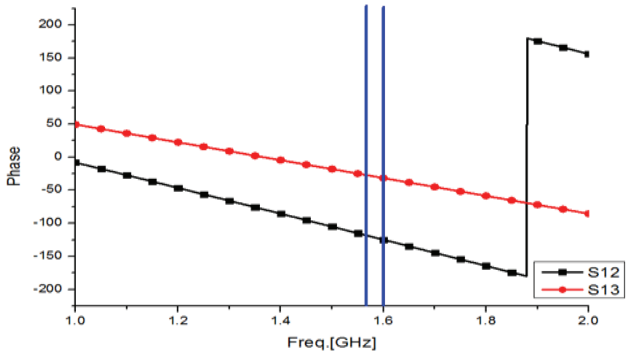
본 연구에서는 우회전 원 편파 특성을 가지면서도 넓은 대역특성을 얻기 위하여 다음과 같은 90°하이브리드 회로를 적용한다.



(a) Structure of the 2 ports in the feeding circuit.



(b) Simulated *S*-parameters



(c) Output phase

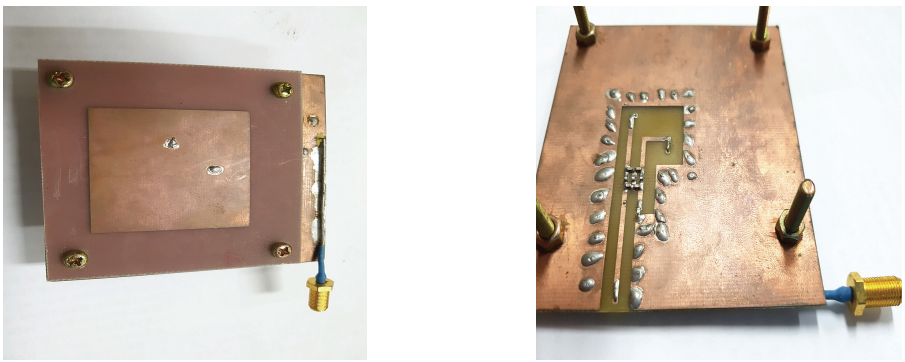
<Fig. 3> Quadrature hybrid.

<Fig. 3(a)>은 Ansoft사 designer로 설계된 구조를 나타내고 있으며, 회로상의 L과 C값은 참고문헌(Sainati, 1996; Go et al., 2011)에 의해 계산하였다. <Fig. 3(b)>와 (c)는 시뮬레이션 한 90°하이브리드의 반사계수와 출력 위상특성이다. 입력 반사계수인 S_{11}은 GPS 중심주파수에서 -23.3dB이며, 전달특성인 S_{21} 및 S_{31}은 각각 -3.08 및 -3.54 dB로써 양호한 특성을 보이고 있다. 또한, <Fig. 3(c)>에서 나타난 출력 포트 2와 3의 위상특성을 보면 S_{21}=65.41°, S_{31}= -28.77°로 위상차는 94.18°가 되었다. 출력포트의 반사계수 및 위상차가 정확한 -3dB 및 90°가 되지 않은 것은 표준부품 칩 소자를 적용함으로써 발생되는 소자 값의 오차에 기인되었기 때문이다. <Fig. 3>의 90°하이브리드를 <Fig. 1> 패치안테나 후면에 부착하고, 시뮬레이션 한 특성은 III장에서 측정된 안테나의 특성과 비교하여 나타내기로 한다.

Ⅲ. 안테나의 구현 및 측정

앞 절에서 나타낸 크기로 FR4 기판에 구현한 2포트 패치안테나 및 90°하이브리드 회로의 형태는 <Fig. 4>와 같다. 2가지 소자는 각각의 기판에 구현되고, 그림에서와 같이 나사로 체결하여 부착하였다.

<Fig. 4>와 같이 구현된 제안 패치안테나의 입력 반사계수를 측정한 결과는 <Fig. 5>와 같다.

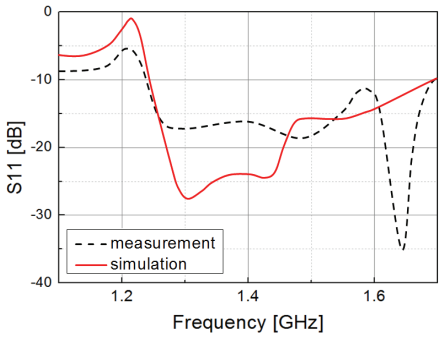


(a) (b)

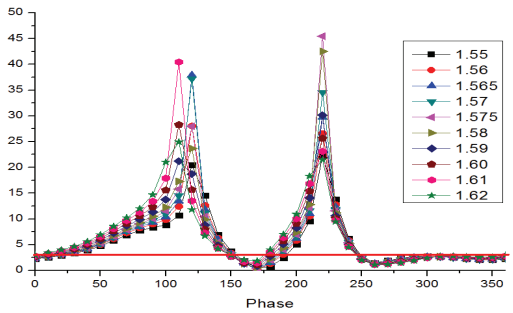
<Fig. 4> Implemented (a) a proposed patch antenna and (b) a quadrature hybrid on the FR4 board.

<Fig. 5>에서와 같이, 측정된 제안 안테나의 대역폭은 VSWR 2 : 1 기준으로 1,230~1,700MHz로 470MHz 대역폭을 보이고 있다. 이는 29% BW로써 <Fig. 2>와 같이 단일 패치가 갖는 2%에 비하면 매우 넓은 대역폭을 가지고 있음을 보이고 있다. <Fig. 5>의 고주파 대역에서 발생된 오차는 급전을 위해 제작된 프로브에 의해 나타난 공진현상으로 생각된다. 현재 적용 중인 세라믹 패치안테나는 GPS 대역을 커버하기 위하여 두꺼운 세라믹을 사용함으로써 무거우며, 부피가 큰 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구를 세라믹 등 높은 유전율의 기판에 적용할 경우, 두께를 얇게 할 수 있으므로 이에 대한 실용화 연구에 활용될 수 있다.



<Fig. 5> Input reflection coefficient of the proposed patch antenna.



<Fig. 6> Measured axial ratios of the proposed antenna.

<Table 1> Efficiencies, gains and axial ratios of the propo-sed antenna.

Freq.[MHz]	RHCP		LHCP		AR[dB]
	Eff.[%]	Peak[dBi]	Eff.[%]	Peak[dBi]	
1,560	26.04	2.29	1.88	−5.93	1.97
1,565	27.15	2.58	1.84	−5.81	1.65
1,570	27.59	2.63	1.61	−6.21	1.51
1,575	28.3	2.75	1.57	−6.29	1.17
1,580	25.18	2.21	1.22	−8.06	0.55
1,590	19.81	1.62	1.1	−9.07	1.15
1,600	17.64	1.52	0.94	−9.81	1.55
1,610	15.73	1.41	0.77	−12.33	2.51
1,620	15.11	1.36	0.69	−12.15	2.74

<Fig. 6>은 본 연구 안테나의 측정된 축비 특성을 나타낸 것이다. 축비 3dB 기준으로 주파수 대역 1,400 ~ 1,650MHz에서 250MHz 축비 대역폭으로, 15.87%의 광대역 축비 대역 특성을 보이고 있다.

측정된 방사특성은 <Table 1>과 같다. <Table 1>에서 보듯이, GPS의 중심주파수인 1,575 MHz에서 최대이득 2.75 dBi를 가지면서 축비 1.17dB로써 양호한 특성을 보이고 있다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 GPS용 패치안테나의 대역을 넓히기 위하여 90°하이브리드를 적용하는 2포트 패치안테나를 설계하고, 이를 제작하였다. 정사각형 패치안테나 뒷면에 90°하이브리드 회로를 칩 소자로 구현하여 그 출력 포트를 안테나에 급전하였다. FR4 기판에 패치안테나와 90°하이브리드 회로를 각각 구현하고, 이들을 결합하였다. 구현된 안테나를 측정한 결과, VSWR 2 : 1 기준으로 29% BW 및 15.87% 축비 대역폭의 넓은 대역 특성을 얻었다. 중심주파수에서의 최대이득 및 축비는 각각 2.75dBi 및 1.17dB의 우수한 특성을 보였다. 본 연구는 세라믹 등 유전율이 높은 GPS용 패치안테나의 얇은 두께실현에 따른 대역확보 연구에 유용하리라 생각한다.

REFERENCES

Adams A. T., Greenough R. K., Wallenberg R. F., Ada Mendelovicz and Lumjiak C.(1974), "The quadrifilar helix antenna," *IEEE Trans. on Antennas and Propagation*, vol. AP-22, pp.173-178.

Balanis C. A.(1997), *Antenna Theory Analysis and Design*, John Wiley & Sons.

Fusco V. F., Robert C. and Li R.-L.(2003), "Quadrifilar loop antenna," *IEEE Transaction on Antennas and Propagation*, pp.115-120.

Go J. H., Kim Y. S., Park U. J., Park J. S., Lee H. M. and Choi J. H.(2011), *Microwave Engineering third edition*, Bumhanbook.

Lohn J. D., Kraus W. F., Linden D. S., Lohn J., Kraus W. and Linden D.(2002), "Evolution optimization of a quadrifilar helical antenna," *Proc. of the IEEE AP-S International Symposium and USNC/URSI National Radio Science Meeting*, vol. 3, pp.814-817.

Sainati R. A.(1996), *CAD of Microstrip Antennas for Wireless Applications*, Artech House.

Wong K.-L.(2002), *Compact and Broadband Microstrip Antennas*, New York. John wiley & Sons.