

원형편파 마이크로 스트립 GPS 안테나의 연구

박용욱^{1*}

¹남서울대학교 전자공학과

Study on Circularly Polarized Micro-strip GPS Antenna

Yong Wook Park^{1*}

¹Electronic Engineering, Namseoul University

요약 본 논문에서는 GPS 대역의 원형편파 마이크로 스트립 안테나를 연구하였다. 설계된 안테나는 HFSS으로 설계 및 최적화한 후 corner truncated 방식을 사용하여 편파를 구현하였고, 패치사이즈, corner truncated, 급전위치 등 세 가지 변수를 이용하여 안테나를 제작하여 특성을 분석하였다. 제작된 GPS안테나는 변수를 조정하여 원하는 대역의 1.575GHz, -34.50dB의 반사손실을 갖는 GPS안테나를 제작할 수 중심주파수와 -34.50dB의 반사손실 특성을 보였다.

Abstract In this paper, circularly polarized micro-strip GPS antenna has been designed and fabricated. In order to improve of frequency properties, patch size, corner truncated size and feed positions were simulated using HFSS simulation program. Micro-strip GPS antenna was fabricated on the FR4 substrate of dielectric constant 4.4. The fabricated GPS antenna has that center frequency is 1.575GHz and insertion loss is -34.50dB.

Key Words : Microstrip Antenna, Corner truncated, GPS, HFSS, RHCP

1. 서론

최근 이동통신 서비스의 비약적인 발전으로 인해 소자의 대한 소형화, 다중화 연구가 활발히 이루어지고 있다. 현재 많이 사용되는 서비스중에서 GPS (Global Positioning System)를 이용하기 위해선 통신기기에 사용되는 안테나는 RHCP(Right Hand Circular Polarization) 편파 특성을 가져야 하며 중심주파수는 1.57GHz의 특성을 가져야 한다. 본 연구에서는 이와 같은 특성을 구현하기 위해서 마이크로스트립 안테나를 선택하여 연구 하였다.

1953년에 Deschamps에 의해 제안된 마이크로스트립 방사체는 1970년 Howell과 Munson에 의해 안테나로 개발되었다. 그 후 광범위하게 연구가 진행되어 마이크로스트립 안테나 및 배열 안테나가 개발되었으며, 소형, 경량, 저가, 평면구조, 집적회로와의 유연성 등 여러 가지의 장점으로 다양한 범위에서 초고주파 안테나로 발전하였다.

마이크로스트립 안테나의 구조는 밀면 전체의 금속판

을 ground로 사용하고, 그 위에 일정두께의 유전체를 적층한 후 유전체 위에 선로를 에칭하여 회로를 구성하는 단순한 구조이다. 이를 통해 회로구조와 접지간의 거리, 매질특성이 균일하게 배치되고, 선로와 접지 사이에 전자계에너지에 신호를 보존하며 전송하게 된다[1-2]. 최적의 마이크로스트립 안테나를 제작 하기 위해서는 설계과정에서 안테나를 디자인한 후 각 설계 조건을 시뮬레이션 하여 최적의 방사 특성을 갖는 안테나 특성을 찾아야 한다. 본 논문에서는 RHCP의 특성을 갖는 마이크로스트립 안테나를 설계하기 위해 모서리를 잘라내는 corner truncated 방식을 사용하였다[3-5]. 또한 유전체의 두께, 급전위치의 변경, 잘라내는 모서리의 사이즈 변화(corner truncated)를 변수로 임피던스 특성 변화 및 최적 방사 특성을 찾기 위해 연구를 수행하였고, 설계 프로그램은 HFSS 를 사용하여 특성 변화 실험을 수행하였다.

본 논문은 남서울대학교 연구비 지원으로 연구되었음.

*교신저자 : 박용욱(pyw@nsu.ac.kr)

접수일 10년 09월 03일

수정일 10년 09월 17일

게재확정일 10년 10월 15일

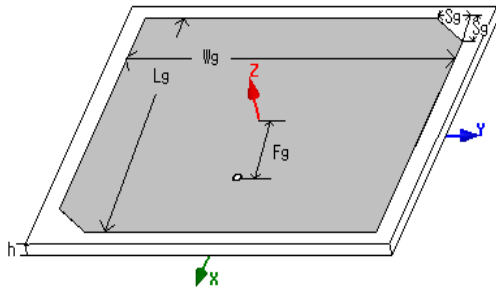
2. 안테나 설계

GPS 원형편파 마이크로스트립안테나를 설계하기 위해 GPS는 1.57GHz의 우수원형편파 중심주파수를 가져야 하므로 제작하고자 하는 설계목표를 표 1에 나타내었다.

[표 1] 설계목표

구분	GPS Antenna
중심주파수	1.575GHz
반사손실	-10dB이하
VSWR	2이하
편파의 형태	RHCP (우수원형편파)
입력 임피던스	50Ω

안테나의 급전방식은 동축 급전방식을 사용하였다. GPS 안테나에서 +x 축으로 프로브 홀을 만들고 패치의 형태는 Corner Truncated 방식을 사용하여 편파특성을 얻었다. GPS 패치는 RHCP를 얻기 위해 우측 상단 모서리와 좌측하단 모서리를 잘라내었으며 아래의 그림 1에 설계된 안테나의 구조를 보여 주고 있다.



[그림 1] 설계된 GPS 안테나의 구조

3. 변수에 대한 시뮬레이션

본 연구에서는 Corner Truncated 패치 형태 방식을 이용해 우수원형편파(RHCP)를 갖는 GPS 안테나를 시뮬레이션 하고, 그 특성을 연구 분석하였다. 설계 및 시뮬레이션은 Ansoft사의 HFSS v10.0을 사용하였고 제작한 안테나의 주파수 특성은 회로망 분석기(Network Analyzer, Anritsu MS4623B)를 이용하여 측정 분석하였다.

설계된 안테나의 패치의 폭, 길이, 잘라낸 모서리의 길이, 유전체 두께, 급전위치 등 여러 가지의 설계 파라미터를 가지고 있다. 본 연구에서는 각각의 파라미터 중 유전체의 두께를 1.6mm로 고정하고 각각의 패치의 폭(Wg)

과 길이(Lg), 잘라낸 모서리의 길이(Sg), 급전위치(Fg)를 시뮬레이션을 통해 조정해가며 각각의 파라미터 별 최적의 특성을 찾아 안테나를 제작하여 시뮬레이션 결과와 제작한 안테나를 비교분석하였다.

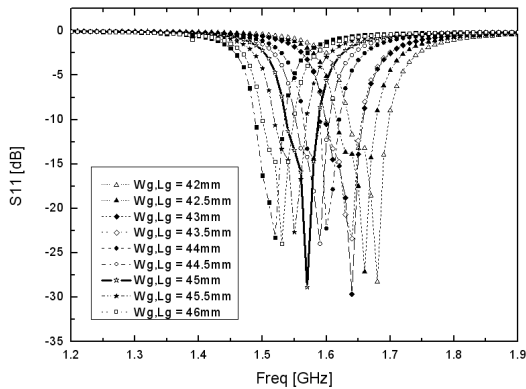
3.1 Patch 크기에 따른 시뮬레이션 결과

표 2는 GPS대역의 안테나로 Sg=5mm, Fg=(11, 0)로 고정한 후 패치의 크기 Wg와 Lg를 42 ~ 46.5mm까지 0.5mm 씩 단계적으로 증가함에 따라 변하는 특성을 분석한 결과를 나타내고 있다. 패치의 크기(Wg, Lg)가 42mm에서 46.5mm로 증가할수록 중심주파수가 낮아짐을 알 수 있다. 즉 패치의 크기가 42mm에서는 중심 주파수가 1.68GHz이고 반사손실은 -28.27dB의 값과 VSWR 값은 1.08의 값을 가졌으나 패치의 크기가 증가할수록 중심주파수는 감소하고 또한 반사 손실 및 VSWR값도 증가하는 특성을 보여 패치의 크기가 가장 큰 46.542mm에서는 중심 주파수가 1.52GHz이고 반사손실은 -23.27dB의 값과 VSWR 값은 1.15의 값을 보여 주었다.

[표 2] GPS 패치 크기(Wg, Lg)에 따른 시뮬레이션 결과

변수	시뮬레이션 결과				
	Wg = Lg [mm]	Sg [mm]	Fg (x,y) [mm]	중심 주파수 [GHz]	최소 반사 손실 [dB]
42	5	(11,0)	1.68	-28.27	1.08
42.5			1.66	-27.14	1.09
43			1.64	-23.38	1.15
43.5			1.62	-27.91	1.08
44			1.60	-22.25	1.17
44.5			1.59	-23.99	1.13
45			1.57	-28.87	1.07
45.5			1.55	-22.67	1.16
46			1.53	-23.99	1.13
46.5			1.52	-23.27	1.15

본 연구에서 GPS 안테나로 사용하기 위한 중심 주파수는 1.57GHz로 이 중심주파수와 가장 근접한 특성을 보인 패치의 크기는 45mm로 중심주파수가 1.57GHz이며 -28.87dB의 반사손실과 1.07의 VSWR 값을 갖는 우수한 특성을 보여 주었다. 이와 같은 패치 크기에 따른 시뮬레이션 결과에서 패치의 크기로 중심주파수 및 반사손실값을 제어 할 수 있는 것을 확인할 수 있었고 그림 3은 패치 크기의 변화에 따른 반사손실의 변화값을 시뮬레이션한 결과를 보여주고 있다.



[그림 2] GPS 패치 크기변화에 따른 시뮬레이션 결과

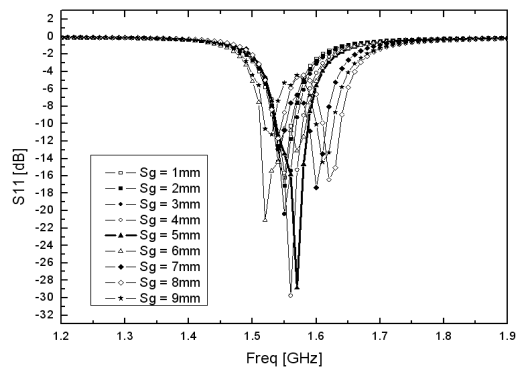
3.2 잘라낸 모서리 길이에 따른 시뮬레이션 결과

위에서 설명한 패치의 크기에 따른 GPS안테나의 특성을 바탕으로 패치의 크기를 $W_g=L_g=45\text{mm}$ 로 고정하고 패치의 모서리 길이(S_g)의 변화에 따른 안테나의 주파수 특성 변화를 연구하기 위해 급전위치 (F_g) = (11, 0)로 고정한 후 잘라낸 모서리 길이 S_g 를 1 ~ 9mm까지 1mm씩 단계적으로 변화시킴에 따라 변하는 시뮬레이션 특성 결과를 표 3에 보여주고 있다. 모서리 길이 S_g 를 1mm에서 9mm로 증가시킬수록 중심주파수는 1.55에서 1.61GHz로 증가하였으며, 반사손실은 -16.14에서 -29.74dB로 감소하다가 다시 -14.42dB로 증가하는 특성을 보여 반사손실 특성은 특정의 모서리 길이에서 우수한 특성을 보임을 확인할 수 있었다. 또한 VSWR 특성은 반사손실 특성과 같은 경향성을 보여 주었다. 즉 모서리의 길이가 증가할수록 우수한 특성을 보이다가 특정의 길이에서 최적의 값을 가지며 모서리 길이가 더 증가하면 VSWR값도 감소하였다. 이 결과를 바탕으로 모서리 길이(S_g)가 5mm일 때 본 연구에 적합한 중심주파수 값이 1.57GHz값을 보이며 반사손실과 VSWR 값도 우수한 값을 가지는 것을 모의 실험을 통하여 확인할 수 있었다. 즉 패치의 크기가 45mm일 때 모서리의 길이는 5mm의 값을 가져야 GPS 안테나로 응용 가능한 중심주파수 값을 갖는 것을 확인하였다.

또한 표 3에서 실험한 조건으로 시뮬레이션한 모서리 길이에 변화에 따른 반사손실(S_{11}) 값을 변화를 그림 3에 보여주고 있으며, 이 결과에서 모서리 길이 변화에 따른 반사손실의 변화의 경향을 알 수 있다.

[표 3] GPS 잘린 모서리의 길이(S_g)에 따른 시뮬레이션 결과

$W_g = L_g$ [mm]	변수 S_g [mm]	F_g (x,y) [mm]	시뮬레이션 결과		
			중심 주파수 [GHz]	최소 반사 손실 [dB]	VSWR
45	1	(11,0)	1.55	-16.14	1.37
	2		1.55	-17.13	1.32
	3		1.55	-20.37	1.21
	4		1.56	-29.74	1.07
	5		1.57	-28.87	1.07
	6		1.52	-21.11	1.19
	7		1.60	-17.34	1.31
	8		1.62	-16.45	1.35
	9		1.61	-14.42	1.47



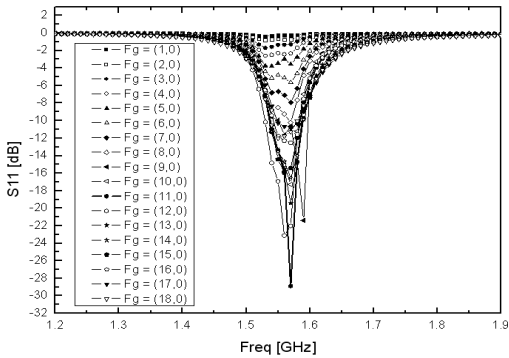
[그림 3] GPS 잘린 모서리 길이 변화에 따른 시뮬레이션 결과

3.3 급전위치에 따른 시뮬레이션 결과

표 4와 그림 4는 $W_g=L_g=45\text{mm}$, $S_g=5\text{mm}$ 로 고정한 후 급전위치 F_g 를 (1,0) ~ (18,0)mm까지 x, y평면상에서의 x의 위치를 1mm씩 단계적으로 이동함에 따라 변하는 특성을 나타내고 있다. 급전위치 변화에 따른 중심주파수, 반사손실 및 VSWR 특성의 변화를 살펴보면 중심주파수는 패치 크기 변화와 같이 x의 위치에 따라 중심주파수, 반사손실 및 VSWR값이 변화하였으며 본 연구에서 사용하고자 하는 1.57GHz의 값을 갖는 것은 (11,0) 영역임을 확인할 수 있었다.

[표 4] GPS 급전위치(Fg)에 따른 시뮬레이션 결과

Wg = Lg [mm]	Sg [mm]	변수				시뮬레이션 결과	
		Fg (x,y) [mm]	중심 주파수 [GHz]	최소 반사 손실 [dB]	VSWR		
45	5	(1,0)	1.53	-0.36	48		
		(2,0)	1.53	-0.81	21.54		
		(3,0)	1.53	-1.70	10.28		
		(4,0)	1.53	-2.58	6.79		
		(5,0)	1.54	-3.79	4.66		
		(6,0)	1.57	-5.65	3.18		
		(7,0)	1.57	-7.93	2.34		
		(8,0)	1.57	-10.21	1.89		
		(9,0)	1.59	-21.39	1.19		
		(10,0)	1.57	-17.28	1.32		
		(11,0)	1.57	-28.87	1.07		
		(12,0)	1.56	-23.12	1.15		
		(13,0)	1.57	-19.43	1.24		
		(14,0)	1.57	-16.53	1.35		
		(15,0)	1.56	-15.94	1.38		
		(16,0)	1.57	-12.53	1.62		
		(17,0)	1.57	-10.82	1.81		
		(18,0)	1.55	-11.99	1.67		



[그림 4] GPS 급전위치에 따른 시뮬레이션 결과

4. 결과 및 고찰

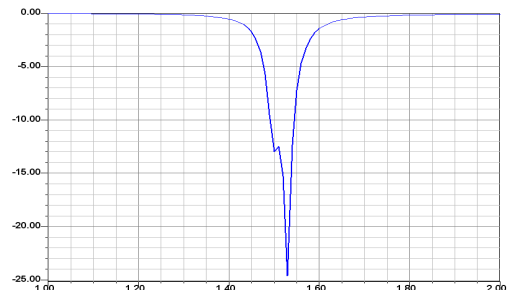
3장에서 패치의 크기, 모서리의 길이변화 및 급전의 위치에 따른 GPS 안테나의 특성을 연구 분석한 결과를 바탕으로 최적의 특성을 갖는 안테나의 설계한 조건을 표 5에 나타내었다. 시뮬레이션 결과와 제작된 안테나의

특성을 비교 분석하기 위해 FR-4 기판을 사용하여 안테나를 제작하였다.

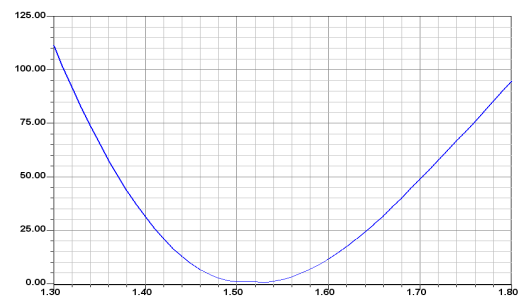
[표 5] 최적화된 안테나의 구조

구분	유전체크기		파라미터				기판 (FR4_epoxy)	
	가로 [mm]	세로 [mm]	W [mm]	L [mm]	S [mm]	F (x,y) [mm]	기판 두께 [mm]	메탈 두께 [μm]
GPS	50	50	46.5	46.5	5.3	(11.2, 0)	1.6	17

그림 5는 표5의 조건으로 최적화된 GPS안테나의 시뮬레이션 결과로 원래 시뮬레이션 된 1.57GHz대에서 40MHz 위상이 감소하여 1.53GHz의 중심주파수 값을 나타내고 있지만 반사계수 등의 특성은 표 1에서 목표로 하였던 설계목표에 근접한 결과를 보여주고 있다. 그림 6은 표 5에서 설명한 제작조건으로 제작한 GPS 안테나를 회로망 분석기를 통해 측정된 결과를 보여주고 있다. 중심 주파수는 1.575GHz의 값을 가지며 이 중심 주파수의 반사손실 S11값은 -34.5 dB를 가져 설계한 값과 잘 일치하는 것을 알 수 있다.

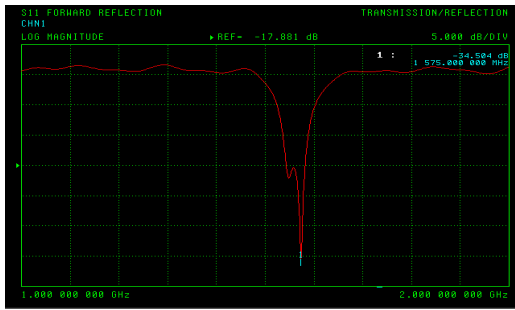


(a) S11

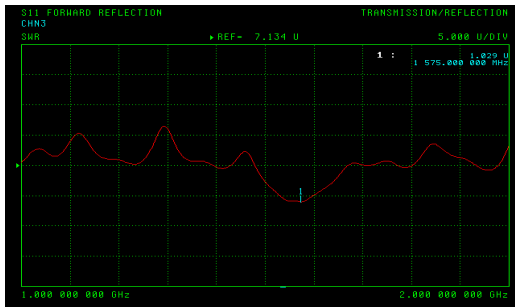


(b) VSWR

[그림 5] GPS안테나 시뮬레이션 결과. a) S11, b) VSWR



(a) S₁₁



(b) VSWR

[그림 6] GPS안테나 측정결과
a) S₁₁, b) VSWR

[표 6] 설계 목표와 최적화 측정 결과 비교

	설계목표	최적화 측정
	GPS	GPS
중심주파수 [GHz]	1.575	1.575
반사손실 [dB]	- 10 이하	-34.50
VSWR	2 이하	1.029
편파	RHCP	RHCP
임피던스 [Ω]	50	51.85

표 6에서 설계 목표와 실제 측정 결과를 비교하였다. 목표한 중심주파수, 반사손실, VSWR, RHCP 편파를 얻을 수 있었고, 임피던스 매칭부분에서 51.85로 설계 목표값에 매우 근사값을 가지고 있는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 RHCP 원형편파의 특성 갖는 마이크로 스트립 안테나를 설계 및 제작하였다. 원형편파의 특성을 얻기 위해 패치의 사선으로 마주보는 모서리를 자르는 Corner Truncated 방식을 사용했다. 사용한 설계 변수는 세 가지로 자르는 모서리의 길이, 급전위치, 패치의 크기였다. 첫 번째 변수로 사용된 패치의 크기는 앞서 설명한

것과 같이 패치가 작아질수록 주파수가 높아지는 것을 볼 수 있었다. 그러나 반사손실에는 큰 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다. 두번째 변수로 둔 모서리 길이를 잘라내는(corner truncated)방식에서는 패치의 면적이 있는 만큼 잘라내는 길이가 길수록 중심주파수가 높아졌고 길이에 따라 유동적으로 반사손실이 변하는 것을 볼 수 있었다. 세 번째 변수인 급전위치는 모든 특성에 영향을 주는 것을 볼 수 있는데 이는 패치안테나의 내부 특성에서 영향을 주는 것으로 생각된다. 위의 결과에서 봤을 때 주파수의 위상은 패치의 크기와 영향이 있다는 것을 볼 수 있었고, 반사손실은 급전위치와 corner truncated에 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

결론적으로 각 변수를 조정하여 원하는 대역의 1.575GHz, -34.50dB의 반사손실을 갖는 GPS안테나를 제작할 수 있었으나 반사손실과 편파특성의 변수를 개선해 안테나를 최적화하여 제작하고, 높은 유전율의 기판을 사용해 설계 및 제작한다면 더 우수한 안테나를 만들 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] 김민우, “E 형태 패치구조를 갖는 듀얼 광대역 적층형 마이크로스트립 안테나 특성에 관한 연구”, 한양대학교 대학원 논문집, 2004. 12.
- [2] 송준섭, “이중대역 마이크로스트립 안테나의 설계에 관한 연구” 한양대학교 대학원 논문집, 1998. 12.
- [3] RFDH, "The basic of RF", "RF Database", 2009.
- [4] 조수정, “사각형, 삼각형 슬롯을 이용한 이중 공진 패치 안테나의 설계”, 포항공과대학교 대학원 논문집, 2004.
- [5] 장종훈, “메타 물질 루프 안테나와 마이크로스트립 슬롯 패치 연구”, 포항공과대학교 대학원 논문집, 2006. 5.

박 용 욱(Yong-wook Park)

[정회원]



- 1989년 2월 : 연세대학교 전기공학과 (공학사)
- 1991년 8월 : 연세대학교 대학원 전기공학과(공학석사)
- 1999년 2월 : 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 부교수

<관심분야>
RF 디바이스, 센서