

마이크로스트립 안테나의 설계와 분석

Design and Analysis of Microstrip Antenna

박 용 욱(Yong-Wook Park)¹⁾

요 약

본 연구에서는 중심주파수 2.64GHz로 중앙 대각선에 슬롯을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 패치의 크기, 슬롯의 길이 및 폭 등의 파라미터를 변환하며 시뮬레이션을 한 후, 각각의 파라미터에 따른 영향을 연구하고 최적화된 형태의 안테나를 특성을 연구하였다. 설계된 마이크로스트립 패치 안테나의 특성을 설계 분석하기 위해 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structural Simulator)을 사용하여 설계된 안테나의 특성을 검토 및 분석하였다..

Abstract

In this paper, the microstrip patch antenna was designed by HFSS (High Frequency Structural Simulator). The characteristics of the microstrip patch antenna was analyzed. To find optimal conditions of microstrip patch antenna for 2.64GHz center frequency, the parameters with different patch size, width of slot, and length of slot were changed.

논문 접수 : 2009. 5. 4.

심사 완료 : 2009. 5. 18.

1) 정회원 : 남서울대학교 전자공학과

1. 서론

무선 마이크로스트립 안테나는 1953년에 Deschamps에 의해 제안되었고, 1974년 Munson에 의해 실제 미사일에 장착할 수 있는 안테나가 제작된 이래 다양한 방법으로 연구되어 왔다. 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나를 얻는 방법으로 정사각형 패치의 모서리를 잘라 내거나(Corner Truncated), 대각선으로 Slot을 두는 방법, 원형 패치에 교차슬롯을 두는 방법 등이 있다[1-4]. 한편 마이크로스트립 안테나를 설계하는 방법은 회로의 요구조건을 결정하고 설계한 후 시뮬레이션 결과를 통해 적합성 여부를 결정한다. 하지만, 설계 값이 요구사항에 맞지 않으면 가장 적절한 결과값이 얻어질 때까지 튜닝을 해서 재설계한다. 급전부는 임피던스 정합을 통해 손실을 최소화하여 전력이 최대로 전달될 수 있도록 하는 것이 최대 목적이다. 급전방식은 방사소자에 마이크로스트립 선로를 직접 결합하는 직접급전 방식, 기판의 뒷면에서 동축 선로를 직접 연결하는 프루브 급전, 접지면의 개구를 통해 결합하는 개구결합 급전방식 등이 있다.

본 연구에서는 중심주파수 2.64GHz로 중앙 대각선에 슬롯을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 이론적인 수식과 내용을 바탕으로 시뮬레이션을 한 후, 각각의 파라미터에 따른 영향을 연구하고 최적화된 형태의 안테나를 제작해 보고자한다. 설계된 마이크로스트립 패치 안테나의 특성을 설계 분석하기 위해 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structural Simulator) V10.0을 사용하여 설계된 안테나의 특성을 검토 및 분석하였다.

2. 모의 실험

본 연구에서 실제 마이크로스트립 안테나의 제작에 앞서 Ansoft사의 HFSS를 이용하여 최적의 특성을 갖는 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 보통 설계에 사용되는 기판 유전율

값은 보통 2.2 ~ 12이며, 일반적으로 유전체의 높이가 두껍고 유전율이 낮을수록 방사효율이 더 좋고 대역폭이 넓어진다. 안테나를 설계할 때 첫 번째 단계는 적당한 기판을 선택하는 것인데, 기판의 물질에는 구리, 알루미늄, 금 등 다양한 종류가 있다. 본 연구에서 사용된 기판의 규격은 표 1과 같다.

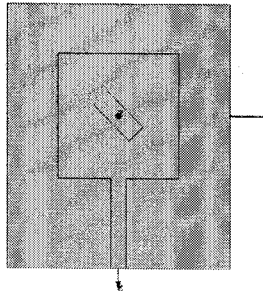
표 1. 기판의 제원

FR4_epoxy 기판	제원
메탈 두께	17 μ m (0.5 oz copper)
기판 두께	1.6 mm
유전율	4.4
Loss tangent	0.0004

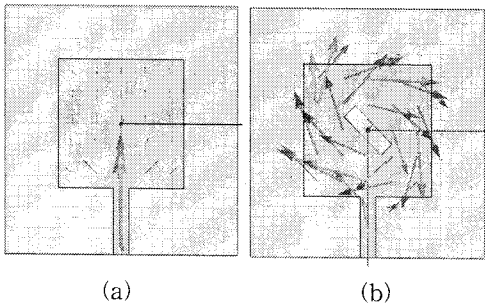
그림 1은 설계된 안테나 모양으로, 마이크로스트립 패치 형태, 중앙에 대각선 슬롯을 갖는다. 패치 가운데에 대각선으로 슬롯을 만듦으로써 전계의 방향을 바꾸어 좌원편파(LHCP)를 발생한다. 그림 2는 설계한 안테나의 패치면상의 전류벡터를 나타낸 것으로 슬롯이 존재하지 않을 때 회전하지 않는 전류벡터가 진극 중심부에 패치를 만들었을 때 전류벡터가 회전하는 것을 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서 사용하고자 하는 좌원편파를 패치를 적용하여 얻을 수 있음을 알 수 있고 효율적인 급전을 위하여 급전방식은 마이크로스트립 급전으로 패치 하단부에 연결하는 구조로 안테나를 설계하였다.

마이크로스트립 안테나를 위성 DMB에 적용하기 위해 2.64GHz 중심 주파수 대역에서 최소 50MHz의 주파수 대역폭을 확보해야 한다. 또한 이러한 주파수 범위에서 안테나의 최소 요구치인 VSWR 2이하를 만족시켜야 한다. 본 연구에서는 VSWR의 설계 목표치를 2이하로 획득할 수 있는 설계 목표로 마이크로 스트립 안테나를 설계하였고, 중심주파수, 대역폭, 반

사손실 등의 설계 목표값은 표2와 같은 특성을 갖도록 안테나를 설계 하였다. 설계 및 시뮬레이션, 제작한 안테나는 패치의 폭, 길이, 슬롯의 폭,



[그림 1] 설계한 안테나의 구조



[그림 2] 설계한 안테나 패치면 상의 전류벡터

- (a) 슬롯이 없을 때의 전류벡터
- (b) 슬롯을 삽입했을 때의 전류벡터

표 2. 설계 목표

구분	규격
중심주파수	2.64 GHz
반사손실(Return loss)	-10dB 이하
-10dB이하 대역폭	150 MHz
VSWR	2 이하
편 파	좌원편파(LHCP)
임피던스	50Ω

길이, 메탈두께, 기판두께, 급전선의 폭, 길이 등 많은 파라미터를 가지고 있다. 본 연구에서는 각각의 파라미터 중 피드라인의 폭을 3mm로 고정하고 패치의 크기(W=L), 폭(W), 길이(L), 슬롯의 폭(d), 슬롯의 길이(c) 등의 파라미터를 시뮬레이션을 통해 조정해가며 안테나의 특성에 미치는 영향을 각 파라미터 별로 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

표 3은 슬롯의 길이(c)=10mm, 슬롯의 폭(d)=3mm, 피드라인 길이(F)=10mm로 고정된 채 설계한 안테나의 패치의 크기 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 정상각형 구조를 갖는 패치의 크기를 23.5mm ~ 26.5mm까지 0.5mm 간격으로 값을 변경하여 분석한 결과는 패치의 크기가 증가할수록 중심주파수는 2.75GHz에서 2.48GHz로 감소하는 특성을 보이며, 반사손실은 -16.15dB에서 점점 감소하다가 패치의 크기가 25.5mm에서 가장 우수한 -36.05dB의 값을 가지며 패치가 더 증가할수록 반사손실은 다시 증가하는 특성을 보임을 표 3의 결과에서 알 수 있다. VWSR의 특성은 패치의 크기가 24mm 및 24.5mm에서 가장 우

표 3. 패치의 크기(W,L)에 따른 시뮬레이션결과

변수		시뮬레이션 결과						
W	L	c	d	F	중심 주파수	최소 반사손실	-10dB 대역폭	VSWR
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[GHz]	[dB]	[MHz]	
23.5	23.5	10	3	10	2.75	-16.15	100	1.39
24	24				2.70	-19.48	130	1.07
24.5	24.5				2.65	-24.23	140	1.07
25	25				2.60	-23.23	120	1.16
25.5	25.5				2.56	-35.05	150	1.03
26	26				2.51	-25.66	120	1.13
26.5	26.5				2.48	-28.67	130	1.13

수한 1.07의 값을 가지며 -10dB 대역폭은 패치의 크기에 따라 크게 변하지 않고 약 120MHz 대역의 크기를 가지며 패치의 크기 변화에 따라 약간의 변화를 가지는 것을 알 수 있다. 본 연구에서 목표로 한 중심주파수는 2.64GHz이므로 이 목표값을 만족하는 패치의 크기는, 24.5mm 임을 패치의 크기를 변수한 시뮬레이션 결과에서 알 수 있었다. 이와 같은 결과는 패치의 크기가 작아질수록 중심주파수가 높아지고 있는데, 이는 주파수대역이 높아질수록 파장이 짧아지므로 공진점이 올라가는 현상 때문에 발생한 것으로 사려 된다.

또한, 패치의 크기 (W, L)=24.5mm, 피드라인 길이(F)=10mm로 고정하고, 슬롯의 길이(c)와 폭(d)을 변화하며 특성을 살펴보았다. 슬롯의 길이를 8.5mm ~ 11.5mm, 슬롯의 폭을 1.5mm ~ 4.5mm로 각각 0.5mm씩 변경하며 그 특성을 비교분석하였다. 표 4는 슬롯 길이와 폭에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 슬롯의 길이가 길어질수록 중심주파수가 2.7GHz ~ 2.57GHz로 낮아지고 있다. 대역폭은

표 4. 슬롯의 길이(c)에 따른 시뮬레이션 결과

W [m m]	L [m m]	c [m m]	d [m m]	F [m m]	시뮬레이션 결과			
					중심 주파수 [GHz]	최소 반사손 실 [dB]	-10dB 대역폭 [MHz]	VSWR
24.5	24.5	8.5	3	10	2.70	-10.26	30	1.86
		9			2.69	-12.38	70	1.55
		9.5			2.67	-17.32	120	1.55
		10			2.65	-24.23	140	1.07
		10.5			2.63	-25.66	180	1.07
		11			2.61	-18.32	200	1.29
		11.5			2.57	-14.89	230	1.41

30MHz에서 230MHz로 점차 넓어지고 특성을 보이며 반사손실의 특성은 10.5mm에서 -25.66dB로 가장 좋고, 11mm부터 반사손실이 다시 증가하

는 현상을 확인할 수 있다. 또한 VWSR 특성은 슬롯의 길이가 10, 10.5mm에서 가장 우수한 1.07의 값을 가지고 또한 중심주파수 특성도 본 연구에서 목표로 한 값에 접근하는 특성을 보임을 알 수 있다. 즉, 슬롯의 길이가 길어질수록 중심주파수는 점차 감소하며, 반사손실의 특성은 감소하다가 증가하는 경향을 보이고 대역폭은 점점 증가하는 특성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

표 5는 패치의 크기 (W, L)=24.5mm, 피드라인 길이(F)=10mm로, 슬롯의 길이(c)=10mm로 고정하고 슬롯의 폭을 변화하였을 때의 특성변화를 나타내었다. 슬롯의 폭이 1.5mm에서 4.5mm로 0.5mm씩 넓어질수록 중심주파수는 2.70GHz에서 2.61GHz로 점점 낮아지지만, 반사손실의 특성은 -13.6dB에서 -33.36dB로 점차 좋아진다. 대역폭은 60MHz에서 150MHz로 증가하다가 130MHz로 다시 감소하는 특성을 보이며 VWSR은 슬롯의 폭이 3.5mm 가장 우수하며 중심주파수도 2.64 GHz의 값을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 슬롯은 반사손실에 영향을 주며 일정 크기 이상에서는 손실이 다시 떨어지는 것을 볼 수 있는데 이는 패치에 차지하는 슬롯의 비율이 편파 특성에 영향을 주어 떨어지는 것으로 사료된다.

표 5. 슬롯의 폭(d)에 따른 시뮬레이션 결과

W [m m]	L [m m]	c [m m]	d [m m]	F [m m]	시뮬레이션 결과			
					중심 주파수 [GHz]	최소 반사손 실 [dB]	-10dB 대역폭 [MHz]	VSWR
24.5	24.5	10	1.5	10	2.70	-13.66	60	1.55
			2		2.69	-17.47	120	1.39
			2.5		2.67	-20.32	130	1.23
			3		2.65	-24.23	140	1.07
			3.5		2.64	-34.53	150	1.07
			4		2.63	-28.83	130	1.03
			4.5		2.61	-33.36	130	1.03

4. 결론

본 연구에서는 중심주파수 2.64GHz로 중앙 대각선에 슬롯을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 이론적인 수식과 내용을 바탕으로 시뮬레이션을 한 후, 각각의 파라미터에 따른 영향을 연구하였다. 설계된 마이크로스트립 패치 안테나의 특성을 설계 분석하기 위해 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structural Simulator) V10.0을 사용하여 설계된 안테나의 특성을 검토 및 분석하였고, 좌원편파를 얻기 위해 사각 패치 내부 가운데에 대각선으로 슬롯을 만들었다. 시뮬레이션으로 특성을 비교한 결과, 패치의 크기는 주파수 위상이동에 영향을 주었고 슬롯은 패치 안에 차지하는 비율에 따라 편파특성과 관계되어 손실이 떨어지는 것으로 사려된다. 패치의 폭은 중심주파수 이동, 패치의 길이는 임피던스 매칭에 따른 반사손실에 영향을 주는 것을 본 연구를 통하여 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 김영상, 노승진, 김남수, 고진현, 하재권, "위성 DMB와 ITS서비스 수신을 위한 단일급전 이중대역 원형 패치 안테나 설계", 한국전자과학기술논문지 제 17권 9호, pp.866-973, 2006년 9월.
- [2] C. A. Wong, J. Y. Wu, "A circularly polarized small-size microstrip antenna with a cross slot", IEEE Trans, Antennas Propagat., vol. 44, pp. 1399-1401. 1996
- [3] 이태훈, 김명석, 김영두, 이홍민, "원형편파를 갖는 원형 링 마이크로스트립 슬롯 안테나", 한국 전자과학기술논문지 제 14권 1호, pp75-80, 2003년 1월.
- [4] A. Derneryd, "Analysis of the microstrip antennas", IEEE Trans, Antennas Propagat. vol. 27, pp 660-664, 1979

박용욱

1999년 연세대학교 대학원 전기공학과 (공학박사)

2000년 ~ 현재 남서울대학교 전자공학과 부교수

주관심 분야 : RF 소자, 센서, 압전소자