

2.64 GHz 단일 급전 안테나의 연구

박용욱^{1*}

¹남서울대학교 전자공학과

Study on the Single Feed Antenna for 2.64 GHz

Yong Wook Park^{1*}

¹Electronic Engineering, Namseoul University

요 약 본 논문에서는 위성 DMB용 슬롯을 가지는 단일 급전 형태의 마이크로스트립 안테나를 제안하고 안테나를 제작하여 특성을 분석하였다. 안테나의 특성 향상을 위하여 방사소자인 패치의 크기, 급전선 길이, 슬롯의 크기 등의 파라미터가 미치는 영향을 HFSS로 분석하였다. 설계 제작된 단일 급전 형태의 마이크로스트립 안테나는 측정결과 2.64GHz의 중심주파수와 최소 반사손실은 약 -34.67dB 그리고 -10dB 대역폭은 180MHz의 대역폭 특성을 각각 보여 주었다.

Abstract In this paper, we proposed and fabricated the single feed microstrip patch antenna with slot for S-DMB(Satellite-Digital Multimedia Broadcasting). In order to improve of frequency properties, patch size, feed length, and slot size were investigated by HFSS simulation program. The manufactured single feed microstrip patch antenna with slot showed that the measured center frequency, the minimum return loss and -10dB bandwidth were 2.64GHz, -34.67dB and 180MHz, respectively.

Key Words : Patch, Slot, Microstrip, Antenna, S-DMB

1. 서론

21세기 정보화 사회를 구현하기 위해서는 위성 통신의 장점을 이용한 통신망이 필연적으로 요구되고 있다. 위성통신 서비스는 넓은 지역에 정보를 동시에 전달할 수 있으며, 지상 재해의 영향을 받지 않아 정보통신망의 중추적 역할을 하고 있다. 디지털 멀티미디어 방송(DMB: Di-gital Multimedia Broadcasting) 서비스는 이동중에도 각종 단말기를 통해 고화질로 프로그램을 시청할 수 있는 방송서비스이다. DMB는 지상파 DMB와 위성 DMB로 나누어지며, 위성 DMB의 경우 서비스 제공영역은 크게 위성 직접 수신지역과 음영지역으로 나눌 수 있다.

위성은 정지위성으로 남남동 방향의 45도 상공에 위치하고 있어 위성이 직접 보이는 지역은 전국 어디서나 수신 가능하며, 도심 및 지하 등 음영 지역은 별도의 갭 필러(Gap filler)를 이용한 중계로 수신 가능하다. 우리나라

라 위성 DMB 주파수는 일본과 함께 2.630~2.655GHz 주파수 대역을 사용하고 있으며 전송방식은 CDM(Code Division Multiplexing) 방식을 채택하고 있다. 이러한 위성 DMB 서비스를 수신하기 위한 안테나는 편파특성과 이동통신 시 장착 등의 문제가 고려되고 있으며, 현재 마이크로스트립 안테나를 이용한 위성 DMB 안테나의 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 마이크로스트립 안테나의 패치소자와 패치 배열은 인쇄형 안테나의 가장 일반적인 형태이고, 패치 안테나의 본격적인 연구는 1970년대에 시작되어 그동안 유용한 설계 방법이 많이 제안되었다[1-2]. 평면 및 입체면상에서의 간결성과 적합성, 다른 RF소자와의 직접화가 가능한 장점과 생산이 간단하고 경제적인 장점으로 다양한 형태 패치 안테나가 연구 개발되었다. 마이크로스트립 패치 안테나에서 원형편파를 얻는 방법으로 정사각형 패치의 모서리를 잘라 내거나, 대각선으로 슬롯(Slot)을 두는 방법, 원형 패치에 교차슬

*Corresponding Author : Yong Wook Park (Namseoul University)

Tel: +82-10-3797-6411 email: pyw@nsu.ac.kr

Received October 31, 2012

Revised November 27, 2012

Accepted February 6, 2013

롯을 두는 방법 등이 있다[3-4].

본 논문에서는 위성 DMB용 안테나에서 필요로 하는 원형편파를 얻기 위해 패치 중앙부에 대각선으로 슬롯을 가지는 마이크로 스트립 패치 안테나를 이론적인 수식과 내용을 바탕으로 시물레이션을 한 후, 패치의 크기 및 슬롯의 특성 등과 같은 각각의 파라미터에 따른 영향을 연구하고 최적화된 형태의 안테나를 제작하여 안테나 특성을 비교 분석하였다. 제작한 안테나는 직접급전방식을 이용하였으며 시물레이션은 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structural Simulator) 사용하였고, 실제 제작한 안테나의 주파수 특성은 회로망 분석기(Network Analyzer, Anritsu MS4623B)를 이용하여 특성을 평가하였다.

2. 원형 편파 안테나 구조 및 설계

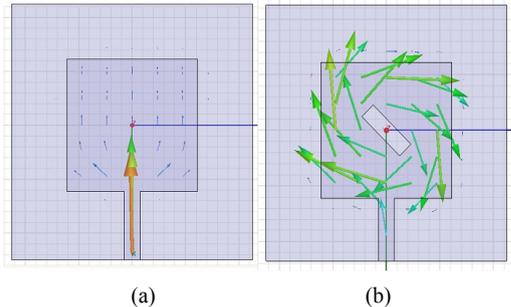
위성DMB용 안테나의 경우 2.63GHz에서 2.65 GHz까지 사용 주파수 범위이다. 동작 주파수 대역에서 위성 DMB가 잘 동작하기 위해서는 최소 150MHz의 주파수 대역폭을 확보하여야 하며 이러한 주파수 범위에서 안테나의 최소 요구치인 VSWR 2이하 특성을 만족하여야 한다. 따라서 본 연구에서 설계하고자 하는 위성 DMB용 안테나의 설계 목표는 Table 1과 같다. 설계목표를 달성하기 위해 2.630GHz ~ 2.655GHz 주파수를 사용하는 위성 DMB용으로 Fig. 1과 같이 설계한 안테나는 마이크로 스트립 패치 형태로, 중앙에 대각선 슬롯을 갖는다. 패치 가운데에 대각선으로 슬롯을 만듦으로써 전계의 방향을 바꾸어 좌원편파(LHCP)를 발생하도록 안테나를 설계하였다[5,6].

[Table 1] Design plan

구분	규격
중심주파수	2.64GHz
반사손실 (Return loss)	-20dB 이하
-10 dB 대역폭	150MHz
VSWR	2
편 파	좌원편파(LHCP)
임피던스	50Ω

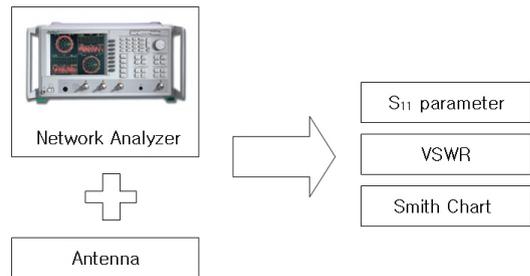
Fig. 1에서 알 수 있듯이 마이크로 스트립 패치안테나에서 대각선으로 슬롯이 존재할 때와 존재하지 않을 때의 안테나의 전류벡터를 비교 분석한 결과로 대각선으로 슬롯을 삽입한 경우 전계가 좌원편파로 회전하는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 본 연구에서 구현하고자 하는

좌원편파를 얻기 위해 슬롯이 필요한 것을 알 수 있다. 또한 패치에 전원을 공급하기 위한 급전 방식은 마이크로 로스트립 급전 방법으로 패치 하단부에 연결되는 직접 급전방식을 이용하여 안테나를 설계하였다.



[Fig. 1] Current vector of designed antenna
(a) Antenna without slot (b) antenna with slot

설계된 슬롯이 삽입된 마이크로 스트립 패치 안테나는 유전율 4.4인 FR-4 기판을 사용하여 안테나를 제작하였으며 제작된 안테나의 특성은 회로망 분석기(Network Analyzer, Anritsu MS 4623B)를 이용하여 Fig. 2와 같은 측정시스템으로 제작한 안테나의 주파수 특성을 측정하였다



[Fig. 2] Structure of measuring system

3. 안테나 시물레이션

본 연구에서는 슬롯이 삽입된 마이크로 스트립 패치 방식을 이용해 좌원편파를 갖는 2.630 ~ 2.655GHz 주파수를 사용하는 위성 DMB 안테나를 시물레이션하고 그 특성을 비교 분석하였다. 마이크로 스트립 패치 안테나에 방사소자인 패치의 폭과 방사소자의 길이가 안테나의 특성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며, 또한 패치에 삽입된 슬롯이 중심 주파수 및 반사손실에 큰 영향을 미치기 때문에 안테나의 방사소자인 패치의 폭(W), 길이

(L), 슬롯의 폭(d), 길이(c) 및 급전선의 길이(F)에 대한 안테나의 특성을 연구하였다.

3.1 패치의 크기(W, L)에 따른 안테나 특성

Table 2는 슬롯의 폭, 길이 및 급전선의 길이를 다음과 같이 (c=10mm, d=3mm, F=10mm)로 고정된 후 안테나의 패치의 크기(W=L) 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 23.5mm ~ 26.5mm까지 0.5mm 간격으로 값을 감소시키며 안테나의 주파수 특성을 분석하였다.

패치의 크기가 작아질수록 중심주파수가 2.48 GHz에서 2.75GHz로 증가하는 경향을 보여주고 있다. 이는 주파수대역이 높아질수록 파장이 짧아지므로 공진점이 올라가는 현상으로 생각된다. 또한 반사손실 특성은 패치가 가장 클 때 -28.67 dB의 값을 가졌으며 패치 크기가 감소하면서 반사손실이 점점 감소하다가 패치의 크기가 25.5mm에서 -35.05dB로 제일 우수한 특성을 보이다가 삽입손실이 증가하는 결과를 보여주고 있다. -10dB 대역폭과 VSWR 특성은 패치의 크기 변화에 특별한 영향을 나타내지 않았다. 패치의 크기에 따른 특성을 살펴보면 패치의 크기가 24.5mm 일 때 반사손실을 제외한 중심주파수, 대역폭 및 VSWR 특성에서 가장 우수한 특성을 보였다.

[Table 2] Simulation results of patch size(W, L)

변수		시뮬레이션 결과						
W [mm]	L [mm]	c [mm]	d [mm]	F [mm]	중심 주파수 [GHz]	최소 반사손실 [dB]	-10dB 대역폭 [MHz]	VSWR
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

3.2 슬롯 길이(c)와 폭(d)에 따른 안테나 특성

패치 크기를 24.5mm, 급전선의 길이를 F=10 mm로 고정된 후 슬롯의 길이(c)와 폭(d)을 변화시키며 안테나의 주파수 특성을 시뮬레이션 하였다. 슬롯의 길이(c)를 8.5mm ~ 11.5mm, 슬롯의 폭(d)을 1.5mm ~ 4.5mm로 각각 0.5mm씩 변경하며 그 특성을 비교분석하였다. Table 3은 슬롯 길이(c) 대한 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. 슬롯의 길이가 8.5에서 11.5mm로 길어질수록 중심주파수가 2.70GHz에서 2.57GHz로 감소하는 특성을 보여 주

었다. 그러나 슬롯의 길이가 감소할수록 대역폭은 점차 증가하고 반사손실 특성은 10.5mm에서 -25.66dB로 가장 우수한 특성을 보였으며 슬롯의 길이가 증가할수록 반사손실이 -10.26dB로 감소하는 결과를 얻었다. Table 4는 슬롯의 폭(d)를 1.5mm ~ 4.5mm로 각각 0.5mm씩 증가시킬 때의 주파수특성을 보여주고 있다. 슬롯의 폭이 넓어질수록 중심주파수는 2.70GHz에서 2.61GHz로 감소하였지만 반사손실 특성은 점차 우수해지는 경향성을 보여 주었다. 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 슬롯의 폭이 3.5mm 일 때 중심주파수 2.64GHz, 반사손실 -34.53dB, 150MHz의 대역폭과 1.07의 VSWR값을 가져 가장 우수한 주파수 특성을 갖는 것을 확인 할 수 있었다.

이와 같은 결과에서 슬롯의 길이와 폭이 반사손실에 큰 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었다.

[Table 3] Simulation results of slot length(c)

변수		시뮬레이션 결과						
W [mm]	L [mm]	c [mm]	d [mm]	F [mm]	중심 주파수 [GHz]	최소 반사손실 [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

[Table 4] Simulation results of slot width(d)

변수		시뮬레이션 결과						
W [mm]	L [mm]	c [mm]	d [mm]	F [mm]	중심 주파수 [GHz]	최소 반사손실 [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

3.3 피드라인 길이(F)에 따른 안테나 특성

패치의 크기를 24.5mm로 고정하고 슬롯의 길이 c=10mm 및 폭을 d=3mm로 고정된 채 피드라인 길이(F)에 따른 시뮬레이션 특성과 측정 특성의 결과를 나

타낸 것이다. 피드라인은 시뮬레이션 결과, 길이가 16mm 일 때 -29.38dB로 가장 좋은 반사손실의 특성을 보여주고 있지만, 피드라인의 길이는 중심주파수, 대역폭 및 VSWR 특성에는 큰 영향을 미치지 않는 것을 확인 할 수 있다.

[Table 5] Simulation results of feed line length(F)

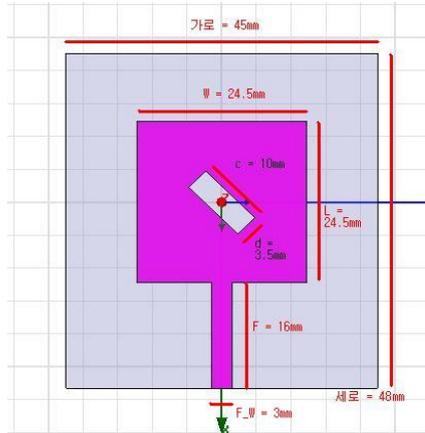
변수					중심 주파수 [GHz]	최소 반사 손실 [dB]	-10dB 대역폭 [MHz]	VSWR
W [mm]	L [mm]	c [mm]	d [mm]	F [mm]				
24.5	24.5	10	3	7	2.64	-25.98	140	1.07
				10	2.65	-24.23	140	1.07
				13	2.65	-24.42	130	1.03
				16	2.63	-29.38	130	1.03
				19	2.65	-17.58	100	1.25
				22	2.65	-24.09	110	1.07

4. 결과

본 논문의 3장에서 슬롯이 삽입된 마이크로 스트립 패치 방식을 이용해 안테나의 방사소자인 패치의 폭(W), 길이(L), 슬롯의 폭(d), 길이(c) 및 급전선의 길이(F)에 대한 안테나의 특성을 분석한 결과를 바탕으로 최적의 특성을 갖는 2.630 ~ 2.655GHz 주파수를 사용하는 슬롯이 삽입된 마이크로스트립 패치구조의 위성 DMB용 안테나를 설계하였다. Fig. 3은 최적화된 안테나 구조를 보여주고 있으며 Table 5는 안테나의 설계 조건을 나타내고 있다. 이와 같은 구조를 갖는 안테나 시뮬레이션 결과를 Fig. 4에 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과에서 중심주파수 2.64GHz, 최소반사손실 -27.25dB, -10dB 대역폭 140MHz, VSWR은 1.03로 대역폭을 제외하고 설계목표 값에 대부분 만족한 결과를 보여주고 있음을 알 수 있다.

시뮬레이션 결과를 바탕으로 Table 5와 같은 규격을 갖는 마이크로스트립 안테나를 FR-4 기판을 사용하여 제작하였다.

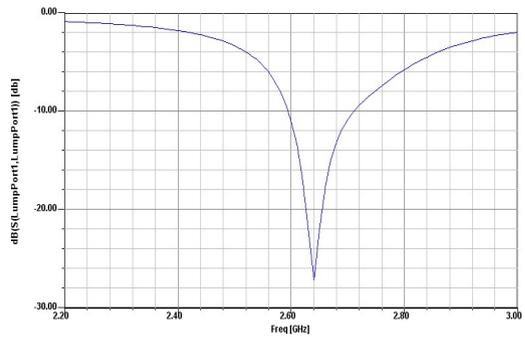
제작된 안테나를 회로망 분석기로 측정한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 측정 결과, 중심주파수는 2.64GHz으로 목표 설계 값에 근접한 값을 얻었다. 중심주파수에서의 반사손실은 -34.67dB이고 제작한 안테나의 대역폭은 180 MHz로 설계목표인 150MHz보다 광대역의 값을 보여주고 있다. 또한 VSWR은 1.17로 원하는 목표 값 이상을 얻었으며, 임피던스 매칭은 50Ω에 근접한 49.3Ω을 얻을 수 있었다. 이와 같은 결과는 3장의 시뮬레이션 결과와도 잘 일치하고 있다.



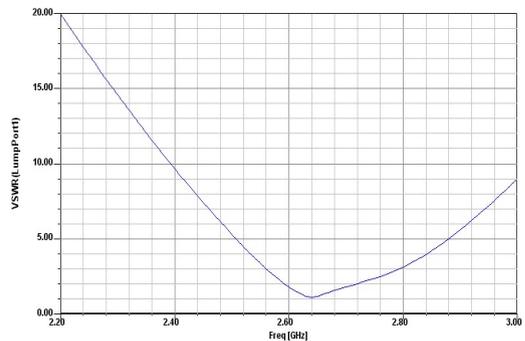
[Fig. 3] Structure of designed antenna

[Table 5] Optimized parameters of antenna

전체크기		파라미터					기판 (FR4_epoxy)	
가로 [mm]	세로 [mm]	W [mm]	L [mm]	c [mm]	d [mm]	F [mm]	기판 두께 [mm]	메탈 두께 [μm]
45	48	24.5	24.5	10	3.5	16	1.6	17

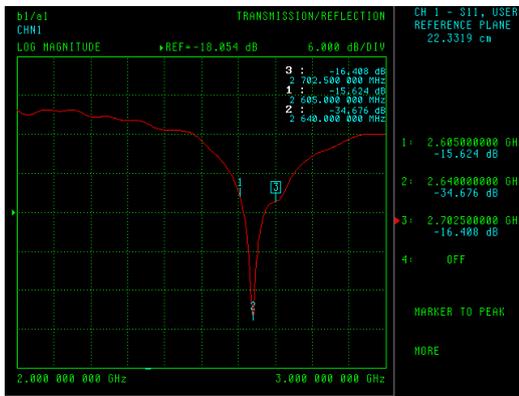


(a)

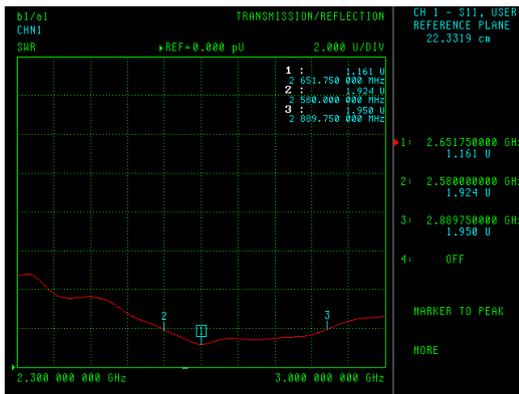


(b)

[Fig. 4] Simulation results of designed antenna
(a) Insertion loss (b) VSWR



(a)



(b)

[Fig. 5] Measuring results of fabricated antenna
(a) Insertion loss (b) VSWR

5. 결론

본 논문에서는 마이크로스트립라인의 직접 급전방식을 이용한 위성 DMB용(2.63~2.65GHz) 마이크로스트립 안테나를 설계 및 시뮬레이션하고 각각의 파라미터에 따른 변화를 연구하였다. 좌원편파를 얻기 위해 사각 패치 내부 가운데에 대각선으로 슬롯을 삽입하였고, 시뮬레이션으로 특성을 비교한 결과, 패치의 크기는 주파수 위상 이동에 영향을 주었다. 패치의 크기가 거의 동일할 때 최소반사손실의 특성이 가장 좋으며, 피드라인의 길이는 반사손실에 미세한 영향을 주는 것을 확인 할 수 있었다.

제작된 안테나는 중심주파수는 2.64GHz로 목표 설계 값에 근접한 값을 얻었다. 중심주파수에서의 반사손실은 -34.67dB이고 제작한 안테나의 대역폭은 180MHz로 설계목표인 150 MHz보다 광대역의 값을 보여주고 있다. 또한 VSWR은 1.17로 원하는 목표값 이상을 얻었으며,

임피던스 매칭은 50Ω에 근접한 49.3Ω을 얻을 수 있었다.

References

- [1] J. W. Howell, "Microstrip antennas", IEEE Trans Antennas propagat., Vol. AP-23, No. 1, pp. 90-93, 1975.
- [2] P. S. Hall and C. M. Hall, "Coplanar corporate feed effects in microstrip patch array design", IEEE proc., Vol. 135, 1988.
- [3] C. L. Tang, K. L. Wong, "Single-feed slotted equilateral -triangular microstrip antenna for circular polarization", IEEE Trans Antennas propagat., Vol. 47, pp. 1174-1178, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/8.785749>
- [4] C. L. Mak, K. M. Lee and Y. L. Chow, "Experimental study of a Microstrip Patch Antenna with an L-shaped Probe", IEEE Transaction on Antenna and Propagation, vol. 48, no. 5, pp. 777-783, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/8.855497>
- [5] Y. J. Shin, .K. C. Kang, et. al., "A Study on the Array Antenna for Satellite Broadcasting Receiver", The Journal of KIEE, pp. 787-788, 2003.
- [6] Marija M. Nikolić Antonije R. Djordjević and Arye Nehorai, "Microstrip Antennas With Suppressed Radiation in Horizontal Directions and Reduced Coupling", IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 53, no. 11, pp. 3469-3476, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2005.858847>

박 용 옥(Yong-wook Park)

[정회원]



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

<관심분야>

RF 디바이스, 전자소자, 센서