

광대역 마이크로스트립 안테나 (Broadband Microstrip Antenna)

홍재표*
(Jae-Pyo Hong)

요약 본 논문에서는 마이크로스트립의 단점인 대역폭을 개선하기 위해 마이크로스트립 전송선로가 있는 유전체 층(layer)과 복사 다이폴이 있는 유전체 층사이에 또 하나의 기생 다이폴(parasitic dipole)을 갖는 유전체 층이 있는 3층(3-layer)의 구조를 갖는 안테나를 제시하였다. 제시된 구조에서 파라미터들(복사 다이폴의 길이와 offset 위치, 기생 다이폴의 폭과 길이 및 기생 다이폴의 offset 위치 등)을 변화하여 반환손실(return loss)을 계산한 후, 최적 대역폭을 갖는 3-layer 안테나를 설계하였다. 그리고 설계된 3-layer와 기생 다이폴이 없는 2-layer 안테나의 대역폭을 각각 비교하였으며 또한 안테나를 제작 실험하여 이론치와 실험치를 비교 검토하였다. 앙상블(Ensemble 5.1)을 사용하여 시뮬레이션 하였다

Abstract In this paper, the electromagnetically coupled microstrip dipole antenna by adapting one parasitic metal-strip(dipole) between the microstrip transmission line open end and the radiating microstrip dipole antenna is presented for the bandwidth improvement. The microstrip dipole antenna is simulated using Ensemble 5.1 simulation package. The effects of varying several physical parameters, such as the lengths of radiating dipole and parasitic dipole, and the width of parasitic dipole are investigated. The bandwidth behavior of the 3-layer optimum antenna is compared with that of 2-layer antenna without the parasitic dipole. Experimental result for the obtained broadband performance is presented and discussed.

1. 서론

마이크로스트립 안테나는 유전체 기판 위에 안테나 소자가 제작되는 평면형으로, 안테나의 이득이 적고, 대역폭이 좁고, 정확한 편파의 어려움과 제한된 전력용량 등의 단점이 있는 반면에 제작이 간편하고, 단면적이 작고, 무게가 가볍고, 대량 생산이 가능하고, 선형이나 평면 배열로 제작하기 간단하며, 초고주파 회로와 집적화하기가 쉬운 장점 등이 있으므로 많은 연구가 진행되고 있다. 최근에는 마이크로스트립 안테나의 가장 큰 단점인 대역폭을 개선하기 위한 많은 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 이 방법 중에는 U-모양의 슬롯을 이용하는 방법 [1-2]과 개구 결합된 적층 패치 구조를 이용하는 방법 [3-5]과 3차원 급전선로를 갖는 단일 패치를 이용하는 방법 [6-8] 및 기생소자를 이용하는 방법 [9] 등이 있다.

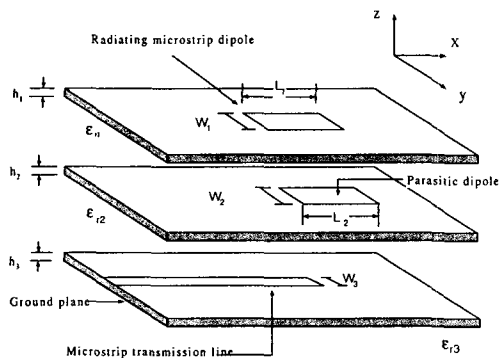
본 논문에서는 마이크로스트립의 단점인 대역폭을 개선하기 위해 마이크로스트립 전송선로가 있는 유전체 층(layer)과 복사 다이폴이 있는 유전체 층사이에 또 하나의 기생 다이폴(parasitic dipole)을 갖는 유전체 층이 있는 3층(3-layer)의 구조를 갖는 안테나를 제시하였다. 제시된 구조에서 파라미터들(복사 다이폴의 길이와 offset 위치, 기생 다이폴의 폭과 길이 및 기생 다이폴의 offset 위치 등)을 변화하여 반환손실(return loss)을 계산한 후, 최적 대역폭을 갖는 3-layer 안테나를 설계하였다. 그리고 설계된 3-layer와 기생 다이폴이 없는 2-layer 안테나의 대역폭을 각각 비교하였으며 또한 안테나를 제작 실험하여 이론치와 실험치를 비교 검토하였다. 앙상블(Ensemble 5.1)을 사용하여 시뮬레이션 하였다

2. 안테나의 구조와 파라미터의 영향

2.1 안테나의 구조

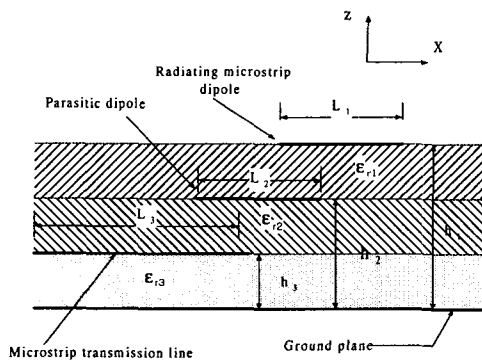
* 경일대학교 전자정보학과 부교수

대역폭을 개선하기 위해 제시된 3층 안테나의 구조는 <그림 1>과 같다. <그림 1>에서와 같이 제일 아래층의 유전체(유전체 3)의 윗면에는 개방된 마이크로스트립 전송선로가 있고, 아래 면에는 접지면이 있다. 제일 위층의 유전체(유전체 1)의 윗면에는 복사 마이크로스트립 다이폴이 있다. 그리고 두 유전체 층 사이에 대역폭을 향상하기 위하여 유전체의 윗면에 기생 다이폴이 있는 비유전율이 ϵ_{r2} 이고, 두께가 h_2 인 유전체(유전체 2)를 삽입하였다.

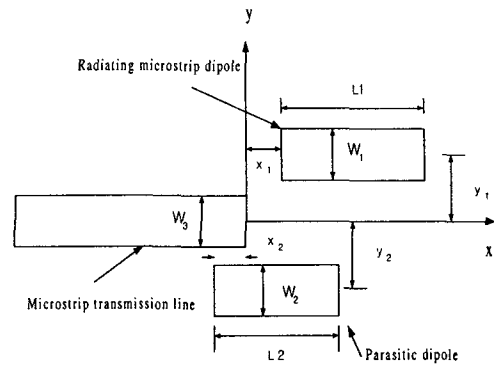


<그림 1> 안테나 구조

복사 다이폴과 기생 다이폴 및 마이크로스트립 전송선로의 폭과 길이는 각각 W_i 와 L_i ($i=1,2,3$)이다. 또한 각각 유전체층의 비유전율과 유전체 두께는 ϵ_{ri} 과 h_i ($i=1,2,3$)이다. 제시한 안테나를 각각 앞면과 뒷면에서 본 구조는 <그림 2>(a) 및 <그림 2>(b)와 같다. <그림 2>(b)에서 좌표계 (x_j, y_j) ($j=1,2$)는 유전체 3의 윗면에 있는 마이크로스트립 전송선로의 끝단을 원점으로 복사 다이폴과 기생 다이폴의 시작점의 x-방향과 y-방향으로의 offset된 위치를 의미한다.



(a)



(b)

<그림 2> 간략화된 안테나 (a) 앞면 (b) 뒷면

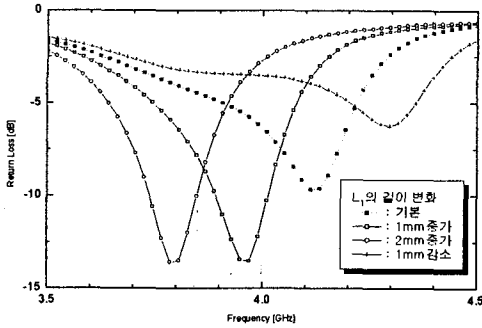
2.2 파라미터의 영향

제시된 기본 안테나의 복사 다이폴과 기생 다이폴의 길이와 폭은 각각 $L_1=22\text{mm}$, $L_2=23\text{mm}$, $W_1=5.0\text{mm}$, $W_2=4.1\text{mm}$ 이고, 마이크로스트립 전송선로의 길이와 폭은 각각 $L_3=30\text{mm}$, $W_3=4\text{mm}$ 로 하였다. 각 다이폴의 offset 위치는 각각 $x_1=14.0\text{mm}$, $x_2=-10.75\text{mm}$, $y_1=y_2=0$ 로 하였다. 각 유전체의 비유전율은 $\epsilon_{ri}=2.5$, 두께 $h_i=1.575\text{mm}$ ($i=1,2,3$)로 동일한 테프론을 사용하여 시뮬레이션 하였다. 동일한 유전체를 사용한 이유는 최적의 안테나를 설계, 제작하여 이론치와 실험치를 비교하기 위함이다.

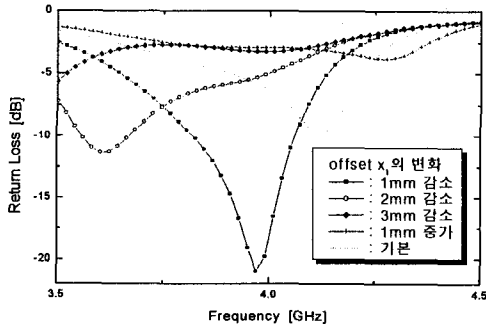
위에서 제시된 규격을 갖는 안테나를 기본안테나로 하여 각 파라미터들(복사 다이폴의 길이와 offset 위치, 기생 다이폴의 폭과 길이 및 기생 다이폴의 offset 위치 등)의 변화에 대해 반환손실을 계산하여 대역폭이 최적인 안테나를 설계하고자 한다.

먼저, 복사 다이폴의 길이와 offset 위치의 변화에 대한 반환손실은 각각 <그림 3> 및 <그림 4>와 같다.

<그림 3>에서 보는 바와 같이 기본 안테나($L_1=22\text{mm}$)에 비해 복사 다이폴의 길이가 증가함에 따라 안테나의 공진주파수는 낮아짐을 확인할 수 있었다. 그리고 다이폴의 길이 변화에 대해 반환손실의 형태 변화는 거의 없음을 확인하였다.



<그림 3> 복사 다이폴의 길이변화에 대한 케환손실

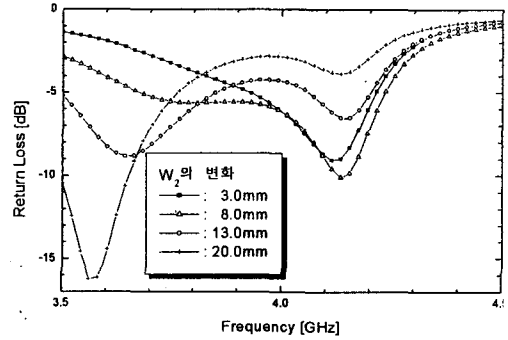


<그림 4> 복사 다이폴의 offset 위치 변화에 대한 케환손실

<그림 4>는 다이폴의 offset 위치 변화에 대한 케환손실을 나타낸 것이다. 그림에서 offset의 위치가 “1mm 감소”의 의미는 다이폴의 offset 기준면이 1mm 감소됨과 동시에 다이폴 길이는 1mm 증가됨을 나타낸다. 왜냐하면 다이폴의 우측 기준면을 고정하였기 때문이다. 다이폴의 offset 위치와 길이를 동시에 변화한 것인데, 이는 <그림 3>의 결과와 비교하기 위함이다. <그림 4>에서와 같이 offset 위치가 감소할수록 다이폴 길이는 증가함으로 안테나의 공진주파수는 낮아짐을 확인할 수 있었고, <그림 3>과는 달리 offset의 위치에 따라 안테나의 케환손실의 패턴에도 큰 영향이 있음을 알 수 있었다. 이 결과로부터 다이폴의 길이는 공진주파수에 영향을 주고, offset 위치는 안테나의 정합에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

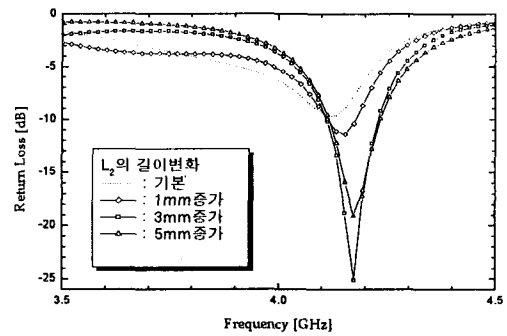
기생 다이폴의 폭 변화에 대한 <그림 5>와 같다. 기본 폭은 4.0mm이고, 폭은 3.0mm에서 20.0mm까지 변화시켰는데, 그림에서와 같이 기생 다이폴의 폭이 커지면

따라 공진주파수는 낮아짐을 확인하였다.



<그림 5> 기생 다이폴 폭의 변화에 대한 케환손실 ($W_2=3.0, 8.0, 13.0, 20.0\text{mm}$)

기생 다이폴의 offset 위치에 따른 다이폴 길이의 변화에 대한 케환손실의 영향을 계산하였다. <그림 6> <그림 7>은 기생 다이폴의 offset 위치가 각각 $x_2 = -10.75\text{mm}$ 및 $x_2 = -7.75\text{mm}$ 인 경우 기생 다이폴 길이의 변화에 대한 케환손실의 변화를 나타낸 것이다. <그림 6>으로부터 기생 다이폴의 길이에 따라 안테나의 정합상태가 변화함을 알 수 있었다. 또한 <그림 7>로부터 적절한 offset 위치에서 기생 다이폴 길이에 따라 대역폭이 변화함을 알 수 있었다. 따라서 <그림 6-7>로부터 기생 다이폴의 offset 위치와 길이가 안테나의 정합상태와 대역폭을 결정하는 파라미터임을 알 수 있었다.

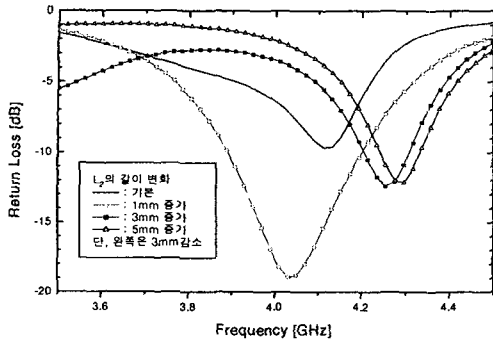


<그림 6> 기생 다이폴의 길이 변화에 대한 케환손실 (offset $x_2 = -10.75\text{mm}$)

<표 1> 안테나의 제원

Parameter	Type	2-layer Antenna	3-layer Antenna
	Length	L_1	22.0
L_2		-	21.0
L_3		30.0	30.0
With	W_1	5.0	5.0
	W_2	-	4.1
	W_3	4.0	4.0
Offset	(x_1, y_1)	(-1.0,0)	(14.0,0)
	(x_2, y_2)	-	(-7.75,0)
Dielectric	Thickness	1.575	1.575
	Constant	2.5	2.5

unit:[mm]



<그림 7> 기생 다이폴의 길이 변화에 대한 반환손실 (offset $x_2 = -7.75\text{mm}$)

이상의 결과로부터 안테나의 공진주파수는 복사 다이폴의 길이에 의해 큰 영향을 받으며, 대역폭은 다이폴의 offset 위치와 기생 다이폴의 offset 위치 및 길이에 의해 변화함을 확인하였다.

3. 대역폭 개선

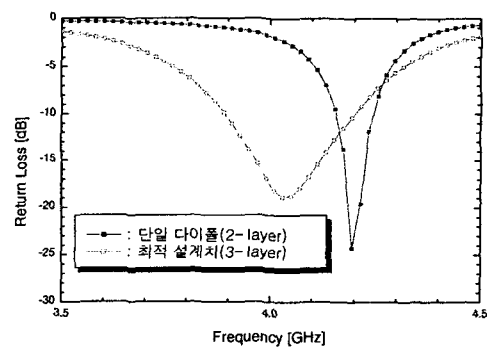
대역폭을 개선하기 위해서 기생 다이폴 층이 삽입된 3층 구조에서 여러 가지 파라미터들을 변화시키면서 반환손실의 변화를 계산하여 최적 대역폭을 갖는 안테나를 설계하고자 한다. 안테나의 %대역폭은 다음과 같이 정의된다.

$$\text{Percent Bandwidth} = 2 \times \frac{f_{\max} - f_{\min}}{f_{\max} + f_{\min}} (\%)$$

여기서, f_{\max} 와 f_{\min} 는 각각 전압정재파비 $V_{\text{SWR}} \leq 2$, 반환손실 약 $-10[\text{dB}]$ 인 영역의 최대와 최저주파수를 나타낸다.

복사 다이폴과 기생 다이폴의 여러 가지 파라미터를 변화하여 대역폭이 개선된 최적 안테나를 설계하였다. 제시된 안테나의 대역폭이 개선됨을 확인하기 위해 기생 다이폴이 없는 2-layer 안테나와 비교하였으며, 설계된 최적 3-layer 안테나와 2-layer 안테나의 규격은 <표 1> 과 같다. 최적 설계된 안테나의 반환손실의 이론치는 <그림 8>과 같다.

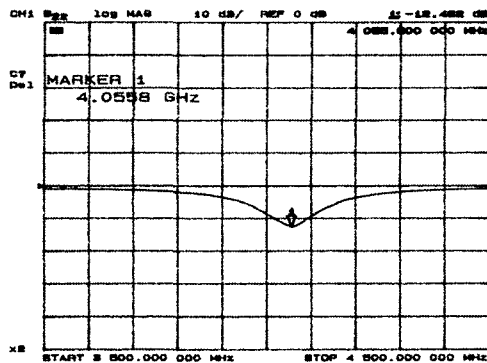
<그림 8>에서와 같이 기생 다이폴이 없는 2-layer 안테나는 4.19GHz에서 공진을 일으키고, 대역폭은 약 90MHz로 2.1%의 좁은 대역폭을 나타내었다. 최적 설계된 3-layer 안테나는 4.03GHz 근처에서 공진을 일으키며 대역폭은 320MHz로 7.9%대역폭을 나타내는 광대역특성을 가졌으며, 2-layer 안테나에 비해 대역폭이 약 3.5배 정도 개선되었음을 알 수 있다. 이 결과를 Katehi 등[9]의 결과(전체 유전체의 두께가 3mm이고, 비유전율이 2.35이며, 본 논문과 동일한 구조를 갖는 안테나에서 최대의 percent 대역폭이 7%임)와 비교해 보면 대역폭이 개선된 양호한 특성을 나타냄을 확인할 수 있다.



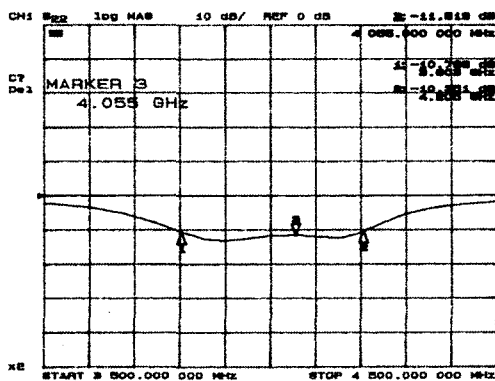
<그림 8> 안테나의 반환손실의 이론치

이론치를 검증하기 위해 비유전율이 $\epsilon_r = 2.5$ 이고, 두께 $h = 1.575[mm]$ 를 갖는 테프론 양면기판을 사용하여 2-layer 안테나와 최적 안테나인 3-layer 안테나를 제작하여 실험하였다. 제작된 안테나의 궤환손실의 실험치는 각각 <그림 9>와 <그림 10>에 나타내었다. <그림 9>는 기생 다이폴이 없는 2-layer 안테나에 대한 실험치이며, 안테나의 공진주파수는 4.05GHz이고, 대역폭은 약 90MHz로 나타났다. 이 결과를 <그림 8>의 이론치와 비교하면 공진 주파수는 약간 변이(shift) 되었으나 대역폭은 거의 일치함을 알 수 있다.

<그림 10>은 본 논문에서 설계된 광대역 특성을 갖는 최적 안테나인 3-layer에 대한 궤환손실의 실험치를 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 안테나의 대역폭은 약 400MHz로 10% 대역폭을 갖는 광대역 특성을 나타내었으며, 2-layer에 비해 약 4.7배정도 대역폭이 개선되었고, 공진 주파수도 이론치와 거의 일치되는 양호한 결과를 나타내었다.



<그림 9> 2-layer 안테나 궤환손실의 실험치



<그림 10>. 최적 안테나 궤환손실의 실험치

4. 결론

본 논문에서는 개방된 마이크로스트립 전송선로와 복사 마이크로스트립 다이폴 사이에 하나의 기생 다이폴을 갖는 유전체층을 위치한 3-layer 안테나를 제시하여 마이크로스트립 안테나의 단점인 대역폭이 개선된 광대역 특성을 갖는 최적 안테나를 설계하였다.

제작을 고려하여 유전체의 비유전율과 높이는 일정하게 유지하고, 안테나의 여러 가지 파라미터를 변화하면서 시뮬레이션 하였다. 그 결과 최대의 대역폭을 갖는 안테나를 설계 제작하여 이론치와 실험치를 비교하였으며, 또한 2-layer안테나와도 비교하였다.

기생 다이폴이 없는 2-layer 안테나의 공진주파수의 이론치는 4.19GHz이고, 실험치는 4.05 GHz, 대역폭의 이론치와 실험치는 모두 약 90MHz로 일치되는 양호한 결과를 얻었으며, 2.1%인 좁은 대역폭 특성을 나타내었다.

광대역 특성을 갖도록 설계된 최적 안테나인 3-layer의 대역폭은 이론치 360MHz, 실험치 400MHz로 단일에 비해 약 4배 정도 개선된 광대역 특성을 나타내었고, 공진주파수도 이론치와 실험치가 일치되는 양호한 결과를 나타내었다.

본 논문에서 제시한 안테나는 광대역을 필요로 하는 무선통신 시스템에 응용되리라 생각되며, 앞으로의 과제는 광대역 특성을 갖는 새로운 안테나를 개발하고자 한다.

참고 문헌

- [1] T. Huynh and K. F. Lee, "Single-layer single-patch wideband microstrip antenna," *Electron Lett.*, vol. 31, no. 16, pp. 1310-1312, 1995
- [2] 김종규, 이철준, 서호석, 홍재표, 조영기, "PCS 대역 개수 결합 U-slot 마이크로스트립 안테나에 관한 연구," 1999 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, vol. 19, no. 2, 1235-1238, 1999
- [3] S. D. Targonski and R. B. Waterhouse, "Design of wide-band aperture-stacked patch microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 46, no. 9, pp. 1245-1251, Sept. 1998
- [4] B. Bariese and C. Peixeiro, "Wide-band microstrip

patch antenna element," Proceedings of the IEEE Antennas and Propagat. Symposium, no. 2, pp. 1104-1107, June 1998

- [5] A. A. Melcon and J. R. Mosig, "Strip, slot, air, inverted patch (SSAIP); a cavity-backed alternative to broadband communications antennas," Radio Science, vol. 33, no. 6, pp. 1525-1542, 1998
- [6] N. Herscovici, "A wide-band single-layer patch antenna," IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 46, no. 4 pp. 471-474, 1998
- [7] N. Herscovici, "A new class of wide-band microstrip arrays," Proceedings of the SBT/IEEE International Telecommunications Symposium, vol. 2, pp. 424-427, 1998
- [8] N. Herscovici, "A wide-band single-layer patch antenna," Proceedings of the IEEE Antennas and Propagation Symposium, vol. 2, pp. 1108-1111, 1998
- [9] P. B. Katehi and N. G. Alexopoulos, "A bandwidth enhancement method for microstrip antennas," IEEE Trans. Antennas and Propagat., vol. 35, no. 1, pp. 5-12, Jan. 1987



홍재표

1981년 경북대학교 전자공학과
졸업(학사)

1983년 경북대학교 대학원 전자공
학과 졸업(공학학사)

1989년 경북대학교 대학원 전자공
학과 졸업(공학박사)

1986~1990년 순천공업전문대학 조교수

1990년~현재 경일대학교 전자정보공학과 부교수