

유한차분 시간영역법을 이용한 갭 결합 마이크로 스트립 패치안테나의 설계 및 해석

신호섭*

요약

본 논문에서는 유한차분 시간영역법(Finite Difference Time Domain method)을 이용하여 단일 패치를 갖는 마이크로스트립 안테나와 2개의 패치를 갖는 광대역 갭 결합 마이크로스트립 패치안테나를 설계 및 해석하였다. 반사파를 최소로 하기 위해 Mur의 2차 흡수경계조건을 적용하였다. 이 안테나의 구동패치의 길이와 폭, 기생패치의 길이와 폭, 구동패치와 기생패치의 간격 등에 의한 반사손실, 전압 정재파비, 입력 임피던스 등의 주파수 응답 특성을 해석하여 최적의 광대역 안테나의 설계치를 보여 주었고 이로부터 복사패턴을 제시하였다. 또한 광대역 안테나 특성이 일어나는 원인을 분석하였다.

Design and Analysis of Gap Coupled Microstrip Patch Antenna using the FDTD method

Hosub Shin

Abstract

In this paper, the single patch microstrip antenna and gap coupled broadband microstrip patch antenna using FDTD(Finite Difference Time Domain method) are analyzed. Mur's 2nd absorbing boundary condition to minimize reflected wave is applied. Return loss, voltage standing wave ratio, and input impedance by the length and width of driving patch, the length and width of parasitic patch, and the distance between driving patch and parasitic patch have been analyzed. Design parameters and radiation patterns of broadband antenna have been also shown.

Keywords : FDTD, Antenna, Microstrip

1. 서론

최근 무선통신기술의 발전으로 무선통신장비가 많이 보편화됨에 따라 휴대할 수 있는 소형·경량의 무선통신장비가 많이 요구되고 있다. 이러한 영향으로 무선통신장비에 탑재되는 안테나의 소형·경량화가 필수적으로 필요하다. 마이크로스트립안테나는 소형·경량으로 제작이 용이하고 휴대가 가능하다. 또한 여러 유형의 구조에 제작이 가능하고 이미 원형, 삼각형, 사각형

을 포함한 임의의 구부러진 표면에서 이용이 가능하다. 반면에 주파수 대역폭이 3~4%로 작기 때문에 실제로 적용할 때 많은 제한을 받는다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 기관의 두께를 증가시키는 방법, 대수 주기 배열 방법, 동일 평면상에 여러 개의 패치를 중복적으로 겹치는 방법, 기생소자가 용량성 결합으로 부가된 안테나를 사용하는 방법, 개구 결합 적층 마이크로스트립 안테나를 이용하는 방법[1,2], 다층기관을 이용하는 방법[3], 광대역 평면형 모노폴 안테나를 이용하는 방법[4]과 패치를 접지면 위에 떠있게 하고 비전도 핀으로 지탱하게 하는 방법[5] 등이 연구되고 있다. 이러한 광대역 특성을 갖는 마이크로스트립 안테나는 기관의 두께가 두꺼워지거나, 구조가 복잡해지면 효율이 떨어지고 가격이 올라가고 주파수 영역에서는 정확한 해석이 불

※ 제일저자(First Author) : 신호섭
접수일:2009년 06월 15일, 완료일:2009년 9월 24일
* 군산대학교 전자정보공학부

hsshin@kunsan.ac.kr

▣ 본 논문은 2007학년도 군산대학교 대학자체 학술 공모과제 연구비 지원에 의하여 연구되었음

가능해질 뿐만 아니라 광대역에 걸친 주파수에서 반복해서 계산해야 하므로 주파수 영역에서의 해석방법은 비효율적이고 계산시간이 지나치게 많이 걸린다.

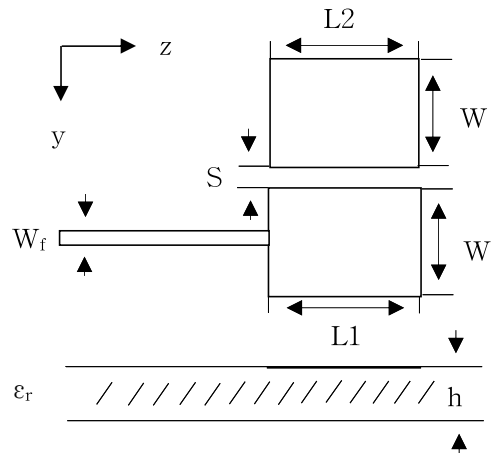
본 논문에서는 단일 패치(구동패치)를 갖는 마이크로스트립 안테나에 기생패치가 gap을 두고 부착된 광대역 갭 결합 마이크로스트립 안테나를 유한차분 시간영역법[6-8]을 이용하여 주파수 영역에서의 반사손실, 전압 정재파비, 입력 임피던스, 복사패턴 등의 특성을 고찰하였다. 이 안테나의 구동패치의 길이와 폭, 기생패치의 길이와 폭, 구동패치와 기생패치의 간격 등을 변화하면 안테나의 반사손실, 전압 정재파비, 입력 임피던스 등의 주파수 응답 특성이 변함을 알 수 있었다.

2. 갭 결합 마이크로스트립 안테나의 구조

(그림 1)에서 알 수 있듯이 갭 결합 마이크로스트립 안테나는 같은 평면상에서 마이크로스트립 선로에 의해 급전되고 구동패치와 기생패치로 나누어진다. 이 안테나의 평면형 구조를 분석하기 위해 직사각형 형태의 메쉬를 이용하였다. 공간분할간격은 $\Delta x=0.315$ mm, $\Delta y=0.313$ mm, $\Delta z=0.35$ mm이고 시간분할간격은 $\Delta t=0.625$ ps이고 총 메쉬영역(dimension)은 \hat{x} , \hat{y} , \hat{z} 방향으로 각각 $15 \times 249 \times 225$ 로 하였다. 또한 급전선로인 마이크로스트립선로의 길이는 진행펄스의 안정화시간을 고려하여 $0.5\lambda_g$ 이상 되게 하였다. 패치에서 구동패치의 길이 $L1$ 와 폭 $W1$ 은 각각 26.5 mm와 30 mm이고 기생 패치의 길이 $L2$ 와 폭 $W2$ 은 각각 25.5 mm와 30 mm, 그리고 구동패치와 기생패치의 간격 S 는 0.7 mm로 하였다.

여기서 사용한 기판은 유전율이 $\epsilon_r=2.6$ 이고 두께가 1.575 mm인 테프론기판을 대상으로 하였으며, 중심주파수 3.4 GHz에서 급전선로인 마이크로스트립선로의 폭 $W_f=1.251$ mm로 하였다. 포트 1에 대해 기준면(reference plane)은 구동패치의 가장자리로부터 $20\Delta z$ 만큼 떨어진 곳으로 하였다. 인가신호는 펄스폭을 조절함으로써 dc로부터 원하는 차단주파수까지 주파수영역정보를 얻

을 수 있고 주파수스펙트럼이 또한 가우시안형태인 가우시안 펄스를 사용하였다. 가우시안 펄스의



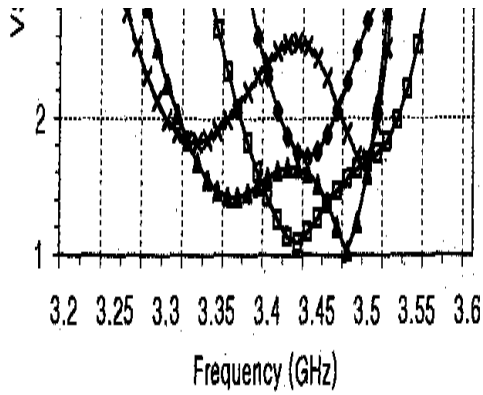
(그림 1) 갭 결합 마이크로스트립 안테나의 구조
펄스폭은 20 ps로 하여 3000 Δt 까지 시뮬레이션을 수행하였다.

3. 설계변수의 변화에 따른 최적화 계산 및 결과

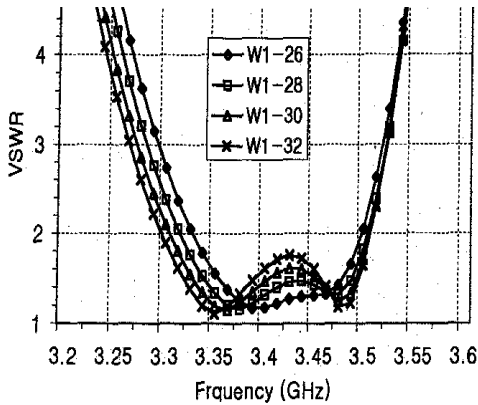
(그림 2)의 (a)~(e)는 각각 구동패치의 길이와 폭, 기생패치의 길이와 폭, 구동패치와 기생패치의 간격 등을 변화시키면서 안테나의 전압 정재파비를 주파수영역에서 본 것이다. 전압 정재파비가 2이하인 실제 사용할 수 있는 주파수 대역폭 구간은 그림에서 알 수 있듯이 $L1=26.5$ mm, $L2=25.5$ mm, $W1=30$ mm, $W2=30$ mm, $S=0.7$ mm일 때 최대가 됨을 알 수 있다. 이 최적치를 만족할 때 사용가능한 주파수대역폭은 약 220 MHz정도가 된다. 반면에 단일 마이크로스트립 안테나의 대역폭은 60 MHz정도였다. 그림 (e)에서 $s=0.7$ mm, 1.0 mm, 1.5 mm일때는 단일공진을 이루지만 $s=0.5$ mm일때는 이중공진이 일어남을 볼 수 있다. 이는 갭(s)이 좁아지면서 패치사이의 커플링의 증가로 인해 스미스차트상에서 큰 루프(loop)를 그리기 때문이다.

(그림 3)은 임피던스정합된 단일패치 안테나와 본 논문에서 제시된 갭 결합 마이크로스트립안테

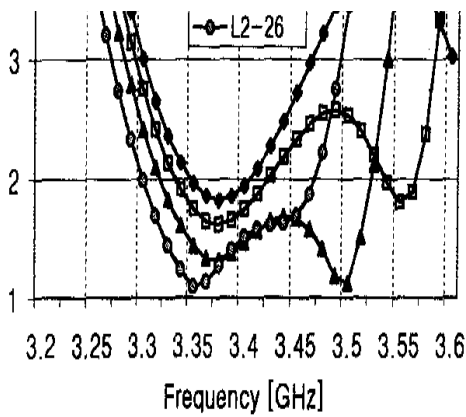
나의 입력임피던스를 주파수영역에서 계산한 것



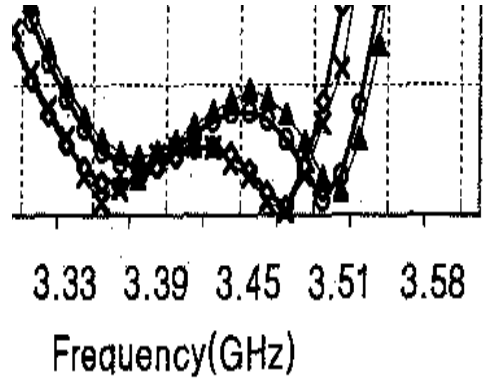
(a) L1값 변화에 따른 전압 정재파비



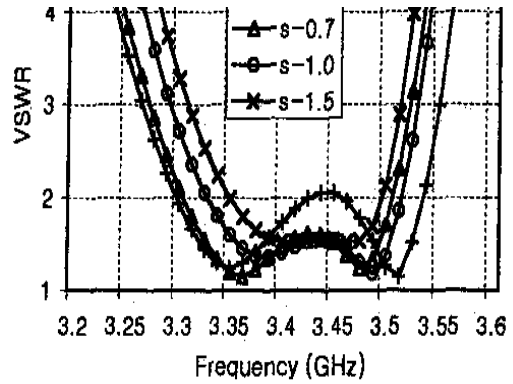
(b) W1값 변화에 따른 전압 정재파비



(c) L2값 변화에 따른 전압 정재파비



(d) W2값 변화에 따른 전압 정재파비

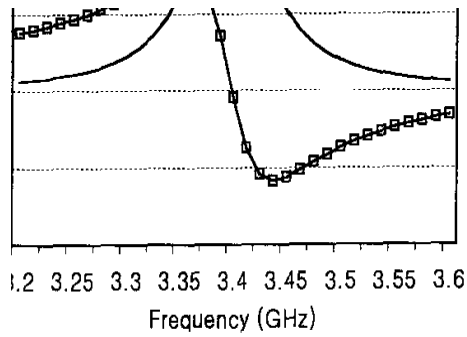


(e) S값 변화에 따른 전압 정재파비

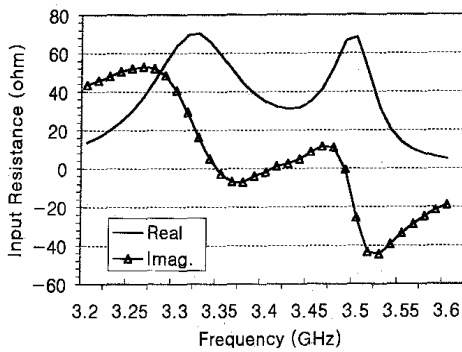
(그림 2) 설계변수의 변화에 따른 전압 정재파비의 변화

이다. 그림에서 알수 있듯이 단일패치 마이크로스트립 안테나는 단일공진이고 사용 가능한 주파수대역이 협대역이지만, 갭 결합 마이크로스트립 안테나는 이중공진이고 사용 가능한 주파수대역이 광대역임을 알 수 있다. 갭 결합 마이크로스트립 안테나는 두 패치로부터 복사되는 필드의 증가로 인해 안테나의 전체 복사저항을 줄이고 입력임피던스를 낮춤으로써 광대역 특성을 가지게 되는 것으로 생각된다.

(그림 4)는 갭 결합 마이크로스트립 안테나의 반사손실값을 0에서 20 GHz까지 나타낸 것으로 공진주파수의 설계치와 잘 일치한다.

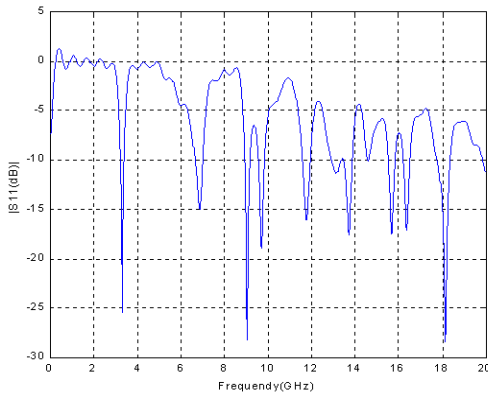


(a) 단일패치 마이크로스트립 안테나

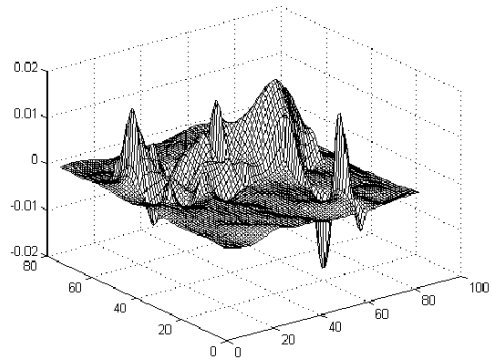


(b) 갭 결합 마이크로스트립 안테나

(그림 3) 마이크로스트립 안테나의 입력임피던스



(그림 4) 갭 결합 마이크로스트립 안테나의 반사손실



(그림 5) 1200Δt에서 유전체 접속면에서의 전계(E_x)의 분포

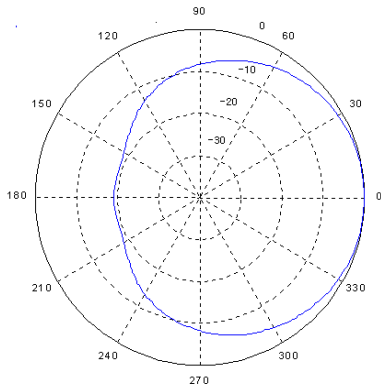
급전선로와 패치가 인쇄된 면과 유전체 접속면에서의 전계의 분포를 (그림 5)에 나타내었다. 본 그림은 $t=1200\Delta t$ 에서의 전계(E_x)의 진행상태를 나타낸 것으로써 구동패치뿐만아니라 기생패치까지 전계가 전파하였음을 볼 수 있다.

(그림 6)는 공진주파수 3.4 GHz에서 본 단일패치 마이크로스트립 안테나와 갭 결합 마이크로스트립 안테나의 복사패턴에 대해서 유한차분 시간영역법을 이용한 계산결과이다. 갭 결합 마이크로스트립 안테나를 단일패치 마이크로스트립 안테나와 비교할 때 broadside(패치의 정면방향)에 비해 후방의 복사가 더 많이 발생함을 알 수 있다.

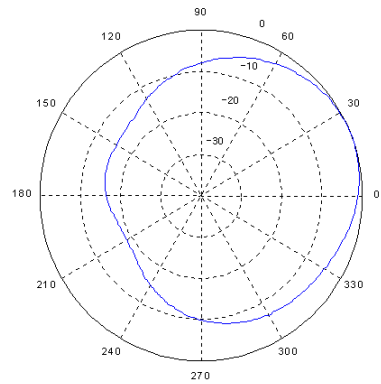
4. 결론

본 논문에서는 단일패치 마이크로스트립 안테나에 기생패치를 갖는 갭 결합 마이크로스트립 안테나에 대해 구동패치의 길이와 폭, 기생패치의 길이와 폭, 구동패치와 기생패치의 간격 등의 설계변수를 최적화시킴으로써 광대역 특성을 갖는 안테나의 최적치를 제시하였다. 설계변수의 변화에 따라 공진주파수뿐만 아니라 정재파비, 반사손실, 입력임피던스에도 영향을 주며 사용할 수 있는 주파수 대역폭에도 많은 영향을 줄 수 있었다.

참 고 문 헌



(a) 단일패치 마이크로스트립 안테나



(b) 갭 결합 마이크로스트립 안테나

(그림 6) 단일패치 마이크로스트립 안테나와 갭 결합 마이크로스트립 안테나의 복사패턴(E Plane)

유한차분시간영역법을 이용하여 마이크로스트립 안테나의 시간영역 및 주파수영역 응답특성을 볼 때 해석영역 공간에서 전자파가 전파특성을 유지하면서 반사파가 발생하지 않도록 하기 위해서 Mur의 2차흡수경계조건을 사용하였다. 그리고 시간영역에서의 한 관측점에서의 전자파의 진행 및 반사파의 크기도 0부터 $3000\Delta t$ 까지 계산하였고 이 과도응답결과인 시간영역에서 구한 값을 Fourier변환함으로써 주파수영역에서의 정재파비, 반사손실, 입력임피던스를 구하였으며 또한 공진 주파수 3.4 GHz에서의 복사패턴도 얻었다. 본 논문에서 제시한 안테나는 광대역을 필요로 하는 무선통신 시스템에 응용될 수 있으리라 생각된다.

- [1] Chen Wu, Jian Wang, Russel Fralich, and John Litva, "A rigorous analysis of an aperture-coupled stacked microstrip antenna," Microwave and Optical Technology Letters, vol. 3, no. 11, pp. 400-404, Nov. 1990.
- [2] Frederic Croq, Albert Papiernik, "Stacked slot-coupled printed antenna," IEEE Microwave and Guided wave Letters, vol. 1, no. 10, pp. 288-290, Oct. 1991.
- [3] Damiano, J. P., Benegueouche, and A. Papiernik, "Study of multilayer antennas with radiating elements of various geometry," Proc. IEE, Microwaves, Antennas Propagation, Pt. H, vol. 137, no. 3, 1990, pp. 163-170.
- [4] Ray, K. P., et al., "Broadband planar rectangular monopole antennas," Microwave Optical Tech. Letters, vol. 28, no. 1, 2001, pp. 55-59.
- [5] N. Herscovici, "A wide-band single-layer patch antenna," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 46, no. 4, pp. 471-474, Apr. 1998.
- [6] K. S. Yee, "Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equation in anisotropic media," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 14, no. 3, pp. 302-307, May 1966.
- [7] Allen Taflove, Computational Electrodynamics, Artech House, 1995.
- [8] Allen Taflove, Advances In Computational Electrodynamics, Artech House, 1998.



신 호 섭

1995년 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학사)
 1998년 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학석사)
 2003년 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학박사)
 2002년~2004년 : 국제전자정밀 중앙연구소 연구원
 2004년~2005년 : 충북대학교 기초과학연구소 전임연구원
 2005년~2005년 : 충북테크노파크 전략산업기획단 선임연구원
 2005년~현재 : 군산대학교 전자정보공학부 조교수
 관심분야 : 전자파 수치해석, 안테나