
프랙탈 슬롯을 가진 주파수 선택적 평면(FSS)에 의한 마이크로스트립 패치 안테나의 특성 연구

심재륜*

A Study on the Characteristics of Microstrip Patch Antenna with Frequency Selective Surface with Fractal Slot

Jaeruen Shim*

이 논문은 2006년도 부산외국어대학교 학술연구조성비에 의해 연구되었음.

요약

기본적인 단층형 마이크로스트립 패치 안테나 위에 새로운 패치를 두고 그 패치에 코흐 곡선과 같은 프랙탈(fractal) 구조의 슬롯(slot)을 추가하였다. 이러한 구조는 주파수 선택적 평면(FSS, Frequency Selective Surface)의 영향으로 마이크로스트립 패치 안테나의 이득 향상과 더불어 광대역화 기법으로 활용될 수 있다. 향후, 다양한 프랙탈 모양의 슬롯에 의한 주파수 선택적 평면(FSS)의 구조를 변형하여 프랙탈 구조적 변화에 따른 마이크로스트립 안테나의 특성 변화에 대한 연구가 필요하다.

ABSTRACT

In this study, FSS(Frequency Selective Surface) with Koch Fractal Curve slot is positioned on the conventional single layer microstrip patch antenna. Numerical results of the proposed antenna bandwidth and the antenna gain are increased compared with those of the conventional single layer microstrip patch antenna. In the future, the fractal geometry of the slot in FSS(Frequency Selective Surface) as a supplementary microstrip patch is researched for the enhancement of the microstrip patch antenna characteristics.

키워드

마이크로스트립 안테나, 주파수 선택적 평면, FSS, 프랙탈 구조의 슬롯

I. 서론

다양한 무선통신 서비스의 요구에 따라 다양한 형태의 안테나 기술이 개발되고 있다. 특히 마이크로스트립 기관의 가볍고, 부피가 작은 특성을 살려 각종 이동통신 단말용 안테나로 사용되고 있다[1].

현재 마이크로스트립 안테나에 대한 주된 연구주제로는 안테나의 고이득, 광대역 특성을 위한 연구와 더불어 마이크로스트립 안테나의 소형화[2] 등에 대한 여러 연구가 진행되고 있다. 또한, 정삼각형 Sierpinski 프랙탈 구조의 배열을 이용한 고이득 안테나 개발[3] 등이 이루어졌다.

본 연구에서는 마이크로스트립 패치 안테나 위에 새로운 패치를 두어 이 패치 위에 프랙탈 구조를 가지는 슬롯에 의한 안테나 특성 변화에 대해 연구하였다. 이러한 연구는 주파수 선택적 평면(FSS, Frequency Selective Surface)에 대한 연구와 같다. 주파수 선택적 평면(FSS)은 2차원 표면에 주기적인 혹은 비주기적인 배열에 의해 주파수 선택적 특성을 얻을 수 있는 도체 표면으로 Dichronic이라고도 불린다. 주파수 선택적 평면(FSS)에 대한 연구는 1960년대 초부터 본격적인 연구가 시작되어 군사적인 연구 목적으로 그 know-how가 축적되었다 [4],[5],[6].

본 연구에서 다루는 중심주파수는 ISM (industrial, scientific, medical) 대역인 2.4GHz로 삼았으며, 2.4 GHz 무선통신 서비스로는 무선 랜(wireless LAN), 블루투스 (Bluetooth), 지능형 교통 시스템(ITS), 자동요금징수 시스템(ETCS) 등이다. 본 연구의 설계도구로는 CST MICROWAVE Studio 4.2를 이용하였다.

II. 제안하는 마이크로스트립 안테나의 구조

그림 1은 본 연구에서 대상으로 삼은 마이크로스트립 패치 안테나의 전체적인 구조이다. 중심주파수는 ISM 대역인 2.4GHz이고, 마이크로스트립 안테나의 기판은 RT Duroid 5880, 비유전율 2.2, 기판 두께 62mil (1.575mm)이다.

그림 1에서 기존의 단층형 마이크로스트립 패치 안테나의 한변의 길이는 42mm로 기본적인 설계 절차에 의해 2.4GHz에서 공진하도록 설계되었다. 시뮬레이션 결과, 기존의 단층형 마이크로스트립 안테나의 대역폭은 중심주파수 2.4GHz에서 45MHz를 얻었고, 중심주파수를 기준으로 1.8%의 대역폭비를 가진다. 또한 기존의 단층형 마이크로스트립 안테나의 이득은 최대 6.24dBi 정도이다[7].

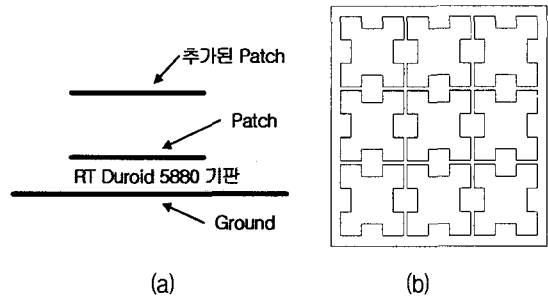


그림 1. 제안하는 마이크로스트립 안테나의 구조
(a) 기존의 안테나와 주파수 선택적 평면(FSS)
(b) 추가된 패치에 프랙탈 모양의 슬롯 구현

Fig. 1 The Geometry of Proposed Antenna
(a) The Geometry of Conventional Antenna and Frequency Selective Surface
(b) A Fractal-Pattern Slot in the Patch



그림 2. 사각형 코흐 곡선(Koch Curve)의 변형
Fig. 2 The Variation of Koch Curve with Square Patch

그림 2는 사각형 코흐 곡선(Koch Curve)의 변형을 보여준다[8]. 본 연구에서는 사각형 코흐 곡선(Koch Curve)의 변형 중 1차 변형인 그림 2의 (b) 모양을 기본 슬롯으로 설정하고, 그림 1의 (b)와 같이 기본 슬롯을 3x3으로 주기적으로 배열하였다.

III. 프랙탈 슬롯을 가진 주파수 선택적 평면(FSS)에 의한 안테나 시뮬레이션 결과

본 논문에서 제안하는 안테나 구조의 경우 사각형의 변형된 코흐 곡선의 크기에 따라 안테나의 전체적인 특성이 달라진다.

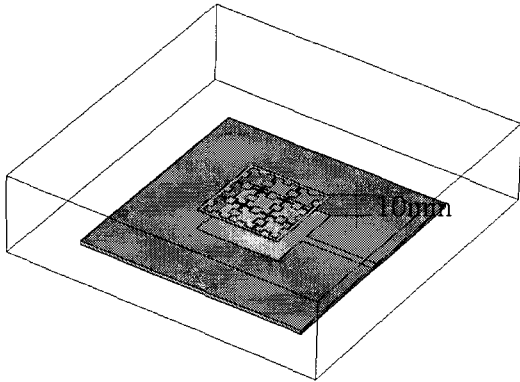


그림 3. 추가된 FSS의 구조 (높이 10mm)
Fig. 3 The Geometry of FSS (Height 10mm)

본 장에서 제시하는 연구 결과는 추가된 FSS 패치에 의한 안테나의 성능에 대한 결과로 제안하는 마이크로 스트립 패치 안테나의 설계 변수 및 안테나 구조의 최적화 절차 등에 대해서는 생략하기로 한다.

그림 3은 기본적인 단층형 마이크로스트립 패치 안테나 위에 추가된 주파수 선택적 평면(FSS)의 구조를 보여준다. 추가된 FSS 패치의 높이는 10mm로 설정하였다. 단층형 마이크로스트립 패치 안테나 위에 동일 크기의 추가된 FSS 패치를 놓고, 추가된 FSS 패치에는 사각형의 변형된 코호 곡선 모양의 슬롯을 3x3으로 주기적으로 배열하였다.

그림 4는 추가된 FSS에서의 표면 전류(surface current) 분포이다. 전류 위상이 0도 부터 180도까지 45도 간격으로 제시되었다. 추가된 FSS에 가장 많은 전류 분포를 보이는 부분은 역시 추가된 패치의 가운데 부분이다. 가운데 부분의 전류 집중으로 인해 2.4GHz에서의 단일 모드(mode) 전류가 형성됨을 알 수 있다. 그림 4는 코호 곡선의 기본 슬롯을 3x3으로 배열한 표면 전류 분포이다. 이를 확대하여 4x4 혹은 5x5로 배열하여도 큰 차이는 없다. 다만, 안테나의 임피던스 정합에 일부 조정이 필요한 정도이다.

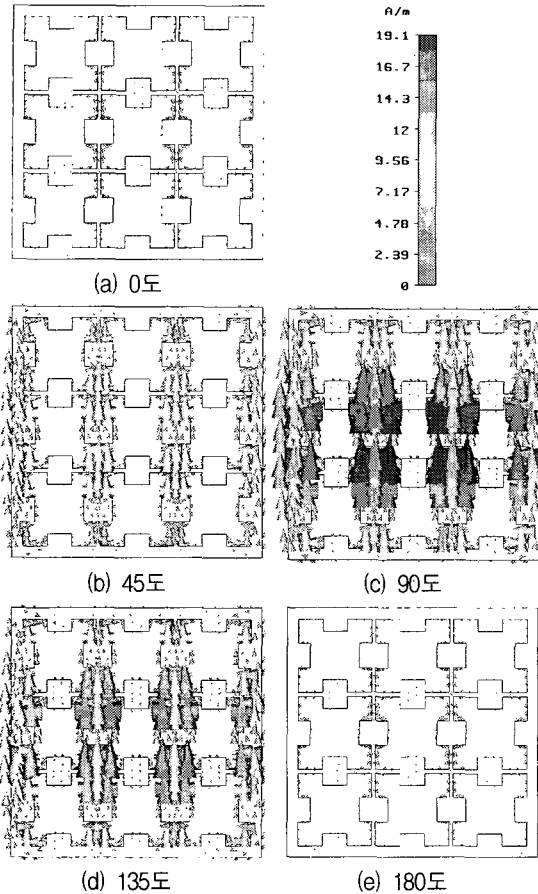


그림 4. 추가된 FSS를 고려한 안테나 표면 전류 (중심주파수 2.4GHz)
Fig. 4 The Surface Current on the Proposed Antenna (Center Freq = 2.4GHz)

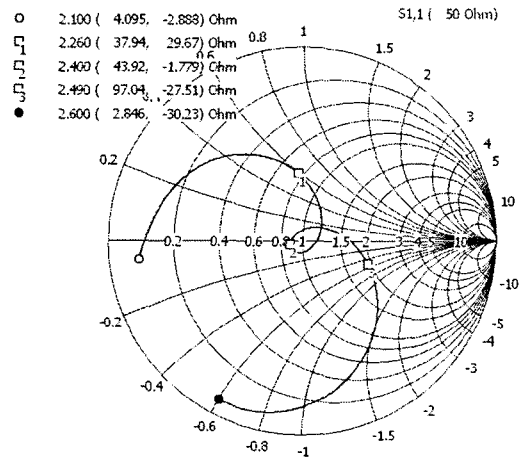


그림 5. 추가된 FSS에 의한 안테나의 입력 임피던스 궤적
Fig. 5 The Proposed Antenna Impedance Locus on Smith Chart

그림 5는 추가된 FSS 패치에 의한 안테나의 입력 임피던스 궤적을 보여준다. 정규화된 임피던스는 50Ω

이다. 그림 5에서 보듯이 중심주파수 2.4GHz에서 광대역의 공진현상이 나타남을 알 수 있다.

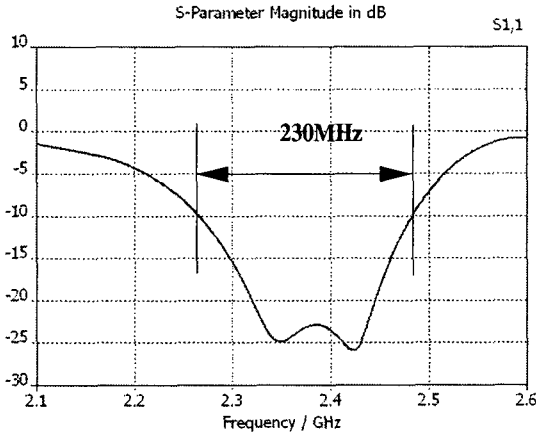


그림 6. 추가된 FSS를 고려한 안테나의 반사계수 (중심주파수 2.4GHz)
Fig. 6. The Proposed Antenna Reflection Coefficient (Center Freq = 2.4GHz)

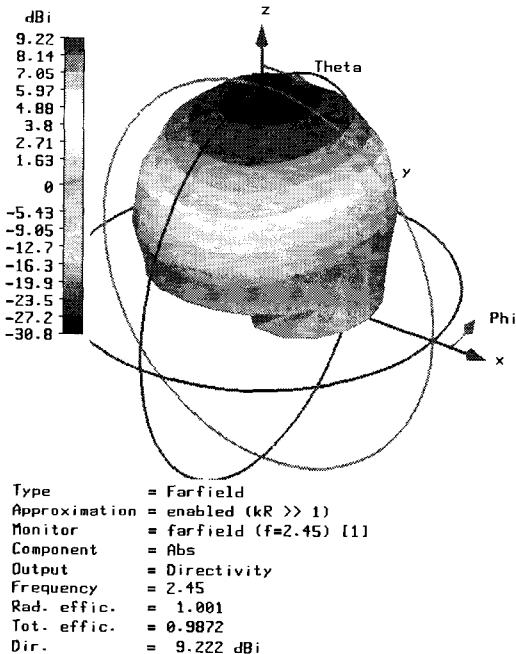


그림 7. 추가된 패치에 의한 안테나의 이득 향상 (이득 9.22dBi)
Fig. 7. The Gain Improvement of the Proposed Antenna (Antenna Gain = 9.22dBi)

그림 6은 추가된 패치를 고려한 안테나의 반사계수이다. 반사계수 -10dB를 기준으로 약 230MHz의 대역폭을 얻었다. 중심주파수 2.4GHz에서 기본적인 단층형 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭이 45MHz 정도로 약 1.8%의 대역폭비를 가지는 것에 비해[7] 본 논문에서 제안하는 프랙탈 슬롯을 가진 주파수 선택적 평면(FSS)에 의해 약 5배 정도 향상되어 2.4GHz의 중심주파수 기준으로 약 9.6%의 향상된 대역폭비를 얻을 수 있다.

그림 7은 추가된 패치에 의한 안테나 이득 향상을 보여준다. 단층형 안테나의 경우 안테나 이득이 최대 6.42dBi인 반면[7], 추가된 패치에 의해 최대 9.22dBi를 얻게 되어 2.8dB 정도의 이득 향상을 가져온다

IV. 결론

단층형 마이크로스트립 안테나의 특성 향상을 위해 추가적으로 마이크로스트립 패치를 안테나 표면 위에 일정거리 유지시켰다. 또한, 추가된 주파수 선택적 평면(FSS)에는 사각형의 코호 곡선에 의한 프랙탈 모양의 3x3 슬롯을 주기적으로 배열하였다. 시뮬레이션 결과, 추가된 FSS의 프랙탈 슬롯의 영향으로 기존의 일반적인 단층형 마이크로스트립 안테나의 대역폭이 45MHz에서 230MHz로 약 5배 정도 향상되었으며, 안테나의 이득 또한 6.42dBi에서 9.22dBi로 +2.8dB 정도 높아졌다.

향후, 다양한 프랙탈 모양의 슬롯에 의한 주파수 선택적 평면(FSS)의 구조를 변형하여 프랙탈 구조적 변화에 따른 마이크로스트립 안테나의 특성 변화에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Edited by H. F. Lee and W. Chen, *Advances in microstrip and printed antennas*, John Wiley & Sons, Inc. 1997
- [2] 김완기, 우종명, “구조 변형에 의한 마이크로스트립 안테나의 소형화”, 한국전자과학회, 전자과학기술 제 16권 2호, pp. 22-31, 2005년, 4월
- [3] 심재륜, “Sierpinski 프랙탈 구조를 가지는 정삼각형 패치와 SSFIP에 의한 위성방송 수신용 마이크로스

트립 안테나의 개발," 한국해양정보통신학회 논문지, 7권 8호, pp. 1598-1603, 2003년 12월

- [4] T. K. Wu, Frequency Selective Surface and Grid Array, John Wiley & Sons Inc., 1995
- [5] R. Mittra, C. H. Chen, and T. Cwik, "Techniques for analyzing frequency selective surfaces - a review", Proc. IEEE, vol. 76, No. 12, pp. 1593-1615, Dec., 1988
- [6] 윤동기, 박양하, 김관호, 이영철, "이중편파와 FSS를 적용한 정류안테나의 변환효율 분석에 관한 연구", 한국전자파학회 논문지 제10권 5호, pp. 747-756, 1999년 9월
- [7] 심재륜, "추가된 마이크로스트립 패치의 빗살무늬 슬롯에 의한 영향 연구", 한국해양정보통신학회 논문지, 10권 1호, pp. 180-183, 2006년 1월
- [8] <http://www.afractal.com/fractalex.htm> 프랙탈 형상의 예

저자소개

심재륜(Jaeruen Shim)



- 1990년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학사)
- 1992년 포항공과대학교 전자전기공학과(공학석사)
- 1999년 포항공과대학교 전자전기공학과(공학박사)
- 1992년 7월 ~ 1995년 6월 육군사관학교 교수부 전자공학과 전임강사
- 2003년 ~ 2005년 1월 전자부품연구원(KETI) 나노융합본부 초빙(위촉)연구원
- 2003년 9월 ~ 현재 한국RFID/USN협회 하드웨어분과 특별회원
- 2000년 3월 ~ 현재 부산외국어대학교 IT대학 디지털정보공학부 부교수
- ※관심분야: 무선통신, 안테나 설계, IT인력양성, 벤처 비즈니스 등