

# 슬릿이 부설된 소형 원편파 개구결합 마이크로 스트립 안테나

°김 영두, 김 호용, 이 홍민\*\*  
경기대학교 전자공학과  
경기도 수원시 팔달구 이의동 산 94-6 (우) 442-760  
전화 : (031) 246-8746 / 팩스 : (031) 249-9796  
E-mail: kiminam@kyonggi.ac.kr

## Aperture-Coupled Microstrip Antenna with Four Slits and T-Slits for Compact Circular Polarization Operation

°Young-Do Kim, Ho-yong Kim, Hong-Min Lee\*\*  
Department of Electronic Engineering, Kyonggi University  
San 94-6, Yiui-Dong, Paldal-Gu, Suwon-Si, Kyonggi-do, Korea  
E-mail: kiminam@kyonggi.ac.kr

### Abstract

A novel compact circular polarization operation of the microstrip antenna with four-slits and T-slits is proposed. The mechanism for compact size antenna is investigated with the behavior of the currents on the radiating patch. The equivalent surface current path due to the slits is lengthened, reducing the resonant frequency at a fixed patch size. The proposed compact CP design can have an antenna size reduction of about 33~45% as compared to the conventional microstrip antenna. Details of the experimental and measured results are presented and analysed.

### I. 서론

최근 무선 통신의 자유로운 이동성 보장과 신뢰성 및 보안성 향상으로 무선 정보 통신 기기들에 대한 소형화, 저전력화 및 다기능화가 요구되고 있으며, 안테나 측면에서는 소형화 되고 다중대역(Multi-band)에서 동작될 수 있는 저가, 경량의 안테나가 필요해지고 있는 추세이다. 특히, 마이크로 스트립 안테나는 소형, 경량, 저자세(Low-profile)의 장점으로 인해 경쟁력 있는 안테나로 주목을 받아왔고, 지금까지의 많은 연구는 마이크로 스트립 안테나의 협대역 특성 개선과 보다 소형화된 안테나 구현에 집중되었다. 그러나, 최근에 무선 컴퓨팅, 무선 멀티미디어 링크, 위성 이동 전화, 무선 인터넷, GPS(Global Position System) 기능을 활용한 네비게이션 시스템, Bluetooth 등 새로운 어플

리케이션의 등장으로 새로운 수익을 창출할 수 있는 파생 정보 상품이 속속 등장하고 있으며, 이러한 시스템을 개인 이동 통신과 연동하여 운영될 수 있도록 많은 연구가 진행되고 있다.

이동 무선 단말기에 적용되는 공진형 안테나의 소형화는 크게 안테나를 구현하는 재료적인 측면[1]과 안테나 외부에 집중 정수소자를 부설/loading)하는 외부적인 방법[2], 소형화를 위해 방사 소자를 최적의 효과적인 구조로 설계하는 구조적인 방법을 들 수 있다 [3][4]. 재료적인 측면과 집중 정수소자를 이용한 소형화 방법은 기본적으로 안테나의 전기적인 특성인 임피던스 대역폭을 제한하고 표면파(Surface wave)와 교차편파(Cross-Pol.) 레벨을 증가시켜 안테나 효율을 저하

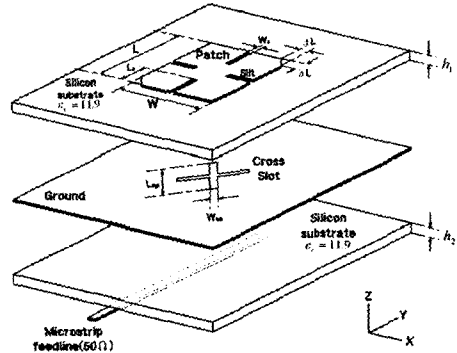
시키는 단점을 나타낸다. 따라서 최근에는 공진형 안테나의 실효 전류 길이(effective current length)를 증가시키기 위해서 방사 패치에 슬릿(slits)을 부설하거나 3차원으로 확장된 구조로 안테나의 소형화를 이루는 방법이 많은 각광을 받고 있다. 특히 FIFA(Planar Inverted F-Antenna)와 같이 급전 방향의 리액턴스를 최소화한 공진 구조와 슬릿 부설에 의한 변형구조의 접목으로 보다 소형화된 칩 안테나 구조가 다양하게 소개되었다. 따라서 본 논문에서는 Front-End 모듈의 SOC(System On Chip)화를 고려하여, 기존 방사 패치에 전기적인 전류 흐름의 경로(Current path)를 증가시키기 위해 슬릿(Slits)을 부설하여 소형화 특성을 개선한 패치 안테나를 제안 하였다.

## II. 안테나 설계 및 분석

마이크로 스트립 패치 안테나의 소형화를 위해 방사 패치에 적절한 슬릿(Slits)을 부설하여 안테나의 소형화를 이루는 방법은 기존의 안테나 소형화 방법에 비해 다양한 장점을 지닌다. 첫째로 방사 패치에 슬릿을 부설할 경우 안테나의 Q-factor가 감소하여 마이크로 스트립 안테나의 협대역 특성을 개선한다. 둘째로 제한된 방사 패치의 면적에 적절한 슬릿 부설은 다양한 전류 경로를 확보 할 수 있어 다중 대역에서 동작하는 안테나를 쉽게 설계 할 수 있는 융통성을 제공한다. 셋째로 기존의 방사 패치에 슬릿을 부설함으로써 다른 안테나의 전기적인 성능을 저해하지 않고 안테나 제작 오차에 의한 특성 변화가 심하지 않다는 장점을 지닌다. 기존의 소형화된 안테나를 구현하는 방법에서 전류의 실효 길이를 증가시키기 위해 방사 소자에 U 또는 E 형태의 슬릿을 부설하거나, 미앤더 라인 형태의 방사 패치는 축비 구현의 문제점과 방사 패턴의 비대칭성으로 인해 안테나 성능을 제한하는 단점들을 나타내었다. 따라서, 이러한 단점들을 개선하고 소형화된 안테나를 구현하기 위해 본 논문에서 제시한 안테나 구조를 그림 1에 나타내었다.

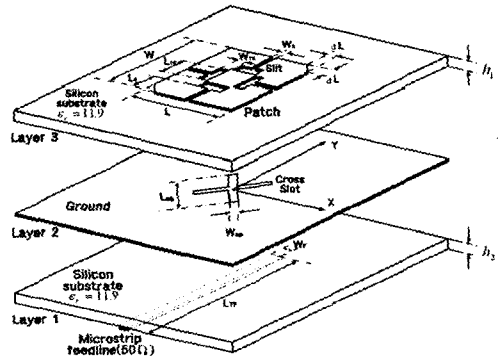
공동 접지면을 사이로 두께( $h_1 = h_2$ )가 0.65mm이고, 비유전율( $\epsilon_r$ )이 11.9인 실리콘(Si) 기판이 위치해 있고, 각각의 기판에 급전 마이크로 스트립 라인(50 $\Omega$ )과 방사 패치가 위치해 있다. 또한 일반적인 단일 급전의 원편파 특성을 구현하기 위해 Corner truncated 방사 패치가 급전 네트워크와 커플링 효과를 극대화시키기 위해 십자형(Crossed aperture) 개구면의 중심에 위치해 있다. 여기서 결합 구조는 급전 네트워크와 방사 소자의 격리도(isolation) 특성이 우수하며 상대적으로 광대역 특성을 갖는 크로스 개구결합 구조로 최적화 되었고,

방사 패치 각 변의 중심에 슬릿의 설계 변수가 동일한 4개의 슬릿과 T-슬릿이 각각 대칭적으로 부설되었다.



$$W \times L = 17.2 \times 17.2, \quad W_s \times L_s = 0.6 \times 7.7, \\ F_{OS} = 4.2, \quad W_{ap} \times L_{ap} = 0.6 \times 10.2, \\ F_W = 0.5, \quad \Delta L = 1.6$$

(a) 4개의 대칭 슬릿이 부설된 구조(Unit: mm).



$$W \times L = 14.4 \times 14.4, \quad W_s \times L_s = 0.5 \times 4, \\ F_W = 0.5, \quad F_{OS} = 3.7, \quad \Delta L = 0.9, \\ W_{TS} \times L_{TS} = 1.2 \times 3.8, \quad W_{ap} \times L_{ap} = 0.6 \times 8.2$$

(b) T-슬릿이 부설된 구조(Unit: mm).

그림 1. 방사 패치에 슬릿이 부설된 안테나 구조.

방사 소자에 부설된 슬릿은 원편파를 형성하기 위한 표면 전류의 회전 흐름을 슬릿 주위로 집중시켜 등가적인 실효 전류 길이를 증가시키게 된다. 안테나 소형화 측면에서 슬릿 부설에 따른 영향을 비교하기 위해서 동일한 방사 패치 크기에 4개의 슬릿과 T-슬릿의 유무에 따른 공진 주파수 변화를 그림 2에 나타내었다. 대칭적인 4개의 슬릿이 존재하지 않을 경우 2.185GHz의 공진 주파수는 슬릿 부설에 의해서 1.575GHz 까지 약 610MHz 정도 감소하였고, T-슬릿이 존재하지 않을 경우 2.545GHz의 공진 주파수가 슬릿 부설에 의해서 1.575GHz로 약 970MHz까지 감소함을 볼 수 있다. 기판(Substrate)의 전기적 특성이 동일한 경우 1.575GHz 공진 주파수를 특성을 갖는 안테나

나의 종횡비( $L \times W$ )는 약 26mm로 본 논문에서 제시한 모델에서는 17.2mm와 14.4mm로 각각 33.8%와 44.65%의 방사 패치 감소 효과를 나타내었다.

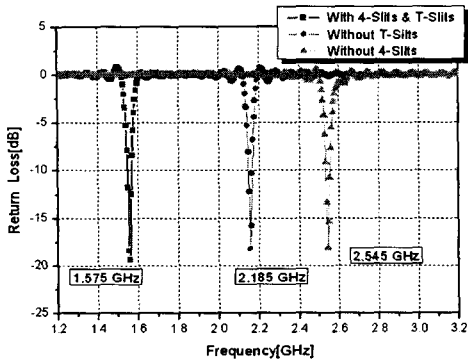


그림 2. 슬릿 부설에 따른 공진 주파수 변화.

그림 3에서는 안테나 소형화를 위해 부설된 슬릿이 기본 원편파 동작 모드에 미치는 영향을 알아보기 위해 4개의 슬릿이 부설된 경우 위상 이동( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ )에 따른 법선 방향의 전기장(Peak)의 Contour Plot을 나타내었다.

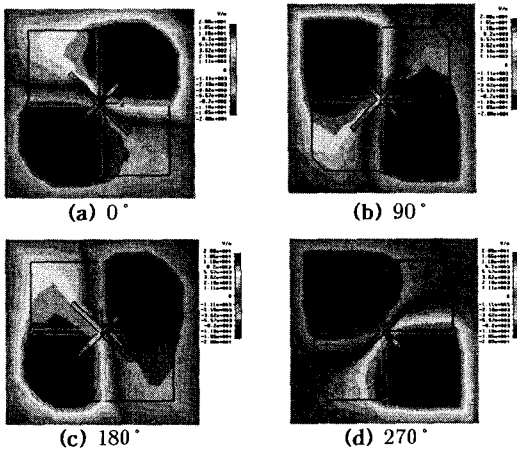


그림 3. 법선 전기장(peak)의 Contour Plot.

그림에서 나타난 바와 같이 대각선상으로 존재하는 동작 모드가 위상 이동과 함께 반시계 방향으로 이동함을 볼 수 있다. 즉, 원편파(RHCP)를 형성하기 위한 전기장의 회전 방향은, 안테나를 소형화하기 위해 부설된 4개의 슬릿에 의해 크게 교란되거나, 다른 안테나 성능을 저해하지 않고 모서리가 잘린(Corner truncated) 패치 안테나의 기본 모드와 유사하게 동작됨을 볼 수 있다.

슬릿의 형상에 따른 표면 전류 분포와 공진 주파수와의 관계를 분석하기 위해 T-슬릿이 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우, 위상 이동에 따른 방사 패치의 표면 전류 분포의 벡터 플롯을 그림 4에 나타내었다. 방사 패치 중심에 위치하는 크로스 개구면에 의해 자계 에너지 밀도(Magnetic energy density)는 개구면이 위치한 패치 안테나 중심에 집중되고, 대칭적인 T-슬릿이 존재할 때 방사 패치의 표면 전류 분포는 슬릿 주변으로 회전하게 된다. 회전된 표면 전류 분포는 안테나의 전기적인 전류의 경로(current path)를 증가시키고, 물리적으로 증가된 전류의 경로는 등가적으로 인덕턴스 성분( $\Delta L$ )을 유지시킨다. 증가된 인덕턴스 성분에 의해서 공진형 안테나인 마이크로스트립 패치 안테나의 공진 주파수는 슬릿의 길이( $L_s$ )가 증가 할수록 낮아지게 된다.

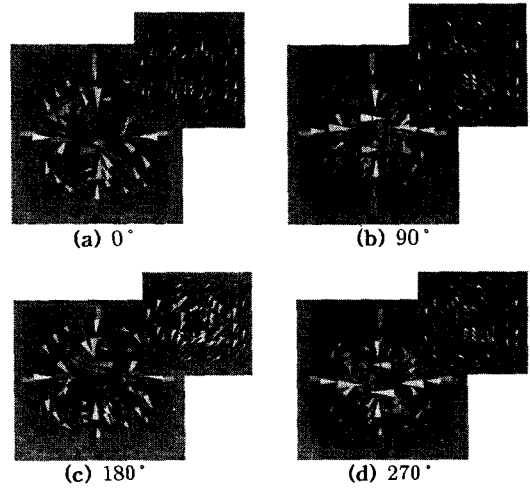
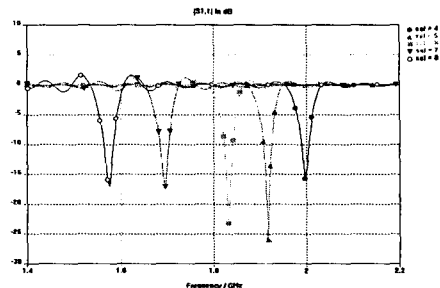
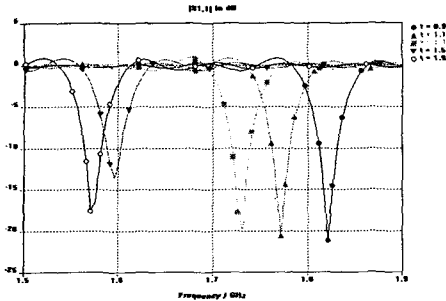


그림 4. 방사 패치 표면 전류 분포

슬릿의 길이와 폭의 설계 요소 변화에 의한 공진 주파수 변화를 알아보기 위해 개별 방사 구조에서 슬릿을 구성하는 길이를 변화 시켰을 때 공진 주파수 변화를 그림 5에 나타내었다.



(b) 4슬릿의 길이( $L_s$ )에 의한 변화( $W_s = 0.5mm$ )



(a) T-slits의 길이( $L_{TS}$ )에 의한 변화( $W_{TS} = 1.2\text{ mm}$ )

그림 5. 슬릿 길이 변화에 따른 공진 주파수 변화

부설된 슬릿의 길이와 폭을 증가 시킬수록 공진 주파수는 감소함을 알 수 있고, 이러한 공진 주파수 감소의 정도는 슬릿의 길이에 더욱더 큰 영향을 받음을 알 수 있다. 따라서 슬릿의 길이 증가는 부가적인 직렬 인덕턴스 성분을 유도하여 공진 주파수를 감소시키므로 방사 패턴을 소형화하는 가장 중요한 설계 변수임을 확인할 수 있었다.

본 논문에서 제안된 안테나의 임피던스 대역폭은  $VSWR \leq 2$  기준으로 각각 23MHz와 26MHz의 대역폭을 얻을 수 있었으며, 축비와 방사 패턴 특성을 그림 6 과 7 에 각각 나타내었다.

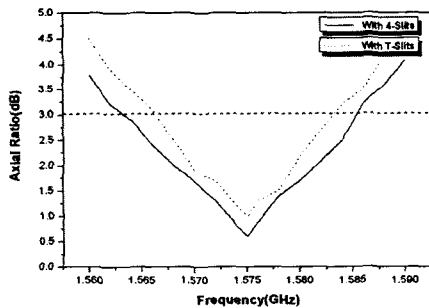


그림 6. 안테나의 축비 특성

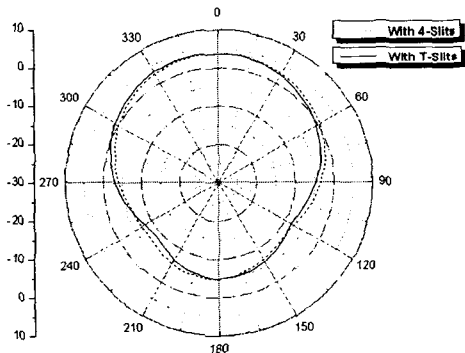


그림 7. 방사 패턴( $f_0 = 1.575\text{ GHz}$ ,  $\phi = 90^\circ$ )

일반적으로 슬릿의 길이가 증가할수록 축비 대역폭 특성이 감소하는 경향을 나타내었지만 슬릿의 길이가 최적화되었을 때 3dB 축비 대역폭은 19MHz와 17MHz로 양호한 특성을 얻을 수 있었다. 그림 6 에서는 본 논문에서 설계한 안테나의 RHCP 방사 패턴을 공진 주파수에서  $\phi = 90^\circ$  일 때 나타내었다. 대칭적인 패턴 유지와 공진 주파수에서 3.6dBi와 2.8dBi의 양호한 축비 특성을 확인 하였다.

### Acknowledgements

This work was supported by grant No.(R05-2002-000-00883-0) from the Basic Research Program of the Korea Science & Engineering Foundation.

### III. 결론

본 논문에서는 십자형 개구결합을 갖는 급전구조의 패치 안테나를 소형화하기 위해서 방사 패치에 4개의 슬릿과 T-슬릿을 각각 부설하였다. 방사 패치의 표면 전류 분포로부터 부설된 슬릿 주위에 전류 흐름이 집중되는 현상이 전류의 실효 길이를 증가시켜 공진 주파수를 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 제안된 안테나의 전기적 특성은 향후 육상 및 해상 이동통신 환경에서 소형 GPS용 안테나로 응용될 수 있을 것으로 판단된다.

### Reference

- [1] T. K. Lo, C. O. Ho, Y. Hwang, E. K. W. Lam, and B. Lee, "Miniature aperture-coupled microstrip antenna of very high permittivity," *Electron. Lett.*, vol. 33, pp. 9-10, Jan. 1997.
- [2] K. L. Wong, C. L. Tang, and H. T. Chen., "A compact meandered circular microstrip antenna with a shorting pin," *Microwave Opt. Technol. Lett.* 15, 147-149, June 20. 1997.
- [3] F. R. Hsiao and K. L. Wong, "Compact planar inverted-F patch antenna for triple-frequency operation" *Microwave Opt. Technol. Lett.*, vol. 33, pp. 459-462, June 20. 2002.
- [4] C.T.P. Song, P. S. Hall, H. Ghafouri-Shiraz, and D. Wake, "Triple band planar inverted F antenna for handheld devices" *Electron Lett.*, vol. 36, pp. 112-114, Jan. 20, 2000.