

# 소형 마이크로스트립 패치 안테나

## A Small Microstrip Patch Antenna

장 순 범 · 박 동 국

Soon-Bhum Jang · Dong-Kook Park

### 요 약

본 논문에서는 누설 전계(fringing field)가 일어나는 패치 종단 부분은 그대로 두고 전송선로로 등가해석할 수 있는 패치 중앙 부분의 전기적인 경로를 변화시켜 안테나를 소형화하였다. 시뮬레이션 툴은 Ensemble을 사용하였으며 제안된 안테나를 일반적인 마이크로스트립 안테나와 소형화 정도, 이득, 대역폭, 복사패턴 등을 비교하였다. 결과적으로 제안된 안테나는 일반적인 정사각형 마이크로스트립 안테나에 비하여 대역폭이 감소되는 단점이 있는 반면 안테나의 면적이 44 % 가량 감소되었으며, X-pol 특성이 40 dB 가량 개선되는 결과를 나타내었다.

### Abstract

In this paper, rectangular patch antenna is miniaturized by changing the middle of patch into narrow microstrip line except the edges of the patch where the fringing field occurs. Miniaturized rate, gain, bandwidth, radiation pattern of suggested antennas were compared with general square and rectangular microstrip antennas by using simulator Ensemble. As a result, it reduces the dimension of antenna by 44 % and improves the characteristic of x-pol by 40 dB as an advantage when compare with square microstrip antenna while it reduces bandwidth.

Key words : Small Antenna, Microstrip Patch Antenna

### I. 서 론

현재 이동통신서비스의 시작과 더불어 소비자의 욕구를 충족시킬 수 있는 소형, 경량의 제품들이 각광을 받게 되었고 시스템의 일부인 안테나도 이에 발맞추어 소형화 되어가고 있다. 최근 이런 추세에 힘입어 다양한 소형화 안테나가 발표되고 있으며 기존의 소형화 방법으로는 고유전체를 사용하는 방법<sup>[1]</sup>, PBG 구조를 이용하는 방법<sup>[2]</sup>, 프랙탈 이론을 사용하는 방법<sup>[3]</sup>, 그라운드 모양을 변형하는 방법<sup>[4]</sup>, 단락 핀을 이용하는 방법<sup>[5]</sup>, 그리고 패치에 슬롯을 삽입하는 방법<sup>[6]</sup> 등이 소개되었다.

마이크로스트립 복사 패치의 공진 주파수는 패치

의 길이에 따라 변하고 일반적으로  $\lambda/2$ 이다. 복사는 복사 패치와 그라운드 사이의 개방 단에서 누설 전계(fringing field)로부터 일어난다. 그리고 전송선 모델에 의하면 공진 주파수에 대해서 패치는 전송선로로, 누설 전계는 슬롯으로 등가해석 할 수 있다.

본 논문에서는 전송선 모델 이론을 바탕으로 하여 복사가 일어나는 패치의 양단 부분을 제외한 전송선로 등가부분 중 일부를 몇 가지 형태의 전송선로로 대체하여 마이크로스트립 패치 안테나의 전기적인 길이가 길어지도록 한 소형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계 제작하였다. 급전은 매칭의 편리성을 위해 50  $\Omega$  마이크로스트립 선로와 패치 사이 전자기적 결합에 의해 급전되는 방법을 사용하

한국해양대학교 전자통신공학과(Dept. of Electric and Communication Engineering, Korea Maritime University)

· 논문 번호 : 20021119-158

· 수정완료일자 : 2003년 2월 14일

였으며 시뮬레이션 설계 툴(tool)은 MoM(Moment of Method) 해석방법인 Ensemble를 사용하였다.

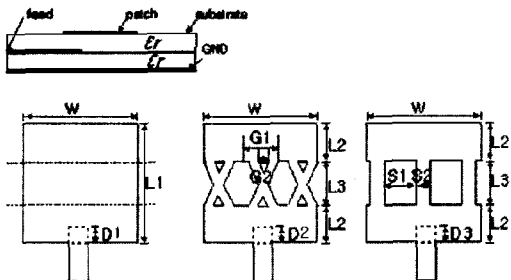
본 논문의 II장에서는 제안된 안테나의 구조 및 특성을 설명하였고, III장에서는 제안된 안테나를 일반적인 마이크로스트립 안테나와 소형화 정도, 이득, 대역폭, 복사패턴 등을 비교하였다. 그리고 IV장은 결론을 기술하였다.

## II. 설계 및 시뮬레이션

그림 1에 일반적인 정사각형 패치 안테나와 제안된 안테나의 구조를 나타내었다. 그림 1(a)의 일반적인 정사각형 패치 안테나의 중앙 점선 부분을 X 모양의 마이크로스트립 선로로 대체한 안테나를 X 패치, I 모양의 마이크로스트립 선로로 대체한 안테나를 I 패치로 명명하였다. 일반적인 정사각형 패치 안테나를 제안된 X 혹은 I 형태의 안테나로 변형함으로써 패치 안테나의 전송선로 길이가 전기적으로 길어지는 효과를 얻어 안테나를 소형화 할 수 있다. 급전 방법은 임피던스 매칭의 편리성을 위해 전자기적 결합 방법을 사용하였으며 각 안테나는 급전 깊이 D에 의해 매칭이 이루어지게 된다.

표 1에 각 안테나 파라미터의 치수를 나타내었다. 각 안테나의 전체적인 치수는 15 mm×15 mm로 고정하였으며 X 패치와 I 패치는 공진 방향(L1)을 삼등분하여 가운데 부분 모양을 변형한 구조이다. 기판은 비유전율  $\epsilon_r = 3.38$ , 두께  $t = 0.81$  mm이다.

그림 2는 급전 깊이(D)에 따른 각 안테나의 반사



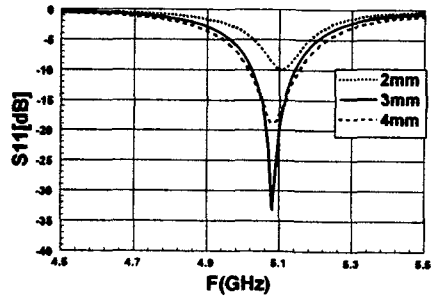
(a) 정사각형 패치 (a) Square patch (b) X 패치 (b) X patch (c) I 패치 (c) I patch

그림 1. 제안된 안테나의 구조 및 설계 파라미터  
Fig. 1. Structure and design parameters of the proposed antennas.

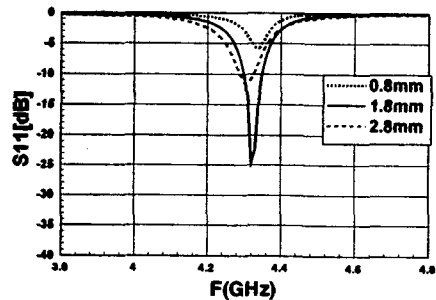
표 1. 안테나의 치수

Table 1. Size of antennas.

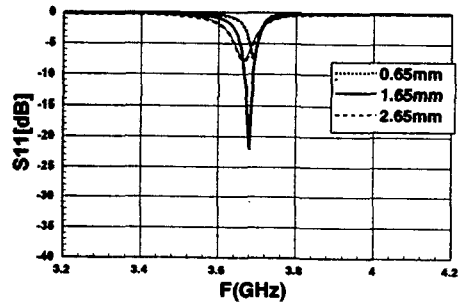
	일반패치(mm)	X 패치(mm)	I 패치(mm)
폭	W=15	W=15	W=15
길이	L1=15	L2=5 L3=5	L2=5 L3=5
전송선부		G1=0.5 G2=2.5	S1=6.1 S2=0.6
급전깊이	D1=3	D2=1.8	D3=1.65



(a) 일반 패치  
(a) Square patch



(b) X 패치  
(b) X patch



(c) I 패치  
(c) I patch

그림 2. 급전 깊이(D)에 따른 반사손실  
Fig. 2. Simulated return loss versus D.

손실을 나타내었다. 표 1에 나타낸 급전 깊이에서 각각 상·하 방향으로 1 mm 씩 변화를 주었다. 그

림 3에서 알 수 있듯 급전 깊이(D)는 공진 주파수에는 영향을 주지 않으며 급전선과 패치 사이 임피던

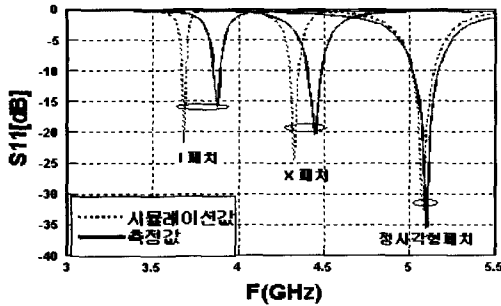


그림 3. 안테나의 삽입손실  
Fig. 3. Return loss of antennas.

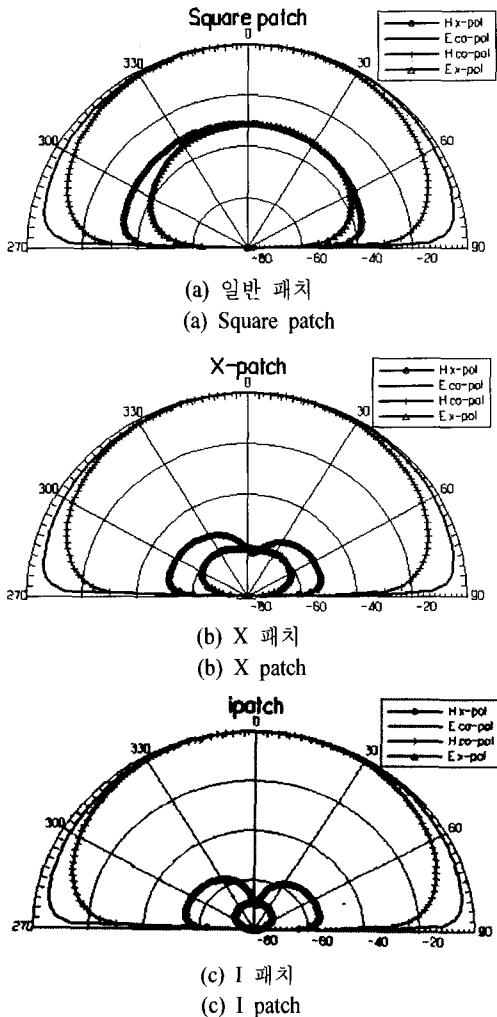


그림 4. 시뮬레이션된 안테나의 복사 패턴  
Fig. 4. Simulated radiation patterns of antennas.

스 매칭에만 관련된 변수임을 알 수 있다.

그림 3에 각 안테나의 공진 주파수를 나타내었다. 모든 안테나는 동일 크기임에도 X 패치와 I 패치는 일반 패치보다 공진 주파수가 낮게 나타났다. 이것으로 제안된 안테나는 일반적인 정사각형 패치 안테나에 비하여 소형화 된 것임을 알 수 있다. X 패치와 I 패치의 경우 시뮬레이션과 측정 사이 오차 원인은 에칭 작업과정에서 금속 패턴의 부식정도에 기인된 것으로 사료된다.

그림 4에 시뮬레이션 된 각 안테나의 복사 패턴을 나타내었다. X 패치와 I 패치는 전송선 등가부분의 모양을 변형했음에도 불구하고 정사각형 패치와 동일한 복사 패턴을 나타내었으며 정사각형 패치에 비하여 X-pol 특성이 각각 30 dB, 38 dB 개선되었다. 정사각형 패치의 경우 X-pol 특성이 높게 나타난 이유는 패치의 모양이 직사각형 형태가 아닌 정사각형 형태를 하고 있기 때문이다.

### III. 비교 및 분석

표 2에 각 안테나의 특성을 비교하여 나타내었다. X 패치 및 I 패치는 일반 패치에 비하여 이득에는 거의 변화가 없으며 대역폭이 감소하였다. 그러나 X-pol이 현저하게 개선되었으며 공진 주파수가 4.45 GHz, 3.875 GHz로 정사각형 패치 안테나의 공진 주파수 5.1 GHz 대비 13 %, 24 % 소형화되었다. 제안된 X 패치와 I 패치는 패치 면에 흐르는 전류의 경로를 좁은 마이크로스트립 선로로 제한함으로 X-pol 이 생성될 수 있는 물리적인 경로를 제공하지 않아 정사각형 패치에 비하여 X-pol 특성이 개선되었다고 할 수 있다.

지금까지 앞에서 동일한 크기의 안테나를 제작하

표 2. 안테나의 특성비교  
Table 2. Comparison of antenna characteristics.

	일반 패치	X 패치	I 패치
공진 주파수 (GHz)	5.1	4.45	3.875
이득(dBi)	5.97	6.15	6.25
대역폭(%)	2.33	1.16	0.6
X-pol	-25	-55	-63
소형화 정도		0.87(13 %)	0.76(24 %)

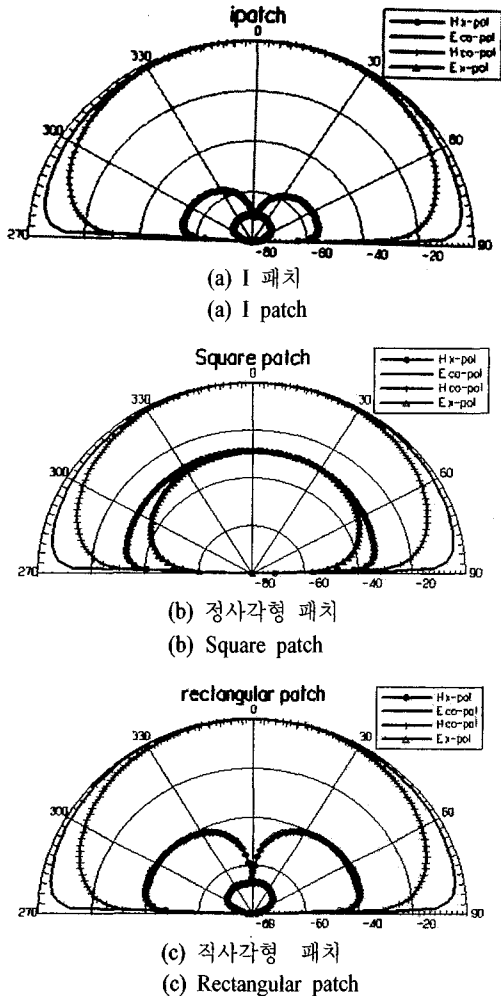


그림 5. 3.88 GHz에서 공진하는 안테나의 시뮬레이션 된 복사 패턴

Fig. 5. Simulated radiation patterns of antennas at 3.88 GHz.

여 공진 주파수를 비교함으로써 소형화 정도 및 여러 가지 특성을 살펴보았다. 그림 5에 동일한 주파수 (3.875 GHz)에서 공진하는 I 패치, 정사각형 패치, 직사각형 패치의 시뮬레이션 된 복사 패턴을 나타

표 3. 3.88 GHz에서 공진하는 안테나 특성비교

Table 3. Comparison of antenna characteristics at 3.88 GHz.

	공진 주파수 (GHz)	이득(dBi)	대역폭 (%)	X-pol (dB)	길이 (mm)	면적 (mm <sup>2</sup> )	I 패치 소형화
I 패치	3.875	6.25	0.6	-62.8	15	225	<del>                    </del>
정사각형 일반패치	3.88	6.08	1.78	-22.4	20	400	56 % (44 % 소형화)
직사각형 일반패치	3.85	6.2	2.2	-61	20	580	39 % (61 % 소형화)

내었다. 정사각형 패치는 I 패치와 비교해 볼 때 co-pol 특성은 동일한 반면 X-pol 특성에 있어 확연히 차이가 나는 것을 확인할 수 있으며 I 패치와 동일한 X-pol 특성을 갖는 직사각형 패치의 경우 안테나의 특성은 거의 동일하나 면적이 많이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

표 3에 3.88 GHz에서 공진하는 안테나의 특성비교를 나타내었다. I 패치는 정사각형 패치나 직사각형 패치에 비하여 대역폭에 있어 감소되는 경향을 가지고 있지만 정사각형 패치에 비하여 X-pol 특성이 40 dB 가량 개선되었고 면적으로 볼 때 정사각형 패치 면적의 56 %만 차지하여 44 % 소형화되었으며, 직사각형 패치 면적의 39 %만 차지하여 61 % 소형화되었다 할 수 있다. 그림 6에 제작된 안테나의 사진을 나타내었다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 소형화 방법과 다른 새로운 소형화 방법을 제시하였으며 시뮬레이션 및 제작하였다. 제안된 I 패치는 일반적인 정사각형 패치에 비하여 대역폭은 감소되는 반면 공간적으로 차지하는 면적이 44 % 감소하였으며 X-pol 특성이 40 dB 개선되어 소형화 안테나로서의 이용 가능성을 확인하였다. 그리고 제안된 I 패치로 배열안테나 구성 시 직사각형 패치에 비하여 제한된 공간 내 소자사이 넓은 공간을 확보함으로써 소자 사이 상호결합 정도를 줄임은 물론 더 많은 소자를 배열하여 안테나의 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 예상된다.

#### 참 고 문 헌

[1] D. H. Schaubert, D. M. Pozar and A. Adrian, "Effect of microstrip antenna substrate thickness

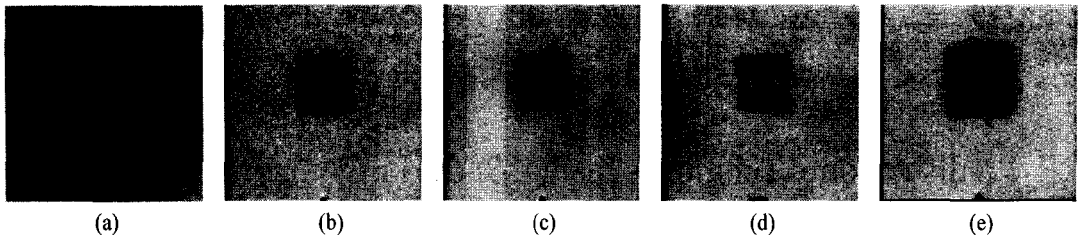


그림 6. 제작된 안테나의 사진

(a) 급전부, (b) 5.1 GHz에서 공진하는 정사각형 패치, (c) 4.45 GHz에서 공진하는 X 패치, (d) 3.88 GHz에서 공진하는 I 패치, (e) 3.88 GHz에서 공진하는 정사각형 패치

Fig. 6. Fabricated antennas.

(a) Feed part, (b) Square patch Resonated at 5.1 GHz, (c) X patch resonated at 4.45 GHz, (d) I patch resonated at 3.88 GHz, (e) Square patch resonated at 3.88 GHz

and permittivity", *IEEE Trans. Antenna and Propagat.*, vol. 37, no. 6, pp. 677-682, June 1989.

[2] <http://mayaweb.upr.clu.edu/~iap/conf2001/>

[3] J. P. Gianvittorio, T. Rahmat-Sammi, "Fractal Antenna", *IEEE Antenna and Propagation Magazine*, vol. 44, no. 1, pp. 20-36, Feb. 2002.

[4] 高永赫, 長谷部望, "容量裝荷小型マイクロスト

リシフ° アソテ", 日本大學理工學部 學術講論文集, no. 1, pp.193-194, 1994.

[5] R. Waterhouse, "Small microstrip patch antenna", *Electron. lett.*, vol. 31, pp. 604-605, 1995.

[6] K. L. Wong, J. Y. Wu, "Single-feed small circularly polarized square microstrip antenna", *Electron. lett.*, vol. 33, pp. 1833-1834, Oct. 1977.

### 장 순 범



2003년 2월: 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학사)

2002년 11월~현재: (주)블루솔텍 연구원

[주 관심분야] 안테나, 통신 시스템

### 박 동 국



1987년 2월: 부산대학교 전자공학과 (공학사)

1989년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)

1994년 8월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)

1994년 8월~1996년 3월: LG전자

선임연구원

1996년 4월~현재: 한국해양대학교 부교수

2000년 1월~2001년 1월: 미국 UCLA 전기공학과 방문교수

[주 관심분야] 안테나, 이동통신 부품