

# 구형 마이크로스트립 패치 어레이 안테나 설계

\*박성일, \*박수봉, \*김재이, \*고영혁

\*동신대학교 정보통신공학과

## Design of a Rectangular Microstrip Patch Array Antenna

Sung-il Park, Soo-Bong Park, Jae-Yee Kim, Young-Hyuk Ko

Dept. of Information & Communication Eng. Dongshin Univ.

E-mail : yhko@white.dongshinu.ac.kr

### < 요약 >

본 문에서는 Tschebyscheff 다항식 이론을 이용하여 상대적 전류 분포비가 1:2:2:1이 되도록 마이크로스트립 패치 어레이 안테나(MPAA) 설계 제작하였다. 지향성을 갖는 제안된 안테나는 작고 가벼우며 얇다. 또한 빔폭이 14° 인 어레이 안테나이고, 중심 주파수는 10.2553GHz이다. MPAA는 한 개의 마이크로스트립 패치 안테나(SMA:single microstrip antenna)특성과 비교 분석하였다. 그 결과 MPAA는 SMA보다 보다 좁은 복사 전력 빔폭과 큰 최대 복사 전력 이득을 획득했다. PIN 다이오드를 이용한 위상 변환기를 적용하면 전자적 빔스캐닝이 가능하고, 소형 레이더 시스템에 적합하다.

### I. 서 론

최근 인공위성을 이용한 통신방송, GPS 등 전파 이용 분야에 있어서 통신 시스템이 간단하고 편리함을 실현하기 위해서 소형화되고 있다. 그러나 안테나를 소형화하면 효율이 떨어지고 주파수 대역폭이 좁게 되는 것이 보통이기 때문에 안테나의 소형화 기술은 중요한 과제가 되고 있다. 이와 같은 소형화 제약 조건을 만족하면서 실용화할 수 있는 안테나가 바로 마이크로스트립 패치 안테나(Microstrip Patch Antenna)이다.

마이크로스트립 패치 안테나는 대역폭이 좁고, 효율은 낮으나, 일반적인 마이크로웨이브 안테나에 비하여 가격이 저렴하고 소형 경량이다. 또한 원통 주위에 설치할 수 있어 공기의 저항을 받는 고속으로 움직이는 물체인 로켓트, 미사일 및 항공기와 같은 비행체에 널리 활용된다.

본 논문에서는 Tschebyscheff 어레이 다항식 이론을 이용하여 미리 정해진 부엽에 대하여 주엽(side lobe)과 부엽의 차가 20dB이상 되도록 하고, 이득이 크고 침예한 빔을 갖도록 상대적 전류 분포 비가 1:2:2:1인 T-접합 선로를 사용한 마이크로스트립 어레이 안테나를 설계·제작하였으며 Lab Volt사에서 설계·제작한 한 개의 방사 패치를 가지고 있는 구형 마이크로스트립 안테나와 실험적으로 비교하여 관찰하였다.

또한 설계·제작된 T-접합 선로를 사용한 마이크로스트립 어레이 안테나는 상대적 전류 분포가 1:2:2:1이 되도록 상대적 전류 분포가 1인 부분에 복사 패치 1개를 정합시키고, 상대적 전류 분포가

2인 부분에 복사 패치 2개를 정합시켰다. T-접합 선로에 정합된 복사 패치의 상대적 전류 분포가

일직선상에서 1:2:2:1이 되도록 복사 패치 1개가 정합된 부분에 관내 파장  $\lambda_g$ 를 추가한 구조를 제안하였다.

### II. 손실을 갖는 구형 마이크로스트립 패치 안테나의 전송 선로

구형 마이크로스트립 패치 안테나의 설계는 효과적인 두 개의 개구면에 대하여 브로드사이드(broadside)배열이 되도록 하고  $\lambda/2$ 보다 약간 적은 패치의 공진길이 L을 선택한다.

실질적으로 공진 길이가 약간 감소하는 것은 양쪽 가장자리에 프링징 계(fringing field) 때문이고 복사되는 가장자리 사이의 실효 거리를 나타낸다.

공진에서 패치에 대한 입력 손실 콘덕턴스는 도체에 따른 손실 콘덕턴스  $G_r$ , 유전체에 따른 손실 콘덕턴스  $G_d$ , 그리고 복사 손실 콘덕턴스  $G_c$ 의 합으로 식 (1)과 같다.

$$G_i = G_r + G_d + G_c$$

$$G_i / G_o = \quad (1)$$

$$\frac{2\pi^3}{5} \left( \frac{W}{\epsilon_o} \right)^2 + \frac{\pi W}{2h} \sqrt{(\epsilon_{eff})} (\tan \delta + d_s/h)$$

$G_0$  = 진공상태의 임피던스,  $W$  : 패치폭  
 $\tan \delta$  : 유전체 손실각,  $h$  : 유전체 두께  
 $\epsilon_{eff}$  : 실효유전율,  
 $d_s = (f\pi \mu_o \sigma)^{-1/2}$  : 표피의 깊이

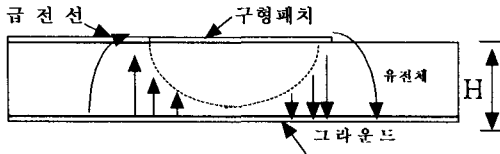
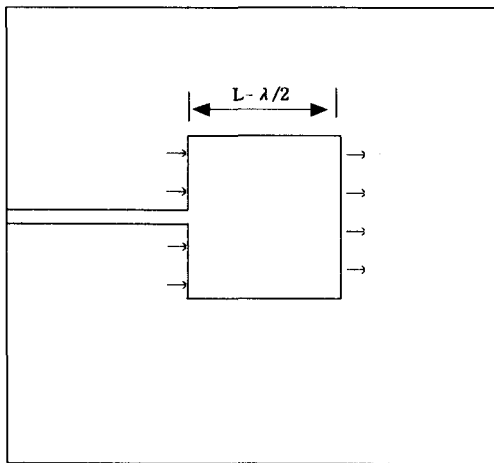


그림1. 마이크로스트립 안테나의 전체 분포



### III. Tschebyscheff 다항식의 상대적 전류 분포

하나 이상의 안테나를 공간상에 배열하게 되면 원하는 방향으로의 전파 복사 패턴을 얻을 수 있다. 이런 하나 이상의 구조를 갖는 안테나를 배열 안테나라고 부른다. 파라볼라 안테나와 같은 단일 안테나로 얻을 수 있었던 복사 패턴을 평면형 배열 안테나로 구할 수 있었지만 급전상의 문제로 다소 어려움이 있었다.

그러나 점차 기술의 발전으로 매우 값싸게 제조가 가능하게 되었다. 또한 배열 안테나는 안테나에 공급되는 전류의 위상을 전기적으로 제어함으로써 안테나의 패턴을 조종할 수 있고, 레이더와 같은 다양한 응용에 사용된다.

이와 같은 배열 안테나 중에서 Tschebyscheff 합성은 배열 다항식을 Tschebyscheff 다항식이 되게 조정한다.

Tschebyscheff 다항식은 주로 안테나 어레이 설계와 합성에서 가장 좁은 주빔 (main beam)을 나

타내기 위해 상대적 안테나의 전류비가 요구된다.

Tschebyscheff 다항식에서 리플의 크기는 부엽을 만들고, 지수적으로 증가하는 변화를 주엽으로 만든다. 즉, 균등한 부엽의 크기에 대해 최소 가능한 빔폭을 준다. 따라서 주엽과 부엽 비를 얻을 수 있다. dB로 나타내면  $20\log$ 로 나타낸다. 주엽과 부엽의 이득 차를 크게 하면 할수록 빔폭이 좁아진다. 주엽과 부엽의 차  $R$ 에 따른 최대 빔의 위치를  $X_0$ 라 하면

$$X_0 = (R + \sqrt{R^3})^{1/m} + (R + \sqrt{R^2})^{1/m} / 2$$

4개의 복사 소자를 같은 경우, 식에 의해  $R=12.54$ 를 선택함에 따라 주엽과 부엽의 이득차는 21.97dB 이고 요구된 상대적 전류 분포는 1:2:2:1 이다. 따라서  $R$ 의 변화에 따른  $X$ 의 크기는 식 (3)와 같다.

(3)

$$T_3(X) = 4(X_0 \cos \frac{\psi}{2})^3 - 3(X_0 \cos \frac{\psi}{2})$$

$\psi = k_0 \cdot n \cdot d \cdot \cos \theta + n$      $\delta k_0$  : 전파상수  
 $d$  : 안테나 간격,     $n$  : 안테나 소자수  
 $\delta$  : 각 마이크로스트립 패치 안테나 자체의 위상차

위상	$\delta_1$	$\delta_2$	$\delta_3$	$\delta_4$
1	0°	0°	0°	0°
2	0°	30°	60°	90°
3	0°	-30°	-60°	-90°
4	0°	45°	90°	135°
5	0°	-45°	-90°	-135°

표1. 각 복사 소자가 갖는 위상차

SCAL E

THEA(RADIA)

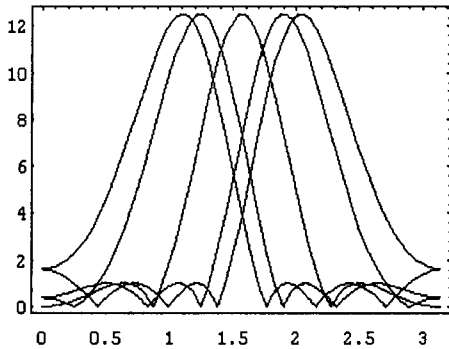


그림2. 위상에 따른 복사 패턴

IV. 구형 마이크로스트립 패치 안테나의 구성

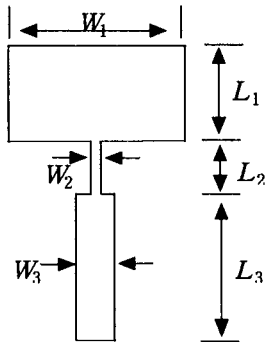


그림3. 마이크로스트립 패치 안테나의 구성도

안테나 구조	길이
$L_1$	9.2mm
$L_2$	5.705mm
$L_3$	32.5mm
$W_1$	13.4mm
$W_2$	1.2mm
$W_3$	2.523mm
공진 주파수	10.22GHz

표2. 마이크로스트립 패치 안테나의 재원

Lab volt 사에서 설계·제작한 한 개의 방사 패치를 가지고 있는 구형 마이크로스트립 안테나 구성도 그림 3과 같으며, 기판의 유전율은 유전체의 두께는 1mm의 테프론 기판을 사용했다. 설계·제작한 척도는 표 2과 같다.

한 개의 방사 패치를 가지고 있는 구형 마이크로스트립 안테나의 리턴로스 특성은 그림 4와 같고, 공진 주파수가 10.22GHz에서 리턴로스 -17.07dB 이다. 또한 복사 특성은 그림 5와 같고, -3dB 전력 빔폭은 74° 이다.

단일 복사 소자의 복사저항 및 동판의 음 손실 저항, 유전체에 의한 손실 저항는 식 (1)을 이용하여 표2 같이 계산할 수 있다.

설계에 사용한 유전체 기판은 TLX-9-0620을 사용하였으며, 재질 특성은  $\epsilon_r = 2.50 \pm 0.0051$ ,  $\tan \delta = 0.0019$  및  $h = 1.575\text{mm}$ (이때 동판의 두께는 -0.357mm)인 테프론(teflon)으로 양면에 도체를 입힌 것으로 사용했다.

또한 급전 선로의 실현은 Gestinger 등에 의해 보고된 관계식을 사용하였다.

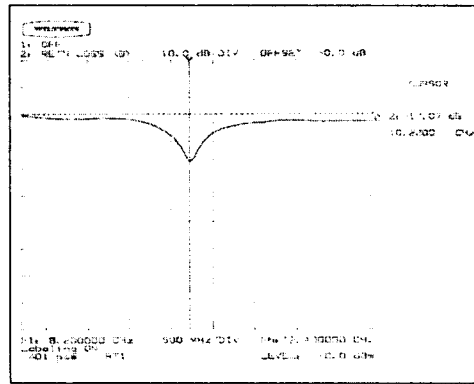


그림4. 마이크로스트립 패치 안테나의 리턴로스 특성

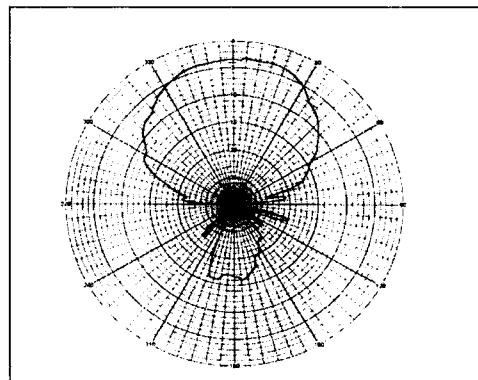


그림5. 마이크로스트립 패치 안테나의 패턴

V. 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 구성

그림 6과 같이 설계·제작된 마이크로스트립 어레이 안테나는 상대적 전류 분포가 1:2:2:1이 되도록 상대적 전류 분포가 1인 부분에 복사 패치 2개를 정합시켰다. 그리고 T-접합 선로에 정합된 복사 패치의 상대적 전류 분포가 일직선상에서 1:2:2:1이 되도록 복사 패치 1개가 정합된 부분에 관내 파장  $\lambda_g$ 를 추가한 구조로 설계하였다.

공진 주파수 [GHz]	입력 임피던스 [ $\Omega$ ]	복사 저항 [ $\Omega$ ]	유손실 저항 [ $\Omega$ ]	유전체 손실 [ $\Omega$ ]	공진 길이 [mm]	패치 폭 [mm]
10	138	121.149	54878.0	812.14	8.26416	13

표3. 입력 임피던스 설계치

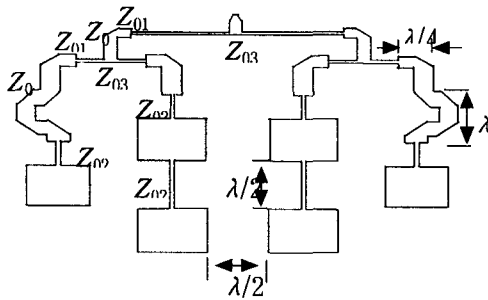


그림6. 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 구성도

설계 제작한 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 리턴로스 특성은 그림7과 같으며, 공진 주파수가 10.2553GHz에서 리턴로스가 -31.51dB이다. 복사 특성은 그림6과 같고 -3dB 전력 빙폭은 14°이다.

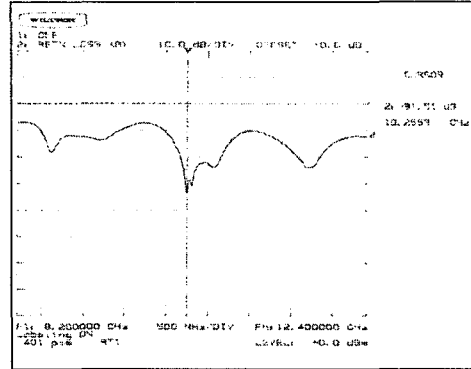


그림7. 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 리턴로스 특성

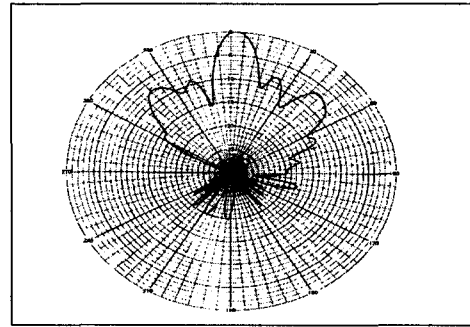


그림8. 마이크로스트립 어레이 안테나의 복사 패턴

VI. 결 론

본 논문에서는 구형 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 설계에 있어서 Tschebyscheff 다항식을 이용한 배열법을 사용함으로써 빙폭이 좁고 이득이 클 뿐만 아니라 부엽 준위를 임의로 조정할 수 있는 새로운 방식을 제안한다.

또한 10GHz로 설계·제작한 구형 마이크로스트립 어레이 안테나는 공진 주파수가 10.2553GHz로 매우 양호하게 일치함을 보였고, -3dB 복사 전력 빙폭은 14°로 매우 날카로움을 보였다. 또한 Lab Volt사에서 설계·제작한 한 개의 방사 패치를 가지고 있는 구형 마이크로스트립 안테나보다 복사 전력 이득이 3dB 크고, -3dB 복사 전력 빙폭의 74°에 비해 60°정도 좁다는 것을 비교하였다. 그러나 배열 소자가 멀러서 볼 때 일직선상에 존재하도록  $\lambda_g$ 의 파장을 추가하였으나 정확하게 일직선상의 선형 어레이가 되지 않아서 주엽과 부엽의 이득 차가 8dB 정도로 작은 것으로 생각된다.

앞으로 많은 배열 소자를 갖도록 설계할 경우

침예한 빔 특성은 물론 위상 변환기를 부착한 경우 빔 스캐닝이 가능할 것으로 생각되고, 부엽 준위를 임의로 조정할 수 있는 실험치가 얻어질 수 있도록 하는 것이 앞으로의 연구 과제이다.

#### <참 고 문 헌>

- [1] R. Keith, "Microstrip antenna technology," IEEE Trans. Antenna and Propagation, vol. Ap-29, no. 1, 1981. Jun, pp. 5-8.
- [2] D.L. Sengupta, "Appropriate expression for the resonant frequency of a rectangular patch antenna". Electron Letters, vol. 19 no. 20 pp. 834-835 1983.
- [3] I.J. Bahl, p. Bhartia, "Microstrip antenna." artech Hose, Inc, pp. 48-51, 1980.