

## X-대역 마이크로스트립 배열 안테나 설계

윤용민, 이석곤, 최재현\*, 노진입\*, 김동환\*\*, 안병철  
충북대학교 대학원 전파공학과, \* 국방과학연구소, \*\* (주)한화  
Tel : (043) 261-3194 / HP : 011-9836-3220 / Fax : 043-271-4647

### Design of An X-Band Microstrip Array Antenna

\* Yoog-Min Yun, \*Seok-Gon Lee, \*\* Hyun-Jae Choi, \*\* Jin-Ip No  
\*\*\* Dong-Hwan Kim, \*\*\* Hanhwa Company, \* Bierng-Chearl Ahn  
\* Radio Engineering Dept., Graduate School, Chungbuk National University,  
\*\* Agency for Defense Development, \*\*\* Hanhwa Company  
E-mail : [dragon333y@yahoo.co.kr](mailto:dragon333y@yahoo.co.kr)

#### Abstract

In this paper, we present design methods for a series-fed microstrip patch array operating at X-band frequency. The array consists of 18 rectangular patches connected to 3 quarter-wave impedance transformers. The power divider is designed for the uniform element excitation. The element excitation is then made to be tapered by increasing the input impedance of elements located at array edges. The designed antenna is fabricated and tested. Results of test show a fair agreement with the prediction.

#### I. 서론

마이크로스트립 안테나는 경량, 박형의 구조이며 회로와의 집적화가 용이하다는 장점으로 인해 통신 및 레이다와 같은 많은 응용분야에 사용되고 있다. 그러나 단일 안테나의 경우 대역폭이 협소하고 낮은 지향성의 특성으로 인해 고이득, 광대역 특성을 요구하는 대부분의 응용분야에 적용하기에는 부적합하다. 따라서 이러한 단점을 개선하기 위한 배열안테나에 대한 연구가 활발히 진행 중에 있다.[1]

개구면 결합 급전을 이용한 배열안테나의 경우 급전 회로망의 복사가 방사패턴에 영향을 주지 않는 장점이 있다. 그러나 다층구조로 인해 설계의 복잡성 및 높은 단가의 단점이 있다. 또한 후방방사로 인해 이득이 낮으며 이를 개선하기 위한 접지판의 적용 시 표면파의 발생 등과 같은 문제점이 있다.

전자기적 결합을 이용한 배열안테나는 방사소자와 급전회로망이 서로 다른 기판상에 구현되어 회로망설계가 용이하다는 장점이 있다. 그러나 각각의 방사소자와 급전선로와의 결합계수를 계산해야 하는 설계상의 어려움과 전력비가 다를 경우 위치에 따른 위상변화가 발생하는 문제점이 있다.[3]

단층기판을 이용한 배열안테나의 경우 물리적 구조가 단순하고 단가를 낮출 수 있는 장점이 있으며 급전방식으로는 병렬급전방식, 직렬급전방식, 직렬병렬급전방식이 있다. 병렬급전방식의 경우 설계가 단순하나 급전회로망 손실이 큰 단점이 있으며, 직렬급전방식의 경우 회로망의 물리적 길이 및 손실을 줄일 수 있으나 설계가 어렵고 급전선로의 높은 임피던스로 인해 방사소자와의 임피던스 정합이 어려운 문제점이 있다.[4]

본 논문에서는 고각방향으로 협소한 빔폭과 방위각 방향으로는 넓은 빔폭을 가지며 주 빔이 안테나의 고각 방향에 대하여  $34^\circ$  경사진 배열안테나의 설계기법을 제시하였다. 단층구조 및 직렬급전방식을 적용하여 안테나의 크기를 최소화 하였으며 직렬급전 방식의 설계 시 높은 임피던스를 갖는 가지선로와 낮은 임피던스를 갖는 안테나의 입력 임피던스와의 정합 방법을 제시하였다. 설계된 안테나의 특성은 제작 및 실험을 통해 이론치와 비교분석 하였다.

#### II. 본론

##### 2.1. 단일 안테나 설계

기판의 유전율은 안테나의 물리적 크기를 결정하며 유전율이 높을수록 크기를 작게 할 수 있는 장점이 있다. 이 경우 Q 값이 높아 대역폭이 협소하고 고차모드가 여기될 수 있다. 기판의 높이는 대역폭과 관계되며 높을수록 대역폭을 개선할 수 있으나 표면파가 문제될 수 있다. 따라서 기판의 유전율과 높이는 표면파를 억제하면서 대역폭을 만족하는 범위 내에서 trade off가 필요하게 되며, 본 논문에서는 유전율 2.55, 손실탄젠트 0.001인 타코닉사의 TLX\_9 기판을 이용하였다.

단일 안테나의 공진길이  $L_r$ 은 다음의 식 (1)로부터 9.01 mm 값을 얻는다.

$$L_r ; \frac{1}{2} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{re}}} - 2\Delta_f \quad (1)$$

이 경우 안테나의 입력 임피던스는 310 Ω으로 안테나 배열 구현시 사용하기에 편리한 값이 아니다. 18 개 이상의 선형 배열을 직렬급전할 경우 가지선로 입력단에서 1000 Ω 이상의 높은 임피던스가 요구된다. 이를 위해 패치의 임피던스를 변환할 필요가 발생한다.

임피던스 변환을 위해 1/4-파장 변환기가 널리 사용된다. 패치의 임피던스는 3 단 정도의 1/4-파장 변환기를 사용하여 임피던스 변환 후 급전회로망의 가지선로에 인가한다. 이 때 패치의 임피던스로 310 Ω보다 낮은 값이 요구된다. 따라서 본 논문에서는 그림 (1)과 같은 inset구조를 적용하여 패치의 임피던스를 104 Ω으로 낮추었다.

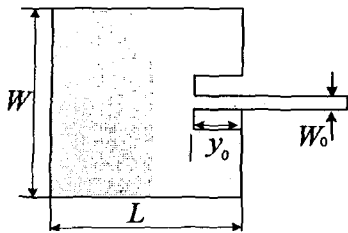


그림 1. Inset 급전된 사각형 패치 안테나

그림 2는 inset 급전된 안테나의 특성을 보인 것으로 2.1%의 반사손실 대역폭과 7.6dBi의 이득특성을 갖는다.

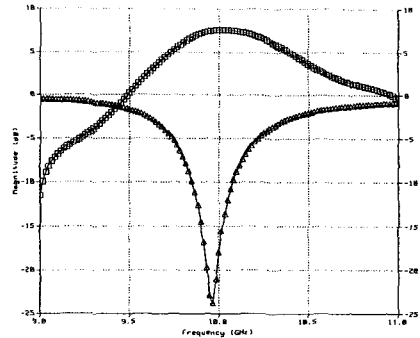


그림 2. 단일 안테나의 반사손실과 이득특성. ( $\Delta$ =반사손실, =이득)

## 2.2. 직렬 급전 회로망

그림 3은 직렬 급전회로망에서의 가지선로 전력분배기를 나타내고 있다.

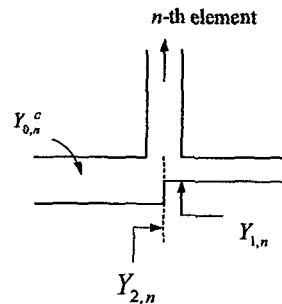


그림 3. 가지선로 전력분배기

그림 3에서 왼쪽에는  $n-1$  번째 소자가 위치하며 가지선로에는  $n$  번째 소자가 연결된다. 통과선로로는  $n+1$  번째 이후의 소자에 전력이 공급된다. 이때 전력분배기에서 전력분배비는 식 3과 같이 주어진다.

$$r_n = \frac{A_n^2}{A_{n+1}^2 + L + A_{N-1}^2} \quad (2a)$$

$$s_n = \frac{1}{r_n} \quad (2b)$$

여기서 배열소자의 개수는 총  $N$ 개이며 배열의 번호를 0, 1, 2, ...,  $N$ 이다. 가지 선로와 통과선로의 특성 어드미턴스와 특성 임피던스는 각각 식 (3)과 같이 주어지며 이로부터 각기 분기점에서의 통과선로와 가지선로의 임피던스를 계산할 수 있다.

직렬급전을 이용한 급전회로망의 설계 시 급전부에 인접한 가지선로의 경우 특성 임피던스가 무려 1000~1500 Ω에 가까운 높은 임피던스를 가지게 되어 선로의 구현이 불가능하게 된다. 따라서 높은 임피던스를 갖는 가지선로와 낮은 임피던스를 갖는 전송선로의 임피던스 정합을 위해 그림 4와 같이 통과선로에 대하여 3단 1/4-파장 변환기를 사용하였다. 선폭이 너무 넓으면 계단 불연속에서 복사가 발생할 수 있으므로 선폭의 범위를 0.2 mm ~ 1.5 mm 내에서 설계하였다.

$$Z_{1,n} = (1 + s_n)Z_{0,n}^c \quad (3a)$$

$$Z_{2,n} = (1 + 1/s_n)Z_{0,n}^c \quad (3b)$$

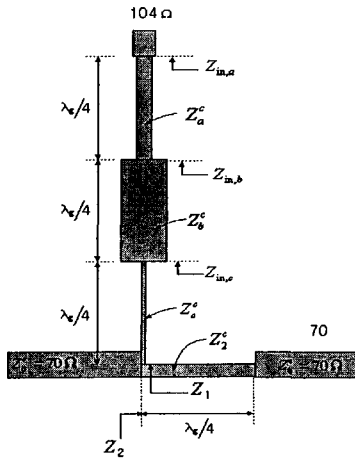


그림 4. 3단 1/4-파장 변환기와 전력분배기

### 2.3 배열안테나

그림 5는 18 소자의 최종 설계된 배열안테나의 모습이다. 16 dBi 이상의 이득을 얻기 위해 18 개의 배열소자를 사용하였다. 고각방향에 대하여 협소한 빔폭을 가지면서 방위각방향에 대하여 넓은 빔폭을 얻기 위해 자계면으로 안테나를 배열하였다. 소자간의 간격을 조정하여 주 빔이 안테나의 급전점 방향으로 34° 만큼 기울어지게 하였다. 이 경우 소자간의 위상차는 -101° 가 된다.

각각 안테나 소자에 대한 전력분배는 1~15 번째 소

자까지 동일한 전력비로 분배하였으며 15번째소자를 기준으로 17번째소자까지는 1:1, 1:2, 1:1로 분배하였다. 16 소자 이상의 직렬급전회로망 구현시 가지선로의 특성 임피던스가 매우 커져 실제적으로 전력분배가 적절히 이루어지지 않으므로 부엽이 낮아지지 않는다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 16, 17, 18소자에 대하여 별도의 전력분배를 적용하였다.



그림 5. 최종 설계된 배열안테나

### 2.4 제작 및 측정

그림 6은 최종 제작된 안테나의 모습으로서 안테나의 크기는 290 x 48 mm 이다. 안테나의 측정된 특성을 그림 7 ~ 10에 나타내었다. 반사손실 대역폭은 15.83 %의 특성을 나타내었으며 이는 이론치 11.5 %보다 향상된 것이다. 안테나의 이득은 근장시스템을 이용하여 측정하였다. 측정결과 16.1 dBi 보다 0.7 dBi 증가한 16.8 dBi의 특성을 나타내었으나 근장시스템의 측정오차를 고려한다면 이론치와 거의 같은 특성을 보이고 있다.

고각방향에 대한 빔폭은 9°이며 주 빔은 안테나 수직 축으로부터 34° 기울어졌다. 방위각 방향의 -5 dB 지점 빔폭은 80~85°이며 좌측으로 다소 기울어진 특성을 보였다. 급전회로망에서의 불필요한 복사가 방사패턴에 영향을 준 것으로 여겨진다. 부엽레벨은 설계치보다 다소 증가한 -13dB의 특성을 나타내었다.



그림 6. 제작된 안테나.

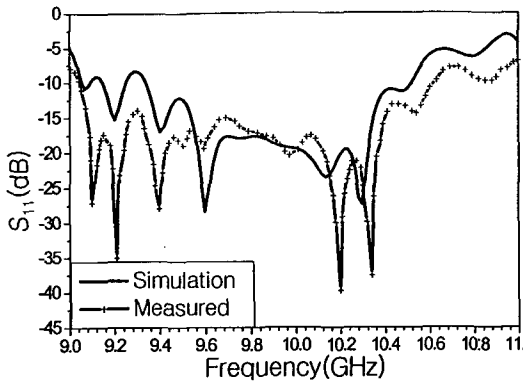


그림 7. 제작된 안테나의 반사계수.

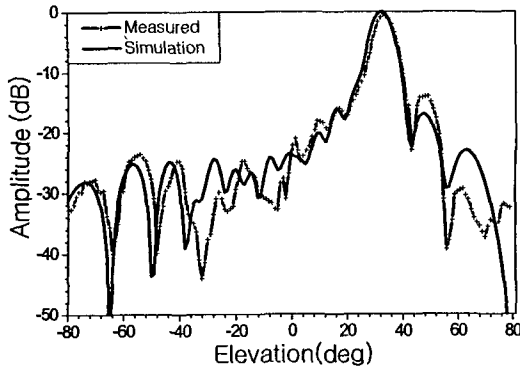


그림 8. 안테나의 수직방향 복사패턴.

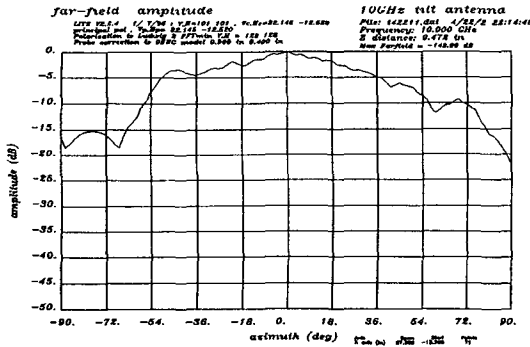


그림 9. 제작된 안테나의 수평방향 복사패턴.

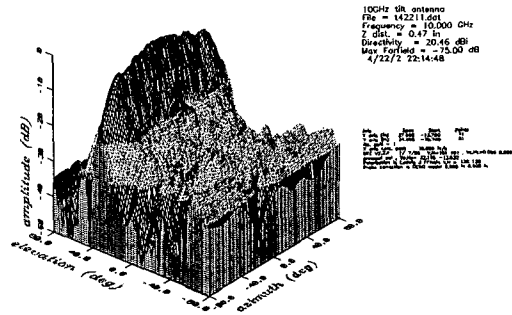


그림 10. 제작된 안테나의 3차원 복사패턴.

### III. 결 론

본 논문에서는 단층기판을 이용하여 X-대역에서 동작하는 직렬 급전형 배열안테나의 설계기법을 제시하였다. 16 dBi 이상의 높은 이득 특성을 얻기 위해 18 개의 복사소자를 사용하였으며 주빔을 기울이기 위한 배열안테나의 설계기법을 제시하였다. 직렬급전방식의 회로망 설계시 높은 가지선로 임피던스를 구현하기 위해 다단 1/4-파장 변환기를 사용하였다. 제작된 안테나는 이론치와 잘 일치하는 특성을 나타내었으며 빔이 기울어진 특성을 요구하는 통신용 안테나 및 레이더용 안테나에 적용될 수 있으리라 본다.

### 참 고 문 헌

- [1] P. Bhartia, K V.S. Rao, Tomar, *Milimeter-Wave Microstrip and Printed Circuit Antennas*, Norwood, Artech House, 1991.
- [2] D. M. Pozar, "Microstrip antenna aperture coupled to a microstrip line", *Electromagnetics letters* vol. 21 No. 2 pp. 49-50 Jan. 1985.
- [3] H. G. Oltman and D. A. Huebner, "Electromagnetically coupled microstrip dipole," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-29, pp.151-157, Jan. 1981.
- [4] R. J. Mailloux, J. F. Mcilvanna, and N. P. Kernweis, "Microstrip phased arrays," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-29, pp. 25-37. Jan. 1981.