

모노펄스 급전 구조를 갖는 Ka 대역 우회선 원편파 마이크로스트립 패치 배열 안테나 설계 및 제작

배기형
삼성탈레스주식회사
kihyoung.bae@samsung.com

Design and Fabrication of Right Hand Circular Polarization Microstrip Patch Array Antenna for Ka Band with Mono-Pulse Feed

KiHyoung Bae
Samsung Thales Co., Ltd.

Abstract

Right hand circularly polarized Ka band microstrip patch array antenna was designed, manufacture and measurement were carried out. In order to lower axial ratio performance sequential rotation array technique was used. With mono-pulse feed There are sum and delta channel. Waveguide to microstrip transition was used. The 512 array antenna was performed which axial ratio is about 1.1dB in the half power beam width and also 1.1dB at the normal direction. Directivity gain of designed antenna is 32dB.

Key words : microstrip patch antenna, mono-pulse feed, sequential rotation, circular polarization

서 론

원편파 안테나는 외부 전파 환경의 영향을 감소시키기 위하여 사용되며 다중 경로에 의해 반사된 신호와 산란되고 회절된 신호를 적절하게 수신하기 위해서 주로 사용된다. 즉, 원편파 안테나는 산란 현상이 많이 발생하는 지역 및 편파 변환이 발생하기 쉬운 통신환경에서 수신 효율이 상승하는 전송 특성을 가지고 있으며[1], 마이크로스트립 패치 안테나를 이용해서 비교적 용이하게 구현할 수 있다.

마이크로스트립 패치 안테나는 대역폭이 좁고, 효율이 낮으나, 일반적인 마이크로웨이브 안테나에 비해서 가격이 저렴하고 소형, 경량으로 제작이 가능하다. 또한 마이크로스트립 패치 안테나의 패치가 금속 도체로서 일반적인 접지면과 분리된 박막층 및 유전체 기판 위에 사진 식각 기술로 여러 가지 복사소자의 대량 생산이 가능하고 설치가 용이한 장점으로 인하여 수백 MHz에서 수십 GHz 대역에

이르기까지 다양한 형태로 연구되어지고 있으며[2], 밀리미터 대역에서의 마이크로스트립 라인의 손실 [3]과 마이크로스트립 라인으로의 로운칭 구조도 연구 되어져 왔다[4].

본 논문에서는 Ka 대역에서 동작하는 우회선 원편파 시퀀셜 로테이션 배열 안테나의 설계, 제작 및 측정에 대해서 연구하였으며, 모노펄스 급전을 사용하여 합과 차 채널 2개의 입출력 단자로 구성하였다.

본 론

본 논문에서는 높은 지향성 이득과 낮은 축비 특성을 갖는 안테나를 설계하기 위해서 90°의 위상 지연을 갖는 2×2 배열 시퀀셜 로테이션 구조를 설계하였으며, 이 구조를 부배열로 사용하여 마이크로스트립 패치 안테나의 배열을 확장하였다.

또한 마이크로스트립 패치 배열 안테나의 중앙에

는 rat race를 설치하여 모노펄스 급전방식을 적용하였으며, waveguide to microstrip transition 구조를 사용해서 도파관에서 마이크로스트립 선로로 급전이 가능하도록 설계하였다. 전체 안테나 구조는 복사소자를 32×16으로 평면 배열하였으며, 제작된 안테나는 근접전계 측정 시설을 이용해서 복사패턴 특성을 시험하였다.

1. 2X2 부배열 기본 블록 복사소자

원편파를 발생시키는 마이크로스트립 패치 안테나는 구형 패치와 원형 패치의 모서리를 잘라 내거나 패치 위에 대각선 방향으로 슬롯을 두어 모드의 한 성분에 대한 다른 성분의 주파수를 상쇄시키는 구조 등으로 여러 가지가 있다[5][6]. 본 논문에서는 그림 1.에서와 같이 구형 패치의 모서리를 잘라내는 방법으로 원형편파 복사소자를 설계하였으며, Taconic사의 TLY-5 기판을 사용하였다.

마이크로스트립 패치 복사소자는 두 개의 직교 모드의 위상이 90° 차이가 날 수 있도록 가장 자리에 크기 “a”만큼 모서리를 잘라내어 원편파 특성을 갖도록 하였으며[6], 최적 설계된 안테나는 그림 1.과 같고 a가 0.5mm, b가 2.1mm의 값을 가진다.

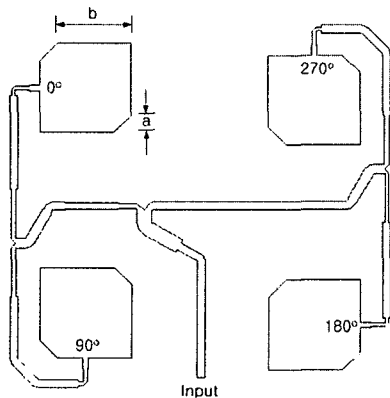


그림 1. 2X2 원편파 기본 블록 복사 소자

90°의 위상 지연을 갖는 배열 시퀀셜 로테이션 구조는 그림 1.과 같은 구조로 왼쪽의 패치에 0°,90°의 위상 차이를 갖도록 하고 오른쪽의 패치에 180°,270°의 위상 차이를 줌으로써 패치 간의 위상이 서로 역위상이 되도록 하면 급전점에서 각 복사소자 반사파의 합은 0에 가깝게 된다. 이러한 원리에 의해서 시퀀셜 로테이션 배열은 각 복사소자로부터 반사전압이 상쇄되어 반사손실 대역폭이 증가하게 된다.

또한 두개의 선형편파가 서로 직교모드를 이룬 원형편파는 중심 주파수에서 벗어나게 되면 선형편파가 되어 편파 특성이 저하되지만 시퀀셜 로테이션 배열은 중심주파수를 벗어나더라도 복사소자를 물리적으로 회전시켜 시간에 따라 전계 방향이 회전하여 원형편파를 유지함으로써 원형편파 특성을 증가시키게 된다[7][8].

6.48mm의 주기 간격을 갖는 2X2 복사 소자를 부배열 기본 단위로 구성하여 시퀀셜 로테이션으로 배열한 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

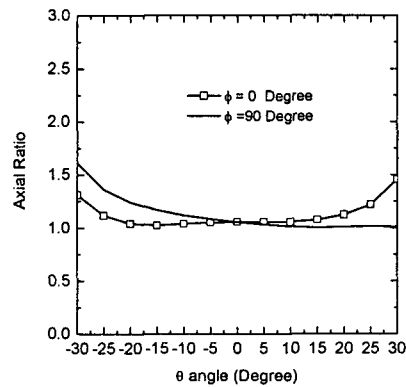


그림 2. 2X2 기본 블록 소자 축비

반사 손실은 중심 주파수에서 20dB, ±1% 밴드 폭에서 15dB이하의 특성을 가지며, 복사 특성은 그림 2.와 그림 3.과 같은 결과를 얻었다. 축비는 안테나 정방향에서 1dB 이내의 특성을 얻을 수 있었다. 그림 3.에서 보여지는 바와 같이 부배열 기본 블록의 반치각은 30°이며 안테나 이득은 12.4dBic이다. 또한 LHCP의 교차 편파는 반치각 범위 내에서 23dB 이하로 설계되었다.

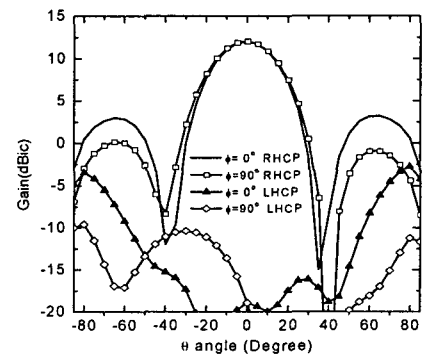


그림 3. 2X2 기본 블록 소자 복사 패턴

2. 32X16 배열 안테나 설계 및 제작

2X2 부배열을 기반으로 3dB 반치각이 수평 방향으로 2°, 수직 방향으로 4°를 가지며, 축비가 안테나 정면 방향으로 1dB, 반치각 이내에서 1.5dB를 가지는 안테나를 그림 4, 5와 같이 설계 및 제작하였다.

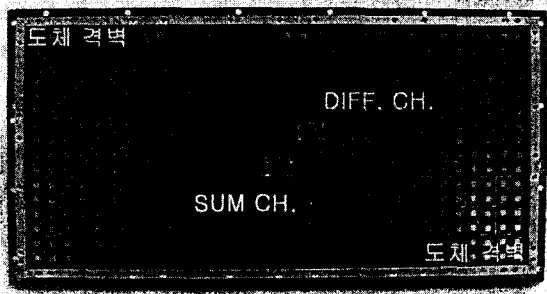


그림 4. 지향성 안테나 제작 사진 (정면)



그림 5. 지향성 안테나 제작 사진 (측면)

기판의 부식 오차는 12.7 μ m이며, 제작된 안테나 (그림 4.)의 크기는 가로 방향으로 226mm, 세로 방향으로 122mm이다. 안테나 중앙부에 waveguide to microstrip transition을 사용하여 급전하였으며, rat race를 이용해서 합과 차 패턴의 급전부를 별도로 구현하였다.

안테나 중앙에 위치한 rat race의 구성과 시뮬레이션 결과는 다음의 그림 6, 7, 8.과 같고, 전체 배열 안테나의 시뮬레이션 패턴은 그림 9, 10.에 나타내었다.

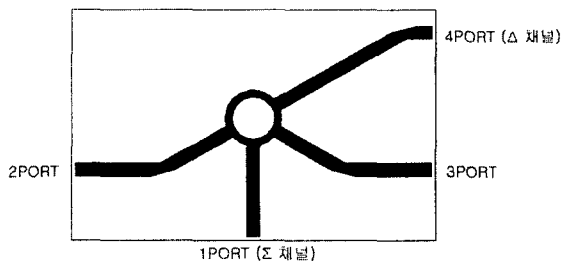


그림 6. rat race 구성도

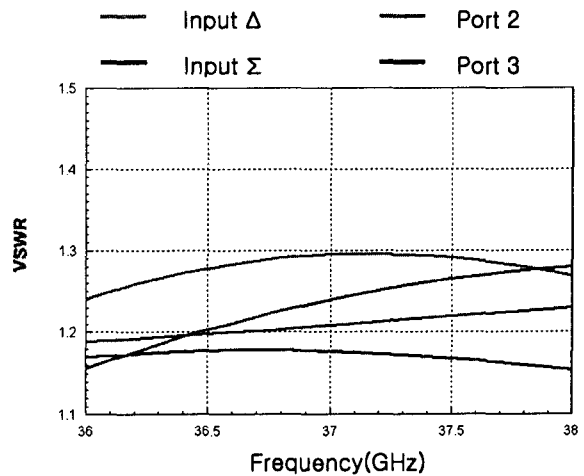


그림 7. rat race 정재파비 시뮬레이션 결과

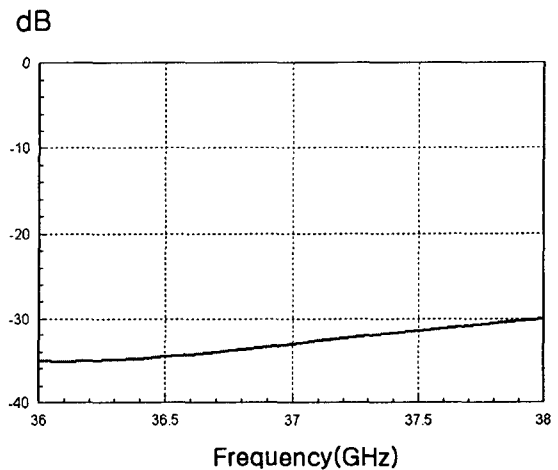


그림 8. rat race 합, 차 채널 분리도 시뮬레이션 결과

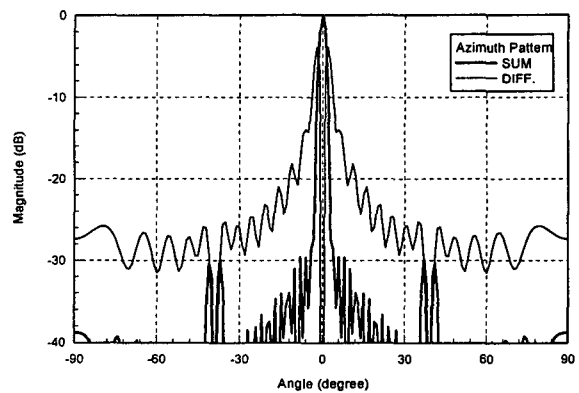


그림 9. 수평 방향 복사패턴 시뮬레이션 결과

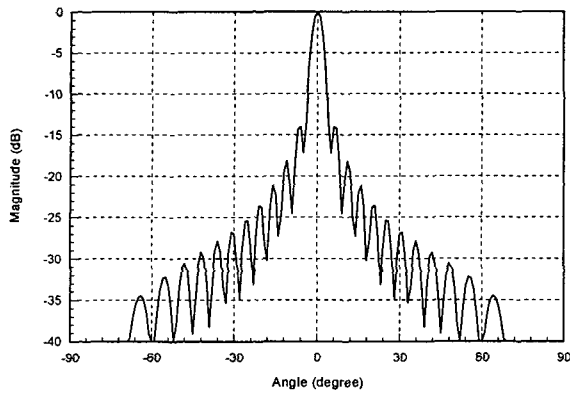


그림 10. 수직 방향 복사패턴 시뮬레이션 결과

3. 안테나 측정

512개의 복사 소자를 갖는 우회선 원편파 안테나의 반사 손실은 f_c 에서 20dB 이하, $0.98f_c \sim 1.02f_c$ 내에서 15dB 이하의 특성을 갖는다.

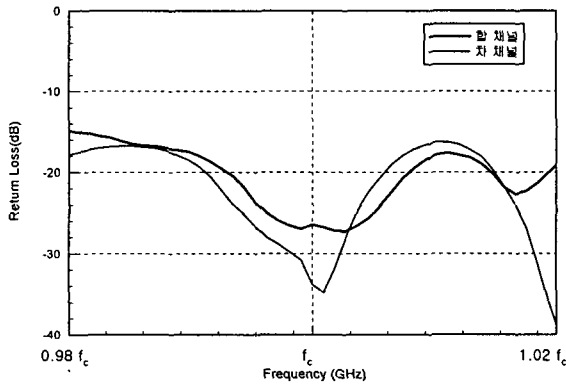


그림 11. 제작된 안테나의 반사 손실 측정데이터

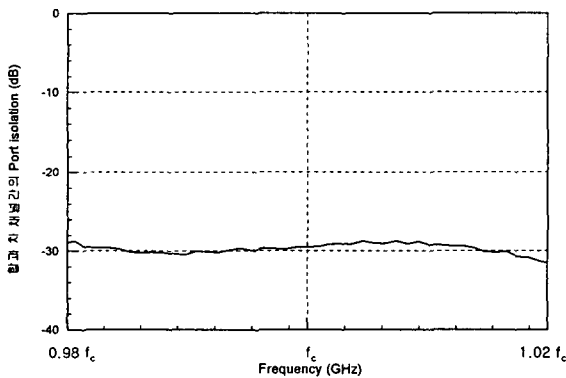


그림 12. 제작된 안테나의 채널 간 분리도

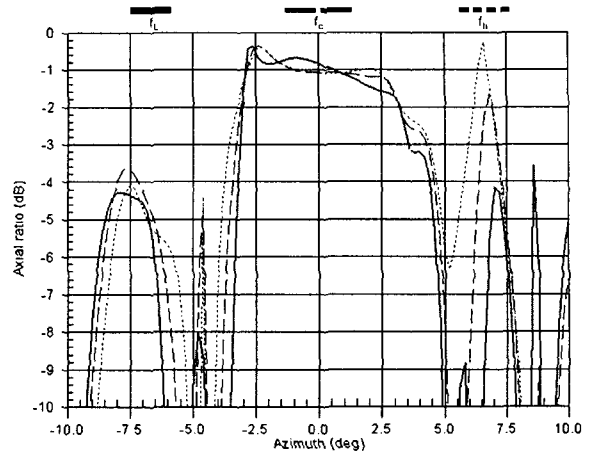


그림 13. 제작된 안테나 축비 측정 데이터

제작된 안테나의 복사 패턴 특성은 근접 전계 안테나 측정 설비를 이용하여 측정하였다.

안테나의 축비는 안테나 정면 방향에서 1.1dB, 수평 방향 반치각(2°)이내에서 약 1.1dB 이내, 수직 방향 반치각(4°)이내에서 약 1.2dB의 축비 특성을 나타내었으며, 수평 방향의 축비 특성에 약간의 기울기가 발생하는 부분은 근접 전계 안테나 측정 시 측정 프루브의 스캔하는 면과 안테나 면과의 기구적인 오차에 기인함을 확인할 수 있었다.

측정된 안테나의 복사 패턴은 그림 14~15에 나타내었으며, 수평 3dB 빔폭은 2.4° , 수직 3dB 빔폭은 3.9° 로 설계 목표값인 2° , 4° 에 근사한 측정값을 얻을 수 있었으며, 수평 방향으로 부엽 레벨은 -20dB 이하, 수직 방향 부엽 레벨은 13dB이하의 특성을 얻을 수 있었다. 24dBic의 측정 이득을 확인할 수 있었으며, 이는 마이크로스트립 라인의 손실, 도체 손실과 waveguide to microstrip transition 부분의 손실 그리고 부정합에 의한 부가적인 손실 등이 포함된 것으로 사료된다.

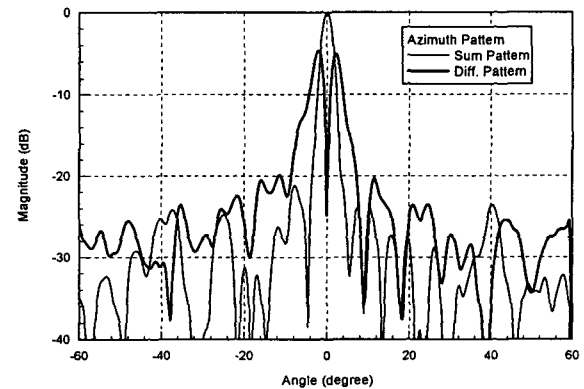


그림 14. 수평 방향 복사 패턴 측정 데이터

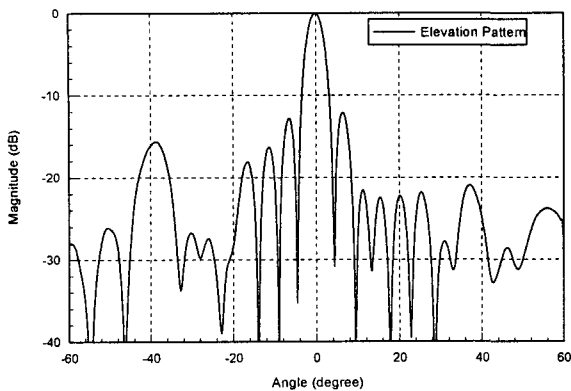


그림 15. 수직 방향 복사 패턴 측정 데이터

결론

본 논문에서는 밀리미터 대역인 Ka 대역에서 우회선 원편파 특성을 갖는 모노필스 급전 방식의 지향성 안테나를 설계하고 제작하였다. 총 512개로 배열된 수평 배열 상에는 부엽 준위 -20dB를 만족할 수 있도록 전계를 인가하였으며, 수직 배열 상에는 동일 분배로 급전을 하였다. 이러한 구조에서는 지향성 안테나의 축비 특성이 2X2 부배열 기본 단위의 축비 특성과 전체 배열된 구조의 축비 특성이 유사함을 실험을 통해서 확인할 수 있었다. 또한 512개의 주기 구조에서 급전 선로의 손실을 줄이기 위하여 안테나 중앙에 모노필스 급전부를 구성하였다. 급전 방식은 waveguide to microstrip transition을 사용하여 급전 손실을 최소화하였으며, 안테나 이득은 24dBic 이상의 고이득 특성을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

- [1] P. Garg, P. Bhartia, I. Bahl and A. Ittipiboon "Microstrip Antenna Design Handbook", Artech House, 2001
- [2] J.Huang, "A Ka-Band Circularly Polarized High-Gain Microstrip Array Antenna", IEEE Trans. AP Vol.43, No.1 1995 PP.113~116
- [3] E.Levine, G.Malamud, S.Shtrikman, "A Study of Microstrip Array Antennas with the Feed Network", IEEE Trans. AP Vol.37, No.4 1989 PP.426~434
- [4] M.A.Weiss "Microstrip Antennas for Millimeter Waves", IEEE Trans. AP

- Vol.29, No.1 1981 PP.171~174
- [5] I.J.Bahl, P.Bhartia "Microstrip Antennas", Chap.3 Circular Microstrip Antennas Artech House, 1982
- [6] J.R.James, P.S.Hall "Handbook of Microstrip Antennas", Chap.4 Circular polarisation and bandwidth Peregrinus, 1989
- [7] J. Huang "A technique for an array to generate circular polarization with linearly polarized elements", IEEE Trans. AP Vol. AP-34, PP.1113-1124, Sep. 1986
- [8] P. S. Hall "Feed radiation effects in sequential rotated microstrip arrays" Electron Lett., Vol. 23, no. 17, pp.877-878, 1987.

M E M O