

원형 편파 마이크로스트립 12×12 직-병렬 배열 안테나 설계

Design of a Circular Polarization Microstrip 12×12 Series-Parallel Array Antenna at 10 GHz

이영주 · 정명숙 · 박위상

Young Ju Lee · Myung Suk Jung · Wee Sang Park

요 약

본 논문에서는 위성 통신에 이용될 수 있는 X-band 원형 편파 마이크로스트립 12×12 배열 안테나를 설계하였다. 복사체는 대형 배열에 적합한 개구면 결합형 마이크로스트립 환형 안테나를 사용하였으며, broadside 방향의 빔을 형성시키기 위해 소자간 간격은 $0.7\lambda_0$ 로 하였다. 또한 높은 이득과 좋은 원형 편파 특성을 위해 직-병렬 구조의 sequential array 형태의 급전구조를 사용하였다. 제작된 안테나는 본 교의 compact range에서 측정하였다. 그 결과 10.3 GHz에서 27.88 dB의 directivity에 대해 25.55 dB의 높은 gain을 가지며, 이로써 60%의 높은 효율을 가짐을 확인했다. 또한 1.74 dB의 axial ratio와 -13 dB의 side-lobe-level 특성을 가졌다. 그리고 VSWR 2 기준으로 볼 때, 약 43%의 넓은 반사 계수 대역폭을 가지며, 16%의 axial ratio 대역폭을 가짐을 알 수 있었다.

Abstract

A circularly polarized 12×12 array with application in the satellite communications is designed at 10 GHz. The radiator is an aperture-coupled ring patch, which is suitable for large arrays. The element spacing of the array is chosen to be $0.7\lambda_0$ to maintain the main beam in the broadside direction. The array is a sequential array constructed on a series-parallel feed network to obtain high gain and low axial ratio. Measurement results for the array, acquired by experiments in the compact range of POSTECH, showed a directivity of 27.88 dB, a high gain of 25.55 dB, an efficiency of 60%, an axial ratio of 1.74 dB, and a side-lobe level of -13 dB. The bandwidth of the array was 43% when the VSWR was 2, and the bandwidth of the axial ratio was 16%.

I. 서 론

원형 편파 안테나는 극성 변환이 우려되는 통신 환경 즉, 위성과 지상간 또는 우천 시 등에서 우수한 전송특성을 가지기 때문에 이에 대한 연구는 끊임없이 진행되어 왔다. 또한 이러한 원형 편파 안테나를 단일 소자로 하여 대형 배열을 만듦으로써 높은 이득과 좁은 빔폭을 구현하면 인공위성의 지상 탐지 및

관측용 안테나, 기상 레이더 혹은 SAR(synthetic aperture radar) 용도로도 쓸 수 있다.

본 논문에서는 이러한 용도에 적합한 원형 편파 마이크로스트립 12×12 배열 안테나를 설계하였다. 단일 안테나는 마이크로스트립 안테나의 단점인 좁은 대역폭을 보상하기 위해 비교적 넓은 대역폭을 갖는 SSFIP^[1]형의 개구면 결합형 안테나를 사용하였으며, 대형 배열 안테나에서 구조의 복잡성을 고려하

포항공과대학교 전자전기공학과 전자파특화연구센터(Department of Electronic and Electrical Engineering, Microwave Application Research Center, Pohang University of Science and Technology)

· 논문 번호 : 991208-04S

· 수정완료일자 : 2000년 1월 17일

여 원형 편파의 구현은 단일 급전 방식을 채택하였다. 이 때 단일 급전 방식의 단점인 좁은 axial ratio와 반사계수 대역폭을 개선하기 위해 sequential array^[3]를 사용하였다. 이는 배열 안테나에서도 단일 안테나보다 좋은 원형 편파 특성을 갖게 하기 때문에 많이 사용되는 방법이다. 그리고 대형 배열 안테나에서 문제시 되는 효율의 저하를 개선시키기 위해 직-병렬 급전구조를 사용하였다. 이러한 직-병렬 구조는 직렬구조와 병렬구조의 장점을 수용하여 효율을 증대시킬 뿐만 아니라 빔의 조향이 주파수에 따라 변하는 것을 막는 역할을 하며, 같은 수의 배열을 적은 면적에 배열할 수 있다. 이 때 직렬 급전을 하면서 소자 간의 위상차를 주지 않기 위해 안테나간의 간격은 $1\lambda_g$ 로 하였다.

12×12 배열 안테나의 측정은 포항공대의 compact range를 이용하였으며, 그 결과는 시뮬레이션과 일치함을 확인하였다.

II. 단일 소자 설계

대형 배열 안테나에서 단일 소자의 크기는 전체 배열 안테나의 사이즈를 결정하는 중요한 변수이다. 따라서 본 논문에서는 이를 고려하여 단일 소자로 환형 안테나^[4]를 사용하였다. 단일 안테나의 구조는 그림 1에 나타내었다. 그림 1의 (a)는 개구면 결합형 안테나의 적층 구조를 나타내며, SSFIP(Strip Slot Foam Inverted Patch)^[1]층은 단일 안테나의 대역폭을 증가시키기 위해 사용되었으며, 맨 아래층의 접지면은 안테나의 back radiation을 제거하기 위해 사용되었다.

그림 1의 (b)는 아래에서 본 구조로 복사체는 보통의 환형 안테나의 구조를 가진다. 복사체의 내경과 외경은 공진 주파수와 경계조건을 통해 결정되며, cavity model에 의해 주어진 공진 주파수 식으로 구해진다^[4]. 이렇게 결정된 안테나의 외경은 6.257 mm이고 내경은 2.12 mm이다. 가운데 층에 위치한 접지면의 두 개의 슬롯은 서로 수직한 cross slot 형태를 만들어 임피던스의 정합을 쉽게 할 수 있게 하였다. 그 밑층의 급전선은 cross slot에 대해 45° 기울여 단일 급전으로도 두 모드를 형성시켜 원형 편파를 가능케 한다. 이때 일반적인 개구면 결합형 안테나의 정합 방식^[5]과 동일하게 슬롯의 길이로 저항 성분을 50 Ω에 정합시키고, 급전선 끝에 위치하는 extension open stub의 길이를 조정하여 리액턴스 성분을 제거시킴으로써 안테나를 정합시키게 된다^[6]. 이런 방식으로 결정된 슬롯의 길이는 8.76 mm이고 extension open stub의 길이는 1.55 mm이다. 정합시킨 후 환형 안테나의 외경의 끝부분에 ΔS의 넓이를 갖는 notch를 내어 원형 편파를 형성시키며, ΔS의 넓이는 Variational expression^[7]방법을 이용하여 결정한다. 이렇게 결정된 ΔS의 넓이는 6.33 mm²로 전체 넓이인 108.87 mm²의 5.81%의 넓이에 해당된다. 물론 notch를 내는 과정에서 발생하는 mismatch는 tuning을 통해 조정한다.

그림 2는 개구면 결합형 환형 안테나의 반사계수 특성을 나타낸다. 그림에서와 같이 반사계수 대역폭은 VSWR 2 기준으로 8.3~11 GHz까지 27%의 넓은 대역폭을 가진다. 또한 axial ratio 특성에서 3dB 대역폭은 9.3~9.7 GHz로 약 4%의 대역폭을 가진다.

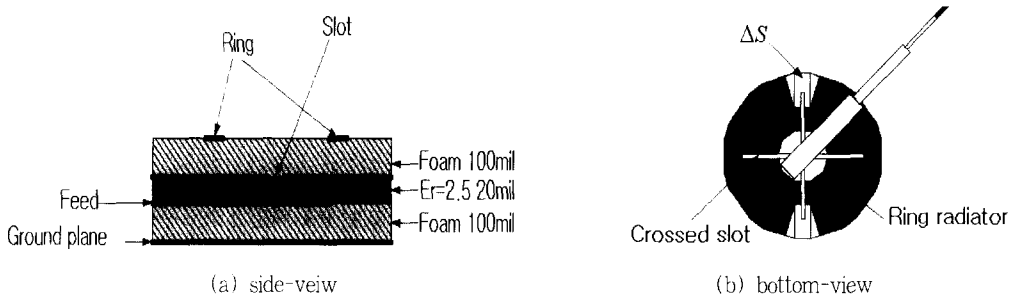


그림 1. 개구면 결합형 환형 안테나
Fig. 1. Aperture-coupled ring antenna.

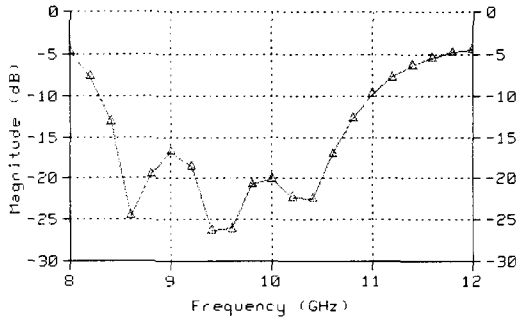


그림 2. 개구면 결합형 링 안테나의 S₁₁(dB)과 axial ratio(시뮬레이션)

Fig. 2. S₁₁ characteristic of Aperture-coupled ring antenna(Simulation).

III. Sequential array

원형 편파 마이크로스트립 안테나는 일반적으로 원형 편파에 대한 주파수 특성이 좋지 않으며, 배열을 사용하는 경우에는 단일 안테나에 비해 원형 편파 특성과 반사계수 특성이 저하된다. 이러한 이유로 배열 안테나에서 원형 편파 특성을 향상시켜 주는 sequential array의 사용은 필수적이다^[2].

일반적으로 이상적인 원형 편파가 생성되지 않은 단일 안테나의 편파 특성에서 sequential array를 사용하는 경우에도 양호한 원형 편파 특성과 낮은 반사 계수특성을 가지게 된다. 이를 보이기 위해 다음 그림 3과 같은 N개의 배열 요소를 고려하기로 하자. 여기서 모든 요소는 동일하고 요소사이의 상호결합은 무시하기로 하자. 배열의 n번째 요소는 임의의 위치에 있으며, 회전에 의한 각은 식 (2)와 같이 주어진다. 이 때 각 배열 요소는 sequential rotation과 sequential phase shift를 가진다.

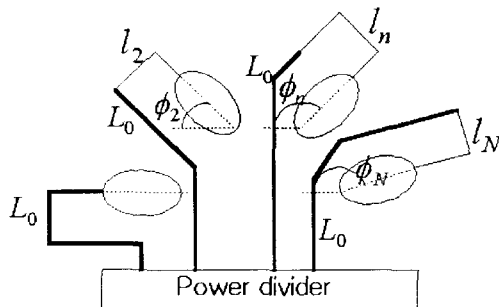
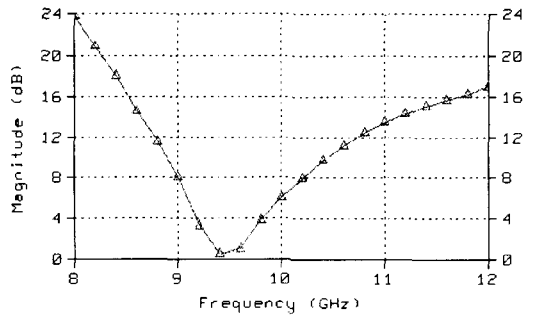


그림 3. Sequential array의 구조

Fig. 3. Configuration of sequential array.



$$L_n = L_0 + l_n \quad (1)$$

$$k_0 l_n = \phi_n = (n-1)p\pi/N \quad (2)$$

$$k_0 = 2\pi f_0 \sqrt{\epsilon\mu} \quad (3)$$

만약 첫번째 배열요소에 방사되는 전계의 편파가 타원 편파라 가정하면 식 (4)와 같이 전계 성분을 쓸 수 있다. 여기서 U₁과 V₁는 직교하는 단위 벡터이다. 이때, n번째 배열요소에 의한 전계 성분 E_n은 식 (5)와 같이 주어진다.

$$E_1 = aU_1 + jbV_1 \quad (4)$$

$$E_n = [(a \cos \phi_n - jb \sin \phi_n)U_1 + (a \sin \phi_n + jb \cos \phi_n)V_1] \exp(j\phi_n) \quad (5)$$

모든 배열요소의 전계의 합을 구하면 식 (6)과 같이 주어지며, 식에서 모든 전계의 합은 이상적인 원형 편파의 식으로 유도됨을 알 수 있다. 이것은 sequential array가 각각의 요소의 편파와는 독립적으로 완벽한 원형 편파를 만들어낼 수 있음을 의미한다.

$$E = \sum_{n=1}^N E_n = \frac{(a+b)}{2} N(U_1 + jV_1) \quad (6)$$

또한 각 배열요소에 나누어지는 입사전력이 균일하게 V₀로 분배될 때, 배열 요소의 급전선의 길이가 다르므로 n번째 배열요소로부터 방사되는 반사전력은 2φ_n의 서로 다른 위상차를 갖게 될 것이다. 따라서, 각 배열요소로부터의 반사계수가 동일하다고 가정하면, 배열의 입력단에서의 총 반사전압은 식 (7)과 같이 나타내어지며, 이로부터 sequential array는

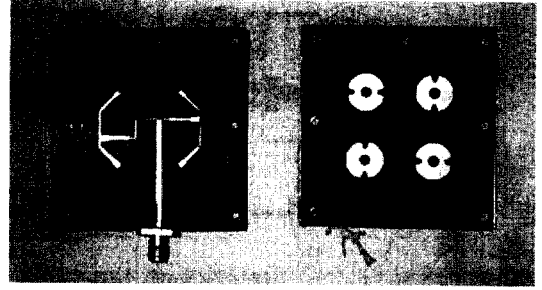
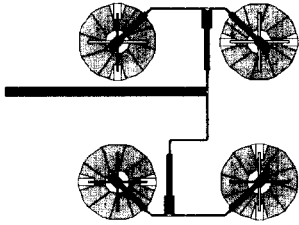


그림 4. 2×2 sequential 배열안테나의 설계(좌)와 제작(우)된 구조

Fig. 4. Configuration of 2×2 Sequential array antenna.

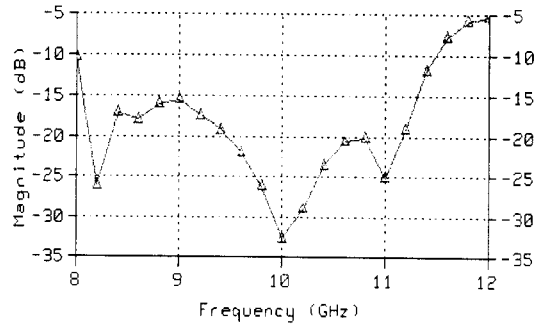
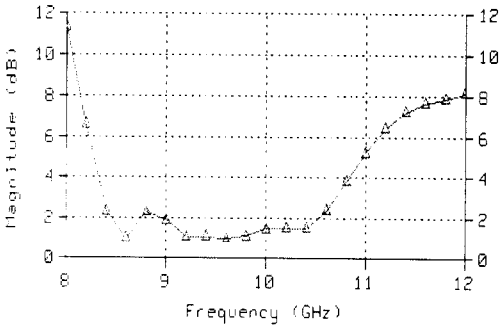


그림 5. 2×2 sequential array의 axial ratio(좌)와 반사 계수 특성(우)

Fig. 5. Axial ratio and reflection coefficient characteristics of 2×2 sequential array antenna.

이론적으로 완벽한 원형 편파뿐만 아니라, 입력 단자의 반사 계수 특성 또한 향상시킴을 알 수 있다.

$$V_r = V_0 T \sum_{n=1}^N \exp(j2\phi_n) = 0 \quad (7)$$

그림 4의 왼쪽은 앞 절에서 설계한 단일 소자를 이용하여 sequential array로 나타낸 구조이며, 오른쪽은 이를 실제 제작한 것이다. 소자간의 sequential phase shift와 sequential rotation을 각각 90°씩 주어 원형 편파의 특성을 향상시키도록 하였다. 그림 5의 왼쪽은 그림 4의 2×2 sequential 배열 안테나의 axial ratio 성능을 보여주며, 3 dB 대역폭은 8.5~10.85 GHz로 약 23.5% 정도의 대역폭을 가진다. 그리고 그림 5의 오른쪽은 2×2 sequential array의 반사 계수 특성을 나타내며, VSWR 2 기준으로 8.2~12 GHz로 38%의 대역폭을 갖는다.

IV. 6×2 배열 안테나의 설계, 제작 및 측정

6×2 배열 안테나는 2×2 배열 안테나를 기본소자로 하고 직렬 급전으로 확장된 구조를 가진다. 이때 소자간 위상차를 주지 않기 위해 간격은 $1\lambda_g$ 로 하였으며, 각각에 전력이 균등하게 급전되도록 설계하였다. 그림 6의 위는 설계된 안테나의 구조이고, 아래는 설계를 바탕으로 제작된 안테나의 구조를 나타내고 있다.

그림 7의 그래프는 제작된 6×2 배열 안테나의 반사 계수 특성을 나타내고 있다. 반사계수 특성은 network analyzer(HP-8510B)를 이용하여 X-band에서 측정하였다. VSWR 2를 기준으로 볼 때 시뮬레이션 및 측정치 모두 8~12 GHz의 넓은 대역폭을 가지며, 그림에서와 같이 그 경향도 비슷하게 나타났다. 단, 시뮬레이션은 9.2 GHz와 9.8 GHz에서 공진하는 것에 비해, 측정치에서는 8.9 GHz와 9.75 GHz에서 공진 함을 알 수 있다.

원형 편파 안테나의 가장 중요한 성능 중에 하나인 axial ratio는 여러 방법을 이용하여 측정이 가능

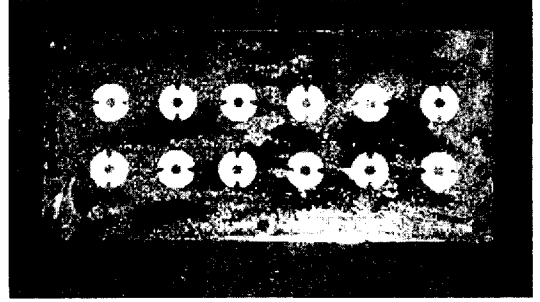
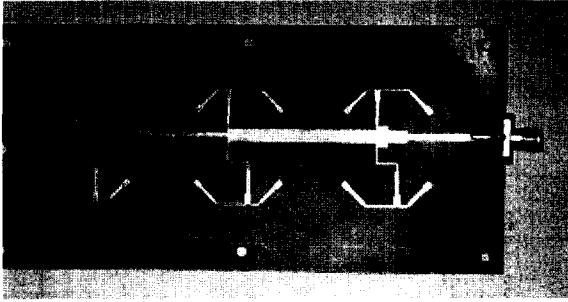
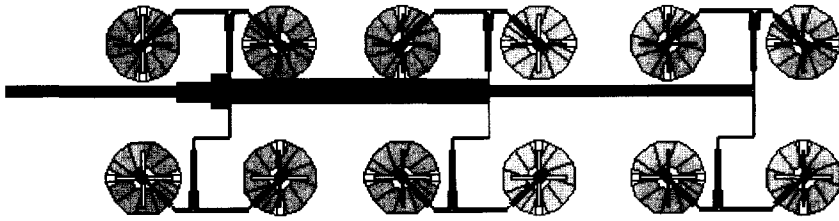


그림 6. 6×2 sequential array 안테나의 구조
Fig. 6. Configuration of 6×2 sequential array antenna.

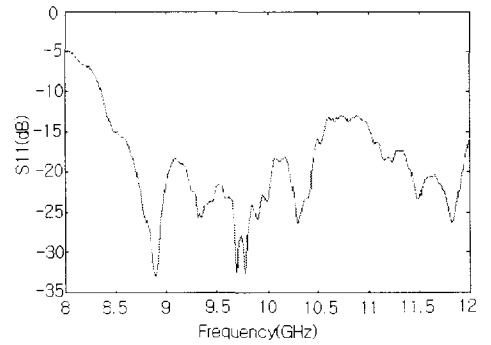
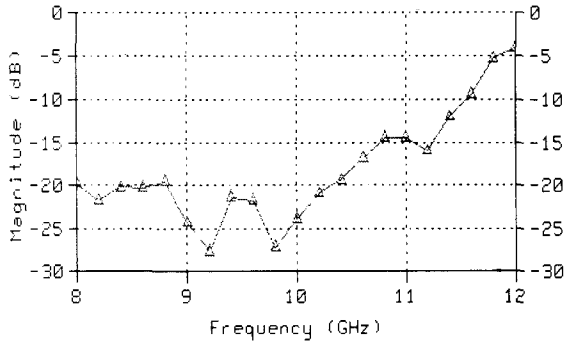


그림 7. 6×2 반사 계수 특성(좌: 시뮬레이션, 우: 측정결과)
Fig. 7. Reflection characteristic of 6×2 array(left: simulation, right: measurement).

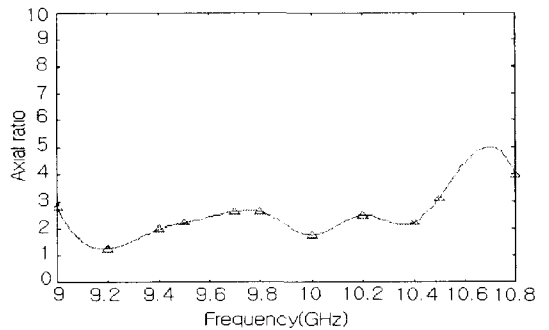
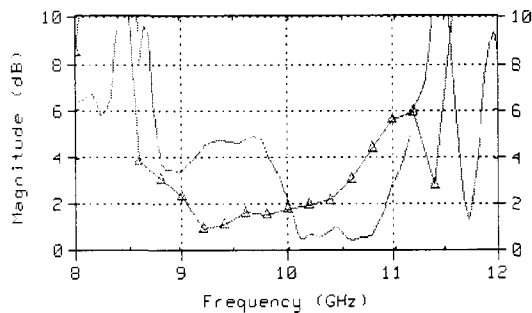


그림 8. 6×2의 axial ratio 특성(좌: compact range 측정, 우: near field 측정)
Fig. 8. Axial ratio characteristic of 6×2(left: compact range measurement, right: near field measurement).

하다^[8]. 본 논문에서는 Compact Range와 Near field 측정 장비를 이용하여 측정하여 보았다.

Compact range에서는 먼저 두 안테나로 수직 편파 신호와 수평 편파 신호를 각각 송신하고, 이를 측정하고자 하는 안테나로 각각 수신하여 그 수신된 두 신호의 비로서 axial ratio를 구하였다. 또한 Near field 장비의 경우는 측정된 principle-polarization과 cross-polarization의 비인 CP라는 계수를 구하여 다음의 식에 대입하여 구한다.

$$AR = 20 \log \left(\frac{10^{CP/20} + 1}{10^{CP/20} - 1} \right) \quad (8)$$

이러한 측정 원리를 기본으로 측정된 6×2 배열 안테나의 원형 편파 성능은 그림 8과 같다. 좌측의 그림은 Compact Range에서 측정된 결과로부터 계산한 결과이고, 우측의 그림은 near field 측정 장비를 이용하여 측정된 axial ratio로 11 point의 주파수

에 대해 측정된 data를 interpolation하여 그려진 그림이다. 그림에서 3dB axial ratio 대역폭은 시뮬레이션의 경우 8.8~10.6 GHz로 18%의 값을 갖고, Compact Range로 측정한 경우 9.9~11 GHz로 11%의 대역폭을 갖는다. 또한 near field 장비로 측정한 경우 9~10.7 GHz까지 17%의 대역폭을 가지므로 시뮬레이션의 결과와 유사하게 나타나는 것을 알 수 있다. 이 때 Compact range 측정 결과 중의 9~10 GHz에서 axial ratio가 급격히 증가하는 것은 측정 오차로 생각된다.

6×2 배열 안테나의 패턴 또한 Compact range와 near field 측정장비를 이용하여 10.3 GHz에서 측정하여 보았으며, 그 결과를 그림 9와 10에 나타내었다. 두 그림 모두 simulation 치와 유사하게 나타남을 알 수 있다.

그리고 6×2 배열 안테나의 경우 직렬 급전 구조만을 사용하였기 때문에 안테나의 main beam이 주

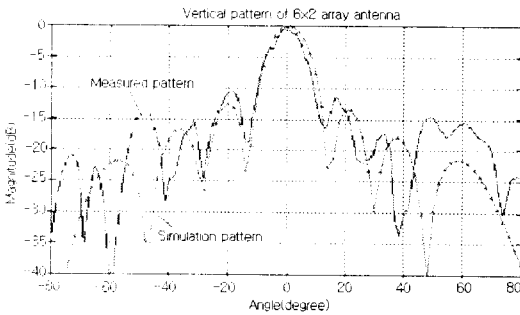


그림 9. 6×2 배열 안테나의 패턴(near field 측정 장비)

Fig. 9. Pattern of 6×2 array antenna(near field measurement).

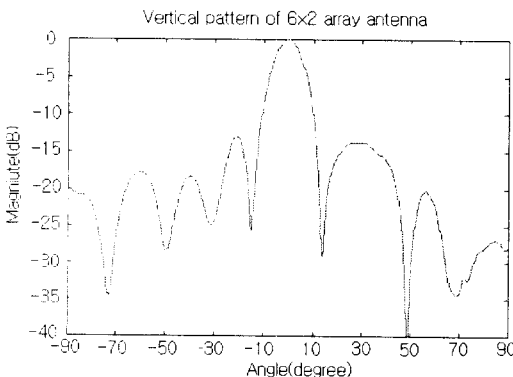
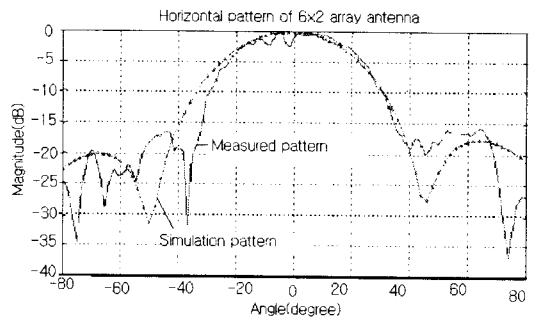
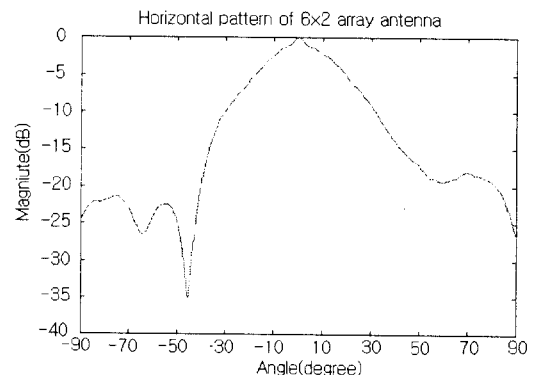


그림 10. 6×2 배열 안테나의 패턴 (Compact range)

Fig. 10. Pattern of 6×2 array antenna(Compact range).



파수에 따라 tilt 되는 특성을 가지며, 이를 측정을 통해 확인할 수 있었다. 이는 또한 6×2배열 안테나의 패턴이 중심 주파수에서 벗어날 경우 side-lobe level이 높아지는 원인이 된다. 그림 11은 6×2 직-병렬 안테나가 주파수에 따라 빔 조향 각도가 달라지는 특성을 보여준다.

마지막으로 6×2배열 안테나의 gain특성은 compact range에서 측정하였으며, 이 결과를 averaging 기법을 사용하여 보다 정확한 값을 유추하였다. 그림 12의 왼쪽은 측정치를, 오른쪽은 시뮬레이션치를 나타낸다. 그림에서 볼 수 있듯이 유추한 값과 측정치의 중간부분에 시뮬레이션과 유사한 결과가 위치하게 된다. 이 때 최대 gain과 최대 directivity가 일치하는 주파수는 약 10.3 GHz이고 이 부분에서의 Gain과 directivity는 17.1 dB와 18.39 dB로 최대 효율이 74%로 매우 우수하게 나타남을 볼 수 있다.

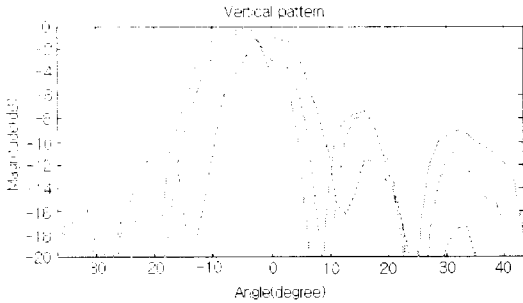


그림 11. 주파수에 따른 main beam의 이동 (좌측부터 9.7, 10, 10.5 GHz)

Fig. 11. Scanning of main beam by frequency.

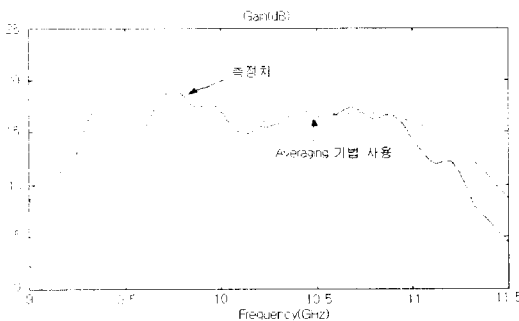


그림 12. 6×2배열 안테나의 Gain 특성

Fig. 12. Gain characteristic of 6×2 array antenna.

V. 12×12배열 안테나의 설계, 제작 및 측정

12×12 배열 안테나는 앞장에서 설명한 6×2 배열 안테나를 기본 소자로 하고, 병렬 급전 구조를 사용하여 확장함으로써 설계하였으며, 그 구조는 그림 13과 같다. 이 구조는 원하는 pattern을 얻기 위하여 6×2 단일 소자에 1/6씩 균등하게 급전이 되도록 설계되어 있다. 이렇게 설계된 12×12 안테나는 주파수가 바뀔 때 따라 안테나의 side-lobe level은 증가하는 경향을 보이지만, 빔의 방향은 항상 broadside 방향으로 고정되는 특성을 보였다. 또한 이렇게 가운

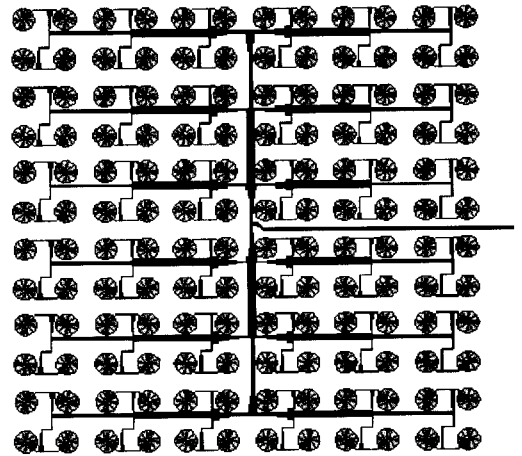
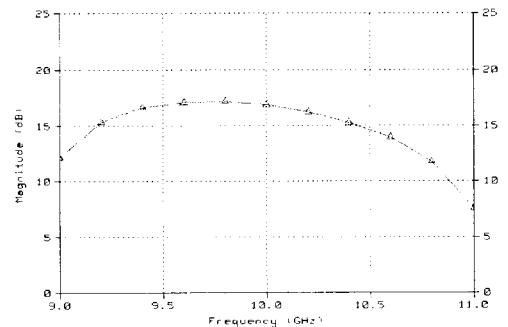


그림 13. 12×12 series-parallel sequential array 안테나의 구조

Fig. 13. Configuration of 12×12 series-parallel sequential array antenna.



데 부분에 병렬형 T-junction 구조를 사용하는 것이 직렬형만 사용하는 경우에 비해 급전선의 두께가 큰 차이를 보이지 않는다. 그리고 직렬 구조도 함께 사용함으로써 병렬 구조만 사용하는 것에 비해 효율이 좋아지는 장점도 갖게 된다^[9].

그림 14는 제작된 12×12 배열 안테나의 구조이다. 그림에서와 같이 12×12 배열 안테나는 크게 복사 소자, 급전기, 개구면으로 구성되며, 이 중 개구면과 급전기는 한 기관의 앞면과 뒷면에 위치하며, 또 다른 기관은 radome과 그 밑면에 위치하는 복사 소자로 구성되어 있다. 이 두 기관의 외곽에 여러 구멍을 내어 플라스틱 나사로 고정함으로써 이 두 기관을 정확히 배열시켰다.

12×12 배열 안테나의 패턴은 simulator의 한계로 직접적으로 계산되지 않았다. 따라서 본 논문에서는 그림 15와 같이 6×2의 패턴에서부터 $4.2\lambda_0$ 의 간격

을 갖는 2×1 uniform array factor를 이용하여 6×2 sub-array를 기본 소자로 하는 2개의 배열 안테나의 elevation pattern을 계산해 낼 수 있었다^[16]. 또한 실제 제작된 안테나의 패턴을 Compact range에서 측정하여 보았으며, elevation 패턴은 그림 16의 좌측에 azimuth 패턴은 우측에 나타내었다. 이는 모두 10.3 GHz에서 이루어졌다. Elevation 패턴은, 계산된 것과 측정된 것을 비교한 결과, 두개 모두 3 dB 빔폭이 약 6° 정도의 값을 가지며 side-lobe-level도 -13 dB 정도로 동일한 값을 갖는다.

다음으로 12×12 배열 안테나의 반사 계수는 12×12의 sub-array인 6×2 array의 반사 계수 특성을 Ensemble의 black-box^[11]를 이용하여 나타낸 뒤, 그 값으로부터 그림 17과 같이 전체 반사 계수를 구하는 구조를 그려 전체 반사 계수 특성을 구하게 된다. 이는 모멘트 방법으로 배열의 반사 계수를 구하기

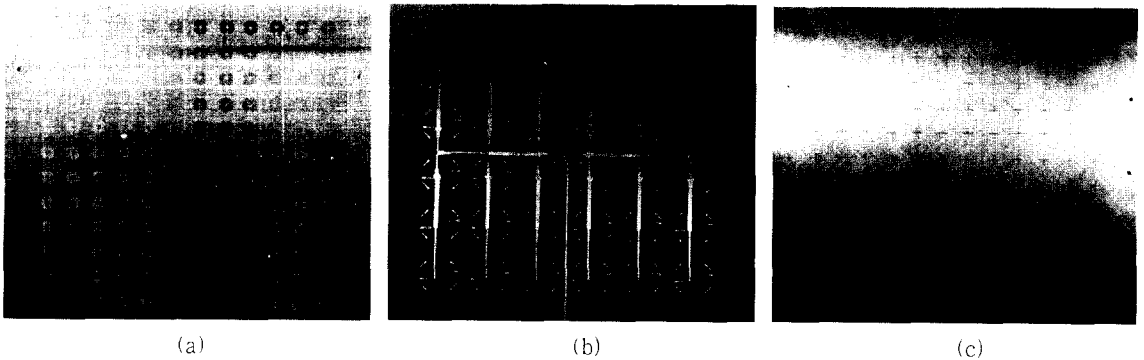


그림 14. 제작된 12×12 배열 안테나의 구조. (a) 복사소자, (b)급전기, (c)개구면.

Fig. 14. Configuration of 12×12 array antenna fabricated. (a) Radiator, (b) Feed network, (c) Aperture.

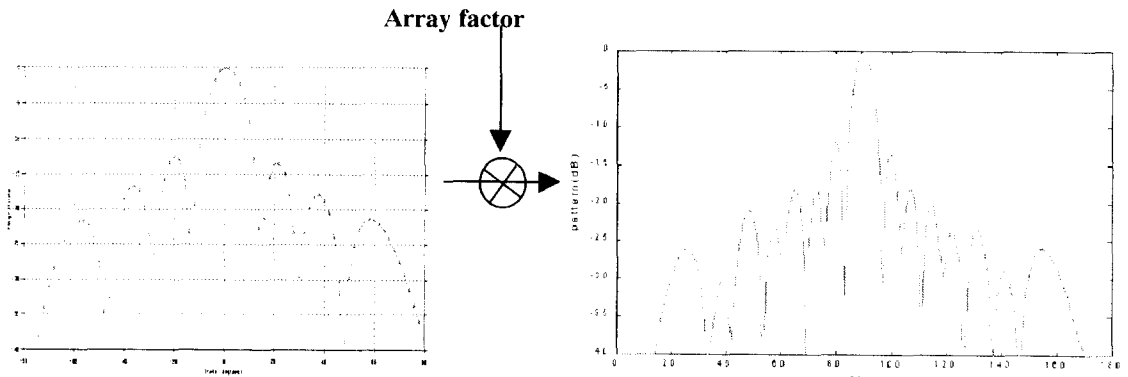


그림 15. 12×12 array의 계산된 패턴

Fig. 15. Calculated pattern of 12×12 array antenna.

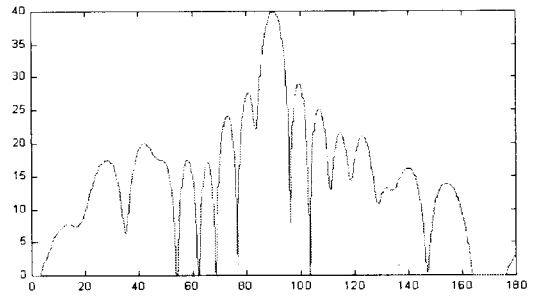
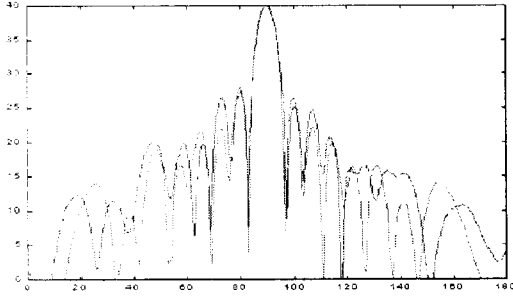


그림 16. Compact range에서 측정된 12×12배열 안테나의 elevation pattern(좌)과 azimuth pattern(우)
 Fig. 16. Elevation and azimuth pattern of 12×12 array antenna measured in Compact range.

위해 무한히 많이 나누어 직접 구하는 값에 비해, 서로간의 coupling을 무시하여 그 값이 덜 정확하지만 큰 구조의 반사 계수를 비교적 쉽게 구할 수 있어 많이 사용되고 있다. 물론 이 구조로는 gain, pattern, axial ratio 등의 수치는 계산해 낼 수 없으며, 단지 반사 계수만을 계산해 낼 수 있다. 그림 17을 이용하여 구한 결과는 그림 18의 위와 같다.

또한 제작된 12×12 배열 안테나의 반사 계수를 Network analyzer를 사용하여 측정하여 보았으며,

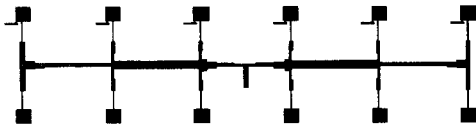


그림 17. 12×12배열 안테나의 전체 반사 계수를 구하기 위한 구조

Fig. 17. Configuration to calculate the total reflection coefficient of a 12×12 array.

그 결과는 그림 18의 아래에 나타나 있다. 그림 18에서 VSWR 2기준으로 볼 때, 시뮬레이션 치는 8~11.8 GHz 까지 31.8 %의 넓은 대역폭을 가지며, 측정치는 8.2~12.5 GHz까지 약 43 %의 simulation 보다 넓은 반사 계수 대역폭을 가짐을 알 수 있다. 또한 중심주파수는 Simulation의 10 GHz 공진에 비해 약 0.13 GHz 정도 이동 되었음을 알 수 있다.

그림 19의 왼쪽은 12×12 배열 안테나를 Compact range에서 측정한 axial ratio 특성을 나타낸다. 그림에서 9.7~11.3 GHz인 16 %의 넓은 3 dB axial ratio 특성을 가지며, 이 때 9.55 GHz에서 보이는 peak 부분은 측정 오차로 인해 발생하는 것으로 보이므로, 실제 대역폭은 더 넓을 것으로 생각된다. 그리고 그림 19의 오른쪽은 역시 Compact range에서 측정한 12×12 안테나의 gain 특성을 나타낸 것으로, directivity와 gain이 10.3 GHz에서 27.88 dB와 25.55 dB로 약 60 %의 효율을 가짐을 알 수 있다. 이때 directivity는 측정된 값이다. 이는 병렬 급전구조의 경우 8×8

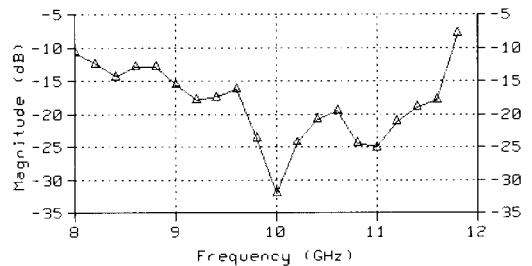
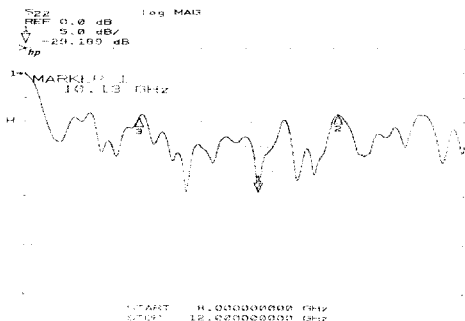


그림 18. 12×12 배열 안테나의 반사계수 특성(좌:측정결과, 우:시뮬레이션)

Fig. 18. Reflection coefficient characteristic of 12×12 array antenna (left: measurement, right: simulation).

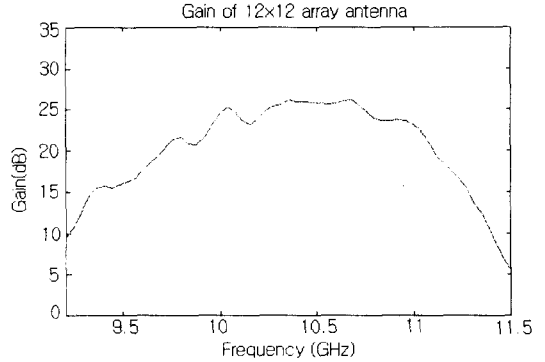
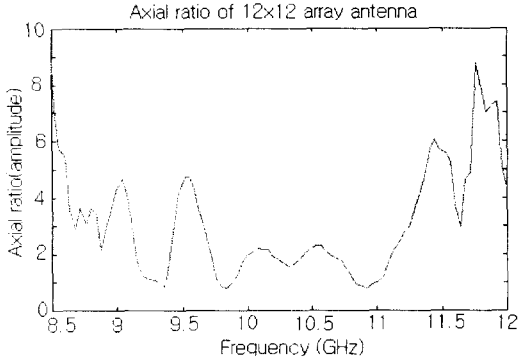


그림 19. 12×12 배열 안테나의 axial ratio 특성(좌)과 gain 특성(우) (Compact range)
 Fig. 19. Axial ratio and gain characteristic of 12×12 array antenna (Compact range).

배열에서 50 % 미만의 효율^[12]을 갖는 것에 비하여 높은 효율을 갖는 것으로 생각된다.

VI. 결 론

본 논문에서는 위성 송수신용 원형 편파 12×12 마이크로스트립 패치 안테나를 설계, 제작 및 측정하였다. 단일 소자로는 대역폭이 넓고 대형 배열 안테나에 적합한 개구면 결합형 환형 안테나를 사용하였다. 또한 배열 안테나에서 원형 편파 특성과 반사계수 특성을 향상시키는 sequential array 방법을 사용하였으며, 그 결과 12×12 배열 안테나의 경우 3 dB를 기준으로 한 axial ratio는 9.7~11.3 GHz의 넓은 대역폭을 가지며, 반사계수도 8~12 GHz의 넓은 대역 특성을 가졌다. 또한 대형 배열 안테나에서 발생하는 삽입 손실로 인한 gain의 감소를 막기 위하여 직-병렬 형태의 급전 방식을 채택하였다. 그 결과 6×2 배열 안테나는 17.1 dBi의 gain과 74 %의 효율을, 12×12 배열 안테나는 25.55 dBi의 gain과 60 %의 높은 효율을 갖는다. 배열 안테나의 방사 패턴은 본 교의 Compact Range와 near field 측정 장비를 이용하여 측정하였으며, 그 결과 6×2 배열 안테나는 12°의 3 dB 빔 폭과 -13 dB의 side-lobe level을, 12×12 배열 안테나는 6°의 빔폭과 -13 dB의 side-lobe level을 갖는다. 이러한 Circular polarization 특성과 gain 특성을 볼 때 위성 통신에 사용하여도 무방할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] J-F Zurcher and Ph. Gary-Balmaz, "Dual polarized, single and double-layer strip-slot-foam-inverted-patch(SSFIP) antennas," *MOTL*, vol. 7, no. 9, pp. 406-410, June, 1994.
- [2] Teshirogi, T., Tanaka, M. and Chujo, W., "Wideband Circularly Polarized Array with Sequential Rotation and Phase shift of Elements", *Proc. ISAP 85*, Tokyo, Japan, pp. 117-120, Aug., 1985.
- [3] M. Sawamura, M. Tabata and M. Haneishi, "Radiation Properties of Ring Microstrip Antenna Fed by Symmetric Cross Slot", *Proc. ISAP 95*, Newport Beach, California, pp. 2074-2077, June, 18-23, 1995.
- [4] V. Palanisamy and Ramesh Garg, "Analysis of Arbitrarily Shaped Microstrip Patch Antennas Using Segmentation Technique and Cavity Model", *IEEE Trans. on AP*, vol. AP-34, no. 10, pp. 1208-1213, October, 1986.
- [5] Keith R. Carver, James W. Mink, "Microstrip Antenna Technology", *IEEE Trans. AP-29*, no. 1, pp. 2-24, Jan., 1981.
- [6] Himdi, M., Daniel, J. P., and Terret, C, "Analysis of aperture-coupled microstrip antenna", *Electron. Lett.*, 1989, 25, pp. 391-392.

[7] Okoshi, T. and Miyoshi, T., "The Planar circuits-An approach to microwave integrated circuitry", *IEEE Trans. on MTT*, vol. 20, pp. 245-252, 1972.

[8] IEEE Standard Test Procedures for Antennas, IEEE, Inc. 1979.

[9] John Huang, "A Parallel-Series-Fed Microstrip Array with High Efficiency and Low Cross Polarization," *Microwave and Optical Tech. Lett.*, vol. 5, no. 5, pp. 230-233, May, 1992.

[10] C. A. Balanis, *Antenna theory analysis and design*, John Willey & Sons, INC. 1997.

[11] Ansoft coporation, Ensemble version 5.1, 1998.

[12] P. S. Hall and C.M. Hall, "Coplanar corporate feed effects in microstrip patch array design," *Proc. IEE*, vol. 135, pt. H, pp. 180-186, Jun., 1988.

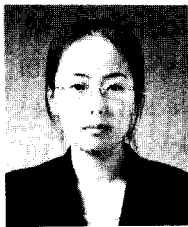
이 영 주



1994년 3월~1998년 2월: 인하대학교 전자공학과(공학사)
 1998년 3월~현재: 포항공과대학교 전자전기공학과 대학원 석사과정
 [주 관심분야] 초고주파 공학, 안테나 설계, EMI/EMC, 초고주파

능동 수동 소자

정 명 숙



1976년 11월 생
 1995년 3월~1999년 2월: 경북대학교 전자전기공학부(공학사)
 1999년 3월~현재: 포항공과대학교 전자전기공학과 대학원 석사과정
 [주 관심분야] 초고주파 공학, 안테나 공학, 마이크로스트립 안테나 설계 및 해석, EMI/EMC

테나 공학, 마이크로스트립 안테나 설계 및 해석, EMI/EMC

박 위 상



1952년 생
 1974년: 서울대학교 전자공학과(공학사)
 1982년: University of Wistconsin-Madison 전기공학과(공학석사)
 1986년: University of Wistconsin-Madison 전기공학과(공학박사)

1986년~1988년: Wichita State University 객원조교수
 1988년~현재: 포항공과대학교 전자전기공학과 조교수, 부교수, 교수
 1997년: Utah대학교 Gandhi 교수의 bioelectromagnetics 연구실 방문교수
 1995년~현재: MARC(국방부 및 국방과학연구소 지정 전자과특화연구센터) 안테나 연구실 실장
 [주 관심분야] 초고주파 공학, 안테나 공학, 마이크로스트립 위상배열 안테나 설계, 초고주파 대역 물질 상수 측정, 휴대폰 전파 SAR 계산 및 측정