

삼각형 격자를 갖는 순차 회전 배열 안테나의 설계

Design of Sequentially-Rotated Array Antenna with Triangular Lattice

진경수* · 정치현* · 박병우**

Kyung-Soo Jin* · Chi-Hyun Cheong* · Byoung-Woo Park**

요 약

모서리-절단 사각형 패치를 삼각형 격자 형태로 배열하고 순차 회전 기법을 이용하여 위성방송수신 대역에서 동작하는 LHCP 원형 편파 안테나를 설계한다. 삼각형 격자 형태의 순차 회전 기법을 사용한 안테나는 측비 대역폭, 교차 편파 특성 등을 개선하는 효과가 있으며, 급전 선로에 의한 방사를 최소화 하여 방사 패턴에 미치는 영향을 줄일 수 있다. 설계된 안테나는 $\phi=45^\circ$ 평면에서 DBS 배열 안테나의 부엽 준위 규격(-27 dB)과 교차 편파 준위(-20 dB)를 만족하고 있다.

Abstract

The LHCP circularly polarized antenna operating at the satellite broadcast receiving band is developed by employing the sequential-rotation technique in which each truncated-corner patch square element is arranged in the triangular lattice type. Antenna designed with sequentially-rotated technique of triangular lattice type has the effect of improved axial-ratio bandwidth, cross-polarization etc., and the degradation of radiation pattern can be reduced significantly by minimizing the radiation loss of feeding line structure. Characteristics of antenna designed is satisfied with specifications of array antenna for DBS that is -27 dB of side lobe level and -20 dB of cross-polarized level at $\phi=45^\circ$ plane.

I. 서 론

마이크로스트립 패치 안테나는 소형, 경량, 제조의 단순성 등의 장점이 있어 통신 시스템 등의 응용 분야에서 관심이 집중되고 있다. 특히, 마이크로스트립 배열 안테나는 소형 경량이 중요시되는 위성 통신 시스템과 같은 응용분야에 널리 사용되고 있다^{[1],[2]}. 그러나, 마이크로스트립 안테나 및 그 배열 안테나는 대역폭이 좁다는 단점이 있어, 넓은 주파수 범위에 걸쳐 원형 편파이면서 엄격한 교차 편파(-20 dB 이하) 특성을 만족해야 하는 위성방송수신

안테나로 설계하기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 배열을 구성하는 각 소자들을 정의된 기준 각도의 배수가 되도록 물리적으로 회전시키고, 동일한 진폭과 소자 개개의 회전 각도에 대응하는 위상 보상으로 여기하는 순차 회전 배열 안테나(sequential-rotation array antenna)를 사용한다^{[3]-[5]}.

순차 회전 배열 안테나는 배열면에 수직인 방향(boresight)으로 완전한 원형 편파를 방사하게 되며, 사용된 배열 안테나 소자의 편파에 의존하지 않는다^{[3],[4],[6]}. 그러나, 이러한 순차 회전 구조는 다중 반사, 급전 회로망 방사, 급전 위상 오차가 발생할 수

* 도립충북과학기술대학 전자과(Dept. of Electronics, Chungbuk Provincial Univ. of Science & Tech.)

**충북대학교 전기전자공학부(School of Electrical & Electronic Eng., Chungbuk National Univ.)

· 논문 번호 : 20000811-095

· 수정완료일자 : 2000년 9월 6일

있으며, 이 경우에는 교차 편파가 증가되고 축비 대역폭이 감소되는 단점도 있다⁵⁾.

4-소자 회전과 2-소자 순차 회전 구조는 이론적으로 다중반사가 없어야 하나, 실제 안테나 급전회로를 설계할 때는 180° 위상차를 갖고 균등 전력 분배기를 1개 또는 2개를 사용하고 여기에 필요한 위상만큼 선로길이를 조정하여 급전회로를 만든다. 이로 인하여 다중반사가 발생하게 되어 교차 편파 특성을 저해하고 있다.

본 논문에서는 교차 편파 준위가 낮은 DBS(direct broadcast satellite) 위성수신용 안테나를 설계하기 위해서 3소자 순차 회전 구조를 사용하였다. 3-소자 순차 회전 구조는 비균등 전력 분배기를 사용해야 하는 어려움은 있으나, 다중반사를 최소한으로 줄일 수 있어 교차 편파를 최대한 억제할 수 있다.

II. 삼각형 격자 배열

그림 1은 삼각형 격자로 배치된 소자의 배열을 나타낸다. 이 평면 배열의 배열 인자(AF, array factor)는 원 표시(●)와 삼각 표시(▲) 2개의 부평면 배열에 대한 AF의 합으로 생각할 수 있다⁷⁾. 삼각 표시의 부평면배열은 원 표시의 부평면배열로부터 x 와 y -축을 따라서 각각 d_x 와 d_y 만큼 옮겨져 있으며, 각 부평면배열에 대한 소자 간격은 x 와 y -축을 따라서 각각 $2d_x$ 와 $2d_y$ 이다. 원 표시의 부평면 배열에 대한 AF는 사각형 배열과 같고, 삼각 표시의 부평면배열에 대한 AF는 원 표시의 부평면배열부터 삼각 표시의 부평면배열의 이동을 고려하기 위해서 위상 인자(factor)를 곱한다. 2개의 배열 인자를 합하여 주 빔이 (θ_0, ϕ_0) 에서 형성되는 경우에 그림 1의 삼각형 격자로 배치된 배열 안테나의 배열 인자는 식 (1)과 같이 주어진다.

$$AF = \left[1 + e^{jk d_x (\sin \theta \cos \phi - \sin \theta_0 \cos \phi_0)} \cdot e^{jk d_y (\sin \theta \sin \phi - \sin \theta_0 \sin \phi_0)} \right] \cdot \left[\sum_m e^{j2m k d_x (\sin \theta \cos \phi - \sin \theta_0 \cos \phi_0)} \cdot \sum_n e^{j2n k d_y (\sin \theta \sin \phi - \sin \theta_0 \sin \phi_0)} \right] \quad (1)$$

여기서, $k = 2\pi/\lambda$ 이다.

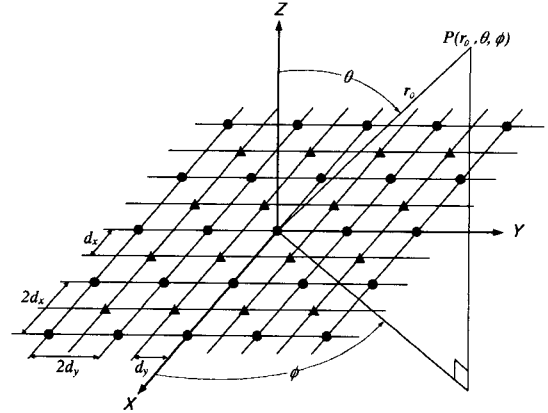


그림 1. 삼각형 격자로 배치된 소자의 배열
Fig. 1. Array of elements arranged in a triangular lattices.

배열 안테나의 빔은 식 (1)의 두 번째 괄호 안의 모든 항들이 동위상으로 합해질 때 형성된다. 이것은 식 (2)의 두 개의 연립 방정식에 의해서 정의된 각도 (θ, ϕ) 에서 발생한다.

$$\sin \theta \cos \phi = \sin \theta_0 \cos \phi_0 + \frac{p\lambda}{2d_x} \quad (2a)$$

$(p = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$

$$\sin \theta \sin \phi = \sin \theta_0 \sin \phi_0 + \frac{q\lambda}{2d_y} \quad (2b)$$

$(q = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$

여기서, $p+q$ 는 우수이다. $p=q=0$ 일 때 $\theta = \theta_0$ 와 $\phi = \phi_0$ 가 되어 주 빔 각도 위치가 된다. Grating 빔 각도 위치는 p 와 q 의 여러 조합으로 주어진다. 삼각형 격자 배열은 $(p+q)$ 가 우수일 때만 배열 인자에서 grating 빔이 형성되고, $(p+q)$ 가 기수일 때는 형성되지 않는다.

III. 순차 회전 부배열의 설계

3-1 원형 편파 소자

원형 편파의 배열 안테나를 제작할 경우 일반적으로 방사 효율을 고려하여 원형 편파의 패치 소자를 사용한다. 단일 마이크로스트립 패치가 원형 편파를 발생하는데는 기본적으로 두 가지 기법이 있

다. 하나는 두 개의 급전을 직각으로 위치시켜서 상호 90°의 위상차로 여기하는 사각형 또는 원형 패치, 다른 하나는 물리적으로 섭동한 패치에 단일 급전으로 여기시키는 방법이다. 후자의 방법에는 대각 슬롯을 갖는 사각형 패치 안테나, 대각 급전 근사 사각형 패치 안테나, 모서리-절단 사각형 안테나 등이 있다.

마이크로스트립 배열 안테나의 삽입 손실은 대부분 전력 분배용 급전선로에서 초래되므로, 급전선로의 길이와 복잡성을 최소로 하여야 한다. 따라서, 본 논문에서 모서리-절단 사각형 안테나의 단일 급전 방식을 채택하였다. 이 소자는 위에서 언급한 3가지 안테나 소자 중에서 최상의 축비를 제공하지만, 최소의 축비 대역폭을 나타낸다^[8]. 그러나, 단일 소자의 좁은 축비 대역폭은 순차 회전 기법을 사용하는 배열 안테나를 구성하여 어느 정도 개선시킬 수 있다. 본 논문에서는 Miaso 등이 제안한 방법^[9]을 사용하여 그림 2와 같이 모서리-절단 사각형 안테나를 설계하였다. 설계 파라미터는 비유전율은 2.5, 유전체 두께는 0.7874 mm이다.

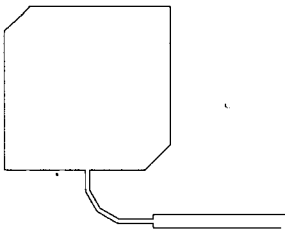


그림. 2. 단일 급전의 원형 편파 사각형 패치
Fig. 2. Circularly polarized square patch with a single input feed.

3-2 3-소자 순차 회전 배열 안테나

Teshirogi^[1]에 의해서 처음으로 안테나에 적용한 순차 회전 기법은 부배열에 사용된 각 소자들의 기준 축을 인접 소자의 기준 축에 대해서 일정한 각도 만큼 회전시켜 배열하는 방법으로써, 각 소자에 급전할 때에는 순차 회전 배열에 의해서 발생하는 위상 변화를 보상해 주어야 한다. 일반적으로 공동급전(coporate feed)에서 급전 점의 위상 변화는 선로 길이를 변화시켜 만든다.

순차 회전 기법에서 m 번째 패치의 위상은 기준 축의 물리적인 회전 ϕ_{pm} 과 급전 점의 위상 ϕ_{em} 으로 표현할 수 있다. 각 소자의 방사 특성이 ϕ -방향으로 $2\pi/n$ 의 각도 주기를 갖는다면 ϕ_{em} 과 ϕ_{pm} 은 각각 다음과 같이 주어진다^[4].

$$\begin{aligned} \phi_{em} &= (m-1) \frac{p\pi}{M} & 1 \leq m \leq M \\ \phi_{pm} &= (m-1) \frac{p\pi}{nM} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서, p 는 정수 ($0 < p < M$), M 은 방사 소자의 총 수, n 은 마이크로스트립 디스크 소자에 대한 모드의 수를 나타낸다.

첫 번째 소자의 전계 $E_1(\theta, \phi)$ 가 타원 편파 되었다고 가정하면 식 (4)와 같이 표현된다.

$$E_1(\theta, \phi) = a(\theta, \phi) \hat{\theta} + jb(\theta, \phi) \hat{\phi} \quad (4)$$

여기서, $\hat{\theta}$ 와 $\hat{\phi}$ 는 극좌표의 단위 벡터이다. M -소자 전계들을 모두 합하면 배열 전체의 전계가 얻어진다. 만일, 소자의 전계가 $\phi = 0$ 평면에서 $\cos \theta$ 에 의존한다고 가정하면, 전체 전계 $E_T(\theta, 0)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} E_T(\theta, 0) |_{\phi=0} &= \sum_{m=1}^M E_m(\theta, 0) \\ &= \sum_{m=1}^M \{ [a(\theta, 0) \cos n\phi_{pm} - jb(\theta, 0) \sin n\phi_{pm}] \hat{\theta} \\ &\quad + [a(\theta, 0) \sin n\phi_{pm} + jb(\theta, 0) \cos n\phi_{pm}] \hat{\phi} \} \\ &\quad \times e^{j(\phi_m - j\psi_m)} \end{aligned} \quad (5)$$

여기서, $\psi_m = (m-1)k_0 d \sin \theta$ 이다. 각 소자가 같은 형태이고, 동일 진폭으로 급전된다고 가정하면 상호 결합은 무시된다. 배열면에 수직인 방향 ($\theta = 0$)에서 전체 전계 E_T 는 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} E_T(0, 0) |_{\theta=\phi=0} &= \frac{M}{2} (a' + b') (\hat{\theta} + j\hat{\phi}) \\ &\quad + \frac{1}{2} (a' - b') (\hat{\theta} - j\hat{\phi}) \cdot \frac{\sin \frac{p\pi}{M}}{\sin \frac{p\pi}{M}} \\ &\quad \cdot e^{j \frac{(M-1)p\pi}{M}} \end{aligned} \quad (6)$$

여기서, $a' = a(0, 0)$, $b' = b(0, 0)$ 이다. 위 식

은 다음과 같이 축약하여 표현할 수 있다.

$$E_T(0, 0) = R(\theta + j\phi) + X(\theta - j\phi) \quad (7)$$

여기서, R 과 X 는 각각 기준 원형 편파와 교차 원형 편파의 전개 성분이다. 만일, $a' = b'$ 이면 교차 편파 성분 X 이 영이 되므로 순차 회전 배열 안테나는 완전한 원형 편파를 방사하게 된다. 또한, 교차편파 성분 X 는 $p \neq iM$ 일 때 영으로 된다. 여기서, i 는 정수이다. 이것은 $0 < p < M$ 이라는 것을 의미한다. 이 경우에서 타원 편파의 원천의 성분 a 와 b 는 기준 편파를 발생하도록 위상이 가해진다. 따라서, a 와 b 의 상대적인 위상과 진폭이 변할지라도 즉, 단일 급전 원형 편파 패치가 공진을 벗어날지라도 배열면에 수직인 방향 ($\theta = 0$)에서 편파 순도도는 유지된다. 결과적으로, 각 소자의 편파에 무관하게 순차 배열은 완전한 원형 편파를 발생하게 되고, 축비가 개선되므로 축비 대역폭이 넓어지는 효과가 있다.

방사 소자들이 입력반사계수 ρ 을 갖는다고 가정하면, 소자의 입력 부정합으로 인하여 입력 커넥터를 향하는 방향으로 급전선로의 전력 분배기로 입사하는 전압 V_r 는 다음과 같이 주어진다^[3].

$$V_r = V_0 \rho \sum_{m=1}^M e^{2j\phi_m} = 0 \quad (8)$$

여기서, V_0 는 각 방사 소자에서 입사 전압이고, 각 패치의 입력에서 정전류원을 가정한다. 식 (8)은 전력 분배기가 모든 방사 소자에 정합 되고, 소자와 전력 분배기 사이의 다중 반사가 만들어지지 않았다고 가정한다. 다중 반사의 영향을 고려하면 식 (8)은 다음과 같이 된다.

$$V_r = V_0 \rho \frac{\sin p\pi}{\sin \frac{p\pi}{M}} \exp \left\{ j \frac{(M-1)p\pi}{M} \right\} \quad (9)$$

위 식은 $0 < p < M$ 이 만족되면 $V_r = 0$ 이 되어 입력반사손실이 영이 될 것이다.

협대역의 원형 편파 소자인 모서리-절단 사각형 패치 3개를 그림 3과 같이 삼각형 격자로 구성하였다. 이와 같이 순차 회전 배열하면 원형 편파의 특성과 축비 대역폭을 개선할 수 있다. 또한, 전체 배열을 구성할 경우 대각 평면 ($\phi = 45^\circ$)에서 grating

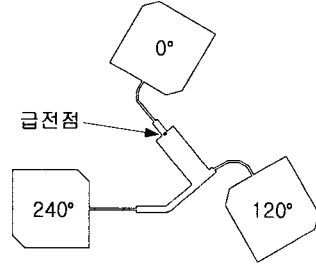
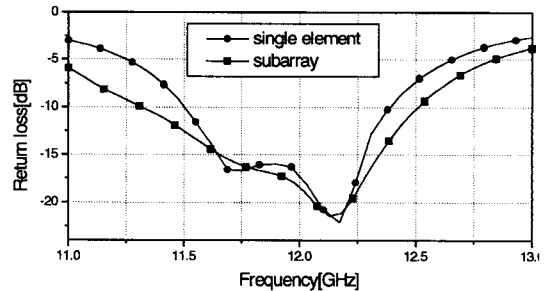


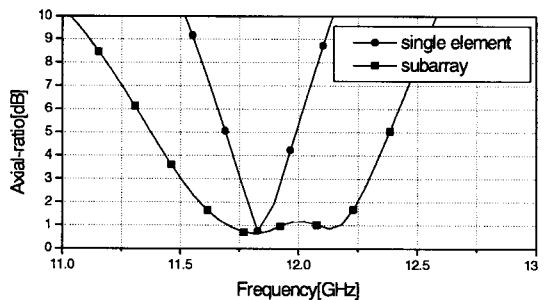
그림 3. 삼각형 격자의 순차 회전 부배열
Fig. 3. Sequentially-rotated subarray of triangle lattice.

빔이 나타나지 않도록 할 수 있는 장점이 있다.

그림 3에서 각 소자들의 물리적인 축은 0° , 120° , 240° 로 배열되었으며, 소자간의 간격(패치 중심점간)은 약 $0.78\lambda_0$ 로 하였다. 여기서, λ_0 는 자유공간 파장이다. 각 소자들에 급전되는 위상은 선로의 길이를 조절하여 설계하였다. 또한, 급전선로의 벤



(a)



(b)

그림 4. 단일 소자와 $M = 3, p = 2$ 부배열의 시뮬레이션 결과. (a) 입력반사손실, (b) 축비

Fig. 4. Simulation results of single element and $M = 3, p = 2$ subarray. (a) input return loss, (b) axial-ratio.

드로 인한 방사를 가급적 줄이기 위해서 굴곡을 완만하게 설계하였다.

그림 4는 단일 소자와 $M=3$, $p=2$ 인 부평면 배열을 Ensemble 4.0을 사용하여 시뮬레이션한 축비, 반사손실을 나타낸다. 그림 4에서 단일 소자의 시뮬레이션 결과는 반사손실의 10 dB 대역폭이 약 11.5~12.4 GHz (7.59%)이고, 축비의 3 dB 대역폭이 약 11.75~11.93 GHz (1.52%)이다. 또한, 부평면 배열의 시뮬레이션 결과는 반사손실의 10 dB 대역폭이 약 11.3~12.5 GHz (10.13%)이고, 축비의 3 dB 대역폭이 약 11.5~12.3 GHz (6.75%)이다. 이 결과로부터 순차 회전 구조의 부평면배열을 사용함으로써 입력 반사손실 대역폭과 축비 대역폭이 개선됨을 알 수 있다.

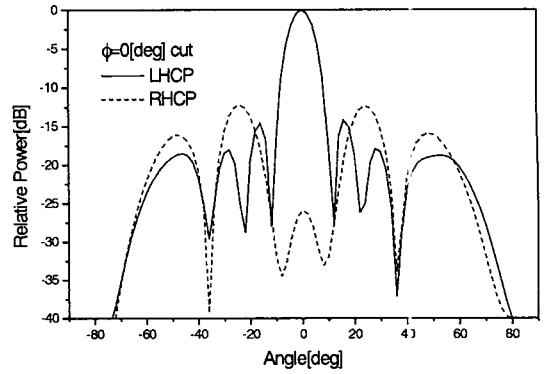
IV. 48-소자 배열 안테나

48개의 단일 소자를 사용하여 삼각형 격자로 LHCP 순차 회전 배열 안테나를 설계하였다. 그림 5는 48-소자로 구성된 순차 배열 안테나에서 급전선로를 고려하지 않고 시뮬레이션한 방사 패턴을 나타낸다.

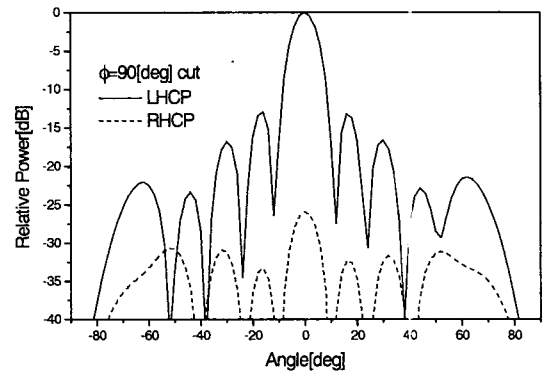
그림 5(a)는 $\phi=0^\circ$ 인 경우의 방사 패턴으로 -14.58 dB의 피크 부엽 준위와 -25.9 dB의 주빔 교차 편파 준위를 나타낸다. 그림 5(b)는 $\phi=90^\circ$ 인 경우의 방사 패턴으로 -12.94 dB의 피크 부엽 준위와 -25.9 dB의 주빔 교차 편파 준위를 나타낸다. 그림 5(c)는 $\phi=45^\circ$ 인 경우의 방사 패턴으로 -24.9 dB의 피크 부엽 준위와 -25.9 dB의 주빔 교차 편파 준위를 나타낸다.

그림 6은 제작한 48-소자로 구성된 삼각형 격자의 전체 순차 배열 안테나이다. 동일 평면에 공동 급전할 경우 급전선로에 의한 방사로 인하여 방사 패턴에 큰 변화를 초래할 수 있으나^{[10],[11]}, 순차 회전 구조로 배열 안테나를 설계할 경우 배열 안테나의 급전선로에 의한 다중반사를 소자수 (M)과 회전 정수 (p)의 조정으로 억제할 수 있다. 또한, 급전 선로의 급격한 변화를 지양하고 완만한 굴곡으로 설계하여 급전 방사의 영향을 감소시켰다.

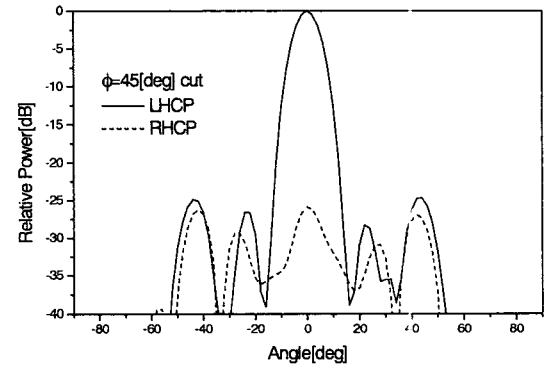
그림 6의 각 부배열의 전력 분배 점에서 마이크로 스트립 선로의 폭이 변한다. 이것은 적절한 임피



(a)



(b)



(c)

그림 5. 방사 패턴의 시뮬레이션 결과. (a) $\phi=0^\circ$ 평면, (b) $\phi=90^\circ$ 평면, (c) $\phi=45^\circ$ 평면.

Fig. 5. Simulated radiation pattern of array. (a) $\phi=0^\circ$ plane, (b) $\phi=90^\circ$ plane, (c) $\phi=45^\circ$ plane.

던스 정합으로 각 소자에 균일한 전력을 분배하기 위한 설계이다^[12]. 또한, 패치의 공진 특성으로 인하여 공진을 벗어나게 되면 소자의 입력 정합이 불충

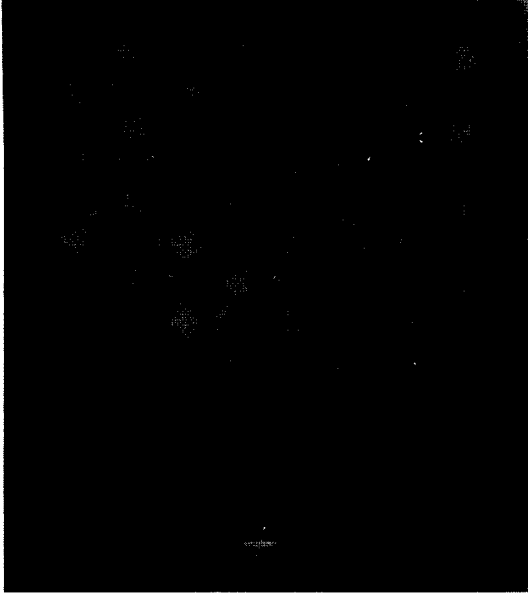
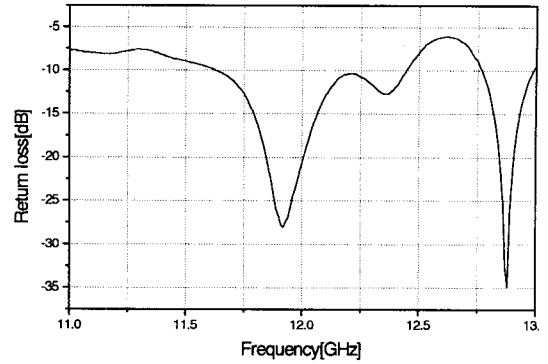


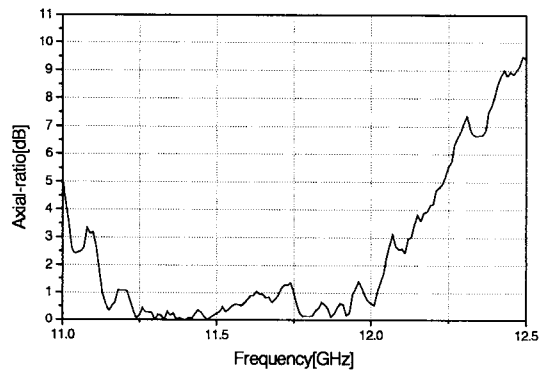
그림 6. 48-소자로 구성된 삼각형 격자의 전체 순차 배열 안테나
 Fig. 6. Full triangle sequential rotation-array with 48-elements.

분하게 되고, 패턴의 감퇴가 초래될 가능성이 있다. 이를 방지하기 위해서 각 부배열의 전력 분배는 Wilkinson 전력 분배기를 사용하여 균일한 전력 분배를 제공하도록 설계하였다. 신호의 다중 반사가 거의 제거되도록 배열의 모든 접합 점에서 임피던스 정합을 하여 삽입 손실을 줄이도록 설계하였다. 전체 배열에서 2개의 인접 패치 소자들 간의 간격은 $0.78\lambda_0$ 이며, 설계된 배열 안테나의 크기는 $13\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ 이다. 마이크로스트립 패치와 선로를 비유전율은 2.5, 유전체 두께는 0.7874 mm의 유전체 기판 (Taconic TLX-9)에 에칭하였다.

그림 7은 전체 배열 안테나의 입력 반사손실과 축비를 측정된 결과이다. 그림 7(a)는 벡터 네트워크 아날라이저 HP-8740C를 사용하여 입력 반사손실을 측정된 결과로 반사손실의 10 dB 대역폭이 약 11.62~12.44 GHz (6.92%)을 나타내고, 그림 7(b)은 축비를 측정된 결과로 축비의 3-dB 대역폭이 약 11.1~12.07 GHz (8.19%)을 나타내고 있다. 그림 7(a)의 입력 반사손실 대역폭이 부배열의 경우보다 개선되지 않은 것은 축비의 질을 개선하기 위해서



(a)



(b)

그림 7. 전체 배열의 측정 결과. (a) 입력 반사손실, (b) 축비.

Fig. 7. Measurement results of the full-array. (a) input return loss, (b) axial-ratio.

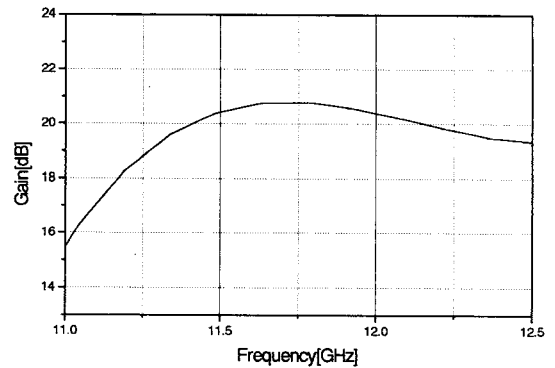


그림 8. 전체 배열의 이득 측정 결과
 Fig. 8. Measured gain of the full-array.

Wilkinson 전력 분배기를 사용하였기 때문이다. 또한, 그림 8은 전체 배열 안테나의 이득을 측정한

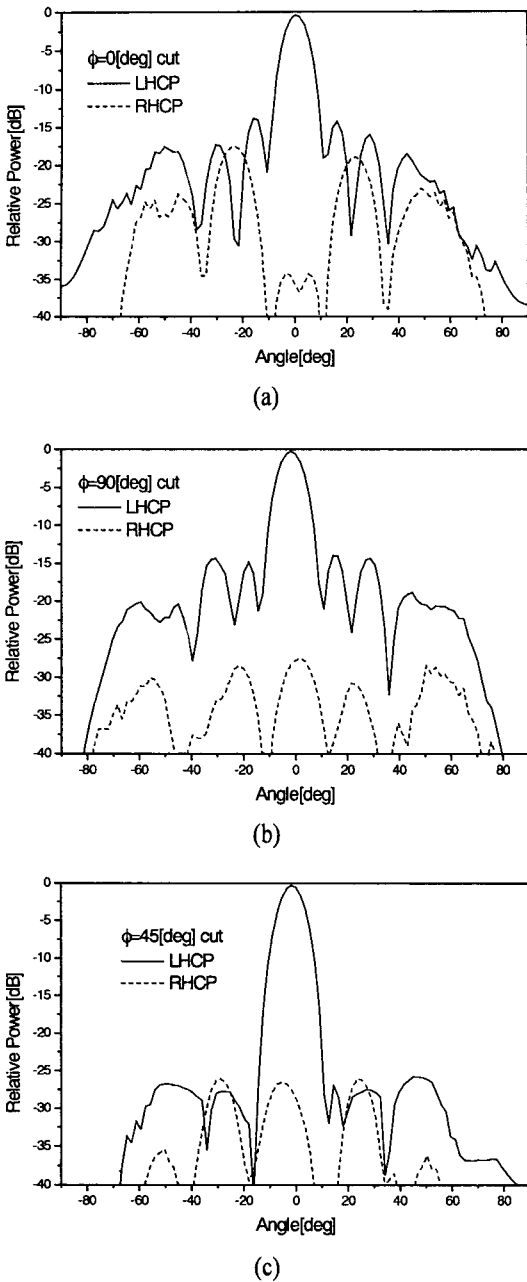


그림 9. 방사 패턴의 측정 결과. (a) $\phi=0^\circ$ 평면, (b) $\phi=90^\circ$ 평면, (c) $\phi=45^\circ$ 평면

Fig. 9. Measured radiation pattern of array. (a) $\phi=0^\circ$ plane, (b) $\phi=90^\circ$ plane, (c) $\phi=45^\circ$ plane.

결과로 중심 주파수인 11.85 GHz에서 20.67 dB을 나타내고, 최대 이득이 20.8 dB을 보였다. 설계된 안테나의 이득은 DBS 주파수 대역에서 20 dB 이상

을 나타내고 있다.

제작된 그림 6의 전체 배열 안테나를 11.85 GHz에서 방사 패턴을 측정하였다. 그림 9는 2개의 주 평면($\phi=0^\circ$ 과 $\phi=90^\circ$ 절단)과 대각 평면($\phi=45^\circ$ 절단)에서 HP-NSI255C 시스템을 이용하여 측정한 방사 패턴의 결과이다. 그림 9(a)의 $\phi=0^\circ$ 절단에서 방사 패턴은 -13.79 dB의 피크 부엽 준위와 -35.69 dB의 주빔 교차 편파 준위를 나타낸다. 그림 9(b)의 $\phi=90^\circ$ 절단에서 -14.82 dB의 피크 부엽 준위와 -27.75 dB의 주빔 교차 편파 준위를 나타낸다. 그림 9(c)의 $\phi=45^\circ$ 절단에서 -25.75 dB의 피크 부엽 준위와 -28.73 dB의 주빔 교차 편파 준위를 나타낸다. 측정한 방사 패턴은 시뮬레이션 결과와 비교할 때 모든 평면에서는 양호한 일치를 보였다.

그림 9의 방사 패턴에서 주 빔에 스량이지만 교차 편파가 발생한 것은 소자의 편파 오차 및 급전 오차로 인한 것으로 생각된다. 주빔 교차 편파의 준위는 모든 평면에서 -20 dB 이하를 보이고 있다. 특히, 그림 9(c)의 대각 평면($\phi=45^\circ$) 방사 패턴에서 부엽 준위가 주빔에 비해 -25.75 dB 이하로 나타나고 있어 DBS 규격을 거의 만족함을 알 수 있다.

V. 결 론

중심 주파수 11.85 GHz에서 동작하는 LHCP 원형 편파 안테나를 삼각형 격자 형태로 순차 회전 기법을 이용하여 설계하였다. 부평면배열은 $M=3$, $p=2$ 로 설계하였다.

급전 선로를 완전한 굴곡이 되도록 설계하여 급전 방사를 최소화하여 방사 패턴에 미치는 영향을 줄였다. 또한, 정합 전력 분배기를 사용함으로써 소자와 급전 점의 부정합을 제거하여 측비 대역폭이 개선되도록 하였다.

측정 결과 $\phi=0^\circ$ 과 $\phi=90^\circ$ 평면에서 부엽 준위가 각각 -13.79 dB와 -14.82 dB를 보였으며, $\phi=45^\circ$ 평면에서 부엽 준위는 -25.75 dB를 얻었다. 배열에서 진폭 테이퍼링 방법을 사용하면 부엽 준위를 더 낮출 수 있을 것이다. 특히, 주평면과 대각 평면의 주빔에서 교차 편파 준위가 -20 dB 이하를 보였고, $\phi=45^\circ$ 평면에서 부엽 준위가 -25.75 dB 정도가

되어 DBS의 배열 안테나 부엽 준위 규격을 거의 만족하고 있다. 따라서, 48-소자 이상의 배열을 구성한다면 더 향상된 안테나의 특성이 얻어져 DBS용 안테나로써 적합할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Haneishi, M., "A circularly polarised SHF planar array composed of microstrip pairs elements," *Proc. ISAP 85*, Toko, Japan, August 1985, pp. 125-128.
- [2] Sheehan, P. G., and Forrest, J. R., "Satellite-borne active phased array techniques for mobile communications," *IEE Proc. F, Commun., Radar & Signal Process.*, 1986, 133, (4), pp.339-344.
- [3] T. Teshirogi, M. Tanaka, and W. Chujo, "Wideband circularly polarized array antenna with sequential rotations and phase shift of elements," presented at *Int. Symp. Antennas Propagat.*, ISAP '85, Tokyo, 1985.
- [4] Hall, P. S., Dahele, J. S., and James, J. R., "Design principle of sequentially fed wide bandwidth circularly polarized microstrip antennas," *IEE Proc. Pt. H*, vol. 136, no.5, pp.381-389, 1989.
- [5] Hall, P. S., "Application of sequential feeding to wide bandwidth, circularly polarized microstrip patch arrays," *IEE Proc. Pt. H*, vol. 136, pp.390-398, May, 1989.
- [6] J. Huang, "A technique for an array to generate circular polarization with linearly polarized elements," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-34, pp.1113-1124, Sept., 1986.
- [7] Eugene D. Sharp, "A triangular arrangement of planar-array elements that reduces the number needed," *IRE Trans. on Antenna & Propag.*, vol. AP-9, pp. 126-129, March, 1961.
- [8] P. C. Sharma and K. C. Gupta, "Analysis and Optimized Design of Single Feed Circularly Polarized Microstrip Antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.* vol. AP-31, no. 6, pp.949-955. November, 1983.
- [9] Misao Haneishi and Shinichiro Yoshida, "A Design of Circularly Polarized Rectangular Microstrip Antenna by One-Point Feed," *Electronics and Commun. in Japan*, vol. 64-B, no. 4, pp. 46-54, 1981.
- [10] HALL, P. S., and HALL, C. M., "Coplanar corporate feed effects on microstrip patch array design," *IEE Proc. H*, 1988, 135, (3), pp. 180-186.
- [11] 정치현, 진경수, 한정세, 박병우, "부엽 준위를 극소화한 이중 원형 배열 패치 안테나의 설계," *한국통신학회*, vol. 24, no. 9B, pp.1676~1682, 1999.
- [12] S. Rengarajan, D. C. Chang, and J. Huang, "Computer-aided design of printed antennas and arrays," *Short Course Notes*, Univ. of WA, Seattle, WA, June, 1994, pp. JH21-JH34.

진 경 수



1984년 2월: 충남대학교 전자공학과(공학사)

1995년 8월: 충북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1998년 8월: 충북대학교 대학원 전자공학과(공학박사수료)

1986년 2월~1988년 2월: 광전자

연구소

1998년 3월~현재: 독립충북과학기술대학 전자과 조교수
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 마이크로파 회로 설계

박 병 우



1977년 2월: 한양대학교 전자통신공학과(공학사)

1983년 3월: 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사)

1991년 8월: 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학박사)

1977년 6월~1981년 3월: 육군통

신학교 교수부중계학처 교관

1984년 5월~1989년 2월: 동양공업전문대학 조교수

1989년 3월~현재: 충북대학교 전기전자공학부 교수

1995년 11월~1996년 3월: Texas Austin대학 방문교수

[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 초고주파 회로 설계, 초음파 응용

정 치 현



1996년 2월: 대전산업대학교 전자공학과(공학사)

1999년 2월: 충북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1999년 3월~현재: 독립충북과학기술대학 전자과 초빙연구원

[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 마이크로파 회로 설계