

고지향성 구현을 갖는 K-밴드 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 설계

論 文
56-1-26

The Design of a K-Band 4x4 Microstrip Patch Array Antennas with High Directivity

李 河 英* · 金 炯 碩†
(Ha-Young Lee · Hyeong-Seok Kim)

Abstract - In this paper, two 4x4 rectangular patch array antennas operating at 20 GHz are implemented for the satellite communication. The sixteen patch antennas and microstrip feeding line are printed on a single-layered substrate. The design goal is to achieve high directivity and gain by optimizing design parameters through permutations in element spacing. The spacing between the array elements is chosen to be 0.736λ . Numerical simulation results indicate that the HPBW(Half-Power Beam Width) of the 4x4 patch array antenna is 18.78 degrees in the E-plane and 18.48 degrees in the H-plane with a gain of 17.18 dBi. Numerical simulations of a 4x4 recessed patch array antenna yield a HPBW of 18.71 degrees in the E-plane and 17.82 degrees in the H-plane with a gain of 19.43 dBi.

Key Words : Patch Antenna, Microstrip Feedlines, Planar Arrays

1. 서 론

위성통신이 급속하게 발달하고 보급됨에 따라 이에 맞는 안테나의 개발과 진보가 필요하다. 위성 통신은 대기권의 영향과, 지상과 대기권 밖의 위성과의 거리에 의해 전파의 감쇄현상이 크게 일어나는 문제로 인해, 일반적인 안테나보다 설계 시 다양한 상황 및 팩터에 주의를 요해야 한다. 위성과 지상 기지국 상호간의 통신은 좁은 빔폭과 높은 지향성 및 이득을 가진 한편, 다른 위성으로 인한 통신 간섭문제를 막기 위해 sidelobe를 최소화시킨 정교한 설계 및 제작기술이 집중된 안테나가 사용되고 있다[1].

일반적으로 위성 통신에 사용되는 안테나는 main lobe의 폭을 좁게 하고 이득을 높여 대기권의 감쇄 특성이 좋은 위성과의 통신에 가장 효율적인 파라볼릭 안테나가 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 위성 통신용 파라볼릭 안테나는 그 사이즈에 의해 개인 사용자가 사용하기 어렵고, 제작 및 생산면에서도 효율적이지 못한 단점이 있어, 크기를 되도록 줄이고도 원활한 위성 통신이 가능한 안테나의 개발이 필요한 실정이다.

패치 안테나는 작은 사이즈와 집적화가 쉽다는 장점 때문에 연구 및 응용 면에서 가장 많이 이루어지고 있다. 또한 어레이 안테나의 설계 시에도 원하는 특성을 쉽게 얻어낼 수 있는 반면 안테나의 사이즈는 다른 안테나에 비해 작게 만들 수 있어 현재 어레이 안테나의 기술에 많이 응용되고 있는 실정이다. 마이크로스트립 패치 어레이 안테나 역시 생산이 쉽고, 저렴한 가격과 작은 크기로 인해 앞으로의 모든 안

테나 및 레이더 통신용으로 사용 가능 범위가 확대될 것으로 예상되며 능동 소자와의 결합 및 그에 따른 동작 특성이 좋은 장점이 있다[2]. 이러한 장점을 바탕으로, 패치 안테나를 이용한 어레이가 위성 통신 및 군용 통신 안테나 또는 레이더로 각광받고 있다.

본 논문에서는 위성 통신 대역인 20GHz에서 동작하는 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나를 설계하고 안테나의 특성과 방사패턴을 해석하였다. 각 단위 안테나에 적절한 급전을 위한 전력 분배기를 이용해 균일한 급전이 이루어지도록 한 균일 급전 네트워크를 채택한 균일 어레이(uniform array) 안테나이다[3][4]. 본 연구에서는 빔폭 +/-10°의 반전력 빔폭 및 20dBi의 이득을 정량적 목표치로 설정하였다. 어레이안테나의 설계 목표인 고이득과 고지향성을 확보하기 위한 다양한 고려 사항 및 sidelobe를 최대한 줄이는 기법들을 채택하였으며[5], 사이즈를 최소화하되 최대한 방사패턴의 지향성 및 고이득을 얻을 수 있도록 단위 안테나 간의 간격을 설계하였다. 간격을 선택함에 있어서 중요한 요소인 major lobe의 빔폭을 최대한 좁게 하는 한편, sidelobe들의 크기 최소화를 고려하였다. 마지막으로 각 단위 안테나들에 균일한 전력으로 급전하고 정합시키기 위한 급전 방법을 연구하고, 전력 분배기를 사용한 마이크로스트립 급전 네트워크를 설계하였다.

2. 본 론

단위 안테나로서 동작할 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 후 두 개의 단위 안테나에 균일하게 전력을 공급할 전력 분배기를 안테나의 임피던스에 정합시켜 설계하고, 단위 안테나 간 간격에 따른 어레이 팩터를 통해 최적의 간격값을 구한다. 마이크로스트립 급전 네트워크의 설계는 전력 분배기와 간격값을 토대로 하여 설계되며 2x2 서브어레이의

* 學生會員 : 中央大 工大 電子電氣工學部 碩士
† 교신저자, 正會員 : 中央大 工大 電子電氣工學部 正教授
E-mail : kimcaf2@cau.ac.kr
接受日字 : 2006年 11月 2日
最終完了 : 2006年 11月 30日

동작 성능을 분석하여 4x4 어레이를 최종 설계한다. 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 설계 절차는 그림 1의 플로우 차트를 따른다.

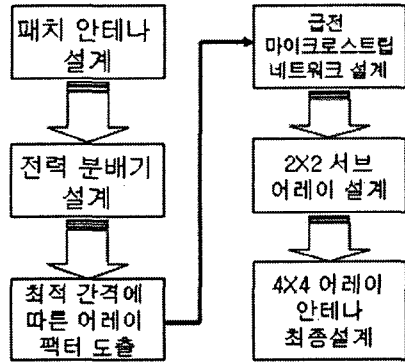


그림 1 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 설계절차
Fig. 1 Flowchart of the 4x4 microstrip patch array antenna design

2.1 패치 안테나의 설계

어레이 안테나의 단위로 사용될 패치 안테나의 기판은 유전율 2.33, 두께 0.775mm의 RT/ Duroid 5870을 사용하였다. 20GHz에서 동작하는 마이크로스트립 패치 안테나의 구조는 그림 2와 같다[6].

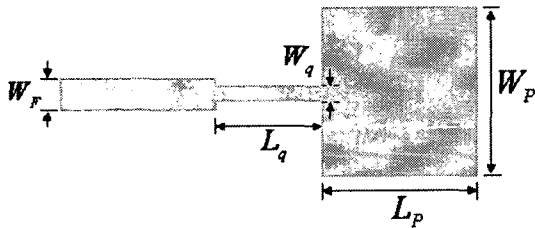


그림 2 마이크로스트립 패치 안테나
Fig. 2 Microstrip patch antenna

패치 안테나의 동작원리는 패치 안테나의 길이 L_p 의 양 끝 모서리를 두 개의 평행한 방사 슬롯이 위치한 선형 어레이로 두어 분석할 수 있다[7]. 안테나의 급전점에서 공진을 일으켜 급전점이 위치한 슬롯에서 방사가 일어나고 패치의 길이 $\lambda/2$ 만큼 전류가 흐르면 위상이 180° 반전되어 패치 반대쪽 슬롯에서 방사가 발생한다. 두 슬롯에서 방사된 전파는 서로 중첩되고 합성되어 main lobe를 형성한다. 그림 2에서 패치의 위쪽과 아래쪽 슬롯에서 방사되는 전파는 서로 상쇄되어 main lobe에 기여하지 못한다.

$$L_p = \frac{1}{2} \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_{eff}}} \tag{1}$$

$$W_p = \frac{1}{2f} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \tag{2}$$

식 (1)과 (2)에서 f 는 안테나의 동작주파수, ϵ_{eff} 는 유효 유전율, ϵ_r 은 기판의 상대유전율, c 는 자유공간에서 빛의 속도이다. 패치의 폭 W_p 는 패치 안테나의 효율적인 방사를 위한 변수로, 동작주파수에서 전파가 안테나로부터 최대한 방사가 일어날 수 있도록 패치의 방사되는 모서리의 길이를 결정한다. 패치의 길이 L_p 는 패치 안테나의 동작주파수를 결정하는 변수로, 패치의 방사 모서리간의 간격을 동작주파수의 파장의 1/2의 길이로 결정된다. 패치의 길이 L_p 는 식 (1)에 의해 4.2186mm로, 패치의 폭 W_p 는 식 (2)에 의해 5.8124mm로 설계되었고 패치를 100Ω의 임피던스를 가진 마이크로스트립과 연결하기 위하여 1/4λ 트랜스포머를 중간에 연결하여 패치와 급전선과의 임피던스를 정합하였다. 패치의 양 방사 슬롯을 어드미턴스와 컨덕턴스로 등가회로를 구성하여 방사 저항을 계산하면 384.6154Ω임을 알 수 있고[8], 급전선이 100Ω이므로 중간에 위치할 트랜스포머는 138.675 Ω의 임피던스를 갖도록 길이 L_q 를 2.807mm, 폭 W_q 를 0.2824mm로 하여 설계하였다. 100Ω의 임피던스를 가진 급전선의 폭 W_f 는 0.731mm로 설계하였다. 안테나의 설계는 이론에 의해 근사적으로 구한 수치를 기준으로 하여 모의실험을 통해 최적화된 값을 찾아 설계하였다.

패치 안테나의 다른 형태의 설계로 패치에서 급전선이 연결되는 부분에 두 개의 슬롯을 포함시키는 방법이 있다[6]. 기본적인 패치 안테나의 경우 임피던스의 정합을 위해 트랜스포머가 추가되어, 어레이 구현에 공간적인 제약이 있다면, 이 방법에는 슬롯을 포함시킴으로서 트랜스포머없이 임피던스를 정합시켜 어레이 구현에 장점을 보일 수 있다. 슬롯을 포함한 마이크로스트립 패치 안테나의 구조는 그림 3과 같다.

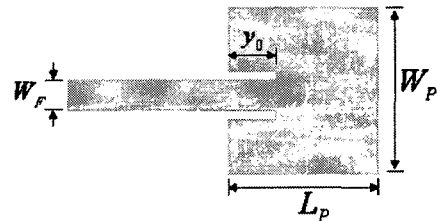


그림 3 패치에 슬롯을 포함한 마이크로스트립 패치 안테나
Fig. 3 Recessed microstrip patch antenna

W_f 가 100Ω의 임피던스를 가진 급전선이라면, 슬롯의 길이 y_0 에 의해 패치의 임피던스를 조절하여 정합을 시킬 수 있다. y_0 의 길이는 식 (3)에 의해 구할 수 있다.

$$R_{in}(y = y_0) = R_{in}(y = 0) \cos^2 \left(\frac{\pi}{L_p} y_0 \right) \tag{3}$$

식 (3)의 $R_{in}(y=y_0)$ 은 슬롯의 길이가 y_0 일 때 패치의 저항 값이며, $R_{in}(y=0)$ 은 슬롯이 없을 때의 패치의 저항값이다. 슬롯이 길어질수록 패치의 저항값이 낮아지다가 $y_0 = L_p/2$, 즉 슬롯이 패치의 중간까지 오도록 길어지면 패치의 저항값이 0이 되며, 슬롯의 길이가 $L_p/2$ 를 넘어서면 다시 저항값이 높아진다. 슬롯을 포함하면 기생 커패시턴스가 발생하여 패치의 주파수가 미세하게 변하므로 패치의 변수인 L_p , W_p 를

조정하는 것이 필요하다. 현재 설계된 패치 안테나에서 $R_{in}(y=0)$ 은 384.6154 Ω 이며 $R_{in}(y=y_0)$ 은 100 Ω 이어야 하므로 식 (3)의 방정식을 통해 y_0 값을 구할 수 있다.

2.2 전력 분배기

균일한 전력을 패치 안테나로 전송하기 위해 전력 분배기의 사용이 필수적이다. 100 Ω 의 입력 급전선으로부터 균일하게 전력이 두 개의 100 Ω 마이크로스트립 출력으로 1/2씩 전송되어야 하므로 이를 연결하기 위해서 70.7 Ω 의 임피던스를 가진 1/4 λ 트랜스포머를 사용한다. 전력 분배기의 구조는 그림 4와 같다. 각 안테나에 연결되어 있는 마이크로스트립 W_1 의 폭은 100 Ω 의 임피던스를 가진 마이크로스트립 선로인 0.731mm이고, 트랜스포머의 폭 W_0 는 70.7 Ω 의 임피던스를 갖게끔 1.46mm, 길이는 2.727mm로 설계하였다. T-junction 부분은 입력과 출력 마이크로스트립 선로의 폭을 고려하여 설계되었다. T-junction 부분에서 움푹 파인 부분은 임피던스 정합과 반사 계수 및 삽입 계수를 높이기 위하여 0.7 W_1 만큼 깎아내었다[9]. 모의 실험으로 구한 전력 분배기의 각 파라미터는 그림 5와 같다.

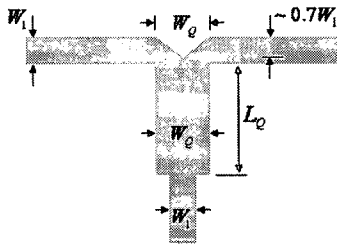


그림 4 전력 분배기의 구조
Fig. 4 The structure of the power splitter

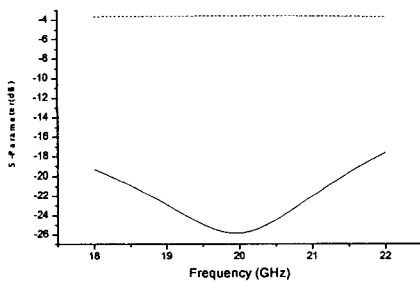


그림 5 전력 분배기의 S_{11} , S_{21} and S_{31} 파라미터
Fig. 5 The S-Parameters of the power splitter

2.3 4x4 어레이 설계

어레이 안테나는 패치안테나를 2차원 사각 평면 형태로 배열하였다. 어레이 안테나에서 안테나 원소간의 간격 (spacing)은 어레이 안테나의 빔폭을 결정하는 가장 중요한 변수이다. 원소간의 간격을 안테나의 동작주파수에서의 파장 $\lambda/2$ 이거나 그 이하로 간격을 결정하면 main lobe의 빔폭이 넓다는 단점이 있고, λ 이상으로 간격을 결정하면 main lobe의 폭이 좁아져 고지향성을 얻을 수 있는 장점이 있으

나 main lobe의 사방으로 sidelobe들이 크게 발생하여 안테나의 동작 특성에 좋지 못한 영향을 주게 되므로 0.7 λ 의 간격으로 원소들을 배열하는 것이 이상적이다. 이 경우 sidelobe들이 90도 간격으로 네 방향으로 발생할 수 있으나 main lobe에 비해 그 크기가 작으므로 안테나의 동작 특성에 큰 영향을 주지 못한다. 실제 적용 가능한 안테나의 설계를 위해서는 main lobe와 sidelobe의 크기차는 13dB 이상이어야 한다. 설계된 안테나에서 원소간의 간격은 원래의 파장에서 유효유전율만큼 나눈 값인 유효파장 11.0446mm (=0.736 λ)를 선택하였다.

어레이 안테나의 방사패턴을 계산할 때 안테나의 어레이 팩터를 계산하여 각 원소의 전개값과 곱하여 방사 패턴을 구한다. 원소가 xy -plane에 사각형 형태로 배열되어 놓여져 있고, x 축 방향으로 M 개, y 축 방향으로 N 개의 원소가 d_x , d_y 의 간격으로 놓여져 있으며 안테나로부터 방사되는 전파는 +z방향으로 진행된다고 가정할 때 어레이 팩터는 식 (4)에 의해 얻어진다[6].

$$AF_n(\theta, \phi) = \left\{ \frac{1}{M} \frac{\sin\left(\frac{M}{2}\psi_x\right)}{\sin\left(\frac{\psi_x}{2}\right)} \right\} \left\{ \frac{1}{N} \frac{\sin\left(\frac{N}{2}\psi_y\right)}{\sin\left(\frac{\psi_y}{2}\right)} \right\} \quad (4)$$

$$\psi_x = kd_x \sin \theta \cos \phi + \beta_x \quad (5)$$

$$\psi_y = kd_y \sin \theta \sin \phi + \beta_y \quad (6)$$

식 (4)의 어레이 팩터는 구형좌표 θ 와 ϕ 에 관한 함수이며 어레이 팩터를 통해 어레이 안테나의 main lobe와 minor lobe의 크기를 구할 수 있다. 식 (5)와 (6)의 ψ_x , ψ_y 는 식 (4)의 x 축 및 y 축 방향으로 어레이 원소간의 상대 위상이다[6]. k 는 wavenumber이며, β_x , β_y 는 x 축, y 축으로의 어레이 원소간의 급전 위상차이다. 식 (4)에 의해 어레이 팩터를 구할 때, 같은 원소들의 크기와 원소 간 간격을 두는 유니폼 어레이의 경우 모든 어레이 원소들에 동일한 크기와 위상의 입력 신호가 인가될 때 최대값의 어레이 팩터를 얻을 수 있으므로, 각 패치원소에 연결되는 급전선의 길이와 폭은 모두 동일하게 설계하여 위상의 차이가 없도록 하였다. 설계된 안테나에서는 원소간의 급전 위상차는 없는 것으로 한다.

패치 원소간의 거리에 비해 급전선의 폭이 비교적 넓은 편이므로 마이크로스트립을 꺾어 급전 구조의 사이즈를 줄

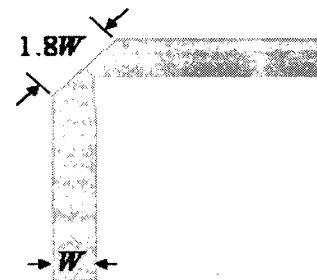


그림 6 Chamfered bend의 구조
Fig. 6 The structure of the chamfered bend microstrip

어나갔다. 손실을 최소화하고 마이크로스트립을 꺾기 위해 그림 6과 같이 마이크로스트립의 폭 W 의 1.8배로 꺾은 부분을 깎아내었다. 또한 급전선과 패치 단위 안테나간의 상호 커플링 현상을 최소화하기 위하여 최적의 간격값을 모의실험을 통해 찾아내었다.

두 패치 안테나를 이용한 2x2 서브어레이 안테나의 구조는 그림 7과 같다. 패치 원소들과 급전선간의 상호 커플링 효과에 의해 동작 주파수가 미세하게 변화하므로 모의 실험을 통해 최적화된 값을 찾아 동작주파수를 조정하였다. 이 경우 급전선과 트랜스포머는 고정시키고 패치의 길이 L_p 를 변수로 하여 주파수를 조정하였다.

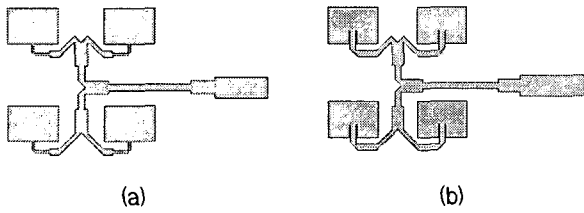


그림 7 2x2 패치 서브어레이 안테나의 구조
 (a) 마이크로스트립 패치 어레이 안테나
 (b) 슬롯을 포함한 패치 어레이 안테나
Fig. 7 The structure of the 2x2 patch subarrays
 (a) Microstrip patch array antenna
 (b) Recessed microstrip patch array antenna

2.4 결과 및 고찰

안테나의 모의실험을 통한 결과 예측 및 선행 분석은 CST Microwave Studio로 수행하였다. 모의실험 결과를 통해 2x2 패치 서브어레이 안테나의 반전력 빔폭(HPBW)은 E-plane에서 35.6°, H-plane에서 33.3°의 값을 얻었으며 이득은 13.3 dBi였다. 슬롯을 포함한 패치의 2x2 서브어레이 안테나는 E-plane에서 35.6°, H-plane에서 34.7°의 값을 얻었고 이득은 15.5 dBi였다. 두 안테나의 방사 패턴은 그림 8, 그림 9와 같다.

설계된 두 2x2 패치 어레이 안테나를 서브어레이로 이용하여 두 종류의 4x4 패치 어레이 안테나를 제작하여 반사계수 및 방사패턴을 측정하였다. 방사 패턴은 반사계수의 측정을 통해 두 안테나의 각 중심주파수값을 얻어 해당 주파수에서 측정하였다. 모의 실험에 의해 얻은 4X4 패치 어레이 안테나의 방사패턴은 그림 11과 같다. 반전력 빔폭은 E-plane에서 16.1°, H-plane에서 17.8°이며, 이득은 18.38 dBi였다. 측정 결과에 의한 마이크로스트립 패치 안테나를 단위 안테나로 한 4x4 패치 어레이 안테나의 반사계수는 그림 10, 방사 패턴은 그림 12와 같다. 실제 측정을 통해 얻은 4x4 패치 어레이 안테나의 반사 계수는 중심주파수 19.36 GHz에서 -21.06dB의 값을 얻었다. 반전력 빔폭(HPBW)은 E-plane에서 18.78°, H-plane에서 18.48°의 값을 얻었으며 이득은 17.18 dBi의 값을 얻었다. 모의 실험 결과에 비해 반전력 빔폭은 E-plane과 H-plane 각각 1°정도의 오차를 보였으며, 이득은 1.2dB의 오차를 보였다. 모의 실험에 의해 얻은 슬롯을 포함한 4X4 패치 어레이 안테나의 방사패턴은 그림 14와 같다. 반전력 빔폭은 E-plane에서 16.3°, H-plane에서

18.2°이며, 이득은 18.23 dBi였다. 슬롯을 포함한 패치 안테나를 단위 안테나로 한 4x4 어레이 안테나의 측정 결과에 의한 반사계수는 그림 13, 방사 패턴은 그림 15와 같다. 또한 슬롯을 포함한 4x4 패치 어레이 안테나의 반사 계수는 중심주파수 18.95 GHz에서 -24.98 dB의 값을 얻었다. 반전력 빔폭(HPBW)은 E-plane에서 18.71°, H-plane에서 17.82°의 값을 얻었으며 이득은 19.43 dBi였다. E-plane과 H-plane에서 반전력 빔폭은 각 2° 1회 오차를 보였으며 이득은 모의 실험 결과에 비해 1dB 더 크게 나타났다. 그림 10과 그림 13의 두 안테나의 반사계수를 통한 중심주파수의 오차는 각각 3.36%, 5%로 모의 실험 및 제작상의 오차를 고려하였을 때 적절한 오차범위 내로 접근하였음을 확인할 수 있다. 제작된 두 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나는 그림 16과 같다.

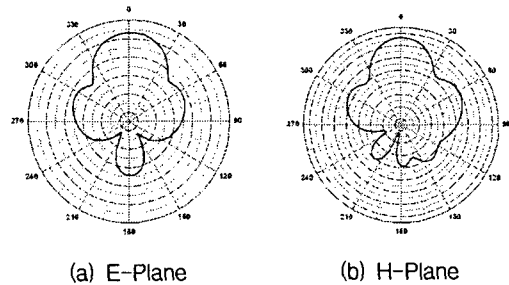


그림 8 모의실험에 의한 2x2 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 방사 패턴
Fig. 8 The simulated radiation pattern of the 2x2 microstrip patch array antenna

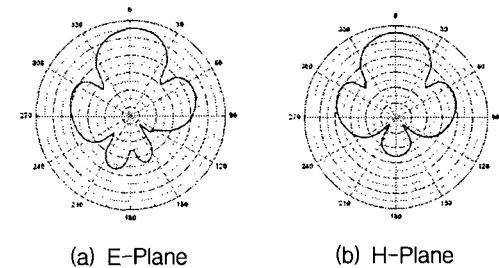


그림 9 모의실험에 의한 슬롯을 포함한 2x2 마이크로스트립 패치 서브어레이 안테나의 방사 패턴
Fig. 9 The simulated radiation pattern of the 2x2 recessed microstrip patch array antenna

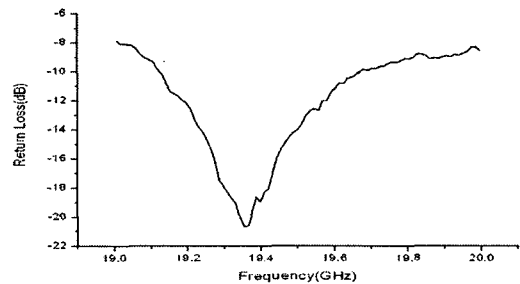


그림 10 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 반사계수 측정 결과
Fig. 10 The measured return loss of the 4x4 microstrip patch array antenna

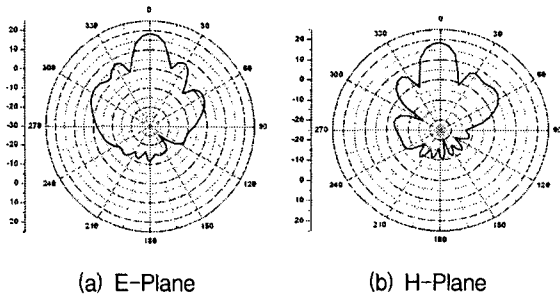


그림 11 모의 실험에 의한 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 방사 패턴

Fig. 11 The simulated radiation pattern of the 4x4 microstrip patch array antenna

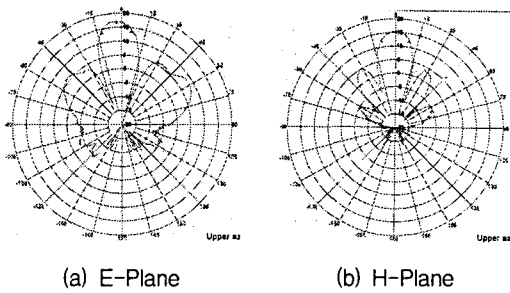


그림 12 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 방사 패턴의 측정 결과

Fig. 12 The measured radiation pattern of the 4x4 microstrip patch array antenna

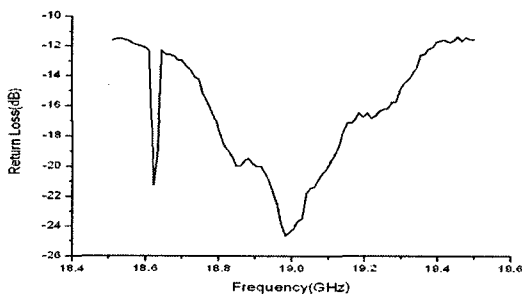


그림 13 슬롯을 포함한 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 반사계수 측정 결과

Fig. 13 The measured return loss of the recessed 4x4 microstrip patch array antenna

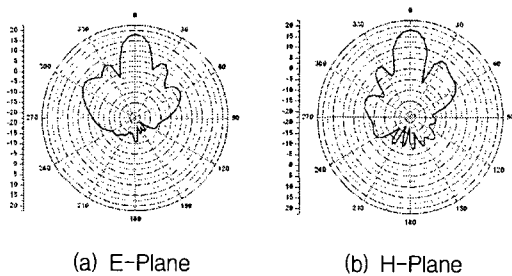


그림 14 모의 실험에 의한 슬롯을 포함한 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 방사 패턴

Fig. 14 The simulated radiation pattern of the recessed 4x4 microstrip patch array antenna

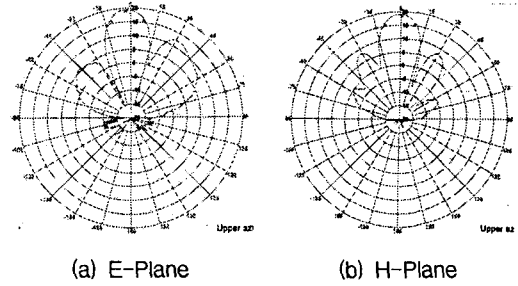


그림 15 측정한 슬롯을 포함한 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 방사 패턴

Fig. 15 The measured radiation pattern of the recessed 4x4 microstrip patch array antenna

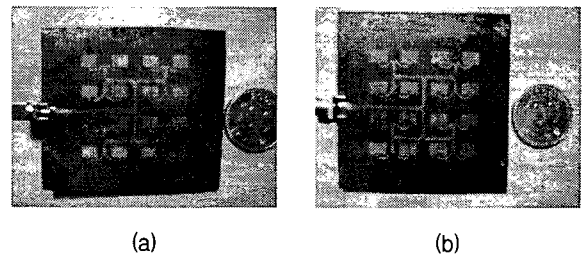


그림 16 제작된 두 4x4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나 (a) 마이크로스트립 패치 어레이 안테나 (b) 슬롯을 포함한 패치 어레이 안테나

Fig. 16 Fabricated two 4x4 microstrip patch array antennas (a) Microstrip patch array antenna (b) Recessed microstrip patch array antenna

두 어레이 안테나의 이득의 오차는 모의 실험에 의해 예상한 결과와 비교적 일치한다. 설계 및 구현이 용이한 슬롯을 포함한 4x4 패치 어레이 안테나의 경우에 방사 패턴에서 높은 이득을 얻은 것으로 확인되었다. 반면 두 어레이 안테나 모두 E-plane에서 2.5씩 빔이 쏠린 것이 확인되었는데, 이는 각 단위 안테나로 연결되는 급전선의 길이들 간에 미세한 차이가 존재하는 것을 의미한다. 이 급전선들의 미세한 길이 차는 설계 또는 제작과정에서 발생하는 것으로, 안테나로 급전되는 전류의 위상차를 만들어내어 main lobe가 한쪽으로 기울어지게 된다. 특히 이 E-plane에서 확인 가능한 main lobe의 기울어짐 현상은 2x2 서브어레이의 설계과정에서 발생한 오차임을 알 수 있다. 특히 제작 중에 급전선에 발생한 마이크로스트립의 패임 현상이 전류의 경로를 설계에 비해 길게 만드는 것으로 분석된다. 결과적으로 패치안테나에서 방사되는 양쪽 슬롯에서의 빔이 정확히 합성되지 못하여 main lobe는 한쪽으로 기울어지게 된다. 또한 sidelobe들이 상당히 크게 생성되어 main lobe에 비해 10 dB 이내의 차를 보이는 것을 그림 12와 그림 15의 방사패턴에서 확인할 수 있다. 실제 적용 가능한 sidelobe들과 main lobe의 크기 차이는 13dB 정도의 값이며, 이는 단위 안테나 간 간격이 최적의 간격에 비해 크다는 것을 의미한다. 중심주파수에서의 오차, main lobe가 한쪽으로 쏠리는 현상 및 네 방향으로 방사되는 sidelobe들이 main lobe의 크기를 고려할 때 비교적 크게 생성되는 문제들에 의해, 제안된 안테나를

실제 적용하기 위해서는 오차들의 원인을 분석하여 보다 정교한 설계과정 및 제작과정이 필요함을 확인할 수 있었다. 본 안테나가 실제 적용이 가능하도록 하기 위해서는, 이러한 오차들은 향후 연구를 통해 필수적으로 해결되어야 할 과제이다.

3. 결 론

높은 지향성을 얻고 안테나의 사이즈를 최대한 작게 구현함으로써 패치 어레이 안테나의 장점을 모두 살린 위성 통신용 패치 어레이 안테나의 연구로서, K-밴드에 해당하는 20 GHz의 주파수에서 동작하고, 4x4의 어레이 패치 안테나를 연구하고 설계하여 제작 및 측정하였다. 기존에 다양한 형태로 연구된 패치 어레이 안테나들을 기본으로 하되, 어레이 원소의 수인 16개의 단위 안테나 수를 고정시키고 단위 안테나간 간격을 변수로 하여 안테나의 main lobe를 최적화시키는 연구가 진행되었다. 패치 단위 안테나 설계를 위해 두 형태의 패치 안테나를 설계하여 2x2 서브어레이의 모의 실험을 통해 적합한 어레이 단위안테나를 결정하였다. 방사 패턴에서 main lobe의 폭을 좁히고 sidelobe의 최소화를 위한 패치 단위 안테나 간의 최적 간격은 0.736λ 으로 선택하였다. 기판은 유전율 2.33, 두께 0.775 mm의 RT/Duroid 5870을 사용하였고 20GHz에서 동작하는 마이크로스트립 패치 안테나를 파장 길이만큼의 간격을 두었다. 4x4 패치 어레이 안테나의 반사 계수는 중심주파수 19.36 GHz에서 -21.06 dB의 값을 얻었으며, 유효전력 빔폭은 E-plane에서 18.78°, H-plane에서 18.48°, 이득은 17.18 dBi의 결과를 얻었다. 슬롯을 포함한 4x4 패치 어레이 안테나의 반사계수는 중심주파수 18.95 GHz에서 -24.98 dB, 유효전력 빔폭은 E-plane에서 18.71°, H-plane에서 17.82였으며, 이득은 19.43 dBi의 결과를 얻었다. 결과적으로 본 연구에서 설정한 정량적 목표치인 빔폭 +/-10°의 반전력 빔폭 및 20dBi의 이득은 측정 결과를 통해 달성하였음을 확인하였다. 본 논문을 통해 4x4 어레이의 16개의 패치 단위 안테나로 구성된 어레이 안테나를 이용하여 +/-10°이내의 빔폭, sidelobe의 최소화 및 20 dBi의 고이득을 구현하였다. 향후 진보된 연구와 보다 정교한 설계 및 제작과정을 통해 목표한 성능을 갖는 어레이 안테나의 연구 개발은 물론, 실제 위성통신 시스템에 적용 가능한 안테나의 구현이 가능할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 산학연 컨소시엄 과제의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

[1] Son, S.H., Park, U.H., Jeon, S.I. and Kim, C.J., "Low sidelobe design by position perturbation in mobile array antenna for satellite communications", *IEEE 59th Vehicular Tech. Conference*, vol. 1, May. 2004,

pp. 10-13.

[2] Malik, D.P.S., Eskell, J.M., Skeen, M.H., "Microstrip Patch Antennas for Space Application," *IEE Colloquium*, Jun. 1991, pp. 9/1-9/5.
 [3] 이하영, Braunstein, J., 김형석, "고이득 구현을 위한 K-밴드 4X4 마이크로스트립 패치 어레이 안테나의 설계", 한국정보통신설비학회 학술대회 논문지, 2006. 8, pp. 193-196.
 [4] Gray, D.P., Ravipati, C.B. and Shafai, L., "Corporate fed arrays with non radiating edge fed microstrip patches", *IEEE Antennas Propagat. Society International Symposium*, vol. 2, no.1, Jun. 1998, pp. 1130-1133.
 [5] Pozar, D.M. and Kaufman, B., "Design considerations for low sidelobe microstrip arrays", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.38, Aug. 1990, pp. 1176-1185.
 [6] Balanis, C. A., "Antenna Theory," JOHN WILEY and SONS, INC., 2005.
 [7] R.E. Munson, "Conformal microstrip antennas and microstrip phased arrays," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-22, no.1, Jan. 1974, pp. 74-77.
 [8] K.R. Carver and J.W. Mink, "Microstrip antenna technology," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-29, no.1, Jan. 1981, pp. 2-24.
 [9] Gupta, K.C., Garg, P., Bahl, I. and Bhartia, P., "Microstrip Lines and Slotlines," ARTECH HOUSE, INC., 1996.

저 자 소 개



김형석 (金炯碩)

1962년 10월 9일생. 1985년 서울대 전기공학 공학사 1987년 동 대학원 전기공학 공학석사, 1990년 동 대학원 공학박사, 1990년~2002년 : 순천향대 정보기술공학부 부교수, 1997년~1998년 : R.P.I 미국 방문교수, 2002년~현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 정교수, 주관심분야: 전자장 및 전자파수치해석, RF 및 무선통신, 전자장 교육, RF 및 마이크로웨이브 소자 해석 및 설계
 Tel : 02-820-5287
 Fax : 02-825-1584
 E-mail : kimcaf2@cau.ac.kr



이하영 (李河英)

1979년 3월 2일생, 2004년 중앙대 전자전기공학부 공학사, 2006년 중앙대 전자전기공학부 공학석사, 주관심분야 : RF 회로 및 안테나
 E-mail : hayoung79@hotmail.com