

도파관 시뮬레이터를 이용한 광대역 E-평면 너치 위상 배열 안테나 설계

The Design of a Wideband E-plane Phased Array Antenna using W/G Simulator

김 준 연 · 소 준 호 · 임 중 수

Jun-Yeon Kim · Jun-Ho So · Joong-Soo Lim

요 약

너치 안테나는 진행파형 안테나로서 공진형 안테나에 비해 광대역 특성과 넓은 빔 폭을 가지므로 광대역 위상 배열 안테나의 복사 소자로 사용되어진다. 본 논문에서는 단일 복사 소자의 해석으로 무한 배열 안테나를 모의할 수 있는 도파관 시뮬레이터를 이용하여 3 : 1 이상의 주파수 대역과 $\pm 45^\circ$ 의 빔 조향 범위를 만족하는 광대역 E-평면 너치 위상 배열 안테나를 설계하였다. 설계된 단일 소자의 등가회로 모델링을 통해 단일 소자와 무한 배열소자에서의 임피던스 특성을 비교하였으며, 설계된 결과를 이용하여 1×9 배열 E-평면 너치 위상 배열 안테나 전체를 해석하였다. 이때 구해진 안테나간 상호 결합 계수를 이용하여 각 소자의 빔 조향 각도에 따른 능동 반사 계수를 구하였으며, 능동 소자 패턴을 통해 빔 조향에 따른 이득의 변화를 살펴보았다.

Abstract

Notch Antenna is a travelling wave type antenna and can provide multioctave operation in phased arrays that scan over wide angle. In this paper, we designed a wideband E-plane phased array antenna using E-plane waveguide simulator which has a bandwidth of 3 : 1 and a scan volume of $\pm 45^\circ$ in E-plane. We compared impedance of single antenna and infinite array antenna using equivalent circuit modeling. We analyzed full structure of 1×9 phased array antenna and we evaluated active reflection coefficient with variation of beam scan angle through mutual coupling coefficient acquired from simulation and investigated the variation of antenna gain with variation of active element pattern as beam scan angle is varied.

Key words : Notch Antenna, Waveguide Simulator, Active Reflection Coefficient, Active Element Pattern

I. 서 론

너치(Notch) 안테나는 공진형 안테나가 아닌 진행파형 안테나로서 자유공간과의 임피던스 정합을 용이하게 할 수 있도록 개구면(Aperture)을 크게 하고, 복사면까지 원충영역의 길이를 길게 하면, 단일 복사 소자만으로도 광대역 주파수 특성을 얻을 수

있다. 단일 소자의 빔 폭(Beam Width)은 비교적 넓으면서 전개 및 자계 평면의 크기가 거의 동일하므로 넓은 빔 조향 범위를 가지는 위상 배열 안테나의 복사 소자로 사용되어진다^{[1],[2]}.

그러나 위상 배열 안테나에서는 복사 소자의 간격이 빔의 조향 범위에 의하여 결정되어지므로, 개구면 크기가 빔 조향 범위에 의하여 제한된다. 특히

국방과학연구소 기술연구본부 2부(Technical Research Center Microwave division, Agency for Defense Development)

· 논문 번호 : 20020813-097

· 수정완료일자 : 2002년 11월 18일

광대역 주파수를 사용하는 시스템에서는 복사 소자의 간격이 최상위 주파수에 의하여 결정되므로, 하위 주파수에서의 개구면 크기는 더욱 열악한 조건이 되며, 이러한 경우 인접해있는 소자들간의 상호 결합(Mutual Coupling)이 크게 작용하게 된다. 그러므로 낮치 안테나를 이용한 위상 배열 안테나에서 사용 주파수 대역과 빔 조향 범위를 극대화하기 위해서는 제한된 개구면 크기와 상호 결합 특성을 고려하여 복사 소자를 설계하여야 한다^[3].

본 논문에서는 위상 배열 안테나의 단일 복사 소자로 사용되어지는 낮치 안테나의 구조와 특성에 영향을 미치는 변수에 대해서 알아보았으며, 배열 안테나에서 정의되는 능동 반사 계수(Active Reflection Coefficient)에 대해 논하였다. 또한 단일 복사 소자의 해석으로 무한 배열 소자를 모의할 수 있는 도파관 시뮬레이터 방법을 통해 3:1의 광대역 특성과 방위각 $\pm 45^\circ$ 의 빔 조향 범위를 가지는 E-평면 선형 위상 배열 안테나를 설계하였다.

등가회로 모델을 통해 단일 복사 소자와 무한 배열 소자에서의 임피던스를 비교하였으며, 설계된 단일 소자를 E-평면으로 9개 배열시킨 안테나 전체를 해석하였다. 이때 얻어진 상호 결합 계수(Mutual Coupling Coefficient)를 이용하여, 빔 조향 각도에 따른 능동 반사 계수를 구하였으며, 배열 속에서의 소자 패턴인 능동 소자 패턴(Active Element Pattern)을 통해 빔 조향 특성을 살펴보았다.

II. 낮치 위상 배열 안테나

2-1 낮치 안테나의 구조

스트립 급전 낮치 안테나의 구조는 그림 1과 같으며, 그림에서 알 수 있듯이 복사 소자는 슬롯라인(Slotline)이 나팔처럼 확장되는 복사부와 스트립라인(Stripline)에서 슬롯라인으로 변환되는 변환부로 구성되어 있다. 낮치 안테나의 특성은 낮치의 확장되어지는 기울기(R)와 길이(L_s), 스트립라인 및 슬롯라인으로 구성되는 변환부분인 스트립라인 스테르브의 길이(R_{ST})와 각도(A_R), 슬롯라인 스테르브의 지름(D_{SL}), 스트립 라인 및 슬롯라인의 넓이(W_{ST} , W_{SL}), 안테나 길이(L), 개구면 높이(Aperture Height : H),

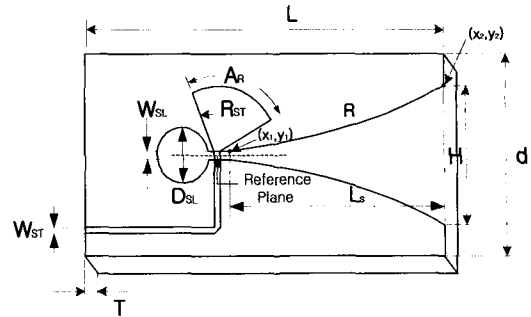


그림 1. 낮치 안테나의 구조 및 변수
Fig. 1. Structure and parameter of notch antenna.

안테나 높이(d), 기관의 유전율, 기관 두께(T)등 여러 가지 변수에 의해 변화한다. 스트립라인 스테르브와 슬롯라인의 스테르브는 광대역 특성을 구현하기 위해 원형 또는 부채꼴 모양을 가진다.

자유공간과의 임피던스 정합을 위한 안테나의 임피던스를 결정짓는 나팔형 제적의 모양은 다음 식에 의하여 결정된다^[2].

$$y = c_1 e^{Rx} + c_2 \quad (1)$$

$$c_1 = \frac{y_2 - y_1}{e^{Rx_2} - e^{Rx_1}}, \quad c_2 = \frac{y_1 e^{Rx_2} - y_2 e^{Rx_1}}{e^{Rx_2} - e^{Rx_1}}$$

2-2 위상 배열 안테나

위상 배열 안테나의 빔 조향 특성은 복사 소자의 배열 형태 및 간격에 의하여 결정되며, 반사 계수와 복사 패턴은 상호 결합을 포함하는 능동 반사 계수와 능동 소자 패턴으로 표현된다^{[3],[4]}.

위상 배열 안테나의 빔 조향 한계는 그레이팅 로브(Grating Lobe)의 발생에 의하여 제한되며, 최대 빔 운용각도에 대한 배열 안테나의 간격은 다음 식의 조건을 만족하여야 한다.

$$d \leq \frac{\lambda_h}{1 + \sin \theta_m} \quad (2)$$

이 식에서 λ_h 는 높은 주파수의 파장이며, θ_m 은 최대 빔조향 각이다.

낮치 안테나의 해석은 시간영역 및 주파수 영역에서 전자파 문제를 해석하는 상용 소프트웨어(CST-MWS, HFSS)를 사용하여 시뮬레이션을 하였다.

2-3 능동 반사 계수

위상 배열 안테나 시스템에서 빔을 원하는 방향으로 조향하기 위해서는 배열 안테나의 모든 복사 소자가 특정한 위상과 크기로 여기되어야 한다. 능동 반사 계수는 배열 내의 모든 복사 소자가 특정한 위상과 크기로 여기되었을 때, 각각의 복사 소자에서 정의되는 반사 계수로서 단일 소자의 반사 계수와는 다르다. 능동 반사 계수는 복사 소자간의 상호 결합을 포함하므로 특정한 방향을 조향했을 때, 자기 자신의 반사 계수와 주변 복사 소자에 의한 상호 결합으로 인해 특정 방향에서 전반사(Total Reflection)가 일어날 수 있다. 따라서 위상 배열 안테나를 설계할 때에는 빔 조향 범위 내에서 능동 반사 계수의 전반사가 일어나지 않도록 설계해야 하며, 일반적인 광대역 능동 위상 배열 시스템인 경우, 능동 반사 계수는 -10 dB 이하로 정하고 있다^{[2],[5],[7]}.

그림 2는 능동 반사 계수를 정의하기 위한 개념도로 각 복사 소자에서의 능동 반사 계수는 자기 자신의 반사 계수와 주위에서 결합되어 오는 결합 계수의 합으로 표현된다.

산란 행렬(Scattering Matrix)인 S_{mn} 은 n 번째 소자에 입력을 가했을 때, m 번째 소자에 결합된 값을 의미하며, 이 때 다른 복사 소자는 모두 정합조건을 만족하여야 한다. 빔 조향 각도 θ 의 변화에 따른 m 번째 소자의 능동 반사 계수는 식 (3)과 같이 산란 행렬에 의해 구할 수 있다^[4].

$$\Gamma_m(\theta) \equiv e^{jknds \sin \theta} \sum_{n=1}^N S_{mn} e^{-jknds \sin \theta} \quad (3)$$

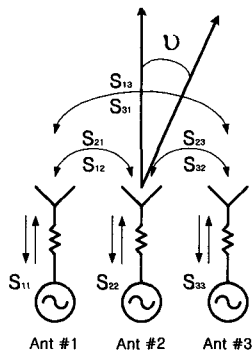


그림 2. 상호결합 개념도
Fig. 2. Mechanism of mutual coupling.

Ⅲ. 도파관 시뮬레이터

위상 배열 안테나를 설계 시 고려해야 할 문제점은 수치해석 프로그램의 한계로 인해 배열 소자의 개수를 크게 할 수 없다는 것이다. 따라서 배열 소자 수가 많은 위상 배열 안테나의 경우는 무한 배열 안테나로 가정하여 해석하게 된다. 설계 및 해석 방법으로는 주로 수치적 도파관 시뮬레이터(Numerical Waveguide Simulator) 또는 주기적인 경계조건(Periodic Boundary)에서의 플로켓 모드 합(Floquet Mode Summation)을 이용한 방법을 사용한다. 두 방법 모두 단위 격자(Unit Cell)속의 하나의 안테나를 해석하여 무한 배열 안테나의 효과를 얻을 수 있는 방법으로 수치해석 시 계산시간을 단축할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 전계와 자계의 영상원리(Image Theory)를 이용한 도파관 시뮬레이터를 이용하여 위상 배열 안테나의 단일 복사 소자를 설계하였다^{[5],[8]}.

그림 3은 E-평면으로 무한 배열되어 있는 선형 배열 안테나를 모의할 수 있는 E-평면 도파관 시뮬레이터이다. 넛치 안테나의 개구면에서의 전계는 그림 3과 같으며, 이때 배열 간격으로 완전 전계 도체(Perfect Electric Conductor) 경계가 놓여진다면, 전계의 영상이론에 의해 넛치 안테나의 개구면과 동일한 전계가 E-평면으로 무한 배열되게 된다. 그러므로 그림 3과 같은 단위 격자를 해석하여 얻은 반사 계수는 무한 선형 배열 안테나 각 배열 소자가 동일한 크기와 위상으로 동시에 급전했을 때 단위 격자로 결합되어 들어오는 상호 결합을 포함한 능동 반사 계수가 된다.

도파관 시뮬레이터를 이용한 방법은 단위 격자

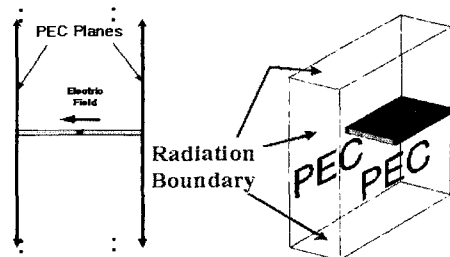


그림 3. E-평면 도파관 시뮬레이터
Fig. 3. E-plane waveguide simulator.

내의 하나의 안테나만 해석하기 때문에 설계 및 해석 시간을 줄일 수 있는 장점이 있으나, 도파관 시뮬레이터의 원리에 의해 빔 조향 각도가 0°일 때의 능동 반사 계수만 구할 수 있다는 단점도 있다. 하지만 위상 배열 안테나에서는 빔 조향 각도가 0°일 때의 성능이 안테나의 빔 조향 능력을 결정짓는 지표가 되기 때문에 도파관 시뮬레이터를 이용하여 최적의 능동 반사 계수를 갖는 안테나를 설계할 수 있다^[2].

IV. E-평면 선형 위상 배열 안테나 설계

본 논문에서는 3:1 광대역 주파수 대역에서 E-평면으로 ±45°의 조향 범위를 가지는 1×9 배열 소자를 설계하려고 한다. 각 소자의 간격은 식 (2)에 의해 29.29 mm보다 작아야 하며, 설계 목표는 3:1의 주파수 대역 내에서 운용 빔 조향 범위에 대한 능동 반사 손실이 -10 dB 이하가 되도록 정하였다. 이 값은 능동 VSWR로 표현하면 2:1이하를 의미하며, 일반적인 3:1이상의 광대역 주파수 범위에서 동작하는 능동 위상 배열 송수신 장치에서 요구되는 사양이다.

배열 안테나의 설계 방법은 E-평면 도파관 시뮬레이터를 이용하였으며, E-평면 선형 위상 배열 안테나의 단일 복사 소자로 사용되는 안테나의 주요 변수는 표 1에 나타내었다. 안테나 높이는 식 (2)와 유전율 기판 두께를 고려하여 26 mm로 결정하였다.

그림 4는 설계된 치수로 시뮬레이션한 단일 너치 안테나의 반사 손실이다. 시뮬레이션의 검증용 위해 시간 영역 및 주파수 영역 상용 프로그램으로 비교하였으며, 두 결과가 거의 일치하고 있음을 알 수 있다.

배열 소자의 복사 소자로 사용되는 너치 안테나

표 1. 너치 안테나의 주요 변수
Table 1. Parameter of notch antenna.

기판	R	0.05	W_{ST}	0.8 mm	
두께	유전율	L_S	29.85 mm	W_{SL}	1.1 mm
		R_{ST}	8 mm	L	50 mm
3.2 mm	2.2	A_R	82°	H	16 mm
		D_{SL}	7.2 mm	d	26 mm

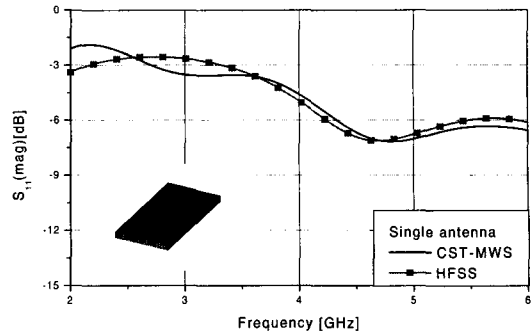


그림 4. 단일 복사 소자의 반사 손실
Fig. 4. Return loss of single element.

의 경우, 그림 4와 같이 낮은 주파수에서 반사 손실 성능이 떨어진다. 이러한 이유는 안테나 개구면의 크기가 2 GHz에서는 파장의 0.173 λ_L로서 너무 작기 때문에 자유공간과의 임피던스 정합이 어렵기 때문이다. 그러나 배열 상태에서는 인접한 복사 소자 사이에서 결합되어 오는 상호 결합으로 인해 능동 반사 손실의 성능이 향상된다.

4-1 등가회로 모델

설계된 단일 너치 안테나와 도파관 시뮬레이터에 있는 너치 안테나의 임피던스를 등가회로 모델을 이용하여 비교해 보았다.

등가 회로는 그림 5와 같이 구성되며, 스트립 라인 기준면(Reference Plane)에서 본 안테나의 전체 임피던스(Z_{RP})는 스트립라인 스텔브의 리액턴스(jX_{stub})와 안테나 임피던스(Z_A)의 직렬 연결로 표현된다. 안테나 임피던스는 실수 성분(R_A)과 허수 성분(jX_A)으로 나누어진다. 전체 임피던스는 안테나 전체 구조

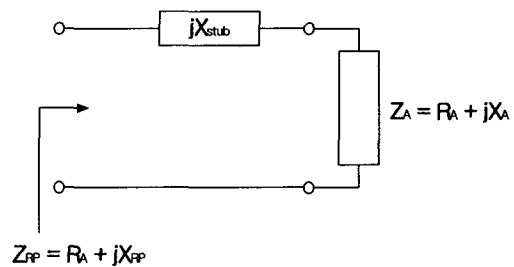


그림 5. 너치 안테나의 등가회로 모델
Fig. 5. Equivalent circuit model of notch antenna.

에 대한 해석을 통해 구할 수 있으며, 스트립라인 스테브의 리액턴스는 슬롯이 없는 단순한 스트립라인의 해석을 통해 구할 수 있다. 또한 스트립라인 스테브는 너치 안테나 내부에 있으므로 배열 간격 및 빔 조향 각도에 따라 변하는 안테나 사이의 상호 결합으로 인한 영향을 받지 않는다^[2].

안테나 정합을 위해서는 스트립라인으로 급전되는 저항이 안테나 저항과 같아야 하며, 안테나의 리액턴스와 스트립라인 스테브의 리액턴스(jX_{stub})가 서로 공액이어야 한다.

그림 6은 등가회로 모델을 통해 구한 안테나 임피던스의 저항 성분(R_A)으로 단일 복사 소자보다 E-평면 도파관 시뮬레이터의 결과가 전체 주파수대역에서 대체적으로 균일한 저항 값을 가지는 광대역 특성을 띠고 있다. 급전되는 스트립 라인의 저항은

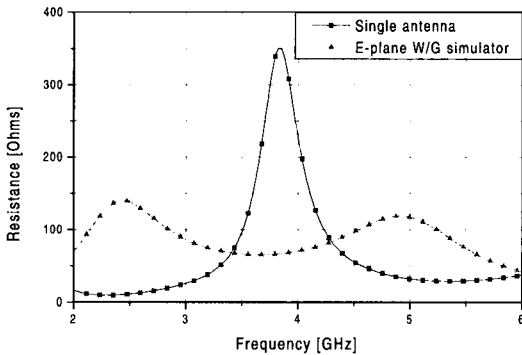


그림 6. 단일 복사 소자와 배열 소자의 안테나 저항
Fig. 6. Resistance of single and array element.

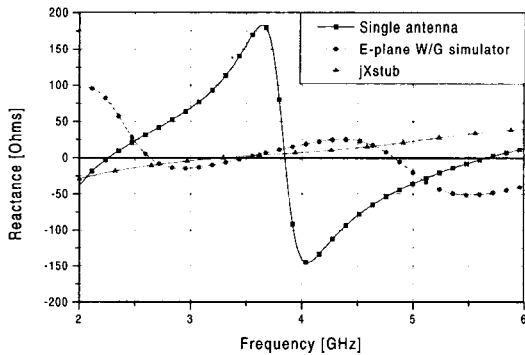


그림 7. 단일 복사 소자와 배열 소자의 안테나 리액턴스
Fig. 7. Reactance of single and array element.

안테나 정합을 위해 안테나 저항의 평균인 92.2 Ω 로 정하였다.

그림 7의 안테나 리액턴스(jX_A)도 E-평면 시뮬레이터의 리액턴스가 더 안정적이며, 스트립라인 스테브 리액턴스와의 정합에 더 적합함을 보인다.

4-2 E-평면 선형 위상 배열 안테나

빔 조향 각도에 따른 능동 반사 계수 및 능동 소자 패턴(Active Element Pattern), 빔 조향 특성을 구하기 위해서는 안테나 전체를 해석해야 한다. 그림 8은 설계된 단일 복사 소자를 E-평면으로 9개를 배열시킨 위상 배열 안테나이다. 배열 간격은 29.2 mm로 하였으며, 해석을 통해 얻어진 상호 결합 계수를 이용하여 빔 조향 각도 변화에 따른 능동 반사 계수를 구하였다.

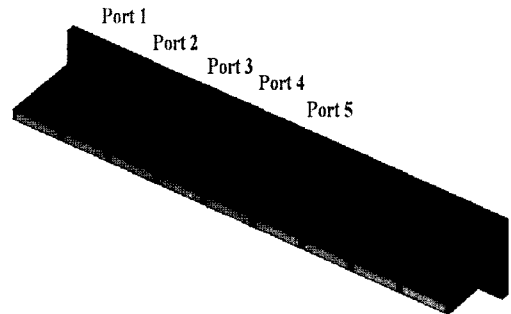


그림 8. 1×9 배열 E-평면 선형 위상 배열 안테나
Fig. 8. 1×9 E-plane linear phased array antenna.

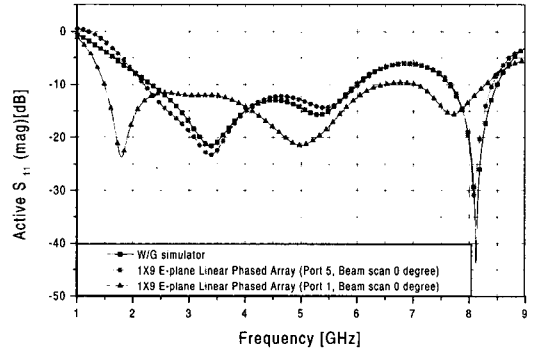


그림 9. 빔 조향각 0°에서의 능동 반사 계수
Fig. 9. Active reflection coefficient in beam scan angle 0°.

그림 9는 도파관 시뮬레이터를 이용하여 구한 무한 선형 배열 안테나의 능동 반사 계수와 빔 조향 각도가 0°일 때 1×9 배열 안테나의 중심에 위치한 5번째 소자 및 최 외곽 소자의 능동 반사 계수를 비교한 그림이다. 최 외곽 소자보다 가운데 소자의 특성이 무한 선형 배열 속에 있는 소자의 특성과 유사하며, 그림 9에서도 1×9 배열 선형 위상 배열 안테나에 있는 가운데 소자의 특성과 도파관 시뮬레이터 특성이 거의 일치하는 것을 볼 수 있다.

그림 10과 11은 빔 조향 각도에 변화에 의한 능동 반사 계수를 나타내고 있다. 최 외곽의 복사 소

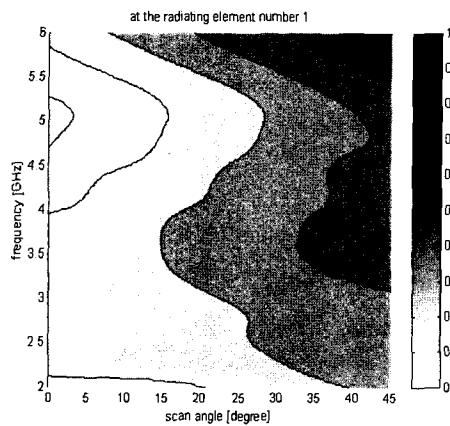


그림 10. 외곽소자의 능동 반사 계수
Fig. 10. Active reflection coefficient at edge element.

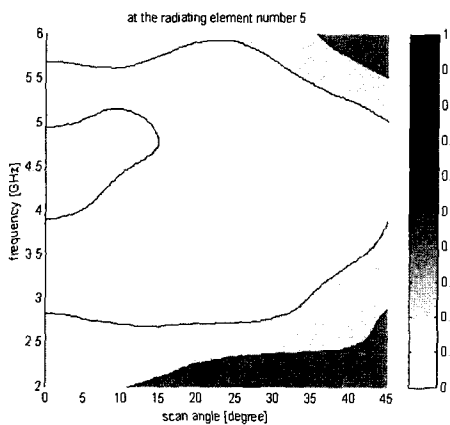


그림 11. 가운데 소자의 능동 반사 계수
Fig. 11. Active Reflection Coefficient at center element.

자는 빔 조향 각도가 0도일 때의 특성은 좋으나, 빔을 조향할수록 에지 효과(Edge Effect)로 인해 가운데 있는 5번째 복사 소자보다 특성이 떨어지게 되며, 배열 안쪽으로 들어갈수록 특성이 좋아진다. 배열이 클수록 안테나의 능동 반사 계수는 5번째 복사 소자의 능동 반사 계수와 같아진다. 그림 11을 보면 3:1의 주파수 대역과 빔 조향 범위인 $\pm 45^\circ$ 에서 능동 반사 계수가 원하는 설계 목표에 도달한 것을 알 수 있다.

그림 12와 그림 13은 E-평면과 H-평면에서 고립된 단일 소자의 빔 패턴과 배열 속에서의 능동 소자

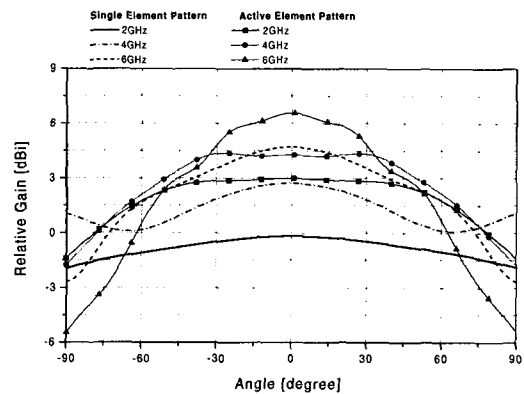


그림 12. E-평면에서의 단일 소자 패턴과 능동 소자 패턴
Fig. 12. Single element pattern and active element pattern in E-plane.

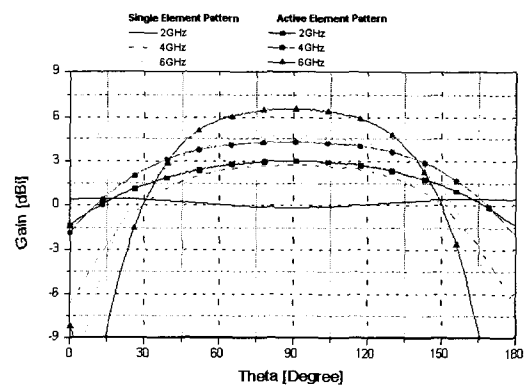


그림 13. H-평면에서의 단일 소자 패턴과 능동 소자 패턴
Fig. 13. Single element pattern and active element pattern in H-plane.

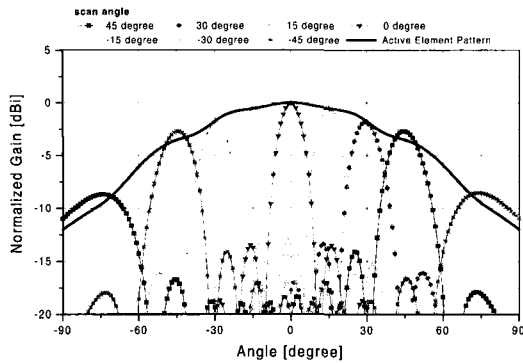


그림 14. 1×9 선형 위상 배열 안테나의 원거리 패턴
Fig. 14. Radiation pattern of 1×9 linear phased array antenna.

패턴을 비교한 그림이다. 능동 소자 패턴이란 배열 안테나에서 하나의 안테나만 급전하고 나머지는 부하로 정합시켰을 때 얻어지는 소자 패턴으로 배열 안테나 사이의 상호 작용을 포함하고 있으며, 실제 안테나의 빔 조향에 따른 이득 변화는 능동 소자 패턴의 변화를 따르게 된다^{[4],[6]}.

그림 14는 E-평면에서 빔을 조향하기 위해 각 배열 소자의 위상을 변화시키면서 동일한 크기로 급전했을 때 해석된 6 GHz에서의 빔 조향 특성이다. 정규화된 이득으로 나타내었으며, ±45°의 빔 조향 범위 내에서 각 배열 소자의 위상 차이에 따라 빔이 정확히 조향되는 것을 확인할 수 있다. 또한 빔 조향에 따른 이득의 감소는 -3 dB 이내의 우수한 특성을 가지고 있으며, 빔의 조향에 따른 이득의 변화는 능동 소자 패턴의 변화를 따라 가고 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 3:1 이상의 광대역 주파수 대역에서 운용되는 능동 위상 배열 송수신 장치에 사용될 배열 복사 소자인 스트립 급전 넛치 배열 안테나에 대하여 그 특성을 분석하였다.

먼저, 주파수 대역폭이 3:1 이상이면서 방위각 방향으로 ±45° 빔 조향이 가능한 1×9 E-평면 선형 위상 배열 안테나를 설계하였다.

E-평면 무한 배열 안테나의 상호 결합이 고려된

도파관 시뮬레이터를 이용하여 전자파 해석 시간이 크게 줄일 수 있었고, 이러한 도파관 시뮬레이터에서 설계된 동일한 복사 소자를 E-평면으로 9개 배열시킨, 안테나 전체를 해석하였다. 이때 얻어진 상호 결합 계수 및 능동 반사 계수를 구하여 무한 배열 안테나를 모의한 도파관 시뮬레이터의 결과와 비교한 결과 잘 일치함을 알 수 있었다.

광대역 주파수 대역 그리고 넓은 빔 조향 범위에서 -10 dB 이하의 만족할 만한 능동 반사 계수를 얻을 수 있었으며, 능동 소자 패턴을 통해 위상 배열 안테나의 빔 조향에 따른 이득의 변화를 알 수 있었다.

향후 연구 계획은 도파관 시뮬레이터를 이용한 복사 소자 설계 및 상호 결합 계수를 이용한 능동 반사 계수 계산 방법을 이중 편파를 가지는 평면형 광대역 능동 위상 배열 안테나의 특성 분석등에 적용하는 것이다.

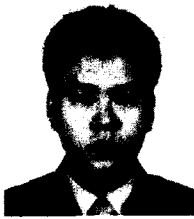
참 고 문 헌

- [1] P. J. Gibson, "The Vivaldi Aerial", *Proce. 9th European Mic. Conf.*, pp. 101-105, 1979.
- [2] Joon Shin, Daniel H. Schaubert, "A Parameter Study of Stripline-Fed Vivaldi Notch Antenna Arrays", *IEEE Trans. Antennas Propagat.* vol. 47, no. 5, May 1999.
- [3] James L. Armitage, "Electronic Warfare Solid-State Phased Arrays", *Microwave Journal*, February 1986.
- [4] D. M. Pozar, "Active Element pattern", *IEEE Trans. Antennas Propagat.* vol. 42, no. 8, August 1994.
- [5] Mark Kragalott, Willam R. Pickles and Michael S. Kluskens, "Design of a 5 : 1 Bandwidth Stripline Notch Array from FDTD Analysis", *IEEE Trans. Antennas Propagat.* vol. 48, no. 11, November 2000.
- [6] Y. Kuwahara, Y. Matsuzawa, H. Kitahara and M. Haneishi, "Phased array antenna with multilayer substrate", *IEE Proc.-Microw. Antennas Propag.*, vol. 141, no. 4, August 1994.

[7] Henlik Holter, "Element for wide-band and very wide-angle phased arrays", *Antenna and Propagation Society, 2001 IEEE International Symp.* vol. 2, pp. 440-443, 2001.

[8] 김준연 외 6명, "노치 안테나를 이용한 H-평면 광대역 선형 배열 안테나에 관한 연구", 2001년 추계 전파 및 광파기술 학술대회 논문집, pp. 60-63, 2001년.

김 준 연



1997년 2월: 서울시립대학교 전자공학과 (공학사)
1999년 2월: 서울시립대학교 전자공학과 (공학석사)
1999년 3월~현재: 국방과학연구소 연구원

[주 관심분야] 전자파 수치해석 및 위상배열안테나 설계

임 중 수



1978년 2월: 경북대학교 전자공학과 (공학사)
1987년 8월: 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
1994년 3월: Auburn University (공학박사)
1998년 3월~2002년 8월: 충남대학교 전자공학과 겸임 부교수

1980년 8월~현재: 국방과학연구소 책임연구원 전자탐지 탐장
[주 관심분야] 레이더 및 전자탐지 장비 설계, 안테나 설계 및 수치해석

소 준 호



1988년 2월: 서울시립대학교 전자공학과 (공학사)
1990년 2월: 서울시립대학교 전자공학과 (공학석사)
1990년 2월~현재: 국방과학연구소 선임연구원

[주 관심분야] 능동위상배열안테나 시스템 및 전자파 수치해석