

2차원 Quasi-optical 능동 배열 안테나에 관한 연구

A Study on A Two Dimensional Active Phased Array Antenna

김준모 · 윤형국 · 윤영중

Jun-Mo Kim · Hyung-Kuk Yoon · Young-Joong Yoon

요 약

본 논문에서는 위상천이기 없이 전 방향으로 빔의 주사를 가능하도록 하기 위해 기존의 능동 위상배열 안테나의 슬롯라인 결합구조를 이용하여 패치 안테나와 능동 소자를 Via-hole을 이용하여 접합함으로써 4×4 능동 위상배열 안테나를 설계하고 제작하여 그 특성을 고찰하였다. 제안된 이차원 능동 위상배열 안테나는 슬롯라인 결합구조를 이용하여 기생방사 결합에 의한 방사패턴의 왜곡을 방지하고, 전체 안테나의 크기도 최소화하며 FET의 바이어스 전압 조정으로 발진 주파수를 조정할 수 있도록 하였다. 4×4 소자를 이용하여 주파수 12.5 GHz에서 발진 주파수가 locking하는 배열된 능동 위상배열 안테나의 일차원 빔 주사 범위는 브로드사이드로부터 -17° ~ 18°로 나타났고, 시뮬레이션 결과와 대체로 일치했으나 사이드 로브 레벨이 약간 높게 나타났다. 이차원 빔 주사를 이용하여 $\phi_0 = 45^\circ$ 일 때의 빔 주사 범위는 -5° ~ 10°로 나타났다. 이를 이용하여 2차원 빔 주사에 응용할 수 있음을 확인하였고, 이것은 위성을 이용한 방송 및 통신 시스템이나 radar 시스템에 응용될 수 있을 것이다.

Abstract

In this thesis, a two-dimensional active phased array antenna without phase shifter is studied for two-dimensional beam scanning. A designed two-dimensional oscillator-type active array antenna, radiation elements and the oscillator circuits were combined with via-hole and coupled by slot on the opposite ground plane. The operating characteristics are analyzed and experimentally demonstrated. The two-dimensional 4×4 elements were designed for the proper coupling strengths and coupling phases by adjusting the width, length and offset position of slot-lines. The fabricated active phased array antenna shows the beam shift characteristic capable of scanning from -17° to 18° with respect to broadside in one dimension, from -5° to 10° in two dimension. The experimental results show that it is possible to use the oscillator-type active phased array antenna as a two-dimensional planar array antenna.

I. 서 론

최근 무궁화 위성의 성공적인 발사와 함께 본격적인 위성통신 시대의 막이 오름에 따라, 위성을 이

용한 통신 및 방송 등 다양한 서비스 이용을 위해 전 방향으로 빔 주사가 가능한 위상배열 안테나에 대한 연구가 필요하게 되었다^[1]. 위상배열 안테나는 안테나 소자간의 위상차를 이용하여 빔의 방향을 조절하고, 위상차를 얻기 위한 방법으로는 일반적인

「이 논문은 1998년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음」
연세대학교 전기·컴퓨터공학과(Dept. of Electrical & Computer Eng., Yonsei University)

· 논문 번호 : 991103-098

· 수정완료일자 : 2000년 2월 21일

로 마이크로스트립라인의 경로차를 이용한 위상천이기를 주로 사용한다. 이러한 위상천이기를 이용한 위상배열 안테나는 배열 확장에 따른 복잡성과 경로차로 인한 파위의 손실 및 위상천이기의 양자화 오류로 인해 특정한 방향으로의 최대 빔을 보낼 수 없는 단점을 가지고 있다. 따라서 최근에는 발전기형 안테나를 이용하여 배열 내부의 각 발전기간의 free-running 주파수를 조절하여 패치 안테나의 위상차를 얻을 수 있는 발전기형 능동 안테나에 대한 관심이 높아지고 있다^[2]. 이러한 발전기형 능동 안테나 시스템은 위상천이기가 필요없기 때문에 간단한 빔 주사 시스템을 만들 수 있을 뿐만 아니라 배열 확장을 통한 높은 전력을 얻을 수 있다. 이 방법은 발전기들의 상호 결합을 통해 발전기들의 위상을 동기화하게 되고, 배열내 발전기들의 free-running 주파수들이 locking bandwidth 내에 있을 때 가능하다^{[2]~[4]}.

능동 위상 배열 안테나의 빔 주사 범위는 locking bandwidth에 의해 좌우되고, locking bandwidth는 방사 패치간의 결합도에 의해 결정된다. 따라서 주사 범위를 넓히기 위해 배열 소자간의 결합도를 높여줄 수 있는 결합 구조가 필요하다^[5]. 지금까지 연구되었던 결합구조는 배열 소자간의 좁은 간격을 통한 방사 결합과 마이크로스트립라인 또는 슬롯라인을 이용한 전송선로 결합이 있다^{[6]~[9]}. 방사 결합구조는 안테나간의 필드 방사를 이용하게 되므로 결합도가 약하고 또한 정확한 예측 및 제어가 어렵다. 이에 반해 마이크로스트립라인 및 슬롯라인을 이용한 전송선로 결합은 전송선로의 폭 및 길이를 조정함으로써 결합 크기 및 위상의 제어가 가능하다. 마

이크로스트립라인을 이용한 전송선로 결합은 배열 소자와 결합 구조가 동일 평면상에 위치하기 때문에 2차원 확장시 소자와 결합구조의 충돌을 야기하게 되어 확장이 불가능한 단점이 있다. 반면에 슬롯라인을 이용한 결합구조는 방사 소자는 전면부에 위치하고 결합구조인 슬롯라인은 후면부에 위치하게 됨으로써 2차원 배열로 확장이 가능하다.

본 논문에서는 기존의 능동 위상배열 안테나의 단점인 2차원 빔 주사를 가능케 하기 위해 패치 안테나와 능동 발전기를 각기 다른 기판에 제작하고 Via-hole을 이용하여 접합함으로써 radar 시스템과 위성 방송 및 통신시스템에 응용될 수 있는 4×4 2차원 능동 위상 배열 안테나를 설계 및 제작하고, 2차원 빔 주사 특성을 고찰하고자 한다.

II. 슬롯라인 결합구조

2-1 슬롯라인

슬롯라인은 유전체 기판 위의 금속면에 좁은 슬롯이 있으며 CPW 선로와 같이 접지면이 동일 평면상에 존재하고, 기판의 반대쪽 면은 금속면이 없는 구조를 하고 있다. 기본적인 구조와 횡단면의 전자계 분포는 그림 1과 같다. 슬롯라인에서 유전체 위의 도체 평면에 있는 슬롯을 가로지르며 발생하는 전계는 등가의 자계전류로 대체되고 자계전류가 슬롯을 따라서 진행하면서 파가 진행된다. 전파모드는 non-TEM 모드이며 quasi-TE 모드이다. 슬롯라인의 전자계 분포는 슬롯의 폭이 자유공간상의 파장 λ_0 보다 매우 작다고 가정하면 슬롯을 가로지르는

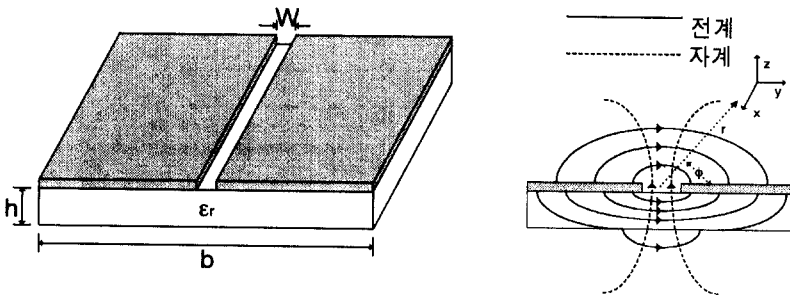


그림 1. 슬롯라인 구조 및 횡단면의 전자계 분포

Fig. 1. The configuration and field distribution in a slotline.

전계는 등가의 자계전류로 나타낼 수 있으며 이로 인한 원역장에서의 전자계는 단지 세 개의 전자계 성분, H_x , H_r , E_ϕ 를 가지게 된다. 슬롯의 폭보다 먼 거리에서의 세 개의 전자계 성분은 다음과 같다 [8].

$$H_x = AH_0^{(1)}(k_c r) \tag{1}$$

$$H_r = -\frac{\gamma_x}{k_c^2} \frac{\partial H_x}{\partial r} = \frac{A}{\sqrt{1 - (\lambda_s - \lambda_0)^2}} H_1^{(1)}(k_c r) \tag{2}$$

$$E_\phi = \frac{j\omega\mu}{k_c^2} \frac{\partial H_x}{\partial r} = -\eta H_r \frac{\lambda_s}{\lambda_0} \tag{3}$$

2-2 일차원 슬롯라인 결합구조

능동 위상배열 안테나에서는 배열 소자들간에 결합을 함으로서 mutual injection locking이 되도록 하고 각 소자의 발진 주파수를 조절함으로써 발진 주파수와 동기 주파수의 차에 의한 위상차를 얻는다 [2]. 따라서 발진기들간에 결합구조가 필요하게 된다. 결합의 의미는 개념적으로 하나의 소스에서 발생한 에너지가 다른 소스에 영향을 미치는 것으로 간단히 말할 수 있다. 구체적으로 능동 위상배열 안테나의 발진기에서 발생하는 에너지가 발진기의 부하로서 작용하는 패치 안테나에 전달되고 이 에너지 중 일부가 근접한 다른 배열소자에 전달되면서 서로간에

영향을 주고 받는 것을 말한다. 발진기 배열에서 사용되는 이러한 결합은 불안정한 소스를 안정화시키는 역할을 하며 서로 주고 받는 신호의 주파수차에 의해 발생하는 소자간의 위상차는 위상배열 안테나의 위상조절에 이용된다.

그림 2에서 패치에 흐르는 전류에 의해 패치의 아래에 위치하고 있는 슬롯라인에서는 슬롯을 가로지르는 전계가 발생하게 되어 슬롯라인의 주모드인 TE 모드를 여기시키게 된다. 여기된 전계에 의해 슬롯라인을 따라 파가 진행하게 되어 슬롯라인을 통한 결합이 이루어진다.

슬롯라인 결합구조는 그림 3(a)와 같은 구조로 접지면의 슬롯라인이 패치의 가장자리의 아래에 위치해 있으며 이는 그림 3(b)와 같이 등가화 할 수 있다. 접지면과 유전체 기판이 x, y방향으로 무한대로 크고 금속판의 두께가 얇다고 가정하면 패치와 슬롯의 표면 전류를 구하기 위한 적분 방정식은 등가원리에 의해 구할 수 있다. 슬롯의 폭이 유전체 내부 파장에 비해 아주 작다고 가정하면, 등가원리에 의해 그림 3(b)와 같이 접지면에 있는 슬롯의 개구면은 바로 위, 아래의 등가 자기전류밀도 M_y 로 대체되면서 슬롯은 폐구면이 된다. 슬롯에서의 전계의 접선방향의 성분이 연속이라는 경계조건을 만족시키기 위하여 슬롯 양쪽의 등가 자기전류밀도는 크기가 같고 부호가 반대로 가정한다. 결국 전계 및 자계는 슬롯, 패치에 의한 전자계의 합으로 구성되며, 스펙트럼 영역에서의 Green함수를 이용하여 적분형태

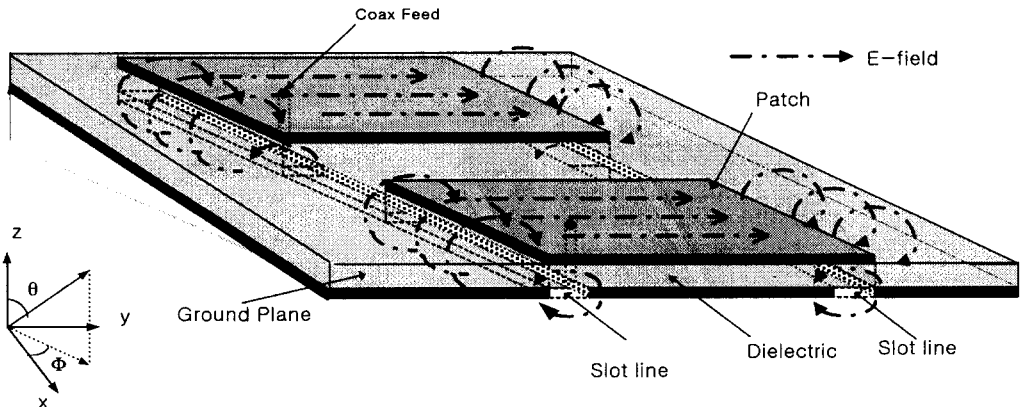


그림 2. 슬롯라인에 의한 패치의 결합

Fig. 2. The coupling of patches through slotline.

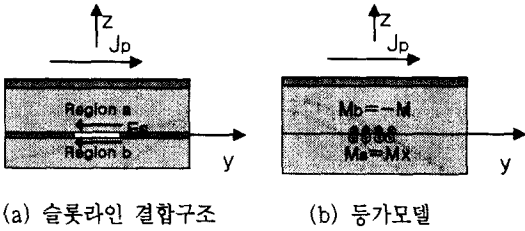


그림 3. 슬롯라인 결합구조와 등가원리에 의한 등가 모델

Fig. 3. The slotline coupling structure and equivalence model. (a) slotline coupling structure, (b) equivalence model.

로 나타낼 수 있다.

각 패치와 슬롯의 미지의 표면전류를 구하기 위해서 패치의 전계의 접선성분의 합은 0이고 슬롯에서 자계의 접선방향 성분은 연속이라는 경계조건을 적용하여 다음과 같은 적분방정식을 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 E_p(J_p) + E_p(-M_y) &= 0 && \text{at patch} \\
 H_p(-M_y) + H_p(J_p) &= H_s(M_y) && \text{at slot}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

H_p 는 슬롯의 패치측의 자계를 나타내며, E_p 는 패치의 접선방향 전계성분을, 그리고 J_p 는 패치상의 전류, H_s 는 슬롯측의 자계를 나타낸다. 패치측의 전계와 자계를 알고 있다고 가정하면, 슬롯측의 자계를 구할 수 있으며 식 (1), 식 (2), 식 (3)을 통하여

슬롯라인을 통해 진행하는 전계와 자계를 구할 수 있다. 결과적으로 패치의 전류에 의해 상대측의 패치에 영향을 주는 양을 구할 수 있으며 따라서 결합의 세기와 위상을 구할 수 있다. 그림 4는 일차원 H-면과 E-면 슬롯라인 결합구조를 나타낸다. H-면 슬롯라인 결합구조와는 달리 E-면 슬롯라인 결합구조는 두 부분으로 나눌 수 있다. 슬롯라인의 part 1을 통하여 마이크로스트립 패치 안테나의 E-field가 결합되고 part 2는 이 field를 다음 소자로 전달하는 역할을 하게 된다. 즉, 능동소자인 발진기로부터 야기된 패치 안테나 (A) 아래의 E-field는 슬롯라인의 part 1과 결합되고, part 2를 통하여 전달되게 되어 패치 안테나 (B) 아래에 위치한 part 1으로 결합되어 패치 안테나 (A)와 (B)가 결합되게 된다. 이 슬롯라인은 패치 안테나 상에서 존재하는 E-field의 방향을 고려하여 U자형으로 고안하였으며, field 분포의 대칭성과 강한 결합 세기를 위하여 패치 안테나의 양쪽에 위치시켰다.

표 1은 동작주파수인 12.5 GHz에서 설계된 위상 배열 안테나의 사양이다.

2-3 이차원 결합구조

그림 5는 이차원 슬롯라인 구조를 나타낸다. 접지면 상에 제 2 절에서 언급한 일차원 결합에서 최적치를 얻은 후, 두 구조를 서로 연결하여 Ensemble™ 5.1을 이용한 시뮬레이션 결과가 그림 6이다. 이것은

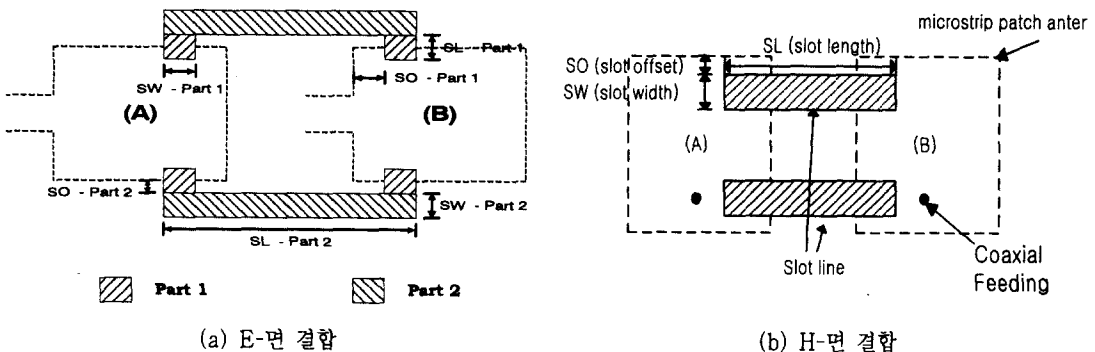


그림 4. 일차원 슬롯라인 결합구조

Fig. 4. One-dimensional slotline coupling structure of antenna back plane. (a) E-plane coupling, (b) H-plane coupling.

표 1. 설계된 위상배열 안테나의 사양

Table 1. Specification of the designed phased array antenna.

PW(Patch Width)		8.00 mm
PL(Patch Length)		7.20 mm
FP(Feeding Position)		2.26 mm
E-Plane	SW(Slot Width)	1.00 mm
	SL(Slot Length)	6.60 mm
	SO(Slot Offset position)	0.60 mm
	The Number of Slotline	2
H-Plane	SW(Slot Width) - Part 1	1.00 mm
	SL(Slot Length) - Part 1	0.75 mm
	SO(Slot Offset position) - Part 1	0.60 mm
	SW(Slot Width) - Part 2	0.20 mm
	SL(Slot Length) - Part 2	11.8 mm
	SO(Slot Offset position) - Part 2	0.25 mm
	The Number of Slotline	2

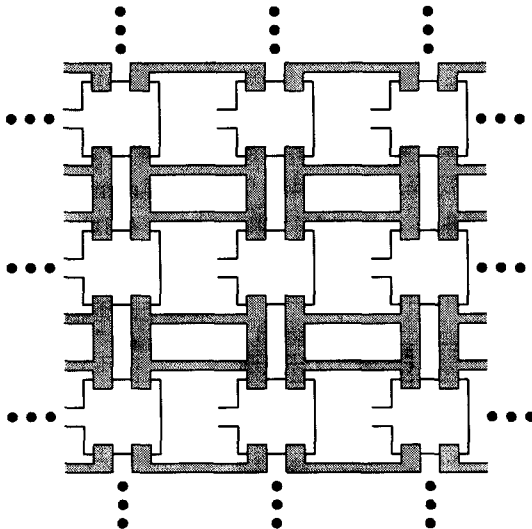
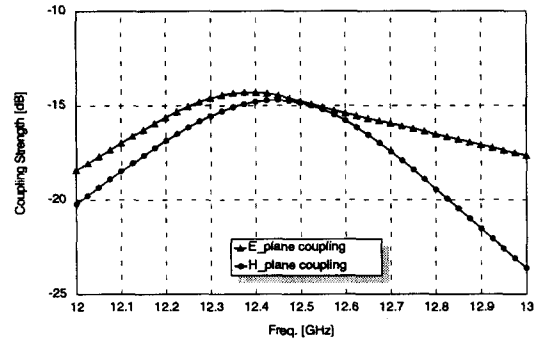


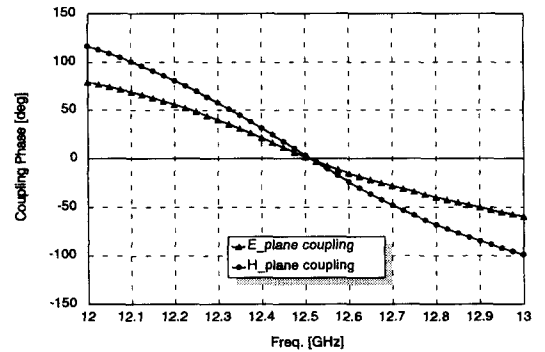
그림 5. 이차원 슬롯라인 결합구조

Fig. 5. Two-dimensional slotline coupling structure.

두 구조를 연결하여 이차원 슬롯라인 결합구조로 응용할 경우의 특성을 나타내는데, 이차원 평면배열에서 E-면 방향으로의 결합과 H-면 방향으로의 결합



(a) 결합 세기



(b) 결합 위상

그림 6. 이차원 슬롯라인 결합구조의 특성

Fig. 6. The characteristics of two-dimensional slotline coupling structure. (a) coupling strength, (b) coupling phase.

세기는 각각 약 -14.8 dB이고, 결합 위상은 0° 이다. 따라서, 결합 위상을 이차원 슬롯라인 결합구조의 H-면과 E-면이 비슷한 결합특성을 나타내므로, 슬롯라인 결합구조가 이차원 평면 능동 위상배열 안테나의 결합망으로 사용될 수 있음을 알 수 있다. 제안된 이차원 슬롯라인 결합구조는 급전회로로 인한 기생방사 문제와 능동 소자의 집적에 따른 공간 부족 문제를 해결할 수 있으므로 다른 결합방법과 달리 이차원으로 확장이 가능하다는 장점이 있다.

III. 실험 및 결과 분석

본 논문에서는 HP사의 ATF-13786 MESFET를 사용한 발진기^[9]를 이용하여 4×4 소자 2차원 위상

배열 안테나를 설계 제작하였다. 마이크로스트립 기판은 Taconic 사의 유전율 2.5이고 유전체 두께가 0.508 mm인 TLX-9-0200을 사용하였다.

제작된 안테나를 송신 안테나로 하여 지지대에 고정시키고 5° 간격으로 180°를 회전시키면서 기준 혼 안테나에서 수신되는 신호를 측정하여 노트북 컴퓨터에 기록하였다. 이 때, 반사파의 영향을 최소화하기 위해 개방된 장소에서 실험하였다.

그림 7은 제작된 이차원 4×4소자 평면 결합 배열 안테나이다. 그림 6에 도시된 HP사의 MDS로 시뮬레이션 결과를 바탕으로 가장 적절한 결합 세기와 결합 위상을 갖는 안테나 소자를 설계하였다. 이때, 안테나 소자간의 간격은 주사범위내에서 그레이팅 로브가 발생하지 않게 하기 위해 E-면은 $0.6\lambda_0$, H-

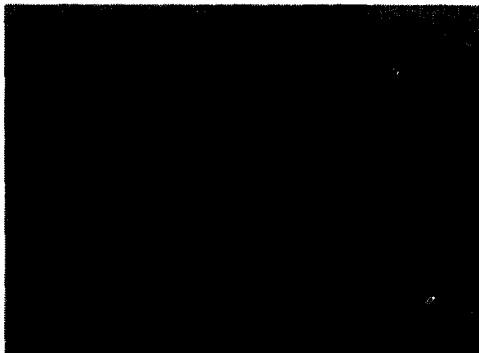
면은 $0.65\lambda_0$ 로 하였다.

동기주파수(synchronization frequency), ω_f 는 다. 따라서 안쪽 소자의 발진주파수는 12.5 GHz로 고정하고 양 끝 소자의 발진주파수를 변화시켜 가면서 실험하였다. 소자들의 locking bandwidth를 찾기 위해 양 끝 FET소자의 바이어스를 조정하여 발진 주파수를 조절한 결과, 양끝 소자의 발진 주파수가 ± 70 MHz 이내에 있을 때 모든 소자들이 locking이 되었고 빔 주사 범위가 가장 넓었다. 이는 nearest-neighbor 결합된 발진기에서 내부 발진기들의 발진 주파수는 같도록 하고 양 끝 발진기의 발진 주파수는 서로 반대 방향으로 약간 튜닝함으로써 일정하고 연속적인 위상을 얻을 수 있기 때문이다^[9].

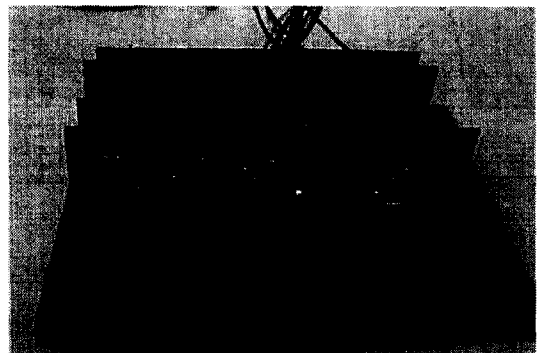
그림 8은 4×4소자 능동 위상배열 안테나의 빔



(a) 전면부



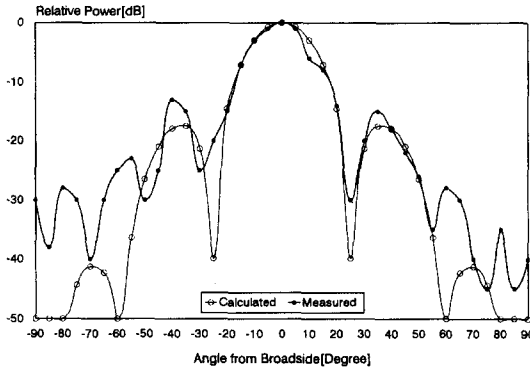
(b) 후면부



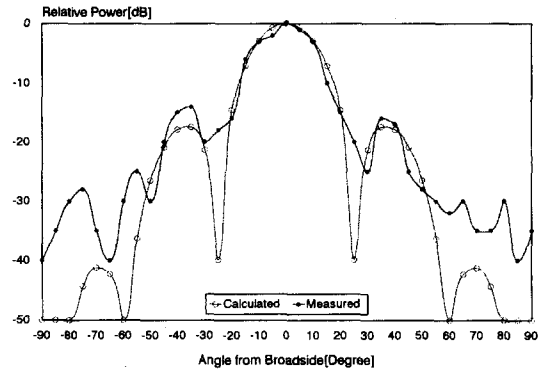
(c) 발진기 부분

그림 7. 제작된 4×4 위상배열 안테나

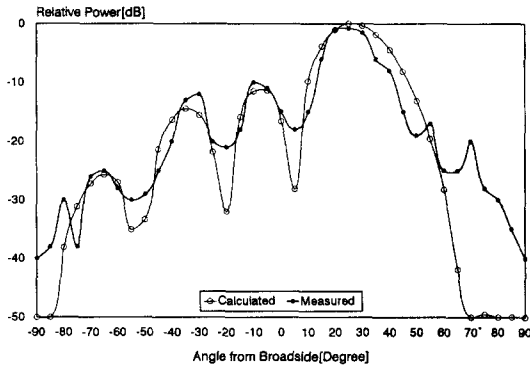
Fig. 7. The fabricated 4×4 phased array antenna. (a) Top view, (b) Rear view, (c) Oscillator parts.



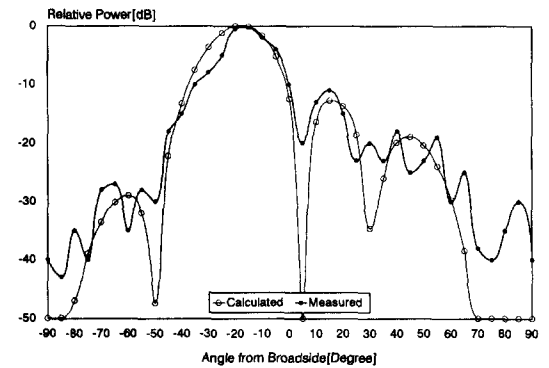
(a) $\theta_0 = 0^\circ$ $\phi_0 = 0^\circ$ 일 때의 방사 패턴(EP)



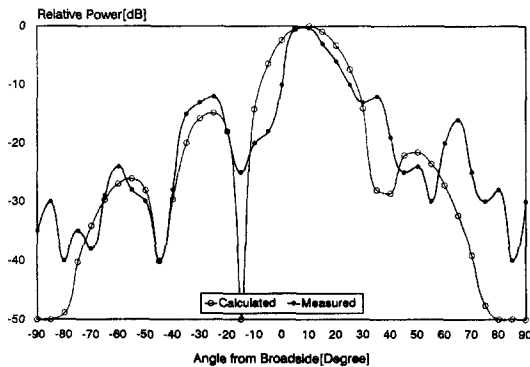
(a) $\theta_0 = 0^\circ$ $\phi_0 = 0^\circ$ 일 때의 방사 패턴(HP)



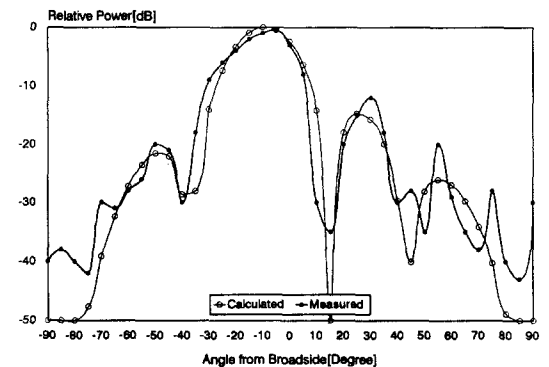
(c) $\theta_0 = 20^\circ$ $\phi_0 = 0^\circ$ 일 때의 방사 패턴(EP)



(d) $\theta_0 = 20^\circ$ $\phi_0 = 180^\circ$ 일 때의 방사 패턴(EP)



(e) $\theta_0 = 10^\circ$ $\phi_0 = 45^\circ$ 일 때의 방사 패턴(EP)



(f) $\theta_0 = 10^\circ$ $\phi_0 = 225^\circ$ 일 때의 방사 패턴(EP)

그림 8. 이차원 4×4소자 발진기형 능동 위상배열 안테나의 빔 패턴

Fig. 8. The radiation pattern of planar 4×4 elements oscillator-type active phased array antenna.

- (a) Radiation pattern at $\theta_0 = 0^\circ$ $\phi_0 = 0^\circ$ (EP), (b) Radiation pattern at $\theta_0 = 0^\circ$ $\phi_0 = 0^\circ$ (HP),
- (c) Radiation pattern at $\theta_0 = 20^\circ$ $\phi_0 = 0^\circ$ (EP), (d) Radiation pattern at $\theta_0 = 20^\circ$ $\phi_0 = 180^\circ$ (EP),
- (e) Radiation pattern at $\theta_0 = 10^\circ$ $\phi_0 = 45^\circ$ (EP), (f) Radiation pattern at $\theta_0 = 10^\circ$ $\phi_0 = 225^\circ$ (EP)

패턴을 측정된 결과와 Ensemble™ 5.1 시뮬레이션 결과이다. 그림 8의 (a)와 (b)는 즉 모든 소자의 발진 주파수를 12.5 GHz로 고정하여 주빔의 방향이 $\theta_0 = 0^\circ$ 이고 $\phi_0 = 0^\circ$ 일 때의 빔 패턴을 측정된 결과이다. 빔은 브로드사이드를 향하고 FNBW(First Null Beam Width)는 약 44° 이며 사이드로브 레벨은 약 -12 dB를 나타낸다. 빔 패턴은 이론치와 비슷한 결과를 얻었으나, 사이드로브 레벨이 약간 커졌음을 알 수 있다. 그림 8의 (c)는 주빔의 방향이 $\theta_0 = 20^\circ$ 이고 $\phi_0 = 0^\circ$ 일 때이다. 주빔이 브로드사이드로부터 26° 이동함을 알 수 있다. 반면 FNBW는 40° , 사이드로브 레벨은 약 -10 dB를 나타낸다. 그림 8의 (d)는 주빔의 방향을 $\theta_0 = 20^\circ$ 이고 $\phi_0 = 180^\circ$ 일 때이다. 주빔은 -17° 를 나타내고, FNBW는 약 55° 를 나타냈고, 사이드로브 레벨은 -10 dB로써 약간 높게 나타났다. 그림 8의 (e)는 주빔의 방향을 $\theta_0 = 10^\circ$ 이고 $\phi_0 = 45^\circ$ 로 하였을 경우이다. 패턴 측정은 안테나의 대각 방향 즉, $\phi = 45^\circ$ 인 방향의 빔 패턴을 측정하였다. 주빔은 브로드사이드로부터 약 10° 이동하였고, 사이드로브 레벨은 약 -10 dB로 나타났다. 그림 8의 (f)는 $\theta_0 = 10^\circ$ $\phi_0 = 225^\circ$ 의 경우의 빔 패턴이다. 주빔은 약 5° 이동하였고, 사이드로브 레벨은 -11 dB로 나타났다. 소자의 발진 주파수를 변화시켜 가며 측정된 결과 1차원 빔 천이는 양 끝 발진기들 간의 140 MHz의 주파수 차이로 $\theta_0 = -18^\circ$ 에서 $\theta_0 = 17^\circ$ 까지 변화함을 알 수 있었고, 2차원 빔 천이는 E-plane 및 H-plane의 주파수 변화를 주어야 함으로 축에 따른 양 끝 발진기들의 범위가 70 MHz로 줄어들어 따라 $\theta_0 = -5^\circ$ 에서 $\theta_0 = 10^\circ$ 까지 변화했다.

IV. 결 론

본 논문은 전 방향으로의 빔의 주사가 가능한 이차원 발진기형 능동 위상배열 안테나를 설계하였다.

배열의 구성소자인 발진기형 능동안테나는 방사 소자와 MESFET을 이용한 발진기회로를 각각의 기판에 제작하고 Via-Hole을 이용하여 결합하였고, 접지면의 슬롯을 통하여 전자기적으로 결합하여 12.5 GHz 대역에서 동작하는 4×4 이차원 평면 결합 위상배열 안테나 설계 및 제작하였다.

각각의 배열소자들은 접지면의 슬롯라인을 이용하여 결합함으로써 각각의 발진기가 바로 옆 소자들과 서로 강하게 결합되도록 하였다. 시뮬레이션과 실험을 통해 각 결합구조의 세기를 비교한 결과 기존의 전송선로 결합과 비슷한 -14 dB 정도의 결합 세기를 가짐을 확인했으며, 슬롯의 위치와 폭, 길이 등을 조정하여 적절한 결합 세기와 결합 위상을 갖도록 하였다.

일차원 빔 주사 범위는 양끝 소자의 주파수 차이가 140 MHz일 때, 브로드사이드로부터 $-17^\circ \sim 18^\circ$ 로 나타났고, Ensemble™ 5.1 시뮬레이션 결과와 대체로 일치했으나 사이드로브 레벨이 약간 높게 나타났다. 이차원 빔 주사는 일차원과는 달리 E-plane과 H-plane의 주파수 차를 주기 위해 양끝 소자의 주파수 차이를 각각 70 MHz로 하였고, $\phi_0 = 45^\circ$ 일 때의 빔 주사 범위는 $-5^\circ \sim 10^\circ$ 로서 θ_0 의 최소 변화 범위는 15° 이고, 최대 변화 범위는 35° 이다. 이는 구형 위상배열 안테나의 형태를 사용함으로써 ϕ_0 의 변화에 따라 θ_0 의 변화 범위가 축소됨에 기인한다.

이 실험결과로 이차원 슬롯라인 결합을 이용하여 발진기형 능동 위상배열 안테나가 실제로 이차원 평면배열 안테나로의 응용이 가능하다는 것을 알 수 있다. 이러한 구조의 안테나는 향후 연구가 계속되어 대역폭을 갖는 신호를 주사할 수 있게 되면 이동 및 위성통신용으로 활용될 경우 시스템의 성능개선에 크게 기여할 수 있다. 또한 향후 이동체 위성통신 등을 이용한 개인 휴대통신 시스템 구현을 하는 경우에도 위성체 안테나 등에 적용이 가능하다고 생각되며, 차세대 위성통신 시스템의 주 기능인 On-Board Processing을 위한 적응 배열 안테나에도 응용할 수 있다. 그리고 빔 주사 특성을 이용해 radar 시스템에도 적용될 수 있을 것이다.

앞으로 위와 같은 형태의 능동 위상배열 안테나를 실제로 응용할 수 있도록 하기 위해 빔 주사 범위를 넓힐 수 있도록 발진기에 관한 연구와 단일 면에 집적할 수 있도록 MMIC에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Louis Stark, "Microwave theory of phased

array antenna-A review," *Proc. IEEE*, vol. 62, no. 12, pp. 1661-1710, Dec., 1974.

[2] P. Liao and R. A. York, "A new phase-shifterless beam-scanning technique using arrays of coupled oscillators," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-41, pp. 1810-1815, Oct., 1993.

[3] K. D. Stephan, "Inter-injection locked oscillators for power combining and phased arrays," *IEEE Trans Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-34, pp. 1017-1025, Oct., 1986.

[4] P. Liao and R. A. York, "A six-element beam-scanning array," *IEEE Microwave and Guided Wave Letter*, vol. 4, no. 1, Jan., 1994.

[5] R. A. York, "Measurement and modeling of radiative coupling in oscillator arrays," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-41, pp. 438-443, Mar., 1993.

[6] C. Mun, C. H. Kang, H. K. Park and Y. J. Yoon, "The Active Phased Array Antennas Coupled through Slotlines," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest*, Denver, pp. 1069-1072, July, 1997.

[7] 문철, 김선택, 윤영중, 박한규, "슬롯라인 결합을 이용한 능동 위상배열 안테나에 관한 연구," *한국통신학회 논문지*, 제22권, 제5호, pp. 981-989, May, 1997.

[8] I. J. Bahl, and P. Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, pp. 130, 1980.

[9] 김준모, "2차원 Quasi-optical 능동 배열 안테나에 관한 연구", 석사 학위 논문, 연세대학교 대학원, 1999.

김 준 모



1997년 2월: 연세대학교 전파공학과 졸업(공학사)
 1999년 8월: 연세대학교 대학원 전파공학과 졸업(공학석사)
 1998년~현재: LG정밀 연구원
 [주 관심분야] 마이크로스트립 안테나, 마이크로파 통신소자

윤 영 중



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과(공학사)
 1986년 9월: 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1991년 12월: Georgia Institute of Technology, Ph.D.
 1992년 3월~1993년 2월: 한국전자통신연구원 위성통신기술연구단 선임연구원

윤 형 국



1996년 2월: 연세대학교 전자공학과(공학사)
 1998년 8월: 연세대학교 대학원 전파공학과(공학석사)
 1998년~현재: 연세대학교 대학원 전기·컴퓨터공학과 박사과정
 [주 관심분야] 고온 초전도체 소자, 마이크로스트립 안테나

1993년~현재: 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 부교수
 [주 관심분야] 안테나, 전파전파, RF소자설계