

이차원 슬롯라인 결합을 이용한 이차원 능동 위상배열 안테나에 관한 연구

정회원 이 태 윤*, 김 준 모*, 윤 영 중*


A Study of a Planar Active Phased Array Antenna using Two-Dimensionally Coupled Slot-lines

Tae Yune Lee*, Jun Mo Kim*, Young Joong Yoon* *Regular Members*

*이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구 되었음.

요 약


본 논문에서는 위상천이기가 없이 발진기간의 결합을 통해 빔을 주사하는 이차원 발진기형 능동 위상배열 안테나의 결합소자로 이차원 슬롯라인 결합구조를 제안하여 실험을 통해 그 특성을 고찰하였다.

제안된 이차원 슬롯라인 결합구조는 방사소자인 마이크로스트립 패치 안테나의 E-면과 H-면을 각각 결합하기 위하여 방사소자의 뒷면인 접지면에  형태의 슬롯라인으로 구성되어졌으며, 슬롯라인의 폭, 길이 그리고 개수 등에 의한 결합정도를 조사하여 최적의 결합구조를 제안하고 이를 2×5 소자 배열 안테나에 적용하여 실험하였다.

실험을 통하여, 2개의 소자가 배열된 H-면은 빔폭이 약 42° 이고 5개의 소자가 배열된 E-면은 빔폭이 약 15° 이며, 빔이 브로드사이드로부터 -20° 에서 15° 까지 주사함을 확인하였다. 따라서, 이차원 슬롯라인 결합을 이용한 발진기형 능동 위상배열 안테나가 실제로 이차원 평면배열 안테나로의 응용이 가능하다는 것을 알 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, a two-dimensional slotline coupling structure is proposed for the planar active phased array antenna system with scanning the beam by coupled oscillators without phase shifters. The operating characteristics are analyzed and experimentally demonstrated.

The proposed two-dimensional slotline coupling structure consists of  -type slotline in the ground plane for the coupling of E-plane and H-plane. From the simulation results of coupling strength with the variation of width, length and the number of slotlines, the optimal coupling structure is proposed and applied to 2×5 elements of planar phased array antenna.

* 연세대학교 전파공학과
論文番號 : 98134-0324
接受日字 : 1998年 3月 24日

The experimental results show that the beamwidth of E-plane and H-plane are 42° and 15° , respectively, and the scanning range is from -20° to 15° from the broadside. Therefore, it is shown the two-dimensional slotline coupling structure for oscillator-type active phased array antenna can be applied to the planar phased array antenna system.

I. 서 론

위성통신의 발달과 함께 위성을 이용한 통신 및 위성방송 등 다양한 형태의 통신서비스를 이용하기 위해 이동체에서의 송·수신이 가능하도록 전 방향으로의 빔 주사가 가능한 위상배열 안테나⁽¹⁾에 관한 연구가 필요하게 되었다. 위상배열 안테나로 빔을 주사하기 위해서는 소자간 위상차를 얻는 것이 필요하다. 일반적인 위상배열 안테나에서 마이크로스트립 안테나의 경로차를 이용한 위상천이기는 소자수가 많아짐에 따라 시스템이 복잡해지고 경로차로 인한 손실과 양자화로 인한 오류를 발생시키는 단점을 갖고 있다. 따라서 최근에는 배열내 발전기의 free-running 주파수들을 조절함으로써 각 배열요소간의 요구되는 위상차를 얻는다⁽²⁾. 이것은 위상천이기가 필요하지 않기 때문에 좀더 간단한 빔 주사 시스템을 위한 구조가 제안되었으며, 이때 상호 동기는 배열내 발전기들의 free-running 주파수들이 locking bandwidth 내에 있을 때 가능하다⁽³⁾. 여기서 발전기 사이의 결합은 배열 안테나의 빔 주사 범위에 영향을 끼치게 되므로 이를 넓히기 위해 강한 결합을 갖도록 하는 결합구조가 필요하다⁽⁴⁾.

이와 같은 발전기형 배열 안테나에 적용하기 위해 이제까지 연구되었던 결합구조는 안테나 소자의 방사에 의한 방사결합과 전송선로를 이용한 전송선로 결합 등이 있다⁽⁵⁾. 실제적으로 안테나로부터 방사되는 필드 결합을 이용하는 방사결합은 상호작용하는 필드의 결합이 약하고 정확한 예측과 제어가 어렵다. 따라서 약하게 결합된 발전기가 적당한 위상관계를 갖고 서로 locking이 되게 하기 위해서는 발전기가 정확히 제작되어야 한다. 발전기간의 전송선로를 이용하여 결합시키는 전송선로 결합은 적당한 결합 세기와 결합 위상을 배열 소자간 연결된 전송선로로 조절하는 것이다. 이러한 구조는 발전기들이 서로 강하게 결합되었을 때 발전주파수와 위상분포를 혼란시키는 다중모드문제를 발생시킨다. 또한 배열 안테나 구조상 소자간을 연결하는 전송선로가 배열소자와 동일한 평면상에 위치하므로 이차원로의 확장이 불가능하

다는 단점이 있다.

이에 대한 개선방안으로 이전의 연구^{(6),(7)}에서 H-면 슬롯라인 결합구조가 접지면의 슬롯라인을 이용하여 기존의 결합구조가 갖는 기생방사 결합에 의한 방사 패턴의 왜곡을 방지할 수 있고, 전체 안테나의 크기도 최소화하며, 슬롯라인의 위치에 따라 결합의 세기를 조절할 수 있고 슬롯의 폭에 따른 길이를 조절하여 결합의 위상을 조절할 수 있다는 장점이 있음을 살펴보았다. 따라서 본 연구에서는 전 방향으로 빔의 주사 특성을 갖는 이차원 결합구조로의 확장을 위한 전 단계로 E-면 슬롯라인 결합구조가 갖는 특성을 연구한 후, 이를 응용하여 모든 방향으로 빔의 주사가 가능한 이차원 평면배열 안테나에 적용할 수 있는 이차원 슬롯라인 결합구조를 제안하고자 한다.

동작주파수가 12.50 GHz인 이차원 발전기형 능동 안테나 배열소자는 방사 소자와 발전기 회로를 동일한 기판에 제작하고 접지면의 슬롯이 소자들을 결합시켜, FET의 바이어스 전압의 조정으로 발전 주파수를 조절할 수 있도록 하고, 이를 이용하여 이차원 2×5 소자 평면 결합 발전기형 능동 위상배열 안테나를 설계·제작하고자 한다.

II. 슬롯라인 결합구조

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 진행한다. 진파모드는 non-TEM 모드이며 quasi-TE 모드이다. 슬롯라인의 전자계 분포는 슬롯의 폭이 자유공간상의 파장 λ_0 보다 매우 작다고 가정하면 슬롯을 가로지르는 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⁾

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

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

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

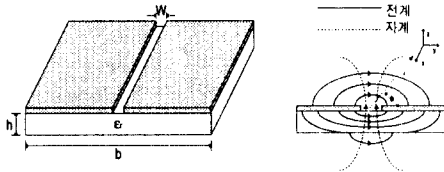


그림 1. 슬롯라인 구조 및 횡단면의 전자계 분포
Fig. 1 The configuration and field distribution in a slotline

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 주고받는 것을 말한다. 발진기 배열에서 사용되는 이러한 결합은 불안정한 소스를 안정화시키는 역할을 하며 서로 주고받는 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 슬롯라

인을 따라 파가 진행하게 되어 슬롯라인을 통한 결합이 이루어진다.

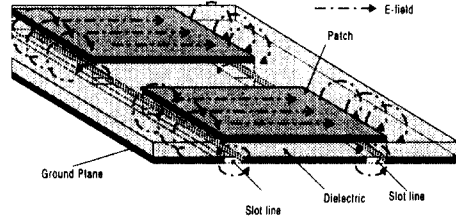


그림 2. 슬롯라인에 의한 패치의 결합
Fig. 2 The coupling of patches through slotline

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 크다고 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_z 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, 스펙트럴 영역에서의 Green함수를 이용하여 적분형태로 나타낼 수 있다.

각 패치와 슬롯의 미지의 표면전류를 구하기 위해서 패치의 전계의 접선성분의 합은 0이고 슬롯에서 자계

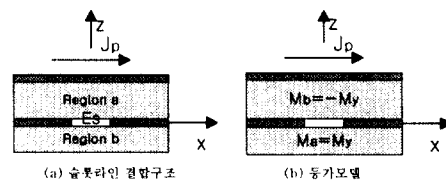


그림 3. 슬롯라인 결합구조와 등가원리에 의한 등가모델
Fig. 3 The slotline coupling structure and equivalence model
(a) slotline coupling structure (b) equivalence model

의 접선방향 성분은 연속이라는 경계조건을 적용하여 다음과 같은 적분방정식을 유도할 수 있다.

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

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 진행되는 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 하게된다. 즉, 패치 안테나 (A)

상의 능동 소자인 발진기로부터 야기된 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 12.50 GHz에서 슬롯라인의 변화에 따른 결합 세기, S_{21} 을 시뮬레이션한 결과이다. S_{21} 은 안테나 1에서 신호원을 가해 주었을 때 안테나 2에 전달되는 신호를 나타내는 파라미터이기 때문에 결합 세기와 결합 위상을 나타내는 복소 계수이다. 시뮬레이션은 Boulder Microwave Technology 사의 Ensemble을 이용하였다. 유전체의 사양은 Taconic사의 유전율이 2.5, 유전체의 두께가 0.508 mm이고 패치 안테나의 폭은 8.8 mm, 길이는 7.2 mm이며, 이때 소자 간의 간격은 H-면은 $0.6 \lambda_0$, E-면은 급전부의 여유가 필요하게 되어 $0.65 \lambda_0$ 로 하였다.

표 1은 시뮬레이션을 통하여 12.50 GHz에서 일차원 슬롯라인의 변화에 따른 결합세기를 알아본 것이다. 여기서 슬롯라인의 폭, 넓이, 위치 그리고 개수 등을 각각 변화시킬 때, 슬롯라인의 나머지 부분은 *로 표시된 값을 기준으로 하였다. 표 1에서 보는바와 같이, 슬롯라인의 변화에 따른 결합세기는 슬롯라인의 폭이 넓고 길이가 길며, 패치의 안쪽으로 위치하고, 슬롯의 개수가 많을수록 결합세기가 커짐을 알 수 있다. 이때, 슬롯라인에 의한 결합 세기는 패치와 겹쳐지는 슬롯라인의 면적에 의해 결정된다. 즉 패치와 슬롯라인의 겹쳐지는 면적이 넓을수록 슬롯라인에 여기되는 전계의 양이 많아져서 결합의 양이 증가하게 되고 면적이 작을수록 결합의 양이 감소하게 된다. 그러나 슬롯라인은 안테나의 반사손실과 위상의 변화를 가져 오지 않는 범위 내에서 변화시켜야 하는 한계가 있다.

3. 이차원 결합구조

그림 5는 이차원 슬롯라인 구조를 나타낸다. 접지면 상에 제 2 절에서 시뮬레이션한 일차원 결합의 결과를 이용하여 최적치를 얻은 후, 두 구조를 서로 연결하여 시뮬레이션한 결과가 그림 6이다. 이것은 두 구조를 연결하여 이차원 슬롯라인 결합구조로 응용할 경우의 특성을 나타내는데, 이차원 평면배열에서 E-면

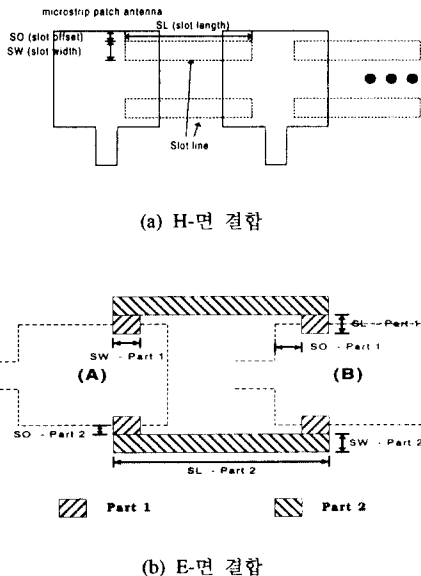


그림 4. 일차원 슬롯라인 결합구조
Fig. 4 One-dimensional slotline coupling structure (a) H-plane coupling (b) E-plane coupling

표 1. 12.50 GHz에서 일차원 슬롯라인의 변화에 따른 결합세기
Table 1. The coupling strength with the variation of one-dimensional coupling slotline at 12.50 GHz

		슬롯라인의 변화 (* : 각 변화의 기준)	결합세기 (S ₂₁)	
H-면 결합	SW	1.00 mm	-13.29 dB	
		0.80 mm	-13.88 dB	
		0.60 mm	-14.52 dB	
	SL	6.60 mm	-13.29 dB	
		6.35 mm	-14.82 dB	
		6.10 mm	-16.12 dB	
	SO	0.60 mm	-13.29 dB	
		0.30 mm	-14.13 dB	
		0.00 mm	-14.98 dB	
	The number of slotlines	2 slotlines	-13.29 dB	
1 slotline		-15.11 dB		
0 slotline		-18.92 dB		
E-면 결합	Part 1	SW - Part 1	1.00 mm	-13.77 dB
			0.70 mm	-14.77 dB
			0.40 mm	-15.18 dB
		SL - Part 1	0.75 mm	-13.77 dB
			0.50 mm	-16.37 dB
			0.25 mm	-18.17 dB
	SO - Part 1	0.60 mm	-13.77 dB	
		0.30 mm	-15.91 dB	
		0.00 mm	-19.50 dB	
	Part 2	SW - Part 2	0.20 mm	-13.77 dB
			0.15 mm	-14.71 dB
			0.10 mm	-15.61 dB
		SL - Part 2	11.8 mm	-13.77 dB
			11.4 mm	-14.63 dB
			11.2 mm	-20.44 dB
	SO - Part 2	0.25 mm	-13.77 dB	
		0.50 mm	-15.61 dB	
		0.75 mm	-22.24 dB	
The number of slotlines	2 slotlines	-13.77 dB		
	1 slotline	-22.36 dB		
	0 slotline	-24.47 dB		

방향으로의 결합과 H-면 방향으로의 결합 세기는 약 -14.8 dB이고, 결합 위상은 0°이다. 따라서, 결합 위상을 이차원 슬롯라인 결합구조의 H-면과 E-면이 비슷한 결합특성을 나타내므로, 슬롯라인 결합구조가

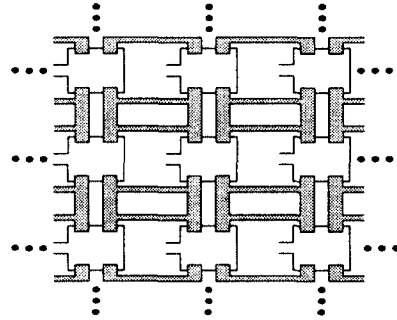
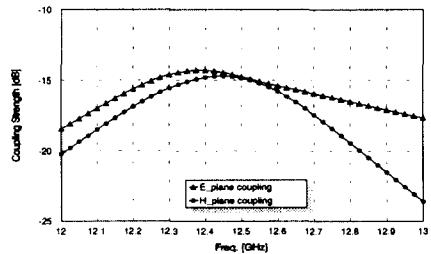
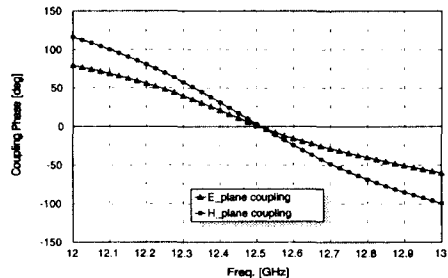


그림 5. 이차원 슬롯라인 결합구조
Fig. 5 Two-dimensional slotline coupling structure



(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

이차원 평면 능동 위상배열 안테나의 결합망으로 사용될 수 있음을 알 수 있다. 제한된 이차원 슬롯라인 결합구조는 급전회로로 인한 기생방사 문제와 능동 소자의 집적에 따른 공간 부족 문제를 해결할 수 있

므로 다른 결합방법과 달리 이차원으로 확장이 가능하다는 장점이 있다.

III. 실험 및 결과 분석

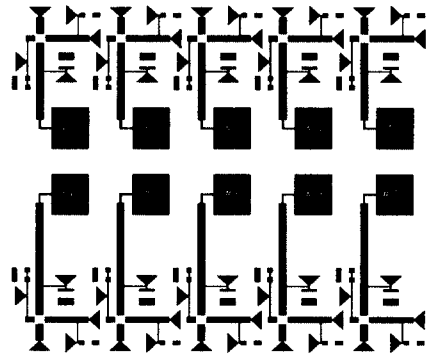
본 논문에서는 MESFET를 사용한 발진기형 능동 안테나를 접지면의 슬롯을 통해 결합한 2×5 소자 능동 위상배열 안테나를 설계·제작하였다. Taconic 사의 유전율이 2.5이고 유전체의 두께가 0.508mm인 기판상에 Hp 사의 ATF-13786 FET를 사용하여 발진기를 제작했다.

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.

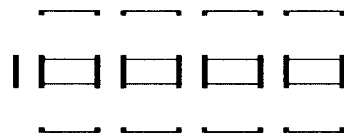
그림 7은 설계된 이차원 2×5소자 평면 결합 배열 안테나이다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 가장 적절한 결합 세기와 결합 위상을 갖는 안테나 소자를 설계하였다. 이때, 안테나 소자간의 간격은 주사범위내에서 그레이팅 로브가 발생하지 않게 하기 위해 2소자가 배열된 H-면은 $0.6\lambda_0$, 5소자가 배열된 E-면은 $0.65\lambda_0$ 로 하였다.

각 발진기의 발진 주파수는 넓은 주파수 가변범위를 제공하는 드레인 바이어스 조절방법을 사용하였으며, 동기주파수(synchronization frequency), ω_f 는 발진기 주파수 가변범위의 중심인 12.50 GHz로 하였다. 따라서 가운데 세 소자의 발진주파수는 12.50 GHz로 고정하고 양 끝 소자의 발진주파수를 변화시켜가면서 실험하였다.

그림 8은 2×5소자 능동 위상배열 안테나의 빔 패턴을 측정한 결과이다. Ep_1은 먼저 모든 소자의 발진 주파수를 12.50 GHz로 고정하였을 때의 E-면 방사패턴을 나타낸다. 이 때의 빔은 브로드사이드를 향하고 약 15°의 빔폭을 갖는 것을 알 수 있다. Ep_2는 가운데 소자의 발진 주파수를 12.50 GHz로 고정하고 왼쪽 끝 소자들의 발진 주파수를 12.41 GHz, 오른쪽 끝 소자들의 발진주파수를 12.59 GHz로 조절하여 측정한 결과로 빔이 브로드사이드로부터 15° 이동하였다. Ep_3는 가운데 소자의 발진 주파수를 12.50 GHz로 고정하고 왼쪽 끝 소자의 발진 주파수를 12.59 GHz, 오른쪽 끝 소자의 발진주파수를 12.41 GHz로 조절하



(a) 전 면

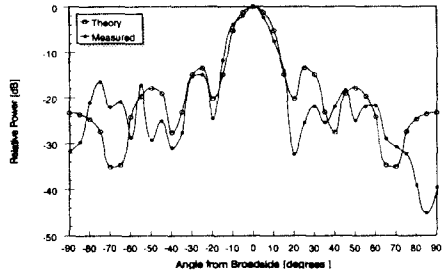


(b) 후 면

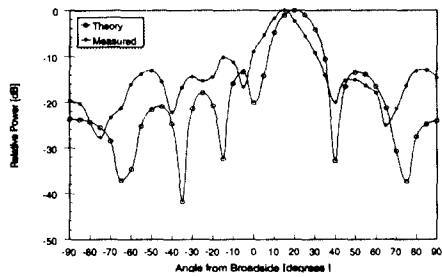
그림 7. 설계된 이차원 2×5소자 발진기형 능동 위상배열 안테나

Fig. 7 The designed planar 2×5 element oscillator-type active phased array antenna (a) front (b) back

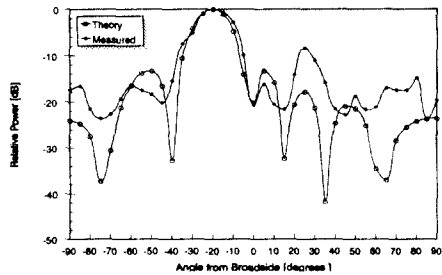
여 측정한 결과, 빔이 브로드사이드로부터 -20°로 이동하였다. 따라서 양 끝 소자의 발진주파수를 조정하여 빔 패턴을 측정한 결과 빔 주사 특성이 E-면의 경우 -20°~15°까지 주사됨을 알 수 있다. 이 때, 비대칭적인 빔 특성은 각 발진기의 전력이 FET에 따라 동일하지 않다는 데서 이유를 찾을 수 있다. Hp는 2소자 배열인 H-면의 빔 패턴을 측정한 결과로 모든 소자의 발진 주파수를 12.50 GHz로 고정하였을 때의 빔의 특성을 나타낸다. 이 때의 빔은 브로드사이드를 향하고 약 42°의 빔폭을 갖는 것을 알 수 있다.



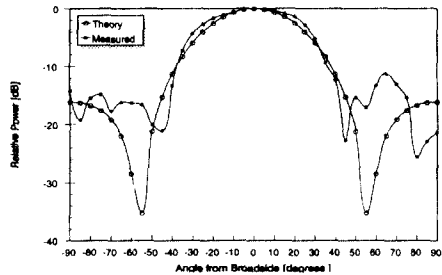
(a) Ep_1



(b) Ep_2



(c) Ep_3



(d) Hp

그림 8. 이차원 2×5소자 발진기형 능동 위상배열 안테나의 빔 패턴

Fig. 8 The radiation pattern of planar 2×5 elements oscillator-type active phased array antenna

표 2. 각 안테나 소자의 주파수 분포

Table 2. The frequency distribution of antenna elements

(단위 : GHz)		$\omega_1 = \omega_6$	$\omega_2 = \omega_3 = \omega_4 = \omega_7 = \omega_8 = \omega_9$	$\omega_5 = \omega_{10}$
E-plane pattern	Ep_1	12.50	12.50	12.50
	Ep_2	12.41	12.50	12.59
	Ep_3	12.59	12.50	12.41
H-plane pattern	Hp	12.50	12.50	12.50

IV. 결론

본 논문에서는 위상천이기가 없이 FET를 이용한 발진기형 능동 위상배열 안테나의 결합소자로 이차원 슬롯라인 결합구조를 제안하여 실험을 통해 그 특성을 고찰하였다.

제안된 이차원 슬롯라인 결합구조는 방사소자인 마이크로스트립 패치 안테나의 E-면과 H-면을 각각 결합하기 위하여 방사소자의 뒷면인 접지면에 위치한 슬롯라인의 길이, 폭, 개수 등에 의한 결합정도를 조사하여 최적의 결합구조를 제안하고 이를 2×5 소자 배열 안테나에 적용하여 실험하였다. 이 때, 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 약 -14 dB 정도의 결합 세기를 가짐을 확인했으며, 슬롯의 위치와 폭, 길이 등을 조정하여 적절한 결합 세기와 결합 위상을 갖도록 하였다.

제작된 이차원 2×5소자 평면 결합 위상배열 안테나는 각 안테나 소자의 주파수 분포가 표 2와 같을 때, 빔의 주사범위는 5소자가 배열된 E-면의 경우 -20°에서 15°까지이고 빔폭이 약 15°이며, 2소자가 배열된 H-면의 경우 빔폭이 약 42°임을 알 수 있었다. 시뮬레이션 결과를 비교하여 대체적으로 일치함을 확인하였다.

이 실험결과로 이차원 슬롯라인 결합을 이용하여 발진기형 능동 위상배열 안테나가 실제로 이차원 평면 배열 안테나로의 응용이 가능하다는 것을 알 수 있다. 이러한 구조의 안테나는 이동 및 위성통신용으로 활용될 경우 시스템의 성능개선에 크게 기여할 수 있으며,

이동국 또는 기지국의 단말기 소형화 및 생산단가의 저렴화를 이룰 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.

앞으로 위와 같은 형태의 능동 위상배열 안테나를 실제로 응용할 수 있도록 하기 위해 각 면의 배열을 3소자 이상으로 늘릴 수 있도록 하기 위해 필요한 MMIC에 관한 연구와 더불어 수신기로 이용하는 문제, 빔의 주사범위를 넓히는 문제 등에 관한 연구가 필요하다.

참고 문헌

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. K. C. Gupta, R. Garg, I. Bahl and P. Bhartia, Microstrip Lines and Slotline, Artech House, pp. 130, 1996.



이 태 윤 (Tae Yune Lee) 정회원
 1972년 10월 4일생
 1996년 2월 : 연세대학교 전파공학과(공학사)
 1998년 2월 : 연세대학교 대학원 전파공학과(공학석사)
 ※ 주관심분야 : 안테나 및 RF소자 설계

e-mail : tylee@mwant.yonsei.ac.kr



김 준 모 (Jun Mo Kim) 정회원
 1974년 6월 7일생
 1997년 2월 : 연세대학교 전파공학과(공학사)
 1997년~현재 : 연세대학교 대학원 전파공학과 석사과정
 ※ 주관심분야 : 안테나 및 RF소자 설계

e-mail : jmclub@chollian.net



윤 영 중 (Young Joong Yoon) 정회원
 1959년 3월 9일생
 1981년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학사)
 1986년 9월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
 1991년 12월 : Georgia Institute of Technology, Ph.D.

1992년 3월 ~ 1993년 2월 : 한국 전자통신 연구원 위성통신기술연구단 선임연구원

현재 : 연세대학교 전파공학과 부교수
 ※ 주관심분야 : 안테나, 전파전파, RF소자 설계
 e-mail : jyoon@bubble.yonsei.ac.kr