

# 슬롯결합을 이용한 발진기형 능동 안테나의 설계 및 제작

## Design and Fabrication of the Oscillator Type Active Antenna by Using Slot Coupling

문 철\* · 윤기호\* · 장규상\*\* · 박한규\*\*\* · 윤영중\*\*\*

Cheol Mun\* · Ki Ho Yun\* · Gyu Sang Jang\*\* · Han Kyu Park\*\*\* · Young Joong Yoon\*\*\*

### 요 약

본 논문에서는 능동 위상배열안테나(Active phased array antennas)의 구성소자로 사용될 수 있는 슬롯결합을 이용한 발진기형 능동안테나를 설계, 제작하였다. 배열 안테나 특히 평면 배열 안테나에 적합한 급전구조인 슬롯결합을 이용하여 방사소자와 능동회로를 각각의 기판에 제작한 후 접지면의 슬롯을 통하여 전자기적으로 결합하였다. 이와 같은 구조는 배열 안테나로 구성할 경우 단일 평면상에 안테나와 발진회로를 집적하는 구조에서 발생하는 안테나의 협대역 문제, 능동회로에 의한 기생방사, 집적의 문제 등을 해결할 수 있을 것이다. 본 논문에서 설계, 제작한 발진기형 능동안테나는 FET의 드레인 바이어스 전압을 조정하여 발진 주파수를 12.5 GHz를 중심으로 12.37 GHz에서 12.65 GHz까지 280 MHz (2.24%)의 주파수 범위를 선형적으로 조정할 수 있었다. 또한 주파수 가변범위 내에서의 출력이 5 dB 이내의 차이를 가짐으로서 거의 일정하였다. 따라서 본 논문에서 설계, 제작한 능동 안테나를 선형이나 평면의 능동 배열 안테나 소자로 사용할 수 있을 것이다.

### Abstract

In this paper, the oscillator type active antenna used as an element of active phased array antenna is designed and fabricated using slot coupling. The radiating element and active circuit are fabricated on each layer respectively and coupled electromagnetically through slot on the ground plane. This structure can solve the problems such as narrow bandwidth of microstrip antenna, spurious radiation by active circuits, and spaces for integration of the feeding circuits which are caused by integrating antennas with oscillator circuits in the same layer. The active antenna in this paper, the oscillation frequency can be tuned linearly by controlling the drain bias voltage of FET. The frequency tuning range is between 12.37 GHz to 12.65 GHz when bias voltage is varied from 3V to 9V, thus frequency tuning bandwidth is 280 MHz (2.24%). The output power of antenna is uniform within 5 dB over frequency tuning range. Therefore this active antenna can be used as an element of linear or planar active phased array antennas.

\* 연세대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Yonsei University)

\*\* 한국통신 위성사업본부(Korea Telecom)

\*\*\* 연세대학교 전파공학과(Dept. of Radio Communication Engineering, Yonsei University)

† 이 연구는 한국통신 '96 정보통신 기초연구비의 지원에 의해 수행되었음.

· 논문번호 : 96-4-041

· 접수일자 : 1996년 9월 4일

## I. 서 론

최근 이동체에서 위성을 이용한 통신 및 위성방송 등 다양한 형태의 통신서비스를 이용하기 위한 소형, 고이득, 고효율 그리고 빔 이동이 가능한 위상배열안테나에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 형태의 안테나로는 부피가 작고 이동체에 부착하기 용이한 마이크로스트립 배열안테나가 적합하다. 특히 회로와 방사소자 각각에 적절한 기판을 선택하여 전자기적으로 커플링 함으로써 마이크로스트립 안테나의 협대역 특성을 개선하고 회로를 집적하는 문제, 그리고 능동회로에서 발생하는 기생방사를 해결할 수 있는 슬롯결합 마이크로스트립 안테나에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다<sup>1)</sup>.

한편으로 기존의 위상배열안테나에서 사용되던 위상천이기를 사용하지 않고 커플링된 발진기형 능동안테나 배열을 이용하여 양 끝 배열소자의 발진 주파수를 조절함으로써 원하는 방향으로 빔을 주사할 수 있는 연구가 진행되고 있다<sup>2)</sup>. 그림 1은 커플링된 능동 안테나 배열에서 배열의 동기 주파수  $w_0$ 와 양 끝 소자의 발진 주파수  $w_i$ 의 차이로 인해 식 1과 같이 이웃 소자간의 위상차  $\Theta$ 를 얻는 것을 나타내고 있다.

$$\sin \Theta = (w_i - w_0) / \Delta w_{lock},$$

$$\Delta w_{lock} = \text{locking bandwidth} \quad (1)$$

이와 같은 방법으로 가운데 소자의 발진주파수  $w$ 를 동기 주파수  $w_0$ 로 고정하고 양 끝 소자의 발진 주파수  $w_i$ 를 조절함으로써 배열소자간에 원하는 위상차를 연속적으로 얻을 수 있다.

위상천이기를 이용한 기존의 위상배열안테나는 개념상으로 간단하지만 위상천이기 회로, 급전선, 제어신호와 DC 바이어스를 안테나소자와 함께 집적해야 하기 때문에 실제 구현하기에는 많은 난점이 있다. 반면에 능동위상배열 안테나는 급전선이 필요하지 않고 발진기회로를 작게 구현할 수 있기

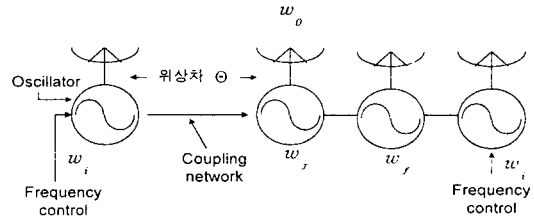


그림 1. 능동안테나 배열에서의 발진 주파수 조절을 통한 위상차 조절

Fig. 1. Tuning phase difference by controlling the oscillation frequency in the active phased array antennas.

때문에 실제 구현하기가 상대적으로 용이하며 양 끝 배열소자만을 제어함으로써 연속적인 위상을 얻을 수 있기 때문에 간단히 빔을 제어할 수 있는 이점이 있다.

능동 위상배열안테나의 구성 소자인 발진기형 능동 안테나에서는 안테나를 복사소자 뿐만 아니라 발진회로의 발진주파수를 안정화시키는 공진기로 사용한다. 그리고 배열소자의 발진 주파수를 조정하는 방법으로는 FET의 바이어스 전압을 조정하는 방법<sup>3)</sup>과 varactor diode를 이용하는 방법<sup>4)</sup>이 있다. 국내에서도 이에 대한 연구결과<sup>5,6)</sup>가 발표된 바 있지만 단일면에 안테나와 발진기회로를 집적함으로써 기생방사, 협대역, 집적의 문제가 야기될 수 있다. 따라서 본 논문에서는 능동위상배열안테나의 구성소자로 사용될 수 있도록 방사소자와 발진기회로를 각각의 기판에 제작하고 접지면의 슬롯을 통하여 전자기적으로 결합하여 12.5 GHz 대역에서 동작하는 발진기형 능동 안테나를 설계 및 제작하였다. 또한 FET의 바이어스 전압을 조정하여 발진 주파수를 조정함으로써 그림 1과 같은 능동 위상배열안테나의 소자로 사용될 수 있도록 하였다.

## II. 슬롯결합 마이크로스트립 패치 안테나의 해석

슬롯결합 마이크로스트립 패치 안테나는 그림 2

(b)와 같은 구조로 급전선은 하층기판에 있고, 방사소자는 상층기판에 프린트되어 있으며 급전선과 방사소자간의 결합은 접지면에 있는 슬롯을 통해 이루어진다. 그림 2(b)의 슬롯결합 마이크로스트립 안테나는 그림 2(c)와 같이 등가화 할 수 있다. 접지면과 유전체 기판은 x,y방향으로 무한대로 크다고 가정하면 패치와 슬롯의 표면 전류를 구하기 위한 적분 방정식은 슬롯결합 급전구조의 해석과 등가원리<sup>[7]</sup>에 의해 구할 수 있다. 슬롯의 폭이 유전체 내부 파장에 비해 아주 작다고 가정하면, 등가원리에 의해 그림 2(c)와 같이 접지면에 있는 슬롯의 개구면은 바로 위와 아래의 등가의 자기전류밀도  $M_p$ 로 대체되면서 슬롯은 폐구면이 된다. 슬롯에서 전계의 접선방향 성분이 연속이라는 경계조건을 만족시키기 위하여 슬롯 양쪽의 등가 자기전류밀도는 크기가 같고 부호가 반대라고 가정한다. 결국 a(방사부분)와 b(급전부분)에서의 전계 및 자계는 슬롯, 패치, 급전선의 표면전류에 의한 전자기계의 합으로 구성되며, 스펙트럴 영역에서의 Green함수를 이용하여 적분형태로 나타낼 수 있다.

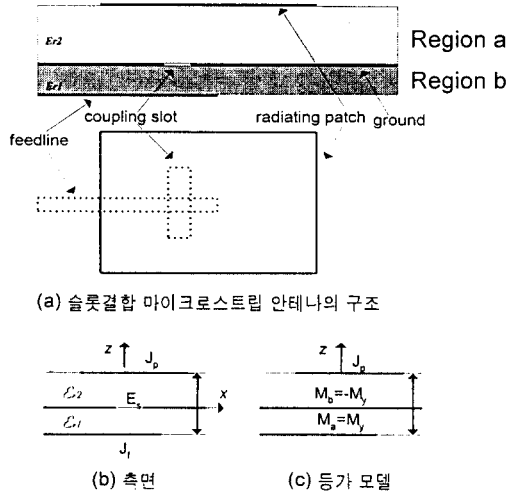


그림 2. 슬롯결합 마이크로스트립 안테나의 구조와 등가원리에 의한 등가모델

Fig. 2. Configuration of slot coupled microstrip antenna and its equivalent model.

각 패치와 슬롯 및 급전선의 미지의 표면전류를 구하기 위해서 패치와 급전선에서 전계의 접선성분의 합은 0이고 슬롯에서 자계의 접선방향 성분은 연속이라는 경계조건을 적용하여 다음과 같은 적분 방정식을 유도할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 H_p(-M_p) + H_p(J_p) &= H_f(J_f) + H_f(M_f) \\
 &\text{at slot} \\
 E_p(J_p) + E_p(-M_p) &= 0 \\
 &\text{at patch} \\
 E_f(J_f) + E_f(-M_f) &= 0 \\
 &\text{at feeder}
 \end{aligned} \tag{2}$$

$H_p$ 와  $H_f$ 는 각각 슬롯의 패치측과 급전선측의 자계를 나타내며,  $E_p$ 와  $E_f$ 는 각각 패치와 급전선의 접선방향 전계성분을, 그리고  $J_p$ 와  $J_f$ 는 패치와 급전선상의 전류를 나타낸다.

모멘트법을 이용하여 적분방정식 (2)를 풀기 위해서는 미지의 표면전류밀도  $J_p$ ,  $J_f$  와  $M_p$ 를 각각의 기저함수로 전개하여 식 (2)에 대입하고 Galerkin 법을 적용하면 다음과 같은 선형 대수방정식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \bar{\bar{Z}}_p \cdot \bar{I}_p + \bar{T}_p \cdot V_s &= 0 \\
 \bar{C}_p \cdot \bar{I}_p + (Y_{sp} + Y_{sf}) \cdot V_s &= \\
 (1-R)\Delta V - jR\Delta v_s + \bar{C}_f \cdot \bar{I}_f & \\
 \bar{\bar{Z}}_f \cdot \bar{I}_f = \bar{T}_f \cdot V_s - jR\Delta v_f &
 \end{aligned} \tag{3}$$

여기서  $\bar{\bar{Z}}_p$ ,  $\bar{\bar{Z}}_f$ 는 각각 패치의 EB(Entire Domain Basis) 모드와 급전선의 PWS(Piecewise Sinusoidal) 모드의 임피던스를 나타내고,  $\bar{C}_p$ 와  $\bar{T}_p$ ,  $\bar{C}_f$ 와  $\bar{T}_f$ 는 패치와 슬롯, 슬롯과 급전선 PWS 모드사이의 상호작용에 의한 결합을 나타내는 행렬이다. 그리고  $Y_{sp}$ 와  $Y_{sf}$ 는 슬롯의 어드미턴스를 나타낸다.

식 (3)의 행렬식을 풀면 다음과 같은 해를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{I}_p &= -([Z_p]^{-1} \cdot \bar{T}_p) \cdot V_s \\ V_s &= \left\{ \frac{\Delta V(\Delta V + i\Delta v_s)}{2} + (Y_{sp} + Y_{st}) \right. \\ &\quad \left. - \bar{C}_p \cdot [Z_p]^{-1} \cdot \bar{T}_p - \bar{C}_f \cdot [Z_f]^{-1} \cdot (\bar{T}_f - j \frac{\Delta V}{2} \Delta \bar{V}_f) \right\}^{-1} \\ R &= \left( \frac{\Delta V}{2} \right) \cdot V_s \end{aligned} \quad (4)$$

슬롯과 급전선이 수직인 경우 슬롯을 급전선상의 직렬 임피던스로 등가시킬 수 있으므로 슬롯결합 마이크로스트립 패치 안테나도 역시 등가적으로 급전선상의 직렬 임피던스로 나타낼 수 있으며 안테나의 입력 임피던스는 등가 직렬 임피던스와 개방 스테르브가 연결되어 있는 것으로 나타낼 수 있기 때문에 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Z_p = Z_0 \frac{2R}{(1-R)} - j \cot \beta L_s \quad (5)$$

슬롯결합 안테나의 입력 임피던스에 영향을 주는 요인은 패치의 길이와 폭, 슬롯의 길이와 폭 그리고 개방 스테르브의 길이이다. 이 중에서 공진주파수 결정에 결정적인 요소는 패치의 길이와 폭, 슬롯의 길이이기 때문에 적당한 크기의 패치의 길이와 폭을 정한 후 슬롯의 길이를 조절하여 입력 임피던스를 변화시켜가며 12.5 GHz에서 50 Ω 급전선에 임피던스 매칭이 되도록 패치의 폭과 길이, 그리고 슬롯의 길이를 결정하였다.

### III. 발진기 이론

발진기는 DC 전력을 RF 전력으로 변환시키는 장치이다. 그림 3과 같이 RF 전력을 발생시키기 위해서는 부성저항을 가지는 비선형 소자인 FET나 Gunn diode 등에 케환을 인가하여 능동소자의 임피던스가 부성저항을 가지게 한다.<sup>[8]</sup>

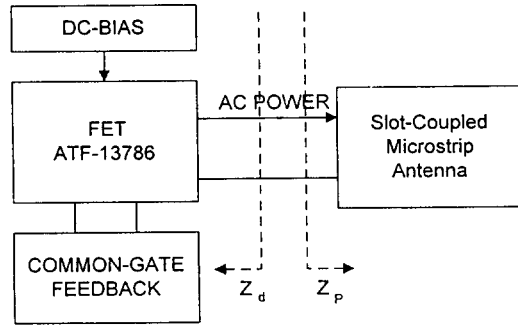


그림 3. 발진기형 능동안테나의 구성도

Fig. 3. Block diagram of oscillator type active antenna.

발진이 개시하여 성장하기 위해서는 다음과 같은 초기 조건이 만족되어야 한다.

$$\begin{aligned} |Re [Z_d]| &> 1.20 Re [Z_p] \\ Im [Z_p] &= - Im [Z_d] \end{aligned} \quad (6)$$

$Z_d$ 는 능동소자의 임피던스이고  $Z_p$ 는 패치 안테나의 임피던스이다.

일단 초기조건이 만족되면 발진기는 성장을 시작하게 되고 다음의 식을 만족할 때 정상상태에 이르게 된다.

$$\begin{aligned} |Re [Z_d]| &= Re [Z_p] \\ Im [Z_p] &= - Im [Z_d] \quad (Re [Z_f] < 0) \end{aligned} \quad (7)$$

즉 케환이 인가된 능동소자의 부성저항의 크기가 공진기, 즉 안테나의 저항보다 크고, 공진기와 능동소자 각각의 리액턴스의 크기가 같고 부호가 반대인 경우 발진이 시작된다. 그러나 출력 전력이 증가함에 따라 능동소자의 부성저항 성분은 전류가 포화상태에 이르게 되어 감소하게되므로 공진기의 저항 성분과 같게 되어 정상상태에 이르게 된다.

본 논문에서는 Avantek 사의 ATF-13786 FET를 사용하여 발진기를 제작했다. 공진기로 사용되

는 안테나의 Q값이 상대적으로 낮기 때문에 안정적인 발진을 보장하고 넓은 가변범위를 갖기 위해 common-gate inductive feedback 회로형태를 사용하였다. 이는 common-source capacitance feedback이 넓은 범위의 주파수대에 걸쳐 부정저항이 존재하는 반면 common-gate inductive feedback은 FET의 게이트 캐패시턴스와 궤환 인덕턴스의 공진주파수를 중심으로 부정저항이 좁은 주파수대에서 존재하기 때문이다.

설계는 EEsof사의 touchstone의 optimization 기능을 이용해 회로의 초기 설계치를 결정한 후 회로의 각 부분을 Boulder Microwave Technologies사의 Ensemble을 이용하여 S 파라미터를 구한 다음 S 파라미터 합성을 하여 발진 특성을 관찰한 후 설계치를 변화시켜가며 12.5 GHz에서 최대 발진 가능성을 가지도록 설계했다.

#### IV. 슬롯결합을 이용한 발진기형 능동 안테나의 설계 및 제작

발진기형 능동 안테나에서 슬롯결합 마이크로스트립 안테나는 발진 주파수를 안정화하는 공진기와 DC에서 전환된 RF 신호를 방사하는 부하로 동작하게 된다. 발진기의 공진부와 부하가 합쳐져 있기 때문에 1 단자 발진기 회로로 설계할 수 있고 따라서 각각 설계된 슬롯결합 마이크로스트립 안테나와 발진기가 결합된 단에서 발진조건 식 (6)과 식 (7)을 만족시키면 된다.

그림 4는 식 (5)에 의해 해석된 안테나의 입력 임피던스( $Z_p$ )와 시뮬레이션에 의해 구해진 능동소자의 임피던스( $Z_d$ )를 나타낸 그림이다. 12.5 GHz를 중심으로 좁은 대역폭에 존재하는 부정저항이 안테나의 실수 성분보다 크고 안테나와 FET의 임피던스의 허수 성분이 "0"을 교차하기 때문에 식 6을 만족하여 12.5 GHz에서 발진할 가능성이 가장 크다.

방사소자 부분의 기판은 방사효율을 높이고 대역폭을 늘리기 위해 Taconic 사의 유전율 2.33, 두께 1.5748 mm 기판을 사용하였고 능동회로 부분의 기

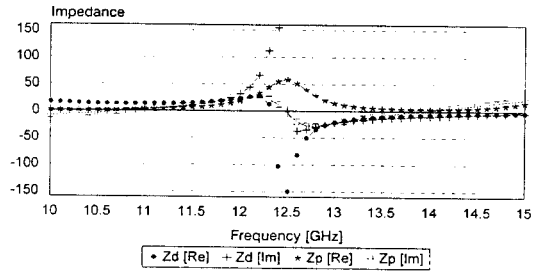


그림 4. 발진기의 발진 가능성 (시뮬레이션)

Fig. 4. Possibility of oscillation (simulation).

판은 동일사의 유전율 2.5 두께 0.508 mm 기판을 사용하였다. 그림 5는 각 층별 설계 도면이다.

위와 같이 제작된 발진기형 능동 안테나의 출력 스펙트럼은 그림 6과 같다. 드레인 바이어스를 3 V에서 9 V로 조절하였을 때 출력 스펙트럼이 12.37 GHz에서 12.65 GHz로 변하는 것을 확인할 수 있다.

그림 7은 제작된 슬롯결합 마이크로스트립 패치 안테나의  $S_{11}$ 을 나타낸다. 이로부터 안테나의 대역폭이 12.5 GHz를 중심으로 넓게 퍼져 있음을 확인할 수 있다.

능동 위상배열안테나에서는 발진기형 능동 안테나의 발진주파수를 조절하여 발진주파수의 차에 따른 위상차를 얻기 때문에 원하는 발진 주파수를 얻기 위해 가해지는 바이어스전압이 정확히 예측되어야 한다. 즉 제어전압에 따른 발진 주파수가 선형적으로 변해야 한다.

그림 8은 드레인 단에 가해지는 제어전압이 3 V에서 9 V로 변할 때 발진주파수가 12.37 GHz에서 12.65 GHz까지 선형적으로 변화함을 보여준다.

또한 주파수 가변 범위 내에서 발진기형 능동 안테나의 출력 전력은 -20 dBm를 중심으로 5 dB 이하의 차이를 가짐으로서 대체로 일정했다. 능동 위상배열안테나에서는 각 발진기들의 발진 주파수의 차이에 의한 소자간의 위상차를 얻기 때문에 발진기의 출력 전력이 작지만 능동 위상배열안테나의

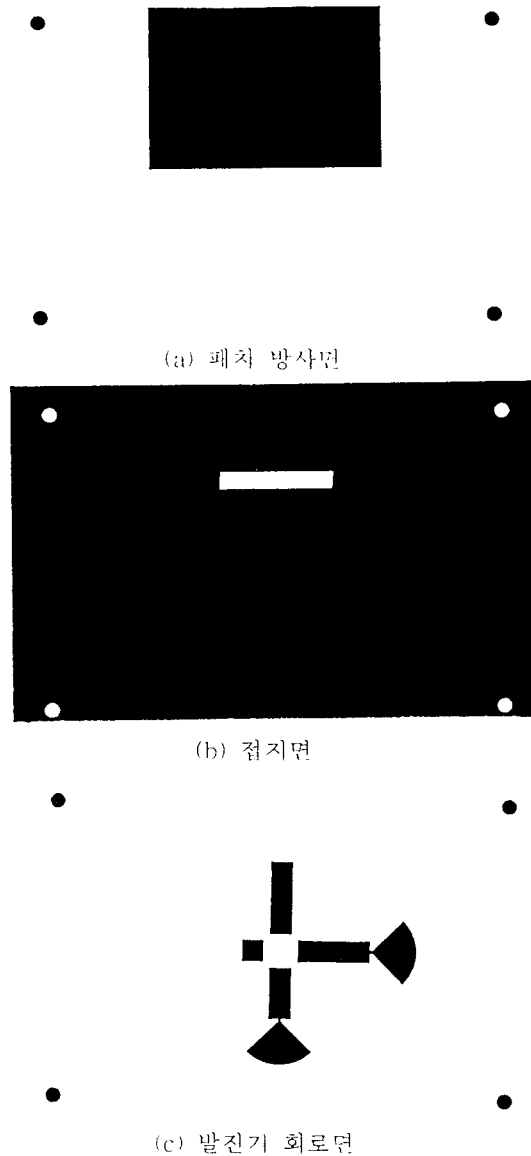


그림 5. 각 층별 설계도면  
Fig. 5. Layout of each layers.

소자로 사용되기에는 무리가 없을 것으로 판단된다.

그림 9는 12.5 GHz에서 측정된 발진기형 능동 안테나의 E-면과 H-면 방사패턴이다.

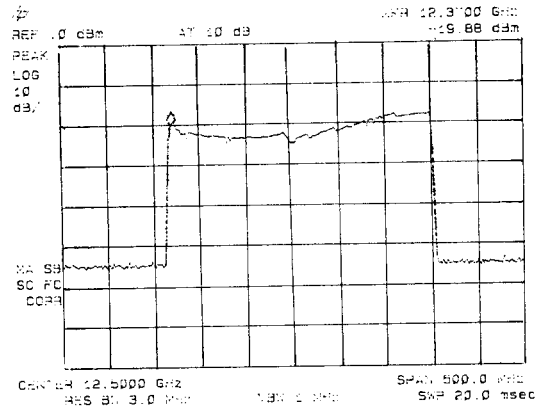


그림 6. 발진기형 능동 안테나의 출력 스펙트럼  
Fig. 6. Spectrum of oscillator type active antenna.

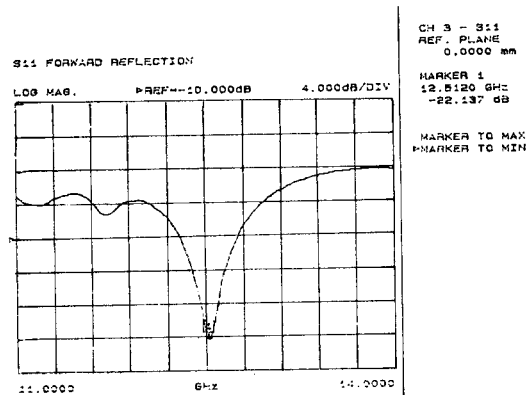


그림 7. 슬롯결합 마이크로스트립 패치 안테나의 S 파라미터  
Fig. 7. S-parameter of slot coupled microstrip antenna.

위와 같은 실험결과를 바탕으로 본 논문에서 설계, 제작한 발진기형 능동 안테나가 능동위상배열 안테나의 소자로 사용될 경우 발진주파수를 선형적으로 조절하여 발진 주파수 차이에 의한 소자간 위상차를 연속적으로 얻을 수 있음을 확인하였다.

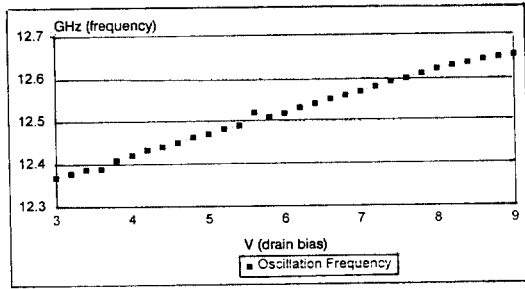


그림 8. 제어전압에 따른 발진 주파수의 변화  
 Fig. 8. Frequency tuning by controlling bias voltage.

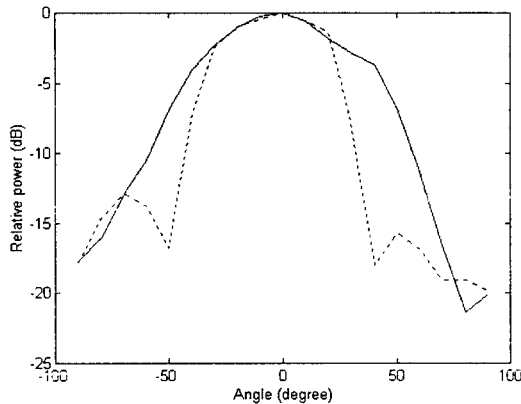


그림 9. 발진기형 능동 안테나의 E-면 패턴과 H-면 방사패턴  
 Fig. 9. E- and H-plane radiation patterns of the oscillator type active antenna.

### V. 결 론

본 논문에서는 능동 위상배열안테나의 구성소자로 사용될 수 있는 발진기형 능동안테나를 설계, 제작하였다. 정확한 임피던스 예측을 위해 슬롯결합 마이크로스트립 안테나를 모멘트법으로 해석하였

으며 부성저항 기법을 이용하여 발진기 회로를 설계하였다. 방사소자와 발진기회로를 각각의 기판에 제작하고 접지면의 슬롯을 통하여 전자기적으로 결합하여 발진회로의 전력이 슬롯을 통해 안테나로 방사되도록 하였다.

FET의 드레인 바이어스 전압을 조정하여 발진 주파수를 12.5 GHz 를 중심으로 12.37 GHz 에서 12.65 GHz 까지 280 MHz (2.24 %)의 주파수 범위를 선형적으로 조정할 수 있었다. 또한 주파수 가변범위 내에서 출력 전압이 5 dB 이내로 대체로 일정하였다.

따라서 본 논문에서 설계, 제작한 발진기형 능동 안테나는 드레인 바이어스 전압을 조정함으로써 280 MHz의 주파수 가변범위내에서 선형적으로 발진주파수를 조정할 수 있을 뿐 아니라 주파수 가변범위 내에서의 출력전력이 일정하기 때문에 능동 위상배열안테나의 구성소자로 사용될 수 있음을 확인하였다. 또한 방사소자와 능동회로를 각각의 기판에 제작하고 슬롯을 이용하여 결합함으로써 회로의 집적에 있어서 공간이 상대적으로 여유가 있고 능동회로에서 발생하는 기생방사에 의한 안테나 패턴의 왜곡을 방지할 수 있기 때문에 배열안테나 특히 평면 배열안테나에 적합할 것이다. 따라서 본 논문에서 제작, 설계한 능동안테나를 배열소자로 각각의 배열소자를 커플링 구조로 연결하고 커플링된 발진기들 간의 비선형 특성을 이용하여 소자간 연속적인 위상차를 얻음으로서 부피가 작고, 연속적인 빔주사가 가능한 선형 능동배열안테나, 평면 능동배열안테나에 응용될 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

[1] D. M. Pozar, "A Reciprocity method of analysis for printed slot and slot coupled microstrip antennas," *IEEE Trans. Antenna Propagat.*, vol. AP-34, no. 12, pp. 1439~1446, Dec., 1986.  
 [2] P. Liao and R. A. York, "A New Phase

shifterless Beam Scanning Technique using Arrays of Coupled Oscillators," *IEEE Trans. Microwave Theory and Technology.*, vol. MTT-41, no. 10, pp. 1810~1815, 1993.

- [3] Richard C. Compton, "High-Efficiency FET/Microstrip-Patch Oscillators," *IEEE Antennas and Propagation Magazines.*, vol. 36, no. 1, pp. 16-19, 1994.
- [4] P. M. Haskins, P. S. Hall and J. S. Dahele, "Active Patch Antenna Element with Diode Tuning," *Electronics Letters.* vol. 27, no. 20, pp. 1846-1847, Sep., 1991.
- [5] 황재호, 명노훈, "마이크로스트립 패치 안테나를 이용한 2.4~2.5 GHz에서 동작하는 전

압 조정 발진기의 설계 및 제작," 전자공학회 논문지, 제33권, A편, 제2호, pp. 78~86, Nov., 1996.

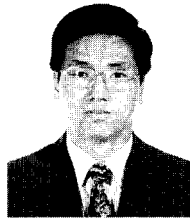
- [6] 이두한, 홍의석, "능동 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 및 제작," 추계 마이크로파 및 전파전파 학술발표 논문집, vol. 18, no. 1, pp. 145~148, May, 1995.
- [7] P. L. Sullivan and D. H. Schaubert, "Analysis of an aperture coupled microstrip antenna," *IEEE Trans. Antenna Propagat.*, vol. AP-34, no. 8, pp. 977~984, Aug., 1986.
- [8] Adler A. Sweet, *MIC & MMIC Amplifier and Oscillator Circuit Design*, Artech House, 1990.

문 철



1970년 1월 7일생  
 1995년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업  
 현재 : 동대학원 석사과정 재학  
 [주 관심분야] 위상배열안테나, 위성 통신

윤 기 호

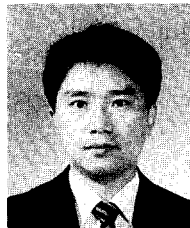


1961년 8월 8일생  
 1984년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업  
 1986년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 석사  
 현재 : 동대학원 박사과정 재학,

삼성전기에 근무

[주 관심분야] CDMA용 최적 송수신기 설계 및 페이딩 억제 변조기술

장 규 상



1979년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)  
 1981년 2월 : 한국과학기술원 산업전자과(공학석사)  
 1992년 9월 : 미국 Univ. of California, Davis 전자공학과(공학박사)

1987년 6월~1990년 6월 : 미국 산호세, Masstor Systems  
 1992년 8월~1995년 8월 : 삼성전자 신호처리연구소, DBS 및 HDTV 연구  
 1995년 9월~ : 한국통신 위성사업본부, DBS 및 HDTV 기술개발 및 운용

박 한 규



1941년 6월 21일생  
 1964년 2월 : 연세대학교 전기공학과(공학사)  
 1968년 2월 : 연세대학교 전기공학과 대학원(공학석사)  
 1973년 : 불란서 파리대학교(소르

본) 박사과정 수료(DEA)

1975년 : 불란서 파리6대학교, Ph. D.  
 1976년~1992년 : 연세대학교 전자공학과 교수  
 1992년~현재 : 연세대학교 전파공학과 교수  
 [주 관심분야] 마이크로파, 안테나, 전파전파



윤 영 중



1959년 3월 9일생

1981년 2월 : 연세대학교 전자공학과  
(공학사)

1986년 9월 : 연세대학교 전자공학과  
대학원(공학석사)

1991년 12월 : Georgia Institute of  
Technology, Ph. D.

1992년 3월 ~ 1993년 2월 : 한국전자통신연구소 위성통신기술  
연구단 선임연구원

현재 : 연세대학교 전자공학과 조교수

[주 관심분야] 안테나, 전파전파, 위성통신