

## 마이크로스트립 배열 안테나의 급전 방식에 관한 연구

正會員 安 啓 善\* 正會員 宋 宇 永\*\*

### A Study on the Feed Network for Microstrip Array Antenna

Kye Sun Ahn\*, Woo Young Song\*\* *Regular Members*

#### 要 約

본 연구에서는 비균일 배열 안테나의 방사패턴 합성을 위하여 폭이 다른 마이크로스트립 패치 안테나를 급전소자로 하는 급전 방식에 대하여 연구하였다.

마이크로스트립 패치 안테나는 전송선로 모델 해석 방법을 적용하여 해석하였으며, 급전소자 간의 급전 선로 길이가  $\lambda_g$ 의 정수 배가 되면 배열 안테나 각 급전소자의 상대적 전류 비와 입력 어드미턴스의 비가 같음을 유도하였다.

급전소자의 수가 각각 6개와 9개로 제작된 비균일 구형 마이크로스트립 패치 배열 안테나를 실험한 결과 방사패턴에 대한 이론치와 실험치가 잘 일치함을 확인할 수 있다.

따라서 본 연구 결과는 비균일 배열 안테나를 구현하기 위한 급전 방식으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### ABSTRACT

This study is concerned with a feeding method of microstrip patch antennas with different widths as feeding elements in order to obtain the appropriate radiation patterns of nonuniform array antennas. We analyze a microstrip patch antenna based on the transmission line model and derive that the ratio of current is equal to that of the input impedances of array antenna elements in case that the feed-line length between elements of array antenna is equal to the integer times of  $\lambda_g$ .

We measure the radiation patterns of the nonuniform microstrip patch array antenna with 6 and 9 elements. The patterns measured are well agreed with the theoretically calculated patterns.

Thus, this result can be utilized in the implementation of a feed network in nonuniform array antennas.

\* 忠南專門大學 電子計算科  
Dept. of Computer Science, Chung Nam Jounior College.

\*\* 淸州大學校 電子工學科  
Dept. of Electronics, Chung Ju Univ.

論文番號 : 94104

接受日字 : 1994年 4月 6日

### I. 서 론

배열 안테나는 배열 방법에 따라 균일(uniform)과 비균일(non-uniform) 배열로 나뉘어지며<sup>1,2)</sup> 마이크로 스트립 배열 안테나는 급전선로와 급전소자를 하나의 기관 위에 제작할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

비균일 배열 안테나는 급전소자의 전류 값을 조정하여 방사패턴의 모양 즉, 주로브의 빔 폭과 부로브의 크기를 조절할 수 있다. 따라서 특별히 주어진 안테나의 방사패턴을 얻기 위하여는 비균일 배열 안테나의 설계 방법을 이용하여 구현할 수 있다.<sup>2)</sup>

본 연구에서는 비균일 선형 배열 안테나를 설계, 해석하기 위한 방법으로 전송선로 해석 방법 중 2단자 망의 ABCD 계수를<sup>3,4)</sup> 이용하여, 배열 안테나 급전소자 간의 급전선로 길이가  $\lambda_g$ 의 정수 배가 되면 배열 안테나 각 급전소자의 전류 비와 입력 어드미턴스의 비가 같음을 유도하고,<sup>5)</sup> 이 이론에 의해 급전소자 간의 전류비를 갖는 급전소자의 어드미턴스 값에 따라 각 급전소자의 폭을 결정하여 폭이 다른 구형 마이크로 스트립 패치 안테나를 안테나 급전소자로 하는 비균일 배열 안테나를 설계하는 방법을 제시한다.

본 논문에서 제시한 이론의 타당성을 입증하기 위하여 급전소자의 수가 각각 6개와 9개로 구성된 구형 마이크로 스트립 비균일 배열 안테나를 제작하고, 제작된 안테나에 대하여 구형 마이크로 스트립 패치 안테나의 전송선로 모델 해석 방법을<sup>6,7)</sup> 이용하여 분석하였다. 먼저 급전선로의 폭과 길이에 따른 공진 주파수를 계산하고, 이 공진 주파수에서 각 급전소자의 크기에 따른 어드미턴스를 계산하여 그 상대적 비를 급전소자의 전류 값으로 하는 이론적인 방사패턴을 계산하여 실험치와 비교한 결과 두 값이 잘 일치함을 확인할 수 있다.

### II. 배열 안테나의 상대적 전류와 입력 어드미턴스의 관계

길이가  $l$ 인 무손실 전송선로의 한 끝에 어드미턴스가  $Y_L$ 인 부하가 연결되어 있는 경우 입출력간의 전압 전류 식은 다음과 같다.<sup>3,4)</sup>

$$\begin{bmatrix} V_i \\ I_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta l & j Z_0 \sin \beta l \\ j Y_0 \sin \beta l & \cos \beta l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_L \\ I_L \end{bmatrix} \quad (1)$$

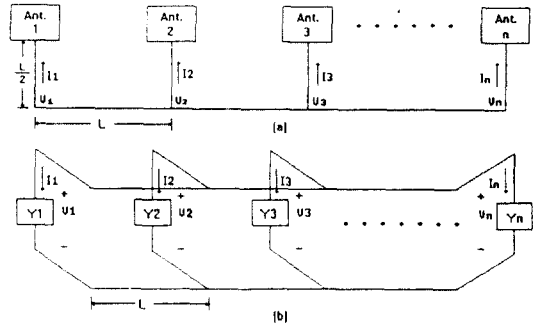


그림 1. (a) 배열 안테나의 구조  
(b) 등가 회로  
Fig. 1. (a) Structure of an array antenna  
(b) An equivalent circuit

식(1)을 이용하여 그림 1과 같이 구성된 마이크로 스트립 배열 안테나 급전소자의 상대적 전류와 입력 임피던스의 관계를 구하고자 한다.

위의 그림 1에서 안테나 급전소자간 전송선로의 길이  $l$ 이  $\lambda_g$ 의 정수 배이면, 식(1)로부터

$$\begin{aligned} I_1 &= V_1 Y_1 \\ V_2 &= V_1 \cos \beta l + j I_1 Z_0 \sin \beta l \\ &= V_1 = I_1 / Y_1 \end{aligned} \quad (2)$$

이 되며, 따라서

$$\frac{I_2}{Y_2} = \frac{I_1}{Y_1} \quad \text{또는} \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{Y_2}{Y_1} \quad (3)$$

의 관계를 얻을 수 있다. 마찬가지로 방법에 의해 다음 식이 얻어진다.

$$\frac{I_n}{I_1} = \frac{Y_n}{Y_1} \quad (4)$$

이상에서와 살펴본 바와 같이 배열 안테나의 급전소자간 전송선로 길이  $l$ 이  $\lambda_g$ 의 정수 배이면 급전소자의 상대적 전류 비와 입력 어드미턴스 비가 같게 된다. 따라서 배열 안테나 급전소자 간의 입력 어드미턴스 비를 원하는 상대적 전류 비를 갖도록 크기를 결정하여 설계하면 비균일 배열 안테나를 구현할 수 있게 된다.

### Ⅲ. 마이크로스트립 패치 안테나 해석<sup>6,7)</sup>

전송선로 모델 해석법을 이용하여 구형 마이크로스트립 패치 안테나를 해석할 때는 이를 공진기로 간주하여 이에 대한 등가 회로는 그림 2와 같다.

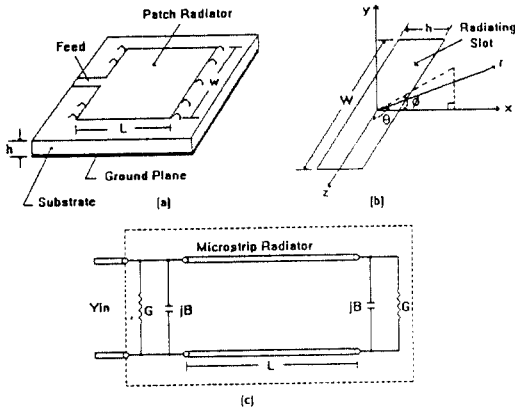


그림 2. (a) 구형 마이크로스트립 패치 안테나의 구조  
 (b) 좌표계가 나타낸 복사 슬롯  
 (c) 전송선로 모델  
 Fig. 2. (a) Structure of a rectangular microstrip patch antenna  
 (b) Coordinate system of radiating slots  
 (c) Transmission line model

#### 1. 방사패턴

그림 2(b)와 같이 좌표계가 주어진 경우 슬롯으로부터 방사되는 far-field의 전개는 다음과 같이 주어진다.<sup>6,9)</sup>

$$E_{\theta} = -j2V_0 W k_0 \frac{\exp(-jk_0 r)}{4\pi r} F(\theta, \phi) \quad (5)$$

$$E_{\phi} = 0 \quad (6)$$

여기서,

$$F(\theta, \phi) = \frac{\sin\left(\frac{k_0 h}{2} \sin\theta \cos\phi\right)}{\frac{k_0 h}{2} \sin\theta \cos\phi}$$

$$\times \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos\theta\right)}{\frac{k_0 W}{2} \cos\theta} \times \sin\theta \quad (7)$$

구형 마이크로스트립 패치 안테나의 슬롯은 narrow 슬롯으로 간주될 수 있으며 이에 대한 E-면과 H-면의 방사패턴은 각각 다음과 같이 주어진다.

E-면 방사패턴( $\theta = \pi/2$ )

$$F(\phi) = \frac{\sin\left(\frac{k_0 h}{2} \cos\phi\right)}{\frac{k_0 h}{2} \cos\phi} \times \cos\left(\frac{k_0 L}{2} \cos\phi\right) \quad (8)$$

H-면 방사패턴( $\phi = \pi/2$ )

$$F(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos\theta\right)}{\frac{k_0 W}{2} \cos\theta} \times \sin\theta \quad (9)$$

식(9)로부터 구형 마이크로스트립 패치 안테나 폭의 변화에 따른 방사패턴의 변화를 구할 수 있으며, 패치 안테나의 폭에 따른 방사패턴을 그림 3에 나타내었다.

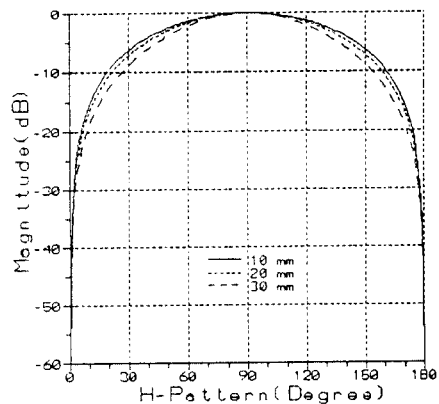


그림 3. 구형 마이크로스트립 패치 안테나 폭의 변화에 따른 방사패턴

Fig. 3. Radiation patterns of a microstrip patch antennas with respect to the widths

그림 3에서 보는 바와 같이 구형 마이크로스트립

패치 안테나의 경우 폭의 변화에 따른 방사패턴의 변화는 거의 무시할 수 있다.

2. 방사 콘덕턴스

구형 마이크로스트립 패치 안테나의 한쪽에 있는 슬롯으로부터 방사되는 전력은 다음 식과 같으며<sup>6,7)</sup>,

$$P = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\xi}{\mu}} \frac{\Gamma_0^2}{\pi} \int_0^\pi \frac{\sin^2(\frac{\pi W}{\lambda_0} \cos\theta)}{\cos^2\theta} \sin^3\theta d\theta \quad (10)$$

$P = GV_0^2/2$ 로부터 방사 콘덕턴스  $G$ 에 대한 식은 다음과 같이 주어진다.

$$G = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\xi}{\mu}} \int_0^\pi \frac{\sin^2(\frac{\pi W}{\lambda_0} \cos\theta)}{\cos^2\theta} \sin^3\theta d\theta \quad (11)$$

식 (11)에서 알 수 있듯이 방사 콘덕턴스  $G$ 는 급전소자의 폭  $W$ 의 함수이므로 방사 콘덕턴스 값을 알면 급전소자의 폭을 결정할 수 있다. 따라서 식 (4)의 조건에 의해 급전소자의 전류 비로부터 급전소자의 폭을 결정할 수 있다.

3. 슬롯 커패시턴스

슬롯에서의 등가 서셉턴스는 커패시턴스의 함수로, 개방 마이크로스트립 회로의 확장 선로  $\Delta l$ 의 영향을 받으며 다음 식으로 표시된다.<sup>6)</sup>

$$B = \frac{2\pi\Delta l \sqrt{\xi_e(f)}}{Z_0} \quad (12)$$

여기서  $Z_0$ 는 선로의 특성 임피던스이며, 개방 마이크로스트립 회로(Open microstrip circuits)의 정규화 확장 선로  $\Delta l$ 에 대한 식은 Hammerstad에 연구발표된 식을 수정하였고,  $\xi_e(f)$ 는 Gestinger가 발표한 식<sup>10)</sup>을 수정하여 사용하였으며 다음과 같다.

$$\frac{\Delta l}{h} = 0.412 \frac{\xi_e(f) + 0.3}{\xi_e(f) - 0.258} \frac{W/h + 0.262}{W/h + 0.813} \quad (13)$$

여기서,

$$\xi_e(f) \cong \xi_r - \frac{\xi_r - \xi_e}{1 + G(f/f_d)^2}$$

$$f_d = Z_c/1.6\pi$$

$$G = 0.6 + 0.09 Z_c$$

$$Z_c = \frac{Z_0}{2\pi\sqrt{\xi_r}} \ln \left\{ \frac{F_1 h}{w} + \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{w}\right)^2} \right\}$$

$$F_1 = 6 + (2\pi - 6) \exp[-(30.666 h/w)^{0.7528}]$$

$$\xi_e \cong (\xi_r + 1)/2 + [(\xi_r - 1)/2][1 + 10h/w]^{-ab}$$

$$a = 1 + \frac{1}{49} \ln \left[ \frac{(w/h)^4 + [w/(52h)]^2}{(w/h)^4 + 0.432} \right]$$

$$+ \frac{1}{18.7} \ln \left[ 1 + \left(\frac{w}{18.1h}\right)^3 \right]$$

$$b = \left(\frac{\xi_r - 0.9}{\xi_r + 3}\right)^{0.053}$$

4. 공진 길이

그림 2와 같은 등가 회로로 표시된 경우 구형 마이크로스트립 패치 안테나의 입력 임피던스는

$$Y_{inp} = G + jB + Y_c \frac{G + j(B + Y_c \tan \beta l)}{Y_c - B \tan \beta l + jG \tan \beta l} \quad (14)$$

여기서,  $Y_c$ : 급전선로의 특성어드미턴스

로 표시되며, 공진 시에 식(14)의 우변은 허수 부분이 0이 되어  $2G$ 가 된다. 따라서 안테나의 길이  $l$ 은 다음 식으로 계산되어진다.<sup>6)</sup>

$$l = \frac{1}{\beta} \tan^{-1} \left( \frac{2Y_c B}{G^2 + B^2 - Y_c^2} \right) \quad (15)$$

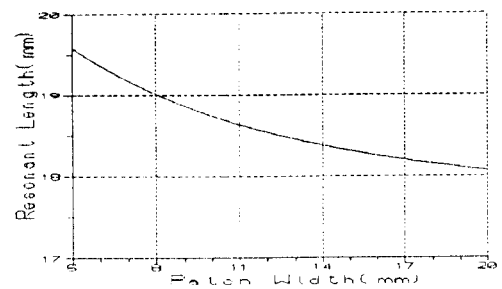


그림 4. 구형 마이크로스트립 패치 안테나 폭의 변화에 따른 공진 길이

Fig. 4. Resonant lengths of a microstrip patch antenna with respect to the width

식 (15)를 이용하여 마이크로스트립 기판의 두께  $h$  가 1.524mm이고 비유전율  $\xi_r$ 이 2.45일 때 패치 안테나의 폭의 변화에 따른 공진 길이의 변화를 그림 4에 나타내었다.

구형 마이크로스트립 패치 안테나의 경우 그림 3과 4에서 볼 수 있듯이 패치 안테나의 폭의 변화에 따른 방사패턴과 공진 길이의 변화는 매우 미약하다. 따라서 비균일 배열 안테나의 각 급전소자는 동일 급전소자로 간주할 수 있다.

### 5. 급전선로의 폭과 길이

선로의 특성 임피던스를 알고 있을 때 선로의 폭과 길이를 결정하는 식은 다음과 같다.

(1) 급전선로의 폭<sup>11)</sup>

$W/h \leq 2$  이면

$$\frac{W}{h} = \frac{8 \exp(A)}{\exp(2A) - 2} \quad (28)$$

$W/h \geq 2$  이면

$$\frac{W}{h} = \frac{2}{\pi} \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\xi_r - 1}{2\xi_r} \left\{ \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\xi_r} \right\} \right] \quad (29)$$

여기서,

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\xi_r + 1}{2} - \frac{\xi_r - 1}{\xi_r + 1}} \left( 0.23 + \frac{0.11}{\xi_r} \right)$$

$$B = \frac{377\pi}{2Z_0 \sqrt{\xi_r}}$$

(2) 급전선로의 길이<sup>3)</sup>

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\xi_e(f)}} \quad (30)$$

### 6. 입력 임피던스

구형 마이크로스트립 패치 안테나에 대한 전송선로 모델 등가 회로(그림 5)에서 입력 어드미턴스  $Y_i$ 는

$$Y_i = Y_o \frac{Y_i + jY_o \tan \beta l}{Y_o + jY_i \tan \beta l} \quad (31)$$

여기서,  $Y_o$ : 선로의 특성 어드미턴스

$Y_i$ : 급전 소자의 입력 어드미턴스

로 나타내 진다. 식 (31)에서  $l = \lambda_g$  또는  $\lambda_g/2$  이면

$$Y_i = Y_i \quad (32)$$

이다.

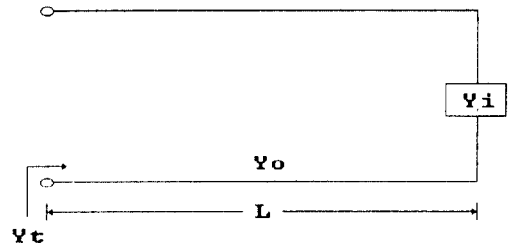


그림 5. 구형 패치 안테나의 전송선로 모델 등가 회로

Fig. 5. An equivalent circuit of a transmission line model for a rectangular patch antenna

그러므로 그림 1과 같이 급전소자의 수가  $n$ 개인 배열 안테나의 입력 어드미턴스  $Y_{tot}$

$$Y_{tot} = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (33)$$

가 된다. 따라서, 배열 안테나의 입력 임피던스  $Z_{tot}$ 는

$$Z_{tot} = \frac{1}{Y_{tot}} \quad (34)$$

이 된다.

## IV. 분석 및 결과 고찰

### 1. 분석 1

비유전율  $\epsilon_r$ 이 2.22, 두께가 0.794mm인 마이크로스트립 기판에 급전선로의 길이와 폭이 각각 44.90mm, 0.8mm이며 급전소자의 수가 6개인 비균일 배열 안테나(그림 6) 급전소자의 크기를 표 1에 나타내었다.

그림 6에서 급전선로의 길이  $l = \lambda_g$ 를 만족하는 공진 주파수는 5.084GHz가 되며, 이때 급전소자의 어드미턴스와 상대적 전류 비는 표 2와 같다.

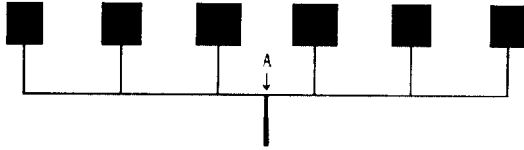


그림 6. 비균일 배열 안테나의 구성  
(안테나 급전소자 수 = 6개)

Fig. 6. Configuration of a nonuniform array antenna

표 1. 급전소자의 크기

Table 1. Dimensions of an array antenna element [단위 mm]

급전소자	1	2	3	4	5	6
폭(W)	16.8	18.2	20.8	20.8	18.2	16.8
길이(L)	19.86	19.83	19.78	19.78	19.83	19.86

표 2. 급전소자의 어드미턴스와 상대적 전류비

Table 2. Admittance and relative current ratios of an array antenna element [단위 : 어드미턴스  $\times 10^{-3}$ ]

급전소자	1	2	3	4	5	6
어드미턴스	1.71 + j10.2	1.99 + j11.0	2.55 + j12.2	2.55 + j12.2	1.99 + j11.0	1.71 + j10.2
상대적 전류비	1.0 $\angle$ 0	1.08 $\angle$ -0.014	1.20 $\angle$ -0.04	1.20 $\angle$ -0.04	1.08 $\angle$ -0.14	1.0 $\angle$ 0

표 3. 급전소자의 크기

Table 3. Dimensions of an array antenna element [단위 mm]

급전소자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
폭(W)	9.78	13.27	16.77	19.14	19.98	19.14	16.77	13.27	9.78
길이(L)	17.45	17.21	17.04	16.95	16.92	16.95	17.04	17.21	17.45

표 4. 급전소자의 어드미턴스와 상대적 전류비

Table 4. Admittance and relative current ratios of an array antenna element [단위 : 어드미턴스  $\times 10^{-3}$ ]

급전소자	1	2	3	4	5	6	7	8	9
어드미턴스	0.637 + j-2.76	1.15 + j-2.88	1.80 + j-3.19	2.31 + j-3.49	2.50 + j-3.64	2.31 + j-3.49	1.80 + j-3.19	1.15 + j-2.88	0.637 + j-2.67
상대적 전류비	1 $\angle$ 0	1.13 $\angle$ 0.15	1.33 $\angle$ 0.27	1.52 $\angle$ 0.33	1.61 $\angle$ 0.34	1.52 $\angle$ 0.33	1.33 $\angle$ 0.27	1.13 $\angle$ 0.15	1 $\angle$ 0

## 2. 분석 2

비유전율  $\epsilon_r$ 이 2.45, 두께가 1.524mm인 마이크로스트립 기판에 급전선로의 길이와 폭이 각각 42.318mm, 1.2416mm이며 급전소자의 수가 9개인 비균일 배열 안테나(그림 7)의 급전소자의 크기를 표 3에 나타내었다. 여기서 급전소자간 간격은 30mm이다.

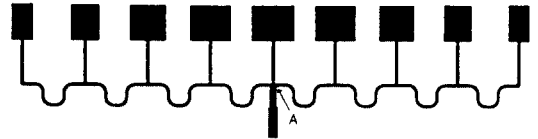


그림 7. 비균일 배열 안테나의 구성  
(안테나 급전소자 수 = 9개)

Fig. 7. Configuration of a nonuniform array antenna

그림 7에서 급전선로의 길이  $l = \lambda_g$ 를 만족하는 공진 주파수는 5.211GHz가 되며, 이때 급전소자의 어드미턴스와 상대적 전류 비는 표 4와 같다.

## 3. 임피던스 정합

본 연구에서는 비균일 배열 안테나와 50 $\Omega$  전송선로와의 임피던스 정합을 위하여  $\lambda/4$  변환기를 사용하였으며,  $\lambda/4$  변환기 선로의 폭과 길이를 결정하기 위

하여 배열 안테나의 구동점 A(그림 6, 7)에서의 입력 임피던스를 계산한 결과 급전소자의 수가 6개인 경우에는 64.5Ω, 9개인 경우 60.5Ω이다. 따라서 λ/4 변환기 선로의 폭과 길이는 급전소자의 수가 6개와 9개인 경우에 각각 1.624mm, 10.696mm와 3.244mm, 10.718mm로 설계되었으며, 코넥터를 접합시키기 위하여 50Ω 선로의 폭과 길이를 급전소자의 수가 6개와 9개인 경우에 각각 2.031mm, 13.6mm와 4.382mm, 15mm로 설계 제작하였다.

제작된 비균일 배열 안테나의 반사 손실에 대한 측정 결과와 이론치를 그림 8과 9에 나타내었다.

4. 결과 고찰

제작된 비균일 마이크로스트립 비균일 배열 안테나에 대하여 급전선로의 길이  $l = \lambda_g$ 를 만족하는 각각의 주파수에서 측정한 방사패턴과 식 (35)를 이용하여 이론적으로 계산된 방사패턴을 그림 10(안테나 급전소자의 수가 6개인 경우)과 11(안테나 급전소자의 수가 9개인 경우)에 나타내었다.

$$AP = F(\theta) \sum_{n=1}^N A_n \exp(j\beta_o(n-n_1)d \cos\theta) \quad (35)$$

여기서,  $n_1 = \begin{cases} N/2 & : N\text{이 짝수인 경우} \\ (N+1)/2 & : N\text{이 홀수인 경우} \end{cases}$

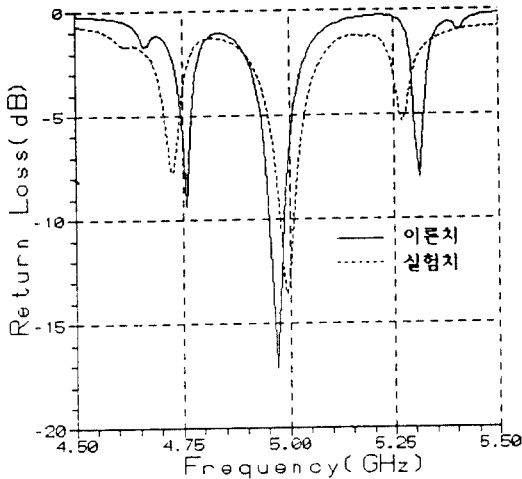


그림 8. 반사 손실 (급전소자수 = 6개)  
Fig. 8. Return Loss (Elements No. of Ant. = 6)

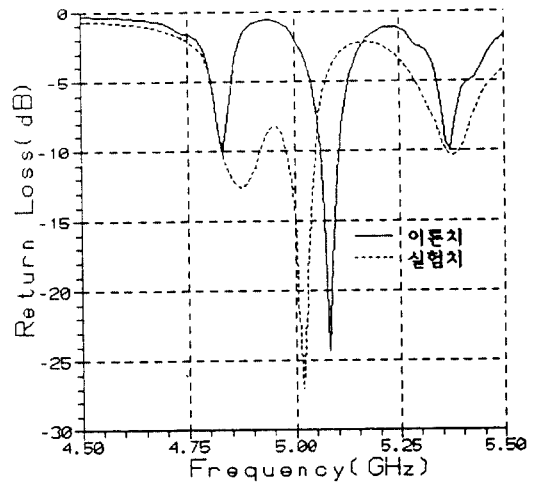


그림 9. 반사 손실 (급전소자수 = 9개)  
Fig. 9. Return Loss (Elements No. of Ant. = 9)

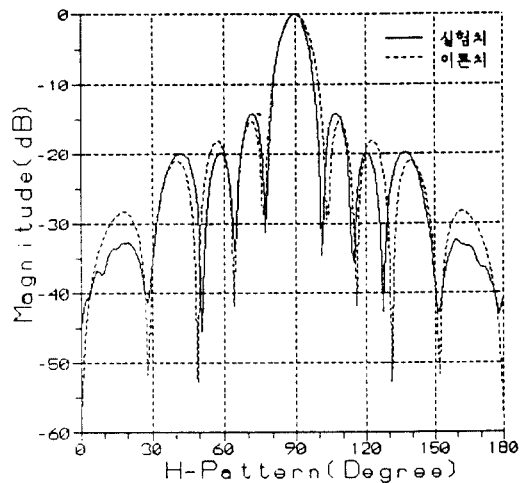


그림 10. 제작한 안테나의 방사패턴  
(안테나 급전소자 수 = 6개)  
Fig. 10. Radiation patterns of the implemented antenna

급전선로의 길이  $l = \lambda_g$ 를 실현시키기 위하여 급전선로를 구부린 경우(그림 11)에는 2차 부로브 이하에서는 많은 차이를 보이고 있다. 이러한 현상은 급전선로의 구부림에 의한 급전선로에서의 방사와 상호 결합의 영향으로 생각된다.

또한 그림 8에서 보듯이 주파수 4.99GHz(급전소자가 6개인 경우)와 5.018GHz(급전소자가 9개인 경우)에서 반사 손실이 가장 작은 이유는 실효 유전율 계산시에 주파수의 영향을 고려하지 않고 5GHz에서 공진이 일어나도록 급전소자와 급전선로 그리고  $\lambda/4$  변환기의 임피던스를 계산하여 설계 제작된 안테나를 대상으로 실험 측정하였기 때문이다.

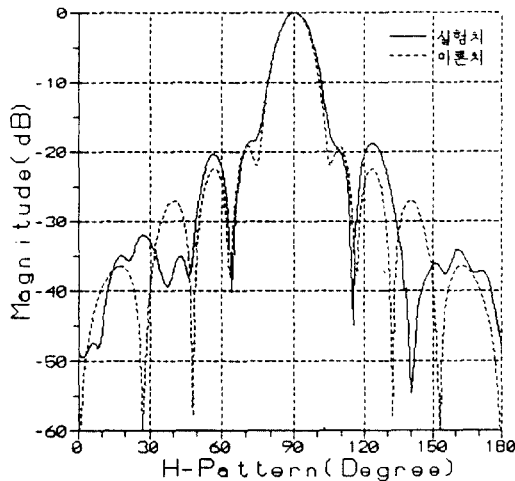


그림 11. 제작한 안테나의 방사패턴  
(안테나 급전소자 수 = 9개)

Fig. 11. Radiation patterns of the implemented antenna

### V. 결 론

비균일 배열 안테나를 이용하여 방사패턴을 합성하기 위해서는 각 급전소자에 인가해 주는 전류치에 가중치를 주어야 한다. 본 연구에서 이러한 가중치를 주기 위한 간단한 방법으로 배열 안테나 각 급전소자 간의 급전선로 길이가  $\lambda_g$ 의 정수 배가 되면 안테나 급전소자 간의 전류 비와 급전소자의 어드미턴스 값의 비가 같게 되도록 각 급전소자의 폭을 결정하여 폭이 다른 구형 마이크로스트립 패치 안테나를 안테나

전소자로 하는 비균일 배열 안테나를 설계하는 방법을 제시한다.

본 논문에서 제시한 설계 방법을 이용하여 급전소자의 수가 각각 6개와 9개로 제작된 비균일 배열 안테나를 분석한 결과 그림 10과 11에서 보듯이 방사패턴에 대한 실험치와 이론치의 부로부치(SLL)가 잘 일치함을 확인할 수 있어 이론의 타당성을 입증할 수 있다.

따라서 본 연구 결과는 각 급전소자 간의 전송선로 길이가  $\lambda_g$ 의 정수 배인 경우, 폭이 다른 마이크로스트립 패치 안테나를 급전소자로 하는 비균일 배열안테나를 구현하기 위한 급전 방식으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

앞으로의 연구 방향은 급전선로의 구부림에 의한 영향을 포함한 상호 결합 문제에 대한 해석과 설계에 관한 연구와 3dB 빔 폭과 부로부치가 주어지는 경우가 조건을 만족하는 비균일 평면 배열 안테나의 실현 방법에 대한 연구를 진행하고자 한다.

### 참 고 문 헌

1. C.A. Balanis, *ANTENNA THEORY Analysis and Design*, JOHN WILEY & sons, chap.6, 1982.
2. W.L. Shutzman, G.A. Thiele, *ANTENNA THEORY AND DESIGN*, JOHN WILEY & Sons, Chap. 10, 1981.
3. T.C. Edward, *Foundations for Microstrip Circuit Design*, John Wiley & Sons, Chap. 3, 1981.
4. E.H. Fooks, R.A. Zakarevičius, *MICROWAVE ENGINEERING USING MICROSTRIP CIRCUITS*, PRENTICE HALL, Chap. 1 3, 1990.
5. 송우영, "마이크로스트립 위상 배열 안테나에 관한 연구," 청주대학교 산업과학연구소, 제 9 집, 1991. 9.
6. I.J. Bahl, P.Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, chap. 1. 2, 1980.
7. 박두석, 홍의석, 고영혁 "마이크로스트립 급전 회로망을 갖는 구형 마이크로 스트립 패치 어레이 안테나의 설계," 전자공학회 논문지 제 27 권 제 2 호, pp. 39 ~ 46, 1990. 2.
8. R.E.Munson, "Conformal Microstrip Antenna and Microstrip Phased Arrays," *IEEE Trans. on Antennas and Propagations*, vol. AP-22, pp. 74-78, Jan., 1974.
9. A.G.Derneryd, "Linerly Polarized Microstrip Antennas," *IEEE Trans. on Antennas and Pro-*



- pagations, vol. AP-24, pp. 46-85, Nov., 1976.
10. J.R. JAMES, P.S. HALL, *Handbook of Microstrip ANTENNAS*, IEEE Electromagnetic waves series 28, pp. 1012~1015, 1989.
11. D.M. Pozar, *ANTENNA DESIGN USING PERSONAL COMPUTERS*, Artech House, Inc. pp. 8~9, 1985.



安 啓 善(Kye Sun Ahn) 正會員  
1956年 10月 14日生  
1981년 2월 : 충남대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1983년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1992년 8월 : 청주대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료

1983년~1984년 9월 : 충남대학교 조교  
1984년 10월~현재 : 충남전문대학 전자계산과 조교수  
※주관심분야 : 배열안테나 및 마이크로파 통신



宋 宇 永(Woo Young Song) 正會員  
1954年 6月 3日生  
1977년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1981년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
1988년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1982년 3월~현재 : 청주대학교 전자공학과 부교수  
※주관심분야 : 배열안테나 및 마이크로파 통신