

십자형으로 배열된 5-패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 복사패턴에 관한 연구

正會員 朴 鎮 澤* 正會員 洪 在 杓** 正會員 趙 榮 基*** 正會員 孫 鉉***

Theoretical Study on the Radiation Pattern of Cross-type 5-patch Rectangular Microstrip Array Antenna

Chin Taek Park*, Jae Pyo Hong**, Young Ki Cho***,
Hyon Son*** *Regular Members*

要 約

십자형으로 배열된 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 복사패턴을 이론적으로 구하였으며, 이는 기존의 전송선 모델과 유전체로 채워진 평행-평판 도파로부터 구하였다. 그리고 십자형으로 배열된 5-패치 어레이 안테나의 복사패턴의 이론치는 실험치와 비교한 결과 양호한 결과를 얻었다.

Abstract

Theoretical method for analyzing the radiation pattern of cross-type 5-patch rectangular microstrip antenna is presented. The equivalent circuit of the array antenna is represented by the conventional transmission line model and the radiation admittance derived from the equivalent circuit of the slitted parallel-plate waveguide filled with a dielectric. The calculated results for the radiation pattern are compared with the measured values.

I. 서 론

구형 마이크로스트립 안테나는 대역폭이 좁은 단점이 있으나 소형, 경량, 평면성등의 장점이 있으므로 인공위성, 미사일, 항공기 등 여러분야에 광범위

하게 사용되고 있다. 최근에는 안테나의 복사특성을 개선하기 위해 여러개의 패치를 마이크로스트립 선로로 직접 결합(directly coupling)하거나¹⁾, 갭 결합(gap coupling)²⁾하여 배열한 구형 마이크로스트립 어레이 안테나에 대한 많은 연구가 발표되고 있다. 이러한 구형 마이크로스트립 패치를 분석하는 방법에는 vector potential approach, dyadic Green's function technique, wire grid model, radiating ap-

* 昌信專門大學 電子通信科
** 慶北産業大學校 電子工學科
*** 慶北大學校 電子工學科
論文番號 : 94 - 36

erture model, modal expansion model, method of moments, 전송선 모델 등이 있으나 아직도 정확한 이론적인 해석은 제시되지 않았다^[3].

본 논문에서는 동축선로로 급전되며 5개의 패치가 십자형으로 마이크로스트립 선로에 의해 직접 결합된 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 복사패턴을 이론적으로 계산하였다. 먼저 평행-평판 도파로로부터 구한 마이크로스트립 어레이 안테나의 복사 어드미턴스^[4-7]와 기존의 등가 전송선로 모델을 이용하여 안테나의 등가회로를 구한 후, 각각의 복사단에서의 복사 전압을 구하였다. 그리고 각 복사단에서의 역상전압을 보상하여 이 보상된 전압으로부터 새로운 배열인자(array factor)를 제시하였으며, 이를 이용하여 어레이 안테나의 복사패턴을 계산하였다. 제시한 이론적인 결과를 입증하기 위해 5개의 패치가 십자형으로 배열된 어레이 안테나를 제작, 실험하여 이론치와 비교하였으며, 두 값이 거의 일치되는 양호한 결과를 얻었다.

II. 이 론

1) 등가회로

그림 1에 동축선로로 급전된 십자형 5-패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 구조를 나타내었다. 각 패치들은 폭은 W로 일정하고, 길이 $L_{(1)}, L_{(2)}, L_{(3)}, L_{(4)}, L_{(5)}$ 와 각 마이크로스트립 선로의 폭 $W_{f(1)}, W_{f(2)}, W_{f(3)}, W_{f(4)}$ 과 길이 $L_{f(1)}, L_{f(2)}, L_{f(3)}, L_{f(4)}$ 는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 케환손실(return loss)이 가장 적고 복사패턴이 양호하도록 선택하였다. 중심패치의 급전은 특성 임피던스가 50[Ω]인 동축선로를 사용하였다. 안테나의 복사패턴을 계산하기 위해서는 먼저 각 단에서의 입력어드미턴스를 계산한 후, 각 단에서의 전압 반사계수를 구하여 입력단에 인가한 전압과 각 단의 반사계수를 이용하여 각 슬롯의 복사전압을 계산한다. 그림 1에 주어진 십자형 5-패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 구조를 전송선 모델을 사용하여 등가회로로 나타내면 그림 2와 같다.

2) 입력 어드미턴스와 케환손실

그림 2에서 각 패치의 복사면은 슬롯으로 대체하였고, Y_L 은 슬롯의 복사 어드미턴스를 나타내며 슬롯이 있는 평행-평판 도파로의 등가회로로부터 구하였다^[4-7]. X_L 은 중심 패치를 급전하는 동축선로의 유도성 리액

턴스를 나타내며 다음식에 의해 구할 수 있다^[8].

$$X_L = \frac{\eta_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \tan\left(\frac{2\pi h}{\lambda_0}\right) \quad (1)$$

그림 2에 주어진 패치의 특성 어드미턴스 Y_0 , 전파상수 β_0 , 마이크로스트립 선로의 특성 어드미턴스 $Y_{f1}, Y_{f2}, Y_{f3}, Y_{f4}$ 와 전파상수 $\beta_{f1}, \beta_{f2}, \beta_{f3}, \beta_{f4}$ 는 다음식에 의해 구할 수 있다^[9].

$$Y_0 = W\alpha \frac{\sqrt{\epsilon_{eff}}}{\eta_0 h} \quad (2a)$$

$$\beta_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0} \sqrt{\epsilon_{eff}} \quad (2b)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon + 1}{2} + \frac{\epsilon - 1}{2} \left[1 + 10 \frac{h}{W}\right]^{-1} \quad (2c)$$

$$x = 1 + 1.393 \frac{h}{W} + 0.667 \frac{h}{W} \ln\left[\frac{W}{h} + 1.444\right] \quad (2d)$$

$$Y_f = \frac{\sqrt{\epsilon_{eff}}}{60 \ln\left[8 \frac{h}{W_f} + 0.25 \frac{W_f}{h}\right]} \quad (2e)$$

$$\beta_f = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon_{eff}} \quad (2f)$$

$$\epsilon_{eff}^f = \frac{\epsilon + 1}{2} + \frac{\epsilon - 1}{2} \left[\left(1 + 12 \frac{h}{W_f}\right)^{-1} + 0.04\left(1 - \frac{W_f}{h}\right)^2\right] \quad (2g)$$

각 단의 입력 어드미턴스를 등가회로에서 전송선 이론을 적용하여 계산하면 다음과 같다.

$$Y_{31} = Y_0 \frac{Y_L + j Y_0 \tan \beta_0 L_{31}}{Y_0 + j Y_L \tan \beta_0 L_{31}} \quad (3a)$$

$$Y_{32} = Y_0 \frac{Y_L + j Y_0 \tan \beta_0 L_{32}}{Y_0 + j Y_L \tan \beta_0 L_{32}} \quad (3b)$$

$$Y_3 = Y_{31} + Y_{32} \quad (3c)$$

$$Y_3' = Y_{f4} \frac{Y_3 + j Y_{f4} \tan \beta_{f4} L_{f4}}{Y_{f4} + j Y_3 \tan \beta_{f4} L_{f4}} \quad (3d)$$

$$Y_{21} = Y_0 \frac{Y_L + j Y_0 \tan \beta_0 L_{21}}{Y_0 + j Y_L \tan \beta_0 L_{21}} \quad (3e)$$

$$Y_{22} = Y_0 \frac{Y_L + j Y_0 \tan \beta_0 L_{22}}{Y_0 + j Y_L \tan \beta_0 L_{22}} \quad (3f)$$

$$Y_2 = Y_{21} + Y_{22} \quad (3g)$$

$$Y_2' = Y_{f3} \frac{Y_2 + jY_{f3} \tan \beta_{f3} L_{f3}}{Y_{f3} + jY_2 \tan \beta_{f3} L_{f3}} \quad (3h)$$

식 (3a)-(3h)에서 구한 Y_2' 과 Y_3' 을 이용하여 나머지 어드미턴스들을 구하면 다음과 같다.

$$Y_{16} = Y_L + Y_0 \frac{Y_L + jY_0 \tan \beta_0 L_{16}}{Y_0 + jY_L \tan \beta_0 L_{16}} \quad (4a)$$

$$Y_{16}' = Y_L + Y_{f2} \frac{Y_{16} + jY_{f2} \tan \beta_{f2} L_{f2}}{Y_{f2} + jY_{16} \tan \beta_{f2} L_{f2}} \quad (4b)$$

$$Y_{15} = Y_3' + Y_0 \frac{Y_{16}' + jY_0 \tan \beta_0 L_{15}}{Y_0 + jY_{16}' \tan \beta_0 L_{15}} \quad (4c)$$

$$Y_{14} = Y_2' + Y_0 \frac{Y_{15} + jY_0 \tan \beta_0 L_{14}}{Y_0 + jY_{15} \tan \beta_0 L_{14}} \quad (4d)$$

$$Y_{13} = Y_0 \frac{Y_{14} + jY_0 \tan \beta_0 L_{13}}{Y_0 + jY_{14} \tan \beta_0 L_{13}} \quad (4e)$$

$$Y_{11}' = Y_L + Y_{f1} \frac{Y_{13} + jY_{f1} \tan \beta_{f1} L_{f1}}{Y_{f1} + jY_{13} \tan \beta_{f1} L_{f1}} \quad (4g)$$

$$Y_{12} = Y_0 \frac{Y_{11}' + jY_0 \tan \beta_0 L_{12}}{Y_0 + jY_{11}' \tan \beta_0 L_{12}} \quad (4h)$$

$$Y_1 = Y_{12} + Y_{13} \quad (4i)$$

따라서 주어진 안테나의 입력 어드미턴스는 아래와 같이 쓸 수 있다.

$$Y_{in} = \frac{1}{jX_L} \parallel (Y_1) \quad (5)$$

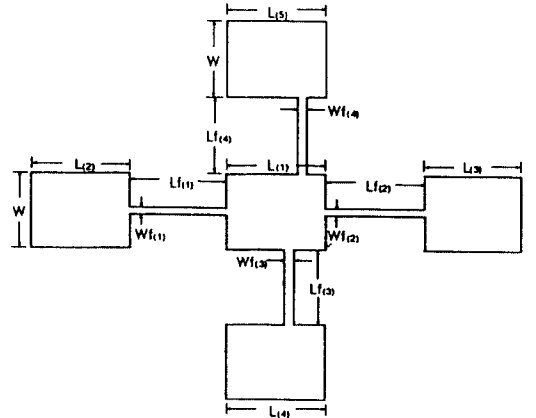


그림 1. 십자형으로 배열된 5 패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 구조
Fig 1. The configuration of cross-type 5-patch rectangular microstrip array antenna

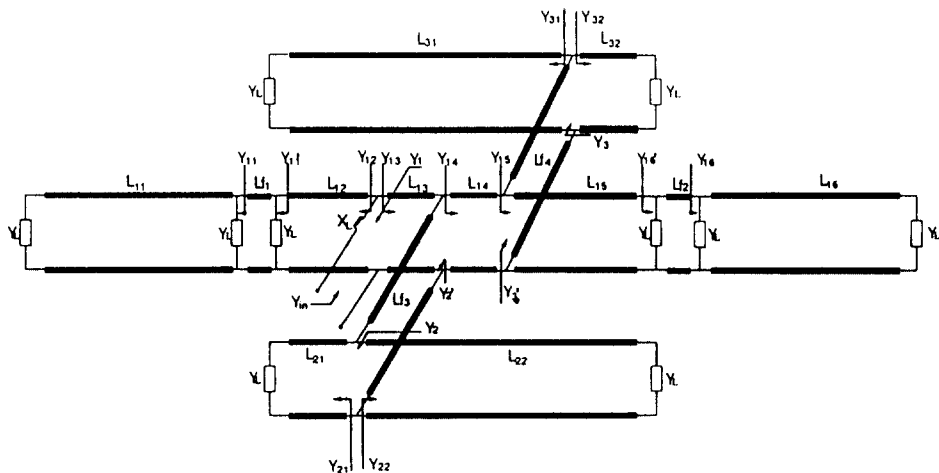


그림 2. 십자형으로 배열된 5 패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 등가회로
Fig 2. Equivalent circuit of cross-type 5-patch rectangular microstrip array antenna

입력 어드미턴스 Y_{in} 을 이용하면 계환손실은 다음 식과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Return Loss}[dB] &= 20 \log |\Gamma_{in}| \\ &= 20 \log \left| \frac{Y_c - Y_{in}}{Y_c + Y_{in}} \right| \end{aligned} \quad (6)$$

3) 반사계수 및 복사전압

각 단의 반사계수와 각 슬롯의 복사전압을 구하기 위해 등가회로를 그림 3에 다시 나타내었다. 그림 3에서 인가된 전압은 $V_m = 1 \angle 0 [V]$ 로 가정하였다. 그림 2와 그림 3의 등가회로로부터 각 단의 반사계수를 구하면 다음과 같다.

$$\Gamma_L = \frac{Y_0 - Y_L}{Y_0 + Y_L} \quad (7a)$$

$$\Gamma_1 = \frac{Y_0 - Y_{11}}{Y_0 + Y_{11}} \quad (7b)$$

$$\Gamma_2 = \frac{Y_{f1} - Y'_{11}}{Y_{f1} + Y'_{11}} \quad (7c)$$

$$\Gamma_3 = \frac{Y_0 - Y_{14}}{Y_0 + Y_{14}} \quad (7d)$$

$$\Gamma_4 = \frac{Y_0 - Y_{15}}{Y_0 + Y_{15}} \quad (7e)$$

$$\Gamma_5 = \frac{Y_{f2} - Y'_{16}}{Y_{f2} + Y'_{16}} \quad (7f)$$

$$\Gamma_6 = \frac{Y_0 - Y_{16}}{Y_0 + Y_{16}} \quad (7g)$$

$$\Gamma_7 = \frac{Y_{f3} - Y_2}{Y_{f3} + Y_2} \quad (7h)$$

$$\Gamma_8 = \frac{Y_{f4} - Y_3}{Y_{f4} + Y_3} \quad (7i)$$

식 (7a)-(7i)에서 구한 반사계수를 이용하여 중앙에 위치한 패치의 양단 슬롯에서의 복사전압 V_1 과 V_2 를 구하면 다음과 같다.

$$V_{in1} = \frac{V_{1-1}}{1 + e^{-j2\beta_0 L_{12}} \Gamma_2} \quad (8a)$$

$$V_1 = V_{in1} e^{-j\beta_0 L_{13}} (1 + \Gamma_2) \quad (8b)$$

$$V_{in2} = \frac{V_{1-1}}{1 + e^{-j2\beta_0 L_{13}} \Gamma_3} \quad (8c)$$

$$V_{2-2} = V_{in2} e^{-j\beta_0 L_{13}} (1 + \Gamma_3) \quad (8d)$$

$$V_{in3} = \frac{V_{2-2}}{1 + e^{-j2\beta_0 L_{14}} \Gamma_4} \quad (8e)$$

$$V_{3-3} = V_{in3} e^{-j\beta_0 L_{14}} (1 + \Gamma_4) \quad (8f)$$

$$V_{in4} = \frac{V_{3-3}}{1 + e^{-j2\beta_0 L_{15}} \Gamma_5} \quad (8g)$$

$$V_{2-4} = V_{in4} e^{-j\beta_0 L_{15}} (1 + \Gamma_5) \quad (8h)$$

나머지 4개의 패치에 의한 복사전압도 같은 방법으로 구하면 아래와 같다.

$$V'_{in2} = \frac{V_1}{1 + e^{-j2\beta_{r1} L_{f1}} \Gamma_1} \quad (9a)$$

$$V_1 = V'_{in2} e^{-j\beta_{r1} L_{f1}} (1 + \Gamma_1) \quad (9b)$$

$$V'_{in3} = \frac{V_1}{1 + e^{-j2\beta_0 L_{11}} \Gamma_L} \quad (9c)$$

$$V_3 = V'_{in3} e^{-j\beta_0 L_{11}} (1 + \Gamma_L) \quad (9d)$$

$$V_{in5} = \frac{V_2}{1 + e^{-j2\beta_{r2} L_{f2}} \Gamma_6} \quad (9e)$$

$$V_5 = V_{in5} e^{-j\beta_{r2} L_{f2}} (1 + \Gamma_6) \quad (9f)$$

$$V_{in6} = \frac{V_2}{1 + e^{-j2\beta_0 L_{16}} \Gamma_L} \quad (9g)$$

$$V_6 = V_{in6} e^{-j\beta_0 L_{16}} (1 + \Gamma_L) \quad (9h)$$

$$V'_{in4} = \frac{V_{2-2}}{1 + e^{-j2\beta_{r3} L_{f3}} \Gamma_7} \quad (9i)$$

$$V_{4-4} = V_{in4} e^{-j\beta_{r3} L_{f3}} (1 + \Gamma_7) \quad (9j)$$

$$V_{in7} = \frac{V_{4-4}}{1 + e^{-j2\beta_0 L_{21}} \Gamma_L} \quad (9k)$$

$$V_7 = V_{in7} e^{-j\beta_0 L_{21}} (1 + \Gamma_L) \quad (9l)$$

$$V_{in8} = \frac{V_{4-4}}{1 + e^{-j2\beta_0 L_{22}} \Gamma_L} \quad (9m)$$

$$V_8 = V_{in8} e^{-j\beta_0 L_{22}} (1 + \Gamma_L) \quad (9n)$$

$$V'_{in5} = \frac{V_{3-3'}}{1 + e^{-j2\beta r_1 L_{13}} \Gamma_8} \quad 9o)$$

$$V_{5-5'} = V'_{in5} e^{-j\beta r_1 L_{13}} (1 + \Gamma_8) \quad 9p)$$

$$V_{in9} = \frac{V_{5-5'}}{1 + e^{-j2\beta_0 L_{31}} \Gamma_L} \quad 9q)$$

$$V_9 = V_{in9} e^{-j\beta_0 L_{31}} (1 + \Gamma_L) \quad 9r)$$

$$V_{in10} = \frac{V_{5-5'}}{1 + e^{-j2\beta_0 L_{32}} \Gamma_L} \quad 9s)$$

$$V_{10} = V_{in10} e^{-j\beta_0 L_{32}} (1 + \Gamma_L) \quad 9t)$$

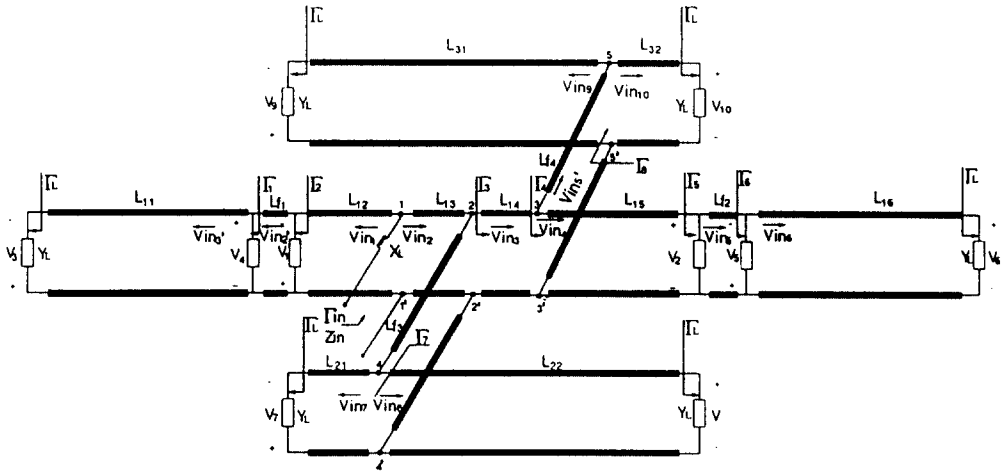


그림 3. 반사계수와 복사전압을 표시한 십자형으로 배열된 5패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 등가회로
Fig 3. Equivalent circuit of cross type 5 patch rectangular microstrip array antenna with reflection coefficient and radiation voltage

4) 복사패턴

복사전압과 슬롯의 복사특성으로부터 어레이 안테나의 복사패턴을 구할 수 있다. 주어진 십자형 5-패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나는 그림 4와 같이 동축 급전점을 원점으로 위치하였다. 그림 4에서 E 면은 y-z평면 ($\phi = \pi/2$)이고 H 면은 x-z평면 ($\phi = 0$)이다. 복사되는 슬롯의 좌표는 슬롯이 x-y 평면에 위치하기 때문에 각 슬롯의 중심의 좌표를 (x_n, y_n)로 둔다면 전계의 복사패턴에 대한 일반식은 다음 식과 같다.

$$E_r \approx 0 \quad 10a)$$

$$E_\theta \approx \frac{jk_0 M_n W h \sin \phi}{4\pi r} e^{-jkr} \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \sin \theta \cos \phi\right)}{\frac{k_0 W}{2} \sin \theta \cos \phi}$$

$$\frac{\sin\left(\frac{k_0 h}{2} \sin \theta \sin \phi\right)}{\frac{k_0 h}{2} \sin \theta \sin \phi} \cdot e^{jk_0(x_n \sin \theta \cos \phi + y_n \sin \theta \sin \phi)} \quad 10b)$$

$$E_\phi \approx \frac{jk_0 M_n W h \cos \theta \cos \phi}{4\pi r} e^{-jkr} \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \sin \theta \cos \phi\right)}{\frac{k_0 W}{2} \sin \theta \cos \phi}$$

$$\frac{\sin\left(\frac{k_0 h}{2} \sin \theta \sin \phi\right)}{\frac{k_0 h}{2} \sin \theta \sin \phi} \cdot e^{jk_0(x_n \sin \theta \cos \phi + y_n \sin \theta \sin \phi)} \quad 10c)$$

여기서 M_n 와 h 는 각각 x방향의 magnetic current와 슬롯의 폭이고, 복사전압 $V = 2M_n h$ 이다. 그리고 i 번째 슬롯에 의한 E-면의 전계는 다음 식과 같이 주

어진다.

$$E_r^i \approx 0 \quad (11a)$$

$$E_\theta^i \approx \frac{jk_0 W}{2\pi r} e^{-jk_0 r} \frac{\sin\left(\frac{k_0 h}{2} \sin\theta\right)}{\frac{k_0 h}{2} \sin\theta} V_i e^{jk_0 x_i \sin\theta} \quad (11b)$$

$$E_\phi^i \approx 0 \quad (11c)$$

또한 i 번째 슬롯에서의 H-면($\phi=0$)의 복사패턴은 다음식과 같다.

$$E_r^i \approx 0 \quad (12a)$$

$$E_\theta^i \approx 0 \quad (12b)$$

$$E_\phi^i \approx \frac{jk_0 W \cos\theta}{2\pi r} e^{-jk_0 r} \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \sin\theta\right)}{\frac{k_0 W}{2} \sin\theta} e^{jk_0 x_i \sin\theta} V_i \quad (12c)$$

여기서 $V_i (i=1,2,3,\dots,10)$ 는 i 번째 슬롯에서의 복사전압이고, x_i 는 동축급전점인 원점에서 첫번째 슬롯의 중심까지의 x 축 성분이며, y_i 는 원점에서 i 번째 슬롯의 중심까지의 y 축 성분을 나타낸다. 어레이 안테나의 복사패턴은 각 복사단에서의 복사전압과 복사 특성으로부터 계산되어지며 이는 식 (8a)-(8h)와 (9a)-(9t)를 이용하여 각 복사단에서의 복사전압을 계산하여 역상인 복사전압을 보상한 다음, 식 (11b)에 보상된 전압을 대입하여 구한 전체 복사면에 의한 전체인 어레이 안테나의 E-field 복사패턴은 이들 전체의 합으로 표시되며 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$E_\theta^i = (E_\theta^1 + E_\theta^2 + E_\theta^3 \dots + E_\theta^{10})$$

$$= \frac{jk_0 W}{2\pi r} e^{-jk_0 r} \frac{\sin\left(\frac{k_0 h}{2} \sin\theta\right)}{\frac{k_0 h}{2} \sin\theta}$$

$$\left[\sum_{i=1}^{10} (-1)^i V_i e^{jk_0 x_i \sin\theta} \right] \quad (13)$$

또한 H-면의 전체 전체의 복사패턴은

$$E_\theta^i = (E_\theta^1 + E_\theta^2 + E_\theta^3 \dots + E_\theta^{10})$$

$$= \frac{jk_0 W}{2\pi r} e^{-jk_0 r} \cos\theta \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \sin\theta\right)}{\frac{k_0 W}{2} \sin\theta}$$

$$\left[\sum_{i=1}^{10} (-1)^i V_i e^{jk_0 x_i \sin\theta} \right] \quad (14)$$

이 된다.

식 (10)과 (11)로부터 십자형 5-패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 배열인자는 역상전압을 보상하기 위해 $(-1)^i$ 항을 포함하여야 하며 다음과 같이 정의되어진다. 즉 E-면 배열인자를 E_{df} , H-면 배열인자를 H_{df} 라 하면

$$E_{df} = \sum_{i=1}^{10} (-1)^i V_i e^{jk_0 x_i \sin\theta} \quad (15a)$$

$$H_{df} = \sum_{i=1}^{10} (-1)^i V_i e^{jk_0 x_i \sin\theta} \quad (15b)$$

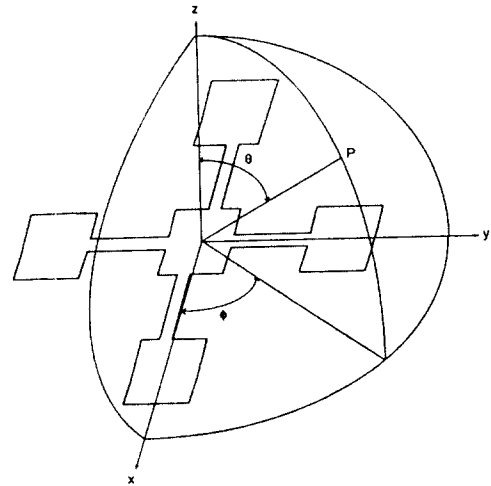


그림 4. 십자형으로 배열된 5-패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 복사 좌표계

Fig 4. Radiating coordinate system for cross-type 5 patch rectangular microstrip array antenna

III. 실험 결과 및 검토

5-패치 안테나는 비유전율 ϵ_r 이 2.5이고 유전체층

두께 h 가 1.575[mm]인 teflon 양면 기판을 사용하여 제작하였다. 표 1에서 동축선으로 급전한 5 패치 안테나의 제원을 나타내었다. 그림 5는 5 패치 안테나의 귀환손실의 이론치와 실험치를 비교하였다. 여기

서 공진주파수의 이론치는 3.25[GHz]이었고, 실험치는 3.35[GHz]로 그 오차는 약 3.1[%]였다. 한편 E-면 복사패턴과 H-면 복사패턴은 실험치와 이론치는 거의 일치하였다.

표 1. 동축선으로 급전한 5-패치 어레이 안테나의 제원

Table 1. Specifications for 5-patch array antenna feeding by coaxial line
dimension : [cm]

patch length					feedline length				
$L_{r(1)}$	$L_{r(2)}$	$L_{r(3)}$	$L_{r(4)}$	$L_{r(5)}$	$L_{r(1)}$	$L_{r(2)}$	$L_{r(3)}$	$L_{r(4)}$	
2.85	2.63	2.63	2.35	2.35	0.71	0.71	1.85	1.35	
patch width			feeding point			feedline line width			
$W_{(1)} - W_{(5)}$			X1	X2	X3	$W_{r(1)}$	$W_{r(2)}$	$W_{r(3)}$	$W_{r(4)}$
2.0			0.7	0.8	0.9	0.5	0.5	0.45	0.45

dimension : [cm]

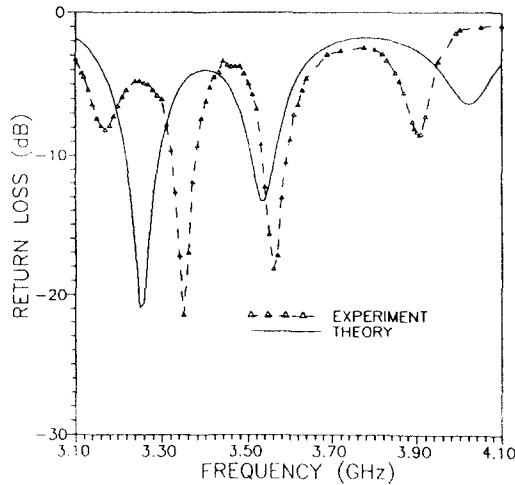


그림 5. 십자형으로 배열된 5-패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 귀환손실

Fig 5. Return Loss of cross-type 5 patch rectangular microstrip array antenna

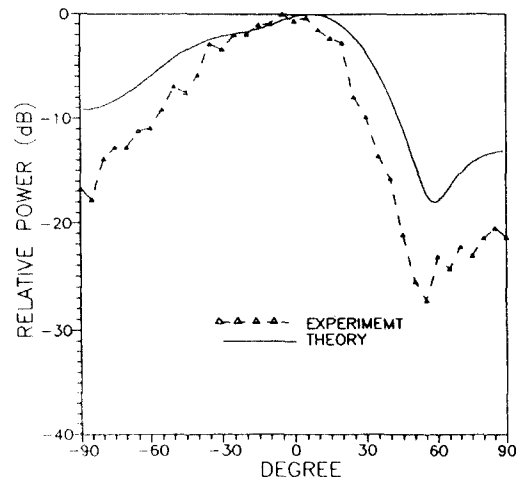


그림 6. 십자형으로 배열된 5-패치 구형 마이크로스트립 어레이 안테나의 E-면 복사패턴

Fig 6. E plane radiation pattern of cross-type 5-patch rectangular microstrip antenna

IV. 결 론

구형 마이크로스트립 패치 안테나의 輻射機構(radiation mechanism)를 해석하는 방법에는 여러가지

방법이 있으나 아직 정확한 해석 방법이 알려지지 않고 있다.

본 논문에서는 구형 마이크로스트립 패치 안테나를 해석하는 새로운 방법을 과정으로 제시하였다. 먼

趙榮基(Young Ki Cho)

正會員

1954年 9月 12日生

현재 : 경북대학교 전자공학과 부교수
제 14 권 제 1 호 참조

孫鉉(Hyon Son)

正會員

1935年 5月 27日生

현재 : 경북대학교 전자공학과 교수
제 14 권 제 1 호 참조