

論文2000-37TC-3-5

## 십자형 급전선을 갖는 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 특성 분석

(The Analysis of Wideband Microstrip Slot Antenna with Cross-shaped Feedline)

張用雄\*, 韓碩振\*\*\*, 申昊燮\*\*, 金明基\*\*\*,  
朴益模\*\*\*, 愼哲宰\*\*\*

(Yong-Woong Jang, Seok-Jin Han, Ho-Sub Shin, Myoung-Ki Kim,  
Ikmo park, and Chull-Chai Shin)

### 요 약

본 논문에서는 십자모양의 마이크로스트립 급전선을 사용하여 슬롯 폭이 넓은 경우 기존의 급전선 구조보다 쉽게 정합을 이룰 수 있는 방법을 제시하였다. 마이크로스트립 안테나의 단점인 좁은 대역폭을 확장시켰으며, FDTD법을 이용하여 십자형 급전구조를 갖는 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 특성을 해석하고 최대 대역폭을 갖는 안테나를 제작 및 실험하였다. FDTD법으로 모델링하여 전계분포를 시간영역에서 계산하였고, 이를 Fourier변환시켜 슬롯 안테나의 반사손실, 전압 정재파비, 입력 임피던스, 복사패턴을 주파수 영역에서 계산하였다. 슬롯의 폭( $W_s$ ), 수평 급전선의 길이( $l_h$ )와 수직 급전선의 길이( $l_v$ ), 그리고 offset에 따라 대역폭이 변화하였다. 이러한 결과로부터 최적화할 때, 전압 정재파비가 2이하인 대역폭은 1.975 GHz에서 4.725 GHz로 약 1.3 옥타브의 광대역 특성을 얻었다.

### Abstract

A cross-shaped microstripline-fed printed slot antenna having wide bandwidth is presented in this paper. The proposed antenna is analyzed by using the Finite-Difference Time-Domain (FDTD) method. It was found that the bandwidth of the antenna depends highly on the length of the horizontal and vertical feedline as well as the offset position of the feedline. The maximum bandwidth of this antenna is from 1.975 GHz to 4.725 GHz, which is approximately 1.3 octave, for the VSWR  $\leq 2$ . Experimental data for the return loss and the radiation pattern of the antenna are also presented, and they are in good agreement with the FDTD results.

\* 正會員, 極東情報大學 電子通信科

(Dept. of Electronic Telecommunication Engineering,  
Keuckdong College)

\*\* 正會員, 忠北大學校 情報通信學科

(Dept. of Computer and Communication Engineering,  
Chungbuk National University)

\*\*\* 正會員, 亞洲大學校 電子工學科

(School of Electronics Engineering, Ajou University)

接受日字:1999年5月25日, 수정완료일:2000年2月10日

### I. 서론

마이크로스트립 안테나는 1953년 Deschamps<sup>[1]</sup>에 의해 제안된 이후로 많은 연구 활동이 진행되고 있다. 마이크로스트립 안테나의 장점으로는 값이 저렴하고, 가볍고, 단면적이 작고, 선형이나 평면 배열로 만들기가 쉬울 뿐만 아니라 초고주파 회로와 집적화하기가 쉽다. 반면에 단점으로 협대역 특성, 정확한 편파의 어려움, 제한된 전력용량 등의 문제점들이 있다. 이중 마이크로

스트립 안테나의 가장 큰 단점인 협대역 특성을 개선하기 위한 연구가 진행 중에 있고, 여러 가지 방법들이 제시되었다<sup>[2]</sup>. 이들 방법 중에 두껍고 낮은 유전 상수를 갖는 기판을 사용하거나<sup>[3]</sup> 기생결합 된 소자를 이용해 대역폭을 개선하는 방법<sup>[4]</sup>은 안테나 크기가 커지는 단점을 가지고 있어 안테나 구조 자체를 변화시켜 대역폭을 넓히는 방법들이 제안되어졌다. 이중 슬롯 안테나는 구조가 간단하며, 패치 안테나에 비하여 대역폭이 넓고 낮은 교차편파를 가지기 때문에 근거리 무선통신, 위성통신 등에 많이 사용되고 있다.

기존의 슬롯 안테나를 급전시키는 일반적인 방법은 마이크로스트립 급전선로를 슬롯 중심에 수직하게 가로지르게 하는 급전 방식이었다<sup>[5]</sup>. 중앙급전 방법은 슬롯 안테나가 매우 높은 방사저항을 갖기 때문에 정합이 매우 어려워진다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 Yoshimura<sup>[6]</sup>와 Pozar<sup>[7]</sup>에 의해서 각각 단락회로 동조 스테브와 개방회로 동조 스테브를 슬롯 중심에서 슬롯의 양 끝단 쪽으로 오프셋(offset)시켜서 급전하는 방법이 제시되었다. 그러나 이런 두 경우에서는 비교적 슬롯 폭이 좁은 경우에 한하여 급전점을 슬롯 중심에서 오프셋시켜서 협대역에 걸쳐 좋은 정합을 이룰 수 있지만, 슬롯 폭이 커지면 이러한 급전점을 오프셋시키는 것으로는 우수한 정합을 이룰 수 없기 때문에 급전단에서 정합 회로가 필요하게 된다. 이를 개선하기 위해 T-모양의 마이크로스트립 급전구조가 최근에 제안되어져 슬롯 폭이 넓은 구조에 대하여 방사저항 값을 현저히 줄이면서 넓은 대역에서 좋은 정합특성을 얻을 수 있었다<sup>[8]</sup>.

본 논문에서는 십자형 마이크로스트립 급전선을 사용하여 슬롯 폭이 보다 증가하여도 별다른 정합 회로를 사용하지 않고 기존 T-모양의 급전 슬롯 안테나보다 더 넓은 대역폭을 갖는 슬롯 안테나의 특성에 대하여 연구하고 있다. 십자형 급전선으로 여기된 슬롯 안테나를 FDTD법을 이용하여 해석하여 전파 과정, 전계의 분포를 계산하였고, FDTD법을 사용하여 얻은 값들을 Fourier변환하여 최적화된 슬롯 안테나의 반사손실, 전압 정재파비, 입력 임피던스, 복사패턴을 주파수 영역에서 계산하였다. 이러한 결과로부터 최대 대역폭을 갖는 안테나를 설계 및 제작한 후에 실험 및 분석하였다.

## II. FDTD 해석 이론

시간영역 유한 차분법은 전자기 산란문제를 해결하기 위한 방법으로 1966년 Yee<sup>[9]</sup>에 의하여 제시되었다. 이러한 유한 차분 근사식은 모든 증분에서 2차적인 절단 에러를 내포하고 있다. Yee의 표시에 따라 직각 격자에서 공간점은  $(i\Delta x, j\Delta y, k\Delta z)$ , 시간 증분은  $n\Delta t$ , 시간과 공간에 대한 임의의 함수는  $F(i\Delta x, j\Delta y, n\Delta t)$ 로 나타낼 수 있다. 이러한 FDTD방법을 사용한 Maxwell의 편미분 방정식의 근사식에서 발생하는 오차는 시간과 공간에 모두 2차이며  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = \Delta l$ 이고,  $\Delta l$ 가  $\Delta t$ 에 비례한다면, 전체 오차는  $O(\Delta l^2)$ 이 된다. 시간과 공간 도함수에 대하여 중심차분으로 근사화하고, 단위 격자 상의  $y$  방향에 대한 전계 E와 자계 H를 유한차분 방정식 형태로 나타낸다. 또한  $y$ -와  $z$ -성분에 대한 유한차분 방정식은 동일한 방법으로 쉽게 구할 수 있다. 이와 같은 방법에 의한 임의의 격자 점에서의 새로운 전자계 벡터 성분은 단지 동일한 격자점에서 반시간 스텝전의 다른 전자계 성분 값으로 구할 수 있다.

시·공간분할 알고리즘이 갖는 안정조건은 시간 간격( $\Delta t$ )과 공간 분할( $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ )에 대한 관계식에 의해서 결정된다<sup>[10]</sup>. 시간 영역 유한차분법에 의한 마이크로스트립 안테나의 해석에 있어서 넓은 주파수 대역의 응답 특성을 얻기 위해서는 광대역 주파수 스펙트럼을 포함하는 Gaussian펄스를 선택한다. 해석 대상에서  $y$ 방향으로 진행하는 이상적인 Gaussian펄스를 인가하였다.

위의 관계식과 같이 공간에 대한 설정은 해의 안정성을 보장받기 위해서는 다음과 같은 조건을 만족하여야 한다.

$$(\Delta x, \Delta y, \Delta z) \leq \lambda_h / 20 \quad (1)$$

여기서,  $\lambda_h$ 는 적용 대상 주파수중 가장 높은 주파수의 파장이다. 즉, 가장 짧은 파장의 1/20 보다 작도록 선정한다. 공간분할 간격  $\Delta x$ 는 해석 대상영역내의 가장 미세한 구조까지 나타낼 수 있도록 작아야 하고, 시간분할 간격  $\Delta t$ 는 안정조건이 충족될 정도로 미세하여야 한다. 또한 해석하고자 하는 주파수 범위에서의 응답특성이 분석 가능한 최소 값을 갖기 위해서는 Gaussian펄스의 half width인 T는 충분히 좁아야 하며, 동시에 해석하고자 하는 주파수 범위 내에서의 정확도를 좋게 하기 위해서는 변수 T를 최대한 많이 분할하여야 한다. 만약 이 두 조건이 동시에 만족되지 않으면

$\Delta y$ 는 더욱 작게 다시 선정하여야 한다.

슬롯 안테나와 같은 구조는 전계, 자계 성분을 무한 경계영역까지 계산해야 하는 개방구조이다. 이와 같은 개방 구조에 대한 FDTD 해석은 컴퓨터 처리속도와 기억용량의 한정 때문에 해석 대상영역을 제한하고, 제한 영역에 구조와 동일하도록 흡수경계조건을 부여한 계산영역의 경계면에서 전자파의 반사가 일어나지 않도록 한다. 마이크로스트립 슬롯 안테나 구조의 해석에서 Mur<sup>[11]</sup>의 흡수경계조건을 적용했다. 또한  $E_{11}$ 는 경계면(바깥 영역)에서의 전계의 접선성분이고,  $E_{22}$ 는 경계면에서 계산영역 내의 한 정점 안쪽면(mesh 영역)의 전계의 접선성분을 나타낸다. 동일한 방법으로  $x, z$  방향의 흡수경계조건도 나타낼 수 있다.

시간영역 유한차분법에 의해 계산된 시간영역에서의 계산값은 Fourier 변환에 의한 주파수 영역의 응답을 구할 수 있다. 마이크로스트립 안테나의 산란 계수는 마이크로스트립 급전선로가 개방종단으로 되어 있으므로 1 port 회로가 되며, 이때 반사 계수  $S_{11}$ 은

$$S_{11}(W) = \frac{\mathcal{F}[V_{ref}(t)]}{\mathcal{F}[V_{inc}(t)]} \quad (2)$$

이다. 여기서  $V_{ref}(t)$ 는 기준점에서 반사전압을 나타내며,  $V_{inc}(t)$ 는 기준점에서 입사전압을 나타낸다.  $\mathcal{F}$ 는 Fourier 변환을 나타낸다. 안테나의 입력 임피던스는 기준점에서의 산란 계수 계산 결과를 마이크로스트립 안테나 급전 종단점에 변환시킴으로 구할 수 있으며<sup>[10]</sup>, 계산된 반사계수로부터 전압 정재파비(VSWR)는 다음과 같이 구해진다.

$$VSWR = \frac{V_{max}}{V_{min}} = \frac{1 + |S_{11}(\omega)|}{1 - |S_{11}(\omega)|} \quad (3)$$

원거리에서는 전·자계 성분 중 단지  $\theta$ 와  $\psi$ 성분이 지배적이므로  $r$ 성분은 무시할 수 있다. 따라서, 원거리에서 총 전자계  $E, H$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다<sup>[12]</sup>.

$$E_{\theta} \approx -\frac{jke^{-jkr}}{4\pi r} (L_{\psi} + \eta N_{\theta}) \quad (4)$$

$$H_{\psi} \approx -\frac{jke^{-jkr}}{4\pi r} (N_{\theta} + \frac{L_{\psi}}{\eta}) \quad (5)$$

여기서,  $N_{\theta}, N_{\psi}$ 는 전계 복사벡터이며,  $L_{\theta}, L_{\psi}$ 는 자계 복사벡터이다.

### III. 안테나의 해석 및 설계

그림 1에서와 같이 십자형 마이크로스트립 급전선로를 갖는 슬롯 안테나는 기존의 급전방법으로 여기된 슬롯 안테나보다 설계 변수가 많아 안테나를 설계하기가 유리하다. 여기서  $W_s$ 는 슬롯 폭,  $l_s$ 는 슬롯 길이,  $l_d$ 는 십자형 급전선의 수평축 길이,  $l_v$ 는 십자형 급전선의 상축 길이, offset는 슬롯 중심에서 십자형 급전선 중심 사이의 간격,  $W_f$ 는 급전선의 폭이다. 사용한 기판은 FR-4 기판으로 유전률이 4.3이고, 두께는 1mm이다. 그림 1과 같은 급전구조를 갖는 슬롯 안테나를 Yee의 격자구조와 Mur의 흡수경계조건을 적용하여 FDTD 해석 프로그램을 개발하였으며, 이 개발 프로그램을 이용하여 해석하였다.

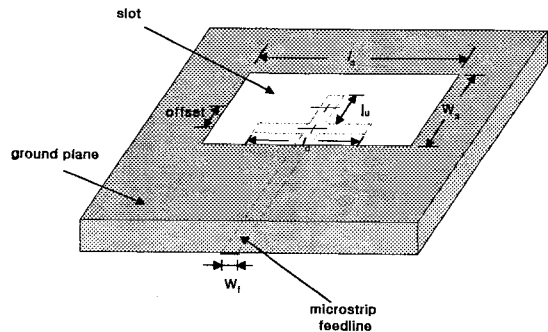


그림 1. 십자형 마이크로스트립 슬롯 안테나의 구조  
Fig. 1. Geometry of the microstrip slot antenna with cross-shaped feedline.

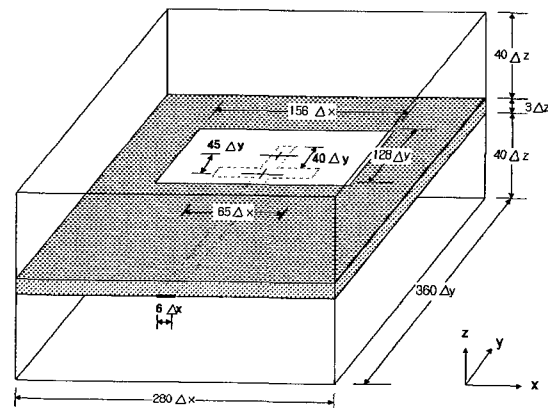


그림 2. 십자형 급전선을 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 해석 구조  
Fig. 2. Analysis structure of the microstrip slot antenna with cross-shaped feedline.

그림 2는 T-모양 급전구조에다 장방형 스테르블 T-모양의 수평부 중앙에 추가한 구조로서, 십자형 구조의 급전선이 되었다. 십자형 급전선의 슬롯 안테나를 FDTD방법으로 3차원 공간에서 해석하였다. FDTD방법으로 해석하기 위하여 대상 영역의 안테나를 충분히 감싸도록 계산 영역을 설정하였고, 해석 대상 영역의 입력 여기면, 도체의 경계면, 흡수 경계조건을 직접 적용하였다. 또한 정확한 해석을 위해서 기판의 두께(h)를 3개 마디(3Δz)로 분할하고, 급전선로 및 안테나의 파라미터를 Δx, Δy 방향으로 각각 정수배로 분할하였다. 여기서 사용한 공간분할 간격은 Δx=0.3214mm, Δy=0.25mm, Δz=0.333mm이고, 전체 해석공간은 x, y, z 방향으로 각각 280×360×83개의 격자로 구성하였다. 십자형 급전선을 갖는 슬롯 안테나의 경우, 슬롯의 길이(l<sub>s</sub>)는 156Δx, 슬롯의 폭(W<sub>s</sub>)은 128Δy, 수평부 급전선의 길이(l<sub>h</sub>)는 65Δx, 상측 수직부 급전선의 길이(l<sub>v</sub>)는 40Δy, 슬롯 중심에서 수평부 급전선 중심 사이의 간격(offset)은 45Δy이며, 그리고 급전선의 폭(W<sub>f</sub>)은 6Δx로 설정하여 십자형 급전선 슬롯 안테나를 FDTD방법으로 3차원 공간에서 해석하였다.

그림 1의 구조를 갖는 안테나에서 슬롯의 폭(W<sub>s</sub>), 수평부 급전선의 길이(l<sub>h</sub>), 상측 수직부 급전선의 길이(l<sub>v</sub>), 슬롯 중심에서 수평부 급전선 중심 사이의 간격(offset), 급전선의 폭(W<sub>f</sub>)등의 변화에 따라 안테나의 특성이 변하게 된다.

첫째는 슬롯의 폭(W<sub>s</sub>) 변화에 따라 전압 정재파비를 계산하기 위해서 슬롯의 폭을 제외한 다른 파라미터들은 기본값으로 고정시키고, FDTD 최소격자(Δy=0.25mm)의 정수배인 8Δy(2mm)만큼씩 슬롯의 폭을 변화시켜, 슬롯의 폭이 30mm, 32mm, 34mm일 때 계산된 전압 정재파비의 결과는 그림 3과 같다. 슬롯 폭이 30mm일 때는 사용 가능한 대역폭은 약 2.3 GHz이며, 슬롯 폭이 32mm에서는 약 3.0 GHz로 증가하면서 대역폭도 비례하여 증가하였으나, 슬롯 폭이 34mm에서는 약 1.5 GHz로 다시 감소하였다.

두 번째는 상측 수직부 급전선의 길이(l<sub>v</sub>) 변화에 따른 전압 정재파비를 계산하기 위해서 상측 수직부 급전선의 길이(l<sub>v</sub>)를 제외한 다른 파라미터를 기본값으로 고정시키고, 상측 수직부 급전선의 길이(l<sub>v</sub>)를 0mm, 10mm, 15mm 크기로 변화시켜서 전압 정재파비를 계산하였으며, 그 계산결과는 그림 4와 같다. 그림 4와 같은 조건에서 상측 수직부의 길이가 0mm, 즉 T-모양

급전선일 때는 중심주파수 4 GHz에서 대역폭은 약 1.5GHz 정도이며, l<sub>v</sub>=10mm일 때는 중심 주파수가 3 GHz로 이동하여 최대 대역폭을 보이다가 l<sub>v</sub>를 더욱 증가시키면 대역폭은 다시 감소하였다.

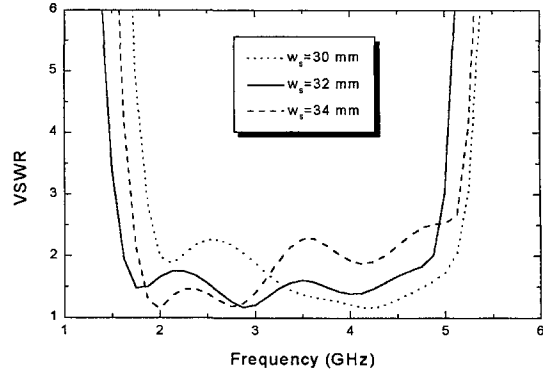


그림 3. 슬롯 폭(W<sub>s</sub>) 변화에 따른 전압 정재파비 계산; l<sub>s</sub>=50mm, l<sub>d</sub>=21mm, l<sub>h</sub>=10mm, offset=11.2mm, W<sub>d</sub>=2mm, W<sub>f</sub>=1.94mm

Fig. 3. Calculated VSWR as a function of slot width (W<sub>s</sub>); l<sub>s</sub>=50 mm, l<sub>d</sub>=21 mm, l<sub>h</sub>=10mm, offset=11.2 mm, W<sub>d</sub>=2 mm, W<sub>f</sub>=1.94 mm.

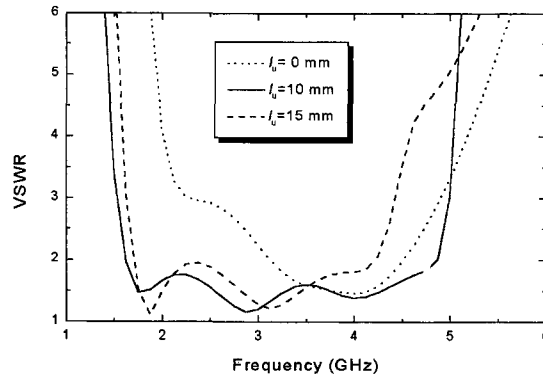


그림 4. 수직부 길이(l<sub>v</sub>) 변화에 따른 전압 정재파비 계산; l<sub>s</sub>=50mm, W<sub>s</sub>=32mm, l<sub>d</sub>=21mm, offset=11.2mm, W<sub>d</sub>=2mm, W<sub>f</sub>=1.94mm

Fig. 4. Calculated VSWR as a function of vertical length (l<sub>v</sub>); l<sub>s</sub>=50mm, W<sub>s</sub>=32mm, l<sub>d</sub>=21mm, offset=11.2mm, W<sub>d</sub>=2mm, W<sub>f</sub>=1.94mm.

세 번째는 슬롯 중심에서 수평부 급전선 중심 사이의 간격(offset) 변화에 따라 전압 정재파비를 계산하기 위해서 슬롯 중심에서 offset을 제외한 다른 파라미터를 기본값에 고정시키고, 슬롯 중심에서 T-모양 급전선 중심 사이의 간격을 4.5mm, 11.2mm, 12mm로 변화시키면서 전압 정재파비를 계산한 결과는 그림 5와 같

다. offset=4.5mm일 때는 정합이 잘 이루어지지 않았고, offset=11.2mm에서 최대 대역폭 특성을 나타내었으며, offset=12mm일 때는 중심 주파수가 4 GHz로 이동하면서 대역폭은 약 2.3 GHz 정도를 보였다.

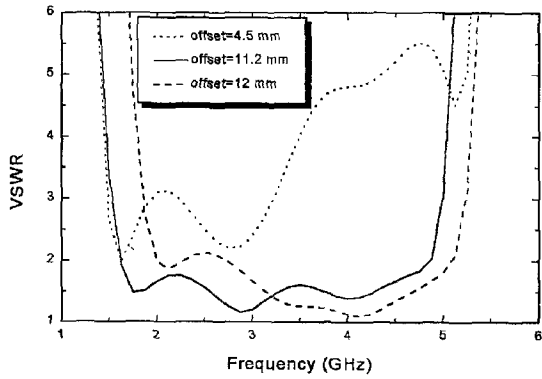


그림 5. 오프셋 길이(offset) 변화에 따른 전압 정재비 계산;  $l_s=50\text{mm}$ ,  $W_s=32\text{mm}$ ,  $l_d=21\text{mm}$ ,  $l_u=10\text{mm}$ ,  $W_d=2\text{mm}$ ,  $W_f=1.94\text{mm}$   
 Fig. 5. Calculated VSWR as a function of offset length (offset);  $l_s=50\text{mm}$ ,  $W_s=32\text{mm}$ ,  $l_d=21\text{mm}$ ,  $l_u=10\text{mm}$ ,  $W_d=2\text{mm}$ ,  $W_f=1.94\text{mm}$ .

그림 6은 안테나 상에서 펄스가 시간에 따라 진행되는 것으로서 steady-state에 도달하였을 때 z성분의 전기 분포를 3차원 그래프로 나타낸 것이다.

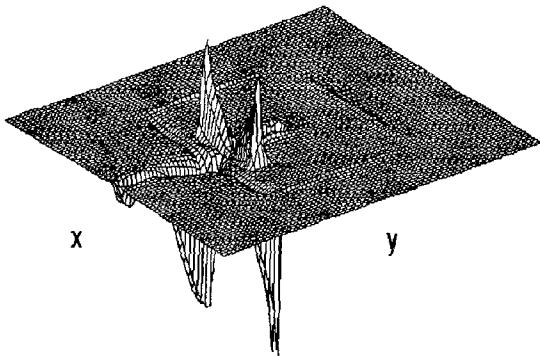


그림 6. z-성분의 전기 분포  
 Fig. 6. z-component of the electric field.

IV. 실험 결과 및 분석

접지면의 크기가 90×90mm인 십자형 급전선을 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나를 제작하였으며, 십자형

급전선을 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 FDTD 계산 결과를 Fourier변환하여 주파수 상에서 반사손실 ( $S_{11}$ )을 계산한 값과 측정치를 비교하여 그림 7에 나타내었다. 중심 주파수 3 GHz를 중심으로 사용 가능한 주파수 영역은 1.975 GHz부터 4.725 GHz까지로 대역폭은 약 2.750 GHz의 광대역 특성을 얻었으며, 3중 공진이 발생하였다. 안테나의 공진 주파수는 입력 임피던스의 허수부가 0일 때로 정의되는데 본 안테나에서는 급전구조의 특이함에 의하여 주파수가 변함에 따라 입력 임피던스의 허수부가 0이 되는 곳이 3번 나타나 3중 공진이 발생했다.

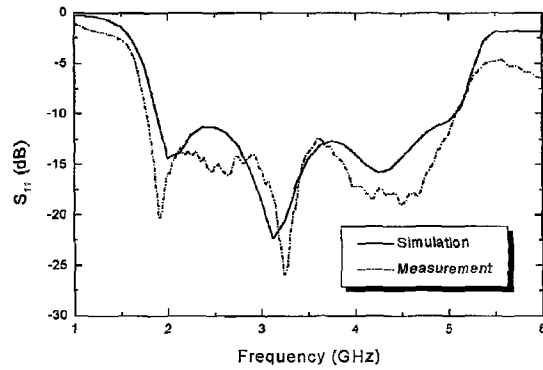


그림 7. 반사손실 값  
 Fig. 7. Return loss value.

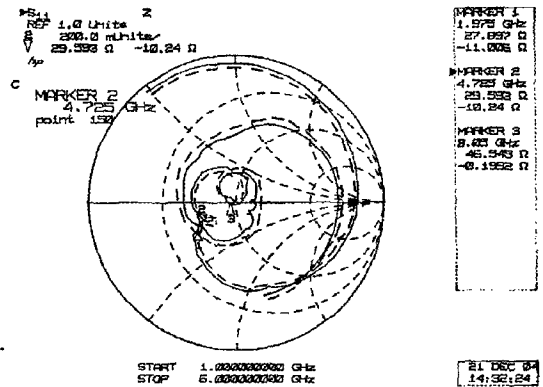


그림 8. Smith chart 상에서 입력 임피던스 (--- : FDTD, — : 측정치)  
 Fig. 8. Input impedance on the Smith chart (--- : FDTD, — : Measured value).

그림 8은 Smith chart에서 입력 임피던스를 측정함으로써 낮은 주파수영역에서는 용량성으로 결합되었고, 중심 주파수 부근에서는 유도성 결합으로 바뀐 후,

주파수가 증가하면서 다시 용량성 결합이 되었다. 이와 같이 주파수 변화에 따라 결합 형태가 바뀌는 과정을 거쳐 광대역 동작 특성을 갖는다.

그림 9는 십자형 급전선을 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 동일편파(Co-polarization) E-평면 패턴과 H-평면 패턴의 계산값과 측정값을 비교한 것으로 수직 다이폴의 복사 패턴과 비슷한 E-평면 패턴은 0°와 180°를 기준으로 8-자 모양이며, H-평면 0°와 180°를 기준으로 거의 타원형이다. 동일편파를 측정하기 위하여 표준 혼 안테나를 사용하여 Calibration을 한 후 far-field에서 복사 패턴을 측정하였으며, 측정값과 계산값이 비교적 잘 일치하였다.

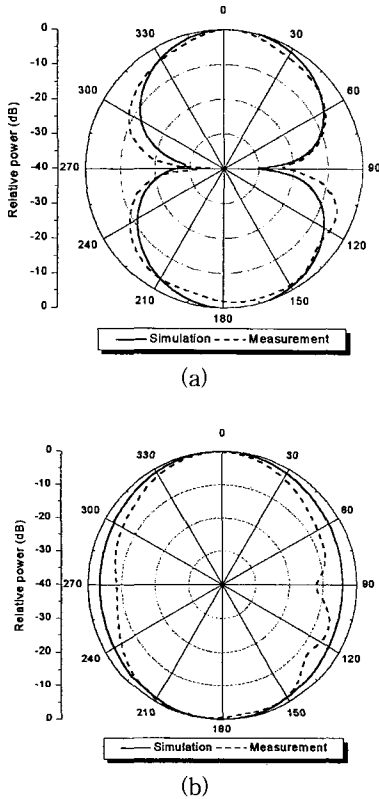


그림 9. 동일 편파 복사패턴 (a) E-평면, (b) H-평면  
Fig. 9. Co-polarization radiation pattern.  
(a) E-plane, (b) H-plane

Finite ground plane으로 해석하여 제작한 것과 infinite ground plane으로 해석하여 제작한 안테나를 서로 비교하면, 임피던스의 영향은 서로 거의 차이가 없었습니다. 슬롯 폭이 좁은 경우, finite ground plane와 infinite ground plane의 복사패턴의 차이가 있을

수 있다<sup>[13]</sup>. 단지 ground plane이 슬롯 길이에 비해 아주 크지 않기 때문에 H-plane의 복사패턴은  $\theta$ 가  $\pm 90^\circ$  방향에서 null이 나타나지 않고 있는 것입니다. 만약 ground plane의 크기를 점점 더 크게 하면,  $\theta$ 가  $\pm 90^\circ$  방향에서 복사세기가 점점 작아질 것이고, 접지면의 크기를 아주 크게 했을 경우에는 참고문헌과 같이 null이 나타날 것입니다. 이것은 edge diffraction에 의해서 나타나는 현상이다.

십자형 급전선을 갖는 슬롯 안테나의 이득을 측정하기 위해 송신측은 10 dB이득을 갖는 혼 안테나를 사용했으며, 이 때 수신측 슬롯 안테나의 E-평면의 이득은 4.91 dB이었고, H-평면의 이득은 4.66 dB로 각각 측정되었으며, 그림 10(a)와 (b)에 각각 나타내었다.

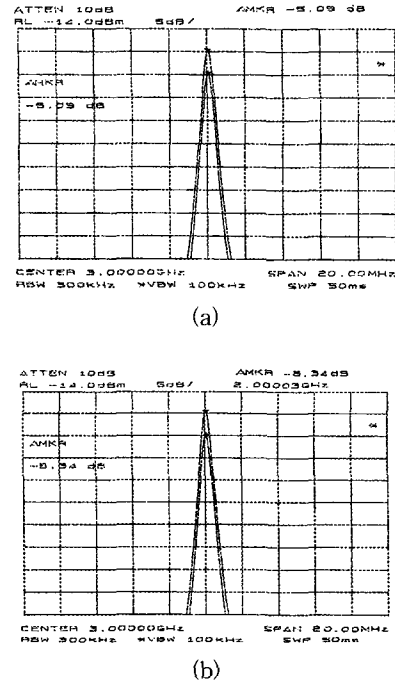


그림 10. 이득 측정치; (a) E-평면, (b) H-평면  
Fig. 10. Measured gain; (a) E-plane, (b) H-plane.

V. 결 론

본 논문에서는 FDTD법을 이용하여 십자형 급전구조를 갖는 광대역 마이크로스트립 슬롯 안테나의 특성을 해석하고, 최대 대역폭을 갖는 안테나를 제작 및 실험하였다.

넓은 슬롯 구조에서는 복사저항이 매우 커서 정합하

기가 힘들었던 기존의 급전구조 대신에, 십자형 마이크로스트립 급전선을 사용하여 슬롯 폭이 증가하여도 복사저항이 일정한 특성을 얻을 수 있었고, 넓은 슬롯 구조에 대해서도 별다른 정합회로를 사용하지 않고 좋은 정합 특성을 갖는 방법을 제시하였다. 사용 주파수 대역폭은 슬롯 폭에 비례하여 증가하는 특성을 얻었다. 그리고 FDTD법을 사용하여 십자형 급전선을 갖는 슬롯 안테나를 모델링하여 전파 과정, 전계 분포를 계산하였고, FDTD법으로 얻은 값들을 Fourier변환하여 최적화된 슬롯 안테나의 반사손실, 전압 정재파비, 입력 임피던스를 주파수 영역에서 각각 계산하였으며, 이들 계산값과 측정값을 서로 비교 및 분석하였다. 최적화한 파라미터 값으로 슬롯 안테나를 제작하여 측정된 전압 정재파비는 2이하에서 사용 가능한 주파수는 1.975 GHz부터 4.725 GHz까지로 2.750 GHz의 광대역 특성을 얻었다.

본 안테나는 광대역성을 갖는 안테나에 비해 소형이고 경량으로 사용하기가 편리하므로 이동 통신용 및 위성용 수신안테나, 그 외 통신 시스템에 유용하리라 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] G. A. Deschamps, "Microstrip microwave antennas," *3rd USAF symp. antennas*, 1953.
- [2] S. H. David, "A survey of broadband microstrip patch antennas," *Microwave J.*, pp. 60-84, Sept. 1996.
- [3] E. Chang, S. A. Long, and W. F. Richards, "An experimental investigation of electrically thick rectangular microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-34, pp.767-773, June 1986.
- [4] P. B. Katehi, N. G. Alexopoulos, and I. Y. Hsia, "A bandwidth enhancement method for microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-35, pp. 5-12, Jan. 1987.
- [5] M. Kahrizi, T. K. Sarkar and Z. H. Maricevic, "Analysis of a wide radiating slot in the ground plane of a microstrip line," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-41, pp. 29-37, Jan. 1993.
- [6] Y. Yoshimura, "A microstrip slot antenna," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-20, pp. 760-762, Nov. 1972.
- [7] D. M. Pozar, "Reciprocity method of analysis for printed slot and slot-coupled microstrip antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-34, pp. 1439-1446, Dec. 1986.
- [8] 장용웅, 윤종철, 박익모, 신철재, "T-모양 급전선을 갖는 마이크로스트립 슬롯 안테나의 특성 분석," 한국전자과학회 논문지, vol. 9, no. 5, pp. 630-639, 1998년 10월
- [9] K. S. Yee, "Numerical solution of initial boundary-value problems involving Maxwell's equations in isotropic media," *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. AP-14, pp.302-307, May 1966.
- [10] N. O. Sadiku, *Numerical Techniques in Electromagnetics*, CRC Press, pp. 179-203, 1992.
- [11] G. Mur, "Absorbing boundary conditions for the finite-difference approximation of the time-domain electromagnetic-field equation," *IEEE Trans. Electromag. Compat.*, vol. EMC-23, no. 4, pp. 377-382, Nov. 1981.
- [12] A. Taflove, *Computational Electrodynamics: Finite Difference Time Domain Method*, Archch House, pp. 213-218, 1995.
- [13] J. Bahl and P. Bhartia, *Microstrip antenna*, Dedham, MA : Artech House, pp.228-229, 1980.

## 저 자 소 개



張用雄(正會員)

1989년 2월 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1991년 8월 명지대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1999년 2월 아주대학교 전자공학과 졸업(공학박사). 1994년 3월~현재 극동정보대학 조교수. 주관심 분야 : 안

테나 해석 및 설계, 초고주파 회로 설계

金明基(正會員)

1999년 2월 아주대학교 전파공학과 졸업(공학사). 1999년 3월~현재 아주대학교 전자공학과 석사과정. 주관심 분야 : 안테나 해석, 초고주파 회로 설계

韓碩振(正會員)

1998년 2월 아주대학교 전파공학과 졸업(공학사). 1999년 2월 아주대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 주관심 분야 : 안테나 해석, 초고주파 회로 설계



朴益模(正會員)

1984년 뉴욕주립대학교 전기전자공학과(공학사). 1989년 일리노이대학교 전기전자공학과(공학석사). 1989년 일리노이대학교 전기전자공학과(공학박사). 1994년~1996년 LG 전자기술원 선임연구원. 1996년~현재

아주대학교 전기전자공학학부 조교수. 주 관심분야 : 안테나 해석 및 설계, EMI/EMC 수치해석.

申昊燮(正會員)

1995년 8월 충북대학교 정보통신공학과 졸업(공학사). 1998년 2월 충북대학교 정보통신공학과 졸업(공학석사). 1998년 9월~현재 충북대학교 정보통신공학과 박사과정. 주관심 분야 : 전자파 해석, 전파전파, EMI/EMC



慎哲宰(正會員)

1964년 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1968년 연세대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1983년 연세대학교 전자공학과 졸업(공학박사). 1970년~1977년 광운대학교 전자공학과 조교수. 1986년~1987년 미국

Florida 대학 방문교수. 1977년~현재 아주대학교 전기전자공학부 교수. 주 관심분야 : 안테나 설계 및 해석, EMI/EMC, 초고주파 통신 부품 개발