

# 개구 결합 마이크로스트립 안테나 구조에서의 필드 분포

°조 영 기\*, 고 지 환\*\*, 이 영 순\*\*, 허 유 강\*

\*경북대학교 전자전기컴퓨터학부

\*\*금오공과대학교 전자공학부

ykcho@ee.knu.ac.kr

## Field Configurations in Aperture-Coupled Microstrip Antenna Structure

°Young-Ki Cho\*, Ji-Whan Ko\*\*, Young-Soon Lee\*\*, Yu-Kang Heo\*

\*School of Electronic Eng. & Computer Sci, Kyungbook National

\*\*School of Electronic Eng., Kum-oh National University of Technology

### Abstract

The problems of electromagnetic coupling and radiation in an aperture-coupled microstrip antenna structure are discussed while focusing on the difference between two representative field configuration: parasitic-type and cavity-type. Based on the discussion, a critical look is taken at the validity of a previous description of the coupling mechanism of an aperture-coupled microstrip antenna.

### I. 서 론

최근 평행-평판 도파관(parallel-plate waveguide :PPW)내 좁은 슬릿을 통한 도체 스트립으로의 전자기적인 결합에 대한 문제들은 개구 결합 마이크로스트립 안테나(Aperture-Coupled Microstrip Antenna)의 결합 및 복사 메카니즘의 좀더 나은 이해를 위해 다뤄져 왔다[1,2,3].

그림 1에 나타낸 구조의 치수들과 물질 유전상수들은 일반적 마이크로스트립 구조에서 사용되는 것들과 비슷한 형태로 선택 됐다.

그림 1에서 아래쪽 급전 가이드의  $\lambda/2$  단락 스텐브는 일반적인 개구 결합 마이크로 스트립 안테나의 급전부분에서 슬롯 하층부의  $\lambda/4$  개방 스텐브와

같은 형태의 동작을 보인다.

이전의 연구에서, 좁은 슬릿의 경우 전자기적 결합 메카니즘들은 PPW의 상층부 평판과 도체 스트립사이 떨어진 정도에 따른 두 가지 종류 즉 cavity-형태 및 parasitic-형태로 나누어 질 수 있음이 관찰되었다.

그러므로, 현재의 연구는 이 두 가지 종류의 복사 결합이 실제 개구 결합 마이크로스트립 안테나 구조에서 존재하는지 여부를 cavity-형태 및 parasitic-형태에 따른 필드 분포의 차이점에 주안을 두고 관찰해 보았다.

### II. 해석 및 고찰

그림 2에서 나타낸 개구 결합 마이크로스트립 안테나는 논문[4]에서 모멘트법(Method of Moment, MoM)을 이용하여 해석하였다.

이 때 제작된 구조는 마이크로스트립 패치와 접지면 사이 떨어진 거리가 상대적으로 작은  $d_b$ 를 가지는 개구 결합 마이크로스트립 안테나 및 떨어진 거리가 상대적으로 큰  $d_b$ 를 가지는 개구 결합 마이크로스트립 안테나이다.

작은 간격의  $d_b$ 를 가지는 경우, 0 offset 지점을 중심으로 대칭적인 두 offset 지점  $OS = \pm 3.8[\text{mm}]$ 에서 임피던스는 정합되었다.

이는 동측 프로브나 non-radiating edge에 연결된 마이크로스트립 선로를 사용해 직접 급전한 구형 마이크로스트립 안테나에서의 offset과 거의 같은 결과이다.

개구면에서의 두 정합 지점이 0 offset 지점을 중심으로 대칭적으로 나타나게 되는 이유는 dominant cavity mode(그림 2에서 패치의 y축 중심부분에 대한 odd symmetry인  $TM_{01}$  mode)가 강하게 여기되었기 때문이다.

작은  $d_b$ 를 가지는 경우에 대한 마이크로스트립 패치 아래에서의 전장 분포를 그림 3에 나타내었다.

이미 언급한바와 같이  $TM_{01}$  mode가 형성됨을 확인할 수 있다. 또한 이로부터 전장의 범선성분이 명확히 관찰되어진다.

그림 3의 (c)는 필드 분포 형태를 슬롯영역 부분에서 확대하여 나타낸 것이다.

이와 대조적으로, 패치와 접지면 사이의 간격  $d_b$ 가 증가하게 되면 정합을 위한 두 offset 지점은 서로 근접하게 되고 최대 복사 결합(정합)을 주는 패치 길이  $L_p$ 는 점차 감소하게 된다. 따라서 결합은 offset이 0일 때 최대가 된다. 이 경우에 대한 전장 분포를 그림 4에 나타내었다. 그리고 슬롯 영역 부분에서의 확대된 필드분포 그림을 그림 4의 (c)에 나타내었다.

이 경우의 필드 분포 그림은 앞서 살펴본 그림 3의 (c)와 분명한 차이를 보임을 확인하기 바란다.

그림 3의 (c)에서 보여주는 필드 분포의 경우 패치 및 접지면 사이 형성되는 cavity의 strong resonance mode 필드와 거의 유사한 특성을 보임을 관찰할 수 있다. 이에 반해 그림 4의 (c)에서 보여

주는 필드 분포는 본질적으로 슬롯을 통해 quasi-static 전압 소스를 적용시켰을 때의 quasi-static 필드와 같음을 확인할 수 있다

그 다음으로 급전 마이크로스트립 선로에 의한 여기 전력의 전방 그리고 후방 복사 분포 과정이  $d_b$ 가 큰 경우 및  $d_b$ 가 작은 두 경우에 대해 연구되었다.

따라서 복소 전력  $-M \cdot H^*$  ( \* : 켈레 복소수)를  $z=0'$ 에서 슬롯에 대해 적분하는 복소 전력 이론을 사용한다. 상충부 반공간으로 예상된 방사 전력은 작은  $d_b$ 와 큰  $d_b$  두 가지 경우에 대해서 각각 약 56% 및 96%가 되었다. 이러한 경향은 이전에도 실험적으로 관찰되었다. 상대적으로 큰  $d_b$ 의 경우에 있어서 패치에 있어서는 슬롯으로부터 상충부 반공간 쪽으로의 직접 복사가 보여진다. 이는 2-소자 야기-우다 배열 구조에서의 도파기 (director)의 역할을 연상케 한다.

그러므로 큰  $d_b$  경우에서의 결합은 parasitic-형태로 작은  $d_b$  경우는 cavity-형태로 나타내게 된다.

따라서 cavity-형태 결합은 패치아래 strong resonant mode 필드가 형성되는  $d_b$ 가 매우 작은 경우로 생각할 수 있다.

이에 반해 parasitic-형태 결합은  $d_b$ 값이 cavity-형태 경우보다 어느 정도 큰 경우에 대해 일어나게 된다.

즉 cavity-형태 결합은 parasitic-형태 결합보다 적은  $d_b$ 를 사용한다. 그러므로 strong fundamental mode 필드( $TM_{01}$  mode)가 패치 아래 여기 되는 동안 스트립상의 induced electric current density의 크기는(패치 아래 필드도 마찬가지로) parasitic-형태 결합의 경우보다 더욱 큰 값을 가진다.

완전 매칭 조건(perfect matching condition)들로부터 parasitic-형태 결합인 경우의 패치 길이  $L_p$ 는 cavity-형태 결합인 경우 보다 충분히 작은 값을 가진다.

지금까지의 내용들로부터 parasitic-형태 결합은 cavity-type 결합과는 본질적인 차이를 보임을 알 수 있다.

개구 결합 마이크로 스트립 안테나의 예로서 급전 마이크로스트립 선로로부터의 여기 전력이 대부분 슬롯을 통해 상충부 반공간으로 복사 가능한

dielectric substrate의 구조 및 물질적 파라미터들을 선택했다.

앞에서 살펴본 내용들로부터 대부분의 실제 개구 결합 마이크로스트립 안테나들은 cavity-형태보다는 다소 parasitic-형태로써 동작한다고 볼 수 있다.

이미 언급한 바와 같이 상층부 반공간으로의 전력 복사는  $\text{Re}(-\underline{M} \cdot \underline{H}^*)$ 을  $z=0'$ 인 슬롯영역에 대해 적분을 구함으로서 얻을 수 있다.

개구 결합 마이크로스트립 안테나가 parasitic-형태로써 동작할 시 앞서 살펴본 적분

$$\int_{\text{slot region}} (-M H^*) ds \text{의 결과는 대부분 양의 실수로}$$

서, 그리고 그 값은 급전 마이크로스트립 선로로부터의 여기 전력 값으로 근사화 된다.

이는 명확히 전장  $\underline{E}$  및 자장  $\underline{H}$ 는  $-\underline{M} \cdot \underline{H}^* = -(\underline{E} \times \underline{n}) \cdot \underline{H}^* = -\underline{E} \times \underline{H}^* \cdot \underline{n}$ 인 동안(단,  $\underline{n}$ 은  $z=0'$ 인 슬롯 영역으로부터 상층부 영역( $z>0$ )방향으로의 단위 벡터)  $z=0'$ 인 슬롯영역을 통해 존재함을 의미한다.

이와 같은 내용들로부터 논문[5]의 슬릿을 통한 결합(coupling) 계산 방법에서의 패치 바로 아래의 cavity mode 필드에 대한 가정은 타당하지 않다.

더 상세히 말해서 이전의 연구들은 슬릿영역의 전자장을 표현하기 위해 패치 바로 아래의 cavity mode 필드(TM<sub>01</sub> mode)를 사용했다.

하지만 이러한 슬롯 상에서의 필드 표현은 전장 및 자장이 직각 위상으로 존재하게 되므로 슬롯을 통해서 상층부 반공간으로 복사되는 전력이 표현되지 않는다.

이와 같은 맥락에서 이전의 연구[5]는 개구 결합 마이크로스트립 안테나의 결합 메카니즘에서의 잘못된 결론을 표현한 것으로 볼 수 있다.

### III. 결 론

지금까지 우리가 살펴본 내용은 개구 결합 마이크로스트립 안테나에서의 전자기 결합 문제에 관한 부분이다.

두 타입의 결합(coupling) 메카니즘들, 즉 cavity-형태 및 parasitic-형태를 이들 각 필드 분포의 차이점들에 중점을 두고 살펴보았다.

이와 같은 고찰로부터 개구 결합 마이크로스트립 안테나에서의 결합(coupling)에 대한 이미 언급

한 설명들의 정당성을 확인 할 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] J. I. Lee, C. H. Lee, and Y. K. Cho, "Electromagnetic coupling mechanism to a conducting strip through a narrow slit in a parallel-plate waveguide", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-49, no. 4, pp. 592-596, April 2001.
- [2] J. I. Lee and Y. K. Cho, "Maximum electromagnetic coupling to a nearby conducting strip through narrow and wide slits in a parallel-plate waveguide," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, To appear.
- [3] P. L. Sullivan and D. H. Schaubert, "Analysis of an aperture coupled microstrip antenna", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-34, no. 8, pp.977-984, 1986.
- [4] L. G. Yoon, J. H. Ko, and Y. K. Cho, "Electromagnetic coupling in aperture-coupled and proximity-coupled microstrip antenna structures", in *Proc. IEEE AP-S Int. Symp.*, pp.518-521, Boston, July 2001.
- [5] D. M. Pozar, "Microstrip antenna aperture-coupled to a microstrip line", *Electronics letters*, vol. 21, no.2, pp. 49-50, Jan. 198

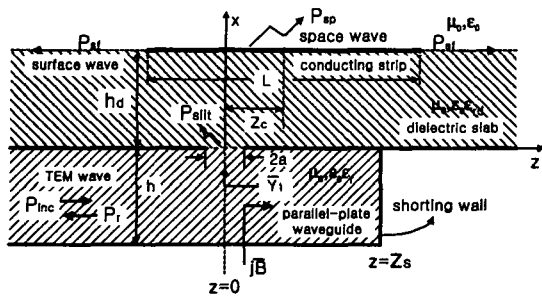


Fig.1 Geometry for narrow slit problems in 2-dimension PPW structures

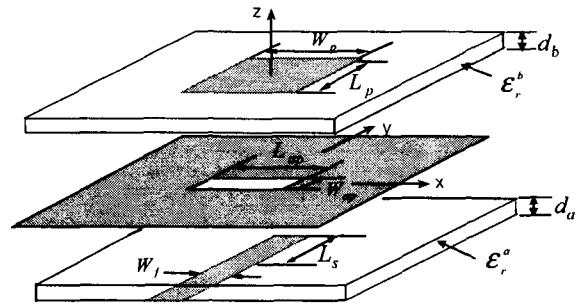
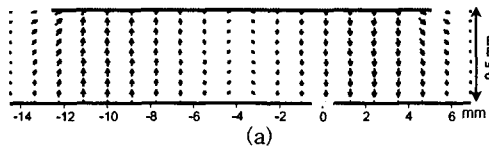
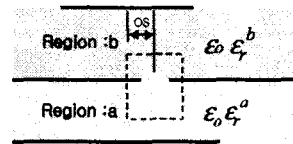


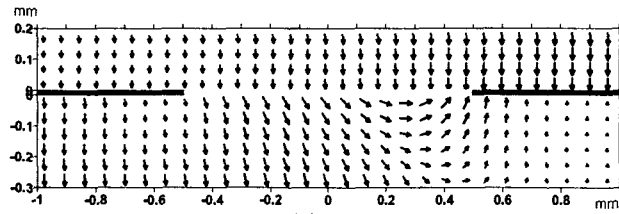
Fig.2 Geometry of aperture-coupled microstrip antenna under consideration



(a)

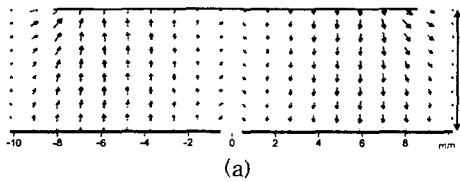


(b)

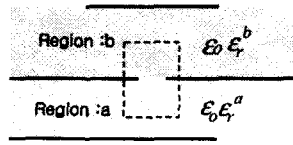


(c)

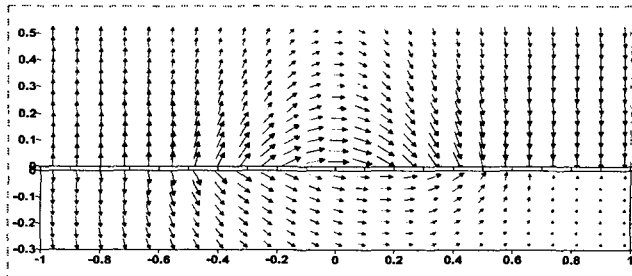
Fig.3 Field configuration of cavity type (a)Electric field underneath patch (b)structure (c)enlarged view  
 :  $f_0 = 5.2\text{GHz}$ ,  $\epsilon_r^a = \epsilon_r^b = 2.5$ ,  $L_p = W_p = 17.5\text{mm}$ ,  $d_a = d_b = 0.5\text{mm}$ ,  $L_{ap} = 3.0\text{mm}$ ,  $W_{ap} = 1.0\text{mm}$   
 $W_s = 1.45\text{mm}$ ,  $L_s = 9.99\text{mm}$ ,  $OS = 3.8\text{mm}$



(a)



(b)



(c)

Fig. 4 Field configuration of parasitic type (a)Electric field underneath patch (b)structure (c)enlarged view  
 :  $f_0 = 5.2\text{GHz}$ ,  $\epsilon_r^a = \epsilon_r^b = 2.5$ ,  $L_p = W_p = 16.64\text{mm}$ ,  $d_a = 0.5\text{mm}$ ,  $d_b = 1.3\text{mm}$ ,  $L_{ap} = 5.5\text{mm}$ ,  $W_{ap} = 1.0\text{mm}$