

論 文

링 급전선로를 이용한 Rectangular Microstrip Patch Antenna 설계

正會員 高 永 赫* 正會員 梁 圭 植** 正會員 李 鍾 岳*

The Design of Rectangular Microstrip Patch Antenna Using The Ring Feed Line

Young Hyuk KO*, Gyu Sik YANG**, Jong Arc LEE* *Regular Members*

要 約 링 급전 선로를 이용해서 두Slot사이 공진 길이를 $\lambda/2$ 혹은 λ 로한 3개의 Rectangular Microstrip Patch Antenna를 배열하고 제작하여 방사 패턴 특성을 고찰 했다. 링 급전 선로를 이용한 공진길이 $\lambda/2$ 인 3개의 Rectangular Microstrip Patch Antenna의 경우 각 Patch Antenna소자 방향에서 방사 패턴이 고찰되고, 공진 길이 λ 인 3개의 Rectangular Microstrip Patch Antenna의 경우 각 Antenna소자 사이에서 방사 패턴이 고찰 되었다.

ABSTRACT The three rectangular microstrip patch antenna of Resonant length, $\lambda/2$ or λ , between two slot is designed by using the ring feed line, and the radiation pattern characteristic is shown. In case of the antenna of resonant length $\lambda/2$ the radiation pattern is shown at each patch antenna element, in the antenna of resonant length λ it is shown among patch antenna element.

I. 서 론

Microstrip Antenna는 단조로운 구조이고, 비교적 저렴한 가격이며 Cylinder 주위에 Wrapping

할 수 있다. 따라서 인공위성, 미사일, 그리고 여러 군사 Radar System에 활용 된다. 이들 안테나는 Photo Etching 기술에 의해서 아주 정확하게 제조 되었다. 최근 Microstrip Radiator의 특성은 여러 연구진에 의해서 연구되었고, Antenna Array에서 소자사이의 실질적 거리에 의해서 이득이 결정되고 임피던스 특성이 달라진다.

현 통신에서는 특수화된 이득과 임피던스 특성

* 建國大學校 電子科
Dept. of Elec. Eng. Kon Kuk University
** 韓國海洋大學校 電子科
Korea Maritime University
論文番號 : 89-42(接受 : 1988. 11. 29)

을 갖는 Antenna Array의 전송 선로 모델을 설계 하는데 필요한 Microstrip Antenna와 두Slot사이 공진 길이를 바꾸는 방법을 제안 하고 있다.⁽¹⁾

본 논문은 두Slot사이 공진 길이를 $\lambda/2$ 혹은 λ 로한 3개의 Rectangular Microstrip Antenna를 링 급전 선로와 정합시켜서 그에 따른 방사 패턴을 고찰 하였다.

II. Rectangular Microstrip Patch Antenna의 전송 선로 모델 해석

Rectangular Microstrip Patch Antenna의 공진 주파수와 Patch의 여러 특성 Parameter들은 일반적으로 전송 선로 모델 혹은 변형된 Cavity Model을 활용해서 수식적 계산에 의해 결정된다.

현 통신에서 전송 모델의 Rectangular Microstrip Patch Antenna 길이L, 폭W 유전체 두께H, 유전율 ϵ_r 은 실질적인 공진 주파수에 대한 표현으로 활용되고 있다.^(4,5,6) 또한 설계방법에는 기관이 갖는 유전체 손실과 도체 손실, 그리고 방사 손실을 고려하고 있다.

II-1. 입력 임피던스

공진에서 Patch에 대한 입력 콘덕턴스는 도체에 따른 콘덕턴스 G_c , 유전체에 따른 콘덕턴스 G_d , 그리고 방사 콘덕턴스 G_r 의 합과 같다.⁽²⁾

$$G_t = G_r + G_d + G_c \quad (2-1)$$

공진에서 방사 콘덕턴스 G_r 은(2) 식(2-2)로 표현된다.

$$\frac{G_r}{G_0} = \frac{R_0}{(R_r)_H} = \frac{2\pi^2}{5} \frac{W}{\lambda_0}^2 \quad (2-2)$$

여기서 $R_0 = 1/G_0$: 진공상태 임피던스

$$1/\lambda_0 = \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}^{1/2}$$

식(2-2)는 $WH/i_0^2 \ll 0.1$ 때 정확하다.

공진에서 유전체에 따른 콘덕턴스 G_d 는(2) 식

(2-3)과 같이 표현된다.

$$G_d = \frac{\pi}{2} Y_c \tan \delta / 2 \quad (2-3)$$

여기서 Y_c : Microstrip Line의 콘덕턴스

δ : 유전체 손실각

(2-3)식을 다시쓰면 식(2-4)로 쓸수 있다.

$$G_d / G_0 = \frac{\pi}{2} \sqrt{(\epsilon_e)} \frac{W}{H} \tan \delta \quad (2-4)$$

여기서 ϵ_e : 실효 유전체 상수

도전율 σ 에 따른 콘덕턴스 C_k 는(2) $H \ll W$ 에 대해 주어진다.

$$G_c = \alpha_c L Y_c \quad (2-5)$$

$$\text{여기서 } \alpha_c = \frac{Y_c}{\sigma W d_s}$$

$d_s = (\pi f \mu_0 \sigma)^{-1/2}$: Skin Depth

$$L = \lambda / 2 = \frac{c}{2f \sqrt{(\epsilon_e)}}$$

$$\text{따라서 } \frac{G_c}{G_0} = \frac{\pi}{2} \frac{W}{H} \sqrt{(\epsilon_e)} \frac{d_s}{H} \quad (2-6)$$

공진에서 (2-2), (2-4), (2-6)식으로 부터 Patch에 대한 입력 콘덕턴스는 식(2-7)와 같이 표현된다.

$$\frac{G_t}{G_0} = \frac{2\pi^2}{5} \left(\frac{W}{\lambda_0}\right)^2 + \frac{\pi}{2} \frac{W}{H} \sqrt{(\epsilon_e)} \left(\tan \delta + \frac{d_s}{H}\right) \quad (2-7)$$

II-2. 공진 주파수

Rectangular Microstrip Patch Antenna의 가장 단순한 해석적 기술은 그림 II-1에서 보인바와 같다. 두 평행 방사 Slot로써 Rectangular Micr-

ostrip Patch Antenna를 모델로 하고 전송 이론을 활용 한다.⁽³⁾ 공진 길이 L에 대해 방사하는 Edge은 좁은 Slot로 모델화 된다. Edge1에서 급전점과 관계된 Fringing 효과를 제외하면 Slot2와 같은 어드미턴스를 갖는다. 그때 공진 주파수는 식(2-8)와 같다.

$$f = \frac{C}{2L\sqrt{\epsilon_e}} \quad (2-8)$$

여기서 C: 빛의 속도

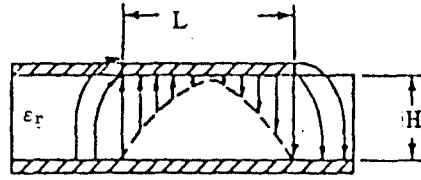
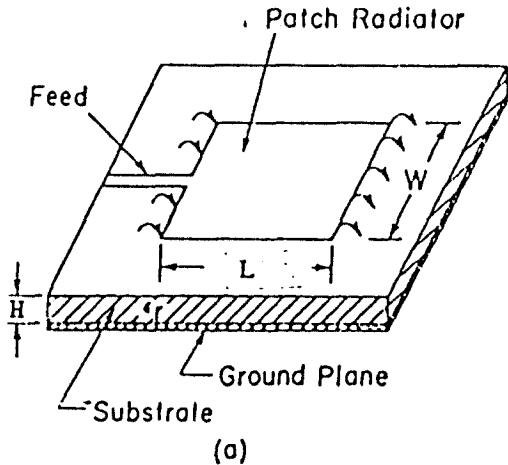
Slot1으로부터 급전점에 공진 주파수에 관계된 Fringing 효과를 고려한 실질적인 Rectangular Microstrip Patch antenna의 정확한 공진 주파수는 (4,5,6) 식(2-9)와 같다.

$$f_r = \left[\frac{1 - \frac{2H}{\epsilon_e \ln \alpha}}{1 + \frac{2H}{\epsilon_e \ln \alpha} \ln \left(\frac{\sqrt{\epsilon_e} 2^L}{r^H} \right)} \right] f \quad (2-9)$$

여기서 $r = 1.78107$

$$\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{\left(1 + \frac{10H}{W}\right)^{1/2}}$$

$$\alpha = 1 + 1.393 \left(\frac{H}{W}\right) + 0.667 \left(\frac{H}{W}\right) \ln \left(\frac{W}{H} + 1.444\right)$$



(b)

그림 1. Rectangular Microstrip Patch Antenna의 전송선로 모델 a) top view b) side view

II-3. 방사 패턴

무한한 Ground Plane위에 Rectangular Microstrip Patch Antenna의 방사하는 Edge는 폭W의 Slot가 거리L로 분리되면 방사하는 두개의 평행 Slot를 갖는다. 만약 공진 길이L이 $\lambda/2$ 의 Odd Wavelength라면 Radiator는 Broadside방향에서 Main Lobe의 방사패턴을 갖고, 공진 길이L이 $\lambda/2$ 의 Even Wavelength라면 Broadside방향에서 방사 패턴이 Zero이다.⁽⁷⁾ 즉, 일정한 거리r에서 전계 분포는 식(2-10), 식(2-11)와 같다.

$$E_\theta = -\frac{jV_0 k_0 W e^{-jk_0 r}}{\pi r} [\cos(kH \cos \theta)]$$

$$\cdot \left[\frac{\sin[k_0 \frac{W}{2} \sin \theta \sin \phi]}{k_0 \frac{W}{2} \sin \theta \sin \phi} \right]$$

$$\cdot \left[\cos\left(k_0 \frac{L}{2} \sin \theta \cos \phi\right) \right] \cos \phi \quad (2-10)$$

$$E_\phi = \frac{jV_0 k_0 W e^{-jk_0 r}}{\pi r} [\cos(kH \cos \theta)]$$

$$\cdot \left[\frac{\sin[k_0 \frac{W}{2} \sin \theta \sin \phi]}{k_0 \frac{W}{2} \sin \theta \sin \phi} \right]$$

$$\cdot \left[\cos\left(k_0 \frac{L}{2} \sin \theta \cos \phi\right) \right] \cos \theta \sin \phi \quad (2-11)$$

여기서 k_0 : 자유공간의 전파상수,
 k : 유전체에서의 전파상수
 V_0 : Slot 사이 전압

Ⅲ. 링 급전 선로의 특성

전체 둘레가 $3\lambda/2$ 인 링 모양 회로에 Port-1에서 급전 될때 시계 방향과 반 시계 방향으로 진행하는 파가 위상 변화에 따라 Port-2, Port-3, Port-4에서 출력이 나타난다. Port-1의 입력 전압에 대하여 Port-2, Port-4는 동위상이 나타나고 Port-3는 180도 위상차를 갖는다. 각 Port로부터 나타난 Power는 Port-1이 입력 Power에 관계되고, 같은 Power분배에 대하여 같은 어드미턴스를 갖는다.⁽⁸⁾

Power분배 비는 Port들 사이 임피던스를 변화시키므로서 조정할 수 있다.

두 임피던스 Z_{01} 과 Z_{02} 사이 $\lambda/4$ Transformer의 특성 임피던스 Z_0 는 $\sqrt{Z_{01} Z_{02}}$ 와 같다. 이에 따른 두 임피던스는(9,10) Z_0 와 $3Z_0$ 이다.

$$Z_0 = \sqrt{Z_{03} Z_{01}} = \sqrt{3Z_0} \quad (3-1)$$

링 자체를 형성하는 라인의 특성 임피던스는 급전선로 임피던스의 $\sqrt{3}$ 배 이다. 여기서 모든 급전 특성 임피던스는 50Ω 이므로 링 특성 임피던스는 86.6Ω 이다.

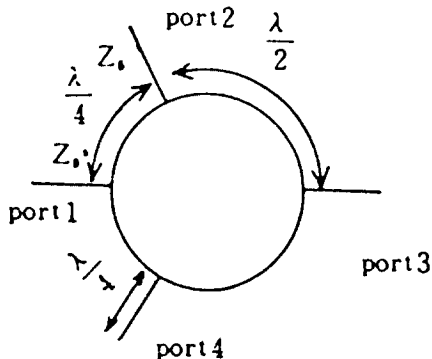


그림 2. 링 급전 선로

Ⅳ. 링 급전 선로를 이용한 Rectangular Microstrip Patch Antenna 설계

Slot의 Fringing 효과에 따른 실질적인 공진 주파수로 길이 L 이 $\lambda/2$ 혹은 λ 인 3개의 Rectangular Microstrip Patch Antenna를 배열시킨 Array Antenna가 그림Ⅳ-1 a) 그림Ⅳ-1 b)와 같다.

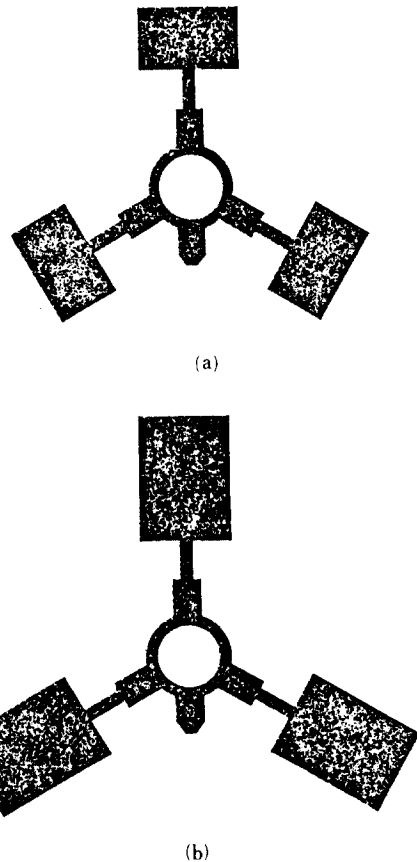


그림 3. 링 급전 선로를 이용한 Rectangular Microstrip Patch Antenna a) $\lambda/2$ 경우, b) λ 경우

각 Rectangular Microstrip Patch Antenna 소자의 방사 저항 R_r , 유전체 손실 저항 R_d , 음 손실 저항 R_c 를 계산한 결과는 표1과 같다. 설계에 사용한 기판은 TLX-9-0620을 사용했으며 재질의

특성은 $\epsilon_r=2.50\pm 0.0051$, $\tan\delta=0.0019$, $H=1.57$
5(이때 동판의 두께는 0.0037mm)인 테프론의

양면에 도체를 입힌것을 사용했다.

표 1.

공진주파수 (GHZ)	L (mm)	W (mm)	$R_r(\Omega)$	$R_d(\Omega)$	$R_c(\Omega)$	R (Ω)	실직적공진 주파수 (GHZ)
9.2	$\lambda/2$ (10.09)	16.30	121.585	9223.92	642021.0	119.981	8.252
9.218	λ (20.19)	14.50	121.585	9241.97	315514.0	119.966	8.628

또한 링 급전 선로와 Rectangular Microstrip Patch Antenna 사이는 임피던스 정합을 위해 $\lambda/4$ Microstrip 선로를 사용 했다. Gestinger(11)에 의해서 주파수 효과를 고려한 주 급전 선로와 정합선로에 관한 설계치는 표2와 같다.

표 2.

공진주파수 (GHZ)	임피던스 (Ω)	lg (mm)	W(mm)
9.2	50	26.2022	4.50638
9.2	77.45	25.4394	2.1424
9.2	86.60	25.2864	1.7198
9.218	50	26.1510	4.50639
9.218	77.36	25.3914	2.14735
9.218	86.60	25.2370	1.7198

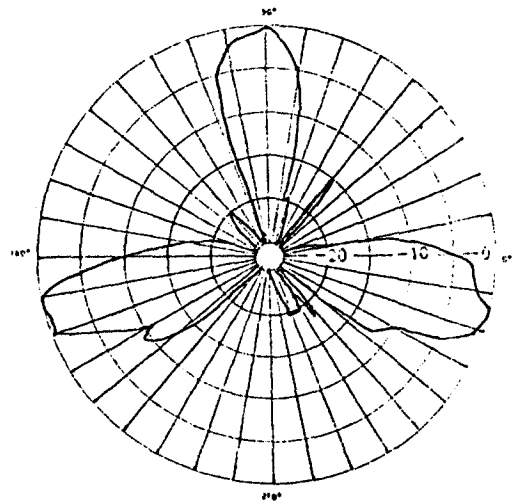
표 3 V.S.W.R(한개의 안테나가 $\lambda/2$ 경우)

주파수(GHZ)	V.S.W.R
8.500	2.82
8.517	1.67
8.521	1.72
8.525	2.00
8.550	4.24

표 4. V.S.W.R (한개의 안테나가 λ 경우)

주파수(GHZ)	V.S.W.R
8.615	2.68
8.623	1.93
8.6205	1.52
8.625	1.88
8.650	2.62

공진 길이 $L=\lambda/2$ 인 Rectangular Microstrip Patch Antenna의 설계된 실질적인 공진 주파수는 8.252GHZ이며 공진 길이 $L=\lambda$ 인 Rectangular Microstrip Patch Antenna는 8.628GHZ이다. 그러나 링 급전선로를 이용한 3개의 Rectangular Microstrip Patch Antenna에서 $L=\lambda/2$ 인 경우, 공진 주파수 8.517GHZ에서 정재파비는 1.67이고 방사 패턴은 Fig V -1a)과 같다. 또한 $L=\lambda$ 인 경우 공진 주파수 8.6205GHZ에서 정재파비는 1.52이고 방사 패턴은 Fig V -1b) 같다. Fig V -1a)과 같이 $\lambda/2$ 경우 각 Antenna 소자로 부터 방사 패턴이 형성되고, Fig V -1b)와 같이 λ 경우 각 Antenna 소자 사이에서 방사 패턴이 존재한다. 그러나 λ 경우 90도 부분에서 Side Lobe가 너무 크게 나타난다.



V. 실험 및 고찰

(a)

참 고 문 헌

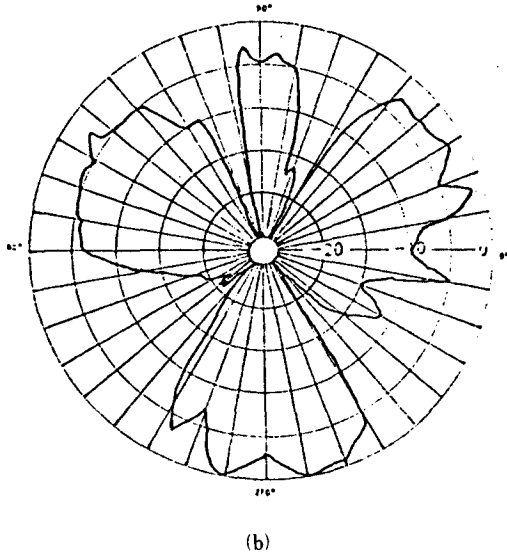


그림 4. 링 급전 선로를 이용한 Rectangular Microstrip Patch Antenna 방사 패턴 a) $\lambda/2$ 경우, VSWR=1.67 b) λ 경우, VSWR=1.52

VI. 결 론

링 급전 선로를 이용해서 두 Slot 사이 공진 길이 $\lambda/2$ 혹은 λ 인 3개의 Rectangular Microstrip Patch Antenna를 배열하고 제작하여 방사 패턴 특성을 고찰 했다.

본 논문은 Microstrip 급전 Connector에 의해 급전 할때 $\lambda/2$ 경우, 각 Rectangular Microstrip Patch Antenna 소자 방향에서 Beam 패턴이 나타나고 λ 의 경우, 각 Rectangular Microstrip Patch Antenna 소자 사이에서 Beam 패턴이 나타나며 90도 근처에서도 Beam 패턴이 나타남을 보았다. 따라서 링 급전 선로의 공진 길이와 곡률에 대한 정확한 분포가 요구된다.

또한 측정된 공진 주파수가 설계된 공진 주파수 보다 약간 낮은 것은 공진 길이 L을 조금 줄여준다 면 측정된 공진 주파수와 일치 될 것으로 믿어진다.

1. S.K.Chowdhury, Resonant Length of A Linearly Polarized Microstrip Radiator, Electron Letters, Vol 14 No. 18 Aug 1978 P594-595
2. Dubost, G, Transmission Line Model Analysis of A Lossy Rectangular Microstrip Patch, Electron Letters, Vol 18 No.7 1982 P281-282
3. Keith, R, Microstrip Antenna Technology, IEEE Trans Antenna Propagat, vol AP-29 No.1 Jan 1981 P5-8
4. D.L.Sengupta, The Transmission Line Model for Rectangular Patch Antennas, IEEE Trans Antenna Propagat, Int. Symp Digest 1983 P158-161
5. D.L.Sengupta, Appropriate Expression for The Resonant Frequency of A Rectangular patch Antenna, Electron letters, Vol 19 No.20 Sep 1983 P834-835
6. D.L.Sengupta, Resonant Frequency of A Tunable Rectangular Patch Antenna, Electron Letters, Vol 20 No.15 July 1984 P614-615
7. G.Ander, Extend Analysis of Rectangular Microstrip Resonator, IEEE Trans Antenna Propagat Vol Ap-27 No.6 Nov 1979 P846-849
8. Y.P.Chuck, Hybrid-Ring Directional Coupler for Arbitrary power Division, IRE Trans Microwave Theory And Techiques, Nov 1961 P529-535.
9. Harlan, Howe, Jr, Strip Line Circuit Design, Artech house 1974 P85-91
10. T.C.Edward, Foundation for Microstrip Circuit Design, A Willay Interscience Publication, 1981 P209-212
11. W.J.Getsinger, Microstrip Dispersion Model, IEEE Trans, MTT21 No.1 Jan1973 34-39



高永赫 (Young Hyuk KO) 正會員
1981年 2月: 建國大學校 電子科 卒業
1983年 2月: 建國大學校 電子科 大學院 卒業
1987年 8月: 建國大學校 電子科 大學院 博士課程 修了



梁圭植 (Gyu Sik YANG) 正會員
1974年 2月: 韓國航空大學校 航空通信科 卒業
1984年 2月: 建國大學大學院 電子科 卒業
1986年 12月: 建國大學大學院 電子科 博士課程 修了
1989年 10月: 韓國海洋大學校 電子科 通信科 教授



李鍾岳 (Jong Arc LEE) 正會員
1966年 2月: 漢陽大學校 電氣工學科 卒業
1970年 2月: 延世大學校 大學院 電氣工學科 (工學碩士)
1974年 2月: 延世大學校 電氣工學科 工學博士
1978年 2月: 韓國航空大學 教授
1974年 4月~1975年 3月: 日本京都大工學部 研究院

1979年 8月~1980年 7月: 프랑스 Centre Univ. 에너지 研究所
1987年 12月~1988年 12月: 美國 Florida 州立大學 客員教授