

# 광대역 이중공진 이중편파 마이크로스트립 안테나에 관한 연구

## A Study of Wideband Dual-Frequency Microstrip Antenna with Dual-Polarization

김연정 · 권세웅 · 윤완석 · 김정일 · 윤영중

Yeun Jeong Kim · Se-Woong Kwon · Wan-Suk Yun · Jeong-Il Kim · Yung-Joong Yoon

### 요 약

본 논문에서는 단일 안테나를 가지고 광대역의 위성통신 신호를 송수신하기 위하여 12.5 GHz와 14.25 GHz 대역에서 각각 동작하고, 두 대역에서 서로 다른 선형편파 특성과 광대역 특성을 얻을 수 있는 적층 구조의 광대역 이중공진 이중편파 안테나를 제안하였다. 이 때 상대 급전선에 의한 임피던스 변화를 최소화시켜 최적의 안테나를 설계하였으며, 배열 안테나로 확장시 이중급전 구조의 문제점인 공간상의 문제를 해결하기 위해서 마이크로 스트립 선로와 via-hole 혼합급전 방식을 사용하였다. 제안된 안테나를 광대역 이중공진 이중편파 2×2 배열 안테나로 설계 및 제작하였고, 방사패턴과 주파수특성을 측정하여 위성통신 송수신 겸용 광대역 안테나로 잘 동작할 수 있음을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, to transmit and receive the differently polarized wideband signals simultaneously with a single antenna system, the wideband, dual-frequency and dual-polarized (WDFDP) microstrip array antenna is proposed and designed. This antenna operates simultaneously at 14.25 GHz and 12.50 GHz. To extend to two dimensional array, microstrip feed line and coaxial probe through via-hole are used. The experimental results show that the proposed WDFDP microstrip antenna can be used in the compact portable terminals with a single antenna system and the characteristic of the resonators in this antenna produces a greatly enhanced bandwidth

### I. 서 론

인간의 활동범위가 넓어지면서 이동하는 중에도 다양한 정보를 송수신할 필요가 있게 되었으며, 이에 따라 위성통신 시스템을 비롯한 다양한 무선통신 서비스가 급속하게 증가하게 되었다. 이중에서도 이동 및 휴대 가능한 단말장치 개발과 고기능, 고성능, 광대역 특성을 가지는 소형, 경량, 박형의 안테나 장치 개발은 향후 위성통신뿐만 아니라, 다양한 무선 통신 시스템 개발에 있어서 중요 기술로써 주목받고

있다. 특히 통신 기술이 발전되어짐에 따라 송수신 겸용 소형 단말기의 개발이 요구되어지고 있으며, 하나의 방사소자로 광대역 신호를 송·수신할 수 있게 하기 위하여 이중 주파수 대역에서 광대역 특성을 가지는 광대역 이중공진 안테나 연구가 필수적이다. 이에 따라 2개의 패치를 접합하여 사용하는 접합형 이중공진 안테나<sup>[1],[2]</sup>, 단락편을 이용한 단일형 이중 공진 안테나<sup>[3]</sup>, 리액턴스성 부하를 이용한 단일형 이중공진 안테나<sup>[4]</sup> 등에 관한 많은 연구가 진행되어 왔지만 단일 급전 방식을 사용하기 때문에

「본 논문은 정보통신연구진흥원에서 지원하는 대학기초연구지원사업으로 수행되었음」  
연세대학교 대학원 전기·컴퓨터공학과(Dept. of Electrical & Computer Eng., Yonsei Univ.)  
· 논문 번호 : 991021-093  
· 수정완료일자 : 1999년 12월 8일

송신 또는 수신 신호를 분리하기 위한 소자가 별도로 필요하다. 또한 송수신 편파가 동일하여 위성 통신과 같이 서로 다른 편파를 이용하는 응용분야에는 적합하지 못하며 마이크로스트립 안테나의 좁은 대역폭 특성 때문에 실제 위성통신을 위해서는 적합하지 못하다.

따라서, 본 논문에서는 이를 해결하기 위하여 송신과 수신급전부가 수직인 구조를 가짐으로써 서로 다른 두 개의 선형 편파를 가지며, 배열 안테나로 확장시 이중 급전구조의 문제점인 공간상의 문제 및 전체적인 부피가 증가하는 문제점을 해결하기 위해서 마이크로스트립선로와 via-hole을 혼합 급전 구조를 이용하였으며, 마이크로스트립 안테나의 협대역 특성을 개선하기 위하여 적층 구조의 광대역 이중공진 이중편파 안테나를 연구하였다.

## II. 광대역 이중공진 이중편파 안테나

광대역 특성을 얻기 위해 제안된 적층구조 마이크로스트립 패치 안테나의 구조를 그림 1에 보이고 있다. 여기서 L1과 W1은 아래 패치의 길이와 폭을 나타내며, L2와 W2는 위 패치의 길이와 폭을 나타낸다.

제안된 광대역 이중공진 이중편파 안테나의 아래 패치와 위 패치의 길이는 이중공진 이중편파 안테나의 설계처럼 안테나의 공진 주파수와 관련되어 있으며 원하는 공진 지점에서 동작하기 위해서는 안테나의 위 패치와 아래 패치의 길이를 공진 주파수의 약 반 파장 정도의 길이를 가지도록 적절히 선택해 주어야 하며, 이로 인해 다중 공진에 의한 광대역 특성이

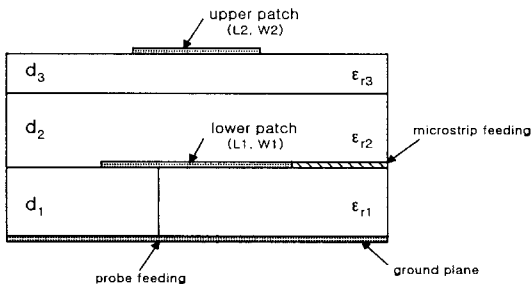


그림 1. 적층구조 광대역 이중공진 이중편파 안테나  
Fig. 1. The stacked WDFDP antenna.

발생하게 된다<sup>[5]</sup>. 반면에 안테나의 폭은 공진 주파수에는 영향을 크게 주지 못하고, 안테나의 입력 임피던스에만 관련되어 있으므로 안테나의 제작 시 안테나의 길이는 정해져 있는 값이고, 폭은 임의로 정할 수 있는 요소가 된다. 이를 이용하여 안테나의 폭과 길이를 두 개의 주파수 f1, f2의 반 파장 길이를 가지도록 안테나를 구현할 수 있다. 그러므로 이 안테나를 x축과 y축으로 나누어 급전할 경우 두 개의 광대역 단일공진 안테나처럼 동작하게 되며, 상대편 급전선로의 영향을 최소화시킬 수 있으므로 서로 수직인 선형편파를 지닌 광대역 이중공진 안테나로 동작할 수 있게 된다. 이는 기존의 단일급전 방식의 이중공진 안테나의 단일편파 특성을 보완한 것으로 위성 통신과 같이 송수신 편파가 서로 다르고, 광대역 특성을 필요로 하는 곳에 매우 적합하게 이용될 수 있다<sup>[6]</sup>.

이러한 적층구조 마이크로스트립 안테나의 전체 입력 임피던스를 구하기 위한 등가모델을 그림 2에 나타내고 있다.  $Y_{in1}$ 은 아래 패치를 동축선로 급전 지점에서 바라본 입력 어드미턴스이고,  $Y_{in2}$ 은 위 패치를 동축선로 급전지점에서 바라본 입력 어드미턴스를 의미하며  $Y_{p12}$ 는 아래 패치와 위 패치의 상호 커플링을 고려한 어드미턴스이다. 또한  $X_p$ 는 급전선의 리액턴스 성분을 나타내며  $N^2$ 은 변환기의 전력비를 의미한다<sup>[7]</sup>.

스택 구조 안테나의 총 입력 임피던스는 그림 2의 회로도를 통해, 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다<sup>[7]</sup>.

$$Z_{in} = \frac{Y_{12}^P + N^2 Y_{in2}}{Y_{in1} (Y_{12}^P + N^2 Y_{in2}) + N^2 Y_{in2} Y_{12}^P} + jX_p \quad (1)$$

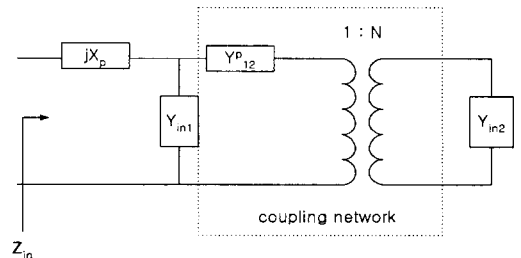


그림 2. 적층구조 마이크로스트립 안테나의 등가모델  
Fig. 2. Equivalent model of stacked microstrip antenna.

여기서  $N^2$ 은 변환기의 전력 비를 의미하며, 이는 대략적으로 패치 간의 체적 비로 식 (2)처럼 나타낼 수 있다.

$$N^2 = \frac{V_2}{V_1} = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{d_1} \quad (2)$$

### Ⅲ. 최적의 광대역 이중공진 이중편파 안테나 설계

이차원 배열 안테나로 확장시 급전선들이 서로 겹치게 되는 문제점을 해결하고, 광대역의 신호를 송수신하기 위하여 본 논문에서는 그림 3과 같이 마이크로스트립 선로와 via-hole을 혼합급전한 적층구

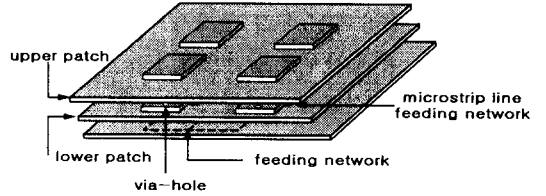
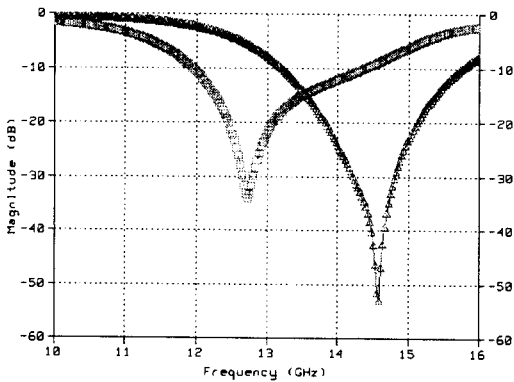


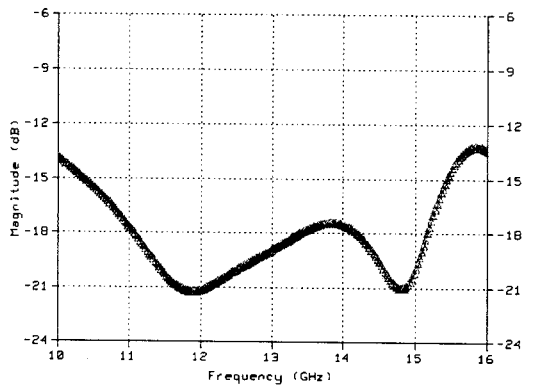
그림 3. 마이크로스트립 선로와 via-hole 혼합급전 광대역 이중공진 이중편파 이차원 배열 안테나  
Fig. 3. WDFDP two dimensional array antenna fed by both microstrip line and via-hole.

조의 광대역 이중공진 이중편파 이차원 배열 안테나를 제안하였다.

광대역 이중공진 이중편파 단일소자 안테나를



(a)



(b)

그림 4. 마이크로스트립 선로와 via-hole 혼합급전 광대역 이중공진 이중편파 단일소자 안테나의 반사손실과 격리 특성 (시뮬레이션). (a) 반사손실, (b) 격리특성

Fig. 4. Return loss and coupling of the WDFDP single element antenna fed by both microstrip line and via-hole (simulation). (a) Return loss, (b) Coupling.

표 1. 마이크로스트립 선로와 via-hole 혼합급전 광대역 이중공진 이중편파 단일소자 안테나의 설계치

Table 1. Design parameters of the WDFDP single element antenna fed by both microstrip line and via-hole.

(단위 : mm)

주파수	위 패치		아래 패치		급전소자					
	폭	길이	폭	길이	$\lambda_g/4$ transformer		Via-hole			
					폭	길이	급전점	프루브 반경	Relief hole 반경	Stub 길이
12.50 GHz	6.183	6.969	6.283	7.349	-	-	0.5	0.25	0.5	0
14.25 GHz	6.969	6.183	7.349	6.283	2.1	4.76	-	-	-	-

14.25 GHz와 12.50 GHz에서 동작시키기 위해서, 식 (1)을 이용하여 초기치를 잡았으며, Ensemble 5.1을 이용하여 시뮬레이션한 결과를 그림 4에 보이고 있다. 이 때 설계치는 표 1과 같다. 마이크로스트립 선로는  $\lambda_g/4$  변환기를 이용하여 안테나의 한 면에 정합되어 있고, via-hole은 안테나 상에 via-hole의 특성 임피던스와 같은 입력 임피던스를 갖는 위치에 접합시킴으로써 안테나와 정합되어 있다.

광대역 이중공진 이중편파 단일소자 안테나를 이차원 2x2 배열 안테나로 확장하기 위하여 표 2처럼 마이크로스트립 선로 급전부는 14.25 GHz에서, via-hole 급전부는 12.50 GHz에서 동작하도록 설계하여, 앙상블을 이용하여 시뮬레이션한 결과를 그림 5에

보이고 있다. 여기서 배열간의 거리는 15 mm의 간격을 유지하도록 하였으며, T 전력 분배기를 이용하여 배열로 확장하였다. 본 구조는 두 급전선이 서로 수직이므로 서로 다른 두 개의 선형 편파를 지닌 이중공진 안테나로 동작할 수 있게 되며, 또한 두 급전선에서 송·수신 신호가 각각 분리되므로 기존 단말기에 사용되고 있는 듀플렉서가 없어도 되는 장점이 있다.

#### IV. 실험 및 결과

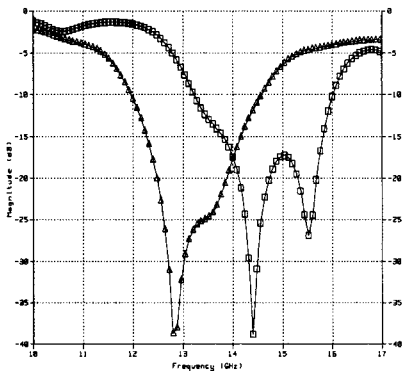
앞 절에서 설명되어진 마이크로스트립 선로와 via-hole 혼합급전 광대역 이중공진 이중편파 단일소자

표 2. 마이크로스트립 선로와 via-hole 혼합급전 광대역 이중공진 이중편파 2x2 배열 안테나의 설계치

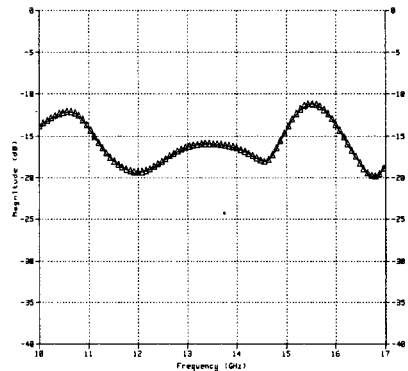
Table 2. Design parameters of the WDFDP 2x2 array antenna fed by both microstrip line and via-hole.

(단위 : mm)

주파수	위 패치		아래 패치		급전소자					
	폭	길이	폭	길이	$\lambda_g/4$ transformer		Via-hole			
					폭	길이	급전점	프루브 반경	relief hole 반경	stub 길이
12.50 GHz	6.183	7.129	6.283	7.589	-	-	0.66	0.25	0.5	0
14.25 GHz	7.129	6.183	7.589	6.283	1.121	2.624	-	-	-	-



(a)



(b)

그림 5. 마이크로스트립선로와 via-hole 혼합 급전 광대역 이중공진 이중편파 2x2 배열 안테나의 반사손실과 격리 특성 (시뮬레이션). (a) 반사손실, (b) 격리특성

Fig. 5. Return loss and coupling of the WDFDP 2x2 array antenna fed by both microstrip line and via-hole (simulation). (a) Return loss, (b) Coupling.

안테나와 2×2 배열 안테나를 12.50 GHz와 14.25 GHz에서 광대역으로 동작하도록 설계 및 제작하여 측정을 통해 특성을 고찰하고자 한다. 아래 기판은 유전율이 2.2, loss tangent가 0.001, 두께 0.7874 mm 인 기판을 이용하였고, 중간층에는 광대역 특성을 얻기 위하여 두께가 1 mm인 공기층을 두었으며, 위 기판은 유전율이 3.0, loss tangent가 0.001, 두께 0.508 mm인 기판을 이용하여 안테나를 설계 및 제작하였다.

그림 6에 12.50 GHz와 14.25 GHz에서 동작하도록 최적화 과정을 통해 표 1과 같이 설계한 마이크로스

트립 선로와 via-hole 혼합급전 광대역 이중공진 이중편파 단일소자 안테나의 측정된 주파수 응답 특성을 보이고 있다. 측정된 공진 주파수는 각각 12.304 GHz 및 14.644 GHz를 나타냈으며, 이때의 대역폭 특성은 각각 반사손실 -15 dB를 기준으로 9.02 %와 12.42 %로써 광대역의 특성을 나타냈다. 또한 두 포트간의 격리특성의 경우 각 공진 주파수에서 -17 dB 이하의 값을 나타냈다.

그림 7에는 표 2와 같이 설계되어진 광대역 이중공진 이중편파 2×2 배열 안테나의 layout을 보이고 있다.

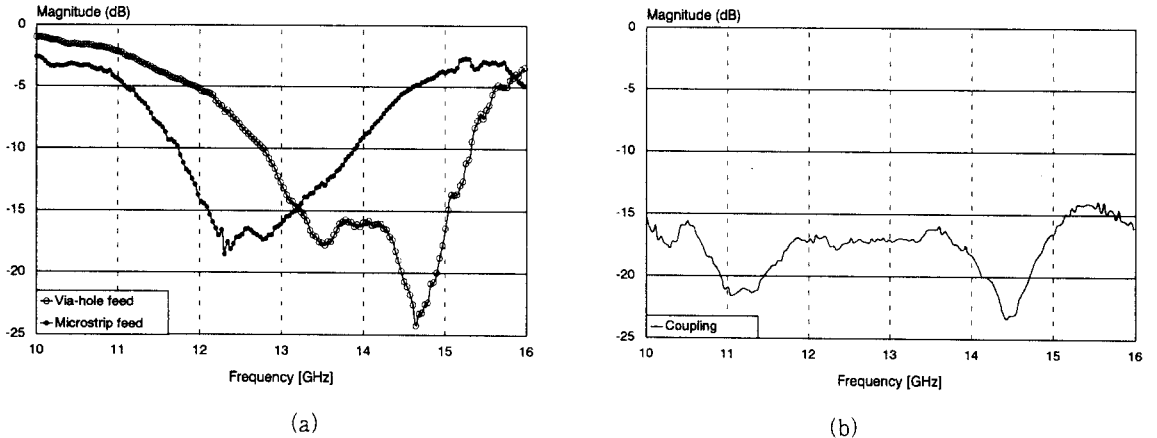


그림 6. 마이크로스트립 선로와 via-hole 혼합 급전 이중공진 안테나의 반사손실과 격리특성  
(a) 반사손실, (b) 격리특성

Fig. 6. Return loss and coupling of the WDFDP single element antenna fed by both microstrip line and via-hole. (a) Return loss, (b) Coupling.

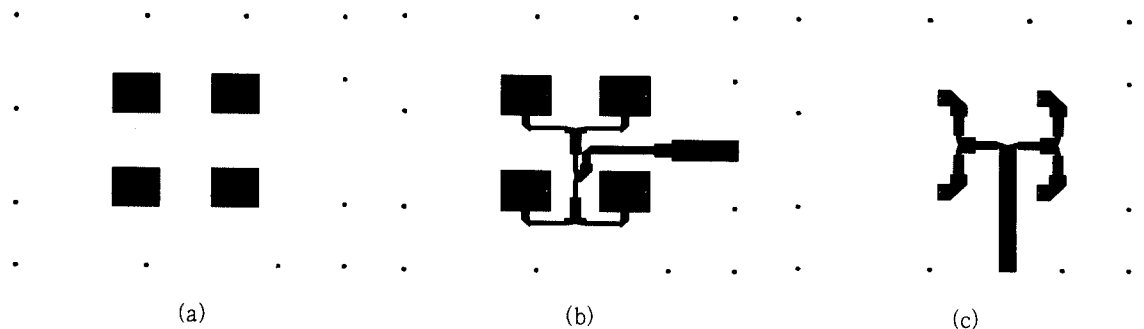


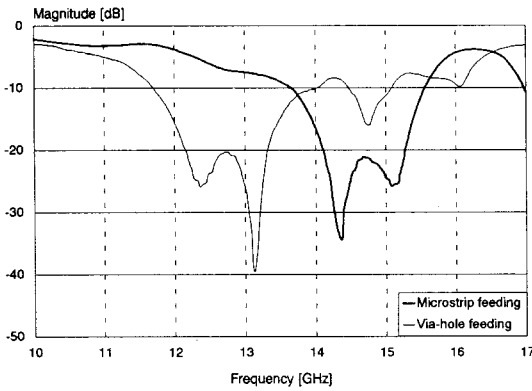
그림 7. 마이크로스트립 선로와 via-hole 혼합급전 광대역 이중공진 이중편파 2×2 배열 안테나의 layout  
(a) 적층 패치, (b) 마이크로스트립 급전부, (c) via-hole 급전부

Fig. 7. Layout of the WDFDP 2×2 array antenna fed by both microstrip line and via-hole.  
(a) Stack element, (b) Microstrip feeding part, (c) Via-hole feeding part.

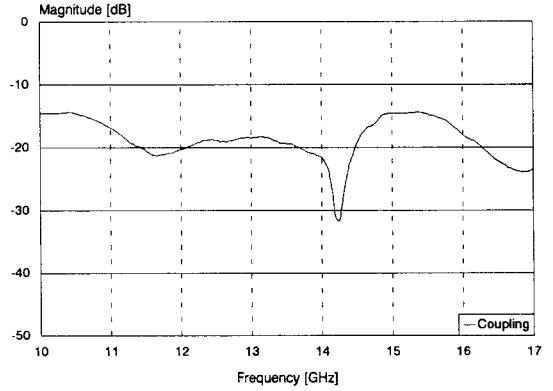
그림 8에는 설계된 2×2 배열 안테나의 반사손실과 포트간 격리특성의 측정치를 보이고 있다. 측정된 공진 주파수는 각각 12.73 GHz 및 14.67 GHz를 나타내었으며, 대역폭의 경우 반사손실 -15 dB를 기준으로 각각 11.18 %와 9.95 %를 나타내었다. 또한 두 급전선 간의 격리특성은 각 공진 주파수에서 -18 dB와 -14.5 dB를 나타냈다. 마이크로스트립

급전과 via-hole 급전에서 중심주파수의 오차가 발생한 이유는 제작시 적층구조를 정확하게 맞추지 못했기 때문이라고 생각된다.

그림 9에는 송신부(마이크로스트립 선로 급전부)로 동작하는 안테나의 방사패턴을 보이고 있다. 방사패턴은 Orbit사의 FR959 antenna measurement system을 이용하여 측정하였으며, 측정된 빔폭은



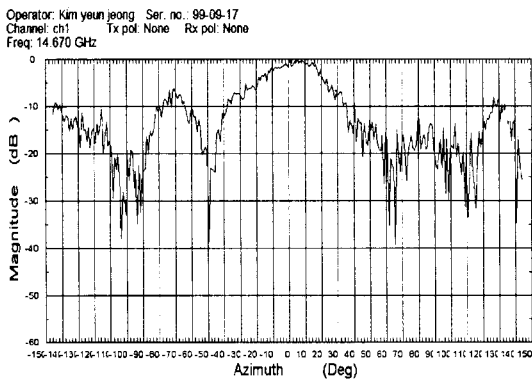
(a)



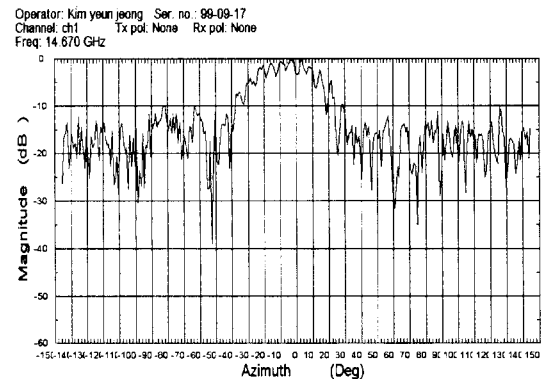
(b)

그림 8. 마이크로스트립 선로와 via-hole 혼합급전 광대역 이중공진 이중편파 2×2 배열 안테나의 반사손실 및 격리특성. (a) 반사손실, (b) 격리특성

Fig. 8. Return loss and coupling of the WDFDP 2×2 array antenna fed by both microstrip line and via-hole. (a) Return loss, (b) Coupling.



(a)



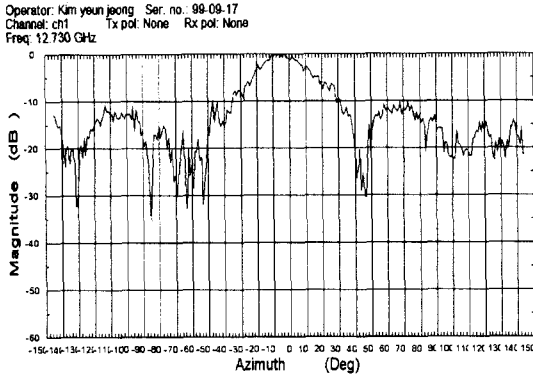
(b)

그림 9. 광대역 이중공진 이중편파 2×2 배열 안테나의 마이크로스트립 선로 급전부 E-plane과 H-plane의 방사패턴(14.67 GHz). (a) E-plane 동일편파, (b) H-plane 동일편파

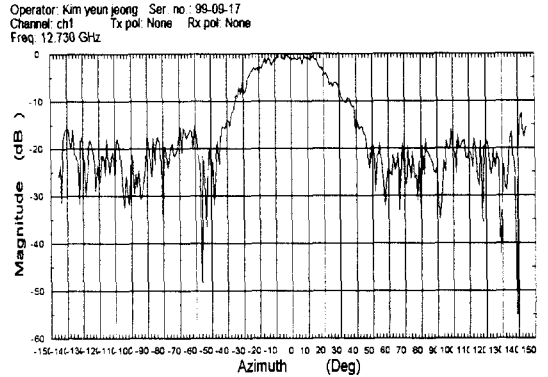
Fig. 9. E-plane and H-plane radiation patterns of microstrip feed line part of the WDFDP 2×2 array antenna fed by both microstrip line and via-hole (14.67 GHz). (a) E-plane co-polarization, (b) H-plane co-polarization.

E-plane과 H-plane에서 모두 30°를 나타냈으며, 사이드로브 레벨은 E-plane과 H-plane에서 각각 -8 dB와 -10 dB 이하의 값을 나타냈다. 또한 교차 편파는 E-plane과 H-plane에서 각각 -20 dB 이하의 값을 나타냈다.

그림 10에는 수신부(via-hole 급전부)로 동작하는 안테나의 동일편파 방사패턴을 보이고 있다. 빔폭은 E-plane과 H-plane에서 각각 20°와 30°의 값을 나타냈으며, 사이드로브 레벨은 E-plane과 H-plane에서 각각 -12 dB, -18 dB 이하의 값을 나타냈다. 또



(a)



(b)

그림 10. 광대역 이중공진 이중편파 2×2 배열 안테나의 via-hole 급전부 E-plane과 H-plane의 방사패턴 (12.73 GHz). (a) E-plane 동일편파, (b) H-plane 동일편파

Fig. 10. E-plane and H-plane radiation patterns of via-hole feeding part of the WDFDP 2×2 array antenna fed by both microstrip line and via-hole (12.73 GHz).

(a) E-plane co-polarization, (b) H-plane co-polarization

표 3 마이크로스트립 선로와 via-hole 혼합급전 광대역 이중공진 이중편파 2×2 배열 안테나의 방사패턴 결과치  
Table 3. Radiation pattern results of the WDFDP 2×2 array antenna fed by both microstrip line and via-hole.

		Frequency (GHz)	3dB Beamwidth (°)	Cross-polarization level (dB)
Via-hole feed	E-plane	11.98	32	-19
	H-plane		30	-19
	E-plane	12.73	20	-20
	H-plane		30	-20
	E-plane	13.48	25	-18
	H-plane		29	-18
Microstrip feed	E-plane	13.93	25	-19
	H-plane		23	-17
	E-plane	14.67	30	-20
	H-plane		30	-20
	E-plane	15.39	22	-20
	H-plane		18	-17

한 교차편파는 E-plane과 H-plane에서 각각 -20 dB 이하의 값을 나타냈다. 방사패턴의 결과가 매끄럽지 못하고 사이드로브 레벨이 증가한 이유는 측정 환경이 무반사실이 아니라 일반 실내환경에서 다중 반사에 의한 영향 때문이다. 표 3에는 마이크로스트립 급전부와 via-hole 급전부 각각의 임피던스 대역폭 내에서의 방사패턴 특성을 보이고 있으며, 임피던스 대역폭 내에서 좋은 패턴 대역폭 특성을 얻었다.

### V. 결 론

본 논문에서는 위성통신 송수신 겸용을 위한 안테나 소자를 연구하기 위해서 협대역의 마이크로스트립 특성을 광대역화 하기 위해서 적층구조의 마이크로스트립 패치 안테나의 특성을 알아보았으며, 기존의 단일 급전 방식의 문제점인 송수신 신호의 분리 및 단일편파 특성과 이중급전 구조의 문제점인 공간상의 문제 및 부피증대 문제를 해결한 마이크로스트립 선로와 via-hole을 혼합 이용한 급전구조를 이용하여 적층구조의 광대역 이중공진 이중편파 2×2 배열 안테나를 제작하여 결과를 고찰하였다. 광대역 이중공진 안테나의 아래 패치와 위 패치의 폭과 길이는 각각의 서로 다른 주파수에서 동작하는 단일 공진 안테나의 길이가 되도록 하였고, 안테나 설계시 상대 급전선에 의한 안테나의 입력 어드미턴스의 변화를 최소화 되도록 설계를 하였다. 제작한 광대역 이중공진 이중편파 2×2 배열 안테나의 측정 결과를 살펴보면 중심주파수는 12.73 GHz와 14.67 GHz를 나타냈으며, 각각의 대역에서 11.78 %와 9.95 %의 광대역의 대역폭 특성을 얻었고, 두 대역에서 격리도는 각각 -18 dB와 -14.5 dB의 값을 나타내었다. 또한 두 급전부에서 안테나의 방사특성도 좋은 특성을 얻었다. 본 연구는 단말기의 소형화에 효과적으로 이용될 수 있으며, 하나의 단말기를 가지

고 복수의 서비스를 이용할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] S. A. Long and W. D. Walton, "A dual frequency stacked circular disc antennas," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 27, pp. 270-273, 1979.
- [2] J. S. Dahele, K. F. Lee and D. P. Wong, "Dual frequency stacked annular-ring microstrip antenna," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 35, no. 11, pp. 1281-1285, Nov., 1987.
- [3] S. S. Zhong and Y. T. Lo, "Single-element rectangular microstrip antenna for dual-frequency operation," *Electron. Lett.*, vol. 19, pp. 298-300, 1983.
- [4] S. E. Davidson, S. A. Long and W. F. Richards, "Dual-band microstrip antennas with monolithic reactive loading," *Electron. Lett.*, vol. 21, pp. 936-937, 1985.
- [5] H. R. Hassani and D. Mirshekar-Syahkal, "Study of electromagnetically coupled stacked rectangular patch antennas," *IEE Proc.*, Pt. H, vol. 142, no. 1, pp. 7-13, Feb., 1995.
- [6] Y. J. Kim, W. S. Yun and Y. J. Yoon, "Dual-frequency and dual-polarisation wideband microstrip antenna," *Electron. Lett.*, vol. 35, no. 17, pp. 1399-1400, Aug., 1999.
- [7] M. Edimo, K. Mahdjoubi, A. Sharaiha and C. Terret, "Simple circuit model for coax-fed stacked rectangular microstrip patch antenna," *IEE Proc.*, Pt. H, vol. 145, no. 3, pp. 268-272, 1998.



김 연 정



1998년 2월: 경북대학교 전자·전기공학부(공학사)  
1998년 3월~현재: 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 대학원 석사과정  
[주 관심분야] RF소자설계 및 안테나설계

김 정 일



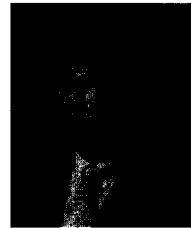
1999년 2월: 연세대학교 전파공학과(공학사)  
1999년 3월~현재: 연세대학교 전기·컴퓨터공학과(공학석사)  
[주 관심분야] 안테나 및 RF소자설계

권 세 응



1999년 2월: 연세대학교 전파공학과(공학사)  
1999년 3월~현재: 연세대학교 전기·컴퓨터공학과(공학석사)  
[주 관심분야] 안테나 및 RF소자설계

윤 영 중



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과(공학사)  
1986년 9월: 연세대학교 전자공학과(공학석사)  
1991년 12월: Georgia Institute of Technology, Ph. D.  
1992년 3월~1993년 2월: 한국전자통신연구원 위성통신기술연구단 선임연구원  
현재: 연세대학교 전기·컴퓨터공학과 부교수  
[주 관심분야] 안테나, 전파전파, RF소자설계

윤 완 석



1998년 2월: 연세대학교 전파공학과(공학사)  
1998년 9월~현재: 연세대학교 전기·컴퓨터공학과(공학석사)  
[주 관심분야] 안테나 및 RF소자설계