

평판형 안테나 급전구조를 이용한 원형편파용 도파관 배열안테나 설계

Ka-band Microstrip Antenna Fed Circular Polarized Horn Array Antenna Design

정 영 배**

Jung Young-Bae**

Abstract

This paper presents the novel design of circular polarized Ka-band horn array antenna. The element antenna of the array is composed of two parts, microstrip patch and square horn, and the microstrip patch is fed by corner truncated microstrip patch for circular polarization. The patch antenna has the role of a feeder and polarizer of the horn, thus the whole size of the horn antennae can be considerably reduced. The 1×8 horn array was designed and fabricated by the spacing of $0.9\lambda_0$ among the element horn. The element horn has typical gain of 8dBi and axial-ratio bandwidth of 4.9% at 3dB, and the minimum gain and axial-ratio bandwidth of the array is 14dBi and 8.2%.

요 약

본 논문에서는 새로운 Ka-대역 혼 배열안테나를 제안한다. 제안된 배열구조의 소자안테나는 평판형 마이크로스트립 안테나와 사각형 혼의 두 개 부분으로 구성되며, 평판형 안테나는 원형편파를 위한 모서리가 절단된 평판형 패치구조를 갖는다. 이러한 평판형 패치안테나는 혼에 신호전력을 여기시키기 위한 급전부와 급전된 신호전력을 원형편파로 바꾸는 일종의 편파기 역할을 수행함으로써 도파관 안테나의 크기를 소형화 할 수 있다는 장점을 갖는다. 제안된 혼 안테나 구조를 이용하여, $0.9\lambda_0$ 의 배열간격을 갖는 1×8 배열안테나를 설계 및 제작하였다. 제작된 단일 혼 안테나는 8dBi의 이득과 3dB 기준으로 4.9%의 축비대역폭을 가지며, 1×8 배열안테나는 14dBi의 이득과 8.2%의 축비대역폭을 갖는다.

Key Word: Waveguide, Polarizer, Horn antenna, Horn array antenna, Ka-band

1. 서론

* Dept. of Electronics and Control Engineering,
Hanbat National University

(ybjung@hanbat.ac.kr, 042-821-1136)

★ Corresponding author

※ This research was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (2011-0013213)

Manuscript received May 27, 2013; revised June 3, 2013; accepted June 04, 2013

다양한 멀티미디어 서비스와 대용량 초고속 통신서비스에 대한 수요가 날로 증가함에 따라, 육상통신 이외에 위성을 이용한 다양한 이동형 멀티미디어 서비스에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 위성통신 서비스는 고정형 통신인프라를 구축하지 않고도 위성의 넓은 서비스 영역에 통신서비스를 제공할 수 있으며, 이로 인하여, 차량, 선박 및 항공기 등의 교통수단에서도 운행 중 통신서비스를 손쉽게 제공할 수 있다는 장점을 갖는다.

그러나, 최근의 통신위성은 밀리미터파(mm-wave) 대역의 높은 주파에서 다양한 편파특성을 이용하여 운용되고 있으며, 이는 해당 운용대역에서 육상의 교통수단에 손쉽게 설치할 수 있는 고효율

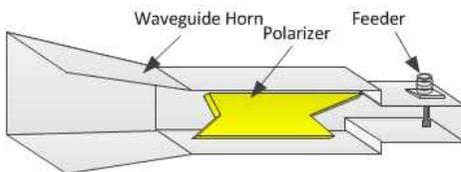
의 소형화된 안테나가 필수적으로 요구된다. 따라서, 고주파대역에서 높은 효율 특성과 소형화된 편파기 구조를 갖는 도파관안테나에 대한 연구가 더욱 절실한 실정에 있다.

일반적인 원형편파용 혼 안테나의 경우, 혼 안테나로 전력을 전달하는 급전기를 포함하여, 원형편파를 발생시키는 원형편파기 및 혼 안테나 등의 복잡한 구조를 갖는다[1-5]. 이러한 구조적인 복잡함으로 인하여, 기존의 원형편파용 혼 안테나는 각 부분의 설계와 제작 상의 어려움이 따랐으며, 이는 제작단계와 크기를 증가시키는 주요한 요인으로 작용하였다.

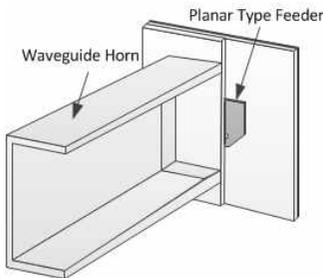
본 논문에서는 앞서 서술한 기존의 원형편파용 도파관안테나의 단점을 극복하기 위하여, 평판형 방사소자를 이용하여 혼 안테나에 신호전력을 급전하는 급전부의 역할과 원형편파를 유발하는 원형편파기의 역할을 대체함으로써, 복잡하고 제작이 어려운 기존의 도파관 원형편파기와 급전부를 구조적으로 단순화하고 소형화하도록 하였다.

II. 소자용 혼 안테나

(그림 1)의 (a)는 사각형 개구면을 갖는 기존의 원형편파용 도파관 혼 안테나의 일 예 구조도이다. 본 구조에서는, 혼 안테나로 전력을 전달하는 급전기를 포함하여, 원형편파를 발생시키는 원형편파기와



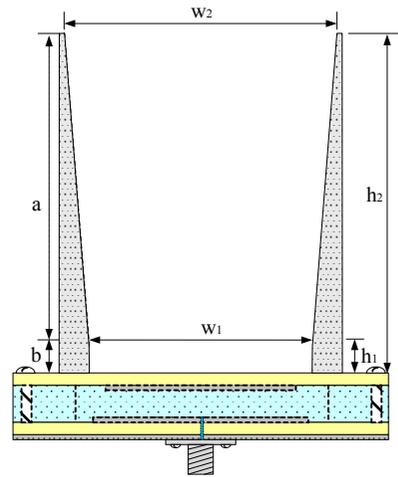
(a) 기존구조



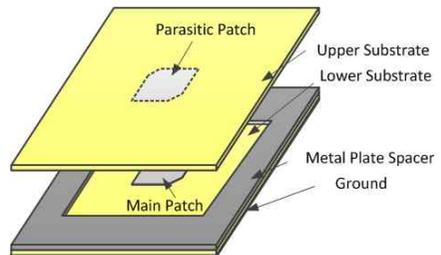
(b) 제안구조

그림 1. 기존의 구조와 제안된 구조의 형상비교
Fig. 1. Structural Comparison between the conventional and the proposed antenna

도파관 혼의 세 가지 부분으로 구성되어 있다. 여기서, 편파기와 급전기의 구조는 다를 수 있으나 기존의 원형편파용 혼 안테나는 이렇듯 편파기와 급전기 구조를 개별적으로 구비하고, 해당 부분이 갖는 물리적인 크기에 의하여 전체적인 혼 안테나가 커지고 제작 상의 어려움이 따랐다. 이러한 단점을 극복하기 위한 제안된 혼 안테나의 구조는 (그림 1)의 (b)에 제시하였다. 그림에 도식된 바와 같이, 제안된 구조는 도파관 혼과 평판형 급전기로 이루어져 있으며, 평판형 급전기는 그라운드 후면에 연결된 커넥터를 통하여 신호전력을 도파관 내부에 여기하도록 되어 있다. 평판형 안테나는 다양한 형태로 손쉽게 설계 및 제작이 가능하여, 혼 안테나의 편파특성을 자유롭게 변경할 수 있으며, 본 논문에서는 모서리가 절단된 사각형 원형편파용 패키지구조로 설계함으로써 혼 안테나가 좌원편파(Left-handed circular polarization) 특성을



(a) 전체구조



(b) 평판형 급전기 구조

그림 2. 제안된 혼 안테나의 구조
Fig. 2. Proposed element horn antenna structure

표 1. 도파관 혼 소자안테나의 시뮬레이션 결과

Table 1. Simulation result for waveguide element horn design

주요 설계파라미터에 따른 안테나 성능 변화								
h ₁ =2.5mm일 때, 도파관 혼의 입력부 내경(w ₁)			w ₁ =7.5mm일 때, 도파관 혼의 입력부 길이(h ₁)			h ₁ =2.5mm, w ₁ =7.5mm일 때, 도파관 혼의 중단부 길이(h ₂)		
w ₁ [mm]	이득[dBi]	축비[dB]	h ₁ [mm]	이득[dBi]	축비[dB]	h ₂ [mm]	이득[dBi]	축비[dB]
6.5	7.2	2.6	1.5	7.0	1.1	5	8.8	1.8.
7.0	7.5	1.6	2.0	7.5	1.0	10	9.1	1.0
7.5	7.8	1.0	2.5	7.8	1.0	15	9.3	1.6
8.0	7.8	0.9	3.0	7.3	1.3	20	9.3	1.1
8.4	7.8	0.9	3.5	6.9	1.5	25	9.3	1.5

표 2. 도파관 혼 안테나의 시뮬레이션과 측정결과 비교

Table 2. Comparison between simulation and measured results

주요성능	혼 소자안테나		혼 배열안테나	
	시뮬레이션	측정결과	시뮬레이션	측정결과
임피던스 대역폭 [%]	13.0	14.0	15.0	18.0
축비 대역폭 [%]	3.3	4.9	5.1	8.3
안테나 이득 [dBi]	9.3	8.4	15.2	12.8
E-축 빔폭 [°]	46.0	46.0	2.6	2.6
부엽레벨 [dB]	-	-	13.4	12.7

갓도록 하였다.

제안된 혼 안테나의 세부구조는 (그림 2)에 나타나 있다. (그림 2)의 (a)는 전체구조의 측면도를 보여 주고 있으며, 도파관 혼의 하부에 위치한 평판형 급전기의 세부구조는 (b)에 도식되어 있다. 제안된 혼 안테나에 적용된 평판형 급전기는 금속판을 포함하는 적층형 마이크로스트립 안테나 구조를 갖는다. 우선, RF 커넥터를 통하여 급전되는 방사 패치안테나(main patch)와 방사 패치안테나의 상단 적층된 기생 패치안테나(parasitic patch)의 사이에 일정한 크기의 사각형 개구면(aperture)을 갖는 금속판(metal plate spacer)이 삽입되어 있다. 삽입된 금속판의 개구면 크기는 방사 패치안테나의 전기적 특성에 영향을 미치지 않는 수준으로 안테나로부터 이격하여 설계하였다. 이러한 금속판을 적층형 마이크로스트립 안테나에 삽입함으로써, 금속판의 두께만큼 공기층을 형성하여, 안테나의 이득과 주파수대역 특성을 개선하는 효과를 도모할 수 있다. 또한, 상층기판(upper substrate)과 하층기판(lower substrate) 사이를 단순히 공기층이 이격시키는 일반적인 적층구조에 비하여 구조적으로 견고하며, 공기층을 통하여 신호전력이 유출되는 현상을 방지할 수 있다는 장점을 갖는다. 특히, 본 구조를 이용하여 배열안테나를 구현하는 경우, 소자 안테나 간에 발생하는 상호간섭을 최소화함으로써 안테나의 전기적 특성을 최적화 할 수 있다. 평판형 급전기는 Rogers사의 RT Duroid 5880

(er=2.2, t=0.254mm)을 이용하여 30.5GHz에서 설계하였다. 금속판의 두께는 0.5mm이며 개구면은 크기는 8mm×8mm이다. 시뮬레이션 결과 급전기 안테나의 이득은 7.0dBi이며, 약 2.5%의 축비대역폭을 갖는다.

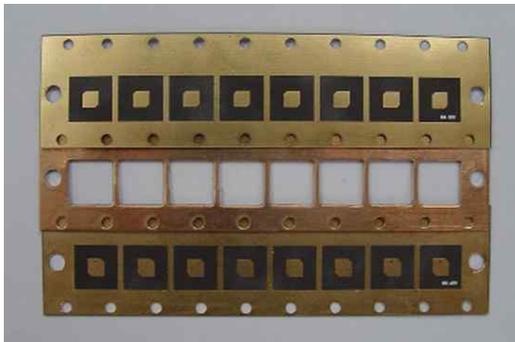
(그림 2)의 (a)에 도식된 도파관 혼은 다시 내경의 크기가 일정한 입력부 도파관(그림에서 'b'로 표기)과 입력부 도파관에 연결되어 내경의 크기가 점차 넓어지는 중단부(그림에서 'a'로 표기)로 나뉘어질 수 있다. 도파관 혼 설계에 있어서, 먼저 입력부 도파관의 내경(w₁)을 평판형 급전기에 삽입된 금속판의 개구면 크기와 동일하게 설정하여 최적의 길이를 결정하였다. 시뮬레이션을 통하여 결정된 최적의 길이(h₁)는 2.5mm이며, 이때, 도파관 내경의 크기(w₁)에 따른 성능변화를 확인한 바, 내경의 크기가 커질수록 금속판이 적층구조의 평판형 안테나에 미치는 전기적 영향이 최소화됨으로써 이득과 편파특성이 점차 개선됨을 확인하였다. 또한, 도파관 혼의 중단부 설계에 있어서, 도파관의 길이(h₂)는 혼 안테나의 성능이 최적화되는 20mm로 결정되었다. 이때, 도파관 혼의 중단부 내경의 크기(w₂)는 배열안테나 설계를 위한 소자 간의 간격에 따라 8.4mm로 결정하였다. 도파관 혼의 최적성능을 위한 시뮬레이션 결과는 (표 1)에 정리하였으며, 제작된 단일 혼 안테나의 성능은 8.4dBi의 이득과 4.9%의 축비대역 및 14.0%의 10dB 기준의 임피던스 대역폭을 보였다.

III. 1×8 혼 배열 안테나

제안된 혼 안테나 구조를 적용한 1×8 배열안테나를 설계하였다. 배열안테나의 소자 간의 간격은 0.88mm이며, 평판형 급전기의 개별 적층부와 도파관 혼은 제작의 편의를 위하여 일체형으로 제작하였다. 제작된 혼 배열안테나의 실물은 (그림 3)과 같다. 이 중, 도파관 혼은 방진 및 와이어 커팅(wire cutting) 기법을 통하여 정밀하게 제작하였으며, 혼 개구면 사이의 격벽의 두께는 0.4mm로 최소화함으로써 도파관 혼의 중단에서 발생할 수 있는 신호의 반사 및 회절 현상을 최소화하였다.



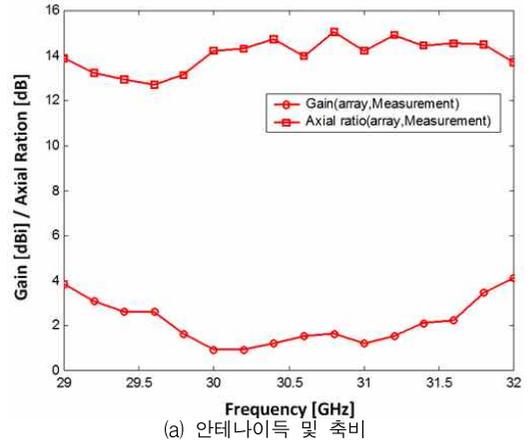
(a) 도파관 혼



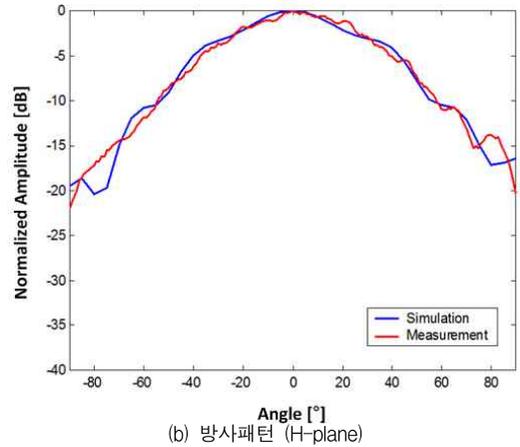
(b) 평판형 급전기

그림 3. 1×8 혼 배열안테나 시제품
Fig. 3. Fabricated 1×8 horn array antenna

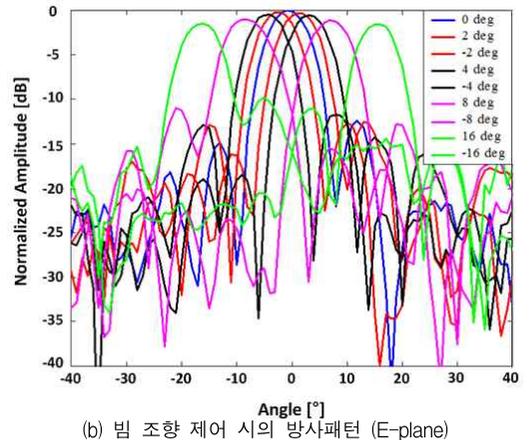
제작된 혼 배열안테나의 측정결과는 (그림 4)에 도식되어 있다. 결과에 나타난 바와 같이, 혼 배열안테나의 3dB 축비대역은 29.2GHz~31.7GHz로 약 8.3%이 축비대역폭을 보였으며, 축비대역 내에서의 최소 이득은 12.8dBi이며, 최대이득은 15.1dBi로 나타났다. 또한, (그림 3)의 혼 안테나를 기준으로 수직



(a) 안테나이득 및 축비



(b) 방사패턴 (H-plane)



(b) 빔 조향 제어 시의 방사패턴 (E-plane)

그림 4. 1×8 혼 배열안테나 측정결과
Fig. 4. Measured results of 1×8 horn array antenna

방향으로 측정된 H-축(H-plane) 빔폭은 약 51° 이며, E-축 빔폭은 2.6° 이다. 특히, (그림 4)의 (c)에는 도파관 배열안테나의 빔 조향 제어시의 방사패턴 결과를 도식하고 있다. 본 결과는 8개의 개별소자에 위상 천이기를 포함한 능동채널을 연결하여 입력되는 신호의 위상을 제어함으로써 수행하였다. 도식된 바와 같이, E-축 방향의 0° 에서 최대 이득을 얻었으며, $+20^\circ$ 와 -20° 에서 약 1.8dB정도의 이득저하가 확인되었다. 축비특성은 0° 에서 12.7dB이며, -20° 에서 10.4dB 정도를 나타내었다. 제시된 모든 결과는 Orbit사의 근접전계 측정장치로 측정되었다.

IV. 결론

본 논문에서는 밀리미터파 이상의 고주파 대역에서 사용할 수 있는 구조가 단순하며 제작이 용이한 새로운 평판형 안테나 급전구조를 이용한 원형편파용 혼 안테나를 제시하였다. 본 안테나는 기존의 원형편파용 혼 안테나에서 복잡한 급전기 및 편파기를 대체할 수 있도록 일반적으로 널리 사용되고 있는 적층형 마이크로스트립 안테나를 사용하였다. 급전기로 사용된 적층형 마이크로스트립 안테나는 방사패치의 형태에 따라 자유롭게 원하는 편파특성을 구현할 수 있으며, 커넥터를 통하여 쉽게 급전이 가능함으로써 제작이 용이하며 크기를 소형화할 수 있다는 장점을 갖는다. 또한, 급전기가 평판형 마이크로스트립 구조가 됨으로써 배열안테나 설계에 용이하여 다양한 고주파용 배열안테나에 널리 적용할 수 있다.

References

- [1] X. Zhang, "Design of Conical Corrugated Feed Horns for Wide-Band High-Frequency Applications," *IEEE Trans. on Microwave and Techniques*, vol. 41, no. 8, pp. 1263 - 1274, Aug., 1993
- [2] Y. Liu, F. Li, X. Li and H. He "Design and Optimization of Wide and Dual Band Waveguide Polarizer," *Global Symposium on Millimeter Waves*, pp. 384-386, April 2008
- [3] M. Sironen, Y. Qian and T. Itoh, "A 60 GHz conical horn antenna excited with quasi-Yagi antenna," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, Vol. 1, pp. 547-550, May. 2001

- [4] A. Abdel Rahman, A.K.Verma and A.S.Ormar, "High Gain Wideband Compact Microstrip Antenna with Quasi-Planner Surface Mount Horn," *IEEE MTT-S International Microwave Symposium*. vol. 3, pp. 1721-1724, June 2003
- [5] Y. B. Jung, S. Y. Eom, S. I. Jeon and S. O. Park, "Dual-band and dual-polarized horn antenna including conical helix," *Electronics Letters*, vo.43, no.8, pp. 432-434. April 2007

BIOGRAPHY

Jung Young-Bae (Member)



1998: BS degree in Radio Science and Engineering, KwangWoon University.

2001: MS degree in Information and Communication Engineering, KAIST

2009: Ph.D degree in Information and Communication Engineering, KAIST

2001.02~2011.02 : Senior researcher, ETRI

2011~Present : Assistant professor, Hanbat National University