



## An Omnidirectional High Gain Antenna for UHF Band Ground Station

Ki-Hyoung Bae<sup>1</sup>, Min-Soo Chang<sup>1</sup>, Jae-Woo Joo<sup>2</sup>, Chan-Ho Hwang<sup>2</sup>, Ki-Pyo Hong<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Satellite-Datalink Team, Hanwha Systems*

<sup>2</sup>*Agency for Defence Development*

<sup>3</sup>*Antenna Team, Mutronics, Inc.*

### ABSTRACT

In this paper, we designed, fabricated and tested an UHF band cylindrical dipole array antenna. In the proposed antenna, cylindrical dipoles were vertically arranged in four stages. A parallel structure feeding circuit was installed inside the cylindrical dipole and mounted so as to be broadband matching. The feeding circuit was installed at the center of the cylindrical dipole to optimize the gain flatness characteristic of the azimuth direction omnidirectional radiation pattern. Minimizing the difference between the signals branched from the feeding circuit and realizing the symmetry of the radiation pattern. The required specifications are more than 11.2% bandwidth in UHF band, above 6dBi antenna gain, standing wave ratio of 2:1 or less, less than  $\pm 1$ dB gain flatness in azimuth radiation pattern, more than 13 degrees in elevation radiation pattern of 3dB beamwidth. We confirmed the possibility of implementation through M&S and verified the result of M&S through production and testing. The test results are 11.2% bandwidth in the UHF band, 6.30 to 8.31 dBi gain, 1.53:1 standing wave ratio or less, within  $\pm 0.2$  dB gain flatness in the azimuth radiation pattern, elevation radiation pattern of 3dB beam width was 15.62 to 15.84 degrees. The test result meets all requirements specifications.

© 2017 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS:** Datalink, Ground station antenna, Dipole array, Broad band, High gain, Omni-directional, Parallel structure feeding circuit

**ARTICLE INFO:** Received 19 July 2017, Revised 10 August 2017, Accepted 11 August 2017.

\*Corresponding author is with the Satellite-Datalink Team, Hanwha Systems, 188 Pangyoeyeok-ro, Bundang-gu, Seongnam, 13524, KOREA.

*E-mail address:* kihyoung.bae@hanwha.com

## 1. 서론

무인기는 과거 항공표적, 무인정찰, 감시 등 주로 군사적인 목적으로 이용되었으며, 최근에는 기술발전이 힘입어 민간용으로도 확대되고 있다. 무인기의 운용을 위해서는 신뢰성을 확보한 데이터링크 시스템이 반드시 필요하며, 군용 무인기는 T/CDL(Tactical/ Common Data Link) 혹은 자체적인 데이터링크 장비를 개발하여 무인기에 적용 및 운용하고 있다[1],[2].

무인기가 다양한 용도로 사용되어지고, 운용범위가 확대됨에 따라 원거리 통신 및 대용량 데이터 통신이 필요하며[3], 무인기의 수요에 따라 다양한 주파수 대역의 할당 및 표준화를 위한 다양한 연구가 진행되고 있다[4],[5],[6]. 이러한 요구에 따라 고이득 안테나가 필요하게 된다[7],[8].

무인기와 지상의 데이터링크 통신을 위해서는 무인기와 지상에 각각 설치되는 탑재 안테나와 지상 안테나가 필요하다.

탑재 안테나가 UHF대역에서 방위각 방향으로 무지향 방사패턴을 갖는 이득 -1dBi 블레이드 안테나를 사용하는 경우, 지상 안테나는 UHF대역에서 방위각 방향 무지향 방사패턴과 원거리 통신을 위한 고이득 안테나가 필요하다.

본 논문에서는 UHF대역에서 사용 가능한 데이터링크 통신용 지상 안테나를 제안한다. 지상 안테나는 고이득, 방위각 방향 무지향 방사패턴, 광대역 특성을 갖도록 설계한다[9]. 방위각 방향 무지향 방사패턴 구현을 위해 방사체로 원통형 다이폴 안테나를 적용하고, 방사체를 수직으로 배열하여 고이득을 구현한다. 방사체는 수직으로 4단 배열하고, 수직으로 배열한 방사체 각각에 신호를 인가하기 위한 급전회로를 적용한다[10],[11],[12]. 급전회로는 방위각 방향 무지향 방사패턴을 고려하여 방사체 중심에 위치하고, 광대역 특성 구현을 위해

병렬급전회로를 적용한다. 수직으로 4단 배열한 방사체 각각에는 동일 위상 및 크기의 신호를 인가하여 배열 안테나의 법선 방향에서 최대이득을 얻을 수 있도록 방사패턴을 최적화한다[13].

UHF대역에서 기 운용되고 있는 안테나는 주로 방사체와 직렬급전회로로 구성된다. 직렬급전회로는 협대역 안테나 설계에 주로 사용되며, 구조가 병렬급전회로 대비 간단하고 제작이 용이하여 널리 사용되고 있다. 기 사용되고 있는 UHF대역 안테나의 경우 대역폭 5% 이내로 직렬급전회로를 사용한다[14]. 광대역 안테나 설계를 위해서는 광대역 급전회로와 방사체로 분기되는 신호의 위상과 크기 차이를 최소화 할 수 있는 병렬급전회로가 필요하다. 본 논문에서는 방사체 중심에 병렬급전회로를 적용하여 대역폭 11.2%의 광대역, 6dBi 이상의 고이득과 상하, 좌우 대칭의 이상적인 방사패턴 설계에 중점을 두어 개발하고자 한다.

## 2. 안테나 설계 및 시험결과

제안하는 안테나 규격은 2.1절에 나타내었으며, 규격을 충족하기 위한 형상 및 구조를 설계하였다.

### 2.1 안테나 규격

표 1. 안테나 규격  
Table 1. Antenna Specifications

항목	세부사항	
주파수	UHF대역	
대역폭(%)	11.2	
이득(dBi)	6 이상	
편파	수직	
방사패턴 지향특성	방위각 지향특성	무지향 (이득편탄도 ±1dB 이내)
	고각 3dB 빔폭(°)	13 이상
정재파비	2:1 이하	
크기(mm)	Φ120×2,400 이하	
무게(kg)	8.5 이하	

안테나의 규격은 <표 1>에 나타내었다. UHF대역에서 대역폭 11.2% 이상, 이득 6dBi 이상의 고이득 무지향 안테나 개발을 목표로 한다.

### 2.2 제안하는 안테나 구조

제안하는 안테나는 배열 안테나로 방사체를 수직으로 배열하였다. 수직으로 배열된 단위 방사체는 반파장 다이폴 안테나를 사용하였다.

유한 다이폴 구조와 반파장 다이폴 안테나의 전류분포를 <그림 1>과 식(1)에 나타내었다[15]-17].

$$I = I_0 \cos k_0 z \tag{1}$$

단,  $z$ 은  $-\frac{\lambda_0}{4} \leq z \leq \frac{\lambda_0}{4}$ 이다.

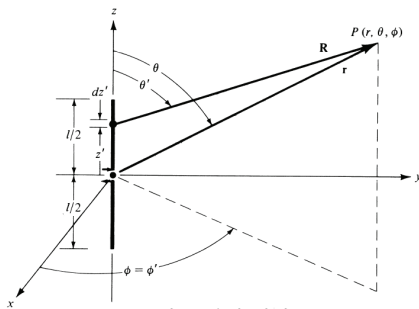


그림 1. 유한 다이폴 구조  
Figure 1. Finite dipole geometry

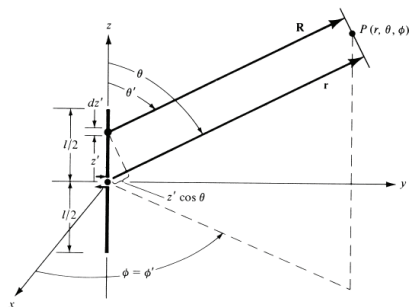


그림 2. 원거리 근사를 위한 구조 배열  
Figure 2. Geometrical arrangement for far-field approximations

유한 다이폴 구조를 원거리 근사화하기 위한 구조로 다시 배열하여 <그림 2>에 나타내었다. 위상(phase)과 진폭(amplitude)을 원거리 근사화하면 식(2)로 나타낼 수 있고, 원거리 전자계  $E_\theta$ 와  $H_\phi$ 는 식(3)과 식(4)로 표현될 수 있다.

$$R \simeq r - z' \cos \theta \quad \text{for phase term} \tag{2}$$

$$R \simeq r \quad \text{for amplitude term}$$

$$E_\theta \simeq j\eta \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[ \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right] \tag{3}$$

$$H_\phi \simeq j \frac{I_0 e^{-jkr}}{2\pi r} \left[ \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2} \cos\theta\right)}{\sin\theta} \right] \tag{4}$$

낮은 이득의 방사체를 이용하여 고이득 안테나를 구현하기 위해서는 여러 개의 방사체를 배열하여 하나의 안테나로 구성하는데 이를 배열 안테나라고 한다. 배열 안테나는 각각의 방사체에서 방사되는 전파를 합성시켜 지향특성을 갖도록 구성할 수 있고, 지향특성을 갖고자 하는 방향에 따라서 방위각, 고각, 평면 배열 등으로 구분된다.

본 논문에서는 무지향 특성의 방위각 방향 방사패턴과 지향특성의 고각 방향 방사패턴 구현을 위해 고각 방향인 수직으로 방사체를 배열하였다.

방사체를 동일 방향으로 배열한 경우 배열 안테나는 각각의 방사체 방사패턴과 배열 계수의 곱으로 나타낼 수 있고, 전계강도는 다음과 같다.

N개의 다이폴 안테나를 근접거리로 배열한 경우 원거리에서의 전계강도  $P_0$ 는 다이폴 안테나의 방사패턴  $F(\theta)$ 를 이용하여 식(5)로 나타낼 수 있고, 단위는  $V_{rms}/m$ 를 사용한다[18].

$$P_0(\theta, \phi) = F(\theta) \sum_{i=1}^N V_i e^{jkz_i - R_i} \quad (5)$$

단,  $V_i$ 는 배열된 다이폴 안테나 개개의 여기 전압이고, 다이폴 안테나 위치 벡터  $r_i$ 는 그 크기가  $r_i$ 이며, 식(6)으로 표현될 수 있다.

$$r_i = r_i [z \cos \theta_i + (x \cos \phi_i + y \sin \phi_i) \sin \theta_i] \quad (6)$$

필드 포인트 벡터(Field point vector)  $R$ 의 크기가  $R_0$ 인 경우  $R$ 은 식(7)로 나타낼 수 있다.

$$R = R_0 [z \cos \theta + (x \cos \phi + y \sin \phi) \sin \theta] \quad (7)$$

1번째 방사체의 좌표계는 <그림 3>에 나타내었다.

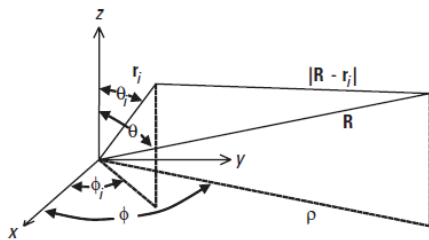


그림 3. 1번째 방사체의 좌표계  
Figure 3. Coordinate system for the *i*th radiating element

다이폴 안테나를  $z$ 축(수직 방향,  $\theta_i = 0$ )으로 배열한 경우  $|R - r_i|$ 는 식(8)로 나타낼 수 있다.

$$|R - r_i| = |z(R_0 \cos(\theta) - z_i) + \rho R_0 \sin(\theta)| \quad (8)$$

$\rho$ 는  $x$ - $y$  평면상의 단위벡터이며, 원점에서 전계의 한점에 연결되는  $R$ 의  $R_0$ 이므로 식(8)은 식(9)로 표현할 수 있고, 원거리에서는 식(10)으로 나타낼 수 있다.

$$|R - r_i| = R_0 \sqrt{1 + \left(\frac{z_i}{R_0}\right)^2 - \frac{2z_i \cos \theta}{R_0}} \quad (9)$$

$$|R - r_i| \approx |R_0 - z_i \cos \theta| \quad (10)$$

$R_0 \gg z_i$ 이고  $|R - r_i|$ 이  $R$ 과 같은 방향의  $z$ 축 방향 배열인 경우 식(11)로 표현할 수 있다.

$$P_c(\theta) = F(\theta) \sum_{i=1}^N V_i e^{jkz_i \cos(\theta)} \quad (11)$$

제안하는 안테나는 방위각 방향 무지향 방사패턴과 고각 방향 고이득의 지향성 방사패턴을 구현하기 위해 방사체를 수직으로 4단 배열하였다. 안테나는 방사체와 급전회로 등으로 구성되며, <그림 4>에 나타내었다.

급전회로를 방사체 중심에 설치하여 급전회로에 의한 방사패턴 왜곡 현상을 최소화하였으며, 방위각 방향 방사패턴 이득평탄도를 확보하였다.

다이폴 안테나를 방사체로 사용하는 수직배열 안테나의 경우 일반적으로 직렬급전회로를 널리 사용하고 있다. 직렬급전회로는 병렬급전회로 대비 구조가 간단하고 제작이 용이한 장점과 협대역 안테나 설계에 주로 사용되는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서 제안하는 안테나는 직렬급전회로보다 우수한 광대역 특성과 방사체로 분기되는 신호의 위상 및 크기 차이를 최소화하여 상하, 좌우 대칭의 방사패턴을 구현하기 위해 병렬급전회로를 적용하였다. 수직으로 4단 배열한 방사체 각각에는 동일 위상과 크기의 신호를 전달하여 방사패턴 특성을 최적화하였다. 수직으로 4단 배열된 방사체의 크기와 배열 간격은 각각  $\phi 100 \times 382 \text{mm}$ ,  $550 \text{mm}$ 이며, 안테나 전체 길이는  $2,360 \text{mm}$ 로 안테나 규격  $2,400 \text{mm}$  이하를 고려하여 구성하였다.

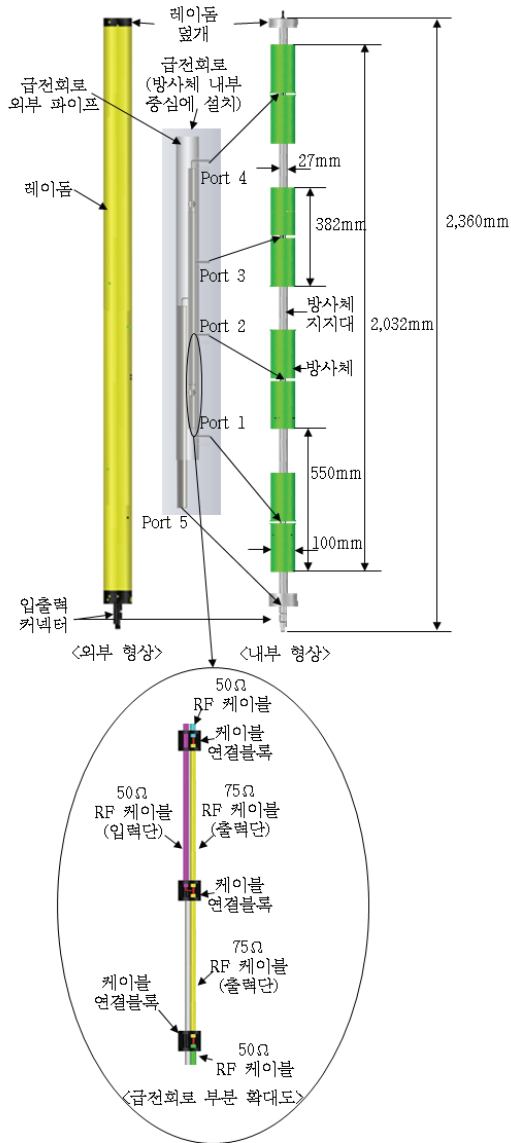


그림 4. 안테나 구성  
Figure 4. Antenna configuration

급전회로는 RF 케이블과 케이블 연결블록 그리고 급전회로를 보호하기 위한 외부 파이프로 구성되며, 방사체에는 RF 케이블로 연결된다. 급전회로는 2분기(2-Way) 전력분배기(Power divider)의 조합으로 구성된다. 전력분배기의 입력단과 2분기 출력

단에는 각각 50Ω과 75Ω의 RF 케이블을 사용하며, 입력단과 출력단이 만나는 지점과 출력단의 75Ω RF 케이블이 다시 2분기 입력단의 50Ω RF 케이블로 연결되는 부분에는 케이블 연결블록으로 조립된다. 병렬급전회로는 입출력 커넥터(Port 5)와 방사체로 연결되는 분기회로(Port 1 ~ port 4)를 갖는다.

### 2.3 M&S(Modelling and Simulation) 결과

방사체의 반사손실 M&S 결과는 <그림 5>에 나타내었다. UHF대역에서 11.2% 이상의 대역폭과 반사손실 2:1 이하를 나타내었다. <그림 5>에서  $F_L$ 과  $F_H$  사이의 대역폭은 11.2%의 대역폭을 갖는다.  $F_L$ ,  $F_C$ ,  $F_H$ 는 각각 Low, center, high frequency를 나타낸다.

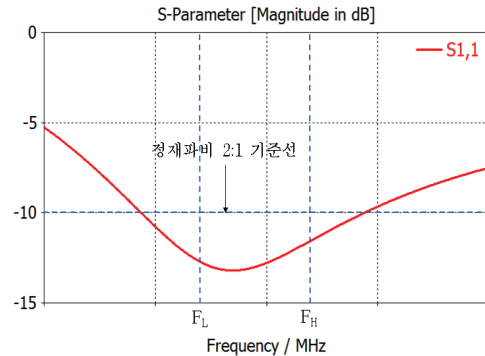


그림 5. 방사체 반사손실  
Figure 5. Reflection loss of radiator

방사체의 3D 방사패턴과 방위각 및 고각 방사패턴 M&S 결과는 <그림 6>과 <그림 7>에 나타내었다. 방사패턴 M&S 결과를 통해서 방위각 방사패턴의 무지향 특성을 확인하였다.

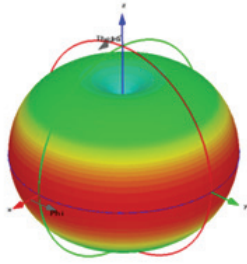
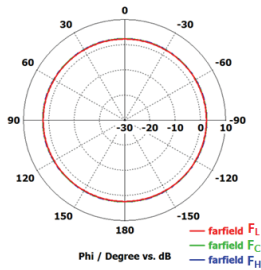
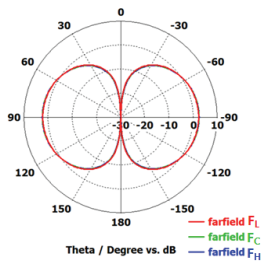


그림 6. 방사체 방사패턴  
Figure 6. Radiation pattern of radiator



(a) Azimuth radiation pattern



(b) Elevation radiation pattern

그림 7. 방사체 방위각 및 고각 방사패턴  
Figure 7. Azimuth and elevation radiation pattern of radiator

급전회로의 정재파비와 전달특성 M&S 결과는 <그림 8>, <그림 9>, <그림 10>에 나타내었다.

M&S 결과  $F_L$ 과  $F_H$  대역 내에서 정재파비 2:1 이하를 나타내었다. 전달특성은 Port 1을 기준으로 Port 2, Port 3, Port 4, Port 5로 분기되는 신호의 크기와 위상 M&S 결과를 <그림 9>와 <그림 10>에 나타내었으며, 수직으로 배열된 개개의 방사체에

동일 크기와 위상의 신호가 분기됨을 확인하였다.

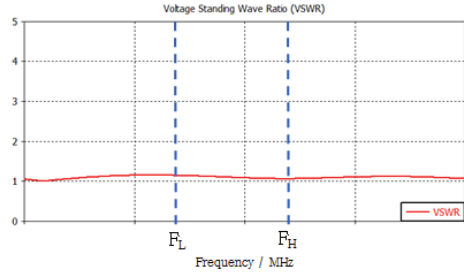


그림 8. 급전회로 정재파비  
Figure 8. V.S.W,R of feeding circuit

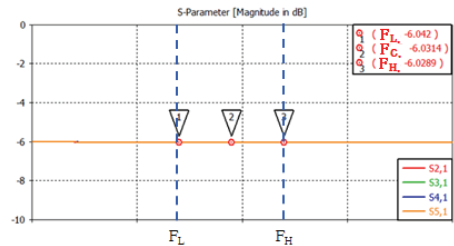


그림 9. 급전회로 전달특성(Magnitude)  
Figure 9. Transfer characteristic(Magnitude) of feeding circuit

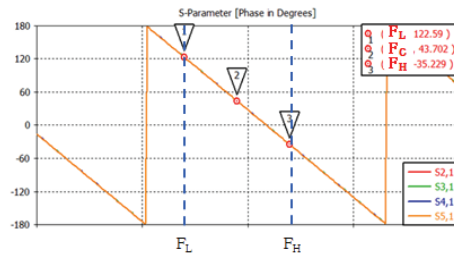


그림 10. 급전회로 전달특성(Phase)  
Figure 10. Transfer characteristic(Phase) of feeding circuit

수직으로 4단 배열한 방사체와 병렬급전회로를 모두 포함한 안테나의 정재파비 M&S 결과는 <그림 11>에 나타내었다.  $F_L$ 과  $F_H$ 의 대역폭 11.2% 내에서 2:1 이하의 정재파비를 나타내었다.

안테나 방사패턴 M&S 결과는 <그림 12>, <그림 13>, <그림 14>에 나타내었다. <그림 12>에는 3차원

방사패턴을 나타내었으며, 방위각과 고각 방사패턴은 <그림 13>과 <그림 14>에 나타내었다.

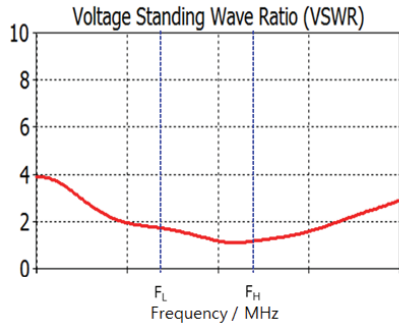


그림 11. 안테나 정재파비  
Figure 11. V.S.W.R of antenna

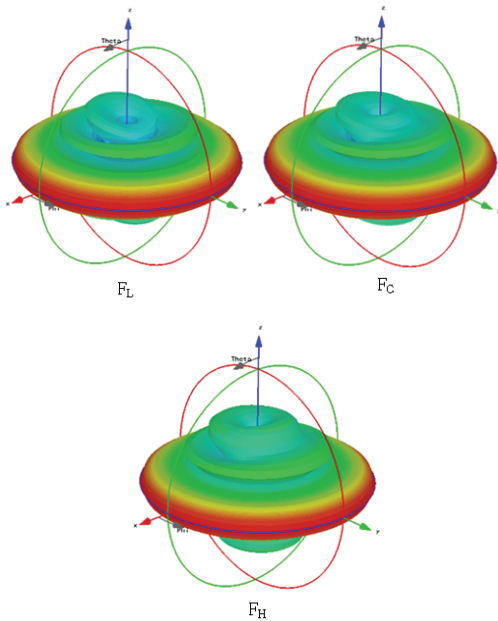


그림 12. 안테나 방사패턴  
Figure 12. Radiation pattern of antenna

3차원과 방위각 및 고각 방사패턴을 통해서 방사패턴의 상하, 좌우 대칭과 방위각 방향 무지향 방사패턴을 확인하였다. 또한 방사패턴에서 일그러짐 또는 왜곡 현상이 없음을 확인하였다.

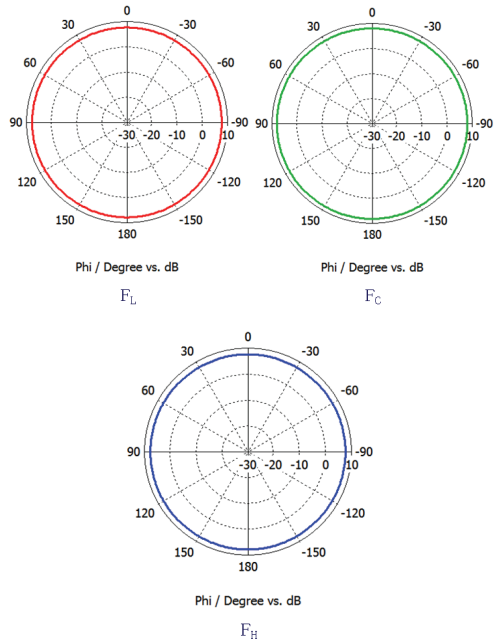


그림 13. 안테나 방위각 방사패턴  
Figure 13. Azimuth radiation pattern of antenna

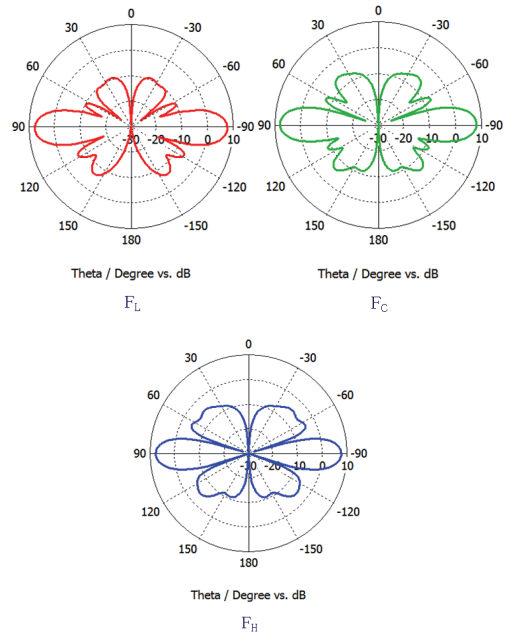


그림 14. 안테나 고각 방사패턴 구분  
Figure 14. Elevation radiation pattern of antenna

<그림 12>, <그림 13>, <그림 14>의 M&S 결과를 정리하여 <표 2>에 나타내었다. 11.2%의 광대역 내에서 최대이득은 7.9~8.1dBi, 방위각 이득편차도는 0.1dB 이내, 고각 3dB 빔폭은 16.3~16.7도이다.

표 2. 이득 및 빔폭  
Table 2. Gain and beamwidth

주파수 (MHz)	방위각 이득(dBi)		고각 3dB 빔폭 (°)
	최대	최소	
$F_L$	8.1	8.0	16.7
$F_C$	8.1	8.0	16.5
$F_H$	7.9	7.8	16.3

## 2.4 시험결과

제작된 안테나는 <그림 15>에 나타내었다. 크기와 무게는 각각  $\phi 114.1 \times 2,359\text{mm}$ 와 7.5kg으로 측정되었다. 정제파비 시험결과는  $F_L$ 과  $F_H$ 의 대역 내에서 1.526:1 이하의 성능이 확인되었으며, <그림 16>에 나타내었다. 방사패턴 시험결과는 <그림 17>, <그림 18>, <그림 19>에 나타내었다. <그림 17>과 <그림 18>에는 방위각 방사패턴과 이득편차도 확인을 위한 방위각 방사패턴 확대도를 수록하였다.

방위각 방향 이득 시험결과는 최대 이득 기준 6.5~8.6dBi, 이득편차는  $F_L$ ,  $F_C$ ,  $F_H$ 에서 각각 6.3~6.5dBi, 7.4~7.8dBi, 8.3~8.6dBi로 측정되었다. 이득편차에 따른 이득편차도는  $F_L$ ,  $F_C$ ,  $F_H$ 에서  $\pm 0.1\text{dB}$ ,  $\pm 0.2\text{dB}$ ,  $\pm 0.15\text{dB}$ 를 나타내었다.

고각 방사패턴 시험결과는 <그림 19>에 나타내었다. 고각 3dB 빔폭과 이득은 15.6~15.8도와 6.5~8.6dBi를 나타내었다.



그림 15. 안테나 제작품  
Figure 15. Produced antenna

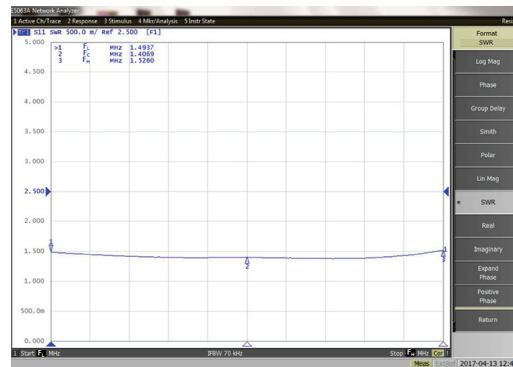


그림 16. 안테나 정제파비 시험결과  
Figure 16. V.S.W.R test result of antenna

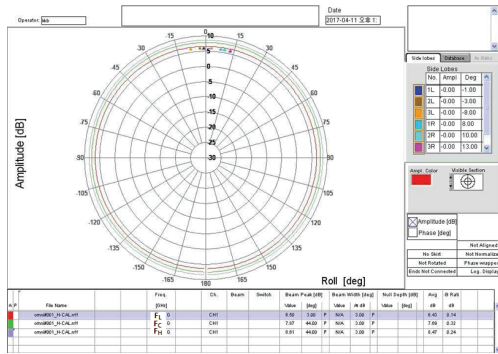


그림 17. 안테나 방위각 방사패턴 시험결과  
Figure 17. Azimuth radiation pattern test result of antenna

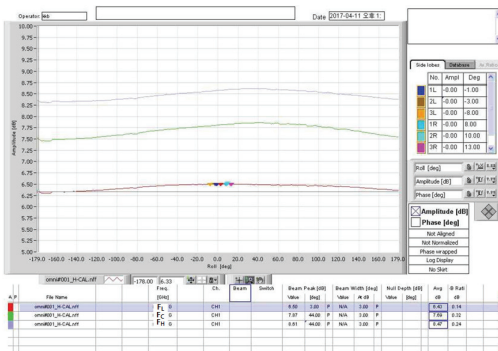


그림 18. 안테나 방위각 방사패턴 시험결과(확대도)  
Figure 18. Azimuth radiation pattern test result of antenna(enlarged view)

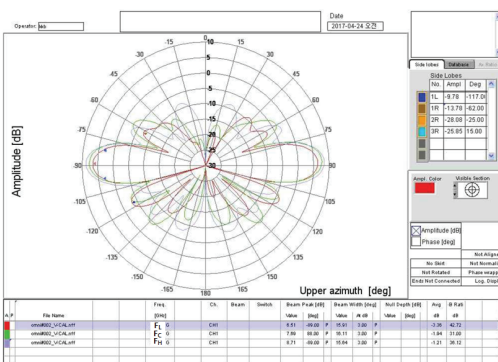


그림 19. 안테나 고각 방사패턴 시험결과  
Figure 19. Elevation radiation pattern test result of antenna

안테나 시험 종합결과 모든 규격의 만족을 확인

하였으며, <표 3>에 나타내었다.

표 3. 안테나 시험결과  
Table 3. Antenna test result

항목	규격	시험결과
주파수		UHF대역
대역폭(%)		11.2
이득(dBi)	6 이상	6.3~8.6
편파		수직
방사패턴 지향특성	방위각 지향특성	무지향 (이득편탄도 $\pm 1\text{dB}$ 이내)
	고각 3dB 빔폭( $^{\circ}$ )	무지향 (이득편탄도 $\pm$ 0.2dB 이내)
정재파비	2:1 이하	1.526:1 이하
크기(mm)	$\Phi 120 \times 2,400$ 이하	$\Phi 114.1 \times 2,359$
무게(kg)	8.5 이하	7.5

### 3. 결론

UHF대역에서 사용 가능한 방위각 방향 무지향 방사패턴을 갖는 고 이득 광대역 안테나를 설계하고 제작 및 시험을 통해 성능을 검증하였다. 방위각 방향 무지향 특성 구현을 위해 방사체로 원통형 다이폴 안테나를 사용하였으며, 고이득 특성 구현을 위해 수직으로 방사체를 4단 배열하여 안테나를 구성하였다. 급전회로는 배열된 방사체 중심에 위치하도록 하였으며, 병렬급전회로를 적용하여 주파수 대역에 따른 신호의 위상과 크기 차이를 최소화하였다.

UHF대역에서 기 운용되고 있는 안테나는 주로 직렬급전회로를 적용한 대역폭 5% 이내의 안테나가 사용되고 있으나, 제안하는 안테나는 병렬급전회로를 적용하여 11.2%의 광대역 특성을 구현하였

다. 직렬급전회로는 병렬급전회로 대비 구조가 간단하고 제작이 용이하여 널리 사용되고 있으나 협대역 안테나 설계에 주로 사용되는 단점을 가지고 있다.

병렬급전회로에서 방사체로 분기되는 신호의 위상과 크기 차이를 최소화하여 방사패턴의 상하, 좌우 대칭의 이상적인 방사패턴 설계에 중점을 두었으며, 시험을 통하여 검증하였다. 방위각 방향 방사패턴 이득평탄도와 고이득 특성 그리고 방사패턴 일그러짐 또는 왜곡현상이 없음을 확인하였다. UHF대역에서 기 운용되고 있는 안테나는 방사패턴 형상 보다는 이득과 수직방향 3dB 빔폭에 따라 안테나가 결정되며, 방위각 방향 이득평탄도를 규격으로 제시하는 안테나제품은 찾아보기 어렵다.

제안하는 안테나는 고 신뢰성의 통신장비에 적용 가능한 안테나 개발에 중점을 두었으며, 시험결과와는 다음과 같다.

고각 방사패턴 시험결과 11.2%의 주파수 대역 내에서 일정한 형상의 방사패턴이 형성됨을 확인하였다. 시험결과 이득 6.3~8.6dBi의 고이득과 1.526:1 이하의 낮은 정재파비,  $\pm 0.2$ dB 이하의 낮은 이득평탄도와 고각 3dB 빔폭 15.6~15.8도의 성능을 구현함으로써 개발 목표인 안테나 규격을 모두 충족하였다.

향후 본 논문에서 개발된 안테나를 활용하여 통신 성능시험을 수행할 예정이며, 통신 성능시험을 통해 데이터링크 통신 적용 성능을 입증할 계획에 있다.

## References

- [1] C. A. Wargo, G. C. Church, J. Glaneueski, and M. Strout, *Unmanned aircraft systems(UAS) research and future analysis*, 2014 IEEE Aerospace Conference, Big Sky: MT, pp. 1-16, Mar. 2014.
- [2] D. H. Jang, *Global UAS market trends and forecast*, The Korea Society for Aeronautical and Space Science Conference, Seoul: Korea, pp. 1140-1145, 2013.
- [3] P. Denise, and M. R. John, *Creating unmanned data links*, Aerospace America Year in Review 2014, Washington: DC, Vol. 52, No. 11, pp. 44, Dec. 2014.
- [4] International Telecommunication Union(ITU), 2012 World Radiocommunication Conference, Geneva: Switzerland, Jan. 2012.
- [5] International Telecommunication Union(ITU), 2015 World Radiocommunication Conference, Geneva: Switzerland, Nov. 2015.
- [6] RTCA. SC-228 minimum operational performance standard for unmanned aircraft systems. <http://www.rtca.org/content.asp?contentid=178>, June. 2016.
- [7] B. T. Strojny and R. G. Rojas, *Integration of conformal and VHF/UHF communication antennas for small UAV applications*, European Conference on Antennas and Propagation, pp. 2488-2492, 2009.
- [8] A. Patrovsky and R. Sekora, *Structural integration of a thin conformal annular slot antenna for UAV applications*, Loughborough Antenna & Propagation Conference, pp. 229-232, Nov. 2010.
- [9] Lecture-1, 4. Broadband antennas. <http://nptel.ac.in/courses/117107035/module4/lecture1/lecture1.pdf>, Jun. 2016.
- [10] E. J. Wilkinson, *An N-way power divider*, IEEE Transactions Microwave Theory Technology Vol. 8, pp. 116-118, Jan. 1960.
- [11] R. E. Collin, *Theory and design of wide-band multi-section quarter-wave*

*transformer*, Proc. IRE, Vol. 43, 179-185, Feb. 1955.

[12] Peter A. Rizzi, *Microwave engineering passive circuit*, Prentice Hall, 1988.

[13] J. D. Kraus and R. J. Marhefka, *Antennas for all applications*, 3<sup>rd</sup> edition. McGraw-Hill Book Company, 2002.

[14] K. H. Bae, *Design of the sleeve dipole array antennas*, The Korean Institute of Communications and Information Sciences Conference, pp. 388-389, Nov. 2014.

[15] Robert E. Collin, *Antennas and radiowave propagation*, McGraw-Hill Book Company, 1985.

[16] Constantine A. Balanis, *Antenna theory*, John Wiley&Sons Inc., 2005.

[17] J. Y. Choi, *Radiation pattern analysis of a shifted dipole antenna*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems(JKITS), Vol. 2, No. 3, pp. 25-29, Sep. 2007.

[18] K. Siwiak, and Y. Bahareini, *Radio propagation and antennas for personal communications*, Artech House Inc., 2007.

## UHF대역 지상국용 무지향 고이득 안테나

배기형<sup>1</sup>, 장민수<sup>1</sup>, 주재우<sup>2</sup>, 황찬호<sup>2</sup>, 홍기표<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한화시스템 위성·데이터링크팀

<sup>2</sup>국방과학연구소

<sup>3</sup>뮤트로닉스 안테나팀

### 요 약

본 논문에서는 UHF대역 원통형 다이폴 배열 안테나에 대해서 설계, 제작 및 시험을 하였다. 제안하는 안테나는 원통형 다이폴을 수직으로 4단 배열하였다. 원통형 다이폴 내부에는 병렬구조 급전회로를 설치하여 광대역 매칭이 되도록 구현하였다. 급전회로를 원

통형 다이폴 중심에 설치하여 방위각 방향 무지향 방사패턴의 이득평탄도 특성을 최적화하였다. 급전회로에서 분기되는 신호의 차이를 최소화하여 대칭적인 방사패턴을 구현하였다. 요구 규격은 UHF대역에서 대역폭 11.2% 이상, 이득 6dBi 이상, 2:1 이하의 정재파비, 수평방향 방사패턴 이득평탄도  $\pm 1$ dB 이내, 고각방향 방사패턴 3dB 빔폭 13도 이상이다. M&S를 통해서 구현 가능성을 확인하고, 제작 및 시험을 통해서 M&S 결과를 검증하였다. 시험결과는 UHF대역에서 대역폭 11.2%, 이득 6.30~8.31dBi, 정재파비 1.53:1 이하, 방위각 방향 방사패턴 이득평탄도  $\pm 0.2$ dB 이내, 고각방향 방사패턴 3dB 빔폭은 15.62~15.84도이다. 시험결과 모든 규격을 충족하였다.

### 감사의 글

본 논문은 국방과학연구소와의 계약 과제 수행을 통해 개발된 사항으로 보안에 위배되는 세부 내용은 삭제 하였습니다.



**Ki-Hyoung Bae** received the bachelor's degree in the Department of Electronic Engineering from the Hanbat National University in 1994. He received the M.S. degree

in the Department of Electronic Engineering from Chungbuk National University in 1996. From 1996 to 2003, he was a senior engineer at High Gain Antenna. He has been a chief engineer in the Department of Satellite-Datalink Team at Hanwha Systems since 2003. His current research interests include datalink Systems and antenna systems.

*E-mail address:* kihyoung.bae@hanwha.com



**Min-Soo Chang** received the bachelor's degree in the Department of Electronic Engineering from the Hanyang University in 2005. From 2005 to 2016, he was a senior engineer at Samsung Electronics. He has been a senior engineer in the Department of Satellite-Datalink Team at Hanwha Systems since 2016. His current research interests include datalink Systems and RF systems.

*E-mail address:* ms79.chang@hanwha.com



**Jae-Woo Joo** received the B.S. and M.S. degrees in the Department of Electronic Engineering from Pusan National University in 1986, 1988. He has been a principal researcher in the 2<sup>nd</sup> R&D Institute at Agency for Defense Development since 1988. His current research interests include datalink terminals and software defined radios.

*E-mail address:* jwjoo@add.re.kr



**Chan-Ho Hwang** received the B.S. and M.S. degree in the Department of Radio Communication Engineering from the Korea Maritime and Ocean University in 2013, 2015. He has been a researcher in the 2<sup>nd</sup> R&D Institute at Agency for Defense Development since 2016. His current research interests include datalink systems and digital signal processing.

*E-mail address:* hwangchanho@add.re.kr



**Ki-Pyo Hong** received the bachelor's degree in the Department of Information and Communication Engineering from the Chungbuk National University in 2015. He received the M.S. degree in the Department of Radio and Communication from Chungbuk National University in 2017. He has been a assistant research engineer in the Department of Antenna Team at Mutronics, Inc since Sep. 2016. His current research interests include RF Systems and antenna systems.

*E-mail address:* kphong@mutronics.co.kr