대수주기 다이폴 배열 안테나의 소형화 연구

A Study on Miniaturization of a Log-Periodic Dipole Array Antenna

함형준 · 유홍균* · 박범준* · 박영주* · 이규송* · 우종명

Hyung-Jun Ham · Hong-Kyun Ryu* · Beom-Jun Park* · Young-Ju Park* ·
Kyu-Song Lee* · Jong-Myoung Woo

요 약

본 논문에서는 VHF 및 UHF 대역에서 사용되는 LPDA(Log-Periodic Dipole Array) 안테나를 소형화 하는 연구를 하였다. LPDA 안테나를 소형화하기 위해, 본 연구에서는 LPDA 안테나의 저주파 대역 방사 소자를 급전 부분의 전류 상쇄 효과가 적은 삼각형 미앤더 구조로 변형시켰다. 삼각형 미앤더 구조는 이등변 삼각형 미앤더 구조와 직각 삼각형 미앤더 구조를 제안하였으며, 두 가지 미앤더 구조를 적용하여 LPDA 안테나를 소형화 하였다. 또한, 소형화된 LPDA 안테나에 대해서 시뮬레이션과 측정 결과를 비교하였다. 그 결과, 이등변 삼각형 미앤더 구조 적용 LPDA 안테나와 직각삼각형 미앤더 구조 적용 LPDA 안테나는 기본형 LPDA 안테나에 비해서 각각 60.5 %, 72.4 %로 소형화되었다. 따라서 제안된 삼각형 미앤더 구조가 LPDA 안테나의 소형화에 적합함을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we studied miniaturization of LPDA(Log-Periodic Dipole Array) antenna used for VHF and UHF bands. To miniaturize the LPDA antenna, in this study, the radiation elements in a low frequency were changed into a triangular meander structure which has small current cancelation effect at feed part. For the triangular meander structure, an isosceles triangular and right triangular meander structures were proposed and the LPDA antennas were miniaturized by using the two meander structures. Also, the simulated and measured results were compared for the two miniaturized LPDA antennas. As a result, the isosceles triangular meander and right angle triangular meander structure applied LPDA antennas were reduced up to 60.5 % and 72.4 % compared a basic LPDA antenna, respectively. Consequently, we confirmed that the triangular meander structure is suitable for miniaturization of a LPDA antenna.

Key words: LPDA Antenna, Miniaturization, Meander Structure

I. 서 론

대수주기 다이폴 배열(Log-Periodic Dipole Array, 이하 LPDA) 안테나는 주기적으로 다이폴 안테나를 배열한 안테나로 광대역 및 지향성 방사 특성을 가지고 있다^[1]. 이

러한 특성 때문에 LPDA 안테나는 주로 방송 수신 안테나, 이동 통신 중계기 안테나, 불법 전파 사용 탐지 안테나, EMC, EMI 측정용 안테나 등으로 광대역 지향성 특성이 필요한 응용에 다양하게 사용되고 있다^[2]. 하지만 VHF 및 UHF 대역에서 LPDA 안테나는 낮은 주파수 대역

「본 연구는 국방과학연구소의 위탁연구과제로 수행되었음.」

충남대학교 전파공학과(Department of Radio Science & Engineering, Chungnam National University)

*국방과학연구소(Agency for Defense Development)

• Manuscript received May 23, 2014 ; Revised June 27, 2014 ; Accepted June 30, 2014. (ID No. 20140523-045)

• Corresponding Author: Jong-Myoung Woo (e-mail : jmwoo@cnu.ac.kr)

에서의 다이폴 방사소자 길이가 길어 안테나 크기가 커진다. 이러한 VHF 및 UHF LPDA 안테나를 차량 및 항공기 탑재할 시 그 크기로 인해 항력을 증가시키고 탑재 공간을 효율적으로 사용하기 어려워진다. 따라서 차량 및 항공기 탑재를 위해서는 소형화된 LPDA 안테나 설계가 필요하다. 기존 소형화로 설계된 LPDA 안테나로는 전류 세기가 제일 약한 방사 소자 끝 부분을 구부린 대수 주기 벤트 다이폴 안테나^[3]가 연구되었다. 이 안테나는 기본형 안테나에 비해 20 %의 소형화율을 가진다. 그리고 반복적인 구조인 프랙탈 구조를 LPDA 안테나의 방사소자에 적용하여 소형화된 안테나가 연구되었다. 프랙탈 기반 LPDA 안테나는 프랙탈 칸토어 구조^[4], 프랙탈 트리 구조^[5], 프랙탈 Koch 커브 구조^[6], Cylindrical-hat cover 구조^[7]가 보고되었다. 이러한 안테나들은 주로 1~3 GHz 대역의 이동통신 대역에서 설계되었으며, 51 % 이하의 소형화율을 갖는다. 또한, 소형화로 인하여 이득이 설계 안테나보다 절반 이하로 낮게 나타났다.

본 논문에서는 VHF 및 UHF 대역(180~480 MHz)에서 사용되는 LPDA 안테나를 소형화 하였다. 소형화 방법으로는 전류 상쇄 효과가 작은 삼각형 미앤더 구조를 고안하여 LPDA 안테나의 저대역 다이폴 방사소자에 부분적으로 적용하는 방법을 이용하였다^{[8]~[10]}. 삼각형 미앤더 구조는 이등변 삼각형 구조와 직각 삼각형 구조를 이용하였으며, 기본형 LPDA 안테나와 특성을 비교하였다. 이들 결과들에 대해 기술하고자 한다.

II. 기본형 LPDA 안테나 설계

본 장에서는 LPDA의 다이폴 방사소자를 삼각형 미앤더 라인 구조로 변형시켜 소형화된 LPDA 안테나와 기본형 LPDA 안테나와의 특성을 비교하기 위해서, 먼저 기준이 되는 기본형 LPDA 안테나를 설계 및 제작하였다.

그림 1에는 기본형 LPDA 안테나 구조를 나타내었다. 기본형 LPDA 안테나의 설계 주파수는 180~480 MHz (2.67 : 1)로 설정하였으며, 이득은 7 dBi를 갖도록 스케일 팩터(τ) 0.87과 상대 간격 팩터(σ) 0.05^[1], 방사소자 개수 11개를 결정하였다. LPDA 안테나의 전송선로는 10 mm × 10 mm의 알루미늄 사각봉을 사용하였다. 또한, 첫 번째

그림 1. 기본형 LPDA 안테나 구조

Fig. 1. Structure of the basic LPDA antenna.

에서 일곱 번째 방사소자는 폭(W_2) 6 mm × 6 mm의 크기를 갖는 알루미늄 사각봉을, 여덟 번째에서 마지막 방사소자는 폭(W_1) 10 mm × 10 mm 크기를 갖는 알루미늄 사각봉을 사용하였다. 급전은 안테나를 지지하는 사각봉 내에 동축 케이블을 삽입시켜 안테나의 앞부분에 급전시켰다.

기본 LPDA 안테나의 임피던스 매칭은 전송선로의 두께와 간격에 의해 결정된다. 본 논문에서는 전송선로의 간격(D)을 고정시키고, 각도(A)를 조절하여 임피던스 매칭을 시켰다. 그림 2에 나타난 바와 같이 먼저 시뮬레이션을 통하여 입력 임피던스가 50 Ω에 매칭되도록 간격(D)을 5 mm로 결정하였다. 다음으로 전송선로 간의 각도(A)에 따른 입력 임피던스 특성 분석을 위해 각도(A)에 따른 입력 임피던스 특성을 나타내었다. LPDA 안테나의 두 전송 선로 간 간격(D)을 5 mm로 고정시키고, 각도를 0~2°까지 1°간격으로 변화시켰다.

시뮬레이션은 CST사 MWS 2010을 이용하였으며, 각도(A)가 0°일 경우 225 MHz 부근에서 입력 저항이 상승하고, 인덕턴스가 증가하여 임피던스 부정합이 발생하였다. 하지만 각도가 증가할수록 이러한 현상이 없어지면서 50 Ω에 가깝게 수렴되었다. 이러한 특성이 나타나는 이유는 설계된 안테나에서 사용된 방사소자가 2가지로 되어 있어 일정 주파수 대역에서 두 선로의 임피던스 부정합이 발생하기 때문이다.

이때 전송선로의 각도를 조절함으로써 불연속으로 발생한 입력 임피던스를 보상한 것이다. 따라서 설계 대역

(a) 입력 저항
(a) Input resistance

(b) 입력 리액턴스
(b) Input reactance

그림 2. 전송선로 각도(A)에 따른 입력 임피던스
Fig. 2. Input impedance by the transmission line angle(A).

에서 -10 dB 이하의 반사 손실 특성을 갖도록 각도를 1° 로 설정하여 기본형 LPDA 안테나를 시뮬레이션 및 제작하였다.

그림 3에는 제작된 안테나와 시뮬레이션 및 측정된 기본형 LPDA 안테나의 반사 손실을 비교하여 나타내었다. 전송선로의 각도는 앞서 언급한 바와 같이 1° 로 설정하였

(a) 제작된 기본형 LPDA 안테나
(a) Fabricated basic LPDA antenna

(b) 반사 손실
(b) Return loss

그림 3. 제작된 기본형 LPDA 안테나와 반사 손실
Fig. 3. Fabricated basic LPDA antenna and return loss.

그림 4. 기본형 LPDA 안테나 이득
Fig. 4. Gain of the basic LPDA antenna.

다. 반사 손실 특성은 -10 dB 이하로 임피던스 매칭이 잘 이루어진 것을 확인할 수 있다. 이때 안테나의 크기는 $958\text{ mm} \times 1,020\text{ mm}$ 이다. 시뮬레이션된 -10 dB 대역폭은

4.35 : 1(131.4~572 MHz)의 광대역 특성을 얻었고, 측정에서도 4.26 : 1(135.7~578.5 MHz) 특성을 얻어 시물레이션과 측정 결과가 서로 유사함을 확인하였고, 설계 목표 대역을 충분히 수용하는 것을 확인하였다.

다음으로 그림 4에는 기본형 LPDA 안테나의 주파수에 따른 이득 특성을 시물레이션과 측정치를 비교하여 나타내었다. 설계 대역(180~480 MHz) 내에서 기본형 LPDA 안테나는 시물레이션 평균 7.17 dBi, 측정에서는 평균 7.32 dBi의 설정된 이득 특성을 얻었으며, 시물레이션과 측정치가 유사함을 확인하였다. 또한, 주파수가 증가하면서 안테나의 크기가 전기적으로 커져 이득이 다소 증가

하는 특성을 얻었다.

그림 5에는 200~500 MHz 대역에서 100 MHz 간격으로 시물레이션 및 측정된 E-면과 H-면 방사 패턴을 나타내었다. 그림 5에 나타낸 바와 같이 전대역에서 지향성 방사 패턴 특성을 확인하였다. 그리고 평균 반전력 빔폭(이하 HPBW)은 E-면의 경우 시물레이션 60.8°, 측정 59.9°로 나타났으며, H-면의 경우 시물레이션 105.2°, 측정 101.2°로 E-면에 비해서 넓은 빔폭 특성을 얻었다. 이것은 End-fire 배열효과에 의해 나타난 현상이라 할 수 있다. 이러한 기본형 LPDA 안테나는 크기가 커서 항공기 및 이동 차량에 탑재하기 어렵다. 따라서 LPDA 안테나의 소형화

그림 5. 기본형 LPDA 안테나 방사 패턴
Fig. 5. Radiation patterns of the basic LPDA antenna.

가 필요하다.

Ⅲ. 삼각형 미앤더 구조를 이용한 LPDA 안테나의 소형화

3-1 삼각형 미앤더 라인 다이폴 안테나

본 절에서는 앞에서 설계한 기본 LPDA 안테나의 방사 소자를 소형화하는 방법에 대해 연구하기에 앞서, 소형화 방법 중 하나인 미앤더 구조를 이용하여 일반 다이폴 안테나의 소자 길이를 축소하였다.

그림 6에는 저주파 대역에서의 기본 다이폴 안테나와

균일 미앤더 라인, 이등변 삼각형 미앤더 라인, 직각삼각형 미앤더 라인 구조의 다이폴 안테나를 나타내었다.

그림 6(b)의 균일 미앤더 라인 다이폴 안테나의 크기는 그림 6(a)의 기본 다이폴 안테나의 길이보다 40 % 감소하였다. 하지만 구조별 전류분포에 있어서 균일 미앤더 라인 구조가 전류분포 상쇄효과가 큰 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 전류 상쇄 효과를 최소화하기 위해 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조의 다이폴 안테나를 그림 6(c)에 나타내었다.

이등변 삼각형 미앤더 라인 구조는 다이폴 안테나 구조에서 전류 분포가 강한 부분인 급전부분에서의 미앤더

그림 6. 다이폴 안테나의 구조 및 전류분포(180 MHz)

Fig. 6. Structure of dipole antenna and current distribution(180 MHz).

표 1. 구조별 다이폴 안테나 특성

Table 1. Characteristics of the structure by a dipole antenna.

	(a) 다이폴	(b) 균일 미앤더 라인 다이폴	(c) 이등변 삼각형 미앤더 라인 다이폴	(d) 직각삼각형 미앤더 라인 다이폴
설계 주파수 (MHz)	180			
크기 (mm×mm)	770×20	465×85	465×115.5	465×282.3
반사 손실 (dB)	-14.5	-11.9	-13.2	-17.7
입력 임피던스 (Ω)	$71.8-j6.3$	$29.9-j2.38$	$32.8+j2.8$	$42.1+j9.1$
-10 dB 대역폭 (MHz)	17.5(9.72 %)	8.9(4.9 %)	10(5.56 %)	15.1(8.3 %)
이득 (dBi)	1.92	1.88	1.86	2
전체 효율 (%)	96.8	92.5	94.5	97.8

라인 폭을 좁게 하고, 전류 분포가 약한 부분에는 미앤더 라인 폭을 넓게 함으로써 전류 상쇄 효과를 최소화하였다. 기본 다이폴 구조와 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조의 안테나 특성을 비교해 보았다. 기본 다이폴 안테나(a)의 경우, 이득이 1.92 dBi, 효율 96.8 %로 양호한 특성을 나타내었으며, 균일 미앤더 라인 다이폴 안테나(b)의 경우, 이득 1.88 dBi, 효율 92.5 %로 효율이 4.3 % 감소하였다. 그러나 이등변 삼각형 미앤더 라인이 적용된 다이폴 안테나(c)의 경우, 이득은 1.86 dBi, 효율은 94.5 %로 균일 미앤더 라인 다이폴 안테나에 비해 2 % 효율이 증가하였다. 한편, 직각 삼각형 미앤더 라인 구조의 다이폴 안테나(d)의 경우, 이득 2 dBi, 효율 97.8 %로 기본다이폴보다 1 %효율이 증대된 특성을 나타내었다. 이것은 삼각형 미앤더 라인 구조가 다이폴 안테나의 임피던스 매칭에 필요한 리액턴스 값을 적절히 제공했기 때문이다. 따라서 LPDA의 방사소자를 이등변 삼각형, 직각삼각형 미앤더 라인 구조로 변형시켜도 이득 및 효율 특성에는 크게 영향이 없이 소형화 효과에 기여할 수 있음을 나타내고 있다. 표 1에 방사소자 구조별 다이폴 안테나 특성을 종합적으로 나타내었다.

3-2 소형화된 이등변 삼각형 미앤더 라인 LPDA 안테나

그림 7에는 저대역의 기본 방사소자를 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조로 변형시켜 LPDA 안테나를 소형화한 시뮬레이션 및 제작 결과를 나타내었다. 이등변 삼각형

(a) 구조
(a) Structure

(b) 제작된 안테나
(b) Fabricated antenna

그림 7. 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조 LPDA 안테나

Fig. 7. Structure of the isosceles triangle meander line LPDA antenna.

미앤더 라인 다이폴 소자는 크기에 가장 영향을 많이 미치는 저주파 대역 4개 소자만 적용시켜 안테나 자체 크기를 소형화하였으며, 고주파 대역의 방사소자는 안테나 크기에 큰 영향을 미치지 않아 소자 구조를 변형시키지 않

그림 8. 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조의 LPDA 안테나 반사 손실

Fig. 8. Return loss of the isosceles triangular meander line LPDA antenna.

그림 9. 이등변 삼각형 미앤더라인 구조 LPDA 안테나 이득

Fig. 9. Peak gain of the isosceles triangle meander LPDA antenna.

았다. 이등변 삼각형 미앤더 라인 LPDA 안테나는 기본 LPDA 안테나의 구조와 같은 방법으로 설계, 제작되었다.

이등변 삼각형 미앤더 라인 구조로 변형한 LPDA 안테나의 크기는 650 mm×610 mm의 크기를 가지며, 기본 LPDA 안테나보다 60.5 %의 면적이 축소되었다. 소형화된 이등변 삼각형 미앤더 구조 LPDA 안테나를 시뮬레이션한 결과, 일정 주파수에서 임피던스 매칭을 되지 않기 때문에 삼각형 미앤더 라인이 적용된 LPDA 안테나 사이 각도(A)를 조절하여 임피던스 매칭을 시켰다. 이때 임피던스 매칭을 위한 각도 A 가 2.8° (37.7 mm)일 때, 반사 손실 -10 dB 이하를 만족함을 알 수 있다. 이와 같은 결과를 이용하여 실제 제작하여 측정하였다.

그림 8에는 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조의 LPDA 안테나 반사 손실 시뮬레이션과 측정 결과를 나타내었다. 측정 결과, 관심 대역에서 -10 dB 이하로 임피던스 매칭이 잘 되었다. -10 dB 대역폭은 시뮬레이션 3.87 : 1(142 ~ 550 MHz)의 광대역 특성을 얻었고, 측정에서도 4.2 : 1(129 ~ 543 MHz) 특성을 얻어 시뮬레이션과 측정 결과가 서로 유사하게 설정 주파수 대역폭을 만족시켰다.

그림 9에는 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조 LPDA 안테나의 이득을 시뮬레이션과 측정치를 비교하여 나타내었다. 안테나의 설계 대역(180 ~ 480 MHz)의 시뮬레이션 평균 6.39 dBi, 측정 평균 6.49 dBi로 기본형에 비해 방사 소자의 소형화로 다소 평균 이득이 낮아졌으나, 시뮬레이션과 측정치 이득이 LPDA 안테나의 축소율에 비해 이득은 크게 변하지 않았다.

그림 10에는 200 ~ 500 MHz 대역에서 100 MHz 간격으로 삼각형 미앤더 라인 LPDA 안테나의 시뮬레이션 및 측정에 대해서 E-면과 H-면 방사 패턴을 나타내었다. 그림 10에 나타낸 바와 같이, 방사 패턴은 지향성 특성을 갖는 것으로 확인되었다. 그리고 시뮬레이션 평균 HPBW의 E-면의 경우 65.7° , 측정 66.9° 로 나타났다. H-면의 경우, 시뮬레이션 125.3° , 측정 129.4° 로 E-면에 비해서 넓은 빔폭 특성을 얻었다.

3-3 직각삼각형 미앤더 라인 소형 LPDA 안테나

본 절에서는 또 다른 형태의 소형화된 LPDA 안테나를 나타내었다. 비행체 탑재시 도체상에 위치하게 되며, 또한 slant 편파를 수신하기 위해 45° 로 기울여 탑재할 경우가 있다. 이때, 보다 저자세를 위해서 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조를 직각삼각형 미앤더 라인 구조로 변형시킬 필요가 있다.

그림 11에는 다이폴 소자를 저자세에 용이한 구조로 변형시킨 직각삼각형 미앤더 라인 구조(그림 6(d))의 LPDA를 나타내었다. 직각삼각형 미앤더 라인은 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조와 특성 차이가 크게 없을 뿐만 아니라, slant 저자세에서 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조보다 더 유리하게 설계할 수 있는 장점을 가지고 있다. 직각삼각형 미앤더 라인 구조 LPDA 안테나 설계 대역을 180 ~ 480 MHz로 설정하였다. 직각삼각형 미앤더 라인 구

그림 10. 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조 LPDA 안테나 방사 패턴
Fig. 10. Radiation pattern of the isosceles triangle meander LPDA antenna

그림 11. 직각삼각형 미앤더 라인 구조의 LPDA 안테나
Fig. 11. Structure of the right-angle triangle LPDA antenna.

조로 소형화한 안테나 크기는 640 mm×422 mm이다. 안테나 구조는 저주파수 대역의 방사소자 3개를 직각 삼각 미앤더 라인 구조로, 중간주파수 대역의 방사소자 3개

는 ‘ㄱ’ 형태의 구조로 변형시키고, 나머지 고주파수 대역의 방사소자는 고주파수 특성을 유지하기 위해 변형시키지 않았다. 직각삼각형 미앤더 라인 구조의 LPDA 안테나

임피던스 매칭을 위해 사이 간격 A 를 $1.2^\circ(17.8 \text{ mm})$ 로 설정하여 시뮬레이션하였다.

그림 12에는 직각삼각형 미앤더 라인 구조의 LPDA 안테나 반사 손실 시뮬레이션과 측정 결과를 나타내었다. 측정 결과, -10 dB 이하 관심대역에서의 임피던스 매칭이 잘 되었다. -10 dB 대역폭은 시뮬레이션 $2.84 : 1(195 \sim 553 \text{ MHz})$ 의 광대역 특성을 얻었고, 측정에서도 $2.84 : 1(187 \sim 532 \text{ MHz})$ 특성을 얻어 시뮬레이션과 측정 결과가 서로 관심대역에서의 광대역 특성을 유지함을 확인하였다.

그림 13에는 직각삼각형 미앤더 라인 구조 LPDA 안테나의 이득을 시뮬레이션과 측정치를 비교하였다. 시뮬레이션 평균 이득 6.52 dBi , 측정 평균 이득 6.49 dBi 로 시뮬레이션과 측정치 모두 안테나의 축소율에 비해 이득은

그림 12. 직각삼각형 미앤더 구조 안테나의 반사 손실
Fig. 12. Return loss of the right-angle triangle LPDA antenna.

그림 13. 직각삼각형 미앤더라인 구조 안테나 이득
Fig. 13. Gain of the right-triangular meander line LPDA antenna.

크게 변하지 않았다. 단지 300 MHz 에서의 측정치 이득이 5.38 dBi 로 다소 낮은 레벨이 나타났다. 이는 수신되는 기준 안테나의 이득이 $250 \sim 400 \text{ MHz}$ 에서 고르지 못한 문제점으로 인해 이득이 감소하였다. 하지만, 방향 탐지 목적의 시스템 이용 등에는 문제가 없는 이득 레벨이다.

그림 14에는 $200 \sim 500 \text{ MHz}$ 대역에서 100 MHz 간격으로 직각삼각형 미앤더 라인 구조의 LPDA 안테나 시뮬레이션 및 측정된 방사 패턴을 나타내었다. 그림 13에 나타난 바와 같이, 방사 패턴은 양호한 지향성 특성을 갖는 것으로 확인되었다. 그리고 방사 패턴에서 평균 시뮬레이션 HPBW E-면의 경우 60.8° , 측정 59.9° 로 나타났다. H-면의 경우, 시뮬레이션 105.2° , 측정 101.2° 로 E-면에 비해서 넓은 빔폭 특성을 얻었다.

최종적으로, 본 논문에서 LPDA 안테나의 여러 가지 특성을 비교하기 위해 기본형 LPDA와 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조, 직각삼각형 미앤더 라인 구조에 대한 특성을 표 2에 각각 나타내었다.

IV. 결 론

본 논문에서는 미앤더 라인 구조를 이용하여 기본형 LPDA 안테나를 소형화 설계하였다. 먼저 소형화 방법으로 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조를 사용하였으며, 기본형 LPDA 안테나의 소형화를 위해 저주파수 대역의 4개의 다이폴 소자만 이등변 삼각형 미앤더 라인 구조로 변형시키고, 나머지 고주파수 대역의 다이폴 소자는 고주파수 대역에서 특성을 유지하기 위해 변형시키지 않았다. 기본 LPDA 안테나와 비교해 유사한 결과를 얻음을 확인하였다. 한편, *slant* 편파 특성을 가지며, 불법 전파 탐지 및 신호 탐지용으로 비행체 탐지에 유리한 직각삼각형 미앤더 라인 구조의 LPDA 안테나를 설계하였으며, 이등변삼각형 미앤더 구조보다 *slant* 설치시 높이가 28 % 저 자세가 가능하다. 직각 삼각형 미앤더 라인 구조의 안테나의 경우도 기본 LPDA 안테나보다 이득 차이가 크지 않았다. 또한, 삼각형 미앤더 라인 구조를 사용함으로써 기본형 LPDA 안테나보다 60.5 %로 면적 소형화가 가능함을 확인하였다.

따라서, 본 논문에서는 LPDA 안테나를 삼각형 미앤더

그림 14. 직각삼각형 미앤더 라인 구조의 LPDA 안테나 방사 패턴

Fig. 14. Radiation pattern of the right-angle triangular meander LPDA antenna.

표 2. 설계, 제작된 LPDA 안테나 특성 비교

Table 2. Comparison of designed, fabricated LPDA antenna.

	기본형 LPDA		이등변 삼각형 미앤더 라인 LPDA		직각삼각형 미앤더 라인 LPDA	
	시뮬레이션	측정	시뮬레이션	측정	시뮬레이션	측정
크기 (mm×mm)	1,020×958		650×610		640×422	
-10 dB 대역폭	4.35:1	4.26:1	3.87:1	4.2:1	2.84:1	2.84:1
평균 이득 (dBi)	7.17	7.32	6.39	6.49	6.52	6.49
평균 E-면 빔폭 (°)	60.8	59.9	65.7	66.9	60.8	59.9
평균 H-면 빔폭 (°)	105.2	101.2	125.3	129.4	105.2	101.2
소형화 (%)	Ref.		60.5		72.4	

라인 구조를 사용하여 소형화 시 기본형보다 크기를 더 크게 축소시킬 수 있을 뿐만 아니라, 이득 역시 큰 저하가 없음을 알 수 있었으며, 불법 전파 탐지 및 신호 탐지용 차량 탑재 사용에 적합함을 확인하였다.

References

- [1] C. A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design 3rd Ed.*, Wiley Interscience, pp. 619-637, 2005.
- [2] W. M. Cheong, R. W. P. King, "Log-periodic dipole an-

- tenna", *Radio Sci.*, vol. 2, pp. 1303-1314, Nov. 1967.
- [3] 최학근, 김선표, 임성빈, "대수 주기 벤트 다이폴 안테나의 복사 특성", *한국전자과학회논문지*, 14(11), pp. 1207-1215, 2003년 11월.
- [4] 엄선용, 최학근, "대수 주기 칸토어 다이폴 안테나의 복사 특성", *한국전자과학회논문지*, 19(3), pp. 321-328, 2008.
- [5] D. E. Anagnostou, J. Papapolymerou, M. M. Tentzeris and C. G. Christodoulou, "A printed log-periodic Koch-Dipole Array(LPKDA)", *IEEE Antennas Wireless Propag. Lett.*, vol. 7, pp. 456-460, 2008.
- [6] Luan Shan, Liu Xiaofeng, and Qiu Jinghui, "A novel miniaturized ultra wideband log-periodic antenna", *International Conference on Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals*, pp. 246-248, Sep. 2010.

- [7] H. Jardon-Aguilar, et al., "Reduced log-periodic dipole antenna using a cylindrical-hat cover", *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 5, no. 14, pp. 1697-1702, Nov. 2011.
- [8] 함형준, 류홍균, 박범준, 우종명, "대수주기 다이폴 배열 안테나의 소형화", 2012년도 춘계 마이크로파 및 전파전파 학술대회논문집, 35(1), p. 125, 2012년 5월.
- [9] J. M. Lee, H. J. Ham, H. K. Ryu, J. M. Woo, B. J. Park, and K. S. Lee, "Miniature log log-periodic dipole array antenna using triangular meander structure", *IEEE IC-WITS*, pp. 1-4, Nov. 2012.
- [10] 함형준, 유홍균, 박범준, 우종명, "삼각형 미앤더 구조를 이용한 LPDA 안테나의 소형화", 2013년도 마이크로파 및 전파전파 합동학술대회논문집, 26(1), p. 29, 2013년 5월.

함 형 준

2013년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학사)
2013년 2월~현재: 충남대학교 전파공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나

박 범 준

1994년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학사)
2000년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학석사)
2001년 1월~현재: 국방과학연구소 선임연구원
[주 관심분야] 수동소자 설계, 초고주파 수신기 설계

유 홍 균

2005년 2월: 목원대학교 정보통신공학과 (공학사)
2007년 2월: 충남대학교 전파공학과 (공학석사)
2012년 8월: 충남대학교 전파공학과 (공학박사)
2012년 10월~현재: 국방과학연구소 선임연구원

[주 관심분야] 안테나

박 영 주

1993년 2월: 성균관대학교 전기공학과 (공학사)
1997년 2월: 성균관대학교 전기공학과 (공학석사)
1997년 2월~현재: 국방과학연구소 선임연구원
[주 관심분야] 초고주파 소자 및 증폭기, 전자전용 광대역 안테나 설계

이 규 송

1989년 2월: 서울시립대학교 전자공학과 (공학사)

1991년 2월: 서울시립대학교 전자공학과 (공학석사)

2010년 2월: 충남대학교 전자공학과 (공학박사)

1991년 2월~현재: 국방과학연구소 책임 연구원

[주 관심분야] 초고주파 능동 및 수동회로 설계, 방향탐지 시스템, 전자전 시스템

우 중 명

1985년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학사)

1990년 2월: 건국대학교 전자공학과 (공학석사)

1993년 3월: 일본, 니혼대학 전자공학과 (공학석사)

1996년 3월: 일본, 니혼대학 전자공학과 (공학박사)

1996년 9월~현재: 충남대학교 전파공학과 교수

[주 관심분야] 안테나