

논문 2010-2-16

# 비대칭 구조를 갖는 변형된 삼각형 서레이션의 CATR 특성 해석

## Performance Analysis of CATR Reflector Equipped with Modified Asymmetric Triangular Serrations

최동원\*, 최학근\*\*, 박재현\*, 임성빈\*\*\*, 최근경\*\*\*\*

Dong-Won Choi\*, Hak-Keun Choi\*\*, Jae-Hyun Park\*, Seong-Bin Lim\*\*\*,  
Geun-Kyung Choi\*\*\*\*

요 약 CATR(Compact Antenna Test Range)의 반사판 가장자리에서 발생하는 회절 전계는 quiet zone의 리플(ripple)을 증가시키는 원인이 되기 때문에 반사판은 서레이션(serration)을 부착하여 사용하게 된다. 본 논문에서는 삼각형을 비대칭으로 변형시킨 새로운 형태의 서레이션 구조를 제안하였고, 프레넬 회절 식을 사용하여 회절 전계를 해석하였다. 기존 삼각형 서레이션과 제안된 서레이션의 리플 특성을 확인하기 위하여 진폭 및 위상 리플을 비교하였다. 반사판의 크기, 서레이션 높이, 서레이션 개수를 변화시키며 해석한 결과, 제안된 구조의 서레이션에서 기존 삼각형 형태의 서레이션보다 리플이 감소함을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안된 구조의 서레이션은 quiet zone의 리플을 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다.

**Abstract** The ripple within the quiet zone in the CATR(Compact Antenna Test Range) would be increased due to the diffraction at the edge of the reflector. Therefore, the reflector equipped with the serrations is generally used to reduce the ripple within the quiet zone. In this paper, the modified asymmetric triangular serrations are proposed, and the diffraction of the proposed serrations is analyzed using the Fresnel diffraction formula. The ripple of amplitude and phase between the conventional triangular and the proposed serrations are compared to confirm the ripple of the proposed serrations. As the result of the modulated the reflector size, height of the serrations and numbers of serrations, it is confirmed that the ripple of the proposed serrations is less than the conventional triangular serrations. Accordingly, proposed serrations are expected to reduce the ripple within quiet zone.

**Key Words** : CATR, serration, quiet zone, diffraction field, ripple.

### I. 서 론

안테나의 원거리장(far-field) 패턴을 측정하기 위해서 송신 안테나와 수신 안테나 사이의 거리는 원거리 조건

이 만족되어야 한다. CATR(Compact Antenna Test Range)은 실내에서 안테나를 측정할 수 있도록 반사판을 사용하여 원거리 조건을 만족시키는 시험시설이다. 시험시설 내에서 테스트 안테나가 위치하는 곳을 quiet zone이라 하고, 이 영역에서는 진폭과 위상이 일정한 균일 평면파가 제공되어야 한다<sup>[1]</sup>. 그러나 급전 혼(feed horn)에서 복사되는 전계 중 반사판의 가장자리에서 회절되는 전계는 quiet zone의 균일 평면파에 리플(ripple)

\*준회원, 단국대학교 전자전기공학과

\*\*중신회원, 단국대학교 전자공학과

\*\*\*정회원, 한국항공우주연구원 (KARI)

\*\*\*\*정회원, (주)LIG 넥스원

접수일자 2010.3.9, 수정일자 2010.4.12

을 증가시키는 원인이 되며, 반사판의 가장자리에 금속 패치 형태의 서레이션을 부착할 경우 리플을 감소시킬 수 있다<sup>[2]</sup>. 서레이션을 해석하는 방법은 PO(Physical Optics) 기법과 GTD(Geometrical Theory of Diffraction) 기법 등이 있으며 그 중에서 PO 기법은 서레이션의 구조를 모델링하기 쉽다는 장점이 있어 서레이션을 해석하는데 많이 사용된다<sup>[3]</sup>. 최근 PO 기법을 사용한 서레이션 구조의 리플 특성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. P. Siddaiah는 기존 삼각형 구조의 높이와 폭을 점차적으로 변화시킬 때 리플을 줄일 수 있음을 제안하였고<sup>[4]</sup>, T.V.R. Krishna는 기존 삼각형 구조의 끝부분을 오목하게 변형시킨 구조와 볼록하게 변형시킨 구조를 비교하여 오목한 구조의 서레이션이 볼록한 구조의 서레이션보다 리플이 적게 나타남을 제안하였다<sup>[5]</sup>. 본 논문에서는 quiet zone의 리플 특성을 줄이기 위해 기존 삼각형 구조를 비대칭으로 변형시킨 새로운 구조를 제안하여 CATR에서의 사용 가능성을 확인하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 PO 기법을 적용하여 도출된 프레넬 회절 식을 설명하고, III장에서는 제안된 서레이션의 구조를 푸리에 급수로 나타낸다. IV장에서는 기존 삼각형 구조의 서레이션과 본 논문에서 제안된 서레이션의 리플 특성을 비교 및 검토하였다. 마지막으로 V장에서는 CATR의 사용 가능성으로 결론을 맺는다.

## II. 서레이션의 프레넬 회절

Beeckman은 PO 기법을 사용하여 프레넬 영역에서의 회절 전계를 해석할 수 있음을 제안하였다<sup>[6]</sup>. 여기서는 PO 기법을 적용시켜 도출된 프레넬 회절 식을 설명한다. 프레넬 회절 식은 x편파일 경우

$$E_x(x, y, z) = \frac{j}{\lambda z} e^{-jkz} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} E_{ax}(x', y') \times e^{-jk\{(x-x')^2 + (y-y')^2\}/2z} dx' dy' \quad (1)$$

이고, 그림 1은 프레넬 회절의 기하학 구조를 나타낸다. 여기서  $x'$ ,  $y'$ 는 서레이션의 좌표축을 나타내고, 관측 거리  $z$ 만큼 떨어진  $x$ ,  $y$ 는 관측점의 좌표축을 나타낸다.

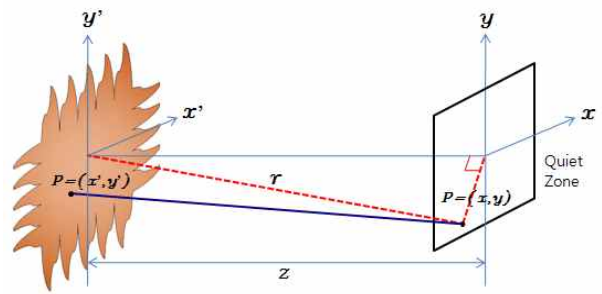


그림 1. 프레넬 회절의 기하학 구조  
Fig. 1. Geometry of the Fresnel diffraction.

개구면 분포를 나타내는  $E_{ax}(x', y')$ 는  $E_0$ 로 나타내고, 서레이션의 구조를 경계 함수로 표현하여 프레넬 회절 식의 적분 영역에 적용시키면

$$E_x(x, y, z) = \frac{j}{\lambda z} e^{-jkz} \int_{h^-(x')}^{h^+(x')} \int_{g^-(y')}^{g^+(y')} E_0 \times e^{-jk\{(x-x')^2 + (y-y')^2\}/2z} dx' dy' \quad (2)$$

이 된다. 본 논문에서 제안된 서레이션의 경계면은 그림 2과 같이 나타내고,  $h^+(x')$ ,  $h^-(x')$ ,  $g^+(y')$ ,  $g^-(y')$ 은 서레이션의 상, 하, 좌, 우의 경계 함수(Boundary function)를 나타낸다.

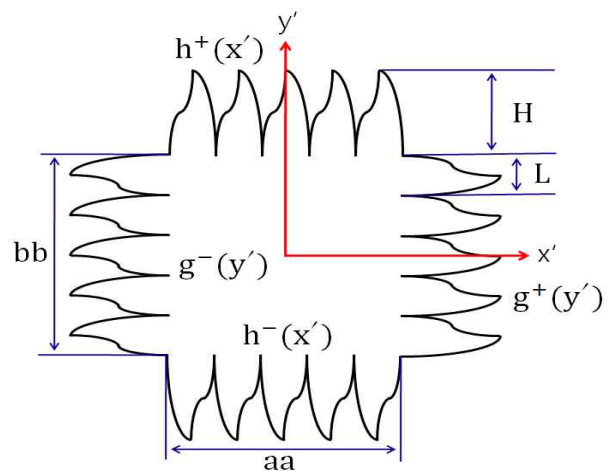


그림 2. 제안된 서레이션의 경계면  
Fig. 2. Boundary of the proposed serrations.

여기서 aa와 bb는 각각 반사판의 가로, 세로의 길이를 나타내고, H는 서레이션의 높이, L은 서레이션의 폭을

나타낸다. 식 (2)의 이중적분식 표현에서  $x'$ 의 적분영역은  $y'$ 의 값에 따라 결정되고,  $y'$ 의 적분영역은  $x'$ 의 값에 따라 결정되기 때문에 해석하는데 어려움이 있다. 따라서 식 (2)를 그림 3과 같이 A, B, C 세 부분으로 나누어 서레이션의 경계면을 표현하면

$$E_x(x, y, z) = \frac{j}{\lambda z} e^{-jkz} (A + B - C) \quad (3)$$

이 된다. 여기서 A, B, C는 서레이션의 경계 함수를 나타내는 적분함수로 다음과 같다.

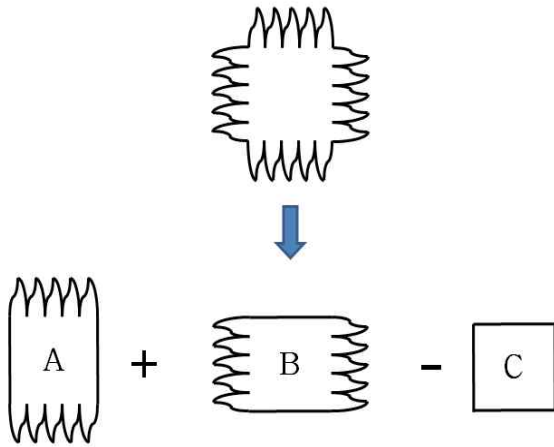


그림 3. 서레이션 분해  
Fig. 3. Decomposition of the serrations.

$$A = \int_{-\frac{aa}{2}}^{\frac{aa}{2}} \int_{g^-(y')}^{g^+(y')} E_0 \times e^{-jk\{(x-x')^2 + (y-y')^2\}/2z} dx' dy' \quad (4)$$

$$B = \int_{h^-(x')}^{h^+(x')} \int_{-\frac{bb}{2}}^{\frac{bb}{2}} E_0 \times e^{-jk\{(x-x')^2 + (y-y')^2\}/2z} dx' dy' \quad (5)$$

$$C = \int_{-\frac{aa}{2}}^{\frac{aa}{2}} \int_{-\frac{bb}{2}}^{\frac{bb}{2}} E_0 \times e^{-jk\{(x-x')^2 + (y-y')^2\}/2z} dx' dy' \quad (6)$$

### III. 서레이션의 푸리에 급수 표현

본 논문에서 제안된 그림 2의 경계 함수인  $h^+(x')$ ,  $h^-(x')$ ,  $g^+(y')$ ,  $g^-(y')$ 을 푸리에 급수로 나타낸다. 반사판의 가로 길이와 세로의 길이가 같다고 가정했을 때  $h^+(x')$ 와  $g^+(y')$  그리고  $h^-(x')$ 와  $g^-(y')$ 을 푸리에 급수로 표현하면  $x'$ ,  $y'$ 의 차이만 있으므로 여기서는  $h^+(x')$ ,  $h^-(x')$ 만 나타내도록 한다.

주기가  $2L$ 일 때 푸리에 급수의 기본 형식은

$$f(x) = \frac{A_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[ A_n \cos \frac{n\pi x}{L} + B_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right] \quad (7)$$

이다. 여기서 계수  $A_n$ ,  $B_n$ 은

$$A_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(t) \cos \frac{n\pi x'}{L} dt \quad (8)$$

$$B_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(t) \sin \frac{n\pi x'}{L} dt \quad (9)$$

이고,  $A_0$ 는 계수  $A_n$ 에  $n=0$ 을 대입한 값으로

$$A_0 = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f(t) dt \quad (10)$$

이다.

서레이션의 위쪽 경계 함수  $h^+(x')$ 을 푸리에 급수로 나타내면

$$h^+(x') = \frac{bb}{2} + \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[ a_n \cos \frac{n\pi x'}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x'}{L} \right] \quad (11)$$

이 된다. 여기서 계수  $a_n$ ,  $b_n$ ,  $a_0$ 는

$$a_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f_1(x') \cos \frac{n\pi x'}{L} dx' \quad (12)$$

$$b_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f_1(x') \sin \frac{n\pi x'}{L} dx' \quad (13)$$

$$a_0 = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f_1(x') dx' \quad (14)$$

이다. 단,  $f_1(x')$ 은 반사판의 위쪽 서레이션  $h^+(x')$ 을 표현하는 함수로

$$f_1(x') = \begin{cases} -\frac{H}{2} \sin x' & (-\pi \leq x' \leq -\frac{\pi}{2}) \\ H + \frac{H}{2} \sin x' & (-\frac{\pi}{2} \leq x' \leq 0) \\ H \cos x' & (0 \leq x' \leq \pi) \end{cases} \quad (15)$$

이다. 서레이션의 아래쪽 경계 함수  $h^-(x')$ 을 푸리에 급수로 나타내면

$$h^-(x') = -\frac{bb}{2} - \frac{c_0}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} \left[ c_n \cos \frac{n\pi x'}{L} + d_n \sin \frac{n\pi x'}{L} \right] \quad (16)$$

이다. 여기서 계수  $c_n$ ,  $d_n$ ,  $c_0$ 는

$$c_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f_2(x') \cos \frac{n\pi x'}{L} dx' \quad (17)$$

$$d_n = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f_2(x') \sin \frac{n\pi x'}{L} dx' \quad (18)$$

$$c_0 = \frac{1}{L} \int_{-L}^L f_2(x') dx' \quad (19)$$

이다. 단,  $f_2(x')$ 은 반사판의 아래쪽 서레이션  $h^-(x')$ 을 표현하는 함수로

$$f_2(x') = \begin{cases} H \cos x' & (-\pi \leq x' \leq 0) \\ H - \frac{H}{2} \sin x' & (0 \leq x' \leq \frac{\pi}{2}) \\ \frac{H}{2} \sin x' & (\frac{\pi}{2} \leq x' \leq \pi) \end{cases} \quad (20)$$

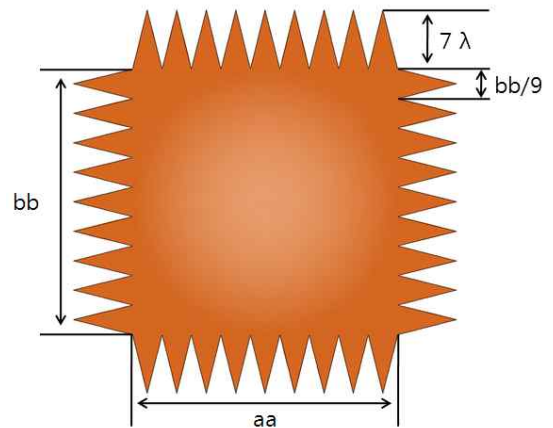
이다.

#### IV. 수치 계산 및 검토

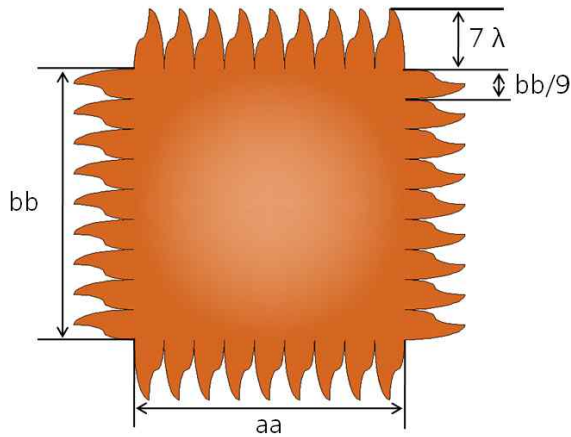
일반적으로 quiet zone의 크기는 반사판 크기의 80%가 사용되고, quiet zone의 균일 평면파에서 진폭 리플은  $\pm 0.5$  [dB], 위상 리플은  $\pm 5$  [deg] 이내의 오차 범위를 가져야 한다<sup>[7],[8],[9]</sup>. 이 오차 범위를 만족시키는 조건에서 기존 삼각형 구조의 서레이션과 본 논문에서 제안된 서레이션의 리플 특성을 확인한다.

##### 1. 반사판 크기 변화에 따른 패턴 변화

반사판의 크기를 변화시키며 기존 삼각형 구조의 서레이션과 본 논문에서 제안된 서레이션의 리플 특성을 비교한다. 서레이션 높이는  $7\lambda$ , 서레이션 개수는 9개, 관측 거리는  $64\lambda$ 로 동일한 조건에서 반사판의 크기를  $30\lambda \times 30\lambda$ ,  $40\lambda \times 40\lambda$ 로 변화 시키며 해석하였다. 서레이션의 개수가 9개로 동일할 때 반사판의 크기(aa × bb)가 커지면 서레이션의 폭은 넓어지게 된다. 그림 4는 반사판 크기 변화에 따른 반사판 구조를 나타낸다.

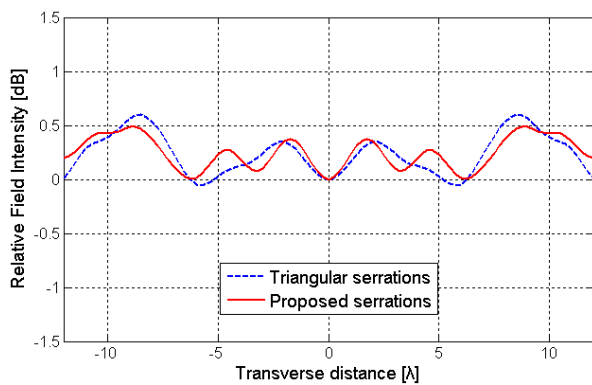


(a) 삼각형 구조의 서레이션이 포함된 반사판 구조  
(a) Structure of the reflector with the triangular serrations

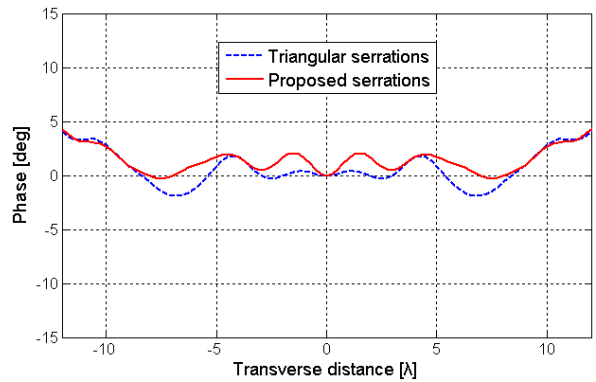


(b) 제안된 서레이션이 포함된 반사판 구조  
 (b) Structure of the reflector with the proposed serrations  
 그림 4. 반사판 크기 변화에 따른 반사판 구조  
 Fig. 4. Structure of the reflector with modulated the reflector size.

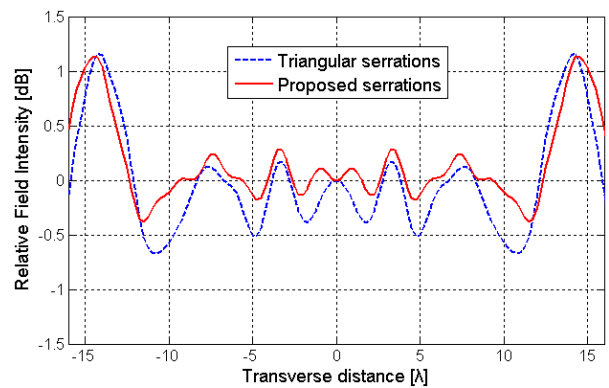
그림 5는 반사판 크기의 80%를 quiet zone으로 설정하여 삼각형 구조의 서레이션과 본 논문에서 제안된 서레이션의 진폭 및 위상 패턴을 나타낸다. 진폭 및 위상의 리플을 비교한 결과, 제안된 서레이션의 리플 특성이 기존 삼각형 구조의 서레이션보다 낮아지는 결과를 확인하였다. 표 1은 기존 삼각형 구조의 서레이션과 본 논문에서 제안된 서레이션의 반사판 크기 변화에 따른 리플 결과를 나타낸다. 이후의 해석 조건으로 반사판의 크기는 진폭 리플은  $\pm 0.5$  [dB], 위상 리플은  $\pm 5$  [deg] 이내의 오차 범위를 만족하는  $30\lambda \times 30\lambda$ 로 해석하도록 한다.



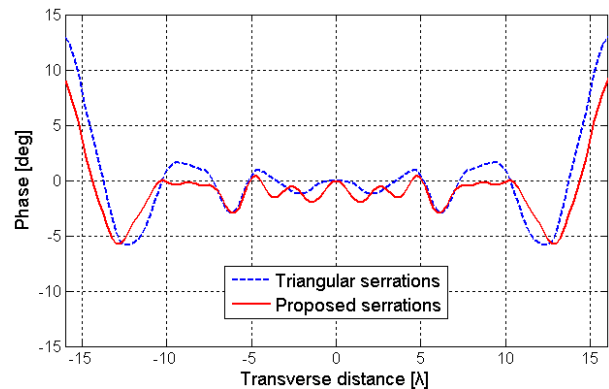
(a) 진폭 패턴(반사판 크기 =  $30\lambda \times 30\lambda$ )  
 (a) Amplitude patterns(reflector size =  $30\lambda \times 30\lambda$ )



(b) 위상 패턴(반사판 크기 =  $30\lambda \times 30\lambda$ )  
 (b) Phase patterns(reflector size =  $30\lambda \times 30\lambda$ )



(c) 진폭 패턴(반사판 크기 =  $40\lambda \times 40\lambda$ )  
 (c) Amplitude patterns(reflector size =  $40\lambda \times 40\lambda$ )



(d) 위상 패턴(반사판 크기 =  $40\lambda \times 40\lambda$ )  
 (d) Phase patterns(reflector size =  $40\lambda \times 40\lambda$ )

그림 5. 반사판 크기 변화에 따른 패턴  
 Fig. 5. Patterns of modulated the reflector size.

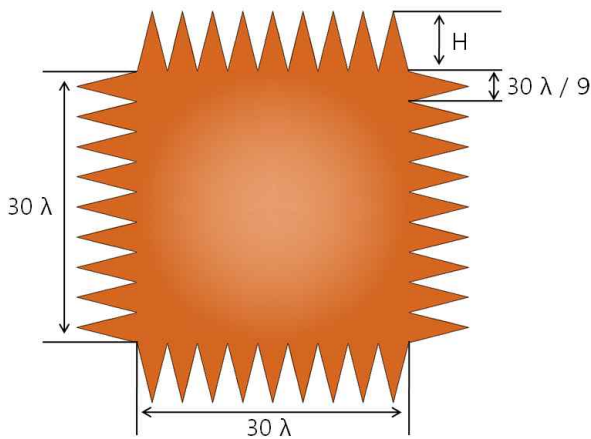
표 1. 반사판 크기 변화에 따른 리플

Table 1. Ripples of modulated the reflector size

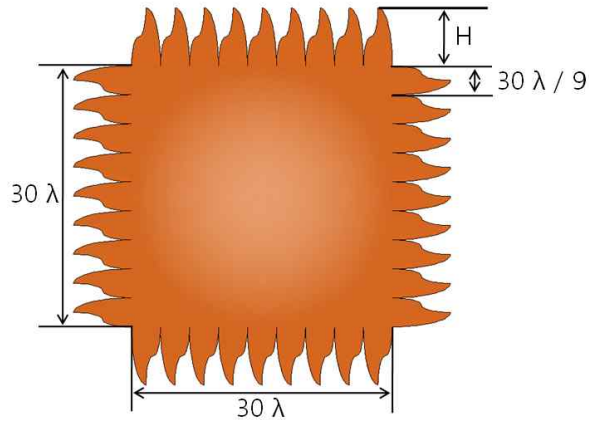
반사판 크기	진폭 리플 [dB]		위상 리플 [deg]	
	삼각형 구조	제안된 구조	삼각형 구조	제안된 구조
$30 \lambda \times 30 \lambda$	$\pm 0.33$	$\pm 0.24$	$\pm 2.97$	$\pm 2.28$
$40 \lambda \times 40 \lambda$	$\pm 0.91$	$\pm 0.88$	$\pm 9.38$	$\pm 7.39$

2. 서레이션 높이 변화에 따른 패턴 변화

삼각형 구조의 서레이션과 제안된 서레이션의 높이 변화에 따른 리플 특성을 확인하기 위하여 서레이션 높이를 제외한 모든 조건을 동일하게 주어 진폭 및 위상 패턴을 확인한다. 회절 진계를 해석하기 위한 동일한 조건으로 반사판 크기는  $30 \lambda \times 30 \lambda$ , 서레이션의 개수는 9개, 관측 거리는  $64 \lambda$ 이다. Quiet zone의 크기는 반사판 크기의 80%로 설정하여 삼각형 구조의 서레이션과 제안된 서레이션의 높이를  $4 \lambda$ ,  $7 \lambda$ ,  $10 \lambda$ 로 변화시키며 해석하였다. 그림 6은 삼각형 구조의 서레이션과 제안된 서레이션 높이 H를 변수로 하여 반사판의 크기가  $30 \lambda \times 30 \lambda$ 인 반사판의 구조를 나타내고, 그림 7은 높이 변화에 따른 패턴을 나타낸다.



(a) 삼각형 구조의 서레이션이 포함된 반사판 구조  
(a) Structure of the reflector with the triangular serrations

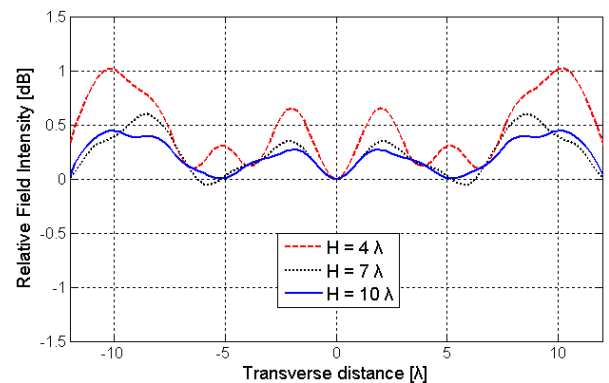


(b) 제안된 서레이션이 포함된 반사판 구조  
(b) Structure of the reflector with the proposed serrations

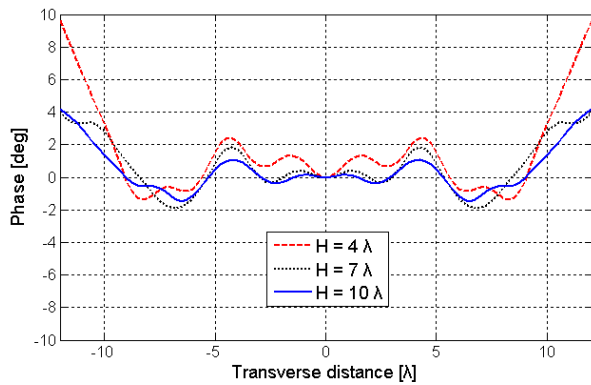
그림 6. 서레이션의 높이 변화에 따른 반사판 구조

Fig. 6. Structure of the reflector with height modulated serrations.

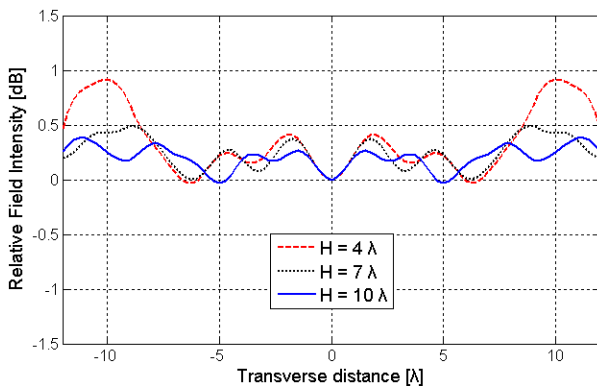
진폭 및 위상의 리플을 비교한 결과, 두 구조의 서레이션은 높이가 높아질수록 리플이 낮아지는 결과를 보였고, 본 논문에서 제안된 서레이션의 리플 특성이 기존 삼각형 구조의 서레이션보다 리플이 낮게 나타는 결과를 확인하였다. 하지만 서레이션의 높이는 무한히 높일 수 없기 때문에 이후의 해석 조건으로 서레이션 높이는 CATR의 크기를 고려하여 반사판 크기의 1/4 이내인  $7 \lambda$ 로 해석한다. 높이 변화에 따른 리플 결과는 표 2에 나타내었다.



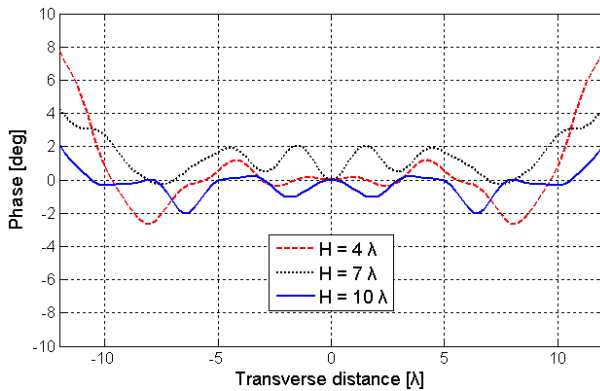
(a) 삼각형 서레이션의 진폭 패턴  
(a) Amplitude patterns of the triangular serrations



(b) 삼각형 서레이션의 위상 패턴  
(b) Phase patterns of the triangular serrations



(c) 제안된 서레이션의 진폭 패턴  
(c) Amplitude patterns of the proposed serrations



(d) 제안된 서레이션의 위상 패턴  
(d) Phase patterns of the proposed serrations

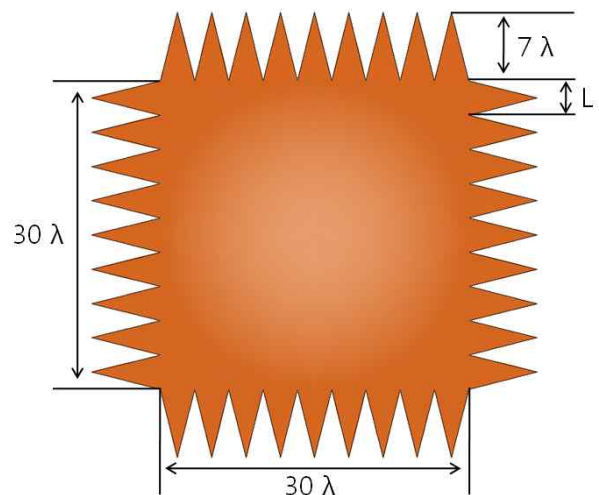
그림 7. 서레이션의 높이 변화에 따른 패턴  
Fig. 7. Patterns of the height modulated serrations.

표 2. 서레이션의 높이 변화에 따른 리플  
Table 2. Ripples of the height modulated serrations.

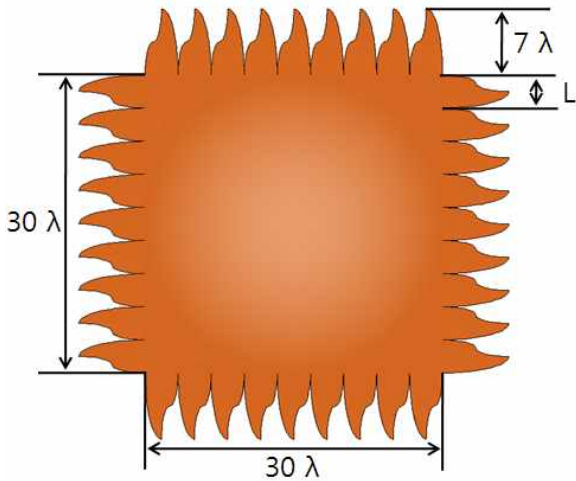
서레이션 높이(H)	진폭 리플 [dB]		위상 리플 [deg]	
	삼각형 구조	제안된 구조	삼각형 구조	제안된 구조
4 λ	± 0.51	± 0.47	± 5.50	± 5.20
7 λ	± 0.33	± 0.24	± 2.97	± 2.27
10 λ	± 0.22	± 0.20	± 2.84	± 2.05

### 3. 서레이션의 개수 변화에 따른 패턴 변화

기존 삼각형 구조의 서레이션과 제안된 서레이션의 개수 변화에 따른 리플 특성을 확인하기 위하여 서레이션 개수를 제외한 모든 조건을 동일하게 주어 진폭 및 위상 패턴을 확인한다. 반사판의 크기는 변하지 않고 서레이션의 개수가 많아지면 서레이션의 폭은 좁아지게 된다. 회절 전계를 해석하기 위한 동일한 조건으로 반사판 크기는  $30\lambda \times 30\lambda$ , 서레이션의 높이는  $7\lambda$ , 관측 거리는  $64\lambda$ 이다. Quiet zone의 크기는 반사판 크기의 80%로 설정하여 삼각형 구조의 서레이션과 제안된 서레이션의 개수를 7개, 9개, 11개로 변화시키며 해석하였다. 그림 8은 삼각형 구조의 서레이션과 제안된 서레이션 개수를 변수로 하여 반사판의 크기가  $30\lambda \times 30\lambda$ 인 반사판의 구조를 나타내고, 그림 9는 개수 변화에 따른 패턴을 나타낸다.

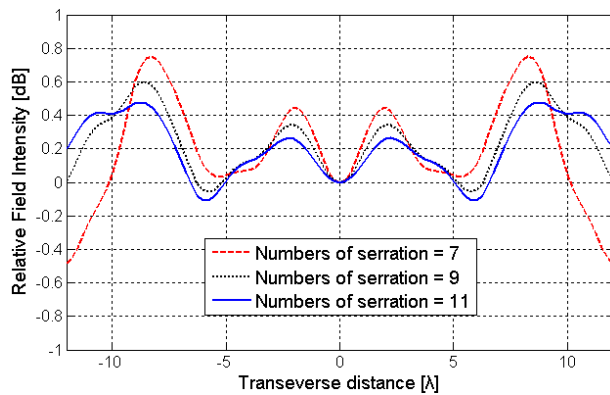


(a) 삼각형 구조의 서레이션이 포함된 반사판 구조  
(a) Structure of the reflector with the triangular serrations

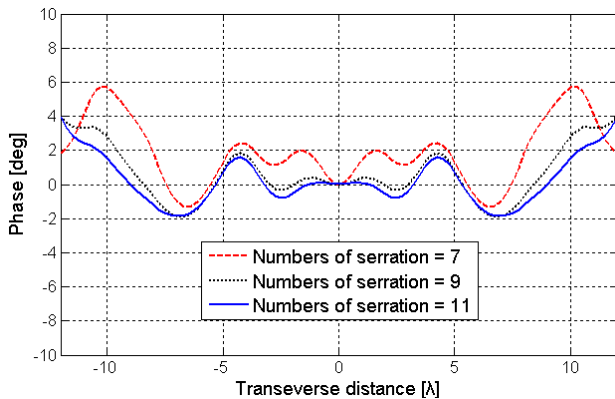


(b) 제안된 서레이션이 포함된 반사판 구조  
 (b) Structure of the reflector with the proposed serrations

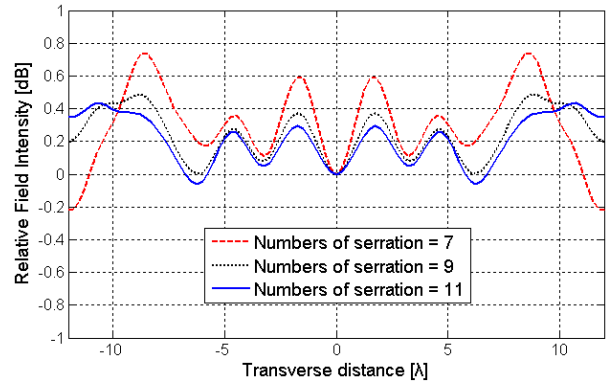
그림 8. 서레이션의 개수 변화에 따른 반사판 구조  
 Fig. 8. Structure of the reflector with the variation of the serration numbers.



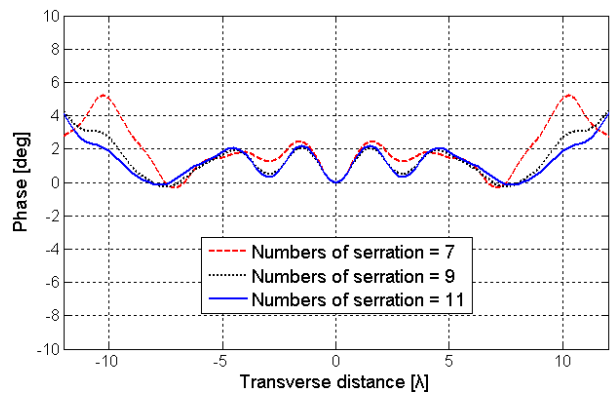
(a) 삼각형 서레이션의 진폭 패턴  
 (a) Amplitude patterns of the triangular serrations



(b) 삼각형 서레이션의 위상 패턴  
 (b) Phase patterns of the triangular serrations



(c) 제안된 서레이션의 진폭 패턴  
 (c) Amplitude patterns of the proposed serrations



(d) 제안된 서레이션의 위상 패턴  
 (d) Phase patterns of the proposed serrations

그림 9 서레이션의 개수 변화에 따른 패턴  
 Fig. 9. Patterns by variation of the serration numbers.

진폭 및 위상의 리플을 비교한 결과, 본 논문에서 제안된 서레이션의 리플 특성이 기존 삼각형 구조의 서레이션보다 낮게 나타남을 확인하였다. 높이 변화에 따른 리플 결과는 표 3에 나타내었다.

표 3. 서레이션 개수 변화에 따른 리플  
 Table 3. Ripples of the variation of the serration numbers.

서레이션 개수	진폭 리플 [dB]		위상 리플 [deg]	
	삼각형 구조	제안된 구조	삼각형 구조	제안된 구조
7 개	± 0.62	± 0.47	± 3.54	± 2.76
9 개	± 0.33	± 0.24	± 2.97	± 2.27
11 개	± 0.29	± 0.24	± 2.90	± 2.14



## V. 결 론

본 논문에서는 CATR의 반사판 가장자리에서 발생되는 회절 전계를 줄이기 위하여 기존 삼각형 구조를 비대칭적으로 변형시킨 새로운 구조를 제안하였다. 반사판의 크기, 서레이션 높이, 서레이션 개수를 변화시키며 해석한 결과, 제안된 서레이션의 리플 특성은 기존 삼각형 구조의 서레이션보다 리플이 낮아지는 결과를 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안된 구조의 서레이션은 기존 서레이션의 구조와 리플 특성을 비교했을 때 진폭 및 위상 리플이 모두 개선되어 CATR의 회절 전계를 줄이기 위한 서레이션 구조로 사용 가능할 것이다.

Region Field of a Compact Antenna Test Range with Serrated Edges", *IEE Proc.*, vol. 133, no. 2, pp. 108 - 114, Apr. 1986.

- [7] J. Hartmann and D. Fasold, "Improvement of Compact Range by Design of Optimized Serrations", *Proc. AP2000 Millennium Conference on Antennas & Propagation*, Davos, Switzerland, 2000.
- [8] <http://www.aero-microwave.com>, "2004 Satellite Antenna Testing"
- [9] [http://www.elec.qmul.ac.uk/research/projects/tri-reflector\\_catr.html](http://www.elec.qmul.ac.uk/research/projects/tri-reflector_catr.html)

## 참 고 문 헌

- [1] W. H. Kummer and E. S. Gillespie, "Antenna Measurements-1978", *Proc. IEEE*, vol. 66, no. 4, pp. 483-507, Apr. 1978.
- [2] C. G. Parini and M. Philippakis, "Compact Antenna Test Range Reflector Edge Treatment", *Proc. Electronics Letters*, vol. 32, no. 2, pp. 82-83, Jan. 1996.
- [3] C. G. Parini and M. Philippakis, "Use of Quiet Zone Prediction in the Design of Compact Antenna Test Ranges", *Proc. IEE Microwaves, Antennas & Propagation*, vol. 143, no. 3, pp. 193 - 199, Jun. 1996.
- [4] P. Siddaiah and P. V. Subbaiah, "Performance of Compact Antenna Test Range Reflectors Employing Width and Height Modulated Triangular Serrations", *Journal of the Institution of Engineers-ET*, vol. 84, pp. 38-41, Jul. 2003.
- [5] T. V. R. Krishna, P. Siddaiah, and B. P. Rao, "Performance Comparison Between Nonidentical Segmented Exponential Concave and Nonidentical Segmented Exponential Convex Serrated CATRs", *International Journal of Antennas and Propagation*, vol. 2008, Article ID 756060, 6 pages, 2008.
- [6] P. A. Beekman, "Prediction of the Fresnel

저자 소개

최 동 원(준회원)



- 2008년 : 단국대학교 전자공학과 (공학사)
- 2008년 ~ 현재 : 단국대학교 전자전기공학과 석사과정

<주관심분야> : 안테나 및 전파전파

최 학 근(종신회원)



- 1979년 : 고려대학교 전자공학과 (공학사)
- 1981년 : 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1988년 : 고려대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1991년 ~ 현재 : 단국대학교 전자공학과 교수

• 2006년 ~ 현재 : 단국대학교 공학교육혁신센터장  
 • 1989년 ~ 현재 : (주) 하이게인 안테나 기술고문  
 <주관심분야> : 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로

박 재 현(준회원)



- 1997년 : 단국대학교 전자공학과 (공학사)
- 1999년 : 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2009년 ~ 현재 : 단국대학교 전자전기공학과 박사과정

<주관심분야> : 안테나 및 전파전파

임 성 빈(정회원)



- 1988년 : 단국대학교 전자공학과 (공학사)
- 1993년 : 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2007년 : 단국대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1994년 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 책임연구원

<주관심분야> : 안테나 및 전파전파, 위성 시스템의 EMC 설계

최 근 경(정회원)



- 1988년 : 영남대학교 경영대학원 행정학과 졸업
- 2009년 : 공군중령 전역(정보통신)
- 2008년 ~ 현재 : 아주대학교 일반대학원 NCW공학과 박사과정
- 2009년 ~ 현재 : (주)LIG 넥스원 C4I사업부 부장

<주관심분야> : 위성통신 시스템/데이터링크, 안테나, 전술통신 시스템 등