

컴팩트 안테나 테스트 레인지용 경면수정 오프셋 복반사경 시스템의 설계

Design of Offset Dual-Shaped Reflector Systems for Compact Antenna Test Range

노성민·최학근·임성빈*

Sung-Min Noh · Hak-Keun Choi · Sung-Bin Lim*

요약

경면수정 오프셋 그레고리안 반사경 안테나는 고이득, 저 사이드로브 특성 때문에 위성 통신 시스템에 널리 사용되고 있다. 그러나 본 논문에서는 CATR(Compact Antenna Test Region)을 위한 반사경 시스템으로 설계하고 그 근접 전계 특성을 조사하였다. CATR은 시험 영역에 진폭과 위상 리플이 작고 교차 편파가 낮은 균일 평면파를 제공하여야 한다. 따라서 근접 전계를 개구면의 전력 분포, 급전 혼의 복사 패턴, 개구면과 시험 영역까지의 거리 변화에 따라 계산하여 나타냈다. 또한, 30 GHz에서 동작하는 경면수정 오프셋 복반사경을 제작하고 근접 전계를 측정하였다. 그 결과, 측정치와 계산치가 비슷하게 나타났다. 이로서 본 논문에서 설계된 경면수정 오프셋 복반사경은 컴팩트 안테나 테스트 레인지로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

Abstract

Gregorian offset dual-shaped reflector antennas have been widely used in the satellite communication systems for their high gain and low sidelobe characteristics. However, in this paper, it is designed as the CATR(Compact Antenna Test Range) reflector system, and its near-field characteristics are investigated. The CATR facility needs to provide a uniform plane wave with the minimum amplitude and phase ripple and the low cross polarization to the test region. Therefore, the reflector near-field patterns are calculated and presented with the variations of the aperture power distribution, the feed horn pattern, and the distance from the aperture to the test zone. Also, the offset dual-shaped reflector is fabricated at 30 GHz, and its near-field patterns are measured. The measured results are in good agreement with the calculated results. From these results, we confirm that the designed offset dual-shaped reflector can be used as the reflector system for the compact antenna test range.

Key words : CATR, Plane Wave, Near Field, Gregorian, Reflector

I. 서론

이미 세계 각국은 인공위성을 통한 신속한 정보 교환 및 무한한 잠재력을 가지고 있는 우주 개발을 위하여 많은 투자를 하고 있다. 이러한 세계적인 추

세에 따라 우리나라도 우주 기술이 미래의 첨단 산업을 주도할 핵심 기술로 인식하고 위성 시스템의 독자 개발에 박차를 가하고 있다. 현재 개발이 진행되고 있는 통신 탑재 위성 시스템은 고효율 및 고이득 안테나가 탑재되어, 발사 이전에 지상에서 그의

「본 논문은 항공우주연구원의 다목적실용위성 5호 프로그램에 의하여 지원되었음.」

단국대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Dankook University)

*한국항공우주연구원(Korean Aerospace Research Institute)

· 논문 번호 : 20080108-003

· 수정완료일자 : 2008년 2월 15일

성능을 충분히 검증해야 한다. 통신위성용 안테나의 복사 패턴을 정밀하게 측정하기 위해서는 수십에서 수천 킬로미터 길이의 테스트 레인지가 필요하다. 테스트 레인지가 길면 외부의 복잡한 RF 환경에 노출되어 정밀한 측정이 어렵게 되고, 기후의 변화에 따른 영향을 받게 된다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 외부 환경으로부터 영향을 받지 않으면서 전파 흡수체로 둘러 쌓인 콤팩트 안테나 테스트 레인지(CATR: Compact Antenna Test Range)가 개발되어 왔다^{[1],[2]}.

CATR은 안테나 복사 패턴이나 산란 패턴을 제한된 공간의 실내에서 측정할 수 있도록 한다^{[3],[4]}. 이는 진폭이 일정한 균일 평면파가 필요하고, 교차 편파가 거의 존재하지 않는 시험 영역(test region)이 요구되며, 그 성능은 반사경 시스템의 적합한 설계를 통하여 개선할 수 있다^[5]. CATR은 초기에 반사경 시스템의 중심에 급전 혼이 놓이게 되는 파라볼라 반사경이 사용되었으나, 현재는 급전 혼의 블로킹을 피하기 위하여 오프셋 파라볼라 반사경(offset parabola reflector)이 사용되고 있다^[6]. 오프셋 파라볼라 반사경은 구조가 간단하나 급전 혼에 의하여 복사된 구면파가 반사경 표면에 있는 점들에 대하여 경로 길이가 다른 공간 감쇠로 인하여 진폭 테이퍼가 나타나고 교차 편파가 생성된다.

최근에는 두 장의 반사경으로 구성된 오프셋 복 반사경(offset dual reflector) 구조를 사용하여 오프셋 단일 반사경 구조에서 나타나는 문제점을 해결하고 있다. 이 구조는 주 반사경의 크기에 가까운 시험 영역을 가지며, 진폭 테이퍼^{[7],[8]}와 교차 편파를 작게 할 수 있다. 교차 편파는 주 반사경의 축을 기준으로 부 반사경의 축을 기울임으로써 줄일 수 있다^{[9]~[12]}. 급전 혼에서 복사된 전계는 부 반사경과 주 반사경 테두리에서 회절되어 시험 영역에 리플과 진폭테이퍼를 증가시켜 안테나 측정에 오차를 발생시킨다. 이러한 문제는 해결하기 연구로 오프셋 복반사경 구조에 경면수정 이론^{[13]~[16]}을 적용한 이중 챔버용 경면수정 오프셋 복반사경 시스템이 이론적으로 연구된 바가 있다^[17].

본 논문에서는 위성 통신용 반사경 안테나 설계에 주로 적용되는 경면수정 이론을 CATR용 반사경 설계에 적용하여 경면수정 오프셋 복반사경 시스템

을 설계 제작하고, 근접 전계를 측정하여 이론치와 비교하여 나타낸다. 또한, 표준형 오프셋 복반사경과 경면수정 오프셋 복반사경의 근접 전계를 시험 영역의 평면파 영역에 영향을 줄 수 있는 개구면 크기, 급전 혼의 테이퍼, 개구면 전력 분포 및 관측점 위치에 따라 계산하여 설계에 이용할 수 있는 데이터를 제시한다.

II. 복반사경의 구조

CATR을 위한 복반사경 시스템은 그레고리안(gregorian) 형태의 오프셋 복반사경 형태를 갖고 있으며, 이는 포물면으로 구성된 주 반사경과 타원면으로 구성된 부 반사경 그리고 급전 혼으로 구성된다. 이는 급전 혼으로부터 오는 구면파를 부 반사경에서 반사시켜 주 반사경의 초점에서 나오는 구면파처럼 변환시켜 주고 주 반사경에서 다시 반사되어 평면파로 변환되는 원리를 이용한다.

그림 1은 오프셋 그레고리안 복반사경 시스템의 기하학적 구조를 보여준다. 여기서 F 는 주 반사경의 초점 길이, D 는 주 반사경 개구면의 직경, h 는 오프셋 높이, θ_c 는 최대 빔 각이고, F_s 는 부 반사경의 초점 길이이다. 그림 1은 교차 편파 소거 조건을 적용한 오프셋 복반사경의 구조로서 부 반사경의 축 Z_s 는 주 반사경의 회전 대칭축 Z 에 대하여 β 만큼 어긋나 있고, 급전 혼의 중심축 Z_c 는 부 반사경의 회전축 Z_s 에 대하여 α 만큼 기울어져 있으며, 이는 다음 식을 만족해야 한다^[16].

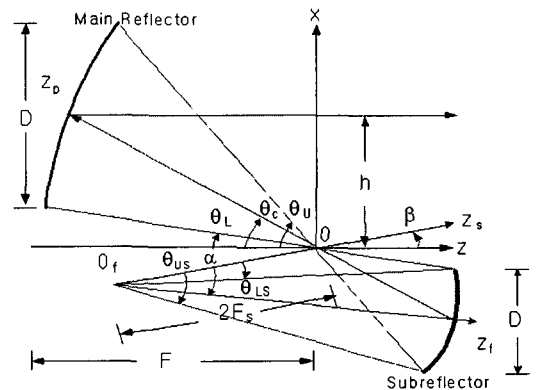


그림 1. 그레고리안 오프셋 복반사경의 구조
Fig. 1. Geometry of gregorian offset dual reflector.

$$\tan \alpha = \frac{(1 - e^2) \sin \beta}{(1 + e^2) \cos \beta - 2e} \quad (1)$$

여기서 e 는 부 반사경의 이심률이다.

III. 근접 전계 해석

시험 영역의 근접 전계는 급전 혼으로부터 오는 구면파에 의해 부 반사경에 유기되는 전류 밀도를 구하고, 이 전류 밀도에 의하여 부 반사경에서 산란되는 전자계를 구한 다음, 이것에 의해 다시 주 반사경에 유기되는 전류 밀도를 구함으로써 얻어진다. 이 때, 부 반사경의 전계 또한 부 반사경의 유기 전류 밀도에 대한 이중 적분으로 주어져 결과적으로 복반사경의 필드는 4중 적분이 되어 계산 시간이 매우 오래 걸린다. 따라서 여기서는 부 반사경의 전계를 반사 법칙에 의해 구함으로써 부 반사경 전계의 계산 시간을 단축할 수 있도록 했다.

급전 혼의 전계를 E_f 라 할 때, 부 반사경의 한 점 s 에 의한 산란 전계는 다음의 반사 법칙에 의하여 구할 수 있다.

$$E_p = 2(\hat{n}_s \cdot E_f) \hat{n}_s - E_f \quad (2)$$

여기서 \hat{n}_s 는 부 반사경에서의 법선 단위 벡터이다.

주 반사경의 근접 전계는 복반사경 시스템의 주 반사경 표면에 유기되는 전류를 구하여 계산할 수 있다. 주 반사경 표면에 유기된 전류 밀도를 J_m 이라 할 때, 이에 의해 복사되는 근접 전계는 다음과 같이 표현할 수 있다^[18].

$$E(r) = -j\omega\mu \int_s [J_m G(R) + 1/k^2 \cdot (J_m \cdot \nabla) \nabla G(R)] d\Sigma \quad (3)$$

$$G(R) = \frac{e^{-jkR}}{4\pi R} \quad (4)$$

$$(J_m \cdot \nabla) \nabla G(R) = \left[-k^2 (J_m \cdot \hat{R}) \hat{R} + \frac{3}{R} \cdot \left(jk + \frac{1}{R} \right) (J_m \cdot \hat{R}) \hat{R} - \frac{1}{R} \left(jk + \frac{1}{R} \right) J_m \right] G(R) \quad (5)$$

이고, Σ 는 반사경 표면, R 은 주 반사경 표면의 한 점과 관측점 사이의 거리이다.

주 반사경 표면에 유기되는 전류 밀도 J_m 은 물리광학 근사에 의하여 다음 식으로 구해진다^[18].

$$J_m = 2 \hat{n}_m \times H_p \quad (6)$$

여기서 \hat{n}_m 은 주 반사경의 법선 단위 벡터이고, H_p 는 부 반사경에 의한 산란 자계이다.

표준형 복반사경의 경우, 급전 혼의 전력 분포 특성에 따라 반사경의 급전 전계에 리플 성분 및 진폭 테이퍼가 크게 나타나기 때문에 콤팩트 안테나 테스트 레인지에 직접 적용하는 것은 바람직하지 않다. 그렇기 때문에 급전 혼에서 복사된 모든 파들이 반사경의 개구면에서 동위상을 이루고, 주어진 전력 분포를 이루도록 반사경의 경면을 수정하게 된다.

반사경의 경면수정은 주 반사경에 도달되는 모든 광선의 위상이 동일하게 되기 위해서는 급전 혼에서부터 개구면에 이르는 광로장이 일정해야 한다는 광로장 조건, 급전 혼에서 복사되는 에너지는 부 반사경과 주 반사경에 모두 전달된다는 에너지 보존 법칙, 동일한 경로 길이 조건이 성립하면서 반사경으로 입사하는 전파의 입사각과 그 위치에서 반사하는 전파의 반사각은 같다는 스넬의 반사 법칙에 기초하여 이루어지며, 반사경의 개구면 전력 분포와 급전 혼의 전력 패턴이 주어지면 오프셋 경면수정 복반사경 시스템을 설계할 수 있다^[16].

IV. 수치 계산 및 검토

여기서는 초점과 오프셋 높이가 다른 구조에 대하여 근접 전계를 계산하고, 급전 혼의 전력 패턴과 주 반사경의 개구면 전력 분포 및 개구면과 관측점 사이의 거리에 따른 근접 전계를 계산하고 비교하여 그 성능을 확인한다.

4.1 표준형 오프셋 복반사경과 경면수정 오프셋 복반사경의 비교

그림 2는 경면수정을 수행하기 위한 개구면의 전력 분포를 나타낸다. 개구면의 전력은 ρ_{max} 까지 균일하게 유지되고 그 이후는 가우시안 분포를 갖는다.

그림 3은 표준형 오프셋 복반사경과 경면수정 오프셋 복반사경의 근접 전계를 해석한 결과이다. 경면수정 오프셋 복반사경의 경우, 급전 혼의 복사 전력

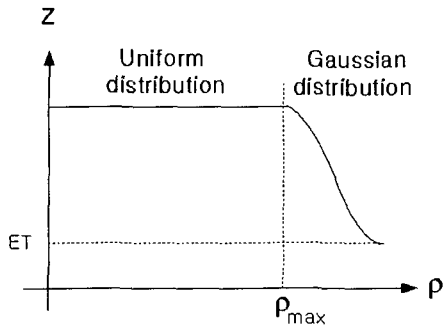
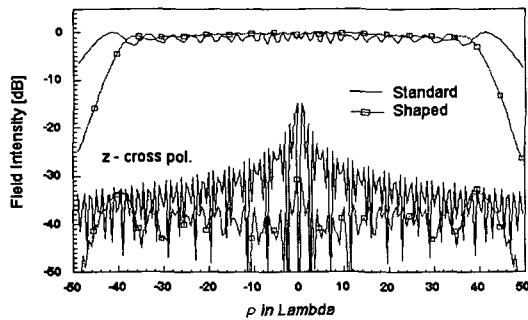
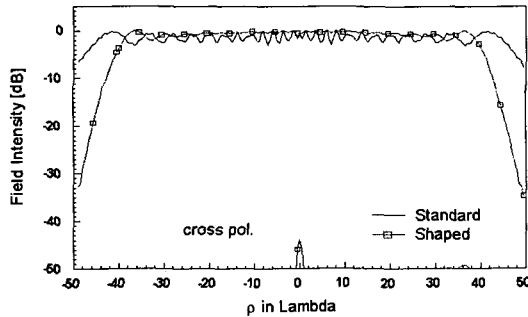


그림 2. 개구면 전력 분포
Fig. 2. Aperture power distribution.



(a) 수직 패턴
(a) Vertical patterns



(b) 수평 패턴
(b) Horizontal patterns

그림 3. 표준형과 경면수정 반사경의 근접 전계
Fig. 3. Near field patterns of standard and shaped reflector.

은 부 반사경 테두리에서 $ET_f=20$ dB 테이퍼를 갖는 것으로 하고, 개구면의 전력 분포는 $\rho_{max}=46 \lambda$, Edge Taper $ET=20$ dB을 적용하였다. 표준형의 경우, 급전 혼의 전력 분포는 $\cos^n \theta (n=2)$ 패턴을 이용하였다. 그림 3에서 경면수정 오프셋 복반사경의 리

플이 현저하게 작게 나타남을 확인할 수 있다. 수직 패턴의 경우, 축방향(z-방향) 편파 성분은 경면수정 오프셋 복반사경이 -33 dB 정도로 표준형에 비하여 약 17 dB 이상 낮게 나타남으로서 경면수정 오프셋 복반사경의 성능이 우수한 것을 알 수 있다.

4.2 기하학적 구조에 따른 근접 전계의 비교

여기서는 경면수정 오프셋 복반사경의 기하학적 구조에 따른 복사 패턴을 고찰한다.

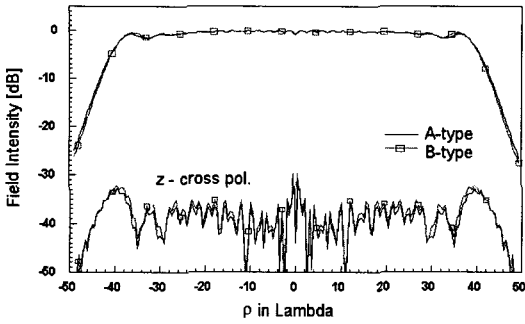
표 1은 경면수정 오프셋 복반사경의 구조 변화에 따른 제원을 보여준다. 구조 A와 구조 B는 오프셋 높이가 초점 거리에 비하여 크고 구조 C는 동일하다. 여기서 구조 A는 구조 B에 비하여 상대적으로 오프셋 높이 및 초점 거리가 크고, 구조 C의 초점 거리는 구조 B와 동일한 반면 오프셋 높이를 초점 거리와 동일한 구조를 갖도록 했다.

그림 4는 구조 A와 구조 B에 따른 근접 전계의 수직 및 수평 패턴을 보여준다. ρ_{max} 는 46λ 이고, 관측점의 거리는 $Z=100 \lambda$ 이다. 진폭 성분은 두 가지 경우에 대하여 뚜렷한 차이를 보이지 않고 있으나, 교차 편파 성분은 구조 A가 3 dB 정도 낮게 나타났다. 여기서 구조 A의 오프셋 높이는 구조 B에 비하여 10λ 크다.

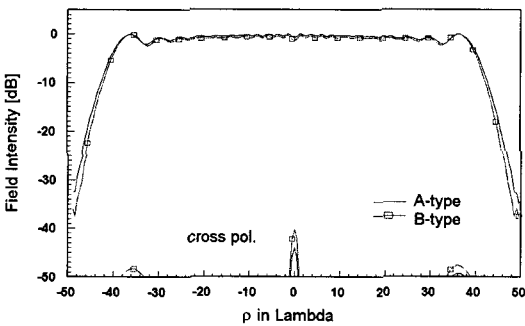
그림 5는 구조 B와 구조 C의 형상에 따른 근접 전계의 수직 및 수평 패턴을 보여준다. 구조 C는 구조 B에 비하여 수직 패턴의 경우, 축방향(z-방향) 편파

표 1. 경면수정 오프셋 복반사경의 제원
Table 1. Structure of offset dual-shaped reflector.

	항 목	구조 A	구조 B	구조 C
주 반사경	개구면 직경(D)	100λ	100λ	100λ
	초점 거리(F)	86λ	78λ	79λ
	오프셋 높이(h)	98λ	88λ	80λ
	오프셋 각(θ_o)	56.30°	55.19°	50.20°
부 반사경	최대빔 방향(θ_m)	59.35°	58.85°	53.71°
	이심률	0.42	0.48	0.48
	초점 거리	50λ	62λ	50λ
	급전혼 경사각	14.22°	9.601°	8.52°
부 반사경 축	틸트각	33.96°	26.88°	23.94°



(a) 수직 패턴
(a) Vertical patterns



(b) 수평 패턴
(b) Horizontal patterns

그림 4. 구조 A와 구조 B의 근접 전계($\rho_{max}=46 \lambda$, $Z=100 \lambda$)

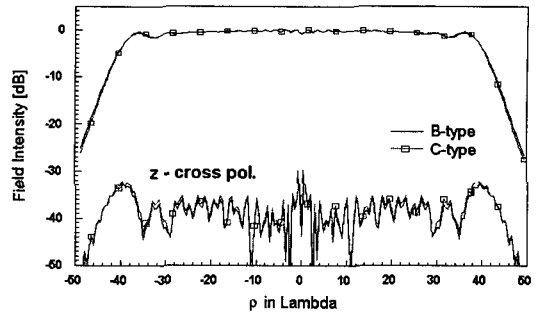
Fig. 4. Near field patterns of structure A and B ($\rho_{max}=46 \lambda$, $Z=100 \lambda$).

성분이 1 dB 정도 높게 나타났고, 수평 패턴의 경우, 교차 편파 성분은 4 dB 정도 낮게 나타났다.

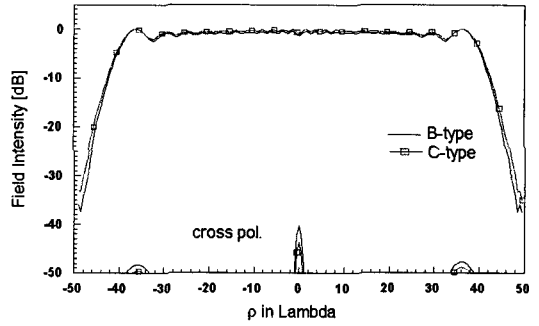
4-3 개구면 전력 분포에 따른 근접 전계

여기서는 경면수정 오프셋 복반사경의 개구면 전력 분포에 따른 근접 전계의 패턴을 고찰한다.

그림 6은 구조 C에 대한 개구면 전력 분포가 $\rho_{max}=44, 46$ 및 48λ 의 경우에 대한 근접 전계의 수직 및 수평 패턴을 보여주고 있다. 관측점은 개구면으로부터 $Z=150 \lambda$ 떨어진 위치에 있다. 그림 6에서 보여주듯이 근접 전계의 진폭 성분은 균일 분포 ρ_{max} 가 작을수록 리플이 낮고, ρ_{max} 가 클수록 높게 나타났다. 수직 패턴의 경우, 근접 전계의 축방향(z-방향) 편파 성분은 $\rho_{max}=46 \lambda$ 인 경우 가장 낮게 나타났다. 수평 패턴의 교차 편파 성분은 진폭 성분과 마찬가지로 균일 분포가 작을수록 낮게 나타났다.



(a) 수직 패턴
(a) Vertical patterns



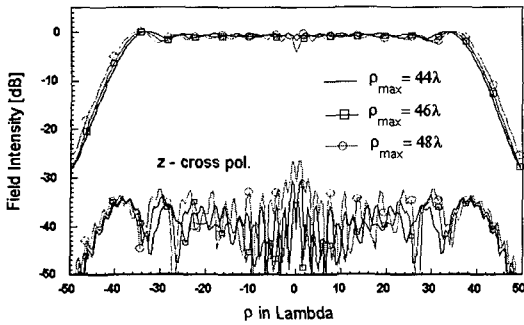
(b) 수평 패턴
(b) Horizontal patterns

그림 5. 구조 B와 구조 C의 근접 전계($\rho_{max}=46 \lambda$, $Z=100 \lambda$)

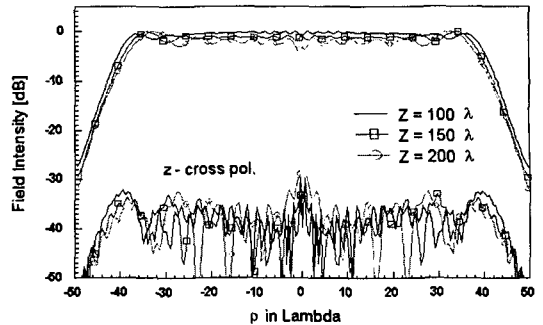
Fig. 5. Near field patterns of structure B and C ($\rho_{max}=46 \lambda$, $Z=100 \lambda$).

그림 6(a)에서 수직 패턴의 진폭 성분의 리플은 ρ_{max} 이 44λ 와 46λ 의 경우 근사적으로 ± 1 dB 이 내인 반면 $\rho_{max}=48 \lambda$ 인 경우는 ± 2 dB 이내를 보여 준다. 수직 패턴의 축방향(z-방향) 편파 성분은 $\rho_{max}=46 \lambda$ 의 경우 -35 dB 이하를 보인 반면, $\rho_{max}=44 \lambda$ 와 48λ 의 경우는 각각 -31 dB와 -27 dB를 보여 준다. 그림 6(b)에서 수평 패턴의 진폭 성분은 수직 패턴과 유사하게 나타났고, 교차 편파 성분은 $\rho_{max}=44 \lambda$ 의 경우 -42 dB 이하, $\rho_{max}=46 \lambda$ 와 48λ 의 경우는 각각 -36 dB와 -32 dB를 보였다.

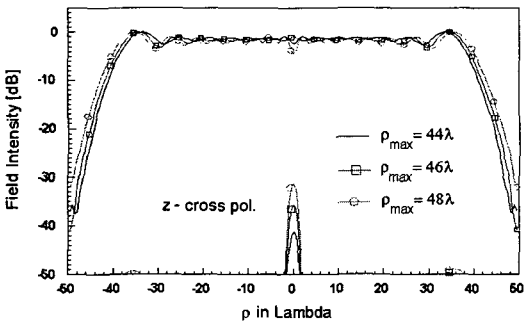
근접 전계의 성능 향상을 위하여 구조에 따라 적합한 개구면의 전력 분포 ρ_{max} 를 선택할 수 있다. 균일 분포 영역 ρ_{max} 이 낮은 경우, 가장자리에서의 전력 분포가 낮아지므로 근접 전계의 리플 성분이 낮게 유지되지만, 경면수정 결과에 따라 교차 편파가 상대적으로 높아지는 것을 알 수 있다.



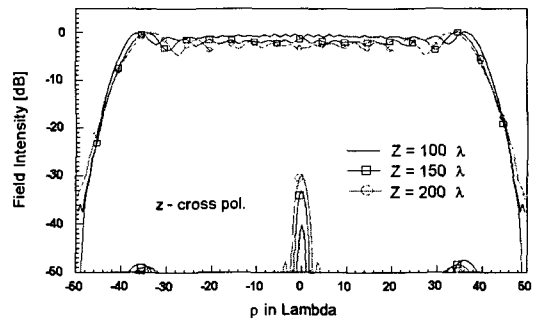
(a) 수직 패턴
(a) Vertical patterns



(a) 수직 패턴
(a) Vertical patterns



(b) 수평 패턴
(b) Horizontal patterns



(b) 수평 패턴
(b) Horizontal patterns

그림 6. 구조 C의 개구면 전력 분포 변화에 따른 근접 전계($Z=150 \lambda$)

Fig. 6. Near field patterns of structure C for various aperture power distributions($Z=150 \lambda$).

그림 7. 구조 B의 관측점 위치 변화에 따른 근접 전계($\rho_{max}=46 \lambda$)

Fig. 7. Near field patterns of structure B for various distances from aperture to plane wave zone ($\rho_{max}=46 \lambda$).

4-4 관측점 위치 변화에 따른 근접 전계

관측점 위치 변화에 따른 해석은 시험 영역의 길이를 결정하는데 중요하다. 여기서는 개구면으로부터 거리에 따른 근접 전계 패턴의 특성을 고찰한다.

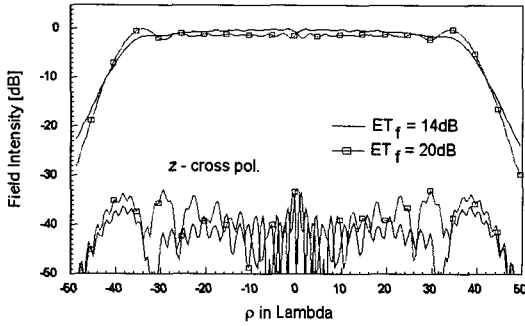
그림 7은 구조 B의 개구면 전력 분포 $\rho_{max}=46 \lambda$ 일 때, 개구면으로부터 $Z=100, 150, 200 \lambda$ 떨어진 거리에서의 근접 전계 패턴을 보여준다. 그림 7(a)에서 근접 전계의 수직 패턴의 진폭 성분은 $Z=100 \lambda$ 의 경우 리플이 가장 낮게 나타났다. $Z=100 \lambda$ 와 $Z=200 \lambda$ 의 위치에서 약 0.8 dB 이내의 테이퍼가 생겼고, $Z=150 \lambda$ 에서는 나타나지 않았다. 수직 패턴의 축방향(z-방향) 편파 성분은 $Z=150 \lambda$ 에서 가장 낮은 -33 dB를 보였으며, $Z=100 \lambda$ 와 $Z=200 \lambda$ 의 경우에는 각각 -28 dB와 -27 dB를 보였다. 그림 7(b)에서 근접 전계의 수평 패턴의 진폭 성분은 $Z=100 \lambda$ 의 경우 리플이 가장 낮았고, $Z=150 \lambda$ 와 200λ 의 경우는 중심

에서 멀어질수록 리플이 커지고 있다. 교차 편파 성분은 $Z=100 \lambda$ 에서 가장 낮은 -40 dB를 보였으며, $Z=150 \lambda$ 와 $Z=200 \lambda$ 의 경우에는 각각 -33 dB와 -30 dB를 보였다.

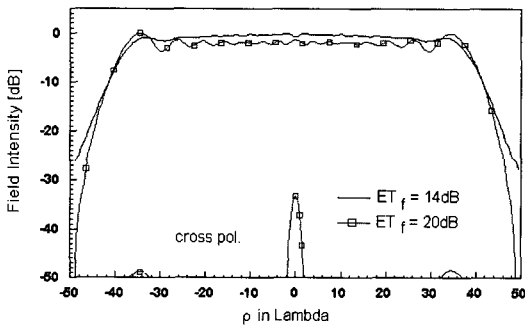
4-5 급전 혼의 전력 패턴에 따른 근접 전계

급전 혼의 전력 패턴은 근접 전계에 많은 영향을 준다. 여기서는 급전 혼의 전력 패턴이 부 반사경 테두리에서 각각 $ET_f=14$ dB과 $ET_f=20$ dB인 경우, 근접 전계에 미치는 영향을 고찰한다.

그림 8은 구조 B에 대한 근접 전계의 수직 및 수평 패턴을 보여준다. 이때, 개구면 전력 분포 $\rho_{max}=46 \lambda$ 이고, 관측점 거리 $Z=150 \lambda$ 의 위치에서 해석한 결과이다. 그림 8(a)에서 알 수 있듯이 수직 패턴의 진폭 성분은 가장자리 테이퍼 $ET_f=14$ dB인 경우



(a) 수직 패턴
(a) Vertical Patterns



(b) 수평 패턴
(b) Horizontal Patterns

그림 8. 구조 B의 급전 혼 전력 분포 변화에 따른 근접 전계($\rho_{max}=46 \lambda$, $Z=150 \lambda$)

Fig. 8. Near field patterns with feed power distribution variation of structure B ($\rho_{max}=46 \lambda$, $Z=150 \lambda$).

리플이 작은 반면, 진폭의 테이퍼가 약 1 dB를 보였고, 리플은 작게 나타났다. $ET_f=20$ dB인 경우에는 리플이 상대적으로 커져서 ± 0.5 dB 이내인 반면 테이퍼는 나타나지 않았다. 이때, 축방향(z-방향) 편파 성분은 모두 -33 dB 이하를 보였다. 그림 8(b)는 근접 전계의 수평 패턴으로서 진폭 성분은 수직 패턴과 유사하게 나타났으나, 수평 패턴의 교차 편파 성분은 급전 혼의 가장자리 테이퍼 $ET_f=20$ dB인 경우 -32 dB인 반면, $ET_f=14$ dB의 경우는 -50 dB 이하를 보였다.

V. 경면수정 오프셋 복반사경의 설계 및 성능

여기서는 CATR 시스템의 성능을 고찰하기 위해

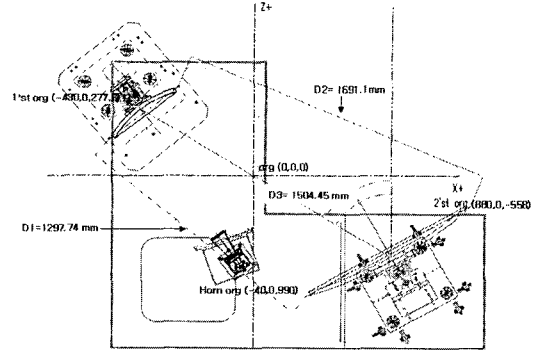
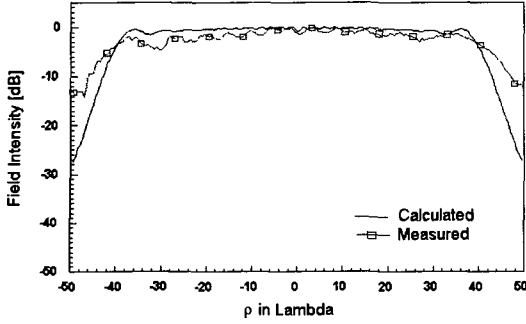


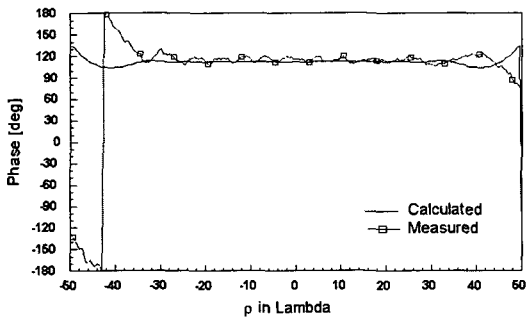
그림 9. 설계된 경면수정 오프셋 복반사경 시스템
Fig. 9. Designed dual offset-shaped reflector system.

여 복반사경 시스템의 시험 모델을 제작하여 특성을 확인한다. 개구면 직경은 운용 주파수 30 GHz의 파장인 1 cm인 경우에 대하여 100 λ 로 고려하였고, 설계된 시험공간의 크기는 70 % 정도가 되도록 하였다. 오프셋 높이 $h=88 \lambda$ 및 주 반사경의 초점 길이 $F=80 \lambda$ 를 갖고, 급전 혼의 경우 개구면은 10 cm, 반개구각은 13.48°, ET 는 20 dB이고 개구면의 균일 분포 ρ_{max} 는 46 λ 로 설계하였다. 시험 영역은 주 반사경 개구면으로부터 150 λ 떨어진 거리에 위치해 있다. 그림 9은 시험 모델로 제작된 경면수정 오프셋 복반사경 시스템의 조립도를 보여준다. 설계된 데이터와 50 μ m 이내의 제작 오차를 가지고 있으며, 형상 측정의 오차는 5 μ m 이내이다.

제작된 오프셋 복반사경 시스템의 이론적인 계산값과 실제 측정값의 비교 결과를 그림 10과 11에 나타냈다. 그림 10은 측정치와 계산치의 수직 패턴이고, 그림 11은 수평 패턴이다. 수직 패턴의 경우, 계산치에서는 테이퍼가 나타나지 않은 반면, 리플은 ± 0.5 dB 이내였고, 측정치에서는 테이퍼가 1 dB, 리플은 ± 1.5 dB를 보였다. 수직 위상은 계산치와 측정치에서 모두 테이퍼는 보이지 않았으나, 리플은 측정치에서 $\pm 7^\circ$ 로 나타났다. 수평 패턴에서도 계산치와 측정치 모두 테이퍼가 나타나지 않았고, 리플은 계산치의 경우 ± 1 dB 이내이고, 측정치에서는 ± 1.5 dB를 보였다. 수평 위상은 계산치에서는 테이퍼와 리플이 나타나지 않았으나 측정치에서 테이퍼는 15° 로 나타났다. 계산치와 측정치는 서로 오차를 보이고 있는데, 이는 측정 영역에서 부 반사경과 급전 혼의 영향을 고려하지 않고 설계한 것과 반사경 가장



(a) 진폭 성분
(a) Amplitude patterns



(b) 위상 성분
(b) Phase patterns

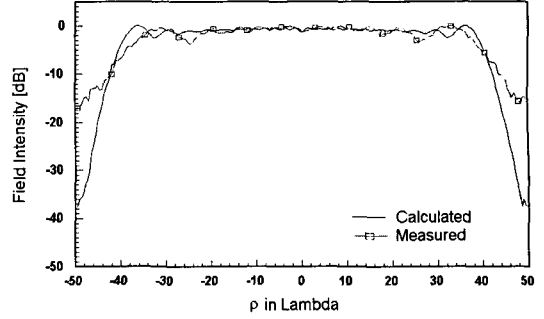
그림 10. 수직 패턴의 측정치와 계산치 비교
Fig. 10. Comparison between calculated and measured vertical patterns.

자리에서의 회절과 복반사경 시스템의 얼라이먼트 오차 때문인 것으로 생각된다.

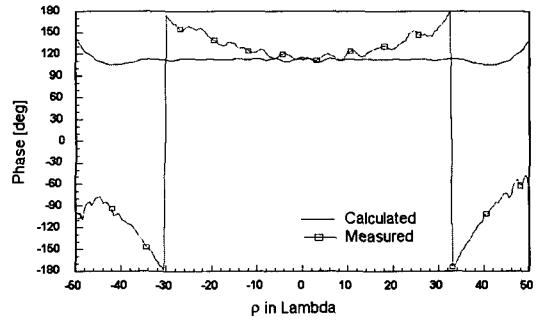
VI. 결 론

본 논문에서는 CATR을 위한 그레고리안 형태의 경면수정 오프셋 복반사경 시스템을 설계, 제작하고 그 성능을 확인하였다. 복반사경 시스템에서 근접 전계는 반사 법칙과 물리광학 근사법을 이용하여 계산하였으며, 표준형 오프셋 복반사경과 경면수정 오프셋 복반사경의 근접 전계를 시험 영역의 평면과 영역에 영향을 줄 수 있는 개구면 크기, 급전 혼의 테이퍼, 개구면 전력 분포 및 관측점 위치에 계산하여 설계에 이용할 수 있는 데이터를 제시하였다.

표준형 오프셋 복반사경은 급전 혼의 전력 패턴에 따라 리플과 테이퍼가 많이 증가하기 때문에 정밀 측정에 이용하기에는 어렵다는 것을 확인하였고,



(a) 진폭 성분
(a) Amplitude patterns



(b) 위상 성분
(b) Phase patterns

그림 11. 수평 패턴의 측정치와 계산치 비교
Fig. 11. Comparison between calculated and measured horizontal patterns.

이러한 문제 개선을 위해 경면을 수정한 오프셋 복반사경 시스템을 해석하고 그 결과를 나타냈다.

개구면의 전력 분포에 따른 해석 결과, 개구면의 균일 분포 영역이 커질수록 리플 성분이 높게 나타났다. 관측점 위치에 따른 근접 전계의 경우는 $Z=100 \lambda$ 떨어진 위치에서의 특성이 가장 좋았고, 급전 혼 전력 패턴 테이퍼에 따른 해석 결과, 테이퍼가 작은 경우 리플이 감소한 반면, 진폭 테이퍼가 두드러지게 나타남을 확인하였다.

이상의 해석 결과를 토대로 콤팩트 안테나 테스트 레이저용 경면수정 오프셋 반사경 시스템을 설계하여 시험 모델을 제작하였다. 근접 전계의 수직 및 수평 패턴과 위상에 대하여 측정하여 보았는데, 설계된 시험공간 내에서 계산치와 측정치는 유사하게 나타났으며, 이들이 갖는 작은 오차는 측정 환경과 얼라이먼트 오차에 따른 것으로 생각된다. 본 논문에서 설계한 경면수정 오프셋 복반사경 시스템은 콤팩

트 안테나 테스트 레인지용으로 사용될 수 있을 것
이라 생각된다.

참 고 문 헌

[1] L. H. Hemming, *Electromagnetic Anechoic Chambers - A Fundamental Design and Specification Guide*, John Wiley & Sons, Inc., 2002.

[2] W. H. Emerson, "Electromagnetic wave absorbers and anechoic chambers through the years", *IEEE Trans. Antennas and Prop.*, AP-21, no. 4, pp. 484-490, Jul. 1973.

[3] E. K. Walton, J. D. Young, "The Ohio State University compact radar cross-section measurement range", *IEEE Trans. Antennas and Prop.*, AP-32, pp. 1218-1223, no. 11, Nov. 1984.

[4] R. C. Johnson, "Determination of far field antenna patterns from near field measurements", *Proc. IEEE*, vol. 61, no. 12, pp. 1668-1698, Dec. 1973.

[5] C. W. Pistorius, W. D. Burnside, "An improved main reflector design for compact range reflector", *IEEE Trans. Antennas and Prop.*, AP-35, pp. 342-347, Mar. 1987.

[6] R. C. Johnson, "Some design parameters for point source compact ranges", *Proc. IEEE*, vol. 61, no. 12, pp. 1668-1698, Dec. 1973.

[7] W. A. Wong, "On the equivalent parabola technique to predict the performance characteristics of a Cassegrain system with an offset feed", *IEEE Trans. Antennas and Prop.*, AP-21, no. 3, pp. 335-339, May 1973.

[8] W. V. T. Rush, A. Prata, Y. Rahmat-Samii, and R. A. Shore, "Derivation and application of the equivalent paraboloid for classical offset Cassegrain and Gregorian antennas", *IEEE Trans. Antennas and Prop.*, AP-38, pp. 1141-1149, Aug. 1990.

[9] A. W. Rudge, N. A. Datia, "Offset parabolic reflector antennas: A review", *Proc. IEEE*, vol. 66, pp. 1592-1618, Dec. 1978.

[10] Y. Mizugutch, M. Akagawa, and H. Yokoi, "Offset dual reflector antenna", in *Dig. IEEE Int. Symp. Antennas Propagat.*, pp. 339-345, 1976.

[11] H. Tannaka, M. Mizusawa, "Elimination of cross-polarization in offset dual reflector antennas", *Elec. and Comm. in Japan*, vol. 58-B, no. 12, pp. 71-78, 1975.

[12] R. A. Shore, "A simple derivation of the basic design equation for offset dual reflector antennas with rotational symmetry and zero cross polarization", *IEEE Trans. Antennas and Prop.*, AP-33, no. 1, pp. 114-116, Jan. 1985.

[13] R. Mittra, F. Hyjajie, and V. Galindo-Israel, "Synthesis of offset dual reflector antennas transforming a given feed illumination pattern into a specified aperture distribution", *IEEE Trans. Antennas and Prop.*, AP-30, pp. 251-259, Mar. 1982.

[14] V. Galindo-Israel, W. Imbriale, and R. Mittra, "On the theory of the synthesis of single and dual offset-shaped reflector antenna", *IEEE Trans. Antennas and Prop.*, AP-35, pp. 887-896, Aug. 1987.

[15] V. Galindo-Israel, W. Imbriale, R. Mittra, and K. Shogen, "On the theory of the synthesis of offset dual-shaped reflectors-case examples", *IEEE Trans. Antennas and Prop.*, AP-39, pp. 620-626, May 1991.

[16] 이동진, 최학근, 윤소현, 한재홍, 박재홍, 이성팔, "국내위성을 위한 경면수정 오프셋 그레고리안 안테나의 설계", *한국전자과학회논문지*, 12(5), pp. 765-776, 2001년 8월.

[17] V. Galindo-Israel, S. R. Rengarajan, W. A. Imbriale, and R. Mittra, "Offset dual-shaped reflectors for dual chamber compact ranges", *IEEE Trans. Antennas and Prop.*, AP-39, no. 7, pp. 1007-1013, Jul. 1991.

[18] Y. T. Lo, S. W. Lee, *Antenna Handbook*, ch. 15, New York, Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1988.

노성민



2007년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
2007년 3월~현재: 단국대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파 회로

임성빈



1988년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
1993년 8월: 단국대학교 전자공학과 (공학석사)
2007년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학박사)
1994년 3월~현재: 한국항공우주연구

구원 선임연구원
[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로

최학근



1979년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
1981년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
1988년 8월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)
1989년 3월~현재: (주)하이게인 안

테나 기술고문

1991년 3월~현재: 단국대학교 전자공학과 교수
2006년 7월~현재: 단국대학교 공학교육혁신센터장
[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로