

축이동 그레고리안 이중 반사경 안테나의 해석

Analysis of Axially Displaced Ellipse Gregorian Dual Reflector Antennas

임 성 빈 · 최 경 국* · 최 학 근

Seong-Bin Lim · Kyung-Kook Choi* · Hak-Keun Choi

요 약

본 논문에서는 그레고리안 이중 반사경 안테나의 특별한 형태인 축이동 그레고리안 이중 반사경 안테나(Axially Displaced Ellipse Gregorian Dual Reflector Antennas)를 해석하였다. 안테나 해석시 기하광학적 방법으로 개구면 전개분포를 구하였으며, far-field 복사특성을 해석하기 위해 개구분포법을 이용하였다. 해석결과로서 부 반사경과 주반사경의 크기와 edge taper에 따른 안테나 효율, HPBW(Half Power Beam Width), FNBW(First Null Beam Width), FSL(First Sidelobe Level)을 도출하여 데이터로 제시하였다. 본 논문에서 도출된 결과로부터 ADE 반사경 안테나는 기존의 이중 반사경 안테나와 다른 복사특성을 갖는다는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, ADE(Axially Displaced Ellipse) Gregorian dual reflector antennas, which are the special form of Gregorian dual reflector antennas, were analyzed. In the procedure of antenna analysis, the aperture field distribution was obtained by using the geometrical optics and their far-field radiation characteristics were analyzed by using the aperture field method. The analysis results such as antenna efficiency, HPBW(Half Power Beam Width), FNBW(First Null Beam Width), and FSL(First Sidelobe Level) were presented as functions of edge taper and size of main reflector and subreflector. From the results in this paper, we could confirm that ADE reflector antennas have the differnt radiation characteristics from the classical dual reflector antennas.

Key words : ADE, Dual Reflector Antenna, Aperture Field Method, Gregorian

I. 서 론

축이동 그레고리안 이중 반사경 안테나(Axially Displaced Ellipse Gregorian Dual Reflector Antennas: 이하 ADE 반사경 안테나라 칭함)^{[1]-[4]}는 위성통신 지구국 안테나로 널리 사용되고 있는 카세그레인 안테나(Cassegrain Antenna)와 그레고리안 안테나(Gregorian Antenna)의 단점을 보완하기 위해 제안되었다. 카세그레인 안테나와 그레고리안 안테나는 저잡음, 고효율, 고이득의 장점을 가지고 있으나 안테나의 기하학적 구조상 부반사경에서 반사된 전계의 일

부가 1차 복사기로 다시 들어가 안테나의 효율을 높이는데 한계가 있고 부반사경 블로킹 때문에 사이드 로브 레벨이 높아지고 안테나 이득이 감소하는 문제점을 가지고 있다^[5].

이런 기존의 이중 반사경 안테나의 단점을 보완하기 위하여 제안된 ADE 반사경 안테나는 일반적인 그레고리안 안테나의 특별한 경우로 주반사경은 포물선, 부반사경은 타원을 이용한다는 점에서 그레고리안 안테나와 같다. 그러나 부반사경 타원축이 회전 대칭축 위에 존재하는 전형적인 그레고리안 안테나와는 달리 부반사경 타원축이 원점을 중심으로 β

단국대학교 전자컴퓨터학부(School of Electronics Eng. and Computer Sci., Dankook University)

*삼성전자 TN총괄 네트워크사업부(Telecommunication Systems Division, Telecommunication Network, Samsung Electronics)

· 논문 번호 : 20030712-101

· 수정완료일자 : 2003년 10월 20일

만큼 회전된 좌표축 위에 위치하고, 회전된 타원축 위에 위치한 초점과 주반사경의 초점을 일치시켜 안테나를 구성한다는 점에서 그레고리안 안테나와 차이가 있다. 이런 특별한 기하학적 구조로 인하여 축 이동 그레고리안 이중 반사경 안테나는 1차 복사기에서 복사된 전력이 부반사경에서 반사되어 주반사경을 향할 때 1차 복사기로 다시 들어오는 전력이 없다. 따라서 VSWR 특성이 좋고 카세그레인 안테나보다 부반사경의 크기를 감소시킬 수 있어 안테나의 소형제작이 가능하다. 그러나 이런 ADE 반사경 안테나의 우수한 특성에도 불구하고 아직까지 체계적인 해석과 연구가 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 논문에서는 기하광학적 방법(Geometrical Optics)^{[6]-[9]}으로 ADE 반사경 안테나의 개구면 전계분포를 구하고 개구면포법(Aperture Field Method)^{[6]-[11]}을 이용하여 far-field 복사특성을 해석한다. 해석결과로 부반사경과 주반사경의 크기와 edge taper에 따른 안테나 효율(Efficiency), HPBW(Half Power Beam Width), FNBW(First Null Beam Width), FSL(First Sidelobe Level)을 나타내고, 그 특성을 고찰한다.

II. ADE 반사경 안테나의 해석

2-1 기하학적 구조

그림 1은 ADE 반사경 안테나 구조이다. 그림 1에서 ADE 반사경 안테나의 부반사경은 일반적인 그레고리안 안테나처럼 타원으로 이루어진다. 그림에서 F_1, F_2 는 타원의 두 초점, a 는 타원의 장반경, e 는 타원의 이심률이다. ADE 반사경 안테나의 부반사경은 일반적인 이중 반사경 안테나와는 다르게 타원축이 원점을 중심으로 β 만큼 회전되어 있다. 따라서 그림 1에 보이는 것과 같이 타원의 초점 F_2 는 회전 대칭축 z 에 대하여 β 만큼 회전된 타원축 상에 위치하게 된다. 타원축이 β 만큼 회전된 상태에서 z 축을 회전시키면 z 축을 중심으로 대칭 회전체를 얻게 된다. 이때 β 만큼 회전된 타원축에 위치한 초점 F_2 는 고리형태의 초점대 즉, 고리초점(ring focus)을 형성한다.

주반사경은 포물선으로 구성된다. 포물선을 x 축

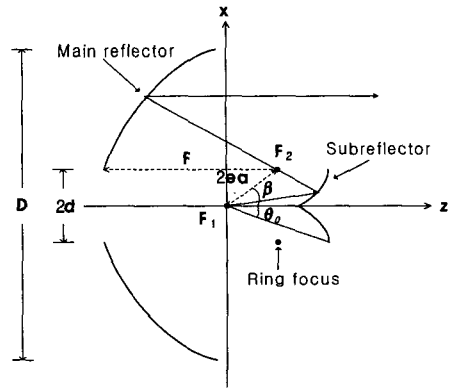


그림 1. ADE 반사경 안테나의 구조
Fig. 1. Geometrical structure of ADE dual reflector antenna.

으로 d 만큼 이동한 다음 회전 대칭축 z 를 중심으로 회전하면 주반사경을 얻게 되는데 그림 1의 주반사경은 회전체의 단면을 나타낸 것이다. 이때 포물면의 초점은 부반사경의 ring focus와 일치하게 된다. 1차 복사기의 위상중심인 점 F_1 으로부터 복사된 전계는 부반사경의 곡면에 반사되어 반드시 ring focus를 통과하게 되고 ring focus를 통과한 전계는 주반사경의 곡면에 반사되어 개구면 전계분포를 이루게 된다.

2-2 개구면 전계분포

ADE 안테나의 개구면 전계분포는 기하광학적 방법을 사용하여 구할 수 있다. 기하광학적 방법을 적용하기 위해서 안테나의 기하학적 구조식을 사용한다. 부반사경의 기하학적 구조는 타원으로서 한 초점을 원점으로 이동하여 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{(z_p - ea)^2}{a^2} + \frac{x_p^2}{b^2} = 1 \tag{1}$$

여기서 a 는 타원의 장반경, b 는 단반경, e 는 이심률로 $e = \sqrt{1 - b^2/a^2}$ 이다.

그림 2는 ADE 반사경 안테나의 부반사경 좌표계이다. 그림에서 (x_p, y_p, z_p) 는 타원의 좌표계이고, (x_s, y_s, z_s) 는 부반사경의 좌표계이다. 그림에서 좌표계 (x_p, y_p, z_p) 와 (x_s, y_s, z_s) 의 관계는 다음과 같이 주어진다^[11].

$$\begin{pmatrix} x_p \\ y_p \\ z_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{pmatrix} \tag{2}$$

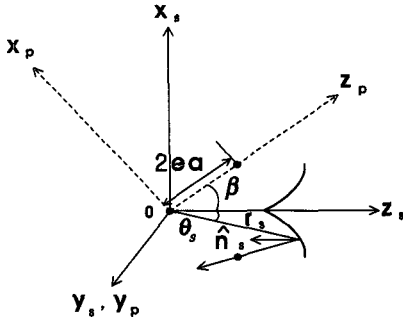


그림 2. ADE 반사경 안테나의 부반사경 좌표계
Fig. 2. Subreflector coordinate system of ADE reflector antenna.

식 (2)을 식 (1)에 대입하면 타원축이 β 만큼 회전된 타원방정식을 얻을 수 있다. 이 타원의 방정식을 구좌표계로 표현하면 식 (3)처럼 나타낼 수 있다.

$$S_s = Ar_s^2 \sin^2 \theta_s + Br_s^2 \cos^2 \theta_s + Cr_s^2 \sin \theta_s \cos \theta_s - Dr_s \sin \theta_s + Er_s \cos \theta_s - G = 0 \quad (3)$$

단, $A = a^2 \cos^2 \beta + b^2 \sin^2 \beta$
 $B = a^2 \sin^2 \beta + b^2 \cos^2 \beta$
 $C = 2(b^2 - a^2) \sin \beta \cos \beta$
 $D = 2eab^2 \sin^2 \beta$
 $E = 2eab^2 \cos^2 \beta$
 $G = a^2 b^2 - (eab)^2$

식 (3)을 만족하는 부반사경 곡면에서의 법선벡터 N_s 는 다음과 같이 주어진다^{[5],[6]}.

$$N_s = \hat{a}_r \frac{\partial S_s}{\partial r_s} + \hat{a}_\theta \frac{\partial S_s}{r_s \partial \theta_s} \quad (4)$$

식 (4)에 식 (3)을 대입하여 정리하면 다음과 같이 된다.

$$N_s = \hat{a}_r N_{rs} + \hat{a}_\theta N_{\theta s} \quad (5)$$

단,

$$N_{rs} = 2Ar_s \sin^2 \theta_s + 2Br_s \cos^2 \theta_s + 2Cr_s \sin \theta_s \cos \theta_s + D \sin \theta_s + E \cos \theta_s$$

$$N_{\theta s} = 2Ar_s \sin \theta_s \cos \theta_s - 2Br_s \sin \theta_s \cos \theta_s + Cr_s \cos 2\theta_s + D \cos \theta_s - E \sin \theta_s$$

식 (5)로부터 부반사경 곡면에서의 법선 단위벡터

는 식 (6)과 같이 주어진다.

$$\hat{n}_s = \frac{N_s}{|N_s|} \quad (6)$$

단, $|N_s| = N_A = \sqrt{N_{rs}^2 + N_{\theta s}^2}$ 이다.

부반사경 곡면에서의 반사전계를 구하기 위해선 부반사경으로 입사하는 전계를 먼저 구해야 한다. 1차 복사기로부터 부반사경에 입사하는 전계 E_i 를 다음과 같이 가정한다^[8].

$$E_i = C_1 \sqrt{G_f(\theta_s)} \hat{e}_i \frac{e^{-jkr_s}}{r_s} \quad (7)$$

단, $C_1 = \sqrt{2} (\mu_0 / \epsilon_0)^{1/4} (P_t / 4\pi)^{1/2}$, $G_f(\theta_s) = \cos^n \theta_s$ 는 1차 복사기의 이득함수(Gain Function), P_t 는 복사되는 총전력, \hat{e}_i 는 1차 복사기로부터 복사되는 전계의 단위벡터, n 은 1차 복사기의 패턴을 결정하는 상수이다. 1차 복사기가 y_s 편파로 동작한다고 가정하면 \hat{e}_i 는 다음과 같이 나타낼 수 있다^[8].

$$\hat{e}_i = \frac{\hat{a}_r \times (\hat{a}_y \times \hat{a}_r)}{|\hat{a}_r \times (\hat{a}_y \times \hat{a}_r)|} = \frac{\sin \phi_s \cos \theta_s \hat{a}_\theta + \cos \phi_s \hat{a}_\phi}{\sqrt{1 - \sin^2 \phi_s \sin^2 \theta_s}} \quad (8)$$

부반사경에서의 반사전계는 위에서 구한 부반사경 곡면의 법선단위벡터와 부반사경 입사전계를 반사법칙에 대입하여 구할 수 있다. 반사법칙은 식 (9)와 같이 주어진다^[5].

$$E_{rs} = 2(\hat{n}_s \cdot E_i) \hat{n}_s - E_i \quad (9)$$

식 (9)에 식 (7)과 식 (8)을 대입하여 정리하면 다음과 같은 식이 얻어진다.

$$E_{rs} = C_1 \sqrt{G_f(\theta_s)} (\hat{a}_r e_{rs} + \hat{a}_\theta e_{\theta s} + \hat{a}_\phi e_{\phi s}) \frac{e^{-jkr_s}}{r_s} \quad (10)$$

단,

$$e_{rs} = \frac{(2N_{rs}N_{\theta s} \sin \phi_s \cos \phi_s)}{N_A^2 \sqrt{1 - \sin^2 \phi_s \sin^2 \theta_s}}$$

$$e_{\theta s} = \frac{(2N_{\theta s}^2 - N_A^2) \sin \phi_s \cos \theta_s}{N_A^2 \sqrt{1 - \sin^2 \phi_s \sin^2 \theta_s}}$$

$$e_{\phi s} = \frac{\cos \phi_s}{\sqrt{1 - \sin^2 \phi_s \sin^2 \theta_s}}$$

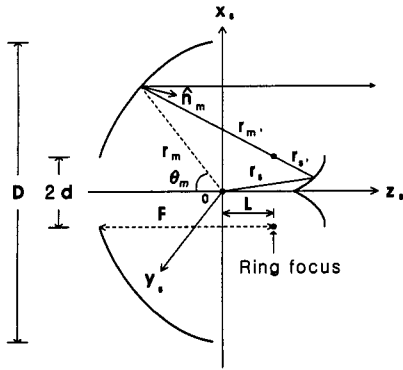


그림 3. ADE 반사경 안테나의 주반사경 좌표계
Fig. 3. Main reflector coordinate system of ADE reflector antenna.

그림 3은 주반사경의 좌표계를 나타낸 것이다. 여기서 F 는 주반사경의 초점거리, L 은 ring focus에서 x_s 축까지의 거리이다. ADE 반사경 안테나의 주반사경의 초점은 ring focus에 일치시키고 원점을 중심으로 주반사경을 해석한다. 포물선을 x_s 축으로 d 만큼 평행이동하고 z_s 축으로 $(F-L)$ 만큼 평행이동 후 회전대칭축 z_s 를 중심으로 회전한 회전체를 방정식으로 표현하면

$$z_s = \frac{(\sqrt{x_s^2 + y_s^2} - d)^2}{4F} - (F-L) \quad (11)$$

으로 나타낼 수 있다. 식 (11)을 구좌표계로 표현하면 다음과 같다.

$$S_m = r_m^2 \sin^2 \theta_m - 2dr_m \sin \theta_m - 4Fr_m \cos \theta_m - 4F(F-L) + d^2 = 0 \quad (12)$$

주반사경에서 반사전계는 주반사경에 입사하는 입사전계와 주반사경 곡면에서의 법선단위벡터를 반사법칙에 적용하여 구할 수 있다. 식 (12)에서 구한 주반사경 곡면식을 다음 식에 대입하여 법선벡터를 구한다^[5].

$$\mathbf{N}_m = \hat{a}_{r_m} \frac{\partial S_m}{\partial r_m} + \hat{a}_{\theta_m} \frac{\partial S_m}{r_m \partial \theta_m} \quad (13)$$

식 (13)에 식 (12)를 대입하여 정리하면 다음과 같이 된다.

$$\mathbf{N}_m = \hat{a}_{r_m} N_{r_m} + \hat{a}_{\theta_m} N_{\theta_m} \quad (14)$$

단,

$$N_{r_m} = \frac{A}{4B^2} (A \cos \theta_m - 2B \sin \theta_m)$$

$$N_{\theta_m} = -\frac{A}{4B^2} (A \sin \theta_m + 2B \cos \theta_m)$$

$$A = (r_m \sin \theta_m - d)$$

$$B = (r_m \cos \theta_m + F - L)$$

이다. 식 (14)에서 주반사경의 법선단위벡터는 다음 식으로 표현된다.

$$\hat{n}_m = \frac{\mathbf{N}_m}{|\mathbf{N}_m|} \quad (15)$$

단, $|\mathbf{N}_m| = N_B = \sqrt{N_{r_m}^2 + N_{\theta_m}^2}$ 이다.

주반사경에 입사되는 전계는 1차 복사기로부터 부반사경에 입사되고 반사된 전계와 동일하다. 따라서 주반사경에서의 반사전계는 주반사경에서의 반사법칙을 적용하여 구할 수 있다. 반사법칙을 적용하여 반사전계의 단위벡터를 구하면

$$\hat{e}_{r_m} = \hat{a}_{r_m} e_{r_m} + \hat{a}_{\theta_m} e_{\theta_m} + \hat{a}_{\phi_m} e_{\phi_m} \quad (16)$$

이 된다. 단,

$$e_{r_m} = \frac{(N_{r_m} Q - e_{r_s})}{N_s^2 N_B \sqrt{1 - \sin^2 \theta_s \sin^2 \phi_s}}$$

$$e_{\theta_m} = \frac{(N_{\theta_m} Q + e_{\theta_s})}{N_s^2 N_B \sqrt{1 - \sin^2 \theta_s \sin^2 \phi_s}}$$

$$e_{\phi_m} = \frac{e_{\phi_s}}{N_s^2 \sqrt{1 - \sin^2 \theta_s \sin^2 \phi_s}}$$

$$Q = 2N_{r_m} e_{r_s} - 2N_{\theta_m} e_{\theta_s}$$

식 (16)의 단위벡터를 사용하여 ADE 반사경 안테나의 개구면 전계분포를 나타내면

$$\mathbf{E}_{ap} = \hat{e}_{r_m} C_1 \sqrt{G_f(\theta_s)} \frac{r_s}{r_m} \frac{\sin(\theta_s)}{2ea \sin(\beta)} e^{-j\mathbf{k} \cdot (2\mathbf{a} + 2\mathbf{F})} \quad (17)$$

이 된다.

2-3 ADE 반사경 안테나의 복사전계

ADE 복반사경 안테나의 far-field 복사전계를 구하기 위하여 개구분포법을 사용한다. 그림 4는 ADE 반사경 안테나의 far-field 좌표계를 나타낸 것이다. 앞 절에서 구한 개구면 전계분포를 이용하여 개구면에서의 전류밀도와 자류밀도를 나타내면 다음과 같다^[9].

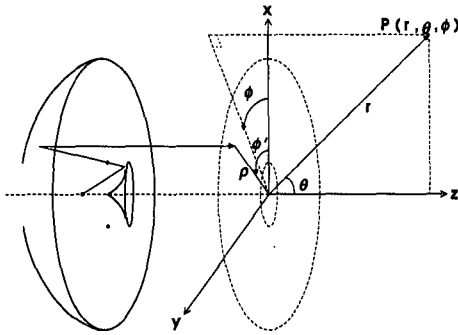


그림 4. ADE 반사경 안테나의 far-field 좌표계
Fig. 4. Far-field coordinate system of ADE reflector antenna.

$$\mathbf{J}_s = \hat{\mathbf{n}} \times \mathbf{H}_{ap} = \hat{\mathbf{a}}_\rho J_\rho + \hat{\mathbf{a}}_\phi J_\phi \quad (18a)$$

$$\mathbf{M}_s = -\hat{\mathbf{n}} \times \mathbf{E}_{ap} = \hat{\mathbf{a}}_\rho M_\rho + \hat{\mathbf{a}}_\phi M_\phi \quad (18b)$$

여기서, \mathbf{E}_{ap} 는 ADE 안테나의 개구면 전계분포, \mathbf{H}_{ap} 는 $\frac{1}{\eta}(\hat{\mathbf{a}}_z \times \mathbf{E}_{ap})$ 이고, $\hat{\mathbf{n}}$ 은 안테나 개구면상의 법선단위벡터 $\hat{\mathbf{a}}_z$ 이다.

식 (18)의 전류, 자류밀도 $\mathbf{J}_s, \mathbf{M}_s$ 를 사용하여 벡터 자기퍼텐셜 \mathbf{A} 와 벡터 전기퍼텐셜 \mathbf{F} 를 나타내면 다음과 같이 된다^[9].

$$\mathbf{A} = \int_s \frac{\mu \mathbf{J}_s e^{-jk(r-\rho \sin \theta \cos(\phi-\phi'))}}{4\pi r} ds \quad (19a)$$

$$\mathbf{F} = \int_s \frac{\epsilon \mathbf{M}_s e^{-jk(r-\rho \sin \theta \cos(\phi-\phi'))}}{4\pi r} ds \quad (19b)$$

ADE 반사경 안테나의 far-field 복사패턴은 식 (19)의 벡터퍼텐셜을 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_\theta = -j\omega A_\theta - j\omega\eta F_\phi \quad (20a)$$

$$E_\phi = -j\omega A_\phi + j\omega\eta F_\theta \quad (20b)$$

여기서 A_θ 와 F_θ 는 각각 \mathbf{A} 와 \mathbf{F} 의 θ 방향 성분이고 A_ϕ 와 F_ϕ 는 각각 \mathbf{A} 와 \mathbf{F} 의 ϕ 방향 성분이다.

III. 수치해석 결과 및 검토

이중 반사경 안테나의 복사특성은 개구면의 전계분포, 반사경 테두리에서의 회절전계, 스피로버(spillover), 경면오차 등에 의하여 결정된다. 이중에서 가장 큰 영향을 미치는 것이 부반사경의 블로킹을 포함한 개구면 전계분포이다. 개구면 가장자

리의 전계 레벨이 낮으면 광각 저 사이드로브 특성은 얻을 수 있으나 이득이 감소하고 빔폭이 넓어진다. 반면에 전계 레벨이 높으면 이득은 높아지지만 사이드로브 레벨도 따라서 높아진다. ADE 반사경 안테나는 기하학적인 구조에서 알 수 있듯이 기존의 이중 반사경 안테나와 반대의 개구면 분포를 갖는다. 따라서 여기서는 부반사경 테두리에서의 전계레벨인 edge taper와 부반사경과 주반사경의 직경비인 D_s/D_m 의 변화에 따른 ADE 반사경 안테나의 복사특성을 도출한다.

3-1 효율

여기서는 ADE 반사경 안테나에서 edge taper와 D_s/D_m 에 따른 개구면 효율을 계산하여 나타낸다. 개구면효율은 다음 식을 이용하여 구한다^[6].

$$\eta_A = \frac{\left| \int_0^{2\pi} \int_{D_s/2}^{D_m/2} E_x(\rho', \phi') \rho' d\rho' d\phi' \right|^2}{\pi D_m^2 \int_0^{2\pi} \int_0^{D_m/2} (|E_x(\rho', \phi')|^2 + |E_y(\rho', \phi')|^2) \rho' d\rho' d\phi'} \quad (21)$$

여기서 $E_x(\rho, \phi)$ 와 $E_y(\rho, \phi)$ 는 개구면 전계의 x, y 성분이다. 그림 5는 ADE 반사경 안테나의 개구면 효율을 나타낸다. 그림 5에서 edge taper에 따른 개구면 효율은 비교적 완만하게 감소한다. 그림에서 D_s/D_m 과 edge taper가 작을수록 개구면 효율이 우수함을 알 수 있다. 특히 D_s/D_m 이 0.25보다 작은 경우 일반적으로 반사경 안테나에서 가장 많이 사용되는 edge taper 10 dB에서 85 % 이상의 높은 개구면 효율을 보이고 있다.

스필오버 효율은 1차 복사기에서 복사된 전계성분

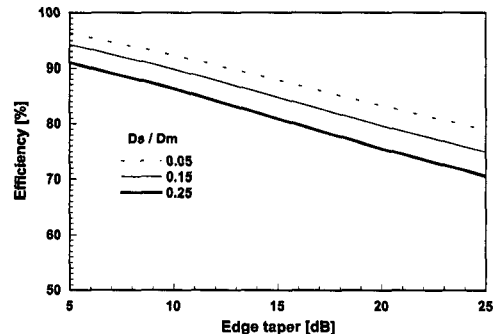


그림 5. Edge taper 변화에 따른 개구면 효율
Fig. 5. Aperture efficiency as a function of edge taper.

중 부반사경을 벗어나 안테나의 밖으로 빠져나가는 정도를 나타내는 것으로 다음 식을 이용하여 구한다⁶⁾.

$$\eta_s = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{\theta_0} G(\theta_s, \phi_s) \sin \theta_s d\theta_s d\phi_s}{\int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} G(\theta_s, \phi_s) \sin \theta_s d\theta_s d\phi_s} \quad (22)$$

여기서 $G(\theta_s, \phi)$ 는 1차 복사기의 이득함수이고, θ_0 는 부반사경의 반개구각이다. 그림 6은 D_s/D_m 가 0.1일 때 edge taper의 변화에 따른 개구면 효율과 스피오버 효율을 나타낸다. 그림에서 edge taper 9 dB까지 안테나 효율이 계속 증가하고 있으며 9 dB에서 17 dB까지 안테나 효율의 변화가 아주 작고 완만한 감소를 이루어 상당히 안정적임을 알 수 있다. 이것은 edge taper의 증가에 따른 개구면 효율의 감소 폭이 작고 완만하기 때문이다. 따라서 그림 6을 볼 때 ADE 반사경 안테나에서 1차 복사기의 edge taper는 9 dB에서 17 dB 사이가 바람직함을 알 수 있다.

3-2 사이드로브 레벨

그림 7은 ADE 반사경 안테나의 edge taper에 따른 사이드로브 레벨을 나타낸다. 일반적인 카세그레인, 그레고리안 이중 반사경 안테나는 edge taper가 커지면 사이드로브 레벨이 낮아지는 특성을 가지고 있다. 이것은 1차복사기의 edge taper가 커지면 개구면 가장자리의 전계레벨도 똑같이 낮아지기 때문이다. 그러나 ADE 반사경 안테나는 부반사경의 기하학적 구조상 edge taper가 커지면 개구면의 중앙부분의 전계 레벨이 낮아지기 때문에 반대로 사이드로브가 높

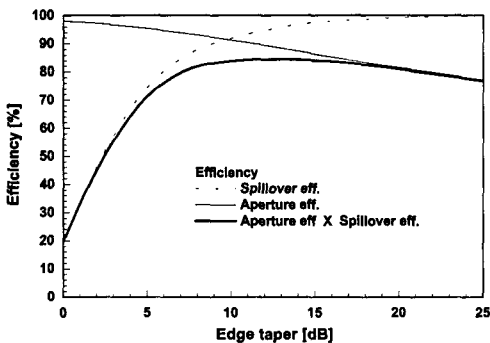


그림 6. Edge taper 변화에 따른 안테나 효율($D_s/D_m=0.1$)

Fig. 6. Antenna efficiency as a function of edge taper ($D_s/D_m=0.1$).

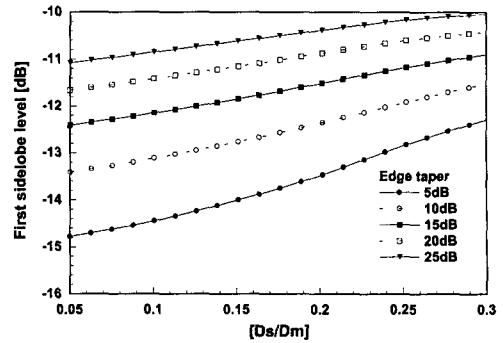


그림 7. D_s/D_m 에 따른 사이드로브 레벨

Fig. 7. Sidelobe level as a function of D_s/D_m .

아진다. 따라서 ADE 안테나는 edge taper가 작을수록 사이드로브 레벨이 낮아지게 된다. 이와 같은 이유로 ADE 반사경 안테나는 일반적인 이중 반사경 안테나에 비해 사이드로브 레벨이 높은 특성을 갖고 있다. 그림 7을 볼 때 사이드로브 레벨을 낮추는 방법으로 edge taper를 작게 하거나 부반사경을 작게 만들어야 한다. 그러나 edge taper를 너무 작게 하면 스피오버효율이 감소하여 안테나의 전체적인 효율이 감소하므로 스피오버효율과 사이드로브 레벨을 고려하여 적절한 edge taper를 설정할 필요가 있다.

3-3 HPBW, FNBW

그림 8과 그림 9는 각각 ADE 반사경 안테나의 HPBW(Half Power Beam Width)와 FNBW(First Null Beam Width)를 $U=(\pi D/\lambda)\sin \theta$ 의 공간에서 나타낸 것이다.

일반적인 이중 반사경 안테나는 edge taper가 커지

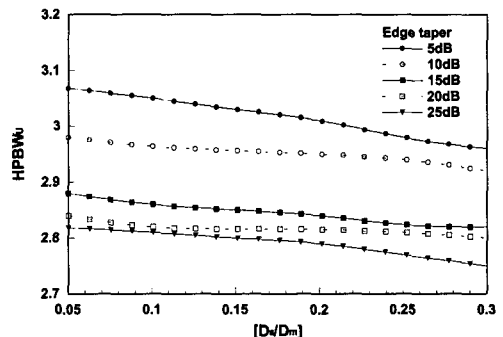


그림 8. D_s/D_m 변화에 따른 3 dB 빔폭

Fig. 8. HPBW as a function of D_s/D_m .

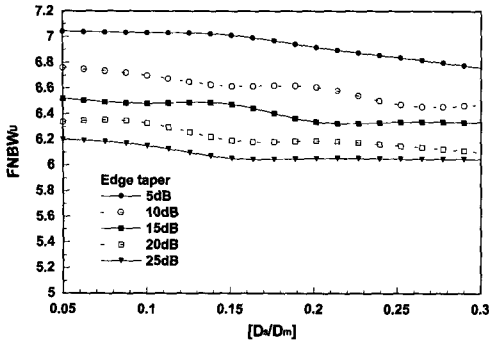


그림 9. D_s/D_m 변화에 따른 널 빔폭
Fig. 9. FNBW as a function of D_s/D_m .

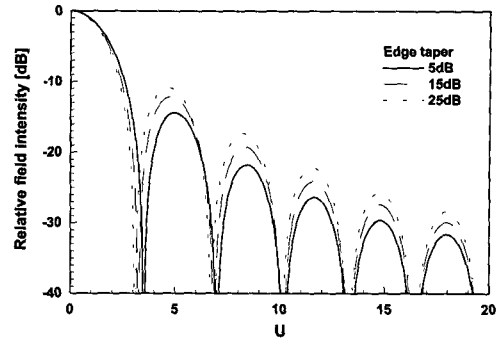


그림 11. 복사패턴($D_s/D_m = 0.1$)
Fig. 11. Radiation pattern($D_s/D_m = 0.1$).

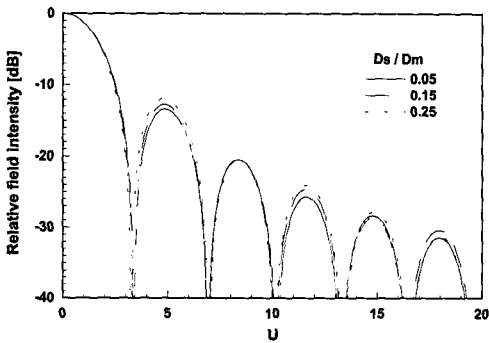


그림 10. 복사패턴(Edge taper = 10 dB)
Fig. 10. Radiation pattern(Edge taper = 10 dB).

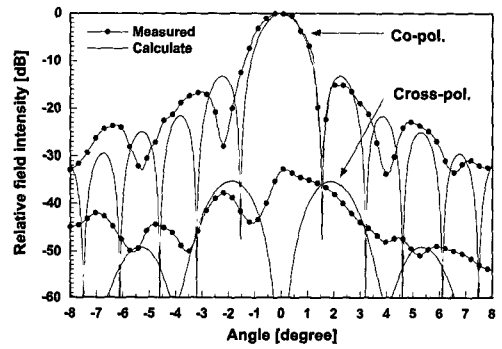


그림 12. ADE 안테나의 복사패턴
Fig. 12. Radiation pattern of ADE antenna.

면 HPBW와 FNBW가 넓어진다. 그러나 그림에서는 edge taper가 증가함에 따라 HPBW와 FNBW이 좁아짐을 확인할 수 있다. 이것은 부반사경의 기하학적 특성상 개구면 전계분포의 중앙 부분이 낮아지기 때문이다. edge taper가 일정할 때 D_s/D_m 에 따른 빔폭의 변화는 매우 적게 나타난다.

3.4 복사패턴

그림 10은 edge taper가 10 dB일 때 부반사경과 주반사경의 크기 비에 따른 far-field 복사패턴의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 D_s/D_m 이 커짐에 따라 사이드로브 레벨이 높아짐을 알 수 있다. 이것은 부반사경이 커짐으로 인하여 블로킹 영역이 넓어지기 때문이다.

그림 11은 $D_s/D_m = 0.1$ 로 할 때 edge taper의 변화에 따른 복사패턴의 변화를 나타낸 것이다. edge taper가 클수록 사이드로브 레벨이 증가함을 확인할

수 있다. 이는 앞에서 설명한 것과 같이 edge taper가 커짐에 따라 개구면 전계분포의 중앙 부분이 작아짐으로서 나타나는 현상이다.

그림 12는 40 GHz에서 설계·제작한 ADE 안테나의 측정패턴과 계산된 복사패턴을 비교한 것이다. 안테나의 개구직경은 30 cm, 주반사경의 초점거리는 6.5 cm, 부반사경의 직경은 5.5 cm, 부반사경의 타원축 회전각도는 $\beta = 45^\circ$, 부반사경의 두 초점사이의 거리는 3.8 cm, 이심율은 0.7, 1차 복사기의 edge taper는 8 dB로 하였다. 제작안테나의 측정된 HPBW는 1.52° , FSL은 -14.9 dB, 교차편파 레벨은 -34 dB이다. 수치해석을 통해 구한 HPBW는 1.4° , FSL은 -13.3 dB, 교차편파레벨은 -36 dB이다. 측정결과와 계산결과를 비교할 때 HPBW는 측정치가 약간 더 넓고, FSL는 측정치가 약간 더 작으며, 교차편파 레벨은 계산치가 약간 더 높다. 이와 같은 결과는 1차 복사기의 edge taper를 8 dB로 함으로써 많은 양의 전력

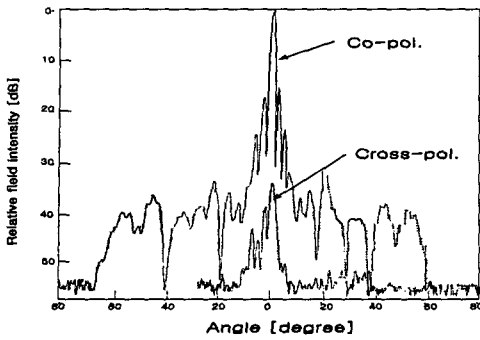


그림 13. ADE 반사경 안테나의 광각 복사패턴
Fig. 13. Wide angle pattern of ADE reflector antenna.

이 부반사경에서 스펙오버되어 주반사경에 의한 복사전계에 합해지므로 나타나는 것으로 볼 수 있고, 이외에도 곡면 제작오차와 1차 복사기, 부반사경, 주반사경 설치시 위치 선정에서 나타난 오차들로 생각된다. 그림 13은 40 GHz에서 측정된 ADE 반사경 안테나의 광각 복사패턴을 나타낸다.

IV. 결 론

본 논문에서는 기하광학적 방법과 개구분포법을 이용하여 축이동 그레고리안 이중 반사경 안테나를 해석하고 복사특성 데이터를 제시하였다. 제시된 복사특성은 1차복사기의 edge taper에 따른 효율, 사이드로브 레벨, HPBW, FNBW이다. 안테나 효율은 D_s/D_m 과 edge taper에 따라 변화하지만 edge taper 9 dB에서 17 dB 사이에서 비교적 변화가 작고 높은 효율을 가짐을 확인할 수 있었다. 사이드로브 특성과 빔폭 특성은 기존의 이중 반사경 안테나의 특성과는 반대로 나타난다. edge taper가 클수록 사이드로브 레벨이 높아지고 빔폭이 좁아진다. 이는 ADE 반사경 안테나의 부반사경의 기하학적 구조 때문에 나타나는 현상으로 생각된다. 이상으로 본 논문에서 도출된 결과로부터 ADE 반사경 안테나는 기존의 이중 반사경의 복사특성과는 다른 점을 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] A. C. leifer, W. Rotman, "GRAPS: An improved displaced-axis dual-reflector antenna design for EHF application", *IEEE AP International Symposium*, pp. 507-510, 1986.
- [2] Y. A. Yerukhimovich, "Development of double reflector antennas with a displaced focal axis", *Telecommunication and Radio Engineering*, vol. 29, no. 9, pp. 90-94, 1975.
- [3] W. Rotman, J. C. Lee, "Compact dual frequency reflector antennas for EHF mobile satellite communication terminals", *IEEE AP International Symposium*, pp. 771-773, 1984.
- [4] Alexandre, Tom Milligan, "Amplitude Aperture Distribution Control in Displaced-Axis Two-Reflector Antenna", *IEEE Magazine*, vol. 139, no. 6, pp. 58-63, Dec. 1997.
- [5] T. Kitsuregawa, *Advanced Technology in Satellite Communication Antennas : Electrical and Mechanical Design*, ch. 2, Artech House, Boston, 1990.
- [6] R. E. Collin, *Antennas and Radiowave Propagation*, McGraw-Hill, 1988.
- [7] W. V. T. Rusch, *Analysis of Reflector Antennas*, Academic Press, 1970.
- [8] R. E. Collin, *Antenna Theory-part II*, McGraw-Hill, 1969.
- [9] Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, McGraw-Hill, 1969.
- [10] V. Galindo-Israel, R. Mittra and A. G. Chu, "Aperture Amplitude and Phase Control of Offset Dual Reflector", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-27, no. 2, pp. 154-164, Mar. 1979.
- [11] W. V. T. Rusch, "Derivation and Application of the Equivalent Paraboloid for Classical Offset Cassegrain and Gregorian Antenna", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-38, no. 3, pp. 1141-1149, Aug. 1990.

임 성 빈



1988년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
1993년 8월: 단국대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1998년 3월~현재: 단국대학교 대학원 전자공학과 박사과정
1994년 3월~현재: 한국항공우주연

구원 선임연구원

[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로

최 학 근



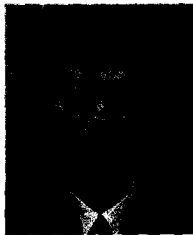
1979년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학사)
1981년 2월: 고려대학교 전자공학과 (공학석사)
1988년 8월: 고려대학교 전자공학과 (공학박사)
1991년 3월~현재: 단국대학교 전

자컴퓨터학부 교수

1989년 3월~현재: (주)하이게인 안테나 기술고문

[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로

최 경 국



1997년 2월: 단국대학교 전자공학과 (공학사)
1999년 2월: 단국대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1999년 3월~2001년 4월: 우진전자통신 기술연구소 연구원
2001년 4월~현재: 삼성전자 네트워크

사업부 정보통신연구소 선임연구원

[주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 마이크로파회로