

Spill-over 억제를 위한 X-band 카세그레인 안테나 설계 연구

The Design of X-band Cassegrain Antenna for Spill-over Suppression

이우상 · 장 원 · 이병무* · 양기주** · 이상훈*** · 윤영중***

Woo-Sang Lee · Won Jang · Byoung-Moo Lee* · Gijoo Yang** · Sang-Heun Lee***
· Young-Joong Yoon***

요 약

본 논문에서는 초고출력용 X-band 카세그레인 반사판 안테나 시스템에서 반사판의 표면 형상을 변형시켜 spill-over가 효과적으로 감소하는 현상에 대하여 이론적인 고찰을 수행하였다. 이러한 구조는 이중의 쌍곡면 부 반사판을 적용함으로써 주 반사판의 크기를 확장하지 않고 급전 혼 안테나에서 방사된 전파 패턴의 확장각을 증가시켜 spill-over 특성이 감소되도록 설계하였다. 결과적으로 본 논문에서 제안된 카세그레인 반사판 안테나가 기존의 설계 방법에 의한 반사판 안테나에 비해 약 9%의 효율 향상과 10 dB의 부엽 레벨 감소가 구현됨을 이론적으로 확인하였다.

Abstract

In this paper, new structure of the Cassegrain reflector antenna whose spill-over is efficiently reduced by modified reflectors is proposed for high power. It can be achieved by designing the geometry of subreflector in Cassegrain system using two hyperbolic curves in order to be suitable a larger beamwidth of feeding pattern without broadening main reflector. Finally, radiation efficiency and side lobe level of the proposed Cassegrain reflector antenna can be improved respectively 9%, 10 dB than conventional one.

Key words : Cassegrain Reflector Antenna, Spill-over, High Power

I. 서 론

초고출력 무선통신, 무선 전력 전송 또는 전자전에 사용되기 위한 초고출력 마이크로파(high power microwaves) 발생 장치들이 최근의 수백 MW급 이상의 출력 특성을 갖도록 개발되는 추세에서, 이를 최종적으로 방사하는 RF 안테나 시스템은 안정성 및 높은 방사 지향성을 만족해야 한다^[1]. 특히, 안테나는 원하지 않는 곳으로 고출력 에너지가 방사되지 않도록 높은 지향 특성 및 이득이 필요하며, 이에 부합하기 위해서는 카세그레인 반사판 안테나(Casse-

grain reflector antenna)를 적용하는 것이 적합하다^[2].

그러나 일반적인 카세그레인 구조에서도 매우 높은 수백 MW급 초고출력 에너지의 방사시, 반사판 안테나의 구조적 원리에서 파생되는 spill-over 특성은 원하지 않는 지역으로 에너지를 송출하게 되는데 이는 주변에 위치한 각종 전자 장비에 치명적인 손상을 줄 수 있다. 이를 해결하기 위해 반사판 구조를 변형하거나^[3], 급전 혼안테나^[4], 반사판 지지대를 개선하는^[5] 연구가 진행되어 왔다.

본 논문에서는 카세그레인 반사판 안테나의 구조 변형을 통해 효율적으로 spill-over 수준을 조절

국방과학연구소(Agency for Defense Development)

*삼성전자 정보통신총괄(Telecommunication Network Business, Samsung Electronics)

**동국대학교 정보통신공학과(Dept. of Information and Communication Engineering, Dongguk University)

***연세대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Yonsei University)

· 논문 번호 : 20060613-061

· 수정완료일자 : 2006년 9월 6일

하는 새로운 설계 방법을 제안하고자 한다. 또한 이러한 방법은 안테나 동작시, 급전부에서 방사된 전자파가 부 반사판(sub-reflector)에서 반사되어 급전혼 안테나로 되돌아오는 전자파를 최소화하는 기하학적 구조를 통하여 초고출력 안테나 시스템의 안정성을 향상시키고^{[6],[7]}, 구조 변형에 대한 효율 감소나 이득 저하가 없도록 하는 것을 전제로 한다. 이를 위해 반사판의 기하 구조를 설계하고, 표면 전류 적분법 해석 프로그램을 통해 그 타당성을 증명하고자 한다.

II. 카세그레인 안테나의 설계

2-1 카세그레인 반사판 안테나의 기하 구조

카세그레인 반사판 안테나의 일반적인 구조는 그림 1과 같이 포물면의 주 반사판, 쌍곡면의 부 반사판, 그리고 급전 안테나로 이루어져 있다. 이와 같이 카세그레인 구조는 급전 안테나와 주 반사판 사이에 부 반사판을 추가함으로써 단일 반사판 구조의 포물면 반사판 안테나에 비하여 유효 초점 거리가 길어지고 spill-over 효과를 줄일 수 있어 전반적인 안테나 효율이 향상된다.

카세그레인 반사판 안테나의 설계 원리는 일반적인 반사판 안테나와 같이 반사판의 구조적 크기가 수십 파장 이상인 경우, 전파의 경로를 직선으로

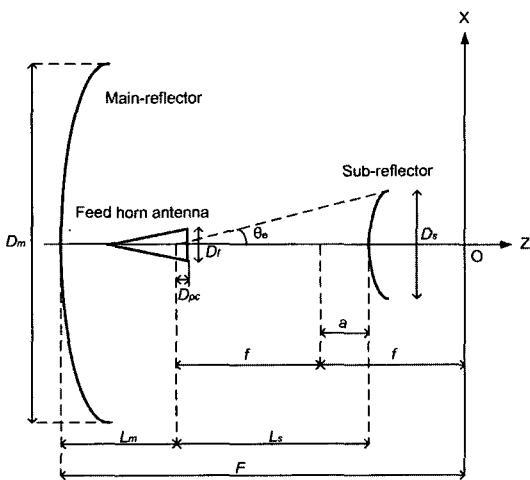


그림 1. 카세그레인 반사판 안테나의 기하 구조
Fig. 1. Geometry for the Cassegrain reflector antenna.

표 1. 카세그레인 반사판 안테나의 파라미터
Table 1. Parameters of the Cassegrain reflector antenna.

변수	변수의 정의
D_m	포물면 주 반사판의 지름
D_s	쌍곡면 부 반사판의 지름
F	포물면 주 반사판의 초점 거리
f	쌍곡면 부 반사판의 초점 거리
L_m	포물면에서 혼 위상 중심까지의 거리
L_s	혼 위상 중심에서 쌍곡면까지의 거리
a	쌍곡면의 중심에서 쌍곡면까지의 거리
θ_e	z축과 부 반사판 가장자리 조사 간 각도
D_f	혼 안테나의 지름
D_{pc}	혼 개구면 중심에서 위상 중심까지 거리

가정하는 기하 광학(geometric optics)을 기반으로 한다. 이는 요약하면 포물선과 쌍곡선의 초점에서 곡선 상에 임의의 점을 연결한 직선의 입사각과 반사각이 규칙성을 갖는 것과, 초점에서부터 곡선 상에 한 점에 반사되어 특정한 지점까지 가는 경로 길이가 일치하는 기하 구조의 특수성을 이용한 설계 방법이다.

표 1은 그림 1의 카세그레인 반사판의 대표적인 파라미터들을 정의하였고, 앞서 언급한 규칙에 의한 포물면 주 반사판과 쌍곡면 부 반사판의 기하 구조는 각각 식 (1), (2)와 같이 표현된다.

$$z_{mr} = \frac{x_{mr}^2 + y_{mr}^2}{4F} - F$$

$$\text{with } (x_{mr}^2 + y_{mr}^2) \leq \frac{D_m^2}{4} \quad (1)$$

$$z_{sr} = a \sqrt{1 + \frac{x_{sr}^2 + y_{sr}^2}{f^2 - a^2}} - f$$

$$\text{with } (x_{sr}^2 + y_{sr}^2) \leq \frac{D_s^2}{4} \quad (2)$$

2-2 축 대체 카세그레인 반사판의 기하 구조

축 대체(displaced-axis) 카세그레인 반사판 안테나는 일반적인 구조와 달리, 특별한 목적에 의해 변형된 구조이다^[7]. 이것은 주 반사판을 형성하는 포물선의 초점 축(focal axis)과 부 반사판을 형성하는 쌍곡선의 초점 축, 그리고 반사면의 회전 축(rotating axis)이 기존의 카세그레인 반사판 안테나가 공통으로

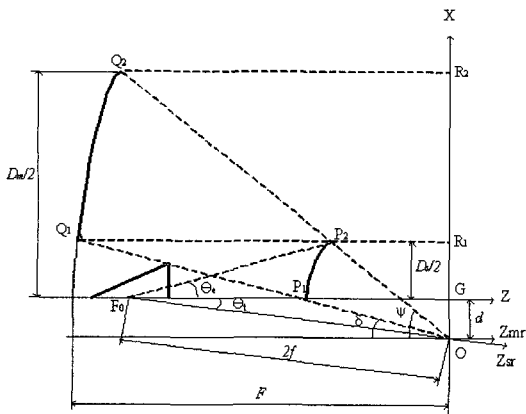


그림 2. 축 대체 카세그레인 반사판의 기하 구조
 Fig. 2. A cross-sectional view of a displaced-axis Cassegrain reflector.

사용하는 것과 다르게 각각 다른 직선을 사용한다. 이러한 구조를 그림 2에 도시하였다.

그림 2의 주 반사판과 부 반사판은 각각 원점 O를 공유하는 (X_{mr}, Z_{mr}) 와 (X_{sr}, Z_{sr}) 좌표계에서 정의되고, 최종 주 반사판, 부 반사판을 이루는 포물면, 쌍곡면은 G를 원점으로 하는 (X, Y, Z) 좌표계에서 정의된다. 기하 구조적 특징에서, 주 반사판의 포물선은 그림 2와 같이 (X, Z) 좌표에서 d 만큼 $-X$ 방향으로 이동한 좌표 평면인 (X_{mr}, Z_{mr}) 에서 정의된다. 식 (3)은 (X_{mr}, Z_{mr}) 좌표 평면에서 원점 O를 초점으로 초점 거리 F 인 포물선의 식이다.

$$z_{mr} = \frac{x_{mr}^2}{4F} - F$$

with $\frac{D_s + 2d}{2} \leq x_{mr} \leq \frac{D_m + 2d}{2}$ (3)

다음으로 부 반사판의 쌍곡선은 그림 3과 같이 (X_{mr}, Z_{mr}) 좌표 평면의 원점 O를 같이 원점으로 하며 각도 θ_1 만큼 기울어진 (X_{sr}, Z_{sr}) 좌표 평면에서 식 (4)와 같이 표현된다.

$$z_{sr} = a_1 \sqrt{1 + \frac{x_{sr}^2}{f^2 - a_1^2}} - f$$

with $0 \leq |X(x_{sr})| \leq \frac{D_s}{2}$ (4)

식 (4)의 쌍곡선은 그림 3에서 급전 혼 안테나의 위상 중심인 점 F_0 와 (X_{sr}, Z_{sr}) 좌표 평면의 원점 O

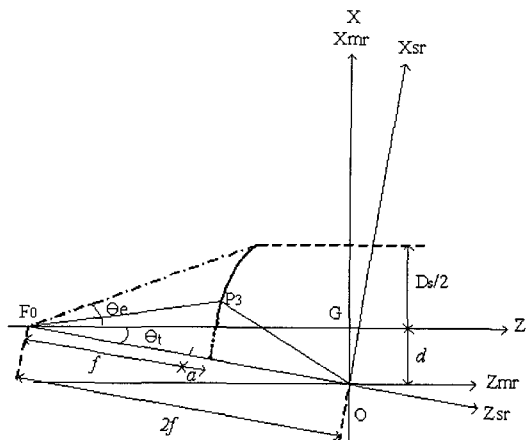


그림 3. 쌍곡면 부 반사판의 단면도(-15 dB 빔 폭 확장각)
 Fig. 3. A cross-sectional view of the hyperbolic-sub-reflector coordinate system.

를 두 초점으로 하며 혼 안테나의 -15 dB 빔 폭을 확장각(θ_{e1})으로 가정한 수식이다. 이때 쌍곡선의 곡률 좌표상의 위치에 관련된 변수인 a_1 은 쌍곡선 궤적이 그림 2의 P_1, P_2 를 지나도록 결정하는데, 이는 혼 안테나에서 전방(boresight)으로 방사하는 전파의 경로가 F_0, P_1, Q_1, P_2, R_1 이 되도록 한다.

이와 같은 설계로 인해 급전 혼 안테나에서 부 반사판으로 방사하는 모든 전파 경로는 혼 안테나 개구면으로 돌아오지 않고 개구면 바깥쪽으로 향하게 되며, 주 반사판에 반사된 후 전방으로 향할 때 도 부 반사판에 의해 막히지 않고 진행하게 된다. 이러한 설계가 가능한 것은 기하광학으로 카세그레인 반사판을 설계하는 두 가지 규칙인 전파 경로와 방향의 일치가 여전히 유효하기에 가능하다. 이는 아래와 같이 증명할 수 있다.

우선, 식 (5)의 포물선의 특성과 식 (6)의 쌍곡선의 특성을 연립하여 식 (7)과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$|OQ_1| + |Q_1R_1| = |OQ_2| + |Q_2R_2| = 2F \quad (5)$$

$$|F_0P_3| - |OP_3| = 2a_1 \quad (6)$$

$$|F_0P_1| + |P_1Q_1| + |Q_1R_1|$$

$$= |F_0P_2| + |P_2Q_2| + |Q_2R_2| = 2(F + a_1) \quad (7)$$

식 (7)은 급전 혼 안테나의 위상 중심 F_0 에서 출발한 전파가 두 반사판에 반사되어 안테나 개구면인 $Z=0$ 평면까지 도달하기까지 경로가 $2(F+a_1)$ 으로 일치함을 증명한다. 그리고 포물선의 초점과 쌍곡선의 한 초점이 점 O 로 일치하고, 포물선의 좌표 평면 (X_{mr}, Z_{mr})과 회전축을 포함하는 좌표 평면 (X, Z)이 평행하므로 두 반사판을 거친 모든 전파는 Z 축 방향과 평행하게 진행한다.

III. Spill-over 억제를 위한 카세그레인 반사판 기하 구조

기존의 카세그레인 반사판 안테나는 급전 혼 안테나의 위상 중심에서 부 반사판의 테두리로 향하는 확장각(subtended angle, $2\theta_0$)을 테이퍼 효율(taper efficiency)을 고려하여 혼 안테나의 $-10 \sim -15$ dB 빔 폭이 되도록 결정한다^[7]. 그러나 초고출력 마이크로파용 안테나에서는 최대한 spill-over를 줄여야 하므로 -15 dB 빔 폭 이상을 확장각으로 정하는 것이 유리하다.

그러나 일반적인 카세그레인 반사판 구조에서 확장각을 증가시키면 안테나의 효율이 떨어져 이득이 감소하는데, 이때 동일한 효율을 유지하려면 부 반사판, 주 반사판을 크게 해야 한다는 단점이 있다. 그러므로 확장각을 증가시켜 spill-over를 줄이면서도 효율이 떨어지지 않도록 하기 위해 변형된 이중 쌍곡면 부 반사판을 다음과 같이 제안하고자 한다.

그림 4는 앞선 축 대체 카세그레인 반사판의 부 반사판과는 달리 확장각(θ_{e2})을 -25 dB 빔 폭(θ_{e1})으로 설계한 쌍곡면 부 반사판의 단면이다. 이때의 부 반사판은 두 부분으로 나뉘는데 먼저 -15 dB 빔 폭 이하의 부 반사판은 식 (8)과 같이 (X_{sr}, Z_{sr}) 좌표 평면에서 초점 거리 f 와 a_1 의 두 설계 변수의 해 정해진 쌍곡선으로 이루어진 구조이다.

$$z_{sr} = a_1 \sqrt{1 + \frac{x_{sr}^2}{f^2 - a_1^2}} - f$$

with $0 \leq |X(x_{sr})| \leq \frac{D_{st}}{2}$ (8)

그리고 -15 dB 빔 폭 이상, -25 dB 이하의 부 반사판은 동일한 좌표 평면에서 식 (8)과 같은 초점 거리 f 와 다른 설계 변수 a_2 를 이용하여 식 (9)와 같

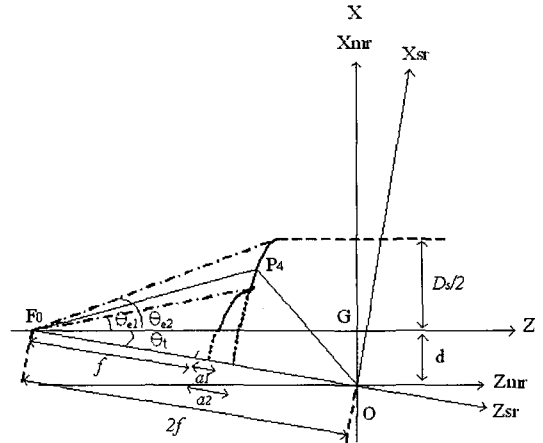


그림 4. 변형된 쌍곡면 부 반사판의 단면도 (-25 dB 빔 폭 확장각)
Fig. 4. A cross-sectional view of the modified hyperbolic-subreflector coordinate system with its parameters.

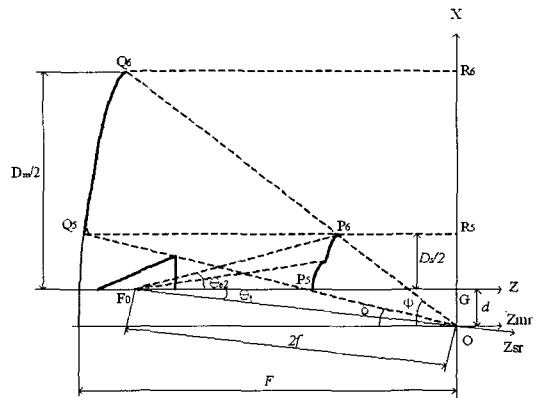


그림 5. Spill-over를 억제한 카세그레인 반사판 안테나 단면도
Fig. 5. A cross-sectional view of a modified Cassegrain reflector antenna for spill-over suppression.

은 쌍곡선으로 형성된다.

$$z_{sr} = a_2 \sqrt{1 + \frac{x_{sr}^2}{f^2 - a_2^2}} - f$$

with $\frac{D_{st}}{2} \leq |X(x_{sr})| \leq \frac{D_s}{2}$ (9)

이렇게 서로 다른 변수 a 를 선택한 두 쌍곡선으로 형성된 변형된 부 반사판을 이용하여 설계한 카세그레인 반사판의 단면은 그림 5와 같다. 이때 부

반사판을 이루는 서로 다른 쌍곡선은 초점을 공유하므로 최종 전파의 경로가 모두 전방으로 향하는 규칙은 만족하나, 전파 경로 길이는 -15 dB 빔 폭을 기준으로 서로 다르게 된다. 따라서 안테나 개구면(z=0 평면)에서 동위상 조건을 만족하기 위해서는 두 경로의 차이가 위상의 정수배가 되도록 식 (10)과 같이 a_1, a_2 를 설정한다. 이를 위해 식 (8)~(10)을 동시에 만족하는 두 쌍곡선 교점이 -15 dB 확장각과 만나며 동시에 교점의 X 좌표가 $(0, D_f/2)$ 사이에 포함되도록 해를 구한다.

$$\begin{aligned}
 & |F_0P_5| + |P_5Q_5| + |Q_5R_5| \\
 & - |F_0P_6| + |P_6Q_6| + |Q_6R_6| \\
 & = 2(F + a_1) - 2(F + a_2) \\
 & = 2(a_1 - a_2) = n\lambda \quad (n: \text{integer}) \quad (10)
 \end{aligned}$$

이러한 방법으로 설계된 반사판 안테나는 부 반사판에 급전되는 에너지의 대부분을 차지하는 -15 dB 빔 폭의 이내의 전파는 높은 테이퍼 효율을 유지하며 동시에 확장각을 늘려 spill-over를 줄이면서 부 반사판, 주 반사판의 직경을 증가시키지 않는다.

IV. 반사판 안테나 시뮬레이션

그림 6은 수백 MW에서 정전 파괴 없이 급전할 수 있는 고풍력 혼 안테나의 측정된 E-평면 방사 패턴이다. 그림 7은 그림 6의 혼 안테나로 급전하였을 때 확장각 -25 dB 빔 폭으로 50 dBi 이상의 안테나 이득을 목표로 설계한 카세그레인 반사판 안테나의

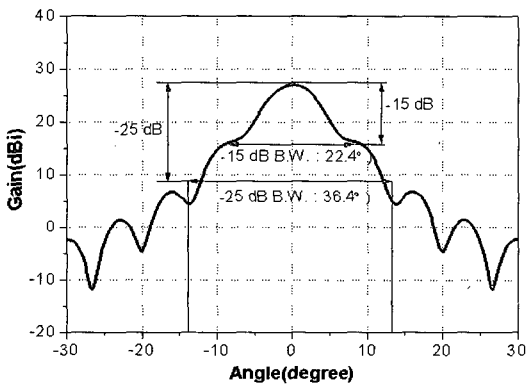


그림 6. 급전 혼 안테나 방사 패턴
Fig. 6. Radiation pattern of feed horn antenna.

표 2. 제안된 안테나 구조의 설계 변수(단위: m)

Table 2. Design parameters of the proposed antenna.

D_m	F	D_f	D_{pc}	θ_{e1}	θ_{e2}	a_1	a^2
4.5	2.6	0.284	0.05	11.2°	18.2°	0.292	0.322

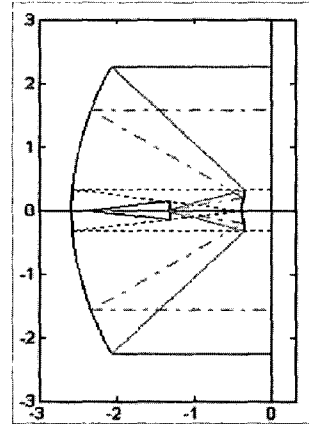


그림 7. 제안된 카세그레인 반사판 안테나 구조
Fig. 7. The geometry of proposed Cassegrain reflector antenna.

구조로 설계 변수는 표 2와 같다.

이렇게 설계한 반사판 안테나를 그림 8과 같은 표면 전류 적분법으로 특성을 예측하였다. 이는 우선 전원부에 해당하는 혼 안테나 개구면의 등가 전류원과 부 반사판의 구조로부터 부 반사판 표면에 유도되는 전류를 구하고, 이를 다시 전류원으로 하여 주 반사판에 유도되는 등가 표면 전류원을 구한 후 이로부터 원거리 장으로 방사하는 전파의 방사 패턴을 계산하는 방식이다. 이렇게 구한 반사판의 방사 패턴에 급전 혼 안테나 패턴 중 부 반사판에

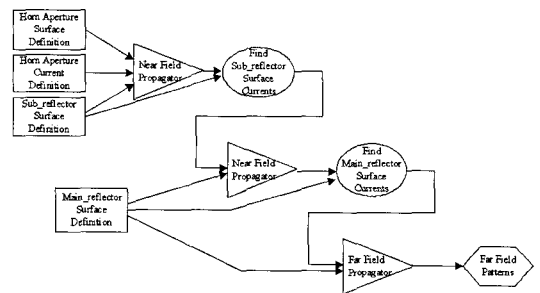


그림 8. 표면 전류 적분법 흐름도
Fig. 8. Block diagram of Integration of surface current method.

반사되지 않고 바깥쪽으로 향하는 spill-over 부분을 보상하여 전체 방사 패턴을 구한다.

설계된 안테나를 기존의 카세그레인 반사판 안테나와 특성을 비교하였다. 2-1의 기존의 카세그레인 반사판 안테나 설계 방법을 통해 같은 주 반사판의 직경 4.5 m에 -15 dB 빔 폭 확장각으로 최대의 이득을 얻도록 설계한 결과 주요 설계 변수는 $D_m=4.5$ m, $F=2.6$ m, $D_f=0.284$ m, $\theta_e=11^\circ$, $a=0.474$ m이다. 그림 9의 방사 패턴을 보면 이득은 50 dBi이고, spill-over에 의한 부엽 레벨이 약 -47 dB임을 알 수 있다.

그림 10은 그림 7의 제안된 구조의 카세그레인

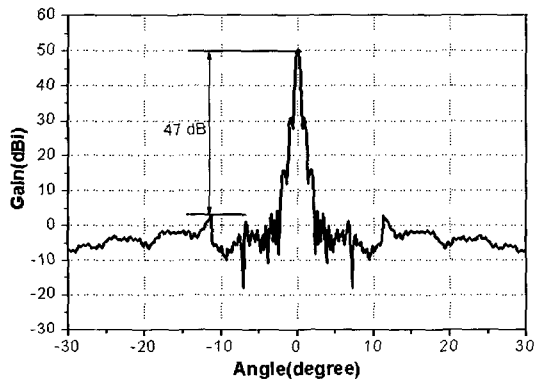


그림 9. 기존 방식의 카세그레인 반사판 안테나의 방사 패턴

Fig. 9. Radiation pattern of the conventional Cassegrain antenna.

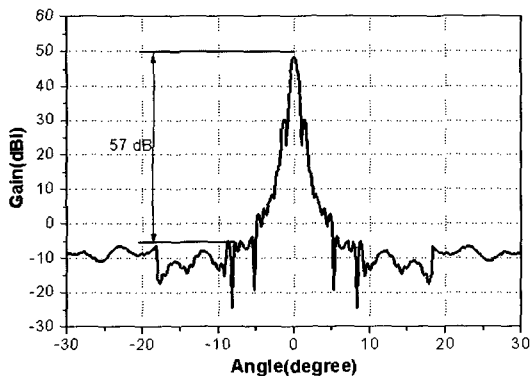


그림 10. 제안된 카세그레인 반사판 안테나의 방사 패턴

Fig. 10. Radiation pattern of the proposed Cassegrain antenna.

반사판 안테나 방사 패턴이다. 제안된 구조의 안테나는 기존 방식의 안테나보다 유효 초점 거리가 짧아짐에 따라 F/D 가 2.6에서 1.5로 낮아지므로 taper 효율이 23 % 낮아진다. 그러나 차단 효율과 spill-over 효율이 1.42배 향상되고 같은 위상 효율을 가지므로 총 효율은 9 % 상승하게 된다^[8]. 또한 혼 안테나 패턴의 -25 dB 빔 폭을 확장각으로 선택하였기 때문에 혼 안테나에서 부 반사판 바깥쪽으로 향하는 spill-over를 줄여 결과적으로 부엽 레벨이 -57 dB로 기존 방식보다 10 dB 향상된 것을 볼 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 spill-over를 줄이기 위해 부 반사판을 변형한 새로운 카세그레인 반사판 안테나 구조를 제안하였다. 제안된 안테나 구조는 기존의 카세그레인 반사판의 부 반사판과는 달리 두 개의 쌍곡선을 사용하여 부 반사판을 설계하였다.

이러한 변형으로 주 반사판의 크기 증가없이 반사판 안테나 총 효율을 9 % 향상시키고, -25 dB 빔 폭을 확장각으로 적용함에 따라 spill-over를 효과적으로 감소시켜 부엽 레벨을 10 dB 감소시키는 설계를 하였다. 제안하는 카세그레인 반사판 안테나 설계 방법은 초고출력 마이크로파용 안테나 설계에 적용 가능할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] B. M. Lee, W. S. Lee, Y. J. Yoon, and J. So, "X-band TM_{01} - TE_{11} mode converter with short length for high power", *IEE Electronic Letters*, vol. 40, no. 18, pp. 1126-1128, Sep. 2004.
- [2] C. Granet, "Designing axially symmetric cassegrain or gregorian dual-reflector antennas from combinations of prescribed geometric parameters", *IEEE Antennas and Propagation*, vol. 40, no. 2, pp. 76-82, Apr. 1998.
- [3] Fernando J. S. Moreira, Aluizio Prata, "Design of axially-symmetric cassegrain and gregorian configurations with reduced spillovers", *IEEE*, 1998.
- [4] Mark D. Cavalier, "Use of shaped lens to control spillover in reflector antennas", *IEEE*, 1999.

[5] Charles R. Lawrence, Thomas Herbig, and Anthony C. S. Readhead, "Reduction of ground spillover in the owens valley 5.5 m telescope", *Proc. of the IEEE*, vol. 82, no. 5, May 1994.

[6] Alireza Tadjalli, Jalil Rashed Mohassel, "Blockage minimization in cassegrain and gregorian reflectors with increased flexibility", *IEEEAC Paper*, Dec. 2001.

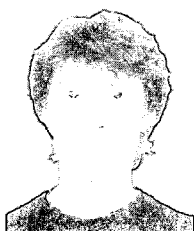
[7] C. Granet, "A simple procedure for the design of

classical displaced-axis dual-reflector antennas using a set of geometric parameters", *IEEE Antennas and Propagation*, vol. 41, no. 6, pp. 64-72, Dec. 1999.

[8] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1998.

[9] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory Analysis and Design*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc., 1997.

이 우 상



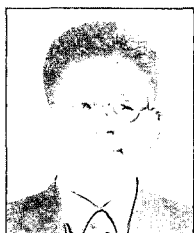
2003년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학사)
 2005년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)
 2005년 2월~현재: 국방과학연구소 연구원
 [주 관심분야] 초고출력 안테나, 위상배열 안테나, 마이크로파 소자

양 기 주



1986년 5월: 미국 Univ. of Michigan 컴퓨터공학과 (공학석사)
 1991년 12월: 미국 Univ. of Delaware 컴퓨터공학과 (공학박사)
 1995년 9월~현재: 동국대학교 정보통신공학과 부교수
 [주 관심분야] 임베디드시스템, RFID

장 원



1984년 2월: 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
 1991년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
 1991년~현재: 국방과학연구소 연구원

[주 관심분야] 전자전

이 상 혼



2004년 2월: 연세대학교 전기전자공학부 (공학사)
 2006년 2월: 연세대학교 전기전자공학부 (공학석사)
 2006년 3월~현재: 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
 [주 관심분야] 초고주파 회로설계, 초고출력 안테나 시스템, RFID

이 병 무



1998년 2월: 순천향대학교 정보통신공학과 (공학사)
 2000년 2월: 연세대학교 전기컴퓨터공학과 (공학석사)
 2005년 2월: 연세대학교 전기전자공학과 (공학박사)
 2005년 3월~현재: 삼성전자 TN 총괄 책임연구원

[주 관심분야] 초고주파 회로설계, 초고출력 안테나 시스템, RFID

윤 영 중



1981년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
 1986년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
 1991년 2월: Georgia Institute of Technology (공학박사)
 1992년~1993년: ETRI 위성통신기술 연구단

1993년~현재: 연세대학교 전기전자공학과 교수
 [주 관심분야] 마이크로파 소자, 안테나, 전파전파, EMI/EMC