

---

碩士學位論文

拋物面 反射器 안테나에서의 빔스킨트  
現象에 關한 研究

濟州大學校 大學院

通信工學科



1993 年 6 月

拋物面 反射器 안테나에서의 빔스킨트  
現象에 關한 研究

指導教授 金 興 洙

金 漢 哲

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함.

1993年 6月

金 漢 哲의 工學 碩士學位 論文을 認准함.

審査委員長

李 鎔 鶴

委

員

張 宰 成

委

員

金 興 洙

濟州大學校 大學院

1993年 6月

---

# A Study on Beam Squint in Parabolic Reflector Antennas.

Han-Cheal Kim

(Supervised by professor Heung-Soo Kim)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING



DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATION ENGINEERING  
GRADUATE SCHOOL  
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1993. 6.

# 목 차

Abstract	1
I. 서 론	2
II. 교차편파와 빔 편이율	5
2.1 교차편파 정의	5
2.2 교차편파 비교 및 적용	8
2.3 교차편파 발생 요인	9
2.4 포물면 반사기 안테나에서의 교차편파	11
2.4.1 대칭 포물면 반사기 안테나에서의 교차편파	11
2.4.2 윌셀 포물면 반사기 안테나에서의 교차편파	13
2.5 빔 편이율	16
III. 스킨트 현상	21
3.1 축점에서 급전하는 포물면 반사기	21
3.2 윌셀점에서 급전하는 포물면 반사기	26
3.3 축점에서 급전하는 윌셀 포물면 반사기에서의 빔 스킨트	28
3.4 윌셀점에서 급전하는 대칭 포물면 반사기에서의 빔 스킨트	28
3.5 윌셀점에서 급전하는 윌셀 포물면 반사기에서의 빔 스킨트	29

IV. 계산및 고찰	32
4.1 축점에서 급전한 율셀 포물면 반사기	32
4.2 율셀점에서 급전한 대칭 포물면 반사기	33
4.3 율셀점에서 급전한 율셀 포물면 반사기	36
4.4 고찰	37
V. 결 론	38
VI. 참고문헌	39
본 논문과 관련된 저자의 발표 논문	41



---

## Abstract

The parabolic reflector antennas utilize the directivity which reflects an incident beam to a certain direction when illuminated by on-focus feed. Also the offset parabolic reflector antenna has been widely used to overcome the unwanted blocking and scattering effect. But it generates crosspolarization when illuminated by a linearly polarized primary feed. Circularly polarized feeds eliminate depolarizations and they lead to squint of the main beam from boresight. The beam squint phenomenon is an important factor to design parabolic reflector antennas.

This paper aims to investigate the beam squint phenomenon and suggest the general squint-predicting formula which applied to a symmetric paraboloidal antenna with offset-feed and an offset paraboloidal antenna with offset-feed. Squint-free condition is suggested to avoid the squint phenomenon that can affect the antenna pointing performance in the long-distance communication, deep-space telemetry, radioastronomy, etc. Squint-free antennas can be designed by this squint-free condition.

# I. 서론

마이크로파 대의 지상통신이나 위성통신에서는 통신회선 수의 증가에 따른 회선 상호간의 간섭을 줄이기 위하여 부엽(side-lobe) 레벨이 낮은 안테나가 요구된다. 반사기 안테나의 부엽은 1차복사기와 지지대에 의한 블로킹 및 산란 때문에 주로 발생한다. 부엽을 줄이기 위해서는 포물면 안테나에 급전되는 급전축 방향과 반사되는 방사축의 방향을 다르게 구성한 육셀 형식의 안테나가 필요하며 이러한 육셀 형식의 안테나는 혼 리플렉터 안테나(horn reflector antenna), 육셀 카세그레인 안테나(offset cassegrain antenna), 육셀 포물면 안테나(offset parabolic antenna)등이 있다. 이들 중 육셀 포물면 안테나는 구조가 간단하고 소형, 경량일 뿐 만 아니라 대칭 포물면 안테나와 비교하여 반사빔이 급전점으로 귀환하지 않게 되며 1차복사기와 지지대에 의한 블로킹 및 산란이 없기 때문에 불필요한 방사나 이득 저하가 생기지 않는 장점이 있다. 특히 초점 근처에 여러개의 혼 안테나를 배열하여 원하는 빔 패턴을 형성하기에 적합하므로 널리 사용되고 있다. 그러나 육셀 포물면 반사기 안테나는 축대칭 안테나에 비해 많은 장점을 갖지만 비대칭 구조로 인하여 개구면의 전개분포가 비대칭이 되어 교차편파(crosspolarization) 성분이 많이 발생된다. 이러한 교차편파 성분은 안테나의 성능 저하를 가져온다. 위성통신 시스템에서는 주파수를 효율적으로 이용하고 통신 시스템의 전송 용량을 증가시키기 위하여 한 안테나에 직교하는 2개의 편파성분을 이용하는 방식을 많이 사용하고 있다. 수평편파와 수직편파 또는 좌선회 원형편파와 우선회 원형편파를 이용하여 주파수 재이용을 가능하게 한 안테나 시스템에서는 교차편파 레

벨을 매우 낮은 값이 되게 하여야 한다. 부엽이 작고 양호한 교차편파 특성을 갖는 안테나로는 비대칭의 반사기를 적절하게 조합하여 각각의 반사경에 의한 교차편파 발생을 소거한 윌셀 카세그레인 안테나와 윌셀 그레고리안 안테나가 있다. 그러나 이들 안테나는 구조가 매우 복잡하기 때문에 현재까지는 윌셀 포물면 안테나가 주로 쓰이고 있다. 윌셀 포물면 반사기 안테나에서 원형편파로 급전시키면 교차편파 성분은 제거할 수 있으나 방사빔의 방향이 중심축으로부터 어긋나는 현상이 발생한다. 이러한 현상을 빔 스킨트 현상이라 한다.

스킨트 현상은 선형편파로 급전되는 안테나에서는 발생하지 않고 원형편파로 급전되는 윌셀 안테나에서 발생한다. 또한 우선회 원형편파(RHCP: Right Hand Circularly Polarized)로 급전된 경우는 반사기에 의하여 좌선회 원형편파(LHCP: Left Hand Circularly Polarized)로 되고 이 편파는 중심축으로부터 오른쪽으로 스킨트된다. 또한 좌선회 원형편파로 급전된 경우는 반사기에 의하여 우선회 원형편파로 되고 이것은 중심축으로부터 왼쪽으로 스킨트된다. 여기서 우선회, 좌선회, 왼쪽, 오른쪽이라는 용어는 관찰자가 전파의 진행 방향으로 볼 때 정의된 것이다. 우주통신과 같은 장거리 통신이나, 정확한 방위와 거리를 요하는 레이더 시스템 등에서 빔 스킨트 현상의 발생은 안테나 지시성능(Antenna Pointing Performance)에 영향을 주기 때문에 성능저하의 요인이 된다. 이것을 피하기 위해 반사기 안테나를 설계할 경우나 실질적으로 운용할 때 스킨트 현상에 의한 영향을 보정하여야 한다.

지금까지 스킨트 현상에 관한 연구는 급전점이 초점상에 있는 윌셀 포물면 반사기 안테나에 대해서만 연구되어 왔다.(T.S. Chu and R. H. Turrin, 1973) 또한 초점에서 윌셀 포물면 반사기에 원형편파로 급전하는 경우에 대하여 빔 스킨트각도를 구할 수 있는 공식이 제시되었다.(N.A. Adatia and A. W. Rudge,



1975) 그러나 실제 포물면 반사기가 육셀이 아닌 대칭일 때 급전점이 축점을 벗어난 경우에도 동일한 현상이 발생하고 있다.

본 논문에서는 먼저 축점 급전인 육셀 포물면 반사기 시스템에서 스킨트 현상을 파악하고 포물면 반사기 안테나에서 스킨트 현상이 발생하는 모든 경우 즉, 축점에서 급전되는 육셀 포물면 반사기, 육셀점에서 급전되는 대칭 포물면 반사기, 육셀점에서 급전되는 육셀 포물면 반사기에 대해서 스킨트 각도를 구할 수 있는 일반적인 공식을 제시하여 포물면 반사기 안테나에서 나타나는 스킨트 현상을 보정하고, 또한 이 공식으로부터 육셀점에서 급전되는 대칭 포물면 반사기 안테나에서 스킨트 현상이 발생하지 않는 조건을 제시하고자 한다. 본 논문의 구성은 1장에서 연구의 배경과 목적을 설명하고 2장에서는 포물면 안테나에서의 교차편파와 빔 편이율(BDF: Beam Deviation Factor)을 고찰한다. 또한 3장에서는 포물면 안테나에서 빔 스킨트 현상을 파악하고 4장에서는 기하광학적 방법과 빔 편이율을 적용하여 빔 스킨트 각도를 구한다. 끝으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.



## II. 교차편파와 빔 편이율

이 장에서는 교차편파에 대한 세가지 정의를 고찰하여 비교하고 또한 포물면 반사기 안테나 시스템에서의 교차편파 발생 요인과 빔 편이율(BDF)에 대하여 고찰한다.

### 2.1 교차편파 정의

마이크로파 대의 지상통신이나 위성통신에서 회선 수가 증가함에 따라 회선 상호간의 간섭이 발생되는 데 이를 피하기 위하여 부엽이 낮은 안테나가 요구된다. 또한 주파수를 효율적으로 이용하기 위하여 한 안테나에서 직교하는 2개의 편파를 동시에 사용하는 경우가 증가함에 따라 안테나의 복사패턴에 대한 관심이 고조되고 있다. 교차편파에 대하여 현재 몇가지 다른 정의가 사용되고 있다. IEEE에서는 교차편파에 대한 표준 정의로서 “기준편파(co-polarization)에 직교하는 편파”라고 정의하였다. (IEEE standard definition, 1969) 또한 일반적으로 많은 문헌에서 사용되고 있는 정의는 다음과 같다. (A. C. Ludwig, 1973)

(정의 1) 직각 좌표 시스템에서 하나의 단위벡터를 기준편파 방향으로 하고 다른 하나를 교차편파 방향으로 한다.

(정의 2) 구형좌표 시스템에서 구표면에 접하는 하나의 단위벡터를 기준편파

방향으로 하고 다른 하나를 교차편파 방향으로 한다.

(정의 3) 안테나 패턴을 일반적인 방법으로 측정했을 때 무엇을 측정할 것인가에 따라 기준편파와 교차편파가 정해진다.

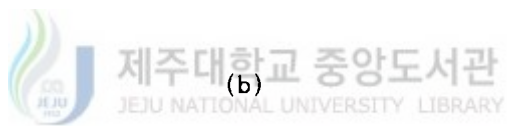
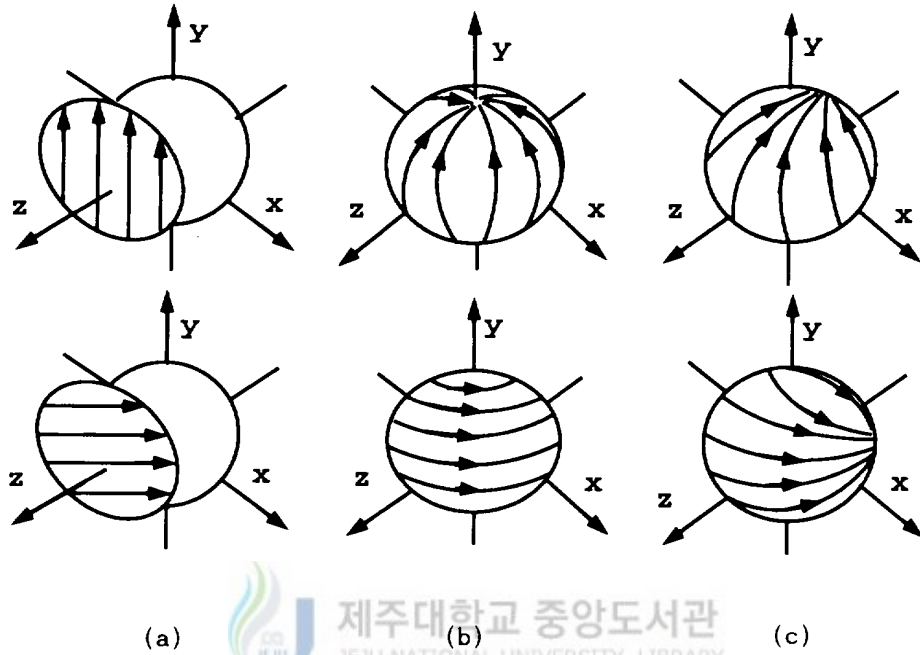


Fig.1 Alternate Polarization Definition  
 (a) Definition 1 (b) Definition 2 (c) Definition 3

Fig.1에서 교차편파에 대한 세가지 정의를 표현하였다. Fig.1에서 상단 그림은 기준편파의 방향, 하단 그림은 교차편파의 방향을 나타낸다.

교차편파 성분에 대한 세가지 정의의 표현을 각각 직각좌표 시스템으로 표현하면 다음과 같고  $\hat{i}_R(1), \hat{i}_R(2), \hat{i}_R(3)$ 는 각각 세가지 정의의 기준편파 성분을 나타내고  $\hat{i}_C(1), \hat{i}_C(2), \hat{i}_C(3)$ 는 세가지 정의의 교차편파 성분을 나타낸다.

$$\hat{i}_{R(1)} \equiv \hat{i}_y = \sin\theta \sin\phi \hat{i}_r + \cos\theta \sin\phi \hat{i}_\theta + \cos\phi \hat{i}_\phi \quad (1a)$$

$$\hat{i}_{C(1)} \equiv \hat{i}_x = \sin\theta \cos\phi \hat{i}_r + \cos\theta \cos\phi \hat{i}_\theta - \sin\phi \hat{i}_\phi \quad (1b)$$

$$\hat{i}_{R(2)} \equiv \hat{i}_\theta = \frac{-\sin^2\theta \sin\phi \cos\phi \hat{i}_x + (1 - \sin^2\theta \sin^2\phi) \hat{i}_y - \sin\theta \cos\theta \sin\phi \hat{i}_z}{\{1 - \sin^2\theta \sin^2\phi\}^{1/2}} \quad (2a)$$

$$\hat{i}_{C(2)} \equiv -\hat{i}_\phi = \frac{\cos\theta \hat{i}_x - \sin\theta \cos\phi \hat{i}_y}{\{1 - \sin^2\theta \sin^2\phi\}^{1/2}} \quad (2b)$$

$$\begin{aligned} \hat{i}_{R(3)} &\equiv \sin\phi \hat{i}_\theta + \cos\phi \hat{i}_\phi \\ &= -(1 - \cos\theta) \sin\phi \cos\phi \hat{i}_x + \{1 - \sin^2\phi(1 - \cos\theta)\} \hat{i}_y - \sin\theta \sin\phi \hat{i}_z \end{aligned} \quad (3a)$$

$$\begin{aligned} \hat{i}_{C(3)} &\equiv \cos\phi \hat{i}_\theta - \sin\phi \hat{i}_\phi \\ &= \{1 - \cos^2\phi(1 - \cos\theta)\} \hat{i}_x - (1 - \cos\theta) \sin\phi \cos\phi \hat{i}_y - \sin\theta \cos\phi \hat{i}_z \end{aligned} \quad (3b)$$

포물면 반사기 안테나에서 Watson 등은 Ludwig의 정의 1과 주 반사기와 부 반사기 사이에서 기하광학을 적용하여 카세그레인 안테나가 전방 방사(front-fed) 안테나보다 교차편파특성이 양호하다는 결론을 내렸다.(P.A. Watson and S.I.Ghobrial,1973) 반면에 Wood는 Huygens' source를 급전 시스템으로 하여 Ludwig의 정의 3과 굴절 분석을 적용하여 전방 방사 안테나가 카세그레인 안테나보다 교차편파특성이 양호하다는 결론을 얻었다.(P.J. Wood,1973) 이러한 결과는 교차편파에 대한 명쾌한 정의의 부족으로 발생한 것이다.

## 2.2 교차편파 비교 및 적용

교차편파에 대한 세가지 정의를 비교해 보면, 임의의 안테나에서 방사되는 원거리 전자계는 구표면에 접하므로 정의 1은 기본적으로 이러한 적용에 부적절하다는 것이 명백하고 정의 1은 다만 소스전류 분포에 적절하게 적용됨을 알 수 있다. 정의 2와 정의 3은 구에 접하는 단위 벡터를 포함하므로 1차 전자계와 2차 전자계의 경우에 적합하다. 소스의 전류에 의한 방사패턴의 교차편파 성분을 세가지 정의에 의해 나타내면 Table 1과 같다.

Table 1 Source current contributions to crosspolarization

소스전류	정의 1	정의 2	정의 3
$\hat{i}_x$	$1 - \sin^2\theta \cos^2\phi$	$\frac{\cos\theta}{\{1 - \sin^2\theta \sin^2\phi\}^{1/2}}$	$1 - \cos^2\phi(1 - \cos\theta)$
$\hat{i}_y$	$-\sin^2\theta \sin\phi \cos\phi$	0	$-(1 - \cos\theta)\sin\phi \cos\phi$
$\hat{i}_z$	$-\sin\theta \cos\theta \cos\phi$	$\frac{-\sin\theta \cos\phi}{\{1 - \sin^2\theta \sin^2\phi\}^{1/2}}$	$-\sin\theta \cos\phi$

Table 1에서 기준편파 전류를  $\hat{i}_y$ 라 하였을 때 교차편파에 대한 세가지 정의에서  $\hat{i}_y$  소스전류에 의한 교차편파 성분은  $\theta < 4^\circ$  에서 52dB 이상 억압되고  $\hat{i}_z$  소스전류에 의해서는  $\theta < 4^\circ$  에서 23dB 이상 억압되는 반면  $\hat{i}_x$  소스전류에 의한 교차편파 성분은 거의 0dB가 되므로 교차편파의 지배적인 요인은  $\hat{i}_x$

소스전류가 되는 것이 명백하다.  $\hat{i}_z$  소스전류가  $\hat{i}_x$  소스전류보다 상대적으로 방사패턴의 교차편파에 영향이 작다는 것을 나타내기 위해 일반적인 기술용어로서 longitudinal 전류라 한다.

정의 2에서 무한소 다이폴은 교차편파 성분을 전혀 갖지 않지만, 실제 급전 시스템에서는 교차편파 성분을 갖고 있다는 것이 잘 알려져 있다.(E.M.T. Jones, 1954) 표면 전류에 의한 교차편파 성분이 생기지 않는 필요 충분 조건은  $E_\theta \cos\phi = E_\phi \sin\phi$  이다. 이 조건은 정의 3에 적합한 표현이며 Koffman은 이러한 조건을 만족시키는 것으로서 Huygens' source를 제시하였다.(I. Koffman, 1966) 무한소 다이폴에 의해 방사되는 전자계는 교차편파 성분을 갖고 있지 않지만, 포물면 반사기에 의해 방사되는 전자계는 교차편파 성분을 갖게 되며 이러한 교차편파 성분을 감소시키기 위하여 초점길이 F, 반사기 직경 D의 비 F/D를 증가시키는 방법을 쓰기도 한다. 그러나 정의 3에 의하면 전계 다이폴 역시 근본적으로는 교차편파 성분을 갖고며, 이것은 급전각을 증가시킴에 따라 급격히 증가한다. 즉, 반사기에 의해 방사되는 2차패턴에서 교차편파 성분을 표현하기 위하여 정의 2를 적용하면 F/D의 함수가 되고 정의 3을 적용하면 급전각의 함수가 된다. 또한 Ludwig는 안테나 방사패턴을 설명함에 있어 정의 3을 가장 적절한 것으로서 제안했다.

### 2.3 교차편파 발생 요인

일반적으로 포물면 반사기 안테나에는 반사기에 의해 방사되는 전자계의 교차편파 성분을 발생시키는 두 종류의 요인이 있다. 첫째는 급전 시스템으로 가

장 영향을 많이 주며 들쭉날쭉한 반사기 시스템이다. 비록 이론적으로 이상적인 급전 시스템으로서 Huygens' source가 제안되었지만 실제로 사용되는 급전 시스템은 교차편파 성분을 포함하고 있다. 지속적인 개발로 복모드(dual mode horn) 혼 또는 코르게이트 혼(corrugated horn) 등과 같은 급전 시스템을 사용하면 교차편파를 작게 줄일 수 있다. 한편 급전시스템이 이상적이라 하더라도 반사기 곡률에 의해 교차편파 성분이 발생하며 이러한 것을 반사기 depolarization라 한다. 반사기 depolarization은 반사기에 의해 반사된 전자계의  $\cos\theta$  요소 즉 윗셀 급전정도와 반사기 표면에 흐르는 전류의 축성분 전류  $i_z$ 에 의해 발생한다. 또한 다중 빔(multibeam) 안테나 시스템에서 반사기 표면을 비포물면으로 설계하지만 이렇게 반사기 표면이 비포물면으로 수정될 때도 발생한다. 반사기 depolarization은 급전시스템에 의해 발생하는 교차편파 성분을 제외한 윗셀 급전정도, 반사기 곡률등 반사기 특성에 의해 발생하는 교차편파 성분에 의한 방사패턴의 변화를 의미한다. 교차편파는 반사기의 depolarization에 의한 것과 급전 시스템에 의한 효과를 더한 것으로 의미하도록 하면 교차편파에 대한 혼동은 피할 수 있다. (A. W. Love, 1978)

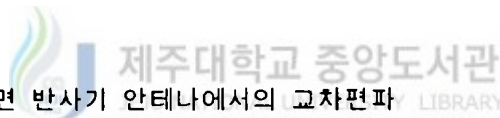
교차편파 성분은 불평형 급전, 반사기 곡률, 윗셀 급전에 크게 관계하여 급전시스템 자체에 포함된 교차편파 성분과 반사기 곡률, 윗셀 급전으로 인하여 발생하고, 이렇게 발생한 교차편파 성분은 개구면 직경이 증가할 수록 개선되고, F/D가 증가할 수록 작아진다.

#### 2.4 포물면 안테나에서의 교차편파

포물면 반사기 안테나는 반사기에 급전하는 급전축 방향과 반사되는 방사축

의 방향을 일치하게 구성한 대칭 포물면 반사기 안테나와 급전축 방향과 방사축의 방향을 다르게 구성한 윌셀 포물면 반사기 안테나로 구분된다. 윌셀 포물면 반사기 안테나는 대칭 포물면 반사기 안테나와 비교하여 반사빔이 급전점으로 궤환하지 않으므로 전압 정재파비를 악화시키지 않아 대역특성을 좋게하고, 지지대에 의한 불필요한 방사나 이득 저하가 생기지 않는 장점이 있다.

포물면 반사기 안테나에서 급전 시스템이 이상적인 Huygens' source 라고 하더라도 포물면 반사기에 투영되면 교차편파 성분이 발생한다.(J.D. Hanfling, 1970) 교차편파의 발생 원인은 불평형 급전으로부터 생기는 것과 반사기 곡률로 인하여 생기는 것이 있다. 현재 사용되고 있는 포물면 반사기 안테나에서는 지속적인 연구 개발로 급전에 기인한 교차편파 성분을 줄였으며 반사기 곡률에 기인한 교차편파는 평형 급전의 경우 원형편파로 급전하므로써 제거할 수 있으나 반사기 전체에 생기는 위상 편이로 인하여 빔 스킨트 현상이 발생한다.



#### 2.4.1 대칭 포물면 반사기 안테나에서의 교차편파

대칭 포물면 반사기 안테나 시스템은 광학에서 포물면경의 초점에서 나온 빛은 반사경에 반사된 후 평행광선이 된다는 원리를 이용한 것으로서 반사기 정점을 향하여 초점으로부터 급전하는 경우 안테나에서 방사한 방사빔이 급전축과 평행한 방향으로 진행하므로 장거리 통신이나 레이다 등에 널리 사용된다.

대칭 포물면 안테나 시스템은 평형급전 시스템으로 급전하는 경우에서 초점에서 반사기 정점을 향하여 급전할 때는 교차편파 성분은 발생되지 않고 윌셀



점에서 급전할 때는 반사기 곡률에 기인한 교차편파가 발생한다. 이러한 교차편파 성분은 원형편파로 급전하므로써 소멸되거나 반사빔이 중심축과 어긋나는 빔 스킨트 현상이 발생한다. 또한 불평형 급전 시스템으로 급전하는 경우에서 초점에서 반사기 정점을 향하여 급전할 때는 급전 시스템 자체에 의한 교차편파 성분이 발생되고 윗셀점에서 급전할 때도 급전 시스템은 물론 반사기 곡률에 기인한 교차편파가 발생한다. 이러한 교차편파 성분은 원형편파로 급전해도 소멸되지 않는다. 다음 Table 2에서 대칭 포물면 안테나에서 급전 시스템과 교차편파 관계를 나타내었다.

Table 2 Feed-systems and crosspolarizations in the symmetric paraboloidal antenna

급전 시스템	급전 위치	교차편파	원형편파 급전
평형급전	초점	없음	교차편파 없음
	윗셀점	발생	교차편파 소멸 스킨트발생
불평형급전	초점	발생	교차편파 유지
	윗셀점	발생	교차편파 유지

다음 Fig.2는 대칭 포물면 안테나에 불평형 급전 시스템으로 급전한 경우에 대한 개구면 분포와 교차편파 특성을 나타낸 것으로서 선형편파로 급전한 경우 교차편파는 빔축 근방에 4개의 피치가 발생하며, 원형편파로 급전한 경우 교차

편파는 빔축을 중심으로 원 형태로 발생한다.

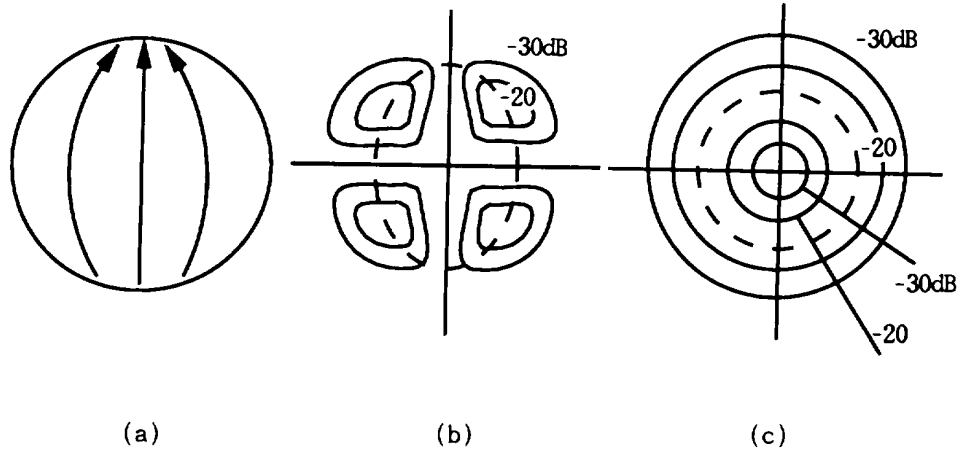


Fig.2 cross-polarization characteristics in symmetric reflector(unbalanced)

- - - - : co-polarization level(-3dB)

———— : cross-polarization level(relative to co-polarization)

(a)aperture distribution (b)linear polarization (c)circular polarization



#### 2.4.2 율셀 포물면 반사기 안테나에서의 교차편파

율셀 포물면 반사기 안테나 시스템은 마이크로파 대의 지상통신이나 위성통신에서 통신회선 수의 증가에 따라 회선 상호간의 간섭을 줄이기 위하여 부엽 레벨이 낮은 안테나가 필요함에 따라 개발된 것으로 1차복사기와 지지대에 의한 블로킹이나 산란이 없기 때문에 불필요한 방사나 이득 저하가 생기지 않는 장점이 있다. 또한 급전점을 조금만 이동하여도 반사기에 의해 방사되는 방사 빔의 방향을 크게 이동시킬 수도 있다. 율셀 포물면 반사기 안테나는 레이다등

에 널리 사용되고 있으며 구조가 간단하고 비교적 소형으로 무게가 가볍다는 장점이 있으며 극초단파대에 많이 사용되고 있다. 또한 급전상태와 급전위치, 반사기 형태에 따라 매우 다양한 방사패턴을 형성한다. 특히 공항감시용 레이더에 사용되는 반사기 안테나는 반사기 하단부를 약간 안쪽으로 변형하여 여할 자승(cosecant squared)빔을 형성하고 다중 급전을 이용하여 이중 빔 발생은 물론 방사빔 패턴을 변형시켜 항공기 탐지에 필요한 최적 형태의 방사패턴을 만들기도 한다.

육셀 포물면 반사기 안테나는 초점에서 이상적인 Huygens' source로 급전하더라도 포물면 반사기의 육셀 부분에 투영된 경우 반사기가 포물면으로 되어 있기 때문에 반사기 곡률에 따른 교차편파 성분이 발생한다. 즉, 급전축과 방사축이 일치하지 않은 경우에 교차편파를 갖는다. (J.D.Hanfling, 1970) Table 3은 육셀 포물면 안테나에서 급전 시스템과 교차편파 관계를 나타내었다.

Table 3 Feed-systems and crosspolarizations in the offset paraboloidal antenna

급전 시스템	급전 위치	교차편파	원형편파 급전
평형급전	초점	발생	교차편파 소멸 스킨트발생
	육셀점	발생	교차편파 소멸 스킨트발생
불평형급전	초점	발생	교차편파 유지
	육셀점	발생	교차편파 유지

육셀 포물면 반사기 안테나 시스템은 평형급전 시스템으로 초점은 물론 육셀점에서 급전하는 경우에 반사기 곡률에 기인한 교차편파가 발생한다. 이러한 교차편파 성분은 원형편파로 급전하므로써 소멸되거나 반사빔이 중심축과 어긋나는 빔 스킨트 현상이 발생한다. 또한 불평형 급전 시스템으로 초점과 육셀점에서 급전할 때 급전 시스템은 물론 반사기 곡률에 기인한 교차편파 성분이 발생된다. 이러한 교차편파 성분은 원형편파로 급전해도 소멸되지 않는다.

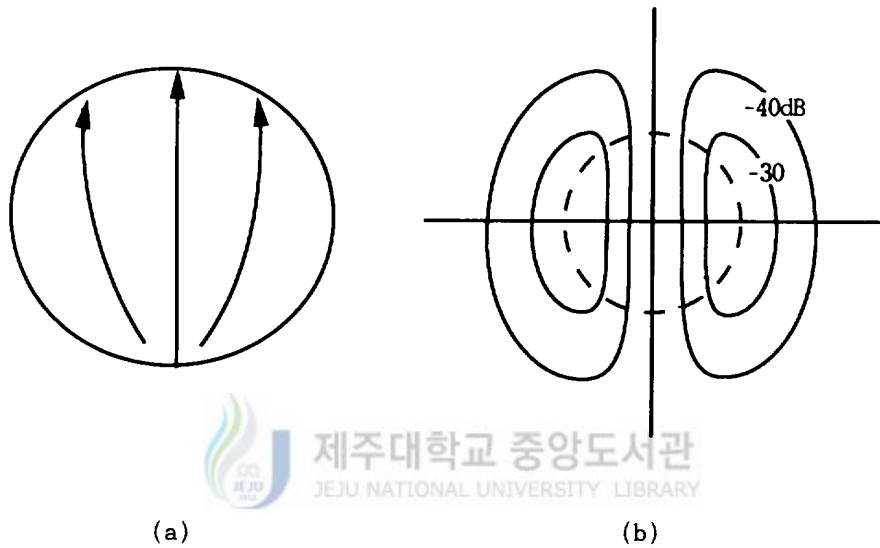


Fig. 3 cross-polarization characteristics in offset reflector(balanced)  
 - - - - : co-polarization level(-3dB)  
 ——— : cross-polarization level(relative to co-polarization)  
 (a)aperture distribution (b)linear polarization

육셀 포물면 안테나에 초점에서 평형 급전 시스템으로 급전한 경우에서의 개구면 분포와 교차편파 특성을 Fig. 3에 나타내었다. 이 경우에는 축대칭인 포물면 반사기 안테나와는 달리 선형편파로 급전한 경우 빔축 근방에 2개의 피치

가 발생하며, 원형편파로 급전한 경우는 교차편파 성분은 완전히 소멸하지만 그 대신 주 편파 빔이 중심축에서 이동한다. 즉, 좌선회 원형편파로 급전한 경우는 중심축에서 왼쪽, 우선회 원형편파로 급전한 경우는 중심축에서 오른쪽으로 어긋나는 스킨트 현상이 발생한다. (T.S. Chu and R. H. Turrin, 1973)

## 2.5 빔 편이율

포물면 반사기 안테나에서 반사되는 주빔의 방향을 이동시키고자 할 때 안테나 시스템에서 구조를 변경하는 것보다는 급전점을 촛점으로부터 횡축으로 이동시키는 것이 편리하다.

다중 빔 반사기나 통신위성에 널리 사용되는 contour 빔 반사기 등에서 스캔 성능을 개선시키기 위해 급전점을 반사기 촛점에서 벗어난 지점에서 급전하고 있다. 급전점 이동은 위상수차를 초래하여 이득손실과 부엽면에서 파형왜곡을 가져오지만 빔을 축으로부터 벗어나도록 조정할 수 있다. 또한 다중빔 응용은 물론 카세그레인 안테나에서 교차편파특성을 개선시키기 위해 일반적으로 사용되고 있다. 급전점 이동은 반사기 축을 따라 이동하는 축상이동(axial displacement)과 급전점을 포함한 수직면을 따라 이동하는 횡축이동(lateral displacement)이 있으며 축상이동은 위상수차를 초래하여 파형왜곡을 발생하고 횡축이동은 빔 이동을 발생한다.

Fig. 4는 대칭 포물면 반사기 안테나 시스템에서 촛점을 횡축으로 이동시킨 경우를 나타내었다.

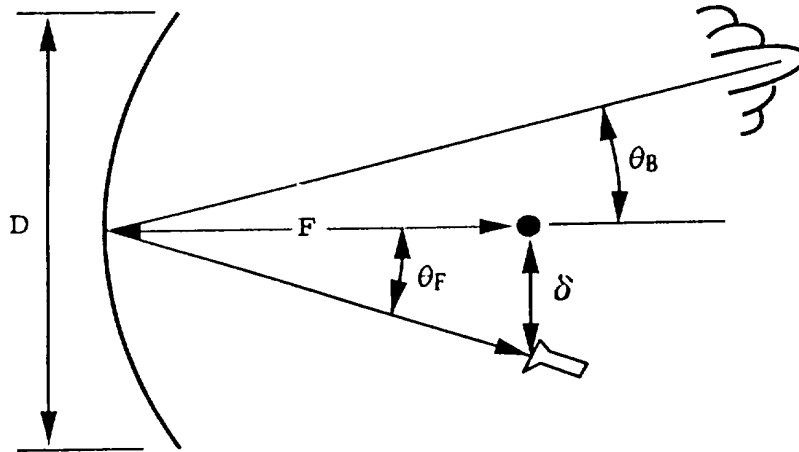


Fig. 4 Feed lateral displacement in symmetric reflector

Fig. 4와 같은 구성에서 발생하는 빔 이동의 중요한 파라미터는 반사기의 축으로부터 측정되는 반사각과 급전 경사각의 비로 정의되는 빔 편이율(BDF: Beam Deviation Factor)이다.

$$BDF = \frac{\theta_B}{\theta_F} \quad (4)$$

여기서  $\theta_B$ 는 반사기의 축으로부터 측정된 반사각(beam scan angle)이며  $\theta_F$ 는 반사기의 축으로부터 측정된 급전 경사각(feed tilt angle)이다. 대칭 포물면 반사기 안테나 시스템에서 쏠점을 횡축으로 이동시킨 Fig. 4와 같은 구성에서 빔 편이율(BDF)에 대한 값은 다음과 같다. (Y. T. Lo, 1960)

$$BDF = \frac{\theta_B}{\tan^{-1}(\delta/F)} = \frac{\sin^{-1} \left\{ \frac{\delta}{F} \frac{1 + k(D/F)^2}{1 + (D/F)^2} \right\}}{\tan^{-1}(\delta/F)} \quad (5)$$

$$\approx (BDF)_0 \left[ 1 + \frac{1}{3} (\delta/F)^2 \left\{ \frac{1}{2} (BDF)_0^2 + 1 \right\} + O(\delta/F)^4 \right]$$

여기서  $(BDF)_0$ 는 다음과 같다.

$$(BDF)_0 = \frac{1 + k(D/4F)^2}{1 + (D/4F)^2}$$

식(5)에서  $\delta/F$  비가 작은 값을 갖는 경우 BDF는 다음과 같은 근사식으로 간략화된다.

$$BDF \approx (BDF)_0 = \frac{1 + k(D/4F)^2}{1 + (D/4F)^2} \quad (6)$$

여기서  $\delta$ 는 급전점 이동거리,  $F$ 는 초점길이,  $D$ 는 개구면 직경이다. 테이퍼 상태  $k$ 는  $k < 1$  이며  $k$ 는 초점길이, 개구면 직경과 급전의 1차 패턴과 밀접한 관계를 갖는다. 이러한 관계에서 일반적으로  $k$ 는  $0.3 < k < 0.7$  범위내의 값으로 10db 테이퍼( $ET=-10db$ )인 경우는  $k = 1/3$ , 20db 테이퍼( $ET=-20db$ )인 경우는  $k = 0.48$ 이 됨을 실험과 계산을 통해 구하였다. (A. C. Ludwig, 1973)

대칭 포물면 안테나에서의 BDF는 급전점 이동거리  $\delta$ 가 초점길이  $F$ 에 비해 매우 적을 경우 초점길이  $F$ , 개구면 직경  $D$ , 급전 1차 패턴의 테이퍼 상태  $k$ 에 따라 구할 수 있다. Fig. 4와 같이 윗셀점에서 급전되는 대칭 포물면 반사기에서 반사각  $\theta_B$ 는 초점길이  $F$ 와 급전점 이동거리  $\delta$ 로 결정되는 급전 경사각  $\theta_F$ 에 빔 편이율(BDF)을 적용하여 구한다. 급전 테이퍼 상태  $k$ 를 변수로 하여

F, D의 변화에 따른 빔 편이율(BDF)의 값을 Fig.5에 나타내었다.

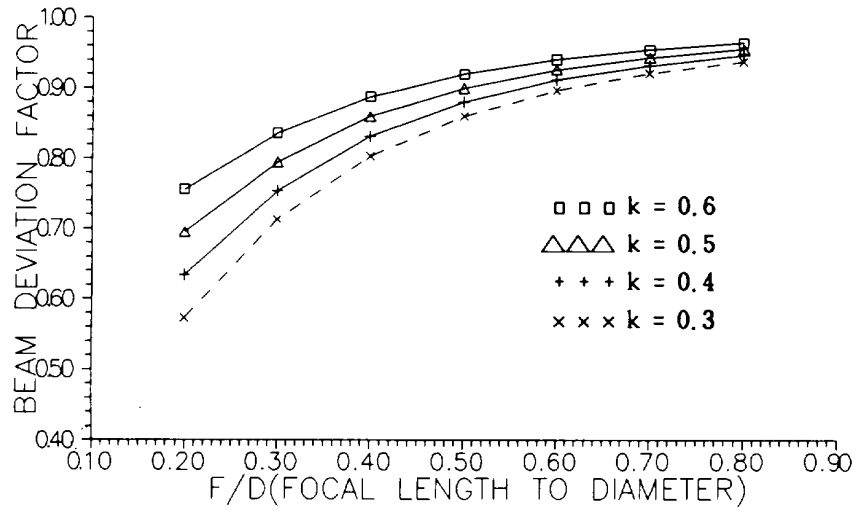


Fig.5 Beam Deviation Factor as a function of F/D, k

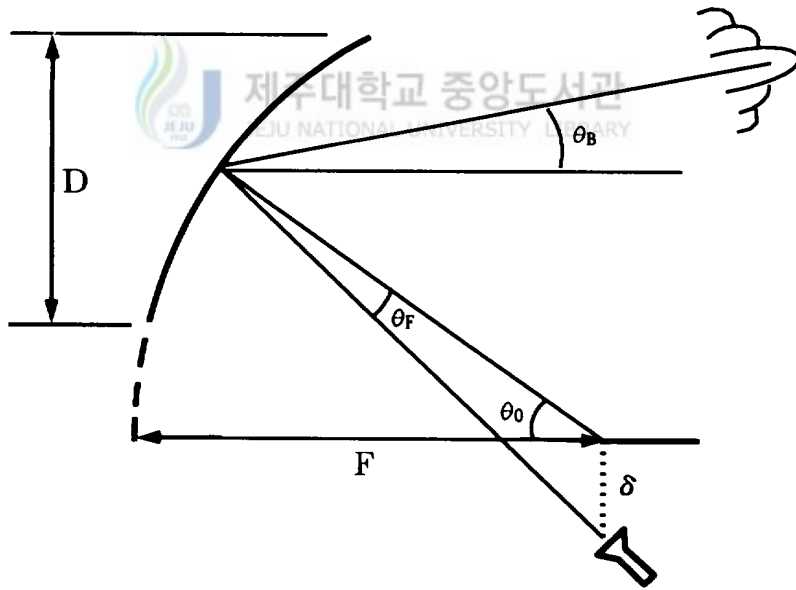


Fig.6 Feed lateral displacement in offset reflector



Fig. 5에서 빔 편이율(BDF)은 초점길이와 반사기 직경의 비,  $F/D$ 가 증가할 수록 큰 값을 갖고, 급전 테이퍼 정도가 클 수록 증가하는 값을 갖지만  $F/D$ 가 1에 근접할 수록 거의 일정한 값을 갖는다.

Fig. 6은 윗셀 포물면 반사기 안테나 시스템에서 급전점을  $\delta$ 만큼 이동시킨 경우를 나타내었다. Fig. 6과 같이 급전점이 윗셀점에서 급전하는 윗셀 포물면 안테나 구성에서 반사기 축으로부터 측정되는 반사각  $\theta_B$ 는 급전 경사각  $\theta_F$ 에 빔 편이율(BDF)을 적용하여 구할 수 있다.

## Ⅲ. 스킨트 현상

이 장에서는 포물면 반사기 안테나에서의 빔 스킨트 현상을 고찰하고 빔 스킨트 각도를 구할 수 있는 식을 제시한다.

### 3.1 촛점에서 급전하는 포물면 반사기

포물면 반사기 안테나에서 반사기에 의해 반사되는 주 편파 빔이 중심축을 벗어나는 현상을 빔 스킨트 현상이라 한다. 또한 반사기에 의하여 반사된 빔은 좌선회 원형편파로 급전한 경우 우선회 원형편파가 되고, 우선회 원형편파로 급전한 경우는 좌선회 원형편파가 된다. 포물면 안테나에서 급전축과 방사축이 일치하지 않은 경우 즉, 촛점에서 반사기의 윗셀 부분에 급전하는 경우와 촛점을 횡축으로 이동시켜 대칭포물면 안테나와 윗셀포물면 안테나에 투영하였을 때는 교차편파 성분이 발생하고, 원형편파로 투영하면 이러한 교차편파 성분은 없어지나 주빔 방향이 이동한다. 횡축이동에서 촛점과 반사기 중심을 연결한 선과 직교한 면에서 이동할 때 급전방향이 고정된 경우는 급전이 매우 지향적이어야 하며, 큰 스캔에서 반사기는 불충분하게 투영되어 spillover가 과다해지기 때문에 급전방향을 반사기 중심을 향하여 경사지게 하는 것이 더 좋은 패턴을 갖는다.

촛점에서 급전되는 포물면 반사기와 좌표시스템을 Fig. 7에 나타내었다. 여기

서 반사기를 나타내는 중요한 파라미터는 포물면 반사기의 초점길이  $F$ , 포물면을 향하여 비추는 급전각  $\theta_0$ 이다. Fig.7은 최대투영각  $\theta^*$ 와 초점에 원점을 갖는 구형 극좌표계  $(\rho, \theta, \phi)$ 로 나타내었다.

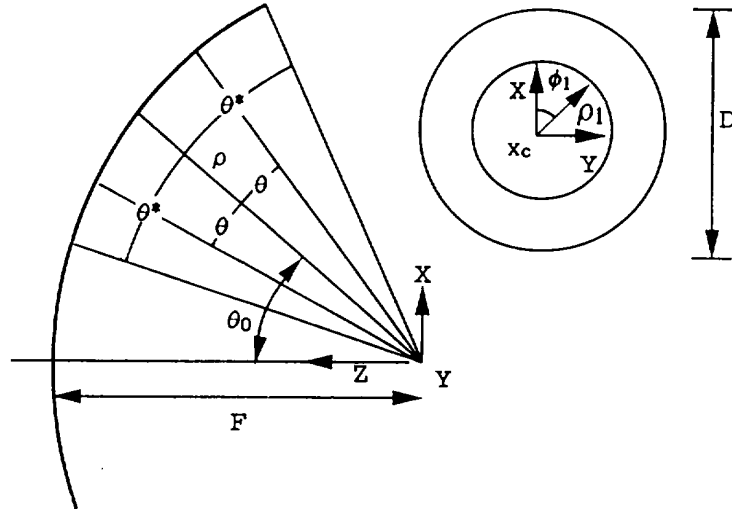


Fig.7 Parabolic reflector antenna geometry with on-focus feed



초점에서 포물면까지 거리  $\rho$  는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\rho = \frac{2F}{1 + \cos\theta\cos\theta_0 - \sin\theta\sin\theta_0\cos\phi} \quad (7)$$

포물면 표면과 투영각  $\theta$ 값이 일정한 원추의 단면 곡선은 타원이다. 그러나  $(x, y)$ 면상에 투영된 것은 원으로 중심  $x_c$ 와 반경  $\rho_1$ 는 다음과 같다.

$$x_c = \frac{2F \sin\theta_0}{\cos\theta + \cos\theta_0} \quad (8a)$$

$$\rho_1 = \frac{2F \sin\theta}{\cos\theta + \cos\theta_0} \quad (8b)$$

포물면 반사기에 포물면 초점에서 원형편파로 급전할 때 반사기에 의해 반사되는 방사패턴을 구한다. 먼저 초점에서 포물면 반사기의 가장자리까지 대응되는 최대 투영각 내에서 원형편파로 방사할 때 반사기에 입사되는 전계  $E_i$ 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$E_i(\rho, \theta, \phi) = \frac{f(\theta)}{\rho} (\hat{a}_\theta \pm j\hat{a}_\phi) \exp[-j(k\rho + \phi)] \quad (9)$$

여기서  $\hat{a}_\theta$  와  $\hat{a}_\phi$ 는 구형좌표계의 단위벡터이다. 부호의 선택은 각각 입사편파의 우선회 또는 좌선회에 대응된다. 반사기에 의해 반사된 전계분포는 다음과 같다.

$$E_r(\rho, \theta, \phi) = \frac{f(\theta)}{\rho} \exp[\mp jT(\theta, \phi)] (\hat{a}_\theta \pm j\hat{a}_\phi) \quad (10)$$

여기서

$$T(\theta, \phi) = \tan^{-1} \frac{\sin\phi [c \cos\phi + (b - a \cos\phi)]}{c \sin^2\phi - (b - a \cos\phi) \cos\phi} \quad (11)$$

$$a = 1 + \cos\theta \cos\theta_0$$

$$b = \sin\theta \sin\theta_0$$

$$c = \cos\theta + \cos\theta_0$$

이다.

포물면 반사기 안테나의 방사패턴  $E_f$ 는 푸리에 변환 적분을 이용하여 구할 수 있다.

$$E_f = K \iint_A E_r(\theta, \phi) \exp[jk \sin\Psi (x \cos\Phi + y \sin\Phi)] dA \quad (12)$$

여기서  $K$ 는 상수,  $(\Psi, \Phi)$ 는 관측점의 구형 극좌표이며,  $(x, y)$ 는 초점으로부터 측정된 투영 개구면점의 직각좌표이다. 식(8)을 이용하여 식(12)의  $x, y$ 는 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$x = x_c + \rho_1 \cos\phi_1 \quad (13a)$$

$$y = \rho_1 \sin\phi_1 \quad (13b)$$

여기서  $\rho_1, \phi_1$ 은 Fig.7에서 정의하였다. 이러한 변환식을 이용하여 초점에서 포물면까지의 거리를 나타내는 포물선 표면 방정식은 다음과 같은 식으로 쓸 수 있다.

$$\rho(\theta, \phi_1) = \frac{2F}{c^2} (a + b \cos \phi_1) \quad (14)$$

미소표면  $dA$ 는 Jacobian 변환으로 얻을 수 있고 그 값은  $dA = \rho_1 d\theta d\phi_1$ 이다. 식(12)의 원형편파 성분은 다음과 같이 된다.

$$E(\Psi, \Phi) = K \int_0^{2\pi} \int_0^{\theta} f(\theta) \exp [ j \{ k x_c \sin\Psi \cos\Phi \mp T(\theta, \phi_1) + k\rho_1 \sin\Psi \cos(\Phi - \phi_1) \} ] \rho_1 d\theta d\phi_1 \quad (15)$$

여기서, T의 부호는 각각 우선회, 좌선회 성분을 나타낸다. 그리고

$$T(\theta, \phi_1) = \tan^{-1} \left\{ \frac{c \cos \phi_1 - (b + a \cos \phi_1)}{c \sin^2 \phi_1 + (b + a \cos \phi_1) \cos \phi_1} \sin \phi_1 \right\} \quad (16)$$

이고, T 값이 작은 경우 다음과 같이 근사식으로 쓸 수 있다.

$$T(\theta, \phi_1) \approx \left\{ \frac{c \cos \phi_1 - (b + a \cos \phi_1)}{c \sin^2 \phi_1 + (b + a \cos \phi_1) \cos \phi_1} \right\} \sin \phi_1 \quad (17)$$

중괄호안에 있는 항들은 방위좌표  $\phi_1$ 에 의한 영향이 거의 없다. 또한  $\phi_1 = \pi/2$  면에서 최대값을 갖고 이러한 면에서 위상편이의 값은 다음과 같다.

$$T(\theta, \pi/2) \approx -\frac{b}{c} \quad (18)$$

빔 스킨트에 대한 근사적 표현을 얻기 위해서 위상편이는 투영개구면내에서 다음과 같은 식으로 쓸 수 있다.

$$T(\theta, \phi_1) = -\frac{b}{c} \sin \phi_1 \quad (19)$$

$\frac{b}{c} = \frac{\rho_1 \sin\theta_0}{2F}$  를 이용하면 식(15)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$E(\Psi, \Phi) = K \int_0^{2\pi} \int_0^{\theta^*} f(\theta) \exp \left[ j \left\{ k x_c \sin\Psi \cos\Phi + k\rho_1 \right. \right. \\ \left. \left. \times \left\{ \sin\Psi \cos(\Phi - \phi_1) \pm \frac{\sin\theta_0}{2Fk} \sin\phi_1 \right\} \right\} \right] \rho_1 d\theta d\phi_1 \quad (20)$$

최대방사빔 스킨트 효과 즉, 안테나 boresight로부터 빔이동은  $\Phi = \pi/2$  면에서 관찰되며 이면에서 식(20)은 다음과 같이 된다.

$$E(\Psi, \pi/2) = K \int_0^{\theta^*} \rho_1 f(\theta) d\theta \int_0^{2\pi} \exp \left\{ jk\rho_1 \sin\phi_1 \left( \sin\Psi \pm \frac{\sin\theta_0}{2Fk} \right) \right\} d\phi_1 \quad (21)$$

여기서  $\sin\theta_0/2Fk$  항은 방사패턴의 선형위상 편이를 나타낸다. 식(21)로부터  $\Psi = \Psi_s$  값에서 방사패턴이 최대가 됨을 알 수 있다.

$$\sin\Psi_s = \mp \frac{\sin\theta_0}{2Fk}$$

$$\Psi_s = \mp \sin^{-1} \left[ \frac{\sin\theta_0}{2Fk} \right] \quad (22)$$

여기서  $k$ 는 파수로서  $k = 2\pi/\lambda$  이다.

### 3.2 윗셀점에서 급전하는 포물면 반사기

Fig. 8은 윗셀점에서 급전되는 포물면 반사기이다. 급전점은 초점에서 거리  $\delta$ 만큼 떨어져 있고, 입사빔이  $\theta_0$ 만큼 경사지고 방사빔은 반사기에 의해 반사되어  $\theta_B$ 의 각을 이룬다. 일반적으로  $\theta_B$ 는  $\theta_0 = \arctan(\delta/F)$ 보다 작은 값이다. (Y. T. Lo, 1960)

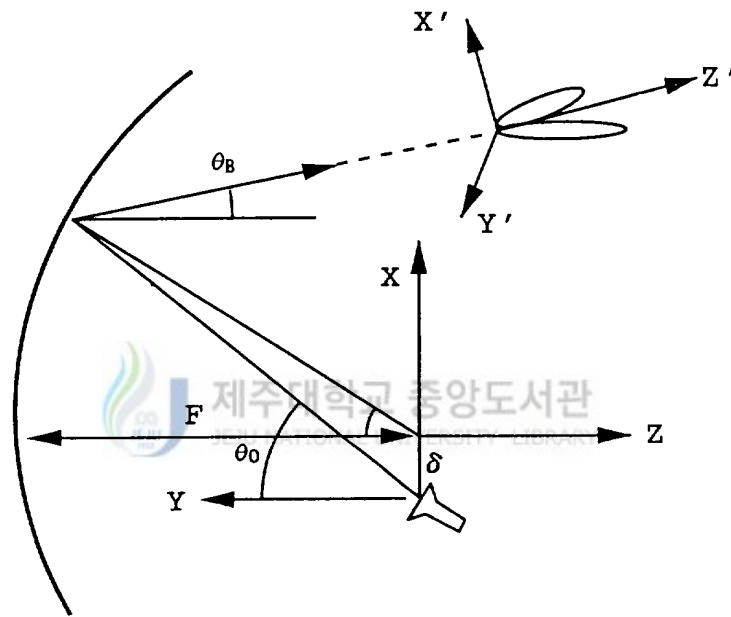


Fig. 8 Parabolic reflector antenna geometry with offset-focus feed

Fig. 8과 같이 윗셀점에서 급전되는 경우 입사각  $\theta_0$  와 반사각  $\theta_B$ 의 합을 3.1 절에서의 입사빔과 방사빔 사이의 각  $\theta_0$ 와 동일하게 볼 수 있다. 즉, 윗셀점에서 급전되는 경우 스킨트 각도를 구할 수 있는 식은 식(22)를 변형하여 다음과



같이 쓸 수 있다.

$$\Psi_s = \mp \sin^{-1} \left[ \frac{\sin(\theta_0 + \theta_B)}{2 F k} \right] \quad (23)$$

식(23)의 우변에서 반사각  $\theta_B$ 는 빔 편이율(BDF)을 적용하여 구할 수 있으며 나머지 값들은 안테나 구성과 운용주파수가 주어지면 쉽게 알 수 있다.

### 3.3 축점에서 급전하는 윤셀 포물면 반사기에서의 빔 스퀴트

Fig.9는 축점에서 급전되는 윤셀 포물면 반사기이다. 급전점은 반사기의 축점에 위치하고, 입사빔은  $\theta_0$ 만큼 경사지고, 방사빔은 반사기 축과 평행하게 반사한다.

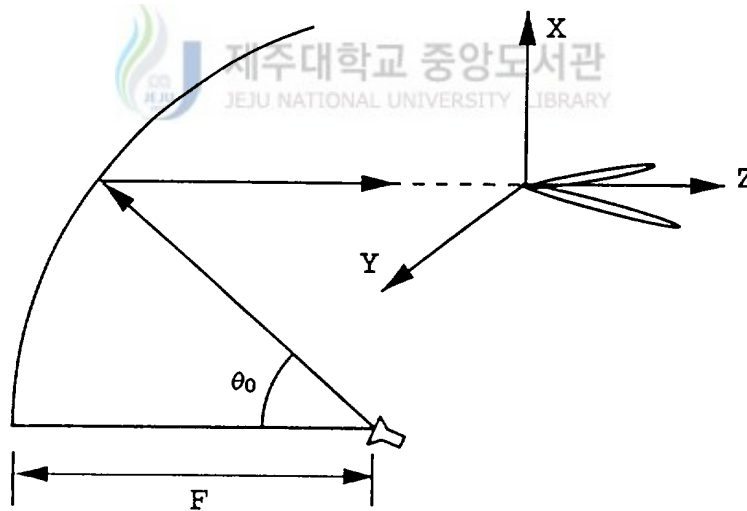


Fig.9 Beam squint in an offset paraboloidal reflector antenna with on focus feed

Fig.9에서 나타낸 것과 같이 빔 스킨트 현상은 방사빔의 진행방향과 평행을 이루며  $y-z$  면에 발생한다. 빔 스킨트 각도  $\psi_s$ 는 입사빔과 방사빔이 이루는 각  $\theta_p$  즉,  $\theta_0$ 를 식(22)에 적용하여 구할 수 있다.

### 3.4 윗셀점에서 급전하는 대칭 포물면 반사기에서의 빔 스킨트

Fig.10은 윗셀점에서 급전되는 대칭 포물면 반사기이다. 급전점은 초점에서 거리  $\delta$ 만큼 떨어져 있고 입사빔이  $\theta_0$ 만큼 경사지고 방사빔은 반사기에 의해 반사되어  $\theta_B$ 의 각을 이룬다. 이러한 구성에서 스킨트 현상은  $y-z$  면에 발생되지 않고 Fig.10에 나타낸 것과 같이 방사빔의 진행방향과 평행을 이루며  $x' - z'$  면에 수직인 즉,  $y' - z'$  면에서 발생한다.

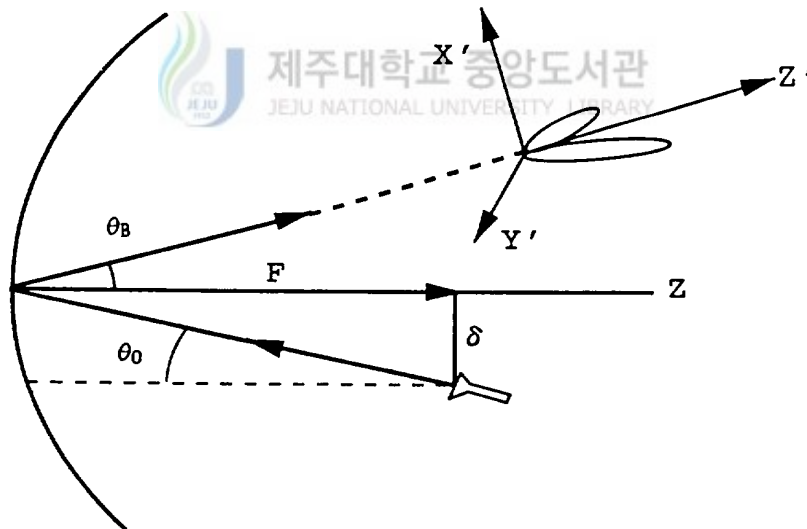


Fig.10 Beam squint in a symmetric paraboloidal reflector antenna with offset feed

Fig.10과 같이 윤셀점에서 급전되는 경우 입사각  $\theta_0$ 와 반사각  $\theta_B$ 의 합을 3.3 절에서의 입사빔과 방사빔 사이의 각  $\theta_0$ 와 동일하게 볼 수 있다. 그러므로 윤셀점에서 급전되는 대칭 포물면 반사기에서 스킨트 각도  $\Psi_s$ 는 식(23)을 이용하여 구할 수 있다.

### 3.5 윤셀점에서 급전하는 윤셀 포물면 반사기에서의 빔 스킨트

Fig.11은 윤셀점에서 급전되는 윤셀 포물면 반사기이다. 급전점은 반사기의 초점으로부터 거리  $\delta$ 만큼 떨어져 있고 입사빔이  $\theta_0$ 만큼 경사지고 방사빔은 반사기에 의해 반사되어  $\theta_B$ 의 각을 이룬다. 이러한 구성에서 스킨트 현상은  $y$ - $z$ 면에 발생되지 않고 Fig.11에 나타난 것과 같이 방사빔의 진행방향과 평행을 이루며  $x$ ' -  $z$ ' 면에 수직인 즉,  $y$ ' -  $z$ ' 면에서 발생한다.

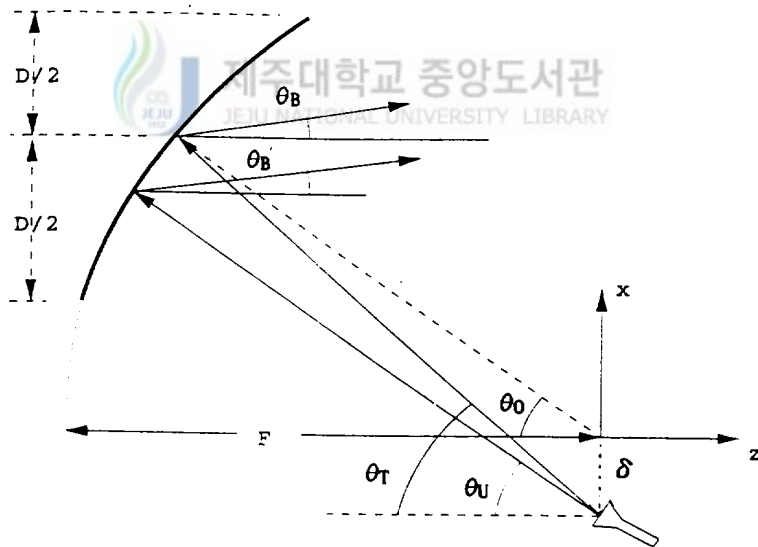


Fig.11 Beam squint in an offset paraboloidal reflector antenna with offset feed

Fig. 11은 윗셀 포물면 반사기에 윗셀 급전한 경우로서 초점에서  $\delta$ 만큼 떨어진 급전점에서 포물면경을 향하여 입사되는 빔이  $\theta_0$ 만큼 경사지고 방사빔은 반사기에 의해 반사되어  $\theta_B$ 의 값을 이룬다. Fig. 11의 경우에서도 입사각  $\theta_0$ 와 반사각  $\theta_B$ 의 합을 입사빔과 방사빔 사이의 각으로 하여 식(23)을 이용하여 스킨트 각도  $\psi_s$ 를 얻을 수 있다.

일반적으로 윗셀점에서 급전되는 윗셀 포물면 안테나에서  $\theta_0$ 는  $\theta_B$ 보다 더 크다. 식(23)의  $\mp$  부호는 RCP빔은 왼쪽, LCP빔은 오른쪽으로 스킨트 됨을 나타낸다. 그러나 윗셀점에서 급전되는 대칭 포물면 반사기에서는 이러한 규칙이 항상 적용되지는 않는다. 만일 Fig. 10에서 급전점이 반사기 정점을 향하여 상향으로 경사지지 않고 하향으로 경사진다면  $\theta_0$ 는 부의 값이 된다. 부의 값을 갖는  $\theta_0$ 를 식(23)에 적용하여  $\theta_0 + \theta_B = 0$  즉,  $|\theta_0| = |\theta_B|$ 의 경우는 스킨트 현상이 없어진다. 이러한 조건을 이용하여 스킨트가 없는 포물면 안테나를 설계하면 스킨트 영향을 피할 수 있고 장거리 통신, 천체관측 등에 응용하여 유용하게 사용할 수 있다. 만일 급전점이 더 하향된다면  $-\psi_s$ 값이 된다. 이것은 RCP 빔이 오른쪽으로 스킨트되고, LCP 빔은 왼쪽으로 스킨트되는 것을 의미한다.

## Ⅳ. 계산 및 고찰

이 장에서는 본 논문에서 제시한 식을 이용하여 빔 스킨트 현상이 발생하는 포물면 반사기 구성에서 빔 스킨트 각도를 구하고 초점길이  $F$ , 개구면 직경  $D$ , 급전점 이동거리  $\delta$ , 급전각  $\theta_0$ 와의 관계를 고찰한다.

### 4.1 초점에서 급전한 윗셀 포물면 반사기

Fig. 9와 같이 반사기의 초점에서 급전하는 윗셀 포물면 반사기에서 스킨트 현상이 발생하는 다양한 경우에 대한 계산 결과를 Fig. 12, Fig. 13으로 나타내었다.

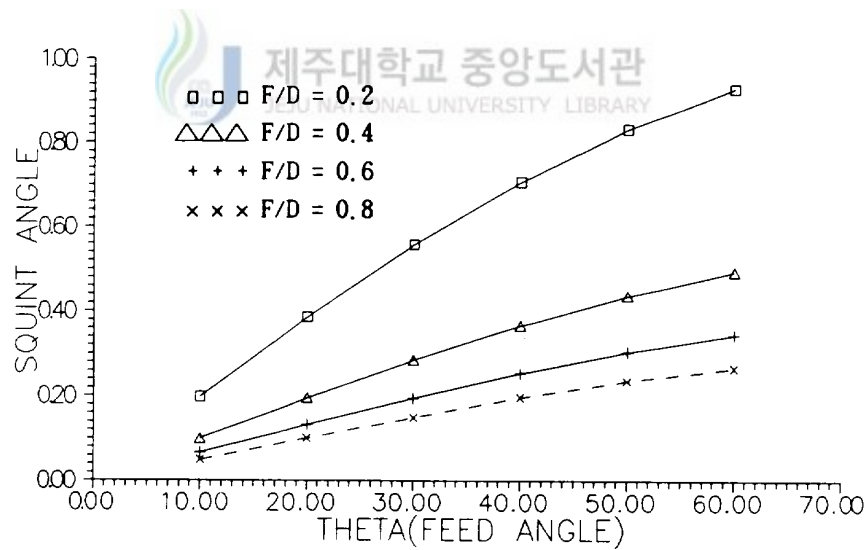


Fig. 12 Squint Angles for Incident Angle and Focal Length Variations.

(  $D = 20\lambda$  )

Fig.12는  $D = 20\lambda$ 일 때 반사기의 초점에서 반사기 윗셀부분에 급전한 경우로서 초점길이  $F$ , 입사각  $\theta_0$ 값의 변화에 따른 결과를 계산하였다. Fig.12에서는 입사각  $\theta_0$ 값을 증가시킴에 따라 스킨트 각도  $\psi_s$ 가 증가함을 알 수 있고, 입사각  $\theta_0$ 값이 일정할 때  $F/D$ 의 비가 증가함에 따라 스킨트 각도  $\psi_s$ 가 작아지고 있음을 알 수 있다.

Fig.13은 급전각  $\theta_0$ 를  $\theta_0 = 30^\circ$ 로 경사지도록 고정하고  $F/D$ 의 값을 변화시킴에 따른 결과를 계산하였다.  $F/D$ 의 비가 증가함에 따라 스킨트 각도  $\psi_s$ 값은 감소하고 있음을 알 수 있다.

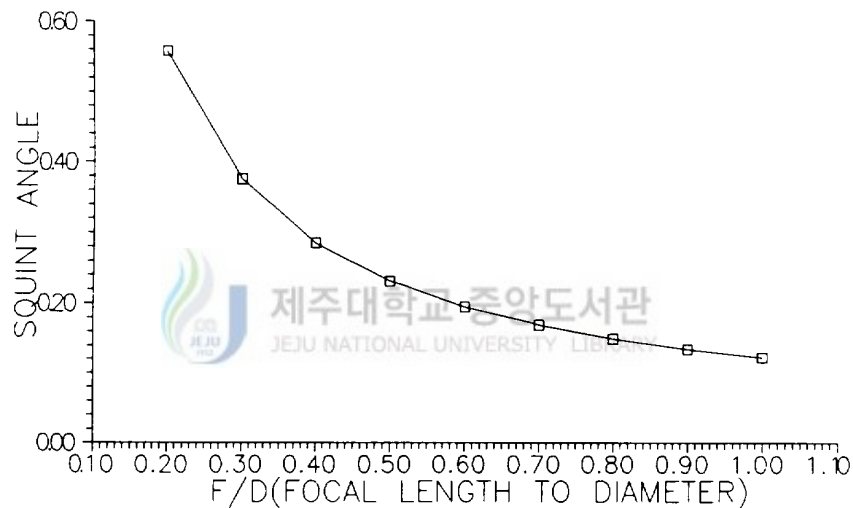


Fig.13 Squint Angles for F/D Ratio Variations.  
(  $D = 20\lambda$ ,  $\theta_0 = 30$  )

#### 4.2 윗셀점에서 급전한 대칭 포물면 반사기

Fig.10과 같이 초점에서  $\delta$ 만큼 떨어진 윗셀점에서 급전되는 대칭 포물면 반

사기에서 스킨트 현상이 발생하는 다양한 경우에 대한 계산 결과를 Fig.14, Fig.15, Fig.16으로 나타내었다.

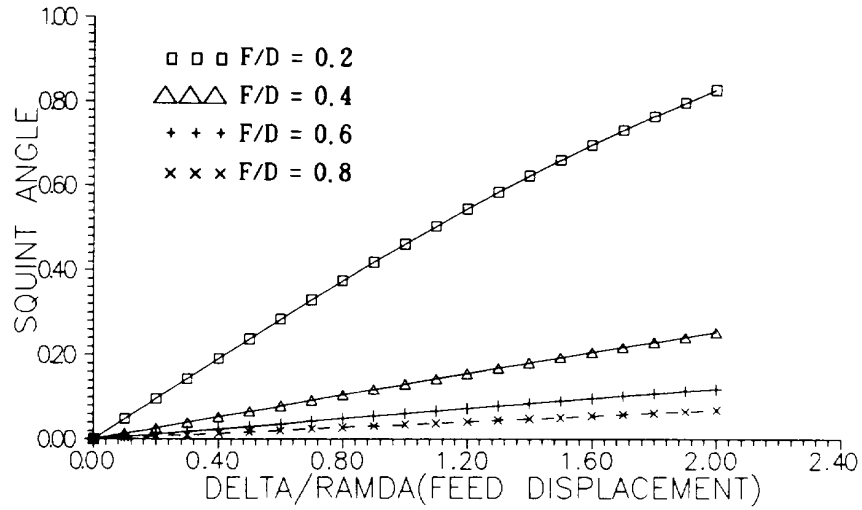


Fig.14 Squint Angles for Focal-Length and Offset-Distance Variations.  
(  $D = 20\lambda$  )

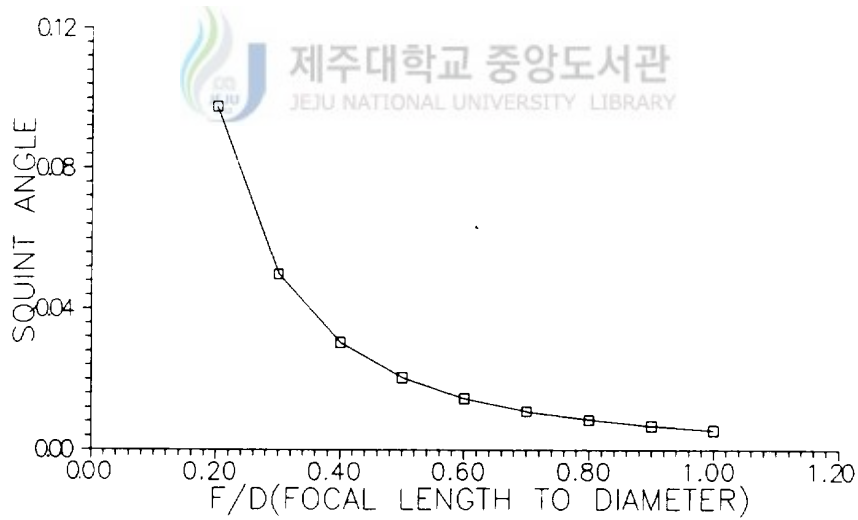


Fig.15 Squint Angles for F/D Ratio Variations.  
(  $D = 20\lambda, \delta = 0.5\lambda$  )

Fig.14는  $D = 20\lambda$ 일 때 육셀 급전점으로부터 반사기 정점에 급전한 경우로서 축점길이  $F$ , 육셀길이  $\delta$  값의 변화에 따른 결과를 계산하였다. Fig. 14에서는  $\delta$ 를 증가시키기에 따라 스킨트 각도  $\Psi_s$ 가 증가함을 알 수 있고,  $\delta$ 값이 일정할 때  $F/D$ 의 비가 증가함에 따라 스킨트 각도  $\Psi_s$ 가 작아지고 있음을 알 수 있다.

Fig.15는  $\delta$ 를  $0.5\lambda$ 로 고정하고 급전각이 리플렉터 축과 일치한 경우 즉,  $\theta_0 = 0$ 로 하였을 때  $F/D$ 의 값을 변화시키기에 따른 결과를 계산하였다.  $F/D$ 의 비가 증가함에 따라  $\Psi_s$ 값은 감소하고 있음을 알 수 있다.

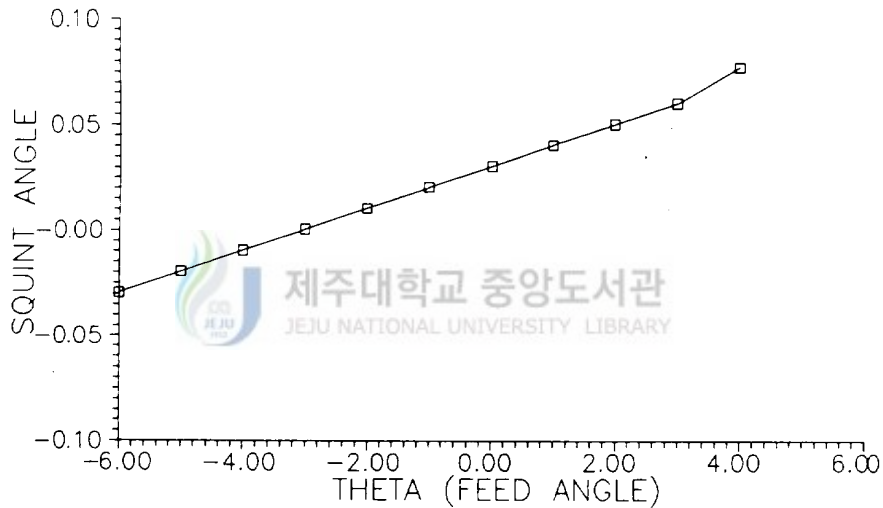


Fig.16 Squint Angles for Offset-Feed Angle Variations.  
(  $D = 20\lambda$ ,  $F = 8\lambda$ ,  $\delta = 0.5\lambda$  )

Fig.16은  $D = 20\lambda$ ,  $F = 8\lambda$ ,  $\delta = 0.5\lambda$ 일 때 급전각  $\theta_0$ 값의 변화에 따른 결과를 계산하였다. Fig.16에서는 급전각  $\theta_0$ 가 감소함에 따라 스킨트 각도  $\Psi_s$ 가 감소하고 있다. 급전각  $\theta_0$ 가  $\theta_0 > -3.0570^\circ$ 인 범위에서는  $\Psi_s > 0$ 가 된다.



즉, 급전각  $\theta_0 > -3.0570^\circ$ 인 범위에서는 LHC로 급전되어 반사되는 RCP 빔은 왼쪽으로 스킨트되고, RHC로 급전되어 반사되는 LCP 빔은 오른쪽으로 스킨트된다. 급전각  $\theta_0 = -3.0570^\circ$ 에서는  $\theta_0 + \theta_B = 0$ 가 된다. 즉,  $\Psi_s = 0$ 가 되어 스킨트 현상이 발생하지 않는 경우가 나타난다. 급전각  $\theta_0$ 가  $\theta_0 < -3.0570^\circ$ 인 범위에서는  $\Psi_s < 0$ 가 된다. 즉, 급전각  $\theta_0$ 가  $\theta_0 < -3.0570^\circ$ 인 범위에서는 LHC로 급전되어 반사되는 RCP 빔은 오른쪽으로 스킨트되고, RHC로 급전되어 반사되는 LCP 빔은 왼쪽으로 스킨트되는 것을 나타낸다.

#### 4.3 율셀점에서 급전한 율셀 포물면 반사기

Fig. 11과 같이 급전점이 축점으로부터  $\delta$ 만큼 떨어진 율셀점에서 급전되는 율셀 포물면 반사기에서 발생하는 스킨트 각도에 대한 계산 결과를 Fig. 17에 나타내었다.

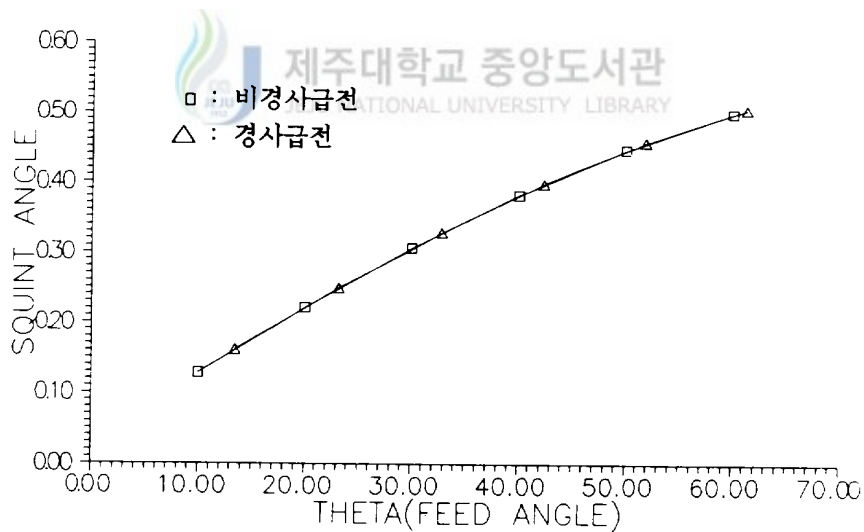


Fig.17 Squint Angles for Offset-Feed Angle Variations.

(  $D = 20\lambda$ ,  $F = 8\lambda$ ,  $\delta = 0.5\lambda$  )

Fig.17은 급전각  $\theta_0$ 가  $\theta_0 = \theta_0$ 인 비경사급전인 경우와  $\theta_0 = \theta_T$ 인 경사급전인 경우에서 급전각  $\theta_0$ 의 변화에 따른 결과를 계산하였다. Fig.17에서는 급전각  $\theta_0$ 가 작은 경우, 비경사급전의 경우가 경사급전의 경우보다 스킨트 현상이 적게 발생하지만, 급전각이 큰 경우에는 거의 같은 값을 갖음을 알 수 있다.

#### 4.4 고찰

포물면 반사기 안테나에서는 반사기에 급전하는 급전축 방향과 반사기축 방향이 일치하지 않은 경우에 발생하는 교차편파는 원형편파로 급전하므로써 소멸되나 반사기에 의해 반사되는 빔은 중심축과 어긋나는 스킨트 현상이 발생하고 있으며, 이러한 빔 스킨트 현상은 급전점 이동거리  $\delta$ 와 입사되는 급전각  $\theta_0$ 가 증가할 수록 커지고 F/D의 값을 증가시킴에 따라 작아짐을 알 수 있다.



## V. 결 론

포물면 반사기는 지향성을 이용하여 마이크로파 대에 주로 사용되며 최근 마이크로파 대의 통신에서 통신 회선수의 증가로 부엽과 교차편파가 작은 안테나를 필요로 한다. 포물면 반사기 안테나의 비대칭구조와 급전이동으로 발생하는 교차편파는 안테나 성능저하를 가져온다. 이러한 교차편파는 원형편파로 급전하므로써 제거되나 주 빔의 방향이 이동하는 스킨트 현상이 발생하여 안테나 지시성능을 저하시킨다. 지금까지는 촛점에서 급전되는 윗셀 포물면 반사기 안테나에서 발생하는 빔 스킨트 각도를 구할 수 있는 식이 제시되었지만, 윗셀점에서 급전되는 대칭 포물면 반사기와 윗셀 포물면 반사기에서도 빔 스킨트 현상이 발생하며 이러한 구성에서 빔 편이율을 적용하여 빔 스킨트 각도를 구할 수 있는 일반적인 식을 제시하였다.

본 논문에서는 포물면 반사기 안테나에 원형편파로 급전하는 경우에 발생하는 모든 경우에 대하여 제안된 식을 이용하여 빔 스킨트 각도를 구하였다. 이러한 빔 스킨트 각도는 급전점 이동거리  $\delta$ 와 입사되는 경사급전각  $\theta_0$ 가 증가할 수록 커지고  $F/D$ 의 값을 증가시킴에 따라 작아진다. 스킨트 각도는 매우 작은 양이나 포물면 반사기 안테나를 이용하는 레이다나 장거리 통신, 천체관측 안테나에서는 매우 큰 영향을 미친다. 이러한 영향을 줄이기 위해서는 본 논문에서 제시한 식에 의하여 계산되는 스킨트 각도를 보정하면 안테나 지시성능을 높일 수 있다. 또한 본 논문에서 제안된 식에 근거한 빔 스킨트 현상이 없는 포물면 안테나를 설계할 수 있다.

## VI. 참고문헌

- o Arthur C.Rudge, 1973, The Definition of Cross Polarization, IEEE Trans. Antennas Propagat., 116-119
- o Alan W.Rudge, 1975, Multiple-beam antennas : offset reflectors with off-set feeds, IEEE Trans. Antennas Propagat., 317-322
- o Constantine A.Balanis, 1982, Antenna Theory Analysis and Design, John Wiley and Sons Inc., Singapore, 593-636
- o 최학근, 박성룡, 박성기, 1989, 국내 방송 위성을 위한 오프셋 파라볼라 안테나의 설계에 관한 연구, 대한전자공학회 논문지, 26(2), 66-75
- o E.M.T.Jones, 1954, Paraboloid reflector and hyperboloid lens antennas, IRE Trans. Antennas Propagat., 119-127
- o I.Koffman, 1966, Feed polarization for parallel currents in reflectors generated by conic sections, IEEE Trans. Antennas Propagat., 392-396
- o Jerome D.Hanfling, 1970, Aperture Fields of Paraboloidal Reflectors by Stereographic Mapping of Feed Polarization, IEEE Trans. Antennas Propagat., 392-396
- o 이근철, 1992, 개정 위성통신기술, 기전연구사
- o N.A.Adatia and A.W.Rudge, 1975, Beam squint in circularly polarized offset reflector antennas, Electronics Letters, 513-515
- o T.S.Chu and R.H.Turrin, 1973, Depolarization properties of offset reflector antennas, IEEE Trans. Antennas Propagat., 339-345

- 
- o Yahya Rahmat-Samii, 1988, "Reflector antennas", in Y.T.Lo and S. W. Lee (eds), Antenna Handbook, Chapter 15, New york, Van Nostrnad Reinhold Company.
  - o Y.T.Lo, 1960, On the beam deviation factor of a parabolic reflector, IRE Trans. Antennas Propagat., 347-349.
  - o P.A.Watson and S.I.Ghobrial, 1973, Crosspolarization in cassegrain and front-fed antennas, Electronics Letters, 297-298
  - o P.J.Wood, 1973, Depolarization with cassegrain and front-fed reflectors, Electronics Letters, 181-183



## 본 논문과 관련된 저자의 발표 논문

### 1. 학술대회 논문집

- 1) 김한철, 김홍수, “원형편파로 급전되는 포물면 반사기 안테나에서의 빔 편이현상”, 한국통신학회 하계종합학술발표회 논문집, pp. 371-374, 1992



# 感謝의 글

本 論文이 있기까지 끊임없는 激勵와 指導를 해주신 指導教授 金興洙 教授님께 깊은 感謝를 드리며 未備한 論文을 指導 審査하여 주시고 많은 가르침을 주신 李鎔鶴 教授님, 張宰成 教授님, 文 建 教授님, 林載允 教授님께 깊은 感謝를 드립니다. 또한 論文이 完成되기까지 많은 도움을 주신 梁斗榮 教授님, 康鎭植 教授님께도 感謝를 드립니다.

學位 過程동안 많은 配慮를 해 주신 韓國空港公團 陸完植 理事長님과 任職員 여러분, 徐京柱 支社長님, 尹成鎭 通信 電子 部長님, 배움의 길로 引導해 주신 孫正熙 部長님, 金鎭國 部長님, 金聖烈 部長님, 李珍翼 課長님, 朴東圭 課長님, 朴永鎭 課長님, 金義燮 課長님께 感謝 드립니다. 그리고 論文이 完成되기까지 많은 도움을 주신 濟州支社 電子課 레이다 送信所 職員여러분에게 感謝를 드립니다.

배움의 同伴者로서 도움을 준 文湜, 萬鐘과 同期, 後輩들에게 고마운 마음을 傳합니다.

끝으로 오늘이 있기까지 精誠으로 보살피고 念慮해 주신 父母님, 어려운 與件속에서도 苦痛을 함께 하며 挫折하지 않도록 忍耐와 사랑으로 激勵를 해준 사랑하는 아내 珉子, 동생 美亨, 素賢이와 함께 이 論文이 完成된 기쁨을 나누고 싶습니다.