

《主 題》

# 위성탐재용 안테나의 기능 및 구성

최 재 훈

(한국통신 위성사업단 위성연구부장)

■ 차 례 ■

I. 서 론

II. 위성안테나 시스템의 구성과 기능

III. 위성 탐재용 안테나의 종류

IV. 빔의 형태에 따른 안테나의 분류

V. 결 론

## I. 서 론

위성의 임무는 지구국으로부터 송신되는 통신/방송서비스 전파를 수신 지구국으로 중계하는 것이며, 이러한 기능을 담당하는 중요한 요소중의 하나가 바로 위성안테나 시스템이다. 그러나 위성에서 요구되는 위성 탐재용 안테나는 지상안테나와는 달리 위성체가 받을 수 있는 극한의 우주환경(극 저(고)온, 초진공, 동작하중)에서도 본래의 성능을 만족시킬 수 있도록 재질 및 구조가 설계되어야 한다. 또한 위성의 크기, 모양 그리고 무게등도 안테나를 결정하는데 주요한 제약요소로 작용한다. 그 외에도 부엽 준위, 교차 편파동의 요구조건이 까다롭고 위성본체, 태양전자판 그리고 안테나 시스템 등과 안테나 사이의 상호 간섭에 의한 영향도 안테나의 선택시 신중히 고려되어야 할 사항들이다.

위성통신은 1960년에 세계최초의 통신위성인 'Echo 1'의 발사후 지속적인 발전을 거듭하여, 오늘날에는 전 세계가 위성망으로 연결되어 정치, 경제, 문화적인 공동체를 형성해 나가고 있다. 초기에는 저, 중궤도의 위성을 운용하였으며, 당시의 위성체에는 무지향성 또는 무지향성에 가까운 복사특성을 지닌 안테나를 탑재함으로써, 제한된 위성체의 전력을 사용하여 지상에 전달되는 실효복사전력(EIRP)은 매우 낮았다. 따라서 지구국에서는 대형, 고이득, 그리고 저잡음의

안테나가 요구되었으며 위성체의 이동을 추적하는 추적장치(tracking equipment)가 필요하였다. 1968년 지구궤도상 약 36,000km의 정지궤도에 스피안정화방식(spin-stabilized) 위성에 방향성 안테나(despun antenna)를 탑재, 발사하였다. Despun방식 안테나는 위성의 회전방향에 반대방향으로 안테나의 빔이 회전함으로써 위성통신 안테나의 이득과 통신 용량을 극대화 시킨다. 1972년 3축 안정화(three axis stabilized) 위성의 출현이후 방향성 안테나를 위성체에 고정시켜 사용하게 되었다. 따라서 다양한 임무수행에 따른 안테나의 형태나 숫자의 제한이 많이 완화 되었으며 형상 빔(shaped-beam)이나 다중빔(multi-beam) 안테나 등이 사용이 가능하게 되었다. 형상빔(shaped-beam) 안테나를 사용하면 특정 위성 서비스 지역을 효율적으로 커버할 수 있으며, 다중빔 안테나는 다수의 서비스 지역을 커버할 수 있도록 해 준다. 또한 다중 주파수나 이중편파를 이용하여 안테나를 운용함으로써, 제한된 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있는 단계에까지 와있다.

우주궤도상에 존재하는 위성들의 밀집화로 인해 위성통신이용 안테나는 점점 더 엄격한 성능기준을 요구하고 있으며, 위성체의 제한된 전력공급 능력으로 인해 위성안테나는 더 복잡해지고 있다. 결과적으로 안테나의 특성은 위성통신시스템의 성능을 좌우할 만큼 중요한 요소로 작용되며, 좋은 특성을 갖는

위성 안테나 시스템은 위성체의 통신장비 또는 버스 시스템의 요구조건 등을 완화시켜 줌으로써 전체 위성설계시 시스템 선택에 있어 상당한 자유를 제공하게 된다.

## II. 위성안테나 시스템의 구성과 기능

위성안테나는 크게 급전부, 광학 개구면(optical aperture), 그리고 빔 형성회로(beam forming network)로 구성되어 있다. 각 구성부의 선택은 위성에서 요구되는 커버리지 영역의 최소이득, 주파수대역, 편파특성, 그리고 교차편과 분리도등에 의해서 좌우된다. 위성 안테나 시스템의 선택과 설계에 있어서 고려되어야 할 중요한 파라미터 들을 표1에 요약하였다.

S-밴드와 C-밴드 주파수 스펙트럼의 밀집화로 인해, Ku-밴드나 그 이상의 주파수를 광대역 위성 통신용으로 사용되고 있으며, 위성의 통신 용량을 증대시키기 위해 동일 주파수 대역에서 적교하는 두극성의 편파를 사용할 수도 있다(frequency reuse).

안테나의 설계는 개구면(aperture)의 크기를 선정하는 것으로부터 시작된다. 이론적으로는 개구면의 크기가 클수록 이득은 증가하며, 이상적인 안테나 빔을 형성키 위해서는 무한 크기의 개구면이 요구된다. 그러나 경제성등을 고려하여 볼 때 가장 최적의 개구면 크기는 이득과 부임준위등의 요구조건을 만족시키는 최소한의 크기로 결정된다. 다수의 주파수 대역, 두 개의 극성 또는 다중빔을 동일 개구면을 사용하여 구현할 수도 있으나, 이 경우 안테나 시스템의 구조도

표 1. 위성안테나 시스템 선택의 주요 파라미터

요구조건(requirements)	광학특성(optics)	피드요소(feed elements)	빔형성회로(beam forming network)
Gain	Phased array	Type of feed	Feed excitation coefficients
Gain ripple	Lens	Element	Switch
Gain slope	Reflector	Feed spacing	Variable phase shifter
Coverage area	Aperture size	Number of feeds	Variable power divider
Frequency	Number of optics	Polarizer	Power divider
Frequency band		Orthomode transducer	Diplexer
Scanning or fixed beam			Odd/even-selective surface
			Frequency-selective surface
Number of beams			Transmission media
Isolation			

위성통신에 있어서 사용되는 주파수 대역은 국제 또는 국내부선규칙 및 통신정책 결정기구에 의해 결정되어 진다. 위성통신에서 널리 사용되는 주파수들은 0.1GHz에서 150GHz이며 이 영역내의 주파수 할당 내역은 표2와 같다.

복잡해 지고, 무게 또한 중요한 설계 제한 요소로 작용한다. 따라서 필요한 최소한의 개구면 숫자는 전체 시스템이 요구하는 성능에 따라 결정된다.

전형적인 위성 안테나의 종류는 크게 세가지 형태가 있다. 위상배열 안테나(phased array antenna)[1,2], 렌즈 안테나(lens antenna)[3,4], 반사 안테나(reflector antenna)[5-14]가 그것이다. 위상배열 안테나는 N개의 빔을 형성하기 위해서 N개의 피더(feeder)가 요구되므로 일반적으로 매우 복잡하고 복잡한 구조로 되어 있다. 이에 반해 렌즈 안테나는 매우 간단하고 스캐닝 등이 뛰어나다. 저주파 영역에서 사용하기 위해서는 매우 무거운 단점이 있다. 반사안테나는 매우 가볍고 또한 간단하기 때문에 위성에서 가장 보편적으로 사용되는 안테나 중의 하나이다.

표 2. 위성통신용 주파수 할당

Frequency (GHz)	Frequency (GHz)
1.53 - 1.599	12.5 - 12.7
1.6265 - 1.6605	12.75
2.5 - 2.69	14.0 - 14.5
3.4 - 4.2	17.7 - 21.2
4.5 - 4.8	27.5 - 31.0
5.85 - 7.075	40.0 - 41.0
7.25 - 7.75	43.5 - 47.0
7.9 - 8.4	92.0 - 95.0
10.9 - 11.2	102.0 - 105.0
11.4 - 12.2	140.0 - 152.0

급전부를 구성하는 소자들의 선택은 요구되는 이득, 교차 편파 분리도, 주파수 대역, 그리고 광학적 개구면(optical aperture)의 형태에 따라 결정된다. 피더

로는 혼안테나가 가장 널리 쓰이고 있으며, 헬릭스(helix) 안테나, 소형 반사기, 슬롯어레이 안테나등도 사용된다. 수직 및 수평편파를 같이 사용하기 위해서는 orthomode transducer(OMT)가 필요하며, 원형 편파의 생성을 위해서는 분극기(polarizer)가 요구된다. 두 선형 편파 신호를 분리하거나 낮은 교차 편파 성분을 갖는 선형 신호를 생성하기 위해 극성반사기(polarization reflector)가 사용되기도 한다.

빔형성회로(Beam Forming Network : BFN)는 형성빔(shaped-beam) 또는 다중빔(multibeam)안테나의 피드를 위해 사용되어 진다. 그림 1에서는 전력분배기(power divider)와 위상변환기(phase shifter)로 구성된 BFN의 계통도를 도시하였다.

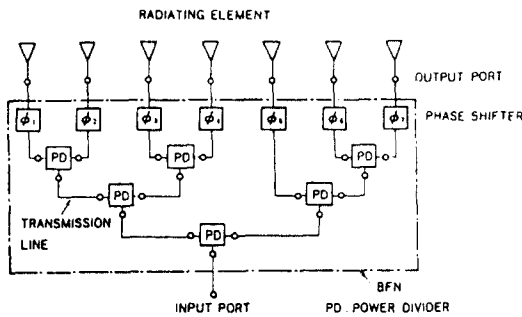
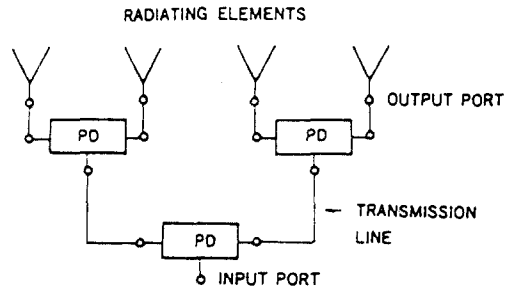


그림 1. 빔형성회로의 전형적인 계통도

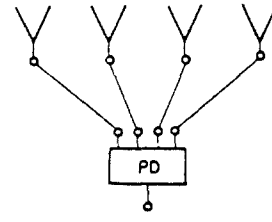
위성안테나 시스템의 빔형성 회로는 각 구성 부품의 삽입손(insertion loss)이 매우 낮아야 하며, 무게가 가벼워야 한다. 그리고 극한의 우주환경하에서 운용되어야 하는 만큼, 재질과 구조의 선택도 매우 신중히 하여야 한다. 이러한 조건을 만족하여 주는 재질로는 CFRP, 티타늄 합금, 알루미늄 합금등을 많이 사용하고 있다. 또한 K-대역이상의 주파수 대역에서는 낮은 삽입손 때문에 대부분의 전력 분배기나 전송로는 도파관 형태가 사용되며, C-대역이나 그 보다 낮은 주파수에서는 구조적으로 간단한 air-stripline 형태의 전송매체가 사용된다. BFN의 급전 방식으로는 그림 2에 도시된 바와 같이 corporate, 직렬 및 병렬의 세가지가 가장 보편적으로 사용된다.

그림 2 a)는 corporate급전 방식을 나타낸 것으로 나무구조로 되어 있고, 안테나(복사 요소)에서 요구되는 진폭분포(amplitude distribution)는 각 전력분배

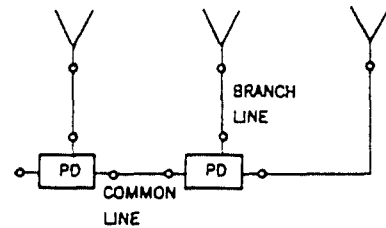


PD : POWER DIVIDER

(a) corporate



(b) 병렬



(c) 직렬

그림 2. BFN의 전형적인 급전 방식

기의 전력분배비를 변화시킴으로써 조정하며, 위상분포는 전파경로의 길이를 변화시켜 조정한다. 또한 입력단자로 부터 각 안테나까지의 거리를 같도록 함으로써 광대역 특성을 갖게 할 수 있으며, 출력단자 사이의 상호작용을 억제하기 위해서는 하이브리드 집합의 양방향 전력 분배기를 사용한다. 위상배열 안테나를 사용하여 N개의 빔을 만들기 위해서는 N개의 corporate 급전회로가 필요하므로 무게가 무겁고 구조가 복잡한 것이 단점이다.

그림 2 b)는 병렬급전 방식은 다중 전력분배기를 통해 안테나로 전력을 전달한다. 출력단자의 수는 고차모드에 의해 제한되므로 주파수가 높아짐에 따라 출력단자의 수는 줄어든다.

그림 2 c)는 직렬급전 방식으로 안테나의 진폭분포(amplitude distribution)는 각 전력분배기의 진폭분배비를 변화시킴으로써 조정되며, 위상분포는 전파경로의 길이를 변화시켜 조정한다. 복사요소(radiating element)의 수가 커지면 각각의 경로를 감도폭 만들 수 없으므로 대역폭이 작아지며, 전력분배기 사이의 간섭은 전압정재파비(VSWR)를 감소시킨다. 이러한 형태의 급전 방식은 선형 어레이 안테나에 적합하다.

스위치 형태는 기계형(mechanical), 페라이트 조절형(Ferrite control), 그리고 다이오드(diode)형 등 3가지로 구분된다. 스위치 형태의 선택은 삽입손의 크기와 필요한 스위칭 속도 등에 의해 결정된다. 가변 위상변환기(variable phase shifter) 및 가변 전력분배기(variable power divider)는 크게 전기, 기계형, 페라이트형, 그리고 다이오드형으로 구분된다.

중계기 출력 멀티플렉서의 기수/우수 채널을 결합하는 기능을 가진 기수/우수 모드 변환기(converter)는 기본적으로 2-N단자 회로이다. 매우 복잡하여 분리된 출력 멀티플렉서 설계시 제한 요소를 줄이기 위해서, 이 두개의 출력단은 기수/우수 모드 변환기의 두개의 입력단자에 각각 연결되어 있다.

다이플렉서는 빔형성 회로의 서로 다른 두 주파수 대역을 결합하는 역할을 하는 2-1 마이크로파 소자 필터이다. 주파수 선별면(frequency selective surface)은 필터 형태의 다이플렉서를 대신하는 일종의 공간 필터(spatial filter)로써 사용될 수 있으며, 빔 형성 회로의 복잡화 및 과발화를 막기 위해서 사용된다.

### III. 위성 탑재용 안테나의 종류

위성 탑재용으로 많이 사용되는 대표적인 3종류의 안테나, 즉 위상배열 안테나, 렌즈 안테나, 반사 안테나에 대해 알아보기로 하겠다. 위상배열 안테나는 렌즈 또는 반사형 안테나에 비해 다음과 같은 장점이 있다. 높은 개방면 효율, 스퍼illover 손실(spillover loss) 부재, 개방면 blockage 부재, 높은 신뢰도 등이 그것이다. 단점은 무게, 복잡성, 전력배분 시스템의 높은 손실 등이다. 렌즈안테나는 매우 출중한 광학적 특성과 피더 blockage 부재, 구조적으로 간단한 것 등이 장점이다. 그에 반해 지주파 대역에서 사용키 위해서는 무게가 무겁고, 렌즈, 표면의 비정합등의 문제점이 있다. 또한 렌즈 안테나 자체도 피더 어레이에 대해 blockage 영향을 준다. 반사형 안테나는 무게가 가볍고, 구조적으로 간단하며, 이 분야의 설계 기술은 많이 발달되어 있어 위성안테나로서 가장 적합하다고 볼 수 있으며, 선진 위성 기술국들이 사용하는 대부분의 위성 탑재형 안테나도 이 범주에 속한다. 그러나 피더 blockage를 피하려면 offset 형태의 구조를 취해야 한다. offset 형태의 구조는 반사면의 회진 대칭 특성을 파괴하며, scanning의 범위를 제한하는 요소로 작용한다. 표 3에서는 이 세 가지 형태의 위성안테나들의 장, 단점을 비교하였다.

위에 열거된 세 가지 안테나 형태 중에서 가장 보편적으로 사용되는 반사형 안테나에 대해 좀더 자세히 알아보기로 한다. 반사형 안테나 시스템은 한 개 또는 다수개의 반사면으로 구성되어 있으며, 표면은 paraboloid, hyperboloid, spheroid, ellipsoid 등의 형태를 가지고 있다.

전형적인 단일 offset parabolic 반사 안테나의 구조

표 3. 위성 탑재용 안테나들의 장·단점 비교

Antenna	Advantages	Disadvantages
Phased Array	Distribution of power amplification at the elementary radiation levels Reliability No spillover losses No aperture blockage	Complexity Heavy Higher ream-forming network losses
Lens	No feed blockage Better scanning performance	Heavy in low-frequency application Aperture mismatch
Reflector	Simple Lightweight Design maturity	Offset to avoid feed blockage Poor scanning performance

가 그림 3에 도해되었다. 이 반사기는 개구면의 크기, offset 거리, 그리고 초점거리에 의해 표시될 수 있으며 안테나 시스템의 특성을 결정지어 주는 중요한 파라미터들은 초점 영역(focal area), 스캔 손실, 교차 편파 등이다.

Center-fed, 원형 대칭 반사형 안테나에 있어서, feed가 축상에 놓여 있는 경우 반사기에서 반사되어 형성된 2차 빔은 반사기 축에 대해서 대칭으로 존재한다. 또한 feed가 축을 따라 변위하게 되면 2차 빔은 scanning하게 된다. Offset 패러볼릭 반사안테나에 있어서 offset 축은  $\theta_0$ 의 방향으로[5]

$$\theta_0 = \frac{1}{2} (\theta_t + \theta_r)$$

로 표시되며 여기서  $\theta_t$ 와  $\theta_r$ 은 그림 3에 정의 되어 있다. 이 경우 초점면(focal plane)은 offset축에 대해 수직인 면으로 정의 된다.

Offset 반사기가 원형 편파를 생성하는 피더에 의해 조사되었을 경우 반사기에 의해 복사되는 전파는 교차편파 성분을 갖지는 않으나, 반사기의 표면에 의한 위상 편이[7]로 인해 다소 회전된다. 피더의 극성이 선형 편파일 때에는, 피더가 대칭 축상에 존재하는 경우를 제외하고는 반사기에 의해 복사되는 전파는 극성이 다소 변형되며, 빔 축상에서 벗어난 교차편파 성분이 나타나게 된다. 피더가 offset축의 좌우로 움직이게 되면, 반사기에 의해 복사되는 빔은 스캔하게 되는데 이 경우 빔의 degradation이 일어나게 된다. Degradation의 형태로서는 빔 형태의 변형, 이득의 감소, 손실의 증가, 빔폭의 감소, 그리고 부엽준위의 증가등이 있다. Offset 축상으로부터 좌우로 떨어진 위치에서 빔을 주사하게 되면, 안테나의 이득은 감소한다. Center-fed안테나의 스캔 손실은 [초점 거리(F)/안테

나 직경(D)]와 스캔되어진 반 전력 빔 폭의 수의 합수로 나타낼 수 있다. Offset feed 패러볼릭 안테나 경우의 스캔 손실도 center-fed안테나의 경우와 유사하게 표현된다.

구조의 간편성, 좋은 성능, 그리고 설계의 신속도등의 장점을 가진 단일 반사기는 위성안테나 시스템에서는 가장 우선적으로 고려되어야 할 형태이다. 반사기의 형태중 특히 원형 반사기는 피더가 곡률 반경의 중심 위치에 존재하는 경우, 코마(coma)나 비점 수차(astigmatism)가 없는 광학적 특성을 가진다. 따라서 반사기의 형태는 패러볼로이드와 원형 반사기의 중간형태를 취하는 것이 패러볼라 안테나의 경우보다 더 좋은 스캔성능을 제공하여 준다. 그러한 특성을 가진 반사기 표면의 한 형태를 다음의 식으로 표시할 수 있다.

$$Z = \frac{X^2}{4f} + (1+b) \frac{X^4}{8(2f)^3} + \dots$$

이 경우  $b = -1$ 은 패러볼라가 되고  $b = 0$ 은 구가 되며,  $f$ 는 임의의 상수이다.

반사기의 표면은 원형편파인 경우 단일면 형태로, 선형 편파인 경우에는 gridded형태로 할 수 있다. Gridded 표면 반사기는 선형 극성의 순수도를 증가시켜 주며, 두개의 상호 직교되는 gridded 표면이 개구면을 공유함으로써, 구조상 간편한 시스템을 제공하여 준다. 전면에 위치한 표면은 한 개의 극성편파는 반사시키고 다른 한개의 극성의 편파는 미소한 감쇄가 있긴 하지만 거의 대부분 통과시켜 준다. 뒷면의 반사기 또한 전면의 반사기와 동일한 특성을 갖는다. 다만, 반사시키는 극성과 통과시키는 극성이 전면 반사기와 반대이다.

단일 반사기 구조는 여러가지 장점을 갖고 있기는 하지만, 스캔성능이 제한되어 있어, 스캔 성능이 우수한 2중 반사기(dual reflector)형태가 위성 탑재용 안테나로 많이 사용된다. 전형적인 이중반사기 안테나의 형태로는 카세그레인(Cassegrain) 안테나와 그레고리안(Gregorian)안테나 시스템이 있다. 이들 반사기 형태의 예[12]가 그림 4에 표현되어 있다.

카세그레인 안테나 시스템에서 주 반사기의 초점 거리는 부 반사기 밖에 위치한다. 주 반사기 및 부 반사기의 형태는 그림 4에서 처럼 다양하다. 주 반사면의 초점 거리를 F라 하면, 등가 패러볼라 안테나의 초점 거리는 mF로서, 초점거리가 F인 단일 반사기 안테나에 비해 더 좋은 스캔성능을 제공하여 준다. 그레고

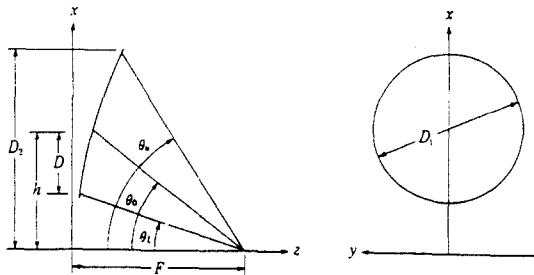


그림 3. 단일 offset 패러볼릭 반사 안테나의 구조

리안 안테나의 경우에는 주 반사기의 초점이 주 반사기와 부 반사기 사이에 존재하며 전체 안테나 시스템의 크기나 피더의 빙폭이 카세그레인 안테나와 동일한 경우, 카세그레인 안테나에 비해 더 짧은 주 반사기의 초점거리가 요구된다. Scan 성능을 향상시키기 위해서는 특별한 형태의 이중반사기 시스템을 사용하기도 한다.

로 하는 위성의 경우에는 서비스의 범위가 넓은 global beam이나 zone beam 등을 많이 사용하며, 부공간 위성 같은 자국내 통신을 목적으로 하는 경우는 서비스 범위를 특정지역에 국한시킬 수 있는 spot beam을 사용한다. 안테나를 빔의 형태에 따라 분류하면, 단일빔(single beam), 형상빔(shaped beam), 그리고 다중빔(multibeam) 안테나로 구분할 수 있다.

	Illustration	$\theta_s/\theta_m$ and $f_s/f_m$	$f_m$ and $f_s$	$e$
Cassegrain reflector forms		$>1$	$>0$ Convex subdish (classical form)	$>1$
		1	$>0$ Flat subdish	$\infty$
		$<1$ $>0$	$>0$ Concave subdish	$<-1$
		0	$\infty$ Flat main dish	1
		$<0$ $>-1$	$<0$ Convex main dish	$<0$ $>-1$
Gregorian reflector forms		$>1$	$>0$ Feed in rear (Classical form)	$>0 <1$
		$<1$	$<0$ Feed in front of main dish focus	$>0 <1$

그림 4. 카세그레인과 그레고리안 안테나의 예

#### IV. 빔의 형태에 따른 안테나의 분류

지구 정지궤도상의 위성체에서 바라볼 때 관측이 가능한 지구상의 현의 각도는 약 17.4°이며 위성안테나는 이 지역내에 서비스를 제공할 수 있다. 위성안테나의 빔은 서비스의 종류나 목적에 의해, global beam, zone beam, hemi beam, spot beam 등으로 구분된다. Intelsat이나 Asiasat과 같이 국제통신, 방송을 목적으

#### 1. 단일 빔 안테나

단일 빔 안테나는 global beam 또는 spot-beam용으로 사용되어 진다. 지구상 현의 각도 약 17.4°의 지역을 커버할 수 있는 global beam을 만들기 위해서는 개구면 직경이 파장의 5배정도 되는 안테나가 필요하며, 이러한 목적으로는 일반적으로 혼 안테나가 사용되어 진다. 반면에 좁은 빔이 요구되는 spot-beam 안테나로서는 개구면 직경이 큰 패러볼릭 반사안테나, 혼 반사 안테나, 카세그레인 반사안테나 또는 그레고리안 반사안테나 등이 사용된다.

위성 통신 시스템에서 주파수 스펙트럼의 효율적인 운용을 위해 적교하는 두 편파를 동시에 사용하려면, 위성 및 지구국 안테나는 낮은 교차 편파 성분을 가져야 한다(원형 편파의 경우는 작은 axial ratio), 작은 axial ratio를 실현하기 위해서는, flariris 형태의 이중모드(dual mode) 혼 안테나[15]가 사용되어 진다. 그림 5는 전형적인 flariris 형태의 이중 모드 혼 안테나이다.

- $d$  : 개구면 직경                       $\alpha$  : 원추형 혼의 flare 각
- $d_1$  : 위상부의 직경                 $l_1, l_2, l_3$  : iris들의 위치
- $\beta$  : flare각

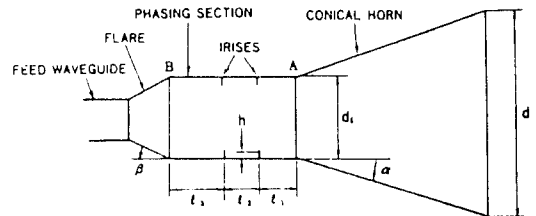


그림 5. flariris 형태의 이중 모드 혼 안테나

패러볼릭 반사 안테나는 패러볼릭 반사기와 일차 복사원(primary radiator)으로 구성되어 진다. offset 패

러블릭 반사안테나는 구조가 간단하고, 무게가 가볍기 때문에 위성안테나로서 가장 널리 사용된다. offset 형태를 취하면 III장에서 언급했듯이 피드에 의한 blockage를 피할 수는 있으나, 반사면의 회전 대칭 특성이 파괴되며, scanning의 범위를 제한하는 단점이 있다. 그림 6은 일본의 Engineering Test Satellite-V (ETS-V)에 탑재된 이중 빔 패러볼릭 반사 안테나이다.

Intelsat-III 위성에서는 세계에서 처음으로 혼-반사기 형태의 despun 안테나[16]를 탑재하였다. 안테나는 평판 반사기와 위성체에서 회전하는 혼으로 구성되어 있으며, 분극기(polarizer)와 OMT는 위성체에 고정되어 있다. 회전되는 패러볼릭 반사기를 사용하면 더 높은 이득의 구현이 가능하며, 이러한 형태의 혼-반사기 구조가 일본의 통신위성인 CS, CS-2, 그리고 CS-3등에서 채택되었다.

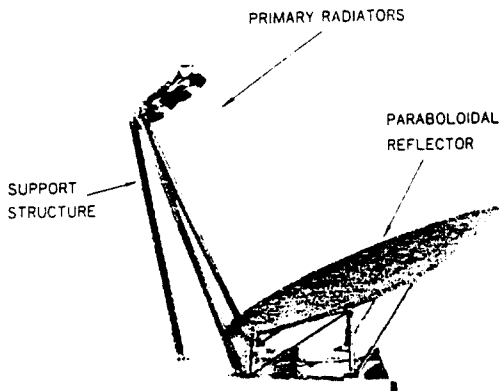


그림 6. ETS-V 위성 탑재 offset 반사 안테나(Courtesy of NASDA)

## 2. 형상빔(shaped-beam) 안테나

형상빔 안테나는 빔의 형태가 미리 정해진 패턴에 맞게 복사되는 안테나이다. 빔 형상의 장점은 안테나 이득의 증가와 주파수 재사용을 통한 통신용량 확충의 결정적인 요소인 빔각 고립도 개선에 있다. 안테나의 이득은 빔에 의해 조사되는 영역의 면적과 긴밀한 관계에 있으므로, 형상빔 안테나에 의해 얻어질 수 있는 이득은 커버리지 영역에 의해 제한을 받는다. 형상빔 안테나는 형상 반사기형(shaped-reflector type), 다중혼 피드형(multihorn feed type) 및 배열형(array

type)의 세형태로 분류할 수 있다.

형사반사기 안테나는 한 개의 혼을 사용하되 반사기의 형태를 변화하여 요구되는 빔을 생성한다. 한개의 혼을 사용하므로 급전 손실을 적게할 수 있을 뿐 아니라, 개구면 조사(illumination)를 최적화 함으로써 spillover에 의한 손실을 줄일 수 있다. 이러한 형태의 안테나는 주로 단일 빔 안테나로 사용되어진다. 다중혼 피드 안테나(multihorn feed antenna)는 패러볼릭 반사기와 다수의 피드혼으로 구성되어 있다. 형상빔은 피드혼들의 위치, 진폭, 위상등을 조절함으로써 생성되어 진다. 그러나 복잡한 빔을 만들기 위해서는 빔장이 많은 수의 혼이 필요하게 된다. 이 방법의 최대의 단점을 복잡한 피드 회로와 BFN이 필요한 것이며, 피드 손실이 크다는 것이다.

배열형 안테나 시스템은 반사 안테나의 피드 혼과 같은 단위 안테나들로 구성되어 진다. 반사기와 다중혼으로 구성된 시스템의 경우, 피드 혼 숫자의 증가로 인해 피드시스템 크기와 반사기의 크기가 거의 동일하게 되어 진다. 그러나 전체 위성 안테나 설계차원에서 무게, 부피, 복잡성 및 전기적 특성등을 고려하여 보면, 직접 복사 배열(direct radiating array) 개념이 좀 더 나은 해결 방법일 수도 있다. 특히 반도체 기술의 급진적인 발전에 따른 능동배열 형상빔 안테나의 출현은 높은 실효복사전력(EIRP)의 실현을 가능케 하였다. 더우기, 위상배열 안테나를 사용함으로써 서비스 영역의 변화에 대한 빔 형상을 궤도상에서 재구성할 수 있게 하여 준다.

## 3. 다중빔(multibeam) 안테나

다중빔 안테나는 입력단자와 전체 패턴을 구성하는 각각의 주엽이 1대 1로 대응하는 다단 피드 시스템을 사용하여 한개의 고정 개구면으로 부터 다수의 주엽을 생성하는 안테나이다. 다중빔 안테나를 사용함으로써, 단일 위성으로 다수의 지구국과 통신이 가능하며, 통신용량 및 위성 가용도가 획기적으로 증가될 수 있다. 더우기 지구국의 안테나 크기를 작게할 수 있으며, 전체 비용도 절감하는 효과를 가져오게 된다. 반사기 형태의 다중빔 안테나 시스템은 일차 복사원(primary radiator)이 반사기의 초점에 놓여지며, 빔의 방향은 복사원의 위치를 초점의 주변에서 변화시킴으로써 조정할 수 있다. 다중빔 안테나 시스템에서는 다수의 일차 복사원을 갖기 때문에 회전 대칭성을 갖는 반사기가 사용될 경우 무 반사기 또는 다른 일차 복사원에 의해 전파의 복사 경로가 차단된다. 따라

서 다중빔 안테나 시스템에서는 offset 반사기 구조가 많은 장점을 갖게된다.

많이 사용되는 다중빔 안테나 형태로는, offset 패러볼릭 반사 안테나[17~20], offset 그레고리안 및 카세그레인 반사 안테나[21~24], 이중 초점(bifocal) 반사 안테나[25~27], 다초점(multifocal)반사 안테나[28~31]등이 있다.

### V. 결 론

지금까지 위성 탑재용 안테나의 기능 및 구성에 대하여 알아 보았다. 위성탑재용 안테나 시스템은 직상에서 사용되는 안테나와 달리 우주 환경이라는 극한 상황에서 운용되어지므로 설계 단계에서 부터 매우 정밀한 분석이 필요하며 재질 및 구조의 선택에 신중을 기해야 한다.

위성 안테나의 선택은 시스템 요구조건, 즉 커버리지 영역에서의 최소이득, 주파수 대역, 편파특성 및 고립도등을 고려하여 개구면의 크기, 안테나의 형태, 표면오차 허용한도등을 정해야 한다.

선진위성 기술국들의 경우, 한 개의 위성 탑재용 안테나를 사용하여 통신/방송의 송·수신을 동시에 수행하기도 하며, 다중빔 안테나 시스템, 멀티빔 안테나 시스템등의 채택을 통해 제한된 주파수 대역을 효율적으로 운용하고 있다. 그러나 이러한 첨단 기술 보유국들은 이미 오래전부터 이 기술을 상품화하고 있으며, 외국기술에 의해 제작, 발사된 자국위성을 보유하고 있는 개발 도상국들은 상품화되어 있는 선진 기술에 전적으로 의존하고 있는 형편이다. 따라서 부가적인 기능의 추가가 요구될 때 기술적으로 어려움을 겪고 있다. 이러한 선진기술 의존도를 낮추고 자체 개발능력을 보유하기 위해서는 부단한 연구개발의 노력에 최선을 다해야 할 것이다. 최초의 국내 통신·방송 위성인 무궁화 위성의 발사를 눈 앞에 둔 우리는 이러한 안테나 시스템에 대한 기술습득을 통해 위성 안테나 뿐만 아니라 관련 마이크로파 및 안테나 산업의 발전에 건인차적 역할을 담당해야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

1. A.A.Oliner and G.H.Knittel, eds., Phased Array Antennas, Dedham : Artech House, pp.68-82, 1972.
2. Y.T.Lo, "A mathematical theory of antenna arrays with randomly spaced elements," IEEE Trans. An-

- tennas Propag., Vol. AP-15, pp.231-235, March 1967.
3. J.J.Lee, "Numerical methods make lens antennas practical," Microwaves, pp.81-84, September 1982.
4. C.J.Sletten, eds., Reflector and lens antennas, Norwood : Artech House, pp.215-320, 1988.
5. P.G.Ingerson and W.C.Kong, "Focal region characteristics of offset fed reflectors," IEEE AP S, Intl.Sympl. Dig., pp.121-123, June 1972.
6. S.W.Lee and Y.Rahmat-Samii, "Simple formulas for designing an offset multibeam parabolic reflector," IEEE Trans. Antennas Propag. Vol. AP-29, No.3, pp.472, May 1981.
7. T.Chu and R.H.Turrin, "Depolarization properties of offset reflector antennas," IEEE Transact. Antennas Propag. Vol. AP-21, pp.339-345, May 1973.
8. Y.T.Lo and S.W.Lee, eds., Antenna Handbook, New York : Van Nostrand Reinhold Co., pp.21.1-21.113, 1987.
9. W.V.T. Rusch and P.D.Potter, Analysis of reflector antennas, New York : Academic Press, 1970.
10. J.Ruze, "Lateral-feed displacement in a paraboloid," IEEE Transact. Antennas Propag., Vol. AP-13, pp. 660-665, September 1965.
11. P.W.Hannan, "Microwave antennas derived from the cassegrain telescope," IRE Transact. Antennas Propag., Vol. AP-9, March 1961.
12. C.A.Balanis, Antenna Theory : Analysis and Design, New York : Harper and Row, 1982.
13. W.V.T. Rusch and P.D.Potter, Analysis of Reflector Antennas, New York : Acadmic Press, 1970.
14. T.Kitsuregawa, Advanced Technology in Satellite Communication Antennas Electrical & Mechanical Design, Boston : Artech House, 1989.
15. T.Ebisui et al., "A circularly polarized flare iris type dual-mode horn antenna," IEEE Trans., Vol.62-B, No. 12, pp.1109-1115, December 1979(in Japanese)
16. V.Galindo-Israel et al., "Aperature amplitude phase control of offset dual reflectors," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-27, No.2, pp.154-164, March 1969.
17. J.Ruze, "Lateral feed displacement in a paraboloid," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-13, No.5., pp.660-665, September 1965.
18. W.A. Imbariale et al., "Large lateral feed displace-



ment in a parabolic reflector," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-23, No. 3, pp.317-322, May 1975.

19. A.W.Rudge, "Multiple-beam antennas: offset reflectors with offset feeds," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-23, No.3, pp.317-322, May 1975.

20. S.W. Lee and Y. Rahmat-Samii, "Sample formulas for designing an offset multibeam parabolic reflector," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-29, No.3, pp.472-478, May 1981.

21. W.C.Wong, "On the equivalent parabola technique to predict the performance characteristics of a cassegrain system with an offset feed," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-21, No.3, pp.1657-1665, May 1973.

22. E.A. Ohm, "A proposed multi-beam microwave antenna for earth station and satellites," Bell Syst. Tech. K., Vol. 53, No. 8, pp.1657-1665, October 1974.

23. C.Dragone, "A first-order treatment of aberrations in cassegrain and gregorian antennas," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-30, No. 3, pp.331-339, 1982.

24. S. Makino, Y. Kobayashi, and T. Katagi, "Front fed offset cassegrain type multibeam antenna," AP-S Int. Symp. Digest, APS-10-2, 1985.

25. B.L.J. Rao, E.A. Wolff, and R.F. Schmidt, "Bifocal dual reflector antenna," IEEE GAP-Int. Symp. Digest, pp.225, December 1972.

26. Y.Mizuguchi and F. Watanabe, "Offset bifocal dual reflector antenna," IEICE Trans. (B), Vol. J66-B, No. 1, pp. 71-78, January 1983(in Japanese)

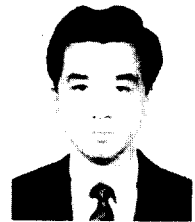
27. C.M. Rappaport, "An offset bifocal reflector antenna design for wide-angle beam scanning," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-32, No.11, pp.1196-1204, November 1984.

28. C. Dragone, "First-order correction of aberration in cassegrain and gregorian antennas," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-31, No-5, pp.764-775, September 1983.

29. Y.Mizuguchi, F.Watanabe, and S.Nomoto, "A design method of multi-focal reflector antennas for multi-beam application," IEICE Tech. Rep., AP. 84-28, June 1984(in Japanese)

30. N.C. Albertsen, K. Pontoppidan, and S.B. Sorensen, "Shaping of dual reflector antennas for improvement of scan performance," IEEE AP-S Int. Symp. Digest, APS-10-6, 1985.

31. S.Makino, Y.Kobayashi, and T.Katagi, "Design of dual reflector type multibeam antenna composed of parabolic reflector and shaped subreflector," IEICE Trans.(B), Vol. J69-B No. 9, pp. 933-940, September 1988(in Japanese)



崔 在 薰

- 1957년 5월 28일 생
- 1976년 3월 ~ 1980년 2월 : 한양대학교 전자공학과 (공학사)
- 1983년 9월 ~ 1986년 12월 : 오하이오 주립대 전기공학과(공학석사)
- 1985년 1월 ~ 1989년 8월 : 오하이오 주립대 Electro science Laboratory 연구원
- 1987년 1월 ~ 1989년 8월 : 오하이오 주립대 전기공학과(공학박사)
- 1989년 9월 ~ 1991년 3월 : 아리조나 주립대 Telecommunication Research Center 연구교수
- 1991년 4월 ~ 현재 : 한국통신 위성사업단 위성연구부장
- 주관심분야 : 안테나 설계, Electromagnetics Scattering Analysis, Numerical Electromagnetic Technique 등이다.