

技術論文

DOI:10.5139/JKSAS.2010.38.12.1223

위성 통신용 다대역 안테나

정치현* 정혜미* 김건우* 배기형* 태현식* 엠츄시킨겐나디*

Multi-band directional antenna for satellite communications

Chi-Hyun Cheong*, Hye-Mi Jeong*, Kun-Woo Kim*, Ki-Hyoung Bae*,
Hyun-Sik Tae* and Evtyushkin Gennadiy*

ABSTRACT

The design is presented for a SATCOM antenna capable of simultaneous multi-band (X/Ku/Ka-Band) communications without replacement of feed horns or change of other parts in the application as a ground satellite terminal for large data transfer. The antenna is the offset configuration and consists of a dual-band(X/Ka-band) feed horn, a single-band(Ku-band) feed horn, a frequency selective surface(FSS) sub-reflector and a parabolic main-reflector. The antenna has a main reflector defining a prime focus and a frequency selective surface sub-reflector defining an image focus. A dual-band feed and a single-band feed are provided at each of the prime focus and image focus. The antenna is designed using 3D EM simulator and the gains measured in X/Ku/Ka-band of the complete antenna assembly is more than 31.6dBi, 36.8dBi, 40.8dBi, and the cross polarization is 21.7dB, 26.6dB, 25.2dB, respectively.

초 록

본 논문에서 소개하는 위성 통신 안테나는 대용량 데이터 전송을 위한 위성 송수신 시스템에 응용되어 추가적인 급전부 교체나 다른 기구 형상 변경 없이 X, Ku와 Ka 3중 대역의 전파 신호를 동시에 송수신할 수 있다. 설계된 안테나는 오프셋 파라볼라 안테나 형태로 2중 대역(X/Ka 대역) 급전혼, 단일대역(Ku 대역) 급전혼, 주파수 선택막(FSS : frequency selective surface) 특성을 갖는 부반사판 및 파라볼라 주반사판으로 구성되어 있다. 주반사판의 초점에는 2중 대역 급전혼이 위치하며, FSS 부반사판으로 이미지 초점을 만들어 단일 대역 급전혼이 설치되어 운용된다. 본 안테나는 전기적 특성이 국내 위성 환경에 부합되도록 3차원 EM 시뮬레이터를 이용하여 설계하였고, 측정결과 X/Ku/Ka 대역에서 안테나 이득이 각각 31.6 dBi, 36.8 dBi, 40.8 dBi 이상, 교차편파는 각각 21.7 dB, 26.6 dB, 그리고 25.2 dB 이상의 특성으로 목표 성능을 만족함을 확인하였다.

Key Words : Triple-band(3중 대역), Frequency Selective Surface(FSS:주파수선택막), Dual-band Feed Horn(2중 대역 급전혼)

I. 서 론

위성통신, 특히 군 위성통신은 미래 네트워크 중심전(NCW; Network Centric Warfare)의 중요 핵심 전력으로 통신영역의 광역화, 대용량 전송, 생존성 강화, 지상단말 작전능력향상을 목표로

† 2010년 9월 10일 접수 ~ 2010년 11월 30일 심사완료

* 정회원, 삼성탈레스 위성통신그룹

교신저자, E-mail : chihyun.cheong@samsung.com

경기도 성남시 분당구 구미동 188 M타워 6층

발전하고 있다. 우리나라의 경우 Koreasat-V를 전력화 하였으며, 군용 SHF(X 대역) 및 Ka 대역 중계기와 상용의 Ku 대역 중계기를 동시에 탑재하여 민·군 겸용 복합통신위성으로 운용하고 있다. 이와 같은 복합통신위성을 운용할 경우 지상 단말의 작전능력향상을 위해 다양한 형태의 지상 단말의 운용이 가능하며, 특히 3개 대역(X/Ku/Ka)의 주파수에 대하여 동시 운용 가능한 다대역 단말은 지상단말의 작전능력향상을 극대화 할 수 있을 것으로 판단된다.

위성선진국의 경우 다양한 형태의 다대역 위성단말을 전력화하여 운용하고 있으나, 모두 실시간 운용효율에 상당한 제한이 따른다. 먼저 하나의 위성안테나를 이용하여 이중 혹은 삼중대역을 동시에 운용하는 개념이 아닌 다수의 대역별 위성안테나를 이용하여 다대역 통신을 운용한다. 다음으로 운용하고자 하는 주파수에 따라 복수개의 안테나 급전부를 이용하여 운용계획에 따라 교체하는 방식을 이용한다[1]~[4].

첫 번째의 경우, 다대역 통신을 하기위해서 복수개의 위성을 지향해야 하므로 위성을 지향하는데 까지 소요되는 시간과 지향조건에서의 제약이 발생하여 안테나의 구조가 복잡해지거나 규모가 커지게 된다. 두 번째의 경우, 각각의 운용 주파수에 따라 급전부를 교체해야 하므로 교체에 따른 시간적 지연이 발생하며, 각각의 주파수에 대한 급전부를 회전하여 교체는 방식, 급전부를 분해/조립하여 교체하는 방식 등과 같이 급전부의 교체방식에 따라 구조가 복잡해지거나 급전부를 별도로 보관해야하는 번거로움이 발생하며, 이중 또는 삼중대역을 동시에 운용할 수 없다는 제한이 있다.

따라서, 복합통신위성의 운용에 따른 다대역 위성단말을 이용한 실질적인 작전능력향상을 확보하기 위해서는 이중 혹은 삼중대역의 동시운용이 가능해야 할 것으로 판단된다. 본 논문에서는 X/Ku/Ka 대역에 대하여 동시운용이 가능한 삼중대역 안테나의 개발내역 및 확보된 성능을 제시하여 우리군의 차기 군 위성통신체계의 다대역 위성단말 전략화에 기여하고자 한다.

제안하는 다대역 안테나는 대용량 데이터 전송을 위한 2m급 또는 그 이상의 크기를 갖는 대형 안테나로 구성되어 차량 탑재형과 같은 이동형 단말에 응용되어지기 위한 목적을 갖고 있으나, 본 논문에서는 안테나의 구현방안에 초점을 두어 0.8m 크기로 구성하였다. 안테나의 동작 주파수와 편파 특성은 국내 위성 환경과 동일하게 하였으며, 이득은 안테나의 크기를 고려하여 결

Table 1. Main specifications

항목		사양	
		수신	송신
동작 주파수 (GHz)	X 대역	7.25~7.75	7.9~8.4
	Ku 대역	12.25~12.75	14.0~14.5
	Ka 대역	20.2~21.2	30.0~31.0
편파	X 대역	좌원편파	우원편파
	Ka 대역	(LHCP)	(RHCP)
	Ku 대역	수직편파	수평편파
이득 (dBi)	X 대역	≥31.6	
	Ku 대역	≥36.0	
	Ka 대역	≥40.5	≥43.5
교차편파(dB)	X 대역: ≥21 Ku, Ka 대역: ≥25		
부엽준위(dB)	ITU-R S.465-5		
크기(m)	높이=폭 ≤0.8 (반사판과 급전흔 포함)		
무게(kg)	<5		

정하였다. 또한 단일 대역만을 지원하며, 반사판이 복합재로 이루어진 동일한 크기의 안테나가 1.5~2kg인 점을 고려하여 무게를 결정하였으며, 기본적인 안테나의 주요 사항은 Table 1과 같다.

원편파 특성을 갖는 2중 대역(X/Ka 대역) 급전흔, 단일 대역(Ku 대역) 급전흔, 주반사판, 주파수 선택막(FSS)으로 이루어진 3중 대역 부반사판으로 구성되며 오프셋 파라볼라 형태로 설계하였다. 두개의 급전흔을 배치하기 위해 주반사판의 초점에는 2중 대역 급전흔을 위치시키고, FSS 부반사판으로 이미지 초점(image focus)을 만들어 단일대역 급전흔이 동작하도록 하였다. 적용된 FSS 부반사판은 Ku 대역을 반사하고, X/Ka 대역은 통과하는 대역 차단 기능을 갖도록 설계하였다[5]~[9].

3개 대역을 동시 통신 할 경우, 대역별로 3개의 안테나를 이용하는 방식에서 본 논문에서 제시하는 하나의 안테나를 사용함으로써 인해 기존보다 규모를 획기적으로 줄이고 제작 단가 절감 외에 경량화 등의 효과를 도모할 수 있다.

II. 다대역 안테나의 설계

다대역으로 구현하기위한 안테나의 형태는 마이크로스트립 안테나, 개구면 안테나, 배열 안테나 등 여러 가지가 있을 수 있으나, 본 논문에서는 고출력, 고지향성 특성을 갖는 반사판 안테나로 구현하고자 한다.

하나의 파라볼라 반사판은 하나의 초점만을 가진다. 다대역 안테나 설계를 위해 서로 다른

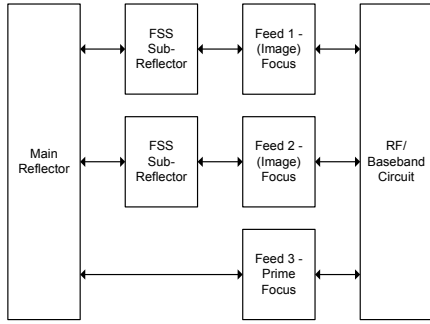


Fig. 1. Multi-band antenna block diagram

대역에서 동작하는 여러 개의 급전혼을 하나의 초점에 배치하기는 불가능하다. 또한 쌍곡면 부 반사판과 파라볼라 반사판에 의한 두 개의 초점을 갖는 카세그레인 구조의 경우에는 파라볼라 반사판의 초점이 부반사판에 의해 가려지므로 이 또한 여러 개의 급전혼을 갖는 구조를 가질 수 없다[10].

따라서 하나의 위성단말을 지향하는 다대역 기지국 단말의 경우, 특정 주파수를 투과 또는 차단하는 전기적 특성을 갖는 FSS의 사용은 필수적이다. FSS를 사용하여 원래의 초점과 동일한 위치로 인식될 수 있는 이미지 초점을 만들어 이 위치에 급전혼을 위치시킬 수 있으며, 카세그레인 구조의 경우에는 파라볼라 반사판의 초점에

급전혼을 배치시킬 수 있다. 이러한 구조에 대한 블록도는 Fig. 1에 도시하였다. 여기서 급전혼의 개수는 다대역 안테나가 지원하는 주파수 대역의 개수와 동일하며, 본 논문에서는 세 개의 대역 (X/Ku/Ka 대역)을 다루므로 세 개의 급전혼을 도시하였다.

FSS를 이용하여 구현 가능한 다대역 안테나는 오프셋 파라볼라, 카세그레인, 오프셋 카세그레인, 오프셋 그레고리안 등의 형태로 구성 할 수 있으며, 급전혼의 구성과 FSS의 전기적 특성에 따라 Fig. 1의 블록도를 기본으로 하여 Fig. 2와 같은 구조로 다양하게 구성이 가능하다. Fig. 2에서 대역별 급전혼은 크기에 따라 기구적으로 위치가 용이한 곳을 선정하여 배치하였다.

Fig. 2-(a), (b)와 같이 각 대역별 급전혼을 사용하여 다대역 안테나를 구성할 경우, 2개의 FSS 부반사판을 이용하여 2개의 이미지 초점에 대역별 안테나를 위치시키므로 구조가 매우 복잡해지는 단점이 있다. 이를 개선하기 위해 2중 대역 급전혼을 사용할 경우, 1개의 이미지 초점만 필요하게 되어 보다 간단한 구성이 가능해진다. 이는 Fig. 2-(c), (d)와 같다. 또한 Fig. 2-(e), (f)와 같이 다른 구조에 적용함으로써 동일한 장점을 가진다. Fig.2-(c), (d), (e), (f)에서와 같이, 2중 대역 급전혼은 동일한 원편파 특성을 가지며, 주파수의 격리도가 최대로 확보될 수 있는 X/Ka 대

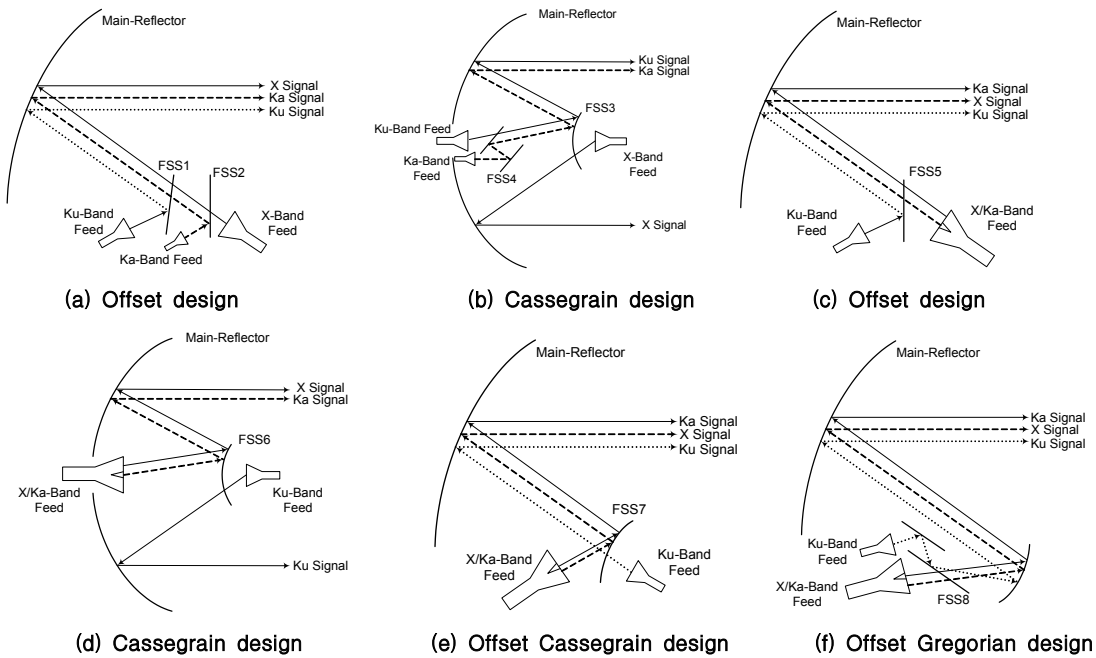


Fig. 2. Multi-band antenna configuration

Table 2. FSS Requirement

FSS	X 대역	Ku 대역	Ka 대역
1	투과	반사	투과
2	투과	-	반사
3	투과	반사	반사
4	-	투과	반사
5, 8	투과	반사	투과
6, 7	반사	투과	반사

역에서 동작하는 급전혼을 적용하였다.

이러한 안테나의 구조와 반사판의 초점에 위치하는 급전혼의 대역특성에 따라 FSS의 전기적 특성을 고려해야하므로, Fig. 2에서의 급전혼과 구조의 선택에 따른 FSS 부반사판의 요구 사항은 Table 2와 같이 구분되어 진다.

Fig. 2-(b), (d)는 카세그레인 형태의 다대역 안테나 구성이다. 대칭형 카세그레인 구조는 비교적 구조가 간단하여 진동과 충격 등에 유리하고 구동 부를 포함하여 구성할 경우에도 무게중심이 중앙 부분에 위치함으로써 안정적인 성능 구현이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 파라볼라 반사판의 초점에는 넓은 빔폭 특성을 갖는 급전혼과 쌍곡면 반사판의 초점에는 상대적으로 매우 좁은 빔폭 특성을 갖는 급전혼의 특성을 고려하여 부반사판의 위치, 크기, 곡률 등을 조율해야한다. 또한 부반사판의 지지 방법과 이에 따른 안테나 성능에 영향을 주는 사항(부엽준위, 교차편과 등)을 고려해야하므로 설계 및 해석상의 고려 요소들이 매우 많아진다. 대칭형 그레고리안 형태의 경우, 주반사판과 부반사판의 초점이 모두 안테나 내부에 위치하여 다대역 안테나는 물리적으로 구현이 불가능하므로 본 논문에서는 다루지 않는다.

Fig. 2-(c), (e), (f)와 같은 오프셋 형태의 경우, 진동과 충격 등의 외적인 요소와 비대칭성 형태로 무게 중심이 중앙에 위치하지 않아 구동적인 측면에서 불리하지만, 블러킹(blocking) 효과를 줄임으로 인해 비교적 높은 안테나 효율을 가지며, 필요시 해체/수납 등의 운용이 비교적 쉽다는 장점이 있다.

또한 다대역 안테나 설계 시, Table 2와 같은 안테나의 구조에 따른 FSS의 대역 통과 또는 저지 특성이외에도 FSS에 입사/투과하는 전자파의 각도 또한 고려해야한다. Fig. 2-(b), (d), (e)와 같이 쌍곡면 형태를 갖는 FSS는 Fig. 2-(a), (c)에서의 평면형 FSS구조에 비해 입사/투과하는 전자파의 각도가 80~90도에 가까운 높은 각도를 갖게 되어 설계 시 이에 대한 특성을 반영해야한다 [11]. 오프셋 그레고리안 형태는 Fig. 2-(f)와 같은

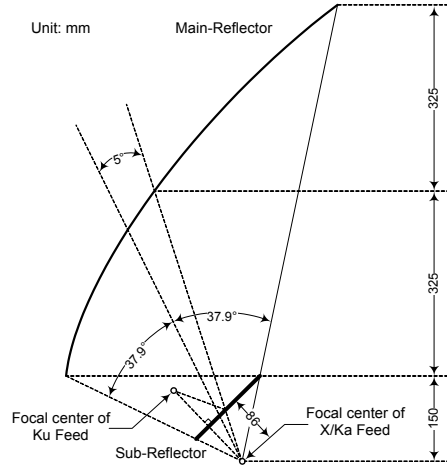


Fig. 3. Multi-band antenna structure

구조로 구현이 가능하나, 구조적으로 매우 복잡해진다.

따라서, 본 논문에서는 Fig. 2-(c)의 구조를 기본으로 Fig. 3과 같이 물리적 광학법(Physical Optics)을 이용하여 해석 및 설계하여 다대역 안테나를 구성하였다. 급전혼과 FSS 부반사판의 개수를 줄여 전체 구조를 간소화 하기위해 X/Ka 대역을 동시에 지원하는 2중 대역 급전혼을 사용하였으며, 무게 중심의 이동을 최소화하기 위해 F/D (F : 주반사판의 초점거리, D : 주반사판의 직경)를 0.5로 하였다. 따라서 최종 반사판의 크기는 개구면을 기준으로 높이는 650mm로 하였다. FSS 부반사판은 전자파의 입사/반사각이 최소가 되도록 평면형을 선택하여 두 급전혼의 대칭이 되는 중앙에 위치하였으며, 크기는 Ku 대역에서의 스페일오버(spill over) 및 블러킹(blocking) 효과를 고려하여, 지름이 210mm인 원형의 형태로 구성하였다.

기술한 바와 같이 Fig. 3에서 요구되어지는 FSS 부반사판은 이미지 초점에 위치한 Ku 대역 급전혼에서 방사되는 신호는 반사시키고, 주초점에 위치한 X/Ka 대역은 투과시키는 특성을 가져야한다. 또한 입사 전파의 입사각 및 편파의 형태에 따른 변화가 적어야 하며, 광대역 필터 특성을 요구한다. 따라서 2중 고리형 FSS 소자 구조를 선택하였으며, FSS로의 전파 입사 범위(0°~55.7°)내에서 전기적 성능을 만족하도록 설계 및 해석을 수행하였다. Fig. 4는 적용한 FSS의 소자의 형태와 전기적 등가회로를 나타낸다.

FSS 소자는 통과 또는 투과되는 목표 주파수에 따라 그 크기와 구조를 결정한다. 제시한 대

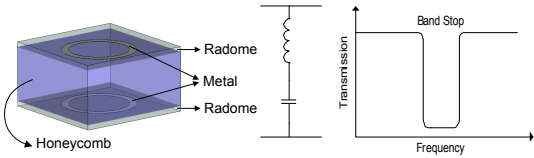


Fig. 4. FSS structure & equivalent circuit

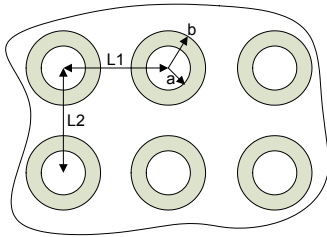


Fig. 5. General geometry of FSS

역 통과 FSS 소자의 형태와 사용된 구조의 중요 변수는 Fig. 5와 같다. 고리형 형태의 크기를 나타내는 내부 반지름 a 와 외부 반지름 b 는 차단 주파수를 결정하게 되며, 고리의 폭은 대역폭을 결정하게 된다. FSS 소자상의 거리를 결정하는 $L1$ 과 $L2$ 는 투과 대역에서의 저손실 특성에 영향을 주는 변수로 작용한다. 설계 상 요구되어지는 FSS의 통과대역인 X/Ka 대역은 원편파 특성을 가지므로 대칭적인 구조를 위해 $L1$ 과 $L2$ 는 동일한 값을 갖도록 하였다. 또한, 일반적인 다단 필터 특성을 갖는 것과 유사하게 고리형 FSS 소자를 2층으로 구성하여 선택도를 높이는 효과를 갖도록 하였다. Fig. 6는 설계된 FSS 부반사판의 입사 각도별 투과특성 해석 및 실험 결과이다.

제작된 FSS의 측정을 위해 전자파 무반사실 내에서 송수신 표준혼의 중간에 FSS를 고정하고, VNA(Vector Network Analyzer HP-8720D)을 사용한다. 표준혼은 주파수 동작 범위에 해당되는 7/10GHz, 12.4/18GHz, 18/26.5GHz, 26.5/40GHz 대역 특성을 갖는 네 종류의 표준혼을 사용하며, FSS의 유·무에 따라 투과계수를 측정하여 비교한

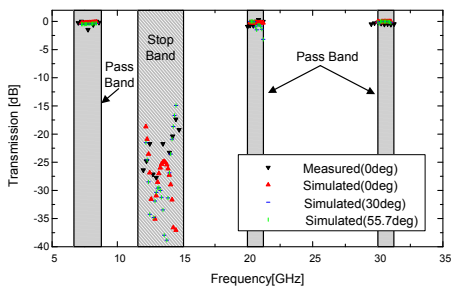
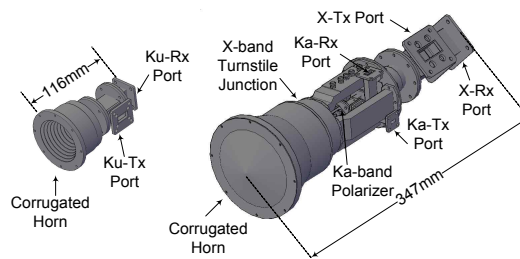


Fig. 6. Simulated & measured result for FSS

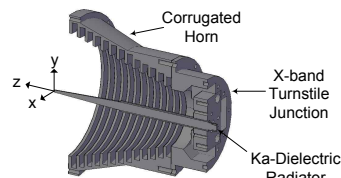
다. Fig. 6의 결과와 같이 고리형 2층 링 FSS 소자 구조가 3중 대역 안테나의 부반사판으로 사용하기에 적합함을 알 수 있다.

마지막으로 다대역 안테나의 급전을 위해 Ku 대역 급전혼과 X/Ka 대역을 동시에 지원하는 2중 대역 급전혼을 적용하였다.

Fig. 7에서와 같이 Ku 대역 급전혼은 대칭적인 복사패턴 형성과 광대역 특성을 갖는 코리케이티드 혼(corrugated horn)과 직교 모드 변환기로 구성된다. X/Ka 대역 급전혼은 코리케이티드 혼의 내부에 연필과 같은 형태의 유전체 막대에 Ka 대역 원형 편파기와 직교모드 변환기를 연결하고, X 대역의 원형 편파기가 그 외각에 턴스타일(turnstile) 구조를 이루어 직교모드 변환기와 연결되어 있는 형태로 구성되어 있다. 따라서 X 대역 및 Ka 대역 송수신 단이 서로 독립적으로 존재하기 때문에 서로 다른 대역에서의 동시 송수신이 가능하다. 또한 Ku 대역 안테나의 송수신단은 구형 도파관인 WR-75로 설계하였으며, X 대역은 WR-112, Ka 대역은 WR-42와 WR-28로 설계하였다.

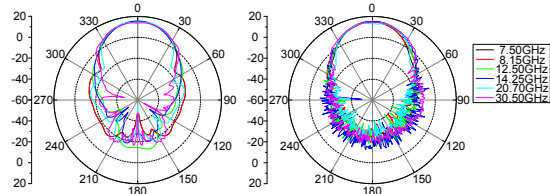


(a) Ku & X/Ka-Band feeder



(b) Cross section of the X/Ka-band feed horn

Fig. 7. Geometry of feed horn



(a) Simulation (b) Measurement

Fig. 8. Simulated & measured result

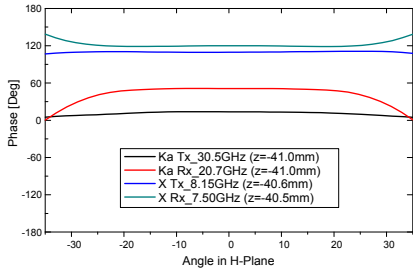


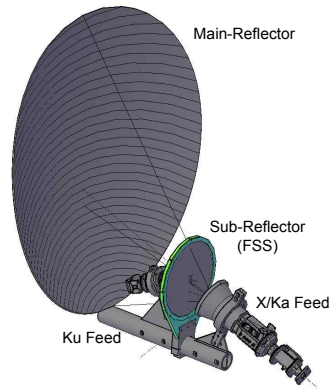
Fig. 9. Phase variation along the H-Plane

설계한 급전혼의 방사패턴을 시뮬레이션 결과와 FSS를 측정된 동일한 장비로 전자파 무반사실에서 측정된 결과를 비교하여 Fig. 8에 도시하였다. 12.5GHz와 14.25GHz는 선형 편파로 Ku 대역 급전혼에 대한 결과이며, 그 외의 주파수는 원편파로 X/Ka 대역 급전혼에 대한 결과를 나타낸다. Fig. 3에서의 구조로 인해 전 대역에서 -12dB 빔폭이 약 66°의 성능을 갖도록 설계하였으며, 측정 결과 또한 이와 일치한다.

Fig. 9는 X/Ka 대역 급전혼의 각 대역별 페이즈 센터(phase center)의 위치를 시뮬레이션 한 결과이다. Fig. 7-(b)에서와 같이 2중 대역 급전혼의 개구면 중심을 원점으로 하여 Ka 대역은 z 축 방향으로 -41mm 위치에서의 위상이 방사각 내에서 위상의 변화가 매우 적은 것을 볼 수 있다. 또한 X 대역의 페이즈 센터의 위치는 Ka 대역에 비해 0.5mm의 차이를 보이나 이는 파장의 약 1% 정도이며, 따라서 서로 간섭을 주는 구조임에도 불구하고 거의 일치하는 페이즈 센터와 이득 방사 패턴을 보인다.

III. 제작 및 성능평가

급전혼과 부반사판을 포함하여 제작된 전체 안테나는 Fig. 10과 같다. Fig. 10-(b)는 위성 신호 자동 추적을 위해 2축 제어 구동부를 포함한 모습이다. 반사판은 제작 오차를 최소화하기 위하여, 컴퓨터 프로그램에 의하여 제어(CNC: Computerized Numerical Control)되는 정밀 기계 장치(MCT: Machining Center)를 통하여 알루미늄으로 제작되었으며, FSS 부반사판은 내구성 및 전기적 특성 유지를 위해 허니컴(honeycomb) 양면에 고리형 FSS 소자가 인쇄되어 있는 유전체 기판을 접합하는 A-샌드위치(sandwich) 형태로 제작하였다. 또한 급전혼의 도파관 부분은 알루미늄을 브레이징(brazing) 용접하여 단차를 최소화하였고, Ka 대역의 편파기와 OMT는 은도금 공정을 추가하여 전도성을 높였다.



(a) Structural antenna design



(b) Photo of multi-band antenna

Fig. 10. Fabrication of multi-band antenna

Fig. 10-(a)의 전체 구조에 대해 상용 EM S/W 인 FEKO 시뮬레이터를 이용하여 전기적 특성을 모의 성능 검증을 하였다. X 송수신 대역과 Ku 수신 대역은 급전혼과 반사판을 포함하여 MLFMM (Multilevel Fast Multipole Method) 방식으로 해석을 수행하였다.

Ku 송신 대역과 Ka 송수신 대역은 본 논문에서 다루는 해석 주파수의 파장 대비 안테나의 크기가 상대적으로 매우 크기 때문에 소요 시간을 단축시키기 위해 급전혼 부분은 MoM(Method of Moment) 방식으로 해석한 후 안테나의 등가

Table 3. Simulated & measured result for antenna gain

		시뮬레이션	측정
X 대역 (dBi)	수신	≥ 32.2	≥ 31.6
	송신	≥ 32.9	≥ 32.2
Ku 대역 (dBi)	수신	≥ 37.3	≥ 36.8
	송신	≥ 38.2	≥ 36.9
Ka 대역 (dBi)	수신	≥ 41.2	≥ 40.8
	송신	≥ 44.8	≥ 43.8

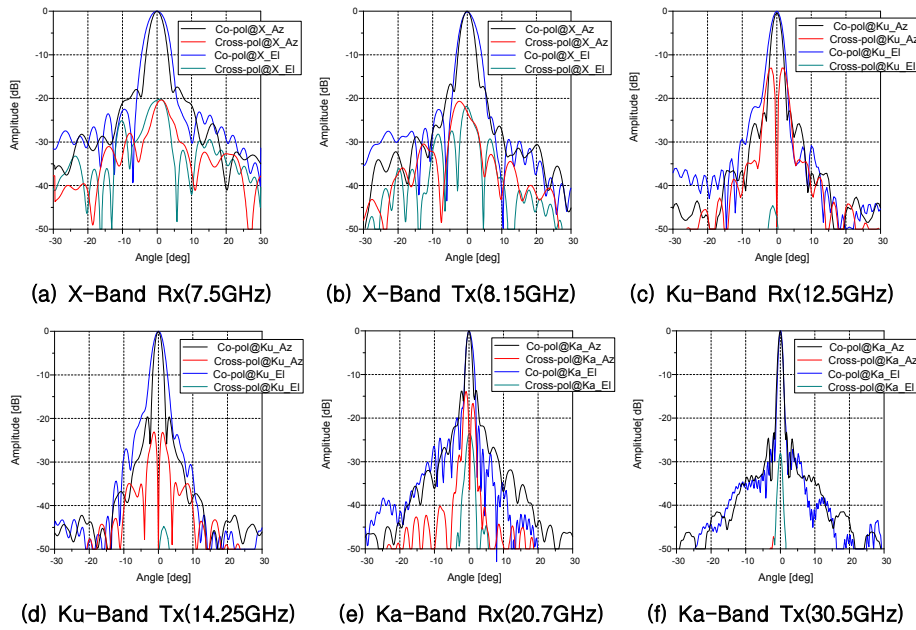


Fig. 11. Simulated radiation pattern

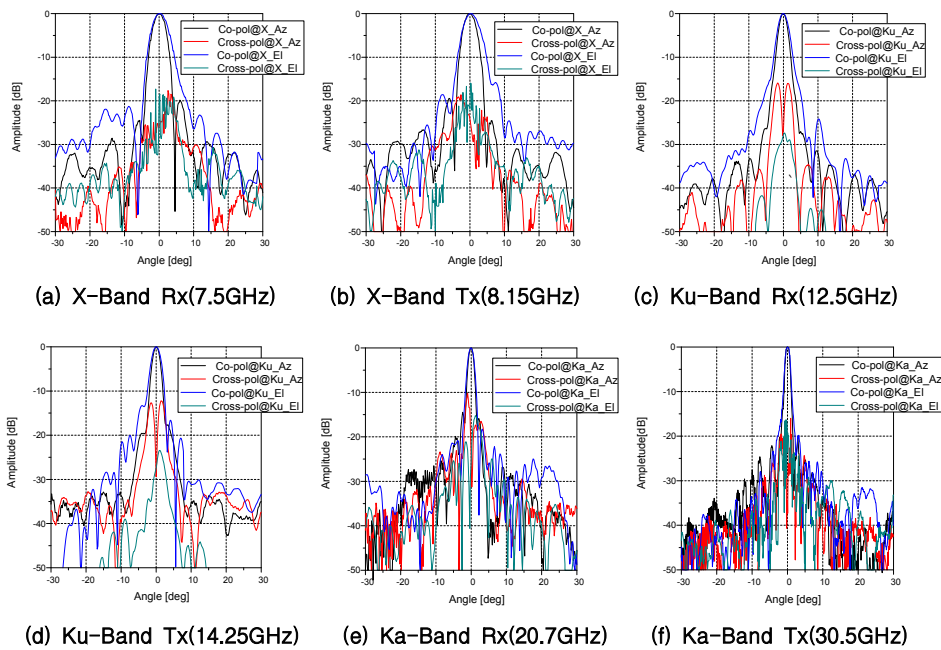


Fig. 12. Measured radiation pattern

전원으로 사용되어, 반사판을 포함하여 MLFMM 방식으로 해석하였다[12].

제작된 안테나는 CR 챔버(Compact Range chamber)에서 측정하였고, 안테나 패턴에 대한 대역별 시뮬레이션 결과 및 측정 결과 중 안테나 이득부분은 Table 3으로 나타내고, 전체적인 방

사패턴은 Fig. 11와 Fig. 12에 도시하였다.

시뮬레이션 결과와 측정 결과가 차이를 보이는 이유는 도파관의 브레이징 연결 부분에서의 손실과 제작 과정에서의 오차로 보인다. 또한, 결과의 차이가 X 송수신 대역과 Ku 수신 대역에 비해 Ku 송신 대역과 Ka 송수신 대역이 큰 이

유는 X 송수신 대역과 Ku수신대역은 급전흔과 반사판을 포함하여 MLFMM으로 해석하였고, Ku 송수신 대역과 Ka 송수신 대역은 급전흔 부분을 MoM으로 먼저 해석한 뒤 안테나의 등가전원으로 사용하여 MLFMM으로 해석함으로써 급전흔과 지지대가 미포함 됨에 따른 해석 오차이다.

이러한 시뮬레이션 결과로 인해 알루미늄으로 제작되어 급속 성분을 갖는 급전흔의 지지대에 의한 영향도 방사 패턴에 큰 영향을 주는 것을 알 수 있으며, 고각 방향 패턴(elevation pattern)에서 주빔의 비대칭성과 부엽 레벨의 열화 현상에 영향을 주는 것을 볼 수 있다. 이는 지지대의 구조 또는 재질을 변경하여 개선할 수 있으며, 추후 진행될 연구에 보완할 예정이다. 안테나의 구조적 관점에서는 Ku 대역 전자파가 FSS 부반사판에서 반사되어 주반사판으로 향하는 경우, Ku 급전흔으로 인한 블러킹 현상이 발생하게 되며, 이는 X와 Ka대역에서도 동일하게 발생한다. 이러한 블러킹 현상으로 인한 전자파의 산란으로 주파수가 높아질수록 방사 패턴의 변화가 매우 심해지고 부엽 레벨이 높아지는 현상이 나타난다. 따라서, 이러한 복합적인 영향으로 인해 X 대역의 경우 부엽 특성은 측정 결과 최대 -16dB로 시뮬레이션 결과에 비해 1dB 열화되며, Ku 대역의 부엽 레벨은 -17dB로 8dB 열화, Ka 대역은 송수신대에서 각각 -15dB와 -20dB로 2~8dB가 열화 되었다. 이러한 현상은 추후 대용량 데이터 전송을 위한 대형 안테나로 구현 시, F/D를 크게 하고, 이미지 초점과 주초점간의 거리를 넓게 함으로써 블러킹 현상을 최소화하는 연구를 추가적으로 진행할 예정이다. 교차편파는 X 대역, Ku 대역 그리고 Ka 대역에서 각각 21.7 dB, 26.6 dB, 그리고 25.2 dB 이상의 특성으로 목표 성능을 만족한다.

제작된 안테나의 Ku 대역 급전흔, X/Ka 대역 급전흔 및 FSS 부반사판의 무게의 각각 0.42kg, 1.45kg, 0.33kg 이며, 알루미늄으로 구성된 주반사판은 지지대 포함하여 9.8kg이다. 주반사판을 허니컴과 글라스 에폭시(glass epoxy) 등을 포함하는 복합재를 사용하여 제작할 경우, 전체 안테나의 무게는 5kg 이내로 구현 가능할 것이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 X/Ku/Ka 대역에서 급전흔의 교체 없이 동시운용 가능한 0.8m급의 다대역 위성안테나의 개발내역 및 시험결과를 제시하였다. 삼중대역 주파수 선택막과 이중대역 급전흔을 개

발하여 급전흔의 교체 없이 동시에 삼중대역에서 운용이 가능하도록 하였으며, 안테나의 무게와 내구성을 고려하여 부반사판을 허니컴 구조로 적용하였다. 또한 차량 탑재형과 같은 이동형 구조에 적용 시 안정적이고 효율적인 적재방안을 확보하기 위해 오프셋 파라볼라 형태를 선택하여 접이식 구조 외에 해체, 수납 등이 용이하도록 기구적으로 최적의 방안을 도출하였다.

다대역 안테나의 구현 및 시험을 통해 안테나 설계와 제작기술 확보 및 향후 차기 군 위성통신 체계의 운용개념에 따른 다양한 용량의 다대역 위성단말에 적합한 안테나 기반기술을 확보하였다. 추후 이를 활용한 다대역 위성단말이 전력화 될 경우 우리군의 차기 군 위성통신체계를 이용한 지상단말 작전능력향상에 크게 기여하게 될 것이다.

참고문헌

- 1) E. Walton, E. Lee, D. Kohlgraf, R. Pavlovicz, G. Bruce, B. Montgomery, "Compact shipboard antenna system for simultaneous communication with three separate satellites", *IEEE Conferences OCEANS 2005, Proceedings of MTS/IEEE OCEANS 2005*, vol. 2, 2005, pp. 1577-1580.
- 2) L-3 Communications brochure, <http://www.l-3com.com/>
- 3) Overwatch Textron systems brochure, <http://www.overwatch.com/>
- 4) Vertex RSI brochure, <http://www.gksatcom.com/>
- 5) Rudge, A.W., and Datia, N.A., "Offset Parabolic Reflector Antennas: A Review", *Proc. IEEE*, vol. 66, Dec. 1978, pp. 1592-1618.
- 6) V. Jamnejad-Dailami, and Yahya Rahmat-Samii, "Some Important Geometrical Features of Conic-Section-Generated Offset Reflector Antennas", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-28, Nov. 1980, pp. 952-957.
- 7) M. L. Zimmerman, S. W. Lee, and G. Fujikawa, "Analysis of Reflector Antenna System Including Frequency Selective Surfaces", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 40, no. 10, Oct. 1992, pp. 1264-1266.
- 8) Te-Kao Wu, "Four-Nand Frequency Selective Surface with Double-Square-Loop Patch Elements", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 42, no. 12, Dec. 1994, pp. 1659-1663.

9) 정혜미, 정치현, 김진우, "3중 대역 주파수 선택막", *국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합 학술대회*, 2010, pp. 299-302.

10) Tom Milligan and Christophe Granef, "Designing Axially Symmetric Cassegrain or Gregorian Dual-Reflector Antennas from Combinations of Prescribed Geometric

Parameters", *IEEE Antennas and Propagat. Magazine*, vol. 40, no. 2, Apr. 1998 pp. 76-82.

11) 김진우, 정치현, 정혜미, "Ka 대역 위성 OTM용 Low-profile 안테나", *국방과학연구소 창설 40주년 기념 종합학술대회*, 2010 pp. 291-394.

12) EM Software & Systems, "FEKO Suite 5.5", <http://www.feko.info>,