

아리랑 위성 2호 X-대역 안테나 햇 제작 및 시험

이진호*, 이나영**, 문홍열***, 김희섭****, 김규선*****

Manufacturing & Test of KOMPSAT-2 X-band Antenna Hat

Jin-Ho Lee*, Na-Young Lee**, Hong-Youl Moon***, Hee-Seob Kim****, Gyu-Sun Kim*****

Abstract

There is an X-band transmission system in KOMPSAT-2 in order to downlink the acquired image data in high speed. KOMPSAT-2 employs a steerable high gain X-band antenna for that purpose. During the ground test, the X-band RF radiation is so strong that it has to be controlled for safety, while spacecraft needs to keep flight configuration. Also in a launch site of which all test facilities are the subjects of strict radiation control, the antenna system should be tested again without any change in the configuration. To limit the actual radiation of RF power, an antenna hat was manufactured and thoroughly tested to demonstrate the spacecraft safety when using it.

초 록

아리랑위성 2호는 수집된 위성 영상의 지상 전송을 위해서 X-대역의 통신 시스템을 갖추고 있으며, 지향 조절이 가능한 고이득의 X-대역 안테나를 가지고 있다. 지상 시험 시에는 위성 안테나의 성능을 시험하여야 하기 때문에 비행 구성 그대로의 시험이 필요한데, 현재 X-대역 구성에 의하면 RF 출력이 너무 강하기 때문에 안전성에 문제가 있을 가능성이 있다. 또한, 발사장에서는 비행모드 구성을 유지하기 위해서 안테나 방사를 반드시 이루어야 하는데, 발사장 시험 시설에서는 RF의 방사를 제한하고 있기 때문에 어려움이 따른다. 따라서 안테나의 RF 방사를 제한하는 안테나 햇의 제작이 필요하며, 제작된 햇은 위성의 안정성을 위해 철저히 검증이 되어야 한다.

키워드 : 안테나 햇(antenna hat), 안테나(antenna), 제귀손실(return loss)

1. 서 론

아리랑위성 2호의 X-대역 안테나 시스템은 전 방향이 아닌 지향성 안테나를 사용한다. 지향이 가능하도록 설계하였기 때문에 안테나 자체 뿐

아니라 구조물도 크기가 매우 클 뿐 아니라, 이득도 매우 커서 시험 시의 방사는 사람의 안전에 영향을 줄 수도 있다. 안테나는 대부분의 지상 시험에서는 사용이 되지 않고 직접 케이블을 통한 통신 방법을 사용하게 되지만, 실제 안테나를

* 아리랑위성5호체계종합그룹/ljh@kari.re.kr

*** 아리랑위성3호체계종합그룹/hymoon@kari.re.kr

***** 아리랑위성3호체계종합그룹/gskim@kari.re.kr

** 아리랑위성3호체계종합그룹/nylee@kari.re.kr

**** 아리랑위성5호체계종합그룹/askhs@kari.re.kr

이용한 방사 시험도 반드시 수행하여야 하고, 더욱이 방사장에서는 형상을 변경하지 않은 상태에서 시험을 하여야 하기 때문에 안테나 간의 전파 통신 기능에 대한 시험 계획이 수립되어야 한다. 특히나 사람에게 안전하면서도 방사장과 같은 RF 방사 제한 환경에서도 무리 없이 시험을 수행하여야 하기 때문에 세심한 주의와 시험 장치가 요구된다.

일반적으로 안테나의 직접 통신 기능을 시험하기 위해서는 별도의 전용 안테나 핫이 사용된다. 아리랑위성 1호의 경우에도 S-대역 및 X-대역 모두, 안테나 크기에 맞게 제작된 전용 안테나 핫을 사용하여 통신 기능을 시험한 바 있다. 그러나 위성이 전방향 안테나를 사용할 경우에는 안테나 크기도 작고 이득이 크지 않아서 그리 큰 문제가 되지 않는다. 아리랑위성 2호와 같은 지향성 안테나의 경우에는 우선 크기가 문제이며, 실린더 형 또는 원뿔형 등의 형상으로 핫을 제작할 수 없는 단점이 있다. 또한 매우 큰 이득이 존재하기 때문에 적절한 감쇠가 필요하며, 핫의 구조물에서 반사되는 신호가 다시 안테나를 통해 송신기에 영향을 줄 수 있기 때문에 전용핫의 제작은 매우 까다롭다.

본 문서에서는 아리랑위성 2호의 X-대역 안테나에 사용할 수 있는 안테나 핫의 제작에 관련된 사항을 정리하고, 시험을 통한 성능 평가 과정을 기술하여 전체적인 사용 타당성을 제시한다.

2. 본 론

2.1 목적

안테나 핫은 실제 안테나를 장착한 후에 열린 공 챔버나 실내 시험에서 사용하는 것으로 특히, 출력 전력이 높은 경우에는 시험에 참여하는 인원의 안전을 위해서 꼭 필요하다.

2.2 요구 사항

- 안테나 핫은 차폐를 위해서 전도성이 좋아야 하므로 반드시 알루미늄 구조물로 제작되어야

하며, 표면 또한 전도가 될 수 있도록 알로다이 처리가 되어야 함.

- 시험 요원의 안전과 다른 장비의 원활한 동작을 기하기 위해 안테나 핫 구조물로 인한 최소 40dB 이상의 감쇠가 요구됨.
- 내부에는 RF Absorber를 사용하여 난반사를 가급적 최소화해야 함.
- 안테나 핫 내부에는 X-대역 (8.4GHz Center frequency) RHCP 안테나가 장착되어 있고, 외부로는 N-type connector female type으로 연결될 수 있어야 함.
- 안테나의 VSWR은 2:1로 약 10dB의 반사 손실을 의미하며, 반사파는 수신 신호보다 10dB 이상 작아야 함.
- 안테나 핫은 신호에 대해 최소한 20dB 이상의 insertion loss가 필요함.
- 안테나 핫은 위성 안테나 구조물에 별도의 장비 없이 장착할 수 있어야 하며, 위성의 회전을 대비하여 튼튼하게 고정되어 있어야 함.

3. 안테나 핫의 설계와 제작

안테나 핫은 위성체 안테나 구조물에 설치할 수 있도록 구조가 설계되어야 하는데, 물론 열려 있는 개구면이 있어서는 안 된다. 또한 구조물 안쪽 면은 전파가 흡수될 수 있도록 RF 흡수체 또는 차단물로 처리가 되어야 하며, 신호를 수신할 수 있는 안테나가 위치하여야 한다. 수신 신호는 안테나로부터 연결된 케이블을 이용하여 전달된다. 안테나 핫은 세 가지 부품으로 이루어져 있는데, 설계 시부터 부품의 적합성과 조립성에 유의하여야 한다.

3.1 안테나 핫의 구조물

안테나 핫의 구조물은 안테나의 형상에 의해 결정되었다. 안테나가 사각형이므로 안테나 핫도 비슷한 형상을 취했고, 안테나 구조물에 비교적 쉽게 장착될 수 있도록 하부 면에는 장착을 할 수 있도록 특수한 구조의 받침대가 설계되었다. 다음의 그림 1은 안테나 핫 구조물의 형상을, 그

림 2는 제작 후의 모습을 각각 보이고 있다.

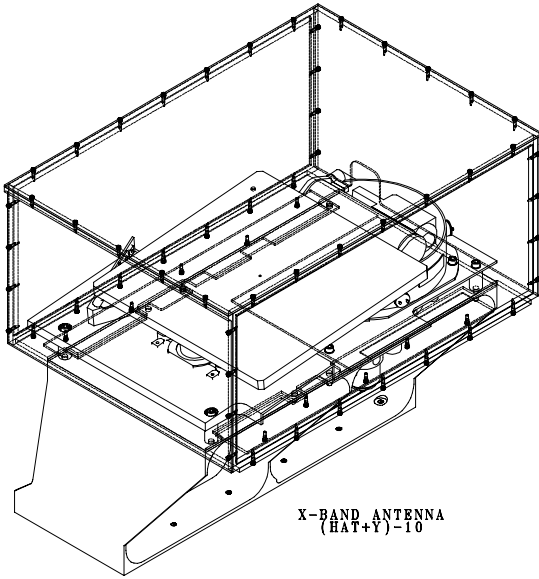


그림 1. X-대역 안테나 핫의 구조물 형상



그림 2. 제작된 안테나 핫 구조물 모습

3.2 RF 흡수체

RF 흡수체는 X-대역에서 가장 좋은 흡수 효과를 내는 특성을 갖는 것으로 선택하였으며, 폼 타입이나 기타 경질의 제품은 조립성이나 가공성이 좋지 못할 것으로 판단하여 고무 타입으로 결정하였다. 제품의 이름은 (주)나노맥의 NMER이

며, 두께는 다음의 그림 3에서 보듯이 X-대역에서 가장 좋은 감쇠 특성을 보이는 1.65T로 하였다. 고무 타입이라 작업성은 용이하지만, 밀도가 높아 무게가 많이 나가는 단점이 있다. 흡수체의 재단은 구조물을 조립한 후에 하였으며, 흡수체의 두께에 따라 약간씩 조절한 후, 뒷면에 부착되어 있는 양면 접착체를 이용하여 부착하였다.

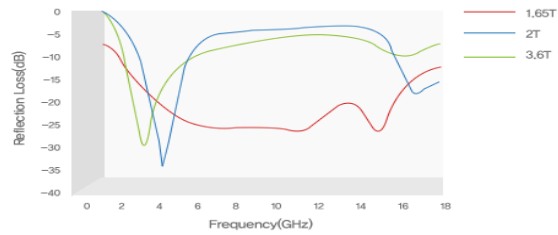


그림 3. 나노맥 RF 흡수체의 감쇠 특성

3.3 수신 안테나

안테나 핫 내부에 위치할 수신 안테나는 가급적 작은 크기에 튼튼한 외관을 갖는 제품으로 선택하였다. 안테나의 이득은 위성 X-대역 안테나의 출력이 매우 크므로 중요한 요소가 될 수 없으며, 구조물에 대한 장착의 용이성, 그리고 안테나의 편파 방향 및 대역폭을 고려하였다. 장착의 용이함과 측정의 편리함을 위해 전방향 특성을 가져야 하며, 탈부착이 자유로울 뿐 아니라, 특별한 도구 없이 케이블을 연결할 수 있도록 N-type이나 SMA type의 콘넥터가 장비된 제품이어야 한다. 다음의 그림 4는 선택된 Herly사의 889X 안테나의 모습이다. 대역폭에 대한 요구 사항을 만족하며, RHCP의 원형 편파 특성을 가지고 있다. 외관은 레이돔으로 둘러싸여 안전하며, SMA 형태의 콘넥터를 가지고 있다. 중간에 구조물에 장착할 수 있도록 볼트 형태의 mounting screw를 가지고 있으며, 형태가 약간 각이 진 원형이라 콘넥터 연결 시에 안테나 자체가 따라 오는 문제가 발생하지 않는다. 이득은 측정 결과 약 정방향에서 1.5dB를 보이며, VSWR은 약 1.6:1 정도이다. 그림 4에는 안테나의 사진을 수록하였다.



그림 4. 수신 안테나의 모습

4. 측정 결과

우선 안테나 햇 내부에 사용되는 안테나의 이득을 측정하였다. 이득은 링크 자체가 Near Field에서 생성되므로 크게 의미는 없으나, 전체적인 성능을 예측하기 위해서 측정하였으며, 값은 정방향에서 1.67dB 정도로 전방향 안테나의 일반적인 특성을 가지고 있는 것으로 나타났다. 다음의 시험을 통하여 안테나 햇 내부에서 발생하는 감쇠 정도를 측정하였는데, 시험의 구성은 다음의 그림 5와 같다.

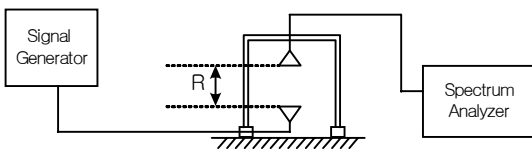


그림 5. 안테나 햇의 감쇠 측정

안테나 햇 안에서의 안테나간 거리는 6cm로 측정되었다. 측정 결과는 36.5dB로 거리에서 발생하는 감쇠 26.29dB와 안테나간의 얼라인먼트 오류 등에 의해 추가의 감쇠가 있는 것으로 분석된다. 측정값은 최소 20dB 감쇠의 요구 사항을 만족하는 것으로 나타났으며, 실제 위성 안테나

를 사용할 경우, 약 30dB 정도의 감쇠가 예상된다.

안테나 햇은 RF connector가 있기 때문에 케이블로 신호가 전달된다. 그러나 안테나 밑면에는 열린 개구가 있고, 주변 벽에 사용된 흡수체가 RF 신호를 완전히 흡수하는 것이 아니기 때문에 주변으로 신호가 새어 나오게 된다. 특히 RF connector 주변에는 비교적 큰 크기의 신호가 발생하게 되는데, 이는 다른 장비의 운용에 지장을 줄 수 있을 뿐 아니라, 시험을 담당하는 인원의 안전에도 영향을 줄 수 있다. X-대역에는 사용할 수 있는 RF-Probe가 없기 때문에 작은 혼 안테나로 움직여 가며 측정을 하였는데, 가장 큰 값이 -43dB의 감쇠를 보여 요구 사항을 만족하였다.

또 다른 중요한 측정으로 위성 안테나에서 방사되는 RF 신호 중 얼마만큼의 신호가 다시 수신되어 돌아가는가를 측정하는 시험이 수행되었다. 이러한 리턴 신호는 결국 정재파를 유발하고 궁극적으로는 송신기 출력단에 도달하여 하드웨어의 고장을 유발할 수 있기 때문에 매우 중요하며, 측정값이 요구 사항을 만족하지 못할 경우, 안테나 햇의 사용은 불가능해진다. 다음의 그림 6은 실제 위성 안테나를 이용하여 안테나 햇의 리턴 손실을 측정하기 위한 셋업이다.

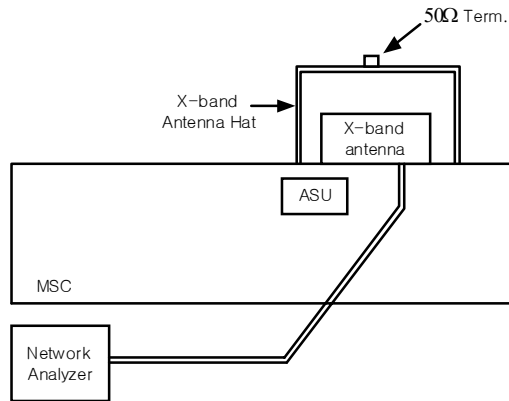


그림 6. 리턴 손실(VSWR) 측정 시험 구성

시험 결과 위성 X-대역 안테나는 안테나 햇을 장착한 후에 약 0.1dB 정도의 추가 리턴 손실

을 갖는 것으로 나타났다. 이 결과는 안테나 햇으로 인해 안테나로 다시 전달되는 신호의 크기가 매우 작다는 것을 의미하며, 만일 위성의 안테나에 장착한다고 해도 위성 송신기에는 거의 영향을 주지 않음을 알 수 있다.

이상의 실험 결과에 의하여 제작된 안테나 햇이 주어진 요구 사항을 모두 만족함을 보였다. 다만, 실제 아리랑 위성 2호의 안테나와 송신 시스템을 이용하여 실험을 할 경우에는 송신 출력이 매우 크고 안테나의 크기가 비교적 넓은 점을 고려하여 제작된 안테나에 보조 구조물을 사용해서 길이를 증가시킬 필요가 있다. 안테나의 크기에 따라 잔류 전기장이 발생하는 Reactive field가 결정이 되는데, 최소한 이 field의 길이보다는 긴 거리가 안테나와 수신 안테나 사이에 주어지면 원활한 통신이 이루어질 수 있다.

5. 결 론

시험을 통하여, 제작된 안테나 햇이 요구 사항을 모두 만족함을 알 수 있었다. 전체적인 감쇠와 리턴 손실 그리고 차폐 정도에서 모두 요구 사항을 여유 있게 만족하는 값을 보였으며, 실제 위성 안테나에도 사용될 수 있음을 증명하였다. 장착의 적합성과 용이성도 실제 안테나를 이용한 몇 번의 실험을 거쳐 확인을 하였으며, 시험요원에 대한 안전성도 검증되었다. 위성 안테나의 이득이 너무 클 경우에는 추가의 감쇠기를 외부에 장착함으로써 해결할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Nakar, Punit Shantilal , Design of a compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices, ETDS, 2004, pp. 9-30.
2. Jin-Ho Lee, X-band antenna hat test result, K2-04-410-209, KOMPSAT-2 PMO, 2005.