

위성 운영 현황

이 글에서는 우리나라 최초의 다목적실용위성인 아리랑 1호를 운영하고 있는 한국항공우주연구원 지상국의 구성과 위성 운영 기술 및 현황을 소개하고자 한다.

김해동 / 한국항공우주연구원 지상수신관제그룹, 선임연구원

e-mail : haedkim@kari.re.kr

지상국(ground station)은 위성을 추적하고, 원격측정데이터를 수신하여 위성의 상태를 확인하고, 임무를 수행하기 위한 명령을 전송하며, 탑재체의 데이터를 수신하여 처리하는 역할을 한다. 지난 1999년 12월 21일 발사된 우리나라 최초의 다목적실용위성인 아리랑 1호를 운영하기 위해 한국항공우주연구원 내에 설치된 지상국은 아리랑 1호의 발사준비에서부터 초기운행을 차질 없이 수행하였으며, 당초 계획되었던 3년간의 임무운영을 성공적으로 완수하였으며, 이후 현재까지도 정상적으로 아리랑 1호를 운영하고 있다.

이 글에서는 우리나라 국가우주 중장기 개발 계획에 의해 개발되어지는 위성들을 안정적으로 운영해야 하는 막중한 임무를 수행 중인 한국항공우주연구원 지상국(이하 항우연 지상국)의 소개와 위성운영 현황, 그리고 향후 발전 방향에 대해 기술하고자 한다.

지상국 소개

항우연 지상국은 아리랑 1호의 운영을 위해 1996년 11월 28일 착공하여 1998년 11월 27일 지하 1층 지상 2층 총면적 5,125m²의 규모로

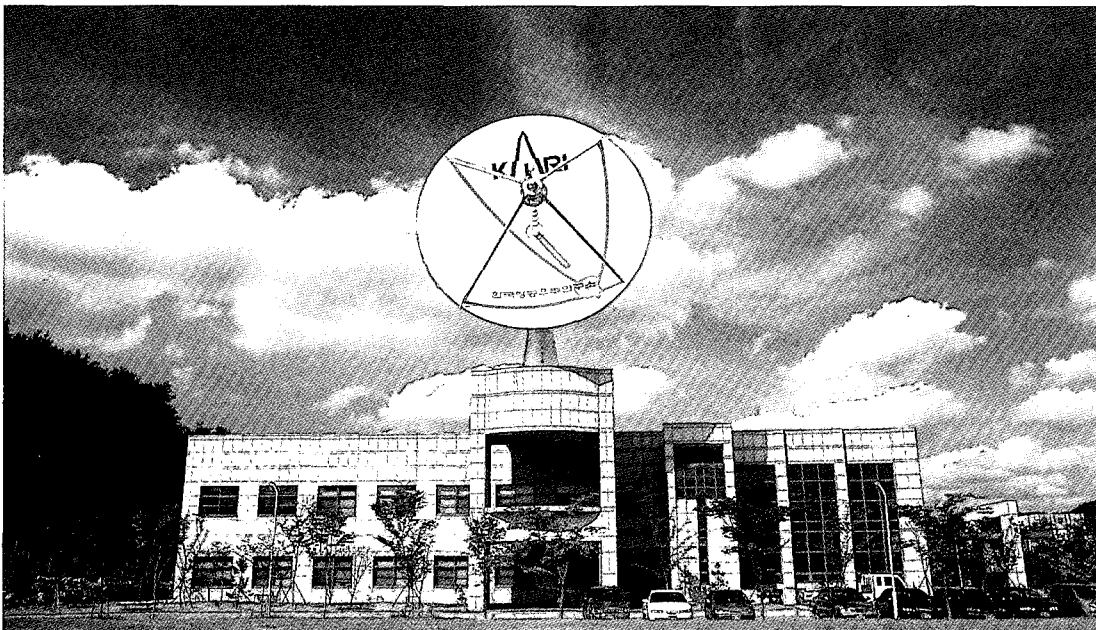


그림 1 한국항공우주연구원 지상국

건립되었다. 지상국은 위성 추적 및 교신, 상태 점검, 위성 임무계획, 위성 조정 등의 업무를 수행하는 관제실과 위성으로부터 받은 영상데이터를 수신, 저장, 처리하여 사용자에게 배포하는 업무를 수행하는 수신처리실로 구분되어져 있다. 또한, 아리랑 1호의 관제를 위해 직경 9m S-Band용 안테나와 자료 수신을 위한 직경 13m X-Band용 안테나가 설치되었으며, 아리랑 1

호의 안정적인 운영 경험을 바탕으로 타 국가들의 위성 자료를 수신 받아 처리/활용하기 위하여 추가적으로 직경 3.4m L-Band 안테나를 직접 개발 설치하였으며, 비상시 이동하면서 관제를 할 수 있는 1.5m S-Band 안테나도 개발하여 보유하고 있다.

당초 관제실은 위성 1기에 대한 단일 위성운영 개념만을 염두에 두고 설치되었으나, 정상임무를 완료한 후 연장 운영을 하게 되고, 국가우주 중장기 개발 계획에 따라 지속적으로 개발, 발사되어지는 위성 다수를 동시에 운영할 수 있도록 2004년 5월에 대대적인 개선공사를 시작하여 2004년 8월 명실상부한 '종합위성관제실'로 변모하였다. 종합위성관제실은 위성 운영을 수행하는 관제실뿐만 아니라 RF실, 운영자실, 회의실, 네트워크 장비실, 기계실, 관람실로 구성된다. 개선된 종합위성관제실 중 관제실은 149m² 면적에 최대 30명의 운영자가 동시에 업무를 수행할 수 있도록 확장되었으며, 관람실은 111m²로서 총 60명을 수용할 수 있다. 관제실에는 현재 아리랑 1호와 2호 운영을 위한 관제시스템이 함께 설치되어 있으며, 현재 관제팀은 아리랑 1호의 정상운영과 함께 아리랑 2호의 운영도 준비하고 있다.

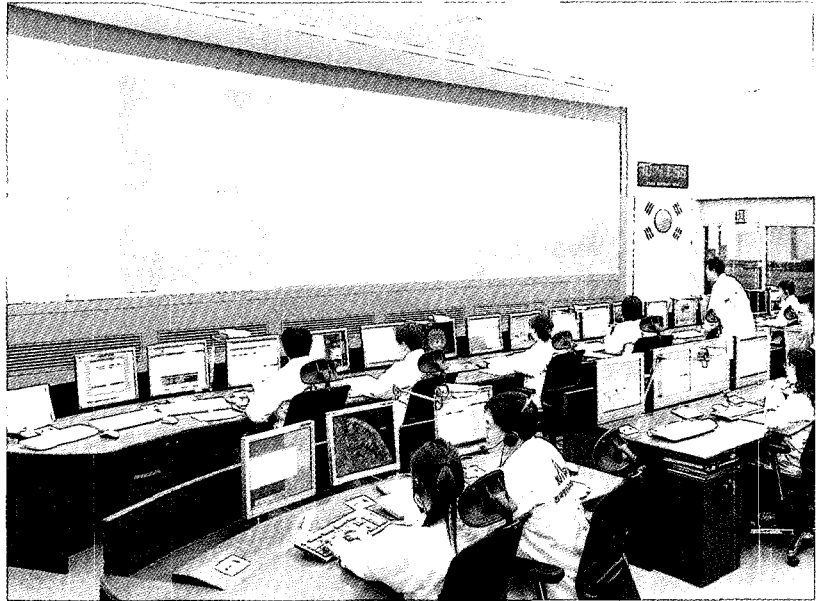


그림 2 종합위성관제실 전경

위성 관제시스템

관제시스템은 크게 네 가지 부분으로 나누어지는데, 위성의 실시간 운영에 사용되는 위성운영시스템, 위성 궤도결정 및 임무/명령 계획을 수립하는 임무분석 및 계획시스템, 위성 추적 및 데이터 송수신을 위한 추적/명령 시스템, 그리고 명령검증 및 운영자 훈련을 위한 시뮬레이터가 그것이다. 위성 운영을 위해서는 무엇보다도 먼저 위성의 위치를 아는 것이 중요하다. 아리랑 1호는 궤도는 위성에 탑재되어 있는 GPS 수신기로부터 내려오는 GPS 항행해를 관측데이터로 하여 임무분석 및 계획시스템의 궤도결정 프로그램을 수행하여 얻게 된다. 이를 바탕으로 임무계획자는 위성이 수행해야 하는 임무들을 계획하고, 수립된 임무계획을 바탕으로 명령계획표를 작성한다. 명령계획표는 위성운영시스템으로 전송되기 전에 시뮬레이터를 통해 오류 유무가 검증되어지며, 검증된 명령계획은 위성운영시스템에서 명령화일로 변환된다. 실시간 위성운영자는 위성운영시스템을 통하여 위성과의 교신 시간 동안 명령을 전송하고, 전송되는 원격측정데이터를 통하여 위성상태를 확인하게 된다.

24시간 언제든지 교신이 가능한 정지궤도위성과는 달리 고도 685km에서 지구를 하루에 14바퀴 반을 선회하는 아리랑 1호와 같은 저궤도 위성들은 한 곳의 지상국에서 교신 및 명령 전송, 데이터 수신이 가능한 기회가 하루 동안 2~3회에 지나지 않으며, 1회 교신 지속 시간은 10여분 내외이다. 즉, 안전하고 정확한 임무 및 명령계획 수립전략과 더불어 운영자들의 숙련된 Know-How가 매우 중요하게 된다. 실제로 실용급 저궤도 위성으로써 우리나라에서 최초로 운영을 시작했던 초기운영 기간 동안에는 적지 않은 시행착오가 있었으며, 발생하였던 대부분의 문제들이 숙련되지 않은 운영 경험에서 기인하였다.

아리랑 1호 운영 1년 이후부터는 임무수행에 영향을 미치는 어떠한 문제도 발생하지 않았는데, 이는 운영자들의 운영 경험 축적과 함께 지속적인 시스템 개선과 지원 프로그램들의 자체적인 개발 노력이 있었기 때문이다. 운영 경험을 통해 기존 시스템의 단점들을 극복하기 위하여 명령계획 파일 변환 검증 프로그램, 임무계획 및 자동 명령계획 변환 프로그램, 기존 X-Band 안테나에 대한 S-Band 수행 기능 부가, 원격측정데이터 처리 후 자동 전송 프로그램, 자동 궤도운영 프로그램 등이 개발되었으며, 이들 시스템의 성공적인 적용을 통해 한층 안정화되고 효율적인 관제시스템이 구축되었다.

위성 운영 현황

항우연 지상국은 아리랑 1호의 당초 목표했던 3년간의 임무수행을 2002년 12월에 성공적으로 완료하였으며, 2005년 말 아리랑 2호의 발사까지 정상임무를 수행하는 것을 목표로 하는 연장 운영을 수행하고 있다. 아리랑 1호의 주요 임무는 전자광학카메라를 이용한 지구관측과 해양관측카메라를 이용하여 전 세계 해양을 대상으로 해양과학 및 어자원 정보 등의 확보이다.

운영 6년째를 맞이하고 있는 아리랑 1호는 연장 운영 전과 마찬가지로 현재 주요 탑재체인 전자광학 카메라는 연장 운영 전과 동일하게 하루 3~4회, 해양관측카메라는 하루 10회 정도의 촬영을 수행하고 있다. 위성의 수명에 주요한 영향을 미치는 전력시스

템의 성능은 현재 최초 성능의 약 80% 수준을 유지하고 있으며, 위성 궤도조정시 사용되는 추진제는 약 67% 정도가 남아 있다. 또한, 자세제어 유지를 위해 사용되는 자이로의 입력전류가 설계치에 근접하여 지난 2005년 1월에 사용 자이로 형상을 변경한 것을 제외하고는 현재까지 최초 발사 당시의 형상을 그대로 유지하고 있다. 따라서, 향후 아리랑 1호의 원활한 운영에 필요한 주기적인 궤도조정 횟수를 감안하더라도 아리랑 2호 발사 후 정상 운영을 시작할 때까지 충분히 정상적인 운영이 가능할 것으로 보인다. 아리랑 1호는 2005년 4월 30일을 기준으로 지구 주위를 총 28,658회 선회하였는데, 이를 직선 길이로 계산해보면 1,271,813,883km를 비행한 셈이 된다. 발사 후 두 달간의 초기운영을 마치고 정상임무 수행이 선언된 이후 전자광학카메라를 이용하여 촬영한 총 횟수는 6,338회이며, 이 총 촬영분량을 17km x 17km짜리 한 scene으로 나누어보면 총 309,376장의 지구 촬영 사진을 얻은 셈이 된다. 전자광학카메라 촬영 임무는 한반도뿐만 아니라 전 세계를 대상으로 수행 중인데, 한반도 총 촬영 횟수는 1,071회이고 전 세계적으로는 약 100여 국의 약 400여 도시를 촬영하였다. 또 다른 주요 탑재체인 해양관측카메라를 이용한 임무 수행 현황을 살펴보면 총 29,916회를 촬영하였으며, 총 촬영시간은 417,352분에 달한다. 해양관측카메라는 국토 재난 감시에도 많이 활용이 되었는데, 산불, 황사, 태풍 등의 모습을 총 85회 촬영한 바 있다.

앞서 언급한 바와 같이 항우연 지상국은 현재 아리랑 1호 한 기만을 운영 중에 있으나, 2005년 말경에 발사 예정인 아리랑 2호의 운영도 맡을 예정이며, 아리랑 1호를 인위적으로 폐기하지 않는 상황에서 2기의 저궤도 위성을 동시에 운영하게 된다. 또한, 국가우주중장기 개발계획에 의해 2008년에는 아리랑 3호, 5호가 비슷한 시기에 연이어 발사될 예정이며, 2009년 초에는 비상업용 정지궤도위성으로는 우리나라 최초로 개발되는 통신해양기상위성 1호가 역시 발사될 예정이다. 따라서, 이들 국가수요에 의해 발사되어질 위성들의 주요 관제 부분을 담당하게 될 항우연 지상국은 아리랑 1호까지 고려할

경우 2009년에는 저궤도 4기, 지구정지궤도 1기 총 5기의 위성을 운영하게 된다.

이처럼 향후 증가하는 국가주도 개발 위성들을 동시에 운영하기 위해서는 단일 위성운영 개념이 아닌 다중 위성운영 개념을 도입하여 적용할 필요가 발생하였으며, 이를 완수하기 위해서 관제실의 기본 시설 및 시스템 구조 역시 다중 위성운영에 적합한 ‘종합 위성관제실’로의 개선이 요구되어졌다. 이러한 요구 사항을 충족하기 위하여 새롭게 개선된 현재의 ‘종합 위성관제실’은 아리랑 1호와 2호, 동시 운영을 시작으로 다중 위성 운영에 대한 경험을 쌓아가게 될 것이며, 이를 바탕으로 우리나라의 독자적인 지상국의 역할을 벗어나 동북아 지역의 위성관제 허브(hub) 역할을 수행하리라 기대한다.

항우연 지상국은 아리랑 1호의 운영뿐만 아니라 타 위성들에 대한 추적 및 관제 지원, 자료 수신을 수행하고 있는데, 한국과학기술원에서 개발한 과학기술위성 1호의 발사 후 초기 추적 및 데이터 수신을 대신 수행한 바 있으며, 독일 위성인 BIRD의 이상 상태(contingency) 발생 기간 중 독일 위성운영 센터(GSOC : German Satellite Operation Center)의 지원 요청으로 위성 추적 및 명령 재전송 등의 업무를 성공적으로 수행한 바 있다. 또한, 아리랑 1호의 안정적인 운영에서 축적된 기술력을 바탕으로 미국 NASA의 기상위성인 AQUA, TERRA, GOES-9, 독일 위성인 BIRD를 추적하여 자료를 수신/처리하고 있으며, 2005년 6월 경부터는 중국 기상위성인 FENGYUN과 일본 기상위성인 MTSAT-1R도 추적하여 자료를 수신/처리할 예정이다. 특히, 이들 위성들에 대한 자료 처리시스템은 항우연 지상국에서 자체적으로 개발하였다.

이처럼 아리랑 1호 이외의 타 위성들에 대한 추적 및 지원, 자료 수신을 위해서는 기존 아리랑 1호 운영을 위한 직경 9m S-Band, 직경 13m X-Band 안테나 이외에 L-Band용 3.6m 안테나 3기를 자체 개발하여 지상국 옥상에 설치하였으며, 9m S-Band 안테나 고장시 백업을 위해 기존 13m X-Band 안테나를 S-Band 송수신용으로도 사용이 가능하도록 자체적으로 개선하였다. 또한, 2009년에 발사될 통신해양기상위성의 관제용

안테나가 항우연 지상국 내 안테나 사이트에 추가로 설치될 예정이며, 유사시 위성 운영을 위해 직경 1.5m S-Band 소형 이동형 안테나를 추가로 개발하여 남극 세종기지에 있는 무인 관제소에 설치하였다. 이 소형 안테나는 위성 추적 반경이 기존 보유한 안테나보다 훨씬 커지기 때문에 초기 위성 추적에 유리하며, 특히 극지방에 위치하기 때문에 항우연 지상국 한 곳에서 극궤도 위성인 아리랑 위성을 운영할 때 가지는 한정된 교신 기회를 4배 정도 높이는 효과를 얻을 수 있다.

맺음말

지금까지 항우연 지상국에 대한 간략한 소개와 위성 운영 현황에 대해 기술하였다.

국가우주 중장기 개발계획에 따른 성공적인 위성 개발의 중요성 못지않게 안정적인 위성 운영을 통한 목표임무 완수는 막대한 예산이 소요되는 국가사업이 유종의 미를 맺는다는 점에서 역시 매우 중요할 것이다. 항우연 지상국은 우리나라 최초의 실용급 위성인 아리랑 1호는 당초 목표하였던 3년간의 임무 수행을 성공적으로 완료한 후 현재까지 정상적인 상태로 6년째 운영 중이며, 아리랑 2호 발사를 앞두고 여러 기의 위성들을 동시에 운영할 수 있는 ‘종합 위성관제실’로 탈바꿈하였다. 또한, 아리랑 1호의 운영을 통해 성공적인 위성 운영 및 임무 완수는 시스템의 발전과 함께 숙련된 운영자들의 운영 Know-How도 큰 몫을 차지한다는 것을 알 수 있었다. 나아가, 위성 운영 경험을 통한 축적된 지식을 바탕으로 지속적으로 시스템을 개선하고 자동화를 시도함으로써 타 국가들의 위성을 추적하고 관제를 지원하며, 다양한 위성 자료를 수신/처리 할 수 있는 보다 효율적이고 성숙된 지상국으로 발전할 수 있었다.

항우연 지상국은 성공적인 임무운영 완수를 통한 위성운영 경험 및 기술력을 바탕으로 우리나라의 독자적인 지상국으로써의 위상에 만족하지 않고, 동북아 지역을 대표하는 위성관제 허브가 되고자 하는 목표를 향해 지속적으로 노력할 것이다.