

위성지상국 운영과 차세대 발전방향

정대원 (한국항공우주연구원)

I. 서론

1957년 구 소련의 인공위성인 스푸트니크의 발사 이후 현재까지 총 6,228개의 위성이 발사되었다. 현재 운영 중인 위성은 총 1,004 개이다. 이 중 저궤도위성의 수는 463 개, 정지궤도위성의 수는 363개, 중궤도, 타원궤도 및 기타 궤도의 수는 178 개이다. 위성을 운영하기 위해서는 위성지상국을 개발하여 운영하여야 한다. 위성지상국은 위성을 관제하고, 위성의 임무에 따라서 얻게 되는 영상 자료, 과학 관측 자료, 통신 자료 등을 처리 배포하는 업무 등을 수행한다. 현재 운영되는 위성의 수만큼 위성지상국의 수가 존재한다. 다만, 하드웨어, 소프트웨어 및 인력 등은 예산의 절감과 효율성을 고려하여 공통으로 사용하기도 한다. 위성 프로그램의 승패는 위성지상국의 운영에 달려있기 때문에 각 국가 및 운영기관에서는 예산과 인력을 투입하여 안정적인 위성 운영을 추구하고 있다.

현재 대한민국에서 개발 중이거나 개발을 완료한 인공위성의 수는 총 19기이다. 운영 중인

인공위성은 무궁화 3호, 무궁화 5호, 한별위성, 아리랑 2호 및 천리안위성으로 총 5기이다. 또한, 개발 중인 위성은 무궁화 6호, 과학기술위성 3호, 아리랑 5호, 아리랑 3호, 아리랑 3A호로 총 5기이다. 우리별 1호 등 총 9기의 위성은 임무가 종료되었다. 위와 같은 상황을 고려하면 대한민국은 수 년 이내에 10기의 위성을 운영하게 된다. 그러므로, 이제는 위성 개발뿐만 아니라 위성을 활용하는 것에 목적을 두는 위성 운영에 주안점을 둘 시기가 도래하였다.

본 문에서는 위성지상국의 운영에 대해서 전세계적으로 널리 통용되는 일반적인 정의와 내용을 살펴보고, 국내 위성지상국의 운영 현황을 아리랑 위성을 통하여 알아본다. 또한, 위성지상국 운영의 발전 방향은 어떻게 되어야 하는지를 고찰한다. 위성지상국 운영의 가장 큰 고려 요소인 효율성과 안정성을 추구하는 발전 방향에 대해서 알아본다. 그리고, 여러 위성을 운영할 경우 반드시 고려해야 할 다중위성 관제의 방향과 장비의 재구성 및 재사용에 대해서 알아본다. 끝으로, 우주과편으로부터 위성을 안전하게 운영하는 최근의 활동에 대해서 언급한다.

II. 위성지상국 운영

1. 위성지상국 구성 및 운영

우주 개발 초기, 위성지상국 운영은 위성의 생존 및 위성 운영에 주안점을 두었기 때문에 지상 시스템(Ground System) 운영이 가장 중요하였다. 즉, 위성지상국 운영이란 지상시스템 운영과 동일하게 취급하였다. 우주 개발이 활발히 진행되면서 위성은 방송, 통신, 지구 관측, 과학실험, 우주정거장 등 그 목적에 알맞게 개발되기 시작되었다. 이러한 위성의 목적을 효율적으로 수행할 수 있도록 위성지상국의 운영이 필요하게 되었으며, 위성지상국 운영을 위한 시스템도 이에 맞게 설계 개발되기 시작하였다. 따라서 최근의 위성지상국 운영은 위성의 활용에 중점을 두는 임무운영시스템(Mission Operation System) 운영의 개념이 중요시된다. 본 장에서는 임무운영시스템 관점에서 위성지상국 운영을 위한 정의, 구성, 기능 등을 상세히 살펴본다. 또한 지상시스템 운영이란 관점에서 위성지상국 운영을 간략히 설명한다.

임무운영시스템은 <그림 1>과 같이 지상시스

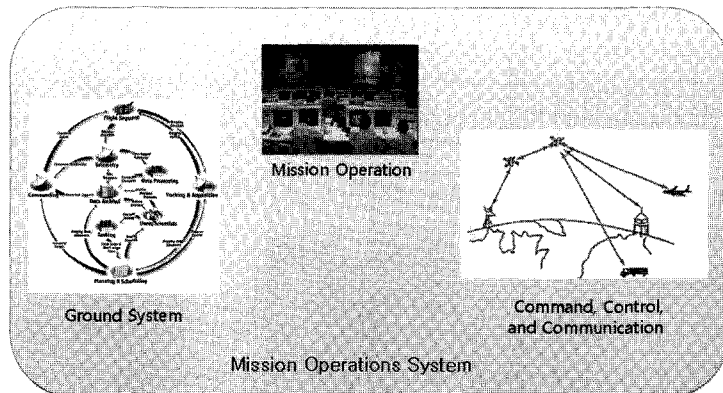
템, 임무운영 및 명령/제어/통신으로 나눌 수 있다. 임무운영시스템은 임무운영과 관련된 운영자, 운영 절차, 하드웨어와 소프트웨어 모두를 통합한 것을 의미한다. 임무운영개념이란 임무운영시스템이 위성체와 탑재체를 운영하여서 어떻게 임무를 수행할 것인가를 기술한 것이다.

임무운영시스템의 기능은 <그림 2>와 같이 13 개의 기능으로 구성된다. 임무운영시스템의 모든 운영자, 운영 절차, 하드웨어와 소프트웨어는 13개의 기능을 수행하도록 구성된다.

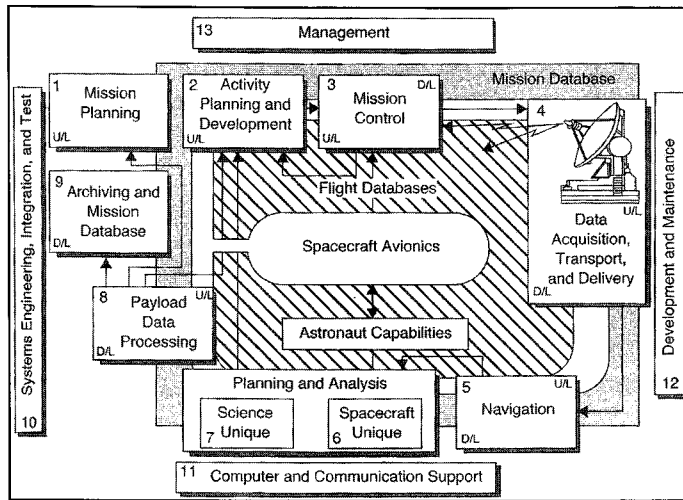
임무운영시스템의 기능 중 임무 데이터베이스를 공유하는 9가지 기능은 모든 임무운영시스템이 반드시 갖추어야 할 기본 기능이다. 나머지 4가지 기능은 임무운영시스템을 운영하는 조직의 특성 및 목적 등에 따라서 부가적으로 갖출 수 있는 기능이다.

임무 계획 기능은 위성이 전력, 메모리, 열 등 각종 리소스의 마진을 가지고 운영하도록 한다. 위성과 지상의 업무 중 일부를 자동으로 임무계획화 한다. 또한 위성의 각종 제한 사항을 반영하여 임무계획을 만들 수 있어야 한다.

업무 계획 및 작성 기능은 임무계획의 결과를 구체적인 업무 계획으로 반영하고, 전송될 명령



<그림 1> 임무운영시스템 구성



〈그림 2〉 임무운영시스템의 기능

의 숫자를 감소시킨다. 명령을 자동 검증하고, 임무계획 중 업무 계획으로 변환되기 어렵거나 업무계획으로 만들 시간이 부족한 것은 피하도록 한다.

임무 제어 기능은 임무들 간 또는 다중업무 운영자들 간의 운영들을 공유하고 제어하도록 한다. 임무 제어 기능이 쉽게 개선될 수 있도록 지상과 위성 시스템이 미리 설계되어야 한다. 이것은 위성 운영 중 변경될 수 있는 임무 제어의 내용을 쉽게 적용할 수 있도록 하기 위함이다. 지상 시스템과 위성의 성능을 자동으로 분석할 수 있어야 한다.

자료 획득, 전송 및 전달 기능은 자료획득, 전송 및 전달 과정을 알 수 있게 해야 한다. 표준화 서비스를 할 수 있는 자료 구조나 형식이 되도록 한다.

항법 계획 및 분석 기능은 위성 기동의 횟수를 최소화 할 수 있게 해야 한다. 궤도결정의 정확도를 유지할 수 있어야 한다. 안테나 추적 네트워크를 위한 표준화 서비스가 있어야 한다.

위성체 계획 및 분석 기능은 위성체의 마진

양수가 되도록 유지해야 한다. 위성체 서브시스템간의 상호 활동이 최소화 되게 해야 한다. 위성체의 안전모드 분석을 수행할 수 있어야 한다.

탑재체 계획 및 분석 기능은 영상 계획을 할 수 있어야 한다. 탑재체 자료를 획득하여 보정할 수 있어야 한다. 탑재체 운영이 최소화 할 수 있게 해야 한다.

탑재체 자료 처리 기능은 탑재체 자료를 처리하는 기능을 갖추고 있다.

임무 데이터베이스 저장 및 유지 기능은 자료의 관리가 체계적이어야 한다. 이를 이용하여 임무 데이터를 저장 및 유지한다.

다음은 4가지 부가 기능을 설명한다. 시스템 엔지니어링, 통합 및 시험 기능은 사용자, 개발자 및 운영자가 참여하여 시스템 구조, 규격 및 접속, 통합 및 시험 계획, 훈련 계획, 절차서, 보안 계획 및 시험 등을 수행한다. 본 기능은 위성의 개발 과정에서 임무운영 개념 및 임무운영시스템의 운영 개념 등을 위성 개발 분야와 상호 주고 받는다.

컴퓨터 및 통신 지원 기능은 위성 개발과 운영

과정을 위해서 컴퓨터와 통신 시스템을 개발 및 운영 한다. 네트워크를 개발 유지한다. 음성 통신 시스템을 구축한다.

소프트개발 및 유지보수 기능은 개발과 유지보수 계획을 만들고, 일정을 관리한다. 시험 계획과 보고서를 작성하고, 성능과 에러에 대한 분석을 한다.

임무 운영 관리 기능은 임무운영시스템에 대한 정책이나 가이드라인을 제시하고 결정이나 승인을 수행한다. 고객에 대한 보고를 실시하며, 목적이나 비전을 제시한다.

13가지 기능을 수행하기 위한 임무운영시스템의 인력 등에 대한 크기는 임무의 내용, 복잡성 및 조직의 종류 및 철학에 의해서 결정된다. 지구 정지궤도 통신위성의 경우를 예를 들면 다음과 같다. 상업적으로 운영하는 경우에는 위성 1기당 12명의 인원이 필요하고, 미 국방부가 운영할 경우에는 똑같은 업무를 수행하기 위해서 위성 1기당 27명의 인원을 사용한다. 유럽우주기구의 경우에는 위성 1기당 22명의 인력을 필요로 한다.

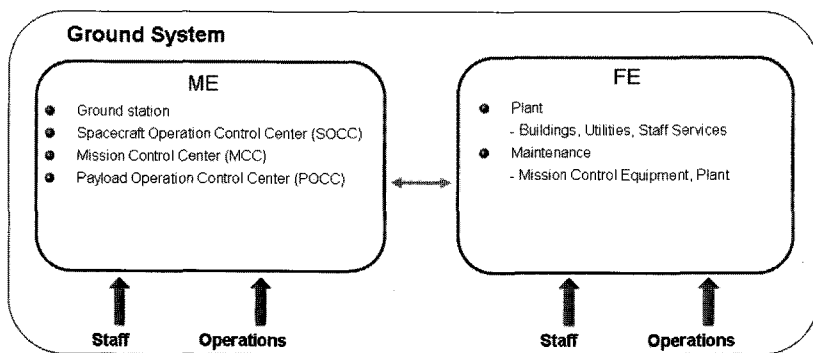
지상시스템은 <그림 3>과 같이 임무 요소(Mission Elements), 시설 요소(Facility Elements), 인력(Staff) 및 운영(Operations)로 구성된다. 임무 요소는 지상 기지, 위성 운영

제어 센터, 탑재체 운영 제어 센터 및 임무 제어 센터로 구성된다. 간단한 위성 운영의 경우에는 임무 제어 센터가 위성 운영 센터의 역할을 같이 수행한다. 시설 요소는 크게 설비와 유지보수로 구성된다. 설비는 건물, 유틸리티, 인력 서비스로 구성된다. 유지보수는 임무요소 부분과 설비 부분에 대한 유지보수를 담당한다. 인력은 지상시스템을 운영할 수 있는 전문 인력을 의미한다. 임무계획자, 실시간운영자, 궤도전문가, 운영 엔지니어, 네트워크 엔지니어, 안테나, 영상 자료 처리 전문가, 영상 분석 전문가, 유지보수 인력 등을 의미한다. 운영은 운영 절차, 운영 교육 등 운영을 수행하는 모든 활동을 의미한다.

2. 위성지상국 운영 조직

위성지상국을 운영하는 조직 구성은 운영 조직의 철학, 탑재체 개수, 지상시스템의 구현 수준, 안테나 시스템의 운영 여부, 외부 지원 기능 여부 및 처리해야 할 임무 자료의 양에 따라서 결정된다.

AIAA(American Institute of Aeronautics and Astronautics) Space Operations and Support Technical Committee가 제시한 운영



<그림 3> 지상시스템 구성

〈표 1〉 Direct Flight Operation Team

담당	역할
Spacecraft Controller	실시간 위성운영 총괄
Command Controller	명령어 전송, 이상상태 SC에게 보고
Payload Controller	실시간 교신 중 탑재체 운영 및 성능 모니터링
Ground Controller	지상시스템 및 네트워크 운영지원
Mission Planner	지상지원 활용계획, 탑재체 임무계획
Data Analyst	사용자 데이터 전달 관리
Orbit Analyst	비행역학
Operation Engineer	위성운영 기술 지원 관리, 위성운영의 전문가

〈표 2〉 Mission Operation Support

담당	역할
GS Engineer	지상시스템의 전반적인 통합, 운영에 대해 전반적인 관리 책임
Flight S/W Engineer	위성시스템 탑재 소프트웨어 관리
Ground S/W Engineer	지상시스템 소프트웨어 관리
System/DB Administrator	지상시스템 및 네트워크 운영지원

조직을 아래에 소개한다. <표 1>과 <표 2>는 AIAA에서 2003년 발간한 위성 운영 최적화 문서 중에서 위성지상국 조직 및 역할에 대한 설명이다. 각 담당업무는 한사람 또는 그 이상이 수행한다.

Spacecraft Controller는 실시간 운영업무를 총괄하는 역할로써 위성 성능을 모니터링하고, 이상상태를 감지하며 새로운 이상상태에 대해서는 Operation Engineer에게 통지한다.

Command Controller는 Spacecraft Controller와 조를 이루어서 실시간 위성운영 시 명령어 전

송 및 위성응답상태 확인업무를 수행한다.

Payload Controller는 실시간 교신 중 탑재체 운영 및 성능 모니터링을 수행하고 소규모 운영 조직의 경우에는 Spacecraft Controller가 수행을 대행한다.

Ground controller는 임무운영센터 내에서 지상 안테나 시스템과 네트워크를 운영하는 업무를 수행한다.

Mission Planner는 임무계획, 명령계획 및 지상시스템 스케줄링 업무를 담당한다.

Data Analyst는 Mission data 수신 및 사용자 전달 상태 관리업무를 수행한다.

Orbit Analyst는 Tracking data 검증, 궤도 결정 및 예측, 궤도조정 계획 업무를 수행한다.

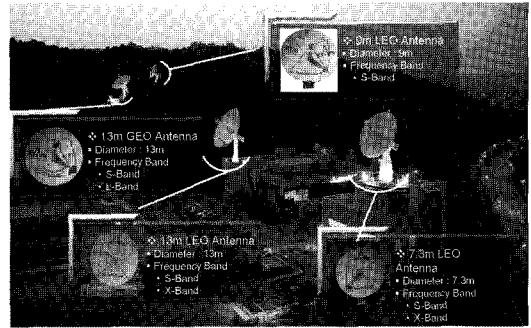
Operation Engineer는 위성운영 전문가로써, 운영 기술 전반 파악, 운영준비업무의 개발과정 및 I&T(Integration and Test) 과정에도 참여하여 여기에서 얻은 지식을 통해 운영절차, 핸드북을 개발하는데 책임이 있다.

Ground Engineer는 지상시스템의 전반적인 운영 관리 책임자로서 지상시스템 성능 모니터링, 문제해결, 형상관리, 새로운 시스템 또는 소프트웨어에 대한 시험 주관, 네트워크 보안관리 업무를 수행한다.

Flight S/W Engineer는 위성에 탑재된 소프트웨어를 관리한다.

Ground S/W Engineer는 지상시스템의 모든 소프트웨어를 관리한다.

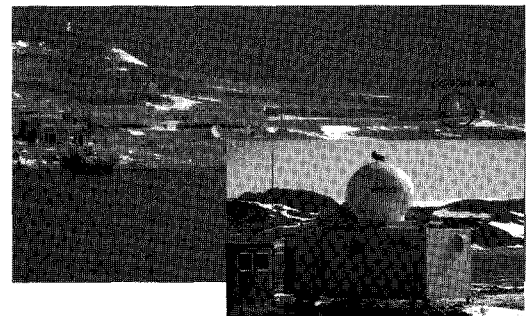
System/DB Administrator는 시스템 관리 새로운 시스템에 대한 인수, 설치 및 소프트웨어 패치 관리 업무, DB관리 및 유지보수 지원업무를 수행한다.



〈그림 5〉 아리랑 2호 지상시스템 전경(항우연 위치)

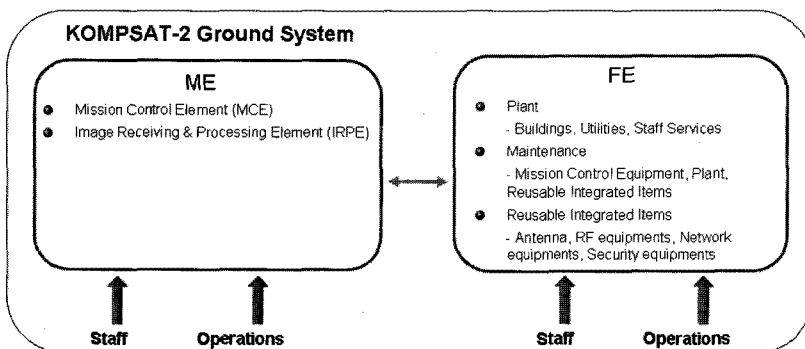
III. 아리랑 2호 위성지상국 운영

2006년 7월 아리랑 2호 위성의 발사를 시점으로 아리랑 2호 위성지상국이 운영되어 왔다. 초기운영을 거쳐서 설계 수명 3년을 넘어서 5년째 정상 운영 중이다. 국내 및 국외 영상을 촬영하여 상용 및 공공 목적으로 영상을 이용하고 있다. 아리랑 2호 지상시스템은 국제적으로 통용되는 위성통신방식표준을 따르고 있어 국제적인 활용도가 높으며, 시스템 자동화와 궤도결정의 정밀도에서 기술적 우위를 갖추고 있다. 우주선 진국 수준의 지상시스템 운영 기술과 함께, 특히 위성영상 상용화 정책을 수행하고 위성의 안전을 확보하는 운영능력 면에서 세계 주요 운영기관과 어깨를 나란히 하고 있다.



〈그림 6〉 아리랑 2호 지상시스템 전경(남극 위치)

아리랑 2호 지상시스템은 <그림 4>와 같이 임무 요소, 시설 요소, 인력 및 운영으로 구성된다. 임무 요소는 임무관제시스템과 영상수신처리시스템으로 구성된다. 시설 요소는 설비, 유지보수 및 재사용항목으로 구성된다. 재사용항목은 이전의 위성 프로그램 등에서 사용한 것을 현재의 위



〈그림 4〉 아리랑 2호 지상시스템 구성

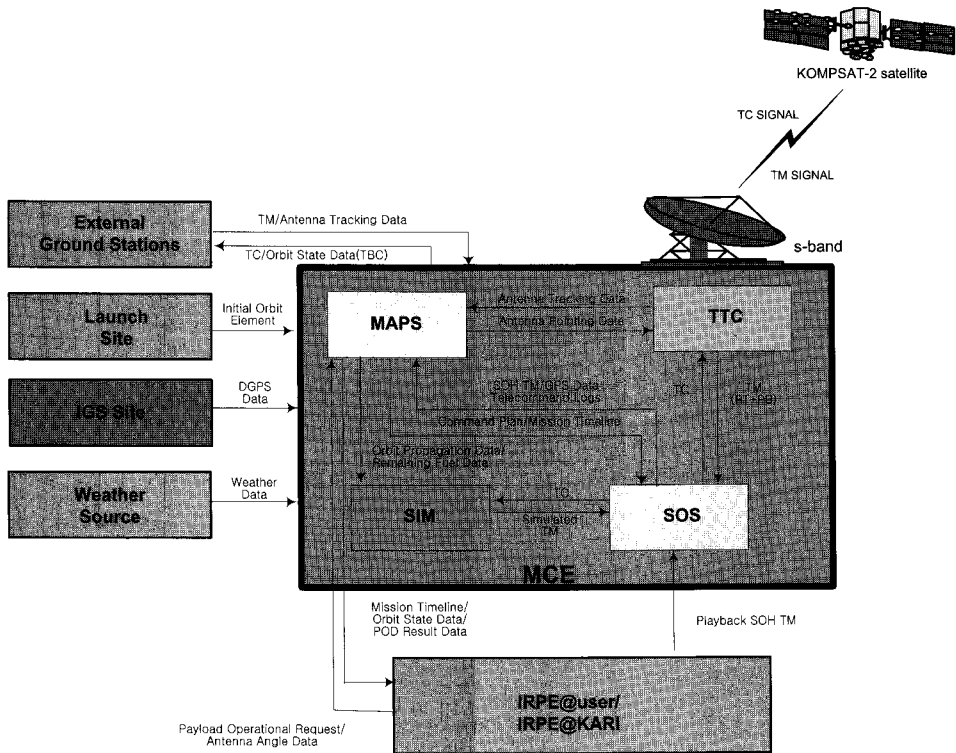
성 프로그램에서 재사용할 수 있도록 구성한 것을 의미한다. 재사용항목은 다중위성관제를 수행하는 조직에서 유용한 개념이다.

임무관제시스템은 위성의 원격측정 데이터를 수신하여 위성체 및 탑재체의 상태를 감시하고, 원격명령을 송신하여 임무 수행, 궤도 및 자세 조정, 탑재 장치의 제어 등을 수행한다. 임무관제시스템의 구성은 <그림 7>과 같다. 임무관제시스템은 다음과 같은 서브시스템들로 구성된다.

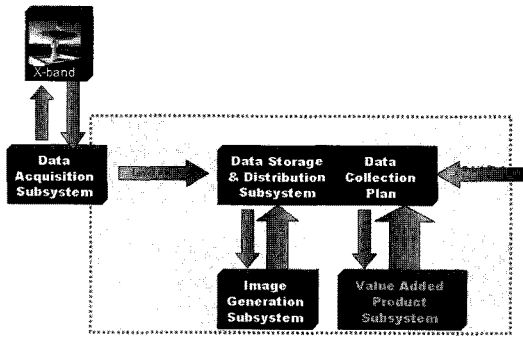
- 원격측정, 추적 및 명령 서브시스템(Telemetry, Tracking and Command, TTC) : 위성을 추적, 위성에게 원격명령을 전송하고, 원격 측정 자료를 수신. 위성체의 거리와 위치를 측정하기 위한 Range 및 Range-rate 등

을 측정

- 위성 운용 서브시스템(Satellite Operations Subsystem, SOS): 원격명령 및 원격측정 자료의 처리
- 임무분석 및 계획 서브시스템(Mission Analysis and Planning Subsystem, MAPS): 궤도 및 자세의 결정, 예측, 분석과 탑재체의 작동 스케줄링, 영상 데이터 처리 시스템과의 접속 등을 처리
- 위성 시뮬레이터 서브시스템(Simulation, SIM) : 위성의 자세 및 궤도, 추진기 등 상태의 동적 반응과 위성체 내부의 원격명령 및 원격측정 처리과정을 시뮬레이션 하여 관제시스템의 운용자 교육 및 위성 이상상태 분석



<그림 7> 임무관제시스템 구성

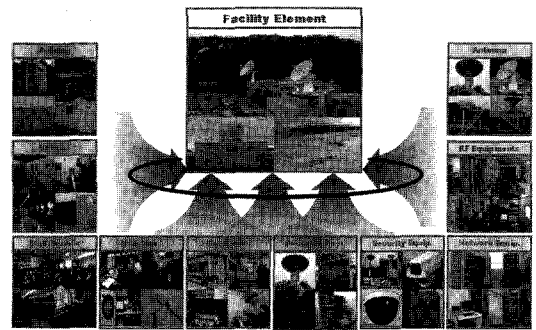


〈그림 8〉 영상수신처리시스템 구성

영상수신처리시스템은 위성의 영상 자료를 수신, 저장 및 배포, 영상생성, 영상 부가가치물 생성을 담당한다. 영상수신처리시스템의 구성은 <그림 8>과 같다. 영상수신처리시스템은 다음과 같은 서브시스템들로 구성된다.

- 자료획득 서브시스템(Data Acquisition Subsystem): 영상수신용 안테나를 이용하여 위성의 영상자료를 수신하며 원시자료로부터 고속으로 영상자료를 추출함
- 자료 저장 및 배포 서브시스템(Data Storage & Distribution Subsystem): 영상 자료를 데이터베이스화 하여 저장하고 배포함. 영상 수집 계획을 수행함
- 영상 생성 서브시스템(Image Generation Subsystem): 원시자료로부터 영상을 만들
- 부가가치물 서브시스템(Value Added Product Subsystem): 영상자료를 이용하여 부가가치물을 생성함

시설 요소는 <그림 9>와 같다. 설비는 운영동, 안테나동, 관제실, 브리핑실, 고주파(RF)실, 영상처리실, 영상분석실, 장비실 등의 건물 부분과 전력, 무정전전원공급장치(Uninterruptible Power Supply, UPS), 공조기, 네트워크, 통신시설, 보



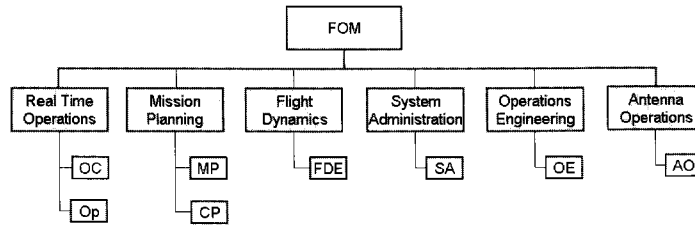
〈그림 9〉 시설 요소

안장비, 시각표시장치, 오디오 시설, 파괴, 방화 시설 등의 유틸리티와 빔프로젝터, 상용 오피스 소프트웨어, 퍼스널컴퓨터 등의 운영자 서비스 부분으로 구성된다. 재사용항목은 아리랑 1호에서 사용하였던 여러 장비들을 재구성하여 재사용 중에 있다.

임무관제시스템, 영상수신처리시스템, 시설 요소로 구성된 지상시스템을 가동하기 위해서는 운영인력과 운영이 있어야 한다.

인력은 학습 및 실습으로 구성된 교육과정을 준비하여 수료케 하고, 각종 운영 시험에 인력이 참여하도록 하는 한편, 여러 차례에 걸쳐 리허설을 수행하게 하여 운영 자격을 갖추도록 한다. 임무관제시스템, 영상수신처리시스템 및 시설 요소 각각에 적합한 인력을 확보하고 해당 영역에서 전문가가 될 수 있도록 교육시켜야 한다.

항우연 임무관제시스템에 소속된 인력은 임무관제시스템 운영, 영상수신처리시스템 중 영상수신시스템 운영 및 시설 요소 운영의 대부분을 담당하고 있다. 인력의 구성에 대해서는 AIAA 연구논문 및 해외 주요 임무관제시스템의 예제를 참고할 수 있다. <그림 10>은 아리랑 2호의 임무관제시스템 운영 구성도이다. 비행운영관리자, 실시간운영 파트, 임무계획 파트, 비행역학 파트, 시스템관리 파트, 운영엔지니어링 파트 및 안테



〈그림 10〉 임무관제시스템 인력 구성

나 운영 파트로 구성되어 있다.

- 명령어 전송 및 응답상태 확인
- 이상상태를 위성관제사에게 보고

비행운영관리자(Flight Operations Manager)

임무관제시스템 운영의 전반적인 관리를 수행한다. 비행운영관리자는 전반적인 관리를 위하여 실시간 교신, 임무계획, 데이터 분석, 비행역학 등의 전체적인 분야에 지식을 가져야 한다.

- 임무관제 외부 요청에 대한 승인
- 임무관제 구성 및 배치

임무계획자(Mission Planner)

안테나 운영의 자원 활용을 계획하고 사용자의 운영 요청을 일련의 임무계획으로 변환한다. 주요 업무영역은 다음과 같다.

- 임무계획서브시스템 운영 및 관리 조정역할
- 관련 담당자로부터의 임무계획 요청 수집
- 임무계획 수립 및 결과 보고

위성관제사(Operation Controller)

실시간 교신 업무에 대한 책임이 있다. 이를 위해 지상시스템, 계획되어진 명령어의 준비상태를 점검한다. 업무의 주요 영역은 다음과 같다.

- 임무관제시스템 운영 및 관리에 대한 조정 역할
- 영상수신시스템 운영 상태 모니터링
- 명령어 검증 및 전송 관리
- 위성상태 모니터링
- 위성 및 지상시스템 이상상태 조치(단, 위성은 미리 정의된 명령어만 전송)
- 위성 성능 추이 경향 분석(Trend Analysis)

명령계획자(Command Planner)

계획되어진 임무운영 일정에 따라서 명령어를 생산하는 역할을 수행한다. 주요 업무 영역은 다음과 같다.

- 위성운영스케줄 계획 및 배포
- 명령계획 수립 및 결과 보고
- 명령계획 관련 데이터 전송 및 관리

위성관제원(Operator)

실시간 교신업무 시에 위성관제사의 지시에 따라서 명령어를 전송하고 이에 대한 응답상태를 확인한다.

- 임무관제시스템 운영

비행역학엔지니어(Flight Dynamic Engineer)

비행역학업무는 위성의 동역학, 궤도역학 등을 바탕으로 위성의 궤도 특성을 분석하고 이에 따라 궤도결정 및 예측, 궤도조정 계획 및 평가 등을 통해 위성의 궤도를 운영하고 궤도 정보를 제공하는 역할을 수행한다. 주요 업무 영역은 다음과 같다.

- 궤도결정 및 궤도예측 업무 수행

- 궤도조정 계획 수립 및 평가
- 위성 잔여 연료량 계산
- 궤도분석 및 촬영계획 분석 업무 수행
- 비행역학 관련 데이터 관리
- 비행역학 소프트웨어 관리

시스템관리자(System Administrator)

시스템 관리 업무란 지상 시스템 및 네트워크 통신 플랫폼이 최적의 상태에서 운영될 수 있도록 관리하며, 이에 대한 고장 발생 시 신속하게 대처할 수 있도록 정책을 수립하고 수행하는 역할을 담당한다. 주요 업무 영역은 다음과 같다.

- 시스템 백업 및 복구 정책 수립 및 관리
- 임무관제시스템 보안정책 수립 및 관리
- 임무관제시스템 최적화 관리
- 임무관제시스템 소프트웨어 버전관리 및 하드웨어 관리
- 네트워크 관리

운영엔지니어(Operation Engineer)

운영엔지니어는 기술적인 지원역할을 수행한다. 주요 업무영역은 다음과 같다.

- 훈련/인증 프로그램 개발 및 관리
- 위성 및 지상시스템에 대한 형상관리
- 위성 성능 평가 및 추세 분석

안테나운영자(Antenna Operator)

안테나운영자는 안테나 운영에 대한 기술 전반적인 사항을 수행한다. 주요 업무영역은 다음과 같다.

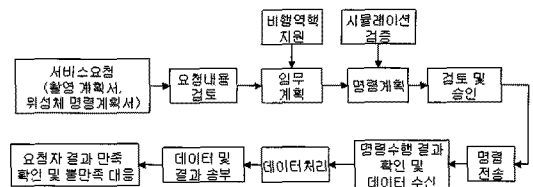
- 안테나 운영
- 안테나 관리 및 유지보수

영상처리시스템 인력은 촬영 영상자료수집계

획을 포함한 자료처리 및 배포 서브시스템, 영상 생성 서브시스템 및 부가가치물 서브시스템을 운영해야 한다. 영상처리시스템을 운영하는 인력의 크기는 생성해야 하는 영상 자료의 양과 처리된 영상을 얼마나 신속하게 사용자에게 전달하느냐에 결정된다. 영상 자료의 양과 신속성은 매년 매달 매일 똑같지 않을 수 있다.

운영은 운영인력이 무엇을, 어떻게 일하는가 하는 내용으로 구성이 되며, 운영절차서나 운영지침서의 형태로 나타난다.

아리랑 2호의 일상임무운영 절차는 <그림 11>과 같다. 일상임무운영은 일상적인 촬영 요청, 위성 관리를 위한 주기적인 업무 등을 포함한다. 아리랑 2호의 일상적인 임무운영은 촬영계획서를 전달받거나, 위성시스템의 관리 등을 위한 명령어 전송요청을 접수함으로써 시작된다. 접수된 요청서를 검토하여 위성의 현재 궤도상황 및 예측된 궤도 상태에 맞게 요청된 임무를 수행하도록 계획하고, 이에 따라 생성된 명령어가 검증 및 승인 과정을 거쳐 최종적으로 위성에 전송된다. 위성 교신 과정에서 운영자는 위성으로 정확하게 명령어가 전송되었는지를 확인하고, 전송된 명령어가 위성에서 정상적으로 수행되고 있는지, 사용자 데이터가 정상적으로 수신/저장되는지를 확인하는 등 위성시스템 안전상태의 모니터링을 수행한다. 요청된 임무수행의 영상 처리를 위한 보조데이터 등 처리가 필요할 경우, 해당 데이터를 처리하여 전송한 후 데이터의 전달 및 영상시



<그림 11> 일상 임무운영 절차

스택의 수신/저장이 정상적으로 수행되었음을 확인한다. 아리랑 2호의 운영절차는 매뉴얼, 절차서, 지침서 및 각종 서식 등 다양한 문서의 형태로 관리되고 있다.

IV. 차세대 발전 방향

국가 자산으로써 존재하는 위성지상국을 운영하는 경우, 차세대 발전 방향은 운영의 안정성 및 효율성을 극대화하는 것에 중점을 둔다. 위성지상국 운영을 위성의 개수라는 양적인 측면과 어떠한 기술력을 적용하여 운영 할 것인가라는 질적인 두 가지 측면에서 고찰한다.

우선 양적인 측면으로, 아리랑 2호의 위성지상국 운영은 하나의 위성을 운영하는 개념에 따라서 개발되었다. 이것은 하나의 지상시스템이 단 하나의 위성만을 운영한다는 개념으로 단일 위성 운영 개념이라고 불린다. 단일 위성 개념은 매우 간단하고도 효율적인 위성지상국 운영 개념이나, 여러 위성들을 운영할 경우 비슷한 장비를 계속 구축하여야 하는 문제와 운영 인력 간의 인력 및 기술 교류가 발생하지 않는다는 단점이 있다. 각각 2011년 및 2012년에 운영될 아리랑 3호 지상시스템과 아리랑 5호 지상시스템은 다중위성 운영 개념을 도입하여 개발되고 있다. 다중위성 운영 개념이란 (1) 임무를 준비하고 수행하기 위해서 충분한 임무 요소, 시설 요소, 인원 및 운영절차를 확보한다. (2) 각 위성의 지상시스템은 독자적인 임무 요소, 시설 요소, 인원 및 절차를 소유하나 하위 상세 부분들은 다른 위성의 지상시스템과 공유된다. 그러나, 다중위성 운영 개념은 개별 지상시스템이 개별 위성을 운영한다는 단일위성 운영 개념을 기반으로, 서로 다

른 지상시스템의 하위 구성 요소 중 공통으로 사용할 수 있는 것을 같이 사용하는 구조이기 때문에 운영이 복잡하고 운영비용이 두 개의 위성을 단일 위성 운영 개념으로 운영하였을 경우보다는 작게 들지만 2배로 줄지는 않는다는 단점이 있다. 무엇보다도 장비, 서브시스템, 운영절차, 인력 활용 등이 단일 위성 운영 개념 보다 복잡하기 때문에 운영의 위험성이 증가한다. 이러한 점을 개선시키기 위해서 다중임무 운영 개념을 제시한다. 다중임무 운영 개념은 유사한 임무운영을 수행하는 위성에 적용할 경우에 매우 효과적이다. 즉, 아리랑 위성 시리즈와 같이 유사한 궤도, 지구 관측이라는 유사한 임무, 유사한 위성체 구조, 유사한 통신 방식 등을 가지고 있는 시리즈 위성의 운영에 매우 적합하다. 다중임무 운영 개념은 (1) 임무를 준비하고 수행하기 위해서 최근 수정 및 변경된 임무 요소, 시설 요소, 인원 및 운영절차를 확보한다. (2) 최근 수정 및 변경된 임무 요소, 시설 요소, 인원 및 운영 절차는 이전 위성에 사용된 지상시스템이 수행하는 기능을 지원한다. 다중임무 운영을 위한 지상시스템은 각각의 위성 운영에 전용으로 사용되는 모듈과 다른 위성과 공통으로 사용되는 모듈로 구성된다. 이러한 개념에 따라서 지상시스템을 개발하면 발사 이후 운영의 간단성, 편리성, 운영인력의 효율적인 활용 및 유지보수의 편리성으로 인해서 운영 상황이 크게 개선된다.

위성지상국 운영의 질적인 측면으로 강조되는 세 가지 기술 요소는 재구성(re-configuration), 재사용(re-use) 및 자동화(automation) 이다.

재구성은 새로이 운영해야 할 위성을 위한 지상시스템을 새로이 구성하는 것이 아니라 이전에 구축한 지상시스템을 재구성하여 사용하고자 하는 것이다. 재구성을 통하여 이전 위성을 위한

지상시스템의 구성 요소 중 일정 부분을 새로운 위성을 위한 지상시스템에 사용하도록 하는 것이다. 재사용은 이전 위성을 위한 지상시스템의 하드웨어나 소프트웨어 중 새로운 위성을 위한 지상시스템에 재사용하고자 하는 것이다. 재구성과 재사용을 통하여 지상시스템의 크기와 규모를 적절히 유지하는 것이 핵심이다. 현재 운영 중인 1,004개 위성 개수만큼의 위성지상국이 존재해야하나 그 규모나 크기는 재구성과 재사용을 통하여 적절히 유지하려고 하고 있다. 해외의 주요 운영 기관에서는 재구성과 재사용 기술 분야에 집중적인 연구를 하고 있다. 재구성과 재사용의 기술이 적용되어 개발된 지상시스템은 유럽 우주청(ESA)이 개발한 SCOS-2000과 아리랑 3호 및 아리랑 5호 지상시스템 등이 있다.

자동화는 일상적인 임무운영의 내용이 대부분 반복적으로 이루어진다는 점에서 그 적용 범위가 늘어나고 있다. NASA GSFC의 자동화 적용 사례로써 일상적인 위성상태 감시, 위성교신 스케줄 생성, 그리고 명령전송을 자동화가 있다. SMART-1 위성과 AGILE 위성의 지상시스템 임무계획 부분에 자동화가 적용되었다. 아리랑 1호에서는 임무계획 결과를 명령계획표로 자동 생성시킨 사례가 있다. 비행역학 분야에 대한 자동화를 살펴보면, INTEGRAL 위성 및 IRS 위성 에 대한 궤도 및 자세결정 시스템의 자동화 사례가 있으며, 정지궤도 위성 또한 궤도결정 및 궤도 제어 시스템을 자동화하여 운영하고 있다. 그러나, 완전하지 않은 자동화 기술을 위성 운영에 적용하는 것은 위성 운영의 안정성을 해칠 수도 있기 때문에 위성을 운영하는 조직의 철학에 따라서 자동화 기술이 중요시되지 않을 수도 있다.

끝으로, 지구저궤도에 집중적으로 존재하는 우주파편(Space Debris)으로부터 위성의 안전

을 확보하는 활동의 필요성에 대해서 언급한다. 우주파편이란 지구궤도에 존재하는 물체로써 인류에 의해 발생되었으나 원래의 기능을 상실한 것을 의미한다. 우주파편, 우주쓰레기, 우주잔류물이라고도 한다. 지구 궤도상에 10cm 이상인 우주파편의 수는 약 15,550개이며 이 중 인공위성은 3333개이다. 우주파편의 속도는 약 7 km/s로 운영 중인 위성 에 충돌 시에 굉장히 큰 위협이 된다. 실제로 우주파편과 인공위성 간의 충돌 및 인공위성과 인공위성 간의 충돌이 발생하였고, 이로 인하여 위성의 운영의 중지된 예가 있다. 이러한 충돌로부터 위성을 보호하기 위하여 각 위성 운영 기관, 국가, UN 및 각종 국제기구가 활발한 활동을 수행하고 있다.

참고문헌

- [1] Gale F. Squibb, Daryl G. Boden, Wiley J. Larson, Cost-Effective Space Mission Operations Second Edition, Space Technology Series.
- [2] Dae-Won. Chung & Ok-Chul Jung, Conceptual Design of the Generic Mission Operations System, RCSGSO 2009 Conference, 2009.
- [3] Ok-Chul Jung, Dae-Won. Chung, Sun-Ju Park, Dae-Hwan Hyun and Yong-Sik Chun, Advanced Concept and Design of the Multi-Satellite Operations System, SpaceOps 2010 Conference, 2009.
- [4] 이명신, 정옥철, 정대원, 박선주, 신정훈, 위성 임무운영팀 동향, 항공우주산업기술 동향 6권 1호, 2008.

- [5] Even Eller, Operation Staffing-Satellite Mission Operations Best Practices, AIAA Space Operations and Support Technical Committee, 2003, pp.5.
- [6] 정대원, 최수진, 정옥철, 박선주, 이명신, 천용식, 다중임무운영 설계개념, 우주과학회 추계발표, 2009.
- [7] 정옥철, 최수진, 김해동, 정대원, 안상일, 통합지향형 임무운영시스템 분석 및 설계, 항공우주기술 제5권 제1호, 2009.
- [8] Hartley, J. B., Hughes, P. M., Automation of Satellite Operations: Experiences and Future Directions at NASA GSFC, Proceedings of SpaceOps 96, Germany, 1996.
- [9] Heinen, W., Blake, R., Fortuno, J., Camino, O., SMART-1 Ground Operations Automation, Proceedings of SpaceOps 06, Italy, 2006.
- [10] Cerone, M., Pietro, M., D'Amico, F., Improvements of Automation for Agile Satellite Operations, Proceedings of SpaceOps 06, Italy, 2006.
- [11] 김해동, 최해진, 김은규, 다목적실용위성 1호 임무계획 및 자동명령계획표 생성기 개발, 한국항공우주학회지, 제 30권 1호, 2002, pp.139-146.
- [12] Dreger, F., INTEGRAL-Fully Automatic Flight Dynamics Real-time Support during the Routine Science Phase, Proceedings of 17th International Symposium on Space Flight Dynamics, Russia, 2003.
- [13] Venkateswarlu, S., Ramalingam, G., Soma, P., Automation of Orbit and Attitude Determination Functions of Indian Remote Sensing Satellite (IRS) Missions, Proceedings of SpaceOps 98, 1998.
- [14] Bellido, E., Molina, M. A., Flight Dynamics Operations Automation: Experience on a Large Fleet of Heterogeneous GEO Satellites, Proceedings of SpaceOps 06, Italy, 2006.
- [15] Nestor Peccia, SCOS-2000 ESA's Spacecraft Control for the 21st Century, GSAW 2003.

저자소개



정 대 원

1992년 2월 경북대학교 전자공학과 학사
 1994년 2월 경북대학교 전자공학과 석사
 2007년 2월 충남대학교 전자공학과 박사
 1996년 3월~2010년 11월 한국항공우주연구원 근무
 2008년 3월~2010년 11월 한국항공우주연구원 저궤도
 위성관제팀장
 2008년 10월~2010년 11월 SpaceOps Committee 이사
 주관심 분야 : 위성 시스템 엔지니어링, 위성 운영, 정밀
 궤도결정, GPS