

## 위성 임무운영팀 동향

이명신\*, 정옥철, 정대원, 박선주, 신정훈\*\*

# The Trend of Satellite Mission Operations Team

Myeong-Shin Lee\*, Ok-Chul Jung, Dae-Won Chung, Sun-Ju Park, Jung-hoon Shin\*\*

### ABSTRACT

The organization for satellite operation team is mainly based on the number of satellites to be controlled, operator's workload of payload operation support and the degree of automation of the operation system. Although the structure and its functionality of satellite operation organization are a little different according to the complexity of the operation, most satellite control centers have adapted the similar architecture for single or multiple satellite support. KARI Satellite Operation Center(KSOC) has started its simple mission operations since the launch of KOMPSAT-1(21st Dec. 1999) and has been evolving into multiple mission operations for various satellites such as KOMPSAT-2, KOMPSAT-3, KOMPSAT-5 and COMS(Communication Ocean Meteorological Satellite). This paper presents the appropriate direction of future deployment for KSOC by comparing the current status with the recommendation of the advanced satellite operation organization and analyzing their experiences in order to propose the better solution for efficient and safe satellite operations.

### 초 록

위성의 임무운영팀 조직은 운영되는 위성의 개수, 탑재체 운영지원의 여부, 임무운영센터 내에서의 안테나 운영 여부, 지상시스템 자동화 정도 및 임무운영에 대한 기술지원 기능 여부에 따라서 다양한 구성이 존재할 수 있다. 위성운영 업무를 담당하는 운영조직의 구성이나 기능은 임무운영의 복잡도에 따라 약간씩 차이가 있으나 대부분의 위성운영센터는 단일 또는 복합 임무운영 지원을 위해 유사한 조직 구성을 갖는다. 항우연 임무운영센터는 아리랑위성1호 발사(1999년 12월 21일)이후 임무운영팀의 업무를 시작한 이래, 아리랑 위성 2호, 아리랑위성 3호와 5호 및 통신해양기상위성에 대한 다중임무운영의 개념으로 진화하고 있다. 본 동향에서는 본격적인 다중임무운영에 앞서 체계적인 임무운영센터의 조직을 구성하고자 해외 선진 임무운영 개념에 대한 권고사항과 실제 적용되고 있는 사례를 살펴본 후, 항우연 임무운영센터의 현재 현황과 비교분석함으로써 조직 운영의 적합성과 향후 발전방향에 대해서 살펴보고자 한다.

**Key Words** : Mission Operations Team(임무운영팀), KOMPSAT Mission Operations(아리랑위성 운영)

\* 이명신, 한국항공우주연구원 우주응용센터 위성관제팀, mslee@kari.re.kr

\*\* 정옥철, 정대원, 박선주, 신정훈, 한국항공우주연구원 우주응용센터 위성관제팀

# 1. 서론

“임무운영(Mission Operation)”이라 함은 위성체(Spacecraft)와 탑재체(Payload)를 운영하기 위해 요구되는 다음의 일련의 과정들을 의미한다[1].

- 위성체와 탑재체를 모니터링하고 제어함.
- 위성시스템(Satellite)의 성능 분석
- 임무 운영 계획 수립
- 궤도/자세 결정 및 예측과 궤도 조정 관리
- 위성시스템 소프트웨어 관리
- 탑재체 데이터 서비스 상태 모니터링

이를 수행하기 위해서 일반적으로 “임무운영”의 주요 구성은 위성체와 탑재체에 명령어를 전송하고 이를 제어하는 “위성운영(Satellite Operation)” 부분, 사용자의 탑재체에 대한 요구사항으로부터 명령어를 생성하는 “임무 계획”(Mission Planning) 부분과 위성의 형상(Configuration)을 관리하고 운영을 지원하는 “엔지니어링 지원(Engineering Support)” 부분으로 구성된다. 이와 더불어 임무 운영 요원(Mission Operation Staff)의 교육 훈련과 인증을 담당하는 “요원훈련(Personnel Training)” 부분이 추가된다[2].

운영 조직의 구성은 운영되는 위성의 개수, 탑재체 운영지원의 여부, 시스템 자동화 정도, 안테나 운영 여부 및 임무 운영실 내에 지원 기능이 있는지에 따라서 다양한 구성이 존재할 수 있으며, 이에 따라서 운영업무의 절차도 정하여 진다[3].

본 동향에서는 위성임무운영을 위한 팀의 조직 구성도 및 담당업무에 대한 역할과 책임 이에 따른 업무 흐름에 대한 최근 동향을 살펴보기 위해 위성운영의 전문가 모임인 AIAA의 권고사항과 해외 사례를 정리하였고 향후 임무운영팀의 현재 현황에 대해서 기술하였다.

## 2. 해외 임무운영팀 구성 사례

일반적인 임무운영을 위한 구성은 위성에 명령어를 전송하고 상태모니터링 업무를 수행하는 위성운영 업무, 사용자 요청사항으로부터 명령어를 생성하는 임무 계획업무, 이에 대한 요원 훈련 및 기술 지원, 시스템 관리 및 유지 등을 지원하는 운영 엔지니어링으로 조

직된다.

임무운영팀의 구성은 운영해야 하는 위성의 탑재체 개수, 지상시스템의 자동화 수준 및 안테나 시스템의 운영 여부 및 외부 지원 기능 여부에 따라서 조직의 규모가 결정된다. 본 장에서는 위성임무운영의 세계적인 전문가 집단인 AIAA의 권고 사항과 아리랑위성과 유사한 궤도 및 임무로써 안정적으로 운영 중인 NASA의 Landsat-7과 프랑스 항공우주국(CNES)의 SPOT의 임무운영팀 구성에 대해 소개한다.

### 2.1 AIAA 권고[3]

AIAA\*에서 2003년 발간된 임무운영 최적화 문서 중에서 임무운영팀 조직 및 역할에 대해서 요약하면 표1, 2와 같다. 여기에는 직접 임무운영을 수행하는 부분과 임무운영을 지원하는 두 부분으로 구분되어 있다. 각 담당업무는 한사람 또는 그 이상이 수행한다. 표 1은 직접 임무 운영에 참여하고 있는 임무운영팀의 구성과 역할을 보여주고 있다.

표 1. Direct Mission 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	지상자원 활용계획, 탑재체 임무계획
Data Analyst	사용자 데이터 전달 관리
Orbit Analyst	비행역학
Operation Engineer	위성운영 기술 지원 관리, 위성운영의 전문가

Spacecraft Controller(이하 SC)는 실시간 운영업무를 총괄하는 역할로써 위성 성능을 모니터링하고, 이상상태를 감지하며 새로운 이상상태에 대해서는 Operation Engineer(이하 OE)에게 통지한다. 단, 운영문서에 미리 정의되어 있지 않은 문제에 대해서는 분석하거나 해결하는 업무는 수행하지 않는다.

\* AIAA : American Institute of Aeronautics and Astronautics

**Command Controller**는 SC와 조를 이루어서 실시간 위성운영 시 명령어 전송 및 위성응답상태 확인업무를 수행한다.

**Payload Controller**는 실시간 교신 중 탑재체 운영 및 성능 모니터링을 수행하고 소규모운영조직의 경우에는 SC가 수행한다.

**Ground controller**는 임무운영센터 내에서 지상안테나 시스템을 직접 운영하는 업무를 수행한다.

**Mission Planner**는 임무계획, 명령계획, 지상시스템 스케줄링, 임무계획을 위해 OE와 협의한다.

**Data Analyst**는 Mission data 수신 및 사용자 전달 상태 관리업무를 수행한다.

**Orbit Analyst**는 Tracking data 검증, 궤도 결정 및 예측, 궤도조정 계획 업무를 수행한다.

**Operation Engineer**는 위성운영 전문가, 운영팀의 기술적인 리더역할, 운영준비업무의 개발과정 및 I&T (Integration and Test) 과정에도 참여하여 여기에서 얻은 지식을 통해 운영절차, 핸드북을 개발하는데 책임이 있다.

표 2는 운영지원 부분으로써 지상시스템 지원, 위성시스템과 지상시스템 소프트웨어 관리 및 하드웨어 유지보수 지원이 해당한다.

표2. 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

**Ground System Engineer**는 지상시스템의 전반적인 운영 관리 책임자으로써 지상시스템 성능 모니터링, 문제해결, 형상관리, 새로운 시스템 또는 소프트웨어에 대한 시험 주관, 네트워크 보안관리 업무를 수행한다.

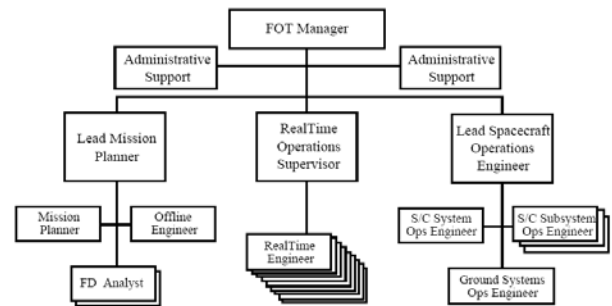
**System/DB Administrator**는 시스템 관리 새로운 시스템에 대한 인수, 설치 및 소프트웨어 패치 관리 업무, DB관리 및 유지보수 지원업무를 수행한다.

## 2.2 Landsat-7 임무운영팀[4,5]

Landsat시리즈는 NASA에서 운영하는 대표적인 지구관측위성으로, 최신 시리즈인 Landsat-7은 태양 동기궤도로 아리랑위성과 유사한 궤도에서 운영되고 있다.

Landsat-7의 지상시스템(Ground System)은 크게 지상 통신 시스템(Ground Communication System), 임무 운영 지원 및 탑재체 데이터 처리 부분으로 나뉜다. 지상통신시스템은 Space Network와 세계 각지의 지상국(Ground Station) 및 Landsat-7 지상국으로 나뉘며 이를 통해 탑재체 데이터 수신 및 위성의 명령어전송 및 원격측정데이터 모니터링을 수행한다.

임무운영지원(Flight Operation Support)부분은 FOT가 임무운영을 수행하는 임무운영센터(Mission Operation Center), 비행역학 시스템 및 네트워크통제센터(Network Control Center)로 구성된다. FOT (Flight Operation Team)에서는 지상통신시스템의 스케줄링 및 전반적인 임무운영을 수행한다. 그림 1은 임무운영팀 조직도를 보여주고 있다.



자료 : Landsat-7 Flight Operation Plan, 2000

그림 1. Landsat-7 FOT Organization

표 3은 Landsat-7 임무운영을 위해서 구성된 임무운영팀의 구성과 역할을 보여주고 있다. 대부분의 임무운영팀이 이와 같은 형태를 가지고 있으며 항우연 임무운영팀과 비교할 때 Operation Engineer부분은 임무운영팀 내에 보유하지 않고 연구원 내에 상주하고 있어 수시로 지원요청을 할 수 있지만, 이 지원인력은 동시에 차세대 위성 개발에 투입되고 있으므로 기술력의 지속적인 유지 면에서 단점을 가지고 있다.

표 3. Landsat-7 Flight Operation Team

담당	역할
FOT Manager	FOT의 조직 및 전반적 관리
Ops Engineer	위성 운영 기술 관리, FOT훈련 지원
GS Ops Engineer	지상시스템 인수시험, 운영지원, 성능 관리
Realtime Ops Supervisor	실시간 교신 운영 총괄
Mission Planner	임무계획
Realtime Engineer	명령어 전송, 위성상태 모니터링
Flight Dynamics	비행역학

**FOT Manager**는 팀원 전반적 관리, 운영팀원 기술력 평가 및 인원 선발 및 배치에 대한 업무를 수행한다.

**Operation Engineer**는 2명의 System Engineer (한명은 리더)와 해당 서브시스템 엔지니어로 구성되어 위성운영의 전반적인 조정역할과 기술적 방향을 제시하고, 운영팀원 훈련 및 인증 프로그램 개발 및 관리 지원 FOT와 위성 설계/제작자와의 조정역할, 이상상태 조사 및 복구, 위성 성능 심화 분석, 위성성능 평가 및 보고 등의 업무를 수행한다.

**Ground System Operation Engineer**는 지상시스템 인수시험의 주관, 요원훈련과정 개발 및 인증관리 지원, 지상시스템 최적화 및 성능관리, FOT와 소프트웨어 개발/관리 팀의 상호 조정관리의 업무를 수행한다.

**Realtime Operation Supervisor**는 운영시스템 및 요원의 운영 준비 상태 관리, 실시간 운영 요원 관리, 네트워크 자원 및 안테나 운영 등에 대한 조정역할을 수행한다.

**Mission Planner**는 임무계획, 조정 및 스케줄링 업무를 담당하며, MP와 FDE는 백업역할을 위해 cross-training을 수행하고 있으며, 이 개념이 가능해질 때 Offline Engineer로써 구분하고 있다. 임무계획, 명령어 관리, 스케줄링을 주로 담당하고, 임무운영 관련자로부터의 모든 입력에 대한 조정역할, 지상시스템 스케줄링 업무를 수행한다.

**Realtime Engineer**는 실시간 명령어 및 원격측정 데이터 운영업무를 수행하며 Command Controller (CC), Spacecraft Analyst(SA)의 두 등급으로 구분

하고 있다. CC는 지상시스템에 대한 Configuration 설정, 운영절차 실행, 명령어 전송에 대한 확인의 역할을 수행하고, SA는 CC의 모든 작업 및 위성상태 모니터링, Network Control Center와 지상국에 대한 조정역할, 비실시간 위성상태데이터 추이분석의 업무를 수행한다.

**Flight Dynamics Analyst**는 궤도 결정 및 관련 업무를 수행한다.

### 2.3 SPOT 임무운영팀[6]

SPOT위성은 프랑스 항공우주국(CNES)에서 운영되는 대표적인 지구관측위성이며, 현재 운영되고있는 SPOT위성은 1998년 발사된 SPOT-4와 2002년 발사된 SPOT-5이다. SPOT의 임무운영팀은 단일팀으로 구성이 되어 모든 SPOT 시리즈를 운영하는 개념이다.

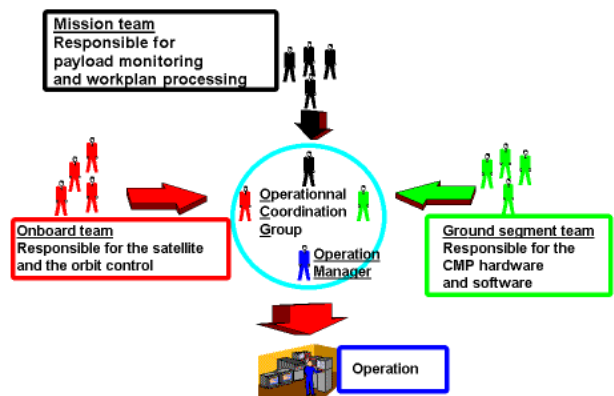


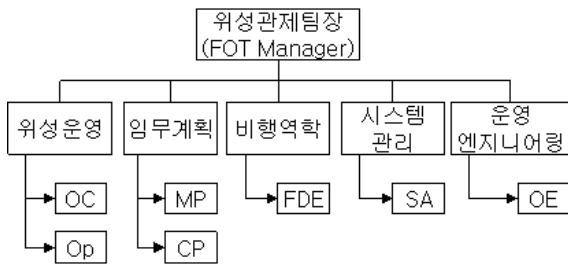
그림 2 SPOT 임무운영팀

그림 2는 SPOT의 임무운영팀의 조직을 보여주고 있다. 탑재체 모니터링 및 임무계획을 담당하는 **임무팀**, 위성의 기술적인 관리 및 궤도 제어를 담당하는 **Onboard 팀**, 지상의 하드웨어와 소프트웨어에 대한 관리를 담당하는 **Ground Segment Team**, 일상적인 운영을 담당하는 **Operation Team**으로 구성된다. 여기의 Leader들은 OCG(Operational Coordination Group)에 소속되어 매일 또는 필요 시 열리는 미팅을 통해서 일상적인 운영의 검토 및 향후 계획되어지는 운영에 대해서 논의하며, OCG의 주관은 Mission Operation Manager가 담당하는 개념이다.

### 3. 아리랑위성 2호 임무운영팀

#### 3.1 임무운영팀 조직 [7]

아리랑위성 2호의 임무운영 조직은 그림 3과 같이 실시간 교신업무 시 안테나 시스템 운영 및 명령어전송과 위성상태 모니터링을 수행하며, 비 실시간 교신업무 시 위성의 성능 추세 등을 분석하는 위성운영 부분과 위성과의 교신 계획, 임무 수행 스케줄링 및 명령어 계획을 수행하는 임무계획 부분이 있으며, 안테나 운영 및 임무 계획 단계에 궤도 데이터를 제공하고 궤도 분석 및 궤도 조정 관리를 담당하는 비행역학 부분으로 구성된다. 또한 시스템 관리는 임무운영시스템에 대한 시스템 백업 정책 수립, 시스템 유지보수 및 보안 관리 업무를 수행한다.



자료 : [7], 2008  
 그림 3. 임무운영팀 조직도

운영지원업무는 임무 운영의 기술적인 부분을 담당하는 Operation Engineering 부분과 운영요원의 교육 훈련 업무 및 임무운영의 문제점 및 변경관리를 담당하는 형상관리 부분으로 구성된다. Operation Engineering 부분은 임무 운영이 지속됨에 따라 위성의 설계/제작팀이 차세대 위성 개발에 참여함으로써 지속적으로 기술력을 유지하여 운영지원 업무를 수행하는 데에 문제점이 대두되기 때문에 임무운영팀 내에 이에 대한 업무를 수행하는 인력확보의 필요성이 제기되고 있다.

#### 3.2 역할과 책임[7]

다음은 임무운영팀의 각 담당업무의 역할과 책임에 대한 내용이다. 표 3에서와 같이 항우연 임무운영팀은

다음과 같이 구성된다.

##### 가. 임무운영총괄(Mission Operation Manager)

임무운영의 전반적인 관리에 대한 책임이 있다. MOM은 임무운영의 전반적인 관리를 위하여 실시간 교신, 임무계획, 데이터 분석, 비행역학 등의 전체적인 분야에 지식을 가져야 한다.

- 임무운영 외부 요청에 대한 승인
- 임무운영팀 조직구성 및 배치

##### 나. 위성관제사(Operation Controller)

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

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

##### 다. 위성관제원(Operator)

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

- 지상시스템 운영
- 명령어 전송 및 응답상태 확인
- 이상상태 OC에게 보고

##### 라. 임무계획담당자(Mission Planner)

안테나시스템의 자원 활용을 계획하고 사용자의 요구사항을 일련의 임무계획 역할을 수행한다. 주요 업무영역은 다음과 같다.

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

##### 마. 명령계획담당자(Command Planner)

계획되어진 임무운영 일정에 따라서 명령어를 생산

하는 역할을 수행한다. 주요 업무 영역은 다음과 같다.

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

**바. 비행역학담당자(Flight Dynamic Engineer)**

비행역학업무는 위성의 동역학, 궤도역학 등을 바탕으로 위성의 궤도 특성을 분석하고 이에 따라 궤도 결정 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

**사. 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
- 임무운영시스템 보안정책 수립 및 관리
- 임무운영시스템 최적화 관리(정기점검)
- 운영시스템 소프트웨어 버전관리 및 하드웨어 관리
- 네트워크 관리
- 안테나 시스템 관리 조정 역할

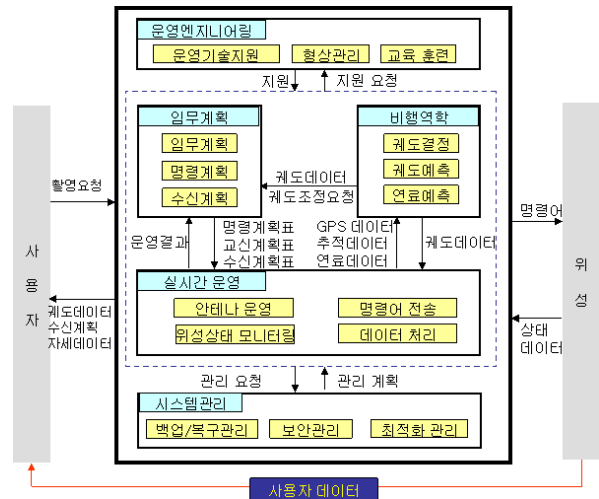
**아. 운영엔지니어링(Operation Engineer)**

Operation Engineer는 임무운영의 기술적인 지원 역할을 수행한다. 주요 업무영역은 다음과 같다.

- 임무운영팀과 임무운영지원팀(Flight Support Team) 간의 조정 역할
- 임무운영팀 훈련/인증 프로그램 개발 및 관리
- 위성시스템 및 지상시스템에 대한 형상관리
- 위성시스템 성능 평가 및 추세 분석(Trend Analysis)

**3.3 임무운영 인터페이스[7]**

위성 운영 조직은 3.1장에서 설명하였듯이 실시간 운영, 임무계획, 비행역학, 시스템관리 및 운영엔지니어링으로 구분할 수 있다. 그림 4는 위성관제팀과 사용자 및 위성과의 전체적인 업무 인터페이스를 보여주고 있다.



자료 : , 2008  
그림 4. 임무운영 인터페이스

위성관제팀의 업무는 사용자 그룹으로부터 수렴된 서비스 요청을 기반으로 임무계획 업무가 시작되며, 임무계획 업무에서 작성된 교신 계획표에 의해서 실시간 운영을 위한 안테나 시스템 등의 지상시스템을 적절하게 사용하며, 임무계획 업무에서 작성된 명령어는 실시간 교신 시에 전송되어 위성을 제어하게 된다. 이때 위성으로의 정확한 명령어 전송, 위성의 상태 확인 및 전송된 명령어에 의해서 정상적으로 위성이 동작하는지에 대한 모니터링이 수행된다. 이에 대한 수행결과는 임무계획 담당자에게 보고되어 임무계획 업무의 계속 진행 또는 수정/보완 작업에 사용된다. 실시간 운영 중에 전송받은 원격측정데이터 중에서 위성의 궤도 정보 및 자세정보는 비행역학 업무의 궤도 예측을 위해서 전달되거나, 사용자 데이터의 처리를 위해서 전달된다. 위성의 실시간 운영업무 및 비실시간 운영업무가 안정적으로 수행될 수 있도록 관제시스템의 최적의 안정적인 상태 유지가 필요하며, 관제시스템의 외부 침입자 또는 바이러스 유입으로부터의 안정성을 보

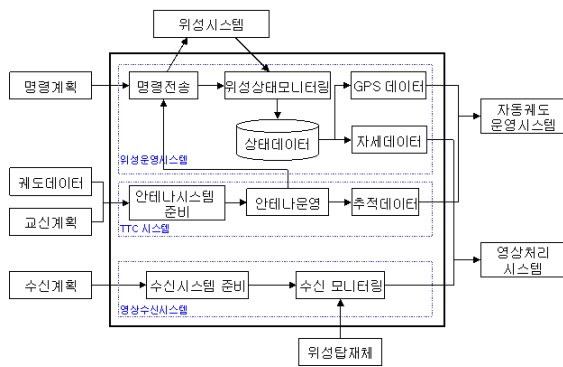
장하기 위한 시스템 보안관리, 관제시스템의 데이터의 백업 및 복구 정책을 수립하는 시스템 관리 업무가 있다.

또한, 위의 업무가 효율적으로 움직일 수 있도록 위성운영의 기술적인 부분을 지원하는 운영 엔지니어링 (Operation Engineering)은 위성 시스템 및 지상시스템에서 문제가 발생하거나 변경사항이 발생하는 경우 이를 관리하는 형상관리 업무, 운영요원의 지속적인 기술력을 유지시키기 위한 교육훈련 수행 등의 역할을 수행한다.

각 담당업무의 세부 인터페이스 및 업무 흐름은 다음과 같다.

**가. 위성운영[8]**

임무계획시스템으로부터 전달된 명령어는 위성으로 전송되는데, 이에 대한 응답상태는 소프트웨어적으로 자동 체크가 되며 동시에 운영요원이 이중으로 체크한다.



자료 : [Blank], 2008  
그림 5. 일간 위성운영 업무 흐름도

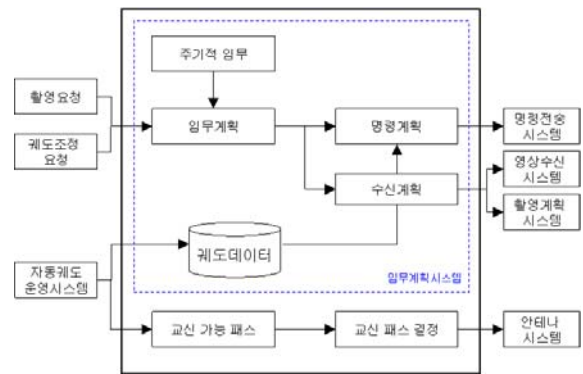
안테나 시스템의 운영을 위해서는 비행역학 시스템으로부터 최신의 궤도데이터를 전달받아 운영하며 이에 대한 교신 스케줄은 임무계획시스템에서 제공한 교신계획표를 따른다. 안테나 운영 후 생성된 안테나 추적데이터와 위성에서 전송된 GPS 데이터는 궤도 결정을 위해서 비행역학시스템(자동궤도운영시스템)으로 전달된다.

수신 시스템의 준비는 임무계획 시스템으로부터 전달된 스케줄에 의해서 자동으로 활성화가 되며, 운영요원은 이를 이중 체크한다. 수신 중 모니터링 및 수신 후 저장 상태를 확인하여 발생 가능한 이상 상태를 감지하여 원인 분석 등을 대비하며, 교신이후에는 영상

데이터 처리를 위해 필요한 자세 데이터를 추출하여 영상처리 시스템으로 전송한다.

**나. 임무계획[9]**

임무계획담당자는 우선 지상국별 위성운영 패스데이터를 기초로 하여 주간별로 가능한 교신 스케줄을 생성한다. 이때 사용되는 안테나의 자원, 주위 지형지물에 의해 안정적인 통신링크를 확보할 수 있는 시야각(Field Of View) 등이 고려된다.



자료 : [Blank], 2008  
그림 6. 임무계획 업무 흐름도

항우연 임무운영센터는 현재 아리랑위성 2호, NASA 위성인 Terra, Aqua의 운영을 위해 가용한 13M, 9M, 2.4M, 1.5M 및 세종추적소 등을 스케줄링하여 사용 중이다. 특히, 아리랑위성 2호의 운영을 위해서 센터내의 전용 안테나(13M)를 사용하고 있으며, 이와 더불어 긴급 명령어 전송, 교신 횟수 확대 등을 위해서 해외 지상국으로써 센터에서 원격으로 제어되는 세종추적소를 사용하고 있어 안테나 시스템의 스케줄링은 복잡하지 않다. 접수된 촬영요청서는 임무 수행의 충돌 여부와 우선순위 등을 고려하여 임무계획에 반영한다. 임무계획의 안정성을 위해서 정상적인 촬영요청에는 시간제한이 있으며, 여기에 대한 시간제한, 국가 중요 임무등과 같은 우선순위에 따라서 임무계획을 적절하게 수행한다.

일일별로 수행하게 될 임무 계획이 수립되면 이를 위성에 전송할 명령어로 변경하는 명령계획 업무를 수행한다. 명령계획업무는 촬영시간, 명령어를 전송하게 되는 교신 정보, 촬영된 영상 데이터를 수신하는 교신 정보 등을 입력한 뒤, 여기에서 생성되는 결과 파일은



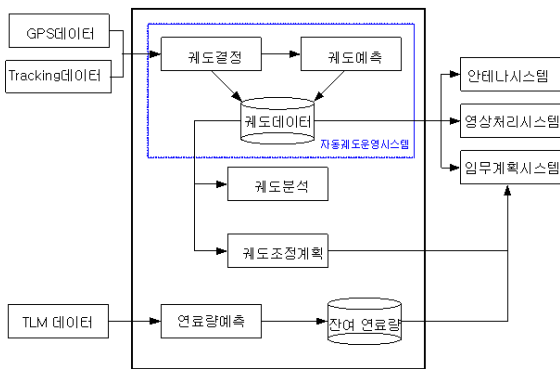
스케줄 편집 작업을 통해서 명령 계획표 생성에 사용될 리포트 파일을 생성한다.

여기에서 생성된 리포트 파일은 명령어 계획 작업에 입력되어 정의된 변환 법칙(Mapping Rule)에 의해 위성으로 전송하게 될 최종 명령어가 생성된다. 아리랑위성 2호의 경우에는 영상 수신시에 위성에 장착된 지향성 안테나의 구동을 위한 안테나 구동 데이터를 생성하여 명령어 계획에 포함시킨다. 생성된 명령어는 검토 및 승인과정을 거쳐 명령전송 시스템으로 보내지고 시뮬레이터로 추가 검증을 한 뒤 위성으로 전송하게 된다.

**다. 비행역학[10]**

위성을 운영하기 위해서는 기본적으로 위성의 위치 및 운동 상태를 파악해야 하는데, 이를 위해 사용되는 입력 데이터는 위성의 원격측정데이터로부터 전송되는 GPS 데이터나 안테나 운영결과 생성되는 안테나 추적데이터(방위각, 고각, 거리)가 일반적으로 사용된다.

이와 같이 위성 운영 단계에서 생성된 측정데이터는 비행역학 업무 분야로 전달되어 위성의 운동 방정식과 함께 반복계산을 통해 특정 시각에 대한 가장 최적의 위성의 위치 및 속도를 결정하게 되는데 이를 궤도결정이라 한다. 궤도결정의 결과 값은 시간에 따른 위성의 위치 및 속도변화를 예측하는 궤도예측 업무로 연결되어 영상촬영계획이나 궤도 이벤트(일식, 태양에 의한 센서 간섭 등)에 대한 계산 등을 수행하고, 기본적인 위성의 임무계획 뿐만 아니라 교신 스케줄 생성, 타 위성이나 우주 쓰레기(Debris)와의 충돌 위험성 분석 등에 직접적으로 활용된다.



자료 : [출처], 2008  
그림 7. 비행역학 업무 흐름도

또한, 우주환경변화가 위성의 궤도에 미치는 영향이나 지상궤적의 변화 등을 분석하여 필요시 임무궤도를 유지하기 위한 궤도조정계획을 수립하게 된다. 궤도조정계획은 원하는 목표궤도를 획득하기 위해 필요한 추력기의 Del-V와 추력소요시간 등을 계획하는 업무이다. 위성의 수명을 결정하는 요소인 잔여 연료량에 대한 계산은 위성으로부터 수신 받은 원격측정데이터에서 추진제 탱크에 대한 압력 및 온도 파라미터를 추출하여 이상기체상태방정식 등을 통해 남아 있는 연료량을 계산하고 관련 데이터베이스를 업데이트하게 된다. 비행역학에서 생성된 궤도 데이터는 앞에서 설명한 궤도 분석 이외에도 임무계획시스템을 위한 기본 정보, 안테나 시스템의 운영, 영상처리 시 필요한 보조 데이터로 활용된다.

**라. 시스템 관리[11]**

시스템 관리자는 각 부분별 업무 담당자 및 임무운영시스템 담당자로부터 데이터 백업에 필요한 정보를 수집하고 수시, 일일, 주간 또는 월간 주기별로 데이터 백업 정책을 수립하여 시스템 고장 시에도 데이터 손실을 방지하고 임무운영 시스템이 신속하게 복구되어 운영될 수 있도록 한다.

임무운영시스템은 기본적으로 외부 인터넷망과는 격리된 폐쇄망에 위치시키지만, 해외 지상국과의 인터페이스 또는 외부 데이터 사용자의 접속 부분을 지원하기 위해 게이트웨이 등의 일부 시스템은 외부망으로 연결이 필요하다. 따라서 시스템 관리자는 임무운영시스템의 보호를 위해 네트워크의 성능, 경비 등을 고려한 적절한 보안정책을 수립하여 관련 업무를 수행한다.

시스템이 최적의 상태에서 안정적으로 운영이 될 수 있도록 정기적으로 시스템의 CPU 처리율, 메모리 사용률 및 용량 등 시스템 자원(Resource)에 대한 정기점검을 수행한다.

이 외에도 임무운영시스템에서 요구되는 네트워크 서비스에 대한 품질을 정의하여 높은 성능을 지속적으로 유지할 수 있도록 관리한다.

**마. 운영 엔지니어링**

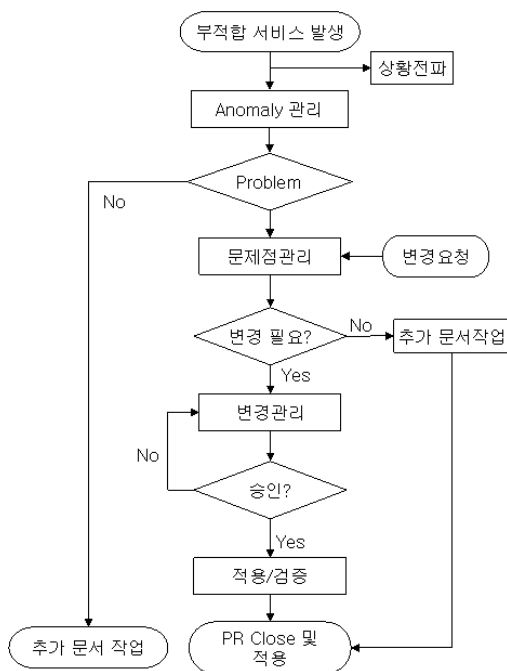
운영엔지니어(Operation Engineer)는 임무운영 지원팀과의 조정역할을 통해서 위성의 기술적인 부분들



지원한다. 새롭게 작성된 명령어 운영 절차에 대한 검증 및 명령어가 수행된 후의 성능 분석 업무를 수행한다. 또한, 장기적인 위성의 성능 분석을 수행한다.

운영엔지니어의 업무 중 하나인 형상관리업무는 우선 형상제어를 수행할 항목을 정의함으로써 시작된다. 임무운영센터에서의 형상관리 항목은 크게 위성시스템, 지상시스템 및 이를 운영하기 위한 절차로 분류하고 있다. 위성시스템에 대해서는 발사 이후 시점부터 관리하며, 지상시스템의 경우는 인수시험 이후부터 형상제어를 시작한다. 또한 이에 대한 운영 절차 및 지침은 문서화로 정의하여 운영의 체계와 통일성을 목표로 하고 있다.

그림 8은 시스템의 운영 시 이상상태가 발생할 경우 이에 대한 처리과정을 나타낸 것이다. 모든 이상상태에 대해서는 Anomaly Report를 기록하여 데이터베이스에 등록한다. 발생한 이상상태 중에서 관련 하드웨어, 소프트웨어를 변경함으로써 해결 되거나 심화된 원인분석이 필요한 부분에 대해서는 Problem Report를 작성하여 문제 원인을 규명하고 해결한 후 이에 대한 검증을 수행하여 문제점 관리를 종료하게 된다. 문제발생이 아닌 기능개선 또는 절차의 개선에 의해서 발생하는 변경사항에 대해서도 검증과정의 통일된 적용을 위해서 Problem Report로써 관리한다[12].



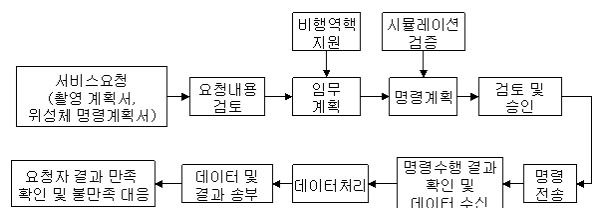
자료 : [출처], 2008  
그림 8. 형상관리 프로세스

임무운영팀 훈련/인증 업무를 위해서는 위성관제팀장을 중심으로 시스템 개발자 및 운영요원 등과 협의하여 교육 계획안을 수립해야 한다. 여기에는 교육의 목표, 담당 업무별 습득해야할 지식수준, 교육 과목, 교육 방법(강의, 시뮬레이터, OJT) 및 인증 방법 등을 포함시켜야 한다. 수립된 교육 계획안에 따라서 관련 자로부터 교육 교재를 수집하고, 필요 시 시뮬레이터 등의 교육훈련 지원 소프트웨어 개발 등을 요청한다. 계획되어진 기간 동안 교육 완료 이후, 적절한 인증 과정 후에 담당업무를 수행한다. 담당업무 시작 시에는 초급 업무만을 수행하며 지속적인 교육관리와 인증 과정을 통해서 중급 및 고급 업무를 수행하게 된다. 임무운영업무는 일상적인 업무 수행을 반복해야 하는 특징과 주기적 또는 이상상태 발생 시 적절하게 대처해야 하는 특징이 있으므로 이에 대한 명시와 정기적인 재교육을 실시해야 한다.

### 3.4 임무운영 절차

#### 가. 정상운영 업무 절차[7]

정상운영이라 함은 일상적인 촬영 요청, 위성관리를 위한 주기적인 특별 임무 등을 포함한다. 그림 9는 정상운영에 대한 전체적인 업무 흐름도를 보여주고 있다. 위성의 일상적인 임무 운영을 위해서 촬영 계획서를 전달받거나 또는 위성시스템의 관리 등을 위한 명령어 전송 요청을 접수함으로써 임무운영 업무를 시작한다.



자료 : [출처], 2008  
그림 9. 정상운영 업무 흐름도

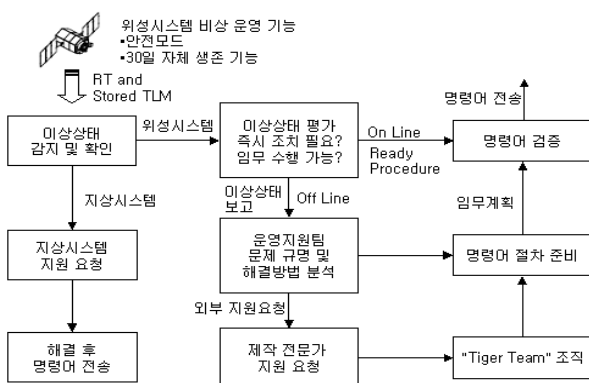
접수된 요청서는 검토과정을 거쳐서 위성의 현재 궤도 상황 및 예측된 궤도 상태에 맞게 요청된 임무를 수행하도록 계획되고 이에 따라 명령어가 생성되어 검증과 승인과정을 거쳐서 최종적으로 위성에 전송된다. 위성 교신과정에서 운영자는 위성으로 정확하게 명령

어가 전송되었는지에 대한 확인 및 전송된 명령어가 위성에서 정상적으로 수행이 되고 있는지에 대한 부분과 사용자 데이터가 정상적으로 수신/저장되는지에 대한 확인 및 위성시스템 안전 상태의 모니터링을 수행하게 된다.

요청된 임무수행에 대해 영상 처리를 위한 보조 데이터 등의 처리가 필요할 경우 해당 데이터를 처리하여 전송한 후 데이터의 전달 및 영상시스템의 수신/저장이 정상적으로 수행되었음을 확인한다.

**나. 비상운영 업무 절차[13]**

비상운영이라 함은 지상 시스템이 비정상적인 경우 또는 위성이 이상상태를 나타내는 경우에 정상상태로 복구하거나 위성을 안전한 상태를 유지시키기 위한 운영을 말한다. 지상시스템의 이상상태 발생 경우에는 실시간 교신 중에 즉시 조치하거나 또는 지상시스템 엔지니어의 지원을 통해서 해결 후 명령어를 전송한다. 위성시스템의 이상상태 발생 시에는 미리 정의된 명령어(Ready Procedure)가 준비되어 즉시 조치가 가능한 경우에는 실시간 교신 시에 명령어를 전송하여 대처한다. 만일 정의되지 않은 이상상태가 발생한 경우에는 교신 업무를 중단하고 위성관제팀장에게 보고 후 운영지원팀의 문제 규명 및 해결방법이 결정되면 그에 따른 명령어를 생성하여 전송한다.



자료 : K2 Operation Handbook

그림 10. 비상운영 업무 흐름도

운영지원팀에서도 문제규명이 되지 않을 경우에는 위성개발자에게 지원을 요청하여 임시 작업반(Working Group)을 구성한다. 아리랑위성 2호의 경우에는 이상발

생 시 위성의 보호를 위한 안전모드 기능이 30일 동안 지상에서의 명령어 없이 생존 가능한 것으로 알려져 있다.

**4. 결론**

임무운영팀의 구성 및 업무영역에 대한 정의는 운영되는 위성의 개수, 위성시스템 운영지원의 여부, 시스템 자동화 정도, 임무운영센터 내에서의 안테나 운영 여부 및 센터 내에 지원 기능이 있는지에 따라서 다양한 구성이 존재할 수 있으며, 이에 따라서 업무의 절차도 정해진다.

임무운영의 복잡도가 증가할수록 임무운영, 안테나 운영 및 관리, 탑재체 사용자 그룹 및 이를 연결하는 네트워크 플랫폼 및 관리가 분리되고 있는 것이 세계적인 추세이다. 또한, 위성시스템 개발팀은 진행되고 있는 차세대 위성시스템의 개발업무에 집중하고 있으므로 이에 대한 기술적인 지원 부분을 자체적으로 수행할 수 있는 전문 인력이 임무운영센터 내에 상주하여 이에 대한 직접적인 지원 및 가교 역할을 수행하고 있다.

항우연 임무운영센터 역시 초기의 단순한 임무운영 개념에서 다중 위성, 다중 사용자, 다중 지상시스템의 운영 등으로 임무운영의 복잡도가 증가하고 있다. 따라서, 임무운영센터 내에 각 위성시스템 및 지상시스템 별 기술적인 지원, 교육 및 인증을 자체적으로 수행할 수 있는 전문 인력의 확보 및 양성이 진행되어야 할 것이다. 또한, 각각의 기능을 가진 담당 업무별, 운영 중인 위성별로 정확한 업무정의하고 업무 절차를 체계적으로 정립하여 위성운영의 안정성 및 효율성을 극대화시켜야 할 것으로 판단된다.

**참고문헌**

1. "Mission Operations Services Concept", CCSDS 520.0-G-2, 2006, pp.24
2. James R. Wertz, "Space Mission Analysis And Design", 1991, pp.491-516
3. Even Eller, "Operation Staffing-Satellite Mission Operations Best Practice", AIAA Space Operations

- and Support Technical Committee, 2003, pp. 5
4. Landsat-7 Lead Spacecraft Systems Engineer, "Landsat-7 Flight Operations Plan", 2000, Honeywell Technology Solutions
  5. <http://ls7pm3.gsfc.nasa.gov/>
  6. [http://spot4.cnes.fr/spot4\\_gb/org\\_expl.htm#page](http://spot4.cnes.fr/spot4_gb/org_expl.htm#page)
  7. 위성관제팀, "임무운영 품질 매뉴얼"
  8. 위성관제팀, "실시간 위성운영 업무 절차서"
  9. 위성관제팀, "임무계획 업무 절차서"
  10. 위성관제팀, "비행역학 업무 절차서"
  11. 위성관제팀, "시스템 관리 업무 절차서"
  12. 위성관제팀, "형상관리 업무 절차서"
  13. KOMPSAT-2 Operation Handbook, K2-D0-370-004, 2006