

特輯論文

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 44(8), 718-727(2016)

DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2016.44.8.718

ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

우리나라 지상시스템의 발전 전망 및 방향

정대원*

Prospect and Direction on Korean Ground System Development

Daewon Chung*

Korea Aerospace Research Institute

ABSTRACT

Korean ground systems have started to be developed for mission control and payload data processing since 1990s. International technology cooperations were needed in the early development phase of ground system for science experiment satellite, LEO satellite and GEO satellite and then they have been developed as domestic own technology since acquiring early technology. Our country has developed total 14 ground systems until now, this paper suggests prospect and direction on ground system development in the base of such development experiences. Mission control system is needed to develop multi-satellite mission control system in the base of technology of re-configure, re-use and automation. Processing system is needed to acquire processing technology for kinds of payload sensor data and study inter-operation to integrate and use outputs which are processed between users. Finally, national ground system infrastructure is needed to operate kinds of lots of satellites at worldwide area.

초 록

우리나라 지상시스템은 위성 관제와 탑재체자료 처리를 위해서 1990년대부터 개발되기 시작하였다. 과학위성, 저궤도위성 및 정지궤도 지상시스템의 초기 개발 시에는 국제기술 협력 등이 필요하였으나, 초기 기술 확보 이후에는 국내 독자 기술로 개발되기 시작하였다. 우리나라는 지금까지 총 14기의 지상시스템을 개발하였으며, 본 논문은 이러한 경험을 바탕으로 발전 전망 및 방향을 제시한다. 관제시스템은 재구성, 재사용, 자동화 기술을 기반으로 하는 다중위성 관제시스템 개발이 필요하다. 처리시스템은 다양한 탑재체자료 처리 기술의 확보와 처리정확도 향상을 위한 검보정 기술의 접목이 필요하다. 또한, 탑재체자료 양의 증가로 인한 고속처리 기술 확보와 처리된 탑재체자료를 사용자 간에 사용하고 통합하는 상호운영성 연구가 필요하다. 끝으로, 다양한 종류의 많은 위성을 운영할 수 있도록 국내외에 분포된 안테나 등 국가 지상시스템 인프라 망 구축이 필요하다.

Key Words : Ground System(지상시스템), Mission Control System(관제시스템), Processing System(처리시스템), Ground System Infrastructure(지상시스템 기반시설)

† Received : April 25, 2016 Revised : July 22, 2016 Accepted : July 27, 2016

* Corresponding author, E-mail : dwchung@kari.re.kr

I. 서 론

우리나라 지상시스템의 개발 역사는 우리나라 위성개발의 역사와 그 궤도를 함께하고 있다. 우리나라는 첨단 기술 육성을 목적으로 1980년대 말부터 우주개발계획을 수립하기 시작하였으며, 1990년대에 접어들면서 국가 우주개발중장기계획을 바탕으로 본격적인 우주개발을 시작하였다. 우리나라는 학계 주도로 만들어진 우리별위성 1호를 1992년에 발사함으로써 세계에서 25번째 인공위성 보유국이 됐다. 썬리 대학(Surrey University)의 기술 지원을 받아서, 우리별위성 1호를 운영하기 위한 우리나라 최초의 지상시스템이 인공위성연구센터에 의해서 개발되어, 대전 한국과학기술연구원 인공위성연구센터 내에 설치 운영되었다. 1995년 8월 5일 미국 플로리다 주 케이크커내버럴의 미 공군 기지에서 델타 II 발사체에 실려 발사된 우리나라 최초의 상업위성인 방송통신위성 무궁화위성 1호는 적도상공 정지궤도에서 방송용 중계기 3개와 통신용 중계기 12개를 사용하여, 위성방송과 통신에 필요한 전파를 송수신함으로써 우리나라의 인공위성 상용 활용시대를 열었다. 무궁화위성 1호 지상시스템은 미국 GE Astrospace 사에 의해 제작되어 용인 및 대전에 설치되어 운영되었다. 지상시스템을 구매하는 형태인 무궁화위성 시리즈 개발과는 달리, 천리안위성 지상시스템은 프랑스의 EADS 아스트리움사의 기술 지원을 받아서, 한국항공우주연구원과 한국전자통신연구원에 의해서 개발되어 2010년 6월 26일부터 대전 한국항공우주연구원에서 운영되고 있다. 인공위성 시스템의 독자 개발능력을 키우고 인공위성 관련 기술을 확보하기 위하여 국가 및 연구계 주도로 만들어진 다목적실용위성 1호는 1999년 12월 21일 미국 반덴버그 공군기지에서 토러스 로켓에 의해 발사됐다. 다목적실용위성 1호는 미국 TRW사와 한국항공우주연구원의 주도로 국내 연구계/산업계가 참여하여서 만들어진 위성이다. 다목적실용위성 1호 지상시스템은 미국 TRW 사의 기술 지원을 받아서, 한국항공우주연구원과 한국전자통신연구원에 의해서 개발되어 대전 한국항공우주연구원 부지 내에 설치 운영되었다. 우리별위성 1호, 무궁화위성 1호, 다목적실용위성 1호의 성공을 바탕으로 후속 위성의 개발이 이루어졌으며, 이들 후속 위성을 운영하기 위한 지상시스템이 지속적으로 개발 운영되었다.

과학위성 계열인 우리별위성 1호 지상시스템, 정지궤도위성 계열인 천리안위성 지상시스템 및

저궤도위성 계열인 다목적실용위성 1호 지상시스템의 국내 최초 개발에는 해외 기술 협력 등이 필요하였으나, 이후에 개발된 위성의 지상시스템은 국내 독자 기술로 개발되었다. 이것은 지상시스템 기술 개발에 핵심 요소인 국내 소프트웨어 등 IT 기술과 안테나 등의 하드웨어 기술의 수준이 세계와 비교하여 높은 수준에 있고, 지상시스템의 기술은 위성의 운영 등 안전과 관련이 있기 때문에, 세계의 기술 장벽이 위성 개발과 비교해서 낮기 때문이라고 분석된다.

관제시스템의 체계가 갖추어지고, 여러 위성을 운영하기 시작하자 관제시스템의 효율적인 개발과 운영에 대한 필요성이 증대되기 시작하였다. 위성을 운영하기 위한 관제시스템의 핵심 기능은 모든 위성에 동일하다. 신규 위성이 이전 위성과 같은 종류의 임무를 수행한다면 신규 관제시스템은 이전 관제시스템으로부터 일부 기능 등을 변경하거나 추가하면 된다고 할 수 있다. 만약 해상도가 1 미터인 위성의 후속으로 0.7 미터인 신규 위성을 개발한다면 신규 관제시스템은 이전의 관제시스템과 매우 유사하다. 신규 위성이 이전 위성과 임무나 기능이 다르다면 다를수록 신규 관제시스템의 소프트웨어와 하드웨어의 변경이나 추가가 많아진다. 또한, 변경이나 추가가 매우 많은 경우에는 관제시스템의 신규 개발이 더 용이할 수 있다. 이러한 관점에서 관제시스템의 재구성(re-configure), 재사용(re-use), 자동화(automation)에 대한 연구개발 중요성이 부각되고 있다. 다목적실용위성 3호 관제시스템은 이러한 연구 결과를 일부 반영하여 다중위성 운영이 가능한 관제시스템으로 개발되었다[1]. 또한, 다목적실용위성 3호 이후로 개발되고 있는 위성의 관제시스템 개발에 있어서도 국내외에 연구되고 있는 새로운 다중위성 운영 개념을 적용하여서 개발되고 있다.

처리시스템은 광학센서, SAR 센서, IR 센서, 기상센서 및 해양센서 등 다양한 탑재체자료를 처리할 수 있는 기능을 가져야 하며, 처리된 탑재체자료의 정확도 향상을 위한 보정 기능이 보완되어야 한다. 또한, 고해상도 광학위성 등의 개발로 인한 탑재체 자료량의 증대를 감안한 고속 처리 기술을 갖추어야 한다. 다양한 사용자들이 서로 다른 탑재체자료를 쉽게 사용할 수 있도록 표준화 등 상호운영성 기술을 확보하여야 한다.

우주 개발 선진국의 선진 위성 운영 능력과 맞먹는 지상시스템을 구축하기 위해서는 전문 인력 확보와 국가가 지원하는 지상시스템 인프라 구축이 필요하다. 지상시스템은 전문 인력에 의한 운영을 포함하게 되며, 지상시스템 개발 시

관제, 처리 및 활용에 대한 전문 인력 확보를 반드시 고려해야 한다. 지상시스템 인프라 망의 핵심은 국내 및 전 세계에 분포되어 있는 지상기지망을 구축하여서 위성과의 통신 시간을 최대화하는 것이다. 미국은 NASA를 중심으로 지상기지망의 구축과 전문 인력을 확보하여서 저궤도 위성, 정지궤도 위성, 탐사위성 등의 운영에 활용하고 있으며, 유럽연합, 독일, 유럽 등 각국도 국가 주도로 지상기지망과 전문 인력을 확보하여서 국가 및 민간의 우주개발을 지원하고 있다. 이를 참고하여서, 우리나라도 국가 단위의 적정 수준의 지상기지망 구축을 수행하여야 한다고 판단된다. 이러한 지상시스템 인프라 구축은 하나의 부처, 기관이나 기업만이 아니라 여러 부처, 기관이나 기업이 사용할 수 있다는 측면에서 국가적 투자와 관리가 요구된다.

II. 지상시스템 개발 현황

2.1 운영 중인 지상시스템

운영 중인 관제시스템

우리나라의 첫 번째 실용급 지구관측 위성인 다목적실용위성 1호 관제시스템은 한국항공우주연구원/한국전자통신연구원과 미국 TRW사의 공동기술개발을 바탕으로 개발된 후, 대전 한국항공우주연구원에 설치되어 1999년 12월 21일부터 2008년 1월 31일 다목적실용위성 1호 임무 종료 시까지 성공적으로 운용되었다. 이를 통해서 우리나라는 실용급 저궤도 위성 관제시스템 개발 기술을 확보하였으며 8년간의 위성운용을 통해서 저궤도 관측 위성 운영 기술도 동시에 보유하게 되었다. 2006년 7월 28일에 러시아 플레세츠크에서 로켓 발사체에 의해 발사된 고해상도 지구관측 위성 다목적실용위성 2호 관제시스템은 다목적실용위성 1호 관제시스템의 개발기술에 고해상도 임무를 수행하기 위한 관제기능을 추가하여 국내 기술로 개발되었다. 다목적실용위성 1호 관제시스템이 저궤도 위성의 관제에 필요한 기본적인 기능들을 구현한 것이라면 다목적실용위성 2호 관제시스템은 다목적실용위성 1호의 관제운용을 통해 얻은 경험을 개발에 반영하여 다양한 기능과 높은 성능을 실현시킨 것이다. 다목적실용위성 1호 및 2호의 관제시스템(Mission Control Element; MCE)은 다음과 같은 네 개의 서브시스템으로 구성되었다.

- TTC 서브시스템(TT&C: Tracking, Telemetry & Command Subsystem),

- 위성운영 서브시스템(SOS : Satellite Operations Subsystem),
- 임무분석계획 서브시스템 (MAPS : Mission Analysis and Planning Subsystem),
- 위성시뮬레이터 서브시스템 (SIM : Satellite SIMulator Subsystem)

다목적실용위성 3호 관제시스템은 안테나 서브시스템, 위성운영 서브시스템, 임무계획 서브시스템, 비행역학 서브시스템, 위성 시뮬레이터 서브시스템으로 구성되었다. 또한, 관제시스템을 구동하기 위해 필요한 관제기반시설은 관제실, 브리핑실, 고주파(RF)실, 장비실 등의 건물과 전력, 무정전전원공급장치, 공조기, 네트워크, 통신시설, 보안장비, 시각표시장치, 오디오 시설, 피피, 방화 시설 등의 유틸리티와 빔 프로젝터, 운영 지원 소프트웨어, 퍼스널컴퓨터 등으로 구성되었다. 다목적실용위성 3호 관제시스템 개발 과정에서 다중위성 운영개념의 일부인 동시 운영 개념 등이 처음으로 적용되기 시작하였다. 다목적실용위성 3호는 다목적실용위성 2호 및 다목적실용위성 5호 등과 동시에 운영되도록 관제시스템 설계 및 개발을 진행하였고, 관제기반시설 부분도 동시 운영을 고려하여 확장 구축하였다. 예를 들어서, 안테나 서브시스템의 경우에는 기존 13미터 안테나를 업그레이드하였고, 별도로 개발된 7.3미터 안테나 역시 다목적실용위성 2호, 3호 및 5호 운영에 이용할 수 있도록 하였다. S-대역의 통신을 위한 여유 장비로 유사시에 언제든지 다목적실용위성 2호, 3호 및 5호를 운영할 수 있도록 1.5미터 소형 안테나를 개발하였다[2].

다목적실용위성 5호 및 다목적실용위성 3A호 관제시스템은 다목적실용위성 3호 관제시스템 운영 및 개발 개념을 바탕으로 다중위성 운영개념이 적용되도록 개발되었다. 다중위성 운영개념이란 공통의 핵심 기능들을 공유하고 각 위성 임무에 따라 요구되는 부가적인 기능들을 점목방식 또는 모듈 방식으로 추가함으로써 개발 비용과 위험을 줄이고, 서로 유사한 임무특성을 가지는 다수의 위성들을 동시에 운영할 수 있도록 하여서 운영 비용과 위험을 줄이는 운영 개념이다 [3,4]. 다목적실용위성 3호 관제시스템, 다목적실용위성 5호 관제시스템 및 다목적실용위성 3A호 관제시스템은 각각 2012년, 2013년 및 2015년부터 운영 중이다.

천리안위성 관제시스템은 국내에서 처음 개발된 정지궤도 위성용 관제시스템으로서 한국항공우주연구원/한국전자통신연구원이 프랑스 EADS Astrium 사와 기술협력을 통해서 개발하였으며,

Table 1. Korea Satellite Development Plan

구 분		~'20 [11대]	'21~'30 [40대]	'31~'40[62대]
저궤도 위성개발	다목적실용위성	3A호 광학('15), 6호 SAR('19) 7호 광학('20)	- 광학 1기 발사 - SAR 1기 발사	- 광학 2기 발사 - SAR 2기 발사
	차세대중형위성	정밀광학 발사 ('18), 정밀광학 발사 ('19), 과학 발사 ('20)	- 정밀과학 2기 발사 - 광역광학 3기 발사 - 기상환경(마이크로파)3기 발사 - 영상레이더 8기 발사 - 기상환경(초분광) 3기 발사 - 우주과학검증 4기 발사	- 정밀과학 6기 발사 - 광역광학 2기 발사 - 기상환경(마이크로파)16기 발사 - 영상레이더 12기 발사 - 기상환경(초분광) 4기 발사 - 우주과학검증 3기 발사
	차세대소형위성 (과학위성)	발사 ('16), 발사('20)	- 과학임무위성: 2기 발사 - 우주과학검증위성 2기 발사	- 3기 발사 (인력양성, 과학임무 및 기술 검증)
중궤도 및 정지궤도 위성 개발	기상 위성 발사 ('17), 해양·환경 발사('18년), 민관·통신위성 발사('19)	- 기상위성 1기 발사 - 해양환경위성 1기 발사 - 조기경보보정항법 1기 발사 - 전파탐지위성 1기 발사 - 군용통신위성 1기 발사 - 경사궤도항법위성 3기 발사 - 정지궤도항법위성 2기 발사 - 방송통신·긴급통신 1기 발사	- 기상위성 1기 발사 - 해양환경위성 1기 발사 - 조기경보보정항법 2기 발사 - 전파탐지위성 1기 발사 - 군용통신위성 1기 발사 - 경사궤도항법위성 1기 발사 - 정지궤도항법위성 3기 발사 - 방송통신·긴급통신 1기 발사 - 데이터중계위성 1기 발사	

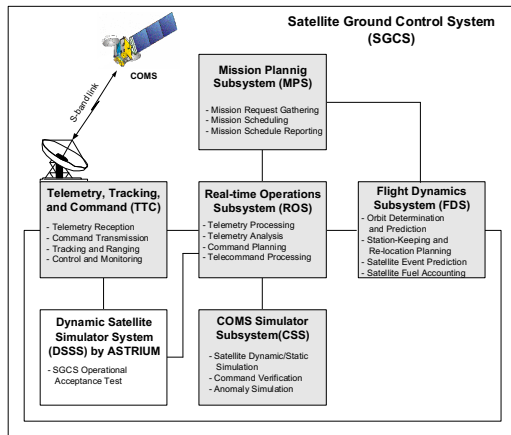


Fig. 1. COMS Mission Control System

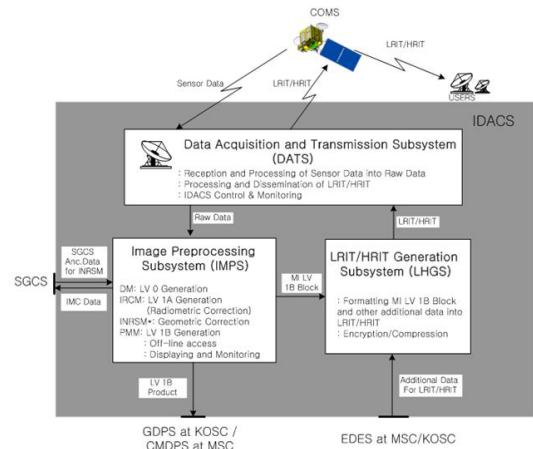


Fig. 3. COMS Receiving and Processing System

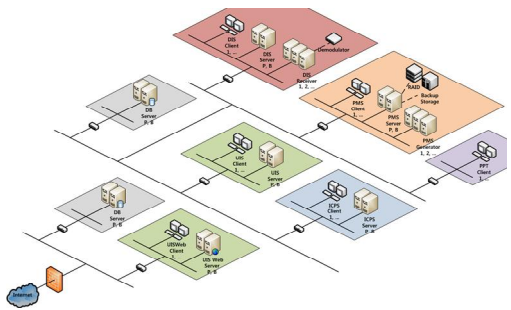


Fig. 2. KOMPSAT-3 Receiving & Processing System Diagram[5]

대전 항우연에 설치되어서 2010년 6월 26일부터 운영 중에 있다. Fig. 1은 천리안 위성 관제시스템을 구성하는 5개의 서브시스템과 Astrium 사가 공급한 시뮬레이터를 보여준다. Astrium 사의 시뮬레이터는 천리안 위성 관제시스템의 기술시

험 및 운용시험 단계에서 위성을 대신하여 사용되었다.

운영 중인 수신처리시스템

수신처리시스템은 위성으로부터 전송받은 자료를 수신, 처리, 관리 및 분배하는 시스템이다. 국내 수신처리시스템의 개발 역사는 관제시스템의 개발 역사의 흐름과 동일하다고 할 수 있다. 1992년에 발사된 우리별위성 1호를 위한 수신처리시스템이 개발되었으며, 다목적실용위성 1호 및 다목적실용위성 2호를 위한 수신처리시스템은 각각 1999년과 2006년에 개발 완료되었다. 천리안위성의 수신처리시스템은 2010년에 개발 완료되었다. 우리나라 수신처리시스템은 관제시스템 개발의 역사와 유사하게 1호 수신처리시스템의 개발 시에는 해외와의 기술 협력으로 개발되었으

며, 이후부터는 국내 독자 기술로 개발되었다. 다목적실용위성 3호 및 5호기의 수신처리시스템은 다음과 같이 4개의 서브시스템으로 구현된다.

- UIS(User Interface Subsystem)
- ICPS (Image Collection Planning Subsystem)
- DIS (Direct Ingestion Subsystem)
- PMS (Product Management Subsystem)

2.2 개발 중인 지상시스템

저궤도위성인 다목적실용위성 6호, 차세대소형 위성 및 차세대중형위성 지상시스템과 정지궤도 위성인 정복위성 2A 및 2B 지상시스템 및 심우주 지상시스템인 달탐사 지상시스템이 2016년 현재 개발 중에 있다.

다목적실용위성 6호 지상시스템은 Fig. 4와 같은 구조를 갖는다. 지상시스템은 관제를 담당하는 관제시스템(MCE, Mission Control Element), 영상수신 및 처리를 담당하는 영상수신처리시스템(IRPE, Image Receiving Processing Element), 보정을 담당하는 보정시스템(CE, Calibration Element)로 구성된다. 다목적실용위성 6호 지상시스템은 다목적실용위성 5호 지상시스템과 유사하며, 다중위성 운영개념이 적용되어서 개발 중에 있다.

Figure 5는 차세대중형위성 1호 지상시스템이다. 차세대중형위성 1호 지상시스템은 다중위성 운영개념이 적용되어서 개발 중에 있다. 특히, 차세대중형위성은 국내 처음으로 프레임워크 기반으로 개발 될 계획이다. 한국항공우주연구원이 개발하는 차세대중형위성 1호 지상시스템의 프레임워크 개발 방안은 component library 기반 개방구조 소프트웨어 개발에 집중하고 있으며, 초기 버전의 프레임워크 지상시스템이라 할 수 있다. 추후, 차세대중형위성 1호에서 개발한 component library 기반 개방구조 소프트웨어에 하드웨어 부분과 시험 부분 등을 추가하면 완벽

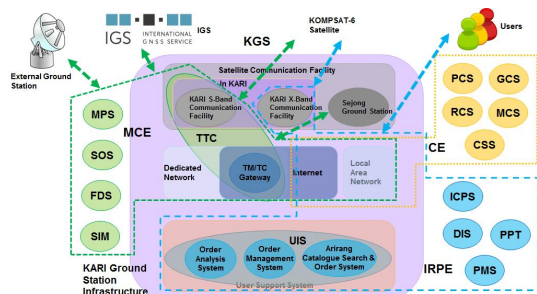


Fig. 4. KOMPSAT-6 Ground System

한 프레임워크 지상시스템이 될 수 있을 것이다.

Figure 6은 정복위성 지상시스템이다. 정복위성 지상시스템은 운영자 및 사용자 구분에 따라서 한국항공우주연구원, 국가기상위성센터, 국가환경위성센터 및 한국해양위성센터에 기능 별로 설치되어서 운영될 예정이다.

Figure 7은 달탐사 지상시스템이다. 달탐사 지

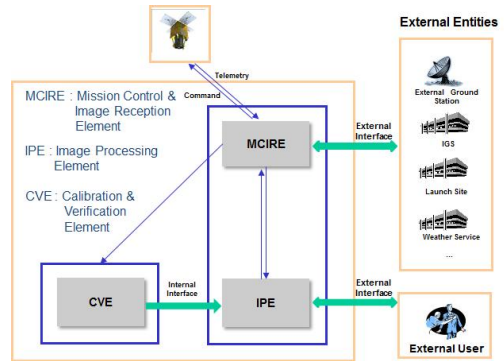


Fig. 5. CAS500-1 Ground System

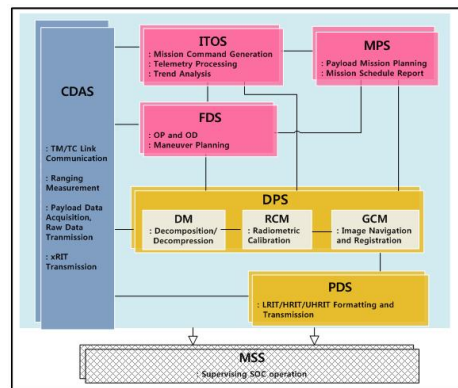


Fig. 6. GK-2 Ground System

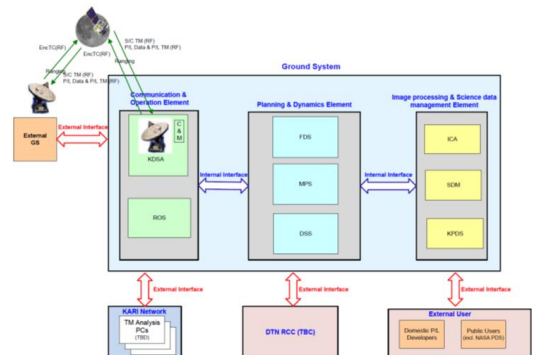


Fig. 7. KPLO Ground System

상시스템은 지구궤도 내의 위성을 운영하는 지상 시스템과 달리 달궤도 내에서 위성이 운영이 될 수 있도록 개발되어야 한다. 통신, 항법, 임무계획 등의 분야에서 임무 개념이 새로이 개발되어야 하고, 이것에 맞는 하드웨어, 소프트웨어 및 기술 인력을 개발 구축하여야 한다.

2.3 우리나라 지상기지망

우리나라는 2015년까지 총 14기의 비상업용 위성이자 공공 목적의 위성을 발사하였다. 발사된 위성은 각각 우리별위성 3기, 과학기술위성 4기, 나로위성 1기, 다목적실용위성 5기, 천리안위성 1기이다. 특히, 다목적실용위성 3호 보유로 세계에서 4번째로 서브미터급 광학영상을 제공하게 되었고, 다목적실용위성 5호 보유로 세계 5번째 레이더영상(SAR)을 제공하게 되었고, 다목적실용위성 3A호 보유로 적외선영상을 제공하게 되었으며, 천리안위성 보유로 세계 최초 정지궤도 해양위성 및 세계 7번째 기상위성 보유국이 되었다. 현재에도 차세대소형위성 1기, 차세대중형위성 2기, 다목적실용위성 1기, 정지궤도복합위성 2기가 국내 개발 중에 있다. 또한, 2016년 현재 다목적실용위성 2호, 3호, 3A호, 5호 및 천리안 위성이 정상 운영 중에 있다. 국가우주개발중장기 계획에 따르면, 위성 발사는 2020년까지 위성 11기 추가발사, 2030년까지 위성 40기 추가발사, 2040년까지 위성 62기 추가발사가 계획되어 있다 [6]. 이러한 많은 수의 위성 발사는 국내에 다양한 종류의 수요층이 존재함을 의미하며, 수요 부처로는 미래창조과학부, 기상청, 국토교통부, 환경부, 해양수산부, 국방부, 행정자치부, 농림축산식품부, 국방부 등이 있을 수 있다. 전술한 바와 같이 저궤도, 중궤도, 정지궤도 및 심우주에 위치한 다수의 위성들을 운영하기 위해서는 국가 수준의 전 세계 지상기지망이 구축되어야 한다. 지

상기지는 관제소 전용, 수신소 전용 및 관제 및 수신이 가능한 관제수신소 지상기지로 구분할 수 있다.

한국항공우주연구원은 위성 운영을 위하여 국내에는 대전과 제주도에 관제소를 설치 운영 중에 있으며, 총 3개소의 해외 관제소를 운영하고 있다. 이 중 항우연이 설치하여 운영하는 해외 관제소는 세종관제소 및 웨노관제소 2개소이며, 노르웨이 스텔바드에 위치한 관제소는 임차하여 운영 중인 곳이다. 한국항공우주연구원은 2017년 초 개발 완료를 목표로 하여 독일 베를린 근교 노이스탈리치에 관제소를 신규 구축 중에 있다. 특히, 노이스탈리치 소재 신규 관제소는 우리나라가 해외에 설치하는 최초의 수신소이다.

III. 지상시스템 발전 방향

3.1 관제시스템

한 기관에서 여러 기의 위성을 운용할 경우 각 위성에 따라 다른 종류의 관제시스템을 사용하게 되면 운용자들의 업무 부담이 증가하게 되고, 관제시스템의 유지보수에 소요되는 비용이 증가하게 된다. 한편, 한꺼번에 여러 기의 위성을 발사하는 것이 아니고 몇 년에 걸쳐서 운영할 위성이 추가되는 경우에는 하나의 통일된 관제시스템을 구성하는 것이 쉽지 않다. 따라서 위성 관제시스템을 설계할 때 처음부터 개방형 프레임워크를 사용하여 시스템의 확장이 가능하도록 구성하여야 한다. 명령송신 및 원격자료수신용 안테나와 탑재체자료 수신용 안테나는 안테나 기술의 고도화와 다중위성운영의 편의성을 고려하여서 하나의 안테나로 통합하여 운영할 수 있게 되었으므로 관제시스템 내에 편입하여서 두 개의 안테나가 아닌 하나의 안테나로 개발하는 것이 효과적이다. 또한, 위성 A용 관제시스템에서 사용된 하드웨어와 소프트웨어를 신규 위성 B용 관제시스템에서 재구성 하는 것과 위성 A용 관제시스템에서 사용된 하드웨어와 소프트웨어를 신규 위성 B용 관제시스템에서 재사용 하는 것이 주요한 연구 방향이 될 것이다. 재구성은 새로이 운영해야 할 위성용 관제시스템을 새로이 구성하는 것이 아니라 이전에 구축한 관제시스템을 재구성하여 사용하고자 하는 것이다. 즉, 재구성을 통하여 이전 위성을 위한 관제시스템의 구성 요소 중의 일정 부분을 새로운 위성을 위한 관제시스템에 사용하도록 하는 것이다. 재사용은 이전 위성용 관제시스템의 하드웨어나 소프트웨

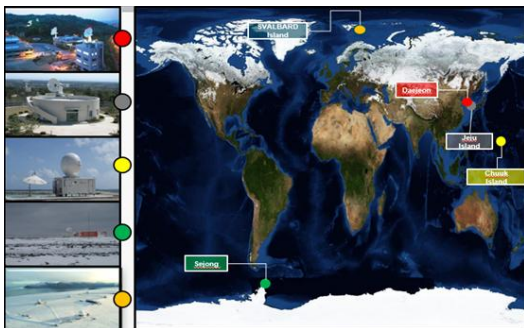


Fig. 8. KARI Ground Station Network[7]

어 중 일부를 새로운 위성용 관제시스템에 재사용하고자 하는 것이다. 재구성과 재사용을 통하여 신규 관제시스템의 크기와 규모를 적절히 유지하는 것이 핵심이다. 해외의 주요 운영 기관에서는 재구성과 재사용 기술 분야에 집중적인 연구를 하고 있다. 재구성과 재사용의 기술이 적용되어 개발된 관제시스템으로는 유럽우주청(ESA)이 개발한 SCOS-2000과 다목적실용위성 3호 및 다목적실용위성 5호 관제시스템 등이 있다. 재구성과 재사용 기술을 운영할 위성들에 계속 적용하여서 다중위성 관제시스템을 개발 운영하여야 한다.

2000년 이전에는, 상업용 관제시스템은 위성체를 제작하는 기업들이 주로 터키시스템으로 공급하였다. 예를 들어서, 무궁화위성 1호, 무궁화위성 2호, 무궁화위성 3호는 위성체 제작사인 현 Lockheed Martin Space Systems(구 미국 GE AstroSpace) 사가 무궁화위성 1호, 무궁화위성 2호, 무궁화위성 3호와 각각의 관제시스템 모두를 제작하여 공급하였다. 2000년대에 들어서서, 위성체 제작사들은 위성시스템 터키 계약 시 관제시스템 제작비용의 절감과 전문기업의 개발 참여로 인한 효율성 확보 등의 이유로 관제시스템 전문기업과 공동으로 관제시스템 개발 제안서를 제출하기 시작하였다. 예를 들어서, 무궁화위성 6호의 위성체 버스는 Orbital 사에서, 통신 탑재체는 Thales Alenia Space 사에서, 관제시스템은 Integral Systems 사에서 제작하여 공급하였다. 해외의 대표적인 상업용 관제시스템 개발 업체로는 미국의 Integral Systems 사와 스페인의 GMV 사를 꼽을 수 있다. Integral Systems 사는 미국의 시장을 선점하고 이를 기반으로 유럽 및 아시아로 시장을 넓히고 있으며, 반대로 스페인의 GMV 사는 유럽시장을 기반으로 미국 및 아시아로 시장을 넓히는 과정에 있다. 비상업용 관제시스템 개발의 예로는, 유럽우주청(ESA)의 주관 하에 관제시스템이 개발되며 관제운영은 유럽우주청 산하 유럽위성운영센터(ESOC)에서 담당하고 있다. 유럽우주청은 관제운영 뿐만 아니라 관제시스템 기술 개발도 수행하고 있으며, 위성관제시스템의 일종인 SCOS-2000(Satellite Control and Operation System 2000)을 개발하였다. SCOS-2000은 유럽위성운영센터(ESOC)가 축적한 30여년의 위성운영 지식을 바탕으로 개발된 위성 관제시스템 소프트웨어 프레임워크이다. 유럽의 관제시스템 개발 기업들은 SCOS-2000을 소프트웨어 프레임워크로 채택한 후 부가적인 기능을 추가한 관제시스템을 개발하고 있다. 오픈 아키텍처인 SCOS-2000은

원격측정자료 처리, 원격명령, 탑재 소프트웨어 관리, 웹기반 데이터 배포에 관련된 컴포넌트 라이브러리를 제공하고 있으며, 어떤 특정한 목적의 위성 임무를 위한 기능들을 신규 추가할 수 있도록 구성되어 있다. SCOS-2000을 기반으로 개발된 관제시스템은 Radarsat 2, XMM Newton, Integral, MSG, Cyrosat, GOCE, Herschel Plank, 그리고 Rosetta 임무 등이 있다. SCOS-2000을 기반으로 스페인의 GMV, 영국의 Logica 및 SciSys 사가 상업적으로 관제시스템을 개발하여 판매하고 있다[8]. 비상업용 관제시스템 중 미국의 경우, 위성의 관제는 위성의 목적에 따라서 NASA JPL, NASA GSFC, NASA JSC, NOAA NESDIS, 해군, 공군 등에서 개발하고 있다. 최근, 유럽우주청은 모든 위성 임무에 적용 가능하고, 발사 전 시험 및 발사 후의 운영 기간 중에 위성을 관제할 수 있는 공통의 기반시설인 European Ground Systems - Common Core(EGS-CC)를 개발하고 있다. EGS-CC는 유럽우주청의 주도 하에 프랑스우주청, 독일우주청, 영국우주청, Airbus Defence and Space 사, Thales Alenia Space(France and Italy) 사, OHB System 사가 개발에 참여하고 있다. EGS-CC는 현재 개발이 진행 중에 있으며, 단계 A(사용자 요구사항 및 시스템 개념)와 단계 B(소프트웨어 요구사항 및 구성 설계)를 완료하였으며 현재 단계 C/D(상세 설계 및 코딩)를 수행 중에 있다[9]. 차세대중형위성 시리즈 등 2030년까지 개발될 다수의 우리나라 위성의 시험 및 관제를 고려하여서 운영 중인 관제시스템과 개발할 관제시스템을 통합하여서 프레임워크 관제시스템 개발이 필요하다. 한국항공우주연구원은 프레임워크 소프트웨어 구성 등에 대한 내용에 대해서 유럽우주청과 국제 협력 중에 있다.

자동화는 관제 운용에 있어서 일상적인 작업을 자동화하여 관제 운용자의 업무 집중도를 높이는 방향으로 진행되고 있다. NASA GSFC의 자동화 적용 사례로써 일상적인 위성상태 감시, 위성교신 스케줄 생성, 그리고 명령전송을 자동화가 있다. SMART-1 위성[10]과 AGILE 위성[11]의 지상시스템 임무계획 부분에 자동화가 적용되었다. 다목적실용위성 1호에서는 임무계획 결과를 명령계획표로 자동 생성시킨 사례가 있다. 비행역학 분야에 대한 자동화를 살펴보면, INTEGRAL 위성[12] 및 IRS 위성[13]에 대한 궤도 및 자세결정 시스템의 자동화 사례가 있으며, 정지궤도 위성 또한 궤도결정 및 궤도제어 시스템을 자동화하여 운영하고 있다. 그러나 완전하

지 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.

3.2 처리시스템

처리시스템의 가장 중요한 기능 중 하나는 탑재체자료를 처리하여 위성영상 등을 생성하는 것이다. 이를 위해서 센서 특성에 맞는 신호처리, 방사보정 및 기하보정 기술이 요구된다. 광학센서 및 SAR 센서, IR 센서, 기상센서, 해양센서 등 다양한 탑재체가 개발 또는 운용되고 있기 때문에 각 센서의 특징에 적합한 처리 기술의 계속적인 발전이 필요한 상황이다. 처리 기술의 발전과 더불어서 더 정밀한 보정 및 유효성확인(Calibration & Validation) 기술이 요구되고 있다. 미래의 처리시스템은 보정 기능과 통합되어 보정의 수단 및 결과를 반영한 처리시스템으로 운영되리라 예상된다.

고해상도 지구관측위성의 경우, 수신해서 처리해야 할 탑재체자료의 양이 과거에 비해 매우 큰 폭으로 증가되었다. 또한 자료저장 및 전송의 효율성을 위한 압축의 사용, 보안을 위한 비화 등의 자료 처리를 위한 연산량의 증가가 필요하게 된다. 이러한 대용량 자료의 고속처리를 위해서 하드웨어 기반의 처리시스템 개발, 소프트웨어 알고리즘의 최적화 및 다양한 종류의 병렬처리 기법의 도입 등이 시도되고 있다. 예를 들어 OpenMP[14]나 SIMD(Single Instruction Multiple Data)[15] 기술 등이 적용되어 왔다. 이러한 병렬처리 기술 중에는 NVIDIA에서 제공하고 있는 CUDA(Compute Unified Device Architecture)[14]가 있다. CUDA는 그래픽 성능을 강화하기 위해 고안되었으나, 영상처리에 적합한 접근이 용이하고 저가인 병렬처리 하드웨어 아키텍처를 제공함으로써 위성영상 수신처리시스템에서 고속의 영상처리 능력을 확보하기 위한 수단이 된다.

상호운영성(inter-operability)은 새로운 센서 개발, 구글 등 인터넷 발달에 따른 GIS 및 원격탐사 자료의 범용화 및 원격탐사 분야와 주변 분야의 자료 통합 추세에 따라서 중요한 화두로 떠오르고 있다. 그러나 현실적인 어려움은 이러한 통합을 위한 표준화가 다양한 기구에 의해 진행되고 있다는 것이다. 원격탐사 분야에서의 표준화 정의는 International Organization for Standard (ISO), Open Geospatial Consortium (OGC)[16], European Spatial Data Research (EuroSDR)[17], Group on Earth Observations (GEOSS)[18] 등

Table 2. Oversea Receiving and Processing System Development Organizations and Companies

위성	개발 기관/회사	비고
IKONOS	Raytheon	미국
GeoEye	MDA	캐나다/미국
	Raytheon	미국
	Orbit Logic	미국
WorldView	MDA	캐나다/미국
RapidEye	MDA	캐나다/미국
RadarSat	MDA	캐나다/미국
Sentinel	MDA	캐나다/미국
SPOT-5	CNES	프랑스
	SISA	
	EADS	
ENVISAT	ACS S.p.A	이태리
TerraSAR-X	DLR	독일
EROS	Vexcel	미국

다양한 기구에서 이루어지고 있으며, 서로 상보적인 관계로 발전하고 있다. 이러한 표준화 방안은 데이터의 표준화, 메타데이터의 표준화 및 서비스의 표준화까지 정의되고 있다.

해외의 수신처리시스템은 공공 활용이 목적인가 상용 활용이 목적인가라는 임무 목적의 종류 등에 따라서 우주기관 또는 수신처리시스템 개발 전문기업에서 개발되고 있다. Table 2는 위성들의 수신처리시스템 개발 기관 및 전문기업을 정리한 것이다. 일반적으로 자국 위성에 대한 수신처리시스템은 자국의 우주기관 또는 전문기업에서 개발하고 있다고 할 수 있다. 우리나라도 국내의 연구기관을 포함한 우주기관 또는 전문기업에서 수신처리시스템의 개발을 수행할 것으로 예상된다.

3.3 지상기지망 등 지상시스템 인프라

미국 NASA, 유럽우주청 ESA, 프랑스 CNES 및 일본 JAXA와 비교하여 우리나라의 해외 지상기지 숫자는 부족하다고 할 수 있다. 다운링크할 임무 자료량이 많은 특성을 가지고 있는 저궤도위성의 경우에는 많은 지상접촉을 요구하게 된다. 각 위성 임무에서 요구되는 지상접촉의 숫자는 식 (1)과 같으며, 이때, V는 위성 시스템의 가시성인 교신시간, R은 자료전송율, Q는 수신할 자료량, C는 다운링크 하는데 요구되는 교신 횟수이다. 교신 횟수 C는 필요한 지상기지 숫자와 관련된다. 예를 들어서, 하루 60분 촬영하고 자료생성률이 3 Gbps이라서 총

Table 3. Oversea Ground Station Status(By 2014)

국 가	해외 지상기지 개수	운영위성 개수
미국	16	100 이상
유럽	16	23
프랑스	6	17
일본	4	20
한국	2	4

10,800,000 Mbit의 영상을 생성하고, 자료전송을 640 Mbps, 600 초의 교신시간을 가질 경우 최소 28 회의 위성과 지상 간의 교신 횟수가 필요하다. 위도 36도에 위치한 지상기지는 평균 5회 정도의 교신 횟수를 제공하므로 식 (1)의 28회를 하나의 지상기지가 감당할 수 있는 교신 횟수 5회로 나누면 약 5.6곳의 지상기지가 있어야만 60분 촬영 영상 모두를 지상으로 가져올 수 있다. 우리나라는 국내가 아닌 해외 수신이 가능한 지상기지는 독일에 현재 구축 중인 지상기지와 노르웨이에 위치한 임대 지상기지만을 가지고 있다. 따라서, 우리나라가 현재 가지고 있는 지상기지로 1기의 광학 저궤도위성의 하루 60분 촬영 영상을 지상으로 가지고 올 수 없는 상황이다. 또한, 임대 해외 지상기지의 경우 여러 나라의 여러 위성 수신을 상용 서비스하기 때문에 비용의 부담뿐만 아니라 수신 우선 순위에 따른 운영 제한 등이 발생하고 있다. 따라서, 해외 지상기지 추가뿐만 아니라 우리나라 소유의 해외 지상기지의 추가가 필요하다.

$$C = \frac{Q}{RV} \quad (1)$$

미국은 해외 지상기지 숫자가 16개소이고, 유럽우주청은 16개소, 프랑스우주청은 6개소, 일본우주청은 4개소인 반면에 한국은 2개소뿐이다. 또한, 항우연이 기구축한 해외 시설은 관제 전용 시설로서 영상 수신이 안 된다는 문제점이 있다. 따라서 '20년까지 위성 11기 추가 운영에 필요한 관제 및 수신이 가능한 해외 지상시설 구축이 요구된다. 해외의 경우 해외 관제수신소 지상기지는 국가 우주기관에서 총괄 개발하여 운영하고 있다. 미국, 유럽 및 일본 등의 국가 내 학교, 기업체 및 여러 부처는 국가 우주기관이 구축한 해외 관제수신소를 공동으로 사용하고 있다. 우리나라의 경우, 여러 부처가 참여하여 위성 발사 및 운영이 이루어질 것으로 예상되는 바, 국가

차원의 통일된 해외 관제수신소 개발 체계가 필요하다 할 수 있겠다.

IV. 결 론

지상시스템의 차세대 발전 방향은 위성 운영의 안정성 및 효율성을 극대화하는 것에 중점을 둔다.

다중위성운영과 관련하여 관제시스템의 재구성 및 재사용에 대한 연구가 지속되어야 한다. 또한, 자동화는 일상적인 임무운영의 내용이 대부분 반복적으로 이루어진다는 점에서 그 적용 범위가 늘어나고 있다.

우리나라의 처리시스템의 개발은 선진국에 비해 상대적으로 늦은 편이었으나, 국내 IT 기술의 역량과 다목적실용위성 등의 개발에 힘입어 많은 발전을 이루었다. 지속적인 처리시스템 기술의 발전을 위해서는 SAR, IR 센서, 기상센서, 해양센서, Hyperspectral 센서 등 새롭게 개발되는 센서 데이터의 처리기술의 개발, 데이터 처리의 고속화, 위성자료 및 서비스의 표준화 방안 등에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다. 또한, 우주쓰레기 증가에 따라서 위성과의 충돌 등이 발생하고 있으며, 우주 운영기관은 자체 연구를 실시해야 하며, 한편으로는 미전략사령부, 미국 NASA 및 유럽우주청 등과 국제 협력을 실시할 필요가 있다[19].

전 지구에 분포된 지상기지망을 활용하여 교신기회를 증가시킴으로써 위성 긴급 시의 신속한 대처, 궤도조정 및 코드패치 등 유지보수 등에서 많은 장점을 얻을 수 있다. 또한 탑재체자료 수신 용량을 증가시킴으로써 위성 활용도를 한층 더 높일 수 있다.

Reference

- 1) Chung, D., "Ground System Operations and Direction on Next Generation Development," *IEIE Journal*, Vol. 37, No. 12, 2010, pp. 1297~1309.
- 2) Chung, D., "Ground System Development," *KOMPSAT-3 White Paper*, 2013, pp.133~139.
- 3) Chung, D. and Jung, O., "Conceptual Design of the Generic Mission Operations System," *RCSGSO 2009 Conference*, 2009.
- 4) Jung, O., Chung, D., Park, S., Hyun, D., and Chun, Y., "Advanced Concept and Design of the Multi-Satellite Operations System,"

SpaceOps 2010 Conference, 2010.

5) Lee, B., Kim, M., and Kang, C., "Prospect on Development Status and Future Direction of Domestic Spacecraft Control, Image Receiving and Processing," *IEIE Journal*, Vol. 37, No. 12, 2010, pp.1310 ~1330.

6) "National Space Development Medium and Long Term Plan", *National Commission on Space*, 2013

7) Chung, D., "Integrated System Development for Domestic Spacecraft Operations and Needs of Operations," *KSAS Magazine*, Vol. 9, No. 1, 2015, pp.84~100.

8) Jung, O., Choi, S., Kim, H., Chung, D., and Ahn, S., "Analysis and Design of the Integration-Oriented Mission Operations System," *Aerospace Engineering and Technology Journal*, Vol. 8, No. 2, 2009, pp.127~132.

9) <http://www.egscc.esa.int/>

10) <http://sci.esa.int/smart-1/>

11) <http://agile.asdc.asi.it/>

12) <http://sci.esa.int/integral/>

13) http://www.nrsc.gov.in/IRS_Data_Products

14) Park, A., Jang, H., and Jung, K., "Fast and Efficient Implementation of Neural Networks using CUDA and OpenMP," *KIISE Journal*, Vol. 36, No. 4, 2009, pp.253~260.

15) Cheriadat, A., Bright, E., Potere, D., and Bhaduri, B., "Mapping of Settlements in High-Resolution Satellite Imagery using High Performance Computing," *GEO Journal*, Vol. 69, No. 1-2, 2007, pp.119~129.

16) <http://www.opengeospatial.org/>

17) <http://www.eurosdrr.net>

18) http://www.geoportal.org/web/guest/geo_home_stp

19) Yu, K and Chung, D., "Tracking and Orbit Determination of International Space Station using Radar," *Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol. 44, No. 5, 2016, pp. 447~454.