



국내 위성 관제 및 영상수신처리 개발 현황 및 발전 방향에 대한 전망

이병선(한국전자통신연구원), 김문규(주식회사 세트레이), 강치호(한국항공우주연구원)

위성을 운영하는 지상시스템의 핵심 구성 요소 중 하나인 임무요소 부분은 관제와 영상수신 처리로 이루어져 있다. 본문에서는 위성 관제 개발 부분과 영상수신처리 개발 부분의 국내 현황 및 발전 방향에 대하여 전망한다. 위성 관제 개발 부분을 Part I에서 서술하고, 영상수신처리 개발 부분은 Part II에서 서술한다.

Part I. 위성 관제 개발 현황 및 발전 방향

I. 서론

위성 관제시스템은 궤도상에 있는 위성을 지상에서 감시하고 제어할 수 있는 유일한 수단이다. 2010년 현재, 상업용 정지궤도 통신위성의 임무수명은 15년 정도로 위성을 제작하는 기간에 비해서 위성을 관제 운용하는 기간이 훨씬 길기 때문에 위성 관제시스템의 개발 및 그 운용은 매우 중요하다.

우리나라는 2010년 6월의 천리안 위성의 발

사 및 정지궤도에서의 운용을 통해서 아리랑 위성과 같은 저궤도 실용급 위성 관제시스템 및 정지궤도 위성 관제시스템 모두를 국내에서 자체 개발하여 운용할 수 있는 능력을 가지게 되었다. 이와 같은 기술개발은 1999년 12월에 발사된 저궤도 위성인 아리랑 1호의 관제시스템을 1995년부터 국내기술로 개발함으로써 시작되었다. 아리랑 위성의 관제시스템 개발은 2006년의 아리랑 위성 2호 관제시스템 및 앞으로 발사될 아리랑 위성 5호 및 3호 관제시스템 개발로 이어져서 보다 많은 기능이 구현되고 보다 높은 성능을 발휘하는 관제시스템으로 개발되어지고 있다.

위성 관제시스템의 개발은 위성시스템의 개발과 마찬가지로 전기, 전자, 통신, 기계, 전산, 물리, 화학, 항공우주 및 천문우주에 관련된 광범위한 지식 및 경험을 필요로 하고 있다. 인공위성과 지상 관제국의 교신을 위해서는 위성 추적 안테나 및 통신장치가 필요하며 안테나의 설계에는 기계공학적인 고려가 있어야 한다. 위성으로부터 내려온 원격측정 데이터를 처리하여 이를 관제 인력이 분석하고 판단하여 필요한 명령으로 바꾸기 위해서는 컴퓨터 및 응용 소프트웨어가 필요하다. 위성의 임무를 효과적으로 수행할 수 있

는 임무 스케줄링을 위해서는 전산학적인 알고리즘이 고려되어야 한다. 또한 위성의 궤도 및 자세에 관련된 데이터 분석 및 처리를 위해서는 항공우주 및 천문우주에 관련된 지식과 응용기술이 필요하다. 인공위성의 추진제 소모 및 잔여 연료량의 추정을 위해서는 물리, 화학적인 지식이 필요하다.

본고에서는 인공위성을 지상에서 관제운용하기 위해 필요한 기술개발 현황에 대해서 저궤도 위성인 아리랑 위성과 정지궤도 위성인 천리안 위성의 관제시스템 개발을 중심으로 기술하겠다. 또한 하루가 다르게 발전해가는 정보통신기술의 발전에 따라서 앞으로 위성관제기술은 어떻게 발전하겠는가 하는 전망도 요약하겠다.

II. 개발 현황

1. 아리랑위성 관제시스템 개발 현황

가. 아리랑 1호 및 2호 관제시스템

우리나라의 첫 번째 실용급 지구관측 위성인 아리랑 위성 1호는 1999년 12월 21일에 미국 캘리포니아 주의 반덴버그 공군기지에서 토러스 발사체에 의해 지구 상공 685 km의 저궤도에 올려졌다^[1]. 아리랑 1호의 지상 관제시스템은 1995년부터 1999년까지 한국전자통신연구원(ETRI)의 주도로 국내기술로 개발된 후 한국항공우주연구원(KARI)에 설치되어 2008년 1월 31일 아리랑 1호 위성이 임무를 종료하는 날까지 성공적으로 운용되었다. 아리랑 위성 1호의 관제시스템의 국산화 개발에 의해서 우리나라는 실용급 저궤도 위성 관제시스템의 개발기술

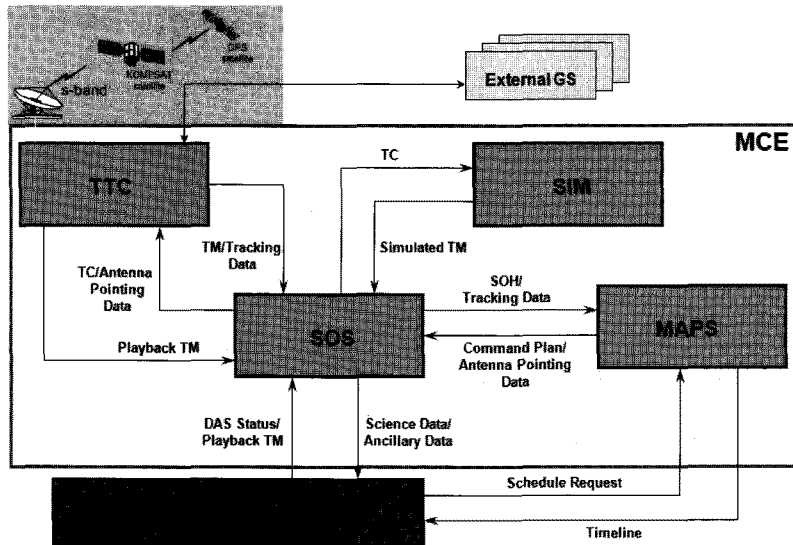
을 확보하였으며 8년간의 위성운용을 통해서 저궤도 관측위성의 위성운용 능력도 보유하게 되었다.

2006년 7월 28일에 러시아의 플레세츠크에서 로켓 발사체에 의해 지구 저궤도로 올려진 고해상도 지구관측위성 아리랑 위성 2호의 지상 관제시스템도 2000년부터 2005년까지 아리랑 1호 관제시스템의 개발기술에 고해상도 임무를 위한 관제기능을 추가하여 국내기술로 개발되었다. 아리랑 1호 관제시스템이 저궤도 위성의 관제에 필요한 기본적인 기능들을 구현한 것이라면 아리랑 2호 관제시스템은 아리랑 1호의 관제운용을 통해 얻은 경험을 반영하여 다양한 기능과 높은 성능을 실현시킨 것이다.

아리랑 1호 및 2호의 관제시스템(Mission Control Element; MCE)은 다음과 같은 네 개의 서브시스템으로 구성되었다^[2].

- TTC 서브시스템 (TT&C: Tracking, Telemetry & Command Subsystem),
- 위성운용 서브시스템 (SOS: Satellite Operations Subsystem),
- 임무분석계획 서브시스템 (MAPS: Mission Analysis and Planning Subsystem),
- 위성시뮬레이터 서브시스템 (SIM: Satellite SIMulator Subsystem)

TTC는 S-밴드 주파수를 이용하여 위성을 추적하며 원격측정 신호를 수신하고 원격명령 신호의 송신을 담당한다. SOS는 위성의 패스동안에 TTC로부터 받은 원격측정 프레임을 처리하여 보여주고 또한 원격명령을 위한 명령 프레임을 TTC로 전달하여 위성에 송신할 수 있도록 한



〈그림 1〉 아리랑 1호 관제시스템 구성도

다^[3]. MAPS는 위성의 궤도에 관련된 각종 계산을 수행하며 또한 위성의 임무수행을 위하여 임무일정을 만들고 이를 바탕으로 명령계획을 수행하여 이를 SOS로 넘긴다^[4]. SIM은 위성의 상태를 모사하는 소프트웨어 시뮬레이터로서 원격 명령의 시험, 위성의 임무 시뮬레이션, 위성의 고장상태 분석, 그리고 운용자 교육훈련에 사용된다^[5].

〈그림 1〉은 아리랑 1호 관제시스템의 서비스 시스템 구성도이다.

아리랑 1호 위성에는 GPS 수신기가 탑재되어 있어서 GPS를 이용하여 측정한 위성의 위치와 속도가 저장되어 원격측정 데이터로 위성 관제국으로 내려온다. 위성 관제국은 발사초기 궤도 운영 및 비상시의 응급복구를 위해서 외부 지상국(External Ground Station)과 연결된다. 위성관제시스템은 영상수신 및 처리 시스템(IRPE; Image Reception and Processing Element)과 연결되어 필요한 데이터를 주고 받는다.

나. 아리랑 3호 및 5호 관제시스템

아리랑 3호 위성은 고해상도 광학관측을 위해서 자유롭게 위성의 자세를 바꿀 수 있는 위성이며 아리랑 5호 위성은 합성개구면레이더를 이용하여 낮이나 밤이나 관측을 수행할 수 있는 위성이다. 아리랑 3호 및 5호 위성을 위한 관제시스템 개발은 각각 2005년과 2006년부터 시작하여 2011년까지 마칠 예정이다. 두 위성에 대한 관제시스템은 2010년 11월 현재 항공우주연구원에 설치되어 있으며 최종적인 시험을 진행하고 있다.

아리랑 3호 및 5호 관제시스템의 특징은 관제시스템을 구성하는 모든 컴퓨터를 Intel계열의 마이크로프로세서를 사용하는 개인용 컴퓨터 및 서버로 한 것이다. 컴퓨터의 운영체제는 서비스 시스템에 따라서 마이크로소프트 윈도우즈 또는 리눅스로 하였다. 이와 같은 하드웨어 및 운영체제의 교체는 아리랑 1호 관제시스템의 개발 당시에 비해서 획기적으로 향상된 개인용 컴퓨터의

<표 1> 아리랑 위성 관제시스템의 컴퓨터 사양

위성	모델	프로세서/클럭	운영체제	미들웨어/데이터베이스
1호	HP-9000/J210	PA-7200/120MHz	HP-UX 10.0	RTworks/Oracle
2호	HP-C3600	PA-8600/552MHz	HP-UX 11.0	Orbix/Oracle
3호 5호	HP-xw4600	Intel Core2 Duo/3.16GHz	WindowsXP-SOS, SIM Linux -MPS, FDS	.NET framework /MS SQL

성능에 따른 것으로서 관제 운영자들이 평소에 사용하는 컴퓨터와 같은 운영체제를 기반으로 관제시스템을 구현하여 쉽게 사용할 수 있도록 구성하였다.

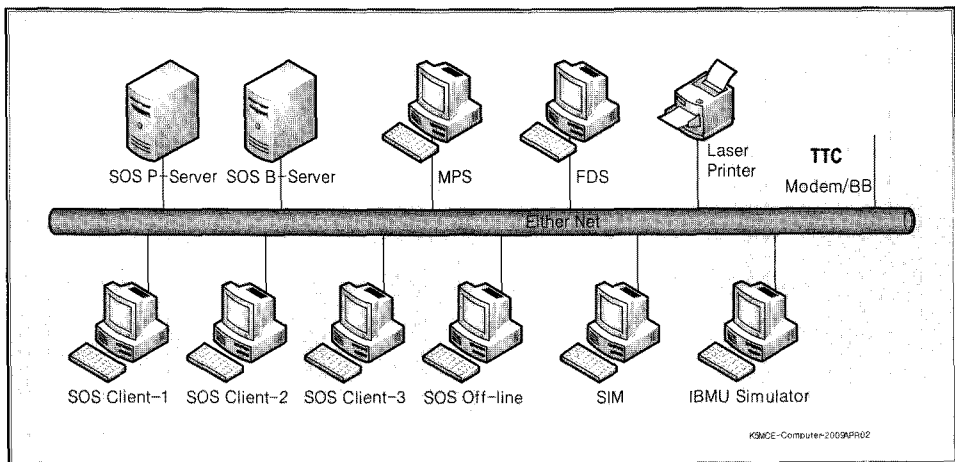
<표 1> 은 아리랑 위성의 시리즈에 따른 관제시스템의 컴퓨터 사양변화를 보여준다. <그림 2>는 아리랑5호의 관제시스템 컴퓨터 구성도이다. 아리랑 1호 및 2호에서 하나의 서브시스템이었던 MAPS를 임무계획 서브시스템 (Mission Planning Subsystem; MPS) 과 비행역학 서브시스템 (Flight Dynamics Subsystem; FDS) 으로 분리시켜서 구현하였다. 이와 같은 구성은 관제시스템의 운영주체인 한국항공우주연구원

의 관제인력이 업무를 좀 더 전문화하여 수행할 수 있는 구성이다.

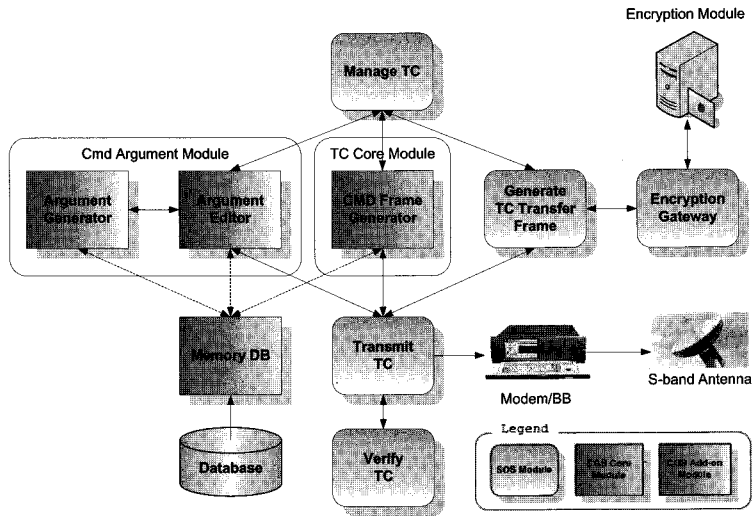
아리랑 위성 3호 및 5호 관제시스템 개발에 있어서 SOS는 위성체의 제작과정에서 시험을 수행하기 위해서 개발되는 지상시험장치에 포함된 소프트웨어를 공통 지상소프트웨어(Common Ground Software; CGS)로 하고 이것을 SOS 내부에 포팅하여 사용하는 방식으로 개발되었다. 이와 같은 방법은 CGS가 실제 위성을 대상으로 시험이 되었기 때문에 관제시스템과 위성 간의 종단시험이 쉬워지는 장점이 있다. 그렇지만 관제시스템과 지상시험시스템의 개발주체가 다른 경우 CGS를 SOS에 포팅 시키기 위해 요구되는 수정 및 보완사항으로 인한 시간지연이 발생하는 단점이 있었다.

<그림 3>은 아리랑 5호 관제시스템 SOS의 원격명령에 관련된 블록들의 연결을 보여준다. 원격명령을 위한 CGS 코어 모듈에 SOS의 서비스들이 결합되는 구조로 되어 있다.

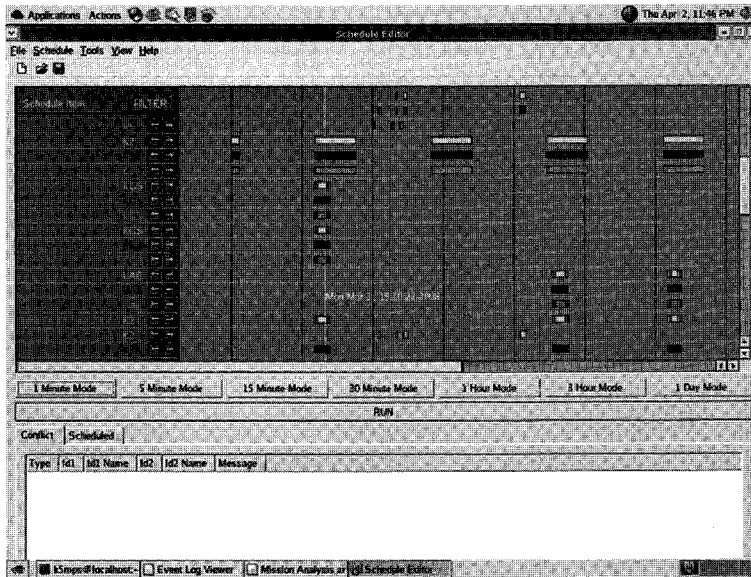
<그림 4>는 MPS의 임무스케줄을 위한 Gantt chart이다. 아리랑 3호 및 5호 관제시스템에서 MPS가 계획한 임무 스케줄은 SOS로 전송되



<그림 2> 아리랑 5호 관제시스템 컴퓨터 구성



<그림 3> 아리랑 5호 SOS 원격명령처리모듈

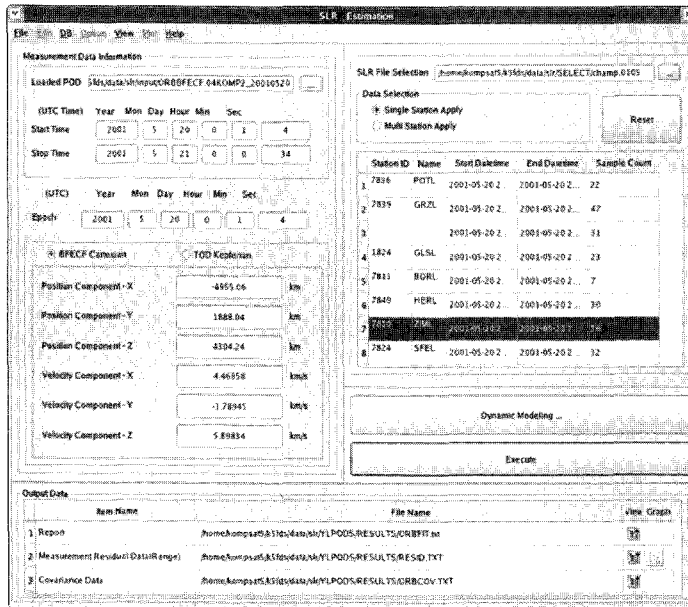


<그림 4> 아리랑 5호 MPS 임무스케줄링

어서 명령계획으로 변환시킨 후 위성으로 전송 된다.

아리랑 5호 위성은 위성에 레이저 반사경을 탑재하고 올라가는데 지상의 레이저 사이트에서

위성까지의 거리를 측정하고 이와 같은 데이터를 처리하여 위성의 정밀궤도 결정 결과에 대한 검증을 수행할 수 있다. <그림 5>는 K-5 FDS에 구현된 레이저 거리측정 데이터 처리 윈도우 이다.



〈그림 5〉 아리랑 5호 FDS 위성 레이저 데이터 처리

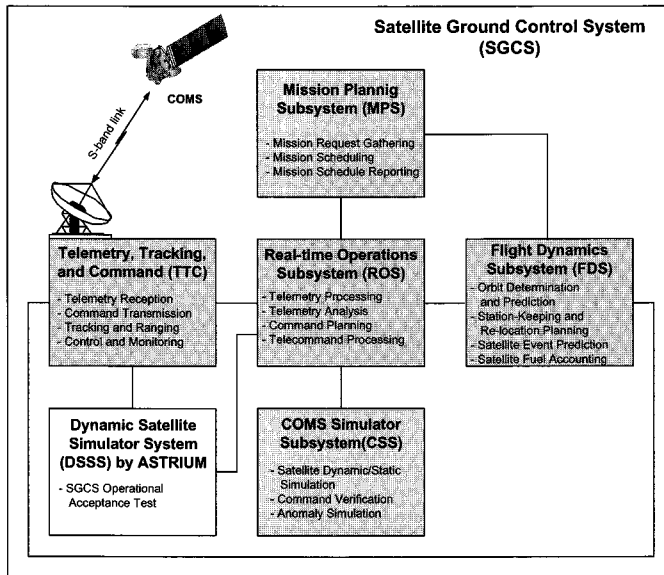
2. 천리안 위성 관제시스템 개발 현황

천리안 위성은 위성통신, 해양관측, 기상관측을 수행하는 복합위성으로서 2010년 6월 26일 발사되어 동경 128.2도의 정지궤도에서 운용되고 있다. 천리안 위성 관제시스템은 국내에서 처음 개발한 정지궤도 위성용 관제시스템으로서 위성시스템의 개발기간과 동일하게 2003년부터 개발을 시작하여 2010년까지 요구사항 분석, 개념설계, 예비설계, 상세설계, 서브시스템 시험, 인터페이스 시험, 시스템 시험, 위성과의 정합시험, 위성과의 종단시험의 모든 과정을 성공적으로 수행하였다. 2010년 11월 현재 천리안 위성은 6개월간 진행되는 궤도 내 시험의 마무리 단계에 있으며 천리안 위성 관제시스템은 정상적으로 운용되고 있다.

〈그림 6〉은 천리안 위성 관제시스템을 구성하는 5개의 서브시스템과 Astrium에서 공급한 시

뮬레이터를 보여준다^[6]. Astrium의 시뮬레이터는 천리안 위성 관제시스템의 기술시험 및 운용시험 단계에서 위성을 대신하여 사용되었다.

천리안 위성 관제시스템은 프랑스의 EADS Astrium사의 Eurostar 3000 버스의 관제를 위해 요구되는 특수기능과 통신, 해양, 기상 탑재체를 복합적으로 운용하기 위한 특수기능으로 인해서 일반적인 정지궤도 통신위성 관제시스템과는 다른 기능들이 추가로 구현되었다. 이와 같은 특수기능은 실시간 운영 서브시스템, 임무계획 서브시스템, 그리고 비행역학 서브시스템의 설계에 직접적인 영향을 주었다^[7]. 천리안 위성은 북쪽 면에 있는 해양탑재체와 기상탑재체가 과열되는 것을 방지하기 위해서 태양전지판이 남쪽 면에만 있는 형상을 가지고 있다. 이와 같은 형상으로 인해서 위성은 하루에 두 번씩 자세제어를 위해 추력기를 사용한 wheel off-loading(WOL)을 수행해야 한다. 그런데 자세제어를 위한 추력

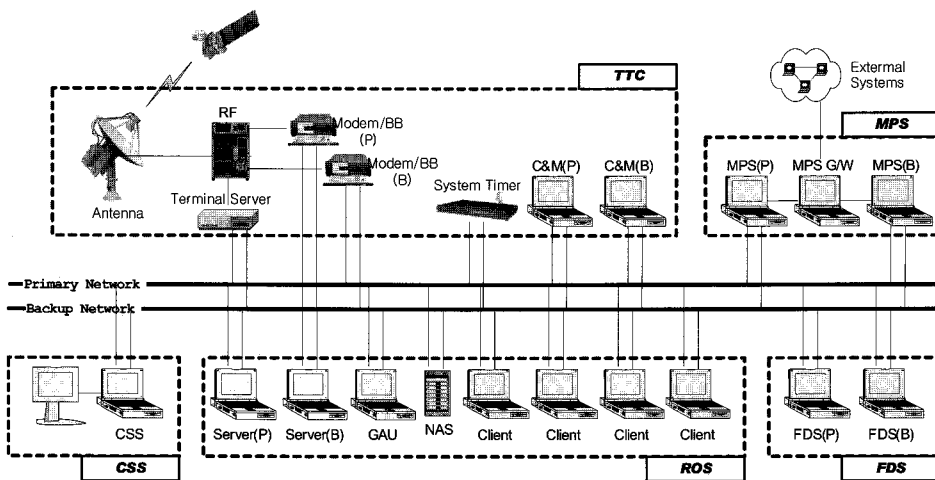


<그림 6> 천리안 위성 관제시스템 서비스시스템 구성

기 사용은 위성의 궤도에 영향을 주기 때문에 천리안 위성 관제시스템에서는 위성의 궤도에 관련된 계산을 수행할 때 하루에 두 번씩 수행되는 WOL 추력기의 영향을 반드시 고려해야만 한다^[8,9].

천리안 위성 관제시스템을 구성하는 하드웨어는 13미터 파라볼라 안테나가 포함된 S-대역

통신장비와 위성을 감시하고 제어하기 위한 컴퓨터 장비로 이루어진다. 관제시스템 소프트웨어는 서비스시스템을 구성하는 기능별로 개발되어 15대 이상의 컴퓨터에 설치된다. 관제시스템은 24시간 365일 계속 가동되어야 하기 때문에 각 서비스시스템의 주요 장비들은 이중화하여 시스템의 가용도를 높였다^[10]. <그림 7>은 천리안 위성



<그림 7> 천리안 위성 관제시스템 하드웨어 구성

관제시스템의 하드웨어 구성을 보여준다. 관제시스템을 구성하는 컴퓨터 소프트웨어의 설계는 객체지향설계 방식으로 수행하였으며^[11] 이에 대한 구현은 마이크로소프트사의 닷넷(.NET) 환경에서 C#언어로 구현하였다. 따라서 관제시스템의 모든 컴퓨터는 인텔계열의 프로세서를 사용하며 운영체제는 마이크로소프트사의 윈도우 XP 또는 윈도우 서버를 사용하였다.

이와 같은 정지궤도 위성 관제시스템의 국산화 기술개발로 국내에서 상업용으로 발주하는 정지궤도 통신, 방송 위성들에 대한 관제시스템도 제작하여 공급할 수 있는 기술력을 갖추었다.

3. 해외 위성관제 시스템

외국에서 사용하고 있는 위성 관제시스템에 대해서 기술하기 위해 상업용과 비상업용으로의 구분이 필요하다. 상업용 위성은 정지궤도 및 저궤도 통신, 방송, 지구 관측 등의 위성을 의미하고 비상업용 위성으로는 정지궤도 및 저궤도 군사통신, 기상관측, 지구 감시 등의 위성과 중궤도 위성인 GPS와 같은 항법위성을 의미한다.

상업용 위성을 위한 관제시스템은 2000년 이전에는 위성체를 제작하는 기업들이 주로 터키 시스템으로 공급하였다. 이와 같은 경우가 무궁화 위성 1, 2, 3호와 같은 것으로 위성체 제작사인 Lockheed Martin Space Systems^[12]가 무궁화 위성과 관제시스템을 모두 제작하여 공급하였다. 그런데 2000년대에 들어서서 위성관제시스템만을 담당하여 제작하는 기업들이 제품을 생산하여 위성체 제작사들은 위성시스템을 터키로 계약할 때 관제시스템의 제작비용을 절감하기 위해서 전문기업과 손잡고 제안서를 제출하는 일이 많아졌다. 우리나라의 경우 무궁화

위성 6호가 위성체 버스는 Orbital^[13]에서, 통신 탑재체는 Thales Alenia Space^[14]에서, 관제시스템은 Integral Systems^[15]에서 제작하여 공급한다.

해외의 대표적인 상업용 위성관제시스템 공급 기관으로는 미국의 Integral Systems와 스페인의 GMV^[16]를 꼽을 수 있다. Integral Systems는 미국의 시장을 선점하고 이를 기반으로 유럽 및 아시아로 시장을 넓히고 있으며 반대로 스페인의 GMV사는 유럽시장을 기반으로 미국 및 아시아로 시장을 넓히는 과정에 있다.

위성관제 소프트웨어 전문업체로 시작한 Integral Systems는 기업의 인수합병을 통해서 안테나 및 통신 하드웨어까지도 모두 공급할 수 있는 능력을 갖추고 있다. Integral Systems의 실시간 위성 감시 및 제어 소프트웨어는 EPOCH라는 이름으로 출시되고 있으며 오프라인 원격 측정 데이터 분석 툴은 ABE이고 비행역학 소프트웨어는 OASYS이다.

스페인의 GMV는 위성관제 소프트웨어에 역량을 집중했으며 최근에는 위성영상처리 분야의 소프트웨어도 개발하였다. GMV의 위성 감시 및 제어 소프트웨어는 hifly라는 제품명으로 출시되고 있으며 임무계획 소프트웨어는 flexplan, 비행역학 소프트웨어는 focus 이다.

유럽의 경우 대부분의 비상업용 위성은 유럽 우주기구(ESA)의 주관 하에 개발되며 위성의 관제운영은 유럽위성운영센터(ESOC)에서 담당한다. ESOC에서는 위성의 관제운영 뿐만 아니라 관제시스템 기술에 대한 연구개발도 수행하는데 ESOC을 중심으로 개발한 위성 임무운영 시스템으로 SCOS-2000(Satellite Control and Operation System 2000)이 있다. SCOS-2000은 ESOC에서 축적한 30여년의 위성운

영 지식을 바탕으로 개발된 위성 임무 운영시스템 소프트웨어 프레임워크로서 유럽의 기업들은 SCOS-2000을 이용하여 부가적인 기능을 추가한 관제시스템을 제작하고 있다. 오픈 아키텍처의 SCOS-2000은 원격측정 데이터 처리, 원격 명령, 온보드 소프트웨어 관리, 웹기반 데이터 배포에 관련된 컴포넌트 라이브러리를 제공해서 어떤 특정한 목적의 위성미션을 위한 기능들을 추가할 수 있도록 구성된다^[17]. SCOS-2000을 이용한 관제시스템은 Radarsat 2, XMM Newton, Integral, MSG, Cyrosat, GOCE, Herschel Plank, 그리고 Rosetta 미션 등이 있으며 SCOS-2000을 기반으로 스페인의 GMV, 영국의 Logica^[18] 및 SciSys^[19]에서 상업적으로 개발하여 판매하고 있다.

미국의 경우 비 상업용 위성의 관제는 위성의 목적에 따라서 NASA JPL^[20], NASA GSFC^[21], NASA JSFC^[22], NOAA NESDIS^[23], 해군^[24], 공군^[25] 등으로 나뉘어서 수행되고 있으며 관제시스템 역시 동일한 시스템이 아닌 각 기관 고유의 시스템을 이용하고 있다. 예를 들어, 미국에서 운용하고 있는 GPS 위성군의 감시 및 제어를 위한 소프트웨어로는 Harris^[26]의 OS/COMET이 사용되고 있으며 OS/COMET은 저궤도 통신 위성인 Iridium의 관제운영에도 사용되고 있다. 미국의 경우에는 아직도 유럽에서와 같이 동일한 위성관제 프레임워크를 사용하기 위한 노력은 없는 것으로 판단된다.

III. 발전 방향

위성 관제시스템을 개발할 때 고려해야 할 중요한 사항 중의 하나는 관제시스템이 실제로 운

영되는 시기는 몇 년 후 위성이 제작되어 궤도에 투입되고 난 이후라는 것과 관제시스템은 위성의 수명이 끝날 때 까지 사용되어야 한다는 점이다. 컴퓨터 하드웨어 성능의 발전에 따라서 1-2년 전의 컴퓨터와 현재의 컴퓨터 성능은 완전히 다르며 컴퓨터의 운영체제 역시 몇 년을 주기로 완전히 달라진다. 본 장에서는 위성 관제시스템의 발전 방향에 대해 기술한다.

1. 위성 관제 데이터 및 소프트웨어의 표준화

각 기관에서 사용하고 있는 위성에 관련된 데이터에 대한 표준이 없어서 기관간의 데이터 교환에 따른 문제가 대두되어 이를 표준화하는 작업들이 계속 진행되고 있다. 위성에 관련된 데이터의 형식의 표준화는 CCSDS (The Consultative Committee for Space Data Systems)를 중심으로 활발한 논의가 진행되고 있다^[27]. CCSDS에는 각국을 대표하는 우주기관 뿐만 아니라 우주관련 업체들도 참여하여 공통적인 표준을 제정하고 있다.

CCSDS의 대표적인 성과로서 각 우주기관들에서 보유하고 있는 위성추적 안테나를 이용한 TTC의 호환을 위해서 Space Link Extension (SLE) 프로토콜을 정의하여 사용하고 있다. CCSDS 데이터 형식의 원격측정 데이터 및 원격 명령 데이터 사용으로 TM/TC 데이터 처리를 위한 상업용 장비들이 출시되어 관제시스템에 사용된다.

앞으로의 CCSDS 활동에 따라서 더 많은 표준이 제정되어 많은 국가들이 동참함으로써 우주 관련 데이터의 상호교환이 활발하게 이루어질 것으로 예상되며 이에 따라서 범용 위성 관제시

스텝 개발이 가능하게 될 것이다.

ESOC에서는 앞에서 언급한 SCOS-2000에 더해서 European Ground Operation System (EGOS)을 구축하기 위한 노력을 하고 있다^[28]. EGOS에는 위성의 원격측정 및 명령에 관련된 SCOS-2000 뿐만 아니라 위성 시뮬레이터에 관련된 SIMSAT (Simulation Infrastructure for the Modeling of SATellite), 지상국에 관련된 Service Instance Configuration Management tool (SICM)과 TMTCS (Telemetry and Telecommand System)과 같은 프레임 워크가 포함된다. 유럽의 위성 관제시스템은 EGOS 프레임 워크를 기반으로 적은 비용으로 빠르게 개발될 수 있겠다.

2. 위성 관제 자동화

위성 관제에 있어서 자동화는 관제 운용에 있어서 일상적인 작업을 자동화하여 관제 운용자의 업무 집중도를 높이는 방향으로 진행되고 있다. 위성 명령 프로시저를 로딩하여 원격명령을 전송할 때 관련된 원격측정 데이터를 확인하여 위성의 상태에 맞는 명령이 전송될 수 있도록 구성하고 있다. 이와 같은 방법은 천리안 위성에 적용된 Astrium의 FOP (Flight Operation Procedure) 같은 형태로 구현되고 있다. 그렇지만 위성 제작사마다 다른 문법을 가진 프로시저를 사용하고 있기 때문에 프로시저를 일반화시키기 위한 연구도 진행되고 있다^[29]. 예를 들면 프로시저를 구성하는 프로그램 언어로서 파이썬^[30]과 같은 범용언어를 사용하는 방식이다.

비행역학 기능에 대한 자동화는 비교적 쉽게 구현될 수 있다. 위성 추적 데이터를 모아서 궤도를 결정하고 궤도를 예측하여 이를 관련된 시스

템으로 분배하는 일련의 과정이 자동화 되고 있다^[31,32].

3. 다중위성용 관제시스템

한 기관에서 여러 기의 위성을 운용하고 있는 경우 각 위성에 따라 다른 종류의 관제시스템을 사용하게 되면 관제운영을 위한 운용자들의 업무에 부담이 되고 관제시스템의 유지보수에 소요되는 비용이 증가하게 된다. 그렇지만 한꺼번에 여러 기의 위성을 발사하는 것이 아니고 몇 년에 걸쳐서 위성이 추가되는 경우에는 하나의 통일된 관제시스템으로 구성하는 것이 쉽지는 않다. 따라서 위성 관제시스템을 설계할 때 처음부터 개방형 프레임 워크를 사용하여 시스템의 확장이 가능하도록 구성하여 위성이 추가될 때마다 이전의 위성과 같은 느낌(look and feel)으로 관제운영이 가능하도록 구성해야 한다.

그리고 위성체를 조립하고 시험할 때 사용되는 EGSE (Electrical Ground Support Equipment)와 관제시스템의 공통모듈 사용에 의해 관제시스템 제작 및 시험에 소요되는 일정을 줄일 수 있겠다.

IV. 결론

아리랑 위성과 천리안 위성 관제시스템의 국내 자력개발로 우리나라는 저궤도 및 정지궤도 위성의 관제시스템을 개발하여 운영할 수 있는 능력을 갖추었다. 특히, 천리안 위성과 같은 경우는 프랑스 아스트리움에서 개발한 Eurostar 3000 버스에서 요구하는 특수한 기능들을 모두

구현함으로써 위성체 제작이 우리나라에서 이루어지지 않는 경우에도 관련된 요구사항 및 인터페이스 정의를 통해서 관제시스템을 개발할 수 있는 것을 확인하였다.

앞으로 위성관제시스템은 정보통신 기술의 발전에 따라서 진화할 것이며 국제적인 표준에 따른 데이터 형식을 사용함으로써 기관간의 데이터 교환이 더욱 쉽게 이루어 질 것이다.

Part II. 영상수신처리 개발 현황 및 발전 방향

I. 서론

본 기고는 지구관측을 목적으로 하는 원격탐사 위성의 수신처리소에 해당하는 영상수신처리시스템의 개발 현황과 발전 방향에 대해 국내 중심으로 기술하도록 한다.

영상수신처리시스템은 원격탐사 위성에서 전송된 데이터를 수신, 처리, 관리 및 분배하는 시스템이다. 그러므로, 영상수신처리시스템 기술은 원격탐사 위성의 개발과 분리하여 생각하기 어렵다. 해외에서는 미국이 군용 정탐위성을 1950년 대 말 운용을 시작하였으므로 이러한 기술개발이 상대적으로 일찍 개발되었으나 국내에서는 상대적으로 늦은 1990년대에 도입되기 시작하였다^[1].

국내 최초 민간목적의 영상수신처리시스템은 1992년 발사된 우리별 1호의 지상국이나 이는 연구개발용의 매우 단순한 시스템이었다. 이 후, 이 기술을 토대로 당시 발사 예정이었던 아리랑

위성 2호기의 영상수신처리시스템의 국산화를 위한 연구개발이 1999년 시작되었다. 이 과제의 성과로 아리랑위성 2호기 발사 이전에 SPOT-4 수신처리 시스템, 아리랑위성 1호 수신처리 시스템, Landsat-7 수신처리 시스템을 국내 기술로 개발하였으며, 최종 결과물인 아리랑위성 2호 영상수신처리 시스템은 2006년 위성 발사이후 현재까지 운영되고 있고, 현재는 아리랑위성 5호 및 아리랑위성 3호의 영상수신처리시스템 개발이 국내에서 이루어지고 있다. 이러한 연구개발의 성과는 이후 국내 우주개발 계획상에 발사 예정인 원격탐사 위성 및 기상위성의 수신처리시스템을 국산화 할 수 있는 기틀이 되었다.

영상수신처리시스템 기술은 80년대 냉전이 종식된 후 일부 원격탐사위성의 상세정보가 공개되면서 자유경쟁의 분위기로 급격한 기술개발이 이루어 졌으나, 이 후 1999년 발사된 IKONOS를 필두로 한 위성영상의 상업화가 가속화되면서 매우 폐쇄적으로 변화하였다. 이러한 이유는 위성에 대한 보안 및 상업화에 따른 이해관계에 따른 것이다. 현재는 대부분의 고해상도 원격탐사위성은 영상수신처리시스템 개발에 필요한 자료를 공개하지 않고 있으며 특정 회사를 지정하여 지상국을 개발, 수신권과 함께 턴키 방식으로 판매하고 있다.

본 기고에서는 현재 국내개발 중인 아리랑위성 3호기 및 5호기의 영상수신처리시스템을 소개하고, 이후의 기술적인 발전방향을 제시하려 한다. II장에서는 국내개발 현황을 제시하고 해외 영상수신처리시스템 현황을 간략히 정리한다. III장에서는 영상수신처리시스템의 기술 발전방향을 제시하고 VI장에서 결론과 함께 기고를 맺도록 한다.

II. 개발 현황

1. 아리랑위성 영상수신처리시스템 개발 현황

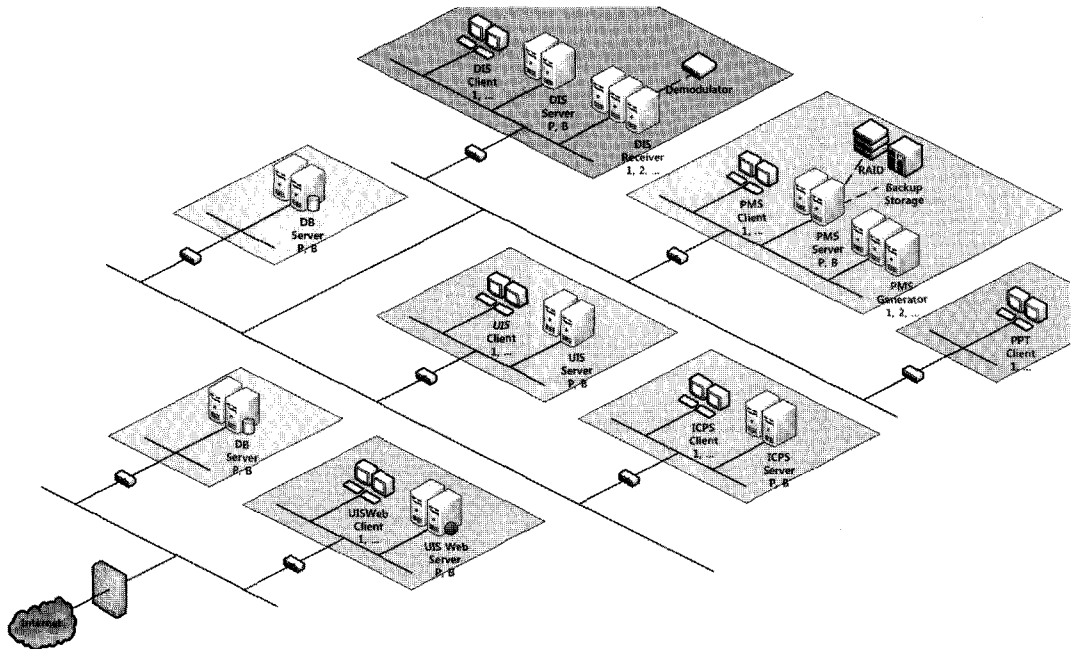
현재 국내에서는 아리랑위성 3호기 및 아리랑 위성 5호기의 영상수신처리시스템이 개발 중이다. 아리랑위성 3호기는 70 cm 해상도의 초고해상도 카메라를 탑재하고 있으며, 아리랑위성 5호기는 국내 위성에서 처음 도입되는 합성개구면레이더 (Synthetic Aperture Radar: SAR)를 탑재하고 있다. 개발 중인 아리랑위성 영상수신처리시스템은 신규 탑재체의 특성 및 아리랑 2호기 영상수신처리시스템 운영 경험을 반영하여 설계, 제작 되었으며, 2010년 현재 최종 시험이 진행 중이다.

개발 중인 아리랑위성 영상수신처리시스템은 다음과 같이 4개의 서브시스템으로 구현된다.

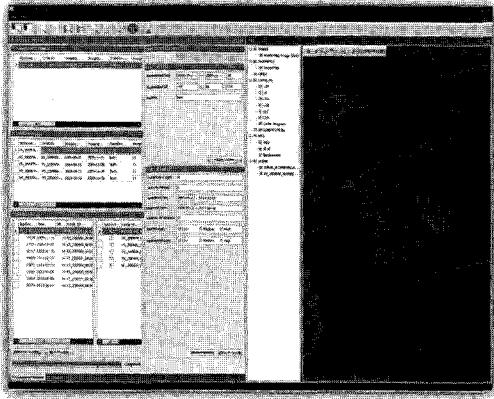
- UIS(User Interface Subsystem)
- ICPS (Image Collection Planning Subsystem)
- DIS (Direct Ingestion Subsystem)
- PMS (Product Management Subsystem)

가. UIS

UIS는 위성영상 주문관리 시스템이다. 사용자는 지도 기반의 web 인터페이스를 이용하여 위성영상을 검색하고 주문을 입력할 수 있으며, 운영자는 이러한 주문을 처리한다. 주문 관리 중 중요한 기능은 신규 주문에 대해 촬영가능 일정을 주문자에게 통보해 주는 Proposal 생성 기능이며, 위성의 특성 및 운량 통계정보를 이용하여 Proposal을 생성한다. UIS는 주문에 의해 생성된 제품의 품질평가 및 영상의 분배도 담당한다.



〈그림 1〉 아리랑위성 수신처리시스템 Deployment View



〈그림 2〉 UIS 사용자 인터페이스

나. ICPS

ICPS는 위성의 촬영계획을 수립하는 시스템이다. 입력된 주문과 예측된 위성의 궤도, 위성의 제약 사항, 일기예보 정보를 참조하여 제한된 자원으로 최대한 주문을 만족하는 결과를 생성하도록 한다. 아리랑위성 수신처리시스템의 ICPS는 이러한 촬영계획의 반자동화를 지원한다.

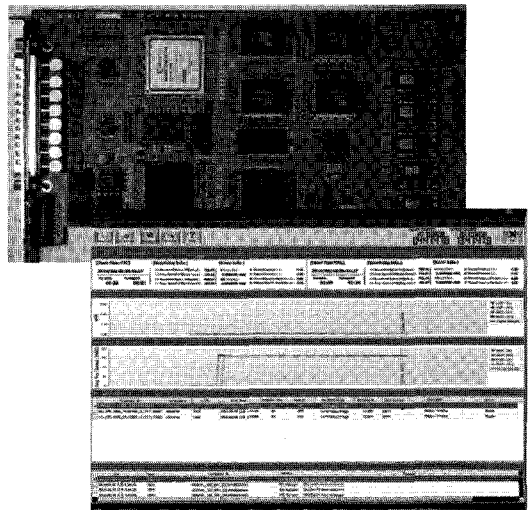


〈그림 3〉 ICPS 사용자 인터페이스

다. DIS

DIS는 실제 위성과 통신을 담당하는 서브시스템이다. DIS는 고속데이터의 실시간 수신 및 처리가 가능한 Direct Receiving Card(DRC)와 수신계획 및 DRC를 관리하는 DIS 소프트웨어로 구성되어 있다.

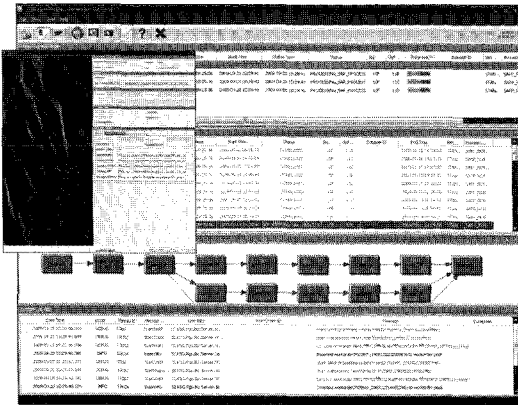
DIS는 위성영상의 수신계획에 따라 자동으로 주어진 시간에 위성영상 데이터를 위성으로부터 수신하고 실시간으로 통신 관련 프로토콜 처리, FEC(Forward Error Correction), 비화해독을 수행하는 시스템이다. 현재 DIS는 channel 당 200Mbps의 수신 및 처리를 지원하여 아리랑위성 3호의 경우 총 640 Mbps의 전송데이터를 실시간 처리한다.



〈그림 4〉 DRC 및 DIS 사용자 인터페이스

라. PMS

PMS는 수신된 데이터를 처리하여 표준제품을 생성하고 카탈로그를 생성하여 데이터의 검색을 가능하도록 한다. 현재 아리랑위성 수신처리시스템은 초고해상도 광학 탑재체 및 고해상



〈그림 5〉 PMS 사용자 인터페이스

도 SAR(Synthetic Aperture Radar) 탑재체에서 생성된 데이터의 처리를 지원한다. 아리랑 위성 수신처리시스템은 처리성능 향상을 위해 다수의 서버를 이용한 로드밸런싱 기능을 제공한다. PMS는 또한 표준제품들의 저장관리를 담당한다.

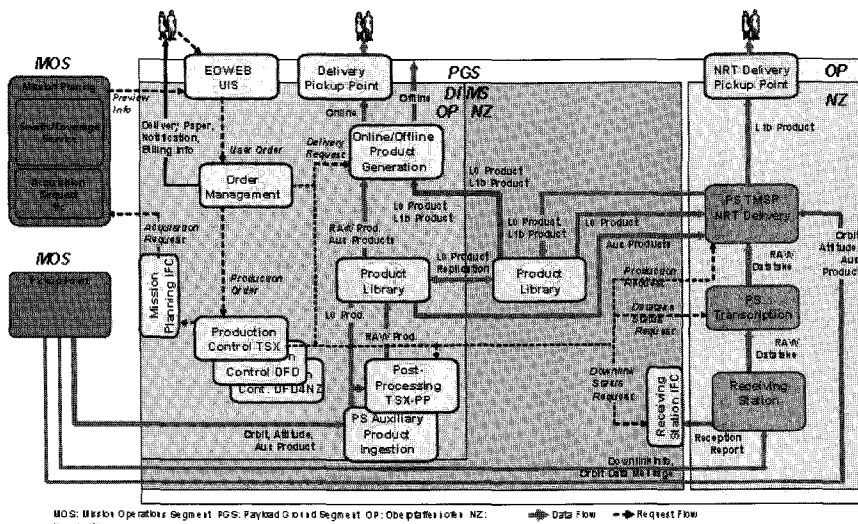
2. 해외 영상수신처리시스템

다음 표는 정보 획득이 가능한 원격탐사 위성

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

들의 지상국 개발사를 정리한 것이다. 일반적으로 자국 위성의 영상수신처리시스템은 자국내 개발을 선호하고 있다. 표에서 보듯이 1969년 캐나다에서 시작한 MDA (MacDonald, Dettwiler and Associates Ltd.)의 시장 점유율이 매우 높음을 알 수 있다. 이는 MDA의 오랜 경험과 기술력, 기존 비 군사위성 시장에서 확보한 시장지위 등에 기인한다.

해외의 영상수신처리시스템의 경우도 기능적,



〈그림 6〉 TerraSAR-X 수신처리시스템

구조적인 면에서는 국내에서 개발된 수신처리시스템과 유사하다. <그림 6>은 독일의 TerraSAR-X의 수신처리시스템 개념도이다.

III. 발전 방향

본 장에서는 영상수신처리시스템의 발전 방향에 대한 의견을 정리한다.

영상수신처리시스템의 변화는 지속적인 고성능 탑재체의 개발 및 위성영상의 상용 서비스 확대에 기인한다고 할 수 있다. 새로운 고성능 센서의 개발은 다양한 센서의 처리기술의 발전, 데이터 처리의 적시성 및 기존 데이터와 신규 데이터의 통합을 필요로 한다. 또한, 위성영상의 상업적 이용이 증가함에 따라 데이터의 표준화, 운용의 편의성이 중요한 화두가 되리라 생각된다.

1. 위성영상 처리기술의 발전

영상수신처리시스템의 가장 중요한 기능은 위성에서 획득된 자료(데이터)를 처리하여 위성영상을 생성하는 것이다. 이러한 위성영상을 생성하기 위해서는 센서 특성에 맞는 시그널 프로세싱, 방사보정 및 기하보정 기술이 요구된다. 국내에서도 일반적인 광학센서를 탑재한 위성이 주를 이루다 현재는 SAR 센서, IR 센서, 기상센서, 해양센서 등 다양한 탑재체가 개발 또는 초기 운용되고 있으며, 국가 우주개발 중장기 계획상에도 신규 센서의 개발이 포함되어 있다. 그러므로, 국내에서도 센서의 특징에 적합한 보정(Correction) 기술의 지속적인 발전이 필요할 상황이다.

새로운 센서의 개발과 더불어 위성 탑재체의

성능이 높아짐에 따라 더 정밀한 검보정(Calibration/Validation) 기술이 요구되고 있다. 검보정 기술은 위성영상의 처리와 매우 밀접한 연관이 있으며, 이러한 검보정을 위한 요구사항도 위성영상 수신처리시스템에 반영되어야 하는 사항이다. 기존의 영상수신처리시스템이 단순히 검보정의 결과를 반영하여 처리하는 시스템이었다면, 미래의 영상수신처리시스템은 검보정 기능과 통합되어 검보정의 수단 및 결과를 반영한 처리시스템으로 운영되리라 예상된다.

근래 위성영상 시장에서의 새로운 추세 중 하나는 위성운용사(Satellite Operator)들이 영상공급자(Data Provider)에서 정보공급자(Information Provider)로 사업영역을 확대해가고 있는 것이다. 이는 최종사용자(End User)가 별도의 전문가의 도움 없이 의사결정에 필요한 정보를 위성영상에서 획득할 수 있게 함으로써 위성영상의 시장을 확대하기 위한 변화로 보인다. 이러한 부가정보를 획득하기 위한 처리가 영상수신처리시스템에 포함되어야 하는지 여부는 논외로 하더라도, 운용 가능한 서비스(Operational Service) 창출을 위한 기술개발이 지속되어야 하겠다.

2. 고속 데이터 처리

1999년 IKONOS가 상용 서비스를 시작한 이래로 각국의 지구관측위성 개발의 한 축은 초고해상도 지구관측위성을 지양하고 있다. 이는 위성에서 수신하는 데이터의 양을 과거에 비해 매우 큰 폭으로 증가시켰다. 아리랑위성 1호기의 영상정보 전송 속도가 45 Mbps였는데 반해 아리랑위성 3호기의 전송속도는 640 Mbps에 달한다. 또한 자료저장 및 전송의 효율성을 위한 압

축의 사용, 보안을 위한 비화 등은 데이터 처리를 위한 연산량의 증가를 필요로 한다.

이러한 대용량 데이터의 고속처리를 위해서 하드웨어 기반의 처리시스템 개발 및 다양한 종류의 병렬처리 기법의 도입 등이 시도되고 있다. 예를 들어 OpenMP나 SIMD 기술 등이 적용되어 왔다.

이러한 병렬처리 기술 중 최근 주목을 받고 있는 기술은 NVIDIA에서 제공하고 있는 CUDA (Compute Unified Device Architecture) 이다. CUDA는 그래픽 성능을 강화하기 위해 고안되었으나, 영상처리에 적합한 접근이 용이하고 저가인 병렬처리 하드웨어 아키텍처를 제공함으로써 위성영상 수신처리시스템에서 고속의 영상처리 능력을 확보하기 위한 좋은 수단이 되리라 생각된다.

CUDA를 이용한 다양한 영상처리 성능향상 성과가 발표되고 있으며 [2~5], CUDA를 이용한 GIS 소프트웨어도 출시되고 있다 [6]. CUDA의 개발자인 NVIDIA에 따르면 CUDA의 적용이 작업을 수십 배 빠르게 처리하는 것이 가능하다고 한다[7].

3. 상호운용성

지상국 개발에 있어서 고려해야 하는 커다란 추세 중 하나는 상호운용성(interoperability)이다. 상호 운용성이 강조되는 이유는 새로운 센서 개발, 구글 등 인터넷 발달에 따른 GIS 및 원격탐사 자료의 범용화 및 원격탐사 분야와 주변 분야의 통합 추세에 따라 데이터의 통합이 중요한 화두로 떠오르기 때문이다 [8].

그러나, 현실적인 어려움은 이러한 통합을 위한 표준화가 다양한 기구에 의해 진행되고 있다

는 것이다. 원격탐사 분야에서의 표준화 정의는 International Organization for Standard (ISO), Open Geospatial Consortium (OGC), European spatial data research (EuroSDR), Global Earth Observation (GEOSS) 등 다양한 기구에서 이루어지고 있으며, 서로 상보적인 관계로 발전하고 있다. 이러한 표준화 방안은 데이터의 표준화, 메타데이터의 표준화 및 서비스의 표준화까지 정의되고 있다 [9,10]. 국내에서는 ASEAN 인공위성 영상자료 공동활용사업, 아리랑위성 2호기의 ESA와의 협력 등을 통해 상호운용성을 검증한 바 있으며, 해외에서도 다양한 시도가 진행되고 있다 [11~13].

4. 운영자 편의성/사용자 편의성

초기 위성의 개발은 정부주도로 이루어지다가 막대한 예산에 대한 부담, 기술의 성숙 및 상업적 위성영상의 시장성이 있다는 판단 아래 민간주도를 장려하게 된다. 이런 정책에 따라 해외에서는 IKONOS, EROS 등 민간 상업위성이 등장하게 된다. 그러나, 결국에는 위성영상의 판매만으로 위성개발의 막대한 개발비 충당이 어려움을 인식하고, 현재는 정부-민간 합작의 구도로 위성개발이 이루어지고 있다. 미국의 경우 2003년 ClearView, NextView, EnhancedView 등의 프로그램을 통해 민간 위성사업자에게 영상구매를 하고 있으며, 민간 사업자들은 이를 기반으로 위성개발을 수행하고 개발비의 차액 및 이익실현은 민간분야에서 획득하고 있다. 2010년 계약된 EnhancedView 의 경우 GeoEye사와 Digital Globe 사에 계약한 금액은 7.35억 불에 이른다.

이러한 과정에서 상업적인 목적의 민간위성 개발사업은 위성영상에 대한 수요를 증대시키는

역할을 했으며, 농업, 도시계획 등 많은 분야에서 의사결정에 위성영상을 사용할 수 있는 환경을 조성하였다. 또한 인터넷 기술의 발전에 기인한 Google Earth 서비스 등은 위성영상 및 항공영상을 대중화 하는데 중요한 역할을 하였다. 이러한 조류에 힘입어 민간분야에서의 위성영상 판매 시장은 지속적인 증가 추세를 보이고 있으며, 국가주도로 개발된 위성의 경우에도 상업적인 이용이 일반화되고 있다.

상업화 이전의 위성영상 수신처리시스템이 매우 소수의 특수 사용자를 위한 시스템이었다면, 상업화 이후에는 매우 다수의 영상 사용자에게 대한 서비스를 수행하여야 하며, 이에 따라 운용 개념도 큰 변화가 요구된다.

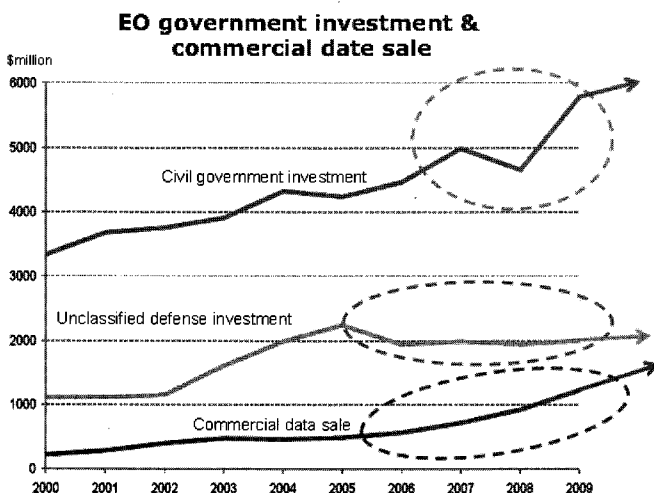
다수 사용자에게 서비스를 용이하게 하기 위해 카탈로그 검색 및 주문 시스템의 발전, 처리 자동화, 품질보증 및 최적화의 개념이 강조되고 있다. 일반 사용자가 증가하자 지도 기반의 다양한 위성영상 검색 및 주문 시스템이 일반화 되었으며, 독일의 RapidEye사 같은 경우는 인터넷쇼핑과 유사한 GeoData Kosk를 운영하고 있다^[15]. 또

한, 최종 사용자의 위성영상 제품의 주문에서부터 분배에 이르는 과정은 운영자의 간섭을 최소화 하는 방향으로 변화하고 있으며, 최종 사용자의 만족을 위해 품질보증을 위한 프로세스가 필수적이다. 또한, 다수 사용자의 촬영 요청을 제한된 위성 자원으로 만족시키기 위한 촬영계획 최적화 기능의 발전이 필요하게 되었다.

IV. 결론

본 기고에서는 현재 우리나라에서 개발되고 있는 아리랑위성 영상수신처리시스템에 대해 간략히 소개하고 발전방향에 대한 필자의 의견을 기술하였다.

우리나라의 위성 영상수신처리시스템의 개발은 선진국에 비해 상대적으로 늦은 편이었으나, 지속적인 아리랑위성의 개발에 힘입어 짧은 기간 동안 많은 발전을 이루었다. 위성 영상수신처리시스템 기술의 발전을 위해서는 SAR, IR 센서, 기상센서, 해양센서, Hyperspectral 센서 등



〈그림 7〉 상용 위성영상 시장의 증가^[14]

새롭게 개발되는 센서 데이터의 처리기술의 개발, 데이터 처리의 고속화, 위성자료 및 서비스의 표준화 방안 및 운용자와 사용자의 편의성을 위한 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

PART I 참고문헌

- [1] B.-S. Lee, J.-S. Lee, J.-H. Kim, S.-P. Lee, H.-D. Kim, E.-K. Kim, and H.-J. Choi, "Operational Report of the Mission Analysis and Planning System for the KOMPSAT-I", ETRI Journal, Vol.25, No.5, 2003, pp.387-399.
- [2] W. C. Jung, B.-S. Lee, S. Lee, and J. Kim, "Mission Control System for KOMPSAT-2 Operations", Joint Conference on Satellite Communications (JC-SAT 2006), Jeju-do, Korea, Oct., 19-20, 2006, pp.193-200.
- [3] W. C. Jung, H.-S. Mo, M.-J. Kim, I.-J. Kim, J.-H. Kim, "Development of the Satellite Operations Subsystem for the KOMPSAT-2 Mission Control Element", IEIC Technical Report, Vol.104, pp.103-108, 2004.
- [4] B.-S. Lee and J.-H. Kim, "Design and Implementation of the Mission Planning Functions for the KOMPSAT-2 Mission Control Element", J. Astronomy and Space Sciences., Vol.20, pp.227-238, 2003.
- [5] S. Lee, S. Cho, B.-S. Lee, and J. Kim, "Design, Implementation, and Validation of KOMPSAT-2 Software Simulator," ETRI Journal, Vol.27, pp.140-152, 2005.
- [6] B.-S. Lee, W. C. Jung, J. Lee, S. Lee, Y. Hwang, I. J. Kim, S. Lee, T. Kim, S. Jeong, and J. Kim, "Development of the Satellite Ground Control System for Multi-mission Geostationary Satellite COMS", Space Ops 2010, Huntsville, Alabama, Apr., 25-30, 2010, AIAA 2010-2381.
- [7] 이병선, 김인준, 이수진, 황유라, 정원찬, 김재훈, "통신해양기상위성을 위한 관제 시스템의 특수기능 구현", 위성통신과 우주산업, 제17권 제1호, 2010년 6월, pp.64-81.
- [8] B.-S. Lee, Y. Hwang, H.-Y. Kim, and J. Kim, "Geostationary Satellite Station-Keeping Maneuver in the Presence of Twice a Day Thruster-Based Momentum Dumping", Proceedings of AAS/AIAA Space Flight Mechanics Winter Meeting, AAS 08-238, Jan., 2008.
- [9] Y. Hwang, B.-S. Lee, H.-Y. Kim, J. Kim, H. Kim., and S.-Y. Park, "Communication, Ocean, and Meteorological Satellite Orbit Determination Analysis Considering Maneuver Scheme", AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference and Exhibit, Keystone, CO, 2006, AIAA-2006-6668.
- [10] I. Joo, J.-H. Lee., and J. Kim, "Operational Availability Analysis of Satellite Ground Control System for COMS", 24th AIAA International

- Communications Satellite Systems Conference, 2006, AIAA-2006-5428.
- [11] R. Pooley and P. Stevens, Using UML - Software Engineering with Objects and Components, Harlow, Addison-Wesley, 1999.
- [12] <http://www.lockheedmartin.com/ssc/>
- [13] <http://www.orbital.com>
- [14] <http://www.thalesgroup.com/>
- [15] <http://www.integ.com>
- [16] <http://www.gmv.com>
- [17] http://en.wikipedia.org/wiki/SCOS_2000.
- [18] <http://www.logica.com/>
- [19] <http://www.scisys.co.uk/>
- [20] <http://www.jpl.nasa.gov/>
- [21] <http://www.nasa.gov/centers/goddard/home/index.html>
- [22] <http://www.nasa.gov/centers/johnson/home/index.html>
- [23] <http://www.nesdis.noaa.gov/>
- [24] <http://www.public.navy.mil/spawar/PEOSpaceSystems/ProductsServices/Pages/UHFGraphics.aspx>
- [25] <http://www.afscn.com/>
- [26] <http://www.harris.com>
- [27] <http://www.ccsds.org/>
- [28] <http://www.egos.esa.int/>
- [29] R. Quirk, S. Lee, I.J. Kim, L. Blanco, B. G. Kang, Y. Hwang, W.C.Jung, J. Kim, J. N. Galilea, B.-S. Lee, "Scripting-based Automation for Satellite Operations", IEICE Technical Report SAT2009-27, 2009, pp.53-57.
- [30] <http://www.python.org/>
- [31] B.-S. Lee, Y. Hwang, S. Park, Y.-R. Lee, and J. N. Galilea, "Analysis and Design of the Automatic Flight Dynamics Operations for Geostationary Satellite Mission", J. Astron. Space Sci. Vol.26, No.2, 2009, pp.267-278.
- [32] S. Park, Y.-R. Lee, B.-S. Lee, Y. Hwang, and J. N. Galilea, "Implementation and Test of the Automatic Flight Dynamics Operations for Geostationary Satellite Mission", J. Astron. Space Sci. Vol.26, No.4, 2009, pp.635-642.

 PART II 참고문헌

- [1] <http://samadhi.jpl.nasa.gov/msl/Programs/corona.html>
- [2] Xiaoshu Si, Hong Zheng, High Performance Remote Sensing Image Processing Using CUDA, pp.121-125, Proceeding of ISECS 2010, 2010.
- [3] Y. K. A. Tan, W. J. Tan, L. K. Kwoh (2008), Fast colour balance adjustment of IKONOS imagery using CUDA Proc. IEEE 2008 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS'08), 7 - 11 July, 2008, Boston, USA, Vol.2, 1052-1055.
- [4] Z. Yang et al., Parallel Image Processing Based on CUDA, pp.198-201, Proceeding of International Conference on Computer Science and Software Engineering, 2008.

- [5] P. Bui and J. Brockman, Performance Analysis of Accelerated Image Registration using GPGPU, <http://www.ece.neu.edu/groups/nucar/GPGPU/GPGPU-2/Bui.pdf>
- [6] <http://www.manifold.net/index.shtml>
- [7] http://origin-kr.nvidia.com/object/io_1218792089148.html
- [8] W. Kresse, Standardization in Photogrammetry and Remote Sensing, pp.1763-1767, The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information science, 2008
- [9] http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_tc_browse.htm?commid=54904
- [10] <http://www.opengeospatial.org/standards>
- [11] S. Baillarin et al, Remote Sensing Image Ground Segment Interoperability: PLEIADES-HR Case Study, pp.928-931, IGARSS 2006, 2006.
- [12] R. Suresh et al., A Distributed Catalog and Data Service System for Remote Sensing Data, pp.534-537, International Archives of photogrammetry and Remote Sensing, 2000.
- [13] L. Di, The Open GIS Web Service Specifications for Interoperable Access and Services of NASA EOS Data, pp.220-232, Earth Science Satellite Remote Sensing Vol.2, Springer, 2006.
- [14] Presentation by Adam Keith at ICRSS 2010, <http://usgif.org/system/uploads/990/original/Keith.pdf>
- [15] <http://kiosk.rapideye.de/DataDoorsWeb/Order.aspx>

저자소개



이 병 선

2001년 2월 연세대학교 천문우주학과 이학박사
 1988년 2월 연세대학교 천문기상학과 이학석사
 1986년 2월 연세대학교 이과대학 천문기상학과 이학사
 2002년 3월~현재 한국전자통신연구원 위성시스템 연구팀 책임연구원
 1995년 3월~2002년 2월 한국전자통신연구원 위성통신 연구단 선임연구원
 1989년 10월~1995년 2월 한국전자통신연구원 위성통신기술본부 연구원

주관심 분야 : 위성관제시스템, 인공위성 궤도역학



강 치 호

1997년 2월 서울대학교 천문학과 학사
 1999년 2월 연세대학교 천문우주학과 석사
 2000년 4월~현재 한국항공우주연구원 근무

주관심 분야 : 위성 영상 처리, 우주 환경

저자소개



김 문 규

1994년 2월 KAIST, 물리학, 전산학 학사
2000년 6월 UCL, 전자과 박사수료
1994년 9월~1996년 2월 KAIST, 인공위성연구센터
2000년 6월~2005년 3월 KAIST, 인공위성연구센터
2005년 4월~현재 (주)세트레이아, 지상사업부

주관심 분야 : 원격탐사, 수신처리시스템, SAR