

# 전기지상지원장비 및 관제시스템 통합 개발을 위한 유럽 표준안 현황

허윤구\*, 최종연\*\*

## ECSS E70 Standard for developing common EGSE and MCS

Yun-Goo Huh\*, Jong-Yeoun Choi\*\*

### ABSTRACT

Although the EGSE (Electrical Ground Support Equipment) and MCS (Mission Control System) have many similar or even identical functions, the EGSE used for assembly, integration and validation phase and the MCS for the mission operations phase are normally developed separately and used by different groups of engineers. However, the common ground system for EGSE and MCS has developed and many space missions such as PROBA (PProject for On-Board Autonomy), ROSETTA, MARS EXPRESS, CRYOSAT (Cryosphere Satellite), GOCE (Gravity field and steady state Ocean Circulation Explorer), and GALILEO have used or will use it to minimize risk, reduce cost and improve overall product quality. It is based on ECSS (European Cooperation for Space Standards) E70 which is the international standard for ground systems and operations published by ECSS E70 Working Group. The ECSS E70 contains the basic rules, principles and requirements applied to the engineering of the ground systems and the execution of mission operations. This paper introduces standardization policy, organization and standard documentation in ECSS. The overview of ECSS E70 such as status, purpose and contents is also described in this paper.

### 초 록

위성체 총조립 및 시험(AIT; Assembly, Integration & Test)을 위한 전기지상지원장비(EGSE; Electrical Ground Support Equipment)와 위성 임무 준비 및 운용을 위한 관제시스템(MCS; Mission Control System)은 동일한 시스템은 아니지만 많은 공통점과 호환 가능성을 갖고 있다. 하지만 우주 사업의 핵심 지상시스템인 EGSE와 MCS는 사용 시기와 개발 조직이 달라서 오랫동안 별도로 개발 및 발전되어 왔다. 그러나 두 시스템이 기술적인 측면에서 유사한 기능과 역할을 하기 때문에 통합 또는 공통 개발에 대한 요구가 끊임없이 제기되고 있으며, 이미 세계적으로 ECSS E70과 같은 관련 표준화 작업과 이를 바탕으로 실제 구현된 핵심 지상운영시스템의 개발이 최근에 기술적인 성숙을 이루고 있어 현재 거의 모든 우주 사업에서 핵심 지상운영시스템을 활용하거나 더 나아가 상용 제품을 적용하여 공통지상시스템을 개발하고 있다. EGSE와 MCS의 공통 기능에 관련된 표준화 작업은 ECSS를 통해 국제 표준(ISO, CCSDS 등)을 바탕으로 한 위성의 지상시스템에 대한 유럽 표준화 작업이 ECSS-E-70 Working Group에서 진행되고 있다. 여기서는 우주 산업에 관련된 표준화 단체인 ECSS에 대한 역사, 정책, 조직 및 문서 구조를 포함하여 ECSS에서 현재 진행되고 있는 지상시스템 및 운용 분야 관련 ECSS E70 표준화 작업의 내용 및 현황에 대해서 살펴보고자 한다.

**Key Words** : EGSE(전기지상지원장비), MCS(관제시스템), Common Ground System(공통지상시스템), ECSS E70

\* 허윤구, 한국항공우주연구원 위성기술사업단 위성시험실 위성시험팀  
perfect@kari.re.kr

\*\* 최종연, 한국항공우주연구원 위성기술사업단 위성시험실 위성시험팀  
jychoi@kari.re.kr

## 1. 서론

위성체 총조립 및 시험(AIT; Assembly, Integration & Test)을 위한 전기지상지원장비(EGSE; Electrical Ground Support Equipment)와 위성 임무 준비 및 운용을 위한 관제시스템(MCS; Mission Control System)의 공동 개발은 미국과 유럽의 여러 위성사업 기관 및 업체에서 지금까지 많은 연구가 되어 왔으며, 비록 두 시스템이 동일한 시스템은 아니지만 기술적으로 유사한 기능을 갖는 시스템으로서 많은 공통점과 호환 가능성을 갖고 있다[1]. 이러한 두 시스템의 공통성과 호환성 및 공통시스템 개발 장점이 있기에 EGSE와 MCS의 공통 기능에 대한 표준화 작업은 1986년 만들어진 COES (Committee for Operations and EGSE Standard)에서 공식적으로 논의되기 시작하여 1994년 CNES (Centre National d'Etudes Spatiales)와 ESA (European Space Agency)의 발의로 제정된 ECSS (European Cooperation for Space Standards)를 통해 국제 표준(ISO, CCSDS 등)을 바탕으로 한 위성의 지상 시스템에 대한 유럽 표준화 작업이 ECSS-E-70 Working Group에서 진행되고 있다. 여기에서는 ECSS에서 현재 진행되고 있는 이러한 표준화 작업의 내용 및 현황을 소개하고자 한다.

## 2. ECSS 개요

### 2.1 ECSS 설립 목적 및 철학

우선 ECSS는 모든 유럽의 우주와 관련된 활동에 있어서, 사용자가 이해하기 쉽고 편리하게 이용 가능한 일관되면서 단일화된 표준안을 개발하기 위해서 설립되었다. ECSS가 설립되기 이전에는 유럽에서는 우주와 관련된 단일화된 표준과 요구사항이 존재하지 않았으며, 당연히 이를 충족시키는 단일화된 시스템이 존재하지 않았다. 그 당시 사용되었던 표준과 요구사항들이 유사한 면도 있었지만, 차이가 나는 부분으로 인해 우주 관련 산업에서 지속적인 비용 증가와 비효율적이고 경쟁력이 떨어지는 결과를 가져왔다. 그래서 ECSS는 유럽의 우주 관련 산업의 효율성 증대와 세계 시장에서의 국제적인 경쟁력을 강화시

키기 위해서 설립되었고, 유럽 위성 연구 기관과 산업체의 참여가 필수적이었다. 공식적으로 1993년 가을에 조직이 구성되어 출범되었으며, 현재 ECSS는 아래와 같은 유럽 위성 연구기관 및 위성개발업체들이 참여하고 있다 [2].

- Agenzia Spaziale Italiana (ASI)
- Belgian Office for Scientific, Technical and Cultural Affairs (OSTC)
- British National Space Centre (BNSC)
- Centre National d'Etudes Spatiales (CNES)
- Canadian Space Agency (CSA)
- Deutsche Agentur für Raumfahrt (DARA)
- European Space Agency (ESA)
- Norwegian Space Centre
- EUROSPACE

ECSS의 주 목적은 위성개발업체의 적극적인 참여와 공동 개발을 유도하는 것인데, 미국이 거의 모든 국제 위성 표준(예, ISO, CCSDS)을 이끌고 있는데 이는 NASA (National Aeronautics and Space Administration) 협력 하에 미국 산업체의 적극적인 참여에서 이루어진 것이다.

1993년 ECSS의 첫 번째 작업은 ECSS-P-00 "Standardization Policy"라는 정책 문서를 만드는 것이었는데 여기에서 "ECSS 표준은 불필요한 작업을 피하면서 지속적인 개선을 장려한다" 라고 명시되어 있다. 과거 수행되었던 과제로부터 얻은 경험들은 체계적으로 ECSS 시스템에 통합되고 있으며, ECSS 표준은 모든 유럽뿐만 아니라 세계의 고객들을 만족시킨다. 우주 산업에 관련된 각양 각색의 제품이나 공정들이 생성되는 것을 제한함으로써 산업적인 효율성 및 국제적인 경쟁력을 높이고 있다.

ECSS표준을 사용하는 관계 당사자들은 그 표준의 정확한 사용과 응용을 확실히 하여야 하고, 지속적으로 추적 감시해야 하는 의무가 있다. 이러한 당사자들이 ECSS 표준을 사용하면서 얻게 되는 경험이나 의견을 이용해서 ECSS 표준에 관련된 오류나 부적절성이 올바르게 교정되는 기회를 가지게 된다.

ESA Procedures, Standards and Specifications (PSS)와 같은 국제 위성 표준은 원하는 제품이나 서비스를 생산하기 위해 필요로 하는 수단과 더불어 그것의 정확한 상세 세부 항목 및 특성까지 기술하고 있다. 이러한 표

준은 정확하게 통일된 하나의 제품이나 서비스를 만들 수 있다는 장점이 있지만 현재 진보하고 있는 최신 기술들이 쉽게 수용하기 어렵다는 단점이 있다. 그러나 ECSS 표준은 원하는 제품이나 서비스를 생산하기 위해 필요한 개별적인 요구 사항을 충족시키기 위한 상세한 수단을 정의하지는 않고 있기 때문에 기술적인 발전을 위해 더 많은 자유를 보장한다. 이로 인해 기술적인 진보나 발전을 쉽게 수용하도록 한다.

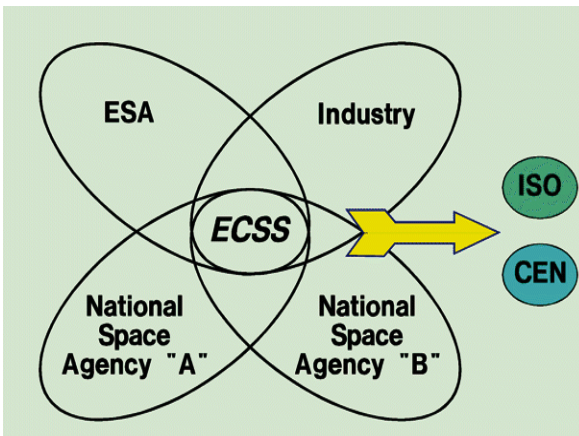


그림 1. ECSS · 다른 국제 표준화 기구와의 관계

ECSS는 가능한 한 다른 국제 위성 표준(예, ISO, CCSDS)과 중복되는 표준은 만들지 않는다. 즉 현재 존재하는 국제적 표준이나 유럽 우주 산업에서 일반적으로 채택되고 사용되는 관행 등과 대치되지 않고 조화를 이루도록 한다는 방침을 가지고 있다. 이러한 연유로 인해서 ECSS 표준을 필요로 할 때는 언제나 적절한 비용으로 빨리 가용할 수 있게 된다. 그러나 만약 적절한 유럽 표준 (European Standard)이 존재하지 않으면, Comite Europeen de Normalisation (CEN)을 통해서 ECSS 표준이 공식적인 유럽 표준이 되도록 추진된다.[3] (그림 1 참조).

결론적으로 ECSS는 지금까지 가능하면 현재 널리 사용되는 국제적 표준을 그대로 채택하거나, 현재 존재하는 표준을 최대한 활용하고, 국제 표준 기구들과 밀접한 연락 및 공조 관계를 유지하고 있다. 즉 ECSS는 혁명적이기 보다는 진화적이라고 말할 수 있다.

## 2.2 ECSS 조직 및 standard 분류

ECSS 표준 시스템 내에서 정보의 검색 및 조직 구성

을 용이하게 하기 위해서 아래 그림 2 와 같은 문서 구조를 가지게 된다 [4].

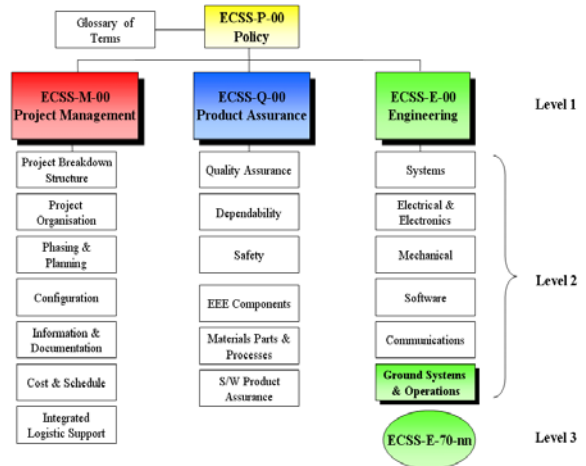


그림 2. ECSS 문서 구조의 개요

ECSS 표준은 기본적으로 Project Management, Product Assurance, Engineering의 3개 주요 분야로 나뉘게 되고, 전체적으로 4개의 계층적인 단계를 가지고 있다.

- Level 0 (ECSS-P-00) : Level 0의 이 문서는 ECSS 문서의 생성, 인증 및 유지에 관한 기본적인 규정과 더불어, ECSS의 전체적인 구조, 목적, 정책을 기술하고 있다.
- Level 1 (ECSS-M-00, ECSS-Q-00, ECSS-E-00) : Level 1에서는 각 세분화된 특정 분야 (Project Management, Product Assurance, Engineering)에서의 전략을 기술하고 있으며, 특정 분야의 전체적인 관점에서 요구 사항을 기술하고 있다.
- Level 2 (ECSS-M-10, ECSS-Q-10...) : Level 2에서는 세분화된 특정 분야의 각 개별적인 영역 (Project Organization, Quality Assurance, System Engineering, etc.)에서의 모든 측면에 관해 요구되는 목적 및 기능에 관해서 기술하고 있다.
- Level 3 : Level 3에서는 Level 2의 요구 사항을 달성하기 위한 필요한 절차, 방법, 권고하는 도구에 관해서 설명하는 문서이다. Level 3 문서들은 일종의 가이드라인으로 개별적인 과제의 필요에 의해서 개정되어 적용될 수 있다고 명시하고 있다.

ECSS의 조직 구성은 Steering Board, Technical Panel, Secretariat, Working Group의 4개의 독립적인 단위 조직으로 구성된다. Steering Board는 주요한 정책

을 설정하고 모든 ECC 표준을 공식적으로 승인해 주는 역할을 한다. Technical Panel은 Working Group에서 발생한 기술적인 논쟁을 해결 및 중재하고, Working Group에서 만든 ECC 표준의 초안에 대해서 논의하고 검토하며, Steering Board의 승인을 받기 위한 ECC 표준 최종안을 발행한다. Working Group은 Level 1 과 Level 2 모든 문서의 초안을 만들어 제안 한다. 그리고 각 Working Group들은 서로 간에 이러한 문서들의 내용이나 전문용어들이 잘 조화되고 화합되도록 해야 한다. 현재는 아래와 같은 Working Group이 존재한다.

- ECSS-E-20 “Space Engineering - Electrical & Electronics” - Convenor: Mr. P. Perol, ESA/ESTEC Noordwijk
- ECSS-E-30 “Space Engineering - Mechanical” - Convenor : Mr. M. Klein, ESA/ESTEC Noordwijk
- ECSS-E-40 “Space Engineering - Software” - Convenor : Mr. U. Mortensen, ESA/ESTEC Noordwijk
- ECSS-E-50 “Space Engineering - Communications” - Convenor : Mr. C. Monaco, Alenia Spazio
- ECSS-E-70 “Space Engineering - Ground Systems” - Convenor : Mr. J-F Kaufeler, ESA/ESOC Darmstadt

### 3. ECSS 개요

ECSS에서는 아래 그림 3과 같이 지상시스템 및 운용 분야는 2단계 수준에서 ECSS-E-70으로 분류되어있고, 3 단계에서 6개의 표준안으로 나누어진다 [5]. 우선 2단계 수준의 E70 Part 1A (Ground systems and operations - Part 1: Principles and requirements) 와 E70 Part 2A (Ground systems and operations - Part 2 : Document requirements definitions)은 각각 2000년 4월과 2001년 4월에 표준안이 마련되었다.

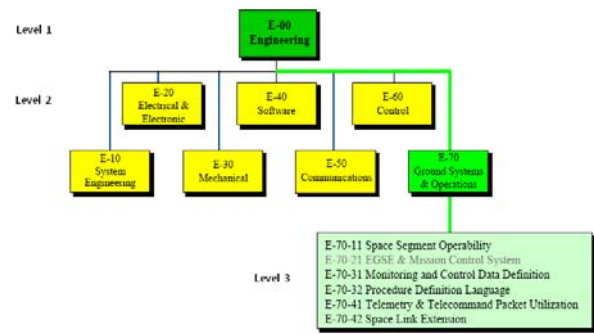


그림 3. ECSS E70 standard

E70 Part 1A는 EGSE와 MCS를 포함하여 지상시스템 및 운용에 대한 전반적인 개요가 기술되어 있다. 이 표준안에는 지상 시스템 및 비행 임무 수행을 위한 공학 기술에 적용되는 기본적인 규정, 원칙 및 요구 사항들을 포함하고 있다. 또한 지상시스템은 아래의 주요 4가지 구성요소를 가지고 있다고 정의하고 있다 [6].

- Mission control system (MCS)
- Electrical ground support equipment (EGSE)
- Ground station system (GSTS)
- Ground communication subnet (GCS)

여기서 EGSE는 지상에서 위성체 총조립 및 시험을 지원하기 위한 장비이고, MCS는 위성을 최대한 운용하고 위성의 임무를 제어하기 위한 시스템이다. GSTS는 우주 궤도를 비행하고 있는 위성과 직접적인 통신을 가능하게 하는 장비로 탑재체 (payload)의 서비스 데이터 (지구 영상 이미지, 통신 신호, 그 밖에 과학적 자료)를 수신하거나 위성체의 위치를 추적하거나 위성으로부터 원격 측정 (Telemetry)을 수신하거나 원격 명령 (Telecommand)을 위성으로 송신하는 역할을 한다. 또한 아래와 같이 위성의 지상 부분에서의 개발 과정을 Phase A에서 Phase F까지 총 6단계로 구분하고 각 단계에서의 목적과 예상되는 작업들에 대해서 상세히 정의하고 있다.

- Phase A : Feasibility studies and conceptual design
- Phase B : Preliminary design
- Phase C : Design
- Phase D : Production
- Phase E : In-orbit operations
- Phase F : Mission termination

E70 Part 2A는 지상시스템 및 운영에 관련된 과제를 진행할 때 필요한 문서의 요구사항을 정의하고 있다. 즉 관련 과제 문서의 목차나 내용을 제어하기 위해 만들어졌으며, 문서 내에 정보의 일관성을 유지하고 완성도를

높일 수 있다. 우선 E70 Part 1A에서 정의한 Phase A에서 Phase F까지 총 6단계에서 단계별로 필요로 하는 문서들이 아래와 같은 제목으로 정의되어 있다 [7].

- Customer requirements document (CRD) : Phase B
- Ground segment baseline definition (GSBD) : Phase C to F
- Mission operations concept document (MOCD) : Phase A and B
- Space segment user manual (SSUM) : Phase C to F
- Operational validation plan (OVP) : Phase D
- Flight operations plan (FOP) : Phase D
- Ground operations plan (GOP) : Phase D
- Operations anomaly report (OAR) : Phase E
- Flight control procedure (FCP) : Phase D

이 표준안에서는 문서 제목과 문서에 꼭 포함시켜야 하는 글귀나 문장뿐만이 아니라 문서의 목차와 각 목차에서 담겨야 하는 내용에 이르기까지 아주 상세하게 규정하고 있다.

2005년 8월에 만들어진 E-70-11A (Space segment operability)는 위성 개발에 관련된 위성 운영성에 관한 표준으로 이 운영성은 위성의 초기 설계에서부터 유지 보수 및 해체에 이르기까지 생애 전체에 소요되는 전체 비용에 영향을 미친다. 즉 궤도상에서 쉽게 운용될 수 있도록 위성을 개발한다면 비록 지상시스템의 운용 및 유지보수 비용을 줄일 수 있지만 막대한 위성 개발 비용이 필요하므로, 위성 개발에 있어서 위성 운용의 용이성은 개발 비용, 위험도 및 일정을 고려해야 한다. 또한 이 표준안에서는 아래와 같은 목적을 달성하기 위해서 위성 운영성에 관한 요구사항들을 정의하고 있다 [8].

1. 비용을 줄이고 위성이 안전하게 운용될 수 있도록 보장한다.
2. 위성의 성능 검사 및 임무 수행에 관련된 준비 작업과 실행을 용이하게 한다.
3. 위성 개발을 위한 제안 의뢰서 (RFP)에 대해서 주요 위성 개발 계약자들이 제안서의 준비 작업을 용이하게 한다.

E-70-11A는 전체적으로 일반적인 위성 운영에 관련된 요구사항들과 좀 더 세분화된 위성 운영에 관련된 요구사항들을 기술한 2개의 절로 구성되는데, 일반적인 위성 운영에 관련된 요구사항들은 모든 임무에 적용될 수 있는데 반해 세분화된 위성 운영에 관련된 요구사항들은 세분화된 위성 운영에 대응되는 특정 기능이 위성에 구현되어 있을 경우에만 적용된다.

E-70-21 (EGSE & Mission Control System Functionality)은 핵심EGSE 와 MCS의 기능에 대한 최소한의 요구 사항들을 규정하는 표준으로 그 목적은 MCS를 이용한 실제 운영과 EGSE를 이용한 위성 개발 단계에서의 시험간의 공통성을 촉진시키는 것으로 아직까지 구체적인 안이 마련되지 있지 않다. 현재 이 표준안은 ECSS의 작업 계획에서 빠져 있는 상태이다. 위성 제품 제조업자가 관련 제품을 수요자에게 전달하면서 위성체 조립 및 시험과 위성 운용을 수행하기 위해서는 위성체 관측과 제어에 관한 데이터도 함께 전달해야 할 필요가 있다. E-70-31(Monitoring & Control Data Definition)은 원격 측정과 원격 명령을 통해서 위성 시험과 운용 중에 위성체 관측과 제어를 위한 위성 데이터베이스에서 요구되는 모든 데이터 항목들을 정의하고 있다. 또한 그 모든 데이터 항목에 허용 가능한 형태를 규정하고 있다. 이 표준안에서는 어떤 데이터들이 위성 관련 공급자에 의해 수요자에게 전달되어야 하는지 정의하고 있지만, 어떤 방식으로 전달해야 하는지는 규정하고 있지 않다. 즉 스프레드시트 형태로 전달하든 XML형태로 하든 그것은 E-70-31의 범위 밖이다. 이 표준안을 통해서 위성 개발단계와 실제 위성 운용을 수행할 때 사용하는 데이터들의 일관성을 유지함으로써 위성 관련 데이터베이스의 공유 및 향후 다른 위성 개발 및 운용을 위한 재사용이 용이하다. 따라서 이 표준안을 준수하게 되면 위성 개발에 필요한 비용을 절감하고 위험 요소를 줄일 수 있다. 위성관련 수요자가 제품에 관한 지식의 공유와 재사용을 쉽게 하기 위해서는 정형화된 구조를 따라서 문서가 구성되어야 하는데 이와 같은 목적으로 이 표준안에서는 SSM (Space System Model)을 소개하고 있다.

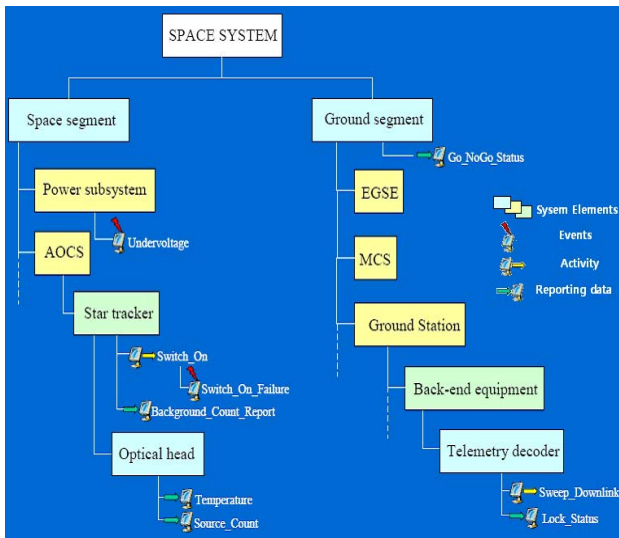


그림 4. SSM (space system model)

이 SSM은 위성 시스템에 관련된 지식을 쉽게 획득할 수 있도록 위성 시스템의 구조를 그대로 반영하고 있다. SSM은 계층적으로 위성 시스템의 기능적 세부 분류에 해당하는 시스템 구성요소 (System Elements)로 작게 나누어 진다. 시스템 구성요소는 행동 (Activities), 보고 자료 (Reporting Data), 사건 (Event)으로 이루어질 수 있다. 행동은 EGSE나 MCS에서 구현되어야 할 위성체 관측과 제어를 위한 기능들이다. 결과적으로 행동은 위성체나 지상국으로의 원격 명령이나 일련의 수행되어야 할 일의 순서를 정한 절차서 등으로 구현될 수 있다. 보고 자료는 시스템 구성요소들이 제공하는 정보이며, 이 보고 자료는 관련된 시스템 구성요소들의 상태를 반영하는 측정 자료를 포함할 수도 있다. 사건은 간단한 조건의 발생인데, 어떤 기능들을 수행시키기 위해서 위성 시스템 내에서 폭넓게 사용된다.

E-70-32 (Procedure Definition Language)는 위성 기능시험과 운용의 자동 수행을 위한 절차서를 규정하는 언어의 특성을 정의하며 시험/운용 절차의 구조와 동적 작용, 절차서를 규정하는 언어의 능력, 언어의 구문과 의미에 관한 예제를 담고 있다. 또한 이 표준안에서는 이러한 요구 사항들을 모두 충족시키는 PLUTO (Procedure Language for Users in Test and Operations)라 불리는 참조 언어도 규정하고 있다. PLUTO와 같은 언어를 위성 시험 및 운용 언어로 사용하면 시험 및 운용 절차는 쉽게 재사용할 수 있다. 즉 표준안에서는 위성이 수행해야 할 임무에 상관없이 사용될 수 있는 절차서 작성을 위해 공통 언어의 사용을 장려함으로써 절차서의 재사용성을 높이고, 위성 개발 단계에

서 사용한 절차서 관련 정보 및 지식들을 실제로 위성을 운용하는 단계에서 쉽게 공유할 수 있게 해준다. 참고로 E-70-32은 2006년 4월에 표준안이 마련되었다.

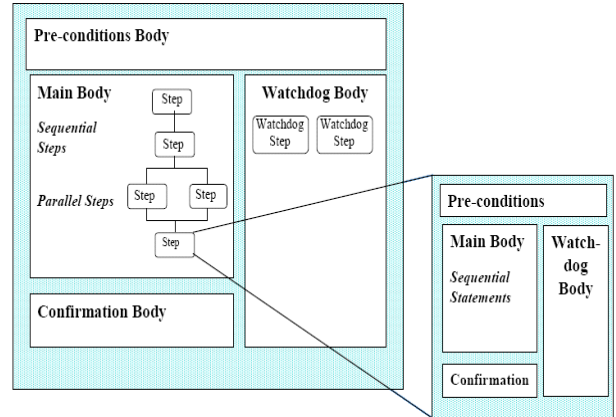


그림 5. Example of a Procedure in PLUTO

그림 5는 PLUTO를 이용하여 구성할 수 있는 절차서의 한 예이다. 절차서는 크게 “Pre-conditions Body”, “Main Body”, “Watchdog Body”, “Confirmation Body”로 나뉜다. “Pre-conditions Body”에서는 절차서가 수행되기 위한 선행 조건들을 미리 검사하여 “Main Body”를 실제로 수행할지 를 결정한다. “Main Body”에서는 어떤 목적을 달성하기 위한 행동이 실제로 수행된다. “Main Body”에서 수행되는 행동들은 순차적으로 수행되기도 하지만 여러 개가 병렬적으로 동시에 수행되기도 하며, “Main Body”내에 또 다른 절차서를 포함할 수 있어서 순환적인 구조로 절차서를 구성하는 것이 가능하다. “Watchdog Body”는 비정상적인 조건들이 발생하는지 항상 감시하다가 비정상적인 상황이 발생하면 적절한 조치가 수행되도록 한다. 마지막으로 “Confirmation Body”는 절차서에 요구되어진 대로 수행되었는지를 확인하는 곳이다 [10].

E-70-41 (TM & TC Packet Utilization)은 궤도상에 있는 위성의 원격 제어와 관측을 위한 목적으로 사용되는 원격 측정과 원격 명령 패킷의 유용성을 정의하고 있는 표준안이다. 표준안은 2003년 1월에 표준안이 마련되었는데 위성의 임무를 완수하기 위해 필요한 요구 사항들을 만족시키기 위해서 데이터 통신 관점이 아니라 지상과 위성간의 운용 용이성과 데이터 처리 관점에서 지상과 위성간의 일반적인 운영 서비스들을 집중적으로 다루고 있다. 제안된 표준을 따른 ESA PUS (Packet

Utilization Standard)를 사용함으로써 동일한 EGSE 나 MCS의 핵심부분을 쉽게 재사용할 수 있다. PUS를 사용하거나 사용할 계획이 있는 위성 사업은 XMM, MSG (Meteosat Second Generation), INTEGRAL, GOMOS (Envisat Instrument), ATV (Automated Transfer Vehicle), Orsted (Danish microsatellite), PROBA (Project for On- Board Autonomy), MARS EXPRESS, CRYOSAT (Cryosphere Satellite), GOCE (Gravity field and steady state Ocean Circulation Explorer), GALILEOSAT 등이 있으며 앞으로 ESA가 주도하는 모든 우주 사업은 PUS를 채택할 것이다 [11]. E-70-41에서는 위성의 조립 및 시험을 포함한 개발 단계 및 실제 궤도상에서 운용 중일 때 위성체를 제어하고 관측하기 위한 기본적인 요구 사항들을 포함하고 있는 운영 개념들(Operational Concepts)을 정의하고 있으며, 이러한 운영 개념들을 모두 만족시키는 PUS 관련 서비스 16개를 아래와 같이 규정하고 있다.

- ① Telecommand verification - 지상에서 보낸 원격 명령을 위성에서 수신하는 순간부터 명령이 수행되어 종결될 때까지 각 단계별 수행 상태에 대해 명백히 확인을 하는 기능을 가지는데, 서비스 타입은 1로 할당한다.
- ② Device command distribution - 위성에 탑재된 하드웨어에 의해 직접 수행되어야 하는 원격 명령 (예를 들면, 릴레이를 변경, 하드웨어 레지스터에 특정 값을 로딩)들을 위한 기능을 가지는데, 서비스 타입은 2로 할당한다.
- ③ Housekeeping and diagnostic data reporting - 모든 위성은 미리 정해진 많은 Housekeeping 패킷을 가지고 있고, 위성에 장애가 발생시 문제와 연관된 데이터를 수집하여 해결할 때에 수집되는 diagnostic 데이터들이 있다. 이 서비스는 Housekeeping 과 diagnostic 데이터에 관한 모든 정보를 지상으로 알려주는 기능을 가지는데, 서비스 타입은 3으로 할당한다.
- ④ Parameter statistics reporting - 위성에서 지상으로 내려보내는 원격 측정 데이터의 양을 줄이기 위해서 평균, 분산, 최소값, 최대값 등과 같은 통계치를 산출하여 그 통계치만을 지상으로 전송할 때 이용되는 서비스이다. 위성의 데이터 저장 용량이 제한적이고, 지상과의 접속 시간이

적은 저궤도 위성인 경우에 주로 이용되며, 서비스 타입은 4로 할당한다.

- ⑤ Event reporting - 위성에서 주기적으로 지상으로 보고하는 데이터외에 미리 정해놓은 동작상에 중요한 이벤트를 감지하게 되면 그 정보를 지상으로 보내주는 기능을 제공한다. 예를 들어 비정상 상태를 감지하거나 장애가 자동으로 복구되면, 그때 이 서비스를 이용하게 된다. 서비스 타입은 5로 할당한다.
- ⑥ Memory management - 위성에 존재하는 다양한 저장 영역 (mass memory, RAM 등)에 대한 관리와 관련이 있다. 즉 저장 영역의 내용을 검사하거나, 저장된 내용을 지상으로 내려받거나 반대로 저장 영역에 값들을 채우기 위한 기능을 가지는데, 서비스 타입은 6으로 할당한다.
- ⑦ Function management - 지상으로부터의 제어에 의해 위성의 탑재 소프트웨어의 기능들이 수행되도록 하는 표준화된 서비스 요청을 제공하고, 서비스 타입 (service type)은 8로 할당한다.
- ⑧ Time management - 모든 위성은 기준 시간 (time reference)을 유지하고 있으며, 지상과 위성 간의 시간 정보를 교환하기 위한 서비스를 제공하며, 서비스 타입은 9로 할당한다.
- ⑨ On-board operations scheduling - 위성에서 정해진 시간 내에 수행되도록 미리 로딩되어 있는 원격 명령들을 위한 기능을 가진다. 이를 위해 원격 명령에 대한 일정들을 모두 유지하고 있으며, 적절한 시간에 명령들이 수행되도록 보장하고, 서비스 타입은 11로 할당한다.
- ⑩ On-board monitoring - 미리 정의하여 위성에서 확인해야 하는 값들을 지속적으로 감시하고 측정된 후 변화가 생기면 지상으로 보고하는 기능을 제공하는데, 서비스 타입은 12로 할당한다.
- ⑪ Large data transfer - 지상에서 위성으로 또는 위성에서 지상으로 대용량 데이터를 전달한다. 다양한 형태의 대용량 데이터 전달 방법이 생기는 것을 피하기 위해서 표준화된 공통의 대용량 데이터 전달 방법을 제공하고, 서비스 타입은 13으로 할당한다.
- ⑫ Packet forwarding control - 이 서비스는 어떤 패킷들을 지상으로 내려보내야 하는지에 관

한 정보를 가지고 있으면서, 위성에서 지상으로 원격 측정 패킷을 내려 보내기 위한 기능들을 가지는데, 서비스 타입은 14로 할당한다.

- ⑬ On-board storage and retrieval - 다른 여타 서비스들에 의해서 사용되는 기능으로, 각 서비스에서 생성되어 지상으로 보고해야하는 정보들을 선택적으로 저장하고 있다가 지상에서 검색 및 추출 요청이 오면 해당 정보들을 찾아서 지상으로 내려 보내는 역할을 하는데, 서비스 타입은 15로 할당한다.
  - ⑭ Test - 위성에 탑재되어 구현되어 있는 테스트 함수들을 수행하고 그 결과에 대해서 알려주는 기능을 가지며, 서비스 타입은 17로 할당한다.
  - ⑮ On-board operations procedure - 위성에서 순서대로 수행되어야 하는 명령을 나열해 놓은 절차가 위성의 저장 장치에 기록되어 있는데 이를 관리하고, 지상의 통제에 의해서 차례대로 수행되도록 하는 기능을 가지는데, 서비스 타입은 18로 할당한다.
  - ⑯ Event-action -어떤 주어진 사건이 발생하게 되면 감지하여 자동으로 특정 명령이 수행되도록 해주는 서비스 인데, 서비스 타입은 19로 할당한다.
- 위의 16개의 PUS 관련 서비스는 각 해당 서비스를 구현하기 위해 필요한 원격 측정과 원격 명령에 포함되어야 하는 내용과 해당 패킷의 구조를 상세히 기술하고 있다 [12]. 그림 6과 7은 각각 E-70-41에서 정의하고 있는 원격 측정과 원격 명령의 패킷 구조를 보여주고 있다.

Packet Header (48 Bits)						Packet Data Field (Variable)				
Packet ID				Packet Sequence Control		Packet Length	Data Field Header (Optional) (see Note 1)	Application Data	Spare	Packet Error Control (see Note 2)
Version Number (=0)	Type (=1)	Data Field Header Flag	Application Process ID	Sequence Flags	Sequence Count					
3	1	1	11	2	14					
16						16	Variable	Variable	Variable	16

그림 6. Telecommand packet structure

Packet Header (48 Bits)						Packet Data Field (Variable)				
Packet ID				Packet Sequence Control		Packet Length	Data Field Header (Optional) (see Note 1)	Source Data	Spare (Optional)	Packet Error Control (Optional)
Version Number (=0)	Type (=0)	Data Field Header Flag	Application Process ID	Grouping Flags	Source Sequence Count					
3	1	1	11	2	14					
16						16	Variable	Variable	Variable	(see Note 2)

그림 7. Telemetry packet structure

원격 측정과 원격 명령 패킷의 헤드부분은 각각 48bit로 CCSDS에서 정의된 구조를 그대로 따르고 있다. 즉 16bit로 이루어진 “Packet ID”, “Packet Sequence Control”, “Packet Length”라는 필드를 가지고 있다. 원격 측정과 원격 명령 패킷의 “Packet Data Field”는 가변적인 길이를 가지고 있으며, “Data Field Header”, “Source Data”, “Spare”, “Packet Error Control”로 구성된다. 여기서 Spare는 “Packet Data Field”의 길이를 16bit의 배수로 유지하기 위해 의미없이 추가되는 부분이다. “Packet Error Control”은 원격 측정과 원격 명령 패킷의 무결성을 검증하기 위한 용도로 전체 패킷에 존재하는 오류를 발견할 수 있다. “Data Field Header”와 “Source Data”는 E-70-41에서 정의하고 있는 PUS 서비스에 맞게 내용이 채워지게 된다. “Data Field Header”를 통해서 어떤 PUS 서비스에 해당되는지 알 수 있고, “Source Data”는 해당 PUS 서비스를 지원하기 위해 필요한 각종 데이터들이 담기게 되는 부분이다.

모든 위성에 이 표준에서 규정하고 있는 PUS 관련 서비스를 모두 적용할 필요는 없고, 위성이 수행하는 임무나 주변 여건 등을 고려하여 선별적으로 선택하거나 주어진 임무에 맞게 관련 PUS 서비스를 변경하거나 확장하여 사용할 수 있다.

E-70-42 (Space Link Extension)는 위성 운용기관 사이에 상호 운용 용이성을 얻기 위해 사용되는 서비스를 정의하는 표준이지만 ECSS는 CCSDS 권고안을 그대로 채용하였으며, 별도의 ECSS 표준안은 만들지 않았다.

참고로 아직 표준으로 공표되지는 않았지만 E70 관련 작업 계획에 포함되어 현재 초안이 마련되었거나 마련 중인 표준은 아래와 같이 4개가 있다. [13]

- E-70-01 A On board control procedures (최종 초안 작성중)



- E-70-51 A EGSE : requirements on interfaces to space vehicle (초안 작성중)
- E-70-52 A MGSE : requirements on interface to space vehicle (초안 작성중)
- E-70-53 A Evolutionary ground systems (초안 작성중)

#### 4. 결 론

지금까지 우주 산업에 관련된 표준화 단체인 ECSS에 대한 역사, 정책, 조직 및 문서 구조 등을 소개하였으며, 특히 지상시스템 및 운용 분야를 다루고 있는 ECSS E70 관련 표준안의 내용 및 현황에 대해서 자세히 살펴 보았다. 우주 사업의 핵심 지상시스템인 EGSE와 MCS는 사용 시기와 개발 조직이 달라서 오랫동안 별도로 개발 및 발전 되어 왔다. 그러나 두 시스템이 기술적인 측면에서 유사한 기능과 역할을 하기 때문에 통합 또는 공통 개발에 대한 요구도 끊임없이 제기되고 있다. 이미 세계적으로 ECSS E70과 같은 표준화 작업과 이를 바탕으로 실제 구현된 핵심 지상운영시스템의 개발이 최근에 기술적인 성숙을 이루고 있고, 현재 거의 모든 우주 사업에서 핵심 지상운영시스템을 활용하거나 더 나아가 상용 제품을 적용하여 공통지상시스템을 개발하고 있다. 하지만 우리나라의 경우는 짧은 우주개발 역사에서 그동안 괄목한 성장을 이루었고, 특히 지상시스템, EGSE와 MCS는 100% 국산화로 기술적으로 완전히 자립화에 성공하였으나, EGSE와 MCS를 독립적으로 개발해오고 있다. 이제는 우리도 자립화된 지상시스템 기술을 바탕으로 관련 기술의 표준화 및 공통지상시스템 개발에 앞장설 때가 된 것 같다.

#### 참고문헌

1. 최종연, "위성 공통지상시스템 개발 동향," 항공우주산업 기술동향, 5권2호, pp. 33-42, 2007년 12월
2. W. Kriedte, "ECSS - A Single Set of European Space Standards," ESTEC, July 2001
3. W. Kriedte, "ECSS - European Space Standards," Preparing for the Future, Vol. 7 No. 1, March 1997
4. B. E. Melton and M. Merri, "ECSS : Standardisation in Ground Systems & Operations domain," OMG meeting Paris, April, 2001
5. S. Valera, B. Melton, and A. Parkes, "Status of ECSS Ground Systems Standardisation," Electrical Ground Support Equipment Workshop, February 2003
6. ECSS, "E-70 Part 1A Ground systems and operations - Part 1: Principles and requirements," ESA Requirements and Standards Division, April 2000
7. ECSS, "E-70 Part 2A Ground systems and operations - Part 2 : Document requirements definitions (DRD)," ESA Requirements and Standards Division, April 2001
8. ECSS, "E-70-11A Space segment operability," ESA Requirements and Standards Division, August 2005
9. ECSS, "E-70-31A Ground systems and operations - Monitoring and control data definition," ESA Requirements and Standards Division, October 2007
10. ECSS, "E-70-32A Test and operations procedure language," ESA Requirements and Standards Division, April 2006
11. European Space Agency, "Telemetric and Command Data Specification," ESA Submission to OMG, 08 January 2002
12. ECSS, "E-70-41A Telemetry and telecommand packet utilization," ESA Requirements and Standards Division, January 2003
13. EECSS, "Engineering Work-plan 2007," Issue 5, 08 November 2007