

# 통신해양기상위성 Ka 대역 통신탑재체의 안전 위험성 분석 연구

정철오\* · 이성팔\*\*

## A study on safety hazard analysis for development of Ka band Communication Payload System of COMS

Cheol-Oh Jeong\* · Seung-Pal Lee\*\*

### ABSTRACT

The scope of this paper is to analyze the safety aspects of the Ka-band payload system which are associated with testing, transportation, integration, handling and storage. According to ESA philosophy and the ECSS-Q-40A "Space Product Assurance - Safety", safety hazard analysis of Ka band payload was performed.

In this paper, it is indicated the requirements to be satisfied for eliminating, reducing, or controlling the hazards and by showing how they have been implemented in the COMS design. And it shows the safety hazard analysis result which has performed the analysis according to ESA document and also shows the potential hazard cause, potential effects, hazard grade and criteria resolution of Ka band COPS.

Key Words: 제품보증, harzard, safety, 통신탑재체

### 1. 서 론

한국전자통신연구원은 2003년부터 통신해양기상위성 Ka 대역 통신탑재체 개발을 수행하고 있으며, 현재 프랑스로 기아나에 위치한 발사장으로 이동하여 발사를 기다리고 있다. 통신탑재체 안전 및 위험성 분석은 통신탑재체 개발 기간 중 그리고 통신탑재체 납품 후 발생할 수 있는 안전 및 위험과 관련된 사항을 사전에 분석하고 위험요인을 도출함으로써 위험요인의 관리 및

대처할 수 있도록 하는 것으로, 분석결과에 따른 안전 및 위험방지 사항을 설계, 제작 및 시험 단계에서 활용할 수 있도록 개발 절차에 반영되었다. 본고에서는 Ka 대역 통신탑재체를 대상으로 버스체 종합화를 위해 납품되기 전까지 수행한 안전 및 위험관리 분석 결과에 대한 내용을 기술하고 있으며, 수행한 내역은 Ka 대역 통신탑재체 개발 사업을 진행하는 동안 보호되어야 할 자원(resources) 정의와 보호되어야 할 자원에 영향을 미칠 수 있는 위험요소(hazard) 식별, 위험요소 전파 상태 및 위험도 정의 그리고 위험요소가 현실화되기 위한 요인 정의 등을 수행하였다.

\* 정회원, 한국전자통신연구원

\*\* 정회원, 한국전자통신연구원  
연락처, E-mail: cojeong@etri.re.kr

## 2. Ka 대역 통신탐재체 개요

Ka 대역 통신탐재체(COPS)는 정지궤도 복합위성인 통신해양기상위성의 3개 탐재체 중 하나로 Figure 1.과 같이 1개의 통신 중계기와 2개의 Ka 대역 안테나로 구성되어 있다. Ka대역 COPS는 한반도를 대상으로 통신 서비스 및 위성통신 시험을 목적으로 하고 있으며 2010년 6월 발사에정도로 우주공간에서 7.7년간 운용될 예정이다.[1][2][3]

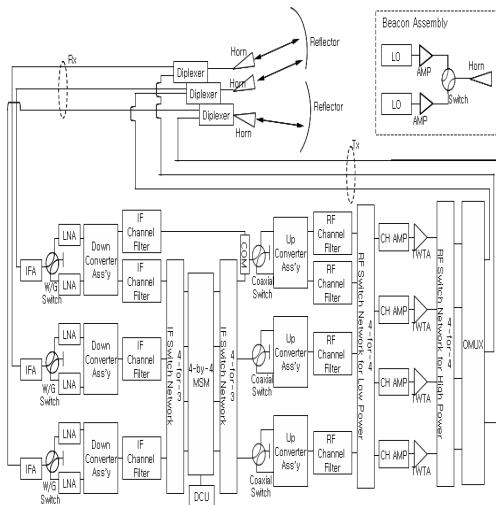


Fig.1 Ka 대역 통신 탐재체 시스템 구성도

Ka 대역 COPS 개발은 사업 초기 부품 설계에서부터 시스템 시험에 이르기까지 개발단계에 따라 국내 및 국외업체로 구분하여 진행기로 결정되었다. 이에 따라 국산화 개발 부품의 경우 국내업체가 주도하여 제작 및 환경시험을 포함한 성능시험을 진행하고, 중계기 및 안테나 서브시스템의 조립, 종합화 및 성능시험은 ETRI와 국내업체가 수행하는 체계로 결정되었다. 이를 근거로 Ka 대역 통신탐재체 안전 및 위험성 분석 대상 및 범위가 확정 되었으며, 개발주기 단계에 따른 안전 및 위험성 분석이 수행되었다.

## 3. 안전 및 위험성 분석

시스템 안전성의 목적은 인명 및 자원

(spacecraft, missile, facility)에 영향을 주는 위험요소를 식별 및 관리하여 인명 및 자원이 위험요소에 노출되지 않도록 관리하고, 위험 분석의 목적은 위성체 및 지상 지원장비의 설계 및 운용절차에 포함되어 있는 잠재적 위험요소를 분석하고, 각 잠재적 위험요소를 통제할 수 있는 관리방안 도출 및 적절한 오류 여유(fault tolerance) 수준이 유지되고 있는지를 입증하고, 위험률 감소 및 안정성 요구조건을 만족할 수 있는 위험성 관리 계획 및 장비가 포함될 수 있도록 하는데 목적이 있다.[4][5]

### 3.1 안전 분석 및 관리

Ka 대역 통신탐재체의 안전 및 위험 관리는 ESA의 위험관리 및 분석 절차에 따라 수행되었다. 안전과 관련된 사항의 분석은 설계, 제작, 시험 등 모든 업무들을 세밀하게 평가하는 것으로, 평가 결과를 바탕으로 모든 업무들에 있을 수 있는 위험들을 분류하고 제거 또는 위험 통제를 위한 관리를 수행하게 된다.[6][7]

안전 분석을 통해 분류된 위험요인들의 제거 및 통제는 다음의 방법들을 통해 개발기간 중 관리 되었다.

- 위험이 없는 설계(Design without hazards)
- 최소 위험을 고려한 설계 (Design for minimum hazards)
- 안전한 장치 사용 (Use of Safety devices)
- 경보장비 사용 (Use of warning devices)
- 비상장치/비상절차 (Emergency devices/Special procedures)

### 3.2 위험 분석 결과

Ka 대역 통신탐재체의 위험분석은 3.1.의 안전분석 및 관리를 통해 도출되는 위험요인들을 근간으로 하여 통신탐재체 개발에 적용된 재료, 공정 및 시험장비에 의한 위험요인과 정전기 및 비전하 방사에 의한 위험요인에 대해 분석이 수행되었다. 분석결과는 잠재적인 위험의 원인, 운용단계, 위험의 잠재적인 영향, 위험등급, 위험 해결을 위한 방안 등이 제시되었다. 위험등급

은 CR(Critical)과 CAT (Catastrophic)으로 분류되며, CR은 장비 등에 손상을 야기 시킬 수 있는 경우이며, CAT는 작업자 등 인체에 부상이나 생명에 위험을 야기 시킬 수 있는 경우로 분류된다.

3.2.1 재료

제작, 시험 및 종합화 등에 소요되는 재료 중 위험요인을 포함하고 있는 재료들은 DML(Declared Material List)과 도면 등에 정의되고 관리되었다. 재료의 특성에 의해 작업자, 장비, 시설 및 제품의 안전에 위험을 주는 요인을 분석하였다.

독성 또는 유해 재료

DML에 위험한 재료로 분류되고 재료 사용 시 대처방안과 재료가 공정에 사용될 때 위험 예방 및 회피에 대한 방안을 제시하였다.

OFFGASSING

No.	Potential Hazard Cause	Operational Phase	Potential Effects	Hazard Class	Remarks/Criteria for Resolution
CA1	Toxic Material Off-gassing Beryllium Oxide Particles Released Through Damage		1. CONTAMINATION 2. INJURY 3. ILLNESS	CR	1. a) BERYLLIUM OXIDE Restrict to use only when an integral. b) DML VERIFIES. Damage to components is treated by MRB procedure which involves a safety authority to agree with the contingency procedures.

Risk when processed

Material	Circumstances for Risk	Risk	Situation
Aeroglaze Z306, Polyurethane based flat black paint	Inhalation during curing	Irritative, toxic	Handling, applying (Painting, equipment finish)
SG121FD, silicone based white based	Inhalation, contacting, toxic vapors	Irritation, noxious effects with symptoms	Handling, applying (Painting, equipment finish)
BR127, Adhesive Primer	Inhalation, contacting, toxic vapors	Irritation, noxious effects with symptoms	Handling, applying (Equipment finish)
Stycast 2651/Catalyst9	Inhalation during use	Irritative, toxic	Fastener securing
Electrodag 503/MEK	Inhalation during use	Irritative, toxic	Electrical shielding
M-9-N, Dexter Hysol, epoxy ink, white	Skin irritation	Irritative, toxic	Marking
EA9394	Inhalation, contacting, self-reacting	Irritation, allergic sensitization	Bonding RT Curing
ECCOBOND 56C/Catalyst9	Inhalation, contacting, Ingestion	Irritation, allergic sensitization, systemic effects	Electrical Connection RT Curing
Solithane C113	Inhalation, Skin irritation	Irritative, toxic	Conformal Coating
RTV 6-1104	Mild irritation	Irritative	Adhesive Bonding

Risk in case of inhalation / contact

Material	Circumstances for Risk	Risk	Situation
Lead	toxic	inhalation	Tin lead soldering alloy

부식 재료

금속 피로에 따른 부식 분해가 예상되는 재료는 MSFC-SPEC-522A에 리스트 되어 있는 부식에 대한 저항이 큰 재료를 선정하고 DML에 기록된다. Ka 대역 COPS에 사용된 DML을 분석한 결과 부식재료는 사용되지 않았다.

화재 위험 재료

가연성, 연소성 및 폭발성 위험이 있는 재료의 사용을 제한한다. 부득이하게 사용되어야 하는 경우 시험 요구사항을 만족하는 재료를 선정하여 사용한다. Ka 대역 COPS에 사용된 DML을 분석한 결과 Ka COPS개발에는 화재 위험 재료가 사용되지 않았으나, 위성체 조립 시 안테나를 전개하는데 pyro가 사용됨에 따라 안테나에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 분류 관리하였다.

FLAMMABILITY

No.	Potential Hazard Cause	Operational Phase	Potential Effects	Hazard Class	Remarks/Criteria for Resolution
CA2	Flammability Beryllium Oxide Particle Released Through Damage		1. INJURY 2. FIRE 3. ILLNESS	CAT	1. a) MATERIALS selected meet flammability test requirements of NHB 8060.1B

오염 위험 재료

독성물질이 포함된 표면처리 재료는 사용하지 않는다. 볼트 및 너트 체결한 후 고정시키기 위해 사용하는 epoxy는 충분히 마르지 않은 상태에서는 독성물질이 나올 수 있고, 알루미늄 합금은 분말 상태일 때 독성물질이 생성될 수 있으나, 이외의 경우에는 위험은 나타나지 않는다. 작업 중 위험 요인에 대한 사항을 도면에 기입하여 표면처리 시 오염위험으로부터 안전을 확보하였다. Ka 대역 COPS에는 오염을 유발할 수

있는 재료는 오염 관리 규정에 따른 안전한 재료를 선정하여 사용함으로써 오염 위험 재료는 사용되지 않았다.

3.2.2 공정

부품개발을 포함한 모든 제작공정은 DPL(Declared Processes List)과 제작 도면에 정의되었으며, Ka 대역 COPS에 사용된 공정을 분석한 결과 위험을 야기할 수 있는 공정은 사용되지 않았다.

3.2.3 전기적 충격 및 시험 장비

전기충격으로 인한 위험은 모든 제작기간과 시험기간에 나타날 수 있다. Ka 대역 COPS 제작 및 시험 기간 중 전기충격에 의한 위험으로 분류되어 분석된 결과는 다음과 같다.

ELECTRICAL SHOCK

No.	Potential Hazard Cause	Operational Phase	Potential Effects	Hazard Class	Remarks/Criteria for Resolution
CA3	Electrical Shock Voltage Generated by Test Equipment		1. INJURY 2. ILLNESS	CAT	1. POWER inputs and terminals to be protected by covers and warning labels to be attached. 2. PA to verify test equipment conforms to safety requirements.

3.2.4 부품 외부 구조

Ka 대역 COPS 부품들은 모두 고장에 안전하도록 기계적인 설계가 수행 되었으며, 이런 구조적인 부분은 Stress 및 Dynamic 분석으로 확인 되었다. 부품의 외부 표면에 의한 부상위험을 제거하기 위해 모서리 부분의 곡선화를 제작도면에 반영하였다. Ka 대역 COPS 부품의 외부구조에 의한 위험분석 결과는 다음과 같다.

STRUCTURAL FAILURE

No.	Potential Hazard Cause	Operational Phase	Potential Effects	Hazard Class	Remarks/Criteria for Resolution
CA5	Structural Failure Stress Failure		1. Personnel Injury 2. Hardware Deform	CAT	1. DESIGN will comply with NHB 1700. 7 208.1. 2. a) TESTING to be carried out to verify design. b) PA approved operators to carry out testing. c) PA to verify spec requirements are met.

3.2.5 비전리 방사선

비전리 방사선에 의한 위험은 전파시험 중 나타날 수 있다. 안테나 전파시험 시 작업자 안전에 영향을 미칠 수 있는 위험을 차단하기 위해 무반향실 내에서 시험이 이루어질 수 있도록 시험계획서 및 절차서 등에 반영하였다. Ka 대역 COPS 개발 중 나타날 수 있는 비전리 방사선에 의한 위험분석 결과는 다음과 같다.

RADIATED ELECTRO-MAGNETIC FREQUENCY

No.	Potential Hazard Cause	Operational Phase	Potential Effects	Hazard Class	Remarks/Criteria for Resolution
CA4	Radiated Electro-Magnetic Frequency		1. Radiation 2. Hazardous Activation of Adjacent Circuitry	CAT- CR	1. a) POWER TESTING to be carried out in anechoic chamber or screened enclosure. b) INHIBITS in place to prevent inadvertent switch on. c) PA to ensure and verify specified procedures are followed. d) PA approved operators to carry out testing. NOTES: a) MAX POWER LEVEL +16dBm. MAX POWER INTENSITY at 10cm (assuming all power is radiated) 0.08 mw/cm <sup>2</sup>

3.2.6 정전기

정전기는 부품 제작, 조립 및 시험과 중계기와 안테나 조립, 종합화 및 시험 기간 중에 나타난다. 이러한 정전기로 부터 부품 및 작업자 안전을 위해 정전기 방지 방법을 작업지시서, 도면, 시험절차서 등에 명시하였다. 특히 작업자를 대상으로 정전기 방지를 위한 방진모, 방진화, 정전기 방지 strap 착용을 의무화하고, 매년 ESD 교육을 수행하여 정전기 위험을 회피하였다. Ka 대역 COPS 개발 중 발생할 수 있는 정전기에 의한 위험분석 결과는 다음과 같다.

ELECTRICAL CHARGE

No.	Potential Hazard Cause	Operational Phase	Potential Effects	Hazard Class	Remarks/Criteria for Resolution
CA6	Electrical Shock Static Charge from Equipment During Test		INJURY	CR	a) Equipment design to earth bonding requirement. b) PA to verify equipment suppliers and payload compliance.

#### 4. 결론

본 고에서는 Ka 대역 통신탑재체 개발 사업에서 수행했던 안전 및 위험 분석 결과를 제시하였다. 개발 순기 중 재료의 취급 및 처리 그리고 완성품에 대한 시험 및 검사 시 제품 및 작업자 안전에 영향을 줄 수 있는 위험이 나타날 수 있으며, 이에 대한 안전 및 위험분석을 통해 위험 회피를 통한 안전성 확보를 수행하였다. 안전 및 위험 분석 결과는 Ka 대역 통신탑재체를 버스체 종합화 위해 항공우주연구원으로 인도하기 전 버스체 주관사의 별도의 검토를 통해 확인 되었다.

#### 후 기

본 연구는 방송통신위원회/정보통신연구진흥원의 R&D 사업 지원으로 수행되었습니다.

[2005-S-301-03, Development of Satellite Communication System for Communications, Ocean and Meteorological Satellite]

#### 참 고 문 헌

- [1] Communication Payload System Specification for Satellite Communication(SATCOM) System, 2006.02.28., COMS-40000-SPB-0032.
- [2] Transponder Subsystem Design and Analysis of SATCOM System. 2006.03.02., COMS-42000-DEP-0439.
- [3] Antenna Subsystem Specification for the SATCOM System, 2006.03.29., COMS-41000-SBP-0274.
- [4] ESA, Space Product Assurance, 2002, ECSS-Q-20B.
- [5] ESA, Safety, 1996, ECSS-Q-40A.
- [6] Product Assurance Requirements Applicable to Ka-band Communication Payload, COMS.ICD.00004.DP.T.ASTR (Appendix C).
- [7] Materials, Mechanical Parts & Processes, 1996, ECSS-Q-70A.