

# 통신해양기상위성 Ka 통신탑재체 개발 공동 및 용역 개발 참여기관 제품보증 연구

정철오\* · 이성팔\*\*

## A study on Sub-contractor Product Assurance for development of Ka band Communication Payload System of COMS

Cheol-Oh Jeong\* · Seung-Pal Lee\*\*

### ABSTRACT

It is anticipated that quality assurance for the Ka band Communication Payload System(COPS) development program of the communication, Ocean & Meteorological Satellite(COMS) may be a core technical factor to be concerned in order to avoid any failure, and to assure its final performance during the mission lifetime in space. Those can be managed and verified and assessed by performing the Quality Assurance (QA) and risk management which helps to prevent and to reduce the critical fails.

This paper introduces the Product Assurance (PA) system and procedures for controlling and monitoring sub-contractors which were participated in Ka band Communication Payload System (COPS) development. Also this paper shows Quality Assurance (QA) procedures and detailed their processes for assured the product performed by local companies from site survey for selecting companies to delivery of their equipment.

Key Words: 제품보증, Site survey, On-site inspection, 부계약자 품질보증

### 1. 서 론

한국전자통신연구원은 2003년부터 통신해양기상위성 Ka 대역 통신탑재체 개발을 수행하고 있다. Ka 대역 통신탑재체 개발 사업초기 국산화 개발 부품 분야 및 대상을 선정하고 이에 따른 국내 참여업체를 선정하여 2003년부터 Ka 대역

통신탑재체 개발을 함께 수행하였으며, 2009년 현재 한국항공우주연구원 통신해양기상위성 청정실의 통해기 위성에 장착하여 성능시험을 완료하고 위성체 환경시험을 준비 중에 있다. 본고에서는 Ka 대역 통신탑재체 부품 개발에 참여한 국내업체 선정에서부터 최종 개발부품 납품에 이르기까지 적용된 부계약자 제품보증 체계 및 절차의 주요사항을 기술하였다.

\* 정회원, 한국전자통신연구원

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

## 2. 부계약자 제품보증 개요

2003년 시작된 Ka 대역 COPS은 개발부품의 국산화를 위해 사업초기부터 국산화 개발 분야를 능동부품, 수동부품 및 안테나부품 등 부품개발 분야와 중계기 및 안테나 서브시스템 AIT 분야로 구분하여 국내업체와 함께 Ka 대역 COPS 개발을 수행하였다. 국내참여 업체는 ETRI와 공동으로 설계에서부터 제작, 시험을 수행하는 공동개발과 ETRI로부터 제공된 설계를 바탕으로 제작 및 시험을 수행하는 용역개발로 COPS 부품개발의 부계약자(Subcontractor)로 참여하게 되었다. On-site inspection을 통해 각 업체에서 보유하고 있는 제품보증 체계 및 절차와 제품보증 수행 능력을 확인하고 검증하는 것으로 국내 참여업체인 부계약자에 대한 제품보증을 시작하게 된다. [4]

On-site inspection을 통해 확인된 부계약자의 제품보증 수행 제반 환경 및 능력을 근간으로 Figure 1에서와 같은 절차에 따라 시스템 제품보증 수행 요구사항 (System Product Assurance Requirement, PAR)에 따른 부계약자 제품보증 요구사항(Subcontractor PAR)을 수립하여 개발 참여업체에게 제공하고 이에 따라 개발 참여업체로부터 개발참여 분야에 따른 부계약자 제품보증 수행 계획(Subcontractor Product Assurance Program Plan, PAPP)를 접수받아 검토하는 것으로 부계약자에 대한 제품보증 활동이 시작된다. [1,2,3]

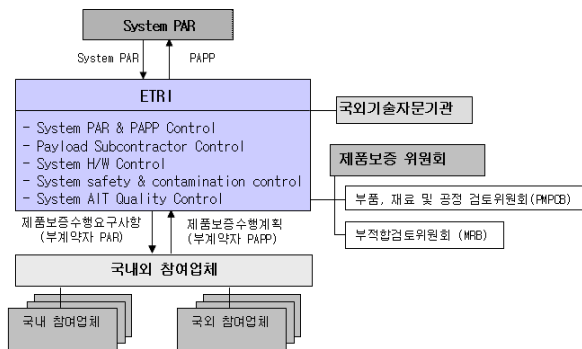


Fig 1. 제품보증 요구사항 흐름

부계약자로부터 제품보증 수행계획을 접수한 이후 부계약자 제품보증을 수행하기 위한 절차가 개발단계별로 수립되어 적용되는데 일반적인 절차는 Figure 2.와 같다.

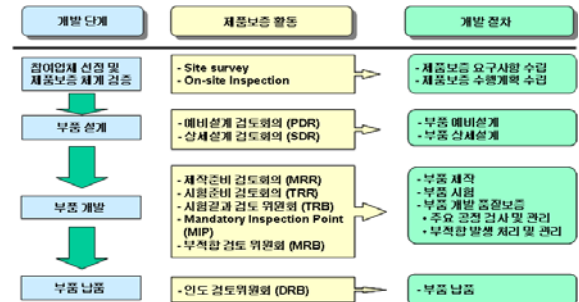


Fig 2. 개발 단계별 부계약자 제품보증 내용

부계약자 제품보증 절차가 수립된 후 부계약자와 공동개발 또는 용역개발에 따른 수행업무 분담(Statement of Work, SOW)이 이루어지게 되며, 이에 따라 제품보증 업무도 SOW가 수립된다. Fig 3.은 부계약자와의 수행업무 분담에 따른 제품보증 수행체계 예제를 보여주고 있다. [1,3,4]

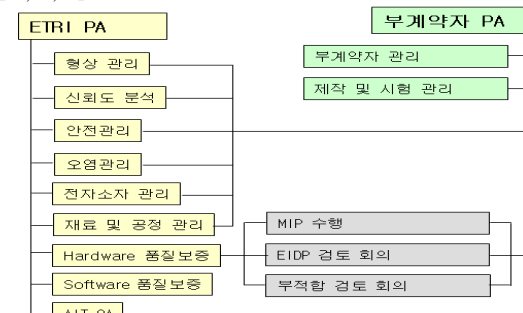


Fig 3. 부계약자 제품보증 수행체계

## 3. 부계약자 제품보증 관리 체계 및 절차

부계약자에 대한 제품보증은 수행하는 분야에 따라 제품보증 기준이 공통적으로 그리고 분야에 따라 달리 적용되며 이에 따라 부계약자 제품보증 체계 및 절차가 달리 적용된다. 예를 들어 EEE 소자 활용이 많은 업체의 경우 EEE 소자 확보 및 관리에 그리고 재료 활용이 많은 업체의 경우 개발부품의 재료 확보 및 관리에 제품보증 비중이 커지게 되어 참여분야에 따른

제품보증 요구사항이 달리 적용된다. 또한 제작에 필요한 제작공정에 대한 Workmanship의 검증 및 확보도 부계약자 제품보증에 중요한 요인이다. [4]

부계약자에 대한 제품보증 주요내용은 다음과 같다.

- 부계약자 품질보증 요구사항 작성
  - 부계약자 품질보증계획 검토 및 승인
  - 부계약자 제작 환경(시설/작업자/품질보증 시스템) 인증
  - 시험 및 검사 수행/주기적 품질감사 수행
  - QA 검토회의, 설계, 제작, 시험검토 회의
- 상기 제품보증 주요내용에 따른 업무수행 시 고려하고 검토되어야 하는 주요 점검사항은 다음과 같다.

Table 1. 부계약자 제품보증 주요 점검사항

부계약자 제품보증 주요 점검사항	
Administrator	Personnel Training & Certi.
Procurement Control	Change Control
Raw Material Control	Traceability
Processes Control	Equipment Control
Storage Control	Stamp Control
Parts & Material Control	

Table 1.에서 언급된 부계약자 제품보증 주요 점검사항은 설계검토회의, 제작준비 검토회의, 시험준비검토회의 및 인도검토회의를 통해 점검이 이루어지게 되며, 설계, 제작 및 시험 기간 중 MIP 및 부적합처리회의를 통해 공정 및 절차에 대한 점검이 지속적으로 수행된다. [1,3,4]

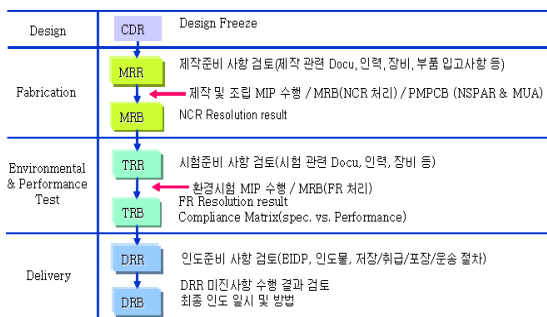


Fig 4. 부계약자 품질보증 절차

### 3.1. Site survey 및 On-site inspection

Site survey는 참여 희망업체에 대해 주로 과제수행과 관련한 기술 및 개발환경을 보유하고 있는지와 재정상태, 예산계획, 과제관리 계획 등 사업관리 능력을 보유하고 있는지를 조사하는 것으로 부계약자 선정을 위한 평가 전 수행한다. 아래 표는 Site survey 시 점검표로 사용하는 일반적인 내용을 보여주고 있다.

Table 2. Site survey check list 예

대분류	소분류	세부점검항목	Comp.	비고
기술 및 개발환경	기술인력	참여 기술인력의 수 및 능력		
		소요인력확보 방안		
	보유기술/경험	투입 비율(참여율)		
		전공분야별 배정비율		
상용화 계획	관련과제 수행 실적/경험			
	관련시설 및 기자재 보유 상태			
개발능력	개별능력	상용화 계획 및 상용화 의지		
		설계능력		
		제조(종합화)/시험 능력		
사업관리	재정상태	품질관리 및 자재관리능력		
		회사재정 상태/신용도/자기자본비율 (손익계산서 등 전반적인 재정상태) 실행계획/일정계획		
	과제관리계획	실행계획, 일정계획 등 관리능력		
		전사적 지원체계 (의사결정의 신속성) 주관기관 및 참여 사와의 협력체계 개발의지		
예산계획	예산계획	시험시설 및 장비 확보계획		
		예산배분 (인건비, 장비구입, 재료비)		
		예산집행계획 (연차별, 현금, 현물 투입정도)		

부계약자 선정 후 참여업체의 우주용 제품개발을 위해 필요한 업체에서 보유하고 있는 전반적인 제품보증 현황을 파악하는 On-site inspection이 수행된다. 이를 통해 부계약자의 제품보증 체계 및 절차를 확인하게 되고 아울러 보완 요구사항에 대한 검토 및 우주용 제품개발 전까지 제품보증 체계 및 절차 보완방안에 대한 협의가 이루어지게 되며 사업착수 전 보완사항에 대한 검증을 수행하게 된다. On-site inspection 시 현장에서 확인하는 주요내용은 Table 3.과 같다.

### 3.2. 설계단계 제품보증

제품 설계는 사용자로부터 사용자 요구사항과 개념모델이 부계약자에게 제시되면 부계약자는 이를 근간으로 시스템의 기능 및 특성을 분석하여 개발자 관점에서 기술된 시스템 요구사항 정의서 작성과 이를 기초로

Table 3. On-site Inspection 주요 항목

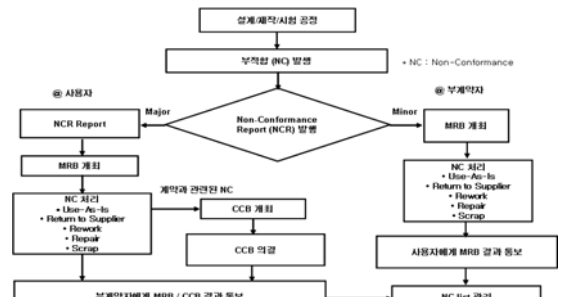
QUALITY AUDIT CHECK LIST		
PROGRAM : COMS Payload system	SUBCONTRACTOR : _____	
REF. REQUIREMENTS DOC. Nr. : _____	PLACE : _____	DATE : _____
SECTIONS	APPLICABLE	
1 ADMINISTRATIVE	ALL	
2 PROCUREMENT CONTROL	ALL	
3 RECEIVING INSPECTION	ALL	
4 RAW MATERIAL CONTROL	COPS	
5 STORAGE CONTROL	COPS	
6 IN-PROCESS FABRICATION, INSPECTION AND TEST	ALL	
7 FINAL ACCEPTANCE TEST	ALL	
8 PACKAGING AND SHIPPING	ALL	
9 DESIGN AND DEVELOPMENT CONTROL	ALL	
10 RELIABILITY	ALL	
11 MAINTAINABILITY	ALL	
12 SAFETY	ALL	
13 PARTS, MATERIAL & PROCESSES	COPS	
14 DRAWING AND SPECIFICATION AND CHANGE CONTROL	ALL	
15 IDENTIFICATION AND DATA RETRIEVE (TRACEABILITY)	ALL	
16 MEASUREMENT AND TEST EQUIPMENT CONTROL	ALL	
17 NON-CONFORMING MATERIAL CONTROL	ALL	
18 ELECTROSTATIC DISCHARGE CONTROL	ALL	
19 TRAINING AND CERTIFICATION OF PERSONNEL	COPS	
20 INDICATION OF INSPECTION/TEST STATUS (STAMP)	ALL	
21 PROCESS CONTROL	ALL	
22 CLEAN ROOMS AND CONTROLLED AREAS	PL	
23 SOURCE INSPECTION REQUIREMENTS	ALL	
24 CONTROL OF FURNISHED EQUIPMENTS	ALL	
25 SAMPLING PLANS AND STATISTICAL PLANNING	N/A	
26 SUPPLIER AND INTERNAL CORRECTIVE ACTIONS	ALL	
27 SOFTWARE QUALITY ASSURANCE	SGS	

SIGNATURES : Subcontractor representative Auditor

시스템 기능 정의 및 시스템 동작을 기술하는 기능 규격서 작성, 요구사항 대비 구현가능 규격 비교를 위한 Statement of Compliance (SoC) 작성 그리고 사용자 요구사항과 시스템 요구사항, 기능 규격 간의 추적을 위한 추적관리를 통해 설계가 수행된다. 제품의 성능 및 기능 설계에 사용자 요구사항의 반영 및 구현 여부는 설계검토회의 (Design Review)를 통해 검증은 하게 되며, 예비설계검토회의 (Preliminary Design Review, PDR)와 상세설계검토회의(Critical Design Review, CDR)가 수행된다. [2,3,4]

설계단계의 제품보증은 부계약자 제품보증 요구사항 및 제품보증 수행계획 작성, 이에 근거한 Statement of Work(SOW)의 작성 및 검토를 통해 부계약자와의 개발순기 중의 제품보증 체계 및 절차를 수립하여 적용하게 된다. 설계단계의 제품보증은 설계초기 SoC를 통해 요구사항 대비 구현 가능 규격의 부적합 항목이 발생하는 경우 부계약자와의 기술적인 협의를 통해 규격변경 또는 Request for Deviation (RFD) 발행 등 이 항목과 관련한 향후 설계 및 제작, 시험 과정에서 제기될 부적합 사항을 관리하고, 설계 과정에서 규격 대비 설계 성능의 부적합 (Non Conformance, NC)을 부적합 처리 절차에 따라 처리 및 관리한다. [5]

Fig 5. 부적합 처리 절차



또한 설계과정 중 설계검토회의(DR; Design Review)를 통해 확정된 형상관리 대상인 문서, 도면, 기록 등 산출물 승인 및 형상변경에 대한 원칙, 책임과 절차를 규정하여 산출물에 대한 추적성(traceability)과 개발형상 간의 일치성을 확보하고 산출물의 고유성 및 유효성을 보장한다. 이를 위해 부계약자에 의해 생성되는 형상관리 대상은 사용자의 검토 및 승인을 받은 후 현장에서 사용될 수 있도록 관리된다.[4]

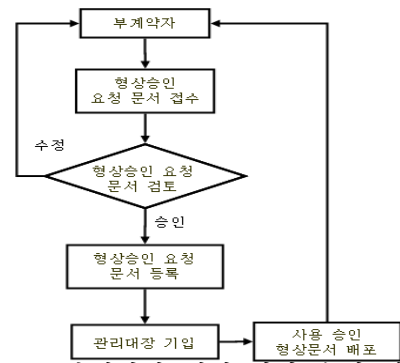


Fig 6. 부계약자 생성 형상 승인 절차

### 3.3. 제작 및 시험 단계 제품보증

우주용 제품의 제작 및 시험은 상세설계를 통해 설계가 완료된 후 부계약자에 의해 우주 환경에서 동작이 될 수 있는 비행모델 제품을 제작하고 시험을 수행하게 된다. [4,5]

부계약자는 SPAPP, 공정서, 작업지침서 및 품질 메뉴얼에 따라 개발제품의 품질보증을 수행하게 되며, 사용자에게 의해 품질보증 수행 결과를 검증 받게 된다. 개발단계의 제품보증은 제작 및 시험 준비와 결과 검증을 위한 검토회의가 개발일정에 따라 제품보증 책임자 주관으로 개최된다. 이러한 회의는 제작준비검토회의 (Manufacturing Readiness Review, MRR), 시험준비검토회의 (Test Readiness Review, TRR),

시험결과검토위원회(Test Review Board, TRB)가 있으며, 주요 검토사항은 다음과 같다.

**제작준비검토회의(MRR)**

- 도면, 일정, 작업지시서 준비 및 승인상태
- 소자, 재료 및 공정 선정 및 승인 상태
- 부품 및 재료 구매 상태 및 입고 계획
- 작업공정 선정 상태 및 투입준비 상태
- 작업자 이력, 숙련도 및 특수공정 확보 상태
- 소자, 재료 및 완성품 저장, 관리, 취급 및 이동 절차 확립 상태
- 작업 중 불일치사항 처리절차 및 수행체계
- 완성품 인식 및 상태 관리 절차 및 체계 등

**시험준비검토회의(MRB/TRR)**

- 제작 절차 검증
- 제작 중 발생 부적합 처리 완료 상태 검토
- 규격 대비 설계 성능 검증
- Deviation 제기 성능항목 검토
- 규격 불만족 항목에 대한 Waiver 제기 검토
- 제작결과 승인
- 시험절차서 및 시험스케줄 준비 및 승인상태
- 시험기록 및 connector Mating/Demating 기록 일지 준비 상태
- Connector saver 등 시험 관련 부품 및 재료 확보 현황
- 시험장소 및 장비 등 시험환경 확보 현황
- 시험참여 인력 확보 및 배정 계획
- 제품 저장, 관리, 취급 및 이동 절차 확립 상태
- 시험 중 불일치사항 처리절차 및 수행체계
- 제품 인식 및 상태 관리 절차 및 체계

**시험결과검토위원회(TRB)**

- 시험 절차 검증
- 부적합 처리 결과 검토
- Waiver 제기 여부 검토
- 성능 규격 만족 여부 검토 및 평가
- 인도준비 승인

또한 제작공정 및 시험공정에 대한 제품보증은 부계약자 업체에서 주도하여 수행을 하게 된다. 그러나 설계검토회의 및 시험검토회의를 통해 주요공정으로 확정된 공정은 사용자 주도로 수행하게 된다. 주요 공정은 사용자에게 의해 추

가될 수 있으며, 해당 공정 완료 후 사용자에게 의한 Inspection이 진행될 수 있도록 주요공정 다음 단계에 Mandatory Inspection Point(MIP)를 지정하게 된다. Inspection이 종료된 후 사용자에게 의해 MIP report가 발행되며, Inspection 시 부적합 사항 또는 문제점이 발견될 시 이에 대한 해결이 완료되기 전까지 제작 또는 시험 공정 진행은 중단 된다.

Fig. 7. MIP report form

제작 및 시험 단계에서 제기되는 부적합사항

DOC. No.:  
MIP/KIP No. SHEET 1 OF 3

PROJECT: COPS Transponder Al&T High Level Assembly COPS		Location: ETRI Cleanroom	
CONTRACTOR: Satrec Initiative		Date: _____ Time: _____	
EQUIPMENT: Ka Transponder	MODEL: QMFM	SERIAL No.: QMFM	
<b>1 REVIEWED ITEMS:</b>			
ITEM	DESCRIPTION	PART Nr.	SERIAL Nr.
A	_____	_____	_____
B	_____	_____	_____
C	_____	_____	_____
D	_____	_____	_____
E	_____	_____	_____
F	_____	_____	_____
<b>2 MANUFACTURING FLOW CHART:</b>		ISSUE: _____	STEP: _____
Doc. No/Ver: _____		Date: _____	
<b>3 APPLICABLE DOCUMENTS:</b>			
DESCRIPTION	NUMBER	ISS.	DESCRIPTION
EQUIPMENT SPEC.		ISS.	CIRCUIT DIAGRAM
TOP ASSEMBLY DWS.		OTHER	
OTHER		OTHER	
<b>4 DECISIONS:</b>			
<b>5 PARTICIPANTS:</b>			
COMPANY	NAME	SIGNATURE	DATE
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

DOC. No.:  
DATE: \_\_\_\_\_ SHEET 2 OF 3

<b>6 MANUFACTURING INSPECTION HISTORY RECORDS:</b>	
7 REVIEW OF TESTING:	
8 MATERIALS/PROCESSES, CHECK BY SAMPLING:	
9 NON CONFORMANCES:	
10 INSPECTION OF HARDWARE:	
11	
ALL PROCESS/INSPECTION STEPS ARE PERFORMED AS PER FLOW CHART	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO
INSPECTION STEPS ARE PROPERLY STAMPED/SIGNED	<input type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO

Internal Doc No:	Record			
MIP / KIP n°	<b>MIP / KIP PLAN</b>			
Project:	Customer:			
No.	Activity	MIP / KIP	Due Date	Signature
Date, signature		Project Manager      PA		

에 대한 처리 및 관리는 Fig. 5의 부적합 처리 절차에 의해 진행된다. 특히 요구사항 및 규격 대비 구현 성능이 불만족할 시에 부계약자에 의해 Waiver가 제기되고 이에 대해 불만족한 성능을 받아들일지 여부에 대한 검토와 분석을 시스템 수준에서 수행한 후 수용할 수 있는 불만족

사항으로 판단되는 경우 Waiver를 받아들여지게 된다. 이러한 사항들은 모두 시험결과검토위원회(TRB)에서 다시 한번 검토를 하게 되며, 이상이 없다고 판단될 때 제품의 인도 준비를 승인하게 된다. [5]

### 3.4. 인도단계 제품보증

인도검토위원회(DRB) 공동 및 용역 개발업체에서 개발이 완료된 부품을 납품하기 위한 납품준비사항을 최종점검하고 납품여부를 결정하기 위해 제품보증 책임자 주관으로 개최된다. DRB에서 검토되는 주요사항은 다음과 같다.

- MRR, TRR, TRB Action item 종료 현황
- 납품품목(Certificate of Conformance, CoC)
- End Item Data Package(EIDP) 리스트
- 규격 대비 구현 성능 만족여부
- 최종 사용 형상 현황 (ABCL)
- 품질보증 수행이력
  - MRR, TRR, TRB 회의록
  - MIP, NC 및 MRB Report
  - Deviation 및 Waiver 등

DRB를 통해 미진한 사항이 확인되는 경우 이에 대해 Action item을 제기하여 최종 인도 전에 모든 미진한 사항이 완료될 수 있도록 관리하며, 인도준비가 모두 완료된 이후 사용자에게 제품, EIDP 및 인수인계증을 전달하여 제품인도가 수행되게 된다. 사용자는 인도된 제품 및 EIDP에 대한 입고검사(Receiving inspection)를 통해 제품 포장, 취급, 운송 등의 과정에서 부주의에 의해 발생할 수 있는 문제점을 확인하고 제출된 EIDP 내용을 검토하여 추가적으로 보완해야 할 사항이 있는지 여부를 확인하게 된다. 입고검사를 통해 문제점이 없는 것으로 확인되는 경우 제품 취급절차에 따라 청정실 제품 보관 장소로 입고를 하게 되며, 문제점이 확인되는 경우 입고를 보류하고 납품한 부계약자와 함께 문제점 해결을 수행하고 문제점이 해결된 후 절차에 따라 입고 및 저장, 보관을 하게 된다. 이러한 과정이 종료된 경우 개발제품의 납품이 종료되게 된다. [3,4]

## 4. 결론

본고에서는 Ka대역 COPS 개발 시 적용한 공동 및 용역개발 참여업체인 부계약자에 대해 적용한 부계약자 제품보증 체계 및 절차에 대해 기술하였다. ETRI는 Ka 대역 통신탑재체 시스템 개발 사업 기간 중 국외 기술자문 기관인 Detecon(독) 및 Telesat canada(캐)사와 함께 국내 참여업체에 대한 부계약자 제품보증이 수행되었고, 아울러 국외 기술자문 기관으로 부터 우주비행용 제품개발 부계약자 제품보증 체계 및 절차로 인증 받았다. 국내업체에 의해 개발된 우주비행용 부품은 2008년 납품되어 항공우주연구원 COMS 청정실에서 위성체에 종합화 되어 위성체 환경시험을 준비하고 있다.

## 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] J.W. Eun, C.O. Jeong, S.P. Lee, 2003, A Study on QA for the Development of CBS Payload System, JCSAT 2003,
- [2] ESA, Space Product Assurance, 2002, ECSS-Q-20B
- [3] 정철오, 은종원, 이성팔, "통신위성탑재체 개발 프로그램에서의 품질보증 체계 및 절차" 대한산업공학회/한국경영학회 춘계학술대회, 2004
- [4] 정철오, 이성팔, "통신해양기상위성의 Ka 통신탑재체 개발 제품보증 연구" 항공우주시스템공학회지 제2권 제1호 Pp23~28, 2008
- [5] 정철오, 이성팔, "통신해양기상위성 통신탑재체 개발 Step-1 제품보증 활동" 한국항공우주학회 추계학술발표, Pp1514~1517, 2008