

UML 객체 모델링 방법을 이용한 KSR-III의 발사 시나리오 개발

신명호\*, 서진호\*, 홍일희\*  
\*한국항공우주연구원 로켓체계개발그룹

Development of Launch Scenario for KSR-III Using UML Object Modeling Method

Myoung Ho Shin, Jin Ho Seo, Il Hee Hong  
Korea Aerospace Research Institute

**Abstract** - 로켓과 지상장비의 각 모듈 사이에서 교환되는 데이터와 제어 정보, 상호작용 등을 정확하게 기술하기 위해 UML 객체 지향 방법을 이용해서 로켓 발사 시스템을 모델링한다. 이렇게 만들어진 상위레벨 객체 모델을 기반으로 해서 발사통제 시스템에서 지시하는 명령들의 시퀀스로서 발사 시나리오를 구성한다. 본 논문의 UML 객체 다이어그램과 발사 시퀀스 다이어그램은 로켓과 지상장비를 운영하고 통제하는 다양한 작업에 유용하게 사용될 수 있다.

1. 서 론

KSR-III 발사통제의 주요 임무는 시나리오에 따라 로켓과 지상 장비를 운영 및 통제해서 로켓 발사를 준비하는 것이다. 가압형 액체 추진 로켓인 KSR-III는 인공 위성 발사체에 적용될 임무를 테스트하기 위해 설계되어서 일반 과학관측 로켓에 비해 복잡한 기능과 구성을 갖추고 있다. 따라서, 발사통제 시스템은 추진기관, 공급설비, 추력기, 관성항법장치, 텔레메트리, 비행중단장치, 과학탑재부 등의 독립적으로 운영되는 모듈로 구성된 복잡한 전체 시스템을 통제하게 된다. 이 때, 로켓과 지상장비를 작동시키고 제어하는 과정에서 발사 시나리오에 운영 및 통제의 지침 역할을 한다. 따라서, 발사통제 시스템에서 발사 시나리오를 설계하는 것은 로켓 발사 작업을 준비하는 첫 번째 작업으로서, 발사를 성공적으로 수행하기 위한 핵심적인 임무라고 할 수 있다. 발사 시나리오는 로켓 발사를 준비하기 위해 로켓과 지상장비를 작동시키는 순차적인 작업 명령 시퀀스이다. 일반적으로 발사 시나리오는 시퀀스 다이어그램과 점검 리스트 등으로 표현된다 [1].

각 모듈간의 연계 테스트, Propulsion Test Article (PTA), Stage Qualification Test (SQT) 등을 수행하고 준비하는 과정에서 각 모듈간 인터페이스에서 많은 문제들이 발생했다. 인터페이스 문제를 해결하기 위해서 각 모듈 사이에서 교환되는 데이터와 제어 정보, 각 모듈간의 협력 작업에 대한 상위레벨 모델링이 요구되었다. 본 연구에서는 로켓 발사 시스템 모델링해서 발사 시나리오를 작성하기 위해 Unified Modeling Language (UML) 객체 지향 방법을 채택하였다.

객체 지향 모델링에 관한 연구는 1980년대에 시작되었다. 그 이후, Booch 방법과 Object Modeling Technique (OMT) 방법 등이 개발되었고 [6], 1996년에 여러 방법들을 종합한 UML이 Object Management Group (OMG)의 표준 모델링 언어가 되었다. UML은 객체 매타 모델을 엄밀하게 기술할 수 있는 3세대 모델링 언어로, 객체 구조와 작용을 파악하는데 유용하게 사용되어 왔다. 최근에 Douglass는 엄밀한 시간 조건을 갖는 실시간 시스템에 적용가능한 실시간 UML을 제안하였다 [3, 4]. 객체 지향 모델링은 설계 초기에 적용되어 임플리멘테이션이 되기 전에 완료되는 것이 일반적이지만, 최근에 와서는 시스템의 구조적인 특성과 작동의 특성을 통합할 수 있다는 장점 때문에 완성된 시스템의 신뢰도 향상을 위한 분석에도 널리

사용되고 있다 [2].

본 논문에서는 KSR-III 발사 시나리오 구성을 위해 UML 모델링을 이용한다. 로켓과 지상 장비에 대한 UML 객체 다이어그램을 작성하고, 이로부터 시퀀스 다이어그램으로 된 발사 시나리오를 얻는다.

2. 본 론

2.1 발사통제 시스템의 구성

KSR-III 전체 로켓 발사 시스템은 로켓 시스템, 발사대, 공급설비, 텔레메트리 송수신 장치, 발사통제 시스템으로 구성되어 있다. 그림 1은 로켓 발사 시스템 구성도이다. 로켓 시스템은 2단으로 구성되어 있다. 1단은 액체추진기관, 추력방향을 조절해서 피치와 요 제어를 수행하는 Thrust Vector Control (TVC) 방식의 김발엔진 구동장치, 롤 제어를 수행하는 가스제트 분사방식의 롤 추력기 등으로 구성되어 있다. 로켓의 2단은 탑재부로 과학탑재시스템, 텔레메트리 송수신 장치 (TLM), 관

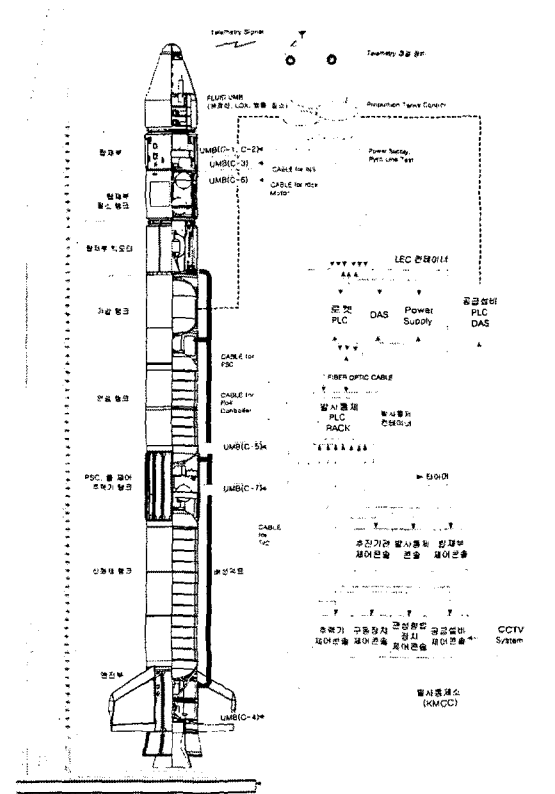


그림 1. KSR-III 로켓 시스템과 지상장비 구성도

성항법장치 (INS), 점화장치 (IG), 비행종단장치 (FTS), 탑재부 자세 제어 시스템 (PLSJ)로 구성되어 있다. 각 단에는 내부전원 공급을 담당하는 전원공급제어장치 (PCU)와 배터리 (BATT), 각 부분의 데이터를 모으는 데이터획득모듈 (DAM) 등이 있다. 지상장비는 추진기관에 연료, 산화제, 가압가스 등을 공급하는 공급설비와 발사 전까지 전체 시스템의 상태를 모니터링하고 발사통제 시스템으로 구성되어 있다.

발사통제 시스템은 임비리컬 라인을 통해 로켓 시스템에 외부전원을 공급하고 필요한 데이터를 다운로드 받아 로켓 시스템의 각 부분들을 모니터링하며, 시나리오에 따라 순차적으로 명령을 내려 발사 진행을 통제한다. 발사통제 시스템은 로켓 Programmable Logic Controller (PLC)와 데이터 처리 장치 (DAS), 전력 분배기로 구성된 발사장비 컨테이너, 발사통제 PLC, 각 모듈에 해당하는 제어 콘솔, 로켓 시스템과 지상 장비와의 인터페이스에 해당하는 임비리컬 라인 등으로 구성되어 있다. 발사진행 작업을 위해 발사통제 시스템으로부터 로켓과 지상 장비를 향해 지시되는 순차적인 명령은 각 부분을 담당하는 통제원이 해당 제어콘솔을 통해 수동으로 내리는 경우와 발사통제 컴퓨터의 자동 시퀀스에 따라 자동으로 내려지는 경우의 두 가지 방식이 있다.

## 2.2 UML 객체 다이어그램

본 연구에서는 KSR-III FM 용 발사 시나리오를 위

해 UML 객체 모델링 방법을 적용한다. 먼저, 그림 1의 로켓 발사 시스템의 각 시스템들을 객체로 모델링해서 객체들간의 상호작용을 보여주는 UML 객체 다이어그램을 작성한다. KSR-III 발사 시스템의 UML 객체 다이어그램은 그림 2와 같다. 각 화살표는 association 관계를 나타낸다. 화살표가 향하는 객체는 서버에 해당하고 화살표를 내보내는 객체는 클라이언트에 해당한다. 객체간 관계는 크게 전원공급라인, 데이터 라인, 지상장비와의 연결라인인 임비리컬, 그리고 명령과 데이터가 전송되는 명령 및 데이터 라인으로 구분한다. 그림 2는 객체 다이어그램은 발사 이후 로켓이 비행 상태에 있을 때까지를 고려한 전체 다이어그램을 보여준다.

발사 시나리오는 발사 이전에 수행하는 테스트 작업 및 준비 작업을 지시할 순차적인 명령들의 집합이므로, 발사 시나리오를 작성하는 데 있어서는 지상 장비와 로켓의 연결 라인인 임비리컬과 지상장비간 연결라인을 통해 전송되는 명령 및 데이터들에 대해서 분석하는 것으로 충분하다. 발사통제 시스템은 FTS, PCU, DAM, PLSJ, RSJ, TVC 등의 모듈로부터 상태를 모니터링한 후, 외부전원공급, 배터리 충전, 내부전원 전환 등의 명령들만을 내린다. 발사 전 명령의 대부분은 발사대, 공급설비 시스템, 로켓내부의 추진기관과 On-Board 컴퓨터에 해당하는 INS에 부여되는 명령들이다. G3, G4, U2, U9, U10 등이 발사통제 시스템으로부터 발사대, 공급설비 시스템, INS, 추진기관 등으로 명령이

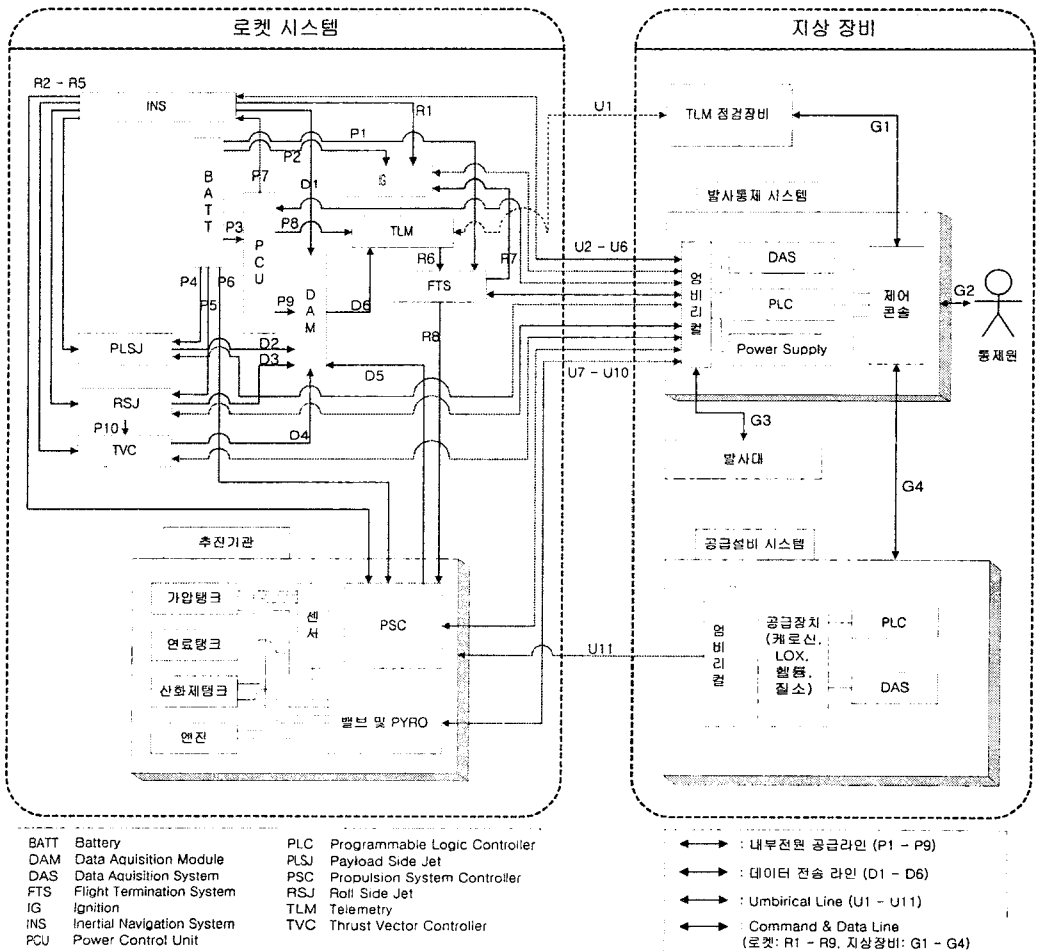


그림 2. KSR-III 발사 시스템 UML 객체 다이어그램

클라이언트	명령	서버
발사통제 시스템	U2 → 1. 초기화, Alignment, Standby 명령 2. INS 항법계산 시작 명령 3. 엔진점화 신호 4. Liftoff 신호 (INS timer 작동)	INS
발사통제 시스템	U3 → IG Enable 신호	IG
발사통제 시스템	U9 → 1. 펠브구동용 탱크 주요 펠브 작동 및 차단 명령 (헬륨 배기 솔 밸브, 주입 솔 밸브) 2. 가압탱크 배기 솔 밸브 작동 명령 3. 연료탱크 주요 펠브 작동 명령 (연료 주 불 밸브, 연료탱크 배기 불 밸브) 4. 산화제탱크 주요 펠브 작동 명령 (산화제 주 불 밸브, 산화제 공급라인 배출 불 밸브, 산화제탱크 배기 불 밸브) 5. 엔진점화 명령 6. 엔진중단 명령	추진기관 (PSC)
발사통제 시스템	U10 → 1. 연료 주입 불 밸브 작동 명령 2. 산화제 주입 불 밸브 작동 명령	추진기관 (펠브 및 PYRO)
발사통제 시스템	G3 → 1. 선화각, 고각 조정 명령 2. 가압탱크 헬륨주입 밸브, 선가압 밸브 분리 명령 3. RRD (Rocket Release Device) 작동 명령	발사대
발사통제 시스템	G4 → 1. 헬륨 주입 2. 선가압 3. 연료 주입/배출, vent/버치 4. 산화제 주입/배출, vent/버치 5. 정화라인 버치	공급설비 시스템

표 1. 발사통제 시스템으로부터의 주요 명령

전송되는 연결라인이다. 각 라인을 통해 전달되는 명령의 내용은 표 1과 같다. 로켓으로부터 발사통제 시스템으로의 상태 데이터와 기본적인 전원공급 관련 명령은 생략하였다.

### 2.3 KSR-III 발사 시나리오

표 1에서 발견할 수 있는 것과 같이 발사 전 준비의 대부분이 추진기관 관련 작업으로 구성되어 있다. 발사 시나리오는 추진기관에서 가압탱크, 연료탱크, 산화제탱크를 충전하는 과정을 중심으로 작성된다. 추진기관 가압과정은 선가압과 주가압의 두 단계로 나누어지고, 연료는 한 번의 충전으로 전체 연료탱크를 충전하고, 산화제는 3번의 충전과정과 안정화과정을 반복하면서 산화제탱크를 충전한다. 카운트다운 60초전부터는 발사통제 컴퓨터가 프로그램된 자동 시퀀스를 따라 명령을 발생시킨다. 주요 명령의 시퀀스로 구성된 발사 시나리오는 그림 3의 시퀀스 다이어그램으로 정리된다. 발사 시퀀스 다이어그램에서 단순한 전원 공급 및 전환 명령을 받는 탑재부 모듈들은 제외하였다.

### 3. 결 론

성공적인 로켓 발사를 위해서는 로켓과 지상장비로 구성된 전체 시스템에서 제어 명령의 흐름과 각 모듈의 작동, 모듈간의 상호작용 등을 모델링하고, 그 모델링을 바탕으로 한 발사 시나리오를 따라 발사통제 임무를 수행하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 KSR-III 발사 시스템을 UML 객체 다이어그램으로 모델링하고, 이 모델을 바탕으로 발사명령 시퀀스 다이어그램을 작성하였다. 로켓 개발에서 상위레벨 모델링은 설계의 기본단계에서부터 시작되어야 한다 [5]. UML 객체 다이어그램 및 발사 시퀀스는 위험도 관리, 성능 시험 평가 및 고장 진단 등에서 유용하게 사용될 수 있다. KSR-III에서 부분적으로 적용된 객체 지향 모델링 방법은 차후의 KSLV 개발에서 체계적으로 적용될 것이다.

(참 고 문 헌)

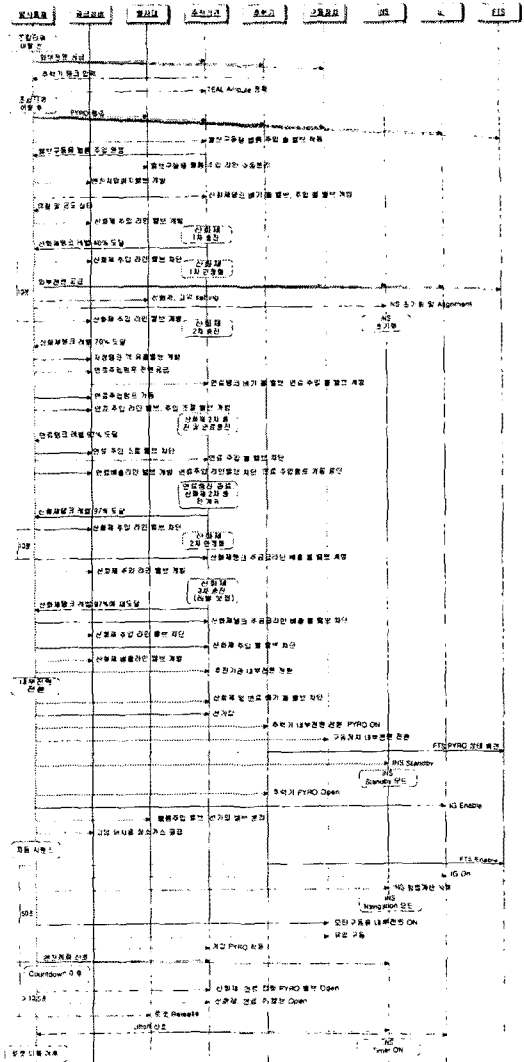


그림 3. KSR-III 발사 시나리오 - 시퀀스 다이어그램

- [1] 한국항공우주연구원, 3단형 과학로켓 개발사업 (IV), 2001.
- [2] M. Cepin and B. Mavko, "Fault tree developed by an object-based method improves requirements specification for safety-related systems", *Reliability Engineering and Systems Safety*, vol. 63, pp. 111-125, 1999.
- [3] B. P. Douglass, *Real-Time UML: Developing Efficient Objects for Embedded Systems*, Addison-Wesley, 1998.
- [4] B. P. Douglass, *Doing Hard Time: Developing Real-Time Systems with UML, Objects, Frameworks, and Patterns*, Addison-Wesley, 1999.
- [5] W. E. Hammond, *Design Methodologies for Space Transportation Systems*, Reston: AIAA Inc., 2001.
- [6] J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F. Eddy, and W. Lorenson, *Object-Oriented Modeling and Design*, New Jersey: Prentice Hall, 1991.