

우주센터 발사통제시스템 개발 동향

글/김종호 jonghokim@kari.re.kr, 윤석영,
장종태, 서윤경, 최용태, 이효근
한국항공우주연구원 우주센터 기술관리그룹

시스템 구성을 보이지만 각 우주센터의 건설된 시기, 규모, 발사 임무, 발사대 및 발사통제건물의 운용개념 등에 따라 다소 상이한 시스템 구성을 가진다. 본 절에서는 각 우주센터의 자료처리시스템 특성을 중심으로 살펴본다.

1. 서론

우주센터는 인공위성을 일정 궤도에 올리기 위한 우주발사체의 발사장으로서의 역할과 우주 개발에 필요한 각종 연구 및 실험을 위한 기반시설의 역할을 수행한다.

우주센터의 주요 임무는 발사체 및 위성의 최종조립과 기능점검, 비행안전 통제, 발사 준비 및 발사 등이며, 이를 위하여 발사대, 조립/시험 시설, 발사통제동, 기상관측소 및 추적소 등의 시설이 건설되어지고 있다.

또한, 발사체 이륙 후 발사체의 위치 추적을 위한 광학추적장비 및 레이더장비와 발사체로부터 송신되는 상태정보의 수신을 위한 원격자료수신장비, 발사에 필요한 기상관측 데이터 취득을 위한 기상장비, 발사체의 위치를 실시간 감시하는 발사통제시스템 등의 개발 및 설계업무가 진행되어지고 있다.

본 기고에서는 우주센터의 여러 시스템 중 발사통제시스템을 구성하는 자료처리시스템과 통신망에 대하여 프랑스 Kourou 우주센터, 미국 Wallops Station, 일본 Kagoshima 우주센터의 운용 현황을 살펴보고, 발사통제시스템 개발에 소요되어지는 요소 기술의 발전 동향과 나로 우주센터의 발사통제시스템에 대하여 기술하고자 한다.

2.1 프랑스 Kourou 우주센터

유럽은 1960년 대 국가 주도하의 우주 개발에 박차를 가하고 냉전체제의 두 주역인 미국과 소련에 대응하는 독자적인 유럽 공동체 우주기구의 필요성을 인식하여 1975년 유럽의 여러 국가가 참여하여 현재 15개 회원국으로 구성 되어 운영되고 있는 ESA(European Space Organization) 조직을 만들게 되었으며, 프랑스령 기아나에 Kourou 우주센터를 운영하고 있다.(그림 1)



그림 1. Kourou Space Center 발사통제센터

2. 해외 우주센터 발사통제 시스템의 운용 현황

각국의 발사통제시스템은 개략적으로는 유사한 시

그림 2와 표 1은 Kourou 우주센터의 자료처리시스템 구성과 역할을 보여준다. 추적 레이더와의 인터페이스 장비(EIR: Radar Interface Equipment)와 원격자료수신장비와의 인터페이스 장비(MITE:

Telemetry Interface Equipment)로부터 수신한 발사체 정보가 실시간으로 발사체 궤적을 추정하는 시스템(CCEL: Localization Processing and Coordination Sub-system)의 입력으로 사용되어진다. 이 정보들은 실시간으로 처리되며, 추정된 궤적이 비행 안전 담당자들을 위해 비행안전시스템(SSV: Real-time Safety Sub-system)에 전시된다. 만약 발사체가 안전영역을 이탈하는 것으로 판단되어지면 비행안전 담당자는 인명의 손실이나 지상의 피해 등이 야기되기 전에 비행 중인 발사체를 비행 중단시킨다.

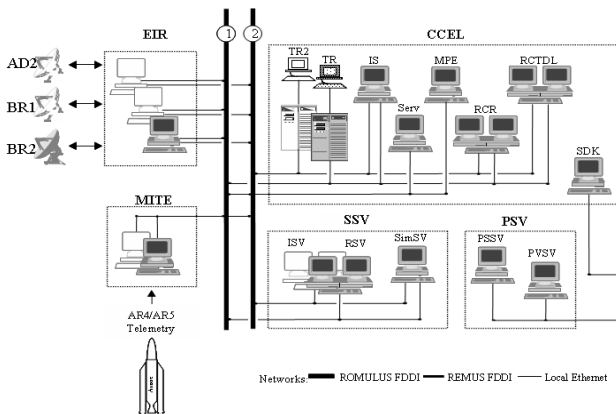


그림 2 Kourou 우주센터 SCTV 구성

표 1. SCTV 구성 시스템

시스템 명	역할
EIR	쿠루 우주센터의 레이더 인터페이스 장비
MITE	Telemetry 센터와의 인터페이스 장비
CCEL	두개의 독립적인 궤적처리 로직을 가진 내부 자료처리 시스템
SSV	발사 중 비행안전과 관련된 표시장치를 포함한 일체의 비행안전 시스템
PSV	발사 전에 비행안전과 관련된 준비작업 시 필요한 시스템
ROMULUS	Mission과 직접적인 관련이 있는 통신망
REMUS	Mission과 관련 없는 일반적인 통신망

주요 데이터의 전송을 위한 랜 통신망은 ROMULUS와 REMUS로 명명되어진 두 개의 독립적인 네트워크로 구성되어 있다. ROMULUS는 발사 임무에 관련된 실시간 데이터 전송용이며, REMUS는 발사 임무와 무관한 일상 업무에 관련된 통신망이며, 이러한

랜 통신망은 FDDI(Fiber Distributed Data Interface)를 이용하여 구성하였다.

또한, Natal, Ascension 등의 Downrange Site는 위성통신망을 이용하여 원격자료수신장비 데이터와 임무와 관련된 음성 통화 목적으로 사용하고 있다.

2.2 미국 Wallops Station

미국은 케네디 우주센터, 케이프 케너버럴 공군기지, 반덴버그 공군기지, Wallops 발사장 등에 위성 및 우주왕복선 발사장을 운영하고 있다. 이들 중 Wallops 발사장은 Maryland 주 Salisbury로부터 남동쪽으로 64 km, Maryland 주 Greenbelt로부터 남동쪽으로 240 km 떨어진 Virginia의 동쪽 해안에 위치하고 있으며, 1950년 대 초에 건설되어 미국 항공우주국(NASA)과 국방성 아래에 관리되고 있다.



그림 3. Wallops Station 발사통제센터

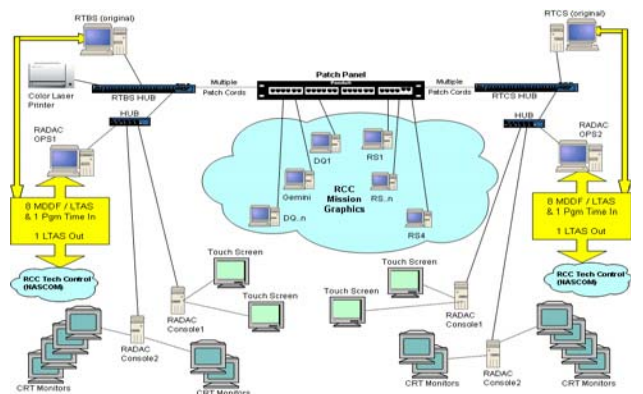


그림 4. Wallops Station 자료처리시스템 구성

그림 4는 Wallops 발사장의 기존 자료처리시스템

(RTCS 및 RTBS)과 최근 개발 중인 새로운 자료처리시스템(RADAC: Range Data Acquisition and Computation)간의 인터페이스와 외부 인터페이스와의 구성을 보여준다. 기존의 자료처리시스템은 RTCS (Real Time Computer System)와 RTBS(Real Time Backup System)로 구성되어 있으며, 발사통제센터까지 비행안전을 위한 이중화된 실시간 추적 데이터와 순간낙하점(IIP: Instantaneous Impact Point) 등을 제공한다.

여기에 현저히 노후화된 기존 장비를 새롭고 안정화된 최신의 시스템으로 대체하기 위해 새로운 자료처리시스템을 개발하는 작업이 현재 진행 중에 있다. 새로운 자료처리시스템은 이중의 병렬적 구조와 각자 독립적인 데이터 처리 경로를 가지며, 기존 자료처리시스템과도 독립적으로 운용이 가능하다. 자료처리시스템에서 처리된 데이터들은 데이터 품질과 비행안전 상황을 모니터 하기 위해 해당 운용자 콘솔(Data Quality & Range Safety Workstation)과 자료처리시스템 콘솔 등에 전시된다. 발사통제센터와 자료처리시스템간의 레이다 데이터(MDDF & LTAS: Minimum Delay Data Format and Launch Trajectory Acquisition System)와 시각 정보 송수신을 위해 NASCOM(NASA Communications)을 사용한다.

표 2. Wallop 발사장의 자료처리시스템 기능

구성 장비	시스템 기능
RADAC	현재 개발 중인 궤적 데이터 취득 및 처리를 위한 실시간 자료처리시스템
RTCS	기존의 실시간 자료처리시스템#1
RTBS	기존의 실시간 자료처리시스템#2
DQ	데이터품질 전시를 위한 시스템
RS	비행안전 전시를 위한 비행안전시스템

표 3. Wallop 발사장의 통신장비 구성

구성 장비	지원 기능
NASCOM	실시간 데이터 및 음성 전송
Intercom	40 채널 운용자간 음성 통화
전화	전화통화
Timing 장비	시각동기 및 분배(NASA-28, 36)
CCTV	안전에 관련된 영상 취득 분배

Wallops Station의 통신망 장비 구성을 살펴보면, 각 건물 내부는 Copper Twisted Pair를 이용하여

데이터 전송, 전화, 인터컴, 시각 정보 분배 등을 하며, 주요 건물에는 RF 신호 및 CCTV 영상신호 분배를 위하여 동축케이블을 이용한다. 안전에 관련된 음성과 취득된 데이터의 전송을 위해 GSFC(Goddard Space Flight Center), JSC(Johnson Space Center)와 데이터를 주고받으며 NASCOM의 일부인 통신망은 음성 및 데이터 전송을 위해서 GEAM 지구국을 통해 SATCOM 위성을 이용하여 데이터를 전송하게 되며, AT&T 임대 회선을 통해 GSFC와 연동된다.

2.3 일본 가고시마(Kagoshima) 우주센터

일본은 문부과학성에 의해 몇 년간의 준비작업을 거쳐 2003년 11월 1일부터 우주과학연구소(ISAS), 항공기술연구소(NAL), 우주개발사업단(NASDA)을 하나의 조직인 일본 우주항공연구개발기구(JAXA)로 통합 운영하기 시작하였다. 일본은 현재 우주항공연구개발기구에 의해 두 곳의 위성 발사장을 운영하고 있으며, 그 중 하나는 다네가시마 발사장이고, 다른 하나는 가고시마 발사장이다. 가고시마 우주센터는 일본 남쪽 지방 가고시마현의 우치노라 근처 태평양 연안을 마주한 곳에 위치해 있고 애초 과학관측 로켓 발사장으로만 사용할 목적으로 시작하였지만, 후에 저 지구궤도 및 행성탐사용 과학 위성 발사를 위해서 증설되었다.(그림 5)



그림 5. 가고시마 발사장의 발사통제센터

그림 6은 가고시마 우주센터의 자료처리시스템 구성을 보여준다. 시스템의 신뢰성을 높이기 위해 데이터의 입력 소스를 이중화하는 동시에 화면표시기능을 이중으로 구성하였으며, 시스템의 장애발생 시에

는 공통 전환장치에 의해 자동적으로 한쪽 시스템에 의한 화면 표시로 전환할 수 있다. 자료처리시스템은 기능별로 분산되어 있는 3 대의 처리시스템(CPU1, CPU2, CPU3)을 서브시스템으로 하고, 안전판단시스템(CPU2)의 전후에 수신시스템(CPU1) 및 전시시스템(CPU3)을 배치하고 있다. 궤도정보시스템(CPU4)은 레이더 데이터를 직접 수신하여, 수신시스템과는 별도로 시스템의 신뢰성을 높이고 있으며, 이들의 데이터는 발사통제센터에서 모니터 되지만 시스템의 백업으로서 중요한 기능도 겸비하고 있다.

자료처리시스템과 추적장비와의 인터페이스는 전부 광모뎀을 매개로 이루어지며, 각 컴퓨터들의 인터페이스를 위해 ICU(Interface Control Unit)가 사용된다.

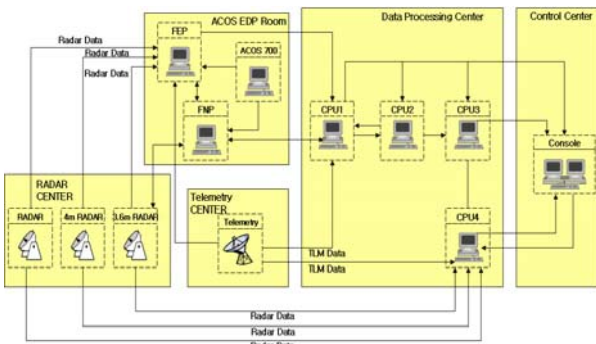


그림 6. 가고시마 발사장의 자료처리시스템 구성

표 4. 가고시마 발사장의 자료처리시스템 기능

구성 장비	시스템 기능
CPU1	레이더 및 원격자료수신장비로부터 데이터 취득을 위한 시스템
CPU2	비행상황이 안전한 범위에 있는지를 판단하는 시스템
CPU3	CPU2로부터 수신한 비행안전 상황을 전시하는 시스템
CPU4	레이더 및 원격자료수신장비로부터 궤적데이터를 취득하여 전시하는 시스템
ACOS (NEC 서버)	궤적 데이터를 이용하여 PPI와 IIP를 계산하는 시스템
FNP	ACOS로부터 PPI/IIP 데이터를 CPU1에 전송하는 시스템
FEP	ACOS로부터 위치정보를 CPU1에 전송하는 시스템

※CPU: Central Processing Unit, FNP: Front Network Processor, FEP: Front End Processor

3. 발사통제시스템 요소기술 동향

3.1 소프트웨어 기술 동향

발사통제시스템의 자료처리시스템은 다른 응용 분야들보다 높은 신뢰성(Reliability), 가용성(Availability), 실시간성(Real-time)을 요구하는 특징을 갖는다. 또한, 새로운 임무에 자료처리시스템을 적용하더라도 소프트웨어의 구성을 변경할 수 있는 적응성과 악의적인 침입을 차단하기 위한 보안성도 요구된다. 이러한 특징 이외에도 소프트웨어 개발의 공통적인 요건들로서, 호환성, 이식성, 재사용성, 최적성, 무결성(Integrity), 개발의 신속성, 유지보수성 등이 필요하다.

이러한 요건들을 충족시키기 위한 핵심적인 개발 방법론은 객체 지향(Object-Orientation) 방법론이다. 객체(Object)란 소프트웨어 속의 가상적인 물체를 말하며, 그 의미상 객체(客體)보다는 개체(個體)라는 뜻이 더 적합하다. 현실에서 여러 개체들이 서로 상호작용을 하는 것처럼, 소프트웨어도 여러 객체들이 상호작용을 하므로써 기능을 수행하는 것으로 보는 패러다임이 바로 객체 지향이다. 현실에서의 개체가 속성(Property)과 행위(Behavior)를 갖는 것처럼, 소프트웨어에서의 객체도 속성으로서 데이터를 갖고, 행위로서 기능(Function)을 갖는다. 객체 지향의 또 다른 핵심 개념은 인터페이스(Interface)이다. 인터페이스란 두 객체가 서로 통신하는 부위를 말하며, 두 객체의 통신 행위를 인터페이스링(Interfacing)이라고 부른다. 두 객체 사이에 인터페이스링을 할 때에 특별한 점은 서로 상대방의 내부를 알 필요가 없다는 점이다. 다만, 각 객체는 상대방의 인터페이스만을 알고 있으면 된다. 이를 객체 지향의 개념에서는 캡슐화(Encapsulation)라고 부른다.

이 캡슐화의 개념으로부터 많은 소프트웨어의 이슈들에 대한 해결책이 제시된다. 먼저, 소프트웨어 개발의 분업이 용이하다. 각 개발자는 자신의 객체를 만들게 되며, 다른 개발자의 객체와는 인터페이스만 맞추면 되는 것이다. 또한, 소프트웨어의 개발을 빠르게 한다. 즉, 이미 만들어진 객체로서 상용 규격품(COTS : Commercial Off-The-Shelf)을 구매하여 그 인터페이스에 맞추어 사용하기 때문이다. 이러한 캡슐화를 지원하기 위해, 객체 지향 프로그래밍 언어

(Object Oriented Programming Language)에서는 객체를 정의하기 위한 클래스(Class)를 예약어(Keyword)로 제공하며, 이에 더 나아가 언어에 관계없는 객체간의 통신 규약을 정의 하여, 컴포넌트(Component)라는 개념이 등장하였다. 컴포넌트는 소프트웨어의 부품이란 뜻으로서, 넓은 의미에서 객체를 뜻한다. 단, 컴포넌트 사이의 통신을 위해서는 중개자(Broker)를 필요로 하며, 이 중개자가 두 컴포넌트 사이의 통신을 약속된 통신 규약(Protocol)대로 중개한다. 이 중개자에 의해 통신 규약만 같다면, 어떠한 프로그래밍 언어를 쓰거나 어느 운영 체제(Operating System)에서 실행 중이더라도 두 컴포넌트 사이의 통신을 보장해 준다.

이러한 캡슐화의 개념은 또한 분산 컴퓨팅 환경(Distributed Computing Environment)에서 이기종(異機種) 시스템간의 연결을 담당하는 미들웨어(Middleware)에도 적용이 되며, 인터페이스의 중요성을 상기시켜 현재 다양한 방면에 인터페이스의 표준화가 추진되고 있다. 데이터 표준화의 한 예로서 HTML(Hyper Text Markup Language)이 확장된 개념인 XML(Extensible Markup Language)이 있으며, 현재, 다양한 요소에 적용이 늘어나고 있는 추세이다. 한편, 객체 지향의 개념을 적용하여 프로그램을 구조적이고 무결하며 최적으로 작성하기 위해서는 소프트웨어 설계의 체계화가 필요하다. 따라서, 소프트웨어 공학적인 접근 방법과 개발 도구들이 발전되고 사용되고 있으며, 그 한 예로써 객체 지향의 시각적 설계 언어인 UML(Unified Modeling Language)이 등장하여 사용되는 상태이다.

3.2 랜 통신망 기술 동향

랜 통신망의 목적은 발사 임무 시 데이터 전송에 필요한 최적의 네트워크 성능과 안정성을 보장하는 것이다. 하나의 인터페이스에서 다른 인터페이스로 데이터를 전송하는 방법에는 크게 L2 기반의 스위칭과 L3 기반의 라우팅이 있다. 하드웨어 기반에서 동작하는 L2 스위칭 방식은 처리 과정에서 OSI 7 Layer에 의거 L2의 프레임만을 사용하여 단지 MAC-Address만을 판단하여 고속으로 데이터 프레임을 전송 하지만, 소프트웨어 기반의 L3 IP 라우팅 방식

은 OSI 7 Layer에 의거 Layer 3를 사용하여 패킷의 분해-조립 과정을 거쳐서 데이터의 경로를 소프트웨어에 의해 결정하여 동작을 하게 된다. 따라서 L3 기반의 라우팅은 라우터의 CPU 부하가 높거나 일시에 많은 데이터를 처리해야할 경우 전송 지연이 발생할 수도 있다. L2 스위칭 방식이 기존의 L3 IP 라우팅 방식보다 우수한 점은 처리 속도 및 안정성을 확보할 수 있다는 점에 있다.

내부 및 외부 네트워크를 L2 기반의 이더넷 스위치로만 구성할 경우 사용자 측면에서 네트워크 구성을 단순하게 하여 장애 요소를 없앨 수 있고, 또한 구성 장비의 수를 줄임으로써 네트워크 구축비용이 줄이고, 네트워크 관리를 편리하게 할 수 있는 장점을 가져 최근의 네트워크 구축 방향이다. 또한 우주센터와 추적소의 위치가 많이 떨어져 있는 발사통제 시스템의 경우 자체 망을 구성할 수 없으므로 회선을 임대하여야 하는데, L2방식으로 구성함으로써 회선임대 비용을 줄일 수 있다.

3.3 전화망 기술 동향

교환기 기술은 기존 TDM(Time Division Multiplexing) 기반에서 IP기반의 VoIP(Voice over Internet Protocol) 기술로 시장이 변화하고 있다. 향후 차세대 네트워크 기술이 IP기반으로 발전과 함께 멀티미디어 서비스 등 다양한 부가서비스와 저렴한 통신비용을 큰 장점으로 하여 발전하고 있다. 또한 국내 정보통신부에서 2004년 12월에 'VoIP 전화에 대한 방침'을 확정해 발표함으로써 VoIP 서비스가 기존 전화 시장을 빠르게 대체할 것이라는 전망했다.

VoIP 기술의 발전 배경을 살펴보면, 다음과 같다. 우선 음성 통화 품질이 기존의 PSTN(Public Switched Telephone Network)과 비교하여도 손색이 없을 정도의 서비스 품질이 우수하여, 인터넷 및 인트라넷을 이용하여 망구성이 간단하며 회선임대에 따른 비용을 줄일 수 있으며, IP를 통한 음성서비스는 물론 데이터 전송, 영상회의 등 다양한 서비스 제공할 수 있다. 또한 ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication)에서 H.323 시스템을 기반으로 하는 표준을 제정하고 있으며, IETF(Internet Engineering Task Force)는 HTTP와 유사한 형태

의 SIP(Session Initiation Protocol)를 중심으로 표준화를 진행하고 있다.

3.4 음성전용 통신망 기술 동향

현재 음성통신망에는 새롭게 탄생하는 음성통신 프로토콜과 전통적인 음성통신 프로토콜이 존재하고 있으며, 이러한 다양한 통신기기의 종류, 방식, 호환성에 제한받지 않고 윈터치의 최소 동작으로 즉각적인 음성통신을 할 수 있는 통합 음성전용통신망으로 요구받고 있다. 음성전용통신망은 국방, 항공, 방송국 등 다양한 분야에서 적용되고 있다. 또한 음성전용 통신망은 장거리 음성 통화의 비용을 절감하고, 시스템 통합을 용이하게 하기 위하여 전화망에서 채택하고 있는 VoIP 기술을 도입을 서두르고 있으며, 음성전용 통신망 장비들의 요소 기술의 발전 추세를 살펴보면 표 5와 같다.

표 5. 음성전용 통신망 장비 발전 동향

구성 장비	발전 동향
매트릭스	<ul style="list-style-type: none"> • 컴퓨터를 이용한 중앙 통제 • 모듈식의 쉬운 확장성 • 일대일 및 그룹 통화 가능 • 오디오 및 데이터 손실 최소화 • 전원, 프로세스 이중화 구성
외부 연결 기기	<ul style="list-style-type: none"> • 전화, 무전기 통합 수용 가능 • 음성 녹음장치 연결 통화 내역 저장 기능 지원
단말장치	<ul style="list-style-type: none"> • 각 버튼의 기능 원격 부여 지원 • 표준 규격의 케이블 사용 가능

3.5 표준시각분배망 기술 동향

표준시각분배망 장비의 기본이 되는 GPS (Global Positioning System) 기술은 인공위성에 기반을 둔 위성항법시스템 기술의 하나로 1973년 미국 국방성에 의해 제안되어 7년간의 개념 설계, 6년간의 연구 개발과 10년간의 시험 가동을 거쳐 1995년부터 본격적으로 가동되어 운용되고 있다. 그 보편성과 경제성을 바탕으로 많은 분야에서 연구 및 응용되고 있다. 이미 차량이나 비행기, 선박 등의 차세대 항법

시스템으로 활발하게 활용되고 있으며 정밀 측위가 필요한 측지학이나 정밀 지도 제작 등에서도 응용되고 있다.

2000년 5월부터 높은 정밀도의 위치 정보를 얻을 수 없게 하기 위해서 항법 메시지의 궤도 데이터와 위성 시간 주파수를 조작하는데 쓰인 SA(Selective Availability)기능이 없어져서 일반 사용자들의 GPS 활용이 크게 확대되고 있다. 또한 인공위성의 궤도 결정이나 자세 결정의 자료로 이용됨은 물론 지상의 무선통신에 필요한 시각정보를 제공하는 등 그 활용 분야는 다양하다.

4. 나로 우주센터 발사통제시스템 소개

우주센터 발사통제 시스템은 주요 운용자가 발사 임무와 관련된 제반 사항을 취합하여 최종 발사 결정을 내릴 수 있도록 지원하고, 발사체의 이륙 후 임무 종료 시까지 각종 추적 장비에서 보내진 정보를 수집/처리/분배하여 로켓의 비행 상태를 실시간으로 감시하기 위한 기능을 수행하며 각 추적 장비의 발사체 추적을 지원하기 위하여 발사체의 현재 위치정보 연동자료(Slaving Data)를 추적 장비로 분배하는 역할도 수행한다.(그림 7)

이러한 기능 수행을 위하여 각종 컴퓨터장비로 구성된 자료처리시스템과 데이터 통신망, 전화망, 음성전용통신망, 표준시각분배망 등으로 구성된다. 표 6에 이러한 발사통제시스템의 구성 장비에 대해 제시하였다.

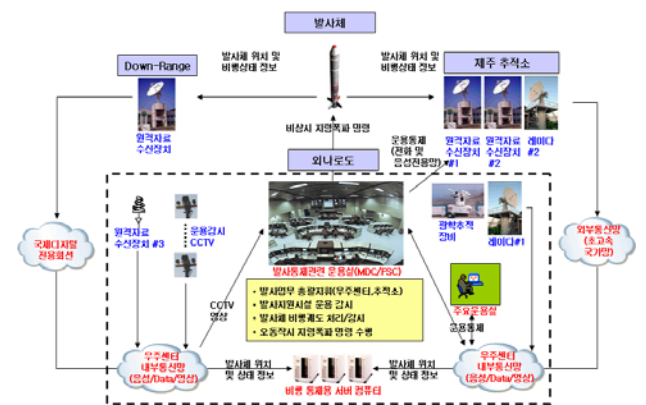


그림 7. 나로우주센터 발사통제시스템 운용 개념

표 6. 나로우주센터 발사통제시스템 구성

구분	구성 장비
자료처리시스템	<ul style="list-style-type: none"> 비행정보 중앙처리시스템, 비행안전 정보시스템, 원격수신자료 전시시스템, 비행정보 전시시스템, 미션정보 분배시스템, 미션상태 전시시스템, 비행정보 시플레이션시스템,
통신망	<ul style="list-style-type: none"> 임무/업무용 랜, 전화교환기, 음성전용 통신, 표준시각분배, 무선통신 장비
운용실 설비	<ul style="list-style-type: none"> 발사체취소 대형 스크린, 콘솔, 컴퓨터 등 내부시설

4.1. 자료처리시스템

발사통제시스템 중 자료처리 시스템은 추적 장비로부터 취득된 데이터를 수집 및 처리하여 관련 운용자에게 적절한 정보를 사용자 인터페이스를 통하여 제공하는 기능을 수행하며, 추적 장비들이 발사체를 중단 없이 추적하기 위한 연동자료(Slaving Data)를 추적 장비에 공급하는 기능도 수행하게 된다. 이러한 기능을 수행하기 위한 자료처리 시스템의 구성도는 그림 8과 같다.

4.1.1 비행정보 중앙처리시스템

비행정보 중앙처리시스템(CDPS: Central Data Processing System)은 추적 장비(레이다, 원격자료 수신장비, 광학추적 장비)로부터 발사체의 위치정보

를 취득하여 처리 후 분배하는 기능을 수행한다. 각 추적 장비에서 전송 되어진 발사체 위치정보의 데이터 포맷을 정렬하고 표준시각에 동기화된 Data Stream으로 만든다. 수신된 각 위치정보 데이터 전송을 위해 필터링 및 좌표계 변환 등의 과정을 수행하게 되며, 이 모든 데이터는 표준시각과 함께 별도의 파일 또는 데이터베이스에 저장된다. 레이더와 광학추적 장비 데이터의 경우 위치정보의 잡음 제거를 위한 필터링 작업을 수행하게 되며 각 추적 장비에서 전송 되어진 발사체의 위치정보를 공통된 좌표계로 변환하는 작업을 수행한다. 또한, 추적 정보 분배를 위해 입력된 모든 위치정보는 지도 및 그래프 상에 발사체의 위치표시를 위해 분배 되어진다. 또한 각 추적 장비들의 추적 실패 시 연동 자료로 이용하기 위해 최적의 발사체 위치 데이터를 각 추적 장비의 사용 좌표계 형태로 변환한 후 전용 통신망을 통해서 추적시스템으로 분배하게 된다.

표 7. CDPS 주요 기능

구분	기능
비행정보 중앙처리 시스템 (CDPS)	<ul style="list-style-type: none"> 수신된 TSPI 데이터 전처리 데이터 필터링 및 융합 발사체의 실시간 시공간 정보 추정 각 입력 데이터 측정 시각 오차 보정 연동자료(Slaving Data) 생성 전시 시스템으로 데이터 분배 이중화 시스템 구성

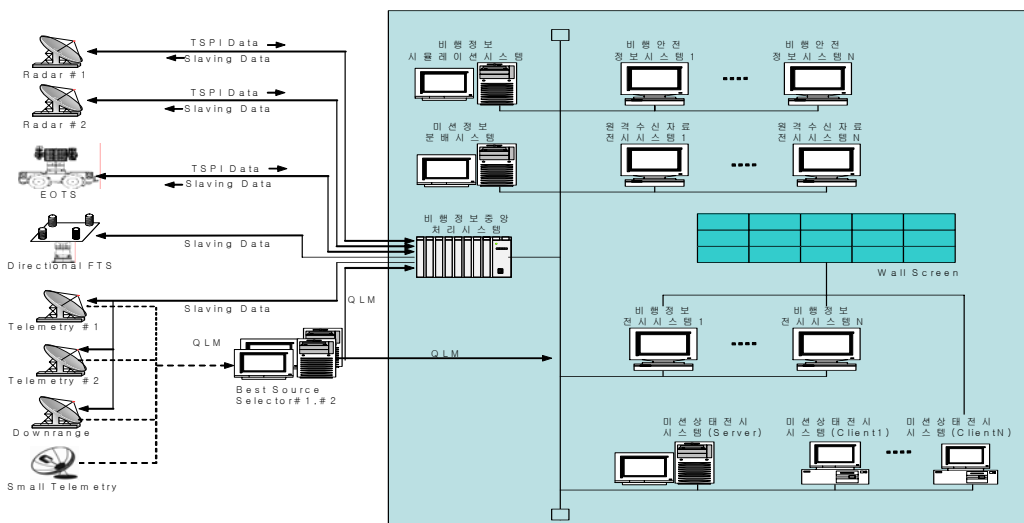


그림 8. 나로우주센터 발사통제시스템 자료처리시스템 구성도

4.1.2 비행안전 정보시스템

비행안전 정보시스템(FSIS:Flight Safety Information System)은 비행안전과 관련된 실시간 비행정보를 컴퓨터 화면에 표시하는 기능을 수행한다. 이 시스템의 운용자는 화면상에 표시되어지는 정보를 이용하여 비정상 비행상태 여부를 감시하며, 이러한 표시정보는 필요 시 비행중단(Flight Termination) 판단의 근거로 사용된다. 비행정보 중앙처리시스템(CDPS)에서 처리 및 분배된 발사체의 위치정보와 원격자료수신장비의 BSS(Best Source Selector)에서 분배되어지는 발사체 주요정보를 수신, 처리한 후 적절한 형태로 표시하는 기능을 수행한다. 또한, 수신된 위치데이터를 이용하여 탄착점(IIP), 탄착분산, 파편낙하영역 등의 계산을 수행하여 위치정보와 함께 같은 화면에 표시한다.

비행안전 정보시스템(FSIS)은 비행정보 중앙처리시스템(CDPS)에서 처리된 발사체 TSPI(Time Space Position Information) 데이터와 원격자료 수신장비의 최적의 발사체 QLM(Quick Look Message) 데이터의 발사체 궤도(TRG: Trajectory) 정보를 화면에 표시하는 두 대의 FSIS(TRG)와 우주발사체의 주요 상태정보를 화면에 표시하는 한 대의 FSIS(QLM)로 구성되며 다른 한 대의 시스템은 나머지 3 대의 백업용으로 사용된다. 각각의 시스템은 다중 모니터 출력을 지원하며 단일 키보드에 의한 조작이 가능도록 구성한다.

표 8. FSIS 주요 기능

구분	기능
비행안전정보 시스템 (FSIS)	<ul style="list-style-type: none"> • 발사체 궤도 정보 전시 • 비행안전 통제 정보 출력 • 발사체의 실시간 시공간 정보 추정 • 각 입력 데이터 측정 시각 오차 보정 • 발사체 자세/상태 정보 획득/처리/전시 • 이중화 시스템 구성

4.1.3 원격수신자료 전시시스템

원격수신자료 전시시스템(EDS: Expert Display System)은 원격자료수신장비에서 수신된 발사체의

각종 상태정보 중에서 주요 정보를 실시간으로 표시하는 기능을 수행한다.

표 9. EDS 주요 기능

구분	기능
원격수신 자료전시 시스템 (EDS)	<ul style="list-style-type: none"> • 발사체 궤도 정보 전시 • 발사체 상태 정보 전시 • 데이터 분석을 위한 파라미터 분석 및 트렌드 제공 • 발사 운용 시간정보, 비행 시나리오, 로그 정보 전시 • 실제 비행 이벤트 표시/경보/상태 메시지 제공

표시 항목은 발사체의 주요 정보인 궤도정보, 추진정보, 자세각 등의 정보이며 데이터센터(Data Center) 내에 위치하여 각 분야의 전문가들이 감시하고 이상상황이 발생하게 되면 상황을 신속하게 분석하여 관련 책임자에게 보고하는 역할을 수행하게 된다. 주요 표시 항목의 예는 다음과 같다.

- 궤적 정보 : 발사체 위치, 속도, 가속도, 궤적 등
- 추진 정보 : 연소실 압력, 탱크 압력, 터보 펌프 압력 등
- 유도 & 조종(Piloting) 정보 : 자세각(Pitch, Yaw, Roll) 등
- 일반 발사체 정보 : 발사체 동작, 관성항법장치(INS) 상태, 탑재 컴퓨터, 자이로스코프 등

4.1.4 비행정보 전시시스템

비행정보 전시시스템(MEDS: Major Event Display System)은 실시간 비행정보를 발사통제동 발사지휘소에 설치될 LSD(Large Screen Display) 화면에 표시하는 기능을 수행한다. 비행정보 중앙처리시스템(CDPS)에서 처리 및 분배된 발사체의 위치정보와 원격자료수신장비의 BSS에서 분배되어지는 발사체 주요 정보를 수신, 처리한 후 적절한 형태로 표시하는 기능을 수행한다. 비행정보 전시시스템(MEDS)은 발사체의 궤도 정보를 화면에 표시하는 MEDS(TRG)와 발사체의 주요 상태 정보를 화면에 표시하는 MEDS(QLM)으로 구성된다.

표 10. MEDS 주요 기능

구분	기능
비행정보전시 시스템 (MEDS)	<ul style="list-style-type: none"> • 발사체 위치 정보 획득 및 처리 • 발사체 궤도/상태 정보 전시 • 발사체 자세 정보/핵심 상태 정보 전시 • Large Screen Display상에 비행 정보 제공 • 데이터 재생 관리

4.1.5 미션정보 분배시스템

미션정보 분배시스템(MDDS : Mission Data Distribution System)은 각 시스템의 형상, 관련 데이터의 사용권한, 기준 데이터(Nominal Data)등과 같이 다양한 데이터를 내부적으로 사용하여야 한다. 이러한 데이터의 중앙 관리와 일관성을 위해 미션정보 분배시스템은 자료처리시스템에서 사용하는 여러 가지 데이터를 저장하고 분배함으로써 자료처리시스템의 중앙 데이터베이스 시스템의 역할을 담당한다. 이 시스템을 사용함으로써 각 자료처리시스템의 초기 설정 절차들은 수동 조작에 의한 데이터 설정 방식보다 편리하고 더 정확한 자료처리시스템 초기값 설정을 지원한다

표 11. MDDS 주요 기능

구분	기능
미션정보분배 시스템 (MDDS)	<ul style="list-style-type: none"> • 자료처리 시스템 초기화 관리 • 미션 정보 형상관리 • 운용자 인증 및 권한 관리 • CDPS, FSIS, MSDS 실시간 데이터 저장 • 데이터베이스 이중화 관리

4.1.6 미션상태 전시시스템

미션상태 전시시스템(MSDS : Mission Status Display System)은 각 시스템별 운용자의 발사 준비완료 여부의 판단과 시스템 점검을 위한 발사 준비 상태 관리를 지원해 주며, 발사지휘소(MDC)의 최고 관리자는 이 시스템으로부터 수집된 데이터를 바탕으로 최종 발사 여부를 결정하게 된다. 그리고 발사임무와 관련된 정보(기 정의된 일정, 카운트다운 시각, 발사 시각(HO), 기상 정보 등)를 콘솔 상에 표시하며, 표시된 정보를 이용함으로써 운용자들은 현 임무의 진행 상태를 한눈에 판단할 수 있다. 미션상태 전시시

스템(MSDS)은 서버와 클라이언트의 두 종류로 구성되며 주요 역할은 표 12와 같다.

표 12. MSDS 주요 기능

구분	기능
미션상태 전시 시스템 (MSDS) Server	<ul style="list-style-type: none"> • 발사 스케줄에 따른 주요 진행상태 관리 • 발사 운용 진행 상태에 따른 Go/No-Go 판단 로직 • 발사 안전 정보 획득 및 분배 • 주요 시스템과 MSDS Client로부터 발사 준비 상태 데이터 수집 • 수집된 정보 MSDS Client로 분배
MSDS Client	<ul style="list-style-type: none"> • 발사준비 상태 표시 • 발사준비 상태 수동 입력

4.1.7 비행정보 시뮬레이션시스템

비행정보 시뮬레이션시스템(STS: Simulation & Training System)은 비행정보 중앙처리시스템(CDPS)의 입력 데이터인 다양한 추적 시스템(레이다, 원격자료수신장비, 광학추적장비)의 TSPI 데이터와 QLM 데이터를 모사하여, 전체 시스템의 시뮬레이션 및 개별 시스템 운용자의 훈련을 수행할 수 있도록 지원하는 역할을 수행 한다

표 13. STS 주요 기능

구분	기능
비행정보 시뮬레이션 시스템 (STS)	<ul style="list-style-type: none"> • 발사체 상태 모사 • 추적장비 상태 모사 • 발사 환경 모델 모사 • 운용자 훈련 환경 제공

4.2. 나로우주센터 통신망 구성

우주센터 발사통제시스템 통신망은 자료처리시스템과 추적장비의 임무에 관련된 실시간 데이터 전송을 위한 임무용 랜, 우주센터 업무에 관련된 내부 네트워크로 임무용 랜과 독립적으로 운용될 업무용 랜, 우주센터 내의 내/외선 전화 통화를 위한 전화망, 우주센터와 추적소 등의 발사임무에 관련된 운용자들 간의 그룹 통화를 위한 음성전용통신망, 자료처리시스템, 추적장비에 표준시각 정보 및 동기 신호를 공급하며, 각 운용실에 표준시각 정보 및 카운트다운 시간을 표시하기 위한 표준시각분배망, 주요 운용실의 대형

스크린, 콘솔 데스크 등의 운용실 설비로 구성된다.

다음의 각 절에서 통신망 구성 장비의 기능 및 역할에 대해서 살펴보기로 한다.

4.2.1 임무용 랜 통신망

우주센터 랜 통신망은 우주센터 및 제주추적소의 추적 장비로부터 발사체의 위치 정보, 각 시스템의 상태 정보 및 임무에 관련된 데이터를 발사통제시스템 자료처리시스템으로 전달하는 역할을 하며, 또한 자료처리시스템에서 처리된 각종 데이터 및 추적 장비의 연동 데이터를 자료처리시스템 및 추적 장비로 분배하는 역할을 수행하게 된다.

표 14. 랜 통신망 장비의 기능

구분	기능
라우터	<ul style="list-style-type: none"> 내부망과 외부망의 경계 데이터 패킷 경로 지정
백본 스위치	<ul style="list-style-type: none"> 랜 통신망의 중심 역할 고속 대용량 데이터 패킷 스위칭
워크그룹 스위치	<ul style="list-style-type: none"> 통신단말 및 컴퓨터와 연결 소량 데이터 스위칭 기능

우주센터와 제주추적소의 랜 통신 장비는 라우터, 백본 스위치, 워크그룹 스위치로 구성된다. 우주센터에 설치하게 될 랜 통신 장비의 역할을 살펴보면 표 14에 제시한 바와 같다. 라우터는 IP 패킷의 목적지 주소를 판단하여 라우터의 라우팅 프로토콜을 이용하여 경로를 결정하는 역할을 하는 장비로 주로 외부망과 연결 시 내부 네트워크와 외부 네트워크 장비의 게이트웨이 역할을 수행하게 된다. 스위치는 단위 데이터를 다음 목적지까지 보내기 위한 경로 또는 회선을 선택하는 네트워크 장비로 모든 데이터 처리를 하드웨어 기반으로 데이터 패킷을 처리하기 때문에 라우터의 패킷 처리 성능보다 우수하고 안정적이다.

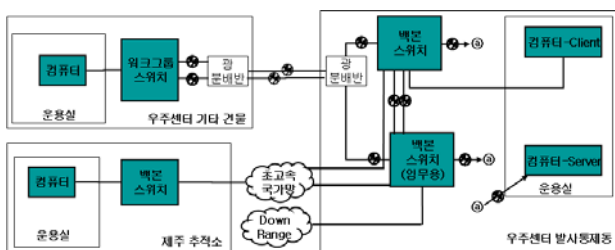


그림 9. 임무용 랜 구성도

표 15. 임무용 랜 장비 주요 특성

구분	주요 특성
우주센터 백본 스위치	<ul style="list-style-type: none"> 스위칭 용량 <ul style="list-style-type: none"> - L2: 720 Gbps - L3: 400 Mpps 지원 모듈: 13 지원 포트: 194(GE), 576(FE) 이중화: 슈퍼바이저, 전원, 팬
제주추적소 백본 스위치	<ul style="list-style-type: none"> 스위칭 용량 <ul style="list-style-type: none"> - L2: 64 Gbps - L3: 48 Mpps 지원 모듈: 7 지원 포트: 48(GE), 4(FE) 이중화: 슈퍼바이저, 전원, 팬
워크그룹 스위치	<ul style="list-style-type: none"> L2 스위칭 용량: 8.8 Gbps 지원 포트: 24/48(FE), 2(GE)

※ PPS: Packet Per Second, FE: Fast Ethernet

임무용 랜 구성과 구성 장비의 특성은 그림 9와 표 15에 제시된 바와 같으며, 고성능의 두 대의 백본 스위치를 중심으로 구성하였다. 발사통제시스템 자료처리시스템 주요 서버와 우주센터 기타 건물의 워크그룹 스위치와의 연결은 광케이블을 이용하여 1 Gbps의 대역폭을 가지는 Giga Ethernet으로 두 대의 백본 스위치에 각각 연결하여 한쪽의 링크에 문제가 발생하더라도 자료처리시스템 데이터의 전송에 문제가 없도록 구성하였으며, 제주추적소와 데이터를 주고받기 위해서 초고속국가망과 연결된다.

4.2.2 업무용 랜 통신망

업무용 랜 통신망은 우주센터 근무자의 일상업무 및 인터넷 접속을 위한 통신망이다. 우주센터 업무용 랜 구성은 그림 10에 제시된 바와 같이 우주센터는 고용량 백본 스위치를 중심으로 구성하도록 하였으며, 각 건물에 워크그룹 스위치를 설치하여 백본 스위치와 광케이블을 이용하여 1 Gbps 대역을 가지도록 연결하였다.

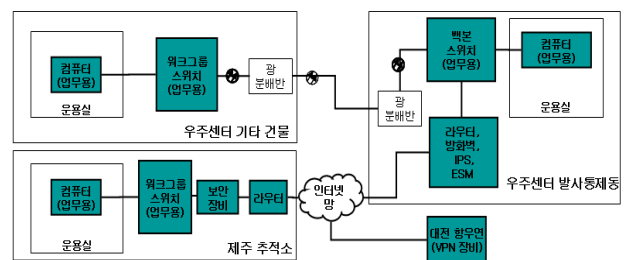


그림 10. 업무용 랜 구성도

표 16. 업무용 랜 보안 장비 주요 특성

구분	지원 기능
방화벽	<ul style="list-style-type: none"> Hybrid 형태의 구성 네트워크 주소 변환기능 VPN 기능(IPSec 표준 지원) 접근 허가/거부 로그 생성 및 분석
침입방지 시스템	<ul style="list-style-type: none"> TCP, UDP, ICMP 등 탐지 및 차단 실시간 네트워크 감시 및 트래픽 분석 해킹 패턴 및 Live 업데이트 지원
통합보안관리 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 네트워크 구성 관리 기능 장애 및 성능 관리 기능 장애/성능 월별 및 기간별 보고서 작성 기능

※ IPSec : IP Security Protocol, TCP: Transmission Control Protocol, UDP: User Datagram Protocol, ICMP : Internet Control Message Protocol

업무용 랜은 외부 인터넷망과 연결되므로 내부 네트워크를 보호하기 위하여 방화벽, 침입방지시스템 등의 보안장비를 설치하며, 네트워크 장비와 보안장비를 통합관리하기 위하여 통합보안관리시스템이 설치될 것이다.(표 16) 제주추적소는 별도의 보안장비를 설치하여 외부 인터넷 망과 연동이 되도록 하였으며, 대전 항우연은 VPN(Virtual Private Network) 장비를 통해 업무에 관련된 데이터를 주고받도록 할 것이다.

4.2.3 전화 통신망

우주센터 전화통신망은 일상 업무와 관련된 내선/외선 전화 통화를 위한 장비로 우주센터 발사통제동의 각 운용실 및 제주추적소에서 내선 통화가 가능하도록 구성한다. 전화통신망은 그림 11에 제시된 바와 같이 발사통제동 통신장비실의 전화교환기를 중심으로 구성되며, 우주센터 각 건물과 제주추적소에는 보조교환기가 설치되어 우주센터 내의 전화통화가 가능하도록 구성하며, 교환기 EMS(Element Management System)에서 교환기 및 보조교환기를 통합 관리하며, 대전 항우연과도 연동하여 전화통화가 가능하도록 한다.

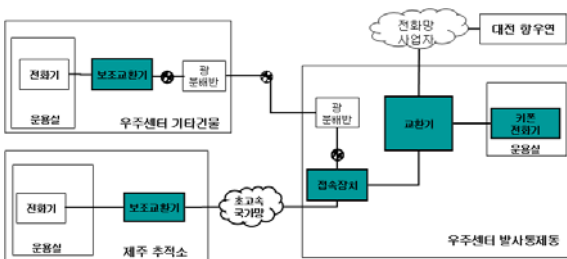


그림 11. 전화망 구성도

교환기와 보조교환기를 음성 데이터를 보내는 방법으로는 VoIP를 이용하도록 구성하였으며, VoIP 구성을 통해서 얻을 수 있는 효과를 살펴보면 다음과 같다. 먼저 시스템 구성을 간단하게 할 수 있다. 발사통제동과 각 건물에 보조교환기의 데이터 전송을 위한 별도의 장비 구성없이 업무용 랜 통신망을 이용하여 음성통화를 할 수 있으며, 각 시스템을 랜 통신망을 이용하여 중앙에서 통합 제어 관리할 수 있다. 또한 우주센터와 추적소와의 음성 통화를 위한 회선 임대비용을 줄일 수 있다.

4.2.4 음성전용 통신망

음성전용망 장비는 우주센터 내 발사임무에 관련된 주요 운용자가 발사임무에 관련된 내용을 통화하기 위한 전용망으로 전화망 장비와 별도로 구성되며, 운용자간 음성 통화를 위해 전화교환기와 연동하여 단말장치에서 내선/외선 전화 통화가 가능하도록 구성할 것이다.

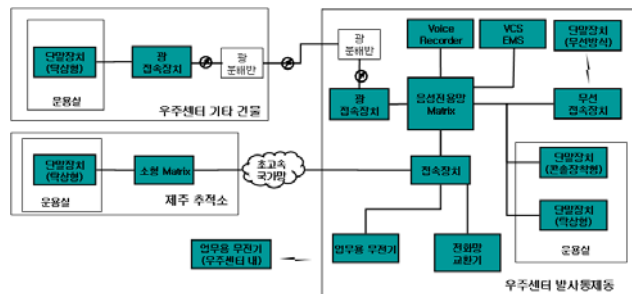


그림 12 음성전용 통신망 구성도

음성전용망 구성 및 장비는 그림 12와 표 17에 제시된 바와 같이 음성신호교환을 담당하는 Matrix와 발사통제동 내부 운용실은 Matrix와 단말장치를 직접 연결하여 운용자간 1:1 및 그룹통화가 가능하도록 구성하며, 발사통제동 발사지휘소 운용자 콘솔에는 콘솔장착형 단말장치를 설치하며, 기타 운용실에는 탁상형 단말장치를 설치한다. 우주센터 내 기타 건물은 광케이블을 이용하여 광접속장치를 통하여 단말장치와 연결이 가능하도록 구성한다.

우주센터 전화망 장비 및 무선단말장치와 통화가 가능하도록 접속장치를 두어 상호 장비 연결을 하는

데 사용하게 되며, 우주센터 내의 외부 근무자와 통화를 위해 업무용 무전기와 연결을 하게 된다. 제주 추적소에는 별도의 소형 Matrix를 두어 우주센터의 Matrix를 통하여 음성 통화가 가능하도록 구성한다. 모든 음성 통화 내역은 음성녹음장비(VRS : Voice Recording System)에 녹음되며, VCS EMS를 이용하여 모든 음성전용망 장비의 상태 감시를 한다.

표 17. 음성전용 통신망 장비 주요 특성

구분	주요 특성
Matrix	<ul style="list-style-type: none"> 단말장치 수용: 최대 208 개 이중화 구성: 프로세스, 전원 시스템 가용도: 99.999 %/년
접속장치	<ul style="list-style-type: none"> PABX, 업무용 무전기 연결 지원 2-Wire, 4-Wire E&M 신호 수용
무선 접속 장치	<ul style="list-style-type: none"> 전송출력: 100 mW RF 안정도: 0.005 %
단말장치	<ul style="list-style-type: none"> LED 버튼 지원 모듈 형식 키 장착 기능 표준화된 연결 방법 지원

4.2.5 표준시각 분배망

표준시각분배망 장비는 우주센터 발사통제시스템 및 추적장비에 발사임무의 기준이 되는 세계표준시(UTC : Universal Time Coordinate), 카운트다운 시간 및 동기 신호 등을 공급하며, 각 운용실에 세계표준시(UTC), 대한민국표준시(LT : Local Time), 카운트다운 시간(CT : Countdown Time)을 표시하는 역할을 한다.(그림 13)

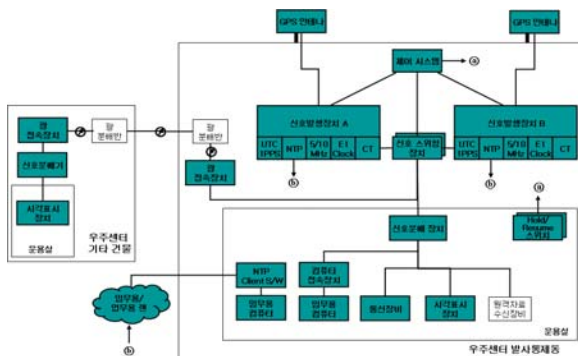


그림 13. 표준시각분배망 구성도

표 18. 표준시각 분배망 장비 출력 신호 특성

신호	세부항목	사양
UTC (IRIG-B)	<ul style="list-style-type: none"> 용도 Modulation 저항 Time Code 표준 	<ul style="list-style-type: none"> 서버 시각 동기 1 kHz 50 Ω Analog Sine Wave 200-95
1 PPS	<ul style="list-style-type: none"> 펄스폭 신호 레벨 저항 	<ul style="list-style-type: none"> 20 μs TTL 50 Ω
10 Mhz	<ul style="list-style-type: none"> 신호 형태 진폭 저항 	<ul style="list-style-type: none"> Analog Sine Wave + 13 dBm 50 Ω
CT (IRIG-CS5)	<ul style="list-style-type: none"> 용도 정확도 출력 표준 	<ul style="list-style-type: none"> CT 신호 제공 0.1 s RS-422 (ASCIICode) 215-96

표준시각분배망 장비는 표 18에 제시된 바와 같이 GPS위성으로부터 수신한 시각동기 정보를 이용하여 UTC 및 동기 신호를 발생하는 두 대의 신호발생장치와 두 출력신호를 스위칭 하는 신호스위칭 장치를 두며, 각 운용실에서는 입력 신호를 여러 개의 출력신호로 분배하는 신호분배장치를 두어 시스템을 구성한다. 카운트다운 발생장치는 신호발생장치의 UTC 신호를 입력받아 주요 서버 및 시각표시장치에 카운트다운 신호를 공급하며, 표준시각분배망 장비는 표준시각분배망 제어시스템을 통하여 감시 및 운용을 한다.

4.2.6 발사지휘소(MDC) 운용실 설비

발사지휘소는 발사임무에 관련된 주요 운용자가 발사 전 모든 장비의 상태를 점검하고 최종 발사 명령을 내리고 발사 임무를 통제하는 곳이다. 따라서 발사 임무에 관련된 우주센터 내부 및 추적소의 CCTV (Closed Circuit TV) 영상, 발사체궤도 정보, 시각정보 등이 전시되도록 해야 한다.



그림 14. 나로우주센터 발사지휘소 예상도

MDC 운용실 전면에 발사체의 주요 영상, 발사체 궤도 정보 등을 표출하기 위한 대형스크린을 설치하며, 우주센터 내부의 CCTV, 공중과 영상 등을 표출하기 위한 Video Matrix Switcher, 발사통제시스템의 콘솔에서 보여지는 발사체 궤적 등의 정보를 표출하기 위한 RGB Matrix Switcher 등의 영상 및 음향장비로 구성되며, 주요 운용자가 근무 공간이 될 약 23 개의 운용자 콘솔이 설치될 예정이다. 발사체 회소의 영상 및 음향 장비, 조명 등을 통합제어하기 위한 통합제어시스템을 두어 영상 및 음향 장비를 통합관리 할 수 있도록 구성한다.

5. 결론

지금까지 살펴본 것과 같이 우주센터 발사통제시스템은 비행안전중앙처리시스템, 비행안전정보시스템 등의 자료처리 시스템과 임무용 랜, 업무용 랜, 전화망 등의 통신망으로 구성되며, 우주센터 구성 장비 중 가장 핵심이 되는 시스템 중 하나로 발사준비 단계에서 발사 임무, 발사 후 분석의 일련의 업무를 수행하는 시스템이다.

발사통제시스템 자료처리시스템은 우주 발사체 비행안전과 관련된 의사 결정 및 판단 자료를 제공하고 발사체의 상태 정보를 수집하여 운영자에게 실시간으로 제공하여야 하므로 발사체 추적 기술, 발사체 위치 결정을 위한 알고리즘, 추적 데이터의 필터링 기술, 데이터 퓨전 기술, 입력 추적 데이터의 시간에 따른 분석, 처리 데이터 동기화 및 처리 분배 기술, 임무 데이터 분석 등의 다양한 기술과 소프트웨어 설계, 구현, 성능 테스트의 일련의 과정이 필요하게 될 것이며, 통신망은 임무에 관련된 데이터의 분배, 지연시간 분석, 이중화 구성, 네트워크 장비 통합 감시 및 관리 기술들이 필요하게 된다.

2007년 KSLV-1을 이용하여 저궤도 위성 발사 임무를 수행할 수 있도록 현재 자료처리시스템의 각 시스템에 탑재되어 운용될 소프트웨어 개발과 통신망의 설계 작업이 진행되어지고 있다. 나로우주센터 발사통제시스템은 세계 13번째 우주센터에 적용될 시스템이지만 최고의 안정성과 처리 성능을 가진 자

료처리시스템과 최신의 통신 기술을 적용하여 운용시 발생할 수 있는 시행착오를 최소화 할 것이다.

참고문헌

1. 한국항공우주연구원, "우주센터 개발사업(I)", 2001.7 pp.9-30
2. 우주 발사체 추적용 원격자료수신장비 기술동향, 항공우주산업기술동향 2권2호 (2004) pp.109-119
3. 프랑스 크루 우주센터 홈페이지
<http://www.csg-spatial.tm.fr>
4. Wallops Flight Facility 홈페이지
<http://www.wff.nasa.gov>
5. Wallops Flight Facility Range User's Handbook, pp.36-43
6. Nascom System Development Plan, Vaughn E. Turner, June 1995, NASA
7. UML 홈페이지
<http://www.uml.org/>
8. XML 홈페이지
<http://www.w3.org/XML>
9. VoIP 전화에 대한 정부방침 확정, 정보통신부, 2004. 12. 13.
10. <http://gps.snu.ac.kr/snugl.htm>
11. 전자신문 2005. 4. 21.
12. 주간기술동향 통권 1021호, 2001. 11. 7.
13. 윤석영, 최용태, 김중호, 이효근, "우주센터 발사통제시스템", 한국항공우주학회 추계학술발표회 논문지(II), 2003, pp.1183-1186
14. Dellery, B., Harborne, J., Goodwin, A. and Davies, P., "The Development of an Optimised Filtering Algorithm for Tracking Ariane launches" Proceeding of the 1997 AIAA Guidance, Navigation, and Control Conference, AIAA Paper No. 97-3602, 1997, pp.705-775
15. 籾田 元紀, 野村 民也, 中野 旭, "KSC 飛翔保安システムについて" 宇宙科学研究所報告 特集 No.16, 1988, pp.445-458