

《主 題》

# 무궁화 위성 지상관제 시스템과 운용소프트웨어

김 명 석

(한국통신 위성사업부 감리3실)

## □ 차 례 □

I. 관제소의 목적 및 개요  
II. 관제시스템

III. 관제 소프트웨어  
IV. 결론

### I. 관제소의 목적 및 개요

무궁화위성의 관제시스템은 현재 발사 예정인 주 및 예비위성 2기를 포함한 총 4개의 위성을 제어 감시할 능력을 구비하고 있다. 무궁화위성 관제소는 주관제소(용인)와 예비 및 보완역할을 할 수 있는 부관제소(대덕)로 구성되어 있다. 관제소의 주임무는 위성체의 각종 상태데이터를 분석하여 위성체의 궤도 및 자세조정이 적절하게 수행되고 있는지를 감시하고, 필요한 경우 명령을 보내어 수정하며 위성의 수명 및 임무수행을 최대한 유지 연장하도록 하는 것이다.

관제시스템은 기능적으로 분류하면 크게 위성제어센터(Satellite Control Center, 이하 "SCC"), TT&C (Telemetry, Tracking & Command, 이하 "TT&C"), 망제어센터(Network Control Center, 이하 "NCC"), 궤도내시험/망감시(In-Orbit Test/Communication System Monitor, 이하 "IOT/CSM")로 구성되어 있다.

SCC 및 TTC는 정지궤도상의 통신위성을 구성하는 부분별 동작상태를 위성으로 부터 수신 및 전산처리 하며, 위성의 자세조정, 궤도내에서의 속도 및 위치조정, 위성안테나의 지향성 유지, 위성체 및 탑재체 (Payload)에 관련 명령과 거리측정(Ranging)신호 전송한다. 또한, 궤도상에 있는 위성을 실제로 동작시키기 전에 지상에서 시뮬레이터를 통해 모의실험해 볼 수 있다. SCC는 TT&C를 통하여 수신된 텔레메트리

(Telemetry)를 기초로 하여 위성제어 및 임무분석을 수행하는 소프트웨어이며, TT&C는 명령, 거리측정 신호를 발신하고, 위성상태를 텔레메트리를 통하여 수신하는 하드웨어라고 설명할 수 있다.

IOT/CSM는 정지궤도상의 위성체 및 위성중계기의 성능을 확인하는 "궤도시험"을 수행하며, NCC를 지원하여 통신위성이 서비스를 시작한 후 중계기 성능 감시를 포함한 운용적인 측면의 감시를 수행한다. 그리고 NCC는 지구국의 운용 상태 및 성능을 감시하여 서비스별 위성망 구성, 중계기 할당 등의 위성통신망 감시 및 제어 기능을 수행한다.

관제시스템은 구조상 하드웨어와 소프트웨어 서브시스템으로 구분할 수 있다. 지상관제시스템의 주 목적인 위성의 관제 및 위성통신 서비스 제공을 위한 핵심적인 기능은 관제 소프트웨어 서브시스템에서 수행된다. 무궁화위성에 사용된 관제 소프트웨어는 크게 두가지로 나눌수 있다. 첫째는 위성체의 자세 및 위치를 조정하기 위해 위성체의 성능을 감시하고, 위성임무분석 및 동작상태를 모의 분석 할 수 있는 소프트웨어 그룹이다. 주로 TT&C 및 SCC 관련 소프트웨어가 여기에 해당된다. 둘째는 무궁화 위성 고유의 목적인 방송 및 통신 서비스를 효율적으로 지원하기 위한 소프트웨어 그룹이다. 위성통신망 구성 및 감시, 페이로드 상태감시, 지구국 상태시험 등을 지원하기 위한 소프트웨어가 둘째 그룹에 해당한다. 주로 NCC

및 IOT/CSM이 여기에 해당된다. 전자는 축적된 많은 경험을 보유하고 있는 미국의 록히드마틴(LM)사가 주로 개발을 담당했고, 후자는 전체 관제시스템의 설계 및 제작에 책임을 지고있는 영국의 마트라마르코니(MMS)사가 개발을 담당하였다. 한국의 LG정보통신이 IOT/CSM개발에 참여하였으며, 위성통신 관제 소프트웨어 관련 국내 기술 확보에 공헌함이 크다.

본 기고는 관제소의 핵심기술인 소프트웨어를 소개하고자 하였으나, 시스템의 주축이 되는 하드웨어 시스템 구성을 설명하지 않을 수 없어 다음 제2절은 관제시스템의 개략적인 설명이 기술되어 있으며, 제3절은 관제소프트웨어 주요기능 및 구성, 개발 방법에 대하여, 그리고 마지막절인 제4절은 결론을 기술하였다.

## II. 관제시스템

### 1. 주·예비 관제소

주 관제소는 TT&C(TTC1), SCC, NCC, IOT/CSM 시스템으로 구성되어 있으며 직경 11m, 6.4m 두개의 제한구동 안테나를 구비하고 있다. 주관제소의 임무는 정지궤도상의 위성체의 궤도/자세 조정과 중계기 조절등이다. 직경 11m 안테나는 민첩한 트래킹을 위해 모노펄스 트래킹으로 구동되고, IOT 시험 및 비정상시에 사용되며, 6.4m 안테나는 스텝트랙으로 구동되며 정상시의 TT&C 기능을 위해 사용된다.

예비관제소는 위성발사후 천이궤도상의 위성체를 제어감시하며, 정상운용시에는 주관제소의 예비역할을 수행하기 위해 예비용 TT&C(TTC2), 예비SCC(BUSCC), CSM등으로 이루어져 있다. 11m 전구동 안테나와 6.4m 제한구동 안테나를 구비하고 있다. 이중 11m 전구동 안테나는 천이궤도상의 위성을 제어할 수 있도록 모노펄스 트래킹방식을 사용하고 구동속도도 천이궤도 위성을 추적할 수 있도록 설계되어 있다. 주관제소와 부관제소는 IOT와 NCC기능을 제외하고 기능적인 면에서 큰 차이는 없다.

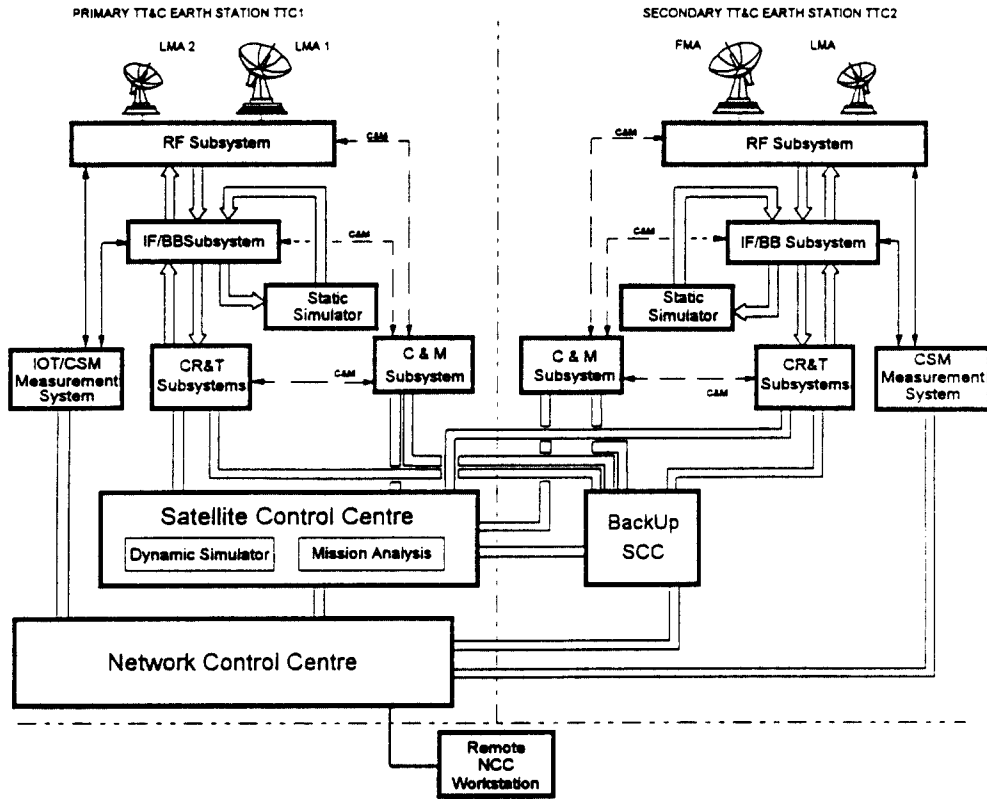


그림 II-1 무궁화 위성 지상관제시스템 구성도

무궁화 위성 지상관제시스템은 그림 II-1과 같이 주 시스템 과 예비시스템으로 나눌 수 있으며, 이들은 기능상 동등하나 예비구성(Redundancy Configuration)에 따라 약간 차이점이 있다. 각 서브시스템을 아래에 상술하기로 한다.

### 2. TT&C 시스템

TT&C의 기능은 위성으로부터 PCM 텔레메트리 데이터와 거리측정 신호(Ranging Tone)를 수신하고, 또한 위성을 향한 방위각 및 앙각 데이터를 안테나 제어장치(ACU)로부터 수신하여 SCC로 송부하여 위성의 위치 및 상태를 결정하고, 유지하기 위한 데이터를 산출한다. 그리고 SCC로부터 위성제어 명령을 받아 이를 위성에 송신한다. 이러한 기능을 수행하기 위하여 아래의 서브시스템으로 구성되어 있다.

#### 2.1 안테나 서브시스템

하드웨어적으로 안테나/피이드, 안테나 트래킹 컨버터, 안테나 트래킹 리시버, 안테나 제어기, 저잡음 증폭기, 결빙제어기 등으로 이루어져 있다. 제한구동 안테나의 구동범위는 앙각(50°-90°), 방위각(±45°)이며, 이에 비해 전구동 안테나는 앙각(0°-90°), 방위각(±120°)의 범위를 갖고 있으며 이는 발사때와 천이궤도중에 위성체를 추적하는 것을 용이하게 한다. 모든 안테나는 카세그레인(Cassegrain)형으로 꽃잎 형태의 반사기를 갖고 있다. 전단부의 손실을 최소화하기 위해 안테나 허브에 위치한 2개의 주,예비 저잡음 증폭기를 사용한다.

### 2.2 RF(Radio Frequency) 서브시스템

RF 서브시스템은 그림 II-2에 나타나 있다. 그 기능은 IF/Baseband 서브시스템에서 보내진 70MHz의 반송파 주파수를 Ku band(14-14.8 GHz)로 상향시키며 TWT 혹은 Klystron을 이용하여 증폭시키고 안테나로

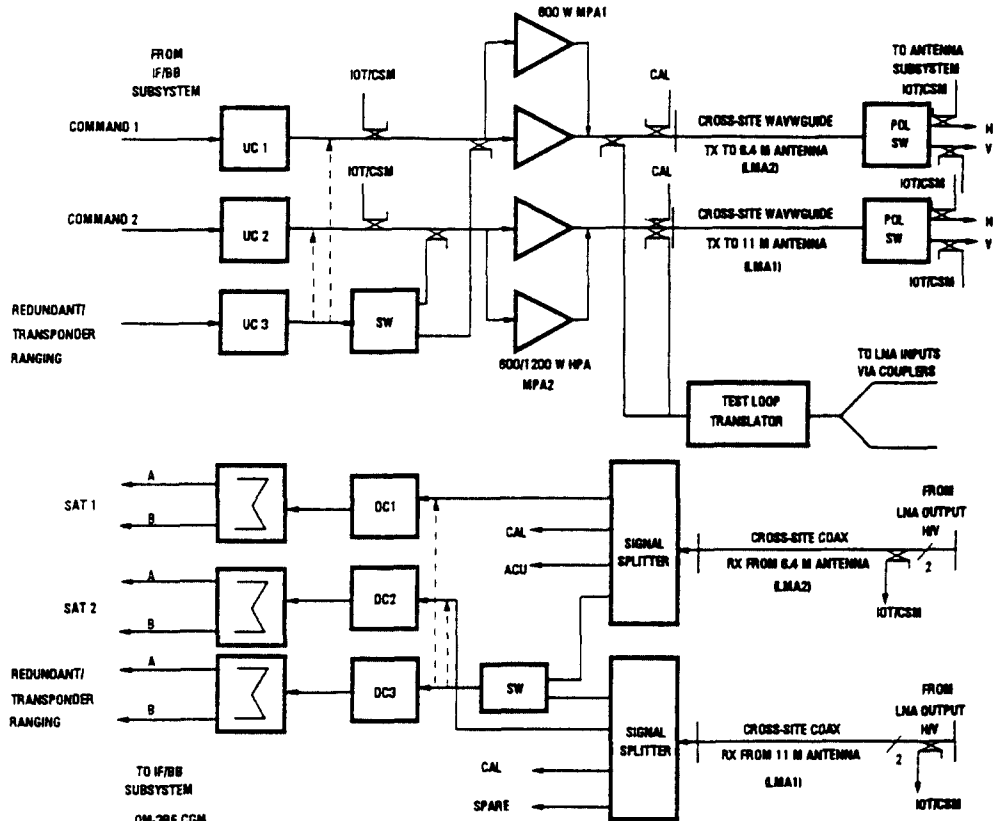


그림 II-2 RF 서브시스템 구조

보내진 하향신호(11.7-12.8 GHz)를 70 MHz로 낮추어서 IF/Baseband 서브시스템으로 보낸다. TLT(Test Loop Translator)는 상향신호 주파수를 하향신호 주파수로 변경시켜 수신기로 재환시켜 관제소가 거리측정을 위한 보정(Zero Calibration)을 가능케 한다.

2.3 IF/BB 및 CR&T(Intermediate Frequency/ Baseband & Command, Ranging, and Telemetry) 서브시스템

IF/BB 서브시스템으로 수신된 하향 IF신호는 IF/BB 서브시스템 내에서 자동적으로 해당된 수신기(receiver)로 스위칭 된다. 각 수신기에서는 기저대역 부반송파를 복원하기 위해 복조시키고, 이 신호들은 다시 CR&T(Command Ranging and Tracking) 모듈로 자동적으로 스위칭되어서 또다시 복조시켜 기저대역의 텔리메트리아 거리측정 신호로 재생시킨다. PCM 텔리메트리는 신호처리되어 LAN을 통해 SCC로 전송 된다.

복원된 거리측정 신호는 위상차를 측정하여 거리

를 산출한다. 만약 위성체가 신호의 반파장 만큼 움직이면 위상차가 360°되어 위상 측정기(phase meter)가 거리를 관독할 수 없게 된다. 그러므로 여러가지 주파수 신호를 이용해서 파장수를 측정한다. 저주파수 신호를 이용하면 파장이 길기때문에 약간의 위상오차는 거리측정에 심각한 오차를 발생시키기 때문에 35 Hz, 283 Hz, 3968Hz, 27.777 kHz의 신호를 이용해서 단위적으로 거리를 산출한다. 전형적인 거리측정 데이터는 각각 한개 샘플로 이루어진 35Hz, 283Hz, 3968Hz의 신호와 20개 샘플로 이루어진 27.777kHz의 신호로 구성되어 있다.

거리측정 신호는 명령 반송파(command carrier)에 전송되며, 통상 비콘(Beacon)채널 혹은 경우에 따라 FSS중계기를 사용한다. FSS 중계기를 통해서 돌아오는 거리측정 신호는 대역폭이 훨씬 넓기 때문에 전자파 지연이 상대적으로 적게 발생하고 충분한 링크 마진(Link Margin)을 가질 수 있는 잇점이 있으나, 사용된 FSS채널을 일반통신에 이용할 수 없는 단점이 있다.

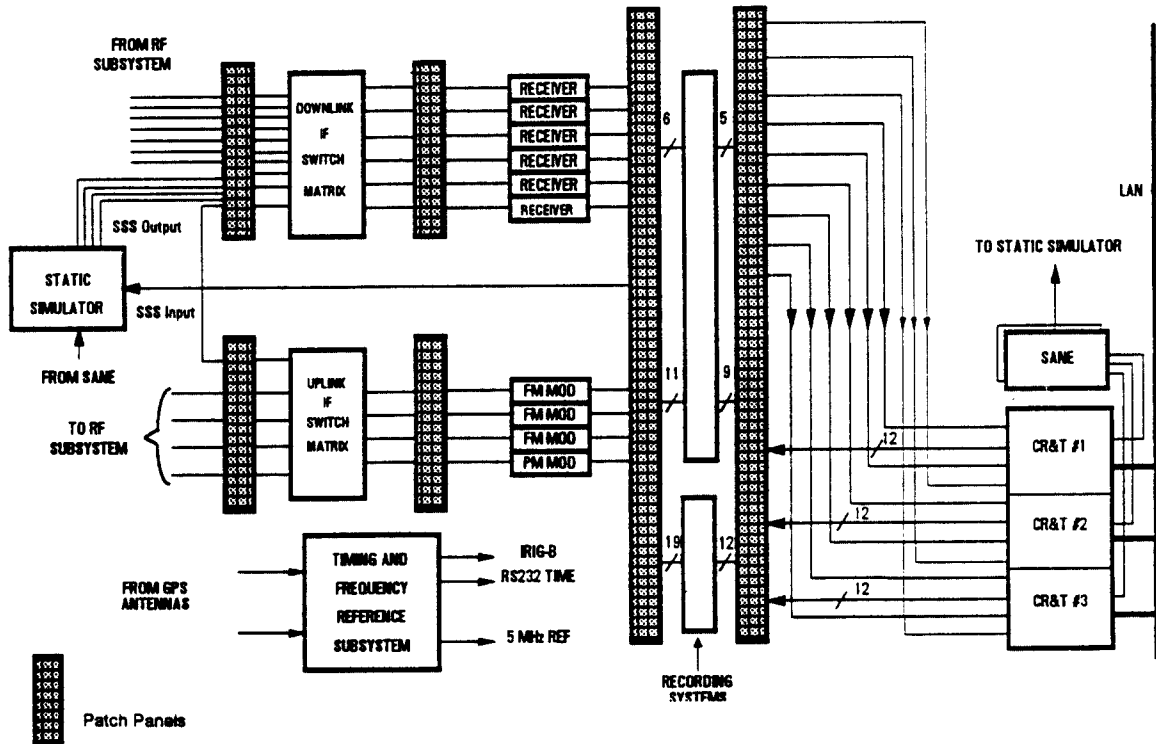


그림 II-3 IF/BB 서브시스템 구조

SCC에서 구성된 명령레이타는 IF대역에서 FSK (Frequency Shift Keying) 변조시켜 RF 서브시스템을 통하여 전송한다. 명령의 전송은 위성체가 대기상태에 있고 지상링크의 동작가능 여부의 확인을 통해 이루어진다. 그래서 운용자는 우선순위를 확인하고 명령신호 발생기(command generator)에서는 검증하여 FSK 신호를 발생시킨다. 또한 명령 프레임 단계 (Command Frame Level)에서는 "Send-Verify-Execute Protocol"이 수행된다.

IF/BB 서브시스템은 텔레메트리, 시간기록, 명령신호 등을 재생할 수 있으며, 다른 서브시스템에 기준 시간을 분배한다. 이러한 IF/BB 서브시스템의 구조는 그림 II-3에 나타나 있다.

2.4 SSS(Static Spacecraft Simulator) 서브시스템

SSS는 HP A400 컴퓨터와 전기신호 장치로 구성되어 있고, 주요 기능은 시뮬레이터 전기신호 장치에 모의 텔레메트리를 발생시키고 이를 주판넬을 통해 보여준다. 또한 SANE(Spacecraft Authentication Number Evaluator)를 통해 명령신호를 암호화하고, 텔레메트리에 보내진 명령신호를 재전송하여 확인하고, 그리고 실행된 명령에 대해 데이터베이스에 저장된 수정된 텔레메트리를 만들어 낸다.

2.5 C&M (Control and Monitoring) 서브시스템

C&M 서브시스템은 RF 장비, IF/BB 장비 안테나 및 SMSS(Station Management SubSystem), 장비 등을 감시하고 제어한다. 또한 TT&C에 있는 CR&T에게 안테나 관련 정보를 주고 받는다. 또한 운용자가 요청한 장비구성 변경 요구를 인가하여 관련 장비로 직접 보내질 명령을 변환시킨다. C&M 서브시스템은 정상상태시 SCC 제어하에 있으며 이는 관제소 장비들을 SCC 운용자가 제어감시하기 위함이다. 그러나 필요시에는 C&M 운용자가 직접 제어할 수 있다. 그림 II-4에 C&M 관련 기능이 표시되어 있다.

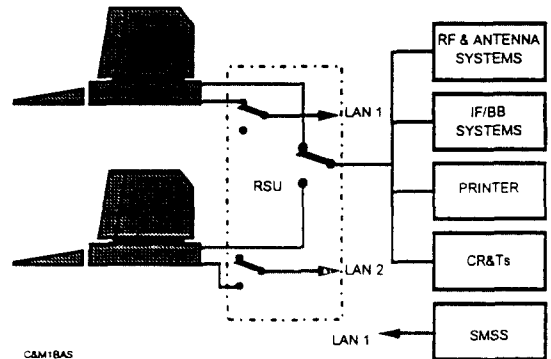


그림 II-4 C&M 구성도

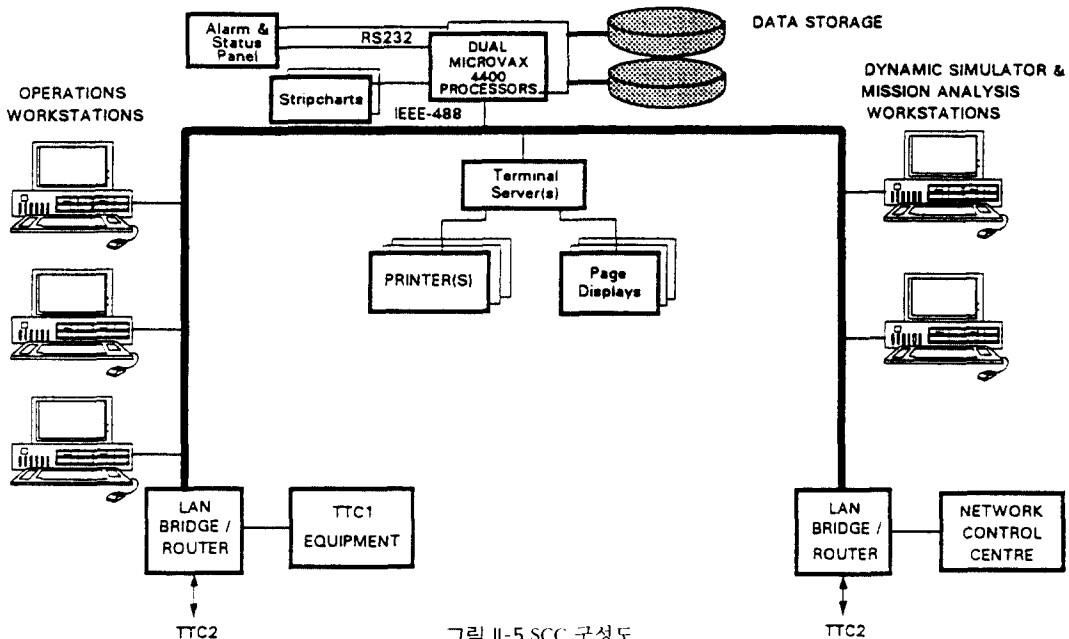


그림 II-5 SCC 구성도

### 3. SCC(Satellite Control Center) 시스템

SCC는 위성의 동작상태를 제어 감시하는 기능을 갖고 있으며 그림 II-5에서 알 수 있듯이 SCC의 구성은 예비용을 포함하는 VAX 4000/400 컴퓨터 및 운용자 콘솔용으로 사용하는 3개의 VAX 4000/60 워크스테이션과 임무분석 소프트웨어(Mission Analysis Software) 및 동적 시뮬레이터(Dynamic Spacecraft Simulator)에 사용될 VAX 4000/90 워크스테이션으로 이루어져 있다. SCC에서 사용되는 소프트웨어로는 주 컴퓨터에서 실행되는 RTS(Real-Time Software), 운용자 워크스테이션에서 동작되는 WDS(Workstation Display Software), MAS, DSS 등이 있는데, 자세한 설명은 III 절에서 설명한다.

### 4. NCC(Network Control Center) 시스템

NCC는 무궁화 위성통신 시스템의 감시 및 측정용 하고 지구국이 정해진 통신서비스 규격에 따라 수행을 하는지를 검증하는 곳이다. 그림 II-6에 나타나 있듯이 NCC 구성은 VAX 4000/400 주 컴퓨터와 운용자 콘솔로 구성되어 있다. NCC의 임무로서는 중계기 채널 할당계획을 설계하고 이를 검증하며, 이를 IOT/CSM으로 전달시켜 실행한다. 또한 IOT/CSM에서 실행되는 절차를 감시하고 시험을 원격 감시한다. IOT/CSM에서 행해진 측정결과는 발사전에 갖고있던 페

이로드 성능이 발사후 정지궤도상에 있을 때 성능이 저하되었는지를 시험, 위성이 서비스를 시작한후 혹은 위성수명기간 동안 페이로드의 성능을 감시, 위성망 각부분의 RF 성능을 감시하는것 등이다. 위의 측정결과들을 이용하여 지구국이 서비스를 개시하기전에 무궁화위성 RF 규격에 적합한지 검증한다. 측정결과는 저장되어서 차후 검색, 분석, 그리고 프린트된다.

### 5. IOT/CSM(In-Orbit Test/Communications System Monitor) 시스템

구성도는 그림 II-7에 나타나 있다. HP 9000/382 컴퓨터는 IOT/CSM 테스트를 실행 및 제어하며 시험결과를 NCC로 보내 저장, 분석한다. 그리고 IEEE 488 버스를 통해 측정장비들을 제어한다. IOT/CSM 시험은 자체로 수행할 수 있고, NCC에서 원격 수행되기도 한다. 주요 임무는 앞장에서 설명했듯이 IOT 시험은 서비스 개시전에 위성체 인수시험으로 수행하며 CSM 시험은 위성통신 서비스개시후 동작중 수행된다. IOT 시험은 FSS 및 DBS 중계기, 하향 텔레메트리 비이콘(Downlink Telemetry Beacon)과 상향명령신호(Uplink Command Signal)의 성능 파라미터를 측정한다. 파라미터로는 자기포화밀도, EIRP(Effective Isotropic Radiated Power), 트랜트폰더 이득, 군지연, 전이주파수, 텔레메트리 EIRP, 텔레메트리 주파수, 변

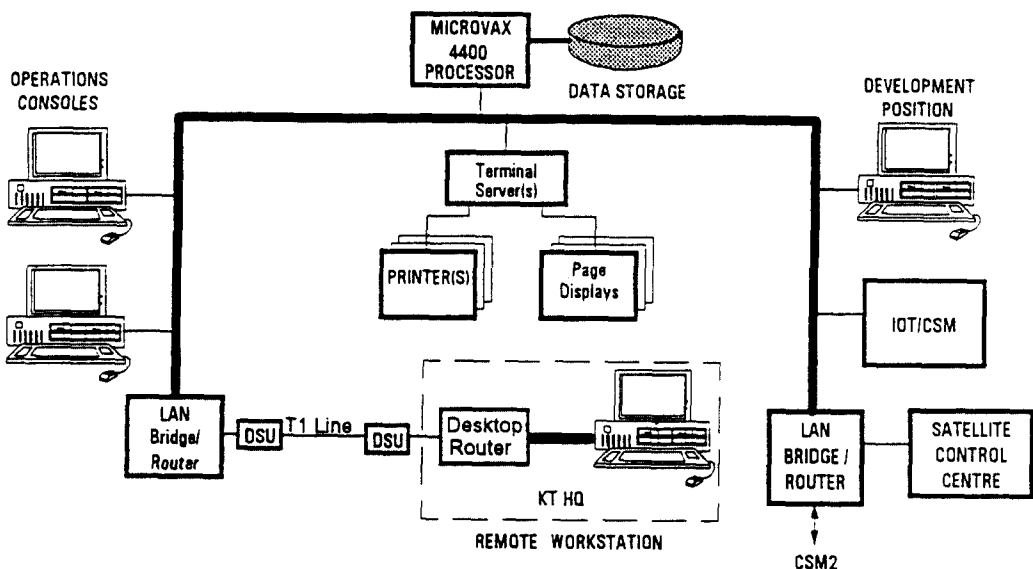


그림 II-6 NCC 구성도

조지수 등이다. FDM/FM(Frequency Division Multiplex /Frequency Modulation), SCPC(Single Channel Per Carrier) 및 TV/FM 접속에 대해서는 위성발송전파의 EIRP, 중심주파수, 점유대역폭을 측정하고 TDMA 접속에 대해서는 버스트 길이 및 스페이싱 (Burst Length

and Spacing)을 측정한다. 그리고 TV/FM 신호의 기저대역에 대해서 분석을 수행한다. 관제안테나의 접속은 RF 혹은 IF/BB 서브시스템을 통해 이루어진다. 특정시험을 위한 중계기의 재구성이 필요하면 NCC를 경유하여 SCC에게 요청할 수 있다.

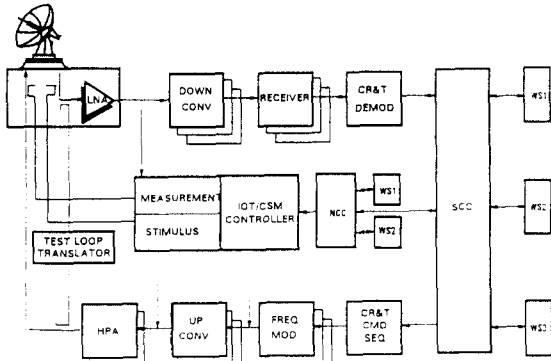


그림 II-7 IOT 구성도

### 6. Communication Network

무궁화위성 관제시스템의 지상망 연결은 CISCO 장비를 사용하여 DEC시스템 통신망(DECNET)과 연결되어 있다. 관제지상망의 구조는 LAN과 WAN으로 구성되어 있으며 주, 부관제소의 LAN은 리던던트 (Redundant) Ethernet으로 이루어져 있으며, Thickwire Ethernet(IEEE 802.3)은 망운용에 지장을 주지않고 부가 노드(node)를 설치할 수 있다. 관제소의 LAN은 관제소내의 각각의 서브시스템을 상호 연결시키며 WAN을 이용하여 주,부관제소를 상호 연결한다.

WAN은 관제소간에 여유분의 데이터 회선(Redundant Data Circuit)을 보유하고 있다. 이 회선으로 SCC/ BUSCC와 각 관제소의 TTC장비간에 텔레메트리, 거

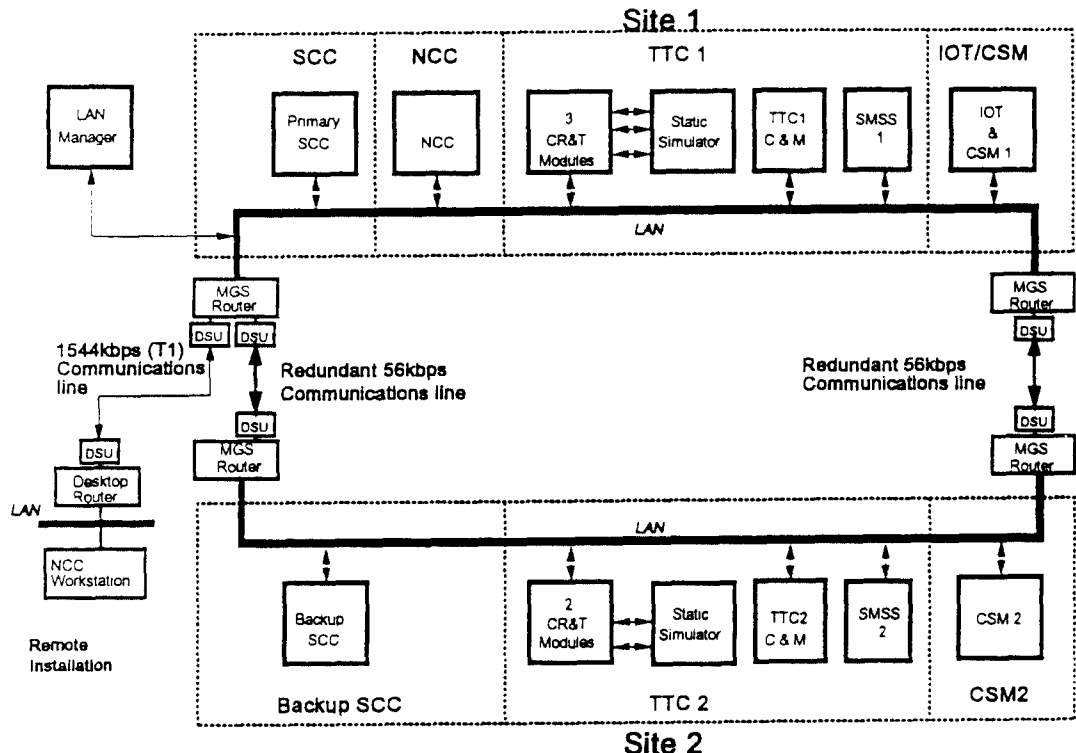


그림 II-8 지상망 구성도

리측정 및 안테나 트래킹 데이터를 압축시켜 전송한다. 또한 원격명령, 안테나 포인팅 데이터, IOT/CSM 데이터 등을 압축시키지 않고 전송한다. 주,부관제소의 컴퓨터간에 화일전송에도 이 회선을 이용한다. 지상관제망의 전체적인 망 구성도를 그림 II-8이 보여준다. 인터컴 시스템은 각 서브시스템 (SCC, BUSCC, NCC, C&M, IOT/CSM, TTCl, TTC2)의 운용자를 상호 연결시키며 음성통신(voice communication)을 제공한다. 그리고 TTCl의 타합선(Orderwire)은 NCC 운용자와 지구국 센터와 연결시킬수 있는 단차(Interface Port)를 제공하도록 되어 있다.

### III. 관제 소프트웨어

#### 1. 관제 소프트웨어

##### 1.1 개요

관제 소프트웨어의 개발 방법을 살펴보면, 록히드 마틴사의 경우 현재 다른 위성에 사용되고 있는 소프트웨어를 무궁화위성에 맞도록 일부 수정하여 개발

한 결과 소프트웨어의 신뢰성이 높은편이고, 미국방성의 표준규격에 맞추어 설계 및 제작을 해야하는 군사용 프로젝트의 영향으로 소프트웨어 시험 및 문서화 작업 등이 잘되어 있는 편이다. 그러나 일부 소프트웨어는 프로그래밍 언어를 예전의 포트란(Fortran)이나 어셈블리(Assembly)언어 등을 그대로 사용함으로써 소프트웨어 에러 수정이나 설계 변경시 수정이 용이치 않은 점도 있다.

이와는 반대로 마트라마르코니사의 경우, 소프트웨어의 개발을 기존의 소프트웨어를 이용하지 않고 처음부터 개발함으로써 디자인 및 구현에 많은 시간과 노력이 필요하였다. 여러가지 현대적 소프트웨어 개발기법을 도입, 사용함으로써, 소프트웨어의 수정이나 변경이 용이하다는 장점이 있다. 예를들면, 록히드마틴사에서 개발중인 실시간 소프트웨어(RTS)에서 사용되는 데이터베이스 기능은 기존의 오퍼레이팅 시스템에서 제공되는 화일시스템을 사용하여 관리하고 있지만, 마트라마르코니사의 경우 망제어센터(NCC)에서 사용하는 데이터베이스는 상용 데이터

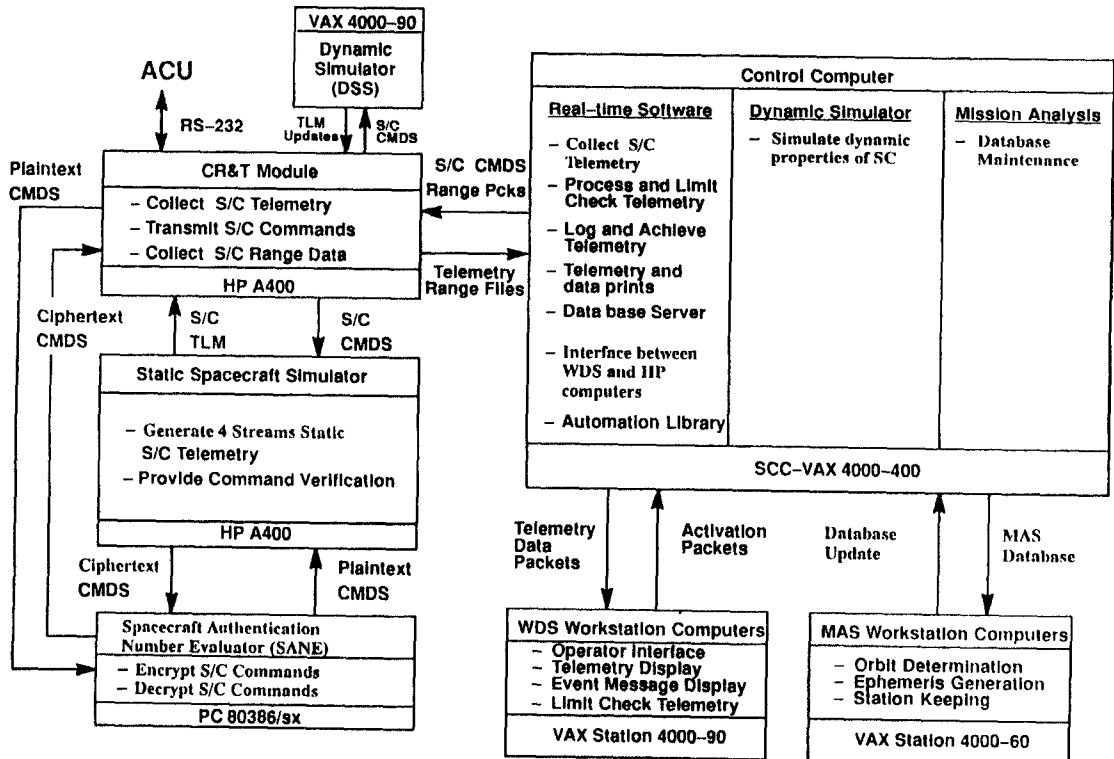


그림 III-1 관제소프트웨어의 구성도



베이스시스템인 ORACLE을 사용함으로써 강력한 질의어, 간편한 사용자 인터페이스 및 편리한 출력 기능 등을 손쉽게 구현하고 있다.

또한 CASE 도구인 Teamwork을 사용하여 설계 및 구현을 수행함으로써 여러사람이 동시에 일관성있는 설계 및 구현을 할 수 있는 장점이 있다. 그러나 개발 과정에서 문서화 작업 소홀, 설계 및 분석에 많은 기일이 소요되어 전체일정 관리에 어려움이 있었다.

그림 III-1은 관제소프트웨어의 개략적인 구성을 나타낸다. 먼저 실시간 텔레메트리 처리 및 위성명령을 전송하는 실시간 소프트웨어(RTS)를 중심으로, 사용자 인터페이스를 WDS, 관제장비의 감시 및 상태를 결정하는 C&M 소프트웨어, 위성명령/원격측정 및 텔레메트리 처리를 담당하는 CR&T 소프트웨어, 위성명령의 적법성 여부를 결정하는 SANE 소프트웨어, 위성의 자세제어계의 백업기능을 가진 GLC 소프트웨어, 위성 텔레메트리를 시뮬레이션해주는 SSS, 위성의 여러가지 상태를 동적으로 시뮬레이션해주는 DSS, 그리고 위성의 텔레메트리를 분석하여 위성의 상태 정보를 추출하는 MAS 등이 있다. 그외에 위성망을 제어하는 NCC 소프트웨어, 위성에서 송신된 전파를 측정, 감시하고 케도내 시험을 지원해주는 IOT/CSM 소프트웨어가 SCC 및 NCC와 각각 연결되어 있다.

각 소프트웨어가 사용되는 하드웨어 구조를 간략하게 살펴보면 위성제어를 담당하는 RTS, WDS, NCC, MAS, DSS 등은 DEC사의 VAX관련 컴퓨터와 OpenVMS 오퍼레이팅시스템을 사용하고 있고, 측정 및 통신관련 장비등과 밀접한 관련이 있는 CR&T, SSS, C&M, 및 IOT/CSM 등은 HP 컴퓨터와 오퍼레이팅 시스템을 사용하고 있다. 그리고 성능적으로 간단한 SANE 및 네트워크분석 소프트웨어는 IBM 호환PC를 사용하고 있다. 이들간의 인터페이스는 DEC간의 통신은 DECNET, DEC과 HP의 통신은 TCP/IP, 그리고 그외에 RS232 등이 사용되고 있다. 전체적인 컴퓨터 구조상으로는 분산 시스템이 되고 이들간에는 LAN으로 연결되어 있으며, 주관제소와 부관제소간에는 WAN으로 연결되어 있다.

### 1.2 TT&C 소프트웨어

TT&C 소프트웨어는 위성의 위치 및 자세제어, 추적, 텔레메트리 프로세싱하는 소프트웨어로서 총 5개의 모듈로 구성되어 있으며, 각 기능은 아래에 상술되어 있다.

#### 1.2.1 CR&T (Command, Ranging and Telemetry) 소프트웨어

CR&T 소프트웨어는 CR&T 하드웨어와 더불어 수신된 위성명령 및 거리측정 신호와 상태 및 자세 관련 텔레메트리를 RTS로 전달하고, GLC로 부터 전달된 위성명령을 처리한다. 또한 위성의 실제로 명령을 발송하기 전에 SSS와 DSS로 가상위성명령을 보내고 DSS와 SSS에서 시뮬레이트된 데이터와 텔레메트리 데이터를 입수한다. 그리고 송신할 명령의 적합성 여부를 검사하기 위해 SANE과 통신하며, 안테나 지향오차 및 위치정보를 C&M으로 부터 입수하고, 안테나 제어명령을 송신한다. CR&T 소프트웨어는 HP A400 컴퓨터에서 동작하며, RTE-A 오퍼레이팅시스템을 사용하고, 개발에 사용된 언어는 Fortran-77, Macro/1000 어셈블리 및 C 언어이다. 사용된 인터페이스는 RTS 및 DSS와는 TCP/IP를 사용하며, SANE 및 C&M과는 RS232로 연결되어 있다.

#### 1.2.2 SSS (Spacecraft Simulator Software) 소프트웨어

SSS는 운용자가 위성에 명령을 송출하기 전에 관련 장비 및 동작 순서등을 점검하기 위하여 제공되는 소프트웨어로서 CR&T로 부터 위성명령 및 원격측정 명령을 입수하여 위성체에서 텔레메트리를 생성하여 송신하는 RTM과 동일한 텔레메트리를 생성하여 출력한다. 텔레메트리는 하나의 위성당 2개씩 생성하여 송신한다. CR&T와는 병렬로 연결되어 있고, SANE과는 시리얼포트로 연결되어 통신한다. 사용되는 컴퓨터는 CR&T와 동일한 HP-400을 사용하고, Fortran-77과 MACRO/1000어셈블리 언어를 사용하여 개발되었다.

#### 1.2.3 SANE (Spacecraft Authentication Numerical Evaluator) 소프트웨어

비인가된 위성명령으로부터 위성을 보호하기 위해 SANE은 위성명령이 송신되기 전에 위성명령의 적합성 여부를 판단하여 그 결과를 CR&T에게 제공하며 정보를 넘을 위해 DES 알고리즘을 사용한다. 사용한 컴퓨터는 Intel 80386/SX를 채용한 PC 및 MS-DOS환경에서 Borland C++로 구현되어 있으며 CR&T와는 RS-232C로 연결되어 있다.

#### 1.2.4 GLC (Ground Loop Control) 소프트웨어

GLC는 위성체에서 자세제어를 담당하는 자세처리기(Attitude Processor Electronic)가 고장이 났을때 지

상에서 운영자에 의해 위성의 자세를 유지하는 기능을 제공하는 소프트웨어이다. 즉 텔리메트리로 부터 롤(roll) 및 피치(pitch) 정보를 추출한후, 적절한 계산과정을 거쳐 위성체의 자세를 교정하기 위한 모멘트휠 에셈블리(MWA)의 속도 및 토크를 생성하는 명령어를 CR&T에게 보낸다. 사용된 컴퓨터는 CR&T와 동일한 HP-A400이다.

1.2.5 C&M (Control and Monitoring) 소프트웨어

이 소프트웨어는 TT&C 관련 다른 소프트웨어와는 달리 마트라마크니사에서 개발되었다. 왜냐하면 이 소프트웨어와 인터페이스되는 TT&C 관련 관제장비들이 주로 이 회사에서 설계, 제작되었기 때문이다. 주요 목적은 TT&C 관제장비인 RF, IF/BB, 안테나 ACU, SMSS 등을 제어하고 감시한다. 즉 장비들의 상태정보 및 이상유무를 정기적으로 점검하여 SCC에게 보고하고, SCC로부터 접수된 장비들의 상태를 제어한다. 또한 안테나 관련 정보 요청을 CR&T로부터 입수하여 이 정보를 송신한다. 그리고 TTC

장비를 C&M 소프트웨어 메뉴화면을 통하여 지역적으로도 사용할 수 있다. 각 장비들과의 인터페이스를 위해 RF 및 IF/BB와는 IEEE 488.2 버스를 이용하고, CR&T 및 SMSS와는 RS232를 사용하며, 그리고 SCC와는 TCP/IP를 이용한다. 사용된 컴퓨터는 HP사의 A-400 컴퓨터이고 HP-UX 오퍼레이팅시스템을 사용한다. 그리고 사용자 인터페이스와 장비들의 그래픽처리를 위해 Graphic Management System사의 SL-GMS를 사용하고, 개발에 사용된 프로그래밍언어는 'C'이다.

1.3 SCC (Spacecraft Control Center) 소프트웨어

1.3.1 RTS (Real-Time Software) 소프트웨어

위성 운용에 있어서 가장 핵심이 되는 위성의 제어 및 감시를 실시간으로 처리해 주는 소프트웨어이다. 이러한 중요성 때문에 이 소프트웨어는 주관제소에 2개, 부관제소에 1개가 있다. 주요한 기능으로는 모든 텔리메트리의 감시, 저장 및 출력, 위성의 추적, 감시, 원격측정 및 명령을 수행하기 위한 TT&C의 원격 조종, 위성의 자세 및 궤도 추정을 위한 관련 데이터 수

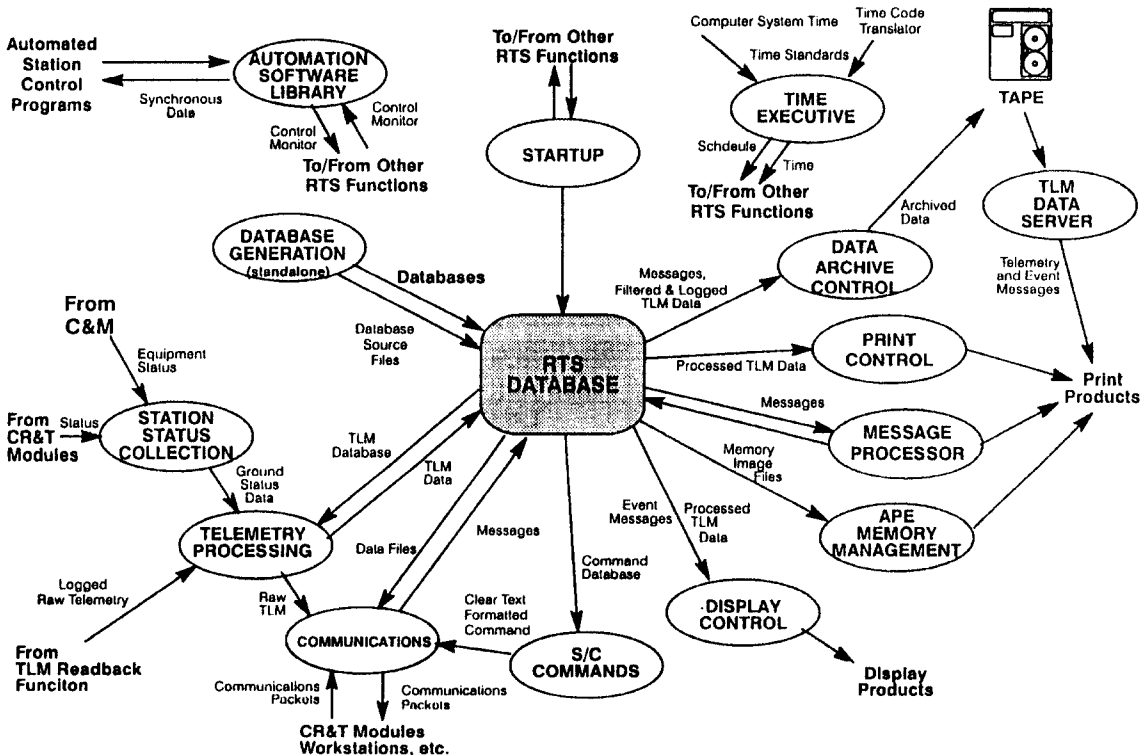


그림 III-2 RTS의 기능

집, 그리고 위성 명령의 생성 등이다.

처리 능력으로는 CR&T로 부터 전송된 최대 6개의 텔리메트리와 2개의 위성을 향한 명령 및 원격측정을 동시에 처리할 수 있고, 매 10초 마다 2개의 관제장비 정보를 입수하여 4초이내에 이상유무를 판단하여 운용자에게 통보해주며, 위성의 각종 임무를 분석하는 MAS 소프트웨어와의 동시 처리가 가능하다. 또한 WDS에서 송부된 운용자의 명령을 처리해주는 동시에, 위성의 상태감시를 위한 추적 데이터, 위성 자세 데이터, 측정 데이터, 동-서 및 남북 트러스트(Thruster) 데이터 및 탱크 온도 및 압력 데이터를 저장하고 있으며, 모든 화일은 CMS라는 소프트웨어를 통하여 비전 및 현상관리를 수행한다. 또한 MAS가 필요로 하는 정보를 제공하며, NCC로 위성으로부터 수신된 텔리메트리와 안테나 관련 정보를 제공한다.

DEC사의 VAX 4000/400 컴퓨터, OpenVMS 오퍼레이팅시스템, 그리고 'C'를 이용해서 개발되었으며, 다른 소프트웨어와는 DECNET 또는 TCP/IP를 사용하여 통신한다. 총 12개의 대표적인 모듈로 구성되고 프로세스간 통신은 메일박스와 공유메모리를 병행해서 사용하고 있다. 그림 III-2은 RTS의 주요 기능을 표시해주고 있다.

### 1.3.2 WDS (Workstation Display Software)

#### 소프트웨어

위성 운용자와 RTS 소프트웨어와의 인터페이스를

제공해주는 소프트웨어로서 VAX 워크스테이션 VAX 4000/60에 구현되어 있으며, 프로그래밍 언어는 'C'를 사용하고, 사용자 인터페이스를 위해 Motif 및 X-window, 그림정보를 위해 SL-GMS를 사용하고 있으며 DECNET을 통해 RTS와 통신한다.

### 1.3.3 MAS (Mission Analysis Software)

#### 소프트웨어

MAS는 위성발사후 운용에 이르기까지 전 단계의 위성 성능을 분석하는 소프트웨어로서 RTS와는 달리 실시간을 지원하지 않고 오프라인으로 동작한다. 주요한 기능으로는 궤도 및 자세측정, 위성 및 천체정보 생성, 연료소모 및 트러스트(Thruster) 감시, 위성유지 계획 등이다. 사용되는 컴퓨터는 VAX 워크스테이션 VAX4000/90이고 OpenVMS에서 'C'로 구현되어 있으며, 단 실시간 궤도측정 소프트웨어는 RTS가 동작하는 주컴퓨터내에서 동작하며 Fortran으로 작성되어 있다. 사용자 인터페이스는 Motif, DECWindow를 사용한다. RTS와 DECNET을 통해 필요한 정보를 주고 받는다. 그림 III-3은 주요한 기능을 나타낸다.

### 1.3.4 DSS (Dynamic Spacecraft Simulator)

#### 소프트웨어

DSS는 무궁화위성 위성체의 여러가지 모델을 시뮬레이션해주는 소프트웨어로서 운용자에게 정지궤도의 여러가지 위성운용에 대한 정보를 제공한다. 즉

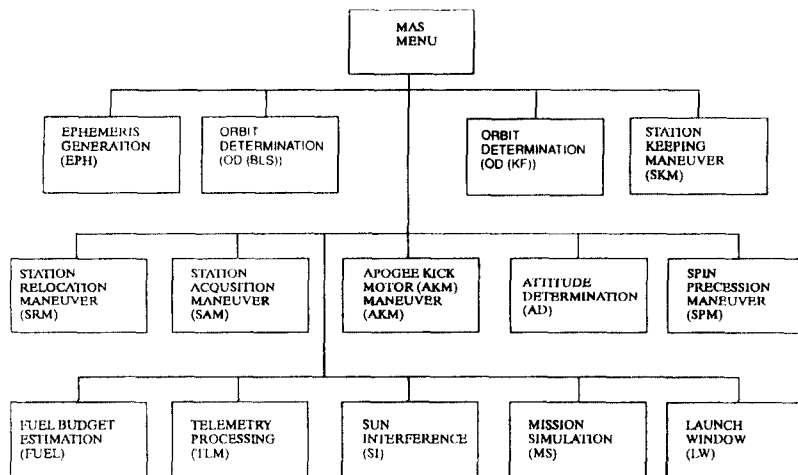


그림 III-3 MAS 소프트웨어 구성도

위성체의 자세 및 궤도 제어(Attitude and Orbit Control), 추진(Propulsion), 열(Thermal), 전력(Power) 및 페이로드(Payload) 서브시스템을 동적으로 모델링해주며, 기타 위성체 명령은 정적으로 모델링해준다. CR&T로부터 위성체 명령을 받아 이를 시뮬레이션한 후 결과 텔레메트리를 CR&T에게 송신한다. MAS처럼 DEC사의 VAX 4000/90 워크스테이션과 Open/VMS를 사용하고, 프로그래밍 언어로는 Fortran-77을 사용하였다. CR&T와는 TCP/IP를 통해 통신한다.

1.4 NCC (Network Control Center) 소프트웨어

위의 TT&C 및 SCC 관련 소프트웨어와는 달리 NCC는 위성통신망을 종합적으로 감시하고 제어하는 소프트웨어이다. 위성체의 운용을 SCC가 담당하고 있다면 위성통신 서비스에 대한 책임은 NCC가 담당한다. 이 소프트웨어는 영국의 마트라마르코니사에 의해서 개발되었다. 주요 기능으로는 궤도내 시험, 페이로드 성능 감시, 통신망시스템 감시, 지구국 인증시험 등을 IOT/CSM을 통해 원격 수행하고, 위성채널 할당 계획 및 검증, 그리고 IOT 및 CSM 장비 제어 등이다. 그림 III-4은 주요한 기능을 표시한다. 사용장비로는 주 컴퓨터로 VAX 4000/400을 사용하고 있으며, 운용자용으로 VAX 4000/60 워크스테이션을 사용한다. NCC는 주 컴퓨터 및 운용자 워크스테이션에 동일하게 존재하며 데이터의 일관성은 주 컴퓨터의 오

라클(ORACLE) 상용 데이터베이스를 이용하여 해결한다. 사용된 언어는 'C'이며, 사용자 인터페이스를 위해 SL-GMS 및 오라클에서 제공되는 SQL을 사용한다. 특히 이 소프트웨어는 CASE 도구인 Teamwork을 사용하여 설계 및 구현한 것이 특징이다.

1.5 IOT/CSM (In-Orbit Test/Communications System Monitoring) 소프트웨어

금성정보통신과 MMS가 공동 개발한 IOT/CSM 소프트웨어는 관련 하드웨어와 더불어 NCC에서 요구되거나 자체적으로 위성통신망 감시 및 위성 페이로드 성능시험을 지원한다. 주요한 기능으로는 위성체가 궤도내 진입직후 페이로드의 성능이 제대로 동작하는지 여부를 시험하고, 서비스기간 중에는, 페이로드 상태 정기 감시, 지구국 확인 시험, 통신시스템 감시 등을 수행한다.

IOT 및 CSM 장비들과는 IEEE 488 인터페이스를 통해, NCC와는 TCP/IP 프로토콜을 이용하여 통신한다. 사용된 컴퓨터는 HP사의 HP 9000/382를 사용하고, HP-UX 오퍼레이팅시스템하에서 'C'를 이용하여 개발되었다. 이 소프트웨어 역시 NCC처럼 ORACLE 데이터베이스와 SL-GMS를 이용한다. 그림 III-5은 소프트웨어의 주요한 기능을 표시한다.

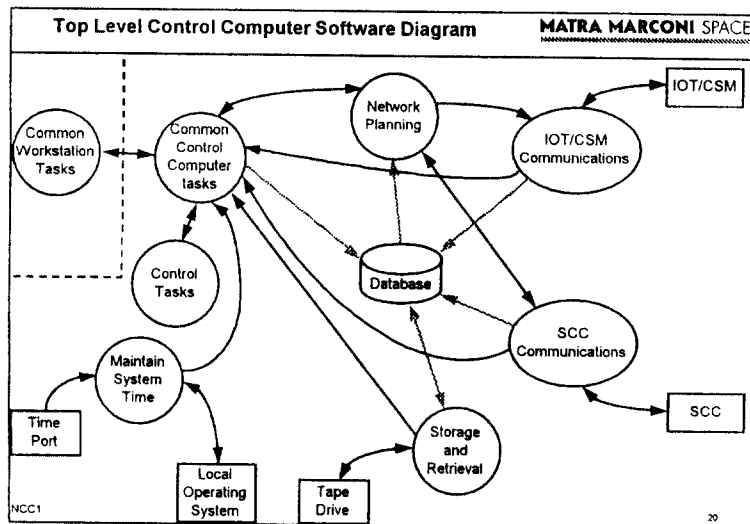


그림 III-4 NCC 소프트웨어 구성도

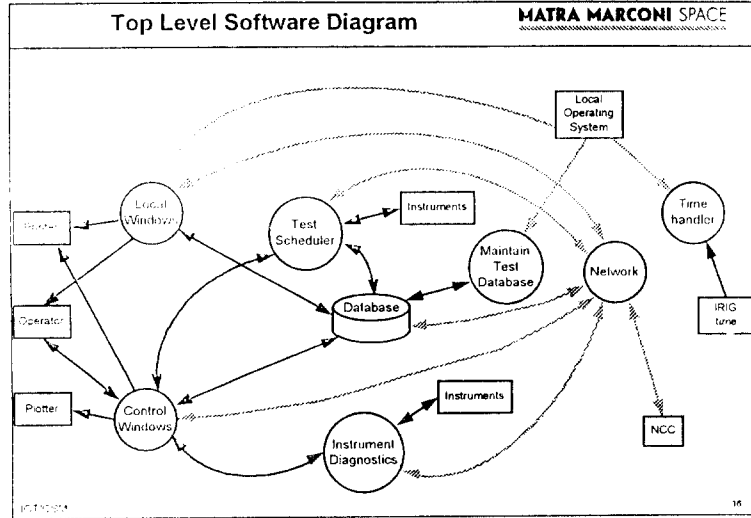


그림 III-5 IOT/CSM 소프트웨어 구성도

## 2. 관제 소프트웨어 개발 방법 분석

### 2.1 개발 단계

#### 2.1.1 관제소프트웨어 개발단계

무궁화위성 관제소프트웨어를 개발하기 위한 여러 단계들을 살펴보면, 제일 먼저 수행되는 것이 요구분석 단계이다. 이 단계는 기본적으로 한국통신과 무궁화 위성 주계약자인 LM(Lockheed Martin)사의 MMOC(Martin Marietta Oversea Corp.)와 맺어진 구매협정서가 요구분석 단계의 근간이 된다. 이 구매협정서가 전체 관제시스템의 요구사항이 되고, 이를 바탕으로 전체 요구규격서, 각 서브시스템별 요구사항, 그리고 서브시스템간 인터페이스 규격이 결정되는 것이다. 두 번째로 예비설계 단계이다. 이 단계에서 소프트웨어 초기설계(Architectural Design) 및 시험계획서(Test Plan)가 작성되고, 이를 예비설계 검토회의(Preliminary Design Review)를 통해 한국통신의 검토를 거쳐 승인이 된다. 세 번째로, 상세설계(Critical Design) 단계이다. 이 단계에서는 각 소프트웨어의 상세설계가 정의되고 소프트웨어 단계별 시험절차서(Test Procedure)가 완성된다. 그리고 설계에 따라 성능분석을 한 후 설계가 시스템 요구규격을 만족하는지 여부도 결정하게 된다. 이들은 상세설계 검토회의(Critical Design Review)를 거쳐, 네 번째 단계인 코딩 및 시험단계에 들어가게 된다. 이 단계에서는 소프트웨어 별 코드를 생성하고 정의된 시험절차서에 따라 모듈별 시험을 통해 완성된 하나의 서브시스템별 소프트웨어로 생성한다. 각

서브시스템 별 시험을 한 후 하드웨어가 개입된 서브시스템은 하드웨어와의 결합을 통해 서브시스템 시험을 수행하게 된다. 그리고 서브시스템간 인터페이스 시험을 한 후 최종적으로 전체 관제시스템의 인수 시험을 한 후 최종단계인 유지보수 단계에 들어가게 된다. 유지보수 단계에서는 운용상에 문제가 생긴 소프트웨어를 수정하고, 전체시스템이 요구된 성능규격이 나오도록 소프트웨어 및 하드웨어들을 유지, 관리한다.

#### 2.1.2 소프트웨어 개발방법 비교

무궁화 위성 관제 소프트웨어는 기본적으로 탑-다운(Top-Down)개발과 버텀-업(Botton-Up)시험방법을 원칙적으로 수행하도록 하였다. TT&C 및 SCC 관련 소프트웨어 개발을 담당할 록히드마틴사와 NCC 및 IOT/CSM의 개발을 담당할 마트라마르코니사의 개발기법을 비교해 보기 위하여 먼저 소프트웨어 개발방법론을 살펴보자. 양사 모두 구조적 설계기법(Structured Design)을 바탕으로 개발을 수행하였으므로 전체적인 설계기법은 큰차이는 없으나 구체적인 개발기법에는 상당한 차이가 존재한다. 먼저 록히드마틴사의 소프트웨어의 경우, 많은 소프트웨어가 기 개발된 소프트웨어를 사용함으로써 요구분석 및 설계단계의 비중이 적은 대신에, 기존의 소프트웨어에 수정을 함으로써 새로 설계된 소프트웨어보다 수정된 소프트웨어의 성능확인을 위한 시험에 많은 시간

이 소요되었다.

이와는 반대로 마트라마르코니사의 경우, 소프트웨어 개발 도구인 Teamwork을 사용함으로써 요구사항 정의 및 설계에 많은 시간이 투입되는 반면에 코딩 및 시험에 상대적으로 적은 시간이 투입되었다. 그리고 소프트웨어 문서화 작업을 살펴보면, 록히드마틴사의 경우 모든 문서화작업이 주로 미국 국방성에서 정의한 규격을 기준으로 하였기 때문에 상대적으로 검토하기가 쉽고 모든 용어가 일관성이 있다. 그러나 마트라마르코니사의 경우는 Teamwork에서 나온 결과물을 소프트웨어 문서로 사용함으로써 생성 및 관리는 쉽지만 특정도구의 표현기법에 익숙하지 않은 사용자에게는 이해 및 사용에 어려움이 따를 여지가 있다.

## 2.2 소프트웨어 품질관리(Software Product Assurance)

### 2.2.1 품질 확인(Quality Assurance)

소프트웨어의 품질확인 활동은 각 소프트웨어 개발단계에서 적법한 절차에 따라 개발활동이 수행되고 있는지 궁극적으로 계약서(프로포잘 포함)에 기술된 기능 및 사양 규격에 부합 여부를 확인하고 감독하는 일이다. 주요 활동은 모든 검토회의의 참가, 모든 발행된 문서의 검토 및 승인, 모든 시험 감독, 그리고 규격 불일치 및 에러에 의한 시험실패후 재시험 감독 등이다. 이를 통해 모든 시험결과가 요구규격을 만족하는지 여부를 판단하게 된다.

품질확인 활동에 적용되는 주요 표준은 프로그램밍 언어 사용의 적합성, 공통 데이터의 선언, 라이브러리의 정의 규칙, 설계 규칙, 프로그램 구조 등이다. 단계별 활동을 요약하여 보면, 예비설계 단계까지는 소프트웨어 요구규격 검토, 소프트웨어 예비설계 검토, 그리고 PDR을 통한 요구규격 승인 등이 될 수 있다. 상세설계 단계까지의 활동은 소프트웨어 상세설계 검토 및 CDR을 통한 상세설계의 승인이 된다. 그리고 다음단계인 코딩 및 시험에서는 소프트웨어 코드 검토, 각종 시험준비회의(Test Readiness Review), 시험, 그리고 시험결과 검토회의(Test Review Board) 등을 주관하게 된다. 그리고 설계변경에 따른 각종 검토회의를 주관하고, 형상관리를 하게된다.

### 2.2.2 형상관리(Configuration Management)

형상관리는 모든 하드웨어 및 소프트웨어들을 구분하고, 관리하기 위한 절차나 원칙을 말한다. 주요

활동은 크게 두가지로 나눌수 있는데, 형상인식자 부여 및 그에따른 형상관리이다.

이중 형상인식자 부여는 각종 하드웨어, 소프트웨어, 도면, 그리고 모든 문서등에 식별할 수 있는 식별자를 부여하는 활동이다. 예를들면 록히드마틴사의 경우 RTS 설계문서의 경우 'DD-RTS-20032250'이다. 여기서 DD는 설계문서, RTS는 실시간 소프트웨어, 20032250은 무궁화위성 프로젝트를 의미한다. 마트라마르코니사의 NCC 설계문서의 경우 '3187-57009-DDB'인데, 3187은 무궁화위성 프로젝트, 57009는 NCC, DDB는 설계문서를 의미한다.

형상관리 활동은 베이스라인 관리, 배포관리, 및 변경 관리이다. 베이스라인 관리는 소프트웨어의 설계가 끝난 시점에 이를 베이스라인으로 선언하고, 이후의 모든 활동을 관리 및 통제하는 행위를 말한다. 배포관리는 모든 문서 및 소프트웨어를 공식적으로 발행된 것으로 선언하는 행위이며, 발행자 및 검토자의 승인, 발행일자, 그리고 버전번호등 관련정보 등이 관리된다. 변경관리는 베이스라인으로 선언된 모든 형상자는 기정의된 변경절차 및 변경회의를 통해서만이 변경되고 통제되는 행위를 말한다. 변경의 범위도 사소한 코드의 변경에서 비롯하여 요구규격을 변경하는 것까지 다양한데, 변경정도에 따라 승인자의 범위가 다르다. 예를들면, 요구사항이 변경되는 것은 최종 고객인 한국통신의 승인이 필요하다.

### 2.2.3 소프트웨어 시험

소프트웨어의 시험은 모듈 시험, 모듈통합 시험, 서브시스템 시험, 서브시스템 인터페이스 시험, 그리고 전체 시스템시험 등으로 이루어진다. 이중에서 모듈 시험 및 모듈통합시험은 모든 시험경로가 확인되는 화이트박스(White Box) 시험이고, 그이후의 시험은 입력 및 출력만 확인되는 블랙박스(Black Box) 시험이다. 또한 시험을 수행하기위한 시험절차서는 소프트웨어 요구규격에 제시되어 있는 모든 요구사항을 만족하는지 여부를 판단할 수 있는 비교표도 아울러 작성되어야 한다.

개발에 참여한 양사의 시험절차서를 비교해보면, 록히드마틴사의 경우 모든 소프트웨어 시험이 자동적으로 수행되도록 시험절차서 및 시험 소프트웨어를 작성하고 있다. 이는 아마도 기존의 소프트웨어를 여러 위성에 활용하기위한 방법인것으로 여겨지나, 시험절차서를 검토하고, 모든 시험경로를 확인하는데 어려움이 따른다. 이와는 달리 마트라마르코니사

의 경우 설계문서를 바탕으로 시험절차서가 작성되고 모든 시험경로가 단계별로 확인하게 되어 요구사항을 확인하는데는 오히려 편리한 점이 있다.

시험은 시험전준비회의, 시험, 그리고 시험후검토회의를 거쳐 시험결과를 검토하고 시험에 실패한 항목에 대한 재시험 계획을 세우게 된다. 재시험이 끝난 소프트웨어는 정식으로 시험절차가 완료된 것으로 간주된다.

#### IV. 결 론

지금까지 무궁화 위성의 지상 관제 시스템과 관련 소프트웨어를 살펴보았다. 한국통신은 무궁화위성 관제 및 운용을 위한 소프트웨어 구매외에 차세대 위성사업을 위하여 관제, 임부분석 위성 시뮬레이션 관련 소프트웨어 소스-코드(source codes) 및 기술자료를 확보하기 위하여 추가로 많은 투자를 하였으며, 그 기술을 확보하는 데 총력을 기울였다.

우리의 임무는 이러한 귀중한 재원을 잘 이용하여 무궁화 위성임무를 최대한 성공적으로 수행하여야 할 것이며, 한국의 차세대 위성의 임무수행(계획 및 분석: Mission Planning & Analysis)과 전이궤도(Transfer Orbit) 및 운용궤도(Operational Orbit)상 실시간 자세 및 궤도제어를 할 수 있는 기술 능력 확보에 기여할 것으로 믿는다.

현재 한국통신 위성사업본부에서는 위성 시뮬레이터(Simulator) 소프트웨어와 Test Bed를 이용하여 가상 위성환경 상태를 구현하기 위한 연구가 진행되고 있다. 또한 위성체 자체에서 자세제어 기능이 상실될 경우 지상에서 자세를 제어하기 위하여 Kalman filtering 기법을 적용한 소프트웨어(GLC: Ground Loop Control) 개발을 통해 위성의 자세 및 궤도조정 성능향상과 이상상태 발생시 대처방안을 확립하는 연구를 수행하고 있다. 또한, 위성 통신망 활용성을 극대화하기 위하여 현 NCC의 통신망계획(Network Planning) 관련 소프트웨어를 이용, 보강하는 연구도 필요하다고 생각된다. 끝으로, 본인은 무궁화 위성 관제시스템과 습득한 기술, 경험, 재원이 미래의 한국위성 관제 및 위성 통신망 운용 기술을 구축에 초석이 될것임을 확신하며, 본사업을 위해 노력을 경주해 주신 참여 연구기관 및 업체들의 지원에 감사드립니다.



김 명 석

- 1963 : 서울대학교 전자공학과
- 1969 : 미국 존홉킨스대 전기(자)공학 석사
- 1971 ~ 1975 : NCR CORP. /ELECTRONICS COMMS. INC 근무
- 1975 ~ 1978 : TEXAS INSTRUMENTS CORP. 근무
- 1978 ~ 1980 : NORTHROP CORP. 근무
- 1980 ~ 1983 : CTI 근무
- 1983 ~ 1985 : GENERAL DYNMICS 근무
- 1985 ~ 1989 : TRW INC. 근무
- 1989 ~ 1991 : 삼성항공(주) 기술고문
- 1991 ~ 현재 : 한국통신 위성사업본부 감리 3실장 (책임연구원)