

KOMPSAT 관제시스템의 운용가용도 분석

* 장대익*, 고지환*, 이성팔*, 김대영**

*한국전자통신연구원 위성지상시스템부, **충남대학교 정보통신공학과

Operational Availability Analysis of KOMPSAT TTC System

* Dae-Ig Chang*, Jj Whan Ko*, Seong Pal Lee*, Dae Young Kim*

*ETRI Sat. Ground Station Dept., **Chung Nam Univ. Dept. of Inf. Comm. Eng
042) 860-5219(Tel), 860-6403(FAX), dchang@etri.re.kr

Abstract

The KOMPSAT system incorporates multiple missions designed to provide various applications in the field of Korean peninsula observation covering land, sea and coastal zones. The missions are Korea cartography (1:25,000 scale maps of the Korean peninsula), biological oceanography and science instrument accommodation.

The operational availability of KOMPSAT TTC system should be predicted more accurately because its failure has a significant influence on satellite command and tracking and on satellite data collection. In this paper, system availability structure of KOMPSAT TTC system are made and availability of KOMPSAT TTC system is analyzed aspect to the system operation in accordance with logistic condition.

1. 서론

통신시스템에서 시스템 성능평가 지표의 하나인 시스템 가용도는 장비의 정상동작 확률을 나타내는 것으로 시스템의 유지관리 차원에서 장비의 MTBF에 의한 유지보수 시점을 예측할 수 있다.

본 논문에서는 1999년 7월 발사 예정인 다목적 실용위성(KOMPSAT) 관제시스템의 가용도를 운용 관점에서 분석하고 이중화를 고려해서 시스템 구조를 가용도 구조로 모델화 한다. 본 가용도 구조에서 고장부분이 시스템 동작에 영향을 미치지 않으면 가용도 구조 모델에 포함하지 않도록 한다¹⁾. 운용 가용도의 분석은 부품 제공자로부터 입수한 MTBF(Mean Time Between Failure) 시간과 장비유지관리자의 능력에 의한 MTTR(Mean Time To Repair) 시간, 그리고 고장부품에 대한 조달시간을 고려하여 각 서브시스템별로 운용 가용도를 분석하고 관제시스템 전체에 대한 운용가용도 결과를 제시한다.

2. 운용 가용도(Ao) 분석

2.1 운용 가용도 (Operational Availability, Ao)

시스템의 MTBF는 각 장비 공급자로부터 제공되고, MTTR은 시스템 설치자 또는 시스템 유지 보수자에 의해 제공된다. 또한 부품 또는 전문기술자 조달시간(LDT, Logistic Delay Time)은 장비공급자와의 거리에 의해 결정되고 장비 워밍업(Warming Up) 시간은 장비 규격이나 시험에 의해 알려진 값이다.

운용 가용도는 시스템의 임무를 지원해 줄 수 있는 정상동작 시간 대 총 장비 운용시간의 비율로서 식 (1)과 같다²⁾.

$$A_o = \frac{UpTime}{UpTime + DownTime} = \frac{MTBF}{MTBF + (MTTR + LDT + WaringUp)} \quad (1)$$

2.2 직렬연결 시스템의 운용 가용도 (Ao)

N개의 서브 시스템이 직렬로 연결되거나 또는 모든 서브시스템이 동시에 동작해야만 동작하는 시스템이라면 확률이론에 의해 AND되는 형태가 되기 때문에 직렬 시스템의 가용도(A_{SR})는 식 (2)와 같이 각 서브 시스템 가용도의 곱으로 계산된다.

$$A_{\Sigma} = \prod_{i=1}^N A_i \quad (2)$$

2.3 병렬연결 시스템의 운용 가용도 (Ao)

여러 개의 서버 시스템이 병렬로 연결되어 하나의 시스템을 구성할 때, 모든 서브시스템이 동시에 동작해야만 동작하는 시스템이라면 직렬시스템으로 모델화하여 해석한다. 그러나 예비 시스템이 N 개의 서버 시스템중 한개의 시스템만 동작하여도 동작되는 시스템이라면, 모든 예비 서브시스템이 모두 고장나지 않으면 동작 시스템으로 해석할 수 있다. 이때 시스템 가용도는 고장 확률로부터 식 (3)과 같다²⁾.

$$A_{RD} = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - A_i) \quad (3)$$

그런데 이중화시스템 각각의 가용도가 동일하다면 이중화 가용도는 식 (4)와 같다.

$$A_{RD} = 1 - (1 - A)^N \quad (4)$$

N : m 구조의 시스템, 즉, N 개의 서브시스템중 m 개 이상의 서브시스템이 동작해야 하는 시스템이라면 직렬 시스템의 가용도와 예비 시스템의 가용도인 식 (2)와 (4) 그리고 통계값으로부터 식 (5)와 같이 유도된다³⁾.

$$A_{RD} = \sum_{k=m}^N C_k A^k (1 - A)^{N-k} \quad (5)$$

일반적으로 높은 가용도를 요구하는 시스템을 제외하고 대부분의 시스템은 2 : 1 이중화 방법이 사용되며 다목적 실용위성 관계시스템에서도 2:1 이중화를 고려한다. 여기서 점차 RD는 이중화 시스템을 의미하며 이중화 가용도는 식 (6)과 같다.

$$A_{RD} = 2A - A^2 \quad (6)$$

3. KOMPSAT 관제시스템의 가용도 구조 모델화

KOMPSAT 관제시스템은 그림 1과 같이 TTC, SOS,

MAPS, SIM 서브시스템으로 구성된다. TTC 서브시스템은 H/W 장비와 C&M의 워크스테이션으로 구성되고 SOS, MAPS, SIM 서브시스템은 S/W로서 워크스테이션 장비로 구성된다. 시스템 가용도에서 LAN, 서브시스템의 주변기기(Laser Printer, Log Printer), S/W의 가용도는 100%라고 가정하여 가용도 구조를 모델화 한다.

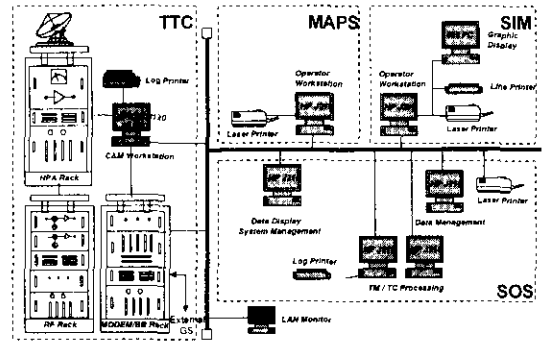


그림 1 KOMPSAT 관제시스템의 H/W 구성

3.1 TTC 서브시스템 H/W의 가용도 모델

TTC 서브시스템은 안테나 장비, RF 장비, MODEM/BB 장비, System Timing 장비, C&M부로 구성되며 LNA를 포함한 RF 장비만 이중화하고 안테나장비 외에는 모두 여분의 보드(또는 모듈)를 준비하여 고장에 대비한다.

3.1.1 RF 장비 상향링크 이중화 구조

이중화 구조에서 스위치 위치는 중간단 방법과 최종단 방법이 있으며 가용도 분석결과에 따라 스위치 위치를 선정한다. 본 RF 장비에 대한 스위치 구조는 중간단 위치가 더 좋은 것으로 분석되었다. 따라서 RF 송신부에 대한 가용도 구조는 그림 2와 같다.

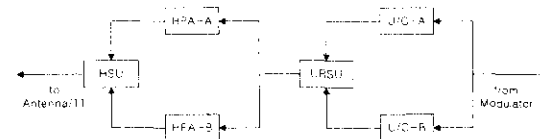


그림 2 RF 장비의 상향링크 가용도 구성도

3.1.2 RF 장비 하향링크 이중화 구조

RF 장비의 하향링크도 중간단 스위치 구조의 가용도가 더 좋은 것으로 분석되었으며 스위치와 LNA D/C 로 구성된다.

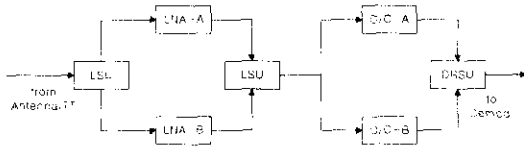


그림 3 RF 장비의 하향링크 가용도 구성도

3.2 관제 S/W 서브시스템 가용도 모델

관제 S/W 는 SOS, MAPS, SIM 서브시스템으로 구성된다. SOS 서브시스템은 TM/TC Processing 과 데이터 관리 그리고 시스템 관리 워크스테이션으로, MAPS 서브시스템은 MAPS 운용 워크스테이션으로, SIM 서브시스템은 SIM 운용 워크스테이션으로 구성된다.

S/W 서브시스템은 S/W 로서 S/W 의 가용도가 100% 라고 가정할 때 H/W 장비인 워크스테이션만 시스템 가용도에 영향을 미치며 가용도 구조는 그림 4 와 같다.

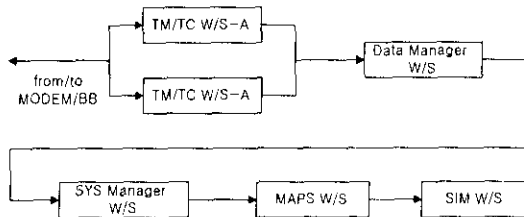


그림 4 S/W 서브시스템의 가용도 구성도

4. KOMPSAT 관제시스템의 운용 가용도 분석

KOMPSAT 관제시스템에서 각 서브시스템의 모듈 고장이 시스템 동작에 영향을 미치지 않으면 동작상태로 가정한다.

시스템 가용도 계산을 위한 가정은 다음과 같다.

- 이중화는 각 장비에 추가되어 구성된다.
- 장비의 고장 회수는 통계적으로 독립적이다.

- 이중화 장비의 고장율은 동일하다.
- 시스템 주변장치의 가용도는 100%이다.
- S/W 의 가용도는 100%이다

4.1 워크스테이션의 MTBF

S/W 서브시스템의 워크스테이션은 HP 장비를 사용하며 HP 워크스테이션의 MTBF 성능은 모델별로 주어 진 AFR(Annualized Failure Rate)에 의해 계산된다. HP 로 부터 제공된 자료에 의하면 MTBF는 1년의 시간을 HP 워크스테이션의 년 고장율인 AFR로 나눈 값으로 식 (7)과 같다.

$$MTBF = \frac{100\%}{AFR_{sum}\%} \times 8760hours / year \quad (7)$$

AFR의 합은 선정된 HP 워크스테이션의 CPU, VIS_EG, Monitor, HDD, misc에 의해 식 (8)과 같이 계산하며 HP 모델 C110/120 과 J210/120 의 AFR 및 MTBF는 표 1 과 같다.

$$AFR_{sum}\% = CPU + Memory + VIS_EG + Monitor + HDD + misc \quad (8)$$

표 1 HP 워크스테이션의 AFR 및 MTTR (Unit : %)

Model	AFR _{sum}	MTBF(hours)
C110/120	23.7	36,962
J210/120	25.72	34,059

4.2 TTC H/W 장비 운용 가용도

표 2 TTC H/W 장비 가용도 (Ao)

Equip.	MTBF	MTTR	LDT	Warm-ing Up	Ao
Antenna	3276	5.13	6.0	-	0.996614068
HPA®	10,000	1	-	0.17	0.999999986
HSU	80,000	1	-	-	0.99998750
U/C®	30,000	1	-	-	0.999999999
URSU	120,000	1	-	-	0.99999167
RF U/L	-	-	-	-	0.999979152
LNA®	130,000	1	-	-	0.999999999
LSU	120,000	1	-	-	0.99999167
D/C®	30,000	1	-	-	0.999999999
DRSU	120,000	1	-	-	0.99999167
RF D/L	-	-	-	-	0.999974999

RF Tot	-	-	-	-	0.99995415
MBB	44.000	0.5	-	-	0.999988636
SysTime	50.000	0.5	-	12.0	0.999750062
C&M	36.962	2.5	3.0	-	0.999851221
TTC	-	-	-	-	0.996159743
Tot.	-	-	-	-	0.996159743

- 1) 안테나 장비는 이중화가 없고 예비 부품도 없기 때문에 LDT 시간은 하이게인(안산)을 가정하여 6 시간으로 계산함. 또한 5.13 시간의 MTTR 시간은 1.13 시간의 고장 수리 시간과 4 시간의 Tuning 시간을 포함함.
- 2) RF 장비는 이중화를, MODEM/BB 와 System Timing 장비는 예비 보드를 준비하고 있기 때문에 LDT 시간이 필요없음.
- 3) C&M 컴퓨터는 이중화가 없고 예비 장비도 없기 때문에 LDT 시간은 HP(대전)을 가정하여 3 시간으로 계산함.

4.3 S/W 서브시스템 운용 가용도

표 3 S/W 서브시스템(W/S)의 H/W 가용도 (Ao)

Equip.	MTBF	MTTR	LDT	Ao
TM/TC Proc. ⑥	34,059	2.5	-	0.999999974
SYS Manager	34,059	2.5	3.0	0.999838542
Data Manager	34,059	2.5	3.0	0.999838542
MAPS W/S	34,059	2.5	3.0	0.999838542
SIM W/S	34,059	2.5	3.0	0.999838542
S/W Total	-	-	-	0.99935430

- 1) S/W 서브시스템의 W/S 은 TM/TC Processing 을 제외하고 이중화와 예비 장비가 없기 때문에 LDT 시간은 HP(대전)을 가정하여 3 시간으로 계산함.

4.4 KOMPSAT 관제시스템의 운용 가용도

4.2 와 4.3 절에서 분석한 TTC H/W 와 관제 S/W 의 운용가용도는 각각 0.99616 과 0.99935 이므로 관제시스템 전체의 운용 가용도는 0.9955 로 분석되었다.

5. 결론

본 논문에서는 다목적실용위성 관제시스템에 대한 가용도 구조를 모델화하고 이중화와 고장장비의 조달을 고려한 운용가용도를 분석하였다. RF 부의 이중화에 대한 가용도 분석결과 중간단 스위치에 의한 가용

도가 최종단 스위치에 의한 가용도보다 높게 분석되어 중간단 이중화 스위치 방법을 선택하였다. RF 부에서 비이중화 가용도 0.99980867 에서 이중화 가용도는 0.99995415 로 개선되었다. 관제시스템 전체에 대한 가용도는 0.9955 로 분석되었으며 이 가용도는 안테나 장비의 가용도에 의존함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Availability Models/Predictions : NASA Specs, <http://edhs1.gsfc.nasa.gov/>
- [2] G.Maral & M.Bousquet, Satellite Communications Systems, John Wiley & Sons, 1993.
- [3] Operational Availability (Ao) Requirements : <http://diamond.navy.mil/specs/wise/manual/>
- [4] Ming Zhao, "Avilability for Repairable Components and Series Systems", IEEE Trans. on Reliability, vol.43, No.2, pp. 329-334, June 1994.
- [5] Jieyu She & Michael G.Pecht, "Reliability of k-out-of n Warm-Standby System", IEEE Trans. on Reliability, vol.41, No.1, pp. 72-75, March 1992.