

이중화 체계의 운용가용도 산정 모델에 관한 연구

하윤철
한화시스템 ILS 팀

Study on the Redundancy System Operation Availability Estimation Model

Yun Cheol Ha
ILS Team, Hanwha Systems

요약 본 연구에서는 이중화 체계의 운용가용도를 산출 시 활용할 수 있는 시스템 운용가용도 산출 모델을 제안한다. 시스템 운용가용도란 이중화 플랫폼의 각 플랫폼 운용가용도가 아닌 전체 플랫폼 운용가용도를 의미한다. 무중단 무기체계가 고장이 발생 시 군 전력에 막대한 피해가 발생하여 운용 공백을 줄이기 위해서 이중화를 적용하는 추세이다. 이중화 체계 구성은 운용가용도를 높일 수 있는 효과적인 방안이다. 무중단 체계는 목표 운용가용도 99% 이상 적용되는 경우가 대부분이다. 시스템 운용가용도는 이중화 체계가 운용개념에 맞는 목표 운용가용도를 만족하기 위해 효과적인 방법이 될 수 있다. 주 운용 플랫폼과 백업 플랫폼이 각각 운용가용도 90% 이상을 만족하면 상호보완이 가능하여 시스템 운용가용도 99%를 만족할 수 있다. 무중단 체계에서 운용가용도를 만족하기 위해서는 즉시 보급 가능한 정비대체장비(M/F), CSP 등이 포함해야 되지만 수리를 하는동안 공백이 발생할 수 있으며 이걸 보완해줄 수 있는 방안이 이중화 체계를 구성이다. 향후 다중화 무기체계와 Inactive Standby Redundancy에 대한 시스템 운용가용도 산출 모델도 연구가 필요하다.

Abstract This study proposed a system operational availability calculation model to calculate the operational availability of a redundancy system. System operation availability refers to the overall platform operation availability, not individual platform operation availabilities. If a non-discontinuous weapon system fails, a huge amount of force is generated in the military, and redundancy is applied to reduce the gap in operation. The composition of the redundancy system is an effective way to increase operational availability. In most cases, non-discontinuous systems are applied to more than 99% of target operation availability. System operation availability can be an effective method for the redundancy system to satisfy the target operation availability suitable for the operation concept. If the main operating and the backup platforms satisfy more than 90% of operational availability, they can be complemented, and 99% of system operation availability can be satisfied. A non-discontinuous system must include maintenance alternative equipment (M/F) and CSPs that can be distributed immediately to satisfy the operational availability. But, there may be gaps during repairs, and a plan to supplement this gap is a redundancy system. In the future, research is also needed on the calculation model for system availability for multiplexed inorganic systems and Inactive Standby Redundancy.

Keywords : Availability, Ao, Redundancy, TT, OT, ST, TPM, TCM, TALDT

*Corresponding Author : Yun Cheol Ha(Hanwha Systems)

email: yurekafe.ha@hanwha.com

Received November 25, 2021

Revised December 31, 2021

Accepted February 4, 2022

Published February 28, 2022

1. 서론

최근 전력화되는 무기체계는 첨단 및 정밀 기술이 반영된 고가 장비로 다양한 운용 기능을 보유 및 복합적인 임무를 수행하도록 개발되고 있다. 이에 따라 체계에 다양한 기능과 복잡도 등을 포함해서 설계가 이루어진다. 다양한 기능 및 복잡도에 따라 다양한 구성품 및 모듈이 설계되어야 하고 제한적인 공간에 많은 장비 및 구성품이 탑재되기 때문에 신뢰도 및 정비도 측면에서는 저하될 수 있다.

장비의 주요 요소로 신뢰도, 가용도, 정비도(RAM : Reliability, Availability, Maintainability)는 제품의 가용도 및 안전성 확보, 성능충족, 유지비용 절감, 정비 요소 식별에 중요한 영향을 미친다. RAM 업무는 장비 설계 초기 단계부터 제품의 신뢰도 특성을 파악하여 설계 반영 요소와 대안을 식별하고 신뢰성/정비성 설계를 통해 장비의 가용도를 향상시켜 유지비용의 최소화를 목적으로 한다.

본 연구에서는 이중화된 무중단 체계의 운용가용도 산출식을 제시하고 이 산출식을 시스템 운용가용도라고 한다.

시스템 운용가용도는 체계 내에 동일한 운용개념을 가지고 있는 이중화된 플랫폼에 대해서 운용가용도를 산출하는 방안이다. 무중단 체계 운용가용도 목표값은 99% 이상이 선정이 되는데 체계는 목표값을 만족할 수 있어야 한다. 무중단 체계가 단일 플랫폼으로 구성이 되어 있다면 1년을 시간으로 환산한 8,760시간에서 불가동 시간이 87.6시간 이하이면 운용가용도 목표값 99% 이상을 만족할 수 있게 된다.

제안하는 계산 모델은 운용가용도 계산에 필요한 시간 요소는 총 가동시간 요소와 총 불가동시간 요소가 있다. 각 시간에 대한 분류 및 정의를 통해서 운용가용도를 산출하고 이중화에 대한 개념도 정의하고자 한다. 이중화에도 여러 개념을 가지고 있지만 현재 산출하는 모델은 Active Redundancy와 Operating Standby Redundancy로 운용하는 체계에 대한 시스템 운용가용도 산출 모델에 연구하였다.

2. 본론

2.1 RAM 분석 절차

장비가 설계가 되면 신뢰도 예측을 통해 체계에 고장간 평균시간(MTBF : Mean Time Between Failure)를

분석한다. 각 장비 구성품의 정비개념에 맞게 장비 구성품 정비 대상을 선정하고 정비도인 평균수리시간(MTTR : Mean Time to Repair)을 분석한다.

가용도는 신뢰도와 정비도에 의하여 고장이 정상상태로 회복되는 부분으로 이루어지며 시간에서 해당 무기체계나 장비가 정상상태에 있을 확률이다. 즉, 정비 가능한 시스템이 어떤 사용조건에서 규정시간에 정상적인 기능을 유지(정상상태)하고 있는 확률을 말한다.

2.2 가용도의 분류 및 계산식

Fig. 1에서 가용도 산출은 신뢰도 및 정비도 분석한 값과 체계에 맞는 체계 작전운용 형태에 맞는 운용제한을 획득하여 가용도를 산출할 수 있다.

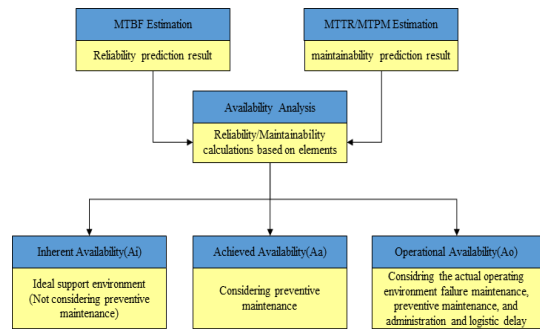


Fig. 1. Availability Analysis Procedure[1]

가용도는 고유가용도(Ai: Inherent Availability), 성취가용도(Aa: Achieved Availability), 운용가용도(Ao: Operational Availability)로 구분되며 아래와 같이 정의할 수 있다.

고유가용도는 예방정비를 고려하지 않고, 이상적인 지원환경의 규정된 조건에서 사용할 때 임의의 시점에서 체계가 만족스럽게 작동할 확률을 말한다. 계획정비 없이 규정된 조건(공구, 부품, 인원, 교범, 지원장비 등)에서 사용될 체계(장비)가 가동 상태에 있을 확률로서 체계 자체 요인의 고장만을 반영한 값이다.(대기시간, 예방정비 지연시간, 행정 및 군수지연시간은 고려하지 않음) 고유가용도 산출식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned}
 A_i &= \frac{\text{운용시간}}{\text{운용시간} + \text{총 수리정비시간}} \\
 &= \frac{OT}{OT + TCM} \quad (1)
 \end{aligned}$$

달성가능도는 이상적인 자연환경에서 규정된 조건대로 사용하는 경우 시스템이 임의의 시간에서 만족스럽게 작동할 확률을 말한다. 달성가능도는 예방조치에 대한 고려를 포함하고 있다는 점에서 고유가능도와 다르다.

달성가능도 산출식은 아래와 같다.

$$A_a = \frac{\text{총 가동시간}}{\text{총가동시간} + \text{총수리정비시간} + \text{총예방정비시간}}$$

$$= \frac{TUT}{TUT + TCM + TPM} \quad (2)$$

운용가능도는 규정된 조건에 무기체계가 어느 시점에서 만족스럽게 작동할 확률을 말한다. 운용가능도는 행정과 군수지원시간 및 정비 대기시간이 포함되는 점에서 달성(성취)가능도와는 구분된다.

운용가능도는 시스템 “가동 시간”을 나타내며 운용가능도 산출식은 아래와 같다[3].

$$A_o = \frac{\text{총 가동시간}}{\text{총 시간}} = \frac{\text{총 가동시간}}{\text{총가동시간} + \text{총 불가동시간}}$$

$$= \frac{OT + ST}{OT + ST + AT + TCM + TPM + TALDT} \quad (3)$$

2.3 체계 및 장비 운용관련 시간 분류 및 정의

여기서 공통적으로 확인해야 할 부분이 체계 및 장비 운용 관련 시간에 대해서 분류 및 정의가 필요하다. 체계 운용개념에 따라 운용 및 정비 시간은 장비 가용도 산출식에 보이는 것처럼 해당 항목이 영향이 있다. 가용도 산출에 필요한 시간에 대한 분류는 Table 1에서 나오는 것처럼 분류가 되어 있고 이 분류에 각 정의는 아래와 같다.

총시간(TT : Total Time)에서 총 가동시간(TUT : Total Up Time)과 총 불가동시간(Total Down Time)으로 구분된다.

불가동 시간은 체계 및 장비가 주요기능을 수행 할 수 없는 시간으로 정의 할 수 있다. 불가동 시간의 일반적인 원인은 고장에 의한 정비시간과 행정/군수지원시간이다.

총가동시간에서는 운용시간(OT : Operating Time)은 장비나 체계가 실제 운용되는 시간, 대기시간(ST : Standby Time)은 장비 가동을 위하여 대기상태에 있는 시간, 경계시간(Alert Time)은 장비 운용을 위하여 경계상태로 대기하고 있는 시간으로 대기상태보다는 상위의 대기태세 유지를 하고 있는 시간을 의미한다.

총 불가동시간에는 정비시간과 행정/군수지원시간으로 구분되고 정비시간에는 총 수리 정비시간(TCM : Total Corrective Maintenance Time)으로 고장정비를 위해 소요되는 시간, 총 예방정비시간(TPM : Total Preventive Maintenance Time)은 예방정비를 위해 소요되는 정비시간이다.

총 행정 및 군수지원시간(TALDT : Total Administrative & Logistics Delay Time)은 고장정비와 예방정비를 수행하는 과정에서 발생하는 행정 및 군수지원시간의 총합이다.

2.4 무중단 체계 및 장비에 대한 운용가능도 산출 모델

DOD 3235.1-H(Test & Evaluation of System Reliability Availability & Maintainability)은 RAM에 대한 분석적 평가에 대한 지침을 제공한다. 지침서에서 제시한 A_o 산출 공식은 Eq. (4)와 같다[4].

$$A_o = \frac{OT + ST}{OT + ST + TCM + TPM + TALDT} \quad (4)$$

무중단 체계에서는 무중단 운용 개념으로 흔히 오류 발생하는 부분이 무중단 운용시간을 1년 동안 운용하는 8,760시간을 생각한다. 하지만 불가동시간인 TCM, TPM, TALDT를 고려해야한다. 운용시간과 불가동시간을 합산하면 1년 기준 8,760시간보다 클 수 있기 때문에 장비 운용시간과 정비시간 등을 고려해서 시간 설정이

Table 1. Classification of system time[2]

Total Time(TT)						
Total Up Time(TUT)			Total Down Time(TDIT)			
Operating Time (OT)	Non-Operating Time (NOT)		Total Maintenance Time (TMT)		Total Administrative and Logistic Delay Time (TALDT)	
	Standby Time (ST)	Alert Time (AT)	Total Corrective Maintenance (TCM)	Total Preventive Maintenance (TPM)	Total Administrative Delay Time (TADT)	Total Logistic Delay Time (TLDT)

필요하다.

일반적인 정비시간으로 TPM을 포함시키지만 무중단 체계에서는 장비가 가동 중에는 예방정비를 운용 시간에 포함되어 있다고 판단하거나 제외한다. DOD 3235.1-H 에서 제시하는 운용가용도 산출하는 식은 아래와 같지만 무중단 운용체계에서는 TPM을 고려하지 않아 운용가용도 산출 수식을 아래와 같이 변환한다[5].

TT(전체시간)은 TUT(가동시간)과 TDT(불가동시간)의 합산이다.

$$TT = TUT(\text{Total Uptime}) + TDT(\text{Total Downtime})$$

$$TUT = TT - TDT$$

$$A_o = \frac{OT + ST}{OT + ST + TCM + TPM + TALDT}$$

$$A_o = \frac{TUT}{TUT + TDT} = \frac{TT - TDT}{TT}$$

$$TDT(\text{Downtime}) = TPM + TCM + TALDT$$

$$= TPM + \text{고장횟수} \times (MTTR + ALDT)$$

$$= TPM + \frac{OT}{MTBF} \times (MTTR + ALDT)$$

$$A_o = \frac{TT - TPM - \frac{OT \times (MTTR + ALDT)}{MTBF}}{TT}$$

$$A_o = 1 - \frac{OT \times (MTTR + ALDT)}{TT \times MTBF} - \frac{TPM}{TT} \quad (5)$$

무중단 체계에서는 TPM을 고려하지 않기 때문에 Eq.(4)에 TPM '0'이라는 시간을 적용하면 아래와 같은 산출식으로 정의할 수 있습니다.

$$A_o = 1 - \frac{OT \times (MTTR + ALDT)}{TT \times MTBF} \quad (6)$$

변환된 산출식에서는 주요 요소가 OT, MTBF, MTTR, ALDT가 있다. 무중단 체계에서는 OT도 TT인 8,760시간에 근사한 값으로 운용되기 때문에 MTTR 및 ALDT 줄이거나 MTBF를 높일 수 있는 방안을 고려해야 된다.

MTBF 향상 방안으로 장비 내 이중화를 통해서 낮추는 방안이 있다. 이 방안은 배치 장소 및 예산, 제작일정 등을 늘어나는 제약사항이 있다. 이중화 설계가 된다면 효과적으로 신뢰도를 높이면서 정비도를 낮출 수 있다.

무중단 운용 플랫폼의 이중화 설계가 된다면 하나의 플랫폼이 비가용 상태 시 백업 지원이 가능하여 운용 공백을 줄일 수 있고 정비 시간을 대체할 수 있어 운용가용도 향상에 매우 효과적이다.

MTTR을 낮추는 방안으로는 체계 개발 시 신뢰성/정비성을 고려한 설계를 통해서 고 신뢰도 품목 및 수리 시간을 낮추는 방안이 있다.

ALDT는 정비대체장비(M/F : Maintenance Float)를 및 동시조달수리부속(CSP : Concurrent Spare Part), 인가저장목록(ASL : Authorized Stockage List) 등을 보유하면서 고장 시 바로 대응이 가능하도록 수리부속을 보유하는 방안이 있는데 이 부분도 보급 창고 저장 장소 및 예산 등을 고려해야 한다. 하지만 체계 또는 장비가 개발 중인 상태이면 양산 종료 시점까지 품목에 대한 MF, CSP, ASL 등이 정확히 알 수가 없기 때문에 유사체계 또는 의사결정정보분석을 통해 적정 ALDT를 산출해야 된다. A_o 산출식 (2)에서 ALDT는 영향이 크기 때문에 중요 고려 대상이 될 수 있다. 장비의 고장횟수에 따라 큰 차이가 발생할 수 있어 적정 ALDT를 산출해야 된다.

2.5 이중화 구조의 분류[6]

MIL-HDBK-338B에서 이중화 설계에 대해서 크게 두가지 형태로 Active Redundancy와 Standby Redundancy로 분류된다.

Active Redundancy는 구조물 내에 요소나 경로가 고장났을 경우 감지, 판단 및 전환 기능을 수행하기 위해 외부 구성요소가 필요하지 않다. 중복 장치는 항상 작동하며 고장난 장치의 업무를 자동으로 수행합니다. 예로 다중 엔진 항공기는 하나 이상의 엔진이 작동하지 않아도 비행할 수 있다.

아래 Fig. 2와 같이 동시 운용 중인 상태에서 하나가 고장이 나더라도 나머지 하나의 시스템이 살아 있다면 정상 운용이 가능하다.

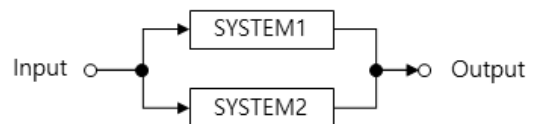


Fig. 2. Active Redundancy Block Diagram

Standby Redundancy에는 Operating Standby Redundancy와 Inactive Standby Redundancy로 구

분된다. 고장 요소 또는 경로를 대체하기 위해 다른 요소 또는 경로로 감지, 판단 및 전환 기능을 수행하기 위해 외부 구성 요소가 필요하지 않다. 예로 레이더 주 송신기가 고장 났을 때 더미 부하를 공급하는 중복 레이더 송신기가 안테나로 전환되거나 비활성되어 있던 예비 라디오가 켜진다.

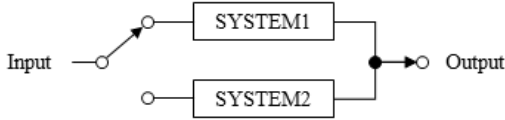


Fig. 3. Standby Redundancy Block Diagram

2.6 신뢰도와 이중화 구조의 상관 관계

신뢰도는 방위사업관리규정에 어떤 체계가 주어진 조건하에서 일정기간 동안 고장없이 의도된 기능을 수행할 수 있는 확률로서 고장 빈도와 관련된 요소로 정의하고 있다. 이러한 신뢰도는 시간에 관한 함수로 다음과 같다.

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

신뢰도는 아래 수식에 따라 t가 MTBF 시점에서 임무를 성공적으로 수행할 확률이 36.79%가 된다. 반대로 말하면 임무를 실패할 확률이 63.21%가 된다.

$$R(t) = e^{-\lambda t} = e^{-\frac{MTBF}{MTBF}} = e^{-1} = 0.3679 = 36.79\%$$

그렇다면 시스템 이중화 구조에 따라 신뢰도 영향이 어떻게 미치는지 알아보고자 한다. 체계의 MTBF이 도달한 M 시점에서 보면 장비가 살아있을 확률은 60.65%로 상승하게 된다.

$$R(t) = P_a(t) \times P_b(t) = e^{-\lambda_a t} e^{-\lambda_b t} = e^{-(\lambda_a + \lambda_b)t}$$

$$= e^{-\frac{MTBF}{2 \times MTBF}} = e^{-0.5} = 0.6065 = 60.65\%$$

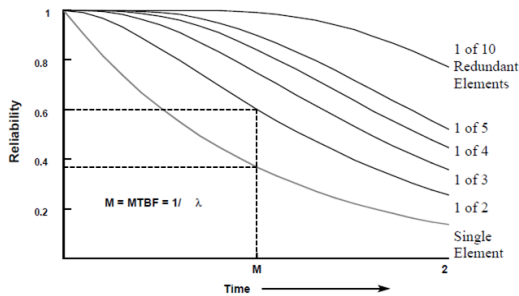


Fig. 4. Simple Active Redundancy for One of n Element Required

Fig. 4에서 보듯이 장비가 다중화 구조가 늘어날수록 살아있을 확률이 향상되는 것을 볼 수 있다.

이중화, 삼중화에 따라 MTBF 증가는 어떻게 변화하는지 아래 수식과 그림으로 확인할 수 있다. 이중화 구조로 설계 시 MTBF 1.5배 향상되는걸 확인할 수 있다. 이렇게 다중화 구조로 변경될수록 MTBF 값은 향상되는걸 아래 수식 및 Fig. 5로 확인할 수 있다.

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt = \frac{1}{\lambda_a} + \frac{1}{\lambda_b} - \frac{1}{\lambda_a + \lambda_b} = \frac{3}{2\lambda}$$

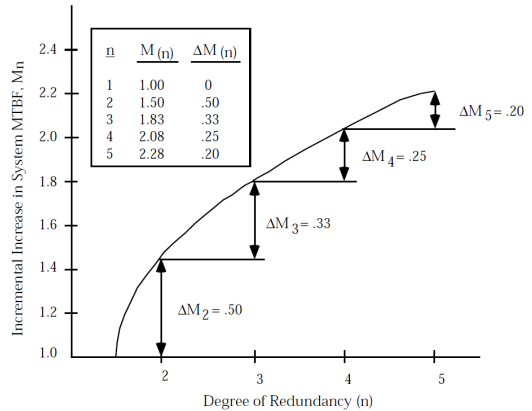


Fig. 5. Incremental Increase in System MTBF for n Active Elements

신뢰도 확률에는 정비에 대한 내용은 포함되어 있지 않다. 일정시간에 고장이 나는 확률에 대해서만 제시되고 정비에 관련된 내용은 포함되지 않았다. 중복 구조 시 정비가 가능한 플랫폼 또는 장비에 대해서 신뢰도를 확인하고자 한다.

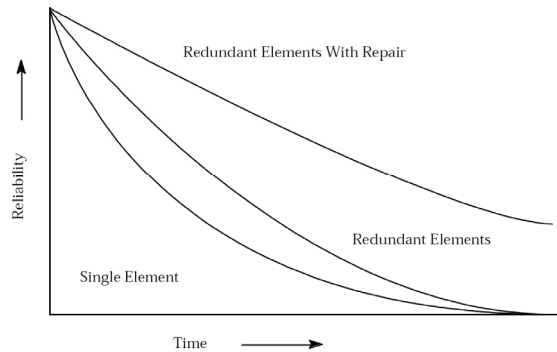


Fig. 6. Reliability Gain for Repair of Simple Parallel Element at Failure

Fig. 6에서 단일 요소와 이중화 요소, 수리를 포함한 이중화 요소에 대해서 시간에 따른 신뢰도 변화에 대해서 그래프를 제시한다. 이중화 구조로 설계되었다면 하나의 플랫폼 또는 장비가 고장 시 정상 동작이 가능한 상태에서 수리가 가능하다. 이중화 구조에서의 신뢰도가 더 향상될 수 있다.

2.7 이중화 체계의 시스템 운용가용도 산출 모델

이중화 체계의 운용가용도 산출 모델에 대해서 진행하기 전에 두 플랫폼 또는 장비가 동일하고 독립되었다는 가정을 하고 진행해야 한다. 각 플랫폼 또는 장비에 대해서 고장 발생하면 각각 교환, 수리를 수행할 수 있는 형태로 구성이 되어 있어야 한다. 하나의 체계가 고장이 나더라도 지속적으로 운용이 가능하게 구성이 되어 있어야 아래와 산출 모델을 적용할 수 있다. 만약 장비가 고장 발생 시 장비를 전환하는데 시간이 드는 체계에 시간 소요가 작으면 고려하지 않고 아래와 산출 모델을 적용이 가능하다.

장비의 불가동률과 가동률은 반대되는 관계이며 가동률이 99%라고 가정한다면 불가동률은 1%가 된다.

MIL-HDBK-338B에서 제시되어 있는 시스템 운용가용도 산출 모델에 대해서 체계 또는 장비의 불가동률을 U(Unavailability)를 아래와 같이 정의한다[6].

$$U = 1 - A \leftrightarrow A = 1 - U \quad (7)$$

체계를 가동할 수 없을 확률은 이중화 플랫폼 또는 장비가 동시에 고장이 났을 확률이다.

$$U_{system} = U^2 \quad (8)$$

Eq. (8)에 Eq. (7)을 대입하여 가용도로 변환하면 아래와 같다.

$$A_{system} = 1 - U^2 \quad (9)$$

시스템 운용가용도 산출 모델 Eq. (9)에 무중단 체계 운용가용도 변환한 산출 수식(5)를 적용하면 아래와 같다.

$$A_{system} = 1 - \left(1 - \frac{OT \times (MTTR + ALDT)}{TT \times MTBF}\right)^2 \quad (10)$$

이중화 구조가 환경 또는 플랫폼 구성이 같지 않다면 각각의 불가동률을 적용해서 산출할 수 있다.

$$U_1 = 1 - A_1, U_2 = 1 - A_2 \quad (11)$$

각각 불가동률 Eq. (11)식에 운용가용도 산출 모델 Eq. (6)식을 대입하면 아래와 같다.

$$U_1 = \frac{OT \times (MTTR_1 + ALDT_1)}{TT \times MTBF_1}, \quad (12)$$

$$U_2 = \frac{OT \times (MTTR_2 + ALDT_2)}{TT \times MTBF_2}$$

시스템 운용가용도 산출 모델 Eq. (9)에 각 플랫폼 불가동률인 Eq. (12)을 대입하면 이중화 플랫폼이지만 환경 및 플랫폼 구성이 같지 않은 시스템 운용가용도를 산출할 수 있다.

$$A_{system} = 1 - U_1 U_2 \quad (13)$$

$$= 1 - \frac{OT \times (MTTR_1 + ALDT_1)}{TT \times MTBF_1} \times \frac{OT \times (MTTR_2 + ALDT_2)}{TT \times MTBF_2}$$

예시로 하나의 주 운용 플랫폼과 백업을 지원하는 부 운용 플랫폼이 있다고 가정하고 Active Redundancy 상황에서 두 장비가 동일할 때 Eq. (10)를 적용해서 체계 운용가용도를 산출할 수 있다. 시스템 운용가용도를 산출을 위해서는 하나의 장비 운용가용도를 산출해야 된다.

이중화 무중단 운용 체계의 목표 운용가용도가 99%라고 가정한다면 시스템 운용가용도는 아래와 같이 산출할 수 있다.

$$0.99 = 1 - U^2 \rightarrow U^2 = 0.01$$

$$\rightarrow U = \sqrt{0.01} = 0.1$$

$$\rightarrow A = 1 - U = 0.9$$

장비의 목표 운용가용도는 90% 이상을 만족한다면 체계 운용가용도는 99%를 만족할 수 있다.

위와 같이 주 운용 장비와 부 운용 장비가 구성이 다르거나 OT 등에 따라서 각각의 운용가용도 상이할 경우가 발생할 수 있다. 주 운용 및 부 운용 장비에 대한 운용가용도를 산출해서 위와 같은 식에 적용할 수 있다.

OOO 체계에서 무중단 운용되는 이중화된 플랫폼에 대한 시스템 운용가용도 산출하였다. 주 운용 플랫폼과 백업 플랫폼 각 플랫폼 운용가용도는 95.4%이다. 시스템 운용가용도하기 위해서 Eq. (10)에 적용한다면 아래와 같이 산출된다.

$$A_{system} = 1 - \left(1 - \frac{OT \times (MTTR + ALDT)}{TT \times MTBF}\right)^2$$

$$= 1 - (1 - 0.954)^2 \approx 0.9979$$

시스템 운용가용도가 99.79%로 산출되며 목표 운용가용도 99% 이상을 만족하고 있다.

이중화 체계에서 시스템 운용가용도를 적용하지 않고 신뢰도 이중화를 적용 시 체계 신뢰도(MTBF)가 3/2 증가하는 효과가 있다. Eq. (6)에 적용하면 아래와 같이 확인할 수 있다.

$$A_o = 1 - \frac{OT \times (MTTR + ALDT)}{TT \times \frac{3}{2}MTBF}$$

무중단 무기체계로 앞선 목표 운용가용도 99%로 설정한다면 TT와 OT가 큰 차이 없으므로 MTBF, MTTR, ALDT에 따라 차이가 발생한다. 그 중 체계의 신뢰도 MTBF, ALDT에 따라 운용가용도 산출값의 편차가 발생할거라 생각된다. 앞선 시스템 운용가용도로 산출할 때 보다는 리스크가 많을거라는 생각이 되고 운용 개념 등을 고려해서 시스템 운용가용도를 적용하는 것이 적정하다.

3. 결론

현대 무기체계는 첨단화 및 정밀화 등 많은 기능을 보유한 복합적인 임무를 수행하도록 개발되고 있다. 특히 무중단 무기체계가 개발 시에 중요하게 고려할 사항이 운용가용도이다. 운용가용도 증대할 수 있는 방안으로 수리부속 또는 정비대체장비를 보유하거나 이중화 설계를 할 수 있다. 그 중에서도 체계의 이중화는 장비가 하나가 고장이 나더라도 즉시 대응이 가능하고 백업하는 기간동안 수리를 해서 복구할 수 있는 시간도 고려할 수 있는 것을 연구를 통해서 확인하였다.

많은 장점을 가지고 있지만 체계를 이중화하면서 비용, 장소 등 많은 부분은 고려해야 되지만 군 운용 공백을 막을 수 있는 효과적인 방법이다. 군에 전력화된 체계들이 모두 이중화하기에는 예산, 장소 등 많은 제약사항이 발생하지만 무중단 운용되는 플랫폼에는 이중화 구조가 필요로 하다고 판단된다. 이중화 체계에 대한 시스템 운용가용도 산출 모델에 대해서 연구했다.

체계의 이중화가 수학적으로 산출하더라도 주 운용 플랫폼, 부 운용 플랫폼의 각 운용가용도가 90% 이상이며

시스템 운용가용도가 99%가 산출된다. 시스템 전반적으로 운용가용도를 극대화할 수 있다.

본 연구를 통해서 이중 체계의 운용가용도 산출 모델인 시스템 운용가용도에 대해서 연구하였고 운용가용도에 어떤 영향을 미치는지에 결과를 확인하였다. 실제 운용 개념과 맞는 운용가용도 산출 모델을 통해 무중단 운용 체계에서 이중화 설계된 플랫폼에 운용가용도를 산출하는 방안을 제시하였다.

향후에는 Inactive Standby Redundancy에서 이중화 플랫폼 전환시간 등을 고려한 방안도 연구가 필요하다.

References

- [1] DAPA, "Weapon System RAM Guidebook", p161, DAPA, Sept. 2018, pp25
- [2] Hye Lyeong Kim, Soon Heum Baek, Sang Yeong Choi, A Study on an Operational Availability Computation Model for Weapon Systems, pp18-19, MORS-K 2009. <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArticleView.kci?sereArticleSearchBean.artid=ART00140451>
- [3] DAPA, "Integrated Logistic Support Development Guideline", p376, DAPA, Jul. 2015, pp116~121
- [4] DoD 3235.1-H. 1982. Test and Evaluation of System Reliability, Availability, and Maintainability, A primer, p287, DoD, March 1982. pp 48-51
- [5] Gary A. Pryor, Methodology for Estimaion of Operational Availability as Applied to Military Systems, pp 420-428, ITEA Journal 2008. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA518378.pdf>
- [6] DoD, MIL-HDBK-338B ELECTRONIC RELIABILITY DESIGN HANDBOOK, p1046, Oct. 1988, pp334-350, pp824-826

하 윤 철(Yun Cheol Ha)

[정회원]



- 2011년 2월 : 동아대학교 전기공학 (학사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : 한화시스템 전문연구원

<관심분야>

무기체계, IPS공학, 신뢰성공학