

LCS-P 개발을 위한 무기체계 운용유지비 산출 시뮬레이션 연구

김경록^{1*}, 김희욱¹, 정준¹, 차종한¹, 정도식²

¹LIG넥스원 ILS연구소, ²네모시스 주식회사

Simulation Study on the Calculation of Weapon System's Operating Maintenance Costs to develop LCS-P

Kyung-Rok Kim^{1*}, Hee-Wook Kim¹, Jun Jeong¹, Jong-Han Cha¹, Do-Sik Jeong²

¹ILS(Integrated Logistics Support) R&D Lab, LIG Nex1

²Nemosys Co. Ltd

요약 최근 무기체계 연구개발은 획득비 중심의 종합군수지원 개념을 적용하던 시기에서 운용유지비를 포함한 총수명 주기관리 개념으로 확장 적용하고 있다. 운용유지비의 항목 및 산출식은 규정 등을 통해 정의하고 있지만, 이는 공학적 추정을 기초로 하여 실제 무기체계의 설계, 운용/정비 절차 특성을 깊이 있게 고려하지 못하고 있다. 그래서 본 연구는 이러한 부분을 보완하고 보다 정확한 운용유지비 산출을 위한 시뮬레이션 설계 방법을 제시한다. 연구 절차로는 다음과 같다. 먼저 운용유지비 항목 및 산출식을 시뮬레이션 결과를 적용 가능하도록 정의한다. 그리고 시뮬레이션 결과가 보다 현실성을 정확히 반영 가능하도록 시뮬레이션 설계 고려사항을 검토하여 개발한다. 이때 고려 사항은 무기체계 부품 목록, 운용 일정, 운용/정비/보급 시설 별 제원 정보 및 기초 비용 정보(인건비, 수리부속 / 지원 장비 구매 단가 등) 등이 있다. 이러한 연구는 기존 보다 쉽고, 정확한 운용유지비 산출에 효과가 있음을 기대한다.

Abstract Recently, the research and development of weapon systems have expanded from ILS centered on acquisition costs to LCS, including operating maintenance costs. Regulations define the provision and formula of operating maintenance costs, but this does not consider the characteristics of the design and operation/maintenance of real weapon systems based on engineering calculations. Therefore, this study suggests a simulation design method to complement these areas and produce more accurate operating maintenance costs. The research procedures are as follows. First, the provision and formula of operating maintenance costs were defined to make the simulation results applicable. Second, a simulation model was developed by reviewing design considerations so that the simulation results reflect reality more accurately. The design considerations include the PBS of weapon systems, operation schedules, specifications for operation/maintenance/warehouse facilities, and basic cost information (personnel expense and spare part/equipment cost). This study is expected to be effective in calculating the operating maintenance costs more easily and accurately.

Keywords : ILS, LCS-P, Operating Maintenance Costs, Weapon System, Simulation

*Corresponding Author : Kyung-Rok Kim(LIG Nex1)

email: kyungrok.kim@lignex1.com

Received June 5, 2020

Accepted September 4, 2020

Revised June 25, 2020

Published September 30, 2020

1. 서론

무기체계 연구개발은 많은 국방 예산이 소요되기 때문에, 무기체계 연구개발 시 항상 기능 충족과 함께 고려되는 것은 전력화 이후 유지/보수와 같은 정비시스템을 구축하는 연구를 동시에 수행하며, 이를 종합군수지원(Integrated Logistics Support, ILS)이라 한다.

최근 무기체계 연구개발은 기존 획득 단계 중심의 종합군수지원을 벗어나, 획득과 운용유지 단계 간 단절을 극복하고 연계성을 강화한 총 수명주기체계관리(Total Life Cycle Support Management, TLCSM) 형태로 확장하기 위한 많은 연구가 진행 중이다.

종합군수지원은 기존 획득 단계에서 소요되는 획득비를 중심으로 분석/관리하였다면, 총수명주기체계관리는 운용유지 단계에서 소요되는 운용유지비를 획득 단계에서부터 분석/관리하여 무기체계 총 수명 관점에서 최적의 소요 비용을 산출 가능하도록 무기체계를 연구개발하는 것이다.

이런 총 수명주기체계관리를 위해 수명주기관리계획서(Life Cycle Support-Plan, LCS-P)는 연구 범위 설정에 주된 활용이 되고, 설정된 연구 범위와 적용된 연구 현황은 주기적인 최신화를 통해 무기체계 운용유지비 관리가 가능하도록 한다.

수명주기관리계획서를 개발하기 위해 가장 중요한 것은 무기체계 설계 및 운용/정비 절차 등에 따른 운용유지비를 산출하기 위한 분석 방법이다. 운용유지비는 획득비와는 달리 확정적 상황에서 소요 검토되는 비용이 아니라, 무기체계 운용/정비 절차, 고장 빈도, 운용/정비 조건 등을 고려해야 하는 예측 비용이라 쉽게 추정하기 어렵다.

현재 국내 운용유지비 항목 및 산출식은 국방전력발전 업무훈령(2019) 및 국방부 수명주기관리계획서 가이드북(2019)에 공학적 추정을 통한 산출 방법이 기술되어 있다. 그러나 공학적 추정은 가정이 비교적 많고 실제 무기체계의 설계, 운용/정비 절차 특성을 깊이 있게 고려하지 못하여 정확성에 한계가 있다.

본 연구는 무기체계 운용유지비 산출을 위한 기존 공학적 분석 방법의 한계를 시뮬레이션을 통해 해결하고자 한다. 무기체계 설계 및 다양한 운용/정비 절차 특성을 적용 가능한 시뮬레이션 방법으로 운용유지비 산출에 보다 정확성을 높일 것으로 기대한다.

연구 절차는 시뮬레이션 결과값으로 활용 가능한 운용유지비 항목별 산출식을 수립하고, 입력되는 시뮬레이션 결과 값이 보다 현실성을 정확히 반영할 수 있도록 다양

한 시뮬레이션 고려사항을 수립 후 설계한다. 이를 통해 구현된 시뮬레이션 모델을 활용하여 운용유지비를 산출한다.

2. 관련 연구 동향

국방부 수명주기관리계획서 가이드북(2019)에서 기존 종합군수지원(ILS) 개념은 운용유지단계에서 그 활용성이 미진하다고 언급하고 있다. 이에 종합군수지원(ILS) 개념에서 확장된 통합전력운용유지(IPS, Integrated Product Support) 개념을 총수명주기관리계획서(LCS-P) 적용하여 획득 단계부터 폐기까지 지속성을 반영하도록 권고 한다. 통합전력운용유지의 주요 목적은 무기체계 설계에 반영하여 불필요한 지원요소를 감소하고, 장비 전력화와 동시에 보급되는 최적의 무기체계 지원 장비 개발 및 수명 주기 간 최적 장비 지속성을 제공하기 위한 것이다[1].

Table 1은 종합군수지원(ILS)와 총수명주기관리계획서(LCS-P)에서 적용한 통합전력운용유지(IPS) 간 개발 범위를 구분하고 있다.

Table 1. The Comparison of Development Scope for ILS & IPS

No.	ILS	IPS	Note
1	-	Product Support Management	Addition
2	Design Interface	Design Interface	N/A
3	-	Sustaining Engineering	Addition
4	Supply Support	Supply Support	N/A
5	Maintenance Planning	Maintenance Planning and Management	N/A
6	Packaging, Handling, Storage and Transportation	Packaging, Handling, Storage and Transportation	N/A
7	Technical Data	Technical Data	N/A
8	Support and Test Equipment	Support Equipment	N/A
9	Training and Training Devices	Training and Training Support	N/A
10	Manpower and Personnel	Manpower and Personnel	N/A
11	Facilities	Facilities and Infrastructure	N/A
12	Computer Resources Support	Computer Resources	N/A

이렇게 확장된 개발 범위를 바탕으로 운용유지 단계에서의 운용유지비가 효율적으로 관리될 수 있도록 획득 단계에서부터 운용유지비 산출하도록 권고하고 있으며, 공학적 분석을 포함한 다양한 연구 이루어지고 있다.

최근 총수명주기관리계획서(LCSP) 및 운용유지비 관련 연구는 아래와 같다.

정준(2019) 등은 개발단계에서 무기체계 운용유지비 예측을 위해 모수추정법 기반 상용 SW와 시뮬레이션 기반 상용 SW를 비교분석 연구를 하였다[2]. 그리고 시뮬레이션 방법론 적용 통한 다양한 활용성을 증명하였다. 그러나 상용 SW를 기반 한 연구 방식이라 기 구현된 시뮬레이션 모델을 준수하기 때문에, 시뮬레이션 모델 설계를 통한 운용유지비 산출 보다 정확성을 증명하는 차원에서 다소 설명이 부족 하다.

김영우(2019) 등은 총 수명주기체계관리(TLCSM) 개념을 국내 적용하기 위한 해외 사례를 다양한 측면에서 분석/검토하였다[3]. 다양한 해외 사례를 통한 분석을 통해 총수명주기체계관리 계획서(LCS-P) 작성 방안에 대해서도 기술되어 있다. 그러나 총 수명주기체계관리 활용 방안에 대한 설명이 주이며, 운용유지비 산출을 위한 구체적인 방안은 설명이 부족 하다.

3. 운용유지비 시뮬레이션 적용 방안

3.1 관련 규정 검토

국방전력발전업무훈령은 무기체계 운용유지비의 항목이 규정되어 있고, 이에 따른 산출식은 국방부 수명주기 관리계획서 가이드북(개정판)을 통해 일부분 추천되어 있다. 이런 규정 내 운용유지비 항목을 준수하여, 시뮬레이션 적용 가능한 운용유지비 항목의 산출식을 개발한다.

3.2 운용유지비 항목별 산출식 개발

먼저, 국방전력발전업무훈령에 규정된 무기체계 운용유지비 항목 중 시뮬레이션 적용이 필요한 항목을 선정한다. 이때 기준은 계획/비계획적인 비용여부와 직접/간접 비용여부에 따라 시뮬레이션 적용이 필요한 운용유지비 항목으로 구분하였다. 예를 들어, 무기체계 총 수명 주 기간 운용/정비 절차에 따른 비 계획 적인 비용이 아닌 확정적 계약에 따른 계약기반군지원비, 기술지원비 등과 무기체계 운용/정비 절차를 위해 필요한 직접 비용이 아닌 교육, 부대 운용비, 시설 유지비와 같은 간접비용은 시뮬레이션 결과와 상관없이 제외 하였다. 그리고 수송비

와 재고 유지비를 추가 고려하여 세부 내용은 Table 2과 같다.

이런 과정을 통해 구분된 운용유지비 시뮬레이션 적용 항목의 산출식을 정의한다. 기본 산출식 개념은 관련 규정인 국방부 수명주기관리계획서 가이드북(2019)을 참고하되, 시뮬레이션 결과를 적용가능 하도록 보정하였다. 각 운용유지비 산출식 세부 설명은 아래와 같다.

- ① 운용비 중 운용요원비(Operating Manpower Cost)는 기존 산출식에서 실제 운용 시간을 시뮬레이션을 통해 산출하도록 적용하였다. 운용 일정은 예방 정비 / 고장 정비 및 행정적 소요 시간에 따라 계획대로 추진되지 않을 수 있다. 이를 시뮬레이션을 통해 실제 운용 시간을 예측 한다.
- ② 연료비(Energy Cost)는 기존 산출식에서 목표 가용률을 적용 한 것을 실제 운용 시간을 산출하는 것으로 개선하였다.
- ③ 탄약비(Training Munitions and Expendable Stores Cost)는 기존 산출식과 동일하게 적용하되, 탄약 소모량을 계획된 수량이 아닌 운용 일정 별 소모량을 구분하여 실제 소비된 탄약 소모량을 시뮬레이션 통해 예측 후 산출한다.
- ④ 장비유지비(Equipment Maintenance Cost) 는 기존 산출식에서 정비 빈도가 아닌 실제 수리부속 소모 빈도로 개선하였다. 예방 정비 / 고장 정비 종류에 따라 교환되는 수리부속이 필요하지 않을 수도 있고, 교환된 수리부속을 수리해서 사용할지 폐기 할지에 따라 해당 비용이 달라 질 수 있다.
- ⑤ 정비요원비(Maintenance Manpower Cost)는 기존 산출식에서 정비 빈도에 따른 행정적 소요시간이 고려되지 않은 정비 시간을 고려한 것을 실제 행정적 소요시간을 정비 시간에 포함하여 예측한다. 이때, 부대-야전-창에 대해 동일하게 적용한다.
- ⑥ 지원장비 유지비(Support Equipment Maintenance Cost)는 지원장비 별 수명(고장률)을 시뮬레이션 설계 시 적용하여 실제 지원장비 교체 및 수리 빈도를 예측 후 산출한다.
- ⑦ 수송비(Transportation Cost)는 운용 부대 - 정비 시설(부대/야전/창) - 보급 시설 간 정비를 위해 무기체계 및 수리부속의 수송에 따른 비용을 산출한다. 이러한 수송비는 창정비의 군직-외주 비교 분석이나, 도입 장비의 해외 정비 나 국내 정비 비교 분석 등에 중요한 검토 기준이 된다.

- ⑧ 재고 유지비(Inventory Holding Cost)는 보급 시설 내 수리부속 보유율에 따른 비용을 산출한다. 이는 수리부속을 보급시설에 보유하여 정비 시 즉시 대응 가능 하도록 할지, 필요시 구매할지에 대한 운용유지비 및 가용도 측면의 비교 분석에 중요한 검토 기준이 된다.

Table 2의 시뮬레이션 적용 산출식에 강조(밑줄)한 것이 시뮬레이션 결과 값을 활용한다는 것이다. 그 외 비용 입력 항목은 운용유지비 산출을 위해 별도입력 한다.

4. 시뮬레이션 설계 방안

4.1 시뮬레이션 설계 시 고려 사항

무기체계 운용유지비를 산출하기 위한 항목별 산출식에 시뮬레이션 결과값을 적용한다. 이때 시뮬레이션 결과값을 보다 정확하고 정밀하게 얻기 위해 시뮬레이션 설계 시 고려 사항은 아래와 같다. 이때 고려사항은 Table 2과 같이 시뮬레이션 적용된 운용유지비 항목에 따라 운용비(①, ②, ③), 유지비(④, ⑤, ⑥) 및 기타(⑦, ⑧)로 구

Table 2. The Provision and Formula of Operating Maintenance Costs

Cost Category in Regulation		Calculation recommended in Regulation	Apply for Simulation	Calculation modified for Simulation	Note	
OPERATING COST	Operating Manpower Cost	$\Sigma(\text{No. of Operator} \times \text{Operating Manpower Cost per Class})$	O	$\Sigma(\text{No. of Operator} \times \text{Real Hour of Operation} \times \text{Operation Manpower Hourly Cost}(a) \text{ per Class})$ ※ a : Operation Manpower Annual Income / Annual Working Day	①	
	Energy Cost	$\text{Annual Planned Performance(Hour or Distance)} \times \text{Target Availability} \times \text{Vol. of Energy Consumption per Performance} \times \text{Energy Cost}$	O	$\Sigma(\text{Real Hour of Operation} \times \text{Vol. of Energy Consumption per Performance} \times \text{Energy Cost})$	②	
	Training Munitions and Expendable Stores Cost	$\Sigma(\text{Annual Shot Consumption} \times \text{Cost per Shot})$	O	$\Sigma(\text{Real Annual Shot Consumption} \times \text{Cost per Shot})$	③	
MAINTENANCE COST	Equipment Maintenance Cost	O-level	O	$\Sigma(\text{Real Spare Part Consumption Frequency} \times \text{Spare Part Cost})$	④	
		I-level				
		D-level				
	System Upgrade Cost	Contractor Logistics Support	Not Recommended	N/A	N/A	N/A
		Technical Support	Not Recommended	N/A	N/A	N/A
		Software Maintenance	Not Recommended	N/A	N/A	N/A
		Other Maintenance Support	Not Recommended	N/A	N/A	N/A
Maintenance Manpower Cost	System Upgrade Cost	Not Recommended	N/A	N/A	N/A	
SUPPORT COST	Support Equipment Maintenance Cost	Replacement	O	$\Sigma(\text{Real Replacement Frequency} \times \text{Cost per Maintenance Equipment})$	⑥	
		Repair				$\Sigma(\text{Real Repair Frequency} \times \text{Cost per Maintenance Equipment})$
		Other Support Manpower Cost	$\Sigma(\text{No. of Supporter} \times \text{Support Manpower Cost per Class})$	N/A	N/A	N/A
ETC	Sustaining Support Cost	Not Recommended	N/A	N/A	N/A	
	Facilities Sustaining Cost	$\Sigma \text{ Extent of Facility Surface} \times \text{Cost per Extent}$	N/A	N/A	N/A	
	Training Cost	Not Recommended	N/A	N/A	N/A	
	Transportation Cost	Not Recommended	O	$\Sigma(\text{Real Maintenance Frequency} \times \text{Transportation Cost})$	⑦	
	Inventory Holding Cost	Not Recommended	O	$\Sigma(\text{Real Spare Part Retention Ratio in Warehouse} \times \text{Inventory Maintenance Cost})$	⑧	

분하였다.

운영비(Operating Cost)는 운용요원의 실 근무 시간을 산출하는 것이 가장 중요하다. 이를 위해 무기체계의 계획된 연간 운용일정을 기준으로, 일정 별 무기체계/부체계의 운용 여부 및 운용 필요 대수를 세분화 한다. 그리고 계획 정비와 고장 정비를 적용한 정비 절차를 통해 실제 운용 일정의 무기체계 정비로 인한 실 운용 일정이 계획된 것에 다소 영향을 받게 한다.

이를 예시와 함께 도식화 하면 아래 그림과 같다. Fig. 1과 같이 무기체계는 운용 부대(Operation Base)에 대기하여 Fig. 2와 같이 설정된 운용 일정 별 무기체계 소요에 따라 운용을 한다. 이후 시물레이션 설계 내용에 따라 정비 시설로 무기체계가 이동/복귀한다.

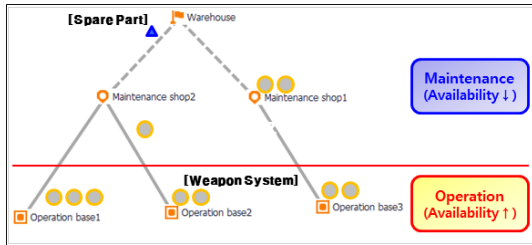


Fig. 1. Operation/Maintenance Relation Diagram

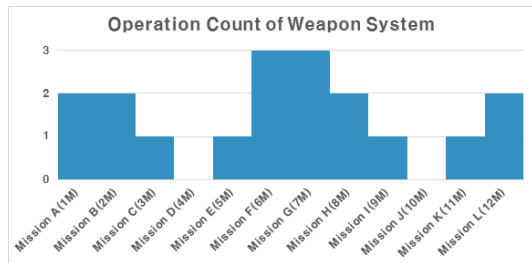


Fig. 2. Operation Schedules

유지비(Maintenance Cost)는 무기체계의 실 정비 빈도 및 시간을 산출하는 것이 가장 중요하다. 정비 빈도는 계획 정비와 고장 정비의 빈도를 합산하는데, 비계획적인 고장 정비 빈도를 정확하게 산출하기 위해서는 FTA(Fault Tree Analysis) 분석을 통해 임무필수품목을 산출하고 해당 품목 또는 특정 품목 조합의 고장 시 즉시 고장 정비로 이어 지도록 하여 고장 정비 빈도 산출을 보다 구체화 한다. 그리고 정비 시간은 순수 정비 시간 외 행정적 소요 시간을 정확하게 산출해야 한다. 이를 위해 무기체계 정비 업무별로 정비 요원 및 지원 장비를 필요 항목으로 제약하고, 보급 시설 개념을 고려하여 정비 시

정비 요원, 지원 장비 및 수리 부속이 충족되지 않으면 정비가 수행되지 못하도록 한다.

이를 예시와 함께 도식화 하면 아래 그림과 같다. Fig. 3과 같이 무기체계 FTA 분석을 수행하여 무기체계 내 정비 대상 품목을 사상 조합에 따라 임무필수품목을 선정하고, 이렇게 선정된 품목이 고장률에 따라 고장 정비 시 Fig. 4와 같이 정비 제약 조건에 따라 정비 시간 외 행정적 소요 시간이 적용된다.

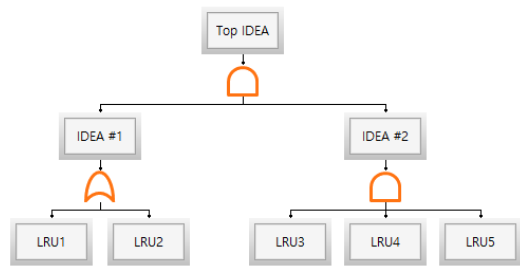


Fig. 3. Fault Tree Analysis

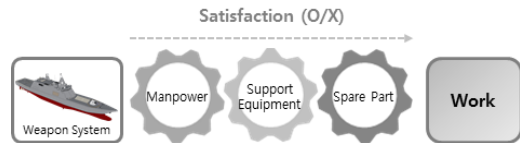


Fig. 4. The Schematic Diagram of Condition for Maintenance

기타로 수송비(Transportation Cost)는 위 운영비/유지비를 위한 시물레이션 고려 사항을 준용하되, 재고유지비는(Inventory Holding Cost)는 보급 시설 내 재고 정책(s, S)을 고려하도록 설계한다. 이때 재고 정책(s, S)은 수리부속의 보급 시설 내 수량이 주문점(s)에 도달하면, 최대량(S) 까지 주문하여 보유 하는 방법이다.

4.2 시물레이션 입력 항목

시물레이션 설계 시 고려 사항을 기준으로 수립된 시물레이션 입력 항목은 아래와 같다.

4.2.1 무기체계 PBS 정보

무기체계 예방 정비 업무, 고장 정비 판단 기준(FTA 분석)과 하부 구성품 별 제품분할구조(Product Breakdown Structure, PBS) 정보인 아이템 유형, 고장률, 정비 단계(교환/수리), 조달 시간 등을 고려해야 한다.

Table 3. Weapon System PBS Input Table

Item Lv	Item Name	Type (LRU/SRU)	Quantity	MTBF (Hr.)	Disuse (Y/N)	Replacement Shop (Lv.)	Replacement Time (Hr.)	Item Repair Shop (Lv.)	Item Repair Time (Hr.)	Order Time (Hr.)	Unit Cost (₩1,000)	Inventory Maintenance Cost (₩1,000)

예방 정비 업무는 운용 일정에 따른 운용 시간 및 거리를 정비 주기 기준으로 삼아, 예방 정비 주기에 도래 시 설정된 정비 계단에 정비 수행하도록 설계한다. 그리고 고장 정비 판단 기준은 FTA(Fault Tree Analysis) 분석을 활용하여, 운용 중 중대한 결함이 아닐 경우 운용을 유지하며, 중대한 결함 시 운용을 중단하고 즉시 설정된 정비 계단으로 고장 정비를 수행하도록 설계한다.

하부 구성품 별 아이템 유형, 고장률 및 정비 단계(교환/수리)는 고장 정비 시 활용된다. 분포를 고려한 고장률에 따라 해당 구성품의 고장 빈도가 산출되고, 이에 따라 직접 교환 혹은 상위 구성품 교환 여부를 아이템 유형을 통해 결정한다. 그리고 결정된 정비 대상 품목은 설정된 정비 계단에 정비를 수행한다. 이때 교환을 통해 고장난 하부 구성품은 폐기 여부에 따라 수리 혹은 폐기를 수행한다. 입력 양식은 Table 3와 같다.

4.2.2 무기체계 운용 일정

무기체계가 운용을 수행해야 예방 정비 및 고장 정비 시점이 산출되고, 이에 따른 군수지원을 위한 정비 절차가 수행된다. 이때 운용 일정은 OMS/MP 등을 참고하되, 각 운용 일정 별 사용하는 무기체계 장비 및 운용요원 수를 할당하여 보다 현실성이 높은 설계를 한다. 입력 양식은 Table 4과 같다.

Table 4. Operation Schedules Input Table

No.	Operation Facility	Weapon System	Vol.	Start Time	End Time	Distance (km)	Operation Man.

4.2.3 운용/정비/보급 시설 정보

무기체계 운용/정비/보급을 위한 시설 정보는 시설 별 제원과 시설 간 구조가 있다.

운용 시설에는 무기체계 배치 수, 정비 시설에는 보유한 정비요원 및 지원 장비와 같은 정비 물자, 보급 시설에는 수리부속 재고량이 관련 제원이다.

시설 간 구조는 각 시설 별 연결 흐름을 이어, 다양한

운용 시설에 배치된 무기체계가 복잡한 정비/보급 시설 관계를 설정할 수 있게 설계 한다.

각 시설 별 제원의 입력 양식은 Table 5 ~ 7과 같고, 시설별 연결 관계도는 Fig. 5와 같다.

Table 5. Operation Facility Specification Input Table

Operation Facility	Weapon System	
	Name	Vol

Table 6. Maintenance Facility Specification Input Table

Maintenance Facility	Maintenance Manpower		Support Equipment	
	Name	Vol	Name	Vol

Table 7. Warehouse Facility Specification Input Table

Warehouse Facility	Spare Part		
	Name	s	S

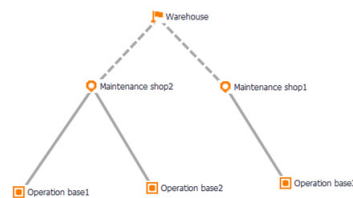


Fig. 5. Facility Connection Diagram

4.3 무기체계 운용/정비 절차

무기체계 운용/정비 절차는 Fig. 6과 같이 이뤄진다. 무기체계는 계획된 운용 일정에 따라 운용 되며, 운용 일정이 종료 될 때마다 계획 정비/고장 정비 필요 여부를 체크 한다. 단, FTA 분석 상 임무 필수 품목으로 구분된 하부 구성품 등은 운용 일정 종료 전 즉시 고장 정비를 수행한다.

예방 정비는 무기체계 전체를 관점에서 검사, 청소 등

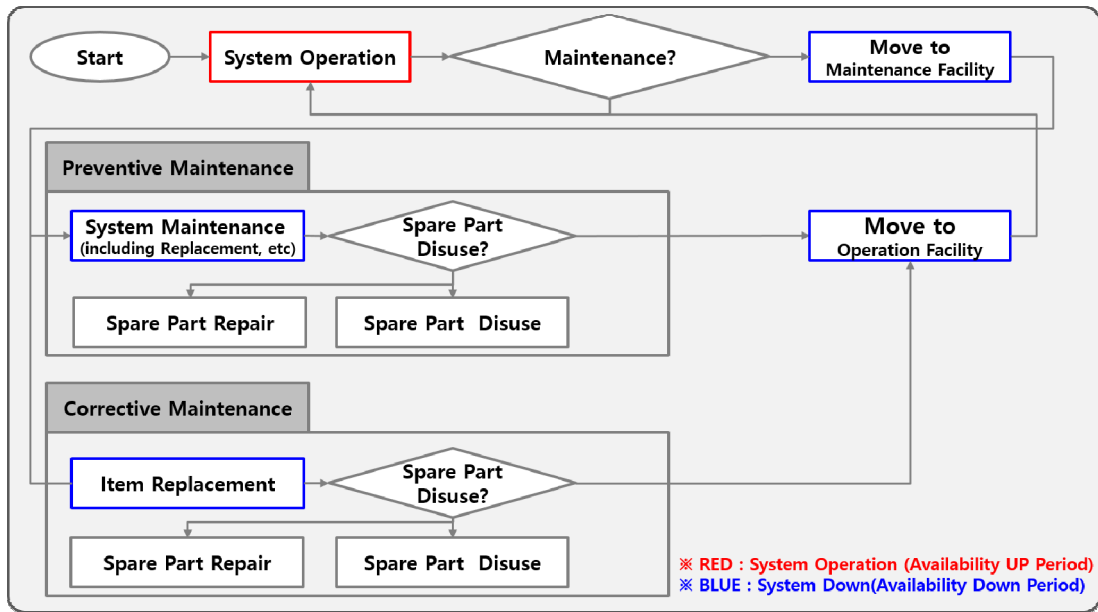


Fig. 6. Weapon System Operation/Maintenance Procedure

업무가 적용되거나 필요에 따라 하부 구성품 교환으로 수행한다. 이때 교환된 하부 구성품은 수리하여 수리 부속으로 전환되거나 폐기된다.

고장 정비는 무기체계의 고장난 하부 구성품 형태인 LRU/SRU에 따라 교환되는 구성품이 결정되고, 이를 교체한다.

즉, 고장 난 하부 구성품 형태가 LRU이면 해당 LRU를 교환하며, SRU이면 상위 LRU를 교환한다. 이때 교환된 하부 구성품은 예방 정비와 마찬가지로 수리되거나 폐기된다.

이렇게 정비된 무기체계는 운용 부대로 이동하여 계획된 운용 일정을 수행한다. 이를 시뮬레이션 실행 기간에 따라 반복한다.

5. 사례 연구

5.1 시뮬레이션 입력 항목 정의

사례 연구를 위해 무기체계 명은 'A system'으로 정하고, 무기체계 특징은 감시/탐지 체계 류로 구분하여 이에 따라 세부 내용 가정 한다.

시뮬레이션 분석을 위해 우선 무기체계 PBS 정보를 정의한다. 예방 정비는 월간/분기 단위로 각 육안 검사 및 청소를 0.5, 1시간 동안 수행하며, 고장 정비는 임무 필수 품목으로 정한 SRU 1-1 고장 시 즉시 정비로 이어지며, 그 외는 계획된 운용 일정을 완수 후 수행 한다.

무기체계 운용 일정은 운용 부대 별 무기체계 'A

Table 8. Input Table and Example For Case Study

Item Lv.	Item Name	Type (LRU/SRU)	Quantity	MTBF (Hr.)	Disuse (Y/N)	Replacement Shop (Lv.)	Replacement Time (Hr.)	Item Repair Shop (Lv.)	Item Repair Time (Hr.)	Order Time (Hr.)	Unit Cost (₩1,000)	Inventory Maintenance Cost (₩1,000)
1	A System	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	LRU1	LRU	1	4,286	Y	1	0.5	3	3.0	24	3,500	30
3	LRU1-1	LRU	1	30,000	Y	1	0.75	3	2.5	24	2,500	30
3	SRU1-1	SRU	2	10,000	N	2	1.5	-	-	48	300	30
2	LRU2	LRU	1	1,724	Y	1	0.6	3	2.0	24	4,000	30
3	SRU2-1	SRU	2	25,000	Y	2	1.3	3	3.0	48	1,500	30
3	SRU2-2	SRU	3	6,000	N	2	3.0	-	-	48	100	30

System'는 연중무휴로 9-18 시에 가동하며, 이때 필요한 운용 요원은 일정 공통으로 4명이다.

No.	Operation Facility	Weapon System	Vol.	Start Time	End Time	Distance (km)	Operation Man.
1	Operation Base1	A System	1	9	18	0	4

...

Operation Facility	Weapon System	
	Name	Vol
Operation Base1	A System	1
Operation Base2	A System	1

Maintenance Facility	Maintenance Manpower		Support Equipment	
	Name	Vol	Name	Vol
Shop1	Work1	1	Equipment Set1	1
Shop2	Work2	1	Equipment Set2	1
Shop3	Work3	1	Equipment Set3	1

Warehouse Facility	Spare Part		
	Name	s	S
Warehouse	(Total) PBS	0	1

...

Classification (Common)	Cost(W)
Operation Manpower Hourly Cost	₩ 20,000
Maintenance Manpower Hourly Cost	₩ 20,000
Transportation Cost (per session)	₩ 30,000
Equipment Cost	₩ 1,000,000

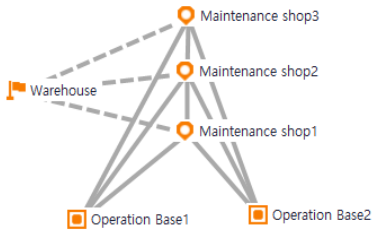


Fig. 7. Facility Connection Diagram For Case Study

무기체계 운용 시설에는 무기체계 'A System'이 시설 별 1대씩 배치되고, 정비 시설에는 시설 별 정비 수준에 따라 정비 요원 및 지원장비가 배치된다. 보급 시설에는 각 정비 시설에서 필요한 무기체계 PBS 전체 품목의 수리부속을 보유하고 있으며, 재고 정책은 (0, 1)로 공통 적용한다.

그리고 모든 시간은 정규분포를 적용한다.

기타 비용 정보를 포함한 사례 연구의 세부 정보는 Table 8 및 Fig. 7과 같이 가정 한다.

5.2 시뮬레이션 결과 항목 산출

시뮬레이션 입력 항목 통해 모델링을 구현하여, 시뮬레이션 실행기간을 10년으로 설정한 운용유지비 항목별 결과는 Table 9과 같이 산출되었다. 운용비는 무기체계 특성 상 연료비, 탄약비는 제외하고 운용요원비는 10년간 약 57억으로 소요되었다. 유지비 중 수리부속 재료비는 주로 야전 정비 대상 품목이 정비 소요가 낮기 때문에 야전에서 약 9백만원이 소요되고, 정비요원비는 부대, 야전, 창에서 각각 약 8백만, 1백만, 20만원 가량 소요되었다. 운용요원비에 비해 정비요원비 소요가 낮은 이유는 해당 무기체계 만을 연중 무휴로 가용되는 운용요원과 달리, 해당 무기체계 외 타 체계 정비까지 담당하는 정비요원은 해당 무기체계의 운용유지비를 산출할 시 당연히 차이날 수 밖에 없다. 즉 정비요원을 유지하고자 하는 전체 비용(연봉)은 특정 무기체계 운용유지비에 모두 포함되지 않고, 관련 정비 업무 수행 정도에 따라 적용한다. 그리고 지원장비 교체비는 정비 한도를 30회로 기준하여 산출하고, 수송비와 재고 유지비는 정비를 위한 무기체계 이동과 보급시설의 수리부속 보유율에 따라 산출되었다. 이때 운용가용도는 99% 이상을 유지하였다.

Table 9. Simulation Result : Operating Maintenance Costs

Cost Category in Regulation		Value(W)	
OPERATING COST	Operating Manpower Cost	₩5,747,882,130	
	Energy Cost	-	
	Training Munitions and Expendable Stores Cost	-	
MAINTENANCE COST	Equipment Maintenance Cost	O-level	-
		I-level	₩9,278,783
		D-level	-
	Maintenance Manpower Cost	O-level	₩8,264,024
		I-level	₩1,170,008
		D-level	₩190,325
SUPPORT COST	Support Equipment Maintenance Cost	Replacement	₩6,810,406
		Repair	-
ETC	Transportation Cost	₩3,858,560	
	Inventory Holding Cost	₩23,524,804	

6. 결론

본 연구에서는 LCS-P 개발을 위한 무기체계 운용유지비 산출 시물레이션 설계 방법을 제시하였다. 우선 운용유지비 항목 및 산출식을 시물레이션 결과를 반영 가능하도록 정의하고, 시물레이션 설계 시 고려사항을 식별하여 입력 항목 및 내부 알고리즘인 운용/정비 절차 등에 적용하였다.

이는 기존 공학적 분석 방법 보다 운용유지비 산출 직중률을 높이고, 시계열 분석을 통한 연차별 결과 산출을 가능하게끔 하여 무기체계 구성품 신뢰성, 계획된 운용/정비 절차 상 오류나 문제점 여부를 검토를 보다 용이하게 해준다.

향후 추가 연구로는 정비/보급 시설 내 동선 Layout 및 정비를 위한 행정적 절차를 구체화하여, 보다 현실성 있는 결과 도출을 위한 연구를 수행할 것이다.

References

- [1] Ministry of Military Defense, Life Cycle Support - Plan Guidebook, pp.33-40, 2019
- [2] J. Jeong, K. W. Lee, J. H. Cha, D. H. Choi, K. D. Park, "A Study on Comparison Analysis for Calculating of Weapon System Operation Cost at the Development Stage", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.20, No.2, pp.83-94, 2019
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.2.83>
- [3] Y. W. Kim, *A Study of Korean Army Total Life Cycle System Management(TLCSM) by analysis of foreign cases Research*, Master's thesis, Graduate School of Politics and Leadership Kookmin University, pp.22-38, 2019
- [4] K. R. Kim, J. M. Rhee, "Simulation Analysis to Optimize the Management of Military Maintenance Facility", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.15, No.5, pp.2724-2731, 2014
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.5.2724>
- [5] I. S. RYU, *A Study on the Applying Method for The Life Cycle Sustainment Plan of Weapon System Software*, Master's thesis, Graduate School of Engineering Konkuk University, pp.19-23, 2014
- [6] K. Shahata, T.Zayed, "Simulation-based life cycle cost modeling and maintenance plan for water mains", *Structure and infrastructure engineering*, Vol.9, No.5, pp.403-415, 2013
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/15732479.2011.552509>
- [7] K. R. Kim, H. Y. Yong, K. S. Kwon, "Optimization for Concurrent Spare Part with Simulation", *Journal of*

the Korea Society for Simulation, Vol.21, No.3, pp.79-88, 2012

DOI: <http://dx.doi.org/10.9709/JKSS.2012.21.3.079>

- [8] Cople, C. Denis, "A simulation framework for technical systems life cycle cost analysis", *Simulation modelling practice & theory*, Vol.18, No.1, pp.9-34, 2010
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.simpat.2009.08.009>
- [9] A. GOSAVI, SIMULATION-BASED OPTIMIZATION, Kluwer Academic Publishes, pp. 57-68, 2003
- [10] Craig C. Sherbrooke, OPTIMAL INVENTORY MODELING OF SYSTEMS, Kluwer Academic Publishers, pp.101-125, 2004

김 경 록(Kyung-Rok Kim)

[정회원]



- 2008년 2월 : 명지대학교 산업시스템공학부 (공학학사)
- 2011년 2월 : 고려대학교 정보경영공학전문대학원 정보경영공학과 (공학석사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : LIG 넥스원 선임연구원

<관심분야>

모델링&시물레이션, 체계공학, 총 수명주기비용분석

김 희 욱(Hee-Wook Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 부산대학교 산업공학과 (산업공학석사)
- 2010년 9월 ~ 2012년 12월 : 한국철도기술연구원 석사후 연구원
- 2013년 1월 ~ 2018년 8월 : LIG 넥스원 선임연구원
- 2018년 8월 ~ 2019년 10월: 네모시스(주) 책임연구원
- 2019년 10월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원

<관심분야>

RAM, 시물레이션

정 준(Jun Jeong)

[정회원]



- 2005년 2월 : 서울시립대학교 기계정보공학 (공학학사)
- 2006년 7월 ~ 2009년 6월 : 3함대 무기지원대, 해군 병기탄약창 (탄약관리)
- 2009년 9월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원

<관심분야>

부품단종, TLCSM, 시뮬레이션, 시스템공학

차 중 한(Jong-Han Cha)

[정회원]



- 2010년 2월 : 단국대학교 전자공학 (공학학사)
- 2010년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원

<관심분야>

모델링&시뮬레이션, 신뢰성물리학, 전자공학

정 도 식(Do-Sik Jeong)

[정회원]



- 2000년 2월 : 강원대학교 산업공학과 (공학학사)
- 2000년 5월 ~ 2009년 2월 : 제노시스(株) PDM/PLM 시스템 개발
- 2009년 3월 ~ 2016년 8월 : (株)카이엠 RAMS 솔루션 개발
- 2016년 10월 ~ 현재 : 네모시스(株) RAMS 시뮬레이션 시스템 개발

<관심분야>

모델링&시뮬레이션, 정보통신