

유도무기 PBL 계약을 위한 RAM-C 분석 방안 연구

송정훈*, 유지상, 김민준, 김수주
LIG 넥스원

A Study on RAM-C Analysis Method for Guide Weapon PBL Contract

Jeong-Hun Song*, Ji-Sang Yoo, Min-Jun Kim, Su-Ju Kim
LIG Nex1

요약 성과기반군수지원(PBL : Performance Based Logistics)은 군 구조개편에 따른 무기체계의 군수지원 여건 변화, 수명주기 증가 및 첨단 전자장비 수급 제한(사유 : 단종) 등의 이유로 점점 더 많은 무기체계에서 추진하고 있다. 총수명주기관리업무 훈령이 개정 되면서 RAM-C 기반의 PBL 적용이 의무화됨에 따라 PBL 계약을 위해 무기체계의 RAM-C 분석과 그 결과에 따른 PBL 적용 방안 연구가 필요하다. 본 논문에서는 국내 연구개발을 통해 개발되었고, 정비 사업을 진행 중인 OO 유도탄을 대상으로 PBL 계약을 위한 RAM-C 분석을 수행하였다. OO 유도탄에 대한 RAM-C 분석 방법은 다음과 같다. 첫 번째, 계획정비에 대한 분석을 위해 시한/시효성 품목에 대한 데이터를 활용하였다. 두 번째, 계획정비와 비계획정비의 분석을 위해 시한/시효성 품목 및 수리부속(장정비 품목) 데이터를 활용하였다. 최종적으로 RAM-C 분석 결과를 종합하여 PBL 적용 방안에 대한 방향을 제시한다.

Abstract PBL (Performance Based Logistics) is being promoted for more weapon systems due to changes in military support conditions following military restructuring, increased life cycles, and restrictions on the supply and demand of advanced electronic equipment due to discontinuance. The application of RAM-C-based PBL is mandatory due to the revision of the Total Life Cycle Management Regulation, and thus, RAM-C analysis of weapon systems for PBL contracts is necessary to determine how to apply PBL. In this paper, RAM-C analysis was performed for PBL contracts on OO-guided missiles developed by domestic R&D. The RAM-C analysis method for OO-guided missiles is as follows. To analyze preventive maintenance, we used data on time-limited/prescription items, and to analyze preventive maintenance and corrective maintenance, we used data on items subject to the development of time-limited/prescription items and depot maintenance element development. Finally, RAM-C analysis results were synthesized to devise a PBL application strategy.

Keywords : RAM-C, PBL, Depot Maintenance, The Guided Weapon, TLCSM

1. 서론

미국·영국 등 선진국들은 여러 무기체계를 운용하면서 운용유지비용과 가용도의 중요성을 인식하였고 그에 따라 획득중심의 종합군수지원(ILS, Integrated Logistics

Support)에서 획득 및 운용유지단계의 통합체계지원 (IPS, Integrated Product Support)으로 개념을 확장하여 효율적인 수명주기관리를 위해 총수명주기계획 (LCSP, Life Cycle Sustainment Plan)을 적용하고 있다. 또한, 미국에서는 보다 효과적인 군수지원을 위하여

*Corresponding Author : Jeong-Hun Song(LIG Nex1 Co. Ltd)

email : jeonghun.song@lignex1.com

Received March 28, 2024

Accepted June 7, 2024

Revised April 30, 2024

Published June 30, 2024

군 병력 및 시설축소 등 현 실정을 보완하고 민간자원을 활용하고자 성과기반군수지원 제도를 시행하고 있으며 [1], PBL 매뉴얼을 개발하여 무기체계의 PBL 적용방안 및 프로세스를 제시하고 적용하고 있다[2].

국내에서도 총수명주기비용과 가용도의 중요성을 인지하여, 2022년도 RAM-C(Reliability, Availability, Maintainability, Cost) 기반의 PBL 적용 등 총수명주기 관점의 후속군수지원 강화를 위한 총수명주기관리업무 훈령을 개정하였으며 RAM-C를 근거로 PBL 적용을 우선 반영하는 것을 명시하였다[3].

또한, 2023년도에는 성과기반군수지원 훈령에서 RAM-C 기반 PBL 사업 추진을 위한 각군/기관의 임무와 사업 추진 및 성과 지표 설정 시 RAM-C 우선 반영에 대하여 명시하였다[4].

이에 따라, RAM-C 분석의 중요성이 대두될 것으로 판단하여 분석방안과 분석도구의 검증에 대한 연구가 존재하며[5,6] 신뢰도와 운영유지비의 혼합 모형에 바탕으로 영향도를 분석하고 목표 수명을 바탕으로 신뢰도 및 수명주기비용을 고려한 신뢰도 성장관리 연구가 진행되고 있다[7]. 또한, RAM-C 비용분석 결과를 기반으로 PBL 사업비용에 활용하거나 PBL 사업의 성과지표로서 RAM-C 분석 결과를 일부 차용하는 등 PBL 제도와 RAM-C 분석결과를 연계하기 위한 연구가 진행되고 있다[8].

이렇듯 RAM-C와 PBL에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으나 아직까지는 초기단계로서 실제 적용시켜 분석 또는 운용하고 있는 무기체계의 사례는 매우 적다. 무기체계의 RAM-C 분석 사례로는 24시간 대공표적에 대한 감시를 수행하는 레이더체계 분석[8], 획득단계 RAM 설계 활동 중 이중화 구조의 설계 사항이 수명주기비용에 미치는 영향을 확인하기 위한 전투체계분석[5], 목표 가용도에 따른 운용유지비용 분석을 위한 차세대 장갑차 분석[9], 성능개량 시 수명주기비용 미치는 영향 분석을 위한 궤도형 장갑차 분석[10] 등이 있다. 또한, 방위사업청 주관 RAM-C 우선적용대상 사업으로는 구축함, 레이더, 전투체계, 헬기, 성능개량사업 등이 있다[11]. 이렇듯 RAM-C 분석 사례에 유도무기체계에 대한 연구는 아직 많지 않은 것을 확인할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 국내 연구개발을 통해 보증탄 형태로 개발되어 10년 이상 양산되고 있으며 점검 및 사격을 주기적으로 수행하고 있고, 정비사업을 진행 중인 OO 유도탄을 대상으로 유도무기 PBL 계약을 위한 RAM-C 분석방안에 대하여 연구하였다.

분석방안으로는 비용분석 S/W를 통해 첫 번째, 시한/

시효성 품목 데이터를 활용하여 계획정비(PM : Preventive Maintenance)에 대한 결과 값 산출방법을 제시하며, 두 번째, 시한/시효성 품목 및 수리부속(정비 품목) 데이터를 활용하여 비계획정비(CM : Corrective Maintenance)와 계획정비를 고려한 결과 값 산출방법을 제시하고자 한다. 결론으로 RAM-C 분석 결과를 종합하여 향후 PBL 적용 방안을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 PBL 및 RAM-C 기본개념

2.1.1 PBL 기본개념

PBL의 주요 목표는 군수품이 목표 가동률을 유지하기 위하여 소요군이 제시한 성과목표를 달성하고자 소요군과 군수지원업체 간 계약을 통해 군수지원업체가 군수지원 요소를 제공하고 수행성과에 따라 대가를 차등 지급 받는 제도이다.

PBL 계약을 수행하는 이유는 무기체계의 군 구조개편에 따른 군수지원 여건 변화, 첨단 전자장비 수급 제한 등으로 수요예측 불확실성에 따른 군의 위험부담을 경감(단중, 수리부속품 등)시키고 무기체계의 수명주기 비용 증가에 대응하는 등의 기대효과를 바탕으로 많은 무기체계에 PBL 개념을 도입하고자 하고 있다[12].

2.1.2 RAM-C 기본개념

RAM-C는 신뢰도(R), 가용도(A), 정비도(M)에 수명주기비용을 의미하는 'Cost'를 추가한 개념이다.

Fig. 1과 같이 목표하는 RAM값 범위내의 비용을 비교분석하여 최적의 절충안을 찾아내는게 RAM-C 분석의 목적이라할 수 있다.

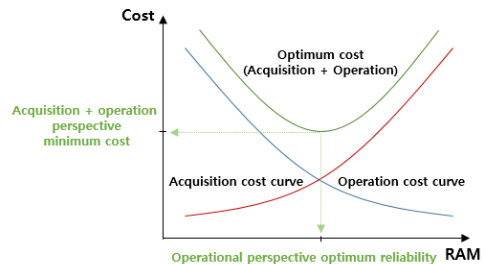


Fig. 1. RAM & Cost curve

RAM-C 분석에 있어 주요 지표인 가용도의 종류에는

고유/성취/운용가용도가 있는데 RAM-C 분석에 있어 활용되는 운용가용도와 수명주기비용을 산출하는 식은 Eq. (1), (2)와 같다.

$$A_o = \frac{MUT}{MUT + MDT} \quad (1)$$

where, MUT denotes Mean Up Time(includes Operating/Standby/Alert Time), MDT denotes Mean Down Time(includes Corrective/Preventive Maintenance Time, Administrative & Logistics Delay Time)

$$LCC = LTC + LSC + LOC + LAC \quad (2)$$

where, LTC denotes Life Termination Cost, LSC denotes Life Support Cost, LOC denotes Life Operation Cost, LAC denotes Life Acquisition Cost

RAM과 수명주기비용 목표 값에 대하여 실현 가능성을 가진 범위 내에서 최적의 값을 도출하고, 총수명주기 과정에서 지속적으로 목표 달성 여부를 확인 및 관리하는 활동인 RAM-C 분석은 기본적으로 체계특성/운용정보/지원개념/비용 정보를 활용하여 수행한다. 이를 통해 소요기획단계(탐색개발)부터 전 수명주기 동안 비용 추적과 절감을 위해 RAM을 연계하여 관리의 주요수단으로써 활용할 수 있다.

RAM-C 분석을 수행함으로써 전력화 이후 안정적인 후속군수지원 보장을 위한 PBL 성과지표로 활용할 수 있으며, 수명주기비용 최적화, 운용유지비(폐기 비용 포함) 절감 효과를 얻을 수 있다.

2.2 RAM-C 분석

본 연구에서는 RAM-C 분석을 위해 체계의 RAM 특

성, 지원 체계 특성, 운용 특성 등을 고려하여 분석을 수행할 수 있는 OPUS Suite(상용 소프트웨어)라는 분석 도구를 사용하였다.

본 연구에서는 대상 무기체계에 대하여 정기적으로 수행하는 표본검사와 향후 수행하게 될 정비사업을 고려하였으며, PBL 계약 과정을 위하여 두 가지 모델링 분석방안을 제시하고자 한다.

첫 번째 분석방안으로는 정비에 대한 경험적 데이터가 존재하고 표본검사 또는 정비 비용에 대하여 검사 및 정비 비용 등을 추산 가능한 경우에 사용할 수 있는 방안으로 시한/시효성 품목과 정비이력 등을 바탕으로 소프트웨어의 계획정비(PM) 모델을 사용하는 방법이다.

Table 1. Input data for RAM-C analysis

Classification	Input Data
System Operation Plan	Total operating time of the system
	Target operating availability
	Mission type
	Life cycle sustainment plan
Operation Information	Sample inspection period
	Overhaul period
	Number of target item
Support Information (Maintenance and Logistics)	Station
	Maintenance support unit
	Failure rate
	Supply chain plan
	Maintenance range
Cost Information	Empirical maintenance data
	Maintenance time
	Ration of price increase parts
	Unit price by overhaul item
	Unit price by limited life item, shelf lift item
	Overhaul price
	Sample inspection price
	Maintenance worker labor costs
	Wage growth rate
	Item storage cost
Transportation cost	
PBL cost	

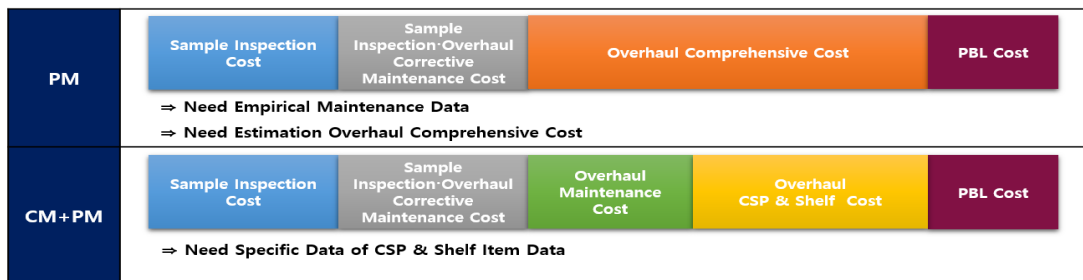


Fig. 2. Cost structure of modeling methods

두 번째 분석방안으로는 정비 대상품목의 고장율과 정비이력 등 구체적인 정보를 바탕으로 PBL 수행 시 필요한 초기 수리부속품과 비용을 예측하고자 소프트웨어의 계획정비(PM)와 비계획정비(CM) 모델을 혼용하여 사용하는 방법으로 입력 데이터는 Table 1과 같으며, 모델링 방안에 따른 비용 구조는 Fig. 2와 같다.

2.3 RAM-C 분석 수행

첫 번째, 계획정비 모델에 대하여 연도별 정비 및 표본검사의 수량과 계획 등을 입력 데이터로 적용하여 분석을 수행하였다.

OPUS10 분석 결과는 Fig. 3으로 정비 및 표본검사 수행결과 가용도가 98%로 산출되었다. SIMLOX 분석을 통하여 Fig. 4와 같이 한 시점에 정비를 수행하는 것이 아닌 분산하여 임무 전력공백을 최소화할 수 있는 정비 시나리오를 산출하였으며, CATLOC을 통하여 Fig. 5와 같은 비용 결과와 구조를 분석하였다.

정비이력을 바탕으로 산정한 포괄적인 금액추정치를 입력하였고, 시한/시효성 품목에 대해서 창(DEPOT)에서 구비하고 있다는 가정 하에 RAM-C 분석을 수행하였으며, 그 결과 C/E-Curve 최적 결과는 Fig. 3과 같이 하나의 점으로 산출되었다.

본 방법은 유도무기의 PBL 계약을 위한 초기 단계 또는 가용도와 비용이 중요할 때 적용 가능한 방법으로 사료된다.

두 번째, 대상 품목에 대하여 구체적인 정보와 입력 데이터를 추가 적용하여 분석을 수행하였다.

OPUS10 분석을 통한 결과는 Fig. 6과 같으며, 본 결과에는 C/E-Curve의 14번째 점에서 정비 및 표본검사 수행의 최적 값인 99.7% 가용도 지점을 기반으로 Fig. 7과 같은 초기수리부속품을 산출하였다. 또한, SIMLOX 분석을 통해 정비와 표본검사 수행 최적화가 가능하였으며, CATLOC을 통하여 Fig. 8과 같은 비용 결과와 구조를 분석하였다.

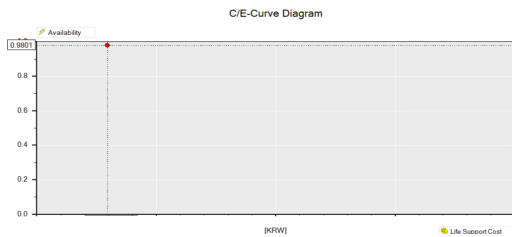


Fig. 3. Result of preventive maintenance OPUS10 (C/E-Curve)

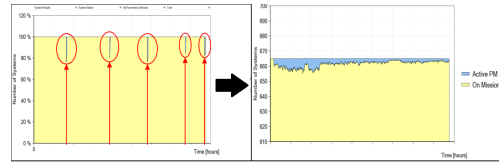


Fig. 4. Result of preventive maintenance SIMLOX

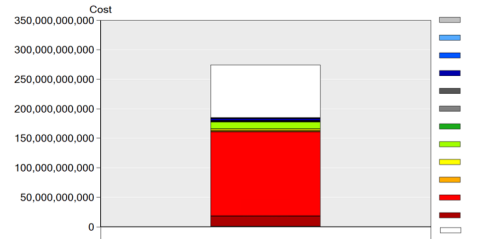


Fig. 5. Result of preventive maintenance CATLOC

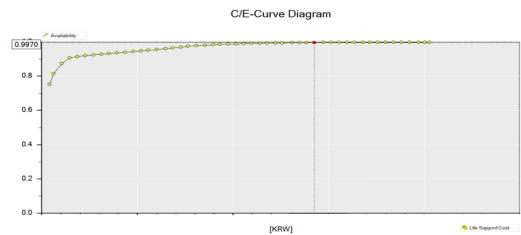


Fig. 6. Result of preventive & corrective maintenance OPUS10(C/E-Curve)

POINT	ID	DESCR	EPRC	STKSZ
P-Point identifier	Item identifier	Description	Effort-unit price	Stock size
36	14		100000.00	0
37	14		53141.00	1
38	14		50739.00	1
39	14		52221.00	1
40	14		59.00	2
41	14		3695515.00	0
42	14		2862383.00	0
43	14		1476228.11	0
44	14		882458.68	2
45	14		2501176.67	1
46	14		100000.00	1

Fig. 7. Preventive & corrective initial spare parts

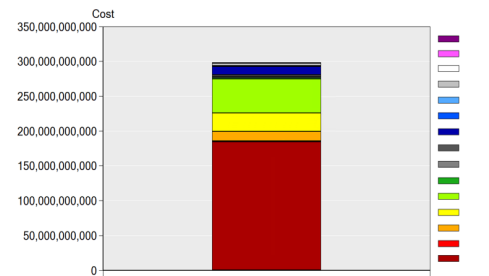


Fig. 8. Result of preventive & corrective maintenance CATLOC

Table 2. RAM-C modeling for PBL contract

Method	For PBL Contract		
	Pros	Cons	Application case
Preventing Maintenance Method	<ul style="list-style-type: none"> - Simple modeling - Possible for initial data 	<ul style="list-style-type: none"> - Unable to calculate specific repair items, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Early stages of contract(business) - Estimation of business cost and cost structure - Operational availability
Preventing + Corrective Maintenance Method	<ul style="list-style-type: none"> - Able to calculate specific repair items, etc. - Able to analyze & estimate performance goals 	<ul style="list-style-type: none"> - Complex modeling - Not possible in case of lack of maintenance history and data 	<ul style="list-style-type: none"> - Progressive contract & business - Achieving various or pecific performance goals

대상품목에 대한 구체적인 신뢰도 데이터 및 비용, 조달기간(Lead Time) 등을 적용하여 가용도에 따른 C/E-Curve를 산출하였으며, 분석 결과를 활용하여 다양한 PBL 계약 조건을 제시할 수 있다.

본 방법은 유도무기의 PBL 계약을 위하여 가용도, 비용 및 초기수리부속품 등 다양한 성과지표를 파악하고 계약을 수행하고자 할 때 도움이 될 것으로 사료된다.

2.4 RAM-C 분석결과와 PBL 적용방안

RAM-C 분석결과에 대한 PBL 적용방안으로 초기 계약 시점 및 대상품목의 구체적인 데이터 확보 이전에는 계획정비 모델을 이용한 분석 결과를 사용할 수 있을 것으로 사료된다. 계획정비 모델을 사용하였을 경우 비교적 간단한 모델링만으로도 비용을 산출할 수 있으나, 구체적인 수리부속품 종류나 개수에 대한 결과는 산출할 수 없다는 단점이 있다. 반면, 정비이력 및 대상품목에 대한 구체적인 데이터가 확보되었을 시점에는 PBL 계약 시 성과지표 측면에서 다양한 조건을 제시하기 위해서 계획정비와 비계획정비 모델이 혼용된 방법을 사용할 수 있다. 이 방법을 사용한다면 필요한 수리부속품 종류/수량 뿐만 아니라 비교적 구체적인 비용구조 항목에 대한 산출값을 얻을 수 있다는 장점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 위 두 가지 방법을 유도무기 PBL 계약을 위한 RAM-C 분석 방안으로 제시하며 Table 2의 내용과 동일하다.

3. 결론

본 논문에서는 유도무기 PBL 계약을 위한 RAM-C 분석 방안을 제시하였다. 유도무기의 구체적인 기초 데이터의 확보 이전에는 계획정비를 활용한 모델링이 보

다 간단하고 빠르게 결과를 추산할 수 있으며 초기계약 단계에서는 이를 용이하게 적용 가능 할 것으로 생각된다. 하지만 데이터의 상세 수준 및 정확도가 증가한다면, 비계획정비/계획정비 모델을 적용한 RAM-C 분석 결과를 통해 PBL 계약에 포함될 성과지표를 다양하게 산출할 수 있을 것으로 판단된다. 제시한 2가지 방법 중에서 어떤 방법을 적용하여 분석할 것인지 판단하는 것은 기초 데이터 수준과 수행중인 사업의 상황에 따라 체계지원관리자(PSM)가 선택할 수 있는 방법으로써 제시한다.

RAM-C 분석 결과를 PBL에 적용했을 때의 장점은 소요군이 목표로하는 가용도 범위내에서 여러 가지 대안을 제안할 수 있다는 점이다. 목표가용도를 충족하기 위해 구비되어야하는 수리부속품 수량을 비용대비 비교해볼 수 있고, 전수검사와 같이 많은 수량의 계획정비에 대해 가용도 저하없이 수행할 수 있도록 하는 정비시기를 시뮬레이션을 통해 산출해 낼 수 있다. 그러나 입력 데이터 값이 충분하지 않고 데이터의 신뢰성이 낮다면 결과값을 현실에 적용했을 시 RAM-C 기반의 PBL 계약에 차질이 생길 수 있을 것이다.

본 연구에서는 PBL 계약 시 RAM-C 분석 수준에 따라 적용할 수 있는 모델링 분석방법을 제시하였으며, IPS 관점에서 RAM-C 분석을 바탕으로 PBL 계약 연계를 위한 연구를 수행하였다.

앞으로 유도무기 뿐만 아니라 다양한 무기체계가 첨단화 및 진보화 됨에 따라 총수명주기 비용, 정비성 등의 관점이 부각될 것으로 보인다. 분석 방안과 결과를 보았을 때 무기체계에 대한 데이터 수집 및 연계가 중요하기 때문에 각군/기관/업체의 역할 분담 및 데이터 최신화/검증 방안에 대하여 지속적인 협의와 고민이 필요하다.

References

- [1] Reliability, Availability, Maintainability, and Cost Rationale Report Manual, Department of Defense, USA, 2009.
- [2] Performance Based Logistics (PBL) Guidebook, Department of Defense, USA, 2016.
- [3] Regulation of Total lifecycle management, Ministry of National Defence, Korea, 2023.
- [4] Regulation of Performance based logistics, Ministry of National Defence, Korea, 2023.
- [5] A. M. Jung, H. J. Kim, H. J. Kim, S. B. Park, "A Study on the RAM-C Analysis for Optimization of Life Cycle Cost of Weapon System", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.23, No.9, pp.185-192, 2022.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2022.23.9.185>
- [6] H. S. Kim, J. W. Hur, "Verification of the RAM-C Analysis Tool Using the OPUS Suite", *Journal of Applied Reliability*, Vol.20, No.1, pp.9-18, 2020.
DOI: <https://doi.org/10.33162/JAR.2020.3.20.1.9>
- [7] K. R. Kim, K. W. Lee, J. Jeong, J. H. Cha, "A Study on RAM-C Growth Management by Calculating Operation and Maintenance Cost of Weapon System", *Journal of Applied Reliability*, Vol.21, No.2, pp.155-163, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.33162/JAR.2021.6.21.2.155>
- [8] S. J. Jung, J. S. Ha, H. J. Do, J. S. Kim, "PBL system linkage plan using RAM-C analysis tool according to the total life cycle management task enactment", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.24, No.2, pp.67-73, 2023.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.2.67>
- [9] W. S. Jeon, "Life Support Cost Analysis based on Next Generation Infantry Armoured Vehicle", *KIMST Annual Conference Proceedings*, Korea Institute of Military Science and Technology, Jeju, Korea, pp.1711-1712, 2022.
- [10] K. Y. Lee, Y. Kim, S. J. Bae, "Life Cycle Cost Decision Making to RAM-C Analysis Case Study for CV90 Track Change", *KIMST Annual Conference Proceedings*, Korea Institute of Military Science and Technology, Jeju, Korea, pp.1446-1447, 2023.
- [11] S. J. Han, Proposed improvement measures to enhance the effectiveness of RAM-C work. [Internet]. DQS magazine [cited 2023 Feb 16], Available From: <https://www.dtaq-media.kr/content/DQS-%EB%A7%A4%EA%B1%B0%EC%A7%84> (accessed Feb. 15, 2023)
- [12] J. S. Lee, S. K. Sonh, "Strategic operational plan of Performance based Logistics(PBL) contracts", *Defense & Technology*, No.446, pp.44-61, 2016.

송 정 훈(Jeong-hun Song)

[정회원]



- 2014년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : LIG넥스원 IPS연구소 선임연구원

<관심분야>

PBL, RAM-C, 창정비

유 지 상(Ji-Sang Yoo)

[정회원]



- 2021년 2월 : 금오공과대학교 산업공학과 (공학학사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : LIG넥스원 IPS연구소 선임연구원

<관심분야>

PBL, RAM-C

김 민 준(Min-Jun Kim)

[정회원]



- 2020년 2월 : 한국해양대학교 조선해양시스템공학과 (공학학사)
- 2022년 2월 : 한국해양대학교 조선해양시스템공학부 (공학석사)
- 2022년 3월 ~ 현재 : LIG넥스원 IPS연구소 선임연구원

<관심분야>

PBL, RAM-C, 창정비, M&S

김 수 주(Su-Ju Kim)

[정회원]



- 2019년 2월 : 금오공과대학교
기계시스템공학과 (공학학사)
- 2021년 2월 : 금오공과대학교
기계공학과 (공학석사)
- 2023년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원
IPS연구소 연구원

〈관심분야〉

PBL, RAM-C, CBM+