Journal of the KNST

2023; Vol.6, No.4; pp. 420-426

ISSN: 2635-4926

https://doi.org/10.31818/JKNST.2023.12.6.4.420

Check for updates

Received: 2023/11/06
Revised: 2023/11/17
Accepted: 2023/12/18
Published: 2023/12/31

*Corresponding Author:
Yangwoo Seo
PGM Integrated Product Support R&D Lab,
LIG Nex1, 255, Pangyo-ro, Bundang-gu,
Seongnam-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea
Tel: +82-31-326-9255
Fax: +82-31-326-9001
E-mail: yangwoo.seo2@lignex1.com

Abstract

체계지원분석은 최적의 체계지원 요소를 식별하여 구체화하는 활동이다. 이때 시스템 공학 기법을 적용한 수명주기관리계획서를 관리하여야 한다. 본 논문은 통합체계지원에서의 체계지원분석 적용 방안을 제시하였다. 체계지원분석 사례 적용 시 상용 컴퓨터를 설정하였다. 우선, 상용 컴퓨터의 일반 분해 목록을 작성하여 체계지원분석의 기초자료를 수집하였다. 이후 군수지원분석 계통도, 고장 유형 영향 및 치명도 분석, 신뢰성 중심 정비 분석, 정비업무분석, RAM matrix 및 군수지원분석 요약자료를 작성하였다. 또한, 체계지원분석의 개선된 프로세스를 제시하였다.

Product support analysis is an activity that identifies and shapes up the optimal product support elements. At this time, the life cycle management plan applying systems engineering should be managed. This paper presented a method of applying product support analysis in integrated product support. A case of product support analysis was applied to a commercial computer. First, a general breakdown list of a commercial computer was prepared to collect basic data for product support analysis. After that, logistic support analysis control number family tree, failure mode effects and criticality analysis, reliability centered maintenance, maintenance task analysis, RAM matrix and logistic support analysis summary were prepared. Also, an improvement process for product support analysis was presented.

Keywords

능력(Capability),
통합체계지원(Integrated Product Support),
체계지원분석(Product Support Analysis),
총수명주기관리(Total Life Cycle System Management),
시스템 공학(Systems Engineering)

통합체계지원에서의 체계지원분석 적용 방안

Study on the Application of Product Support Analysis in Integrated Product Support

서양우[1*], 김현서[2], 김성범[2], 최우식[2]

[1]LIG넥스원 PGM IPS연구소 수석연구원
[2]LIG넥스원 PGM IPS연구소 연구원

Yangwoo Seo[1*], Hyeonseo Kim[2], Seongbum Kim[2], Wooshik Choi[2]

[1]Chief research engineer, PGM Integrated Product Support R&D Lab, LIG Nex1
[2]Research engineer, PGM Integrated Product Support R&D Lab, LIG Nex1

1. 서론

무기체계의 획득 전략(acquisition strategy)은 전력(force) 지원 중심에서 능력(capability) 지원 중심으로 변화되고 있다[1,2]. 군사력 감축 및 국방 예산 축소의 환경에 대응하여 국내에서도 수명주기 전 단계에서의 총수명주기관리(TLCSM, total life cycle system management) 업무를 도입하여 추진하고 있다[3].

통합체계지원(IPS, integrated product support)이란 군수물자의 요구사항에 대한 최적의 군수 전략을 수립하기 위한 통합 및 반복된 접근방법이다[4]. 이때 체계지원분석(PSA, product support analysis)은 개발 대상체계의 요소들을 통합하고, 배치 및 운용유지 단계에서의 최적의 체계지원 요소를 식별하여 이를 구체화한다. 체계지원분석 결과를 활용하여 통합체계지원의 요소들을 도출하게 된다[5]. 체계지원 전략은 총수명주기 동안 무기체계의 획득 및 운용유지 단계를 통합하여 지속성을 유지해야 한다. 이에 따라, 효과적인 군수 획득을 위해서 시스템 공학(systems engineering) 및 관리 프로세스가 적용된다[6]. 운용 중인 군수물자를 지원하는 유지공학(sustainment engineering)이 적용되어 수명주기관리계획서가 최신화된다. 현재 국내에서는 위 프로세스를 정착하기 위한 다양한 활동을 수행하고 있지만, 구체적인 지침의 부재로 인한 규정 및 지침을 발전시켜야 하는 실정이다.

따라서, 통합체계지원에서 가장 핵심 활동인 체계지원분석을 충실히 수행하여 통합체계지원의 최적의 군수 소요를 도출해야 한다. 비

© 2023 Korea Society for Naval Science & Technology

용 효과적으로 무기체계를 획득 및 운용하기 위해서는 무기체계 및 전력지원체계가 연관성을 갖고 개발을 수행해야 한다. 이때, 체계적이고 통합된 체계지원분석이 가장 효율적인 방안 중 하나라고 할 수 있다.

이에 따라, 본 논문은 통합체계지원에서의 체계지원분석 적용 방안을 제시한다. 또한, 체계지원분석에 대한 개선된 프로세스를 제시한다.

2. 체계지원분석

2.1 정의

체계지원분석은 무기체계 수명주기간에 걸쳐 지원요소를 확인, 정의, 분석, 정량화, 처리하는 활동이다. 무기체계 획득관리 업무의 전 단계에서 주장비의 지원체계 구축에 필요한 정보를 제공한다. 군수지원분석은 해당 무기체계의 운용유지비용을 최적화하는 동시에 운용 시 지속적인 지원이 이루어질 수 있도록 시스템 공학 기법을 활용하는 통합체계지원 업무 수행의 실체적 활동을 말한다[7]. 미 국방부에서는 지원성 목표를 충족시키기 위한 해당되는 활동에 대해 선택 및 조정하는 체계지원분석 프로세스 및 관련 활동을 제시하고 있다[8]. 체계지원분석 프로그램을 수행하기 위한 일반 요구사항은 Table 1과 같이 구분하고 있다[9].

Table 1. Activity description to product support analysis

No.	Activity
1	Product support analysis management, surveillance and control
2	Supportability objectives
3	Preparation and evaluation of alternatives
4	Determination of product support resource requirements
5	Product operational management
6	Suitability assessment

체계지원분석은 체계지원 소요의 최적화, 불가동시간의 최소화, 지원체계의 단순화, 운영유지 비용의 최적화를 목표로 설정하여 수행한다. 이는 능력 기반의 군수물자가 지속적으로 개발 및 관리되어 지속성을 유지하는 것이 목표가 된다. 체계지원분석에는 일반 분해 목록, 군수지원분석 계통도, 고장 유형 영향 및 치명도 분석, 신뢰성 중심 정비분석, 정비업무분석, RAM matrix, 군수지원분석 요약자료 등이 있다.

2.2 수행 절차

체계지원분석은 아래 절차에 따라 진행된다. 본 논문에서는 방위사업청에서 제공하는 LOADERS SW를 적용하여 체계지원분석을 수행하였다.

(1) 체계지원분석 대상 품목 선정
(2) 일반분해목록 작성
(3) 군수지원분석 계통도 작성
(4) 고장 유형 영향 및 치명도 분석
(5) 신뢰성 중심 정비 분석
(6) 정비업무분석
(7) RAM matrix 작성
(8) 군수지원분석 요약자료 작성

3. 사례 분석

3.1 체계지원분석 대상 품목 선정

체계지원분석은 도면이 확보된 상태에서 신뢰도 예측 업무가 선행되어야 체계지원분석이 가능하다. 도면분석을 통한 신뢰도 예측은 본 논문에서 제외하며, 체계지원분석 대상 범위를 상용 컴퓨터로 설정하였다.

3.2 일반분해목록 작성

군수지원 분석대상품목 기준으로 체계지원분석 관련 정보를 작성하였다. 분석 대상 품목에 대한 정비특성을 반영하여 체계지원분석 대상 품목을 1레벨 1개, 2레벨 3개, 3레벨 9개, 4레벨 3개로 Table 2와 같이 선정하였다.

3.3 군수지원분석 계통도 작성

군수지원분석 관리번호를 할당하여 물리적인 관계를 고려한 군수지원분석 계통도를 작성하였다. 군수지원분석 관리번호에 대한 조립 수준에 기반한 tree 형태로 작성하였다. Table 3는 데스크탑에 대한 군수지원

분석 계통도 결과 예시이다. 근원, 정비 및 복구성 부호(SMR, source maintenance and recoverability)를 부여하여 품목의 보급원, 정비 내용 및 복구성 특성을 반영하였다. 근원, 정비, 복구성 부호가 PAFDD인 경우는 중앙조달 획득 저장되는 품목으로 야전정비 단계에서 품목이 교환되고, 완전히 수리 및 복구 가능한 최저 정비수준은 창정비 단계를 의미한다.

3.4 고장 유형 영향 및 치명도 분석

고장 유형 영향 및 치명도 분석 기준[10]에 따른 분석대상품목에 대한 고장 유형을 설정하고, 영향을 분석한 후 치명도 분석을 수행하였다. 더불어 고장 탐지에 따른 조치방법을 기술하여 단계별 정비정책을 수립하였다. Table 4는 케이스에 대한 고장 유형 영향 및 치명도 분석 결과 예시이다.

3.5 신뢰성 중심 정비 분석

신뢰성 중심 정비 논리를 적용[11]하여 예방정비 수행 시 필요한 업무를 도출하였다. 이때 고장 유형 영향 및 치명도 분석 결과와 기(旣)운용 경험 데이터를 활용하여 예방업무의 최적의 소요를 도출하였다. Table 5는 데스크탑에 대한 신뢰성 중심 정비 분석 결과 예시이다.

Table 2. Selection of items to product support analysis for a commercial computer

No.	Level	LCN	Item name	Part no.
1	1	D	Computer	Not applicable
2	2	DE	Desktop	Desktop-A
3	3	DEAA	Central processing unit	i5-10400F
4	3	DEAB	Random access memory	DDR4 8GB PC4-25600
5	3	DEAC	Graphics card	GeForce GT730 D3 4GB
6	3	DEAD	Fan cooler	GAMER STORM TF120S BLACK
7	3	DEAE	Solid state drive	S700 Series 500GB TLC
8	3	DEAF	Power supply	HYDRO G PRO 850W 80PLUS Gold Full Modular
9	3	DEAG	Optical disc drive	GH-24NSD1
10	3	DEAH	Case	CARBIDE SERIES 100R Window Edition
11	4	DEAH01	Cover	CARBIDE Cover
12	4	DEAH02	Frame	CARBIDE Frame
13	4	DEAH03	Thumb screws	#6-32 PC Case Philips Black
14	3	DEAJ	Motherboard	MTD6508
15	2	DF	Mouse	G304 Lightspeed wireless
16	2	DG	Keyboard	K380

Table 3. LCN(logistic control number) family tree (example)

LCN FT	LCN	ALC	Item name	Ref no.	FGC	SMR
DE 00 Desktop Desktop-A 0101 PAOFF DEAH 00 Case CARBIDE SERIES 100R Windows Edition 0101 PAOFF	DEAA	00	Central processing unit	i5-10400F	010101	PAFDD
	DEAB	00	Random access memory	DDR4 8GB PC4-25600	010102	PAFDD
	DEAC	00	Graphics card	GeForce GT730 D3 4GB	010103	PAFDD
	DEAD	00	Fan cooler	GAMER STORM TF120S BLACK	010104	PAFDD
	DEAE	00	Solid state drive	S700 Series 500GB TLC	010105	PAFDD
	DEAF	00	Power supply	HYDRO G PRO 850W 80PLUS Gold Full Modular	010106	PAFDD
	DEAG	00	Optical disc drive	GH-24NSD1	010107	PAFDD
	DEAJ	00	Motherboard	MTD6508	010109	PAFDD

Table 4. Failure mode effects and criticality analysis (example)

EIAC	LCN	ALC	Type	FR	MB	Item name
Computer	DEAH	00	P	12.09	O	Case

FMI	Failure mode	Failure cause	Failure/damage effect			Failure mode detection method	Compensating operator actions provisions
			Local	Next higher	End item		
FAAA	Cover fault	Deformation or breakage due to external shock, vibration	No impact on functional performance on the case	No impact on functional performance on the computer	No impact on mission performance	Visual check	Fault isolation method: Technical Manual
FAAB	Frame fault						

FMI	MPC	SHSC	FEP (β)	FMR	FR	OT	Cm	Cr
FAAA	B	4	1	0.02	12.09	8,760.00	2,118.48	13,240.52
FAAB	B	4	1	0.105	12.09	8,760.00	11,122.04	–

Table 5. Reliability centered maintenance (example)

EIAC	LCN	ALC	Type	MTBF	MB	Item name
Computer	DE	00	P	12295.1	O	Desktop

FMI	SI	RCM logic results																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
FAAA	F	Y	N						N	Y																
FAAA	F	Y	N						N	Y																

FMI	Maint. req	Maintenance task description	Inspection interval	Task LCN	Task code	Task name
FAAA		Check for desktop	1(D)	DE	AAOFEAA	Visual check
FAAB		Service for desktop	6(T)	DE	CPOFEAA	Removal of foreign substances

3.6 정비업무분석

정비업무분석 기준[12]에 따른 식별된 정비업무 수행 시 필요한 소요인원, 정비시간, 정비절차, 수리부속품, 시험장비 및 공구 등을 도출하였다. Table 6는 SSD 교환에 대한 정비업무분석 결과 예시이다.

3.7 RAM matrix

신뢰도·정비도·가용도의 값을 정리한 매트릭스로 각각의 척도에 대한 값을 산출하여 정리하였다. Table 7은 데스크탑에 대한 RAM matrix 결과 예시이다.

3.8 군수지원분석 요약자료 작성

군수지원분석 대상품목에 대한 기능, 형상, 정비수준, 정비업무 형태, 보급방법, 지원장비 품목 등을 정리하였다. Table 8은 데스크탑에 대한 체계지원분석 요약자료 결과 예시이다.

4. 개선된 체계지원분석 프로세스 제시

체계지원분석은 무기체계의 지원성 효과를 극대화하는 방법의 실체이다. 통합체계지원 업무를 수행함에 있어서 RAM 분석을 수행한 후 체계지원분석에 진입하

Table 6. Maintenance task analysis (example)

EIAC	LCN	ALC	Type	Item name
Computer	DEAH	00	P	Solid State Drive

Task code	Task ID	FGC/WUC	MET (hour)	MMH	AOR	MB	TF
HGFFEAA	Replacement of solid state drive	010105	P	0.667(P)	8760	O	0.00438

Sub task	Seq	E	Description	Person ID	SSC	MMM	MET (minute)
100			Preliminary procedure				5.000
	10	R	Remove the cover.	ABA	111D	5.000	
				ABB	111D	5.000	
200			Removal				5.000
	10	D	Warning	ABA	111D	5.000	
	20	D	Turn off the computer and perform maintenance.	ABB	111D	5.000	
	30	E	Remove the cable connected to the SSD.				
	40	E	Remove the SSD from the computer to loosen four screws using a cross screwdriver.				
300			Installation				5.000
	10	E	Install the SSD on the computer by tightening four screws using a cross screwdriver.	ABA	111D	5.000	
	20	E	Connect the SSD to the cable .	ABB	111D	5.000	
400			Subsequent procedure				5.000
	10	S	Install the cover.	ABA	111D	5.000	
				ABB	111D	5.000	

Task provisioned item								
LCN	ALC	Item Name	Ref no.	CAGE	QPT	UM	ICC	SMR
DEAE	00	Solid state drive	S700 Series 500GB TLC	9062F	1.00	EA	X	PAFDD

Test equipments and tools					
Ref no.	CAGE	Part name	QPT	UM	ICC
720P2X15	S4179	Screwdriver, Crosstip, #2 (6 mm, 15 mm)	1.00	EA	N

Table 7. Reliability availability maintainability matrix (example)

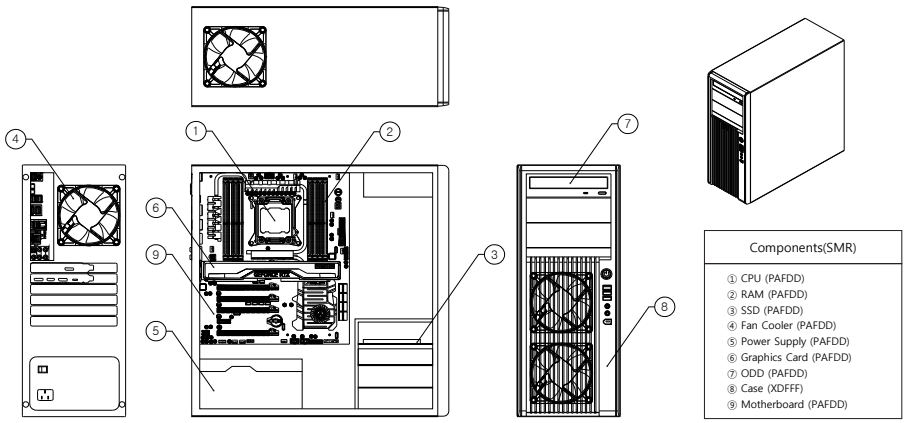
EIAC	LCN	ALC	Type	Item name	FR (10^6)	RAM ind code	Conv factor
Computer	DEAH	00	P	Desktop	81.33	P	1.0

FMI	Failure mode	FMR (α)	Unscheduled(corrective) maintenance						
			LCN	ALC	AOR	Task code	Task identification	TF	ET
FAAA	CPU fault	0.043	DEAA	00	8760	HGFFEAA	CPU replacement	0.03064	0.167
FAAB	RAM fault	0.003	DEAB	00	8760	HGFFEAA	RAM replacement	0.00049	0.167
FAAC	Graphics card Fault	0.015	DEAC	00	8760	HGFFEAA	Graphics card replacement	0.01102	0.167
FAAD	Fan cooler fault	0.521	DEAD	00	8760	HGFFEAA	Fan cooler replacement	0.09274	0.167
FAAE	SSD fault	0.006	DEAE	00	8760	HGFFEAA	SSD replacement	0.00438	0.167
FAAF	Power Supply fault	0.123	DEAF	00	8760	HGFFEAA	Power supply replacement	0.08760	0.167
FAAG	Optical disc drive fault	0.123	DEAG	00	8760	HGFFEAA	Optical disc drive replacement	0.08760	0.167
FAAI	Motherboard fault	0.017	DEAJ	00	8760	HGFFEAA	Motherboard replacement	0.01210	0.167

RAM parameter		
MTBF	MTTR	MTBPM
12,295.10	0.37	0.017

Table 8. Logistic support analysis summary (example)

EIAC	LCN-IN	FGC	LCN	ALC	Ref no.
Computer	B	0101	DE	00	Desktop-A
CAGE	**Item Name**	**SMR**	**MTBF**		**Pride code**
9062F	Desktop	PAOFF	12,295.10		A



LCN	ALC	Item name
DE	00	Computer

Item characteristics and function	Maintenance concept	Design change required	Similar item maintenance concept	Special tools and test equipments	Configuration changes/ OIP item
It is a high-speed automatic calculator using electronic circuits that can be widely used, such as automatic control, data processing in management languages, in addition to number calculations	· Unit Maintenance – Check for Computer [AAOFEAA] – Service for Computer [CPOFEAA] – Replacement of Computer [HGOFEAA] · Field Maintenance – Replacement of Central Processing Unit [HGFFEAA] – Replacement of Random Access Memory [HGFFEAA] – Replacement of Graphics Card [HGFFEAA] – Replacement of Fan Cooler [HGFFEAA] – Replacement of Solid State Drive [HGFFEAA] – Replacement of Power Supply [HGFFEAA] – Replacement of Optical Disc Drive [HGFFEAA]	Not applicable	Not applicable	Not applicable	Not applicable

게 된다. 체계지원분석 결과에 따라 12대 요소인 체계지원관리부터 지원정보체계까지의 결과물이 도출된다. 따라서, Fig. 1과 같이 체계지원관리에서 지원성 요구사항에 따라 체계지원분석을 수행하여 나머지 요소개발 항목을 도출하는 프로세스를 제시한다.

이 때, 체계지원관리에서 무기체계의 운용 및 정비개념을 반영한 체계지원분석의 범위 및 기준을 설정하고, 사업적 특성을 반영한 성능, 비용 및 일정을 고려한 체계지원분석 결과물을 도출하는 것을 권고한다. 또한, 체계지원관리요소에서 시작하여 설계반영 및 유지관리 요소를 주축으로 하여 나머지 9항목의 요소를 개발하는 순서로 진행하도록 한다.

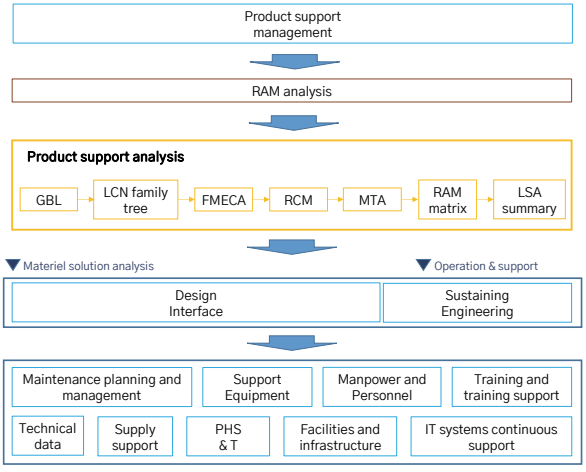


Fig. 1. Supportability analysis life cycle framework

5. 결론

본 연구에서는 상용 컴퓨터에 대한 일반 분해 목록을 작성하여 체계지원분석의 기초자료를 수집하였다. 군수지원분석 계통도, 고장 유형 영향 및 치명도 분석, 신뢰성 중심 정비 분석, 정비업무분석, RAM matrix, 군수지원분석 요약자료를 작성하였다. 이에 따라, 군수지원 고려사항에 대한 설계반영을 통해 군수지원 소요의 최적화를 달성할 수 있다. 운용유지단계에서 지속유지를 위한 최적의 정비정책이 수립되어 정비개념에 따른 군수물자의 보급정책도 결정되었다. 최종적으로는 수명주기관리계획서를 통해서 장비 운용가용도 유지 및 수명주기비용 관리가 가능하다.

본 논문은 통합체계지원에서의 체계지원분석 적용방안을 제시하였다. 무기체계 개발에 상용품 적용이 확대되는 추세에 따라 상용품 체계지원분석 수행 시 가장 일반적인 참고자료로 활용 가능하다. 향후 성과기반군수지원, 상태기반정비 등의 정비정책을 수행할 때 체계지원분석과의 연계성을 고려한 적용방안을 제시할 필요가 있다.

참고문헌

[1] DoD Annual Report, “Performance of the Defense Acquisition System,” Under Secretary of Defense, Acquisition, Technology and Logistics, Department of Defense, p. 13, 2016.
[2] DoD Directive 5000.01, “The Defense Acquisition System,” Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment, Department of Defense, p. 4, 2020.
[3] ROK MND Instruction No. 2779, “Total Life Cycle System Management,” ROK Ministry of National Defense, p. 9, 2023.
[4] Army Regulation 700-127, “Logistics, Integrated Product Support,” Headquarters Department of the Army, pp. 55-56, 2018.
[5] DoD Instruction 5000.91, “Product Support Management for the Adaptive Acquisition Framework,” Under Secretary of Defense for Acquisition and Sustainment, Department of Defense, Section 4: General Product Support Procedures over the Program’s Life Cycle, p. 4, 2021.
[6] DoD Instruction 5000.02, “Operation of the Defense Acquisition System,” Under Secretary of Defense for Acquisition, Technology and Logistics, Department of Defense, pp. 87-94, 2017.
[7] DAPA Manual 2021-7, “Product Support Analysis Work for Weapons System,” Defense Acquisition Program Administration, p. 5, 2021.
[8] MIL HDBK 502A, “Product Support Analysis,” Department of Defense, pp. 5-46, 2013.
[9] TA STD 0017, “Product Support Analysis,” TechAmerica Standards & Technology Department, pp. 5-46, 2012.
[10] MIL STD 1629A, “Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis,” Department of Defense, Task 101: Failure Mode and Effects Analysis, pp. 1-8, 1980.
[11] MIL HDBK 2173, “Handbook for Reliability Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment,” Department of Defense, pp. 15-30, 1998.
[12] MIL STD 470, “Maintainability Program for Systems and Equipment,” Department of Defense, pp. 27-37, 1989.