Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 20, No. 9 pp. 247-254, 2019

https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.9.247
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

장비 설계 시 정비복잡도를 활용한 현실적인 초기 정비시간 및 정비도(MTTR) 예측방법

신상희*, 이학재, 황성국, 김무영, 권기상
(주) LIGNex1

A Practical Method for Predicting Initial Maintenance Time To Repair (MTTR) Using Maintenance Complexity in Equipment Design

Sang-Hee Shin*, Hak-Jae Lee, Seong-Guk Hwang, Moo-Young Kim, Ki-Sang Kwon
LIGNex1 Co. Ltd

요 약 최근 군수장비를 설계함에 있어 개발 초기부터 장비의 신뢰도, 정비도, 정비시간 등 운용 유지에 대한 많은 관심을 보이고 있다. 그렇기 때문에 사용자 및 개발자 모두 정비시간을 고려한 설계에 대한 중요성을 강조한다. 본 논문에서는 설계 초기에 기존 방식인 MIL-HDBK-470A에서 제공하는 표준 정비 시간이 아닌, 장비의 접근 복잡도등 현실적인 정비시간을 예측하는 것에 대한 구체적인 방법론을 연구하였으며, 정비 복잡도라는 척도를 사용하여 시간변환계수를 적용하였다. 또한, 해당 결과물을 이용하여 기 개발된 장비의 실측 정비시간과 시간변환계수가 적용된 지연시간을 반영한 현실적인 정비시간을 비교/검증하여, 해당 데이터의 신뢰성을 검증해 보았다. 향후 장비 설계 시 정비도 목표값 설정 및 정비도 산출을 위한 연구에서, 초기 실 장비에 대한 정비 시간을 측정하지 못하는 장비의 정비시간을 보다 현실적인 정비시간으로 반영하고, 연구 및 설계반영 활동 등을 통하여 정비시간을 단축하여, 운용 유지 비용 등을 줄일 수 있는 활동 등을 수행할 수 있을 것으로 기대한다.

Abstract Recently, in designing military equipment, considerable attention has been paid to maintaining operations, including reliability, maintenance, and maintenance time of equipment, from the early stages of development. Therefore, both users and developers stress the importance of design considering the maintenance time. This study evaluated the specific methodologies for predicting the realistic maintenance time, such as the access complexity of equipment, other than the standard maintenance time provided by the conventional method mil-hdbk-470a at the beginning of the design, and applied the time conversion factor using a measure of the maintenance complexity. In addition, the actual maintenance time reflecting the actual maintenance time of the developed equipment and the time-conversion factor applied was compared/verified to confirm the reliability of the data. In a study to set a target for repair and the repair of equipment design in the future, it is expected that the maintenance time of equipment that fails to measure the maintenance time for the initial actual equipment will be reflected as a more realistic time. Moreover, activities, such as research and design reflection activities, will be performed to reduce the maintenance time, operational maintenance cost, etc.

Keywords : ILS(Intergrated Logistic Support), MTTR (Maintenance Time To Repair), Maintenance Complexity, Time Conversion Factor, Delay Time

*Corresponding Author : Sang-Hee Shin(LIGNex1 Co. Ltd)
email: sanghee.shin@lignex1.com
Received July 1, 2019 Revised August 2, 2019
Accepted September 6, 2019 Published September 30, 2019

1. 서론

무기체계가 복잡하고 고가화 되면서 운용유지의 중요성이 강조되고 있다. 이에, 장비 개발 시 운용유지를 위한 정비시간 예측 및 정비업무를 개발하게 되는데, 이 과정에서 정비도라는 개념을 사용하게 된다. 정비도란 정비빈도와 정비시간에서 산출되는 정비성 평가를 위한 지표이다. 주어진 시간 내에 수리를 할 수 있는가 판단하는 정량적 기준이며, 기준에 따라 설계변경, 정비개념 설정, 정비지원장비 개발의 판단 적 근거로 활용할 수 있다.

논문연구에 앞서 기존 연구결과를 분석해 보면, (Zhou and Ding, 2011)는 정비업무와 정비성 간 상관관계 분석을 실시하였으며. (LU and SUN, 2009)는 가상현실을 이용한 항공기의 정비성 평가를 실시하였는데, 7가지 정비성 요소에 대한 체크리스트 평가를 실시하였다. 항공기 2종으로 정비성 평가 및 결과를 비교하였다.

본 논문에서는 두가지의 요소를 통해 개발 시 초기 정비시간을 예측하고, 해당 정비시간을 줄이거나, 설계변경 등을 통한 운용유지 효율성을 향상시킬 수 있는 토대를 만들 수 있을 것으로 기대하고 있다. 정비복잡도를 산출하여, 설계 시 정비시간을 예측하고, 시간변환계수를 활용하여 실측 정비시간과, 도면검토 등 설계자료를 통한 정비시간을 비교하여 실질적 정비시간을 초기에 예측하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 기존 연구

먼저 해당 연구를 위한 기존 연구에 대한 기초데이터 및 정보 분석을 수행하였다. 기존 연구 중 정비성을 평가하는 데에 여러 방법들을 확인하였다.

첫 번째로, 정비 업무와 정비성 간의 상관관계를 분석한 기존 자료를 분석하여 실제 정비 행위별 정비성 요소에 대한 정량화 및 업무 식별에 대한 구체화가 필요하다고 판단하였다.

Figure. 1을 보면 정비 업무에 대하여 단계별로 상세하게 구분하여 해당 업무에 대한 Grade를 부여하였는데, 해당 Grade에 대한 정량적 판단 근거가 없어 시험평가 등 검증 시 해당 내용에 대한 정확한 정보를 전달 할 수 없었다. 해당 업무에 대한 실제 정비를 수행해 보기 전에는 해당 업무의 난이도나 시간을 예측하기 어렵기 때문이다.

Num	Maintenance tasks	product maintainability analysis factors						
		1	2	3	4	5	6	7
1	preparation	0	0	1	0	0	0	0
2	approaching	4	0	0	3	3	0	4
3	detection	4	3	0	3	3	4	3
4	failure isolation	3	4	0	4	1	4	3
5	decomposing	4	4	1	3	4	0	4
6	replacement	4	4	4	4	3	0	4
7	installation	4	4	0	3	3	3	4
8	Trimming	4	4	4	4	4	1	4
9	Handling	3	3	0	0	4	3	4
10	repairing	4	4	3	1	3	0	4

Product Name: meteorological radar			Num:			Maintenance levels Outfield			
NUM	Mark Number of MT	MT Name	MP Name	Classification	Object	MA			
						Factor	Correlation	Evaluation	grade
1	MT-WR-1	Replacing control box	Removing low-frequency plug	decomposing	control box	Accessibility	3	4-bad	32
2	MT-WR-2	Replacing transceiver	Opening the flap and getting in	Approaching	Front equipment bay	Accessibility	3	3-middle	27
3	MT-WR-2	Replacing transceiver	Removing low-frequency plug	Decomposing	Front equipment bay	Accessibility	4	4-bad	36
4	MT-WR-3	Replacing signal box	Opening the flap and getting in	Approaching	Front equipment bay	Accessibility	3	3-middle	18
5	MT-WR-4	Replacing power filter box	Opening the flap and getting in	approaching	Front equipment bay	Accessibility	3	3-middle	24

Fig. 1. Maintenance Research

두 번째, 가상현실을 이용한 항공기의 정비성 평가를 확인하였다. 이 방법은 가상현실에서 정비업무 수행 및 정비 방해요소 개수를 통해 정비 접근성의 정량화, 정비 시 신체 부위 별 정비자세 만족도 평가 등을 수행하였다. 해당 정비성 평가는 가상현실 속에서 정비에 영향을 미치는 요소에 대해서는 상세하게 구현할 수 있지만, 실제 정비 시간에 대해서는 MIL -HDBK-470A 및 MIL-STD-1472G 등을 참고해야 한다.

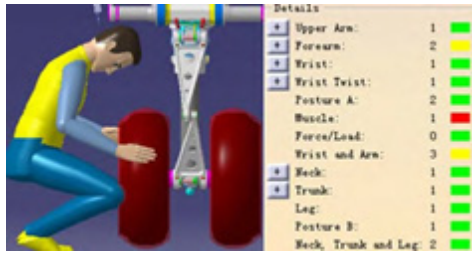


Fig. 2. Maintenance Research by AR/VR

2.2 연구 방법

본 논문은 기존 연구의 기초데이터 분석에 있어 초기 정비도 분석을 위한 MIL-HDBK-470A 데이터 값의 현실화에 있다.

따라서 연구 방법에 대한 순서는 다음과 같다.

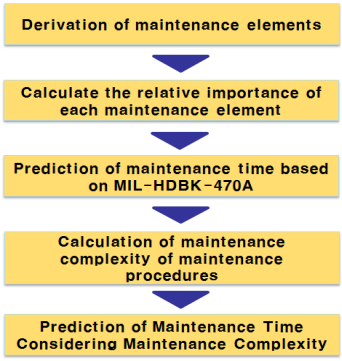


Fig. 3. Research Process

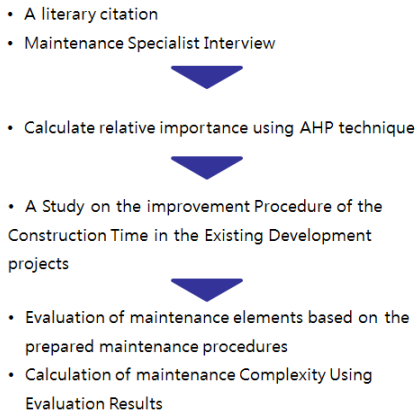


Fig. 4. Research Process procedure

Fig. 3. Research Process를 보면 먼저 정비 요소를 도출하고, 정비요소에 대한 상대적 중요도를 산출한다. 또한 상대적 중요도에 따라 정비복잡도를 산출하게 된다.

MIL-HDBK-470A을 기반을 두어 정비시간을 예측한 후 정비 복잡도를 반영한 현실적인 정비시간을 반영하여 초기 정비도를 산출 할 수 있다.

Fig. 4. 에는 Fig. 3. Research Process에 대한 세부 내용을 간략히 정리하였다.

2.2.1 초기 정비시간 예측

무기체계 개발 시 설계간 정비시간을 예측하는 방법은 도면 등 설계 자료를 활용하여 정비절차(Task) 작성 및 정비절차에 대한 시간을 MIL-HDBK-470A를 기반으로 예측한다. 이는 설계 간 과도한 정비시간을 예방하고, 운용유지 효율성을 고려한 설계변경 등을 수행하기 위한 지표로 쓰이며, 이후 실물 제작 시 MTA 수행을 통하여 실측 정비 시간과의 갭차를 줄이기 위한 방법으로 활용할 수 있다.

2.2.2 정비복잡도를 고려한 정비시간 예측

2.2.2.1 정비성 요소 도출

정비성 요소를 도출하기 위해 정비성 평가와 관련된 기존연구 및 문헌 8건을 조사하여 공통적으로 사용되는 정비성 요소를 도출하였다. 전문적인 의견을 수렴하기 위해 정비 분석 전문가 인터뷰를 통해 정비업무 시간에 영향을 미치는 요소를 6가지로 도출하였다.

No.	Maintenance element	Definition
1	Accessibility	Ease of access to maintenance targets
2	Standardization	Level at which maintenance method and tools are standardized
3	Modularization	Ease of maintenance due to modularity
4	Identification	Provide suitable identifiers for improved serviceability
5	Tools	Suitable using tools
6	Maintenance Safety	Safety assurance level for technicians and equipment

Fig. 5. Maintenance Element

2.2.2.2 정비성 요소 별 상대적 중요도 산출

본 논문에서는 AHP(Analytical Hierarchy Process) 기법을 사용하여 6가지 정비성 요소에 대한 상대적 중요도를 5점 척도로 평가하였다. AHP 기법을 사용하기 위하여 정비 분석 전문가 10명을 선정하였는데, 해당 전문가는 현업에서 정비를 수행하고 계시는 경력 20년 정도의 준위, 원사 2명, 당사에서 ILS 업무를 수행하는 경력 10년 이상의 수석/선임급 연구원 6명, 주장비를 개발하는 수석급 연구원 2명, 개발품질팀 수석 1명, ILS연구소 팀장 1명으로 총 10명이 선정되었다.

Professional Field	Number of people	index
Mechanic engineer	2	
ILS Researching engineer	6	
Product engineer	1	
Quality engineer	1	
Manager	1	

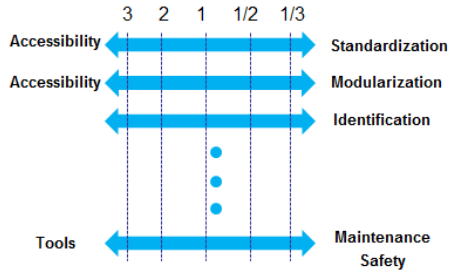
Fig. 6. Specialist personnel organization

전문가 집단에게 AHP를 위한 정비성 요소 설문을 수행하였고 해당 내용은 Fig. 7 과 같다.

	Questions	Critical (3 Point)	Important (2 Point)	Normal (1 Point)	Not Important (1/2 Point)	Ignore (1/3 Point)
1	How much more important is Accessibility than Standardization ?		2.00			
2	How much more important is Accessibility than Modularization ?			1.00		
3	How much more important is Accessibility than Identification ?				0.50	
4	How much more important is Accessibility than Tools ?		2.00			
5	How much more important is Accessibility than Maintenance safety ?				0.50	
6	How much more important is Standardization than Modularization ?				0.50	
7	How much more important is Standardization than Identification ?				0.50	
8	How much more important is Standardization than Tools ?			1.00		
9	How much more important is Standardization than Maintenance safety ?					0.33
10	How much more important is Modularization than Identification ?					0.33
11	How much more important is Modularization than Tools ?					0.33
12	How much more important is Modularization than Maintenance safety ?					0.33
13	How much more important is Identification than Tools ?		2.00			
14	How much more important is Identification than Maintenance safety ?					0.33
15	How much more important is Tools than Maintenance safety ?					0.33

Fig. 7. Specialist Survey (sample)

정비 분석을 통해 Fig 8 의 비교행렬표를 통하여 가중치를 산정하였고, 상대적 중요도에 대한 척도를 다음과 같이 산정하였다.



	Accessibility	Standardization	Modularization	Identification	Tools	Maintenance Safety
Accessibility	1.00	2.33	1.44	1.36	2.25	1.36
Standardization	0.43	1.00	0.62	0.87	1.41	0.70
Modularization	0.70	1.62	1.00	0.96	1.49	1.19
Identification	0.73	1.15	1.04	1.00	2.06	1.23
Tools	0.45	0.71	0.67	0.49	1.00	0.66
Maintenance Safety	0.73	1.44	0.84	0.81	1.51	1.00

No.	Maintenance element	Relative Importaced
1	Accessibility	**0.248**
2	Standardization	0.126
3	Modularization	0.178
4	Identification	**0.183**
5	Tools	0.102
6	Maintenance Safety	0.162

Fig. 8. Importance calculation(AHP)

상대적 중요도 산출결과에서는 정비성에서는 정비를 수행하기 위한 대상의 접근성과 정비대상에 대한 식별성이 높은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

2.2.2.3 MIL-HDBK-470A을 이용한 표준정비시간 기반 정비시간 산출

기 개발된 사업의 기술자료 검토를 통하여 장비의 총 정비시간을 산출하였다. MIL-HDBK-470A에 명시된 정비별 표준정비시간을 기준으로 작성하였으며, 해당 정비 내용은 A사업의 부대, 야전정비대상품의 교환, 수리 TASK 15개, B사업의 부대, 야전정비 TASK 231개를 참조하여 작성하였다.

Maintenance Procedure	Standard Time			
	Mode	Qant (ea)	Time (std) (min)	T Time (min)
1. Remove the two screws securing the timer using a screwdriver.	Standard Screws Remove	2	0.16	0.32
2. Pull the timer forward to disconnect the connector of the wiring from terminal 1.	Taperpin Remove	1	0.07	0.07
2. Pull the timer forward to disconnect the connector of the wiring from terminal 2.	Taperpin Remove	1	0.07	0.07
4. Remove the timer from the power distribution system.	Modules Remove	1	0.09	0.09
			Total Time	**0.55**

Time Standard Number	Description	Standard Times Remove (min.)	Replace (min.)	Interchange (min.)
	FASTENERS			
1	Standard Screws	0.16	0.26	0.42
2	Hex or Allen Type Screws	0.17	0.43	0.60
3	Captive Screws	0.15	0.20	0.35
4	DZUS (1/4 Turnlock)	0.08	0.05	0.13
5	Tridair Fasteners	0.06	0.06	0.12
6	Thumbscrews	0.06	0.08	0.14
7	Machine Screws	0.21	0.46	0.67
8	Nuts or Bolts	0.34	0.44	0.78
9	Retaining Rings	NA	0.27	NA
	LATCHES			
10	Drawhook	0.03	0.03	0.06
11	Spring Clip	0.04	0.03	0.07
12	Butterfly	0.05	0.05	0.10

TABLE D-IV. Element Maintenance Ations
(MIL-HDBK-470A Appendix D.)

Fig. 9. Maintenance Standard Time

2.2.2.4 정비복잡도 산출

총 246개의 TASK(정비절차)를 대상으로 위에서 산출된 6가지의 정비성 요소를 전문가 설문을 통해 정성적 평가를 수행하였다.

해당 전문가는 상대적 중요도를 산출하기 위해 구성된 10명의 전문가(fig. 6 참조)가 수행하였고, 해당 설문에 대한 내용은 Fig.10 Maintenance Complexity 와 같이 Checklist를 활용하였다.

Fig.10 에 대한 상세 설명은 다음과 같다.

각 설문 문항에 10점 만점의 점수를 부여하고, 평가에 대한 평균점수를 합산한 결과를 보여준다(Average score). 이 점수에 상대적 중요도(Relative importance)를 곱하여 가중치가 적용된 평가 점수를 산출한다(Average

score - add to R.i).

가중치가 적용된 6개의 요소별 평가점수(Average score - add to R.i)를 모두 더한 후, 평가 척도인 10으로 나누어 정비복잡도를 계산하였다.

각 TASK를 기반으로 정비성 요소별 평가척도를 부여하고, 해당 점수를 기반으로 정량적인 요소의 평균점수와 가중치를 산출하여 정비복잡도를 산출할 수 있었다.

Maintenance element	Checklist	Average score (standard deviation)	Relative Importaced	Average score (add to R.i)
Accessibility	C1. Is the maintenance area visible to you regardless of everything else? C2. Is there a place for easy use of hands or tools during maintenance? C3. Is it easy to visualize what to do during maintenance? C4. Are there enough room for operators to access areas where maintenance is required?	3.20 (0.92)	0.248	0.795
Standardization	C1. Can it be serviced with general tools? C2. Is the repair method of the fastener and connectors unified? C3. Is the maintenance method standardized?	5.30 (0.95)	0.126	0.677
Modularization	C1. Is the maintenance item modularized and easy to perform?	2.70 (0.67)	0.178	0.482
Identification	C1. Is identifiers provided for easy maintenance? C2. Does the organization provide information effectively using letters or colors? C3. Can the identity of the maintenance position be understood intuitively?	1.60 (0.70)	0.183	0.293
Tools	C1. Can the identity of the maintenance position be understood intuitively? C2. Do the tools required for maintenance require no special skills?	4.10 (0.88)	0.102	0.429
Maintenance Safety	C1. Does the maintenance ensure the safety of the technician and ensure effective maintenance? C2. Is there no safety factor for technicians due to equipment failure during maintenance	3.40 (0.84)	0.162	0.552
			Maintenance Complexity	0.321

Fig. 10. Maintenance Complexity

2.2.2.5 실측 정비시간과 MIL-HDBK-470A를 적용한 표준정비시간과의 비교

MTA (Maintenance Task Analysis) 및 시험평가를 통한 실측 정비시간과 표준정비시간의 차이를 비교하여 각 Task 별 지연시간을 분석하였다. 표준정비시간은 장비의 복잡도 및 정비성을 고려하지 않기 때문에, 실제 정비 시 소요되는 시간과 차이가 있으며, 이 논문의 목적인 개발 초기에 실측 정비시간을 예측하기 위한 차이를 확인하기 위함이다. 분석 결과 각 Task 별 정비시간에는 차이가 있었고, 정비 절차 시 접근, 인원 등 정비의 난이도에 따라 조금씩 차이를 보이고 있었다.

Task name	Real Time(T Measure)	470A Time(T standard)	Delay Time
TASK A.	103	33,54	69,46
TASK B.	78	33,1	44,9
TASK C.	3,5	1,12	2,38
TASK D.	39	21,54	17,46
TASK E.	38	22,67	15,33
TASK F.	23	19,57	3,43
TASK G.	38	26,05	11,95
TASK H.	49	37,55	11,45
TASK I.	13	6,43	6,57
TASK J.	10	5,6	4,4
TASK K.	13	9,96	3,04
TASK L.	105	14,17	90,83
TASK M.	28	15,83	12,17
TASK N.	28	20,22	7,78
TASK O.	49	31,44	17,56

Fig. 11. Maintenance Time Comparison and Delay Time

이 차이를 줄이기 위한 노력으로 이 논문은 정비복잡도 및 변환 계수를 산출하는데 목적을 두고 있다.

3. 연구 결과

기 개발된 장비 데이터를 이용하여, 장비 개발 초기 실측장비가 없을 때 MIL-HDBK-470A standard time을 이용한 정비시간과 장비에 대한 실측 정비 시간에 대한 차이를 줄이기 위한 노력으로 정비복잡도(π_c)를 적용한 결과는 다음 결과와 같다.

각 항에는 현실적인 정비시간 예측을 위한 세부 항목들을 제시하였다.

3.1 π_c (Maintenance Complexity Factor)

위 연구방법의 내용과 같이 전문가 집단의 AHP 기법을 사용한 정비성 요소의 상대적 중요도를 산출하여 각 요소별 평가점수, 상대적 중요도 가중치를 곱한 총 합을 정비복잡도로 산출하였고, 그 값은 0.321로 산출하였다.

3.2 π_s (Time Conversion Factor)

시간변환계수는 초기 정비도를 예측할 때, 표준정비시간을 분석한 값에 해당 계수를 곱하여 현실적인 실측 정비시간으로 환산하기 위한 값이다.

기 개발된 사업들의 정비 Task중 246개의 실측정비시간과 표준정비시간(분석값)으로 수집하였고, 각 정비시간 간의 차이를 지연시간으로 분류하였다. 지연시간에 대한 수식은 다음과 같다.

$$T_{(Measure)} = T_{(Standard)} + T_{(Delay)}$$

where $T_{(Measure)}$ = Actual Maintenance Time
$T_{(Standard)}$ = MIL-HDBK-470A standard time
$T_{(Delay)}$ = Delay Time

$$T_{(Delay)} = T_{(Standard)} \times \Pi_{(S)} \times \Pi_{(c)}$$

where $T_{(Standard)}$ = MIL-HDBK-470A standard time
π_s = Time Conversion Factor
π_c = Maintenance Complexity Factor

해당 수식의 지연시간에 대한 수식을 시간변환계수로

정리하면

$$\pi_s = (T_{(Measure)} / T_{(Standard)} - 1) / \pi_c$$

위의 방법으로 다수 사업사례에 대해 π_s의 값을 획득하였고, 그 값은 0.969089 로 산출하였다.

3.3 초기 정비도 예측을 위한 현실적 정비 소요시간 산출방안

개발 중인 장비의 초기 정비시간 및 MTTR을 산출하기 위하여 다음과 같은 수식을 적용할 수 있다.

$$T = T_{Standard} + T_{Add}$$

where T = New Product Actual Maintenance Time
$T_{(Standard)}$ = mil-HDBK-470a standard time
$T_{(Add)}$ = Add Time

해당 수식을 적용하기 위하여 정비 복잡도를 고려한 추가시간을 구하는 수식은 다음과 같다.

$$T_{Add} = T_{Standard} \times \Pi_C \times \Pi_s$$

여기에서 다음 계수를 수식에 적용하여 추가시간을 계산한다.

π_c (정비 복잡도 계수) : 0.321

π_s (시간변환계수) : 0.969089

해당 수식에 대한 검증내용은 다음과 같다.

Development Equipment				Maintenance Complexity	Time Conversion Factor
				D	E
	A	B	C	0.321	0.969088868
Task Name	Real Check Time (T Measure)	Standard Time (T standard)	Delay Time		
Power Supply Repair	103.00	33.54	69.46	10.76634	6.451588934
Switching Hurb Repair	78.00	33.10	44.9	10.6251	4.22584258
Timer Repair	3.50	1.12	2.38	0.35952	6.619937695
EMI Filter Repair	39.00	21.54	17.46	6.91434	2.525186786
Cable Repair	38.00	22.67	15.33	7.27707	2.106617086
Power Control Switch	23.00	19.57	3.43	6.28197	0.546007065
Switch Assembly Repai	38.00	26.05	11.95	8.36205	1.429075406
SBC Repair	49.00	37.55	11.45	12.05355	0.949927615
Antena Repair	13.00	6.43	6.57	2.06403	3.183093269
Fan Assembly Repair	10.00	5.60	4.4	1.7976	2.447708055
Indicator Repair	13.00	9.96	3.04	3.19716	0.950843874
T Module Repair	105.00	14.17	90.83	4.54857	19.96891331
Comunication Module	28.00	15.83	12.17	5.08143	2.39499511
Air intake Module	28.00	20.22	7.78	6.49062	1.198652825
Data Storage Board	49.00	31.44	17.56	10.09224	0.039634412

Fig. 12. Task list & Time(sample)

Fig 12는 해당 계수를 구하기 위한 정비 Task List중 일부이다. 총 246개의 task를 시료로 사용하였고, 전체 Task들의 총 정비시간(실측)은 4953.5 시간, Standard 정비시간의 합은 3778.19 시간이다.

실측(Measure) 시간과 Standard 시간의 차이는 1175.31 시간 되고 이는 정비 지연시간(Delay time)으로 간주할 수 있다.

이에 a = 4959.5
b = 3778.19
c = 1175.31
π_c = 0.321
π_s = 0.969089
로 간주하고 수식에 대입하면,

a = b + c
c = b × π_c × π_s 가 되고,
1175.31 = 3778.19 × 0.321 × 0.969089
a = 3778.19 × 1175.31 = 4959.5 가 된다.

해당 수식을 각각의 Task에 적용하는 것은 의미가 없다. 그 이유는 실측시간과 MIL-HDBK-470A에서 제시하는 standard time 의 시간차가 일정하지 않고, 정비환경에 따라 달라지기 때문이다. 정비가 단순한 Task의 경우, 복잡도에 대한 의미가 없기 때문에 실측시간과 Standard Time 과 거의 유사한 경우가 발생하기도 한다.

그렇기 때문에 최대한 많은 시료를 가지고 Task의 평균값을 적용하여 시간변환계수를 산정하면, 평균적으로 장비단위 혹은 체계단위에서의 실측값에 가까운 계수가 산출될 수 있을 것이다.

해당 수식을 이용하여 신규 개발사업 정비도 분석을 위한 정비시간 산출 시, 시제품 없이 기술 자료를 이용한 표준정비시간을 산출 후 위의 계수 π_c (정비복잡도), π_s (시간변환계수))를 반영한 추가시간을 구할 수 있다. 이 값(π_{Add})을 표준정비시간(π_c)에 더하면 좀 더 현실적인 실측 정비시간으로 환산 할 수 있다.

추후 더 많은 기 개발 사업의 정비 소요시간 실측자료를 반영한다면, 좀 더 현실적이고 정확한 파라미터(π_c, π_s)를 산정할 수 있을 것이다. 또한 정비복잡도 외 정비시간에 영향을 주는 요소(작업자 실수, 작업 유예시간, 재작업 등)의 시간을 반영하여 실질적인 정비시간 예측이 가능할 것으로 기대된다.

3.4 추후 발전방향

본 논문에서는 기 개발 사업에 대한 실측정비시간과 표준시간간 차이에 대한 계수를 정량화하여 개발 사업 초기의 정비시간 예측(MTTR 산출)에 대한 현실적인 값을 도출하기 위한 분석을 수행하였다.

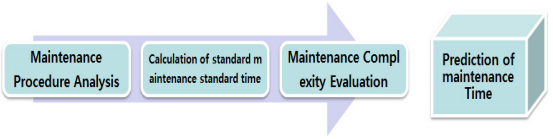


Fig. 13. Maintenance Analysis Process

개발과정에서 상세설계가 끝나 시제품이 나오기 전까진 정비소요시간에 대한 측정이 어렵기 때문에, 표준정비시간에 정비복잡도를 반영하여 현실적 시간을 예측 할 수 있을 것으로 예상된다. 추후 더 많은 기 개발 사업의 정비 소요시간 실측자료를 반영한다면, 좀 더 현실적이고 정확한 파라미터(π_c, π_s)를 산정할 수 있을 것이다. 또한 정비복잡도 외 정비시간에 영향을 주는 요소(작업자 실수, 작업 유예시간, 재작업 등)의 시간을 반영하여 실질적인 정비시간 예측이 가능할 것으로 기대된다.

향후 본 논문자료를 바탕으로 개발 시, 정비시간 산출 및 정비도 선정에 많은 도움이 되길 기대한다.

References

[1] S. H. Shin, "Calculating Maintenance Time Considering Maintenance Complexity" (KIIE:Korean Institute of Industrial Engineers) 2016.11. 2,402 - 2,411 (10 pages)
DOI: http://jkiie.org/

[2] Thomas Pyzdek, Paul Keller, "6 SIGMA HANDBOOK, 2009".McGraw Hill Professional, New york, USA

[3] MIL-HDBK-470A, DESIGNING AND DEVELOPING MAINTAINABLE PRODUCTS AND SYSTEMS 1997.8.4. Department of Defense. USA

신 상 희(Sang-Hee Shin) [정회원]

- 2010년 2월 : 경희대학교 기계산업시스템공학부 산업공학과 (공학학사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원

〈관심분야〉
국방/과학, 신뢰성분야

이 학 재(Hak-Jae Lee) [정회원]

- 2010년 2월 : 한국항공대학교 전자통신컴퓨터공학부 전자공학과 (공학학사)
- 2012년 2월 : 한국항공대학교 일반대학원 항공전자공학과 (공학석사)
- 2012년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 ILS연구소 선임연구원

〈관심분야〉
전기/전자, 국방/과학

황 성 국(Seong-Guk Hwang) [정회원]

- 2014년 8월 : 인하대학교 산업공학 (공학학사)
- 2015년 1월 ~ 현재 : LIG넥스원 선임연구원

〈관심분야〉
산업공학, 신뢰성분야

김 무 영(Moo-Young Kim) [정회원]

- 2006년 7월 : 경북대학교 전자전기공학부 (공학학사)
- 2006년 7월 ~ 현재 : LIG넥스원 수석연구원

〈관심분야〉
정보경영, 정보통신

권 기 상(Ki-Sang Kwon) [정회원]

- 1993년 2월 : 금오공과대학교 전자제어공학과 (공학학사)
- 2000년 6월 : 해군 대위 전역
- 2000년 6월 ~ 현재 : LIG넥스원 ILS팀 팀장

〈관심분야〉
정보경영, 정보통신