https://doi.org/10.21289/KSIC.2019.22.5.537 KSIC

소형장비의 부품 교체단위결정 알고리즘을 고려한 정량적인 교체성 평가방법

Quantitative Interchangeability Evaluation Method Considering Part Replacement Decision Algorithm of Small Equipment

김종도[1], 손우현[2], 박상진[2], 목학수[2*]

Jong-Do Kim[1], Woo-Hyun Son[2], Sang-Jin Park[2], Hak-Soo Mok[2*]

〈Abstract〉

In currently electronic systems, the speed of information integration has increased due to the development of electronic technology. However, due to the increase in the number of parts and groups, the product structure has become complicated. In this paper, a study was conducted to evaluate quantitatively the replacement of a small equipment. First, the level of the replacement was determined through the algorithm for the replacement level of parts. Next, we defined the ease of detail replacment, and the factors for each detail replacement. In order to calculate the weighting of the detail ease, we performed the analysis of the replacement process of subcomponents of communication exchanger and defined the evaluation criteria. Finally, the completion of the evaluation check sheet and the evaluation score table.

Keywords : Interchangeability, Ease of Grasping, Ease of Acess, Ease of Handling, Ease of Disassembly, Evaluation method

1 정회원, 주저자, 대양전기공업, 선임 연구원
2 정회원, 손우현, 부산대학교 산업공학과, 박사과정
2 정회원, 박상진, 부산대학교 산업공학과, 박사과정
2* 목학수, 교신저자, 부산대학교 산업공학과, 교수
E-mail: hsmok@pusan.ac.kr

1 DEAYANG ELECTRIC Co., Ltd., Senior Researcher
2 Dept. of Industrial Engineering, Pusan National University
2 Dept. of Industrial Engineering, Pusan National University
2* Dept. of Industrial Engineering, Pusan National University

1. 서 론

해군의 전자체계의 경우 전자기술 발달로 인한 통합화 및 정보처리 속도 증가로 인해 방대한 양의 자료를 짧은 시간 내에 처리함으로써 신속한 의사 결정 및 원활한 작 전수행이 가능해졌다. 하지만 통합화 및 정보처리 속도 증가로 인해 기능의 다양성, 복잡성, 전문성을 필요로하고 제품의 구조가 복잡해졌다[1].

특히 통합통신체계는 시스템의 특성상 다3품종으로 개발되며, 이를 운용, 정비하기 위해서는 많은 인력, 시설, 시간이 필요하다. 이는 제품의 구매 이후 유지 및 보수비용의 증가로 이어진다. 통합통신체계의 장비 중 통신 교환기는 사용자 단말기의 호 처리기능, 교환기 간 광케이블로 전송되는 신호를 처리하는 광/전 신호변환 및 교환기능을 담당하는 기능 등 중요한 역할을 하는 장비이다[2]. 통신 교환기의 유지 및 정비하는 시간과 비용을 절감하기 위해서는 정비하기 용이한 제품 즉, 조립군의 교체성을 고려하여 설계하는 것이 바람직하다.

본 연구의 목표는 교체성을 정량적으로 평가하는 방법을 도출하는데 있다. 기존 연구들과의 차이점은 부품 교체단위결정 알고리즘을 적용하는 것이다. 즉, 부품 교체단위를 기술력, 시설, 구매/획득 여부, 경제성 등을 고려하여 결정할 수 있고, 주관적인 기준이 아닌 객관적인 논리에 의해서 결정할 수 있다.

부품 교체단위결정 후 각 세부용이성 별로 영향요소를 결정하고, 영향요소의 평가기준을 결정한다. 각 세부용이성과 영향요소는 부품 교체공정에 미치는 영향이 다르기 때문에 각각의 가중치 산정을 위해 AHP 기법을 활용하여 세부용이성과 영향요소 간의 가중치를 결정하고, 교체성 평가점수를 결정한다[3]. 교체성 평가 체크리스트와 세부용이성 별 교체성 평가점수 테이블을 활용하여 교체성을 정량화한다. 또한 사례연구에서 교체성의 정량적 평가 방법을 활용하여 통신 교환기 12형 및 32형의 교체성을 평가하고, 비교 분석하여 교체성을 높이기 위한 방안을 찾고자 한다.

2. 교체성 파악을 위한 세부 용이성

2.1 부품 교체단위결정

특정장비가 고장이 나서 정상작동을 하지 않을 때, 해당품목을 교체정비 할 것인지, 아니면 하위부품을 교체정비 할 것인지 결정해야 한다. 하위부품을 교체정비 한다고 결정하였을 경우, 어느 수준까지 교체정비 할 것인지 또한 결정해야 한다. 이때 Fig. 1은 부품교체단위결정 알고리즘으로 교체정비 수준을 결정할 수 있다.

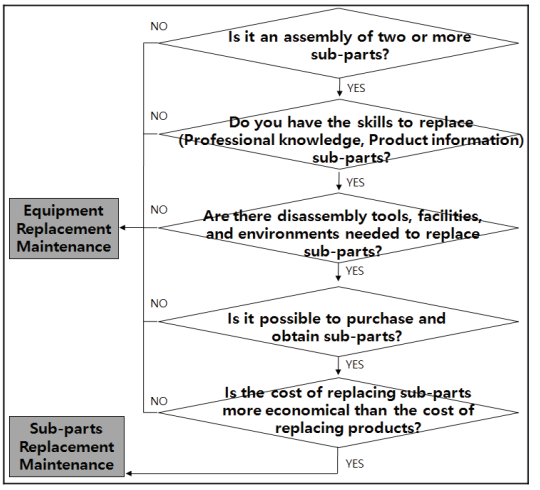


Fig. 1 Algorithm for the determination of part replacement unit

다섯 개의 질문을 통하여 해당품목 교체정비가 타당한지 아니면, 하위부품 교체정비가 타당한지를 논리적으로 결정할 수 있게 개발한 알고리즘이

다. 단계별 다섯 가지 질문에 모두 'YES'면 하위 부품 교체정비 대상이고, 이 중 하나라도 'NO'면 해당품목 교체정비 대상이 된다. 대상장비의 부품 교체작업을 수행하는 작업자는 현재 작업 여건 즉, 기술력, 제품정보, 시설, 비용 등에 맞게 부품 교체수준을 논리적으로 결정할 수 있다.

2.2 교체성의 세부용이성 및 영향요소 결정

교체성이란 어떤 장비의 성능저하 및 고장으로 인해 기존의 부품 및 조립체의 교체작업의 용이한 정도로 정의할 수 있다[4]. 교체성의 세부용이성을 파악용이성, 접근용이성, 해체용이성, 취급용이성으로 구분하였고, 각 세부용이성에 영향을 주는 요소를 파악하기 위해 Table 1과 같이 세부용이성과 영향요소 관계표를 작성하였다. 예를 들면 부품의 사이즈는 해체용이성에 영향을 주는 요소이므로 '●'로 표시하였다. 세부용이성과 각 영향요소와의 상관관계를 분석한 결과를 토대로 Table 2와 같이 세부용이성의 영향요소를 결정하였다[5].

Table 1. Correlation between the ease of details and the influencing elements

Influential elements	Grasping	Acess	Disassembly	Handling
Size	●		●	●
Structure	●	●	●	●
Equipment info.	●		●	●
Number of parts		●	●	
Weight			●	●
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Acess space		●		
Parts handling				●
Work direction			●	
Work space	●	●	●	●
Physical hazards			●	●

Table 2. Determine the influential elements for details of ease

Details of ease	Influential elements	Criteria of Evaluation
Ease of Grasping	Part identification	High/Middle/Low
	Number of parts identification direction	4~6/2~3/ 0~1 direction
	Fastening element identification	High/MIddle/Low
	Information about procedures	manual/drawings, photos/not available
Ease of Acess	Number of process	0~1 ea/ 2~3 ea/4ea ↑
	Fastening point approach space	High/Middle/Low
	Fastening point approach depth	20cm ↓ / 20~50cm/50cm ↑
Ease of Disassembly	Disassembly force	Small/Middle/Large
	Disassembly workplace	High/Middle/Low
	Disassembly work direction	Gravity/Horizontal/ Reverse gravity
Ease of Handling	Grapping	High/Middle/Low
	Weight	1.0Kg ↓ /1.0~ 5.0Kg/5.0Kg ↑
	handling caution	Low/High
	Entanglement	Low/High
	handling risk	High/Middel/Low

2.3 세부용이성 가중치 결정

각 세부용이성이 교체작업에 미치는 영향이 상이하므로 가중치를 결정하는 것이 필요하다.

Fig. 2는 통신 장비 부품의 교체공정 분석 결과를 나타낸다. 이를 통해 각 세부용이성의 공정시간과 애로사항 빈도를 도출하였다. Table 3은 세부용이성의 공정시간 및 애로사항 빈도를 나타낸다. 여기서 애로사항이란, 해당공정 수행 시 작업의 제한적 상황 때문에 비교적 낮은 평가점수(3점 또는 1점)를 받은 경우를 말한다.

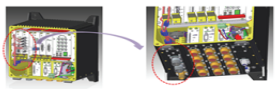
Po. No.	Process name	Tool	Material
#D2	Replacement of optical cable	Cross driver	Metal, plastic, rubber
			
Details of Ease	**Time (s)**	**Influentional elements**	**Evaluation**
Ease of Grasping	20	Part identification	5
		Number of parts identification direction	5
		Fastening element identification	5
		Informaiton about disassembly process	5
⋮	⋮	⋮	⋮
Ease of Handling	20	Parts handling caution	5
		Entanglement	1
		Parts handling risk	5

Fig. 2 Analysis result of replacement process

Table 3. Process time and problem frequency about details of ease

Process Name	Ease of Grasping		Ease of Acess		Ease of Dis assembly		Ease of Handling	
	T	P	T	P	T	P	T	P
#D1 Front cable	20	0	20	0	90	1	20	0
#D2 Ptical cable	20	0	10	0	60	1	20	1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
#D15 LAN switch	30	0	20	3	30	2	20	0
Total	390	24	310	18	920	22	280	13
Ratio	21%	31%	16%	23%	48%	29%	15%	17%

* T =Time(sec), P = the number of Problems

Table 4는 세부용이성 가중치 평가 기준을 나타낸다. 평가 항목을 세부용이성 시간 비율, 세부용이성 애로사항 발생빈도 비율, 세부용이성 애로사항 난이도로 구분하였다. Fig. 3 세부용이성 가중치 결정과 같이 세부용이성 가중치 평가 기준에 의해 부품 교체공정의 세부용이성 가중치를 평가하였다. 각 용이성의 가중치 평가점수의 합계는 119점, 112점, 185점, 110점이고, 합계는 526점으로 산출되었다. 세부용이성 간 가중치를 결정하기 위해서 각 평가점수가 차지하는 비율에 따라 계산한 결과, 파악용이성은 0.226, 접근용이성은 0.213, 해체용이성은 0.352, 취급용이성은 0.209로 결정되었다.

Table 4. Weighted evaluation for details of ease

Evaluation item	Criteria of Evaluation
Time ratio	- Within 10% of replacement time (1point) - Within 20% of replacement time (2point) - Within 30% of replacement time (3point) - Within 40% of replacement time (4point) - 40% or more of replacement time (5point)
Problems occurrence frequency ratio	- Within 10% of number of problems (1point) - Within 20% of number of problems (2point) - Within 30% of number of problems (3point) - Within 40% of number of problems (4point) - 40% or more of number of problems (5point)
Problems difficulty	- problem level is relatively low (1point) - Problem level is middle(3point) - Problem level is high(5point)

Process name	Ease of Grasping	Ease of Acess	Ease of Disassembly	Ease of Handling
#D1 Front cable	3	3	13	4
#D2 Optical cable	4	3	15	10
#D3 Upper circuit card	10	5	10	11
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
#D14 Intern circuit card	9	11	12	10
#D15 LAN switch	9	10	13	10
Total	119	112	185	110
Weight	**0.226**	**0.213**	**0.352**	**0.209**

①	**Weight Total**	119 + 112 +185 + 110 =526	**526**
②	**Ease of Grasping Weight**	119 / 526 = 0.226	**0.226**
	Ease of acess Weight	112 / 526 = 0.213	**0.213**
	Ease of dismantling Weight	185 / 526 = 0.352	**0.352**
	Ease of handling Weight	110 / 526 = 0.209	**0.209**

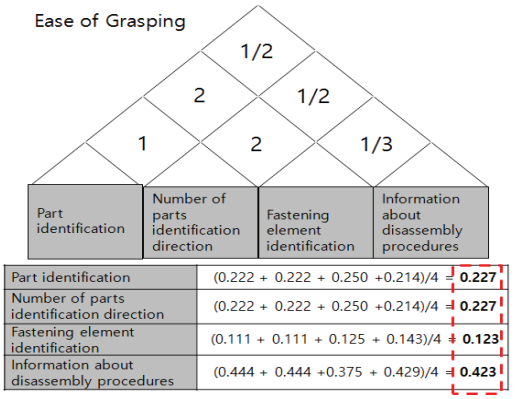
Fig. 3 Determine the weight for details of ease

2.4 영향요소 가중치 결정

각 영향요소가 세부용이성에 미치는 영향도 각기 다르기 때문에 영향요소 간 가중치를 결정해야 하고, 이를 영향요소 간의 1:1 쌍대비교를 통해서 중요도를 결정하였다[6]. 이때 적용할 중요도 등급은 Table 5 세부용이성에 대한 가중치의 평가기준과 같이 나타내었고, 총 다섯 등급으로 구분하여, 영향요소를 평가하였다.

Table 5. Evaluation criteria of weights for details of ease

Rating	Criteria of Eavluation
1	Worktime, number of problems, and the effect on process difficulty are the same
2	Worktime, number of problems, and the effect on process difficulty is 1~2 times
3	Worktime, number of problems, and the effect on process difficulty is 2~3 times
4	Worktime, number of problems, and the effect on process difficulty is 3~4 times
5	Work time, number of difficulties, influence on process difficulty is more than 4 times



Part identification	(0.222 + 0.222 + 0.250 +0.214)/4 = **0.227**
Number of parts identification direction	(0.222 + 0.222 + 0.250 +0.214)/4 = **0.227**
Fastening element identification	(0.111 + 0.111 + 0.125 + 0.143)/4 = **0.123**
Information about disassembly procedures	(0.444 + 0.444 +0.375 + 0.429)/4 = **0.423**

Fig. 4 Determine the influential elements for ease of Grasping

Fig. 4는 파악용이성 영향요소의 가중치 결정 결과이다. 부품 식별성은 0.227, 부품 식별 방향수는 0.227, 체결요소 식별성은 0.123, 해체절차 정보성은 0.423으로 결정되었다. 위와 같은 방법으로 각 용이성의 영향요소 가중치를 결정하였고, Fig. 5와 같이 최종 가중치를 결정하였다.

Weight (A)	Influential elements	Influential elements Weight(B)	Final Weight (A x B)
Ease of Grasping (0.226)	Part identification	0.227	0.051
	Number of parts identification direction	0.227	0.051
	Fastening element identification	0.123	0.028
	Information about disassembly Procedures	0.423	0.096
⋮	⋮	⋮	⋮
Ease of Handling (0.209)	Grapping	0.095	0.020
	Weight	0.168	0.035
	Parts handling ca ution	0.330	0.069
	Entanglement	0.077	0.016
	Parts handling risk	0.330	0.069

Ease of Grasping	**Part identification**	**0.226 X 0.227 = 0.051**
	Number of parts identification Direction	**0.226 X 0.227 = 0.051**
	Fastening element identification	**0.226 X 0.123 = 0.028**
	Information about disassembly procedures	**0.226 X 0.423 = 0.096**

Fig. 5 Final determine the weight for details of ease

Fig. 5에서 파악용이성을 예를 들면, 부품 식별성의 최종 가중치는 0.226×0.227=0.051이고, 부품 식별 방향 수의 최종 가중치는 0.226×0.227=0.051이고, 체결요소 식별성의 최종 가중치는 0.226×0.123=0.028이고, 해체 절차 정보성의 최종 가중치는 0.226×0.423=0.096이다.

3. 교체성 평가

3.1 교체성 평가 점수 결정

최종 가중치와 영향요소 별 평가 등급을 계산하여 Fig 6과 같이 교체성 평가점수를 결정하였다[7]. 단, 교체성 평가점수를 정수화하기 위해 100을 곱하고, 소수점은 반올림하였고, 평가 등급에 따라 높음(5점), 중간(3점), 낮음(1점)으로 배점하였다.

Details of ease	Influential elements	Final weight (C)	Criteria of Evaluation	Score (D)	replacement Score (C x D x 100)
Ease of Grasping (0.226)	Part identification	0.051	High	5	26
			Middle	3	15
			Low	1	5
	Number of parts identification Direction	0.051	4~6 direction	5	26
			2~3 direction	3	15
			0~1 direction	1	5
	Fastening element Identification	0.028	High	5	14
			Middle	3	8
			Low	1	3
	Information about disassembly procedures	0.096	product manual	5	48
			drawings, photos	3	29
			understood by the operator	1	10

Ease of Grasping	Part identification	High	0.051 X 5 X 100 = 26
		Middle	0.051 X 3 X 100 = 15
		Low	0.051 X 1 X 100 = 5

Fig. 6 Determine the replacement score

파악 용이성에서 부품 식별성의 경우 교체성 평가결과 식별성 높음은 26점, 식별성 중간은 15점, 식별성 낮음은 5점이다.

4. 사례연구

교체작업의 대상장비를 통신 교환기 12형과 통신 교환기 32형으로 선정했다. 통신 교환기는 해군 군수제품으로 잠수함에 탑재된다. 교체작업의 주체는 잠수함 승조원, 잠수함 정비창, 제작사로 구분할 수 있다. 사례연구에서는 교체작업의 주체를 잠수함 정비창으로 결정하였다. 잠수함 정비창의 정비 기술력 및 시설을 기준으로 Fig. 1 부품 교체단위 결정 알고리즘을 적용하여 부품 교체단위를 결정하였다. 통신 교환기 12형의 부품 15품목에 대해서 부품 교체단위 결정 알고리즘을 적용한 결과 15품목 모두 해당부품 교체정비를 실시하는 것이 타당한 것으로 결과가 도출되었다. 12형에 대한 교체성 평가를 실시하였고, 그 결과를 Table 7 통신교환기 12형 교체성 평가점수와 같이 나타내었다.

Table 7. Replacement score of the communication exchanger type 12

Details of ease	Influential elements	#D 1	…	#D 14	#D 15	Average
Ease of Grasping	Part identification	26	…	15	26	17
	Number of parts identification direction	26		5	26	15
	Fastening element identification	14		14	14	12
	Information about procedures	48		48	48	48
Ease of Acess	Number of process	29	…	6	6	21
	Fastening point approach space	45		9	9	27
	Fastening point approach depth	32		19	19	29

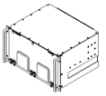
Ease of Disassembly	Disassembly force transmission size	43	…	43	43	43
	Disassembly workplace	73		15	15	44
	Disassembly work direction	17		6	17	12
Ease of Handling	Grapping	6	…	2	2	6
	Weight	18		18	18	18
	handling caution	34		7	34	25
	Entanglement	8		8	8	6
	handling risk	34		7	34	25
합계		485	…	254	351	381

그리고 Table 8은 통신 교환기 12형과 통신 교환기 32형 교체성 평가 결과를 비교하여 나타내었다. 통신 교환기 12형은 접근용이성 93점, 파악용이성 77점, 해체용이성 131점, 취급용이성 80점으로 합계 381점으로 평가되었다. 통신 교환기 32형은 접근용이성 91점, 파악용이성 81점, 해체용이성 156점, 취급용이성 74점으로 합계 402점으로 평가되었다. 통신 교환기 12형과 통신 교환기 32형의 교체성을 비교한 결과 취급용이성에서 통신 교환기 12형이 더 높은 점수를 받았는데, 그 이유는 통신 교환기 32형보다 취급 위험성 측면에서 용이하기 때문인 것으로 분석 된다. 그리고 해체용이성에서 통신 교환기 32형이 더 높은 점수를 받았는데, 그 이유는 통신 교환기 12형보다 해체 작업 공간성과 해체 작업방향 측면에서 부품을 해체하기 용이하기 때문인 것으로 분석 되었다.

합계점수에서 통신 교환기 32형이 통신 교환기 12형보다 더 좋은 교체성 평가점수를 받았다는 것은 통시 교환기 32형이 상대적으로 교체성이 더 좋다는 것을 의미한다.

사례연구를 통해 부품교체 시 비교적 외부에 위치하거나 주변의 간섭이 적고, 공간이 많이 확보 될수록 파악용이성, 접근용이성, 해체용이성이 높아진다는 것과 취성이 높고, 잡힘성 낮고, 무거울수록 취급용이성 낮아진다는 것을 정략적인 값으로 확인할 수 있었다.

Table 8. Replacement score of the communication exchanger type 12 and type 32

Section	Type 12	Type 32
Figure		
Ease of Grasping	93	91
Ease of Acess	77	81
Ease of Disassembly	131	156
Ease of Handling	80	74
Total	381	402
High score	#D1 Front cable(485)	#D4 Front fan(490)
Low score	#D14 Internal circuit card(254)	#D10 bus circuit card(313)

5. 결 론

본 논문에서는 소형장비의 교체성을 정량적으로 평가하기 위한 연구를 진행하였다. 부품 교체단위 결정 알고리즘을 통해 교체대상 장비의 교체수준을 결정한 후 교체작업을 진행함으로써, 작업자의 기술 수준과 작업 환경을 고려하여 교체작업을 진행할 수 있는 방법을 제시하였다.

교체성에 대한 세부용이성을 정의하였고, 각 세부용이성 별 영향요소를 정의하였다. 세부용이성의 가중치를 결정하기 위해 소형장비의 부품 15개의 교체공정 분석을 실시하였고, 각 부품의 교체공정 시간 및 애로사항을 파악하였다. 이를 활용하여 세부용이성 가중치 평가기준을 정의하였고, 세부용이성의 가중치를 결정하였다. 사례연구

에서 통신 교환기 12형과 통신 교환기 32형의 교체성 평가를 진행하였고, 교환기 32형의 교체성이 더 좋음을 정량적으로 확인할 수 있었다.

본 논문에서 제시한 정량적인 교체성 평가방법을 차후 개발 될 통신 교환기에 적용한다면 교체성을 정량적인 결과 값으로 확인할 수 있을 것이고, 이 정량적인 결과 값은 교체성을 높이기 위한 설계에 재 반영되어 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] H. S. Mok, C. S. Jeon, C. H. Han, M. J. Song, "Weight of Modularization using the Exchangeability of Product," KSAE, vol. 16, no. 4, pp. 21-28, (2008).

[2] C. D. Lee, "Design and implementation of the integrated communication system through the analysis of multimedia traffic of network on the naval vessels," Doctorate Thesis, Pusan University, Republic of Korea, (2012).

[3] J. H. Sohn, C. Cha, "A Study on Analytic Hierarchy Proces for Construction Planning," J. Korean Society of Industrial Application, Vol. 10, no. 4, pp. 249 –254, (2007).

[4] H. J. Lee, Y. S. Jang, "Development of the Disassemblability Evaluation Methods of the Products for Remanufacturing," CLEAN TEC HNOLOGY. Vol. 13, no. 2, pp. 134-142, (2007).

[5] W. H. Son, "End-of-Life Vehicle Rating Classification for Remanufacturing Core Collection," KIRR. Vol. 27, no. 2, pp. 11-23, (2018).

[6] H. S. Mok, C. S. Jeon, C. H. Han, M. J. Song, "Design Principle for Disassemblability of Products," KSAE, vol. 16, no. 6, pp. 48-57, (2008).

[7] K. Y. Choi, "A Study on Efficient Repair Support Policy for Aircraft in the Navy," KOSOS, Vol.33, No. 2, pp. 112-123, (2018).

(접수: 2019.06.03. 수정: 2019.08.26. 게재확정: 2019.09.06.)