

부품단종관리 비용분석을 통한 최적화 대안 수립

박광호, 심보현*
국방기술품질원

A study on the Diminishing Manufacturing Source and Material Shortages Management Cost Analysis to Select Optimization Alternatives

Kwang-Hyo Park, Bo-Hyun Shim*
Defense Agency for Technology and Quality

요약 무기체계발 및 운영 간 지속적으로 발생하는 부품단종 문제를 해소하고, 비용대비 가장 효과적인 부품단종 대응 방안을 선정하기 위해, 총수명주기 비용분석을 통해 정량적 성능개량 시점판단 기준을 제시한다. 이를 위해 국내외 비용 분석 방안을 조사하고, 본 연구를 검증하기 위해 국내 운영장비 1종에 시범적용 하였다. 부품단종(DMSMS)이 발생하는 가장 큰 원인은 긴 수명주기를 갖는 무기체계에 비해 과학의 발전에 따라 부품의 빠른 교체주기와 짧은 수명주기 때문이다. 특히 군수품 양산 및 전력화단계 이후 운영유지 단계 시에는 이러한 부품수급문제가 더욱더 심화된다. 부품의 수명 주기 초기 단계에는 신기술과 기능으로 인해 부품의 수명이 빈번하며 사용도는 낮은 반면 비용은 고가이다. 성숙 단계에서는 사용도는 최고이나 비용은 최저가 되며 이후 부품의 쇠퇴 단계를 거쳐 단종에 가까워지면 가격은 다시 상승하는 경향을 나타낸다. 또한 운용유지단계 장비의 경우 부품단종에 대한 소극적인 대응(재고확보 위주)으로 인해 소요군 장비 유지 필수품목의 조달이 제한되고 있는 실정이다. 본 연구에서는 부품단종관리를 위한 수명주기비용 분석을 통해 정량적 성능개량 시점 판단기준을 수립하여 부품단종 문제에 대응하고 군수품의 총수명주기 소요비용 절감에 기여하고자 한다.

Abstract The main cause of DMSMS is the rapid replacement cycle and short life cycle of parts, according to the development of science, compared to the long life cycle of weapons systems. In particular, the problem of the supply and demand of such parts becomes even more acute during the operation maintenance phase after the mass production and power generation stage. To eliminate DMSMS problems that arise continuously from development to the operation of weapon systems and select the most cost-effective countermeasures to obsolescence, this paper suggests a standard to determine the appropriate time for quantitative performance improvement by conducting total life cycle cost analysis. For such purpose, this study examined the domestic and overseas cost analysis methods and applied it to single domestic weapon system to verify the research. This study responds to the issue of discontinuing components and helps reduce the total life cycle cost of military products.

Keywords : Diminishing Manufacturing Source and Material Shortages, DMSMS Management, Cost Analysis, Total Life Cycle, Performance Improvement

본 논문은 국방기술품질원 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Bo-Hyun Shim(Defense Agency for Technology and Quality)

email: sbh85@dtaq.re.kr

Received January 15, 2020

Revised March 3, 2020

Accepted April 3, 2020

Published April 30, 2020

1. 서론

부품단종(DMSMS)이 발생하는 가장 큰 원인은 긴 수명주기를 갖는 무기체계에 비해 과학의 발전에 따라 부품의 빠른 교체주기와 짧은 수명주기 때문이며, 부품을 생산 했던 업체들의 도산 또는 업종변경, 생산라인 교체로 인하여 동일부품을 생산할 수 없는 경우 등 다양한 이유가 존재한다. 특히 군수품 양산 및 전력화단계 이후 운영유지 단계 시에는 이러한 부품수급문제가 더욱더 심화된다. 이를 개선하기 위해 육군군수사는 별도의 연구개발실을 두고 단종부품을 개발하기 위해 노력하고 있다. 하지만 무기체계 내에서 광범위하게 대체품이 없는 고집적 능동소자의 단종이 발생될 경우, 무기체계 전체를 재개발하는 등 막대한 소요비용이 필요할 수 있다.

부품의 수명 주기 초기 단계에는 신기술과 기능으로 인해 부품의 수명이 빈번하며 사용도는 낮은 반면 비용은 고가이다. 성숙 단계에서는 사용도는 최고이나 비용은 최저가 되며 이후 부품의 쇠퇴 단계를 거쳐 단종에 가까워지면 가격은 다시 상승하는 경향을 나타낸다[1-3].

또한 운영유지단계 장비의 경우 부품단종에 대한 소극적인 대응(재고확보 위주)으로 인해 소요군 장비유지 필수품목의 조달이 제한되고 있는 실정이다[4].

본 연구에서는 부품단종관리를 위한 수명주기비용 분석을 통해 정량적 성능개량 시점 판단기준을 수립하여 부품단종 문제에 대응하고 군수품의 총수명주기 소요비용 절감에 기여하고자 한다.

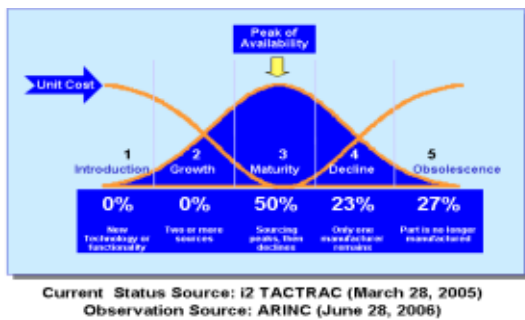


Fig. 1. Cost variation curve according to parts life cycle

2. 본론

2.1 배경 및 필요성

현재 우리군은 부품단종에 대한 비용분석 방안이 정립

되지 않아 단종 발생 시 재고확보에만 의존하고 있는 실정이며, 이는 총소유비용 증가를 야기하고 있다[5].

Table 1. Acquisition price increase case


Project	Obsolescence parts	Cost (WON)	Remark
00 system	Power control board	10 m → 50 m (5 times increase)	Cycle:2yr
00 system	TV distribution board	10 m → 40 m (4 times increase)	Cycle:2yr
00	Infrared sensor device	120 m → 240 m (2 times increase)	Cycle:3yr
00	Processor	260 m → 1,300 m (5 times increase)	Cycle:3yr

또한 단순 재고확보를 통한 부품단종 대응은 불용재고를 발생시켜 획득비용의 손실로 이어지고 있으며, 위조부품 발생과 연계되어 군수품의 품질 및 신뢰성에도 영향을 미치는 요인이 된다[6].

Table 2. Insolvency Stock case

Project	Insolvency Stock	Insolvency Stock number	Loss (WON)
00 Project		281 types	2,000 million

Table 3. Counterfeit parts occur case

Project	Counterfeit parts	Counterfeit parts number	Remarks
00 Project		3 types (Marking mismatch)	Disposal

현재 국내는 부품단종관리 비용분석방안이 정립되어 있지 않기 때문에 미국의 「부품단종관리 비용분석 방안 및 사례」 자체연구를 수행하여 국내 실정에 맞는 비용분석 산출식을 작성하였다.

또한 해군과 함께 국내 장비(유도무기 1종) 주요 구성품 3종(다종의 능동소자가 포함된 구성품)에 시범 적용해 봄으로써 산출식을 검증하였다.

2.2 美 부품단종관리 비용 매트릭스[7]

美 국방부(DoD)의 경우 부품단종관리 비용분석을 위한 방안으로 미국전역의 부품단종관리 비용을 데이터화 하여 이를 평균(산술 평균)하여 일련의 척도로 만들고, 이 데이터가 신뢰성이 있다고 가정하고 활용한다.

부품단종관리를 위한 해결방안을 9가지로 분류하여 해결을 위한 비용을 산술평균을 내어서 부품단종관리를 위한 비용예측모델로 활용하고 산출식은 Table 4와 같다.

Table 4. DMSMS Management Cost Metrics

Cost	Definition
$\bar{x}_j = \frac{[(n_1 \times c_1) + (n_2 \times c_2) \dots (n_k \times c_k)]}{[(n_1 + n_2 \dots n_k)]}$	
average cost (\$)	Where, n_i = Number of issues; c_i = Average cost of issues within a unique combination of solution characteristics; k = Number of rows of cost, each with its own reported number of n_i ;

이 산출식을 부품단종 해결방법 유형별로 적용하여 각 해결책의 평균해결비용을 계산한다. 이 경우 표본의 크기가 커질수록 신뢰구간은 축소되고(단 신뢰구간 안의 데이터는 실제와 흡사함), 표준의 크기가 작아지면 신뢰구간은 확대된다(단 구간 안의 데이터는 대략적인 데이터가 됨). 그러므로 신뢰구간의 확대는 모집단의 추정치로서 표본평균의 정확성을 저해 시키기 때문에 바람직한 특성이 아니다. 결국 이를 보정하기 위해 아래와 같은 단계별 접근이 필요하다.

- Table 4의 방식으로 \bar{x}_j 계산
- 적절한 Z 값(신뢰수준 특성 값) 으로 오차보정 값 계산
- \bar{x}_j 값에서 오차보정 값을 뺀 후 오차보정 값으로 상·하한가 계산

Table 5. Margin of DMSMS Management Cost Metrics Error

Div.	Definition
	$\bar{x}_j \pm \text{Margin of Error}(Z \times s_j \sqrt{n_j})$
Confidence Intervals	Where, \bar{x}_j = average cost based on samples of resolution types (pronounced "x bar"), $Z = 1.96$ at 95 percent confidence level,15 s_j = standard deviation of samples of resolution types $\sqrt{n_j}$ = square root of sample size n for resolution type j.

해결책 샘플 수는 Table 6과 같다. 일부 해결책 샘플은 1,000 종이 넘기도 하고 100 종 미만의 샘플 또한 존재 한다.

Table 6. Number of Issues Reported Resolution Type

DMSMS Resolution	Sample size(types)	Ratio(%)
Approved item	1,539	34
Life-of-need buy	666	15
Simple substitute	1,500	33
Complex substitute	410	9
Extension of production or support	98	2
Repair, refurbishment, or reclamation	40	1
Development of a new item or source	127	3
Redesign-NHA	138	3
Redesign-complex/system replacement	44	1
Total	4,562	100%

또한 Table 4~5의 산출식으로 Table 6의 데이터뿐만 아니라 부품/장비의 유형, 운용환경 등을 복합적으로 고려하여 부품단종 평균해결비용과 신뢰구간을 Table 7과 같이 산출하였다. 단 \$ 100 이하는 반올림하였고, 95%의 신뢰도를 갖는다.

Table 7. DMSMS Resolution Average costs and Confidence Intervals

DMSMS Resolution	Lower cost(\$)	Average cost(\$)	Upper cost(\$)
Approved item	900	1,028	1,100
Life-of-need buy	4,600	5,234	5,900
Simple substitute	11,900	12,579	13,200
Complex substitute	14,800	25,410	36,000
Extension of production or support	14,000	25,472	36,900
Repair, refurbishment, or reclamation	21,300	65,015	108,700
Development of a new item or source	437,600	655,411	873,200
Redesign-NHA	900,300	1,092,856	1,285,400
Redesign-complex/system replacement	7,142,100	10,287,964	13,433,800

2.3 한국형 부품단종관리 비용분석 방법(DCAM : DMSMS Cost Analysis Method)

미국과는 달리 부품단종 해결책에 대한 샘플이 충분하지 않고 통계로 관리되고 있지 않다. 때문에 비용통계를 활용하는 방법을 적용할 수 없는 환경이다. 때문에 국내에 적합한 비용분석 방안은 개별 문제의 비용을 산출하는 방법이나, 현재 국내는 부품단종관리 비용분석방안이 정립되어있지 않기 때문에 국내 실정에 맞는 부품단종관리 비용분석 방법(DCAM)을 제안한다. 부품단종관리 비용분석 방법(DCAM)은 단종시기를 고려한 부품의 조달 비용과 성능개량 비용 분석을 통해 수명주기 비용을 산출하여 최적의 대안을 제안하고, 성능개량 시점을 판단하는 방법이다.

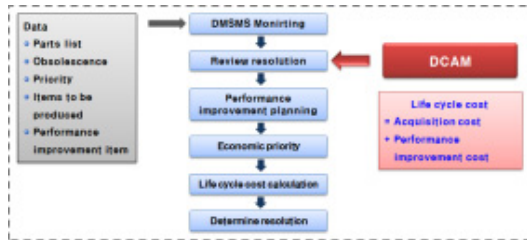


Fig. 2. DCAM Application Phase

부품단종관리 비용분석 방법(DCAM)을 통한 비용 및 성능개량 시점 예측 데이터를 대응방안 검토 시 활용할 수 있다. 이를 통해 재고확보에 의존하던 사후 부품단종관리에서 벗어나 부품단종이 발생하기 전에 사전 부품단종관리 업무를 수행할 수 있다. 1:1대체, 재개발 등 다양한 단종 해결책 옵션을 선택할 수 있다. 이 방법은 미국의 경우와 같이 단종관리 통계수치가 충분하지 않은 국내에서도 적용 가능한 방법이다.

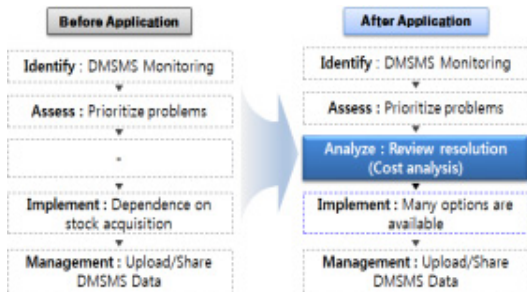


Fig. 3. Improvements with DCAM

부품 조달 비용의 경우 조달 비용에 대한 인자와 공정과 관련된 비용으로 산출되며, 성능개량 비용은 단종된 부품, 보드 및 체계단위에서 성능개량에 필요한 비용을 각각 산출하여 합산하고 성능개량을 검증하기 위한 비용을 포함한다. 수명주기 비용은 위의 두 가지 비용에 매해 물가 상승률 요소를 더하여 산출하며 세부 산출식은 Table 8과 같다.

Table 8. Major Factors of DCAM

Cost	Definition
Life cycle cost	$C_i = \sum_{i=1}^n \frac{N_i C_i}{(1 + X/100)^{d_i}} + \sum_{j=1}^r \frac{C_j}{(1 + X/100)^{d_j}}$ <p>where, N_i = Quantity of systems to be manufactured at the ith manufacturing event C_i = Recurring cost of manufacturing a system instance at the ith acquisition C_j = Non-recurring cost of the jth design refresh n = Number of manufacturing events r = Number of design refreshes X = Interest rate including percentage discount d_i = Difference in years between manufacturing event date and the next present value calculation date. d_j = Difference in years between i/jth manufacturing/design refresh event date and the net present value calculation date.</p>
Acquisition cost	$C_i = C_{np} + \sum_{k=1}^s m_{i(k)} c_{o(k)}$ <p>where, $m_{i(k)}$ = Modifier on the effective procurement cost of part k at the ith acquisition $c_{o(k)}$ = Original procurement cost of all instances of part k adjusted for inflation C_{np} = Non-part procurement associated recurring costs, e.g., testing, assembly, etc. s = Number of parts in the system.</p>
Design refreshes cost	$C_j = [C_s + C_b \sum_{u=0}^{N_b(j)} F_{b(u)} + C_p \sum_{k=0}^{N_p(j)} F_{p(k)}] + C_{V(j)}$ <p>where, C_s = Average cost of design refresh incurred due to assembly, documentation, etc., system-level changes C_b = Average cost of design refresh for each board addressed at the design refresh C_p = Average cost of design refresh incurred for each unique part addressed at the design refresh $N_{b(j)}$ = Total number of boards with changed parts at the jth design refresh $N_{p(j)}$ = Total number of part changes at the jth design refresh $F_{b(u)}$ = Modifier on the design refresh cost of board u $F_{p(k)}$ = Modifier on the design refresh cost of part k $C_{V(j)}$ = Re-qualification cost at the jth design refresh.</p>

3. 검증

제안한 부품단종관리 비용분석 방법(DMCA)의 시범 적용을 통한 적합성 검증 및 수행절차를 정교화 하고자 한다. 해군과 함께 유도무기 주요 구성품 3종(다종의 능동소자가 포함된 구성품)에 대하여 시범 적용하였으며, 업무 절차는 아래의 4단계로 수행하였고 해군이 실제 운용하면서 획득한 운용재원(고장률, 고장간정비시간) 및 보유수량 데이터 등을 통해 소요량을 예측하고 수명주기비용을 기준으로 최적화된 부품단종관리 방안을 선정하였다.



Fig. 4. DCAM pilot application procedure

단종관리방안을 Table 9와 같이 미 관리, 사후관리(재고확보 위주 대응) 및 사전관리로 구분하여 적용하였다.

Table 9. DMSMS Management Standard

Sortation	Life Cycle Cost
Non-management	[System equipment non-operating expenses] + [Design cost + material cost + production cost]
Reactive management	[Material cost + management cost] + [production cost]
Proactive management	[Material cost + production cost] + [Material cost + production cost]

또한 해당유도무기의 특성 및 운영재원을 고려하여 아래의 다섯 가지 조건을 가정하여 성능개량 시점을 판단한다.

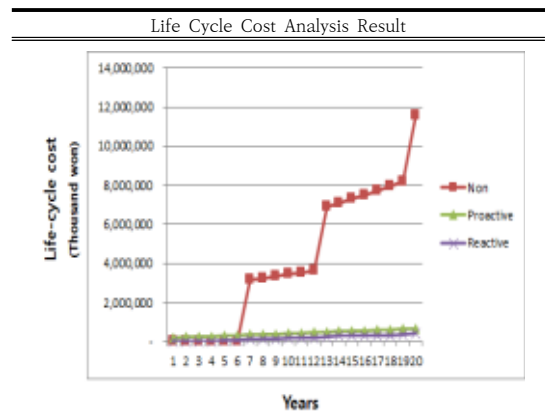
- 부품단종이 발생하는 시점은 현재를 기준으로 하여 3년 뒤에 발생한다.
- 유도무기의 평균수명은 10년이며, 매년 고장에 의해 2발씩 정비한다.
- 단종품목에 대해 대체품이 존재하는 경우, 총 수명주기(10년)을 고려해서 재고를 일괄 확보한다.
- 단종품목에 대해 재개발을 실시할 경우, 수명기간 동안 단종문제는 발생하지 않으나 개발에 필요한

제반 비용(인건비, 시험비 등)이 발생한다.

- 단종에 따른 유도무기의 전력화 손실비는 장비의 총 수명주기(10년)을 기준으로 획득 비용(20억원)에 매년 감가상각율(정액법 적용)을 적용하여 가치를 판단한다.

부품단종관리 비용분석 방법을 통한 분석 결과, 사전관리를 수행할 경우는 사후관리(단순 재고확보 위주)와 비교하여 약 3억원 수명주기비용 절감 가능한 것으로 예측되었다.

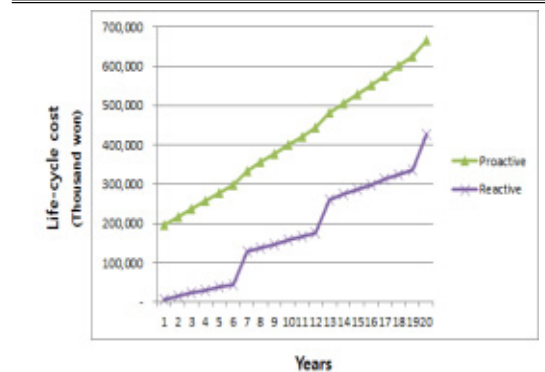
Table 10. Life-Cycle cost analysis result



▲ Life cycle costs increase when components are not managed

Table 11. Comparison of Proactive Management and Reactive Management

Comparison of proactive management and reactive management



▲ Approximately 300 million WON budget can be saved when performing proactive management

또한 단종품목 미 관리 시, 장비 불가동에 따른 전력화 손실비가 발생하여 수명주기비용이 20~30배 이상 급증하는 것을 위의 그래프를 통해 확인할 수 있다. 또한 부품단종 대응을 위한 성능개량 시점은 6년 주기로 추진하는 것이 효과적인 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 정량적 성능개량 시점 판단기준을 수립하기 위해 미 국방부의 부품단종관리 비용분석 방안을 분석하였다.

미 국방부는 4,500종이 넘는 경험론적 부품단종관리 소요비용 통계 데이터를 통해, 부품단종관리 9대 해결책(승인된 부품구매, 수명주기소요량 구매, 단순대체, 복합대체, 부품생산지원 연장, 수리/재생부품/교정, 신규부품 개발, 부분품 재설계, 시스템단위 재설계)별 샘플사이즈, 평균해결비용과 신뢰구간을 산출하여, 새로운 단종이 발생하였을 경우 이 통계 데이터를 사용해서 부품단종관리 비용을 예측하고 있다.

하지만 한국군은 국내환경에 맞는 통계 데이터를 보유하고 있지 않기 때문에 미 국방부의 부품단종관리 비용 분석방안을 적용하기 어렵다. 이를 극복하기 위해 최소한의 데이터를 활용하여 단종시기를 고려한 부품의 조달 비용과 성능개량 비용을 분석하기 위한 부품단종관리 비용분석 방법(DCAM)을 제안하였고, 국내 운용 무기체계 1종에 시범 적용하여 수명주기비용 절감 정도를 산출하였다.

부품단종관리 비용분석 방법(DCAM)을 활용하여 부품단종 문제 조기 해소할 경우, 무기체계 품질·신뢰성 향상과 운용유지단계 불용재고 최소화로 획득비용의 손실을 최소화할 수 있다.

References

[1] U.S. DoD 4140.1-R, 2003. 5. 23.
 [2] K.R. Lee. "Study on the improvement of electronic parts DMSMS management in weapon systems", Korea National Defense University, 2016
 [3] Pameet Singh, Peter Sandborn, "Obsolescence driven design refresh planning for sustainment dominated systems", The engineering economist, Vol. 51, No. 2, pp. 115-139, 2016

[4] S.M. Oh, S.C. Choi, "An examination on management strategies of the DMSMS for long-operated military air-crafts", Journal of the Korea Association of Defense Industry Studies, Vol. 16, No. 2, pp. 213-236, 2017
 [5] Hannam University, Defense M&S Research Center, A study on determining life time support maintenance coverage and cost-accounting of the Naval combat system, 2007
 [6] ADD(Choi Seokcheol, Jang Pilhun), A study on the method of DMSMS management by lifecycle stage of weapon system, 2007
 [7] U.S. Defense Standardization Program Office, DMSMS Cost Metrics, 2015

박 광 효(Kwang-Hyo Park)

[정회원]



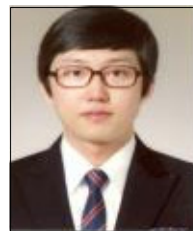
- 2012년 2월 : 광운대학교 전자융합공학과(전자공학사)
- 2016년 8월 : 한양대학교 미래자동차공학과(석사수료)
- 2016년 8월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

단종관리, 유도무기

심 보 현(Bo-Hyun Shim)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한국해양대학교 나노반도체학과(공학사)
- 2013년 2월 : 광주과학기술원 광공학응용물리학과(물리학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

표준화, 단종관리