

무기체계 특성을 고려한 부품단종 관리방안에 대한 연구

박경덕^{1*}, 이종문¹
¹LIG 넥스원 ILS 연구센터

A Study on DMSMS Management for Weapon systems

Kyoung-Deok Park^{1*} and Jong-Moon Rhee¹

¹ILS(Integrated Logistics Support) R&D Lab, LIG Nex1

요약 무기체계는 요구되는 수명주기 증가 및 군용 전자부품 시장의 축소 등으로 인해 부품단종이 어쩔 수 없이 발생하게 된다. 그런데, 이러한 부품단종은 무기체계의 운용에 있어서 가장 중요한 전투준비태세와 수명주기비용에 있어 심각한 문제를 발생시킨다. 본 연구에서는 부품단종 발생 원인과 관리 방법을 검토하고, 이러한 부품단종 문제를 최소화하기 위한 방법으로 부품단종 관련 체계적 인프라 구축 및 운영 방안과 부품단종을 고려한 정량적인 성능 개량 시점 판단 및 추진 방안을 제시하였다.

Abstract DMSMS(Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortage) of weapon systems is caused by required increase in system life cycle and reduction of military electronic parts market share. This problem causes serious problems about Combat readiness and Life-cycle cost. In this paper, we review the method for managing the DMSMS and then suggest effective alternatives to reduce the risk of DMSMS for weapon systems, such as systematic DMSMS management system and quantitative design refresh planning considering the DMSMS.

Key Words : DMSMS(Diminishing Manufacturing Sources and Material Shortage), Weapon systems, Life-cycle cost, DMSMS managing system

1. 서론

부품단종에 대하여 미 국방부(DoD)에서는 “원자재, 생산용 또는 수리용 부품의 마지막 알려진 생산자나 공급자의 상실 또는 상실이 임박한 경우”라고 정의하고 있으며[1], 미 산업체에서는 “원자재, 생산용 또는 수리용 부품의 원래 생산자나 공급자의 상실 또는 상실이 임박한 경우”라고 정의하고 있다[2]. 이를 종합해보면 개발기간을 포함한 무기체계 전수명주기 단계에서 해당 부품의 공급이 상실되거나 상실이 임박한 경우로 정의할 수 있다. 무기체계는 군수사업이라는 특성상, 소요제기부터 전력화 및 운영유지 단계까지 장기간의 수명주기를 요구하게 되는데 이에 반해 급격한 기술발전 속도와 시장원리에 의해 무기체계 부품단종이 발생하여 많은 어려움을 겪고 있다. 이러한 무기체계 부품단종의 문제점을 최소화

하기 위해 여러 가지 방법이 제시되고 있는데, 본 연구에서는 부품단종의 원인과 대응현황을 살펴보고 무기체계 특성을 고려한 효과적인 부품단종 관리 방안을 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 부품단종 원인

부품단종은 급격한 산업기술의 발달에 따라 무기체계의 수리부속품이 진부화 되어 해당부품의 생산이 중단되거나, 생산업체의 상실 등으로 수리부속품을 획득할 수 없는 경우를 말한다. 부품단종의 주요 원인은 다음과 같이 크게 두가지로 구분할 수 있다.

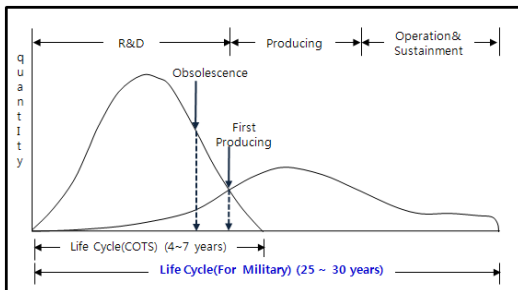
*Corresponding Author : Kyoung-Deok Park(ILS R&D Lab, LIG Nex1.)

Tel: +82-31-8026-4993 email: kdpark1@lignex1.com

Received September 3, 2013 Revised (1st October 10, 2013, 2nd November 6, 2013) Accepted November 7, 2013

2.1.1 무기체계 수명주기 증가

무기체계는 소요제기 및 작전운용성능 결정부터 전력화, 운용단계까지 오랜기간이 소요되는 반면에, 전자부품은 급격한 발전을 하면서 무기체계 획득 초기부터 관련 부품의 단종 또는 단종위험이 발생하고 있다. 무기체계 전력화는 최소 5년에서 최대 10년 이상 걸리기 때문에, 소요 결정 단계에서 최신기술이 적용되어 수립된 규격이 전력화 시점에서는 이미 진부화가 되어버린다. 또한 무기체계는 경제성 측면에서 오랜 수명주기를 추구하게 되는데, 결국 무기체계 수명주기는 길어지는 반면, 전자부품 수명주기는 짧아짐에 따라 무기체계 부품단종이 발생하고 있다. Fig. 1은 상용 전자부품 수명주기와 군용 전자부품 수명주기의 차이점으로 인한 부품단종 발생 내용을 보여준다.[2]



[Fig. 1] Differences in the life cycle between military and commercial electronic components

2.1.2 군용 전자부품 시장의 축소

전자부품 기술의 급격한 발전과 상용 전자부품 대비 군용 전자부품 수명주기 차이 등은 결국 군용 전자부품 시장의 축소를 가져오고 있다. 일반적으로 업체는 이익을 추구할 수밖에 없는데, 다품종 소량생산의 군용 전자부품 시장은 많은 이익을 가져올 수 없기 때문에 많은 전자부품 업체는 상용시장으로 눈을 돌리게 되어 결국 군용 전자부품 시장은 감소할 수밖에 없다. Table 1은 미국의 분야별 시장점유율을 나타내고 있는데, 상용 시장 점유율은 급격하게 성장하고 있는 반면에 군용 전자부품 시장 점유율은 상대적으로 감소하고 있음을 알 수 있다.[2]

[Table 1] U.S. industry market share(%) by year

Classification of Industry	1970	1980	1990	2000
Computer	16.5	24.1	48.2	57.7
Electronics and Telecommunications	27.1	24.2	19.1	16.6
General consumption	11.5	16.3	15.1	14.4
Industrial consumption	23.7	21.5	9.8	7.7
Automotive Industry	2.6	5.0	4.8	3.3
Military electronic parts	18.6	8.9	3.0	0.3

2.2 부품단종 관리 방법

부품단종 대응과 관련된 관리 방법에는 대응시점을 기준으로 하여 사후 관리 방법과 사전 관리 방법으로 구분할 수 있다.

2.2.1 사후 관리 방법

사후 관리 방법은 품목의 단종문제가 현실화되었을 때 조치를 강구하기 때문에 대응 시간이 부족하고, 재고 고갈에 대하여 사전에 인지하지 못하므로 장비의 불가동을 초래할 수 있다. 또한 부품단종이 발생할 때마다 무기체계를 분석해서 대처해야 하므로 시간, 인력 및 비용 등이 소요되는 문제가 발생하게 된다. 주요 사후 관리 방법으로는 다음과 같이 3가지 방법으로 구분할 수 있다.

① 부품대체

원제작사와 다른 제조업체의 동등 부품을 선정하거나 단종 부품의 특성을 분석하여, 허용 가능한 범위 내에서 동등 성능 이상의 부품으로 교체함으로써 부품단종에 대처하는 관리방법이다.

② 재고확보

부품 단종이 발생하거나 예상될 때 필요한 부품을 일괄 구매하여 확보하는 방법으로, 단기적 대응 방안으로 활용된다. 단종계획에 대한 정보 확보가 가능해야하고, 차후 소요 분석결과를 기초로 하여 구매해서 효과적인 관리가 가능하도록 해야 한다.

③ 설계변경

기존 무기체계의 구조를 유지하면서 부품, 모듈, 장비 단위에 대하여 설계를 변경하여 적용한다. 기존 무기체계와 비교하여 동일한 성능 혹은 동등 이상의 성능 및 안전성을 확보할 수 있다.

2.2.2 사전 관리 방법

사전 관리 방법은 무기체계를 개발하는 단계에서부터 추후 발생 가능한 부품단종을 고려하여 설계하고, 운용유지 단계에서는 지속적인 부품단종 관리를 통하여 충분한 대응검토를 통해 단종에 대응하는 방법이다. 이러한 방법은 단종부품의 사전인지로 무기체계 불가동에 대해 예방이 가능하다. 또한 부품 단종을 효과적으로 관리하고, 이에 따른 인력소요 및 비용 등에 대한 예산을 사전에 확보하여 체계적인 단종 대응이 가능하다.

① 성능형 규격/개방형 시스템 설계

부품의 요구성능 및 기능, 환경조건, 연동성 및 상호 호환성 등을 정의한 규격으로 설계하는 방법이다. 동등성능 또는 그 이상의 성능을 보장할 수 있도록 시험방법 및 절차를 개발함으로써, 추후 발생 가능한 부품단종에 대한 대응이 가능하다.

② 모듈화 설계

무기체계의 구성품을 기능 단위로 구분하여 독립적으로 모듈화하여 설계하는 방법이다. 다른 기능 모듈에 영향을 주지 않으면서 부품 성능 개선 및 교체 설계가 가능하고 기술 발전, 시스템 변화 및 단종 문제에 쉽게 대응이 가능하다.

③ 상용부품(COTS) 및 부품 표준화 적용

무기체계 개발 시 상용부품을 최대한 활용하여 민수품들을 군용화하거나, 표준화된 부품을 적용하여 설계하는 방법이다. 상용부품 및 표준화 부품은 호환성을 증대시켜 단종 가능성을 축소시킬 수 있고, 이는 무기체계 운영유지비 절감 효과도 가져온다. 미국에서 Seasolf급 잠수함 개발 시 많은 부품수로 인한 문제점이 대두되어 이후 설계되는 잠수함에 대하여 부품 표준화를 실시한 결과, 부품수는 약 6만7천개에서 2만7천개로 감소되었고 수명유지비용은 약 7억9천만 달러를 절감한 사례가 있다.

④ 부품단종 시스템 구축 및 활용

무기체계 설계단계 뿐만이 아니라 운용유지 단계에서 부품단종 관리 전문 도구 및 관리시스템을 적용하여, 단종이 발생하기 전에 단종 부품 정보를 입수하고 분석하여 대응하는 방법이다. 이러한 부품단종 시스템 활용을 통한 단종관리는 단종발생 후 대체부품 선정과 대응방안 수립에 많은 비용이 발생하게 되는 수동적인 방법과 비교하여 사전에 단종정보를 식별하고 대처함으로써 대응에 소요되는 시간과 비용을 절감할 수 있다.

⑤ 정량적 성능개량 시점 판단 및 추진

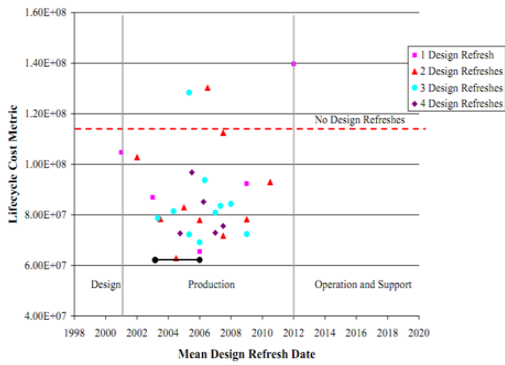
지속되는 과학기술의 발전추세를 고려하여 무기체계는 장비의 성능개량 시점을 판단하여 추진하게 되는데, 장비의 기능향상을 포함하여 부품단종에 대한 문제를 성능개량 시점을 판단하는 중요 기준으로 적용하여 성능개량을 추진하는 방법이다. 이러한 방법의 예로 Univ. of Maryland 와 CALCE Electronic Products and Systems Center에서 개발한 MOCA(The mitigation of obsolescence cost analysis) 프로그램을 제시할 수 있는데, 단종시기를 고려한 부품의 가용성 비용과, 성능개량 비용

분석을 통해 수명주기 비용을 산출하여 성능개량 시점을 판단하는 방법이다.[3]

[Table 2] MOCA program analysis Cost Factors

Cost	Definition
Life cycle cost	$\sum_{i=1}^n \frac{Q_i C_i}{(1+R/100)^{d_{ij}}} + \sum_{j=1}^r \frac{N C_j}{(1+R/100)^d}$ <p>where, Q_i = Quantity of systems to be manufactured at the ith manufacturing event C_i = Recurring cost of manufacturing a system instance at the ith manufacturing event NC_j = Non-recurring cost of the jth design refresh n = Number of manufacturing events r = Number of design refreshes R = Interest rate including percentage discount d_{ij} = Difference in years between i/jth manufacturing/design refresh event date and the net present value calculation date.</p>
Parts unavailability 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 manufacturing event $c_{o(k)}$ = 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.</p>
Design refreshes cost	$N C_j = \left[C_r + C_b \sum_{u=0}^{N_{b(j)}} M_{b(u)} + C_p \sum_{k=0}^{N_{p(j)}} M_{p(k)} \right] + C_{Q(j)}$ <p>where, C_r = 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 changes at the jth design refresh $N_{p(j)}$ = Total number of part changes at the jth design refresh $M_{b(u)}$ = Modifier on the design refresh cost of board u $M_{p(k)}$ = Modifier on the design refresh cost of part k $C_{Q(j)}$ = Re-qualification cost at the jth design refresh.</p>

MOCA 프로그램을 통해 결과를 산출하면, Fig. 2와 같이 부품단종, 성능개량 및 수명주기비용을 고려한 성능개량 시점별 비용 비교자료를 도출할 수 있다. 이는 정책적으로 성능개량 시점을 결정할 때, 정량적인 기초 및 기준 자료로 활용이 가능하다.



[Fig. 2] MOCA program analysis result

2.3 무기체계 특성을 고려한 부품단종 관리방안

기술의 급진적 발전 및 변화에 따라 전자부품의 수명 주기는 급격히 감소하고 있는 시점에, 이와 상대적으로 무기체계의 수명은 비용분석 결과로 수명주기 연장을 도모하고 있다. 이에 따라 무기체계 전 수명주기에서 부품 단종 현상은 어쩔 수 없이 발생한다는 것을 인식하고 군수 무기체계의 특성을 고려하여 부품단종 관리방안을 체계적으로 수립하고 대응해야 할 것이다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 H무기체계 개발에 있어서, 부품단종과 관련하여 체계적 인프라 구축 및 운영방안과 정량적인 성능개량 시점을 비교, 분석한 결과를 바탕으로 부품단종관리 방안을 제시하였다.

2.3.1 체계적 인프라 구축 및 운영

2.3.1.1 조직 구성

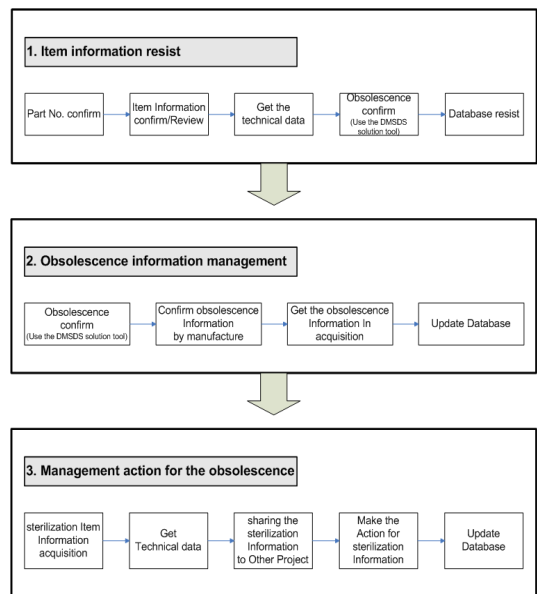
부품단종에 대한 근본적인 대응은 관련 조직 구성 및 업무 분담으로 시작되어야 할 것이다. 이에 따라서 H무기체계에서는 개발, 양산 및 운용유지 단계까지 무기체계 전수명주기를 고려하여 부품단종 관리 조직을 구성하여 운영하는 방안을 적용하였다. 이러한 조직 구성 및 운영은 부품단종에 대한 사전 관리 방법 적용이 가능하게 되었고, 하나의 무기체계 뿐만이 아닌 해당 방산업체에서 개발, 생산하는 무기체계 전체에 대하여 부품단종 관리가 가능하게 되었다. 앞으로는 부품단종 관련 조직구성을 정부로 확대하여 무기체계 획득 및 운영과 관련된 관련기관에서 부품단종문제를 해결하기 위한 조직을 구성하고 업무를 분장하여 제도화 시켜야 할 것이다.

2.3.1.2 부품단종 관리 시스템 구축

부품단종 관리 조직이 구성되고 업무를 제도화 시켜서 관리하는 것과 더불어 부품단종 관리의 중요한 요소는 관리시스템의 구축 및 운영이다. H무기체계 개발 부품단

종 관리를 위하여 자체적으로 관리프로세스를 구축하고 시스템을 운영하도록 하여, 체계적인 단종 관리가 이루어지도록 하였다. 시스템은 3단계로 구분할 수 있는데, Fig. 3과 같이 도식화할 수 있다.

첫 번째 단계로 품목정보 등록을 수행한다. 해당 제조사 제공 기술자료와 부품단종 전문 도구를 기반으로 품목의 단종 여부를 확인하여 자체 단종관리 정보체계에 품목을 등록시켜 데이터베이스화 시킨다. 두 번째 단계는 등록된 부품의 단종정보에 대한 지속적 모니터링 및 품목 데이터베이스 최신화 단계이다. 이때에도 부품단종 전문 도구를 활용하는데, 품목의 수명정보, 단종 여부 및 경고 정보, 대체품 검색 정보 등을 사전에 확인하여 단종관리 정보체계 데이터베이스를 최신화 한다. 마지막 세 번째 단계는 단종대응 관리 단계로 식별된 품목 단종정보를 바탕으로 사전 대응 방안을 검토하고 수립한다. 단종 품목에 대한 기술정보에 근거하여 대체품 검토, 설계변경 등에 대한 대안검토를 수행하고, 부품단종 정보를 공유하여 타무기체계 설계 시에도 해당정보를 공유하여 설계에 반영한다. 업체에서 자체적으로 운영하는 부품단종 시스템은 단종 정보 획득을 위하여 부품단종 전문 도구를 활용하게 되는데, 이때 국방표준중합정보시스템(방위사업청, 2013년 구축)을 활용한다면 우리나라의 특성이나 현실성이 반영된 부품단종 정보를 획득할 수 있을 뿐만 아니라 전문 도구 라이선스 비용 절감 등의 효과를 가져올 수 있을 것이다.



[Fig. 3] DMSMS managing system process

이러한 부품단종 시스템을 활용한 사전 대응 방법은 단종품목의 사전인지를 통해 효율적이며 효과적인 관리 및 대응이 가능하고, 무기체계 특성을 고려할 때 가장 중요한 요소인 불가동에 대한 예방이 가능할 것이다.

2.3.2 정량적 성능개량 시점 분석

H무기체계에서는 부품단종관리 방안을 3가지로 구분하여 수명주기 비용을 분석하고, 정량적인 성능개량 시점을 도출하였다. 체계에서 필수중요기능을 수행하면서 부품단종이 예상되는 회로카드조립체인 시스템제어반, 신호생성반을 대상으로 해당품목의 MTBF(Mean Time Between Failure)를 기준으로 소요량을 예측하고 부품단종관리 방안에 따른 수명주기비용을 판단근거로 하여 최적 부품단종관리 방안을 선정하였다. 또한 비교분석을 위해 고려한 부품단종관리 방안은 재고를 확보하는 경우, 재고를 확보하지 않고 사전단종관리를 수행하는 경우, 재고도 확보하지 않고 사전단종관리를 수행하지 않는 경우 3가지로 구분하였다.

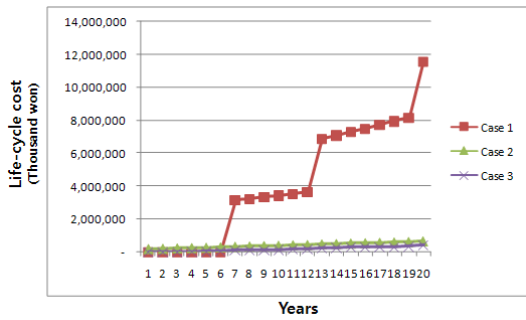
H무기체계를 대상으로 정량적인 성능개량 시점을 분석하기 위하여 적용한 수명주기비용 모델은 다음과 같고, 수명주기비용 산출 구조는 MOCA 프로그램에서 제시하는 비용 구조를 적용하여 분석하였다.

- 수명주기 비용(Life-cycle cost)
 - = 부품의 가용성 비용 + 성능개량 비용
- 부품의 가용성 비용(Parts Unavailability cost)
 - . Case 1(재고미확보 및 단종사전미관리)
 - = 체계 불가동 비용
 - . Case 2(재고확보시)
 - = 재료비용 + 관리비용
 - . Case 3(단종사전관리)
 - = 단종관리비용
- 성능개량 비용(Design refreshes cost)
 - . Case 1(재고미확보 및 단종사전미관리)
 - = 설계비용 + 재료비용 + 제작비용
 - . Case 2(재고확보시)
 - = 제작비용
 - . Case 3(단종사전관리)
 - = 재료비용 + 제작비용
- 비용산출 기준 : Table 3 참조

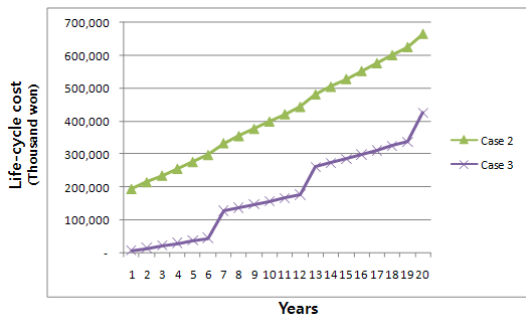
[Table 3] "H" weapon system life-cycle cost analysis factors

Analysis factors	Value	Remark
Material cost	60,000,000 (KW)	<ul style="list-style-type: none"> • Unit Price : 30,000,000 KW • Obsolescence Unit Quantity : 2
Management cost	15,000,000 (KW, Per Year)	<ul style="list-style-type: none"> • Storage Management • Personnel required : 0.1 M/Y • Personnel costs : 150,000,000 KW
Design cost	75,000,000 (KW)	<ul style="list-style-type: none"> • Alternative search & design • Personnel required : 0.5 M/Y • Personnel costs : 150,000,000 KW
manufacture cost	15,000,000 (KW)	<ul style="list-style-type: none"> • Production & SW Installation • Personnel required : 0.1 M/Y • Personnel costs : 150,000,000 KW
DMSMS management cost	15,000,000 (KW, Per Year)	<ul style="list-style-type: none"> • DMSMS management system operation and control • Personnel required : 0.1 M/Y • Personnel costs : 150,000,000 KW
System total down Time cost	3,000,000,000 (KW)	<ul style="list-style-type: none"> • System Price
System operating time	175,200 (Time)	<ul style="list-style-type: none"> • System annual operation time : 3,120 Time • System life-cycle : 20 Years
Obsolescence item MTBF	20,000 (Time)	<ul style="list-style-type: none"> • Reliability analysis result (MIL-HDBK-217F)
Inflation rate	2.29(%)	<ul style="list-style-type: none"> • Korea industry inflation rate(2012)

부품단종관리 방안에 따라 수명주기비용을 산출하여 비교분석한 결과, 재고도 확보하지 않고 사전단종관리를 수행하지 않는 경우에는 체계를 운용하지 못하는 상황이 발생하게 되므로 다른 두가지 경우보다 수명주기비용이 상대적으로 높게 발생하는 것으로 분석이 되었다[Fig. 4]. 다른 두가지 경우에는 단종예상 품목을 재고로 확보하여 체계를 운용하는 방안보다 사전단종관리를 수행하여 체계를 운용하는 방안이 약 2억 5천만원 정도의 수명주기비용을 절감할 수 있는 것으로 분석되었다[Fig. 5].



[Fig. 4] "H" weapon system life-cycle cost analysis result



[Fig. 5] Comparison of cost analysis result(Case2 VS Case3)

결과적으로, H무기체계 특성을 고려한 부품단종관리 방안은 부품단종 관리 시스템을 활용하여 단종관리를 수행하고, 핵심부품(시스템제어반, 신호생성반)에 대해 전력화 이후 7년 주기로 성능개량을 추진하는 것이 수명주기 비용관점에서 최적화된 방안인 것으로 선정되었다.

3. 결론

현대기술의 급격한 발달과 군수시장 및 무기체계 특성을 고려했을 때, 무기체계 수명주기에 있어서 부품단종은 불가피하게 발생할 수밖에 없다. 부품단종은 무기체계 운용유지에 심각한 결과를 초래할 수 있고, 단종에 대응하는 노력들로 인해 추가적인 인력이나 비용이 소요된다. 이러한 문제점의 심각성을 인지하고, H무기체계에서는 체계개발기간 중에 정량적인 수명주기비용 분석을 바탕으로 효율적인 부품단종 관리방안을 검토하고 제시하였다.

이러한 연구와 같이, 추후 무기체계 개발 시 무기체계라는 특수성을 고려할 때, 체계 가용성 및 비용절감을 고려한 부품단종 관리방안에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다. 또한 정부차원에서 부품단종 관련 조직을 구성하고, 우리나라 현실에 맞도록 관련 규정이나 인프라를 구축하고 운영하는 노력도 필요하다고 판단된다.

References

- [1] U.S. DoD 4140.1-R, p.75, 2003. 5. 23.
- [2] K.R. Lee, "Study on the Improvement of Electronic Parts DMSMS Management in Weapon Systems", Master Thesis, Korea National Defense University, 2006
- [3] Pameet Singh, Peter Sandborn, "Obsolescence driven design refresh planning for sustainment dominated systems", The Engineering Economist, Vol. 51, No. 2, pp. 115-139, 2006
DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00137910600695643>
- [4] S.C. Choi, K.R. Lee, "A Study on the Improvement of DMSMS Management for Weapon Systems", Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol.10, No.2, pp134~141, 2007
- [5] S.M. Oh, S.C. Choi, "An Examination on Management Strategies of the DMSMS for Long-operated Military Aircrafts", Journal of the Korea Association of Defense Industry Studies, Vol.16, No.2, pp213~236, 2009

박 경 덕(Kyoung-Deok Park)

[정회원]



- 2006년 2월 : 성균관대학교 시스템경영공학부 (공학학사)
- 2006년 11월 ~ 현재 : LIG 빅스원 선임연구원

<관심분야>

체계공학, 신뢰성공학, 시뮬레이션

이 종 문(Jong-Moon Rhee)

[정회원]



- 1993년 2월 : 경성대학교 산업공학 (공학 석사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : LIG빅스원 수석연구원

<관심분야>

체계공학, 인간공학, 신뢰성 공학