

행정간행물등록번호

11-1690000-000331-01



시스템엔지니어링 가이드북

Version 1.0



2007. 10. 1



방위사업청
Defense Acquisition Program Administration

머 리 말

개청 2년차를 맞이한 방위사업청에는 방위력개선사업의 효율성을 높이기 위한 새로운 각종 기법 및 노력들이 시도되고 있다. 시스템엔지니어링은 하나의 단편적인 기법이 아니라, 좀 더 효과적으로 고객이 원하는 시스템을 개발하기 위한 접근방법이다. 이것은 개발 프로그램의 기술적인 면을 포괄하며, 최적의 결과물을 얻기 위한 개념 및 방법론을 제시하고 있다. 이 개념 및 방법론은 현재 시도되고 있는 다양한 기법들과도 잘 어울린다.

방위력개선사업관리규정에 시스템엔지니어링의 적용이 장려되고 있으나, 강제적인 조항이 아니고 적용기반 또한 미확보되어 있는 실정으로 그 적용은 멀게만 느껴졌다. 하지만 2006년 6월 1일 창립된 학습동아리 시스템엔지니어링연구회를 중심으로 미약하나마 적용방안에 대한 연구가 이루어졌고, 2007년 들어 “시스템엔지니어링 도입기반 확보”라는 제목으로 청 100대과제에 선정되고, 시범적용을 위한 T/F가 구성되면서 SE 도입은 가시화되기 시작했으며, 그 일환으로 이 가이드북을 작성하였다.

이 가이드북은 각 통합사업관리팀에서 자신이 관리하는 사업에 시스템엔지니어링을 적용하고자 할 때, 쉽게 참고할 수 있도록 작성되었다. 따라서 내용의 핵심은 시스템엔지니어링을 적용함에 있어 방위사업청에서 어떠한 활동을 할 것인가? 그리고 계약자에게 제안요구나 계약이라는 수단을 통해 어떠한 활동을 요구할 것인가? 하는데 맞추어져 있다.

미국 등 선진국 국방획득사업의 경우를 보면, 시스템엔지니어링의 적용에 있어서 가장 중요한 것은 정부 측의 개념정립 및 의지, 그리고 시스템엔지니어링 비용의 인정이다. 따라서 정부 측에도 전문가와 전문조직이 필요하다. 방위사업청에 이러한 기반이 조속히 마련되기를 기대한다.

지속적인 연구와 적용을 통해 이 가이드북을 보완 및 발전시킬 것을 약속하면서, 방위력개선사업 수행에 하나의 좋은 길라잡이가 되기를 바라마지않는다.

2007. 10. 1

방위사업청 사업관리본부장

육군소장 이국범



가이드북의 범위 및 사용법

1. 이 가이드북(Version 1.0)의 내용은 시스템엔지니어링과 시스템엔지니어링 프로세스에 대한 기본 개념을 소개하고(1~3장), 정부가 계약자에게 시스템 엔지니어링 업무를 부과하는데 참고할 수 있는 내용(4장)으로 구성하였다.
2. 사업관리요원은 제안요청서나 계약특수조건 등을 작성할 때, 이 책의 내용을 참고하여 시스템엔지니어링 관련 요구사항을 포함시킬 수 있다.
3. 또한 이 가이드북은 계약 전 사업관리팀에서 작성해야 하는 시스템 엔지니어링 문서에 대해서 소개하였으며, 각각의 상세한 작성방법에 대해서는 해당되는 참고 문헌을 추천하였고, 향후 별도의 안내서를 발간할 예정이다.

※ 이 가이드북은 한국시스템엔지니어링협회(KCOSE)의 감수를 받았습니다.

차 례

1. 시스템엔지니어링 개요.....	1
1.1. 시스템 및 시스템적 사고.....	1
1.2. 시스템엔지니어링의 정의.....	1
1.3. 시스템엔지니어링 적용 필요성.....	2
1.4. 시스템엔지니어링 적용사례 분석.....	5
1.5. 왜 SE 적용을 요구해야 하는가?.....	6
1.6. 시스템엔지니어링 표준의 변천.....	7
1.7. SE, PM 그리고 기타 기법들의 관계.....	9
2. 시스템엔지니어링 프로세스.....	14
2.1. 시스템엔지니어링 프로세스 개요.....	14
2.2. 요구분석.....	20
2.3. 기능분석 및 할당.....	32
2.4. 설계조합.....	41
2.5. 검증.....	47
2.6. 시스템엔지니어링 프로세스 모델의 변화 움직임.....	54
3. 시스템엔지니어링 프로세스 출력물.....	58
3.1. 요구사항과 설계문서.....	58
3.2. DoD 규격서 및 표준서의 정책과 시행.....	62
4. 시스템엔지니어링의 적용.....	68
4.1. 미 국방의 소요개발 시스템.....	68
4.2. 시스템엔지니어링 문서 패키지.....	68
4.3. 시스템엔지니어링 문서작성 프로세스.....	73
4.4. 시스템엔지니어링 문서 소개.....	75
4.4.1. 운용개념서.....	75
4.4.2. 운용요구서.....	76
4.4.3. 시스템엔지니어링계획서.....	77
4.4.4. 시스템요구서.....	79
4.4.5. 시스템규격서.....	80
4.4.6. 개략업무분해구조.....	81
4.4.7. 업무기술서.....	82
4.4.8. 목적기술서.....	83
4.4.9. 계약자료 요구목록.....	84
4.5. 시스템엔지니어링 실무적용 사례.....	85
4.6. 개발기관에 대한 요구사항.....	94
4.6.1. MIL-STD-499B 초안에 나타난 요구사항.....	94
4.6.2. SERP에 나타난 요구사항.....	114
용어정리.....	118

1. 시스템엔지니어링 개요

1.1. 시스템 및 시스템적 사고

시스템은 정의된 목적을 달성하기 위한 요소들의 결합체를 의미한다. 이 요소들은 동일한 목적을 위해 서로 유기적으로 작용하며, 단순한 집합 이상의 효과를 발휘한다. 각 엔지니어링 분야에서 시스템에 대한 정의는 서로 다르게 나타난다. 예를 들면 전기 엔지니어는 통합된 복잡한 회로나 전기유닛의 결합체를 시스템으로 볼 것이다. 하지만 시스템엔지니어가 보는 시스템의 개념은 그보다 한 수준 높은 것이다. 예를 들어 항공기 시스템이라 하면, 주장비인 항공기 외에 정비사, 교육시스템, 지원장비, 정비시설, 수리부속 및 연료 공급체계, 비행장 시설, 관제시설 등을 포함한다.

시스템은 필요한 기능을 수행하기 위하여 통합된 여러 자원(인간, 자원, 장비, 소프트웨어, 설비, 데이터 등)의 복합으로 이루어지며, 이러한 자원들이 어떻게 효과적인 방법으로 구성되느냐에 따라 전체의 가치와 효율성이 결정된다. 시스템은 아키텍처 형태로 이루어지며, 수행될 기능 및 복잡도에 따라 '하부시스템'과, 연관된 '컴포넌트' 그리고 최하위 수준인 '부품'으로 나눈다.

현실의 문제는 매우 복잡하게 얽혀있어, 원인 → 결과 식의 단편적 사고로는 올바른 해결책을 찾을 수 없다. 뉴욕 경찰이 대규모로 마약 단속을 했을 때, 마약의 감소로 가격이 올라갔고, 마약중독자들은 돈을 마련하기 위해 또 다른 범죄를 저질렀으며, 마약공급자들은 더욱 대담하게 밀수에 나서, 결국 마약과 관련된 범죄가 증가하는 결과를 초래한 적이 있다. 소경과 코끼리의 비유에서도 보듯이 우리는 어느 한 단면만으로 시야가 고정되어 전체를 보지 못하는 경우가 있다.

시스템적 사고란 현실을 요인들 사이의 상호 연결관계의 한 고리들로 파악하는 것이다. 사물을 변화의 과정 중에 있는 것으로 파악하고, 전체적인 변화의 패턴을 찾는 것이 중요하다.

결국, 시스템적 사고란, 사물을 그 자체보다는 사물들 사이의 전체적인 관계를 보는 것이고, 문제를 그 자체보다는 그 문제를 만들어 내는 하부구조를 보는 것이다. 시스템 개발에 있어서도, 각 전문분야 엔지니어들이 자기들 분야에만 관심을 갖기 쉬운 반면, 시스템엔지니어들은 전체 시스템을 설계하고 구성요소들의 균형과 조화를 추구함으로써, 시스템 차원에서의 효과를 극대화한다.

1.2. 시스템엔지니어링의 정의

시스템엔지니어링에 대한 몇몇 단체에서 내린 정의를 살펴보면 다음과 같다.

- 운용요구를 시스템 성능 파라미터와, 원하는 시스템 성능으로 변환시키기 위한, 각종 활동과 의견을 수렴하는 하나의 논리적 시퀀스(MIL-STD-499A)
- 고객요구를 만족하는 사람, 제품 및 프로세스 해결책의 통합된 수명주기

균형시스템 개발과 검증을 위하여 필요한 모든 기술적 활동을 포함하는 다분야 학문과 관련된 접근법(EIA/IS-632)

- 고객의 기대와 공공의 수용성을 만족시키는 수명주기 균형시스템 해결책을 도출하여 발전시키고 검증하는 다분야 학문과 관련된 공동연구 접근법 (IEEE P1220)

다시 말하면 시스템엔지니어링이란, 복잡한 시스템을 개발함에 있어, 고객의 요구를 만족시키는 통합된 수명주기 균형시스템 해결책을 적용하고 검증하기 위한 다분야 학문의 엔지니어링 접근방법이다. 여기에는 시스템엔지니어링 프로세스 및 다양한 기법 및 도구들이 사용되며, 경험과 지식을 갖춘 전문가 집단이 요구된다.

1.2.1. 시스템엔지니어링 활동 시작 시기 및 아키텍팅

기존의 시각에 의하면 시스템엔지니어링은 주로 획득단계가 시작된 뒤에 계약을 체결한 산업체의 개발자가 사용하는 일종의 설계 기법으로 생각되어 왔으나, 최근에는 획득사업 이전에 이루어지는 획득전 단계 (개념탐색 등)에서 조기에 시스템엔지니어링을 수행하여 본격적으로 획득사업으로 진입할 것인가를 결심하는 과정에 시스템엔지니어링을 수행하는 것을 중시하게 되었고, 더 나아가 소요를 결정하는 단계에서까지 시스템엔지니어링을 수행해야 한다는 의견이 나오게 되었다.¹⁾

한편 일각에서는 소요 단계의 활동은 시스템엔지니어링의 입력에 사용되는 자료를 산출하는 활동이며, 전통적인 시스템엔지니어링과는 다르기 때문에 “아키텍팅”이라고 다른 이름으로 불러야 한다고 본다. 이러한 시각은 “아키텍팅”은 주로 “어떤 시스템이 필요한가를 알기 위해서” 대상 시스템 자체 보다는 그 시스템을 사용하는 더 큰 시스템의 비즈니스 활동을 분석하는 작업인데 비하여, 전통적인 “시스템엔지니어링”은 이렇게 결정된 시스템에 대하여 그 내부 구성요소들을 어떻게 설계할 것인가를 정하기 위하여 시스템의 기능에서부터 하위 시스템의 세부 기능들을 분해해 나가는 작업이라고 보는 것이다.²⁾

1.3. 시스템엔지니어링 적용 필요성

항공기, 인공위성, 대형선박, 원자력발전소, 자동차 등 현대의 시스템은 갈수록 첨단화, 복잡화, 대형화되어가고 있으며, 다양한 해당분야 전문가들이 참여하고, 많은 수의 협력업체와 분산된 작업장 등으로 인해 시스템 개발에 있어서 성능의 미충족, 비용의 증가, 일정의 초과 등에 대한 많은 위험이 상존하고 있는 실정이다.

군사용 무기체계에 있어서도 마찬가지이다. 미국방성의 경우, 급변하는 획득환경의 변화에 따라 지속적인 획득정책의 변화를 시도하고 있다. 또한, 빠른 과학기술의 발달과 급격히 변화되는 위협 및 전쟁양상에 따라 소요군은 첨단 무기들을 조기에 획득하기를 원하고 있으며, 냉전의 종식에 따라 무차별적인 투자보다는 선별적이고

1) John M. Colombi, David Jacques, INCOSE Insights 2007. 7, pp.19-21

2) John M. Colombi, David Jacques, INCOSE Insights 2007. 7, pp.19-21

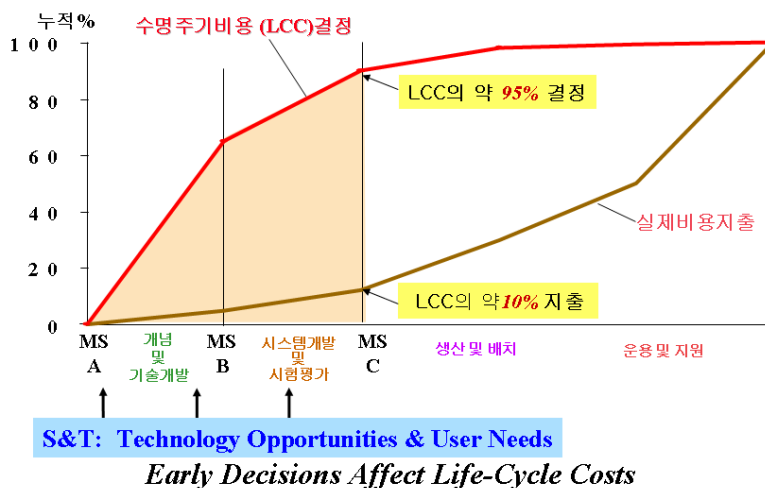
경제적이면서도 효율성 높은 시스템이 요구되고 있다.

또한 무기체계의 대형화, 첨단화 및 복잡화에 따라, 주장비 뿐만 아니라 다양한 지원요소, 그리고 수명주기 고려의 중요성이 부각되었으며, 이를 전체적으로 고려해야 하는 시스템적인 사고의 필요성이 요구되고 있다.

경부고속철도 사업의 경우를 보면 '90년 6월 발표된 사업 기본계획상의 사업비 5.8조원, 사업기간 6년 대비, '97년 2차 수정에서는 사업비 17.7조, 사업기간 13년으로 사업비는 약 3배, 사업기간은 약 2배 이상 증가한 것을 볼 수 있으며, '06년 현재, 아직 일부구간은 개통되지 못한 채 공사가 진행되고 있다. 또한 '04년 국가예산의 경우, 국책사업 상위 30개 사업예산이 사업초기에 11.5조원에서 33.8조원으로 약 3배 증가하였으며, 사업기간도 2.4~6.5배 증가한 것으로 나타났다.³⁾

이러한 사례들은 사실상 사업의 실패로 보아야 하며, 외국의 경우와 비교해 보면 계획수립기간 및 예산이 현저히 적었음을 알 수 있다. 즉, 시스템적인 사고의 부족과 사업초기에 명확한 시스템정의가 이루어지지 않은 상태에서 무리하게 사업을 착수한데 그 원인이 있는 것이다.

그 동안의 많은 국방획득사업 수행에서 얻어진 일반적인 교훈에 따르면, 사업의 초기 활동 중의 하나인 시스템 정의가 명확하게 이루어지기 전에 연구개발을 시작함으로써 개발후반에 설계요구사항과의 상충으로 인한 추가비용, 개발기간 지연 등이 발생하였다. 불명확한 시스템 정의는 설계의 기본이 되는 시스템 요구사항의 부실을 초래하며, 이것은 사업실패의 첫째 요인이 된다.



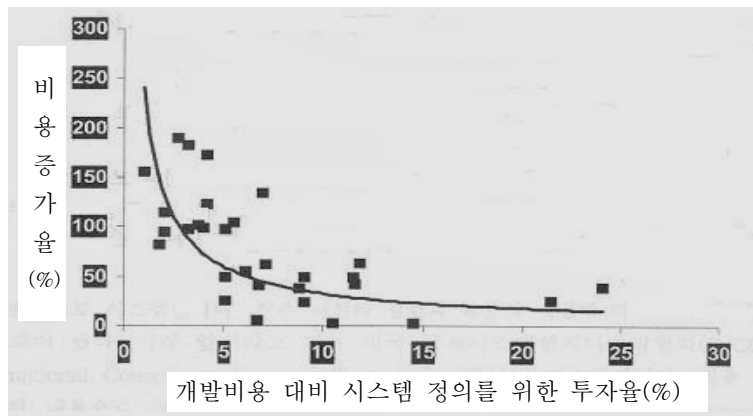
- 실제 지출비용은 생산/배치 및 운영유지 단계에서 가장 크지만,
- 그 비용이 결정되는 시기는 개념정의 및 개발단계임 (개발단계에서 수명주기 비용의 95%가 결정됨)

⇒ SE 절차에 의거한 체계적인 시스템정의 활동이 필요

<그림 1-1> 수명주기 비용 결정시기

또한 시스템 개발이, 직간접적으로 연관된 이해관계자의 대표로 구성된 IPT에 의해 전체적인 관점에서 사업이 추진되지 않고, 생산지향의 설계자와 개발자 위주로 이루어져 왔다.

3) KCOSE 홈페이지 자료실(www.kcose.org)

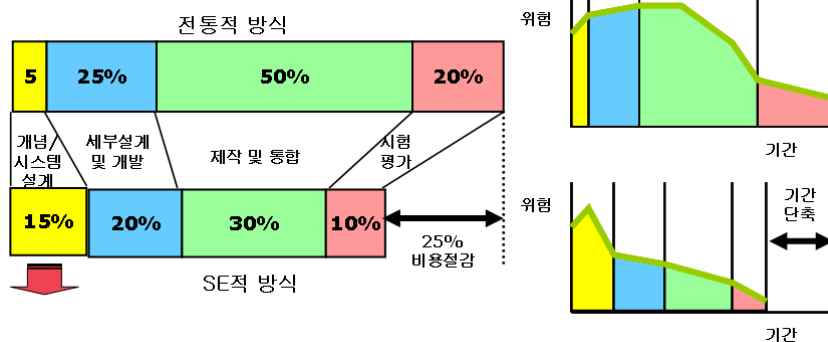


<그림 1-2> 시스템정의 투자 비율 - 비용상승 간의 관계

○ 개발초기 시스템정의단계에 개발비용의 15~20%정도를 투자했을 때 비용상승이 가장 적게 나타남.

(시스템정의단계에 2% 정도를 투자했을 때는 80~160%의 비용상승이 발생)

⇒ 시스템정의단계에 예산투자 확대 필요



<그림 1-3> 초기단계 투자의 중요성

○ 개념/시스템 설계 단계의 투자를

전통적 방식의 5%에서 SE적 방식의 15%로 확대했을 경우

전체 개발비용은 25%가 절감됨

⇒ 시스템정의단계 투자 확대로, 전체 개발비용 절감 가능

* 자료출처 : 미국방성 및 NASA 통계자료

또 한가지 요인은 개발에 10년 이상이 소요되고, 배치 후 20~30년 이상 운용될 국방획득사업을 초기 개념연구부터 폐기까지의 전체 수명주기적 관점에서 추진하지 않고, 획득의 시각 범주를 개발, 생산 및 획득하는 자체로 한정하여, 운용유지 및 폐기 단계에서 비용이 상승하는 결과를 초래하고 있다. 수명주기 비용의 60%정도가 소요되는 운용유지 및 폐기단계를 포함한 수명주기적 접근은 매우 중요하다.4)

이러한 복잡하고 다분야적인 대형 사업에는 시스템엔지니어링을 적용하여, 각 분야의 전문가 외에 시스템엔지니어링 전문가를 두고, 고객의 요구분석, 시스템 정의, 요구사항에 기능을 할당, 물리적 아키텍처 및 설계를 수행, 그리고 이를 검증하는 시스템엔지니어링 프로세스를 적용하여, 전 분야 및 수명주기에 대한 균형 및 동시적 고려를 통해 시스템을 최적화시키고, 위험을 감소시키며 비용 및 일정을 단축시켜야 한다.

또한 최근에 방산물자의 수출과 관련하여, 구매국에서 시스템엔지니어링 산출물을 요구하는 경우가 많다. 이 때 시스템엔지니어링 산출물이 준비되어 있지 않다면 입찰

4) 권용수, 장윤일, “국방획득과정에서의 시스템엔지니어링 적용 및 전망”, 2004

에서의 불이익은 물론이고, 국제적인 망신을 당하기 쉽다. 이것은 시스템엔지니어링이 무기체계 개발에 국제적인 표준으로 자리잡아가고 있다는 사실을 설명해 준다.

1.4. 시스템엔지니어링의 적용사례 분석

방산 선진국의 SE 적용 현황을 살펴보면, 미국은 모든 개발 및 개조 프로젝트를 포함한 모든 획득 사업에 의무적으로 시스템엔지니어링을 강건(Robust)하게 적용하도록 규정하고 있으며, 영국은 1998년 시스템엔지니어링을 기반으로 획득전략 및 조직을 혁신하였고, 프랑스는 시스템엔지니어링, 사업관리(PM), 조달(Procurement) 세 가지를 국방획득 프로세스의 축으로 삼고 있다.

주요 대형 프로젝트에서의 시스템엔지니어링 적용사례를 살펴보면 다음과 같다.

1.4.1. 보잉 777 항공기

항공기는 하나의 종합시스템으로, 초기 개념연구부터 설계, 조립, 생산, 운용/유지 그리고 폐기까지의 전 수명주기와 시스템적인 관점에서 시스템엔지니어 및 각 분야 엔지니어 그리고 고객까지 포함된 다양한 이해관계자들이 참여하는 대표적인 종합엔지니어링이다. 중-대형급 민간항공기인 보잉777(탑승인원 300~400명)을 개발할 때 기존의 보잉 767 항공기 개발방식을 크게 탈피하여 시스템엔지니어링을 적용하였다. 시스템엔지니어링 개념 기반의 다분야 전문가팀에 의한 동시설계와 IPPD⁵⁾가 적용되었으며, 개발과정에서 고객(항공사)이 직접 참여하여 고객의 요구가 적극적이고 과학적인 방법으로 반영되도록 하였다.

또한 컴퓨터에 의한 설계와 시뮬레이션에 의한 성능시험기법을 도입하여, 개발초기 활동을 강화함으로써 비용 및 일정 면에서 많은 이득을 보았다. 보잉 767 대비 보잉 777에서는 재작업을 50% 감소, 시험기간 60% 감소, 정비작업 비용 35% 절감 등의 효과를 나타냈으며, 운용비용은 A340 항공기 대비 10%, MD-11 대비 8% 절감되는 것으로 밝혀졌다.⁶⁾

1.4.2. 미 해군 F/A-18E/F 항공기

미 해군 전술항공기 Super Hornet F/A-18E/F 사업은 기존 F-18C/D 항공기 성능개량 개발사업이다. 이 사업은 기체의 크기와 성능면에서 크게 업그레이드되었음에도 불구하고 C/D 기종의 예산에서 25% 이상 초과할 수 없다는 제한사항이 존재하고 있었다. 따라서 이 사업에 대한 미 해군과 주계약업체의 주요 관심사항은 비용, 일정 및 개발위험관리였으며, 이에대한 개발대안으로 부각된 것이 IPPD의 적용이었다. F/A-18E/F 항공기 개발사업에 있어서 IPPD 활동의 핵심요소는 고객중심,

5) IPPD(Integrated Product and Process Development) : 설계, 생산 및 운용유지 프로세스를 최적화하기 위해, 다분야(Multidisciplinary) 팀을 활용하여, 모든 필수적인 획득 활동을 동시적으로 통합하는 관리 기법. IPPD는 제품 개념에서부터 생산, 운용유지 지원에 이르기 까지 비용 및 성능 목적을 충족시켜 준다.(DoD 5000.2-R)

6) 권용수, 장윤일, “국방획득과정에서의 시스템엔지니어링 적용 및 전망”, 2004

제품 및 프로세스 동시개발, 다분야 전문 팀워크, 사전 위험 인식 및 관리 그리고 통합 정보환경이었다. 이러한 5가지 IPPD 핵심요소 관점에서 전통적인 획득방법에 의해 개발되었던 C/D 기종과 비교분석한 내용은 다음과 같다.⁷⁾

- 다분야 전문팀에 고객을 포함시킴으로써, 의사결정자와 고객의 원활한 의사소통 가능 및 비용상승 방지
- 프로세스를 제품과 동시에 개발. 즉, 하드웨어 설계를 생산프로세스 개발과 동시에 수행함으로써, 생산비용, 결함 및 재작업을 감소(E/F의 Wing 제작 비용은 C/D 대비 30% 이상 감소)
- 다분야 전문가팀(IPT)에 설계 개발 및 생산에 관련된 직접적인 이해관계자 뿐만 아니라, 전 수명주기와 관련된 이해관계자를 설계프로세스의 초기에 포함시킴으로써 후반의 설계변경을 감소(A/B 기종 대비 설계도면 변경건수 50% 이상 감소)
- F/A-18C/D 개발 경험을 바탕으로, 비용, 일정 및 중량 등의 위험요소를 참고하여 사업초기에 잠재적 위험요소를 사전에 식별하여 개발위험 감소
- 요구사항, 계획, 자원할당 및 제조 등 제품 전 수명주기의 사업추적과 관련된 통합정보환경을 구축하여 이해관계자간 지식의 공유와 긴밀한 의사소통을 가능케 하였음

1.4.3. 차세대 공격 핵잠수함(NSSN) 개발

NSSN 사업은 냉전후 작전환경의 변화와 예산제한 환경에서 시작된 미국의 차세대 공격 핵잠수함 사업으로서 주계약자인 Electric Boat사와 Newport News사는 이전의 시울프 사업과는 달리 획득 및 수명주기 비용을 절감하고 개발 위험을 줄이며 효과적인 시스템을 개발하기 위해 시스템엔지니어링을 적용했다. NSSN 사업에서는 IPPD를 적용하여 다분야 전문팀을 조직하고 제품과 관련 프로세스를 동시에 개발하기 위해 M&S와 같은 설계도구, 통합팀 등을 사용했다.

NSSN 사업의 설계도면 생성과 변경을 보면, 5,070건의 설계도면 생성에 소요되는 기간이 이전 시울프 사업에 비해 2.5년 정도 단축되었다. 설계변경 건수는 693건으로, 같은 기간 시울프의 13,000건에 비해 약 95% 감소되었다.⁸⁾

1.5. 왜 SE 적용을 요구해야 하는가?

미 국방성 정책 및 지침은, 통합·균형된 시스템 해결책으로서 시스템엔지니어링 접근방법의 적용을 다음과 같이 강조하고 있다.

DoD(Department of Defense) 지침 5000.1에는

획득사업은 시스템엔지니어링 적용을 통한 관리를 수행하여

7) 권용수, 장윤일, “국방획득과정에서의 시스템엔지니어링 적용 및 전망”, 2004

8) 권용수, 장윤일, “국방획득과정에서의 시스템엔지니어링 적용 및 전망”, 2004

전체적인 시스템 성능을 최적화하고, 수명주기 비용을 최소화하여야 한다.

실행가능하고 모듈화된 개방시스템 접근법이 적용되어야 한다.

DoD 지침 5000.2는 다음과 같이 SE의 중요성을 강조한다.

무기체계의 효과적인 운영유지는, 지속적이고 철저한 SE 방법론의 적용을 통해서, 신뢰성/정비성을 갖춘 시스템을 설계 및 개발하는 것으로부터 시작된다.

정부에서 SE를 적용한다는 것은, RFP와 계약에 SE 요구사항을 명시하여, 개발기관으로 하여금 의무적으로 SE를 적용하게 하고 그 결과물을 검토 및 승인하여, 최종 결과물만을 검증/확인하는 것이 아니라, 과정 및 절차까지 관리하겠다는 것이다. 미국의 경우도 1994년 페리 국방장관에 의해 계약에 군사표준이나 규격을 요구하지 못하게 하였으나, 10년이 지난 2003년 2월 20일 국방부 획득/기술/군수 차관의 정책각서에 의해 다시 SE를 강조(부활)하게 되었다. 미의회 회계감사원(GAO)은 SE 수행시점을 더 앞당기도록 국방부에 권고하고 있다. SE를 적용하되, 사업추진방안 결정전에 SE를 해야 한다는 것이다. 즉, 개발 사업의 작업량, 비용, 기간을 추정하기 위해 사업 승인 전에 SE 적용이 필요하다는 것이다.

시스템엔지니어링이 효과적인 시스템 개발 접근법이라고 알려져 있지만, 국가라고 하는 제한적인 고객을 상대로 고객이 원하는 특정한 시스템을 개발해야 하는 방위산업체의 입장에서는 시스템엔지니어링의 적용이 오히려 성가신 것이 될 수 있다. 개발의 과정에 대한 개입 없이 최종산물만가지고 평가해 주기를 바랄 수 도 있다. 하지만 그러기에는 시스템개발은 너무 많은 위험요소를 가지고 있다. 최종산물이 고객의 요구를 충족시키지 못할 가능성이 많다는 것이다.

따라서, 고객과 개발기관은 사업 초기부터 서로 긴밀히 협조하여, 검증된 시스템 엔지니어링 방법론을 확고히 적용함으로써 그러한 위험요소를 현저히 감소시킬 수 있는 것이다. 여기에는 정부 측의 확고한 정책에 근거, RFP 및 계약 제도를 활용한 주도적인 실행 및 요구가 필요하다.

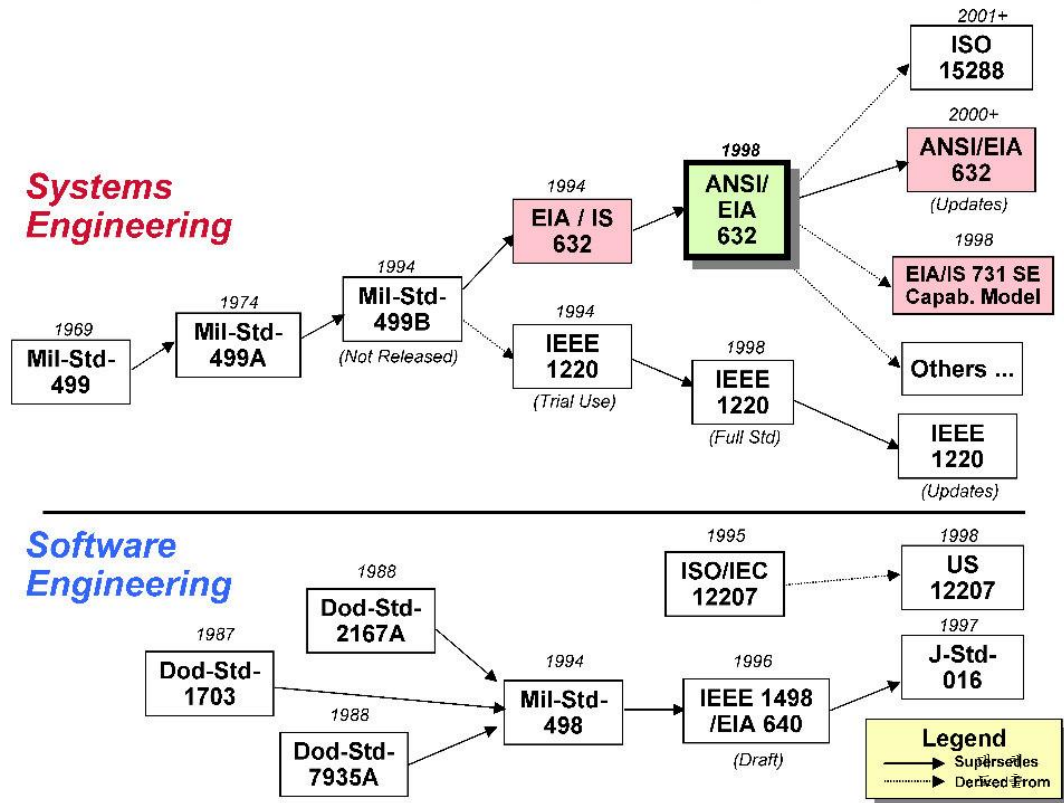
1.6. 시스템엔지니어링 표준의 변천

SE라는 용어는 1940년대 Bell 전화 연구소에서 처음 나왔으며, DoD는 1950년대 미사일 및 미사일 방어 시스템을 개발하면서 이 개념을 발전시켰다. SE는 2차 세계 대전 이후 힘을 얻기 시작했는데, 복잡하고 대형화된 시스템을 획득해야 하는 국방 획득 분야에서 먼저 발전되기 시작했다.

1969년 미공군은 Systems Engineering 기본 군사표준, MIL-STD-499(USAF)를 개발했다. 이 표준은 DoD에 의해 승인되었고, 개정을 통해 모든 DoD 기관이 의무적으로 적용하게 되었다. 1974년 개정판“A"가 발간되었고, 공군에 의해 우선적으로 사용되었다. 그 후, 1990년대 초반 획득 개혁에서, 성과기반 획득의 선구자로서 가용하고 적절한 상용 표준의 사용이 강조되었다.

1994년 국방장관 윌리엄 페리는 정책 메모를 통해, MDA(마일스톤 의사결정기

구)에 의해 승인된 경우를 제외하고는, 군사 규격 및 표준 사용을 금지해 버렸다. 이것은 민간기술의 발전했으므로 국방에서도 민간표준을 써서 효율성을 높이자는 의도였다. 1992년 MIL-STD-499A를 개정하여 방산업체를 포함하여 폭넓게 적용할 수 있도록 수정된 MIL-STD-499B는 페리 메모에 의한 개혁으로 인해, DoD의 승인을 받지 못하고, 이어서 MIL-STD-499A도 1995년 대체판 없이 폐지되었다.



<그림 1-4> SE 표준의 변천

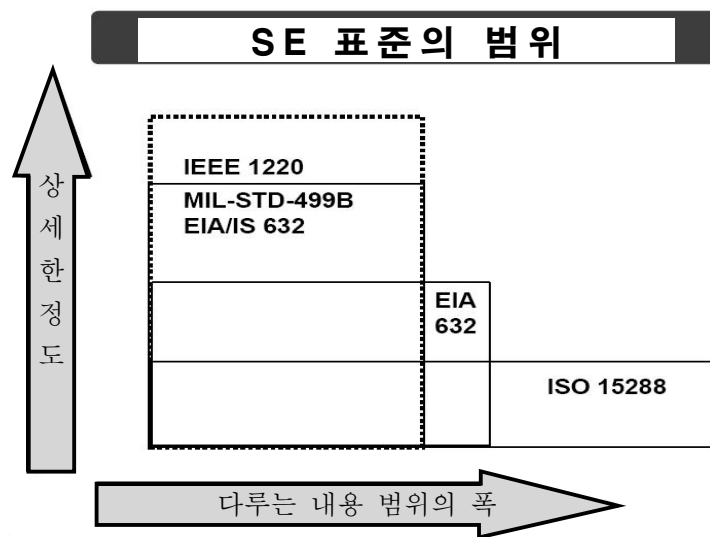
1994년 상용 SE 표준이 없었던 관계로 MIL-STD-499B 초안이 미국 업체 표준인 IEEE-1220 및 EIA-632로 전환되었다. 이것들은 군사표준을 약간 수정한 것이다. 이때로부터 DoD 획득 조직은 그들의 SE 가이드 및 핸드북에 업체 표준을 사용해 오고 있다. DoD 내의 SE 적용은, 표준, 모델 및 프로세스 개선 프레임워크 등의 범람으로 인해 점점 단편화되었다.

그러나, 시스템엔지니어링 표준 적용의 강도는 다시 강화되기 시작했다. 지난 몇 년 동안 상용 시스템 및 소프트웨어 표준은 천천히 하나의 조화된 국제 표준으로 수렴하고 있다. 더 최근에 미공군은 우주사령부 산하의 우주미사일시스템센터(SMSC) 획득을 지원하기 위해 새로운 초안(MIL-STD-499C)을 내놓았다. 이 MIL-STD-499C (USAF) 초안은 2005년 3월 24일 발표되었으며, 모든 다른 DoD 기관 및 부서에 사용할 수 있도록 작성되었다. DoD 계약에 적용 표준으로 적용하는 것은, 5일 후인 2005년 3월 29일, PM으로 하여금 MDA(Milestone Decision Authority) 승인 없이 적절한 표준 및 규격을 적용할 수 있도록 허용하는

USD(AT&L)⁹⁾의 정책 메모에 의해 가시화되었다.

미국방부의 DAG(Defense Acquisition Guidebook)에서는 국방분야 획득 프로그램을 위한 3가지 우선적(Prime) 표준을 ISO/IEC 15288, ANSI/EIA 632, IEEE 1220으로 정하고, 실제 SE를 수행함에 있어서는, 이 세가지 모두 또는 그것들의 혼합된 형태를 사용하도록 안내하고 있다.

각 표준들간에 그 상세한 정도와 범위를 비교하면 그림6에서 보는바와 같이 IEEE 1220 및 MIL-STD-499B는 비교적 좁은 범위를 상세하게 다룬 반면, ISO 15288은 넓은 범위를 간략히 다루고 있다.



<그림 1-5> 표준들의 상세 및 범위 정도 비교

USD(AT&L)는 2004년 2월 국방획득사업에서 SE의 중요성과 사업 방식에 적용을 강조하는 정책 메모를 발행했다. 이것은 DoD가 과거에 수행했던 제도를 부활시키려는 강력한 의지의 표현이라고 볼 수 있다. SE를 부활시키고자하는 노력은 과거에 성공적으로 복잡한 시스템 개발에 증명되었던 양상을 유지하고자 하는 것이며, 목록물과 함께 아이를 버리지 않고자 하는 것이다.

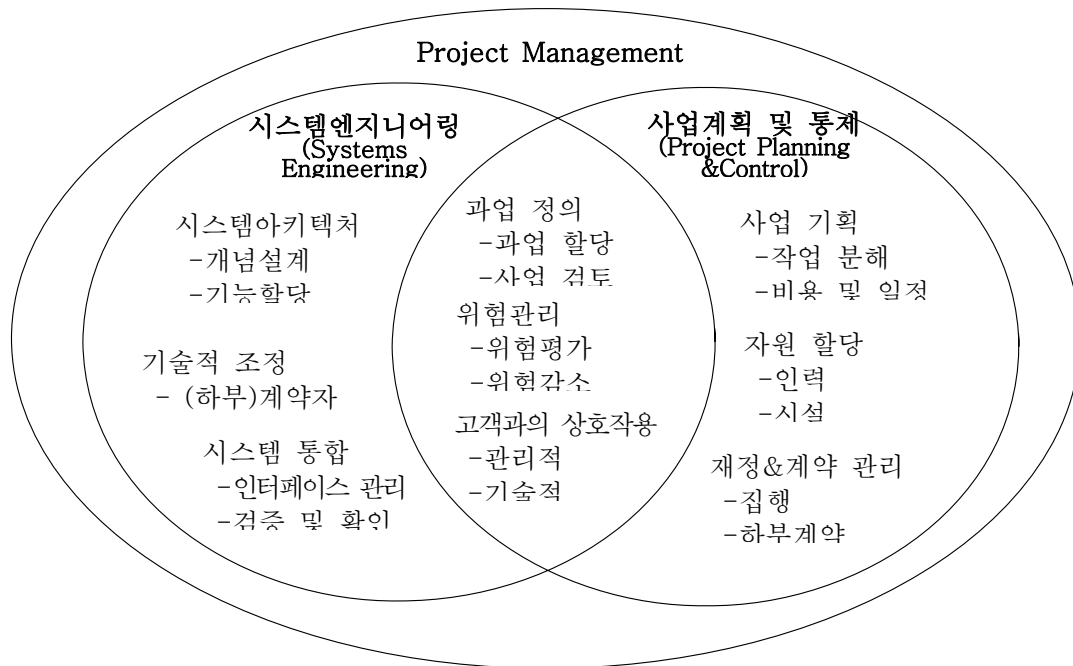
1.7. SE, PM 그리고 기타 기법들의 관계

1.7.1. PM의 일부분으로서의 시스템엔지니어링

Alexander Kossiakoff에 따르면, <그림 1-8>에서 보듯이, Project Management는 크게 “시스템엔지니어링”과 “사업계획 및 통제”로 구성된다. 두가지 구성요소는 PM의 영역에 완전하게 포함되며, 과업의 정의, 사업의 위험관리 및 고객과의 상호

9) USD(AT&L) : Under Secretary of Defense(Acquisition, Technology & Logistics) 미국방부 획득/기술/군수 담당 차관

작용은 공통으로 해당되는 분야이다.



<그림 1-8> PM의 일부분으로서 SE¹⁰⁾

즉 시스템엔지니어링은 사업(프로그램) 관리의 기술과 관련된 영역이며, 하나의 단편적인 기법이 아니다. 시스템엔지니어링은 고객의 요구사항을 충족시키는 시스템을 효과적으로 개발하기 위한 다분야를 망라한 접근방법이다. PM을 인체에 비유한다면, 사업계획 및 통제는 머리에 해당하고, 시스템엔지니어링은 척추(Backbone) 또는 뼈대에 해당하며, EVMS, CAIV, LCC 관리, M&S, RAM 등의 도구는 각 장기 또는 수족에 해당한다고 할 수 있다. 어느 것 하나 중요하지 않은 것이 없다.

1.7.2. PM과 SE의 조화

하지만, 현재 SE와 PM은 각각의 고유한 전문영역에 집중하여 행해지고 있다. 이 경우 PM의 주요 영역은 <그림 1-8>에서의 「사업 계획 및 통제」가 된다.

SE를 국제적으로 대표하는 단체는 INCOSE(International Council On Systems Engineering)이며, PM을 국제적으로 대표하는 단체는 PMI(Project Management Institute)이다. SE는 시스템적인 사고를 바탕으로 프로젝트의 기술적인 측면을 다루고 있으며, PM은 프로젝트의 전체적인 계획수립, 비용 및 일정관리와 같은 사업적 차원의 업무를 우선적으로 수행하고 있다. 따라서 자칫 잘못하면, SE와 PM 사이에 갈등이 나타날 수 있다. 그러나 실제 프로젝트를 수행함에 있어 그 역할과 기능면에서 이러한 갈등은 전혀 일어나지 않고 있다. 그러나 이를 수행하는 당사자끼리 문제가 발생할 수는 있다. 이러한 갈등은 시스템엔지니어와 프로젝트매니저의 역할과 책

10) System Engineering Principles and Practice, Alexander Kossiakoff, 2003

임에 종종 혼선을 초래하게 되고, 그 결과 프로젝트는 사기, 생산성 및 품질의 저하와 같은 어려움을 겪게 된다.¹¹⁾

개발프로젝트는 SE와 PM 두 분야가 함께 조화되어 고객이 원하는 제품을 적기에 개발하는 시너지 효과를 가져와야 한다. 이를 위해 SE 표준인 IEEE 1220, EIA 632, SEBOK(Systems Engineering Body of Knowledge) 그리고 PMBOK(Project Management Body of Knowledge) 내용을 중심으로 SE와 PM을 비교하면 다음과 같다.

구분	SE	PM
지식체계	○ SEBOK : SE의 개념, 프로세스, 필요한 분야 기술과 수행능력에 대한 정보를 광범위하게 정의	○ PMBOK : 프로젝트 관리와 관련하여 일반적으로 인정된 지식체계를 분류하여 기술
요소	○ 주요활동(EIA 632) - 요구분석 - 기능분석 및 할당 - 설계조합 - 시스템분석 및 통제	○ 9개 요소 - 통합 - 범위관리 - 일정관리 - 비용관리 - 품질관리 - 인적자원 관리 - 커뮤니케이션 관리 - 위험관리 - 조달관리

<표 1-1> SE와 PM의 비교

PM(프로젝트 관리자)은 사업관리에 필요한 거의 모든 데이터를 시스템엔지니어링 부서 및 기타 기능부서에서 제공받는다. 예를 들면 각 시스템엔지니어링 부서에서 PBS¹²⁾(제품분해구조)를, 기타 부서에서 자기 부서의 부분적인 WBS를 제시하면 PM은 이를 종합하여 종합적인 WBS를 제시한다. 마찬가지로 일정, 사업계획, 비용 추정, 성과측정, 계약 및 위험관리 등도 시스템엔지니어링부서에서 세부내용을 수집 및 분석하고 이를 PM 부서에서 종합 및 판단한다. 시스템엔지니어링 부서는 하드웨어 담당자, 소프트웨어 담당자, 시험평가 담당자, 생산 담당자, ILS 담당자, 인력 담당자, PM, RAM 담당자, 위험관리 담당자, 교육훈련 담당자 등과 함께, 고객의 요구사항을 규격서로 전환하는 역할을 한다.

일반적으로 시스템엔지니어링은 ‘시스템적 사고’를 근간으로 프로젝트의 ‘기술적 성과’를 지향하며, 프로젝트 매니지먼트는 프로젝트의 비용 및 일정관리 같은 ‘비즈니스적 성과’를 지향하고 있다. 기술적 위험성이 있는 프로젝트에서 대부분의 시스템엔지니어나 프로젝트 관리자는 개인의 경험으로부터 나오는 임기응변적이고 체계적이지 못한 행동으로 부적절하게 대응하는 경우가 있다. 기술적인 고려사항과 비즈니스적인 고려사항이 서로 조화롭게 맞물리지 않으면 성공적인 프로젝트를 수행할 수 없다. 이러한 점에서 시스템엔지니어링은 하나의 사고방식일 뿐 아니라 비즈니스

11) 시스템엔지니어링 매니지먼트, 2007, 시스템체계공학원, 민성기.

12) PBS(Product Breakdown Structure) : 제품을 구성하는 구성요소들을 아키텍처로 구성한 것. WBS의 기초자료를 제공한다.

를 수행하는 수단이기도 하다.¹³⁾

1.7.3. 시스템엔지니어링과 기타 기법들과의 관계

방위사업청이 개청되고 방위력개선사업관리 방법에 혁신과 변화의 필요성이 대두됨에 따라 각종 사업관리 관련 기법들이 도입되고 있다. 물론 모두 미국을 비롯한 선진국에서 적용되어 효과를 보고 있는 것들이다. 하지만 앞서 PM과 SE의 관계에서 살펴보았듯이, 정확한 입력 데이터의 확보가 중요하다. 즉, 프로세스와 기법들 간에 균형과 조화가 필요하며, 어느 한 단편적인 기법만 가지고는 효과를 볼 수 없을 뿐 아니라 오히려 예산과 노력만 허비할 수도 있다.

이러한 기법들과 시스템엔지니어링과의 관계를 정리해보고자 한다. 시스템엔지니어링은 단편적인 하나의 기법이 아니라 고객의 요구사항을 충족시키는 제품을 효과적으로 개발하기 위한 접근방법이자 수단이다. 특별히 시스템엔지니어링 활동은 고객의 요구사항을 분석하고 이것을 설계 및 생산으로 전환할 수 있는 시스템 규격서 및 아키텍처로 발전시키는데 초점이 맞추어져 있다. 여기에는 개념설명도, FFBD¹⁴⁾, IDEF¹⁵⁾, 시계열분석표, 요구사항 할당표, 기능/물리적 매트릭스, 도식블록선도 등의 도식화 도구가 사용되고 이를 용이하게 처리하기 위한 전산도구가 사용된다. 이러한 활동을 통하여 얻어진 시스템 아키텍처, 시스템엔지니어링 계획, 내용 및 일정 등의 데이터는 종합적 사업관리 계획 및 일정 수립을 위해 PM에게 제공된다. PM 입장에서 전제적인 사업의 비용 및 일정관리를 효율적으로 하기 위해, 시스템엔지니어링 부서에서 입력된 데이터를 사용하여, 비용관리를 엄격하게 하기 위한 CAIV¹⁶⁾, 일정과 비용의 현황을 파악하고 조기 예측하기 위한 EVMS¹⁷⁾, 본격적인 사업 착수 전 수명주기 비용을 예측하기 위한 LCC(수명주기 비용) 산정 기법 등을 사용한다. Modeling & Simulation은 시스템엔지니어링적인 사고방식에 기인한 것으로, 시스템 및 제품 설계결과를 모델화하여 실제로 시제를 제작하지 않고 컴포넌트 간의 인터페이스 및 제품의 성능을 예측할 수 있는 기법이다.

특별히 SE와 EVMS의 관계에 대해서 다음의 한 연구결과를 인용한다.

- SE 전산도구를 이용한 예비설계로부터 얻어진 데이터를 기반으로 제품에 대한 비용과 일정추정치를 설정하여야 정확한 성과측정

13) 시스템엔지니어링 매니지먼트, 2007, 시스템체계공학원, 민성기.

14) FFBD(Function Flow Block Diagram, 기능흐름 블록선도) : 제품의 기능흐름을 보여준다.

15) IDEF(Integration DEfinition for Function Modeling, 기능 모델링 통합 정의) : 데이터 흐름, 시스템 통제, 그리고 수명주기 프로세스의 기능흐름을 보여주는 모델링 기법.

16) CAIV(Cost as An Independent Variable, 독립변수로서의 비용) : 확고한 수명주기비용(LCC) 목적을 먼저 설정하고, 성능 및 일정을 절충하여 수명주기 비용목적을 성취하는 획득 방법론. 이것은 임무요구와 가용 재원이 균형을 이루도록 하며, 정부와 업체가 프로세스를 개선하도록 유도한다. CAIV는 정부로하여금 LCC 목적 수립에 신중을 기하도록 하고, 전체적인 비용목적 관점에서 요구사항을 평가하도록 한다.

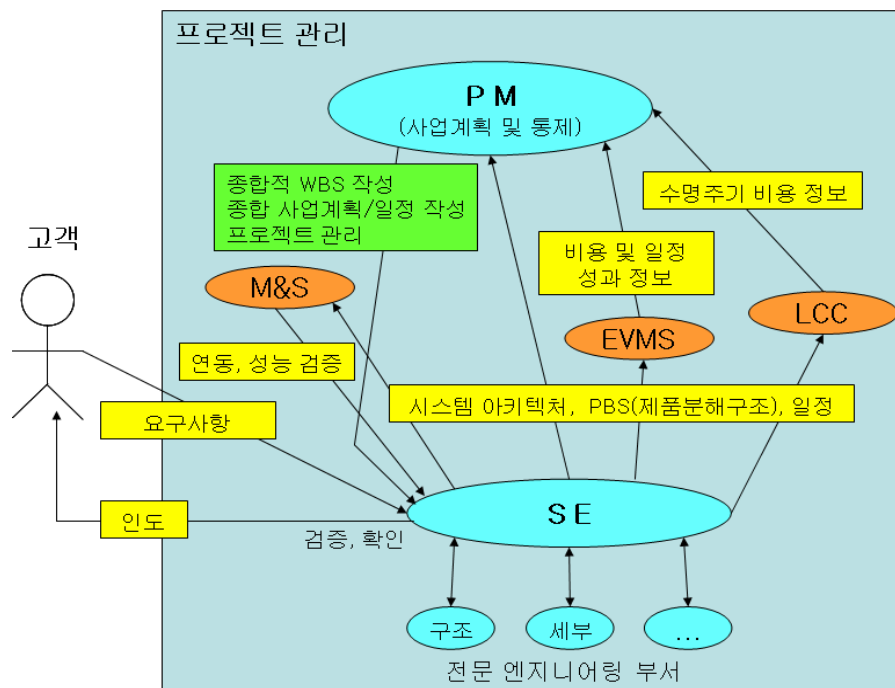
17) EVMS(Earned Value Management System, 성과관리시스템) : 수행성과와 실비용을 측정하여, 사업의 진행상태를 점검하고 미래를 예측하며 문제점을 조기에 식별함으로써, 적절한 대책을 강구토록 지원하는 기법

베이스라인을 얻을 수 있다.

- EV 관리계획은 품질관리계획, 위험관리계획, 측정계획, 계약업무 분해구조, 계약총괄일정, 시스템엔지니어링과 상호 연관하여 작성하여야 한다.
- 시스템엔지니어링 등의 일반적인 사업관리 방법을 도입하지 않을 경우, EVM을 도입하더라도 EVM과 연계되는 위험관리, 측정관리 등의 기준 부재로 인하여 정해진 비용, 일정 내에서 목적으로 하는 성능의 무기체계를 체계적으로 개발하기 어렵다.¹⁸⁾

PM, SE 및 기타 기법들간의 관계를 도식적으로 나타내면 <그림 1-9>와 같다.

이러한 기법들은 시스템엔지니어링의 초기 활동의 결과인 정확한 시스템 정의 및 아키텍처의 개발과 이로 말미암은 정확한 PBS(제품분해구조)의 생성이 선결조건이라고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 뼈대에 해당하는 시스템엔지니어링을 배제하고 단편적인 기법들만을 적용하고자하는 시도에는 아쉬움이 남는다. 시스템엔지니어링은 사람으로 말하면 척추, 컴퓨터로 말하면 메인보드에 해당한다. 시스템엔지니어링은 여기에 연관되는 다양한 기법들에게 신뢰성 있는 데이터를 제공하고, 또 그것들을 잘 조화시켜 효과를 극대화시키며, 고객의 요구를 만족시키는 균형된 시스템 솔루션을 개발하도록 한다.



<그림 1-9> PM, SE, 기타 기법들 간의 관계

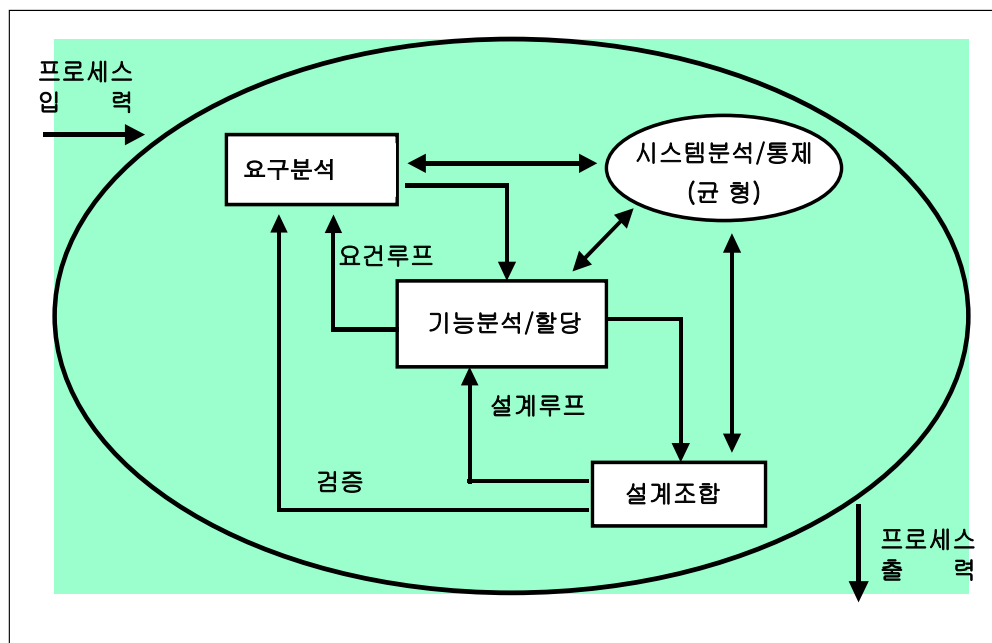
18) “전투기 설계시 EVMS 적용방안 연구”, ‘05.9, 국방대 김철환 등(국과연 위탁연구 자료)

2. 시스템엔지니어링 프로세스

2장(2.1 ~ 2.5절)은 시스템엔지니어링 프로세스에 대한 일반적이고 기본적인 내용으로서, 미국방획득대학(DAU)에서 발간한 “Systems Engineering Fundamentals¹⁹⁾”(2001.1)을 요약해서 소개하기로 한다. 2.6절에서는 미국방 획득분야에서 사용되기 시작한 새로운 개념의 시스템엔지니어링 프로세스인 “V-9 프로세스”를 소개하였다.

2.1 시스템엔지니어링 프로세스 개요

시스템엔지니어링 프로세스는 모든 개발 단계 동안 하향식(Top-down)이고, 포괄적이다. 뿐만 아니라 반복적이고 순환적인 문제 해결 과정으로 다음과 같은 목적을 가지고 있다.



<그림 2-1> 시스템엔지니어링 프로세스

- 요구와 요구사항을 시스템 제품과 프로세스 규격서로 변환(이것은 개발 단계가 진행됨에 따라 가치가 높아지고, 보다 구체화된다)
- 의사 결정자에게 필요한 정보를 생성
- 다음 개발 단계에 필요한 입력 자료 제공

<그림 2-1>에 나타난 바와 같이 기본적인 시스템엔지니어링 활동은 시스템 분석 및 통제로 불리어지는 총체적인 기술과 도구에 의한 균형을 통해 이루어지는 요구분석(Requirement analysis), 기능분석(Functional analysis) 및 할당(Allocation) 그리고 설계조합(Design synthesis)이다. 시스템엔지니어링 통제는 의사결정과 요구사항을 추적하고, 기준을 유지하며, 인터페이스 및 위험을 관리하는 활동이다. 비용/일정 및 기술성능을 추적하고, 요구사항 일

19) 번역서 : 시스템엔지니어링 입문, 민성기/권용수, 2002.6, 문원출판.

치 여부를 검증하며, 진행 과정을 검토 및 감사한다.

시스템엔지니어링 프로세스 과정에서 아키텍처는 시스템을 보다 쉽게 기술하고 이해하기 위하여 만들어진다. ‘아키텍처’라는 용어는 일반 엔지니어링 분야에서 여러 의미로 사용된다. 시스템을 만들기 위하여 하부 시스템을 어떻게 결합해야 하는지에 대한 일반적인 설명으로 사용된다. 또한 이것은 시스템 형태에 대한 구체적인 설명이 될 수 있다. 예를 들면, C4ISR(Commander, Control, Communication, Computer, Intelligence, Surveillance, Reconnaissance)에 사용되는 운용, 시스템 및 아키텍처와 집중적인 소프트웨어 개발 등이 있다. 그러나 DoD에서 개발한 시스템엔지니어링 관리는 시스템의 중요한 형태를 나타내기 위해 일반적으로 사용되는 세 가지의 아키텍처 즉, 기능, 물리 및 시스템 아키텍처를 인정하고 있다. 이 책에서는 시스템엔지니어링 프로세스에서 필수 컴포넌트인 이들 아키텍처를 중점적으로 다룬다.

기능 아키텍처(functional architecture)는 할당된 기능 및 성능요구사항을 식별하고 이를 구조화한 것이다. 물리 아키텍처(physical architecture)는 시스템이 어떻게 하부 시스템과 컴포넌트로 분해되어지는지를 보여줌으로써 시스템 제품을 나타낸다. 그리고, 시스템 아키텍처(system architecture)는 시스템을 지원하는데 필요한 모든 제품과 생산/건설, 배치, 운용, 유지, 폐기, 교육 훈련 및 검증에 필요한 프로세스를 나타낸다.²⁰⁾

2.1.1. 수명주기 통합

수명주기 통합(life cycle integration)은 통합개발, 즉 개발 프로세스 동안 모든 수명주기 요구에 대한 동시적 고려(concurrent consideration)를 통해 달성된다. DoD 정책은 통합제품 및 프로세스 개발(IPPD: Integrated Product and Process Development)이라 불리는 통합개발을 요구한다. 이것은 획득명령 계통의 모든 단계에서 적용되는 것으로 IPPD를 다루는 장에서 별도로 설명될 것이다. 모든 수명주기 요구사항에 대한 동시적 고려는 다 분야 팀을 사용하여 크게 발전된다. 이러한 팀은 통합제품팀(IPT: Integrated Product Team)으로 불리어진다.

통합제품팀의 목적은 다음과 같다.

- 초기에 정의된 요구사항을 충족시키는 설계 해결책을 산출
- 설계 해결책을 분명하고, 효과적이며, 적시에 상호 교류

다기능 통합제품팀은:

- 제품 및 프로세스 개발을 균형 있게 적용해야 한다.
- 팀 업무에 적합한 모든 분야의 초기 포함 사항을 요구한다.

개발 단계의 IPT는 팀의 목적을 달성할 수 있는 사람으로 구성된다. 일반적으로 다음과 같은 분야의 전문성을 갖춘 사람들로 구성함이 바람직하다.

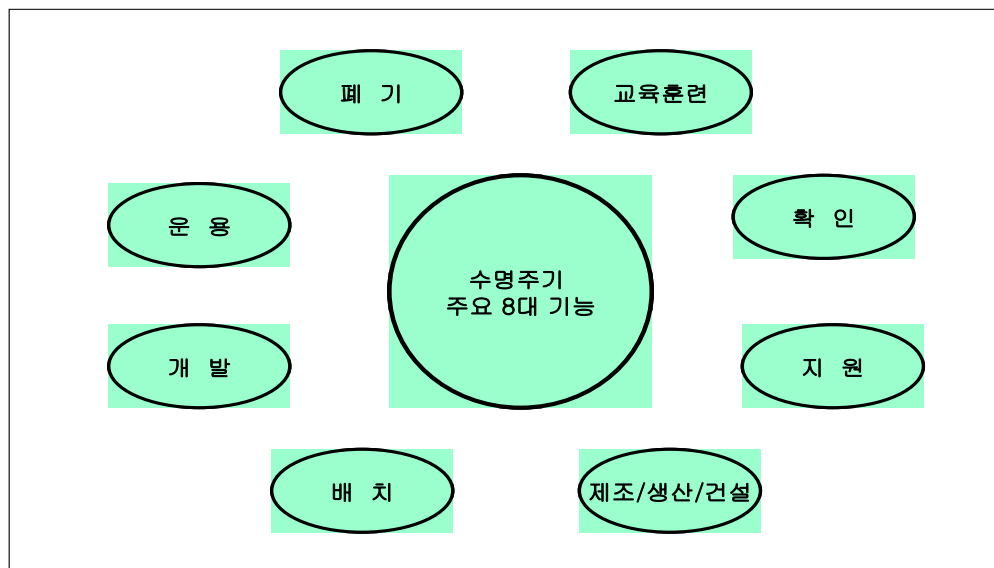
20) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

- 시스템엔지니어링 측면에서의 기술관리
- 수명주기 기능 분야(8대 주 기능)
- 안전성, 위험관리, 품질 등과 같은 특수 기술 분야
- 재정, 비용/예산 분석 및 계약 등과 같은 비즈니스 분야

2.1.2. 수명주기 기능

수명주기 기능이란 시스템 수명주기와 연관된 제반 특성 활동을 말한다. <그림 1-4>에 나타난 바와 같이 수명주기 기능은 개발, 생산/건설, 배치, 운용, 유지, 폐기, 교육훈련 및 검증의 8가지 주요 기능으로 구성된다. 이러한 활동은 '요람에서 무덤'까지의 수명주기 프로세스에 대한 필수적 기능을 제공하는 주 기능 그룹과 연관이 있다. 일반적으로 이와 같은 수명주기 기능을 시스템엔지니어링의 8대 주요 기능이라 한다.

일반적으로 시스템엔지니어의 고객은 수명주기 기능을 수행하게 된다. 시스템 사용자의 요구는 시스템 요구사항으로서 나타나지만, 시스템엔지니어링 프로세스 측면에서 볼 때 사용자가 제기한 기본 요구를 기초로 모든 수명주기 요구사항을 생성해야만 한다는 사실을 시스템엔지니어는 잊지 말아야 한다. 이와 같이 주 기능을 수행하는 제반 요구사항은 설계 단계에서 통합개발팀에 수명주기 개념을 제공한다.



<그림 2-2> 수명주기 주요 8대 기능

2.1.2.1. 주 기능 정의

- 개발(development)은 고객의 요구로부터 제품 또는 프로세스 해결책까지 시스템을 진화시키는 데 요구되는 활동을 포함한다.
- 제조/생산/건설(manufacturing/production/construction)은 엔지니어링 시험모델 및 실험 모델 제작, 소량 초도생산, 시스템 및 최종 제품의 양산, 또는 대형/단일 시스템 또는 하부 시스템 건설을 포함한다.

- 배치(deployment; fielding)는 완전한 운용능력을 갖도록 하기 위하여 시스템을 처음 만들어 운송, 인수, 처리, 조립, 점검, 교육훈련, 운용, 수용, 저장, 또는 배치하는데 필요한 활동을 포함한다.
- 운용(operation)은 사용자 기능으로 평시 및 전시 환경 하에서 정해진 운용 목적과 과업을 만족시키기 위하여 필요한 활동을 포함한다.
- 지원(support)은 운용지원, 정비, 물류 및 자재관리에 필요한 제반 활동을 말한다.
- 폐기(disposal)는 모든 적용 규정과 훈령에 의해 퇴역, 파손, 또는 수리불가 시스템 컴포넌트의 폐기를 보장하는데 필요한 활동을 말한다.
- 교육훈련(training)은 운용지원 기능의 효율적이며 효과적인 수행에 필요한 지식과 기술수준을 획득하고 유지하는데 필요한 활동을 포함한다.
- 검증(verification)은 발전하는 시스템 제품과 프로세스의 진행과 효과도를 평가하고, 사양과 일치성을 측정하는데 필요한 제반 활동을 포함한다.²¹⁾

2.1.3. 시스템엔지니어링 고려사항

시스템엔지니어링은 변화와 불확실한 환경에서 시스템 개발에 일관된 접근법을 제공하는 시스템 해결책에 대한 표준화 및 훈련된 관리 프로세스이다. 또한 시스템엔지니어링은 의사전달을 위한 공통 기반일 뿐만 아니라 동시 공학적인 제품과 프로세스 개발을 가능하게 한다.

시스템엔지니어링은 개발기간 중 계획, 추적 및 상호협력 활동을 통하여 확실한 기술업무의 진행을 보장하고 있다. 이에 따른 시스템엔지니어링의 책임은 다음과 같다.

- 비용, 일정, 성능 및 위험 요소를 균형 있게 하는 종합 시스템 설계 해결책 개발
- 의사결정에 필요한 기술정보 개발 및 추적
- 기술적 해결책이 고객 요구사항을 충족시키는지에 대한 검증
- 수명주기를 통하여 경제적으로 생산되고 지원될 수 있는 시스템 개발
- 개방형 시스템 접근법을 사용하여 시스템 및 하부 시스템의 내부/외부 인터페이스 호환성 개발 및 감시
- 베이스라인 및 형상통제의 설정
- 시스템 및 주요 하부 시스템 레벨 설계 IPTs에 대한 적절한 주의 집중과 구조

2.1.4 지침

미 국방부 DoD 5000.2-R에는 프로그램 관리를 위한 두 가지 기본적인 요구사항을 분명히 밝히고 있다.

- 어느 곳에서든지 적용 가능한 설계가 되도록 하기 위해 통합제품 및 프로세스 접근법을 요구한다.
- 운용 요구 또는 요구사항을 시스템 해결책으로 변환하는데 잘 짜여진 시스템엔지니어링 프

21) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

로세스가 사용되는 것을 요구한다.

2.1.5.프로세스 검토조정(Tailoring)

시스템엔지니어링은 대형 또는 소형 시스템, 신규 개발 또는 제품 개량 그리고 단일 또는 다수 조달을 위한 모든 획득 및 지원 단계에서 적용된다. 프로세스는 각각 상이한 요구와 요구사항에 따라 적합하게 검토조정(Tailoring)이 이루어져야 한다. 이러한 활동은 시스템의 규모, 복잡성, 시스템 레벨의 세부 정의, 시나리오 및 과업, 제약사항 및 요구사항, 기술기반, 주요 위험요소 그리고 조직별 교육훈련과 강도에 따라 다르게 검토 조정된다.

예를 들어, 소프트웨어 개발을 위한 시스템엔지니어링은 이 책에 제시한 기본적인 시스템엔지니어링 접근법을 따라 수행된다. 그러나 소프트웨어 개발 환경이나 이에 대한 프로세스 추적 및 검증 문제는 소프트웨어 개발에 알맞게 고쳐 조정해야 한다. 이와 비슷한 방법으로 모든 기술 영역에 있어서도 그 프로세스 고유의 요구에 맞추어야 한다.

이 책은 시스템엔지니어링 관리의 개념적 레벨에 대해 설명하고 있다. 제시된 특정한 기술, 전문용어 및 추천 방법이 특별하게 규정되어 있는 것은 아니다. 따라서 기술관리자는 시스템의 요구사항, 제약사항, 환경, 기술 영역 그리고 일정/예산 상황에 대처할 수 있도록 시스템엔지니어링의 계획을 고쳐 준비해야 한다.

그러나 시스템엔지니어링 접근법에 있어 고유의 기본적인 기적용 개념은 반드시 지속성과 통제를 위해 유지되어야 한다. 복합 시스템을 설계하기 위하여 시스템이 무엇을 해야만 하는가에 대한 충분한 이해와 입장은 컴포넌트 성능 설명서의 개발에 앞서 수행되어야 하며, 반드시 컴포넌트의 상세한 기술이 선행되어야 한다. 비록 시스템의 어떤 부품은 제약사항 또는 인터페이스로 지시될 수 있지만, 설계 문제에 대한 해결은 물리적 대안이 선정되기 전에 요구사항을 분석하고 시스템이 무엇을 해야 하는가에 대한 결정으로부터 시작된다.

이와 같이 프로세스의 검토활동조정은 본질적으로 알 수 없는 위험 및 불확실성을 피하기 위하여 주의 깊게 수행되어야 한다. 만일, 시스템엔지니어링의 통제, 협조 및 추적성이 없을 경우, 불확실한 환경은 예기치 못한 결과를 초래할 수도 있다. 경험에 의하면, 이러한 결과는 거의 어김없이 일정과 비용에 매우 큰 영향을 미친다. 이 책의 일반적인 개념 접근법에 따라 검토 조정된 프로세스는 전문 학회, 학계, 산업협회, 정부 기관 그리고 대기업들에 의해서 개발되고 채택된다.²²⁾

22) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

**** 포 인 트 ****

- 시스템엔지니어링 관리는 수명주기 기능, 시스템엔지니어링 문제해결 과정 그리고 점진적인 베이스라인화를 통합하는 다기능 프로세스이다.
- 시스템엔지니어링 프로세스는 시스템 제품과 프로세스를 균형 있게 개발하기 위한 문제해결 과정이다.
- 통합제품팀은 수명주기 균형 설계 해결책을 개발하기 위하여 시스템엔지니어링 프로세스를 적용해야 한다.
- 시스템엔지니어링 프로세스는 한 번에 한 단계씩 각 개발 레벨에 대해서 적용된다.
- 기본적인 시스템엔지니어링 활동은 요구분석, 기능분석/할당 및 설계조합으로 이루어지며, 모든 활동이 시스템분석 및 통제에 의한 균형을 유지하게 된다.
- 베이스라인 단계화는 시스템엔지니어링 프로세스를 각각 적용하여 제품 및 프로세스를 보다 상세히 기술토록 한다.
- 간략한 베이스라인 작성은 시스템 정의, 컴포넌트 정의, 컴포넌트 설계 그리고 최종적으로 제품까지 도달하는 개념적인 설명이다.
- 시스템엔지니어링 프로세스를 각 단계로 적용한 결과는 다음 프로세스의 주요 입력 자료가 된다.

2.2. 요구분석

2.2.1 시스템엔지니어링 프로세스의 입력자료

시스템엔지니어링 프로세스의 입력에는 고객요구사항과 프로젝트 제약사항이 포함된다. 요구사항은 설계될 시스템의 성능 특성과 직접적으로 관계된다. 또한, 요구사항은 수명주기중의 고객요구를 기술한 것으로 시스템의 목적이며, 운용 환경에서 그 시스템이 '얼마나 잘 작동할 것인가'와 관련이 있다.

제약사항은 외부 인터페이스, 프로젝트 지원, 기술 또는 수명주기 지원 시스템 등에 의한 제약 때문에 존재하는 조건이다. 제약사항은 개발팀의 설계 기회를 제한한다.

시스템엔지니어링 프로세스의 주목적이 요구사항을 설계사항으로 변환시키는 것이기 때문에 요구사항은 프로세스의 중요한 초점이 된다. 시스템엔지니어링 프로세스는 제약사항 내에서 이러한 설계를 진행시킨다. 요구사항은 궁극적으로 요구사항과 제약사항 모두를 충족시키기 위해 검증되어야 한다.²³⁾

2.2.2 요구사항 형태

요구사항은 여러 가지 방식으로 분류된다. 다음은 기술관리에 관련된 요구사항의 일반적 분류이다.

● **고객요구사항** : 임무 목적, 환경요소, 제약사항, 그리고 효과도와 적합성척도(MOE/ MOS) 측면에서 시스템의 기대치를 정의하는 사실과 가정에 대한 기술. 고객은 핵심 고객으로서 운용자를 특별히 강조한 시스템엔지니어링의 8대 주요 기능을 수행하는 모든 사람이다. 운용요구사항은 기본 요구사항을 정의하며, 최소한 아래의 질문에 답변을 할 수 있어야 한다.

- **운용 분배 또는 배치**: 시스템이 어디에 사용될 것인가?
- **임무 프로파일 또는 시나리오**: 시스템의 임무 목적을 어떻게 달성할 것인가?
- **성능 및 연관 파라미터**: 임무를 달성하기 위한 시스템의 중요한 파라미터는 무엇인가?
- **사용 환경**: 다양한 시스템 컴포넌트가 어떻게 사용되어질 것인가?
- **효과도 요구사항**: 시스템이 임무를 수행하는데 있어 얼마나 효과적 또는 효율적이어야 하는가?
- **운용 수명주기**: 시스템이 사용자에 의해 얼마나 오래 사용되어질 것인가?
- **환경요소**: 시스템이 효과적으로 운영되기 위해 기대되는 환경요소는 어떤 것인가?

● **기능요구사항** : 필수적인 과업, 행동 또는 반드시 달성되어야 할 활동. 요구분석

23) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

에서 검증된 기능요구사항(무엇을 수행 할 것인가)은 기능분석의 최상위 레벨 기능으로 사용된다.

- **성능요구사항** : 반드시 수행할 임무나 기능의 범위는 일반적으로 수량, 품질, 기능 범위, 적시성, 또는 준비성 등의 측면에서 측정된다. 요구분석 동안, 성능(얼마나 잘 수행되어야 하는가)요구사항은 시스템 수명주기 요소를 근거로 검증된 모든 기능에 걸쳐 상호 연관적으로 개발되고, 성능의 확실성, 시스템 성공의 중요도, 그리고 다른 요구사항과의 관계성 측면에서 특성지어진다.

- **설계요구사항** : 개발할 제품에 대해 ‘build to’, ‘code to’ 또는 ‘buy to’와 같은 생산 요구사항과 프로세스를 위한 ‘How to execute’ 요구사항은 기술자료 패키지와 기술 매뉴얼에 수록된다.

- **도출요구사항** : 상위 단계로부터 전환되거나 수반된 요구사항. 예를 들면, 장거리 또는 고속에 대한 요구사항은 경량화라는 설계요구사항의 결과를 가져온다.

- **할당요구사항** : 상위 단계의 요구사항을 여러 개의 하위 단계의 요구사항으로 나누거나 할당하여 작성한 요구사항. 예를 들면, 두 개의 하부 시스템으로 구성된 100파운드의 품목은 각각 70파운드와 30파운드의 하위 품목 무게 요구사항으로 나눌 수 있다.²⁴⁾

2.2.3 좋은 요구사항의 속성

좋은 요구사항의 속성은 다음 사항을 포함한다.

- 달성할 수 있는 요구사항이어야 한다. 요구사항은 반드시 가용 비용을 고려한 상태에서 기술적으로 달성할 수 있는 해결책을 위한 요구와 목적을 반영해야 한다.

- 검증할 수 있어야 한다. 예를 들면, 초과하는(excessive), 충분한(sufficient) 그리고 저항력이 있는(resistant) 등과 같은 단어로 정의해서는 안 된다. 기대 성능이나 기능적 효용성(utility)은 객관적이고, 되도록 정량적인 검증이 가능한 방식으로 표현되어야 한다.

- 요구사항을 명확하게 나타내야 한다. 요구사항은 가능한 한 가지 의미만을 가져야 한다.

- 요구사항은 완전하고 모든 임무 프로파일, 운용 및 정비 개념, 사용 환경 및 제약 사항을 포함해야 한다. 고객 요구를 알기 위해 필요한 모든 정보가 요구사항에 포함

24) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

되어 있어야 한다.

- 요구사항은 해결책이 아니라 요구 측면에서 기술되어야 한다. 즉 “어떻게 하는가(how to do)”가 아니라 요구에 대한 “왜(why)” 그리고 “무엇을(what)”을 언급해야 한다.
- 다른 요구사항과 일치되어야 한다. 요구사항간의 상충은 사전에 해결되어야 한다.
- 요구사항은 시스템 계층 구조의 각 레벨에 대해 적합해야 한다. 지나치게 상세한 요구사항은 현 레벨의 설계에 대한 해결책을 제약할 수 있다. 예를 들면, 시스템 컴포넌트에 관한 요구사항은 일반적으로 전체 시스템 레벨의 사양에 포함되지 않는다.

2.2.4 요구분석

요구분석(requirements analysis)은 계획된 고객 사용, 환경요소 그리고 시스템 기능에 대한 요구사항을 결정하기 위해 식별된 시스템 특성을 배경으로 고객 요구와 목적을 정의하는 것을 포함한다.

요구분석은 식별된 기능의 성능요구사항을 최적화시키고, 조합된 해결책이 고객 요구사항을 만족시키는지 검증하기 위해 기능분석과 함께 반복적으로 수행된다. 요구분석의 목적은 다음과 같다.

- 고객의 목적과 요구사항을 명확히 한다.
- 초기성능 목적을 정의하고 요구사항을 명확히 한다.
- 해결책을 제한하는 제약사항을 식별하고 정의한다.
- 고객이 제공한 효과도 척도(Measures of effectiveness)에 근거한 기능과 성능요구사항을 정의한다.

일반적으로 요구분석은 다음 사항의 명확한 이해를 통해 얻어진다.

- 기능: 시스템이 무엇을 해야 하는가.
- 성능: 기능이 얼마나 잘 수행되어야 하는가.
- 인터페이스: 시스템이 운용될 환경.
- 다른 요구사항과 제약사항들.

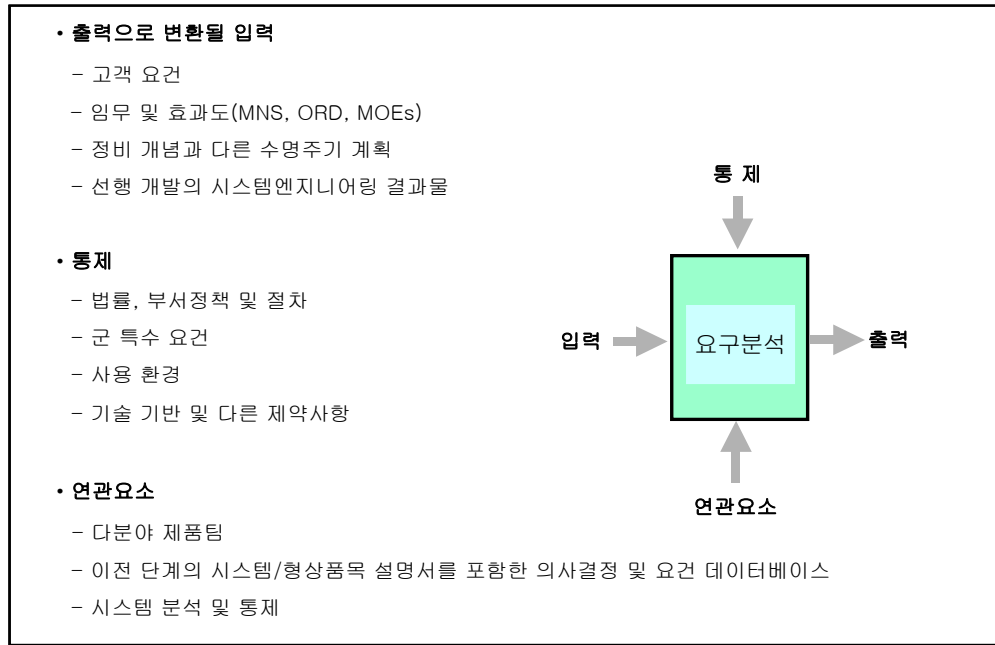
요구분석으로부터 도출된 이해는 수행을 위한 기능 및 물리적 설계의 기본을 이룬다. 좋은 요구분석은 성공적인 설계 정의의 초석이다.

2.2.4.1. 입력

전형적인 입력은 고객의 요구와 목적, 임무, MOE(효과도 척도)/MOS(적합성 척도), 환경요소, 주요성과 파라미터(KPPs), 기술기반, 이전 단계 SE 프로세스로부터 얻어진 출력 요구사항, 프로그램 의사결정 요구사항 그리고 적합성 요구사항이 포함

된다.

입력 요구사항은 개발, 조립, 검증, 배치, 운용, 지원, 교육훈련 및 폐기(8대 주 기능)와 같은 시스템 제품 및 시스템 프로세스 모두에 대해 포괄적이고 명확하게 정의되어야 한다.



<그림 2-3> 요구분석의 입력사항

2.2.4.2. IPT의 역할

운용 고객은 개발중인 제품 또는 품목의 운용업무에 있어 전문가이다. 개발업체(정부와 계약업체)가 개발중인 시스템의 운용 면에서 반드시 유능할 필요는 없다. 일반적으로 운용자의 요구는 개발업체가 직접 사용할 수 있을 정도로 명확하고 완전하게 표현되지 않는다. 개발기관이 시스템규격서를 바로 개발할 수 있는 잘 정의된 요구사항을 넘겨받게 될 가능성은 아주 낮다. 그러므로 문제를 이해하고 요구사항을 분석하는데 팀워크가 필요하다. 여기에서 고객(소요군)이 시스템 정의 팀의 일원으로 포함되는 것이 필수적이다.

반면에, 고객은 종종 문제 해결을 위한 시스템 설명이 문제 자체를 설명하는 것보다 쉽다는 것을 발견한다. 이러한 해결책이 어떤 영역에서는 효과적이지만 최적의 해결책은 다양한 고객의 임무 목적, 기능, MOE(효과도 척도)/MOS(적합성 척도) 그리고 제약사항이 적절하게 통제된 기술개발 활동을 통해 얻어진다. 제품과 프로세스 개발에 대한 통합 접근법은 주요 8대 기능 사이에서 이해와 타협을 통해 요구분석을 균형되게 한다.

2.2.4.3. 요구분석 질문

요구분석은 질의와 해답의 프로세스이다. 다음은 프로세스를 통해 시작할 수 있는 전형적인 질문이다.

- 시스템 개발의 배경은 무엇인가?
- 고객의 기대사항은?
- 누가 사용자인가? 제품을 어떻게 사용하려는가?
- 사용자는 어떤 제품을 기대하는가?
- 전문지식의 수준은?
- 시스템이 따라야만 하는 환경 특성은?
- 현존 및 계획된 인터페이스는 무엇인가?
- 시스템이 어떠한 기능을 수행하며, 어떠한 고객의 언어로 표현되어졌는가?
- 시스템이 따라야만 하는 제약사항(하드웨어, 소프트웨어, 경제적, 절차상의)은?
- 제품의 마지막 형태는 무엇인가? : 예를 들면, 모델, 시제품, 또는 양산

위 요구분석 질문 목록에는 요구사항을 분석하기 위해 필요한 비판적이며 의심스러운 표현이 나타날 수 있다. 그러나 이것은 단지 시작일 뿐이며, 다음 절에서와 같은 테일러링된 요구분석 출력을 생성하기 위해 더 개발되어야 한다.²⁵⁾

2.2.4.4. 요구분석 출력

요구분석을 통해 나타난 요구사항은 세 가지 전망 또는 관점 중 하나로 표현된다. 이것은 운용, 기능 및 물리적 관점으로 설명된다. 세 가지 관점은 모두 필요하며, 고객의 요구와 목적을 충분히 이해하기 위해 조정되어야 한다. 이들은 의사결정 데이터베이스에 문서화된다.

2.2.4.4.1. 운용적 관점

운용 관점은 사용자가 시스템을 어떻게 이용할 것인지에 중점을 둔다. “어떻게 잘” 그리고 “어떤 조건 하에서”의 요구사항이 구축되는 시기에 운용 관점이 유용하다. 운용 관점에 대한 정보는 다음을 식별하는 운용개념 문서에서 제공된다.

- 운용 요구 정의
- 시스템 임무 분석
- 운용 시퀀스
- 운용 환경요소
- 시스템이 대응해야 하는 조건/이벤트
- 시스템의 운용 제약사항

25) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

- 임무의 성능요구사항
- 사용자와 정비사의 역할(과업과 기술 요구사항 또는 제약사항에 의해 정의)
- 시스템을 운용하고 지원하며 유지하는 조직의 구조
- 다른 시스템과 운용적 상호 연계

요구분석은 운용적 다른 수명주기 요구 그리고 제약사항에 대한 이해를 필요로 한다.

2.2.4.4.2. 기능적 관점

기능 관점은 요구되는 운용 동작을 만들어 내기 위해서 시스템이 무엇을 해야 하는가에 초점을 두고 있다. 여기에는 요구 입력, 출력, 상태 및 변환 규칙이 포함된다. 물리적 요구사항과 결합하여 기능요구사항은 궁극적으로 시스템 사양에 반영되는 요구사항의 근원이 된다. 기능 관점 정보는 다음을 포함한다.

- 시스템 기능
- 시스템 성능
 - 정성적(How well)
 - 정량적(How much, capacity)
 - 적시성(How often)
- 수행되어야 할 과업 또는 행위
- 내부 기능 관련성
- 하드웨어와 소프트웨어의 기능적 관련성
- 성능 제약사항
- 잠재적 개방형 시스템의 식별을 포함한 인터페이스 요구사항(개방형 시스템을 촉진시킬 수 있는 잠재적인 표준서가 반드시 식별되어야 한다)
- 독자적인 소프트웨어 또는 하드웨어
- (검사, 분석/시뮬레이션, 시연 및 시험을 포함하는) 검증 요구사항

2.2.4.4.3. 물리적 관점

물리적 관점은 시스템이 어떻게 구축되는가에 초점을 둔다. 물리적 관점은 운용자와 장비 그리고 기술요구사항 사이의 물리적 인터페이스를 구축하기 위한 중요한 수단이다. 물리적 관점에는 일반적으로 다음과 같은 사항이 포함된다.

- 시스템 형상
 - 인터페이스에 대한 설명
 - 정보 전시의 특성 및 운용자 통제

- 시스템/물리적 장비에 대한 운용자의 연관성
- 지정된 기능을 수행하기 위해 요구되는 운용자의 기술 및 수준
- 사용자의 묘사
 - 장애(특수한 운용 환경요소)
 - 제약사항(움직임이나 시각상의 제한)
- 시스템의 물리적 제약사항
 - 물리적 제약사항(용량, 출력, 크기 및 중량)
 - 기술적 제약사항(범위, 정밀도, 자료 전송률, 주파수 및 언어)
 - 관급장비(GFE: Government Furnished Equipment), 상용품(COTS: Commercial-Off-The-Shelf), 비개발 품목(NDI: Nondevelopment Item), 재활용 요구사항
- 필수 또는 지시된 규격서

2.2.5. 요구분석 절차

다음 부분은 요구분석을 위한 계획을 나타내는 과업(task)의 목록이다. 이 개념상의 프로세스는 IEEE P1220에 열거된 15가지 요구분석 과업에 기초를 두고 있다. 산업표준과 그 외의 것들은 적절한 활동의 식별과 구성에 도움을 주기 위해 엔지니어링활동을 준비할 때 협의가 이루어져야 한다.

개발 중인 특정 시스템을 맞출 때, 모든 기술과 관련하여 검토 조정하는데, 즉 더하고 빼는데 주의를 해야 한다. 게다가 상호 구축을 통해 이루어진 이러한 과업을 단순히 순차적인 것으로만 생각해서는 안 된다. 모든 과업은 선행과업 결정을 재검토해야 하는 필요성을 야기시키는 원인이 될 수 있다. 이러한 과업 결정은 재검토에 필요한 원인을 이해하는데 기여한다. 이것이 모든 시스템엔지니어링 활동의 본질이다.

2.2.5.1. 준비사항(의사결정 데이터베이스의 수립과 유지)

시스템엔지니어링 프로세스를 시작할 때, 시스템의 의사결정 데이터베이스가 적절하게 기록되도록 해야 한다. 의사결정 데이터베이스는 선행 기술 결정사항과 향후 참고를 위한 요구사항을 담고 있다. 이것은 요구사항의 추적성을 유지하는 중요한 방법이다. 의사결정 데이터베이스 관리 시스템을 개발하고 제품개발의 새로운 단계를 수용하기 위해서는 시스템을 검토하고 발전시켜야 한다. 데이터베이스 관리 시스템의 중요한 부분은 하부 시스템, 형상품목 그리고 기능영역에 대한 요구사항을 도식화한 요구사항 추적성 매트릭스(Requirements traceability matrix)이다.

의사결정 데이터베이스 관리 시스템은 반드시 규칙적인 기반 위에서 개발되고 발전되며 수정되어야 한다. 모든 요구사항은 반드시 기록되어야 한다. 그렇지 않으면 승인요구사항이 될 수 없다.

2.2.5.2. IEEE P1220의 15대 과업

IEEE 시스템엔지니어링 표준은 요구분석을 위한 프로세스를 제공한다. 요구분석은 반드시 수행되어야 할 주요 과업을 종합적으로 식별한다. <그림 2-4>에 분석해야 할 15대 과업 분야를 나타냈다.

1. 고객의 기대사항	9. 수명주기
2. 프로젝트와 기업의 제약사항	10. 기능요구사항
3. 외적 제약사항	11. 성능요구사항
4. 운용시나리오	12. 운용상태
5. 효과도 척도(MOEs)	13. 기술성능 측정
6. 시스템영역	14. 물리적 특성들
7. 인터페이스	15. 인간공학 시스템통합
8. 사용환경	

<그림 2-4> IEEE P1220 요구분석 과업 영역

과업 1. 고객의 기대사항

고객의 기대사항을 정의하고 정량화하라. 고객의 기대사항은 시스템엔지니어링의 8대 주요 기능, 운용요구사항 문서, 임무요구, 기술기반 조건, 고객과의 직접적인 대화, 또는 상위 시스템 레벨로부터의 요구사항 등으로부터 나온다. 이 과업의 목적은 고객이 어떤 시스템을 원하는지, 각 기능이 얼마나 잘 달성되어야 하는지를 결정하는 것이다. 이것은 시스템의 제품이 운용되거나 사용될 자연 그대로 및 도출된 환경, 그리고 제약사항(예를 들면, 자금조성, 비용, 또는 가격목적, 일정, 기술, 미개발/재사용 품목, 물리적 특성, 일일 운용시간, 온-오프 시퀀스 등)을 포함한다.

과업 2. 프로젝트와 기업의 제약사항

해결책을 설계하는데 영향을 미치는 제약사항을 식별하고 정의하라. 프로젝트의 특별한 제약사항은 다음을 포함한다.

- 승인된 규격서와 선행 시스템엔지니어링 프로세스 적용을 통해 개발된 베이스라인
- 비용
- 최신 기술과 프로젝트 계획
- 팀 할당 및 구조
- 통제 구조
- 진행을 측정하기 위해 요구되는 측정기준(Metrics)

기업의 제약사항은 다음 사항을 포함한다.

- 선행 기술검토로부터의 의사결정 관리
- 기업의 일반규격서
- 표준서 또는 지침
- 정책 및 절차
- 기술 범위
- 프로젝트에 대한 물리적, 재정적 그리고 인적자원의 할당

과업 3. 외부 제약사항

설계 해결책 또는 시스템엔지니어링 프로세스 활동에 영향을 미치는 외부 제약사항을 식별하고 정의하라. 외부 제약사항은 다음 사항을 포함한다.

- 공법, 국제법 그리고 규정
- 기술 기반
- 협력요구사항: 법적, 상호 운용성 또는 다른 이유로 협력이 요구되는 산업 및 국제적 문제, 그리고 다른 일반 규격서, 표준서 및 지침
- 위협 시스템 능력
- 인터페이스 시스템 능력

과업 4. 운용 시나리오

시스템 제품의 예견된 사용을 시험하는 운용 시나리오를 식별하고 정의하라. 각각의 운용 시나리오를 위해 다음과 같은 사항이 정의된다.

- 환경과 다른 시스템간의 상호작용
- 인터페이스 시스템, 플랫폼, 또는 제품간의 물리적 상호 연관성

과업 5. MOE/MOS

전반적인 고객의 기대와 만족을 반영한 시스템 효과도 척도를 식별하고 정의하라. 효과도 척도(MOE: Measures of Effectiveness)는 시스템이 고객의 임무를 얼마나 잘 수행하는가와 관련이 있다. MOEs는 임무성능, 안전성, 운용성, 신뢰성 등을 포함한다. MOEs는 의도하는 환경 하에서 시스템이 얼마나 잘 수행되는가에 관계되며 그리고 지원성, 정비성 및 용이성에 대한 척도를 포함한다.

과업 6. 시스템 범위

다음을 포함하는 시스템의 범위를 정의하라.

- 어떠한 시스템 요소가 수행활동의 설계 통제 하에 있는가, 또한 어떠한 시스템

요소가 통제를 벗어나는가?

- 설계 통제하의 시스템 요소와 외부 또는 상위 레벨 상호작용 그리고 시스템 범위 밖의 상호 작용하는 시스템 사이에서 기대되는 상호작용(개방형 시스템 접근법을 포함).

과업 7. 인터페이스

외부 또는 상위 레벨 상호작용 시스템, 플랫폼, 그리고 제품에 대한 기능 및 물리적 인터페이스를 정량적인 관점에서 정의하라(개방형 시스템 접근법을 포함한다). 기능 및 물리적 인터페이스는 기계적, 전기적, 열적, 데이터, 제어, 절차, 그리고 다른 상호작용을 포함한다. 인터페이스는 또한 내부/외부 관점에서 검토될 수 있다. 내부 인터페이스는 착수된 시스템에 대해 설정된 범위 내의 요소를 다룬다. 이러한 인터페이스는 일반적으로 시스템 개발에 책임이 있는 계약업체에 의해 식별되고 통제된다. 반면에 외부 인터페이스는 시스템 설정된 범위 외 실체의 연관성을 포함하며, 또한 이것은 일반적으로 정부에 의해 정의되고 통제된다.

과업 8. 사용 환경요소

각각의 운용 시나리오에 대한 환경요소를 정의하라. 시스템 성능에 영향을 미치는 (자연적인 또는 도출된) 모든 환경 요소는 반드시 식별되고 정의되어야 한다. 환경 요소는 다음 사항을 포함한다.

- 기상 조건(예: 비, 눈, 햇빛, 바람, 결빙, 먼지, 안개 등)
- 온도 범위
- 지형(예: 해양, 산, 사막, 평야, 초목지대),
- 생태(예: 동물, 곤충, 조류, 균류)
- 시간(예: 새벽, 낮, 밤, 황혼)
- 도출 환경(예: 진동, 전자기, 화학작용)

과업 9. 수명주기 프로세스 개념

개발 중인 시스템 제품의 개발, 생산, 시험, 분배, 운용, 지원, 교육훈련, 그리고 폐기에 필요한 핵심적인 수명주기 프로세스 요구사항을 정의하기 위해 과업 1에서 과업 8까지의 결과를 분석하라. 시스템엔지니어링의 8대 주 기능을 나타내는 통합팀을 이용하라. 시스템의 유효 수명 전반에 걸쳐 지원성과 가용성에 영향을 미칠 것으로 기대되는 비용 소모가 크고 높은 위험을 지닌 시스템 요소에 초점을 맞춰야 한다.

과업 10. 기능요구사항

시스템이 반드시 성취해야 할 것 또는 할 수 있는 것을 명확하게 정의하라. 요구 분석을 통해 식별된 기능은 기능분석/할당을 통해 더욱 분해된다.

과업 11. 성능요구사항

시스템이 수행할 각각의 상위 레벨 기능에 대한 성능요구사항을 정의하라. 주요 초점은 MOEs, 그리고 시험계획에 규정되고 또는 감독기관의 관심 품목으로 식별된 다른 KPPs를 언급하는 성능요구사항에 있다.

과업 12. 운용모드

개발 중인 시스템 제품에 대한 다양한 운용 모드를 정의하라. 운용모드를 결정짓는 조건(환경, 형상, 운용 등)은 이러한 정의에 포함되어야 한다.

과업 13. 기술성능 척도

설계 프로세스 동안 추적해야 하는 핵심 시스템의 성능 지표를 식별하라. 기술성능측정(TPMs: Technical Performance Measures)의 적용 선택은 중요한 기술의 한계치와 사업 목적에 의해 제한된다. 적절치 않은 적용은 프로젝트의 비용, 일정, 또는 성능 상의 위험을 초래할 수 있다. TPMs는 관리자가 개념을 기반으로 기술의 진행을 판단할 수 있는 것처럼, KPPs의 실제 대 계획 진행에 대한 추적을 포함한다. TPM 선정은 어느 정도까지는 단계(phase) 의존적이다. 이들은 각각의 시스템엔지니어링 프로세스 단계(step)와 각 단계(phase)의 시점에서 재고되어야 한다.

과업 14. 물리적 특성

개발 중인 시스템 제품에 대해 요구되는 물리적 특성(예를 들면, 색상, 질감, 크기, 무게, 부력 등)을 식별하고 정의하라. 절충연구를 근거로 어떤 물리적 특성이 확실한 제약사항이 되는지 그리고 어떤 것을 변경할 수 있는지를 식별하라.

과업 15. 인간요소

개발 중인 시스템 제품의 운용에 영향을 미칠 인간요소 고려사항(예를 들면, 물리적 공간 제약, 기후 제한, 시야, 미치는 범위, 인간공학 등)을 식별하고 정의하라. 인간 시스템 통합상 어떤 것이 제약사항이고 또한 절충연구를 근거로 바꿀 수 있는 것은 무엇인지를 식별하라.

후속 과업

후속 과업은 시스템엔지니어링 프로세스의 반복성과 관련이 있다.

요구사항통합 : 요구사항간의 상충점이 위험과 가용성 측면에서 균형된 설계요

구사항을 도출하는 여러 방법으로 해결될 수 있도록 요구사항결정에 대해 통합팀 접근법을 이용하라.

요구사항 확인 : 기능분석과 할당 동안, 도출된 기능과 성능이 운용요구사항을 추적할 수 있는지를 검증하라.

요구사항 검증 :

- 설계, 제조, 배치 그리고 시험 프로세스를 조정하라.
- 요구사항이 성취 가능하고 시험 가능한지를 보증하라.
- 설계 비용 목적이 성취 가능한지를 검증하라.
- 기능분석/할당 동안, 정의된 기능 및 물리적 구조와 조합이 허용 위험레벨 내에서 통합기술, 비용, 그리고 일정 요구사항을 충족시키는지 검증하라.²⁶⁾

**** 포 인 트 ****

- 요구에 대한 초기 설명은 일반적으로 명확하지 못하다.
- 다양한 수명주기 이해관계자 간의 충분한 협력은 수용 가능한 요구사항문서를 작성하는데 필요하다.
- 요구사항은 해결해야 할 문제를 기술한 것이다. 제약되지 않고, 통합되지 않은 요구사항은 해결책을 설계하는데 충분하지 않다.
- 다른 고객의 요구사항이 서로 상충되고, 제약사항이 조건을 제한하고, 또한 자원에 한계가 있기 때문에 절충연구는 고객의 요구에 대해 실현 가능한 해결책을 제공하는 균형된 요구사항을 선택하기 위해서 반드시 수행되어야 한다.

26) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

2.3. 기능분석 및 할당

2.3.1. 서론

기능분석 및 할당의 목적은 요구분석을 통해 식별된 기능, 성능, 인터페이스 및 다른 요구사항을 후속 설계조합 활동을 유도하기 위해 사용될 수 있는 시스템 기능의 논리적인 설명으로 변환시키는 것이다.

기능분석 및 할당은 기능을 논리적 시퀀스로 정렬하고 상위 레벨 기능을 하위 레벨 기능으로 분해하며, 상위부터 하위 레벨 기능까지 성능을 할당함으로써 이루어진다. 사용되는 전통적인 도구에는 기능흐름 블록선도와 시계열 분석이 포함된다. 그리고 결과물은 물리적인 설명보다는 오히려 기능 및 성능 파라미터의 관점에서 시스템을 기술한 기능적 아키텍처이다. 기능분석 및 할당은 요구사항부터 설계조합의 결과물인 해결책 설명서까지 추적을 용이하게 한다.

기능은 시스템의 목적을 달성하는데 필요한 뚜렷하게 구별되는 활동(동사로 표현)을 말한다. 이런 기능은 명확하게 기술되거나, 또는 기술된 요구사항으로부터 도출할 수 있다. 기능은 궁극적으로 장비, 인원, 시설, 소프트웨어, 또는 이들의 결합체를 통해 수행되거나 달성된다.

2.3.2. 기능분석 및 할당

어느 시스템 레벨의 기능과 성능요구사항은 상위 레벨 요구사항으로부터 개발된다. 기능분석 및 할당은 연속적으로 하위 레벨의 기능과 성능요구사항을 정의하기 위해 반복된다. 그러므로 전보다 증가된 세부 레벨에서 아키텍처가 정의된다. 시스템 요구사항은 통합시스템 설계를 지원하기 위한 설계 및 검증 기준을 제공할 수 있도록 충분히 세부적으로 할당되고 정의되어야 한다.

시스템 레벨 요구사항을 상세 기능 및 성능 설계 기준으로 변환시키는 하향식 프로세스는 다음을 포함한다.

- 기능적 관점에서 시스템을 정의하고, 최상위 레벨 기능을 하위 기능으로 분해한다. 즉 연속적으로 하위 레벨에서 어떤 활동을 해야 하는지 식별한다.
- 상위 레벨의 성능요구사항을 상세 기능 및 성능 설계기준 또는 제약사항으로 변환시킨다. 즉 얼마나 잘 기능이 잘 수행되어야 하는지 식별한다.
- 모든 내부 및 외부 기능 인터페이스를 식별하고 정의한다.
- 인터페이스(기능 분할)를 통제하고 최소화하기 위하여 기능적 그룹화를 식별한다.
- 시스템의 기존 또는 도출된 컴포넌트의 기능적 특성을 결정하고 분석 및 할당에 컴포넌트를 포함시킨다.
- 특정 프로젝트에 적합하도록 8대 주 기능을 포함한 모든 수명주기 기능을 조사

한다.

- 요구사항을 충족시키는 대안의 기능적 접근을 결정하기 위한 절충연구를 수행한다.
- 기능적 문제를 해결하는데 필요한 요구분석 단계를 다시 수행한다.

기능분석 및 할당의 목적은 기능, 성능, 그리고 인터페이스 설계요구사항을 식별하는 것이다. 즉 아직 해결책을 설계하는 단계는 아니다.

2.3.2.1. 기능분할

기능분할(Functional partitioning)은 사용 가능성이 있고 기능 인터페이스를 최소화시킬 것 같은 컴포넌트와 논리적으로 적합하도록 기능을 그룹화하는 프로세스이다. 분할은 기능 분해의 일부분으로 수행된다. 이것은 모듈 컴포넌트와 개방형시스템 설계의 사용을 용이하게 하는 기능의 논리적 그룹을 식별한다. 또한 기능분할은 기존의 장비와 컴포넌트(상용화 포함)이 시스템과 또는 시스템 내에서 어떻게 기능을 수행하고 있는지 이해하는 데 유용하다.

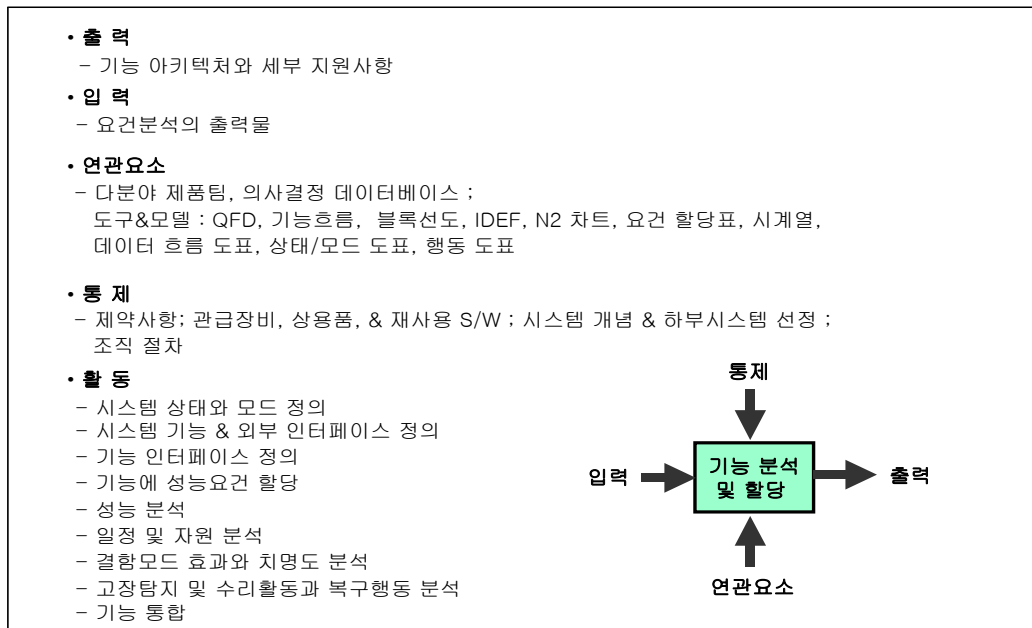
2.3.2.2. 요구사항루프

기능분석 및 할당 프로세스를 수행하는 동안, 요구분석 프로세스가 다시 수행될 수 있다. 이는 상위 레벨 요구사항의 재 수행을 요구하는 긴급한 기능적 쟁점에 의해 일어나게 된다. 이러한 쟁점은 기능적 상충에 의해 야기된 부품이나 표준서, 순차적인 기능분석을 위해 수정된 접근법의 식별, 또는 서로 일치되지 않는 요구사항에 의해 야기된 상충 내용 등이 포함될 수 있다.

<그림 2-5>은 기능 분석과 할당의 기본적인 파라미터의 개관을 나타낸다. 프로세스 출력은 기능 아키텍처이다. 가장 기본적인 형태면에서 기능 아키텍처는 성능요구사항과 관련한 기능의 간단한 계층적 분해이다. 아키텍처 정의가 <그림 2-3>에 나열한 활동 성능을 세밀하게 구분 짓고 명확하게 함에 따라 기능 아키텍처는 더욱 상세하고 포괄적으로 된다. 이러한 활동은 설계조합을 지원하기 위해 매우 상세한 항목을 기능 아키텍처에 제공해야 한다. 이들은 활동을 구성하고 추적성에 대한 기록을 제공하는 전통적 도구의 지원으로 수행된다. 여기에는 유용한 많은 도구가 있다. 기능 분석과 할당의 주요 과업을 나타내고 설명하는 전통적 도구는 다음과 같다.

- 과업 시퀀스와 연관성을 정의하는 기능흐름 블록선도
- 프로세스와 데이터 흐름을 정의하는 IDEF0 도표
- 시간 중요 기능의 시간 시퀀스를 분석하고 정의하는 시계열 분석
- 할당된 성능을 식별하고 성능요구사항의 추적성을 규정한 요구사항할당표²⁷⁾

27) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1



<그림 2-5> 기능 분석 및 할당

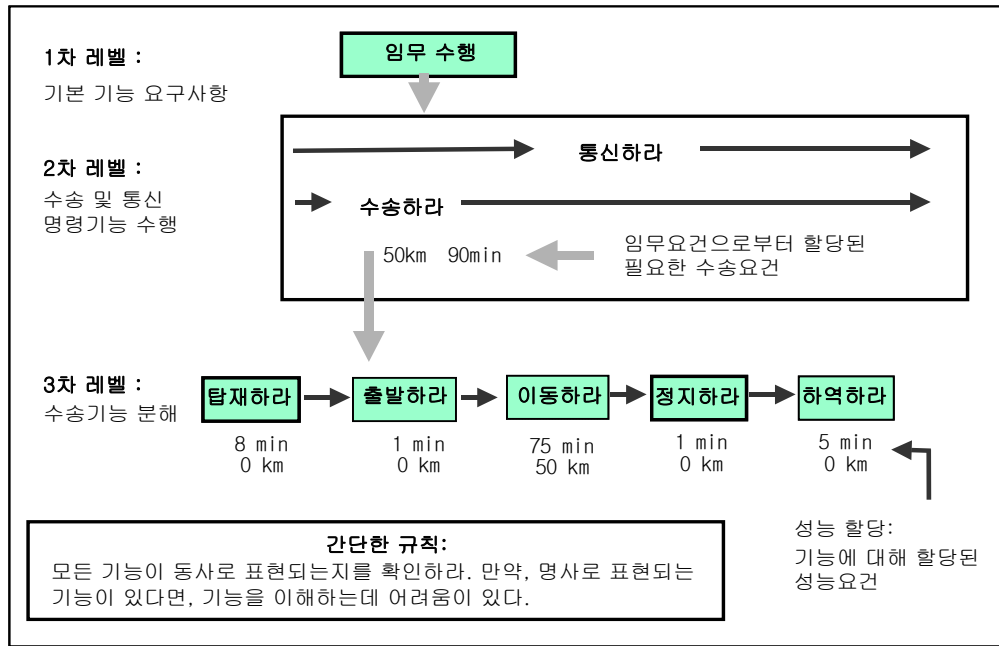
2.3.3. 기능 아키텍처

기능 아키텍처(Functional architecture)는 시스템 기능 및 성능요구사항을 하향식으로 분해한 것이다. 아키텍처는 수행되어야 할 기능뿐만 아니라 기능의 논리적 시퀀스와 기능 관련 성능요구사항도 함께 보여준다. 또한 시스템에 사용될 기존 제품과 관급 품목(Government furnished items)에 대한 기능 설명도 포함된다. 이것은 기존 컴포넌트의 리엔지니어링이 요구된다.

기능 분석과 할당 프로세스에 의해 생성된 기능 아키텍처는 기능을 분석하고 성능요구사항을 할당하기 위해 개발된 문서화의 상세 패키지이다. 기능 아키텍처는 기능흐름 블록선도, 시계열 표, 요구사항할당표, IDEF0 도표 및 시스템 기능 특성을 기술하기 위해 개발된 모든 다른 문서를 포함한다. 그러나 기능 아키텍처를 구성하는 기본적인 논리가 있으며, 예비 형태의 기본 논리를 <그림 2-6>에 나타냈다. 기능 분석과 할당 프로세스는 일반적으로 아키텍처의 기본 버전 같은 IPT 선발과 함께 시작된다. 이것은 IPT에게 활동의 범위와 방향에 대한 이해를 제공한다.

2.3.3.1. 기능 아키텍처 사례

해병대에게 50km 이상의 거리를 분대 단위로 부대를 이동시키는 요구사항이 주어졌다. 부대는 반드시 수송 시스템이 도착한 시간으로부터 90분 안에 이동해야만 한다. 그리고 부대 이동간 지속적으로 통신이 이루어져야 한다. <그림 2-6>는 이와 같이 간단한 요구사항을 위한 예비기능 아키텍처의 사례를 나타낸다.



<그림 2-6> 기능 아키텍처 사례

2.3.4. 기능흐름 블록선도

기능흐름 블록선도(FFBD: Function Flow Block Diagram)의 목적은 기능적 측면에서 시스템 요구사항을 설명하는 것이다.

목적

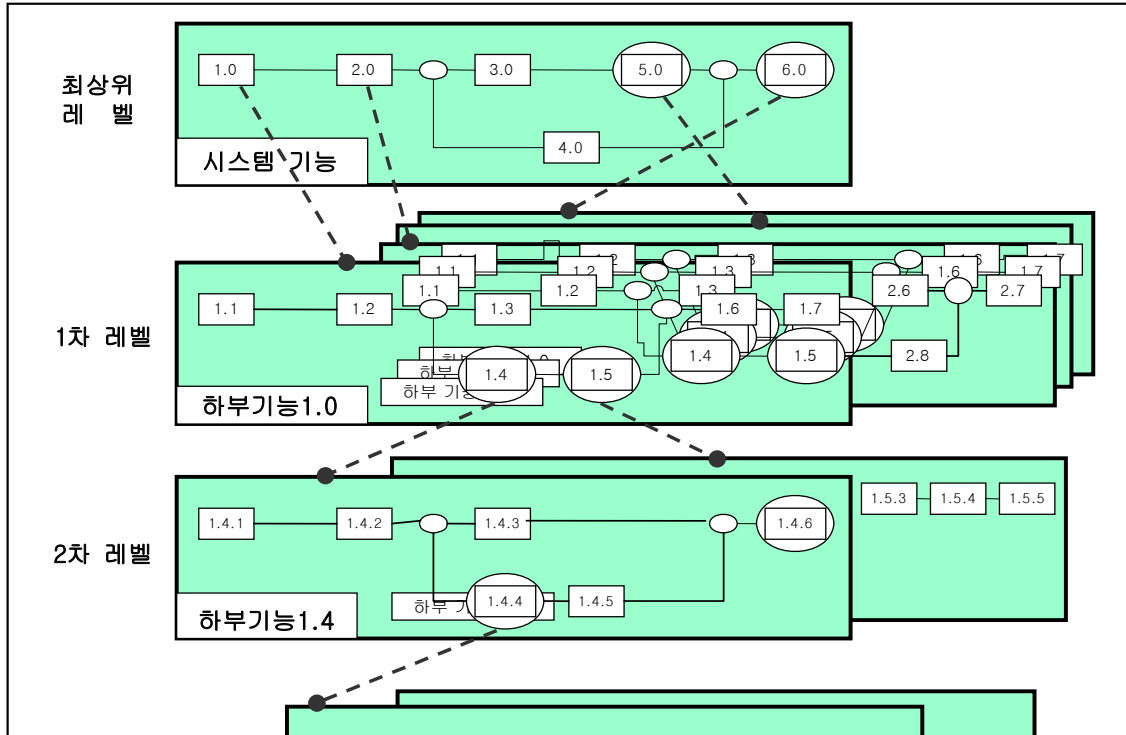
FFBD는 다음을 명확하게 하도록 구성된다.

- 모든 수명주기 기능을 포함한다.
- 모든 시스템 요소가 식별되고 정의된다(예; 주요 장비, 교육훈련, 예비 부품, 데이터, 소프트웨어 등).
- 시스템 지원 요구사항은 특정 시스템 기능을 식별한다.
- 중요한 설계 인터페이스를 포함하여 적합한 활동 시퀀스와 설계 연관성을 수립한다.

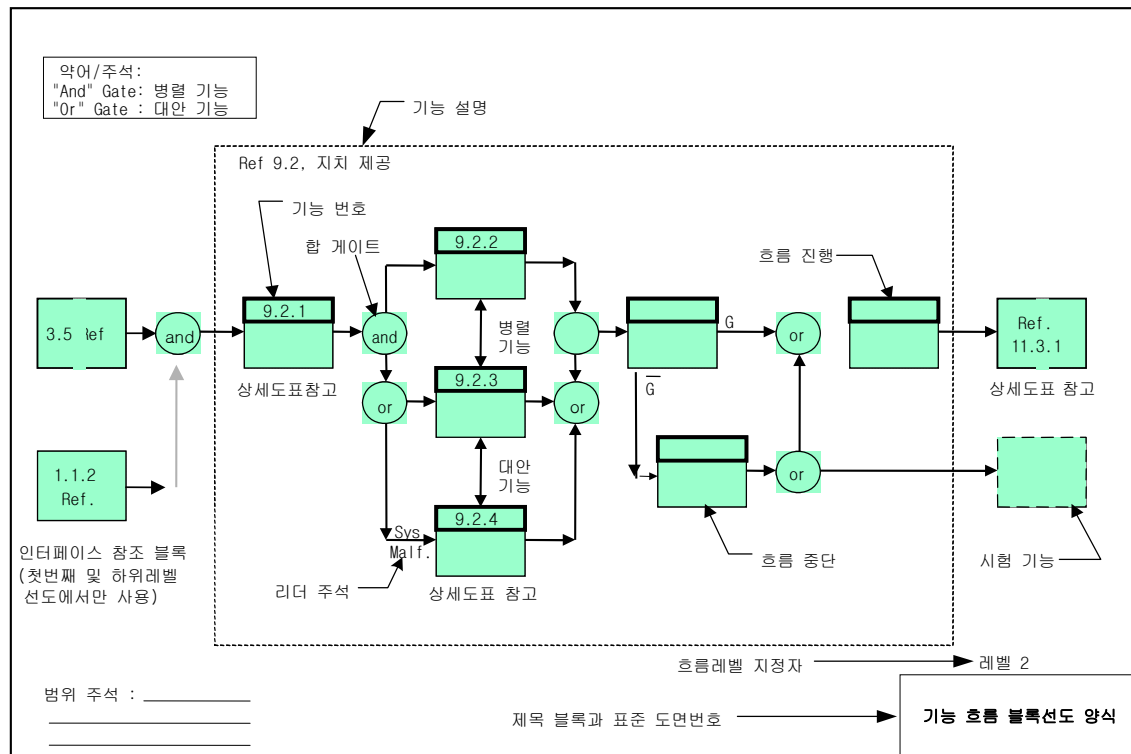
특성

FFBD는 해결책 지향이 아닌 기능 지향적이다. 하위 레벨 기능을 정의하고 연관성을 순차화하는 프로세스는 자주 기능 분해로 불리어진다. FFBD는 각 레벨에서 수직적 추적성을 가능하게 한다. 설계의 조합 가능성으로부터 기능적 아키텍처를 개발하는 것이 FFBD의 핵심 단계이다.

<그림 2-7>은 FFBD의 흐름 구조를 보여준다. 또한 <그림 2-8>는 FFBD의 형식을 나타낸다.



<그림 2-7> FFBD 추적성 및 확인



<그림 2-8> 기능흐름 블록선도(FFBD) 양식

2.3.4.1. 주요 FFBD 속성

기능블록 : FFBD 상에서 각 기능은 분리되어야 하고 한 개의 상자(실선 표시)로 나타내야 한다. 각 기능은 시스템 요소에 의해 완성될 명확하고 제한적이며 개별적

인 활동을 나타내야 한다.

기능번호 부여 : 각 레벨은 일치되는 번호체계를 가져야 하고 기능 기반과 관련된 정보를 제공해야 한다. (예를 들면, 최상위 레벨 - 1.0, 2.0, 3.0 등; 최초 계약서(레벨 2) - 1.1, 1.2, 1.3 등; 2차 계약서(레벨 3) - 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 등) 이 번호는 모든 기능 분석과 할당활동을 통해 수행되는 식별과 연관성을 규정하고 하위부터 상위 레벨까지 추적을 용이하게 한다.

기능참조 : 각 도표는 기능 참조(괄호상자)를 사용하여 다른 기능도표에 대한 참고가 되도록 해야 한다.

흐름연결 : 기능을 연결한 선은 기능의 흐름을 나타낼 뿐이며 시간이나 상호 활동은 벗어나지 말아야 한다.

흐름방향 : 도표의 흐름방향은 일반적으로 왼쪽에서 오른쪽이 되도록 해야 한다. 화살표는 기능흐름을 표시하기 위해 자주 사용된다.

합 게이트 : 원은 합 게이트를 표시하거나 AND/OR가 나타날 때 사용된다. AND는 병렬 기능을 표현하는데 사용되고 모든 조건이 만족되어야 진행된다. OR은 대안 경로가 만족되어지면 진행된다.

GO 및 NO-GO 경로 : 'G'와 'G'는 'go' 'no-go'의 상태를 가리킨다. 이런 기호는 대안 경로를 가리키기 위해 특별한 기능을 표시하는 라인에 인접해 위치한다.²⁸⁾

2.3.5. IDEF0

기능 모델링 통합 정의(IDEF0: Integration Definition for Function Modeling)는 분석, 개발, 리엔지니어링 및 정보 시스템 통합; 비즈니스 프로세스; 또는 소프트웨어 엔지니어링 분석을 위한 일반적인 모델링 기법이다. FFBD가 제품의 기능흐름을 보여주기 위해 사용되는 반면, IDEF0는 데이터 흐름, 시스템 통제, 그리고 수명주기 프로세스의 기능흐름에 사용된다.

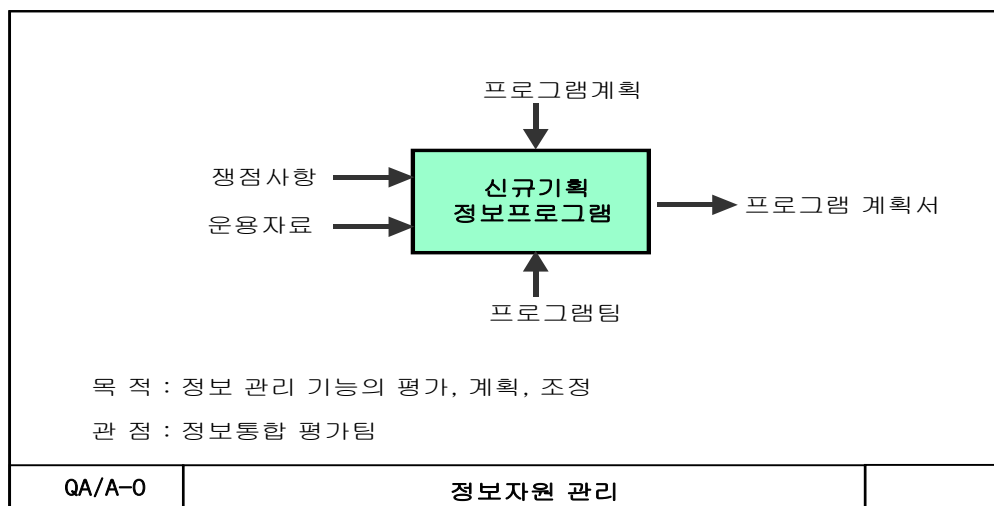
IDEF0는 넓고 다양한 비즈니스, 제조 및 다른 형태의 기업활동을 상세한 레벨까지 시각적으로 표현할 수 있다. 이것은 정확하고 명확하게 설명 해주며, 사용과 해석의 일관성을 향상시킨다. IDEF0는 수년간에 걸쳐 정부나 민간 사업에 의해 유용성이 잘 시험되었고 검증되었다. 그것은 다양한 컴퓨터 그래픽 도구에 의해 생겨날 수 있다. 특히 수많은 상업 제품이 IDEF0 도표와 모델의 개발과 분석을 지원한다.

IDEF0는 도표, 텍스트, 그리고 상호 참고되는 용어의 연속적인 계층 구조로 구성된 모델이다. 두 개의 주 모델링 구성요소는 기능(도표 상 상자로 표시)과 그러한

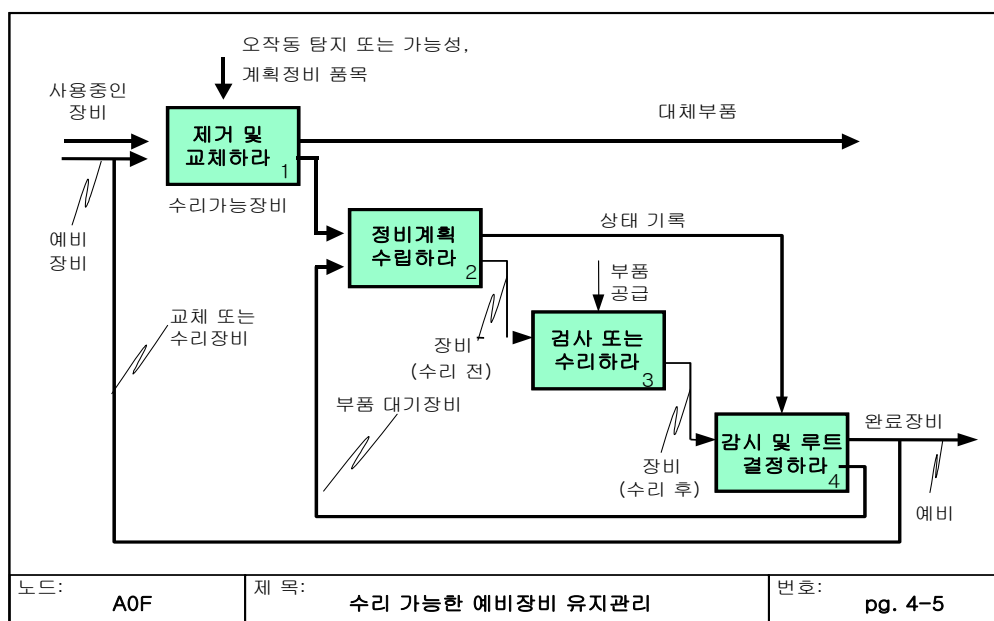
28) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

기능이 상호 관계를 갖는 데이터 및 객체(화살표로 표시)다. <그림 2-9>에 보여준 것처럼 화살표가 상자에 접한 위치는 인터페이스의 특정 역할을 의미하고, 통제는 상자의 위에서 들어간다. 연산에 의해 반응한 입력자료, 데이터 또는 객체는 상자의 왼쪽으로 들어가고, 연산의 결과물은 상자의 오른쪽으로 나온다. 기능 수행을 위한 지원 수단을 제공하는 메커니즘 화살표는 상자의 바닥과 합류한다.

IDEF0 프로세스는 분해될 주요 기능의 식별과 함께 시작된다. 이 기능은 특정 IDEF0 분석의 범위를 정의하는 '최상위 레벨 내용 도표(Top level context diagram)' 상에서 정의된다. <그림 2-9>은 정보시스템 관리 프로세스에 관한 최상위 레벨 상황 도표의 예이다. 이 도표로부터 하위 레벨 도표가 생성된다. 또한 <그림 2-10>은 수명 주기 기능 동안 IDEF0 용어로 'child'로 부르는 도표의 사례를 나타낸다.



<그림 2-9> 최상위 레벨 내용 도표



<그림 2-10> IDEF0 도표 사례

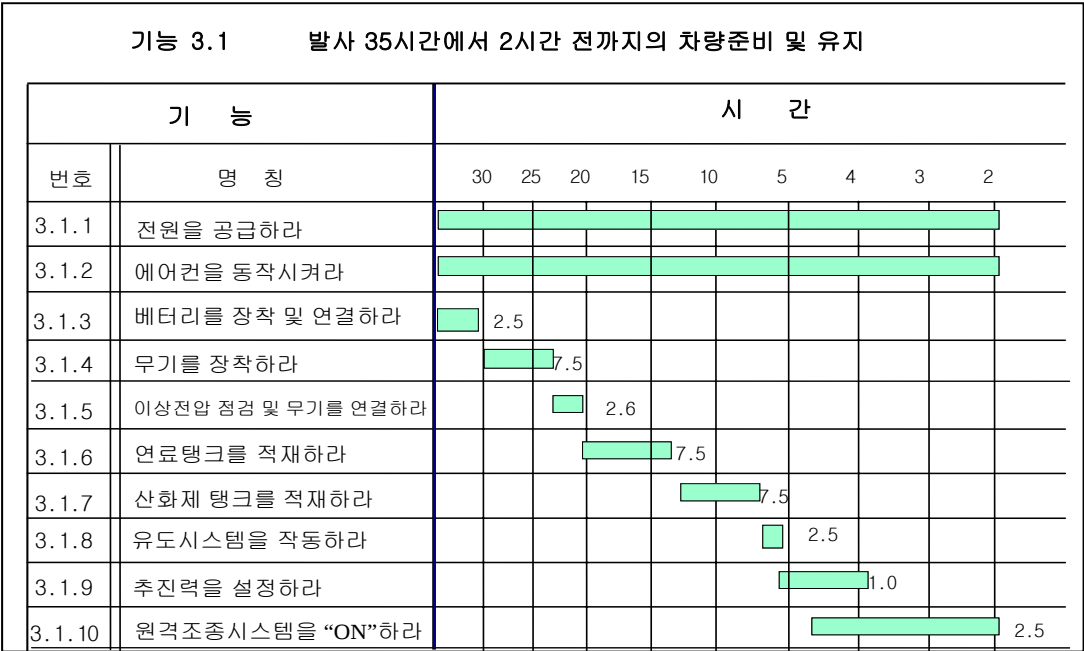
관련 기술인 정보 모델링을 위한 통합정의(IDEF_x)는 데이터 집약 시스템을 위한 IDEF0을 보완하기 위해 사용된다. IDEF0 표준, 즉 연방정부 정보처리 표준서 공표 (FIPS 183)와 IDEF_x 표준(FTPS 184)은 국가표준기술협회(NIST: National Institute of Standards and Technology)에 의해 관리 유지된다.

2.3.6. 시계열 분석표

시계열 분석표(TLS: TimeLine analysis Sheets)는 다양한 기능의 기간을 정의하는데 세부 항목을 추가한다. 이것은 기능과 과업의 동시성, 중복성, 그리고 순차적인 관계를 정의한다. 시계열 분석표는 시스템의 유용성, 운용시간 및 정비가동 휴지시간에 직접적으로 영향을 미치는 시간 주요 기능을 식별한다. 이것은 특정 시간관련 설계요구사항을 식별하는데 사용된다.

TLS는 기능 목적과 상세 성능 특성, 기능의 중요성, 그리고 설계 제약사항을 포함한다. 이것은 정량적이고 정성적인 요구사항 모두를 식별하며, 초기 자원요구사항도 식별된다.

<그림 2-11>은 TLS의 사례를 보여준다. 기능 3.1과 하부 기능을 수행하기 위하여 요구되는 시간은 시계열이 어떻게 관계되는지를 보여주는 막대 그래프로 나타낸다(기능번호는 FFBD와 일치된다.)



<그림 2-11> 시계열 분석표

2.3.7. 요구사항할당표

요구사항할당표(Requirements allocation sheet)는 할당 기능, 할당 성능 및 물리

적 시스템 사이의 연결을 문서화한다. 이것은 기능분석/할당과 설계조합 사이의 추적성을 제공하며, 단절 상태를 보여주기도 한다. 요구사항할당표는 기능 아키텍처와 기능 아키텍처를 기반으로 한 설계 사이의 일관성을 유지하는 주요 도구이다(기능 번호는 FFBD와 일치된다).²⁹⁾

요구사항 할당표	기능흐름 선도 제목과 번호 2.58.4는 유도부 냉각장치 규정 지침	장 비 확 인		
기능명 및 번호	기능 성능 및 설계 요건	설비	명칭	CI 또는 상세 사양서 번호
2.58.4 냉각시킨다.	유도계통 구성품의 온도는 초기 보정온도인 + 0.2 ° F 이내로 유지되어야 한다. 구성품의 초기 보정온도는 66.5~68.5 ° F 이다.			
2.58.4.1 냉각제를 주입한다.	65gal의 냉각 고체 냉각제(수)를 위한 저장용기가 필요하다. 저장 냉각제의 온도를 계속적으로 감시해야 한다. 저장 냉각제는 40~50 ° F 를 유지해야 한다.			

<그림 2-12 요구사항 할당표(사례)>

** 포 인 트 **

기능분석은 요구분석의 결과(즉 상위 레벨의 기능과 성능요구사항의 식별)와 함께 시작된다. 기능분석과 할당은 하위 레벨에 대한 상위 레벨의 분해와 그 다음, 그 기능에 대한 요구사항의 할당으로 구성된다.

- 기능 아키텍처의 개발을 지원하는데 유용한, 예를 들면, 기능흐름 블록선도, 시계열 분석표, 요구사항할당표, 통합된 정의 등과 같은 많은 도구가 있다.
- 이 장에서 설명된 도구의 사용은 필수적인 것은 아니다. 그러나 도구가 나타내는 프로세스는 다음과 같다.
 - 과업 시퀀스와 연관성을 정의한다(기능흐름 블록선도).
 - 프로세스와 데이터 흐름을 정의한다(IDEF0 도표).
 - 시간에 민감한 기능의 시간 시퀀스를 정의한다(시계열 분석표).
 - 성능을 할당하고 성능요구사항의 추적성을 규정한다(요구사항할당표).

29) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

2.4. 설계조합

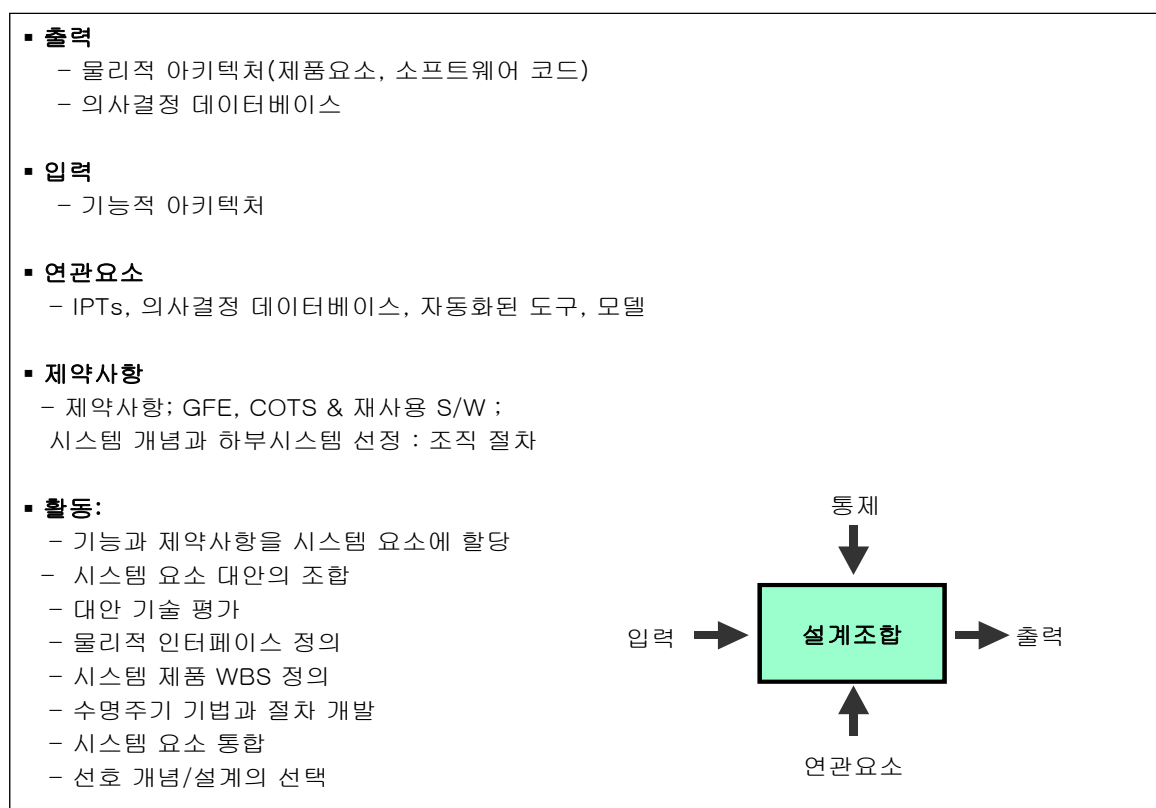
2.4.1. 설계개발

설계조합(design synthesis)은 기능 분석 및 할당의 결과물인 기능 설명을 기반으로 개발되는 개념과 설계에 의해 이루어지는 프로세스이다. 설계조합은 사전에 설명된 성능 파라미터의 제한된 범위 내에서 요구된 역할을 수행할 수 있는 물리적 아키텍처(제품, 시스템 및 소프트웨어 요소의 집합)를 개발하는 창조적인 활동이다.

주어진 기능 및 성능요구사항의 집합을 충족시키기 위해 개발된 몇몇 하드웨어 또는 소프트웨어 아키텍처가 있을 수 있기 때문에 설계조합은 제시된 아키텍처 중에서 가장 최적의 대안을 선택하기 위한 절충연구의 단계를 설정하는 것이다. 설계조합의 목적은 서술된 요구사항을 충족시킬 수 있는 설계 해결책을 성취할 수 있는 방법으로 하드웨어와 소프트웨어의 컴포넌트를 결합하거나 재구성하는 것이다.

개념개발 동안, 조합은 시스템 개념을 생성하고, 하부 시스템간의 기본적인 관계를 규정한다. 예비 설계와 상세 설계 동안, 하부 시스템과 컴포넌트의 설명서가 만들어지고, 모든 시스템 컴포넌트 사이의 상세한 인터페이스가 정의된다.

물리적 아키텍처는 예를 들면, 규격서, 베이스라인, 업무분해구조(WBS:Work Breakdown Structure) 등과 같은 설계 정의 문서화에 대한 기반을 수립한다. <그림 2-12>은 설계조합 프로세스의 기본 파라미터에 대한 개관을 나타낸다.



<그림 2-12> 설계조합

2.4.1.1. 특성

물리적 아키텍처는 전형적인 용어이다. 그러나 명칭에도 불구하고, 물리적 아키텍처는 하드웨어 요소뿐만 아니라 소프트웨어 요소를 포함한다. 물리적 아키텍처(설계조합의 주 결과물)의 특성은 다음과 같다.

- 어떤 물리적 또는 소프트웨어 컴포넌트는 한가지 이상의 요구사항을 충족시킬 수 있으나 기능분석과의 상관성은 적어도 하나의 기능요구사항에 대한 충족을 요구한다.
- 아키텍처는 절충연구와 효과도 분석을 통해 최적화되어진다.
- PBS(제품 WBS)는 물리적 아키텍처로부터 개발된다.
- 측정기준(Metrics)은 KPPs 사이의 진도를 추적하기 위해서 개발된다.
- 모든 지원 정보는 데이터베이스 내에서 문서화된다.

2.4.1.2. 모듈식 설계

모듈식 설계는 하나의 독립적인 기능 또는 하나의 논리적 과업을 수행하는(단일 진입 및 종료 지점; 그리고 개별적 시험 가능) 컴포넌트의 그룹화에 의해 수립된다. 기능관련 그룹화는 모듈식 설계 해결책과 기타 사항에 대한 탐색을 용이하게 하며, 더욱이 개방형 시스템 접근법이 제품 아키텍처에 사용될 수 있는 가능성을 증가시킨다.

모듈식 유닛의 바람직한 속성은 낮은 커플링, 높은 응집력, 그리고 낮은 연결성이다. 모듈간의 커플링은 모듈간의 상호 의존성의 척도, 또는 두 모듈간의 공유하는 정보량을 나타낸다. 모듈을 완화시키는 것은 개발 위험을 줄이고 나중에 있을 변경을 용이하게 한다. 응집력은 모듈 내의 수행되어지는 업무의 유사성을 말하는 것이다. 동일하거나 유사 계열 컴포넌트, 또는 다기능을 수행하는 단일 컴포넌트의 사용여지가 있기 때문에 높은 응집력이 바람직하다. 연결성은 하나의 모듈내 내부요소와 또 다른 모듈의 내부요소 사이의 관계를 설명한 것이다. 높은 연결성은 설계, 개발 및 시험 등을 방해할 수 있는 복잡한 인터페이스를 만들기 때문에 바람직하지 않다.

2.4.1.3. 설계루프

설계루프는 개발된 물리적 아키텍처가 기능 및 성능요구사항과의 일치성을 검증하기 위해 기능 아키텍처를 재수행하는 것을 포함한다. 이것은 기능 아키텍처와 물리적 아키텍처 사이의 도식화이다. <그림 2-13>은 간단한 물리적 아키텍처의 사례를 나타내며 어떻게 기능 아키텍처와 연관이 있는지를 보여준다. 설계조합이 이루어지는 동안, 기능분석의 재평가는 초기 분해의 재시험이 요구되는 설계쟁점의 발견에 의해 이루어진다. 이들 쟁점은 초기 기능 아키텍처의 요구사항에 의해 예상되는 것과 다른 기능적 특성을 지닌 유력한 물리적 해결책 또는 개방적 시스템 기회에 대한 식별을 포함할 수 있다. 30)



<그림 2-13> 기능/물리적 매트릭스

2.4.2. 조합 도구

조합과정 동안의 다양한 분석, 엔지니어링 그리고 모델링 도구는 설계활동을 지원하고 문서화하는데 사용된다. 절충연구와 같은 분석 장치는 물리적 해결책을 최적화하기 위한 의사결정을 지원한다. 요구사항할당표<그림 2-11>는 기능 및 성능요구사항에 대해 추적성을 제공한다. 개념설명표(CDS: Concept Description Sheet)와 같은 간단한 설명은 시스템의 개념을 가시화하고 의사소통에 도움을 준다. 도식적인 블록선도(SBD: Schematic Block Diagram)와 같은 논리모델은 시스템내의 설계와 상호관계를 규정한다.

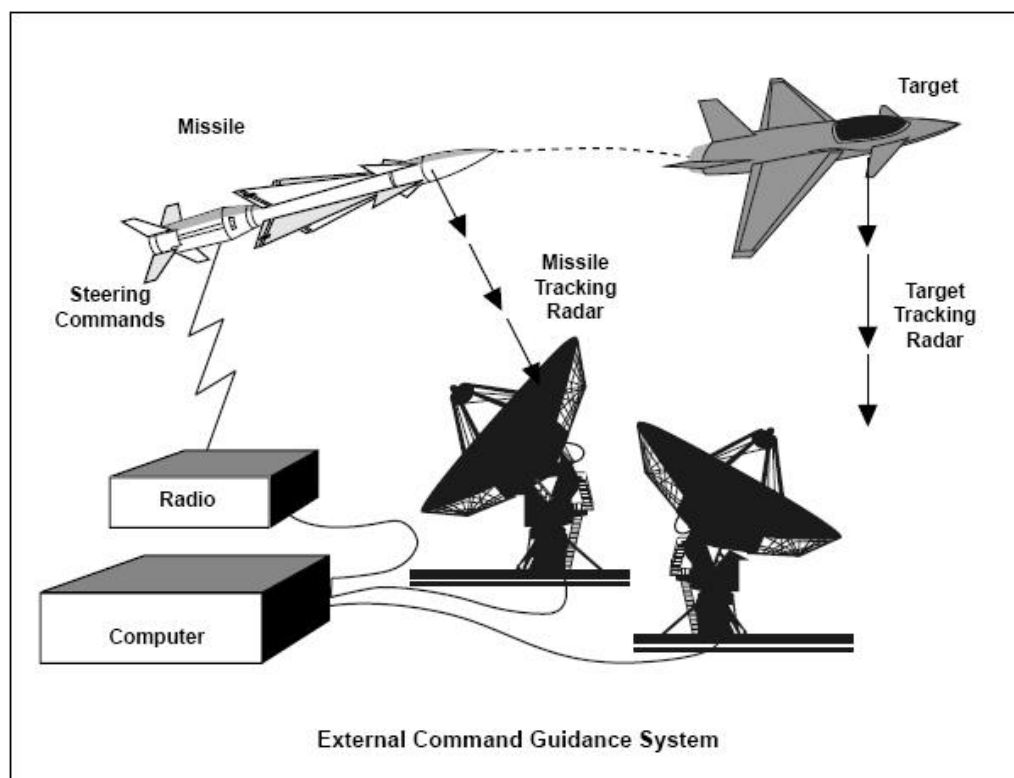
CAD(Computer-Aided Design), CASE(Computer-Aided Systems Engineering) 그리고 CAE(Computer-Aided Engineering) 등의 자동화 엔지니어링 관리도구는 설계활동을 조직하고, 조정하며, 문서화하는 것을 돕는다. CAD는 SBDs, 상세 도면, 3차원 입체 도면을 포함한 제품 설계를 설명하는 상세한 참고문서를 생성시키며, 기술적 성능 측정을 추적할 수 있다. CAD는 가상 모델링 및 시뮬레이션을 위한 중요 입력자료를 제공하며, 통합 설계 개발을 위한 공통 설계 데이터베이스를 제공한다. CAE는 절충연구, 8대 주 기능에 대한 관련분석 그리고 비용분석을 지원하기 위한 시스템 요구사항과 성능분석을 제공한다. CASE는 기술관리 분석과 문서의 자동화를 제공한다.

2.4.2.1. 모델링

모델링 기법은 설계 결정에 앞서 물리적 제품을 가시화하고 평가하는데 사용된다. 모델은 하드웨어와 소프트웨어의 파라미터에 대한 최적화를 가능하게 하며, 달성할 성능예측의 인정, 도출되는 운용 시퀀스의 허용 그리고 시스템 요소 가운데 기능과 성능요구사항의 최적 할당을 가능하도록 해준다. 설계조합에 사용되는 전형적이고 논리적인 시제품은 도식 블록선도이다.

2.4.3. 개념설명도

개념설명표(Concept Description Sheet)는 기술적 접근법 또는 설계 개념을(서술 또는 도식형태로) 설명하고, 성능과 기능요구사항을 충족시키기 위해 시스템이 어떻게 통합되는지를 보여준다. 이것은 일반적으로 시스템의 개념을 보여주기 위해 초기 개념설계 단계에서 사용된다.



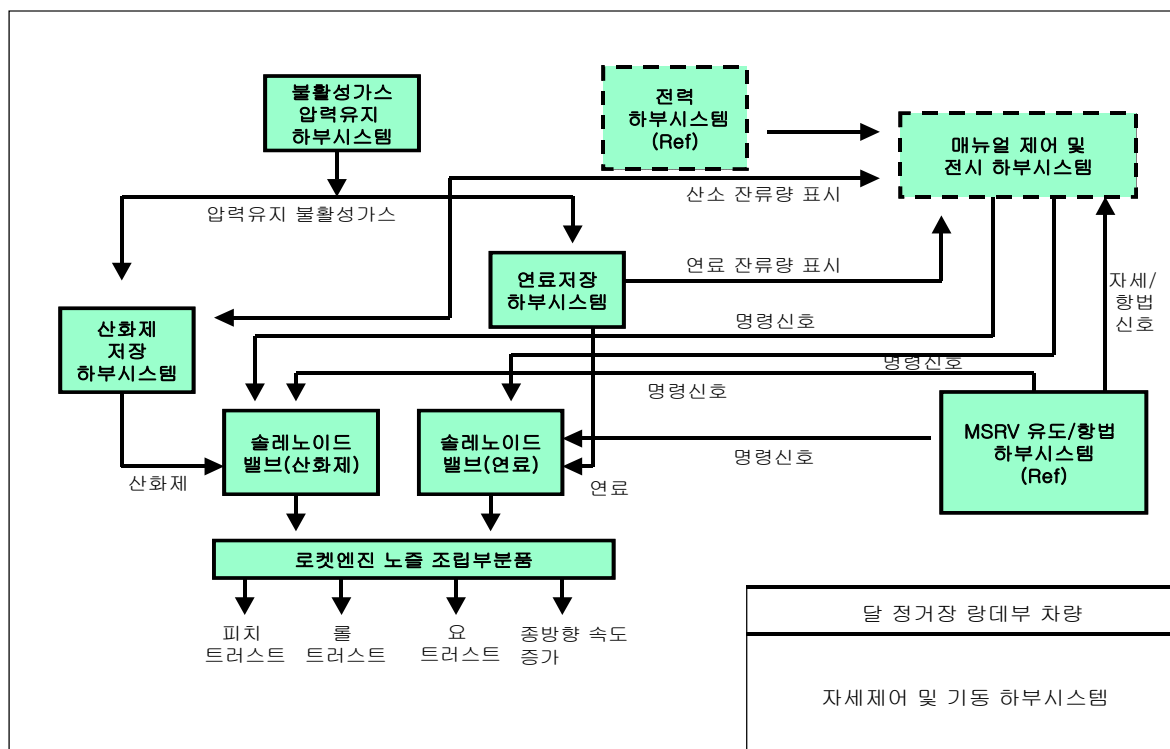
<그림 2-14> 개념설명도

2.4.4. 도식 블록선도

도식 블록선도(SBD: Schematic Block Diagram)는 하드웨어와 소프트웨어 컴포넌트 그리고 이들의 상호관계를 나타낸다. 이들은 상위 단계의 요구사항 내에서 하위 단계의 기능을 정의하기 위한 분석을 진행하면서 연속적으로 하위 단계에서 개발된

다. 이들 요구사항은 요구사항할당표(RAS: Requirements Allocation Sheet)를 통하여 보다 세분화되고, 할당된다. 도식 블록선도는 관련 시스템 요소의 가시성 그리고 요구사항할당표, 기능흐름 블록선도 및 다른 시스템엔지니어링 참고문서에 대한 추적성을 제공한다. SBD는 기능 아키텍처에 의해 설정된 기능과 성능요구사항에 대한 해결책을 기술한다. 시스템 컴포넌트 사이, 시스템 컴포넌트와 타 시스템 컴포넌트 또는 하부 시스템 컴포넌트 사이의 인터페이스를 보여준다. 컴포넌트와 그들의 기능적 원천과의 추적성을 지원한다. 형상통제를 강화하기 위하여 효과적인 도구를 제공한다.

또한 SBD는 인터페이스 통제문서(ICDs: Interface Control Documents) 개발에도 사용되며, 시스템 운용의 전반적인 이해에 도움을 준다. <그림 2-15>의 간단한 SBD는 이들 사이의 컴포넌트와 연결이 어떻게 블록선도에 나타내고 있는지를 보여준다. 확장된 버전은 보통 각 컴포넌트 내에서 수행되는 상세한 기능과 이들 상호관계의 상세한 묘사를 나타내도록 개발된다. 확장된 SBD는 컴포넌트와 관련된 WBS 번호를 식별한다.



<그림 2-15> 도식 블록선도(SBD) 사례

2.4.5. 요구사항할당표

기능분석과 할당에서 시작된 요구사항할당표(RAS: Requirements Allocation Sheet)는 기능요구사항과 물리적 시스템 사이의 연결을 문서로 나타내기 위해 설계 조합에서 확장된다. RAS는 기능분석/할당과 조합활동 사이에 추적성을 제공한다.

이것은 기능적 아키텍처와 아키텍처를 기본으로 하는 설계 사이에서 일관성을 유지 하는데 사용하는 중요한 도구이다.³¹⁾

요건할당표	기능흐름 선도 제목과 NO.2.58.4 지침은 유도부 냉각장치의 규정을 나타낸다.		장비 식별	
기능명 및 번호	기능성과 설계요건	설비요건	명칭	CI 또는 상세 사양서 번호
2.58.4 유도부 냉각장치 규정	유도부 냉각장치 내의 온도는 최초 교정온도 +0.2°F로 유지되어야 한다 유도부의 최초 온도는 66.5°F에서 68.5°F 사이가 될 것이다		유도부 냉각 시스템	3.54.5
2.58.4.1 저온 냉각제 규정 (주)	저온 냉각제 65 gal을 위한 저장공간이 요구 된다. 저장 냉각제의 온도는 지속적으로 감시되어야 한다. 저장 냉각제는 불명확한 시간을 위해 40~50°F의 온도범위에서 유지되어야 한다. 제공된 냉각제는 항상 0.5마이크론의 입자로부터 보호되어야 한다		유도부 냉각제 저장 하부시스템	3.54.5.1

<그림 2-16> 요구사항할당표(사례)

** 포 인 트 **

- 조합은 기능 분석 및 할당(기능 아키텍처)의 결과와 함께 시작된다.
기능 아키텍처는 기능분석 및 할당에서 식별된 기능 수행에 필요한 물리적 컴포넌트를 정의함으로써 물리적 아키텍처로 변환된다.
- 많은 도구가 물리적 아키텍처의 개발 지원에 사용된다.
 - 시스템 개념의 정의 및 묘사(CDS)
 - 컴포넌트와 그들의 연관성에 대한 정의 및 묘사(SBD)
 - 컴포넌트에 대한 성능요구사항의 추적성 규정(RAS)
- 규격서와 제품 WBS는 물리적 아키텍처로부터 생성된다.

31) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

2.5. 검 증

2.5.1. 개요

검증 프로세스는 설계조합이 시스템 요구사항을 충족시키는 물리적 아키텍처로 되었는지 검증하는 것이다. 검증은 시스템엔지니어링과 시험평가의 교차점을 나타낸다.

2.5.1.1. 검증 목적

검증 프로세스의 목적은 비용, 일정 및 성능요구사항이 허용 위험 레벨을 충족시키기 위해 가장 낮은 레벨부터 전체 시스템까지 물리적 아키텍처(소프트웨어와 인터페이스 포함)의 검증을 수행하기 위해 설정된 기준의 사용을 포함한다. 보다 큰 목적은 (시스템, 하부 시스템 그리고 하위 레벨이 이들 규격서 요구사항의 충족을 확신시키기 위해) 생성된 데이터와 시스템 설계 해결책에 사용될 기술의 검증을 포함한다. 각각의 요구사항을 검증하는 방법은 요구분석과 기능할당의 활동 동안 규정되고 기록된다 (만약 검증될 수 없다면, 그 요구사항은 적합하지 않다). 검증 목록은 요구사항할당표와 직접 관련이 있으며, 일치되도록 지속적으로 갱신되어야 한다.

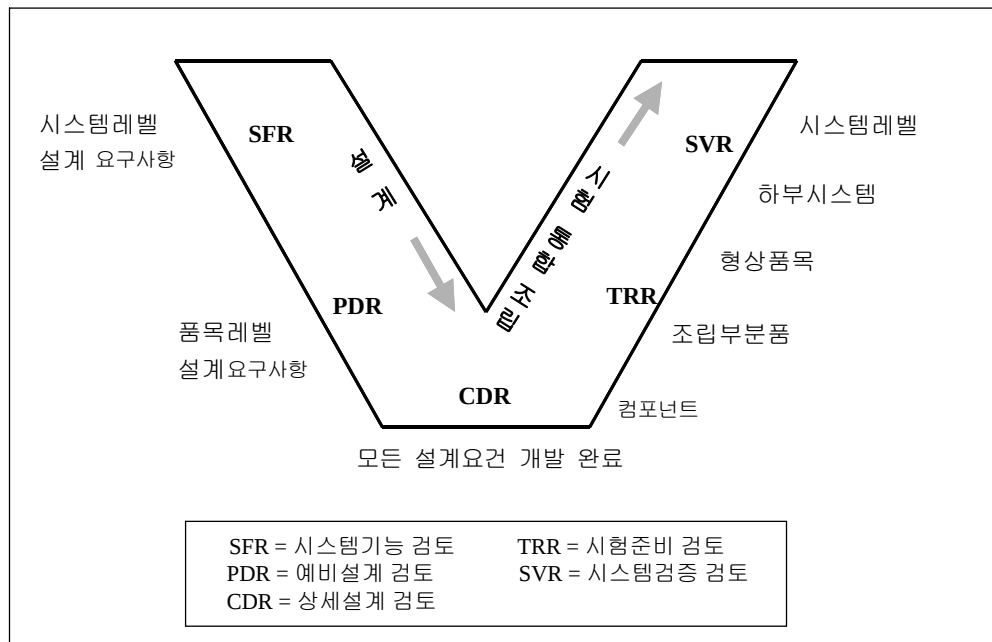
2.5.1.2. 검증 활동

시스템 설계 해결책은 다음과 같은 활동 형태에 의하여 검증된다.

- ① **분석:** 계산된 데이터나 하위 레벨 컴포넌트 또는 하부 시스템 시험으로부터 도출된 데이터를 기반으로 한 요구사항에 대한 설계의 협조를 예측하기 위해 수학적 모델링과 분석적인 기법을 사용한다. 이것은 물리적 시제품이나 제품을 사용할 수 없거나 비용 대 효과 분석자료가 없을 때 일반적으로 사용된다. 분석은 제13장에서 자세하게 다루어질 모델링과 시뮬레이션을 사용한다.
- ② **검사:** 시스템, 하부 시스템, 또는 컴포넌트를 육안으로 검사하는 방법이다. 이것은 일반적으로 물리적 설계 특징 또는 특정 제조자 식별을 검증하는데 사용된다.
- ③ **시연:** 요구사항이 시스템에 의해 달성될 수 있다는 것을 보여주기 위하여 시스템, 하부 시스템 및 컴포넌트를 사용한다. 일반적으로 수행 능력을 검증하는데 사용하고 수집되는 세부 데이터가 적다는 점에서 시험과 구별된다.
- ④ **시험:** 성능을 검증하기 위한 세부 데이터를 얻거나 또는 보다 진전된 분석으로 성능을 검증하기 위한 충분한 정보를 제공하기 위해 시스템, 하부 시스템, 또는 컴포넌트를 사용한다. 시험은 상세하며 정량적인 검증 방법이고, 궁극적으로 시스템 설계를 검증하기 위해 요구된다.

검증 방법의 선택은 잠재적인 위험 영역을 고려해야 한다. 부적절한 방법의 사용

은 부정확한 검증의 결과를 초래한다. 특성을 정의하는 요구사항, 예를 들면, 주요성과 파라미터(KPPs: Key Performance Parameters)는 시연 그리고 시험에 의해 검증된다. 시험에 의한 전체적인 검증이 실현 가능하지 않는 경우, 시험은 설계 분석이나 시뮬레이션에 사용된 핵심 특성과 가정을 검증하기 위해 사용된다. 검증활동의 초점과 속성은 물리적 제품에 대한 개념부터 상세 설계까지 설계가 진행됨에 따라 변화한다. 32)



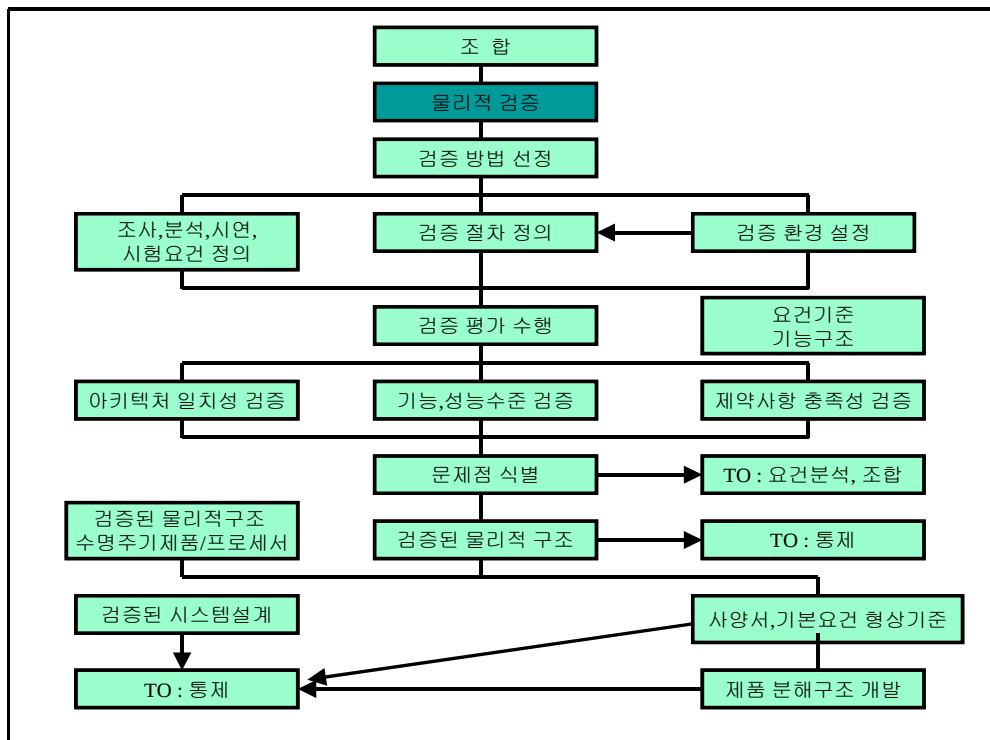
<그림 2-17> 시스템엔지니어링과 검증

초기 설계 단계 동안, 검증은 시스템, 하부 시스템 및 컴포넌트 레벨에 대한 개념 입증에 초점을 둔다. 제품에 대한 정의 활동이 진행되는 후반부 단계 동안, 시스템이 고객 요구사항을 충족시키는가를 검증하는 것으로 초점이 변화한다. <그림 2-17>에서 보는 바와 같이 검증활동은 상향식 프로세스인 반면에 설계는 하향식 프로세스이다. 컴포넌트는 하부 시스템 보다 먼저 조립되고 시험되며, 하부 시스템은 완전한 시스템 개발 이전에 조립되고 시험된다.

2.5.1.3. 성능 검증

성능요구사항은 객관적으로 검증할 수 있어야 한다. 즉 요구사항의 측정이 가능해야 한다. 적절한 곳에서 기술성능 측정과 다른 관리 측정기준(Metrics)이 성능 목적과 요구사항 만족을 지향하는 검증 프로세스에 대한 통찰력을 제공하기 위해 사용된다. IEEE 표준 P1220은 검증활동을 위한 구조를 제공한다. <그림 2-18>에서 알 수 있듯이 그 구조는 포괄적이며 검증계획화에 대한 좋은 시작점을 제공한다.

32) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1



<그림 2-18> 검증 과업

2.5.2. 미 국방부의 시험평가

DoD의 시험평가(T&E: Test and Evaluation) 정책과 절차는 검증된 시스템엔지니어링 프로세스를 직접적으로 지원하고 있다. 시험은 시스템이 서술된 목적의 만족에 대하여 ‘충족’, ‘초과’, ‘실패’의 범위에 따라서 객관적인 판단이 되도록 하는 수단이다. 평가 목적은 체계적인 의사결정을 하기 위하여 시험 및 기타 방법으로부터 수집된 데이터를 검토, 분석 그리고 평가하는 것이다. DoD 시험평가의 목적은 기술 성능, 운용 효과성, 운용 적합성을 검증하는데 있으며, 이는 의사결정지원에 필수적인 정보를 제공한다.

2.5.2.1. 미 국방성 시험평가의 일반적인 형태

시험평가 정책은 개발시험을 요구한다. 이것은 기술 요구사항이 만족되는지, 독립적인 분석과 시험이 시스템 운용 효과도와 적합성을 검증하는지 확인한다. 전통과 지침에 따라 DoD 시험평가는 다음과 같이 분류된다.

- 기술적 성과에 주로 초점을 둔 개발시험평가
- 운용 효과도와 적합성에 초점을 둔 초기단계 운용평가(EOA: Early Operational Assessment), 운용평가(OA: Operational Assessment), 최초 운용시험평가(IOT&A: Initial Operational Test and Evaluation), 후속 운용시험평가(FOT&E: Fellow-On

Operational Test and Evaluation)를 포함하는 운용시험평가

- 요구되는 과업에 상응하는 실제 조건 하에서 시스템의 취약점과 치사율에 대한 평가 결과를 제공하는 실운용시험평가

2.5.2.2. 시험평가

DoD 사업 관련 부서는 시험이 시기 적절하고 효과적이며 포괄적이고 완전하도록 보장하며, 또한 시험 결과가 시스템 향상으로 전환되는 것을 보장하기 위해 시험 활동을 계획하고 관리한다. 시험계획은 검증 프로세스의 효과성을 결정한다. 모든 시스템엔지니어링 계획활동처럼 시험계획에 대한 주의 깊은 태도는 프로그램의 위험을 줄일 수 있다. 핵심 시험계획 문서는 시험평가 종합계획서(TEMP: T&E Master Plan)이다. 이 문서는 목적, 일정 그리고 사업부서와 의사결정을 계획하는 운용시험 조직에 영향을 미치는 자원을 설계한다. 이러한 활동의 통합을 보장하기 위해 사업부서는 시험계획 활동을 통제하는 시험계획 실무그룹(TPWG: Test Planning Work Group)이나 시험작업레벨 통합제품팀(Test Working Level IPT)을 조직해야 한다.

2.5.2.3. 시험계획 실무그룹/시험작업 통합제품팀

시험계획 실무그룹(TPWG)/시험작업 통합제품팀(Test WIPT)은 시스템 개발 단계의 재료 개발업체, 설계 공동체, 물류 공동체, 사용자, 운용상의 시험자 그리고 다른 이해 당사자로 대표되는 구성원들 사이의 밀접한 협력을 통하여 시험요구사항과 활동의 통합을 용이하도록 한다. 이 팀은 시스템 요구사항 기반 시험 요구의 개략적 설명, 시험 설계에 대한 지시, 각각의 시험에 요구되는 분석 결정, 시험 결과의 잠재 사용자 식별 그리고 시험평가 결과를 신속하게 전파하는 기능을 수행한다.

2.5.2.4. 시험평가 종합계획서 작성 절차

시험평가 종합계획서(TEMP)는 사업부서에서 준비하는 의무적인 문서이다. 운용 시험 조직은 이것을 검토하고, 포함하기 위해 운용시험 계획을 준비한다. 그 다음 TEMP는 사업부서와 운용시험 조직 사이에서 타협이 된다. 차이점이 해결 후, TEMP는 이해 당사자 조직 내의 적절한 상위 레벨에서 승인된다. TEMP가 승인된 후, (운용요구서의 속성을 결속시키는 것과 비슷하게) 관리자와 설계자를 결속시켜 준다.

TEMP는 기술, 시스템 및 주요 하부 시스템 레벨 검증계획에 대해 훌륭한 템플릿을 준비하는 유용한 검증 도구이다. TEMP는 사용자의 요구사항을 재검증하고, 나아가 다양한 운용 시나리오 내에서 이러한 요구사항이 무엇을 의미하는지에 대한 해석을 포함한다. 요구되는 TEMP 양식의 제1부는 시스템 서론(system introduction)이며, 임무 설명, 위험 평가, MOEs/MOSs, 시스템 설명 그리고 주요 기술적 파라미터의 정의를 제공한다. 제2부는 통합시험 프로그램 요약(Integrated

Test Program Summary)이며, 이는 통합시험 프로그램 일정과 전체적인 시험관리 프로세스를 제공한다. 제3부는 개발시험평가(Development DT&E)이며, DT&E활동과 미래의 DT&E 설명을 나타낸다.

운용시험평가(OT&E : Operational Test & Evaluation)인 제4부는 운용시험 조직에 의해 제공되고, OT&E의 개요와 중요한 운용쟁점, 미래의 OT&E 설명 및 LFT &E 설명을 포함한다. 제5부는 시험평가 자원 요약(Test & Evaluation Resource Summary)이며, 필요한 물리적 자원과 활동 책임을 식별한다. 마지막 부분은 시험 제품, 시험 장소, 시험 지침서, 시험 지원장비, 위험 표시, 시험표적과 기타 소모품, 운용부대 시험지원, 시뮬레이션, 모델, 시험대, 특수요구사항, 자금조성 및 교육훈련과 같은 항목을 포함한다.

2.5.2.5. 주요성과 파라미터

모든 시스템은 설계 해결책에 의해 달성되어야 하는 성능 특성인 일련의 주요성과 파라미터(KPPs : Key Performance Parameters)를 가지고 있다. 이는 운용요구사항과 도출된 MOEs의 결과로부터 생겨난다. 주요성과 파라미터는 사용자, 의사 결정권자, 또는 운용 시험자에 의하여 식별된다. 이는 TEMP에 증거를 제공한다.

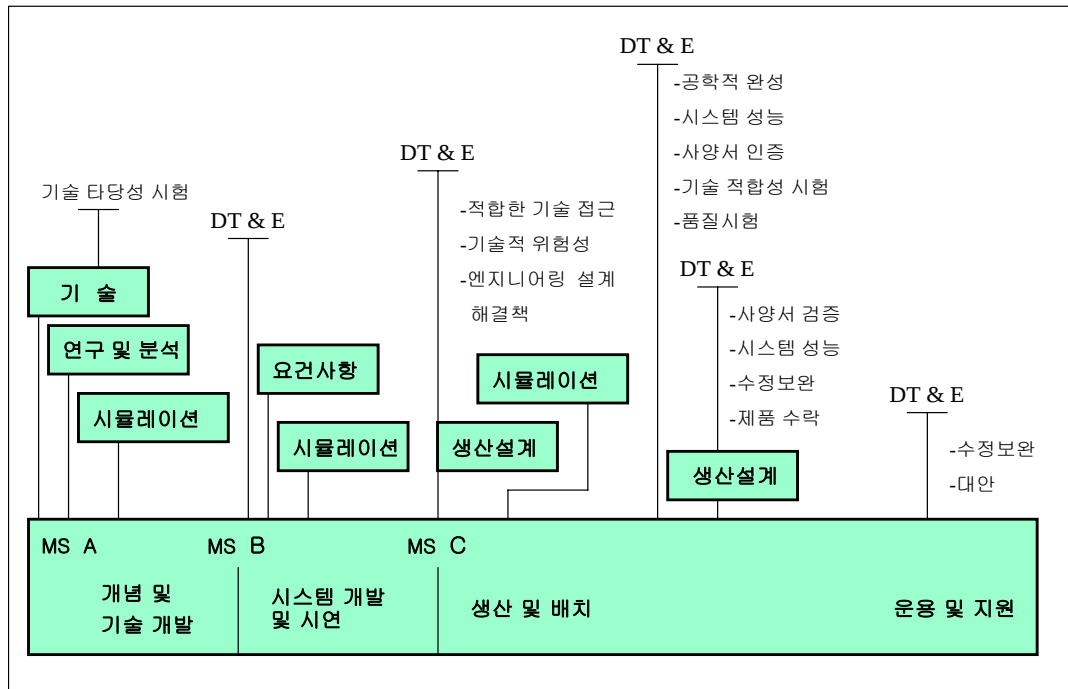
2.5.2.6. 개발시험평가

개발시험평가(DT&E: Developmental Test and Evaluation)는 설계 해결책이 시스템의 기술 요구사항을 충족하고 시스템이 성공적인 OT&E를 위한 준비가 되어 있는가를 검증한다. DT&E활동은 중요한 운용사항, 비용 대 성능 절충 결정의 타당성, 획득기술 위험의 완화 그리고 시스템 성숙도의 달성을 해결해 나가는 진행을 평가한다.

2.5.2.6.1. DT&E활동

- 잠재적 운용 및 기술 성능, 대안 개념의 제한, 추구하는 설계 옵션을 식별한다.
- 대안의 성능과 제한 분석을 제공함으로써 비용 대 성능 절충의 식별을 지원한다.
- 설계 기술 위험의 식별과 설명을 지원한다.
- 중요한 운용사항, 획득기술 위험 완화, 요구사항과 시스템 성숙도의 제조 프로세스를 달성해 나가는 진도를 평가한다.
- 가정의 타당성과 분석 결과를 평가한다.
- OT&E, 실운용시험 및 기타 요구된 사항을 위하여 준비된 시스템을 증명하기 위한 데이터 및 분석을 제공한다.

<그림 2-19>은 획득 수명주기 상에서 중요한 DT&E의 몇몇 중점 영역을 강조하고 있다.



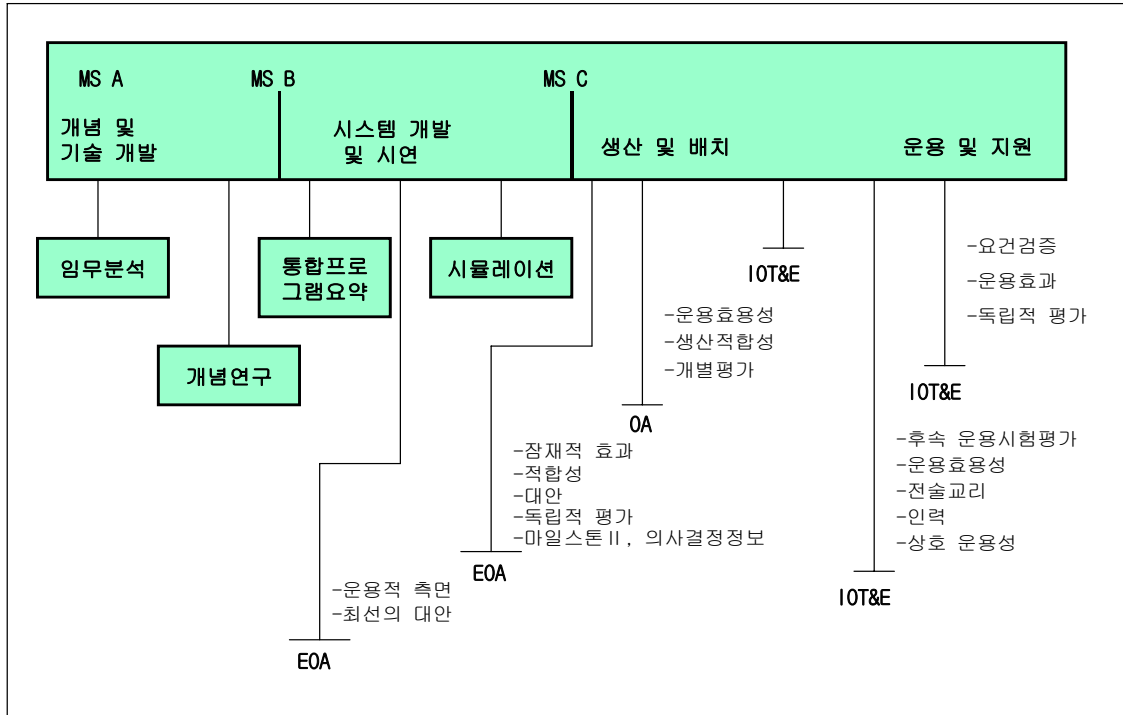
<그림 2-19> 미국방 획득시스템 획득 기간 중 DT&E

2.5.2.7. 실운용시험평가

실운용시험평가(LFT&E: Live Fire Test and Evaluation)는 전투에서 시스템이나 사용자를 보호하기 위하여 설계된 형상을 포함한 무기체계 획득 범주 레벨 I 또는 II 에 대해 시행된다. 이것은 잠재적인 사용자의 피해, 취약성 그리고 치명성에 관한 정보를 제공하는 생산 형상품목(production configured article)에 대해 수행된다. 또한 실제 전투 상황에서 공격과 성능에 대한 시스템의 민첩성을 규정하는 데이터를 제공한다.

2.5.2.8. 운용시험평가

운용시험평가(OT&E: Operational Test and Evaluation)는 실제 상황에서 시스템의 운용 효과성과 적합성에 대한 결정을 위해 구성되며, 또한 ORD에 명시되고 KPPs에 의해 반영된 최소한의 허용 운용성능요구사항에 대한 충족 여부를 결정하기 위해 구성된다. OT&E는 언제든지 가능하다면 위협 대항 전력을 사용하며, 또한 전투 압박과 평화시의 조건을 모두 묘사한 환경 하에서 시스템 또는 품목을 운용 유지하기 위한 전형적 사용자를 참여시켜야 한다. 운용시험은 양산 결정을 지원하는 운용시험에 대해 생산품 또는 생산을 대표하는 품목을 사용한다. LFT&E는 일반적으로 운용시험 기간 중에 수행된다. <그림 2-20>는 DoD 획득 수명주기에 맞는 운용시험과 관련된 주요 활동을 보여준다.



<그림 2-20> 미국방 획득시스템 획득기간 중 OT&E

2.5.2.9. DT&E와 OT&E 차이점

비록 DT&E와 OT&E의 전반적인 목적이 시스템의 효과성과 적합성을 검증하는 것이지만, 구체적 목적과 중점에는 명확한 차이가 있다. DT&E가 주로 시스템 기술 요구사항을 검증하는데 초점이 맞춰져 있는 반면, OT&E는 운용 요구사항을 검증하는데 초점이 맞춰져 있다. DT&E는 설계 개발을 위해 운용되는 프로그램 부서의 책임이다. OT &E는 프로그램이 양산으로 진행될 수 있는지를 결정하기 위하여 사용되는 설계 성숙도의 독립적인 평가 방법이다. <그림 2-21>는 두 가지 방법의 주요 차이점을 보여준다.³³⁾

개 발 시 험	운 용 시 험
- 프로그램 관리자 통제 - 1:1 비교시험 - 개발환경 - 계약업체 입장 - 숙련된 운용자 - 정확한 성능목표 및 고장 측정 - 사양서 기준 시험 - 대응시험 항목	- 독립 부서별 통제 - 기능 복합시험 - 실/전술 환경 - 시스템 계약업체 제외 - 병사 - 운용효과 및 적합성 성능측정 - 운용요구사항에 대한 시험 - 대표적인 생산 시험항목

<그림 2-21> DT/OT 비교

33) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

2.6 시스템엔지니어링 프로세스 모델의 변화 움직임

DoD에 의해 승인되지는 않았지만, 획득계통 종사자들은 -499B의 개념에 익숙해져 있다. 전통적인 모델은 오래되고, 익숙한 친구이며, 이것은 또한 499C에 녹아들어 있다. 기존의 모델은 단순함이 돋보인다. 단순하다는 것은, 반복적 속성이 있는 SE 문제해결 방법의 복잡성을 전달하는데 있어서 기억하기 쉽게 해준다. 여기에는 세가지 기본적인 순차적인 프로세스 단계가 있다: 요구분석, 기능분석 및 할당, 그리고 조합이다. 이 모델에는 또한 시스템 분석 및 통제라는 단계가 있어서 위 세가지 단계에 대한 인터페이스를 제공해 준다. 이것은 관리 행위 및 도구(예를 들면, 의사결정 분석, 그리고 통제)의 통합체이다. 상위 레벨에서 모델은 기본적 단계의 순차적인 순서, 적용간 관리활동과의 인터페이스, 그리고 모든 요구사항이 완전히 정의, 추적 및 검증되도록 하는 프로세스 간의 회귀루프를 얻는다. 이 모델의 한 가지 불리한 점은, 개발프로세스의 통합된 부분으로서, 검증루프가 결과의 시험계획, 시험 및 평가의 역할을 적절하게 전달하고 있지 못하다는 것이다.

아마도 위에서 언급한 결점을 극복하기 위해, V-모델의 검증이 최근에, 최초의 국제 통일 SE 표준인 ISO/IEC 15288(2002년 발행)을 포함하여 산업계의 SE 프레임워크 내에 빈번해졌다. 새로운 DAG는 16개의 일반적인 SE 프로세스를 설명하고 있다. 기존의 모델 대신에 DAG는, 마치 통합 국방 획득, 기술 및 군수 수명주기 관리 프레임워크(Wall Chart) 처럼, 다섯 세트의 단계 기반 활동을 V 모양으로 표현하고 있다. 불행하게도, DAG, Wall Chart 모두 교육 목적의 통일된 모델을 제공하고 있지 못하다.

2.6.1 DoD SE를 위한 새로운 모델 제안

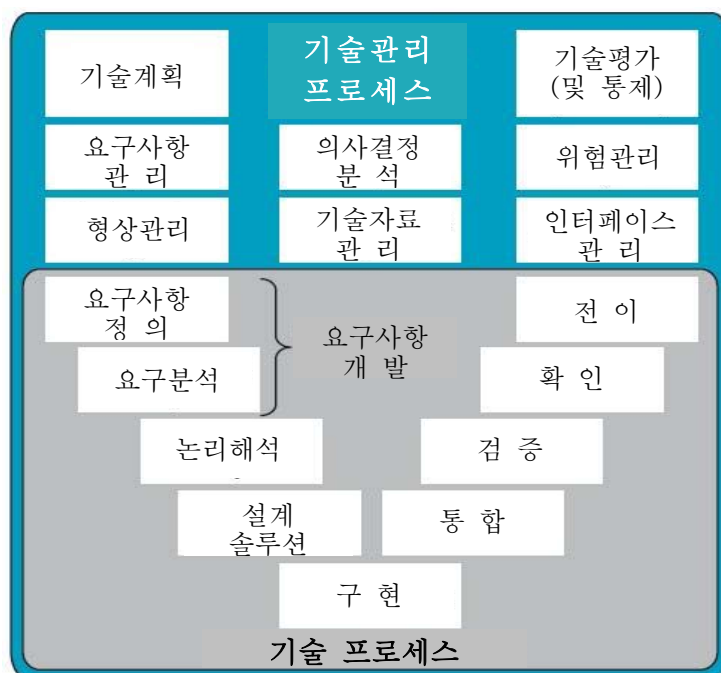
미 획득대학(DAU)의 교수인 Mary Redshow는 DoD 지침에 따른 새로운 SE 교육과정 개발의 일환으로 새로운 모델을 개발했다. 이 모델은 DAG에 언급된 16개의 프로세스를 포괄하며, 단계-기반 활동의 일반적인 업무를 제시하고 기존의 DoD SE 모델과도 상호 연결된다. 그는 이것을 “포괄적인 SE 프로세스(CSEP : Comprehensive Systems Engineering Process)”라고 부른다.

DAG 4장에서 8개의 기술관리 프로세스와 8개의 기술 프로세스를 소개하고있다. 이들 16 프로세스들을 모델링함에 있어, 그리고 V 형태 활동의 단계-기반 프로세스에 대한 일반적인 형태를 개발함에 있어, Mary Redshow는 ISO/IEC-15288에 있는 모델을 선택했다. 기존의 모델과 조화시키기 위해, Mary Redshow는 <그림 1-6> 그리고 아래의 사항에 대해서 서면 라이선스를 받았다:

- 괄호안의 “및 통제”이 기술평가 프로세스에 추가되며, 이것은 프로젝트 상태 또는 결과가 계획된 베이스라인에서 벗어날 경우 수정 행위를 할 필요가 있다는 것을 나타낸다.
- 요구사항 개발 프로세스는, 합동 능력 통합 및 개발 시스템(JCIDS)과 함께 획득

/SE 분야의 공통부분을 파악하기 위해 두개의 하부 프로세스로 나누어진다. CSEP 모델에서 기술 프로세스는 항상 기술관리 프로세스의 전체적인 프레임워크 내에서 수행된다. 집합적으로, 기술관리 프로세스는, 프로젝트 또는 단계의 목적을 충족시키기 위해 시스템 개발을 조종하는 관리적 또는 통제적인 로직을 형성한다.

기술 프로세스는 V 모양의 패턴에 묘사된다. 참조의 편의를 위해서, 그리고 기능과 파워에 대한 설명으로서, 나는 기술 프로세스의 V-형태 모델을 V-9 엔진<그림 1-6>이라 부른다. V-9 엔진의 좌측 청색 블록은 기존 모델의 세가지 주요 순차적 프로세스 단계를 나타낸다. 그리고, 기존의 ISO/IEC 15288 모델에서 채택한 기타 관련 단계들은 우측편에 자리잡는다.³⁴⁾



<그림 1-6> 포괄적 SE 프로세스 모델

2.6.2. V-9 엔진을 활용한 강력한 가시화

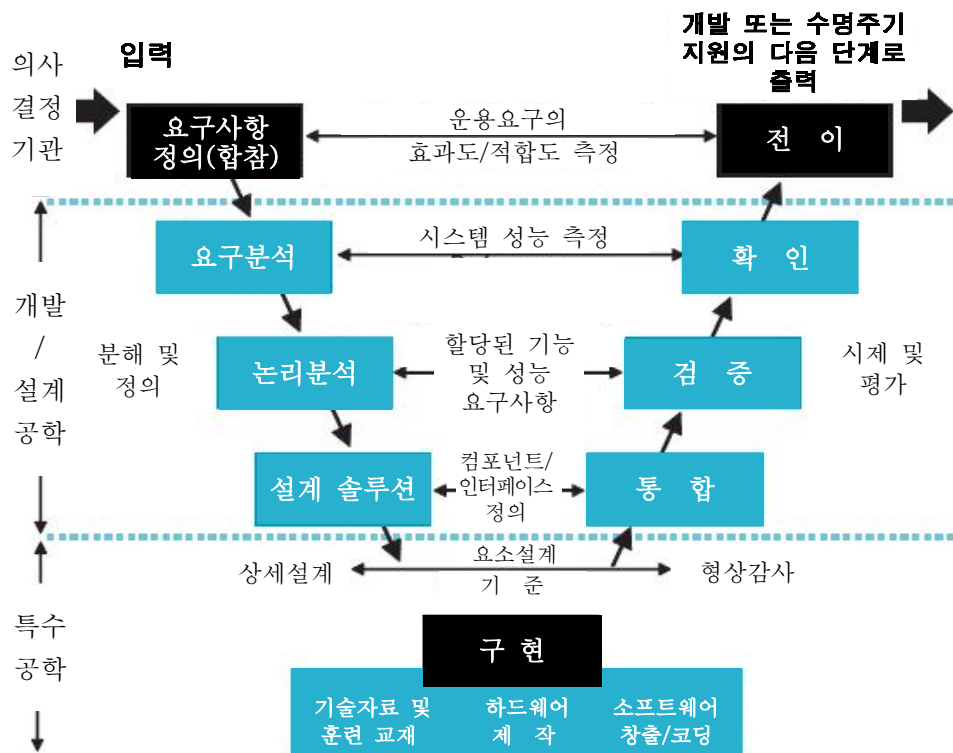
<그림 1-7>에서 볼 수 있듯이, V-9 엔진은 핵심 프로세스 인터페이스에 대한 강력한 가시화를 제공한다. 시스템 아키텍처에서의 다른 계층 간의 인터페이스 개념은, 복합시스템 또는 네트워크시스템에서 특별히 중요하다. 시스템엔지니어가 외부 혹은, 그 시스템을 운용하려고 하는 대형 아키텍처의 구도로부터 시스템 또는 하부 요소를 개발하는 것이 중요하다.

V-9 엔진은 기술 프로세스 안에서 책임영역을 도식화한다. 요구사항개발 프로세스의 두 가지 하부 요소는 프로젝트 팀과 JCIDS 프로세스, 시스템 아키텍처의 좀 더 상위에 있는 프로젝트 또는 엔지니어링 관리자, 또는 획득-공급 계약을 체결한 획득조직 간의 인터페이스를 묘사한다. 이 첫 번째 하부 프로세스(요구사항 정의)의

34) Mary Redshow, "A New Systems Engineering Model and an Old, Familiar Friend", Defense AT&L 2006년 3-4월호.

결과는 개발(제조) 노력을 통제하고, 프로젝트 의사결정 위원회와 개발팀 간의 프로젝트 범위와 인도 여부에 대한 협력 환경을 만들어 준다. 개발 단계의 마지막에, 제품 검토 및 전이기간 동안의 시험결과는 의사결정 위원회로 하여금 모든 요구사항 계약이 충족되었는지 판단하도록 해준다(개발이 더 필요한지, 아니면, 다음 단계로 진행할 준비가 되었는지).

또 다른 핵심 프로세스 인터페이스는 설계가 실행되는 시점에 발생한다. 이것은 시스템엔지니어와 각 분야 설계 전문가가, 전체 시스템 설계, 성능 또는 적합성을 해치지 않는 기술적 솔루션을 식별하고 풀어나가는 단계이다. 설계가 구현을 위해 전문가에게 넘어가는 시스템 아키텍처 레벨은 프로젝트에 따라 다르다. 그러나, 모든 경우에, 시스템엔지니어는 시스템요소의 구현과 이것이 모든 설계, 성능, 비용 및 일정에 미치는 영향을 관찰한다.



<그림 1-7> V-9 프로세스에서의 상호작용

마지막으로, V-9 엔진은 프로세스 적용의 순차적인 순서를 포함하여, 기술 프로세스의 중요한 특성을 집중 부각시킨다. 도표의 좌측에서 정량적인 기준이 시스템 분해 및 정의 각 부분에서 문서화되어 우측의 시스템 통합 및 검증 단계에서 평가를 위한 베이스라인을 형성한다. 요구사항은 반복적이고 회귀적으로 이 문제해결 엔진을 적용하는 동안 추적되며, 시스템아키텍처 내의 시스템 및 하부 요소로의 입력 및 요구사항 도출을 완전하고 균형적으로 커버한다. CSEP(Comprehensive Systems Engineering Process) 모델에서 V-9은 “시스템엔지니어링의 엔진”이다.³⁵⁾

2.6.3. 기존 모델과 CSEP(Comprehensive Systems Engineering Process)의 비교

기존 모델을 CSEP 모델과, 그리고 이것을 구성하는 V-9 엔진과 비교하는 것은, 보호커버가 장착된 전자제품의 안과 밖을 비교하는 것과 같다. 그 전자제품을 보호커버가 장탈된 상태로 보면, 내부의 배선 연결 및 인터페이스가 그대로 보인다. 이러한 내부를 보는 것은 전자장비가 어떻게 작동하는지 또는 전체적인 프로세스가 어떻게 일을 하는지에 대한 이해를 높여준다.

기존 모델의 프로세스 단계 및 속성을 그대로 유지하면서 CSEP 모델은, 기술관리 프로세스, 기술프로세스들 간의 관계, 영역 및 책임, 시스템 정의 기간 중 시험계획의 중요성, 그리고 시스템 개발의 일부로서 시험과 평가의 통합 등의 통합적이고 실행(Executive) 특성에 관한 추가적인 가치 있는 정보를 제공한다. 기존 모델과 CSEP 모델의 상호관계를 이해하는 것 또한 가치 있는 것이다. 기존 모델에 익숙하거나 MIL-STD-499C 초안에서 이것을 처음보는 사람들은 이 기사에서 설명하는 모델을 쉽게 이해할 수 있을 것이다. 제안된 CSEP 모델이 한 국제 규격에 채택된 이후에, 원천 또는 파생 모델을 사용하는 사람은 또한 두 모델 상호간의 관계를 빨리 인식할 것이다.³⁶⁾

**** 포 인 트 ****

시스템엔지니어링 프로세스의 검증활동은 물리적 설계가 시스템 요구사항을 충족시키는지 검증하기 위하여 수행된다.

- DoD의 시험평가 정책은 개발, 운용, 실운용시험, 분석 그리고 평가의 순차적 과정을 통해 검증 프로세스를 지원한다. 계획과 실행의 시험평가 활동을 위한 주요 관리도구는 TEMP와 IPT이다.

☞ 개발프로젝트 3대 실패 요인

1. 미숙한 요구사항
2. 미숙한 위험관리
3. 미숙한 인터페이스 관리

▶ 실패요인의 80%를 차지

♣ 무엇이 문제인가?

- ✓ 시스템이 명확하게 정의되기 전에 설계를 시작한다.
- ✓ 전체 시스템에 대한 명확한 관점 없이 컴포넌트를 제작한다.
- ✓ 전 사업단계에 걸쳐 사업목표가 불분명하고 이해가 부족하다.

35) "A New Systems Engineering Model and an Old, Familiar Friend", Mary Redshow, Defense AT&L 2006년 3-4월호.

36) "A New Systems Engineering Model and an Old, Familiar Friend", Mary Redshow, Defense AT&L 2006년 3-4월호.

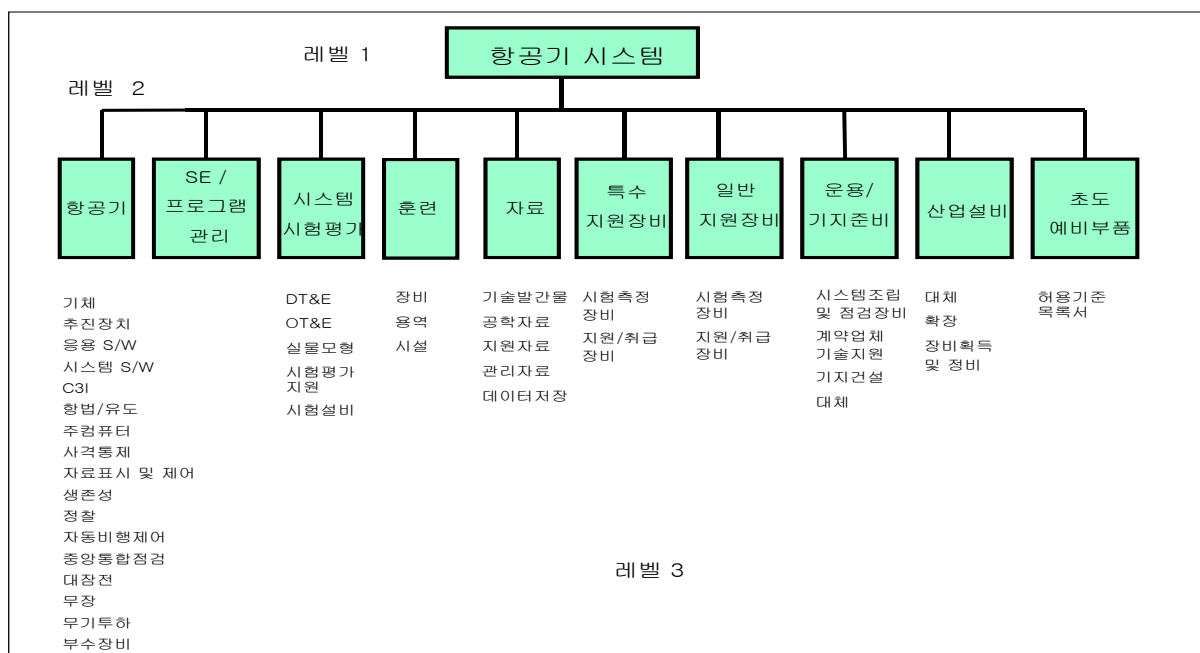
3. 시스템엔지니어링 프로세스 출력물

3.1 요구사항과 설계문서

시스템엔지니어링 프로세스의 출력물은 시스템 요구사항과 설계 해결책을 정의하는 문서로 구성된다. 조합 프로세스를 통해 개발된 물리적 아키텍처는 연관 제품을 포함하고 시스템 아키텍처를 완성하기 위한 활동을 포함하기 위해 확장된다. 이러한 시스템 레벨의 아키텍처는 시스템 요구사항과 문서를 보다 더 발전시키기 위한 참고 모델이 된다. 시스템엔지니어링 프로세스 출력은 시스템과 형상품목(Configuration Item) 아키텍처, 규격서, 베이스라인 및 의사결정 데이터베이스를 포함한다. 출력은 개발 레벨에 좌우된다. 그것은 시스템 정의가 개념 설계로부터 상세 설계로 진행됨에 따라 기술적으로 세분화된다. 시스템 정의의 각 단계가 달성됨에 따라 개발된 정보는 시스템엔지니어링 프로세스의 성공적 적용을 위한 입력이 된다.

3.1.1. 아키텍처: 시스템/형상품목

시스템 아키텍처는 전체 시스템을 설명한다. 이것은 설계조합을 통해 개발된 물리적 아키텍처를 포함하고, 또한 배치, 지원 및 관리의 수명주기 동안 요구되어지는 연관 제품과 용역을 추가한다. 미 군사 핸드북(MIL-HDBK-881), WBS는 무기체계의 아키텍처에 대한 참고 모델을 제공한다. <그림 3-1>과 같이 MIL-HDBK-881은 전형적인 시스템 아키텍처의 상위 세 개 레벨을 설명한다. 사업부서는 고려된 특별한 시스템의 요구에 대해 검토 조정된 상위 레벨 아키텍처 개발을 돕는 시스템 정의 과정 동안 MIL-HDBK-881 템플릿을 사용할 수 있다. 설계 계약업체는 일반적으로 이러한 상위 세 개 레벨 이하를 개발한다.



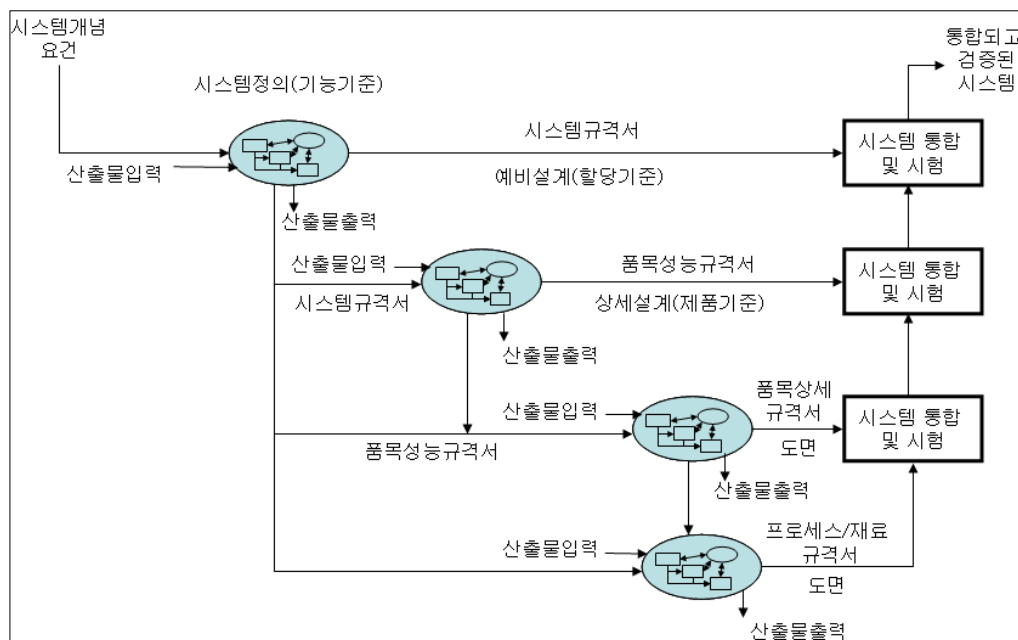
<그림 3-1> MIL-HDBK-881 업무분해구조

3.1.1.1. 규격서(규격서)

규격서(specifications)는 품목, 재료, 또는 절차를 포함한 서비스를 명확하고 정확하게 서술한 문서로써 규격서에 의해 요구사항의 충족 여부를 결정할 수 있다. 규격서는 중복과 불일치를 방지하고, 필요한 작업과 자원의 정확한 추정을 가능하게 하며, 공학적 변경에 대한 협상과 참고 서류로 사용된다. 또한 규격서는 형상문서를 제공하고, 시스템엔지니어링의 8대 주 기능과 관련하여 일관성 있는 의사전달이 가능하도록 한다. 규격서는 시스템의 효율적인 설계와 설계 대안의 비용을 추정하기 위하여 해결해야 할 문제에 대한 명확한 개념을 통합제품팀에 제공한다.

3.1.1.2. 프로그램 고유 규격서

시스템 개발 동안 일련의 규격서가 세분화된 다른 레벨에서 시스템을 기술하기 위해 생성된다. 이러한 프로그램 고유 규격서(program-unique specifications)는 형상 베이스라인의 핵심을 이룬다. <그림 3-2>와 같이 시스템의 계층 구조 내의 다른 레벨에 추가하여 이러한 베이스라인은 설계 프로세스의 다른 단계에서 정의된다.



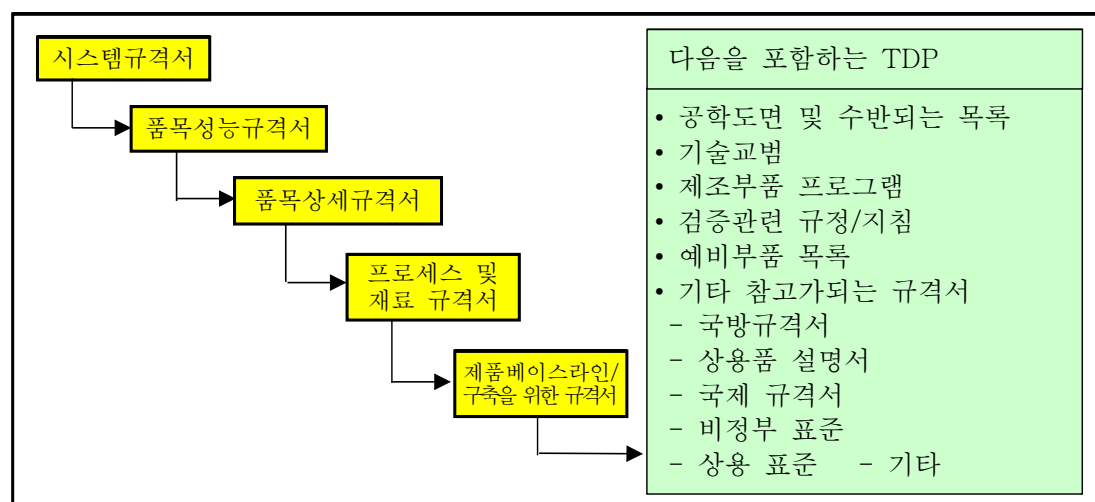
<그림 3-2> 규격서와 개발 수준

초기에 시스템은 최상위 레벨(시스템)의 기능, 성능 그리고 인터페이스의 관점에서 설명된다. 이러한 기술 요구사항은 사용자에게 의해 수립되는 운용 요구사항으로부터 도출된다. 시스템 레벨의 기술설명은 시스템 규격서로 입증된다. 또한 규격서는 시스템 레벨의 기능 베이스라인의 주요 참고 문서가 된다. 그 다음 시스템 요구사항은 설계기준이 각각 그 품목에 대해 규정되는 것과 같이 시스템 레벨 이하의 품목에 할당한다. 이러한 품목설명서는 품목성능 규격서로부터 얻어지며, 품목성능 규격서는 다른 인터페이스 정의, 프로세스 설명, 도면 그리고 할당 베이스라인 문서(때때

로 ‘설계를 위한 베이스라인’으로 불리어진다)로 이루어진다. 개별적인 품목에 대한 설계 요구사항이 베이스라인화되면 상세설계가 이루어진다. 상세설계는 설계 요구사항을 충족시키기 위해 사용될 수 있는 물리적 속성 관점에서 최상위 레벨부터 최하위 레벨까지의 시스템 정의를 포함한다. 상세 설계가 완료되면 최종 베이스라인이 정의된다. 이것은 일반적으로 제품베이스라인이라고 불리며, 개발 단계에 따라 ‘어떻게 구축해야 할 것인가?’ 또는 ‘어떻게 구축했는가?’에 대한 설명을 나타낸다. 제품베이스라인은 기술데이터 패키지로 입증된다. 기술데이터 패키지는 품목상세규격서 뿐만 아니라 프로세스와 재료 규격서, 도면, 부품 목록 그리고 최종 시스템을 완전히 물리적으로 상세하게 기술한 기타 정보까지 포함한다. <그림 3-3>은 어떻게 규격서가 관련 베이스라인과 연계되어 있는지를 나타낸다.

규격서	내 용	기 준
시스템규격서	임무 및 기술 성능요건 정의, 요건을 기능분야에 할당, 인터페이스 정의	기능 베이스라인
품목성능규격서	형상품목과 S/W 형상품목의 성능특성을 정의 할당 베이스라인으로부터 작성되는 도면과 문서에 의한 상세 설계 요건	할당 베이스라인 (할당된 설계 목표)
품목상세규격서	수락을 위한 양식, 적합성, 기능, 성능 및 시험요건 정의(품목, 프로세스, 재료규격서는 제품베이스라인의 출발점이 되지만, 최종검사를 받는 베이스라인은 TDP의 모든 제품을 포함)	제품 베이스라인 (제조목표)
프로세스 규격서	조립과정의 프로세스 정의	
재료규격서	조립에서 사용되는 원재료 및 1차 가공재료의 생산을 정의	

<그림 3-3> 사양 형태



<그림 3-4> 규격서로부터 설계문서가 만들어지는 과정

3.1.1.3. 규격서 역할

요구사항문서는 왜 개발이 필요한지 그 이유를 나타낸다. 사양문서는 요구되는 시스템이 무엇을 해야 하는가를 기술요구사항(기능, 성능 및 인터페이스)으로 표현한 것이다. 설계문서(도면, 관련 목록 등)는 설계요구사항을 만족시키는 방법을 기술한다. <그림 3-4>는 요구사항이 어떻게 최상위 레벨의 사양으로부터 설계문서까지 할당되는지를 나타낸다. 규격서의 준비는 시스템엔지니어링 프로세스의 부분이지만 법적 및 문서적으로 모든 의사소통 기술과 연관된 기법을 포함한다. <그림 8-5>는 이러한 것을 나타내는 경험적인 방법을 제공한다.

요약하면, 규격서는 시스템이 무엇을 수행하는지, 그것을 어떻게 잘 수행하는지 그리고 그것을 어떻게 검증할 수 있는지에 대한 증거를 제공한다.

- 목차 사용, 모든 약어 및 동의어 정의.
- 능동적 어휘를 사용하라.
- 필수적인 요구사항을 나타내기 위해서 “해야만 한다(shall)”를, 지침에 대해서는 “해도 좋다(may 또는 should)”를 사용하라.
- 애매모호한 표현의 사용을 금한다[“필요하면(as nessary)”, “계약업체의 재량(contractor’s best practice)”, “순조롭게(smooth)” 등]
- 요구사항을 식별하기 위해서는 시스템엔지니어링 프로세스를 사용하고 지나치게 상세히 기술하지 않는다.
- 계층적 나열은 피하라: 첫번째 수준 아래 문서의 필수적인 요구사항은 해당 규격서에서 언급해야 한다.
- MIL-STD-491D 형식의 요구사항 단락만이 구속력이 있다. 범위, 문서, 주요 같이 구속력이 없는 단락에 요구사항을 기술하지 않는다.
- 데이터 문서화 요구사항은 계약 데이터 요구사항목록에서 구체화되어야 한다.

<그림 3-5> 규격서 작성을 위한 경험적인 규칙

3.1.1.4. 베이스라인

베이스라인은 주어진 설계 정의 레벨에서 제품에 공식적인 증거를 제공한다. 이것은 후속 하위 개발에 참고가 된다. 대부분의 DoD 시스템은 앞에서 설명된 기능, 할당 및 제품의 세 가지 고전적 베이스라인을 사용하여 개발된다. 비록 프로그램 고유 규격서가 지배적인 베이스라인 참고문서이지만, 그것만으로는 베이스라인을 구성하지 못한다.

추가 문서는 최종 및 연관 제품 모두에 대한 설명이 포함되어야 한다. 최종제품 베이스라인 문서(End Product Baseline Document)는 일반적으로 시스템 요구사항, 기능 아키텍처, 물리 아키텍처, 기술도면 패키지(Technical Drawing Package) 그리

고 요구사항 추적성에 대한 설명을 포함한다. 연관제품 베이스라인 문서(Enabling Product Baseline Document)는 제조계획과 프로세스, 지원계획, 보급 문서, 매뉴얼, 교육훈련계획 및 프로그램, 시험계획, 배치계획 그리고 기타 문서를 모두 포함하는 광범위한 문서를 포함한다. 모든 연관 제품은 시스템 형상 변경에 따른 영향에 대한 민감성을 검토해야 한다. 만일 문서가 시스템의 한 부분에 대한 설명이고 형상이 변할때 문서가 변경을 요구한다면, 그것은 베이스라인 문서로 포함되어야 한다. 37)

3.1.1.5. 획득 프로그램 베이스라인

획득 프로그램 베이스라인과 형상 베이스라인은 서로 관련이 있다. 프로그램 베이스라인을 정확하게 하기 위해서는 형상 베이스라인의 실체를 반영해야만 한다. 그러나 두 가지가 서로 혼동되면 안 된다. 획득 프로그램 베이스라인은 프로그램의 성숙도와 실행 가능성에 대한 상위 레벨의 평가이다. 형상 베이스라인은 시스템 설명이다. <그림 3-6>은 부가적인 설명을 제공한다.

■ 프로그램 베이스라인 - 가장 중요한 비용, 일정, 성능목표와 최저 허용한계 만을 포함한다. - 허용한계를 맞추지 못하면 MDA 수준의 재평가를 초래한다. - 선정된 주요 성능 변수 - 개발단계에 따라 명백하게 진화하며 주요 통제점의 검토 또는 프로그램 재구성에 따라 보완된다. ■ 상황의 보고 및 평가를 위한 모든 프로그램에 적용이 요구됨.	■ 형상 베이스라인 : 제품의 기능적, 물리적 특성을 식별하고 정의한다. ■ 기능 베이스라인 : 시스템 수준의 요구사항 기록 ■ 할당 베이스라인 : 시스템 수준 이하의 설계 요구사항을 기술 ■ 제품 베이스라인 : 물리적 측면에서 제품을 상세하게 서술 ■ 시스템엔지니어링 프로세스의 출력 문서
---	--

<그림 3-6> 획득 프로그램 베이스라인과 형상 베이스라인

3.1.1.6. 의사결정 데이터베이스

의사결정 데이터베이스는 형상 해결책의 의사결정을 지원하고 설명하는 참고문서이다. 이것은 절충연구, 비용 대 효과 분석, 품질기능전개(QFD: Quality Function Deployment) 분석, 모델, 시뮬레이션, 그리고 요구사항에 대한 이해, 대안 해결책의 개발, 또는 대안을 선택하기 위해 생성되는 데이터를 포함한다.

3.2 DoD 규격서 및 표준서의 정책과 시행

DoD는 입증된 방법 및 시행과 관련된 지침을 제공하는 제품 요구사항서와 표준서에 대한 의사소통을 위해 규격서를 사용한다.

37) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

3.2.1. 규격서

DoD는 기본적으로 규격서를 재료 규격서(Material Specifications), 프로그램 고유 규격서(Program-Unique Specifications) 및 비국방 규격서(non-DoD Specifications)의 3가지로 분류하여 사용한다.

DoD 개발 규격서는 재료 구매를 위해 필수적인 기술 요구사항을 설명하는 규격서를 개발한다. 프로그램 고유 규격서는 시스템 개발 프로세스를 통합하는 부분이다. DoD의 준비에 대한 표준 시행과 프로그램 고유 규격서는 MIL-STD-961D를 따른다. 이 표준은 성능 개발과 상세규격서에 대한 지침을 제공한다. MIL-STD-961D의 부록 A는 프로그램 고유 규격서를 개발하기 위한 추가적인 지침을 제공한다.

미 국방 규격서와 DoD으로부터 사용이 승인된 표준은 DoDISS(DoD Index of Specifications and Standards)에 수록되어 있다.

3.2.2. DoD의 정책(표준서)

DoD 정책은 조달 및 획득을 위한 성능규격서(performance specifications)를 개발하는 것이다. 일반적으로 상세규격서는 계약업체가 개발하고 사용하기 위해 남겨두어야 한다. DoD 조달 또는 획득의 상세규격서 사용은 단지 이것이 어디에 절대적으로 필요한지와 이후 절충연구 및 획득 당국의 승인을 지원하기 위해서만 고려되어야 한다.

DoD의 정책은 특유의 설계 개발보다는 정부의 요구사항을 만족시킬 수 있는 상용 해결책의 사용을 선호한다. 따라서 상용품목의 규격서 및 설명서 사용은 시스템 아키텍처 개발에서 우선적으로 고려되어야 한다. 단지 어떤 상용 해결책을 이용하지 못하는 경우에만 정부의 상세규격서가 채택된다.

상세규격서와 도면을 정부가 소유하고 있는 재 조달의 경우, 표준화 또는 인터페이스 요구사항은 상세규격서 사용을 위한 요구를 나타낸다. 전체 소유 비용과 수명주기의 8대 주 기능에 관련된 절충연구는 시스템, 하부 시스템 그리고 형상품목의 재 조달을 위해 사용되는 규격서 형태와 관련된 의사 결정을 지원한다. 이와 같은 절충연구와 비용분석은 상세규격서 또는 개발을 위한 의사결정 그리고 재 조달 과정에서 성능규격서가 사용되기 전에 수행되어야 한다.

3.2.3. 성능규격서

성능규격서(performance specifications)는 요구되는 결과를 달성하는 방법을 설명하지 않고, 성능을 검증할 수 있는 베이스라인의 형태로 요구사항을 서술한다. 일반적으로 성능규격서는 기능, 성능 및 인터페이스 요구사항의 형태로 제품을 정의한다. 성능규격서는 제품의 기능적 요구사항, 제품이 운용되어야 할 환경 그리고 인터페이스와 상호 호환성의 특성을 정의한다. 계약업체는 전형적으로 인터페이스 요구사항을 통해 정부 기관에 의해 부여되는 제약사항에 대하여 어떻게 요구사항이 가장 잘 달성되는지를 결정하기 위한 유연성을 제공받는다. 시스템 규격서와 품목 성

능규격서는 성능규격서의 예이다.

3.2.4. 상세규격서

제품 상세, 재료 및 프로세스 규격서와 같은 상세규격서(detail specifications)는 설계요구사항을 제공한다. 이것은 사용될 재료, 요구사항을 달성하기 위한 방법, 또는 품목의 조립 또는 제작 방법을 포함한다. 만약 사양이 성능과 상세요구사항을 포함하고 있으면, 그것은 상세규격서로 간주된다. 단, 성능규격서 내의 인터페이스와 상호 호환성 요구사항이 상세하게 표현되어 있는 경우는 제외이다. 예를 들면 신발의 성능규격서는 사이즈 요구사항이 상세하게 명시되나, 구형 재료와 방법은 성능용어로 언급된다.

3.2.5. 소프트웨어 참고문서 - IEEE/EIA 12207

소프트웨어 수명주기 프로세스, IEEE/EIA 12207 Software Life Cycle Process는 소프트웨어 프로세스에 대한 미국 ISO 표준 이행을 기술하고 있다. 이 표준서는 소프트웨어 규격서의 개발을 소프트웨어 개발 프로세스의 하나로 설명한다.

하향식 요구사항 할당과 모든 레벨에서 요구사항 입증에 대해 IEEE/EIA 12207에 기술된 프로세스는 이 책에서 표현하고 있는 시스템엔지니어링 프로세스와 일치한다. 이 표준서는 먼저 시스템 레벨의 요구사항을 소프트웨어 품목 (또는 형상품목)으로 할당하고, 소프트웨어 요구사항은 기능성, 성능 그리고 인터페이스의 관점에서 입증되며, 품질요구사항이 명시화되는 것을 요구한다. 소프트웨어 품목 요구사항은 시스템 레벨까지 추적이 가능해야 하며, 또한 일치되고 검증할 수 있어야 한다.

개발업체는 각각의 소프트웨어 품목을 소프트웨어 컴포넌트로 구성한 다음 코딩이 될 수 있는 소프트웨어 유닛으로 분해해야 한다. 요구사항은 품목 레벨에서 컴포넌트로 그리고 최종적으로는 단위 레벨까지 할당된다. 이것이 바로 세부 설계 활동이며, IEEE/EIA 12207는 이러한 요구사항의 할당이 '설명서(descriptions)', 또는 독보적인 품목인 경우에는 '규격서(specifications)'로 불리는 문서로 입증될 것을 요구한다. 이러한 문서의 내용은 IEEE/EIA 표준에서 정의된다. 그러나 요구되는 세부 레벨은 프로젝트에 따라 변경된다. 그러므로 각 프로젝트는 소프트웨어 개발활동의 모든 이해 당사자 사이에 수립된 기대의 공통 레벨을 보장하여야 한다.

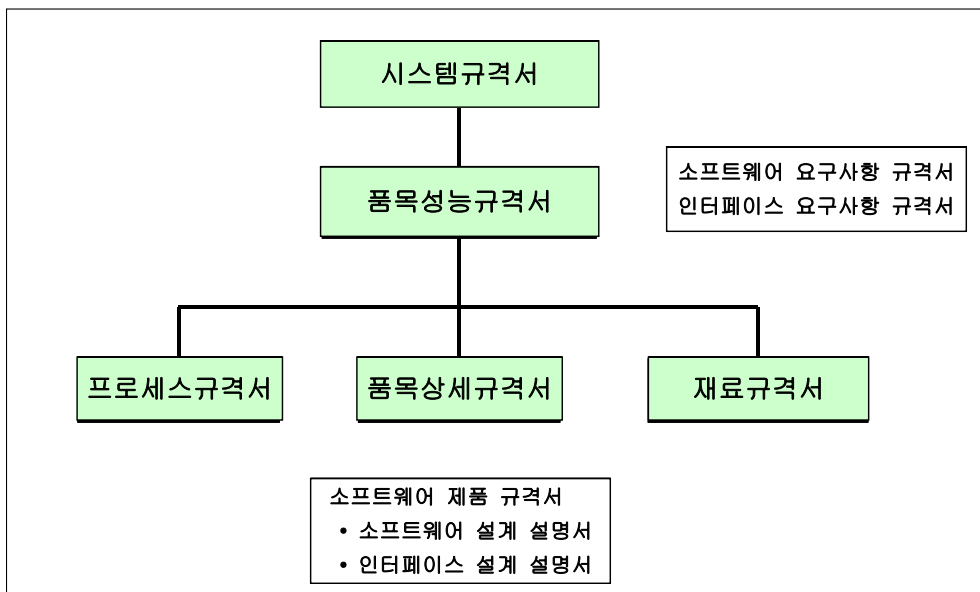
3.2.6. 국방 규격서에 대한 표준 시행(MIL-STD-961D)

미 국방 표준서 MIL-STD-961D의 목적은 사양을 준비하기 위한 일정한 시행을 규정하고, 필수 요구사항의 포함 여부를 보증하며, 각 요구사항에 대하여 수립된 검증 방법의 포함 여부를 보증하고 규격서 내용의 사용 및 분석에 도움을 주는 것이다. MIL-STD -961D는 시스템, 형상품목, 소프트웨어, 프로세스 및 재료 규격서에 대한 형식과 내용을 규정한다. 이러한 프로그램 고유 규격서는 시스템엔지니어링 프로

세스의 적용을 통해 개발되며, <그림 3-7>과 같은 계층 구조를 갖는다. 38)

3.2.7. 표준서

표준서(standards)는 품목, 재료, 프로세스, 방법, 설계 및 엔지니어링 수행의 공학과 기술 제약 및 응용을 규정한다. 표준서는 프로세스를 어떻게 수행하는지를 설명하는 '합체 지식(corporate knowledge)'의 문서 또는 지식체의 설명이다. 표준서는 소스의 실행과 지식 기반을 나타내는 많은 소스로부터 만들어진다. 핸드북을 포함한 국방 표준서의 형식과 내용은 MIL-STD-962에 의해 결정된다. DoD에서 사용되는 다른 형태의 표준서로는 상용표준서, 법인표준서, 국제표준서, 연방표준서 및 연방 정보처리표준서가 있다.



<그림 3-7> 규격서의 계층 구조

3.2.8. DoD 표준화 정책

DoD의 정책은 계약상에 표준관리 접근법 또는 제조 프로세스를 요구하지 않는다. 이러한 정책은 군 규격서(military specifications) 또는 표준서의 부과 그리고 추가적으로 상용 또는 산업표준의 부과에 대해 적용한다. 일반적으로 선호하는 접근법은 계약업체가 정부의 요구를 충족시킬 수 있을 것으로 판단되는 산업, 정부, 법인, 또는 회사 표준서를 사용하도록 하는 것이다. 정부는 계약 선정 프로세스 또는 계약 검토 프로세스를 통해 계약업체의 접근법을 검토하고 수락한다.

정부는 단지 최후의 수단으로써 그리고 적절한 절충연구 분석을 지원하기 위해 프로세스 또는 표준의 적용을 강요한다. 만일 특정 표준이 요청 또는 계약에 부과된다면 적절한 군 권한에 의해 권리 포기가 요구될 것이다.

38) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

그러나 표준화, 인터페이스 그리고 개방형 시스템의 개발 등의 이유로 특정한 표준의 직접적 사용을 필요로 할 경우도 있다. 적절한 경우에는 상호운용성 표준을 정의하기 위한 합동기술 아키텍처(JTA: Joint Technical Architecture)의 위임 사용이 있다. 이것은 DoD 시스템에서 채택될 것으로 기대되는 인터페이스 표준의 집합을 설명한다. JTA는 요구되는 상호 운용성 표준화의 촉진, 지원 가능한 인터페이스 표준서의 수립 그리고 개방형 시스템의 개발을 촉진시키기 때문에 JTA는 정당화된 위임이다.

DoD의 기술 관리자는 지시된 표준서가 관련 프로그램에 적합할 때 상황에 주의를 기울여야 한다. 지시된 표준서의 사용에 관한 의사결정은 절충연구와 요구사항 추적성에 의해 확인되어야 한다.

3.2.9. DoD 규격서 및 표준서 색인

DoDISS는 모든 국제, 국방부에 의해 사용이 승인되어 채택된 산업표준서로써 연방 및 군 규격서와 표준서를 수록하고 있다. 3권으로 발행되어 850개의 연방보급분류(Federal Supply Classes)로 나누어진 103개 연방보급그룹(Federal Supply Group)에 30,000종 이상의 문서를 포함하고 있다. 이것은 연료 규격서부터 국제 품질표준까지 DoD에서 사용되는 모든 규격서 및 표준서에 관련되어 있다. ³⁹⁾

39) Systems Engineering Fundamentals, DAU, 2001.1

**** 포 인 트 ****

- 시스템엔지니어링 프로세스의 출력물은 시스템/형상품목 아키텍처, 규격서 및 베이스라인 그리고 의사결정 데이터베이스를 포함한다.
- 시스템/형상품목 아키텍처는 물리적 아키텍처와 연관된 제품과 용역을 포함한다.
- 프로그램 고유 규격서는 시스템엔지니어링 프로세스의 주요 출력물이다. 프로그램 고유 규격서는 시스템 또는 형상품목이 무엇을 수행해야 하는가와 어떻게 검증해야 하는지를 기술한다. 프로그램 고유 규격서는 시스템 성능, 품목 성능 그리고 품목 상세규격서를 포함한다. 시스템규격서는 시스템 요구사항을 기술하며, 품목 성능 및 품목 상세규격서는 형상품목의 요구사항을 기술한다.
- 형상 베이스라인은 기술 개발을 관리하고 통제하기 위하여 사용된다. 프로그램 베이스라인은 프로그램의 상태를 측정하고 지원하기 위하여 사용된다.
- 의사결정 데이터베이스는 형상 베이스라인의 정형화 과정에서 의사결정과 이해를 돕기 위한 문서 또는 소프트웨어를 포함한다.
- DoD의 정책은 조달 및 획득을 위하여 성능규격서를 개발하는데 있다. 계약시 성능규격서보다 다른 것의 사용이 요구된다면, 미리 정의되고, 증명되어야 한다.
- DoD 정책은 계약에 대한 표준관리 접근법 또는 제조 프로세스를 요구하지 않는다.
- 어떤 표준실행의 위임 사용이 필요하나, 분석을 통하여 정당화되어야 한다. 적절한 경우는 합동기술 아키텍처에 목록화된 표준서를 위임 사용한다.

4. 시스템엔지니어링의 적용

개발기관이 아닌 정부기관에서 시스템엔지니어링을 적용한다는 것은, 고객이자 사업관리자로서 시스템엔지니어링 적용에 대한 정책과 가이드를 설정하고, 계약자(개발기관)에게 대상시스템에 대한 정확한 정의와 구체적인 요구사항을 제공하며, 또한 계약자가 해야 할 일을 구체적으로 요구함으로써, 계약자가 명확히 정의된 대상 시스템에 대하여, 해야 할 일을 분명히 인식하고 개발을 시작하도록 하는 것이다. 따라서 이러한 요구사항은 본격적인 사업 착수 이전부터 준비되어 제안요구서와 계약에 구체적으로 반영되어야 한다.

따라서 계약 이전에 정부에서 작성해야 할 시스템엔지니어링 문서 패키지를 분명히 정의하고 필요한 시스템엔지니어링 절차 및 프로세스를 적용하여 필수 문서들을 개발하고 이 문서들을 평가의 수단으로 이용해서 계약자를 선정하며, 또한 계약자가 개발의 유용한 입력자료로 사용하도록 RFP 등에 포함시켜 계약자에게 넘겨주어야 한다.

4.1. 미국방의 소요개발 시스템

소요군이 필요로 하는 성능의 무기체계가 인도되기 까지는, 소요 프로세스, 획득 프로세스 그리고 국방기획관리 프로세스(PPBES) 세가지 프로세스를 거쳐야 한다. 이것은 획득기관만의 일이 아니며, 그 첫단추는 소요군의 소요제기이며, 이것을 검토하는 합참의 기능이 그 이후 획득과정에 지속적으로 영향을 끼친다. 최근에는 상위 수준에서 소요군이 필요한 전력을 판단하여 결정하는 Top-down식 소요 결정도 이루어진다.

미국방부의 합동 소요개발 시스템인 JCIDS⁴⁰⁾ 프로세스는 능력기반 평가(CBA)를 수행함으로써 시작된다. CBA⁴¹⁾는 기존 합동작전개념, 합동 통합개념 또는 운용개념(CONOPs)에 그 근거를 둔다. CBA는 다음 사항을 식별한다: 임무를 성공적으로 수행할 수 있는 능력(및 운용성능 기준); 이러한 능력을 발휘하고 작전상의 위험을 극복하는데 있어서 현존 무기체계의 단점; 그리고 이러한 성능상의 단점을 보완하기 위한 가능한 대안 등. CBA의 결과는 JCD⁴²⁾ 또는 ICD⁴³⁾로 문서화된다. JROC⁴⁴⁾는 그들이 JCD 또는 ICD를 승인할 때 두가지 역할을 한다. JROC⁴⁴⁾는 능력의 격차(요구 대 현존)를 언급할 필요가 있는지, 또한 그 차이에 잠재적으로 가용하고 기술적으로 가능한 솔루션이 있는지 확인한다. 이것은 JROC가 JCD 또는 ICD를 승인할 때 특정한 기술적 솔루션을 옹호한다는 것을 의미하지는 않는다. 마지막으로, JROC는 또한, 새로운 무기 솔루션에 대한 대안적 또는 유사 옹호로서 능력 격차를 설명하기

40) JCIDS : Joint Capabilities Integration Development System(합동능력통합개발시스템)

41) CBA : Capabilities Based Assessment(능력기반 평가)

42) JCD : Joint Capabilities Document(합동 능력서)

43) ICD : Initial Capabilities Document(초기 능력서), 구 MNS(Mission Needs Statement)

44) JROC : Joint Requirements Oversight Council(합동 요구사항 감독위원회)

위해 비무기적 접근방법(예를 들면, 교리, 조직 등의 변경)을 승인할 수 있다. 승인된 JCD 또는 ICD는 소요군이나 관련기관에서 요구되는 능력을 제공하기 위한 최적의 무기체계를 식별하기 위해 더 이상의 분석을 하는데 기초가 된다.

무기체계를 획득할 책임이 있는 소요군이나 기관은 최상의 기술적 접근법을 식별하기 위해 JCD나 ICD에 기초하여 분석을 수행한다. 이 때 이러한 접근법을 기술하기 위해 CDD⁴⁵⁾가 개발된다. CDD의 최우선적인 목적은, JCD나 ICD 상에 명시된 운용성능기준을 충족하는 능력을 인도하는 무기체계의 기술적 성능기준을 명시하는 것이다. JROC는 CDD를 승인하는데 있어서 몇 가지 기능을 수행한다. 그들은 주요 성과 파라미터(KPP)를 확인하고 이와 연관된 착수기준 및 목적가치를 확인한다. 그들은 비용, 일정 및 기술적 성숙도의 관점에서 이러한 KPP를 만족시키는 가에 대한 위험을 평가한다. 결국 그들은 요구되는 운용능력을 충족시킬 수 있는 시스템의 획득 가능성을 평가한다. JROC의 CDD 승인은 개발사업을 착수하기 위한 MDA의 최종 결정에 핵심 요인이 된다.

개발 프로세스 종료시에 소요군 또는 기관은 CPD를 인도한다. CPD의 최우선적인 목적은 생산으로 진입할 무기체계의 실제 성능을 서술하는 것이다. CPD와 CDD의 가장 큰 차이점은 CPD는 개발과정에서 얻은 교훈에 의해 만들어 진다는 것이다. JROC가 CPD를 승인하는 목적은 인도되는 무기체계가, 가용한 비용으로 JCD나 ICD에 본래 정의된 요구를 만족시키는지 확인하는 것이다. 만약 무기체계가 KPP에 대한 모든 착수기준 수준을 만족시키지 못하면, JROC는 무기체계가 작전상 수용가능한지 평가한다. 승인된 CPD는 시스템 생산을 승인하기 위한 MDA 결정의 근거가 된다.

JCIDS 프로세스는 미래 능력을 식별 및 조달하기 위해 JROC 및 획득 기관이 수행해야 하는 복잡한 의사결정을 지원하기 위한 강건한 프로세스이다. 모든 능력이나 무기체계에 같은 수준의 고려가 필요한 것은 아니며, JCIDS 프로세스도 테일러링 가능하다. JROC는 능력의 격차 및 잠재적인 솔루션의 식별을 가속화하기 위한, 그리고 이러한 능력을 보다 신속히 인도하기 위해 그것들이 JCIDS 프로세스의 적절한 단계에 들어가도록 하기 위한 몇가지 대안 경로를 식별하였다. 미 합참의 소요결정 과정에 대한 상세한 정보를 위해서는 CJCSI⁴⁶⁾ 3170.01F(07.5.1)를 참고하기 바란다.

4.2. 시스템엔지니어링 문서 패키지

미 국방획득대학 교재인 SE Fundamentals에서는 소요 문서를 제안요청서(RFP)에 반영할 핵심적인 시스템엔지니어링 문서(the Key Systems Engineering Documents)로서 SOW(업무기술서) 또는 SOO (목적기술서), 시스템 정의 문서(즉 시스템규격서 및 베이스라인 정보), 그리고 CDRL(계약자료요구목록) 등을 열거하고 있다. 이와 더

45) CDD : Capabilities Development Document(능력개발서), 구 ORD(Operational Requirements Document)

46) CJCSI : Chairman of the Joint Chiefs of Staff Instruction(합참의장 지침)

붙어,“제안요청서(RFP)를 통하여 시스템엔지니어링 수행을 요구하려면 제안요청서(RFP)의 L항(제안서 작성 지침) 및 M항(제안서 평가 기준)에 명시적으로 기술하여야 한다”고 설명하고 있다.⁴⁷⁾

제안요청서는 무기체계 획득사업을 수행함에 있어, 정부가 업체에게 요구할 사항을 전달하는 핵심적인 의사소통 수단이다. 무기체계 개발 업무는 한 개인이 시장가서 진열된 물건을 보고 직접 구입하는 것과는 다르다. 사용자는 계통을 통해 소요를 제기하여, 중간에 여러 전달자를 통해 의견이 가미되고 수정된 문서에 의존하며, 소요군에서 합참, 국방부를 거쳐 방위사업청으로 이관되어 입찰을 통해 계약업체에 개발이 넘겨진다. 이 과정에서 소요군이 생각했던 미래의 신무기 사용에 의한 향상된 작전운용능력(operational capabilities)은, 소요군으로부터 사업관리기관을 거쳐, 개발자에 이르는 동안 시스템의 기능(functions)과 성능(performance)에 대한 요구사항으로 변환되어 설계, 제작자에게 전달된다.

이 과정에서 소요군의 요구는 결국 제안요청서(RFP)라는 문서를 통해 입찰, 계약에 들어가기 때문에 제안요청서에 요구사항이 업체에게 분명하게 전달되어야 업체의 제안서, 그리고 그 제안서 평가, 업체선정과 계약을 통하여 실제로 연구개발에서 군의 요구가 구현되는 것이다.

따라서 개발을 요구하는 시스템(무기)이나 개발사업 과정에 업체가 해야 할 일을 더욱 분명하게 명시하기 위해서는 통상 몇 가지 첨부 문서가 필요하고, 때로는 RFP 문서,“시스템엔지니어링 문서”또는 “획득패키지”라고 부르는 문서들이다. 즉, WBS(Statement of Work : 업무분해구조), SOW(Statement of Objectives : 업무기술서), CDRL(Contract Data requirements List : 계약자료요구목록), Specs’(Specifications : 규격서) 등의 핵심문서들이 본문이나 부록으로 포함하여야 한다.⁴⁸⁾

이들을 시스템엔지니어링 문서라고 부르는 이유는 정부 측에서도 RFP 작성 과정에서 적절한 시스템엔지니어링을 수행하여야 이러한 문서를 작성할 수 있고, 또한 이러한 문서를 RFP에 포함하여 구체적이고 명시적으로 개발업무를 요구하여야 실제로 계약업체가 사용자의 요구사항을 잘 반영할 수 있도록 시스템엔지니어링을 수행하게 된다는 뜻으로 보인다.

다시 말하면 이들 핵심 문서를 RFP에 포함하지 않으면, 정부 측이나 계약업체가 시스템엔지니어링을 적용하지 않게 된다는 것이다. 우리가 방위력개선사업관리규정에 의하여 현재 사용하는 제안요청서 양식은 대체로 미국 연방정부나 국방부가 사용하는 제안요청서(RFP)와 항목 배열 순서만 다르고 대체로 유사한 양식을 사용한다고 볼 수 있다. 그러나, 내용면에서 비교한다면 바로 이들 시스템엔지니어링 패키지가 제안요청서에 포함되어 있지 않다. 이는 근본적으로 방위력개선사업관리규정에

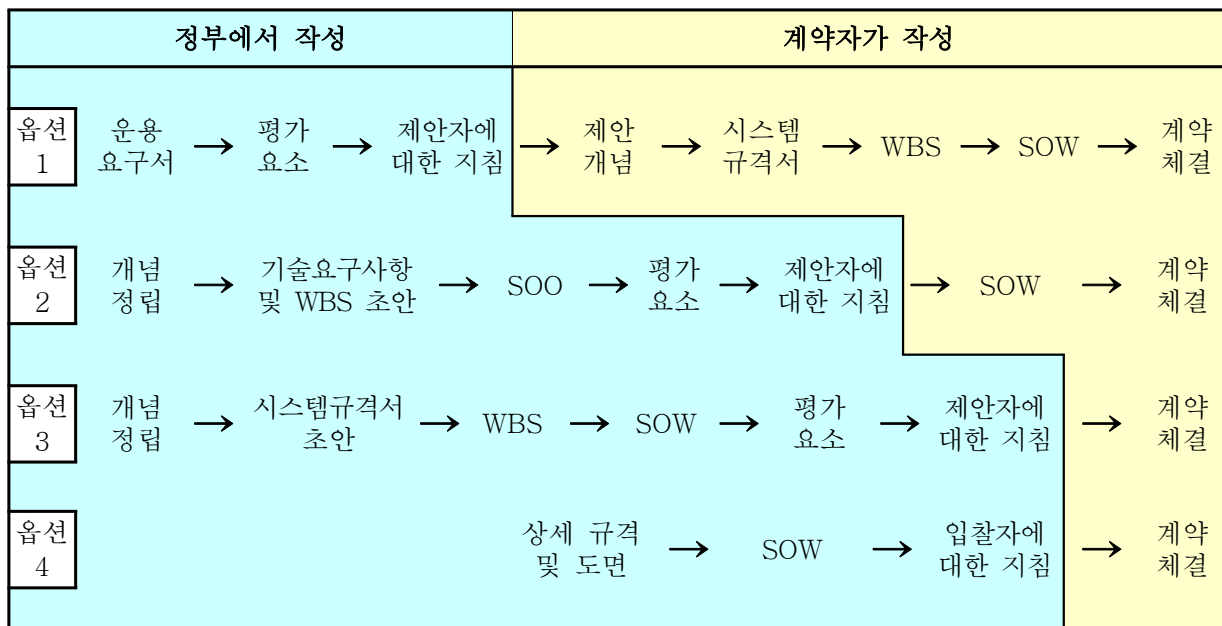
47) 미 국방부에서 사용하는 제안요청서 항목은 연방획득규정으로 정해져 있는데, 항목 L은 제안자에 대한 지침, 항목 M은 제안서 평가기준을 설명하고 있다. 획득패키지라고 부르는 문서들은 주로 제안요청서의 항목 J 첨부문서 (List of Documents, Exhibits, and Attachments)에 열거하고 부록 형식으로 첨부된다.

48) 한명덕, “무기체계 획득패키지 작성과 시스템공학”, 2007. 9

시스템엔지니어링이 장려사항으로만 언급되어 있고 강제적인 요구가 없기 때문이다. 미 국방획득 절차와 비교할 때 이는 결정적으로 중요한 초기단계를 생략하거나 건너뛰고 개발업무를 수행하는 것과 다름이 없다.

다만 여기서 추가적으로 논의가 필요한 부분은 이들 시스템엔지니어링 문서들을 RFP(제안요청서)에 포함하는 방법, 즉 정부 측에서 제안자에게 해야 할 일을 정해주는 방법(태스킹 방법)⁴⁹⁾이다. 기본적으로 세 가지 방안⁵⁰⁾이 있다. 이러한 태스킹 방안의 선택에 따라 SOW(업무기술서)를 포함하는 대신에 SOO(목적기술서)를 포함하고, Spec(규격서) 대신에 SRD(Systems Requirements Document:시스템 요구서)를 포함하는 등, 정부 측에서 어느 정도로 요구사항을 구체화하고 개발업체에게 어느 정도의 융통성을 허용할 것인가가 달라진다.⁵¹⁾

<그림 4-1>은 미 국방획득대학(DAU) SE Fundamentals의 획득패키지 옵션을, <표 4-1>은 미 해군항공사령부의 획득패키지 중 “RFP문서 시나리오 3개 안”을 발췌한 것이다. 해군의 도표가 정부 측, 업체 측, 합의 문서에 포함할 내용을 더 분명히 구분하고 있다.



<그림 4-1> 획득패키지 선택 옵션(출처 : Systems Engineering Fundamental p.187)

49) 미 국방획득대학의 SE Fundamentals에서는 이것을 Tasking Approach(입찰시 제안자에게 임무를 부여하는 방법)라고 하였다. (p.187) 용어 “Tasking”이 일을 시키는 것이라면 일을 수행 하는 것을 “Performing”이라는 용어로 지칭한다.

50) 위 국방획득대학 책자는 RFP를 사용하는 경우 3개 방안에 IFB(입찰참가요청서)를 사용하는 방안까지 포함하여 네 가지 기본 방안(four basic options)으로 설명한다. 네 가지는 ORD를 사용하는 방안, SOO를 사용하는 방안, SOW를 사용하는 방안, 상세 Specs까지 사용하는 방안이다. 미 해군 항공사령부의 획득패키지 홈페이지의 설명은 IFB를 사용하는 경우는 제외하고 RFP를 사용하는 방안 세 가지를 설명하고 있다. 이 두 책자가 설명하는 세 가지는 매우 유사하다.

51) 한명덕, “무기체계 획득패키지 작성과 시스템공학”, 2007. 9

<표 4-1> 획득패키지 선택 3개 방안(미 해군 항공사령부)

	정부 (제안요청서)	제안자 (제안서)	계약서
방안 # 1	Schedule (A-K)	Schedule (B-K)	Schedule (B-K)
	RFP Section L	제안서 내용	IMP
	RFP Section M	IMP, IMS	
	SRD	System Spec	System Spec
	Guide Spec		
	SOO	SOW	SOW
	Prelim WBS	WBS	WBS
	CDRL	CDRL	CDRL
	정부측은 Spec이나 SOW를 작성할 필요가 없어 RFP 작성시 시간 절약이 가능. 제안자의 창의성 발휘를 권장 제안서 평가에 전문가 참여와 추가시간 소요.		
방안 # 2	Schedule (A-K)	Schedule (B-K)	Schedule (B-K)
	RFP Section L	제안서 내용	IMP
	RFP Section M	IMP, IMS	
	SRD	SOW	SOW
	SOO		
	Prelim WBS	WBS	WBS
	CDRL	CDRL	CDRL
	정부측은 Spec이나 SOW를 작성할 필요가 없어 RFP 작성 시 시간 절약이 가능. 제안자의 창의성 발휘를 권장. 제안서 평가에 전문가 참여와 추가시간 소요. Spec은 계약 체결 후, Data의 일부로 별도 제출.		
방안 # 3	Schedule (A-K)	Schedule (B-K)	Schedule (B-K)
	RFP Section L	제안서 내용	IMP
	RFP Section M	IMP, IMS	
	Specification	제안서 내용	Specification
	SOW	제안서 내용	SOW
	Prelim WBS	WBS	WBS
	CDRL	CDRL	CDRL
	과거에 미 국방부에서 사용해온 전통적인 방식. 정부 측은 Spec 작성에 노력과 시간이 필요. 제안자의 창의성은 제한. 제안서 평가는 신속하게 진행 가능.		

이러한 선택은 바로 획득전략에 해당하는 것으로, 이는 정부에서 어떠한 획득정책을 취하고 있는냐⁵²⁾, 개발하려는 무기체계가 어느 정도로 복잡하고 새로운 기술을 요구하는가,⁵³⁾ 국내 개발업체의 기술수준이나 경험 축적은 어떠한가, 정부 측에서는 어느 정도의 시스템엔지니어링 능력이 있고, 그에 따라 어느 정도로 요구사항을 구

52) 미 국방부는 2003년 획득개혁 이후에는 정부 측 통제를 완화하고 개발자에게 융통성을 더 부여하는 획득 절차 간소화 (Acquisition Streamline) 방향을 택하고 있다. JDAM이나 JASSM 사업이 대표적인 사례이다.

53) 미 육군에서 추진하는 FCS(미래전투체계) 개발사업은 그 복잡성과 기술적 어려움으로 인하여 사업관리 자체를 주계약자에게 의존하는 형식을 취하기도 하였다.

체화할 수 있는 능력이 있는가 하는 등의 환경적 여건과 판단에 달려있다. 이러한 획득전략의 선택, 또는 태스킹(tasking) 방법의 선택은 획득사업 추진 이전에 수행하는 선행연구의 일환으로 검토되는 것이 바람직할 것이다.⁵⁴⁾ 예를 들면 현재의 획득제도 하에서와 같이 선행연구에 인력, 시간과 및 비용을 충분히 투입하기 어려운 경우에는 <그림 4-1>의 ‘옵션 1’이나 <표 4-2>의 ‘방안 #1’을 선택하여, 시스템규격서, SOW, WBS 등의 작성을 계약자에게 위임할 수 있다. 또한 제안요구에 따라 제출된 후 선정 또는 비선정된 방대한 분량의 제안서에 대해서 정부에서 보상을 해주어야 하나 현실적으로 이것이 어려운 경우에는, 비교적 간단한 제안서로 우선협상대상자를 선정하고 계약(또는 SRR) 이전까지 필요한 시스템엔지니어링 문서 패키지를 제출하도록 하는 방법도 있을 것이다.

정부 측에서 직접 작성하든, 계약자에게 위임하든, 아니면 제 3의 전문 컨설팅 기관에게 위탁하든, 본격적인 개발(체계개발)에 들어가기 전에 작성해야 하는 시스템엔지니어링 문서 패키지를 정리하면 <그림 4-2>와 같다.

각 문서에 대한 상세한 작성방법 및 예문은 추후 발간될 각 문서별 작성가이드 북에서 설명하기로 하고 여기에서는 개념 및 전형적인 양식만 언급하기로 한다.

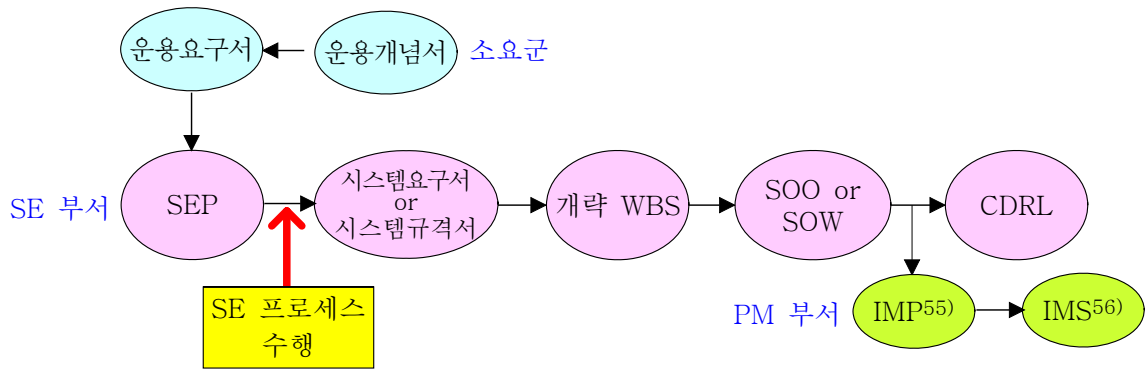


<그림 4-2> 시스템엔지니어링 문서 패키지

4.3. 시스템엔지니어링 문서작성 프로세스

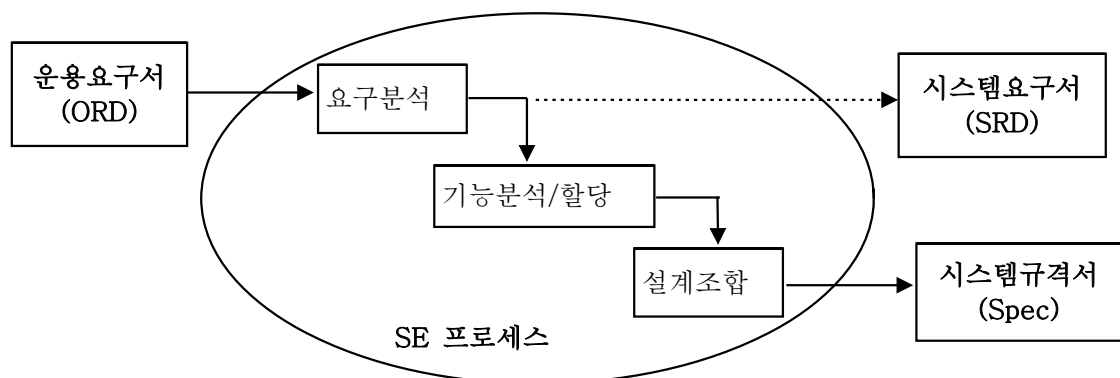
문서 사이의 논리적 선후 관계는 <그림 4-3>와 같다.

54) 한명덕, “무기체계 획득패키지 작성과 시스템공학”, 2007. 9



<그림 4-3> SE 문서작성 프로세스

시스템규격서는 시스템엔지니어링의 수행 결과로 산출되는 문서이다. 또 WBS를 작성하기 위해서는 먼저 제품의 구성이 PBS(제품분해구조) 형태로 나와야 한다. 이것 역시 시스템엔지니어링을 수행하여 시스템 아키텍처가 나와야 작성 가능한 것이다. 시스템엔지니어링 프로세스는 MIL-STD-499B에 럭비공 모양의 엔진 모델이 소개된 바 있고, ISO-15288 국제 표준에서는 기술 프로세스라는 이름으로 설명되고 있다. 이를 단순화하여 그림으로 표현해 본다면 <그림 4-4>과 같다.



<그림 4-4>. 단순화한 시스템엔지니어링 프로세스

<그림 4-4>에서 보는 것처럼, 시스템엔지니어링 프로세스를 수행하면 사용자 요구사항 또는 사용 군에서 작성한 운용요구서(ORD : Operational Requirements Document)를 분석하여 기술적 요구사항으로 변환한 시스템요구서(SRD : System Requirements Document)를 만들 수 있다. INCOSE(국제시스템엔지니어링협회)에서 시스템엔지니어링 핸드북 2.a 판본의 기본 모델로 채택했던 EIA-632 표준에서는

55) 종합기본계획 (IMP) : 시스템 개발 프로젝트의 시작으로부터 종료에 이르기까지 거쳐야 할 주요 마일스톤 (이정표) 및 검토, 감사, 단계 전환 등 이벤트 중심으로 작성한 기본 계획서.

56) 종합기본일정 (IMS) : 프로젝트 수행 기본계획 (IMP)을 시작일자와 종료일자, 기타 주요 이벤트 일자 등 달력의 일자에 맞추어 작성한 일정계획.

SRD라는 용어를 사용하였다.⁵⁷⁾

이러한 두 절차를 연결시켜 본다면, 미 국방부의 전통적인 RFP 작성 절차에 의하면 제안요청서를 작성하기 전에 정부 측에서 시스템엔지니어링을 수행하여 운용요구서(ORD)를 시스템요구서(SRD)를 거쳐 시스템규격서(Specification)로 변환하는 과정을 밟는 것으로 보인다. 이렇게 했을 경우에는 획득패키지 문서에 Specification, WBS, SOW 등을 모두 포함하는 제안요청서가 작성 발송된다. <표 4-1>의 세 가지 방안 가운데 제 3방안에 해당하는 것이다.⁵⁸⁾

그러나 정부의 획득정책이 바뀌어 보다 많은 융통성을 계약자 측에 주고 싶어 하거나⁵⁹⁾, 정부의 기능과 조직을 축소하여 시스템엔지니어링을 하지 않도록 변경하였다면, 또는 개발 사업 자체가 너무 복잡하고 난해하여 정부 측 사업관리자로서 시스템엔지니어링을 할 수 없는 경우라면, 부분적인 시스템엔지니어링만을 수행하여 시스템요구서(SRD) 또는 사용자의 운용요구서(ORD)를 제안요청서에 포함하여 발송하고, 구체적인 시스템엔지니어링을 업체 측에 맡기는 방안도 있다. 이것은 위 표 <표 4-1>의 세 가지 방안 가운데에서 제2 방안에 해당할 것이다.⁶⁰⁾

정부 측 사업관리자가 시스템규격서를 반드시 작성하여 제안요청서에 포함하여야 한다는 주장은 전통적인 방식이며, 획득개혁 이후의 최근의 경향에 의하면 정부 측이 시스템규격서보다는 시스템요구서(SRD)를 작성하고, 업무기술서(SOW) 대신에 보다 간략한 목적기술서(SOO)를 작성하는 방안이 보편적으로 사용되고 있다.⁶¹⁾ 정부측 능력이 부족한 상태에서 보다 명확한 요구사항을 제시하기 원한다면, 외부 용역기관에 시스템규격서 작성을 의뢰할 수도 있을 것이다. 또한, 시스템규격서를 제안자가 제안서의 일부로 제출하게 할 수도 있고, 아니면 계약 이후로 미룰 수도 있기 때문에, “시스템규격서를 누가 작성하느냐”, “언제 작성하느냐”에 대한 정해진 정답은 없다고 보아야 한다. 이러한 선택은 사업의 규모, 특성, 개발의 주도형태 및 정부/개발기관의 능력 등을 고려하여 결정 후, 시스템엔지니어링계획서에 포함시키고, 선행연구 기관에 작성하는 사업추진 기본전략에 포함시키는 것이 바람직하다.

4.4. 시스템엔지니어링 문서 소개

4.4.1. 운용개념서

57) INCOSE-TP-2003-016-02 INCOSE SE Handbook Version 2.a, 8.1.4 Generation of System Requirements Document (SRD). 한편 ISO-15288에서는 이를 기술적 요구사항 (Technical Requirements)이라 부르고, 다소 혼란스럽지만 SRD는 이해관련자요구서 (Stakeholder Requirements Document)를 지칭하는데 사용하고 있다.

58) 한명덕, “무기체계 획득패키지 작성과 시스템공학”, 2007. 9

59) 미국의 경우 JDAM 개발 사업이나 JASSM 개발 사업이 이런 경우이다. JDAM은 재래식 폭탄에 GPS를 도입해 스마트탄으로 개발한 것이었고, JASSM은 Joint Air-to Surface Standoff Missile의 약자, 즉 합동 공대지 원격 유도탄인데 일종의 공중발사 순항 미사일과 같다.

60) 한명덕, “무기체계 획득패키지 작성과 시스템공학”, 2007. 9

61) 한명덕, “무기체계 획득패키지 작성과 시스템공학”, 2007. 9

이 문서는 소프트웨어 개발에 사용하는 OCD(Operational Concept Document)에 기초를 둔다.

운용개념서는 일반적으로 시스템, 하부시스템, 하드웨어 형상품목, 소프트웨어 형상품목, 컴포넌트 또는 기타 항목에 대하여 대상시스템의 사용자는 누구인지, 시스템의 사용목적은 무엇인지, 시스템을 어떻게, 어디에서 사용할 것인지 그리고 전형적인 운용 시나리오는 어떤 것인지 설명하는 문서이다. 특히 특정 임무와 연관된 시나리오는 전형적이고 제한된 사용목적들을 표현하는데 적절하도록 선택해야 한다.⁶²⁾

운용개념서는 규격, 조달, 설계, 시스템 개발 및 운용시험의 기본요소로서, 시스템 소요를 제기하는 스폰서, 사용자, 운용담당자, 유지보수자, 획득 담당자, 요구분석 담당자, 설계자, 제작자, 시험담당자 사이에서 위에 열거한 내용을 완전하게 공유할 수 있는 도구로서 사용된다.

운용개념서는 소요군에서 작성해야 하나, 소요군에서 이를 작성하지 않았을 경우, 방위사업청에서는 시스템엔지니어링 프로세스의 수행을 위해, 소요군과 협조하여 운용개념서를 작성하는 것이 바람직하다.

운용개념서의 전형적인 양식은 다음 <표 4-2>과 같다.

1. 범위
 2. 참조문서
 3. 정의, 용어 및 약어
 4. 운용
(사용자 식별, 운영목적, 인력조직, 활동 및 상호작용, 운용전략, 전술, 정책 및 제약사항, 의존성, 동시성, 운용방법 등을 서술)
 5. 운용요구
 6. 시스템요구사항 개요
 7. 운용환경
 8. 지원환경
 9. 시스템운용 시나리오
- 부속문서 또는 부록

<표 4-2> 운용개념서 양식

4.4.2. 운용요구서

이 문서는 과거 미 국방부의 ORD(Operational Requirements Document) 또는 CDD(Capability Development Document)에 그 기초를 둔다.

운용요구서는 제안된 개념 또는 시스템에 대한 작전 성능 요구사항을 기록한 정

62) 민성기, “시스템엔지니어링 실무” 부록2

형화된 문서이다. 임무 필요를 충족시키기 위한 시스템 능력 요구사항을 초기 사용자운용요구서에 정의하며, 이것은 후반 획득 단계에 있는 평가에 사용된다. 초기 사용자운용요구서에 운용성능 파라미터로 기술된 요구사항은 시스템에 맞게 테일러링 되고, 사거리, 명중확률, 생존성 등과 같은 시스템 수준의 성능 요구사항에 반영된다.

소요군에서 운용요구서가 생성되는 프로세스는, 적으로부터의 위협, 전략, 정책, 교리, 운용 및 훈련결과, 기타 분석자료 등으로부터 대안을 분석하여 운용 요구사항 및 운용 개념을 도출한 뒤 운용요구서 초안을 작성하고 이것을 JROC(합참)에서 검증 및 승인한다.

운용요구서는 소요군에서 작성해야 하나, 소요군에서 이를 작성하지 않았을 경우, 방위사업청에서는 시스템엔지니어링 프로세스의 수행을 위해, 소요군과 협조하여 사용자운용요구서를 작성하는 것이 바람직하다.

전형적인 운용요구서의 양식은 <표 4-3>과 같다.

1. 요구 운용능력에 대한 일반적인 기술
 2. 잠재적인 적으로부터의 위협
 3. 현존능력의 부족성
 4. 요구능력
(시스템 성능, 정보교환 요구사항, 군수지원, 환경 및 안전 등)
 5. 프로그램 지원
(정비계획, 지원장비, 표준화, 상호운용성, 전산자료, 군수 및 시설 등)
 6. 요구되는 수량
 7. 요구되는 일정
 8. 프로그램 비용 가용성
- 부록

<표 4-3> 시스템 운용요구서 양식

4.4.3. 시스템엔지니어링계획서

이 문서는 미 국방부의 SEP(Systems Engineering Plan)에 기초를 둔다.

시스템엔지니어링계획서는 개념에서부터 폐기까지 획득사업 기술적인 측면의 수행, 관리 및 통제에 대한 전반적인 계획을 기술한 문서이다. 작성 시기는 개념정의 단계 초기(선행연구 ~ 제안요청서 작성 이전)이며, 시스템엔지니어링계획서를 그대로 RFP에 포함할 수 있다. 이에 대응하여 (잠재적인) 계약자는 SEMP(시스템엔지니어링 관리계획서)를 작성하여 제안서에 첨부한다. 시스템엔지니어링계획서 및 SEMP는 이른바 “살아있는 문서”이다. 즉, 프로그램이 진행되면서 각 의사결정 시점마다 업데이트시켜 나가야 하며, 정부의 시스템엔지니어링계획서와 계약자의 SEMP는 결국 서로 일맥상통해야 한다.

시스템엔지니어링계획서는 시스템의 전체 수명주기 동안 시스템 또는 솔루션을 개발하고 유지하기 위해 요구되는 기술적 노력의 범위를 규정하는 정부문서이다. 여기에는 수행되어야 할 최소한 기획 활동, 책임의 할당, 어떤 자원이 필요한지, 그리고 어떻게 시스템엔지니어링 활동이 모니터링되고, 통제되며, 프로그램의 다른 측면들과 통합될 것인지에 대한 정부, 계약자, 그리고 하부계약자 업무를 정의해야 한다. 시스템엔지니어링 계획서(SEP)는 프로그램의 모든 기술적 측면을 가이드 한다. 이러한 계획들은 프로그램의 최상위 통합계획(IMP) 및 최상위 종합 일정(IMS)과 함께 다루어진다.

최근 시스템엔지니어링의 동향은 한마디로 ‘유연성’이다. 정부가 개발기관에 SE의 적용은 강조하되, 특정한 표준이나 규정으로 세부적인 절차 및 요구되는 산출물까지 획일적으로 얹매지는 않는다는 것이다. 이에 따라 중요성이 강조되는 문서가 바로 정부 측에서 작성하는 「시스템엔지니어링계획서」이다. 즉, 기존의 표준, 가이드북, 지침, 규정 등을 기초로, 각 사업마다의 특성, 개발의 주도형태(국과연 주도, 업체주도) 및 정부와 개발기관의 능력을 고려하여 그 사업에 맞는 「시스템엔지니어링계획서」를 작성하고, 개발기관은 이를 바탕으로 SEMP(시스템엔지니어링 관리 계획서)를 작성하여 정부의 승인을 받으며, 이것을 그 사업에 대한 시스템엔지니어링 수행지침으로 삼는 것이다.

시스템엔지니어링계획서에 포함되어야 할 주요 내용은 사업에 적용될 시스템엔지니어링 프로세스, 이벤트 기반 기술검토의 시기, 내용 및 성공 척도, 기대되는 결과물, 사업 IPT와 시스템엔지니어링의 통합 등이다.

상세한 시스템엔지니어링계획서 작성지침은 ‘Systems Engineering Preparation Guide’(미 국방부, ‘06. 2. 10)를 참고하기 바란다.

전형적인 시스템엔지니어링계획서의 작성양식은 <표 4-4>와 같다.

제목 및 간지

1. 개 요

1.1 사업 설명 및 관련 문서

1.2 사업의 기술 현황

1.3 SEP 업데이트 경과

2. 수명주기 단계에 SE 적용

2.1 시스템 능력, 요구사항 및 설계 고려

- 구비해야 할 능력

- 핵심 성능 지표
 - 법/규정 상의 요구사항
 - 인증서 요구사항
 - 설계 고려사항
- 2.2 SE 조직 통합 및 기술 위원회
- IPT 구성
 - 조직의 책임
 - 사업 IPT에 SE 통합
 - 기술요원 구성 및 고용 계획
- 2.3 SE 프로세스
- 프로세스 선택
 - 프로세스 개선
 - 절충의 승인
- 2.4 기술관리 및 통제
- 기술 베이스라인 관리 및 통제(전략 및 접근)
 - 기술검토 계획(전략 및 접근)
- 2.5 전체적인 사업관리 통제 노력과의 통합
- 획득전략
 - 위험관리
 - 통합 마스터플랜
 - EVM
 - 계약관리

<표 4-4> SEP 양식

4.4.4. 시스템요구서

이 문서는 소프트웨어 개발에 사용되고 있는 SRD(System Requirements Document)에 그 기초를 둔다.

시스템요구서는 대상시스템의 획득에 대한 기능, 성능 및 검증 요구사항을 기술한다. 시스템요구서는 운용요구서를 분석하여 기술적 요구사항으로 전환시킨 것이며, 운용요구서에 명시된 사용자 요구사항을 충족하기 위해서 시스템이 해야 할 일을 정의한 문서이다. 시스템요구서는 시스템수준에 대한 시스템엔지니어링 프로세스 중 요구분석을 수행함으로써 도출된다.

전형적인 시스템요구서의 양식은 <표 4-5>와 같다.

1. 도입(범위 및 구조)
 2. 적용 및 참조 문서
 3. 일반적 기술
 - 3.1. 개관
 - 3.2. 관련 프로젝트
 - 3.3. 기능 및 목적
 - 3.4. 시스템 환경
 - 3.5. 일반 제약사항
 4. 특수 요구사항
 - 4.1. 기능 요구사항
 - 4.2. 성능 요구사항
 - 4.3. 인터페이스 요구사항
 - 4.4. 운용 요구사항
 - 4.5. 리소스 요구사항
 - 4.6. 검증 요구사항
 - 4.7. 수락 시험
 - 4.8. 문서 요구사항
 - 4.9. 품질 요구사항
 - 4.10. 안전 요구사항
 - 4.11. 신뢰도 요구사항
 - 4.12. 정비도 요구사항
 - 4.13. 일정 요구사항
 5. 프로그램 지원
(정비계획, 지원장비, 표준화, 상호운용성, 전산자료, 군수 및 시설 등)
 6. 요구되는 수량
 7. 요구되는 일정
 8. 프로그램 비용 가용성
- 부록

<표 4-5> 시스템운용요구서 양식

4.4.5 시스템규격서(System Specification)

시스템규격서는 시스템, 하부시스템, 하드웨어 형상품목, 컴포넌트 또는 기타품목으로 충족되어야 할 요구사항과 각각의 요구사항의 충족여부를 검증하는 사항을 기술한 것이다. 시스템, 하부시스템 또는 품목의 외부 인터페이스에 대한 요구사항을 시스템규격서에 함께 기술하거나 별도로 인터페이스 요구규격서(IRS : Interface Requirements Specification) 또는 인터페이스 통제규격서(ICD : Interface Control

Documents)로 제시해도 된다.

IRS나 ICD로 보완된 시스템규격서는 시스템, 하부시스템 또는 기타 품목의 조달, 설계, 인증시험 및 수락시험을 위한 기초자료로 활용된다.

전형적인 시스템규격서의 양식은 다음 <표 4-6>과 같다.

1. 범주(시스템 개요, 문서 개요)
 2. 참조한 문서
 3. 정의, 용어 및 약어
 4. 요구사항
 - 4.1. 외부 인터페이스 식별
 - 4.2. 상태와 모드
 - 4.3. 시스템 기능 및 성능 요구사항
 - 4.4. 상태, 모드 및 기능 사이의 관계
 - 4.5. 시스템 외부인터페이스 요구사항
 - 4.6. 시스템 환경 요구사항
 - 4.7.외부자원 활용 요구사항
 - 4.8. 물리적 시스템 요구사항
 - 4.9. 기타 시스템 품질
 - 4.10. 설계 및 제작 요구사항
 - 4.11. 기타 요구사항
 - 4.12. 요구사항의 우선순위
 5. 요구사항의 자격 입증
 6. 주기(Note)
- 부속문서

<표 4-6> 시스템규격서 양식

4.4.6. 개략 업무분해구조(SWBS : Summary Work Breakdown Structure)⁶³⁾

WBS는 품목을 개발하고 생산하는 동안 시스템엔지니어링 노력의 결과인 하드웨어, 소프트웨어, 서비스, 데이터 및 설비 등으로 구성된 제품 지향적인 조직도이며, 이것은 프로그램을 완전하게 정의한다. 개발 또는 생산될 제품을 정의하고, 완성할 작업요소를 서로서로와 최종제품에 연관시킨다. 또한 WBS는 다분야의 팀 지정과 비용통제를 위한 기본자료를 제공한다.

WBS는 프로젝트에 할당된 인원에 대한 조직도가 아니라, 프로그램의 기획, 예산, 계약 및 보고를 목적으로 준비된 업무 패키지의 조직이다.

개략업무분해구조(SWBS : Summary WBS)는 시스템 개발 계획단계의 초반에 고

63) 또는 Preliminary WBS(예비 업무분해구조)

객에 의해 준비되며 제안요청서(RFP)나 입찰요청서(IFB : Invitation For Bid)에 포함된다. 이것은 Top down으로 개발되며, 예산편성 및 보고를 목적으로 하고, 3단계까지의 모든 프로그램 기능을 다룬다.

1단계 : 전체적인 프로그램의 업무 범위, 또는 개발, 생산 및 인도하고자 하는 시스템을 식별한다. 1단계는 모든 프로그램 업무의 위임 및 배포에 대한 근거이다.

2단계 : 프로그램 요구사항 충족을 위해 반드시 완수되어야 하는 다양한 프로젝트 또는 활동의 범주를 식별한다. 여기에는 또한 시스템의 주요 요소 및 중요한 프로젝트 활동들이 포함된다(예를 들면, 하부시스템, 장비, 소프트웨어, 지원요소, 프로그램 관리 및 시험평가 등). 프로그램 예산편성은 보통 이 단계에서 이루어진다.

3단계 : 2단계 바로 하위의 활동, 기능, 주요 과업, 그리고 시스템 컴포넌트를 식별한다. 프로그램 일정은 보통 이단계에서 작성된다.

프로그램 기획이 진행되고, 개별적인 계약협상이 완료되면서 SWBS는 더 개발되어 특정한 계약이나 조달 행위에 적합하게 되며, 결국 CWBS(Contract WBS)가 된다. 고객은 프로그램 업무 행위를 시작할 목적으로 SWBS를 작성한다. 이 구조는 보통 그 프로젝트에 할당된 모든 조직 구성원의 통합된 노력을 반영한다. 고객의 RFP에 포함되는 SWBS는 그 프로그램에서 수행되어야 할 모든 내부적, 계약적 업무를 정의하는데 근거가 된다. 개별적인 업무기술서 정의에서 시작하여, CWBS는 각각의 프로그램 단계에 대한 업무 요소를 식별하기 위해 개발된다. 또한 CWBS는 특정 계약(또는 조달 행위)에 맞게 테일러링되며, 주계약자, 하부계약자 및 공급자에 적용된다.⁶⁴⁾

WBS에 관한 미국방 표준은 MIL-STD-881이다.

4.4.7. 업무기술서

업무기술서는 미 국방부의 SOW(Statement of Work)에 그 기초를 둔다.

업무기술서란 직접적으로 혹은 특정한 문서를 사용하여 계약자의 노력에 대한 모든 비규격화된 요구사항들을 설정하고 정의하는 계약의 일부분을 말한다. 대형, 복잡한 시스템에는 명확하고 정확한 용어로 “무엇을 해야 하는가?”를 포함하는 상세한 업무 요구사항 작성이 필요하다. 업무기술서의 목적은 사업의 업무 요구사항을 구체화하는 것이다.

업무기술서는 업무 요구사항을 다루며, 규격서상의 해당 성능/설계 요구사항과 관련되고, 계약 협상에 사용된다. 제안된 공급자는 업무기술서에 정의된 대로 자신의 필요에 따라 제안서를 제출할 수 있다. 이것은 제공되는 제품 또는 서비스의 적절한 가격을 산정할 수 있게 한다. SOW 관련 표준은 MIL-HDBK-245이다.

업무기술서는 인도해야 할 제품의 개발 또는 생산, 또는 계약자가 수행해야 하는 서비스에 관련된 업무를 명료하고 이해 가능한 용어로 기술해야 한다. 업무기술서는

64) System Engineering Management, Benjamin Blanchard, 2004. p. 269

직접적으로든 아니면 다른 참조문서를 명시하든 계약자의 노력에 대한 모든 비규격 요구사항을 정의한다. 정성적이고 정량적인 설계 및 성능 요구사항은 규격서나 표준에 포함된다. 이러한 규격서는 전형적으로 업무기술서에 참조되나 특정한 정량적 혹은 정성적인 기술적 요구사항은 업무기술서에 언급되지 않는다. 예를 들면 업무기술서는 계약자로 하여금 특정한 전문프로그램(예를 들면, 정비성, 가용성, 형상관리, 소프트웨어 개발 등)을 SEMP를 통해 설정, 이행 및 통제하도록 한다. 이러한 결과를 위해서는 “어떻게 관리해야 하는가?” 보다는 결과관점의 관리 요구사항이 필요하다.

전형적인 업무기술서의 양식은 다음 <표 4-7>과 같다.

1. 범위
2. 적용문서
 - 2.1. 규격서
 - 2.2. 표준
 - 2.3. 기타문서
 - 2.4. 개발기관 문서
 - 2.5. 문서의 가용성
3. 요구사항
 - 3.1. 개요
 - 3.2. 세부 업무
 - 3.2.1. 시스템엔지니어링
 - 3.2.2. 시스템분석 및 통제
 - 3.2.3. 베이스라인 생성
 - 3.2.4. 소프트웨어 설계
 - 3.2.5. 운용 개념
 - 3.2.6. 종합군수지원
 - 3.2.7. 시스템 안전
 - 3.2.8. 설계검토
 - 3.2.8.1. 시스템 요구사항 검토
 - 3.2.8.2. 시스템 설계 검토
 - 3.3. 프로그램 관리

<표 4-7> SOW 양식

4.4.8. 목적 기술서

목적기술서는 미 국방부의 SOO(Statement of Objectives)에 그 기초를 둔다.

SOO는, 제안자가 공급해야 하는 최상위 수준의 목적을 정부가 기술하는 제안요구 문서이다. 이것은 잠재적인 제안자가 혁신적이며 비용-효과적인 접근방법을 제안하도록 유연성을 극대화하기 위해 SOW 대신 제안요구에 사용된다. 이것의 내용은 전형적으로 결과물 위주이며, 간소하고, “How to”지침은 배제한다. 하지만, 모든 필

수적인 운용상의 요구사항은 명확하게 반영한다. 이것은 제안자가 준비하여 제안서의 일부로 제출하는 상세한 SOW의 기초가 된다.

MIL-HDBK-245D에 언급되었듯이, 이 방법론은, 제안자로 하여금 정부의 목적을 충족시키기 위한 자신들의 프로세스를 설계하고 제안하도록 최대한의 자유를 보장함으로써 “보다 좋게, 보다 빠르게, 보다 싸게”라는 목적을 달성하도록 해 준다. 이것은 획득개혁전략, 성능기반 소요, 상용 사례 적용, 보유비용 절감 등을 촉진시키는 특별히 효과적인 방법이다.

시스템목적기술서 의 전형적인 양식은 <표 4-8>와 같다.

Statement of Objectives 수신처 사업명 Project Summary 사업의 범위 및 전제적인 목적을 간략히 기술 Tasks 수행해야 할 사업의 단위 업무를 간략히 기술한다. 금액, 상세한 일정, 마일스톤, 하부계약자, 지적재산권 정보 등은 언급하지 않는다.
--

<표 4-8> SOO 양식

4.4.9. 계약자료요구목록

계약자료요구목록은 미 국방부의 CDRL(Contract Data Requirements List)에 그 기초를 둔다. CDRL은 계약의 일부가 되는 특정 조달에 대한 승인된 자료 요구사항 목록이다. 이것은 자료 요구사항 및 제출 정보를 포함하는 단일 DD Form 1423 또는 일련의 DD Form(각 CDRL 양식)으로 구성된다. CDRL은, 제안요구에 있어서 잠재적인 자료 요구사항을 위한 표준양식이며, 계약에 있어서 인도 가능한 자료 요구사항이다. DFARS⁶⁵⁾의 215.470은, 계약에서 자료 요구가 필요할 경우 제안요구에 CDRL을 사용하도록 규정하고 있다.

CDRL은 SOW와 직접적으로 관련되며 사업관리부서 자료관리자에 의해 관리된다. 자료 요구는 또한 계약특수조항에 명시되며, 여기에는 자료의 권한, 보증 등 특수 자료 조항들이 함께 기록된다.

계약자료요구목록의 목적은 정부에서 필요로 하는 최소한의 필수 자료를 결정하는데 표준화된 방법을 제공하는 것이다. 계약자료요구목록은 제안요구나 계약 과정에서 모든 자료 요구사항을 분산시켜 놓지 않고 한군데 모아 놓는 것이다.

미 국방 획득에서 사용하는 계약자료요구목록의 양식은 <그림 4-5>와 같다.

65) DFARS(Defense Federal Acquisition Regulation Supplement) : 미 연방 획득규정 보충판

CONTRACT DATA REQUIREMENTS LIST (1 Data Item)						Form Approved OMB No. 0704-0188	
Public reporting burden for this collection of information is estimated to average 190 hours per response, including the time for reviewing instructions, searching existing data sources, gathering and maintaining the data needed, and completing and reviewing the collection of information. Send comments regarding this burden estimate or any other aspect of this collection of information, including suggestions for reducing this burden, to Department of Defense, Washington Headquarters Services, Directorate for Information Operations and Reports, 1215 Jefferson Davis Highway, Suite 1204, Arlington, VA, 22202-4302, and to the Office of Management and Budget, Paperwork Reduction Project (0704-0188), Washington, DC 20503. Please DO NOT RETURN your form to either of these addresses. Send completed form to the Government Issuing Contracting Officer for contract PR No. listed in Block E.							
A. CONTRACT LINE ITEM NO.		B. EXHIBIT		C. CATEGORY: TDP TM OTHER			
D. SYSTEM/ITEM			E. CONTRACT/PR NO.		F. CONTRACTOR		
1. DATA ITEM NO.		2. TITLE OF DATA ITEM			3. SUBTITLE		
4. AUTHORITY (Data Acquisition Document No.)			5. CONTRACT REFERENCE		6. REQUIRING OFFICE		
7. DD 250 REQ	9. DIST STATEMENT REQUIRED	10. FREQUENCY	12. DATE OF FIRST SUBMISSION		14. DISTRIBUTION		
8. APP CODE		11. AS OF DATE	13. DATE OF SUBSEQUENT SUBMISSION		a. ADDRESSEE		b. COPIES
							Draft
16. REMARKS:					15. TOTAL →		
G. PREPARED BY		H. DATE		I. APPROVED BY		J. DATE	

17. PRICE GROUP

 18. ESTIMATED TOTAL PRICE
INSERT IN SECT. B

DD Form 1423-1, 1 Jun 90

<그림 4-5> CDRL 양식

4.5. 시스템엔지니어링 실무 적용사례

시스템엔지니어링 프로세스 실무를 수행함에 있어, 방대하고 복잡한 업무를 효율적으로 수행하기 위해서는 시스템엔지니어링 전산도구의 사용이 추천된다. 국내에 도입되어 현재 사용 중에 있는 시스템엔지니어링 통합 도구로는 3SLKorea사의 'Cradle'과 'Vitech'사의 'CORE'가 있다.

4.5.1. 시스템엔지니어링 전산도구 소개

4.5.1.1. CORE

CORE는 시스템의 설계에 있어 각 구성원이 독립적으로 업무를 수행하여 시스템의 여러 부분의 특성을 효과적으로 파악하고, 개발프로세스 전 기간에 걸쳐 고객의 요구사항, 사업의 목적, 산업의 표준 및 규제를 만족시키는 전문화된 시스템엔지니어링 능력을 자동화하기 위한 미국 Vitech 에서 개발한 시스템엔지니어링 통합 도구이다.

CORE는 제품 및 프로세스 설계를 위한 다양하고 유연한 모델 및 시뮬레이션을 구현할 수 있게 해준다. CORE의 객체지향적인 환경은 단일사용자에서부터 클라이언트-서버(Client-server) 방식의 분산환경에 이르기까지 동일한 기능성을 구현해주며, Microsoft Windows 및 NT 환경에서 작동된다.

CORE의 주요 기능은, 요구사항의 분석 및 적합성 관리, 작동 가능한 시스템의 거동모델 구현, 물리적 아키텍처의 구축, 시험 및 검증체계 구축, 시스템 성능측정 및 각종 보고서 작성 등이다.

CORE의 주요 구성은, 단일 사용자를 위한 CORE workstation, 시뮬레이션 기능을 제공하고 설계된 데이터의 동적인 측면을 해석할 수 있게 해주는 CORE sim,

Client-server 환경에서 3~3000명이 동시에 사용할 수 있게 해 주는 CORE enterprise, 웹 브라우저를 통해 CORE enterprise의 데이터베이스를 검색할 수 있게 해주는 CORE2net, 임무의 개념설계를 전문적으로 지원해주는 CORE capture 등이 있다.

4.5.1.2. Cradle

Cradle은 전체 시스템/소프트웨어 개발 수명주기에 걸쳐 다중 사용자, 다중 프로젝트 환경을 지원하는 시스템공학 통합 전산도구이다. 무한대 규모, 임의 확장, 분산 웹 기반 저장소를 토대로 Cradle은 단일 형상관리와 접근관리 체계 내에서 모든 프로젝트의 단계, 활동과 산출물을 통합할 수 있게 해준다. 워드와 엑셀과 같은 데스크톱 도구, 전문 엔지니어링과 프로젝트 관리 도구 및 사내 솔루션을 조합 하며, 웹과 비웹 기술의 사용을 통해 분산된 사이트 범위, 기업 범위나 프로젝트 범위를 통합함으로써 프로젝트에 적용 및 조정할 수 있다.

Cradle은 통합 시스템공학 환경으로 모든 프로젝트 정보의 웹 포털로써 사용될 수 있고, 또는 시스템공학 환경의 구성요소에 대한 단일 도구의 하나로 사용할 수 있다. 또한 시스템과 소프트웨어 규격서 개발, 배치나 전체 수명주기 보전과 지원에 사용할 수 있는 확장성을 가지고 있다. Cradle은 모듈화되어 있으며, 강력한 인프라스트럭처 능력을 제공한다.

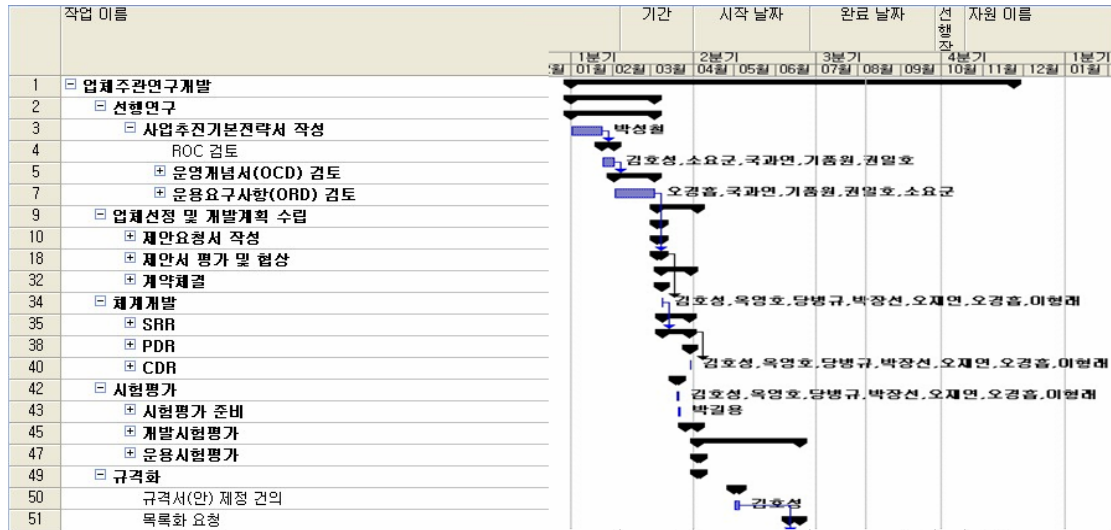
Cradle의 통합 스키마 정의와 형상 관리 시스템을 통해 업무 흐름 패턴을 정의하고, 사용자 계정을 생성하여 역할과 권한을 할당하고, 전체 프로젝트를 관리하고 통제할 수 있다. 모든 적용조정(tailoring)은 point-and-click 인터페이스로 쉽게 이루어진다. Cradle은 복잡한 스크립팅, Custom code나 전담 관리자를 필요로 하지 않는다. Cradle은 웹/비웹 인터페이스, 전용 Cradle 도구, Microsoft 제품과의 통합을 제공하며, 또한 유연한 import/export와 타 도구와의 연계를 위한 다양한 데이터 변환의 특징을 가지고 있다.

Cradle은 통합되고, 다중 사용자 동시 사용가능한 웹기반 시스템엔지니어링 환경을 제공하며, Requirement Management, System Modeling, Document Generator 등 10개의 모듈로 구성된다.

주요 기능으로는 요구사항 캡처 및 관리, 기능, 프로세스 및 아키텍처의 모델 생성, 성능, RAM 및 효과도 정의, 모든 레벨에서 시험관리 수행, 자동화된 프로젝트 문서화, 수명주기간 추적성 유지, 그리고 형상관리 및 통제 등이다.

4.5.2. 시스템엔지니어링 전산도구 적용사례

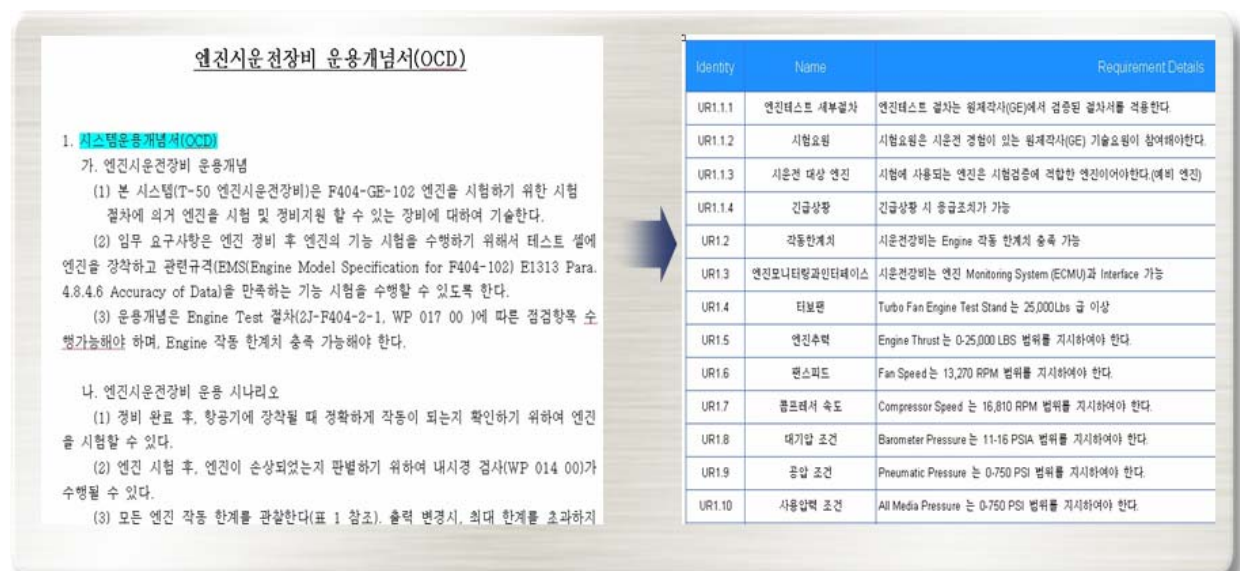
<그림 4-6>은 업체주관 연구개발사업 프로세스를 'MS Project'라는 프로그램을 활용하여 시현한 예를 보여주고 있다. 입력 요소에는 단계별 업무식별, 업무기간, 담당자 등이며 이 사업은 탐색개발이 없이 바로 체계개발로 들어가고 있음을 알 수 있다.



<그림 4-6> MSP를 이용한 사업관리 프로세스 시현 예

각 사업단계에서 중요한 SE 업무를 중심으로 SE 전산도구인 Cradle을 사용한 SE 관리방법을 설명하기로 한다.

먼저 선행연구 기간 중 사업추진기본전략서 작성 단계에서 실시해야 하는 SE 활동은 크게 두 가지이다. 첫째, 운용개념서(OCD) 검토 후 User Requirement(운용요구서)를 작성하는 것이다. <그림 4-7>은 운용개념서로부터 엔진시운전장비의 User Requirement를 작성한 예를 보여주고 있다. User Requirement 작성 시에는 이해관계자 참여가 있어야 한다. 이 중에서 소요군의 참여는 필수적이라 할 수 있다.



<그림 4-7> 사용자 요구사항 입력

둘째, 운용요구서(ORD) 검토 후 System Requirement(시스템요구서)를 작성하는 것이다. <그림 4-8>은 운용요구사항으로 부터 엔진시운전장비의 System

Requirement를 작성한 예를 보여주고 있다. System Requirement 작성에도 역시 이 해관계자 참여가 있어야 한다. 특히, 각 군과 기술지원팀의 참여가 반드시 필요하며 시스템에 대한 요구를 글로 표현하기 위하여 시스템 이해를 위한 다소간의 연구기간이 필요하다. 이는 시스템의 복잡도에 따라 달라진다.



<그림 4-8> 시스템요구사항 입력

제안요청서 작성을 위한 시스템엔지니어링 활동 중 제일 중요한 사항은 업체로부터 내실 있는 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP)를 받을 수 있도록 시스템엔지니어링 계획서, 즉 SEP를 작성하는 것이다. SEP 작성가이드를 미 국방부에서 인터넷에 공개하고 있으므로, 사업팀에서는 SEP를 작성하여 제안요청서의 부록으로 첨부하는 것이 좋다.

1	업체주관연구개발	235 일	07-01-01 (월)	07-11-23 (금)	육영호
2	선행연구	45 일	07-01-01 (월)	07-03-02 (금)	당병규
3	사업추진기본전략서 작성	45 일	07-01-01 (월)	07-03-02 (금)	박장선
4	ROC 검토	17 일	07-01-01 (월)	07-01-23 (화)	박성철
5	운영개념서(OCN) 검토	7 일	07-01-24 (수)	07-02-01 (목)	4 박성철
7	운영요구사항(ORD) 검토	21 일	07-02-02 (금)	07-03-02 (금)	6 박성철
9	업체선정 및 개발계획 수립	22 일	07-03-05 (월)	07-04-03 (화)	당병규
10	제안요청서 작성	3 일	07-03-05 (월)	07-03-07 (수)	박장선
11	개발업체 선정계획 공고	3 일	07-03-05 (월)	07-03-07 (수)	이현재
12	시스템엔지니어링 계획서(SEP) 작성	3 일	07-03-05 (월)	07-03-07 (수)	8 김호성
13	기술 프로그램 계획 및 통제 (TECHNICAL PROGRAM PL)	3 일	07-03-05 (월)	07-03-07 (수)	오경훈
14	시스템엔지니어링 절차 (SYSTEM ENGINEERING PROC)	3 일	07-03-05 (월)	07-03-07 (수)	오경훈
15	전문 공학 분야 통합 (ENGINEERING SPECIALTY INTEG)	3 일	07-03-05 (월)	07-03-07 (수)	국과연,기품원
16	약어, 용어 정의 (ACRONYM LIST)	1 일	07-03-05 (월)	07-03-05 (월)	김호성
17	첨부 자료 (APPENDICES)	1 일	07-03-05 (월)	07-03-05 (월)	기품원
18	제안서 평가 및 협상	16 일	07-03-08 (목)	07-03-29 (목)	오경훈

업체로부터 SEMP를 받을 수 있도록 SEP를 제안

정형된 양식 활용으로 작성 시간 단축 가능

통일된 약어, 용어 사용을 위하여 약어/용어 정의

<그림 4-9> SEP의 작성

여기서 중요한 점은 수명주기 간 사업관리를 원활하게 하기 위해 통일된 용어를 사용할 수 있도록 SEP에 약어/용어 LIST를 제공해야 한다.

<그림 4-10>은 제출된 제안서에 제시된 WBS를 중심으로 업무기술서(SOW)를 작성하는 단계를 보여주고 있다. 업무기술서에는 작업분할구조(WBS)와 조직분할구조(OBS)를 고려한 작업범위와 기준이 작성되는데 이러한 활동의 정의가 바로 EVMS의 가장 중요한 측정 대상이 되는 것이다.

1	업체주관연구개발	235	일	07-01-01 (월)	07-11-23 (금)	육영호
2	선행연구	45	일	07-01-01 (월)	07-03-02 (금)	당병규
3	사업추진기본전략서 작성	45	일	07-01-01 (월)	07-03-02 (금)	박장선
4	ROC 검토	17	일	07-01-01 (월)	07-01-23 (화)	박성철
5	운영개념서(OCR) 검토	7	일	07-01-24 (수)	07-02-01 (목)	4 박성철
6	운용요구사항(ORD) 검토	21	일	07-02-02 (금)	07-03-02 (금)	6 박성철
7	업체선정 및 개발계획 수립	22	일	07-03-05 (월)	07-04-03 (화)	당병규
8	제안서 작성	3	일	07-03-05 (월)	07-03-07 (수)	박장선
9	제안서 평가 및 협상	16	일	07-03-08 (목)	07-03-29 (목)	오재현
10	제안서 평가팀 구성 및 평가	1	일	07-03-08 (목)	07-03-08 (목)	오재현
11	시스템엔지니어링 관리계획서(SEMP) 접수 및 평가	1	일	07-03-08 (목)	07-03-08 (목)	12 김호성, 육영호, 당병규
12	협상대상업체 선정	14	일	07-03-09 (금)	07-03-28 (수)	20 김호성, 육영호, 당병규
13	업무기술서(SOW) 작성	14	일	07-03-09 (금)	07-03-28 (수)	20 김호성, 육영호, 당병규
14	협상지침서 구성 및 협상	1	일	07-03-29 (목)	07-03-29 (목)	오재현
15	SE 주요문서(결과물)가 CDRL에 포함되었는지 확인	1	일	07-03-29 (목)	07-03-29 (목)	22 김호성, 육영호, 당병규
16	체계개발실행계획 수립 및 확정	2	일	07-03-19 (월)	07-03-20 (화)	오재현
17	요건분석/기능분석 내용 확인	2	일	07-03-19 (월)	07-03-20 (화)	김호성, 육영호, 당병규
18	집행승인 건의/예산 재배정	2	일	07-03-20 (화)	07-03-21 (수)	박길용

업체 제안서에 제공되어 있는 WBS를 기준으로
(선정된 업체와 함께)

22	업무기술서(SOW) 작성	4.67	일	07-03-09 (금)	07-03-15 (목)	20 김호성, 육영호, 당병규
23	범위 설정	1.5	일	07-03-09 (금)	07-03-12 (월)	김호성, 선정업체
24	작업기준 설정	1.5	일	07-03-09 (금)	07-03-12 (월)	김호성, 선정업체
25	대상 시스템 분석 및 통제	2.33	일	07-03-09 (금)	07-03-13 (화)	기쁨원, 국과연, 선정업
26	대상 시스템 설계 검토	4.67	일	07-03-09 (금)	07-03-15 (목)	기쁨원, 국과연, 선정업

<그림 4-10> SOW의 작성

<그림 4-11>는 체계개발 단계에서 시스템엔지니어링 활동으로, 선행연구 단계에서 만들어진 User Requirement를 SRR(시스템 요구사항 검토)를 통하여 확정하고, 시스템엔지니어링 전산도구에 입력하여 추적성을 확보하는 작업을 보여준다.

1	업체주관연구개발	235	일	07-01-01 (월)	07-11-23 (금)	육영호
2	선행연구	45	일	07-01-01 (월)	07-03-02 (금)	당병규
9	업체선정 및 개발계획 수립	22	일	07-03-05 (월)	07-04-03 (화)	당병규
3	체계개발	54	일	07-04-04 (수)	07-06-18 (월)	당병규
5	SRR	2	일	07-04-04 (수)	07-04-05 (목)	박장선
6	체계요구조건 확정	2	일	07-04-04 (수)	07-04-05 (목)	33 김호성
67	SE 전산도 DATA BASE(SYSTEM SPEC) 입력	2	일	07-04-04 (수)	07-04-05 (목)	김호성

OCD

USER REQ

Identity	Def	Version	Name	Description	Status	Category	Priority	Domain	Rationale
1	SR1.1	A	제1차 목표 및 자료 획득 시스템	Engine Control 및 Data Acquisition System은 Phase 1	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL
2	SR1.2	A	중 임무회	Sub-Function: Phase 1의 임무회, 운영, 및, Display 등	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL
3	SR1.3	A	데이터 입력부	Data Input을 위한 1 Set Color Printer 등	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL
4	SR1.4	A	자율 CRT	Color Transparencies Display	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL
5	SR1.5	A	자율 CRT	Test Procedure: 운영 및 Display 등 12-15의 불차량	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL
6	SR1.6	A	자율 CRT	Sub-Critical Parameter: 운영, Trans. Log 등, 운영 시 운영을 위한 불차량	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL
7	SR1.7	A	로그 Sheet	23-Phase 2, 1 Set 017 0000 1 Set 0000	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL
8	SR1.8	A	제1차 목표 및 자료 획득 시스템	Engine Control Module) Touch	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL
9	SR1.9	A	자율	Engine Control Module) Touch	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL
10	SR1.10	A	운영/제1차 목표	Engine Control Module) Touch	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL
11	SR1.11	A	소프트웨어 기법	Programmable Data Source	Functional	MANEATO	RY	OPERATED	NAL

<그림 4-11> 사용자 요구사항 확정

<그림 4-12>는 System Requirement를 확정된 User Requirement와 연결하는 작

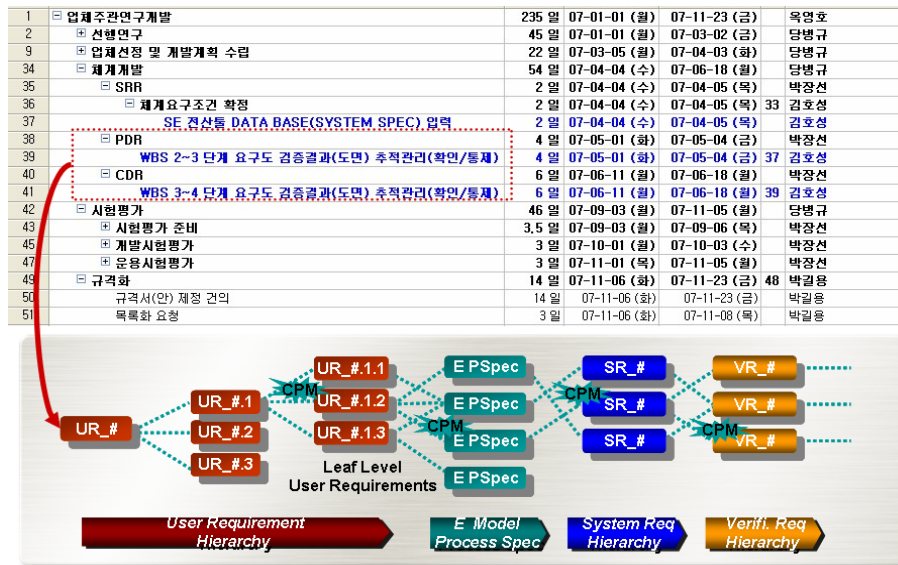
[illegible]

<그림 4-13>은 사용자 요구사항, 시스템 요구사항, 검증 요구사항 간에 추적이 가능하도록 요구사항 입력이 완성된 도표를 보여준다.



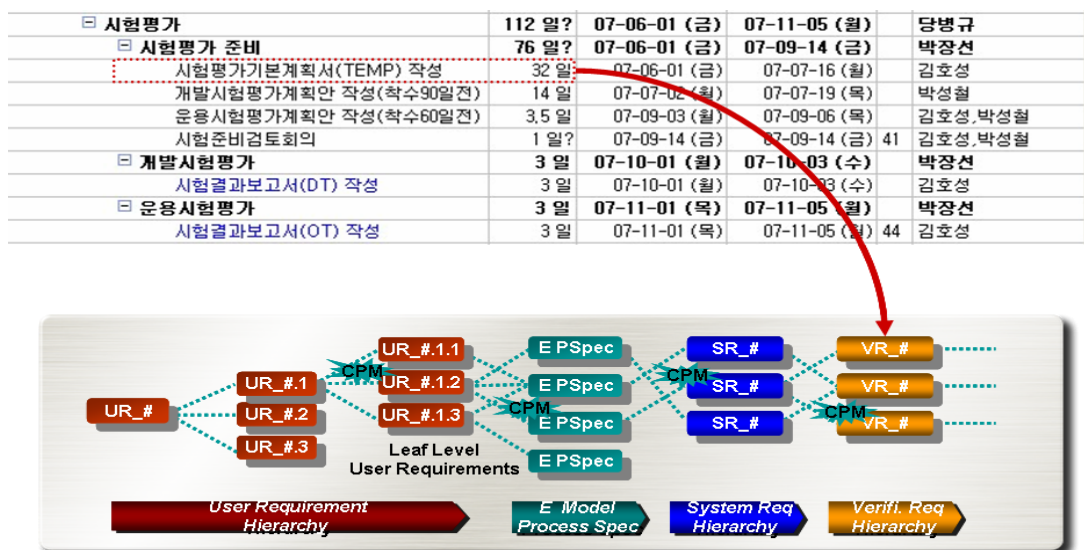
개략설계 회의와 상세설계 회의를 거칠수록 WBS 3~4 단계까지 내려가므로 업무가 많아지고 복잡해지지만 전체적인 접근 방법은 <그림 4-14>에서 보는 것과 같이 User Requirement를 중심으로 서브시스템, 컴포넌트 등의 사용자 요구사항을 묘사

하고 이를 도면과 연결하며, 동시에 어떻게 검증할 것인가를 검토한다.



<그림 4-14> 사용자요구사항에서부터 검증요구사항까지의 추적성

지금까지 설명한 방법으로 <그림 4-15>과 같이 시스템에 대한 추적성이 확보되면 시험평가 준비는 자동으로 완료 되었다고 볼 수 있다. 왜냐하면 시험평가의 기준이 되는 시험평가 관련 조직, 시험평가 관련 항목들이 PDR, CDR을 거쳐 상세하게 나타나게 되고 이를 시험평가기본계획서(TEMP) 내용에 포함하여 결과물로 제출하게 되어있다. 상기 사례의 경우 탐색개발이 없으므로 개발주관부서에서 개략 시험평가계획서(P-TEMP)를 제출 하도록 되어있다. 따라서 방위력개선사업관리규정 제133조 ~ 142조에 명시되어 있는 시험평가를 위한 TEMP 작성 및 통합시험평가를 위한 기본 계획이 자동으로 이루어져서 효율적인 시험평가를 수행 할 수 있다.



<그림 4-15> UR-SR-VR 프로세스 요약

지금까지 사용해왔던 기존 TEMP와 시스템엔지니어링 기반의 TEMP의 차이점은 크게 두 가지이다. 첫째, 기존 TEMP의 시험평가 항목은 추적성을 갖지 못하나 시스템엔지니어링 기반의 TEMP는 소요군의 요구사항 및 ROC와의 추적이 가능하다. 둘째, 규정에 나와 있는 획득 프로세스 상에 통합시험평가를 위한 절차가 생략될 수 있다. 이는 전체 사업 일정 및 비용을 줄여주는 효과를 가져 오는데, 시스템엔지니어링 프로세스를 통한 연구개발의 경우, 이행당사자가 사업초기부터 지속적으로 토의하여 검증 가능한 목표 및 방법을 제시하므로 시험평가 프로세스를 만들기 위한 일정 및 예산의 낭비를 줄일 수 있으며, 동시에 통합시험평가를 위한 통합시험평가 계획서가 개발/운용시험평가 계획(안) 제시 후에 나오는 것이 아니라 TEMP 제작과 동시에 작성된다.

<그림 4-16>는 CDR 후 작성된 시험평가기본계획서의 내용으로 통합시험의 프로세스, 계획 및 지원계획 등이 포함되어 있다. 이러한 TEMP가 작성되면 DT(개발시험평가) 90일전 DT 계획서(안)가 개발부서에서 방위사업청 분석시험평가국으로 구체적으로 제출될 수 있다. 마찬가지로 소요군에서 OT 60일전 OT 계획서(안)가 방위사업청 분석시험평가국으로 제출되어야 하는데, 이러한 TEMP가 작성되어 있으면 손쉽게 그리고 구체적인 OT 계획서(안)가 만들어 질 수 있다.

아래 <그림 4-17>는 통합시험평가 일정을 나타내는 것으로 시험평가 기간 단축 및 효율성 증가를 위한 통합시험 필요성을 나타내고 있다.

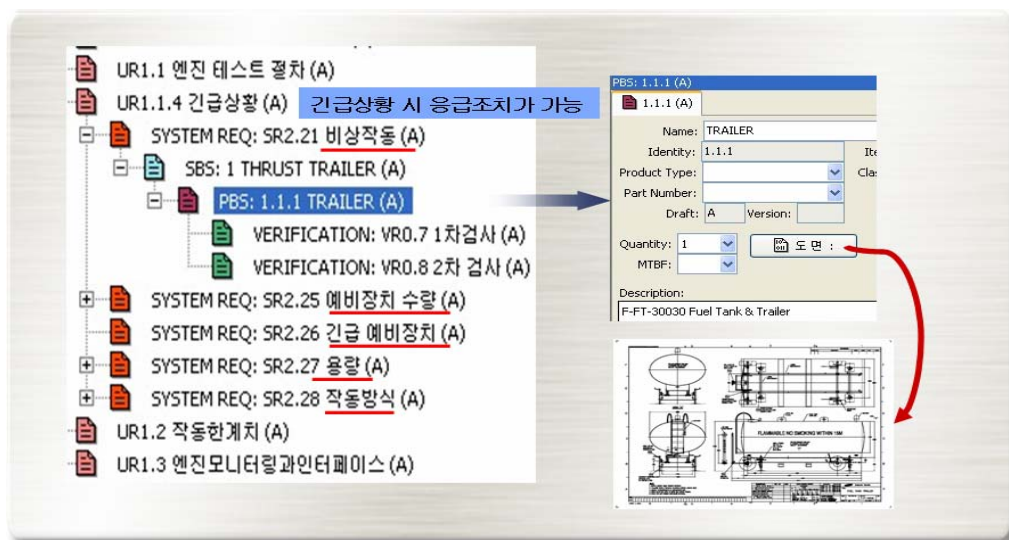
○○○ _ _ 장비 시험평가기본계획서(TEMP) Test & Evaluation Mast Plan 통합시험 PROCESS (부록:평가항목,방법,세부일정) 통합시험 계획 통합시험지원 계획 방 위 사 업 청	목 차 <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>1. 별첨 시문제장비 제제 소개</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>1.1 별첨 시문제장비</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>1.1.1 주요 목적</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>1.1.2 일류</td><td style="text-align: right;">1</td></tr> <tr><td>1.2 제제 목적</td><td style="text-align: right;">2</td></tr> <tr><td>1.3 운용 효과도 및 격합성 측정 기준</td><td style="text-align: right;">2</td></tr> <tr><td>1.3.1 격합성 지표</td><td style="text-align: right;">2</td></tr> <tr><td>1.4 격합성 지표</td><td style="text-align: right;">3</td></tr> <tr><td>2. 시험평가계획 요약</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> <tr><td>2.1 시험평가 주요 일정</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> <tr><td>2.2 시험평가관리 계획</td><td style="text-align: right;">8</td></tr> <tr><td>2.2.1 시험평가교과</td><td style="text-align: right;">8</td></tr> <tr><td>2.2.2 시험평가 검토 회의제</td><td style="text-align: right;">11</td></tr> <tr><td>3. 개발시험평가 개요</td><td style="text-align: right;">18</td></tr> <tr><td>3.1 개발시험평가 소개</td><td style="text-align: right;">18</td></tr> <tr><td>3.2 개발시험평가</td><td style="text-align: right;">19</td></tr> <tr><td>3.2.1 개발시험평가</td><td style="text-align: right;">19</td></tr> <tr><td>3.2.2 운영시험평가</td><td style="text-align: right;">23</td></tr> <tr><td>3.2.3 개발시험평가 범위 및 제한사항</td><td style="text-align: right;">26</td></tr> <tr><td>3.3 ILS 개발시험평가</td><td style="text-align: right;">27</td></tr> <tr><td>3.4 훈련지원 시험평가</td><td style="text-align: right;">30</td></tr> <tr><td>4. 운용시험평가 개요</td><td style="text-align: right;">31</td></tr> <tr><td>4.1 운용시험평가 소개</td><td style="text-align: right;">31</td></tr> <tr><td>4.2 주요운영주요점</td><td style="text-align: right;">32</td></tr> <tr><td>4.3 운용시험평가</td><td style="text-align: right;">33</td></tr> <tr><td>4.4 운용지원 범위 계획</td><td style="text-align: right;">39</td></tr> </table>	1. 별첨 시문제장비 제제 소개	1	1.1 별첨 시문제장비	1	1.1.1 주요 목적	1	1.1.2 일류	1	1.2 제제 목적	2	1.3 운용 효과도 및 격합성 측정 기준	2	1.3.1 격합성 지표	2	1.4 격합성 지표	3	2. 시험평가계획 요약	5	2.1 시험평가 주요 일정	5	2.2 시험평가관리 계획	8	2.2.1 시험평가교과	8	2.2.2 시험평가 검토 회의제	11	3. 개발시험평가 개요	18	3.1 개발시험평가 소개	18	3.2 개발시험평가	19	3.2.1 개발시험평가	19	3.2.2 운영시험평가	23	3.2.3 개발시험평가 범위 및 제한사항	26	3.3 ILS 개발시험평가	27	3.4 훈련지원 시험평가	30	4. 운용시험평가 개요	31	4.1 운용시험평가 소개	31	4.2 주요운영주요점	32	4.3 운용시험평가	33	4.4 운용지원 범위 계획	39
1. 별첨 시문제장비 제제 소개	1																																																				
1.1 별첨 시문제장비	1																																																				
1.1.1 주요 목적	1																																																				
1.1.2 일류	1																																																				
1.2 제제 목적	2																																																				
1.3 운용 효과도 및 격합성 측정 기준	2																																																				
1.3.1 격합성 지표	2																																																				
1.4 격합성 지표	3																																																				
2. 시험평가계획 요약	5																																																				
2.1 시험평가 주요 일정	5																																																				
2.2 시험평가관리 계획	8																																																				
2.2.1 시험평가교과	8																																																				
2.2.2 시험평가 검토 회의제	11																																																				
3. 개발시험평가 개요	18																																																				
3.1 개발시험평가 소개	18																																																				
3.2 개발시험평가	19																																																				
3.2.1 개발시험평가	19																																																				
3.2.2 운영시험평가	23																																																				
3.2.3 개발시험평가 범위 및 제한사항	26																																																				
3.3 ILS 개발시험평가	27																																																				
3.4 훈련지원 시험평가	30																																																				
4. 운용시험평가 개요	31																																																				
4.1 운용시험평가 소개	31																																																				
4.2 주요운영주요점	32																																																				
4.3 운용시험평가	33																																																				
4.4 운용지원 범위 계획	39																																																				

<그림 4-16> TEMP 작성



<그림 4-17> 통합시험평가 일정

지금까지 설명한 내용을 이해하기 쉽게 정리하면 <그림 4-18>와 같다. 즉, UR 1.1.4 긴급상황에 응급조치가 가능하게 해달라는 소요군의 User Requirement를 만족시키기 위하여 5가지 System Requirement 즉 비상작동, 예비장치, 긴급예비장치, 용량, 작동방식 등이 제시되고 있으며, 각각의 System Requirement는 SBS⁶⁶⁾, PBS⁶⁷⁾ 그리고 어떻게 검증할 것인가 하는 Verification Requirement와 연결되어 있다. 특히 PBS에는 도면 자료까지 연결되어 기술자료 관리가 유저 인터페이스 중심으로 사용할 수 있도록 설계하였다.



<그림 4-18> UR-SR-VR 프로세스 요약

66) SBS(System Breakdown Structure) : PBS보다 덜 구체화된 시스템의 정의된 계층구조, 물리적 아키텍처
 67) PBS(Product Breakdown Structure) : 제품을 구성하는 구성 요소를 계층구조로 나타낸 것. 대상 제품을 명확히 정의하며, WBS의 일부가 된다.

4.6. 개발기관에 대한 요구사항

이 절에서는 RFP, 계약특수조건, 협상대안 등의 수단을 통하여, “개발기관에 무엇을 요구할 것인가?” 하는 문제를 다룬다. 개발기관에 SE 업무를 부과하는 정부의 행위를 태스킹(Tasking)이라는 용어로 표현한다. 태스킹을 위해서는 하나의 통합된 기술적 과업이 개발되어야 한다. 이것은, SOW 상의 모든 업무를 통합시킴으로서, 또는 하나의 또는 그 이상의 표준을 테일러링하여 조합함으로써 수행되며, SEMP를 통해서 완전하고 통합된 과업의 세트를 이행함으로써 충족된다.

RFP 등에 부록으로 그대로 포함시킬 수 있는 표준이 그동안 미 국방분야를 중심으로 개발되어 왔다. 이 책에서는 그 중에서 MIL-STD-499B 초안과 SERP⁶⁸⁾ 상에 나타나 있는 요구사항들을 발췌 및 정리하기로 한다. 이러한 표준은 현재 강제적인 사항은 아니지만, 태스킹 업무에 적용시킴으로써, 개발기관으로 하여금 개발목표와 업무범위 및 방향을 보다 쉽게 식별하고 보다 나은 출력물 및 제품을 만들어내도록 해 준다.

실제 적용에 있어서는 해당 표준들을 참고하기 바란다.

4.6.1. MIL-STD-499B 초안에 나타난 요구사항

4.6.1.1. 일반 요구사항

일반요구사항은 시스템 수명주기에 두루 적용 가능한 시스템엔지니어링의 측면에 대한 것이다. MIL-STD-499B에서 말하는 시스템엔지니어링의 범위는 시스템을 개발, 생산, 검증 및 배치하는데 필요한 모든 기술적인 노력을 통합하는 것이다. 따라서 시스템엔지니어는 비용, 일정, 성능 및 위험의 절충을 통해 균형 잡힌 제품/프로세스 세트를 도출해내야 한다.

<그림 4-21>는 MIL-STD-499B에서 설명하는 시스템엔지니어링 프로세스를 도식적으로 보여주고 있다.

<표 4-9>에서는 시스템엔지니어링 절차가 올바르게 수행되도록 하기 위하여, 제안요청서나 계약을 통해서 계약자(또는 이행기관)에게 요구(Tasking)할 수 있는 사항들을 기술한다. 다음의 요구사항들은 증명되고 정리된 것이므로, 정부측 사업관리자(태스킹 부서)는 이들의 전체 또는 일부를 제안요청서(또는 계약서)에 포함시킴으로써 보다 나은 제안서(또는 제품)가 제출(인도)되도록 유도할 수 있을 것이다.

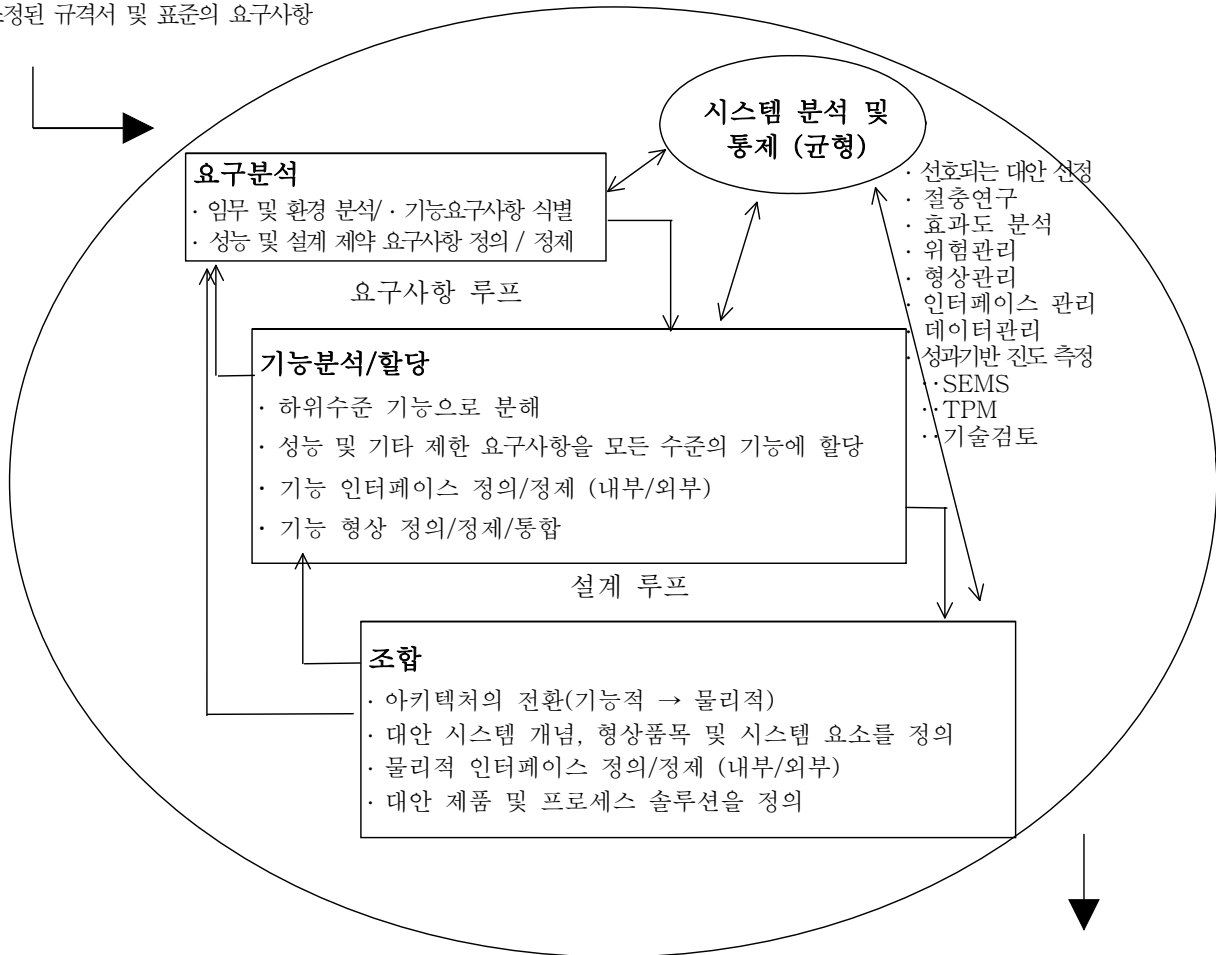
68) SERP[Systems Engineering Requirements and Products(시스템엔지니어링 요구사항 및 결과물) : MIL-STD-499A
페이지 후 미 공군 우주사령부의 우주 및 유도무기 시스템센터(SMSC)에서 우주 및 유도무기 개발에 적용하기 위해
Aerospace사를 통해 작성한 SE 표준

프로세스 입력

- 사용자 요구 / 목적 / 요구사항
 - .. 임무
 - .. 효과도 척도
 - .. 환경 및 제약조건
- 기술적 기반
- 전 단계의 출력
- 프로그램 의사결정 요구사항
- 조정된 규격서 및 표준의 요구사항

※시스템 요소 = 하드웨어, 소프트웨어, 인원, 시설, 데이터, 재료, 서비스, 기술

※품목 = 시스템, 세그먼트, 형상품목, 형상품목 세트, 시스템 요소



프로세스 출력

- 의사결정 데이터베이스
- 의사결정 지원 데이터
- 시스템 기능 및 물리적 아키텍처
- 규격서 및 베이스라인
- 균형된 시스템 솔루션

<그림 4-21> MIL-STD-499B의 시스템엔지니어링 프로세스

<표 4-9> MIL-STD-499B의 시스템엔지니어링 일반 요구사항

구 분	요구사항
1. SE 계획 및 이행	• 이 표준의 적용에 있어서 다음 사항이 준수되어야 한다. - 모든 기술적 이행 및 관리 노력은 SE 프로세스에 맞게 통합되어야 한다. - 인용된 다른 표준 상의 요구되는 과업을 포함한 기술적인 과업들은 공통된 목적을

1. SE 계획 및 이행	달성하도록 통합되어야 한다. 요구되는 과업의 계획 및 이행은, 식별된 요구를 만족시키기 위해 적용된 모든 적절한 기술적 원칙이 적용된 다분야의 팀워크를 보여주어야 한다. 통합된 기술적인 노력은 SEMP⁶⁹⁾, SEMs⁷⁰⁾ 및 SEDS⁷¹⁾에 나타나야 한다. - 이행부서⁷²⁾는, 계약으로 정해진 SEMP에 의거하여 시스템엔지니어링 프로세스 및 기타 시스템엔지니어링 활동을 수행해야 한다. SEMP는 태스킹 부서⁷³⁾와 이행부서가 이 표준을 테일러링하는 것에 대해서 설명해야 한다. 또한 SEMP는 시스템엔지니어링 프로세스 및 이를 수행하기 위한 이행부서의 계획을 기술해야 한다. 또한, 이행부서는 SEMP를 유지 및 업데이트해야 한다. - 이행부서는 계약이행을 위해 SEMs를 개발해야 한다. - 이행부서는 상세화되고 일정화된 과업을 명시한 SEDS를 개발해서 유지해야 한다. 보통 SEDS의 초판은 이행부서의 제안을 수반하며, 이것은 기술적 진보 및 이에 따르는 위험을 추적하기 위해 계약 이행 기간 동안 유지된다. - 이행부서는 태스킹 부서에서 개발한 WBS를 계약요구사항을 충족하는데 필요한 수준까지 발전시켜야 한다. 이행부서는 (태스킹 부서에서 개발한 Program WBS로부터 도출한) Contract WBS를, 프로그램 위험을 고려하여 어떻게 수행해야 할지 반영하기 위해, 보고해야하는 요구사항 이하까지 확장할 수 있는 유연성을 가진다. - 품질은 결함을 찾아내어 수정하는 것보다 결함을 방지하는데 초점을 맞춘 사업의 기술적인 한 분야가 되어야 한다.	
2. SE 입력	● 프로세스 입력은 기술적 노력의 새로운 단계(새롭거나 업데이트된 고객의 요구, 기술 기초자료, 이전 단계의 출력물, 그리고 프로그램 제약사항) 뿐만 아니라 계속적인 기술적 노력(기술적인 확인부터 품목 검증에 까지)을 지원하기 위해 필요한 정보를 포함한다. 이행부서는 필요한 기술적 입력정보 및 그것이 필요한 이유 및 언제 필요한지를 태스킹 부서에 통보해야 한다. 태스킹 부서는 이행부서에 어떠한 정보가 제공되지 않으며, 그 단계에서 생성되어야 한다는 것을 통보한다.	기술적 목적 ● 요구사항을 설정하기에 충분한 데이터를 확보하지 못했을 때, 요구, 긴급성, 비용, 위험 및 가치 간의 정의 및 절충의 근거를 제공하기 위해서 기술적인 목적이 사용된다. 식별된 기술적인 목적은 시스템 솔루션 및 성공에 중요한 요소로 집약되어야 하며, 투입된 자원에 대한 본질적인 전력 증강을 가져다준다. 이행부서는 다음을 수행한다. - 요구되는 기술적 목적들을, 이론적 설명과 함께 식별한다. - 요구사항을 초과하는 성능에 대한 기술적인 목적이 설정되었을 때에 시스템 능력의 증강이 비용-효과적인지 확인하기 위해 매트릭스(점검표) 및 성공기준을 개발하라. - 기술성능척도에 중요 기술 목적을 사용하라.
3. SE 프로세스 요구사항	● 이행부서는, 계약의 목적을 성취하기 위한 노력 동안에, 시스템 수명주기 요구사항, 설계 및 솔루션을 정의하기 위해, 「요구분석」, 「기능분석/할당」, 「조합」, 그리고 「시스템 분석 및 통제」로 구성되는 시스템엔지니어링 프로세스를 수행해야 한다.	요구사항 분석 ● 이행부서는 고객의 요구, 목적, 그리고 고객의 임무 컨텍스트에서의 요구사항, 사용환경, 그리고 각 주요 시스템 기능에 대한 기능 및 성능 요구사항을 결정하기 위한 식별된 시스템 특성을 분석 해야 한다. 요구분석은, 추가적인 시스템 정의(예를 들면, 다른 시스템 품목, 식별된 기능에 대한 성능 요구사항)에 의존하는 요구사항을 개발하기 위해 기능분석과 함께 반복적으로 수행되어야 하며, (조합 결과로부터) 인원, 제품 및 프로세스 솔루션이 고객의 요구사항을 만족시킬 수 있는지 검증한다.

3. SE 프로세스 요구사항		요구분석을 수행함에 있어 이행부서가 해야 할일은 다음과 같다. - 고객의 목적 및 요구사항을 정제하는 일을 지원한다. - 초도 성능목적을 정의하고 그것들을 요구사항으로 정제한다. - 솔루션을 제한하는 제한사항을 식별 및 정의한다. (예를 들면, 임무 및 운용 환경 또는 자연 및 인간 환경에 대한 악영향 등) - 고객이 제공한 임무 효과도 척도(MoEs)⁷⁴에 근거하여 기능 및 성능 요구사항을 정의한다. MOEs가 요구되는 수준으로 상세히 제공되지 않으면 이행부서는 고객의 임무, 운용환경, 필요, 요구사항, 목적, 설계 제약사항 등과 관련된 MOEs 세트를 개발해야 한다. ● 요구사항 기능적 요구사항은 요구분석 과정에서, 프로세스 입력이 기능 분석을 위한 최상위 수준 기능으로 사용 되듯이, 식별된다. 성능요구사항은, - 시스템 수명주기 요소들에 근거하여 모든 식별된 기능 에 걸쳐 상호 작용적으로 개발된다. - 예측에 의해 확실한 정도, 시스템 성공에 치명도, 다른 요구사항들과의 관계 등의 관점에서 특성화된다.
	기능분석 /할당	이행부서는 인원, 제품, 프로세스 및 위험관리 등에 대한 솔루션의 조합(synthesis)을 지원하는데 필요한 정도로 기능 아키텍처를 정의 및 통합해야 한다. 기능분석/할당은 다음을 위해 반복적으로 수행되어야 한다. - 상위 수준의 기능 요구사항을 만족시키기 위해, 그리고 기능적 요구사항의 대안 세트를 정의하기 위해 하위 수준 기능을 연속적으로 정의하기 위해서 - 요구분석을 통해, 임무 및 환경에서 도출되는 성능을 정의하고 상위 수준 요구사항이 만족되는지 판단하기 위해 - 성능 요구사항 및 설계 제약사항을 구체화하기 위해 - 조합을 통해 요구사항을 충족시키는 가용한 솔루션 대안을 정의 및 정제 하기 위해, 그리고 도출된 요구사항을 기능 아키텍처 내에 포함시키기 위해 ● 기능분석 식별된 기능 요구사항은, 본래의 요구사항을 성취하는데 필요한 하위 수준의 기능을 결정하기 위해 분석해야 한다. 모든 명시된 운용모드를 분석에 포함시켜야 한다. 기능 요구사항은 하위 수준 기능요구사항이 상위 수준 요구사항의 일부로 인식되도록 배열시켜야 한다. 성능이나 기능의 순서에 시간 개념이 중요한 경우 시계열분석(Time-line analysis)을 수행해야 한다. 기능요구사항은 논리적으로 순서화되어야 하며, 입력, 출력, 기능 인터페이스(내부 및 외부) 요구사항이 수반되고, 초기부터 마지막 상태까지, 그리고 모든 인터페이스에 걸쳐 추적할 수 있어야 한다. ● 할당 이행부서는 각 기능요구사항 및 인터페이스에 대해서 (최고 수준부터 최하 수준까지) 성능 요구사항을 연속적으로 설정해야 한다. 기능 또는 기능의 집합에 있어서 아주 중요한 시간적 요구사항은 반드시 결정되고 할당되어야 한다. 결과적인 요구사항의 집합은 정량적인 용어로, 적용 가능한 Go/no-go 기준을 포함하여, 설계 기준으로 사용될 수 있을 정도로 충분히 상세하게 정의해야 한다. 성능요구사항은, 전 기능 아키텍처에 걸쳐, 할당될 전 분석에 대하여, 충족시키고자 하는 상위 수준 요구사항까지 추적할 수 있어야 한다.
	조합	이행부서는 기능 아키텍처 내의 기능 및 성능 요구사항의 논리적 세트에 대한

3. SE 프로세스 요구사항	솔루션을 정의 및 설계하고 그것들을 물리적 아키텍처로 통합해야 한다. 이행부서는, 요구되는 수준의 설계 결과물을 얻는데 필요한 기능 및 성능 요구사항의 완전한 세트를 정의하기 위해 기능분석/할당과 함께 조합을 반복적으로 수행해야 한다. 요구분석은, 솔루션 결과물이 고객의 입력 요구사항을 만족하는지 검증하기 위해 사용되어야 한다. 이행부서는 다음을 수행해야 한다: • 설계를 위한 기능 및 성능 요구사항의 완전성을 결정하고, 완전성에 필요한 도출된 요구사항을 식별한다. • 요구되는 기능 및 성능을 포함하여 내·외부 물리적 인터페이스를 정의하고 요구사항이 전 인터페이스에 걸쳐 통합되고 검증가능한지 확인한다. • 중요 파라미터들을 식별하고, 그것들의 변화 가능성 그리고 변화 가능성에 대한 솔루션의 민감성을 분석한다. • (각 기본 시스템 기능에 적용 가능한 개념, 기술 및 절차적인 데이터 들을 포함하여) 인력, 제품 및 프로세스 솔루션, 그리고 요구되는 허용치 및 이러한 대안에 대한 변화 가능성을 상호작용적으로 정의한다. • 시스템, 형상 품목 그리고 시스템 요소 솔루션을 성취도 충족 검증을 가능케 하는 수준으로 상세하게 정의한다. • 아키텍처를 WBS, 규격서 트리, 규격서 그리고 성능 베이스라인으로 전환시킨다.	
	설계	조합의 출력은 내·외부 품목간 인터페이스와 관계를 포함하여 완전한 시스템을 묘사해야 한다. 이행부서는 다음을 수행한다: • 해당 기능/할당/제품 베이스라인을 설정하고 업데이트하기 위한 정보를 개발한다. 예를들면, 시스템, 형상품목, 프로세스, 그리고 상용 품목 성명을 포함한 원자재 규격서; 도면 및 목록; 인터페이스 통제문서(ICD); 기술 계획; 수명주기 자원 요구사항; 절차 핸드북 및 업체의 자재; 과업 부하 등 • 접근 용이성, 손쉬운 분해, 공용이면서 단순한 공구, 부품수 감소, 모듈화 정도, 생산성(예를 들면 조립의 용이성), 표준화, 그리고 인식 기술을 적게 사용하는 것과 같은 요소들에 대하여 대안을 평가하여, 설계 단순화 개념을 적용한다. • 위험감소 노력의 결과와 설계의 일치성을 검증하라. • 상호 의존하며 기능적으로 관계된 요소 가운데 상호관계를 설정 및 통제하라.
	설계 검증	이행부서는 제품 및 프로세스 설계가, 현재의 물리적 아키텍처의 최하위 수준부터 전체 시스템까지 (인터페이스를 포함하여) 그들의 요구사항을 만족시키는지 그리고 구현될 수 있는지 점진적으로 검증해야 한다.
	시스템 분석 및 통제	이행부서는 진도를 측정하고, 대안을 평가하며, 선호되는 대안을 선택하고, 사용되고 생산된 데이터 및 결정을 문서화해야 한다. 시스템 분석은, 기술적 요구사항 및 사업 목적에 대한 충족 정도를 측정하기 위해, 그리고 성능, 기능 및 설계 요구사항에 대한 강력한 정량적 근거를 제공하기 위해 절충분석, 효과도 분석 및 평가 및 설계 분석을 포함해야 한다. 통제 메카니즘은 위험관리, 형상관리, 데이터 관리, 그리고 SEMS, TPM(기술성능측정 : Technical Performance Measurement), 기술검토를 포함한 성능기반 진도측정을 포함해야 한다. 이행부서는 다음 사항을 위해서 시스템분석 및 통제를 수행해야 한다. • 솔루션 대안 결정이, 그것이 시스템 효과도, 수명주기 자원, 위험 및 고객의 요구사항에 미치는 영향을 평가한 후에 이루어지도록 한다. 이행부서는, 계약 요구사항에 근거한 것과 비교하여 개선된 시스템 효과도 또는 비용을 제공하는 대안을 식별해야 한다.

3. SE 프로세스 요구사항	시스템 분석 및 통제	• 기술적 결정과 시스템 고유 규격서의 요구사항은 시스템엔지니어링의 문서화된 결과물에 근거하도록 한다. • 요구사항의 변경을 포함하여 프로세스 입력부터 출력까지의 추적성이 유지되도록 한다. • 제품 및 프로세스의 개발 및 인도를 위한 일정이 상호 지원적이 되도록 한다. • 기술적 원리 및 학술적 노력이 시스템엔지니어링 노력에 통합되도록 한다. • 결과적인 기능 및 성능 요구사항에 있어서 고객 요구사항의 영향이 확인 가능한지, 일관성이 있는지, 바람직한지, 그리고 기술적 가용성, 물리적/인적 자원, 인적자원의 성과 능력, 수명주기 비용, 일정, 위험, 적용 가능한 법규, 계약적으로 결정된 위험 물질 목록, 기타 식별된 제한사항 등이 달성 가능한지에 대하여 조사하여야 한다. 이 조사는 기존의 요구사항을 확인하거나, 아니면 시스템에 대한 보다 적절한 요구사항을 설정해야 한다. • 제품 및 프로세스 설계 요구사항은, 그들이 충족시키기 위해 설계하는 기능 및 성능 요구사항에, 그리고 역으로, 직접적으로 추적할 수 있어야 한다.
	절충 연구	사용자 요구사항, 기술적 목적, 설계, 사업 일정, 기능 및 성능 요구사항 및 수명주기 비용 간에 바람직하고 실제적인 절충연구를 식별하고 수행하여야 한다. 절충연구는 기능 또는 성능 아키텍처의 다양한 수준에서 의사결정을 지원하기에 충분할 정도로 정의, 수행 및 문서화 되어야 한다. 각 절충연구의 상세 정도는 비용, 일정, 성능 및 위험 영향에 비례해야 한다. • 요구분석 절충연구. 이행부서는 이걸을 해소하고 고객의 요구사항을 만족시킬 수 있는 성능 및 기능 요구사항 대안을 설정하기 위해 요구분석 절충 연구를 수행해야 한다. • 기능 분석/할당 절충연구 이행부서는 다음 기능들에 대한 절충연구를 수행해야 한다: - 성능 요구사항의 기능분석 및 할당을 지원 - 식별된 기능 인터페이스를 만족시키는 성능 요구사항의 선호되는 세트를 정의한다. - 상위 수준 성능 및 기능 요구사항이 하위 수준으로 쉽게 해결되지 않을 때, 하위 수준 기능에 대한 성능 요구사항을 결정한다. - 기능 아키텍처 대안을 평가한다. • 조합 절충연구 - 새로운 제품 및 프로세스를 개발할 것인가? 아니면 비개발 제품 및 프로세스를 쓸 것인가? - 시스템/형상품목 형상 설정 - (인력, 부품 및 자재 가용성을 포함하여) 시스템 개념, 설계 및 솔루션 선정을 지원 - 자재 선정, 제조 또는 구매, 프로세스, 비용, 위치결정 등을 지원 - 제안된 변경을 조사 - 고위험 기술을 완화하기 위한 대안을 포함하여 기능/설계 요구사항을 만족시키기 위한 대안 기술을 조사 - 자재 및 프로세스의 환경 및 비용 영향을 평가 - 선호되는 제품 및 프로세스를 선정하기 위한 물리적 아키텍처 대안을 평가 - 시스템 수명주기 비용을 줄이고 시스템 효과도 요구사항을 충족시키는 표준 컴포넌트, 기술, 서비스 및 설비를 선정한다. 평가 및 결정을 위한 이력자료를 얻기 위해서는 정부 및 상용

시스템 분석 및 통제		데이터베이스를 사용해야 한다.
	시스템/ 비용 효과도분 석	이행부서는 시스템엔지니어링 프로세스의 일부로서 시스템분석 노력을 계획하고 이행해야 한다. 이행부서는 분석 관련 관계를 통제하고 효과도를 측정하기 위한 방법을 개발, 문서화, 이행, 통제 및 유지해야 한다. 의사결정에 사용된 중요한 효과도 측정을 식별해서 기술성능측정(TPM)을 수행해야 한다. 시스템/비용 효과도 평가는 위험영향평가 지원에 사용되어야 한다. 이행부서는 다음 사항을 위한 각 주요 시스템 기능을 분석해야 한다: • 시스템 솔루션에 영향을 주는 주요 시스템 기능에 대한 성능 및 기능 요구사항의 정의와 식별을 지원하기 위해, • 기능 및 성능 요구사항을 만족시키는 선호되는 제품 및 프로세스 선정을 지원하기 위해,
	위험관리	이행부서는 위험관리프로그램을 수립하고 이행해야 한다. 제품, 프로세스(예를 들면, 프로세스의 다양성), 그리고 그것들의 상호관계 등에 대한 위험을 평가해야 한다. 계약적으로 식별된 다양성, 불확실성, 그리고 시스템 환경의 진화 등에 대한 위험 역시 평가되어야 한다. 위험관리프로그램은 다음을 위해 수행되어야 한다: • 위험을 유발할 수 있는 주요 파라메타를 포함한 기술적 위험의 잠재적인 근원을 식별하기 위해, • 위험 수준을 포함한 위험 및 (수명주기 비용을 포함한) 비용에 미치는 영향을 정량화하기 위해, • 상호 관련된 위험의 민감성을 파악하기 위해, • 중·고 수준의 위험을 관리하기 위해 접근 대안을 파악하기 위해, • 각 위험을 회피, 통제 또는 추정하고 필요시 SEMP를 수정하기 위한 조치를 취하기 위해, • 위험 요인들이, 규격서 요구사항 및 설계/솔루션 대안의 선정을 포함하는 의사결정의 일부로서 평가되도록 하기 위해,
	형상관리	이행부서는 식별된 시스템 제품 및 프로세스의 형상을 관리해야 한다. 이 노력은 형상에 대한 다음 사항을 포함한다. • 시스템 및 형상품목에 대한 베이스라인, 품목 및 문서에 붙은 번호 및 기타 식별자 등을 문서로 정리하기 위한 형상식별 • 형상품목에 대한 베이스라인 설정 이후에 형상품목의 변경에 대한 시스템적인 제안, 정당화, 평가, 조화, 승인 또는 폐기 등 형상통제 • 형상품목을 관리하는데 필요한 정보를 기록 및 보고하는 형상 상태 보고 • 형상품목이 승인된 형상 문서와 일치하는지 검증하는 형상감사
	인터페이스 관리	이행부서는 계약적인 책임하에 내부적인 인터페이스를 관리해야 한다. 이행부서는 외부적인 인터페이스가 관리되고 통제되도록 하기 위해 설정된 활동들을 지원해야 한다. 이행부서는 그들의 규격서 상의 인터페이스 요구사항으로서 외부 및 내부 엔지니어링 인터페이스의 설계 적합성에 대해 서술해야 한다. 인터페이스 통제는 인터페이스 요구사항, 문서, 도면 등에 대해 설정, 조화 및 유지되어야 하며, 모든 해당 이행부서, 공급자 및 하부계약자 계약 품목, 관급장비, 컴퓨터 프로그램, 설비 및 데이터를 포함해야 한다. 인터페이스는 변경의 책임을 명확히 하고 적시에 배포되도록 통제해야 한다.
	데이터 관리	이행부서는 다음 사항을 위해서 의사결정 데이터베이스에 대한 통

			합 데이터 관리시스템을 구축하고 유지해야 한다: • 현재, 중간 및 최종 산출물 뿐만 아니라 모든 입력사항을 캡처 및 조직하기 위해, • 요구사항, 설계, 솔루션, 의사결정 및 이론적 근거 사이에 상호 연관성 및 추적성을 제공하기 위해, • 절차, 방법, 결과 및 분석 등을 포함한 공학적 결정을 문서화하기 위해, • 설정된 형상관리 절차에 부응하기 위해, • 시스템엔지니어링 노력에 대한 참조 및 지원 기능을 위해, • 계약상으로 요구되는 데이터 가용성 및 공유성을 위해,
		SEMS	이행부서는 다음을 위한 최상위 수준 프로세스 통제 및 진도 측정을 위해 SEMS를 이행해야 한다 : 요구되는 과업 달성을 위해, 점진적인 시스템 개발 및 달성 그리고 성숙도를 증명하기 위해, 통합된 다분야의 정보가 이벤트의 결정 및 증명을 위해 사용될 수 있도록 하기 위해, 진도 측정을 위한 이벤트 기반 달성 지향 프레임워크를 제공하기 위해, 달성 요구사항 및 목적을 만족시키는 가운데 비용, 일정 및 성능 위험의 통제를 증명하기 위해. 지원 기준에 대하여 SEMS를 달성한다는 것은 다음이 보장되도록 연구 및 구성한다는 것이다 : • 주요 기술적 입력사항 및 의사결정 데이터는 기술 및 사업적 의사결정 시점, 증명, 검토 및 기타 식별 이벤트 시점에 사용할 수 있어야 한다. • 요구되는 진도 및 시스템 성숙도는, 진도 및 성숙도에 따라 기술적 노력을 계속하기 전에 증명되어야 한다. • SEMS 달성은 그 연관된 기준이 증명되었을 때에 완료된다.
		기술성능 측정 (TPM)	이행부서는 진화하는 솔루션이 적절한 것인지 평가하고, 시스템의 성능에 영향을 주는 결핍을 식별하기 위해 TPM을 설정하고 이행해야 한다. 결핍을 수정하기 위한 조치는 기술 파라메타가 요구사항인지 아니면 목적인지에 달려있다. TPM의 상세한 수준 및 문서화는 비용, 일정, 성능 및 위험에 미치는 영향과 일치되어야 한다. • TPM의 이행 이행부서는 각 기술파라메타의 일자별 달성도를 결정해야한다. 기술적 진도는 허용된 편차, 그리고 계획된 가치 프로파일과 비교한 일자별 성취정도에 따른 추세(trend), 두 가지를 통해 평가된다. 기술적 노력의 진척이 현 추정치의 갱신을 필요로 하는 경우, 새로운 프로파일 및 현 추정치를 개발해야 한다. 위험평가 및 분석은 계획된 가치 프로파일 및 현 추정치, 그리고 관련된 파라메타에 미치는 영향을 반영하기 위해 업데이트해야 한다. • 요구사항에서의 TPM 식별된 결핍에 대해서, 원인을 식별하기 위한, 그리고 상위수준 파라메타, 인터페이스, 시스템 비용 효과에 미치는 영향을 평가하기 위한 분석을 수행해야 한다. 비용, 일정, 성능 및 위험 영향이 완전히 탐색된 대안을 계획해야한다. 요구사항 이상의 성능 및 여유 비용 이익 그리고 요구사항 및 자원의 재할당 기회에 대해서는 평가를 수행하여 적절한 조치 방향을 찾아야 한다. • 목적 또는 의사결정 기준에서의 TPM 이행부서는 SEMP에서 식별된 목적 또는 의사결정 기준에서의 TPM을 수행해야 한다.

		기술검토	이행부서는, 주요 이벤트 및 핵심 프로그램 마일스톤 시점에 필요한 달성이 이루어졌는지 검증하기 위해 기술검토를 계획 및 수행해야 한다. 기술검토는 시스템 및 계약적으로 식별된 형상품목에 대해 수행해야 한다. 기술검토는 SEMS에 식별된 주요 이벤트 시점에, 그리고 이행부서가, 연관된 기준에 의해 측정된 대로 이벤트와 관련된 모든 SEMS의 달성을 증명할 준비가 되었을 때에 실시해야 한다. - 기술검토 내용 - 시스템 및 형상품목에 대한 기술검토는 모든 법규, 모든 주요 시스템 기능, 그리고 검토되는 품목의 모든 제품 및 프로세스 등을 포함하는 통합된 검토가 되어야 한다. 검토는 다음 사항을 위한 전체적인 시스템 컨텍스트 안에서 구성되어야 한다. - 위험의 정량화에서 얻은 위험 감소 측정, 이론적 근거 및 추정 뿐만 아니라, 비용, 성능, 일정에 대한 기술적 위험의 영향을 증명한다. - 요구되는 품목과 외부적으로 인터페이스 되는 품목, 시스템 기능, 하부 시스템, 형상품목 간의 관계, 상호작용, 상호 의존성 및 인터페이스, 그리고 시스템 요소가 적절하게 언급되었는지 검증한다. - 성능, 기능, 설계, 비용 및 일정요구사항 및 목적, 기술성과측정 및 기술계획이 추적되고 있는지, 일정대로 진행되고 있는지, 기존의 사업 제한사항 내에서 성취 가능한지 확인한다. - 계속적인 개발이 보증되는지, 아니면, 실행 가능한 대안이 식별 되어 있는지 확인한다.
		변경에 대한 대응	이행부서는, 비용, 일정, 성능 및 위험에 대한 기술적인 요구사항에 식별된 변경이 미치는 전체 사업의 영향을 정의해야 한다. 기술, 비용 및 일정상의 문제는 진단하여 그 영향을 파악해야 한다. 솔루션 및 솔루션 대안에 의해 발생하는 인터페이스와 같은 부차적인 영향도 정의되어야 한다. 이행부서는 태스크부서에게, 집행(적시성, 예산 범위 내 수행 가능성, 요구사항 충족)에 영향을 미치는 비용, 일정, 성능 및 위험 상의 변경을 통보해야 한다. 이행부서는, 설정된 변경 통제 절차에 따라 계약 요구사항 및 형상 베이스라인의 모든 결과적인 변경을 처리해야 한다. 이행부서는 지원 데이터가 태스크부서에 도달하고, 의사결정 데이터베이스 내에 문서화되도록 해야 한다.
4. SE 출력	시스템엔지니어링의 출력물은 획득단계에 따라 다르다. 이행부서는 다음과 같은 의사결정 데이터베이스를 개발 및 이행해야 한다. - 시스템엔지니어링 노력으로 사용 및 생성된 데이터를 문서화 및 조직화 - 식별된 요구로부터, 요구사항, 설계, 의사결정 및 솔루션의 추적성에 대한 검증된 솔루션으로, 결과 및 이론적 근거의 추적성을 제공한다.		
	규격서 및 베이스라인	이행부서는 요구되는 시스템 및 형상품목 고유 문서를 생성해야 한다. 일반적인 기준은 다음과 같다. - 형상베이스라인(기능, 할당, 제품) 문서를 점진적으로 개발해야 한다. - 계약적 노력과 일치되는 형상 베이스라인을 설정하기 위해 규격서를 공식화해야 한다. - 계약상의 형상관리 절차에 의거 형상베이스라인을 문서화, 통제 및 감사해야 한다. - 프로세스에 대한 필수적인 요구사항은 품목 규격서에 포함시켜야 한다.	

		• 규격서 요구사항은 검증 가능해야 한다. 검증 기준 및 방법으로의 추적성이 유지되어야 한다. • 이행부서는 다음의 경우, 규격서를 승인받아야 한다. - 품목 및 그 프로세스와 연관된 비용, 일정, 성능 및 위험이 정해지고 위험 수준이 수용가능한 경우 - 품목의 비용이 정해지고, 이 비용이 설정된 비용-설계 목표 또는 기타 규정된 수용 한계를 충족하는 경우 - 규격서가 완성되고 설계의 구현 가능성이 확인된 경우 • 시스템 기능 및 형상품목 개발규격은 성능을 기반으로 해야 한다.
	수명주기 지원 데이터	이행부서는 시스템의 수명주기 관리에 필요한 의사결정 데이터베이스 내의 그러한 요소들을 식별, 주해 및 추적해야 한다.

4.6.1.2. 세부 요구사항

<표 4-10>에서는 특정 프로그램 및 단계에 적용되는 제품 통합 및 프로세스 개발을 위해 평가 및 테일러링되어야 하는 엔지니어링 업무를 서술한다. 사업 고유의 업무를 위해 테일러링된 요구사항은 제안 권유에서의 태스킹업무에 의해 제공되거나, 또는 제안요구서 초안에 대한 응답과 같은 절차를 통해 이행부서에 의해 제안된다.

<표 4-10> MIL-STD-499B의 시스템엔지니어링 세부 요구사항

구 분		요구사항
1. 기 술 데 이 터		계약자 및 하부 계약자는 기술 데이터 패키지를 자신들의 설계, 개발 및 생산 노력의 중요한 부분으로 취급하여 작성하고 유지하여야 한다. 모든 기술 데이터 및 기술 매뉴얼은 변경사항의 실행과 동시에 가용하도록 승인된 설계 변경을 반영하여 최신화하여야 한다. 계약에 따로 정하지 않는 한 기술 데이터는 디지털 형식으로 작성되고 저장되어야 한다.
2. 시스템 엔지니어링 계획작성 ⁶⁹⁾		시스템엔지니어링 프로세스는 프로그램 및 프로젝트 목표 및 요구사항에 적용하여 개발 기능의 기초를 형성하여야 한다. 그 결과는 업무 기술서(SOW), 시스템엔지니어링 관리계획서(SEMP)를 포함하여 여기에 식별된 필요한 기술 프로그램 계획작성 태스크의 정의로 나타나야 하고, 적용 결과는 또한 계약에 명시되고 계약자료 요구목록(CDRL)에 식별된 기술계획서를 포함하여야 한다. 형상관리 노력, 태스크 및 문서화 통제가 정의되어야 한다.
		시스템엔지니어링 관리계획서 (SEMP)에는 아래 각 절 및 세부항목을 포함하여야 한다.

69) SEMP : Systems Engineering Management Plan(시스템엔지니어링 관리계획)

70) SEMS : Systems Engineering Master Schedule(시스템엔지니어링 종합 일정)

71) SEDS : Systems Engineering Detailed Schedule(시스템엔지니어링 상세 일정)

72) 이행부서(Performing activity) : 요구된 기술적인 노력을 수행하는 부서(개발기관, 계약자 또는 하부 계약자)

73) 태스킹 부서(Tasking activity) : 기술적인 노력을 요구하는 부서(정부 또는 발주자)

74) MOEs(Measure of Effectiveness: 임무 효과도 척도) : 어떤 솔루션이 고객의 요구를 충족시켰을 때 운용 또는 가치 차원에서 통합된 시스템 솔루션(인원, 제품 및 프로세스)의 성능을 정량화시키기 위해 사용되는 척도. MOE는 비용-효과 척도를 포함할 수 있다.

3. 시스템 엔지니어링 관리계획서 (SEMP)	시스템 엔지니어링 프로세스 개요	이 절에는 시스템엔지니어링 프로세스의 적용에 대해 서술하여야 한다. 프로세스 실행과 대응하여 태스크 조직편성이 필요하다. 하부 계약자의 엔지니어링에 대한 통제를 포함하여, 시스템엔지니어링 노력에 대한 조직의 책임과 권한이 식별되어야 한다.	
	시스템 분석 및 통제	시스템분석	계약 단계 동안에 계획된 특정 시스템 분석들이 서술되어야 한다. 서술에는 내부 문서 기록, 질충 연구 방법론, 위험 분석 방법론, 위험 통제 방법, 시스템 평가 및 비용효과도 평가에 사용할 수학적 모델 및 시뮬레이션 모델의 종류와 묘사를 포함한다. 특정한 평가 분석 계획서가 제공되어야 한다.
		시스템 엔지니어링 종합일정	시스템엔지니어링 종합일정 (SEMS)은 기술적인 이벤트 및 시연 마일스톤의 성공적인 수행과 완료에 관한 계약자의 진도를 측정 및 평가할 계량적 도구를 경영진에게 제공하여야 한다. SEMS는 또한 시스템엔지니어링 프로세스 태스크들의 계획과 실행을 전반적으로 가시화할 수 있어야 한다. 태스크와 이벤트들은 시스템엔지니어링 프로세스의 적용으로부터 도출되어야 한다. SEMS는 규격서 작성 및 형상 관리를 포함한 시스템 개발의 점진적인 정의 및 통제의 기초로 사용된다. 만약 SEDS가 계약상 요구사항으로 포함되면, SEDS (시스템엔지니어링 세부일정)의 개발은 SEMS 태스크 중 하나가 되어야 한다.
		기술성과 측정	기술 성과 측정 계획이 서술되어야 하며 여기에는 SEMS 및 SEDS를 충족할 기술 성능 파라미터가 포함되어야 한다. ● 파라미터 (Parameters) 추적 대상으로 선정된 기술 성능 파라미터는 기술적 진도에 대한 결정적인 지표이어야 한다. 선정된 파라미터의 묘사에는 관련된 위험의 평가가 포함되어야 한다. 기술 성능 파라미터의 상호관계는 규격 트리와 유사한 계층형 상호의존 트리를 구성하여 나타내어야 한다. CWBS가 계약사항이 되는 경우에는 이렇게 식별된 각 파라미터를 계약업무분해구조(CWBS)의 특정 요소에 연관시켜야 한다. ● 기술성능 파라미터 계획 데이터 추적해야할 각 파라미터에 대하여는 계획 작성 단계에 아래와 같은 데이터를 적절히 설정해야 한다. - 규격의 최저기준 (specification threshold), 기술적 목표 (technical objective), 의사결정 기준 (decision criteria) - 시간 단계별 파라미터 값 변동추세선 (value profile)과 허용 범위 (오차 범위). 계획한 파라미터 값 변동추세선은 파라미터의 기댓값 변화추세를 나타내야 한다. 허용범위의 경계는 추정 시점에 본 부정확도의 예측치이면서, 파라미터 값이 이 범위 내에 있으면, 할당된 자원과 SEMS 및 SEDS 이벤트 및 마일스톤에 비추어 규격의 요구사항을 달성할 수 있을 것으로 판단되는 범위를 나타낸다. - 계획된 파라미터 값 변동추세선의 달성과 중요한 관계가 있는 프로그램 이벤트 (예를 들면 기술 검토 등) - 측정의 조건 (시험, 시뮬레이션, 분석, 시연의 종류 등) - 파라미터가 프로그램에 미치는 영향 ● 기술성능척도를 비용 및 일정 성과측정과 연계하기 (Relating TPM to Cost and Schedule Performance Measurement)

3. 시스템 엔지니어링 관리계획서 (SEMP)	시스템 분석 및 통제		계약자는 기술 성과 측정을 비용 및 일정 성과 측정과 어떻게 관련시키려는지 제안으로 나타내어야 한다. CWBS가 계약사항이라면, 비용, 일정 및 기술 성과측정은 CWBS의 공통 요소에 대하여 측정되어야 한다.
		기술 검토 (Technical Reviews)	이 절은 계약 단계에 적용가능한 주시스템, 서브시스템, 기능 및 잠정 시스템의 검토 등 모든 시스템 검토를 취급한다. 프로그램의 나머지 모든 단계에 필요한 검토에 대하여도 이를 식별하고 논의한다. 검토는 요망 수준에 달성한 후에만 수행되어야 하며 일정계획 때문에 수행하지는 않는다. 검토는 SOW 및 이 표준에 합당하게 수행되도록 계획하여야 한다. 모든 기술 검토는 하나 이상의 팀에 속한 요원이 다른 검토에 참여하는 등 일정 중첩을 피할 수 있도록 일정을 계획하여야 한다. 기술검토는 최소한 아래 사항을 포함하여야 한다. a. 서브시스템 팀과 기능 전문 분야 팀의 수 b. 회의의 빈도 및 팀원 자격에 대한 지침 c. 의제, 회의록, 보고서 등의 요구사항 및 형식 d. 검토 활동 항목의 종결 절차 e. 의장 선출 및 책임 f. 참여 인원의 책임 g. 다른 검토와의 인터페이스 요구사항 h. 요원 훈련 및 준비 I. 이벤트 (검토) 수행 전에 모든 성취 요구사항 및 판정 기준이 달성되었음을 보장하기 위한 지침 및 각 검토의 시작 및 종료 기준 • 검토 과업 (Review Tasks) 검토 과업은 검토의 종류와 특정 책임 분야에 따라 설정되어야 한다. 일반적인 검토 태스크는 아래 사항의 평가 및 검토를 포함하여야 한다. a. 요구되는 성능 특성 및 설계 요구사항 b. 분석, 절충 연구, 기능 및 컴포넌트 시험 결과, 교훈의 적용, 기타 설계 접근방법을 지원하는 개발 노력 c. 적용 가능한 형상품목, 서브시스템, 컴포넌트에 대한 설계 개념 및 설계 세부사항 (레이아웃, 기능 다이어그램, 도면) d. 계획된 작업, 진행중인 작업, 완성된 작업의 기술적 적합성 및 위험 평가에 대한 전반적인 개발 현황 요약 e. 시스템 요소, 하드웨어 및 소프트웨어, 장비의 품목들, 인원, 시설, 지원 및 훈련 자원 사이의 물리적 인터페이스 및 기능적 설계 인터페이스 f. 모든 제품들이 시스템의 모든 요소에 공통으로 요구되는 신뢰성, 정비성, 가용성, 생산성, 기타 개발 요구사항들을 충족할 수 있도록 보장하기 위한 시스템 요소, 장비, 하드웨어, 소프트웨어 품목들의 설계 • 검토 성공 기준 (Review Success Criteria) 검토과업 및 SEMS에서 논의한 검토 과업 및 특정한 검토의 목적에 합치되는 특정한 검토 성공 기준을 개발하여야 한다. 계약자는 RFP/계약의 성능 및 설계 요구사항을 이해하고 이를 충족함을 입증하여야 한다. 계약 요구사항을 충족하지 못하는 것으로 평가된 품목들, 또는 충족의 위험이 중위험 또는 고위험에 해당하는 것으로 평가된 품목들은 계약에 따라 프로그램 마일스톤의 완성 여부에

		대한 경영진의 의사결정을 위하여 보고되어야 한다.
	기술 이전 (Technology Transfer)	이 절에는 핵심기술을 평가하고 기술개발 및 시연 프로그램으로부터 기술을 이전하는 계획, 활동 및 기준을 서술하여야 한다. 기능 및 성능 요구사항을 충족하기 위하여 중위험 또는 고위험 기술의 채택이 필요한 경우에는 대안을 식별하고, 제품에 언제 어떤 대안을 채택할 것인지 그 선정 기준을 설정하여야 한다. 기능 및 성능 요구사항을 충족하는데 필요한 기술이 효과적으로 이전될 수 없을 때, 또는 요구사항이 일반적으로만 정의되어있고 세부적으로 정의되어 있지 못한 때에는 기 계획 제품 개선 (Preplanned Product Improvement) 또는 진화적 획득 전략 (evolutionary acquisition strategy)를 활용한다.
	기술통합 팀 (Technical Integration Teams)	이 절에는 모든 기술 전문분야와 입력을 협조된 노력으로 통합하여 비용, 일정, 성능 목표를 달성할 수 있게 하는데 필요한 조직 구조를 서술하여야 한다. 기술 검토 및 감사에 필요한 기능 분야별 팀 및 다분야종합 (multidisciplinary) 설계 팀의 인원 구성과 일정을 작성하여야 한다. 안전이나 보안 같은 특정 전문분야는 프로그램에 단 한 명 또는 소수의 인원만 참여할 수 있으므로, 계약자가 전문분야 팀의 구성을 식별하여, 서브시스템 및 기능분야 검토 일정을 적절히 조정하거나, 전자 데이터 전송 기법 등 가용한 방법들을 적절히 이용하여 효과를 최대화하도록 하여야 한다.
4. 효과도 분석 (Effectiveness Analyses)		대안의 검토에 따른 엔지니어링 의사결정은 그 결정이 시스템의 효과도 및 수명주기 비용에 어떤 영향을 미칠 것인지를 고려한 후에만 이루어지도록 지속적으로 시스템/비용 효과도 분석을 수행하여야 한다. 절충 연구의 일환으로 계약자는 계약 요구사항에 기초한 대안 외에 시스템 효과나 비용이 확실히 다른 대안들을 식별하여 제시하여야 한다. 효과도 평가는 임무 달성에 영향을 주는 모든 관련 설계 요인들을 포함하여야 한다. 평가는 시스템 수준의 성능으로부터 외부 환경 내에서 단일 품목의 상호작용을 반영하는 최하위 수준의 성능에 이르기까지, 기술적 요구사항을 점차 세부적인 수준으로 진행하도록 계획하여야 한다.
	생산 엔지니어링 분석 (Production Engineering Analysis)	개발에 예방적 영향을 줄 수 있도록 생산 엔지니어링 분석을 수행하여야 한다. 여기에는 생산성 분석은 물론 시스템 효과도, 절충 연구, 수명주기 비용 분석을 위한 생산 및 제조에 관한 입력 사항 그리고 개발 및 생산에 필요한 도구, 시험장비, 시설, 인원, 절차에 관한 고려사항 등을 포함하여야 한다. 분석은 공장의 방법들, 도구 사용, 프로세스 능력, 검사 절차, 시험 장비, 표준화, 시설 및 인원 등 다양한 설계 및 능력 대안들을 평가하여야 한다. 이러한 평가 및 제조 공정의 대안들은 운용, 지원, 훈련 및 기타 필요한 장비들에 대한 설계 대안들과의 interactively 고려되어야 한다. 성능 및 비용 니즈 충족에 결정적인 설계 특성과 그에 수반하는 제조 공정을 명확하게 식별하여야 한다. 고 위험 제조 공정 및 절차는 프로세스 능력 연구(process capability studies)를 통하여 가능한 조기에 식별하여야 한다. 제조 요구사항이나 제조 검증 요구사항이 결정적이거나 다른 설계 요소를 제한하는 경우에는 이들 요구사항을 반드시 규격서에 포함하여야 한다. 장시간의 리드 타임이 필요한 품목, 원자재의 제한, 생산 비용은 고려되고 평가되고 문서화 되어야 한다.
	시험/검증 분석 (Test/Verification Analysis)	시험/검증 분석은 시험 시스템 프로세스 및 제품에 대하여 예방적 개발 영향을 줄 수 있도록 수행하여야 한다. 분석은 또한 검증 활동의 지원에 필요한 노력에 대해서도 수행되어야 한다. 분석에는 검증 요구사항 및 시험 기준의 식별; 시험 설계; 방법론 요구사항 및 개발; 시설, 인원, 장비 및 레인지/에어스페이스 요구사항; 개념 입증 시연을 위한 시험; 자격부여 (qualification) 시험, 개발시험 및 운용시험이 고려사항으로 포함되어야 한다. 시스템 위험 분석은 결정적인 파라미터의 식별과 그 민감도를 포함하여 시험/검증 분석을 위한

4. 효과도 분석 (Effectiveness Analyses)		결정적인 입력을 제공한다. 시험/검증 분석 및 결과는 규격서 개발, 절충 연구, 수명주기 비용 분석의 입력을 제공한다. 결정적인 또는 특수한 시험/검증 요구사항이 다른 설계 요소에 제약조건을 제공하는 경우에는 이들 요구사항을 규격서에 반드시 포함하여야 한다.
	배치/설치 분석 (Deployment/Installation Analysis)	배치/설치 분석은 생산 품목의 야전 사용을 위한 배치에 대하여 예방적 개발 영향을 줄 수 있도록 수행하여야 한다. 배치 분석에 포함할 사항은 - 장소(site)/호스트(host) 선정에 관한 고려사항 - 운용 및 정비 시설/장비를 포함한 편성/시설 요구사항 - 환경 영향 (환경이 시스템에 주는 영향 및 시스템이 환경에 주는 영향) 결정 - 시험 품목의 조기 배치 - 최초 준비 및 예비품 - 포장, 취급, 저장 및 수송 등이 있다. 이들 평가는 지원성 분석, 절충 연구, 수명주기 비용 분석의 입력을 제공한다. 결정적 또는 특수한 배치/설치 요구사항이 다른 설계 요소에 제한을 가할 경우에는 이들 요구사항을 반드시 규격서에 포함하여야 한다.
	운용 분석 (Operational Analyses)	시스템 수준의 운용분석은 군사 작전 임무를 취급한다. 다른 운용 분석은 주 기능 또는 군사 작전 임무와 관련된 운용을 취급한다. 계약자는 운용적 니즈를 충족하는데 필요한 기술적 요구사항을 점진적으로 정의하기 위하여 의도한 환경에서 품목의 운용적 사용을 분석하여야 한다. 이들 평가는 품목의 운용적 사용 및 배치 (employment and deployment)를 취급하여야 한다. (만일) 호스트 시스템이 있다면 지정된 운용 기능을 실행하는데 필요한 다중 시스템 및 기타 외부 시스템을 포함하여 요구되는 태스크를 완수하기 위하여 품목이 사용되는 방법을 반영하도록 하여야 하며 필요하면 합동 및 합동 및 연합 작전 (joint and combined operations) 조건을 반영할 수 있도록 하여야 한다.
	지원성 분석 (Supportability Analyses)	계약자는 시스템 지원성 분석을 수행하여 지원 니즈 (예를 들어 정비 장비, 인원, 예비품, 수리부속, 기술 명령서, 매뉴얼, 수송 및 취급 등)를 정의하여야 한다. 이러한 분석은 훈련을 포함하여 모든 수준의 운용 및 정비를 대상으로 한다. 이들 분석은 아래와 같은 곳에 사용하여야 한다. - 시스템 효과도 및 절충 분석에 지원성 입력을 제공, - 다양한 설계 대안들의 영향 평가를 지원, - 설계 개발 고려를 위한 다양한 지원 방안의 개발 및 평가, - 지원 방안들이 시스템/장비 설계 및 수명주기 비용에 미치는 영향의 평가 결정적 요구사항이나 특수한 요구사항이 다른 설계 요소에 제한을 가할 경우에는 이들 요구사항은 규격서에 반드시 포함하여야 한다.
	훈련 분석 (Training Analysis)	할당된 태스크를 수행하는 인원에 대하여 최초 훈련 및 차후 훈련을 제공하기 위한 훈련 분석은 개발에 예방적 영향을 줄 수 있도록 수행되어야 한다. 훈련 분석은 수명주기의 어느 시점에서나 그들이 담당할 태스크에 따라 인원의 태스크 완수 능력과 숙련도 개발을 포함하여야 한다. 이들 분석은 시스템 효과도 및 지원성 분석, 절충 분석, 수명주기 비용 분석의 입력을 제공하여야 한다. 주 임무 장비, 레인지, 에어스페이스, 장비, 시설, 하드웨어, 소프트웨어, 코스웨어 및 지원에 대한 고려사항도 포함하여야 한다. 결정적 요구사항이나 특수한 요구사항이 다른 설계 요소에 제한을 가하는 경우에는 이들 요구사항은 반드시 규격서에 포함하여야 한다.
	폐기 분석 (Disposal Analysis)	프로세스 폐기물/산물 및 사용된 제품/컴포넌트의 폐기에 대한 고려가 모든 환경 분석에 포함되어야 한다. 분석은 시스템 부품 및 재료의 저장, 철거/재사용, 재활용, 파쇄 다양한 방안을 고려하여야 한다. 새로운 폐기방법 또는 개선

		된 폐기방법에 대한 요구사항을 결정하여야 한다. 비용, 장소, 책임 기관, 취급 및 탁송, 환경 보존 기관의 규정과 지원 장비도 분석에 포함하여야 한다.
	환경 분석 (Environmental Analysis)	환경 분석은 시스템/형상품목 대안이 주변 생물학적, 생태학적, 물리적 시스템에 대하여 그리고 주변으로부터 시스템/형상품목에 미치는 영향을 결정하기 위하여 수행하여야 한다. 소음 공해, 유해 폐기물, 전자기적 영향, 사회경제적 영향, 동물/수중 생물 행태 등을 고려사항으로 포함하여야 한다. 분석의 출력은 개발 단계에 적합하게 문서화하고 비용 및 성능 분석 산물과 연계하여 단계별 의사결정 지원을 위해 사용한다. 적절한 환경 영향 기술서를 작성하여야 한다.
	수명주기 비용 분석 (LifeCycle Cost Analysis)	개발 비용, 획득 및 소유 비용을 포함하는 수명주기 비용의 분석 및 추정을 수행하고 정기적으로 최신화하여야 한다. 이 노력은 제품 및 프로세스 대안의 경제적 결과를 식별하여야 한다. 이들 분석은 전체 시스템 및 각 기능에 대하여 의사결정 지원에 필요한 비용 정보를 개발하여야 한다. 이 정보는 시스템 비용 효과도 분석 및 절충 연구에 사용되어야 한다. 이들 분석은 모든 설정된 목표 설계 비용 (design to cost goals), 이들 목표 비용의 현 예측치, 이들 비용에 대하여 파악된 모든 불확실성을 포함하여야 한다.
	모델 (Models)	시스템 효과도 모델은 의사결정 프로세스에 기여할 때 사용하여야 한다. 이 모델은 입력 파라미터의 개별적 변동을 허용하여 전체 시스템 성능 및 수명주기 비용에 미치는 상대적 영향을 결정할 수 있도록 하여야 한다. 이 모델의 파라미터들은 시스템 기능들에 할당된 성능 특성을 나타내는 파라미터들과 연계되어야 한다. 모델과 데이터 파일들은 필요에 따라 기록, 유지, 최신화, 수정되어야 한다.
5.시스템엔지니어링 세부일정 (Systems Engineering Detailed Schedule, SEDS)		시스템엔지니어링 세부일정은 시스템엔지니어링 프로세스를 수행할 수 있도록 충분히 상세하게 작성하여야 한다. SEDS는 모든 기술적 작업에 대한 시간 기반 일정계획의 기초가 된다. SEDS 작성에 있어 최초 고려사항은 SEMS (시스템엔지니어링 종합일정) 항목을 지원하는데 필요한 세부 태스크를 정의하는 것이다. SEDS는 SEMS 태스크들을 충족하기 위하여 필요한 태스크들, 작업 노력들, 일정들에 대한 설명을 제공한다. 계약상의 노력을 이행하는 동안 SEMS에 식별된 파라미터 및 이를 지원하는 난해한 파라미터에 대한 기술 성능 측정을 수행하여 일정계획 및 작업 노력 대비 오늘 현재의 성과를 식별하여야 한다. 프로그램 노력을 아래와 같은 것으로 나타낼 수 있도록 기술 성능 측정 태스크, 그리고 이들과 계약상 비용/일정 요소들과의 상관관계를 정의하여야 한다. - 작업 증분 (work increment)의 일정 및 비용, - 계획된 작업의 예산 (planned value of work scheduled) 대비 완수된 작업의 예산 (planned value of work accomplished) 비교, - 완수된 작업의 예산 (planned value of work accomplished) 대비 완수된 작업의 실제 비용 (actual cost of work accomplished) 비교. 이들 상관관계는 위험 식별 및 평가에 결정적이다.
		각 검토는 개발 접근방법/세부사항의 기능적 측면과 컴포넌트 측면이 계약상의 SOW, 규격서, 그리고 SEMS 요구사항을 충족할 것이라는 확신을 줄 수 있도록 계획되어야 한다. 기술 검토는 계약자 와 정부측 사업부서가 공동으로 의장을 맡아야 한다. 이 검토의 특정 부분은 검토의 주제에 따라 하부계약자에 의해 수행될 수도 있다. 모든 검토의 목적이나 활동들은 주요 검토 (major reviews)에 기반을 두어야 한다. 아래의 태스크 설명은 네 가지 검토에 대하여 정의한다.
	서브시스템	서브시스템 검토는 총체적 팀 관점에서 통합되어야 한다. 팀 구성원은 프로그램과 관련된 정부, 계약자 전문분야 조직들, 사용 사령부의 대표들로 구성된

6.기술검토 (Technical Reviews)	검 토 (Subsystem Reviews)	다. 이 검토는 모든 서브시스템 검토 구성원들이 단일 서브시스템, 서브시스템 family, 또는 형상 품목의 진도와 쟁점에 대하여 취급할 수 있도록 허용하여야 한다. 이 검토에 참여하는 팀 요원들은 요구분석으로부터 폐기에 이르기까지 서브시스템의 개발에 대하여 책임을 져야한다. 팀은 서브시스템과 관련된 모든 사용자 요구사항, 주요 기능, 특수 공학, 설계 절충, 형상 관리 등을 취급해야 한다. 검토는 프로그램 완료에 이르기까지 주 검토들의 판정기준과 완수를 충족하는데 필요한 활동들에 초점을 두어야 한다. 다른 서브시스템 및 기능 분야별 팀/검토와의 인터페이스는 필요한만큼 포함하여야 한다.	
	기능별검토 (Functional Reviews)	이 검토는 하나의 기능 분야 내에서 수직적인 통합을 제공해야 한다. 이 검토는 기능 분야의 모든 구성원과 이슈 취급에 필요한 타 분야 전문가가 참여하여야 한다. 예를 들어, 엔진 팀에 참여하는 군수분야 대표, 그리고 다른 형상 품목들에 참여하는 군수분야 대표들은 군수 분야 팀을 구성한다. 기능별 검토는 형상품목 개발이 시작될 때 시작하고, 통상은 시연/확인/의 시작점 보다는 늦으면 안 된다. 특수 기능별 검토에는 아래와 같은 것이 포함된다.	
		시험준비도 기능별 검토 (Test Readiness Functional Reviews)	이 검토는 각 형상품목(CI)/ 형상품목 집합체(aggregate)에 대한 시험 절차의 완전성을 평가하기 위해, 그리고 계약자가 공식적 시험에 대한 준비가 되어 있음을 확실히 하기 위해 수행한다. 시험 절차는 시험계획 및 설명서와 합치하는지, 그리고 시험 요구사항 달성에 적합한지 여부를 평가받아야 한다. 시험 준비도 검토에는 비공식 시험의 검토 및 운용문서, 지원 문서의 최신화 검토를 포함하여야 한다.
		생산준비도 기능별 검토 (Production Readiness Functional Reviews)	생산 준비도 검토는 생산 승인에 관한 의사결정 실행 전에 만족스럽게 달성해야 할 특정 행동들의 완료 여부를 결정하기 위해 수행한다. 검토는 개발 현황과 생산 개시 결정 단행에 따른 위험을 평가하기 위하여 점진적으로 (incremental fashion) 수행된다. 검토의 초기 단계에는 고위험/저산출 제조 공정 또는 재료 또는 다른 설계 요구사항을 충족하기 위한 제조 개발 노력 등과 같은 전체 수준의 제조 고려 사항들을 주로 검토한다. 설계가 성숙됨에 따라 검토는 생산 계획 작성, 시설, 할당, 생산성 지향 변경의 수용, 도구/시험 장비의 식별 및 제조, 장기 선행시간 소요 품목의 획득 등과 같은 고려사항을 취급하면서 보다 세밀해진다.
6.기술검토 (Technical Reviews)	임시 시스템 검 토 (Interim System Reviews)	모든 기능 전문분야 팀의 책임자는 프로그램관리자와 함께 모여 정기적으로 임시 시스템 검토를 실시하고 각 팀 사이에 발생할 수 있는 시스템 레벨의 갈등을 해소하여야 한다. 임시 시스템 검토는 전체 무기 체계에 걸친 쟁점을 취급하여야 한다. 이들은 서브시스템 검토 및 기능 검토를 통하여야 하며, 주 검토의 판정기준과 달성을 향한 진도를 평가하여야 한다. 이 검토는 일종의 “미니” 주 검토로서 상위 경영진에게 사업의 진도와 쟁점에 대한 통찰을 제공하도록 수행되어야 한다. 이 검토는 서브시스템 검토 팀 책임자, 기능 분야 검토 팀 책임자들의 요약 보고로 이루어지며, 경영진의 관심이 필요한 쟁점들에 대해서만 상세하게 취급하여야 한다. 이 검토는 주 검토 사이에 수행하되 그 빈도는 결정적으로 위험한 분야를 취급할 필요에 따라 정한다.	
	주 검토 (Major Reviews)	주 검토에서는 각 팀 책임자가 자신의 핵심 참모들과 함께 참석하여 주 검토 사항에 대한 기준과 성취 현황을 고위 책임자에게 보고하고, 추가적으로 필요에 따라 중요 쟁점과 고려사항을 보고한다. 주 검토는 특정 마일스톤 이벤트와 활동이 완료 되었음을 검증하고 전체 무기체계 개발 진도의 총체적인 평가를 제공하여야 한다. 각 주 검토는 정부와 계약자 대표들이 합동으로 개발	

6.기술검토 (Technical Reviews) ⁷⁶⁾		한 잘 정의된 진입 및 진출 기준이 있어야 한다. 이 검토는 전체 정부 및 계약자 관리팀에게 다음 단계의 프로그램 우선순위를 재설정하고 위험을 평가할 기회를 제공하여야 한다. 임시 시스템 검토, 서브시스템 검토, 기능별 검토를 적절히 통합하고 관리하면 주 검토에서는 세부적인 전체 평가는 불필요하게 될 것이다. 엄밀한 조사가 필요한 부분은 상세하게 취급하여야 한다. 이러한 엄밀한 조사가 필요한 부분은 최근에 실시한 임시 검토 결과를 근거로 지정하면 된다. 기능 형상감사 (Functional Configuration Audit), 기능별 시스템 감사 (Functional System Audit), 물리적 형상 감사 (Physical Configuration Audit) 는 감사라고 부르지만 이 표준에서는 주 검토로 간주하고 주 검토에 적용되는 권고사항들을 동일하게 적용한다. 다만 요구되는 참석자, 목적 등은 필요에 따라서 축소 적용할 수 있다. 프로그램 단계에 고려해야 할 전형적인 주 검토들은 아래와 같다.
	시스템 요구사항 검토 (System Requirement Review)	이 검토는 기능 내 절충연구와 기타 엔지니어링 관리 활동의 이행을 기반으로 한 예비 요구사항 할당 및 기능분석을 포함하여 시스템의 기술적 요구사항 정의의 진도를 확신하기 위하여 수행한다. 이 검토는 시스템엔지니어링 노력의 방향과 진도 그리고 균형되고 완전한 형상으로서의 수립 정도를 결정한다. 이 검토는 통상 개념 탐색 단계에 이루어지는 것이 정상이지만, 시연/확인이 시작된 이후에도 계약자가 사용자의 새로운/재정의된 요구사항을 이해하기 위하여 반복 수행할 수도 있다.
	시스템 설계 검토 (System Design Review)	이 검토는 할당된 기술적 요구사항의 최적화, 상관관계, 완전성, 위험을 평가하기 위하여 수행하여야 한다. 또한 할당된 기술적 요구사항들을 생성한 시스템엔지니어링 프로세스와 노력의 다음 단계 엔지니어링 계획에 대한 요약 검토 (summary review)를 포함한다. 이 검토의 수행 시기는 시스템 정의 노력이 진행되어 시스템 특성이 정의되고 형상 품목들이 식별되었을 때 시행한다. 이 검토는 모든 참여자들이 아래 사항을 기술적으로 이해할 정도로 충분히 상세하게 수행하여야 한다. a. 완료 또는 최신화된 시스템 또는 시스템 세그먼트 규격 b. 완료된 형상품목 개발 규격 c. 인터페이스 및 소프트웨어 요구사항을 포함하는 예비 규격 d. 기타시스템정의 노력 및 계획
	소프트웨어 규격 검토 (Software Specification Review)	이 검토는 최종 완성된 컴퓨터 소프트웨어 형상품목 요구사항 및 운용 개념을 평가하기 위해 수행하여야 한다. 이 검토의 수행 시기는 계약자의 시스템, 시스템 세그먼트, 또는 주요 품목 수준의 요구사항에 대한 해석과 적응성을 평가할 수 있을 정도로 컴퓨터 소프트웨어 형상품목 요구사항이 충분히 정의되어 되었을 때 수행한다. 이 검토는 소프트웨어 요구사항 규격서, 인터페이스 요구사항 규격서, 그리고 운용 개념서가 소프트웨어 예비설계로 진입할 수 있을 정도로 만족스러운 기초를 형성하였는지 여부를 결정한다.
	예비 설계 검토 (Preliminary Design review)	이 검토는 예비설계를 상세설계로 회부할 것인지를 확인하기 위하여 수행한다. 이 검토는 형상품목 또는 형상품목의 aggregate에 대하여 아래 사항을 검토하기 위해 수행하여야 한다. a. 선택한 설계 접근 방법의 진도, 기술적 적합성, (기술, 비용, 일정 측면의) 위험 해소에 대한 평가 b. 형상품목 개발 규격이 요구하는 성능 요구사항에 대한 형상

			품목의 적합성 결정 c. 형상품목과 다른 장비, 시설, 컴퓨터 프로그램, 인원 품목 사이의 물리적, 기능적 인터페이스 존재 및 호환성 확립
		상세 설계 검토 (Critical Design Review)	이 검토는 형상품목의 세부 설계가 생성 및 완료 여부를 확인하기 위하여 수행하여야 한다. 이 검토의 수행 시기는 각 형상품목에 대하여 세부 설계가 핵심적으로 완료되었을 때 수행한다. 이 검토 결과는 합격품에 대한 생산 명령의 발령이다. 이 검토의 목적은 아래 사항의 수행이다. a. 검토 대상인 형상 품목의 세부 설계가 그 형상 품목의 (개발 규격이 요구하는) 기능 요구사항을 충족함을 결정 b. 형상 품목과 다른 장비, 시설, 컴퓨터 프로그램, 인원 품목 사이의 세부 설계 호환성 확립 c. 형상 품목의 (기술, 비용, 일정 측면의) 위험 영역 평가 d. 시스템 하드웨어에 대한 분석 결과의 평가 e. 예비 생산 규격서 검토 f. 가용한 설계 개발 시험 결과의 확인
		기능적 시스템 감사 (Functional System Audit)	이 감사는 시스템을 구성하는 하나의 형상품목 또는 일단의 형상품목들이 개발 완료되었음을 (시험, 시연, 검사 또는 분석적 프로세스로) 확인하기 위하여 수행하여야 한다. 추가적으로, 이 감사는 형상품목들이 계약상 성능 요구사항 (규격서 또는 동등)에 명시된 기능 및 성능 특성들을 충족하였음을 확인한다. 이 검토는 기능 형상 감사와 연계하여 수행할 수도 있다. 이 검토는 개별 형상 품목을 대상으로 하는 기능 형상 감사에서 확인한 하드웨어 또는 소프트웨어 요구사항에 대해서는 적용하지 아니한다.
		기능적 형상 감사 (Functional Configuration Audit)	(Functional Configuration Audit) 하나의 형상품목이 만족스럽게 개발 완료되었음과 그 형상품목이 기능형상문서 또는 할당형상문서에 명시된 기능 및 성능 특성들을 달성하였음을 확인하기 위한 공식적인 감사를 수행하여야 한다. 추가적으로 운용 및 지원 문서도 검토되어야 한다. 이 감사는 형상 품목에 요구되는 시험이 완료되었음을 결정한다.
		물리적 형상 감사 (Physical Configuration Audit)	형상 품목이 제작된 현 상태로 (as built) 형상 품목을 정의하는 기술문서를 준수하고 있는지 검증하기 위하여 물리적 조사를 수행하여야 한다. 이 감사는 계약에 따라 납품한 초도 생산 품목을 가지고 검토를 수행한다. 정부의 프로그램 부서가 형상 품목의 생산 규격을 공식적으로 승인하고 이 감사가 만족스럽게 완료되었음을 승인하면 제품 규격, 프로세스 규격, 재료 규격을 포함하는 제품 베이스라인이 이 감사로서 확립된다.
7. 업무분해구조 (Work Breakdown Structure)	정부에 의해 작성된 프로그램 업무분해구조 (Program WBS, PWBS)와 계약 업무분해구조 (Contract WBS, CWBS)는 아래와 같이 사용된다. a. 진도, 성과 및 엔지니어링 평가 보고에 사용되어야 한다. b. 시스템엔지니어링의 단계적 실행 결과로 산출되는 일련의 도면, 규격을 구조화하여야 한다. c. 업무가 실제로 수행된 방법을 반영하기 위하여 확장된 계약 업무분해구조 (extended CWBS)를 작성하기 위한 기초를 제공하여야 한다. CWBS는 모든 형상 품목을 식별하기 위하여 충분히 확장하여야 한다. d. 성과 측정 절차에서 산출된 내부 데이터에 대하여 감사 및 추적이 가능한 요약을		

	제공할 계약자의 관리 통제 시스템의 기본 틀로 사용될 수 있어야 한다. e. 위험 식별, 위험 평가, 핵심 기술성능파라미터 (TPP) 식별을 위한 구조를 제공하여야 한다. f. 엔지니어링 변경 제안서 (Engineering Change Proposals, ECP) 또는 규격 변경 통보서 (Specification Change Notices, SCN)를 고려할 때, WBS 요소들 사이의 관계를 보여주는데 사용할 수 있어야 한다. ECP는 계약에서 식별되고 변경으로 영향을 받는 WBS 요소와 연계되어야 한다. g. 문제의 분석을 위한 구조를 제공하여야 한다. h. 규격 트리를 훼손하여서는 안 된다.
8.기술 통합 요구사항 (Technical Integration Requirements)	아래의 특수공학분야는 품목 개발 시 시스템엔지니어링에 통합하여야 한다.
	신뢰성 및 정비성 (Reliability and Maintainability) 품목 설계는 신뢰할 수 있고 정비 가능한 시스템을 성취하기 위한 활동들을 통합하여야 한다. 강조할 사항은 아래와 같다. a. 고객의 시스템 준비상태 및 성능 요구사항, 물리적 환경과 임무 지원 가능한 자원의 이해 b. 시스템 요소에 의한 시스템 신뢰성 및 정비성에 대한 기여의 관리 c. 설계 결함 (single point failure를 포함하여)의 예방, 부적절한 부품 및 재료 선택의 배제, 제조 공정 변동의 영향 최소화 d. 시스템의 수명주기 전반에 걸쳐 경험하는 환경 변화에 민감하지 않고 적대적 환경에서도 쉽게 수리 가능한 로버스트 시스템의 개발
	생존성 (Survivability) 생존성은 인위적으로 조성된 적대적 환경 속에서 결정적인 기능을 수행하여야 하는 시스템에 대해 설계 요구사항의 하나로 포함되어야 한다. 특정한 수준의 분쟁 속에서 발견되는 모든 위협으로부터의 생존성은 설계 프로세스에 포함되어야 한다. 고려해야 할 위협으로는 아래와 같은 것들이 있다. - 재래식, 전자적, 초기 핵무기 효과 - 화학, 생물학, 방사능 오염 (NBCC) - 고출력 마이크로웨이브, 운동에너지 무기, 지향성 에너지 무기와 같은 첨단 위협 - 테러리즘이나 사보타지와 같은 위협 결정적인 생존성 특성은 적절한 형상 베이스라인에 포함되어야 한다. 결정적인 생존성 특성은 가능한 조기에, 가능한 높은 시스템 수준에서 평가되어야 한다. 시험 평가 동안에는 생존성 특성을 도출할 품목 성능에 대한 가정들을 확인하여야 한다. 생존성 요구사항을 충족하기 위하여 강화된 품목에 대해서는 견고성 보장, 정비 및 감시 (HAMS) 프로그램을 개발하여 시스템 수명주기 동안에 품목의 강도를 훼손시킬 수 있는 제조, 수리, 또는 예비 부품 조달, 정비 및 수리 활동을 식별하고 교정하도록 하여야 한다.
	전자기 호환성 및 무선주파수관리 (Electromagnetic Compatibility and Radio Frequency Management) 모든 전기 및 전자 품목은 모든 의도된 환경에서 부적당한 전자기 간섭을 유발하거나 간섭 피해를 입지 않도록 설계 되어야 한다. 무선 주파수 에너지를 의도적으로 복사하는 품목은 국방부, 국가, 또는 적용 가능한 국제 무선주파수 스펙트럼 관리 프로토콜을 준수하도록 하여야 한다.
	인간 시스템 통합 (Human Systems Integration) 인간 고려사항을 품목 설계에 효과적으로 통합하여야 한다. 목적에는 시스템 성능과 소유 비용과의 균형을 포함하여야 하고 이는 운용자의 능력과 한계에 대한 결정적 조사를 통하여 이루어야 한다. 설계 요구사항에는 아래와 같은 특성의 배제가 포함되어야 한다. - 광범위한 인지적, 물리적 또는 감각적 기술을 요구하는 특성 - 복잡한 인력 또는 훈련을 필요로 하는 태스크

	빈번하거나 결정적인 실수를 초래하는 특성
시스템 안전 조건 재해 및 환경 영향	(System Safety, Health Hazard and Environment Impact) 설계 노력은 품목의 운용 및 지원과 관련된 위험요소 (hazards)를 식별하고 완 화해야 한다. 요구사항과 비용 효과에 모순 되지 않는, 가능한 한 안전한 품목 을 설계하여야 한다. 식별된 위험요소(hazards)에 관련된 위험(risks)은 고 위 험, 심각한 위험을 정의하고 분류하기 위한 기준을 수립하기 위하여 문서화하 여야 한다.
시스템 보안 (System Security)	설계는 알려진 또는 가상의 위협에 대한 품목의 취약성을 식별, 평가하고 이를 제거하거나 억제하여야 한다. 손상, compromise 또는 파괴에 대한 시스 템의 감수성 (susceptibility)를 식별하고 이를 완화하여야 한다.
품 질 (Quality)	시스템엔지니어링은 아래와 같은 일에서 본질적으로 품질을 포함한다. a. 사용자 요구사항을 파악하고 이를 일관성 있게 제조 (또는 코딩) 가능한 세부적인 설계 요구사항으로 변환하는 일 b. 목표 산출, 프로세스 통제 한계, 허용 오차 범위를 준수하면서 제품 제조 요구사항 및 프로세스 규격을 실행하는 일 c. 모든 예상되는 운용 환경에서 운용 요구사항을 만족하는 제품을 납품 하는 일
생 산 (Production)	품목의 생산가능성(producibility)은 시스템엔지니어링 프로세스를 생산 기능에 적용하는 동안에 최우선으로 고려해야 한다. 생산가능성은 시연/확인 단계보 다 뒤늦게 고려해서는 안 된다. 생산 엔지니어링은 제조 비용, 리드 타임, 싸 이클 타임을 축소하기 위하여, 그리고 전략적 또는 결정적 재료의 사용을 최 소화하기 위하여 설계를 단순화하고 제조 공정을 안정화하는데 초점을 두어야 한다. 제조 프로세스와 방법의 선택은 초기 설계 노력에 포함되어야 한다.
중 합 군 수 지 원 (Integrated Logistics Support, ILS)	지원가능성 (supportability)은 시스템엔지니어링 프로세스를 지원 기능에 적용 하는 동안 최우선 고려사항이 되어야 한다. 시스템엔지니어링 활동과 관련된 중합군수지원 (ILS)에는 다음과 같은 사항이 포함되어야 한다. a. 준비도 목표, 설계 및 상호간 일관성과 관련한 지원 요구사항의 개발 b. 지원 고려사항을 품목 및 시스템 요소 설계에 효과적으로 통합 c. 배치/설치했을 때 품목을 지원하는 데 가장 비용 효과적인 접근방법의 식별 d. 배치/설치되었을 때 품목이 지원가능하고 또 지원받을 수 있도록 요구 되는 지원 구조 요소의 식별 및 개발을 보장 e. 생산이 종료된 후에도 경제적 군수 지원을 보장할 수 있도록 생산 후 지원(post-production support)을 계획
시험 평가 (Test and Evaluation)	품목의 시험가능성은 시스템엔지니어링 프로세스를 시험/평가기능에 적용하는 동안 최우선으로 고려해야 한다. 시험 평가 계획은 성능 요구사항, 기능 요구 사항 및 설계 요구사항을 적절한 정량적인 판정기준, 시험 이벤트 또는 씨나 리오 설명서, 자원 요구사항 (특수 장비, 시험 항목, 목표, 확인된 위험 시뮬레 이션, 위험 시스템 또는 대리물, 인원), 시험 한계 등과 함께 취급하여야 한다. 비용 및 시간 절약 효과가 있을 때는 통합된 개발 및 운용 시험 및 평가를 고 려하고 이행하여야 한다. 시험 및 평가 노력은 아래 사항을 위하여 구성하여 야 한다. a. 기술적 위험 평가 및 의사결정을 위한 필수 정보를 제공 b. 기술 성능 요구사항/ 규격 및 목표 성취의 검증 c. 품목이 운용상 효과적이고 또 의도한 사용에 적합함을 검증
기타 개발 요구사항	기타 개발 요구사항에는 아래와 같은 것들을 포함하여야 한다.

(Other Development Requirements)	비 개발품목 (Non-Development Items)	시스템엔지니어링 프로세스에서 비 개발 품목이 사용자의 니즈를 만족하고 전체 수명주기를 통하여 비용 효과적인지 결정하기 위하여 비 개발 품목을 식별, 평가하여야 한다.
	미터법 사용 (Use of Metric System)	1982년 2월 26일자 미 연방정부 관보 (Federal Register)에 발표한 미 상공부장관의 "The Metric System of Measurement"에서 해설한 바에 따라, 새로운 설계를 필요로 하는 품목을 포함하여 측정에 있어서는 미터법을 사용하여야 한다.
	부품 통제 (Parts Control)	효과적인 부품 통제 프로그램을 수립하고 이행하고 통제하여야 한다. 이 프로그램은 엔지니어링 및 제조 개발 시작 시 이행할 것이나, 현저한 비용절감이 식별 또는 예상될 경우에는 시연/확인 단계에서 이행한다. 이 프로그램은 품목과 함께 사용되는 부품의 다양성 및 그에 따른 문서를 경감하는데 초점을 두어야 한다.
	지휘, 통제, 통신 및 정보	(Command, Control, Communications and Intelligence, C3I) 각 품목은 C3I 구조와 상호작용 및 C3I 구조로의 통합을 위하여 평가되어야 한다. 품목에 필요한 정부 지원 기관 및 사령부로부터의 지원은 개념 탐색 단계에서 식별되어야 하고 기타 단계에 재정의 되어야 한다.
	시 제 품 (Prototyping)	시연/확인단계 및/또는 엔지니어링 및 제조 개발 단계에 시제품제작이 필요한지를 결정하기 위하여, 그리고 요구사항 충족을 위하여 가용한 기술 또는 신 기술을 품목 설계에 통합하는데 따른 위험을 경감하기 위하여 시제품 제작이 필요한지를 결정하기 위하여 평가가 수행되어야 한다. 결정적인 제조 공정 및 하드웨어 소프트웨어 시스템 요소에 대한 시제품 제작은 조기에 운용 평가 기회를 제공하기 위하여 수행하여야 한다. 시제품제작은 새로운 시험 능력 또는 개선된 시험능력의 필요성을 식별하기 위한 품목의 시험가능성 조기 평가를 위하여 수행하여야 한다.
계약자의 엔지니어링 관리에 대한 검토	(Review of Contractor's Engineering Management) 조달 담당 부서의 요청에 따라, 계약자는 그들의 엔지니어링 관리 절차 및 데이터에 대해 정부가 검토할 수 있도록 준비하여야 한다. 이 정보는 정부의 프로그램 담당부서로 하여금 계약상의 요구사항, 시스템엔지니어링 요구사항, 그리고 전체 SEMP의 충족 능력을 평가하는데 사용된다. 검토는 계약 요구사항의 충족에 핵심이 되는 계약자의 절차에 관한 특성의 분석과 시연의 결합으로 구성된다. 계약 체결 이전에 이 검토는 정부의 프로그램 담당부서로 하여금 요구사항 달성에 관한 위험을 식별하는데 사용된다. 계약 체결 이후에는 계약상의 요구사항을 충족하지 못하는 원인을 결정하기 위하여, 그리고 만약 치료 행위가 개발되었다면 그 치료 행위의 생육성 (viability)을 결정하기 위하여 검토가 사용될 수 있다. 조달 담당부서가 특별히 명문화하지 않는 한 이 검토는 제안된 접근 방법의 승인을 나타내지는 않는다.	

4.6.2. SERP에 나타난 요구사항

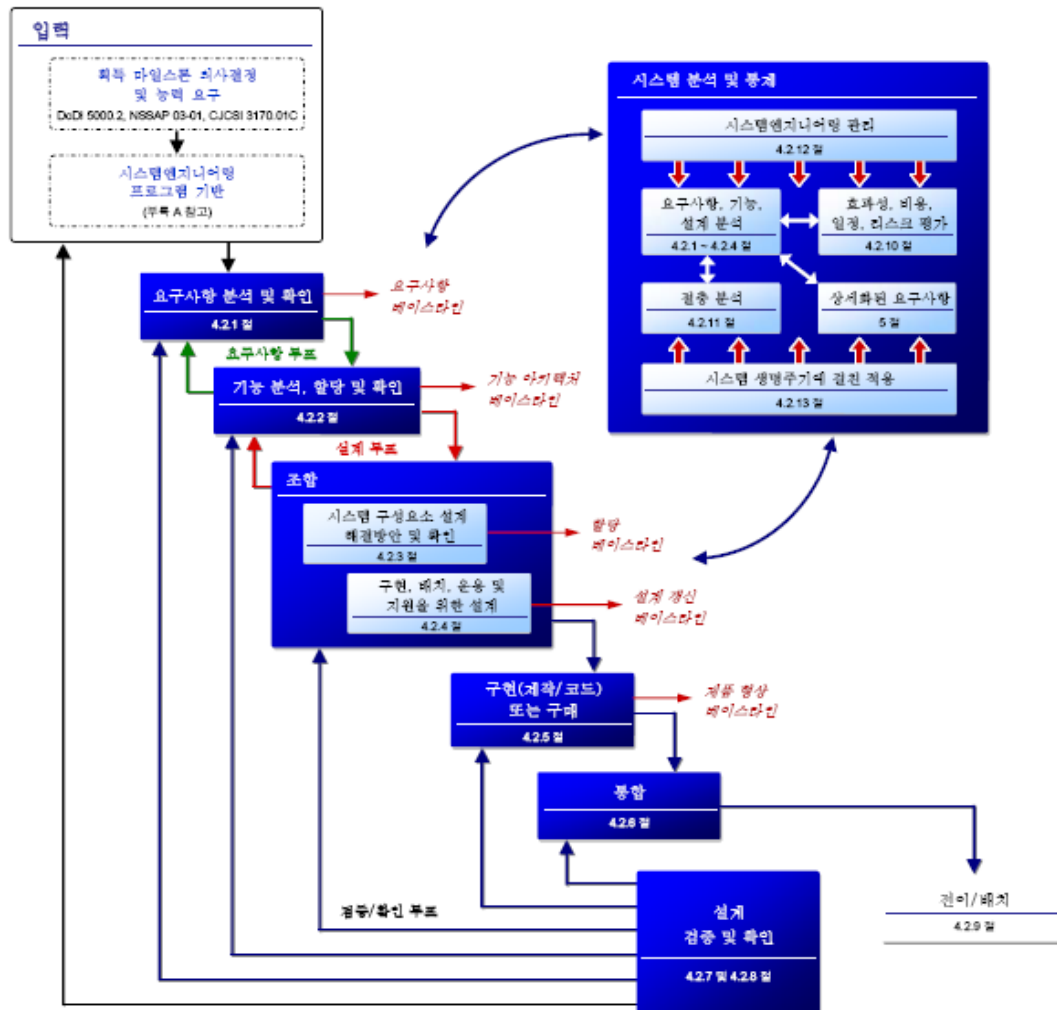
SERP는 계약자(개발기관)에게 준수해야 할 요구문서로 부과되는 경우 시스템엔지니어링의 실천기준을 제공 및 관리할 수 있다. 이 요구사항은 계약자(개발기관)가

75) 최근의 미 국방획득 분야 동향은 시스템엔지니어링 계획서 (SEP) 작성은 정부 측에서, 시스템엔지니어링 관리 계획서 (SEMP) 작성은 계약업체에서 해야 하는 일로 정리되고 있다.

76) 기술검토 및 감사(Technical review and audit)에 대한 보다 상세한 지침은 MIL-STD-1521B를 참고하라.

해야할 일을 서술하고 있으며 수행방법을 설명하지는 않는다. 여기에는 요구되는 시스템엔지니어링 업무, 결과물 및 결과물에 요구되는 속성을 서술하고 있다.

<그림 4-22>은 시스템엔지니어링 프로세스 단계별 최소한도의 필수적 시스템엔지니어링 요구사항과 결과물(베이스라인) 간의 관계를 나타내고 있다. 베이스라인은 시스템 및 시스템 설계 또는 시스템 제품 솔루션(해결방안)에 대한 현재의 요구사항을 말하며, 규격서와 같은 문서 또는 의사결정 데이터베이스⁷⁷⁾ 등으로 나타낸다.



<그림 4-22> 최소한도의 필수적 시스템엔지니어링 요구사항과 베이스라인간의 관계

4.6.2.1. SE 프로세스 결과물

77) 의사결정 데이터베이스 : 형상 솔루션에 대한 의사결정을 지원하기 위해 작성된 문서이다. 여기에는 절충분석, 품질기능전개(QFD), 비용 대 효과분석, M&S, 요구사항 식별, 솔루션 대안식별, 대안선정을 위한 각종 데이터가 포함된다.

<표 4-11> SERP의 SE 프로세스 결과물

SE 프로세스 활동	요구되는 SE 결과물
요구분석 및 확인	• 요구사항 베이스라인⁷⁸⁾ • 시스템수준의 요구사항 및 제약사항 • 시스템수준의 인터페이스 통제문서⁷⁹⁾ • 시스템아키텍처 • 요구사항 추적 상관표 • 시스템수준의 성능 및 기능 요구사항 및 이들을 하위수준으로 할당함에 따른 절충분석 결과
기능분석	• 기능아키텍처⁸⁰⁾
시스템구성요소 설계 솔루션 확인	• 할당베이스라인⁸¹⁾ • 물리적 아키텍처
구현, 배치, 운용 및 지원을 위한 설계	• 설계배포 베이스라인⁸²⁾
구 현	• 제품형상 베이스라인⁸³⁾
통 합	• 조립/통합 및 검증 절차 • 불일치 보고서, 원인분석 및 수정활동 절차
설계 솔루션 검증	• 문서화된 시스템 검증 프로그램 • 검증결과 • 설계 품질인증 데이터 • 수락검증 데이터 • 확인/승인/유지된 제품형상 베이스라인
설계 솔루션 확인	• 시스템 확인계획 • 시스템 확인 데이터
배치분석 및 평가	• 장소선정, 설치, 운용유지, 기존환경과의 호환 및 제약사항, 인력(훈련)소요, 포장, 취급, 저장, 수송 등에 대한 요구사항
시스템효과성, 비용, 일정 및 위험 평가	• 시스템 효과성, 비용, 일정, 리스크 평가를 위한 문서화된 프로세스 • 문서화된 시스템 효과성 평가 및 보고서 • 문서화된 비용 평가 및 보고서 • 문서화된 일정 평가 및 보고서 • 문서화된 리스크 평가 및 보고서
절충분석	• 문서화된 절충분석 결과

78) 요구사항 베이스라인 : 문서화/검증/승인된 시스템 수준의 검증/할당 가능한 기술적 기능/성능 요구사항 및 설계 제약사항. 이것은 하위수준으로 할당되며, 이 베이스라인의 변경은 보통 승인을 필요로 한다.

※ 베이스라인은 보통 규격서(Spec') 및 기술데이터패키지 등으로 문서화된다.

79) 인터페이스 통제문서 : 인터페이스 요구사항을 만족시키는 인터페이스 설계 또는 구성요소를 나타내는 도면 등의 문서

80) 기능아키텍처 : 기능분석 및 할당의 결과인 기능의 아키텍처(계층구조). 기능 아키텍처의 각 기능은 시간선과 관련되며,

하부기능으로 분해되고, 요구사항 베이스라인에 있는 성능요구사항 및 제약사항이 기능 및 하부기능에 할당된다.

81) 할당베이스라인 : 할당베이스라인은 다음 사항을 포함한다. (a) 물리적 아키텍처, (b) 물리적 아키텍처에서 각 시스템

제품에 대해 최초로 문서화 되고, 확인되고, 승인된 설계 기능 및 성능 요구사항과 설계 제약사항으로, 이에 대한 변경은

4.6.2.2. SE 프로세스 관리에 따른 결과물

<표 4-12> SERP의 SE 프로세스 관리에 따른 결과물

SE 프로세스 관리활동	요구되는 SE 결과물
시스템엔지니어링 계획	• SEMP(시스템엔지니어링 관리계획서) • CWBS(계약업무분해구조)⁸⁴⁾ • IMS, IMP상의 요구사항 • EVMS 업무 패키지 상의 요구사항
모니터링	• 초기 계획과 연관되며, 문서화된 SE 평가서 • 수행 내용
의사결정분석	• 문서화되고 수행된 의사결정 • 문서화된 베이스라인 및 기능 아키텍처
위험관리	• 위험관리 계획 • 위험관찰 목록
형상관리	• 문서화된 형상관리프로세스 • 기술변경통제 수행평가
인터페이스 관리	• 인터페이스 정의 문서
데이터 관리	• 계약에 의해 요구되는 데이터 결과물 • 사업을 지원하기 위한 데이터 결과물
하부계약자 관리	• 시스템엔지니어링 요구사항 제공

계약에 따라 승인절차를 거쳐야만 한다. (c) 각 컴포넌트 또는 컴퓨터 소프트웨어 유닛 그리고 컴포넌트 및 컴퓨터 소프트웨어 유닛들이 통합된 각 항목에 대하여 모든 설계 요구사항 및 제약사항을 망라하는 독립적인 문서

82) 설계배포 베이스라인 : 다음 사항을 최초로 문서화/확인/검증한 것. (a) 제품의 통합된 구성요소 및 시스템 제품 각각에 대한 설계 (b) 해당 시스템을 운용하는데 필요한 인력 및 숙련도에 대한 정의. 이에 대한 모든 변경은 계약에 의거하여 승인되어야만 한다.

83) 제품형상 베이스라인 : 하나 이상의 시스템 제품을 위하여 최초로 문서화되고 승인되며, 다음 사항의 확정 이후 설계배포 베이스라인까지 최신회되는 베이스라인 (a) 제품 설계가 현재 할당된 그리고 설계 배포 베이스라인에 있는 모든 기능 및 성능 요구사항 그리고 제약사항을 만족한다는 품질인증, (b) 구축된, 코딩된, 또는 통합된 제품이 베이스라인에 정확히 반영된 확정 그리고 (c) 하드웨어 제품에 대하여 계속 생산, 수락 검증, 배치, 훈련, 운용, 지원 및 폐기에 대한 준비 내용 및 이러한 내용이 계약에 의거하여 승인된 변경내용

84) CWBS : 계약 또는 하부계약에 의해 계획된 모든 업무를 기록하기 위해 개발자가 준비한 업무분해구조로써, 고객에 의해 승인된 것

용 어 정 리

CAIV : Cost As an Independent Variable(독립변수로서의 비용)
CBA : Capabilities Based Assessment(능력기반 평가)
CDD : Capabilities Development Document(능력개발서), 구 ORD(Operational Requirements Document)
CDR : Critical Design Review(상세설계검토)
CDRL : Contract Data Requirements List(계약자료 요구목록)
CJCSI : Chairman of the Joint Chiefs of Staff Instruction(합참의장 지침)
COTS: Commercial- Off-The-Shelf(상용품)
CPD : Capability Production Document(능력개발서)
CSEP : Comprehensive Systems Engineering Process(포괄적 시스템엔지니어링 프로세스)

DAG : Defense Acquisition Guidebook(미 국방획득 가이드북)
DAU : Defense Acquisition University(미 국방획득대학)
DoD : Department of Defense(미 국방성)
DT&E: Developmental Test and Evaluation(개발시험평가)

EVMS : Earned Value Management System(성과관리시스템)

FFBD: Function Flow Block Diagram(기능흐름 블록선도)

GFE: Government Furnished Equipment(관급장비)

ICDs: Interface Control Documents(인터페이스 통제문서)
/ Initial Capabilities Document(초기 능력서)
IDEF : Integration Definition for Function(통합 기능 정의)
INCOSE : International Council on Systems Engineering(국제 시스템엔지니어링 협회)
IPPD : Integrated Product and Process Development(통합 제품 및 프로세스 개발)

JCIDS : Joint Capabilities Integration Development System(합동능력통합개발시스템)
JROC : Joint Requirements Oversight Council(합동 요구사항 감독위원회)
JTA : Joint Technical Architecture(합동기술 아키텍처)

KPPs : Key Performance Parameters(주요성과 파라미터)

LCC : Life Cycle Cost(수명주기 비용)

MNS(Mission Needs Statement) : 임무요구서

M&S : Modeling and Simulation(모델링 및 시뮬레이션)

MOE : Measure of Effectiveness(효과도 척도)

MOS : Measure of Suitability(적합성 척도)

NDI : Nondevelopment Item(비개발 품목)

OCD(Operational Concept Document)

OT&E : Operational Test and Evaluation(운용시험평가)

PBS : Product Breakdown Structure(제품분해구조)

PDR : Preliminary Design Review(예비설계검토)

PM : Program(또는 Project) Management(사업관리)

RAM : Reliability, Availability, Maintainability(신뢰도, 가용도, 정비도)

RFP : Request for Proposal(제안요청서)

SBD : Schematic Block Diagram(블록선도)

SE : Systems Engineering(시스템엔지니어링)

SOO : Statement of Objectives(목적기술서)

SOW : Statement of Work(업무기술서)

SRD : Systems Requirements Document(시스템 요구서)

TEMP : Test and Evaluation Master Plan(시험평가 종합계획서)

TPMs : Technical Performance Measures(기술성능측정)

SEDS : Systems Engineering Master Detailed Schedule(시스템엔지니어링 상세일정)

SEMP : Systems Engineering Management Plan(시스템엔지니어링 관리계획서)

SEMS : Systems Engineering Master Schedule(시스템엔지니어링 종합일정)

SERP : Systems Engineering Requirements and Products(시스템엔지니어링 요구사항 및 결과물)

SEP : Systems Engineering Plan(시스템엔지니어링 계획서)

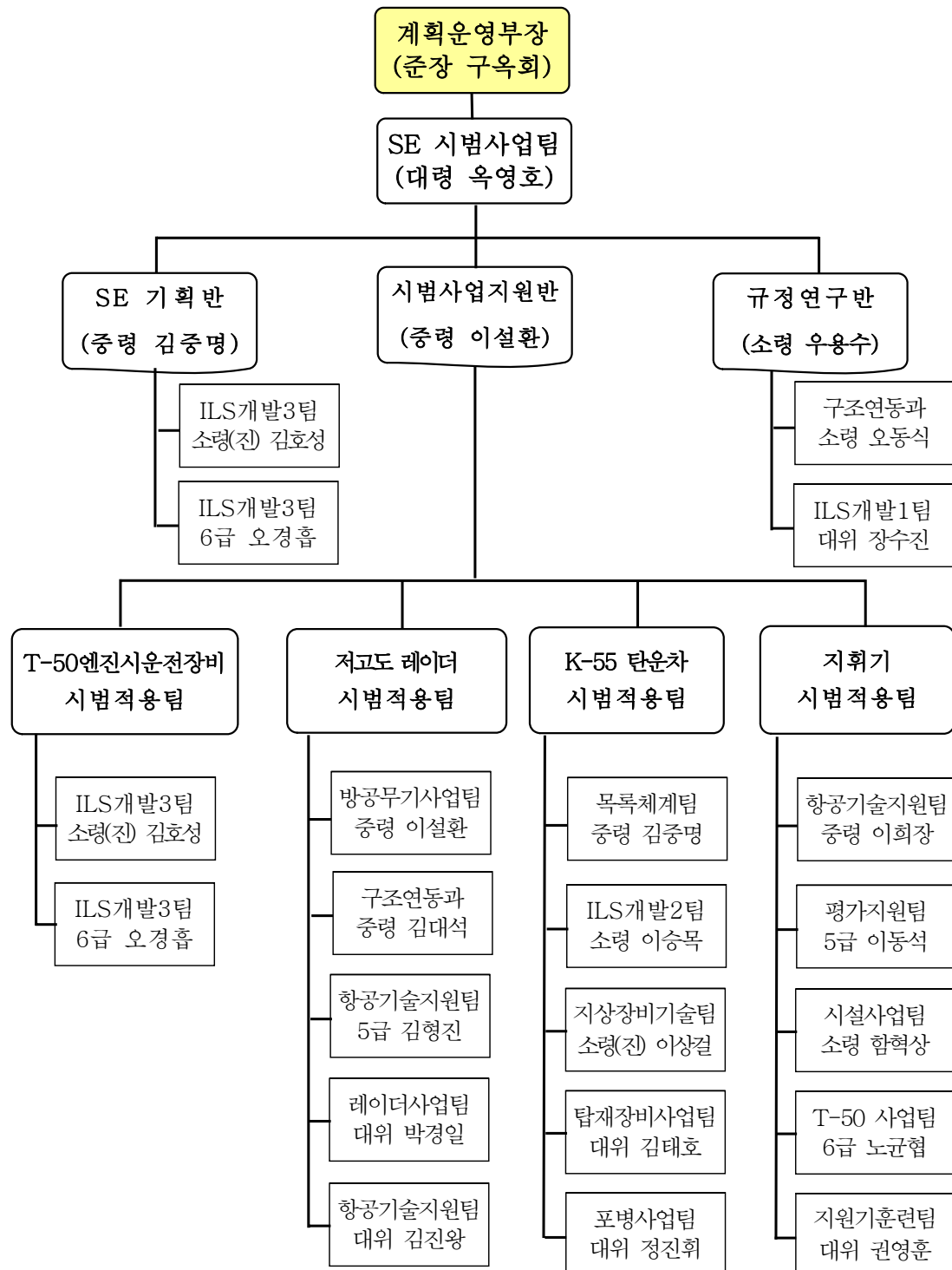
/Systems Engineering Process(시스템엔지니어링 프로세스)

SRR : System Requirements Review(시스템요구사항 검토)

WBS : Work Breakdown Structure(업무분해구조)

<시스템엔지니어링 시범적용을 위한 비상설 T/F 편성>

○ 기간 : 07년 7월 2일 ~ 12월 31일



편 집 후 기

이 가이드북은, 방위사업청 학습동아리 「시스템엔지니어링연구회」 및 2007년 7월에 결성된 시스템엔지니어링 시범적용 T/F 연구의 결실이다. 시중에 그리고 인터넷에 떠도는 수많은 시스템엔지니어링 서적과 지침서가 있지만, 방위사업청에서 손쉽게 참고할 만한 자료가 없다는 것이 우리의 안타까움이자 우리가 일할 수 있는 기회였다.

이 책은 무기체계 개발을 관리하는 방위사업청 통합사업관리팀에서 시스템엔지니어링의 개념을 파악하고, 사업관리에 참고할 수 있는 가이드북이다. 각각의 사업에서는 이 가이드북의 내용 등을 참고하여 그 사업 고유의 「시스템엔지니어링계획서」를 작성하여야 한다.

지금까지 우리의 연구개발에 적용된 시스템엔지니어링은 개발기관에서 해외연수 등을 통해 해외 협력사 등에서 배워온 기법을 적용한 정도이며, 정부측에서 마땅히 해야 할 부분이 거의 배제되어 왔다. 미국의 경우를 살펴봐도, 시스템엔지니어링이 분명히 효과적인 개발 접근방법이긴 하지만, 방산업계의 특성상 정부의 강력한 의지가 없이는 충실히 적용되기 어렵다. 즉, 정부측에서 전문적인 정책, 개념, 지식체계 그리고 전문 인력과 조직을 갖추고 구체적인 효과적인 방법으로 요구(tasking)해야 하는 것이다. 이것은 개발기관의 개발활동을 간섭하는 것이 아니라, 개발의 불확실성에 따른 쌍방의 프로그램 위험을 현저히 줄여주는 것이다.

이 가이드북은 비록 지금 미약한 수준으로 발행하지만, 지속적인 연구 활동을 통해 지속적으로 개선 보완해 나갈 것을 약속드리며, 보다 적은 비용으로 보다 좋은 성능의 무기체계를 획득하기 위해 불철주야 노력하는 방위사업청 직원들에게 작으나마 도움이 되기를 바라마지않는다.

끝으로 연구에 지원 및 협력을 아끼지 않으신 청장님, 사업관리본부장님, 계획운영부장님 그리고 적극적으로 검토 및 조언을 해 주신 KCOSE 민성기 회장님, 3사관학교 한명덕 교수님, 국방대 권용수 교수님께 감사드린다.

2007. 10. 1.

편집자

♠ 질문 및 보완 요구를 위한 연락처 ♠

우 용 수 : wooyo@dapa.mil(국방망), woojoshua@empal.com(인터넷)