

복합시스템 환경에서의 능력기반 획득 적용방안 (Perspectives on the Application of Capabilities Based Acquisition in the System of Systems Environment)

권 용 수(Yong Soo Kwon)*, 송 상 기(Sang Ki Song)**, † 고 남 경(Nam Kyung Ko)*

초 록

본 연구는 복합시스템 환경에서의 능력기반 획득프로세스에 대해 기술하며, 인식 패러다임을 기반으로 쓰여진 정성적인 논문이다. 미래 전장은 단일전구 내에서 다양한 센서와 슈터가 각각의 그리드를 형성하고, 네트워크기반 전장관리체계에 의해 임무와 기능을 수행하는 복합시스템 개념으로 변화되고 있다. 복합시스템은 특정 능력을 충족시키기 위해 개별 시스템들을 보다 큰 시스템으로 통합한 시스템의 묶음 또는 배열이다. 따라서, 획득프로세스도 기존의 단일시스템 요구사항 중심에서 복합시스템 환경하의 능력기반 획득으로 변화되고 있다. 이러한 관점에서 본 논문은 능력기반 획득프로세스의 핵심 요소인 JCIDS, DAS 그리고 CEP에 대해 기능측면에서 분석하였다. 그리고, 이러한 종합적 분석결과로 부터 한국적 획득환경에 적합한 능력기반 획득 적용방안을 제시하였다.

ABSTRACT

This work describes capabilities based acquisition process in the SoS(System of Systems) environment. It is written as qualitative paper based on a cognitive paradigm. Future battle space is formed with grids of the various sensors and the shooters. It has been also transformed into a SoS concept which accomplishes missions and their functions through network based battle management systems in a single theater. The SoS is a set or arrangement of systems that results when independent and useful systems are integrated into a larger system that delivers unique capabilities. Therefore the acquisition process is changing over from single system requirements to capabilities based acquisition of the SoS. In this point of view, this paper analyzes functionally JCIDS, DAS and CEP which are critical elements of the acquisition process. From results of this comprehensive analysis, perspectives on the application of capabilities based acquisition suitable for Korean acquisition environment are presented.

Keywords : Systems Engineering, Capabilities-based acquisition, SoS, JCIDS, CEP

논문접수일 : 2010년 7월 7일 심사(수정)일 : 2010년 7월 7일 논문게재확정일 : 2010년 8월 20일

* 국방대학교 무기체계전공

** 해군 00부대

† 교신저자

1. 서론

획득에 관련된 많은 사람들이 크게 인식을 하지 못할 지라도 오늘날 대부분의 무기체계는 복합시스템(SoS: System of Systems)의 일부로서 그 기능을 수행하고 있다. 즉, 네트워크 기반 IT 기술의 급격한 발달로 단일전구라는 공간 내에서 다수의 다양한 센서체계와 슈터체계가 각각의 격자를 형성하고, 네트워크기반 전장관리체계에 의해 그 임무와 기능을 수행하는 개념으로 변화되고 있다. 복합시스템은 특정 능력을 충족시키기 위해 개별 시스템들을 보다 큰 시스템으로 통합한 시스템의 묶음 또는 배열을 의미한다. 기존의 하드웨어 중심의 개별 무기체계는 네트워크기반 하에 고성능, 고정밀 및 다기능 복합시스템으로 통합되고 있다. 이러한 미래 전장개념의 변화는 국방획득환경에도 큰 변화를 가져오고 있다. 획득프로세스도 기존의 단일시스템 요구사항 중심에서 복합시스템 환경하의 능력기반 획득으로 변화되고 있으며, 궁극적으로는 엔터프라이즈 환경 하에서 운용개념을 통해 능력을 도출하는 보다 상위의 전력기반 접근방법으로 발전하게 될 것이다.[1] 이에 따라 미국, 영국 등을 비롯한 많은 선진국의 국방획득 프로그램은 네트워크기반의 복합시스템 환경에 적합한 합동능력기반의 하향식 획득프로세스를 기반으로 하고 있다.

미래 복합시스템 환경변화에 따른 미국의 국방획득의사결정지원체계는 기본적으로 합동능력통합개발체계(JCIDS: Joint Capabilities Integration & Development System), 국방획득관리체계(DAS: Defense Acquisition System) 및 PPBE (Planning, Programming, Budgeting and Execution)가 통합된 동시적 개념이다. 이 체계는 독립적으로 각각의 체계를 규정하는 문서체계와 관심영역을 가지고 있지만 밀접하게 통합되어 동시에 수행되는 특징을 지니고 있다. 특히, DAS 전 수명주기 프로세스는 소요군으로부터 JCIDS 프로세스에 의해 도

출된 능력과 운용개념(CONOPS: Concept of Operations)을 기반으로 진행된다. 따라서 복합시스템 환경 하에서 이러한 획득프로세스를 효율적으로 수행하기 위해서는 능력레벨의 JCIDS와 시스템레벨 DAS 뿐만 아니라 이들 서로 다른 레벨 간의 원활한 접목을 위해 교량적 기능을 수행하는 능력진화프로세스(CEP: Capability Evolution Process)에 대한 명확한 이해가 요구된다.

이러한 관점에서 본 연구는 복합시스템 환경에서의 능력기반 획득 적용방안에 대해 기술한다. 본 논문은 정량적인 것보다는 인식패러다임 기반의 연구로, 능력기반 획득프로세스의 핵심요소인 미국의 JCIDS, DAS 그리고 CEP에 대해 기능측면에서 정성적으로 분석을 수행했다. 마지막으로 이러한 분석 결과를 바탕으로 능력기반 획득프로세스를 효율적으로 한국적 획득환경에 적용하기 위한 고려사항을 제시했다.

2. 능력기반의 국방의사결정지원체계

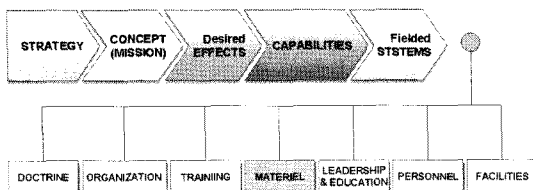
2.1 능력기반접근

미국, 영국 등을 비롯한 대부분의 선진국에서 능력기반의 획득프로세스를 적용하고 있으며, 우리 또한 초기 단계이지만 이를 지향하고 있다. 미국은 2001년 4개년 국방검토(QDR: Quadrennial Defense Review) 보고서에서 새로운 국방전략은 능력기반접근(capabilities based approach) 개념에 따라 수립되어야 할 것임을 표명하였다. 이 접근법은 전통적인 위협기반접근(threat based approach)과는 기본적으로 다음과 같은 점에서 차이를 나타낸다. 첫째, 무엇을 가지고 있느냐 보다 무엇이 필요한가에 초점을 두었으며, 둘째는, 프로세스 진행 중 너무 일찍 솔루션에 대한 대안을 제공하지 않는다는 것이다.[2]

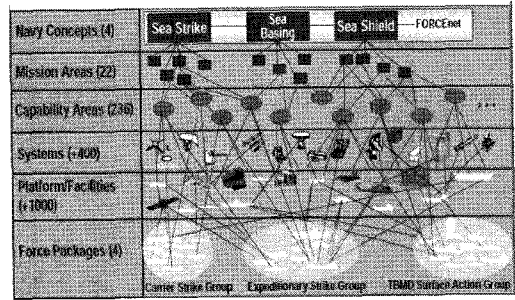
이와 같은 접근방식 변화의 근본적인 원인은 비선형적 미래전장에서 누가(who) 다음의 적이

될 것인지 또는 어디에서(where) 다음 전투가 발생할 것인가에 대해 명확하게 예측을 할 수 없기 때문에 어떻게(how) 싸울 것인가로 초점이 바뀌었기 때문이다.[3] 따라서, 능력기반접근은 불확실성 속에서 현대의 역동적인 도전과 환경에 대응할 수 있는 군사능력을 구현하고자 한다. 이는 광범위한 안보도전을 충족시키기 위한 접근으로서, 미래의 적을 한정할 때 발생하는 불확실성을 완화하면서 전략을 지원하기 위해 무기체계 성능(performances)보다는 효과(effects)에 중점을 둔다. 또한, 능력기반접근은 [그림 1]과 같이 임무로부터 도출되는 능력기반의 하향식(top-down) 프로세스를 수행하여 능력달성을 위한 전투발전요소(DOTMLPF: Doctrine, Organization, Training, Material, Leadership & Education, Personnel and Facility)별 솔루션을 도출한다. 즉, 어떠한 임무가 주어지면 이러한 임무와 그 기능을 수행하기 위한 능력을 도출하고, 도출된 능력을 달성하기 위해 요구되는 시스템을 정의하는 일련의 하향식 프로세스이다.

[그림 2]는 이러한 능력기반의 하향식 시스템 정의 프로세스의 예를 나타낸다. 미 해군은 “Sea Power 21” 전략 달성을 위해 FORCENet 기반 하에서 Sea Strike, Sea Basing, Sea Shield의 운용 개념을 먼저 설정했다.[4] 이러한 개념을 기반으로 22개의 임무가 도출되었으며, 임무 수행에 필요한 236개의 능력을 식별하였다. 도출된 능력을 달성하기 위해 필요한 400개 이상의 시스템과 1,000개 이상의 플랫폼/시설을 식별하였다. 이러한 시스템과 플랫폼은 미 해군 작전교리를 기반으로 4가지 형태의 전력패키지(force package)로 구



(그림 1) 능력기반접근 프로세스



(그림 2) 능력기반 시스템 정의(5)

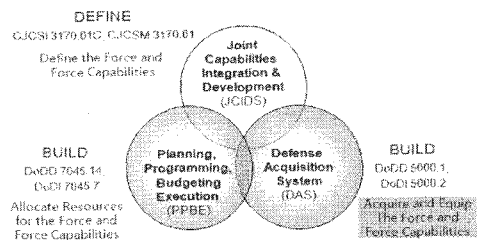
성된다.

2.2 국방의사결정지원체계

네트워크 기반의 복합시스템 환경에서의 능력기반 접근 개념은 국방의사결정지원체계의 근본적인 변화를 요구하게 되었다. 미국 국방의사결정체계는 [그림 3]과 같이 합동능력통합개발체계(JCIDS), 국방획득관리체계(DAS) 및 국방기획관리체계(PPBE)로 구성된 통합체계이다. 성공적인 국방획득의 수행은 이러한 세 가지 프로세스의 동기화에 의해 보장된다. 이를 통해 군사력과 군사적 능력을 정의하고 자원을 할당하여 군사력 획득 및 군사적 능력 구비가 효율적으로 이루어지게 된다.

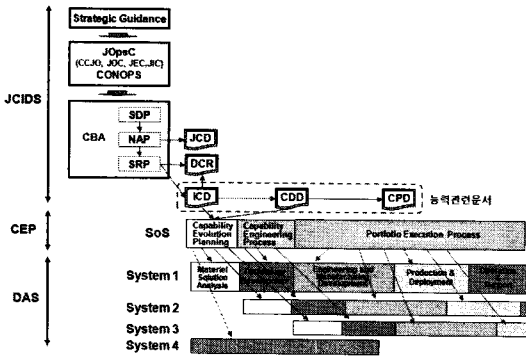
3. 능력기반 획득프로세스 분석

능력기반 획득프로세스는 소요군의 JCIDS 프



Capability, Budget, & Acquisition Processes should be synchronized

(그림 3) 국방의사결정지원체계



(그림 4) JCIDS, DAS 및 CEP

로세스로부터 도출된 능력과 각각의 산출물에 의해 이끌어지고 관리되어 진다. 그러나, 오늘날 대부분의 국방시스템은 복합시스템의 일부임에도 불구하고, 실제 국방획득프로세스에서는 단일시스템 획득에 초점을 두고 있어 능력기반 획득이 제한되고 있다. 따라서, 복합시스템 환경 하에서 이러한 획득프로세스를 효율적으로 수행하기 위해서는 [그림 4]와 같은 능력진화프로세스에 대한 명확한 이해가 요구된다. 능력진화프로세스는 능력레벨의 JCIDS와 시스템레벨 DAS 간의 원활한 접목을 위한 교량적 기능을 수행한다.

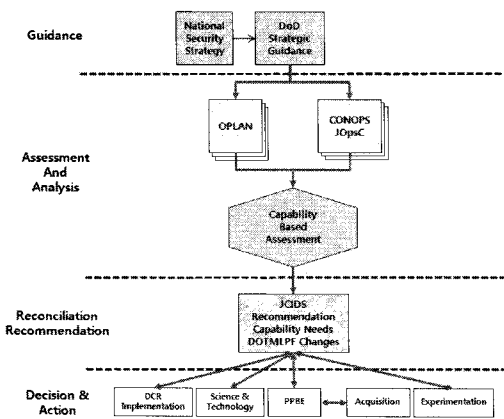
3.1 합동능력통합/개발체계(JCIDS)

1980~2000년대 초반의 미국 획득프로세스는 위협기반(threat-based) 접근법에 따른 플랫폼을 중심으로 소요군의 시스템정의 즉 임무요구서(MNS: Mission Need Statement)로부터 시작되었다. 즉, 시스템에 대한 정의는 시스템레벨에서 이루어지는 위협기반 요구사항생성체계(RGS: Requirement Generation System)의 프로세스를 통해 이루어졌다. 이러한 소요정의체계는 네트워크기반의 전장환경에 보다 적합한 복합시스템레벨의 능력기반 기획프로세스로 2003년 개정된다. 능력기반 소요정의체계인 JCIDS는 DoD 획득과 PPBE 프로세스의 지원하는 핵심 프로세스이다. JCIDS는 미래 합동전장에서의 임무(mission)와 과업(tasks)

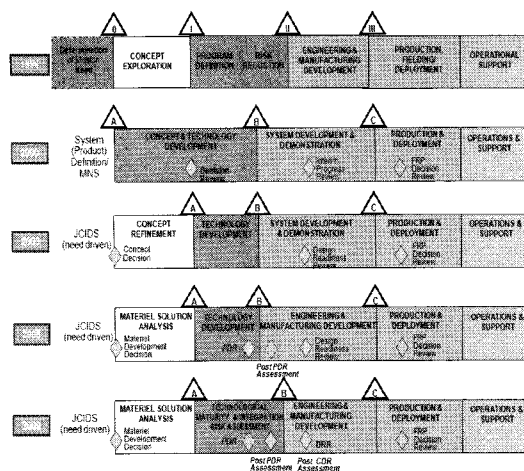
수행에 필요한 합동능력을 식별하기 위한 하향식 접근방법이다. RGS가 자군 중심의 상향식 시스템정의의 프로세스였던 것과는 대조적으로, JCIDS는 미래중심의 합동운용개념을 기반으로 능력기반평가(CBA: Capabilities Based Assessment)를 수행하여 능력소요를 정의하고, 전투발전요소(DOT-MLPF)에 대한 솔루션을 도출하게 되는 하향식 접근방법이다.

JCIDS는 국가안보전략과 국방전략을 구현하기 위해 전투원에게 요구되는 군사능력을 식별하는데 있어 핵심적인 역할을 수행한다. 능력의 성공적 도출은 다른 의사결정 프로세스와 맞물려 함께 수행되는 JCIDS 프로세스에 의해 좌우된다. JCIDS 프로세스는 [그림 5]에서와 같이 국가안보전략을 기반으로 합동운용개념을 도출하는 것으로부터 시작된다. 합동운용개념(JOpsC: Joint Operations Concept)은 상위 전략지침으로부터 개발되어 F+8~20년까지의 미래능력 식별을 위한 하향식 베이스라인을 제공한다. 또한, 작전계획(OPLAN: Operations Plan), 작전계획개념(CONPLAN: Concept of Operations Plan) 및 합동교리 등은 F+7년까지의 단기적 개념 도출을 지원하고, 운용개념(CONOPS: Concept of Operations)은 F+8~14년까지의 중기적 개념과 F+15년 이상의 장기적 개념 작성에 활용된다.

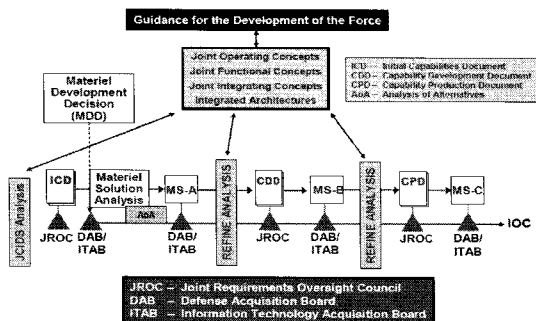
이런 개념들은 CBA의 개념적 기반을 제공하고, CBA는 이를 바탕으로 현재 능력의 부족함과 중복을 식별한 후, 잠재적 장비/비장비요소 솔루션 분석을 실시한다. 이러한 방식으로 도출된 CBA 결과는 전투발전요소의 각 영역별 활동을 위한 기초자료로 활용된다. 이러한 JCIDS의 산출물인 능력서는 [그림 6]에서 알 수 있듯이 DAS와 밀접하게 통합되고 동기화되어, JCIDS와 DAS 프로세스가 동시에 수행된다. JCIDS를 통해 도출된 요구능력은 그러한 요구를 충족시키는 시스템의 개발과 생산 활동의 근거로서 사용된다.



(그림 5) JCIDS 프로세스



(그림 7) 미 국방 획득프로세스 변화



(그림 6) JCIDS와 DAS 관계

3.2 국방획득체계(DAS)

미국의 국방획득프로세스는 1971년 DoDD 5000.1의 획득관리 규정을 시작으로 1996년, 2000년, 2003년, 그리고 2008년 12월의 개정에 이르기 까지 [그림 7]에서와 같이 급격한 획득환경과 정책 변화에 따라 지속적인 변화를 추구하고 있다.

2000년 개정 획득프로세스는 위험기반 분석을 통한 시스템정의(system definition)와 소요군의 MNS로부터 획득프로세스가 출발하도록 변경되었다. 또한, 시스템엔지니어링 기반의 진화적 획득전략을 적용하여, 기존 4단계 마일스톤이 3단계로 축소되고 IPR(In Progress/Process Review)이 추가되었다.

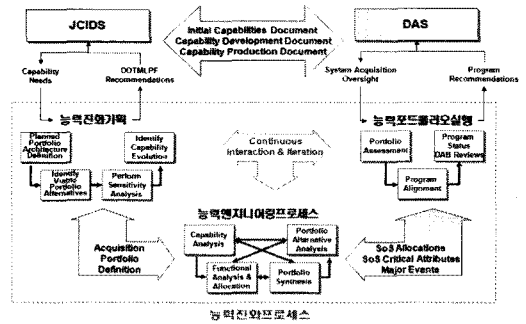
2003년 개정 획득프로세스에는 개념정제(con-

cept refinement)와 기술개발(technology development)등과 같은 획득사업의 초기 활동이 강조되었으며, 이는 운용개념의 중요성을 강조하는 시스템엔지니어링에서의 초기 활동이 반영된 것으로 볼 수 있다. 이에 따라 2003년도 획득프로세스는 소요제기 단계에서 하향식의 시스템 개념정의가 반드시 이루어지도록 규정하고, 획득프로세스로 진입하면서 다시 개념정제 단계를 거치도록 했다. 또한, 개정 프로세스는 요구사항보다 능력기반의 요구정의에 의한 산출물에 중점을 두었으며 좋은 산출물을 얻기 위해 합동능력(Joint Capability)을 지원하는 문서에 변화가 나타났다. 즉, 기존의 MNS가 초기개념서(ICD: Initial Capabilities Document)로 변경되었고 마일스톤 B에서 획득결정을 지원하기 위해 사용되던 운용요구서(ORD: Operational Requirement Document)는 능력개발서(CDD: Capability Development Document)로 변경되었으며, 마일스톤 C에서의 ORD가 능력생산서(CPD: Capability Production Document)로 변경되었다.

최근에 개정된 2008년 획득프로세스에서는 진화적 획득전략의 기존 나선형(spiral)개발이 사라지고 점증적(incremental)개발만 남게 되었다. 이러한 능력기반 획득프로세스는 최종상태를 정의

한 상황에서 추진함을 알 수 있다. 나선형개발이 제외된 이유는 성숙되지 않은 새로운 기술기회에 대한 무리한 기대로 시작된 나선형개발이 비용 및 일정 위험을 반복적으로 증가시키기 때문이다. 결국 이러한 위험 증가는 획득사업의 성공적 수행을 어렵게 만들기 때문에 진화적획득 전략에서 제외되었다 볼 수 있다. 그리고, 획득프로세스에 대한 개정사항으로, 기존의 개념결정(CD: Concept Decision)이 장비개발결정(MDD: Materiel Development Decision)으로 대체되었으며, MSA(Materiel Solution Analysis)단계가 기존의 개념정제(CR: Concept Refinement)를 대체하게 되었다. 따라서, 비장비요소 솔루션은 JCIDS의 DCR(DOTMPF Change Recommendations)에 의해 처리되나, 장비요소는 ICD에서 정의된 솔루션을 MSA 단계에서 기술수준, 비용, 일정 및 성능과파라미터 등에 대해 세부적으로 분석을 실시한다. 또한, 기존 시스템엔지니어링과 기술검토를 더욱 강조하기 위해 시스템 개발/시연(System Development & Demonstration) 단계는 엔지니어링/제조개발(EMD: Engineering and Manufacturing Development) 단계로 대체되었다.[6]

최근 DoD 정책변화에 따라 국방획득관리시스템수명주기가 변경되었다. 2009년 무기체계획득 개정법령의 주요 개정내용은 기술개발(TD: Technology Development) 단계에서 기술성숙 및 핵심 기술 통합위험에 대한 문서평가와 마일스톤 B 이전에 공식적인 사후 PDR 종료 및 경쟁력 있는 프



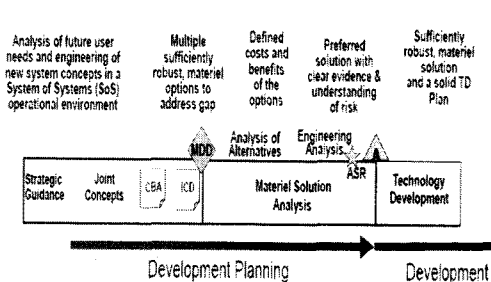
(그림 9) Capability Engineering Process(5)

로토타이핑을 의무화 시킨 것이다.

3.3 능력진화프로세스

복합시스템에서는 시스템을 구성하고 있는 단일시스템 간 통합 및 상호운용성이 보장된 상태에서 임무수행을 위한 능력을 확보하는 것이 중요하다. 따라서, 복합시스템 수준의 현재 능력이 소요 프로세스에서 도출된 능력까지 진화할 수 있는 계획을 수립하는 것이 능력기반 획득환경에서 SoS 시스템엔지니어링의 주요 역할이라 할 수 있다. 능력진화프로세스(CEP: Capability Evolution Process)는 JCIDS와 DAS를 연결하는 교량적 역할을 수행하며, 능력진화 및 획득전략프레임워크 내에서 진행된다. 능력진화프로세스는 능력진화기획, 능력엔지니어링프로세스 및 포트폴리오실행프로세스의 3개 하부프로세스로 구성되는 시간에 따른 순차적 프로세스이다. 주요 활동과 산출물은 JCIDS와 DoD 획득단계 및 마일스톤 요구사항을 지원하고 준수한다.

능력진화기획(Capability Evolution Planning)과 능력엔지니어링프로세스(Capability Engineering Process)는 [그림 10]에서 알 수 있듯이 획득 프로세스 마일스톤 B 이전 단계를 지원하는 프로세스이다. 능력진화기획은 전투원의 요구능력에 대한 설명을 획득시스템 도메인으로 변환한다. 이 프로세스 단계는 SoS 시스템엔지니어링을 위해



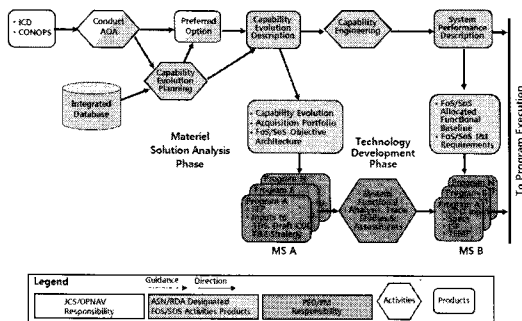
(그림 8) 2009년 개정 국방 획득프로세스(7)

획득포트폴리오 만드는 것을 강조하며, 초기 시스템 성능 할당과 포트폴리오 시스템 간의 인터페이스 관계를 식별한다. 이 과정의 산출물은 미래 시스템의 투자를 결정하는 가이드로서 사용되는 능력진화계획서(Capability Evolution Plan)이다. 이 단계에서 수행되는 주요 활동은 DAS에 진입하는 프로그램에 대한 마일스톤 A 이전 활동을 지원한다.

능력진화계획서에는 운용개념, 능력진화목표, 전력패키지구조, 유지개념, 능력투자계획 등 포함되며, 이는 MSA단계 산출물인 단일시스템 사업의 시스템엔지니어링계획서(SEP: Systems Engineering Plan), TDS (Technology Development Strategy) 등의 수립을 지원한다. 능력진화계획 단계를 통해 요구능력 충족을 위한 획득포트폴리오 수립 그리고 복합시스템 내 단일시스템 간의 통합 및 상호운용성이 보장된다.

이러한 능력진화계획은 [그림 11]과 같이 대안 분석 수행(Conduct AOA), 계획된 포트폴리오 아키텍처 정의(Planned Portfolio Architecture Definition), 구현 가능한 포트폴리오대안 식별(Identify Viable Portfolio Alternatives), 민감도분석 수행(Perform Sensitivity Analysis) 그리고, 능력진화 식별(Identify Capability Evolution)의 5개 하부 기능으로 구성된다.

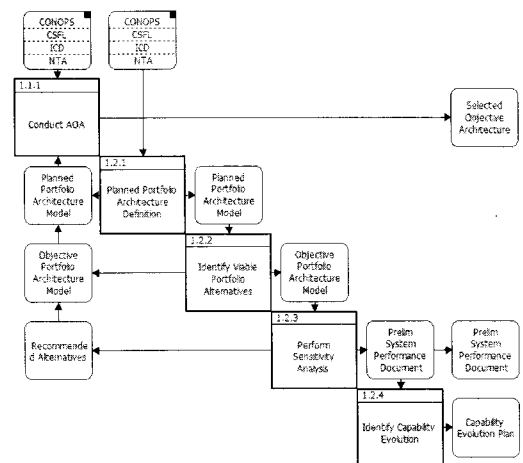
‘계획된 포트폴리오 아키텍처 정의’는 현재 운용하고 있거나 획득 예정인 시스템을 아키텍처화 하는 기능으로서, 요구능력 대비 현재의 능력을



(그림 10) 능력진화계획과 능력엔지니어링프로세스(5)

평가할 수 있다. 이 단계의 산출물인 계획된 포트폴리오 아키텍처 모델에는 운용, 기능 및 물리 아키텍처가 포함되며, 산출물을 통해 요구능력 충족을 위한 성능개량 또는 추가획득 필요 시스템과 이와 관련된 임무를 식별할 수 있다. 가능 포트폴리오대안 식별은 요구능력을 만족할 수 있는 전력 패키지 구성을 위해 포트폴리오 수립 시 필요한 기능이다. ‘구현 가능한 포트폴리오대안 식별’은 요구능력을 만족하는 전력패키지 구성을 위해 포트폴리오 수립 시 필요한 기능이다. 구현 가능한 포트폴리오를 식별하기 위해, 먼저 상위 수준의 통합과 상호운용성을 유지하면서 개방 설계 및 능력진화에 대한 지원이 가능토록 아키텍처 원칙 및 가이드라인을 설정하여야 한다. ‘민감도분석 수행’에서 실현 가능한 대안은 민감도분석을 통해 식별된다. 능력진화계획에서는 민감도분석을 수행하기 위해 요구사항과 솔루션의 다단계적 연관성 평가에 편리한 QFD(Quality Function Deployment) 방식을 사용한다. 마지막으로, 능력진화 식별은 민감도분석을 통해 최적의 대안이 결정된 후에비 시스템 성능서와 능력진화계획서를 작성하기 위한 기능이다.

능력엔지니어링프로세스(Capability Engineering Process)는 CED의 입력에서 출발하여 시스템

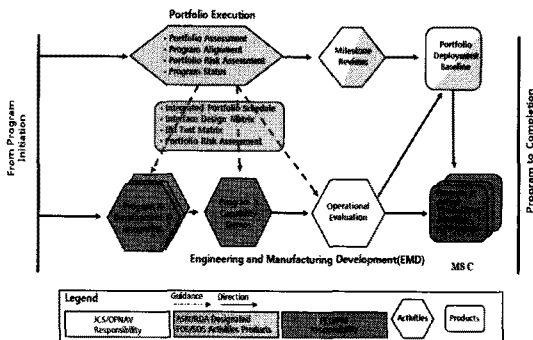


(그림 11) 능력진화계획 N2

성능서(SPD: System Performance Document)를 도출한다. SPD에는 복합시스템 기능 및 할당베 이스라인과 통합/상호운용 요구사항 등이 포함되어 TD(Technology Development)단계 산출물인 CDD, 시스템규격서, TEMP(Test & Evaluation Management Plan) 등의 수립을 지원하게 된다. 즉, 능력엔지니어링프로세스는 세분화된 기능분석/할당을 위해 복합시스템 수준의 설계조합을 수행하는 단계로서, 주요 기능은 포트폴리오 능력분석, 기능분석/할당, 포트폴리오 조합 및 포트폴리오 분석이다. 따라서, 능력엔지니어링프로세스를 통해서 는 요구되는 능력이 과업 → 기능 → 시스템 → 성능으로 정확하게 할당되었는가를 확인할 수 있어 추적성이 보장되고, 시뮬레이터를 통해 활동 및 기능 모델의 논리적 타당성을 확인할 수 있어 상호운용성이 보장됨을 알 수 있다.

포트폴리오실행프로세스(Portfolio Execution Process)는 [그림 12]와 같이 CED와 SPD 및 단위시스템 획득 프로그램별 개발방향을 바탕으로 능력이 목표대로 진화하는가를 확인하기 위해 획득포트폴리오 프로그램 실행을 지속적으로 모니터링하는 단계이다.

포트폴리오실행프로세스의 주요 기능은 포트폴리오평가, 프로그램 조정, 포트폴리오 위험평가 및 프로그램 상황 검토이며, 산출물은 통합 포트폴리오 일정, 인터페이스 설계 매트릭스, 통합 및 상호운용성 시험메트릭스 등이다. 이 중 포트폴리오



[그림 12] 포트폴리오실행프로세스(5)

오평가 단계에서는 [표 1]과 같이 설계, 시험평가, 형상관리, 기술성숙도평가 및 위험평가 등에 대한 세부평가 및 검토를 실시한다.

이러한 포트폴리오실행프로세스의 기능과 산출물을 통해 단일시스템 EMD 단계의 활동을 모니터링하고, 마일스톤을 검토함으로써 포트폴리오 전개베이스라인을 산출하며, 이는 최초 생산베이스라인 및 CPD 수립을 지원한다. 따라서, 포트폴리오실행프로세스를 통해서 포트폴리오내 단일시

[표 2] 포트폴리오평가 세부내용

분야	세부활동	주요 내용
설계	설계문서 검토	· 단일 시스템과 포트폴리오내 다른 시스템과의 호환에 대한 신뢰성 확보 · 활동 산출물은 포트폴리오 IDM(Interface Design Matrix) 수정
	설계검토	· 포트폴리오 IDM에 포함된 단일시스템의 SRR, SDR, PDR, CDR에 참여 하여 통합 및 상호운용성 보장
시험평가	시험평가 계획검토	· 상호운용성 문제점 조기식별 및 평가 데이터 공유를 위한 단일시스템 시험 평가 일정 적절성 검토 · 활동 산출물은 포트폴리오 IITM(Integration and Interoperability Test Matrix) 수정
	시험평가 준비검토	· 포트폴리오 IITM에 포함된 단일시스템의 TRR 참가
	평가데이터 분석	· 단일시스템간 통합 및 상호운용성 만족여부 확인 및 불만족시 단·장기 대책 수립
형상관리	컴퓨터프로그램버전 통제	· 소프트웨어 개발, 정비 및 개방 프로세스 통제
	COTS교체	· COTS 교체주기 및 전략 통제
기술성숙도	기술로드맵	· 능력 진화에 맞는 적용가능 기술 확인 및 포트폴리오 진화 조정
	포트폴리오 프로그램 기술검토	· 프로그램 계획부서 및 개발업체의 과학기술 투자계획 확인
위험평가	포트폴리오 프로그램 위험검토	· 각각의 단일시스템 위험평가 프로세스에 참여하여, IDM 및 IITM의 내용을 기반으로 기술, 일정 및 비용 위험 식별
	조합평가	· 단일시스템의 기술 문제점이 포트폴리오내 다른 시스템에 영향을 미치는가 확인

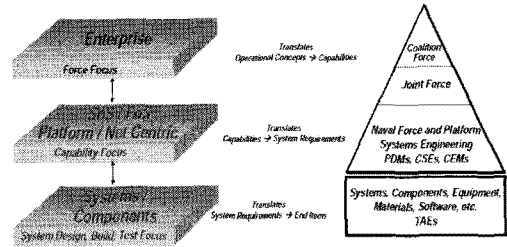
스텝에 대한 통합 및 상호운용성을 지속적으로 모니터링하고, 포트폴리오 변경 필요시 의사결정자에게 편향되지 않은 정보를 제공할 수 있음을 알 수 있다.

4. 능력기반 획득프로세스 발전방안

산업화시대에서 정보화시대로 진화하면서 미래 전장환경도 네트워크 기반의 복합시스템 중심 무기체계로 변화되고 있다. 오늘날 대부분의 무기체계는 명확하게 인식되지 못할 지라도 복합시스템의 일부로서 그 기능을 수행하고 있다. 그럼에도 불구하고 실제 개발과 획득과정에서 복합시스템에 대한 인식과 이해는 매우 미흡한 상태이다. 대부분의 무기체계는 능력기반의 복합시스템관점에서 충분한 검토 없이 각각의 개별시스템에 대한 개발과 획득이 이루어지고 있는 실정이다. 능력기반 접근방법의 도입은 획득을 위한 기획단계 즉, 요구능력정의 프로세스 및 효과적인 시스템통합에 대한 활동의 강조를 의미한다. 따라서 미래 전장환경에 부합하는 능력기반 획득프로세스의 효율적인 정착을 위해 다음과 같은 발전방향이 우선 고려되어야 한다.

4.1 능력도출프로세스 정립 및 공감대

복합시스템 레벨에서의 효과적인 획득프로세스 구현을 위해서는 복합시스템 환경 하에서 효과적으로 임무와 기능을 수행하기 위한 시스템엔지니어링 기반의 군사적 능력도출 프로세스의 정립과 공감대 확산이 우선적으로 요구된다. 이러한 능력은 미래 전장의 합동운용개념(Joint Operations Concept)을 기반으로 CBA와 같은 일련의 반복적인 평가프로세스를 거쳐 능력소요를 정의하고, 이에 필요한 장비(materiel) 및 비장비(non-materiel) 요소로 구성되는 전투발전요소에 대한 솔루션을 도출하는 반복 하향식 프로세스에 의해 이루어진다.



(그림 13) 능력기반 복합시스템 레벨

능력기반은 하드웨어적 관점에서는 주로 [그림 13]과 같이 복합시스템 레벨에서 이루어지지만, 그 기본 개념은 하드웨어 관점의 SoS에서 뿐만 아니라 시스템레벨 일지라도 적용된다. 즉, 능력기반은 단지 최종제품(end product)인 장비뿐만 아니라 효과적으로 임무와 기능을 수행하는데 필요한 비장비 요소까지 포함하는 포괄적 개념이다. 하나의 예로 보병대대를 총으로 무장한 병사 중심의 부대로 생각할 수 있으나, 능력관점으로 본다면 전투에서 주어진 임무를 달성하기 위해서는 보병 병사뿐만 아니라 식량, 유류, 탄약, 이동수단, 통신수단, 지휘, 그리고 행정조직 등 지원제품(end product)를 포함하여 고려하게 된다.

그러나, 실제 국내 무기체계 획득환경은 이러한 요구에 미흡한 실정이다. 부분적으로 합참을 중심으로 능력기반 소요제기 프로세스를 추진하고 있으나, 실제 개발 및 획득분야에서는 요구능력에 대한 구성요소로서 복합시스템보다는 개별시스템으로서 독립적인 시스템 차원에서 관리되고 획득되는 실정이다. 이것은 개별사업에 대한 사업관리자는 있어도 능력차원에서 각각의 시스템 개발과 획득을 관리해야 할 복합시스템레벨의 사업관리자가 정확히 식별되고 있지 않는 실정에서도 알 수 있다. 시스템레벨의 개발에서는 시스템요구사항을 정확히 정의하여 좋은(better) 제품을 만들어 내는 것이 목적인데 반하여 복합시스템레벨에서의 능력기반관점에서 각 시스템은 전체의 구성요소로서 'better' 보다는 'optimize'를 추구한다. 각각의 개별시스템은 단지 군사적 요구능력을 달성

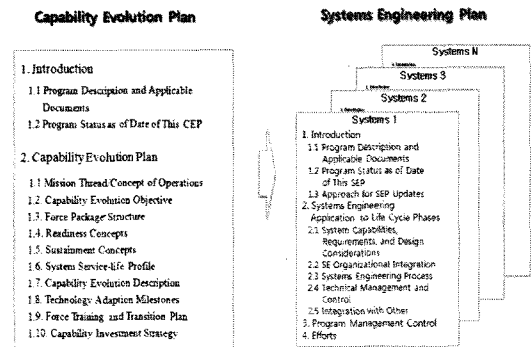
하는 하나의 요소로서, 시스템레벨관점에서 정의된 시스템요구사항이 개별시스템에 대한 요구를 충족시킬 수는 있으나, 복합시스템 환경에서 충족하는 만족스런 시스템요구사항 도출에는 한계가 있다. 따라서, 군사적 능력을 달성하기 위한 복합시스템 구성요소로서의 체계적인 개별시스템 획득 보장을 위해서는 현 시스템 중심으로부터 능력중심의 획득에 대한 이해와 공감대 확산이 우선적으로 선행되고 이에 대한 프로세스 정립이 필요하다.

4.2 능력진화프로세스 이해 및 정립

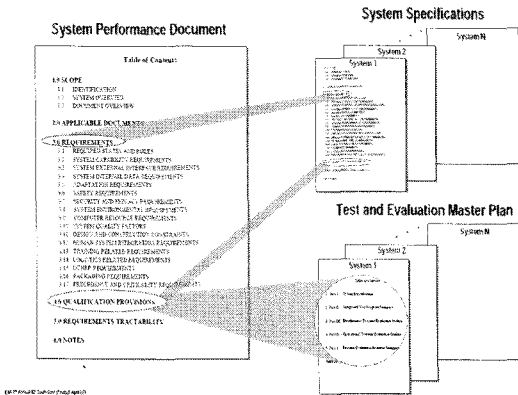
복합시스템레벨에서 식별된 능력으로부터 각각의 요구시스템을 정의하게 되는 일련의 과정을 나타내는 [그림 9]의 점선부분과 같은 능력진화프로세스에 대한 이해와 정립이 요구된다. 또한, 이 과정에서 개발 및 획득관련 이해관계자들의 적극적인 참여와 정보공유가 필요하다. 자료공개에 대한 제한이 있을 수 있지만 특히, 개발과 생산에서 실질적 역할을 수행하는 방산산업체의 이해와 참여는 더욱 중요하다. 국내의 비공개중심과 달리 200여쪽의 중장기전략서인 국방능력서(Defence Capability Plan)[8]를 공개용으로 별도 작성해 방산업체를 포함한 관련 일반기관에 주기적으로 배포하고 있는 호주는 이러한 노력의 좋은 예가 될 수 있다. 이것은 추구하는 능력과 그에 따른 획득예정 무기체계 정보를 미리 알려줌으로써 공감대 형성과 시스템 개발에 따른 기술성숙 준비에 중요한 기여를 하게 된다.

프로젝트레벨의 국방획득단계 활동은 각각의 구성품과 하부시스템의 구현을 통해 독립적인 개별 시스템을 개발하게 되나 식별된 군사적 능력을 구축하기 위해서는 결국 능력레벨의 관리를 통해 각각의 시스템들이 동기적으로 통합되어야 할 필요가 있고 앞에서 설명한 능력진화프로세스에 대한 이해와 적용이 요구된다. 이러한 점에서 프로젝트레벨 시스템엔지니어링 관리활동의 기본문서

인 SEP(Systems Engineering Plan)과 각각의 시스템규격서도 능력레벨과의 추적이 보장되어야 한다. 그러나, 복합시스템 환경에서 단일시스템으로의 전이에 따른 SEP과 시스템규격서의 생성은 능력진화프로세스라는 별도의 절차에 의해 진행된다. 즉, 능력 중심의 JCIDS에서 단일시스템 획득 중심의 DAS로 직접적 연결이 제한되어, JCIDS와 DAS간 교량적 역할을 수행할 수 있는 능력진화프로세스에 대한 명확한 이해가 요구된다. 능력진화프로세스의 능력진화기획 및 능력엔지니어링프로세스를 통해 각각 [그림 14]의 CEP(Capability Evolution Plan)와 [그림 15] SPD(System Performance Document)가 도출된다. CED에는 전력패키지구조, 요구능력, 능력진화방향, 능력투자전략 등이 기술되었으며, 이를 기반으로 단일시스템 획득사업에 대한 SEP가 만들어진다. 또한, 복합시스템 요구사항 및 검증사항이 기술되어 있는 SPD는 각각의 단일시스템에 대한 시스템규격서(System Specification)와 시험평가기본계획서(Test & Evaluation Master Plan)를 작성하는 기본문서가 된다. 이 때, SPD는 시스템 성능 최적화와 비용 최소화를 고려하여 능력레벨에서 작성되는 것으로서, SPD 고려없이 시스템규격서가 작성되어서는 안된다. 복합시스템 설계시 단일 시스템규격서에 대한 정확한 준수보다 SPD를 통한 전체 시스템관점에서 최적화가 강조



(그림 14) 능력진화기획서와 SEP 관계

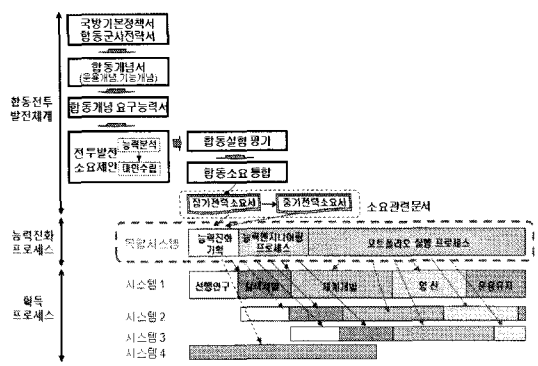


(그림 15) 시스템성능서와 시스템규격서 관계

되어야 한다. 따라서, 보다 효과적인 시스템통합과 사용자의 능력요구를 충족시키는 각 시스템에 대한 시스템규격서를 작성하기 위해서는 이러한 능력기획단계에서의 제반 활동과 프로세스에 대한 이해와 공감대가 필요하며, 무기체계를 개발하는 산업체를 적극적으로 참여시킬 필요가 있다.

4.3 능력기반 획득프로세스의 제도적 정립

능력기반 획득프로세스의 효율적인 적용을 위한 제도적 정립이 필요하다. 국내에서도 2006년 말부터 능력기반의 합동전투발전요소 도출 프로세스를 일부 지향하고 있으나, 실제 개발 및 획득 단계에서는 단일시스템 중심이며, 획득체계 또한, 개념탐색 활동의 정이가 모호하고 미래전장환경 변화에 부합하기에는 미흡한 부분이 많다. 현 제도 하에서는 소요제기단계에서 선정된 단일 시스템을 대상으로 획득프로세스가 진행되기 때문에 능력을 충족시킬 수 있는 다양한 시스템에 대한 고려가 미흡하며, 복합시스템 차원의 획득도 제한된다. 현재의 합동전투발전체계는 이러한 복합시스템 환경의 동시·통합적 접근보다는 산업화 시대의 순차적 개념의 성격이 강하다. 그러나, 미래전장환경의 무기체계 획득은 포트폴리오 개념으로 임무능력패키지의 동시적 진화를 고려한 프로세스가 요구된다. 즉, 변화주기가 단축된 정보화



(그림 16) 합동전투발전체계 발전 방안

시대에는 순차적 프로세스가 아닌 동시 공학적 프로세스가 요구된다. 따라서, [그림 16]과 같이 기존의 합동전투발전체계와 획득프로세스 사이에 교량적 역할을 하는 SoS 시스템엔지니어링기반의 능력진화프로세스 추가에 대한 제도적 정립이 요구된다[9]. SoS 시스템엔지니어링 프로세스의 주요 산출물인 포트폴리오아키텍처는 시스템레벨의 개별 플랫폼 요구사항 특히, 상호운용성 요구사항 도출의 기본이 된다.

SoS 시스템엔지니어링은 [표 2]와 같이 ① 능력목표 재표현, ② 시스템간 관계 이해, ③ 능력목표 도달 성능평가, ④ 복합시스템 아키텍처 개발 및 진화, ⑤ 변화 모니터링 및 평가, ⑥ 요구사항 및 솔루션 대안 처리, ⑦ 복합시스템으로의 성능향상 조정 등 7가지의 주요 요소로 구성된다. [표 2]는 이러한 복합시스템 SE 7대 요소와 일반 SE 프로세스 활동과의 상관성을 나타낸다. 표에서 알 수 있듯이 복합시스템의 7대 주요 요소는 일반 SE 프로세스의 기술 활동 보다는 위험관리, 형상관리, 데이터관리 및 인터페이스관리 등과 같은 기술관리프로세스 활동과 밀접한 관계를 나타낸다.

4.4 능력기반 획득 관리조직

복합시스템 환경에서 능력기반의 획득프로세스를 효과적으로 수행하기 위해서는 기존의 개별사

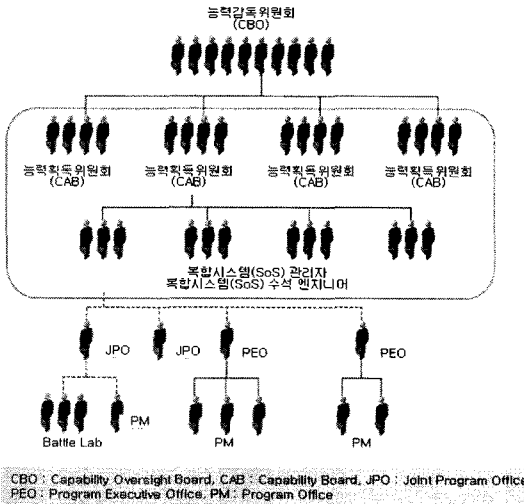
(표 3) SoS SE요소와 일반 SE프로세스의 상관성(10)

	기술프로세스										기술관리프로세스									
	요구사항개발	리전/개발	개발	시험	검정	검정	검정	검정	검정	검정	검정	검정	검정	검정	검정	검정	검정	검정	검정	검정
능력목표 재표현	X																			
단일시스템 관계 이해		X																		
능력능력 대비 성능평가																				
SoS 여러목적 개발/진화	X	X	X																	
변동사항 모니터링/평가																				
요구사항 및 해결책안 처리	X		X																	
SoS 수준으로 조직력 향상				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

해 다른 CBA와 긴밀히 협조하고, 예하 복합시스템팀 간의 조화로운 활동을 보장하는 역할이 요구된다. 그리고, 복합시스템팀은 군사적 요구능력의 달성을 위해 필요한 시스템들이 효율적으로 획득될 수 있도록 관리하는 조직으로서, SoS 관리자와 SoS 수석엔지니어로 구성될 수 있다. 이들의 주요 활동은 예하 단일시스템 획득사업간 이슈 조정, 복합시스템 차원의 이슈에 대한 협조 및 타 복합시스템팀과의 상호협력 등을 생각할 수 있다.

4.5 SoS 시스템엔지니어 양성교육

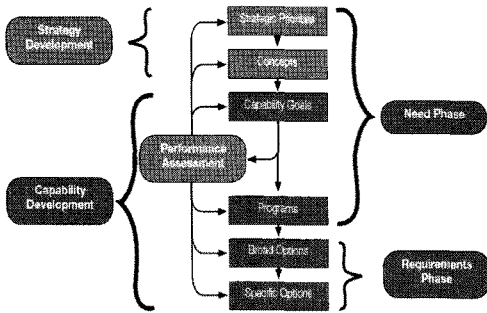
복합시스템 하에서 성공적인 획득프로세스를 보장하기 위해서는 체계적인 SoS 시스템엔지니어의 양성 교육이 요구된다. 복합시스템은 다기능 다학문의 집합체이기 때문에 식별 가능한 기술 활동보다는 기능 중심이 되며, 논리기반의 정성적인 접근방법이 필요하다. 따라서, SoS 시스템엔지니어 교육은 훈련이 아닌 다양성과 창조성이 보장되는 학문중심의 전문가 양성교육이 되어야 한다. 성공적인 국방획득사업을 위해서는, 요구능력 달성을 위한 시스템 최적화와 비용 최소화가 가능하도록 시스템의 기술적 요구사항을 정의할 수 있어야 하는데, 이는 지식기반의 숙련된 시스템엔지니어를 통해서 가능하기 때문이다. 더불어, 여러 시스템의 통합과 상호운용성 보장이 요구되는 복합시스템을 올바르게 정의하고 이해하며, 평가하기 위해서는 SoS 시스템엔지니어링에 대한 높은 전문성이 요구된다. 또한, 시스템을 통합하여 군사적 요구능력을 달성하기 위해서는 획득분야 종사자뿐만 아니라 관련 방산업체의 참여자가 SoS 시스템엔지니어링에 대한 중요성을 인식하고 이에 대한 적용 능력을 갖추어야 한다. SoS 시스템엔지니어링은 군사적 능력을 도출하는 기획 단계부터 시스템을 개발, 생산 그리고 운용/유지단계를 포함한 전 수명주기 활동이 통합되고 동기적으로 고려되어야 하는 복잡한 공학의 한 분야이다. 단일



(그림 17) SoS 환경에서의 획득관리 조직

업에 따른 관리조직과는 별도로 복합시스템레벨의 능력관점에서 각각의 사업을 통합 관리할 수 있는 전담 조직의 신설이 필수적이다. 복합시스템환경 하에서 획득은 최소 비용으로 개별 시스템의 성능 극대화가 아니라 최적화에 의한 요구능력 충족이 목표이다. [그림 17]은 복합시스템 환경 하에서 개발관리 조직의 계층구조에 대한 사례를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 그림 하단의 각 개별 사업은 점선으로 표시된 상위의 능력레벨 조직인 능력획득위원회(CAB: Capability Acquisition Board)의 통제를 받는 SoS 관리자와 SoS 수석엔지니어에 의해 동기적으로 통합 관리됨을 알 수 있다.

각각의 CBA 조직은 원활한 능력의 달성을 위



(그림 18) 능력개발 절차^[11]

시스템의 프로젝트 중심 시스템엔지니어가 시스템을 개발하는 역할을 주로 수행했다면, SoS 하에서의 시스템엔지니어는 [그림 18]에서 알 수 있듯이 시스템 개발뿐만 아니라 미래전장을 구상하고 이에 따른 군사적 요구능력을 식별하여 이를 달성하기 위해 필요로 하는 다양한 시스템들을 정의할 수 있어야 한다.

또한, 이들 시스템을 할당하고 조합 할 수 있는 능력까지도 요구된다. 즉 개념으로부터 시스템을 구현하고 조합하여 능력을 도출하는 다분야 학문을 기반으로 한다. 따라서, 이러한 복합시스템 환경 하에서 양질의 SoS 시스템엔지니어 전문가 양성을 위해서는 숙달 목적의 훈련이 아닌 학문기반의 전문교육이 절대적이다. 이제 시스템엔지니어링은 성공적인 시스템을 창조해내는 특수한 기술(art)이자 과학(science)으로 보아야 할 것이다.

5. 결론

본 논문은 복합시스템 획득환경 하에서 효율적으로 획득프로세스를 수행하기 위한 발전방안을 도출하기 위해 인식적 패러다임을 기반으로 능력기반 획득프로세스를 종합적 분석했다.

우선, 능력기반 국방의사결정체계를 기술하고, 이를 기반으로 JCIDS, DAS 및 CEP관점에서 능력기반 획득프로세스를 정성적으로 분석하였으며, 이를 통해 복합시스템 환경에서 능력기반 획득절

근의 국내 국방획득 정착을 위한 발전방안을 제시하였다. 제시된 발전방향은 미래전장의 복합시스템 환경 하에서 능력기반 획득체계 정립 및 효율적인 프로세스 운용을 위한 기반이 될 수 있다.

참고문헌

- [1] Carl Siel, "Systems Engineering View of Naval Warfighting Systems Development", NDIA, 8th Annual Science Engineering Technology Conference, pp.30-9/30-4, April, 2007.
- [2] The technical cooperation program, "Guide to Capability-based Planning", pp.1-4, 2004.
- [3] Paul K. Davis. "Architecture for Capabilities-based Planning, Mission-System Analysis, and Transformation" RAND, p.1, 2002.
- [4] Vern Clark, "Sea Power 21", Proceedings, p.1, 2002.
- [5] ASN(RDA), "Naval SoS Systems Engineering Guide book", Vol. 1, pp.6, 8, 11, 27, 2006.
- [6] DAU, "Operation of the Defense Acquisition System Statutory and Regulatory Changes", p.17, 2007.
- [7] Gantzer, D. J., "Systems Engineering at DoD: Focus on Policy, Standards and Guidance", INCOSE Chesapeake Chapter Presentation material, SE Directorate Office Defense Research and Engineering, p.19, 2010.
- [8] DoD, "Defence Capability Plan 2009", Australian Government, 2009.
- [9] 송상기, 권용수, "복합시스템 환경에서의 능력진화프로세스 적용", 한국군사과학기술학회지 제44호, p.58, 2010.
- [10] DoD, "Systems Engineering Guide for Systems of Systems", pp.17-20, 2008.
- [11] DoD, "Defence Capability Development Manual", Australian Government, p.14, 2006.

|| 저자소개 ||

권 용 수(E-mail : yskwon@kndu.ac.kr)

1980 해군사관학교 전기공학과 졸업(학사)
1983 서울대학교 전기공학과 졸업(학사)
1986 서울대학교 전기공학과 졸업(석사)
1993 영국 맨체스터대학교 전기공학과(박사)
현재 국방대학교 무기체계전공 교수
관심분야 시스템엔지니어링, 유도무기, 공중·미사일방어체계

<주요저서 / 논문>

- 국방연구개발사업의 시스템엔지니어링 적용사례(2006, 한국군사과학기술학회지)
- 新 시스템엔지니어링입문(2007, 아이워크북)
- 함정탐재 유도무기에 대한 OMS/MP 템플릿 개발(2007, 한국국방경영분석학회지)
- ABL의 한국적 미사일방어 적용 가능성 연구(2008, 한국군사과학기술학회지)
- 복합시스템 환경에서의 능력진화프로세스 적용(2010, 한국군사과학기술학회)

송 상 기(E-mail : rokssk@hanmail.net)

1999 해군사관학교 국제관계학과 졸업(학사)
2010 국방대학교 무기체계전공 졸업(석사)
현재 해군 OO부대
관심분야 시스템엔지니어링, NCW

<주요저서 / 논문>

- 복합시스템 환경에서의 능력진화프로세스 적용에 관한 연구(2009, 학위논문)
- 복합시스템 환경에서의 능력진화프로세스 적용(2010, 한국군사과학기술학회)

고 남 경(E-mail : ggonam39@naver.com)

1994 공군사관학교 전자공학과 졸업(학사)
2005 국방대학교 무기체계전공 졸업(석사)
현재 국방대학교 박사과정
관심분야 시스템엔지니어링, NCW

<주요저서 / 논문>

- Case Study of the Military Aircraft R&D Programs for Systems Engineerin Application(2009, INCOSE)