

무기체계개발에서 시스템 성숙도와 기술적 성능 달성도를 연계한 시스템 성능 측정 방법

권일호¹, 이재천^{2*}

¹방위사업청 정보화기획담당관실, ²아주대학교 시스템공학과

On an Approach to Measuring the System Performance by Utilizing the Combined System Readiness Level and Achieved Technical Performance in Weapon Systems Development

Il-Ho Kwon¹ and Jae-Chon Lee^{2*}

¹Information Planning Division, DAPA

²Dept. of Systems Engineering, Ajou University

요약 최근의 무기체계 연구개발에서 실패의 주요인은 요구되는 핵심성능의 미충족과 기술성숙도 부족이다. 이러한 실패의 가능성에 대한 위험관리를 위해서 기술성능측정 관리와 기술성숙도 평가의 수행이 필요하다. 하지만 일반적인 기술성능측정 관리 기법의 적용은 컴포넌트 수준 이하에 대한 측정으로 시스템 통합의 효과를 반영하는 데는 제한이 있다. 한편으로 시스템 통합에 대한 효과를 반영하기 위한 시스템 성숙도 측정 방법이 제시되었지만 성능과 기술성숙도를 분명하게 연계시키지는 못했다. 따라서 본 연구에서는 컴포넌트 수준으로부터 상방향으로 확대하여 시스템 수준에서의 기술적 성능 달성도 평가방법과 함께 시스템 성숙도를 연계하는 시스템 성능 달성도 측정 기법을 제시하였다. 이를 통해 무기체계개발에서 위험관리에 활용할 수 있게 된다.

Abstract The recent studies indicated that the major sources of the failure in carrying out the programs of weapon systems development would be the unsatisfaction of the required key performance and also the use of premature technology. As such, to manage the risk during the weapon systems development, the use of the technical performance measurement (TPM) and the technology maturity assessment (TMA) turned out to be necessary. However, the TPM studied so far seems to cover the assessment of performance at the component level only, and thus is insufficient in considering the system integration effect. On the other hand, the system readiness level (SRL) method has been presented by reflecting the effect on system integration, but the system performance and maturity has not been considered. To overcome this, a measurement method is proposed in the paper by utilizing the combined system readiness level and achieved technical performance at the system level. This system performance measure can be useful in managing the risk in the weapon systems development.

Key Words : SRL, TPM

1. 서론

최근 첨단기술을 적용한 무기체계 연구개발은 복잡성

이 증가되며 군의 요구 성능이 고도화 되고 있다. 이러한 연구개발 환경 변화는 고도화된 군 요구 성능을 충족하면서 적기에 경제적인 획득이 요구되고 있다[1].

*Corresponding Author : Jae-Chon Lee(Ajou Univ.)

Tel: +82-31-219-3941 email: jaelee@ajou.ac.kr

Received July 17, 2013

Revised September 5, 2013

Accepted September 6, 2013

이 같은 요구에 따라 무기체계 연구개발 성공을 위해 비용, 일정 및 성능에 대한 지속적인 추적, 평가 및 관리할 수 있는 다양한 매트릭스 관리 방법이 적용되고 있다. 이러한 매트릭스 관리방법으로 기간과 비용의 추적을 위한 성과관리(EVM : Earned Value Management), 핵심기술 추적을 위한 기술성숙도 평가, 성능을 추적하기 위한 기술적 성능측정(TPM : Technical Performance Measurement) 방법이 활용되고 있다[2]. 우리나라 무기체계 연구개발을 주관하는 방위사업청에서도 비용과 일정에 대한 과학적 관리기법으로 EVM을 적용하고 있고, 설계진행을 추적 관리하여 사용자의 요구 성능을 충족할 수 있도록 TPM을 적용하고 있다[3]. 그리고 최근에는 첨단기술을 적용하는 무기체계 연구개발에 기술의 종속성이나 영향도 파악을 위해 기술성숙도(TRL : Technology Readiness Level) 평가를 적용하고 있고 시스템성숙도(SRL : System Readiness Level) 평가 방법도 활용이 가능하다[4,5].

그러나 이러한 노력에도 불구하고 사용자 핵심요구 성능의 미 충족과 적용기술에 대한 성숙도 부족으로 무기체계 연구개발 실패사례가 지속적으로 발생하고 있다[6]. 이로부터 최신 무기체계 연구개발 성공의 주요요인이 핵심성능과 기술성숙도임을 확인할 수 있다.

현재 성능에 대한 위험관리 방법인 TPM은 기술적 성능을 측정하고 추적하여 기술적 문제점을 사전에 개선하기 위한 목적으로 수행된다. TPM 대상은 시스템 요구를 반영한 성능척도(MOP : Measure of Performance)로부터 도출되며 MOP는 운용성능 요구인 효과도척도(MOE : Measure of Effectiveness)로부터 도출된다. 이러한 TPM은 정확도, 무게, 크기, 가용도 등 세부 성능항목이 선정되므로 시스템 수준에 적용하기에는 제한이 된다[5]. 이에 따라 개별 TPM 달성값을 정규화 하여 성능 미달성도 값인 TRI(Technical Risk Index)를 구하여 시스템이나 서브시스템의 위험도를 측정하는 방법이 제시되었다[7].

또한 개별 기술성숙도와 기술간 통합 성숙도를 고려하여 시스템 수준의 성숙도인 SRL 측정을 통한 위험관리 방법이 제시되었다. 하지만 성능과 기술성숙도를 연계한 위험관리 방법은 제시되지 않았다[8,9]. 이에 따라 시스템 성숙도와 성능달성도를 연계한 시스템수준의 성능달성도 측정방법에 대한 연구가 필요할 것이다.

따라서 본 연구에서는 시스템성숙도와 TPM달성도를 연계하여 시스템 성능을 평가할 수 있는 방법을 연구하고 예시 분석을 통해 적용성과 유용성을 확인하고자 한다. 이를 위한 논문의 구성은 선행연구를 통해 기술적 성능측정과 위험측정 방법 및 시스템 성숙도 평가 방법에 대한 이론적 고찰을 수행하고 기술적 측정의 제한사항에

따른 시스템 성능측정의 필요성을 분석하였다. 그리고 시스템 성숙도 및 기술적 성능달성도 기반의 시스템 성능 측정 방법을 제시하였으며 방법의 유용성과 효과분석을 위한 적용 예시와 결론으로 구성하였다.

2. 선행연구

2.1 기술적 측정(Technical Measurement)

기술적 측정이란 관련된 위험, 이슈 및 기술적 문제해결에 대한 통찰력을 제공하기 위한 측정 활동들이다. 이는 시스템 전수명주기 동안 임무나 명시된 요구사항을 충족하도록 기술적 문제해결의 가능성을 증대시켜 합리적인 의사결정에 도움을 준다.

2.1.1 기술적 측정(척도)의 종류

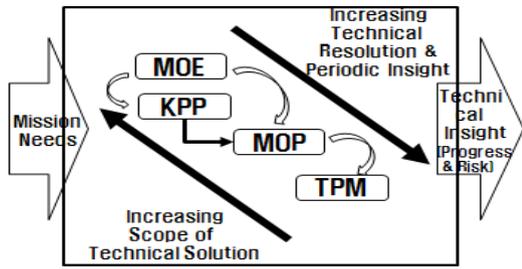
2.1.1.1 효과도척도(MOE : Measures Of Effectiveness)는 시스템이 주어진 운용 환경하에서 부여된 임무나 운용목적 달성에 대한 효과도를 나타내는 정량적 또는 정성적 척도이다. 그리고 MOE로부터 도출되는 핵심성능파라미터(KPP : Key Performance Parameter)는 제한 값을 미 충족시 시스템에 대한 재평가나 개발중단이 필요한 시스템의 능력이나 특성을 표현하는 핵심성능 파라미터이다.

2.1.1.2 성능척도(MOP : Measures Of Performance)는 시스템이 운용환경이나 명시된 시험환경에서 시스템 운용에 관련된 물리적, 기능적 속성의 특성을 나타내는 정량적 또는 정성적 척도이다.

2.1.1.3 기술적 성능측정(TPM : Technical Performance Measurement)은 시스템이 주어진 조건하에서 임무달성에 필요한 시스템/구성요소들이 기술적 요구도를 잘 만족하는지 결정하기 위한 구성 요소들의 속성에 대한 측정이다[2,10].

2.1.2 기술적 척도의 관계

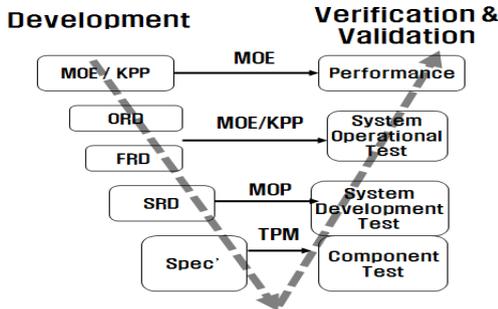
기술적 척도들 간의 관계는 [Fig.1]과 같다. TPM은 MOP로부터 도출되고, MOP는 MOE로부터 도출된다. 그리고 KPP는 일반적으로 MOE로부터 도출되지만 MOP 선정에도 영향을 미친다[10].



[Fig. 1] Relationship of the Technical Measures

2.1.3 기술적 척도와 시스템 개발의 V모델

Fig. 2는 시스템개발 프로세스 상에서 기술적 척도들의 관계를 'V'모델로 표현하였다. MOE는 시스템의 최상위 수준에서 사용자의 인증(Validation)에 중점을 둔다. KPP는 MOE 달성에 반드시 필요한 핵심 요구 성능이다. MOP는 시스템의 기술적 요구사항을 만족하는지를 검증(Verification)하는데 사용된다. TPM은 기술적 진행에 대한 측정과 통찰력을 지속적으로 제공하기 위해 MOP를 세분화한 것으로 분석, 모델링과 시뮬레이션, 시험 또는 기타 검증 방법으로 측정한다[5.9].



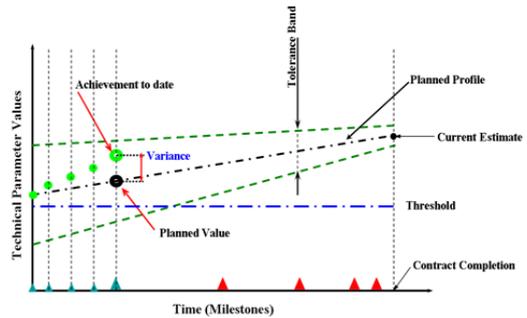
[Fig. 2] Technical Measures and 'V' Model of System Development (ORD : Operational Requirement Document, FRD : Functional Requirement Document, SRD : System Requirements Document)

2.2 TPM(Technical Performance Measurement)

TPM은 운용요구 충족 가능성 및 제안된 설계변경에 대한 시스템 성능의 영향도 평가를 통해 기술적 문제를 초기에 알리는 것이 목적이다.

이를 위해 가능한 TPM을 선택하여 기술적 성능 달성 계획을 수립하고 실제 달성도를 측정하여 계획과 비교를 통해 의사결정 정보를 제공한다.

이러한 TPM 관리를 도시해보면 Fig. 3과 같다[2,10].



[Fig. 3] Technical Measurement Profile Illustration

- Achieved-to-Date : 측정된 성능값
- Current Estimate : 최종 달성될 것으로 예상되는 기술파라미터의 값
- Planned Profile : 계획 단계별로 기술적 파라미터의 요구를 시연한 프로파일
- Tolerance Band : 허용변동의 정도를 나타내는 계획 (관리경고, 허용한계 등 의사결정 기준)
- Threshold : 기술 파라미터의 제한된 허용치
- Variance : 계획 값과 측정값 사이의 차이

이러한 TPM 활동은 사업관리자의 시스템 분석 및 통제를 위한 중요한 도구이다. 따라서 이를 기술적 검토에 활용하기 위해 주기적으로 작성되고 관리되어야 한다.

2.4 TRI(Technical Risk Index)

시스템에 대한 전반적인 성능을 추적하기 위해 개별 TPM을 일반화하여 가중 평균한 Risk Index로 TRI를 개발하였다. TRI는 TPM이 한계값까지 얼마만큼 차이가 있는지를 일반화한 값으로 한계값을 달성 시 0이 된다. 이를 위해 TPM을 한계값이 감소하거나 증가하는 2가지 형태로 구분하고 이를 동일한 형태로 변환하여 다음과 같이 전체 TRI를 구하였다[7].

2.4.1 감소하는 형태의 TRI(TRI_A)

$$TRI_{t,A} = [(v_{t,A1} + v_{t,A2} + \dots + v_{t,Am})/m] - 1 \quad \text{식(1)}$$

$$v_{t,Am} = \max[1 + (V_{t,Am} - V_{thres,Am})/V_{thres,Am}, 1]$$

$V_{t,Am}$: t 시점, A형태의 m번째 TPM 측정값

$V_{thres,Am}$: A형태의 m번째 TPM 한계값

2.4.2 증가하는 형태의 TRI(TRI_B)

$$TRI_{t,B} = 1 - [(v_{t,B1} + v_{t,B2} + \dots + v_{t,Bn})/n] \quad \text{식(2)}$$

$$v_{t,Bn} = \min[1 - (V_{thres,Bn} - V_{t,Bn})/V_{thres,Bn}, 1]$$

$V_{t,Bn} = t$ 시점, B형태의 n번째 TPM 측정값
 $V_{thres,Bn}$: B형태의 n번째 TPM 한계값

2.4.3 TRI_A 를 TRI_B 형태로 변환

$$TRI_{t,A} = 1 - [(u_{t,A1} + u_{t,A2} + \dots + u_{t,Am})/m] \quad \text{식(3)}$$

$$u_{t,Am} = 1/v_{t,Am}$$

2.4.4 전체 TRI(TRI_{All})

전체 TRI 측정은 식(1)과 식(2)와 같이 다른 Scale의 TPM값을 일반화하고 식(3)과 같이 동일한 형태로 변환하여 식(4)와 같이 리스크값을 평균으로 구하였다.

$$TRI_{t,All} = [m(TRI_{t,A}) + n(TRI_{t,B})]/(m+n) \quad \text{식(4)}$$

2.3 SRL(System Readiness Level) 측정

1980년대부터 새로운 기술 개발에 대한 위험평가를 위해 기술성숙도(TRL : Technology Readiness Level) 개념이 제시되었고 현재는 우리나라 방위사업청이나 미국 방성 등에서 널리 적용되고 있다. 이러한 TRL은 개별기술에 대한 평가로 기술간의 통합이나 성숙도 진행의 불확실성은 표현하지 못했다. 이에 따라 기술의 성숙도인 TRL과 기술간의 상호 통합에 대한 성숙도를 나타내는 IRL(Integrated Readiness Level)을 고려하여 시스템 내에서의 영향성을 표현하기 위하여 시스템 성숙도(SRL : System Readiness Level) 개념을 도입하였다. 또한 이에 대한 정량적 평가를 위해 SRL을 TRL과 IRL의 함수로 정의하여 수학적으로 식(5)와 같이 계산하였다[5,11].

$$SRL = F(IRL, TRL) = [IRL] \times [TRL] \quad \text{식(5)}$$

3. TPM 모델의 제한사항 및 시스템 성능측정 관리의 필요성

최신 무기체계 연구개발 실패의 핵심요인은 핵심성능미 충족과 기술성숙도 부족이다. 이러한 실패요인에 대한 위험관리를 위해 TPM 관리와 기술성숙도 평가를 수행한다. 일반적인 TPM 관리는 컴포넌트 수준 이하의 성능요소에 대해 관리한다. 이에 따라 MOE나 MOP에 해당하는 시스템 수준의 성능측정 관리에는 제한이 있다. 따라서 설계가 진행되면서 체계통합이 진행되는 과정에서 시스템 수준의 성능에 대한 통찰력을 제공하는 데는 한계가 있다. 비록 선행연구에서와 같이 TRI 측정을 통해 시스

템 수준의 성능 위험관리에 대한 연구가 있었다. 하지만 TRI는 개별 TPM을 정규화하여 가중평균으로 시스템 수준의 TRI를 산정하였다. 따라서 시스템 통합의 효과를 반영하지는 못했다. 그리고 기존연구에서 시스템 연구개발 핵심요소인 성능과 기술성숙도에 대해 분명히 연계된 모델은 없었다. 따라서 시스템 통합의 효과를 반영한 SRL과 성능을 통합하는 모델에 대한 연구가 필요할 것이다.

4. SRL과 ATI 기반의 시스템 성능측정 및 추적 방법

무기체계 연구개발과정에서 시스템 수준의 성능측정을 위해 시스템수준의 기술성숙도 개념인 시스템 성숙도(SRL)와 시스템 수준의 TPM 달성도의 조합으로 시스템 성능 달성도를 측정하고 추적하는 방안을 제시하고자 한다.

이를 위해 SRL이 높을수록 성숙도 달성값이 커지고 SRL 목표 달성시 1값을 가지며 Scale이 다른 개별 TPM 달성도를 일반화 하여 목표 달성시 1값을 가진다고 가정한다. 그리고 시스템 수준의 TPM 달성도에 시스템 통합의 효과가 반영된 SRL을 곱하여 시스템수준의 성능달성도인 API를 식(6)과 같이 정의하였다. 이 값은 절대값은 아니지만 시스템 수준의 성능달성도 값으로 상호비교나 우선순위 값으로 적용이 가능할 것이다.

$$API_{system} = ATI_{system} \times SRL_{system} \quad \text{식(6)}$$

API(Achieved Performance Index) : 성능달성도

ATI(Achieved TPM Index) : TPM 달성도

4.1 ATI_{system} 산정

시스템 또는 서브시스템 수준의 TPM 달성도인 ATI는 2.4에서와 같이 한계값으로부터 성능이 미달성된 수준을 TRI로 산정한 식으로부터 성능 달성도를 도출하는 개념을 활용하여 다음과 같이 산출한다.

4.1.1 정의

- 1) ATI_{system} 는 시스템 수준의 TPM 달성도
- 2) $V_{t,In}$: t시점에서 I형태의 n번째 TPM 측정값
- 3) $V_{object,In}$: I형태의 n번째 TPM 목표값
- 4) $v_{t,In}$: t시점에서 I형태의 n번째 TPM 정규화값

4.1.2 개별 TPM 목표값이 증가하는 경우(I형)

증가형태 TPM의 경우는 정확도, 최대속도 등 요구도 충족을 위해서는 성능값의 크기가 증가하는 경우로 ATI 계산은 식(7)과 같이 개별 TPM 목표값에 대한 달성도의 평균을 시스템별 ATI로 산정한다. 이 경우 목표 값 이상을 달성한 경우는 달성도가 1이 된다.

$$ATT_{t,I} = [(v_{t,I1} + v_{t,I2} + \dots + v_{t,In})/n] \quad \text{식(7)}$$

$$v_{t,In} = \min(V_{t,In}, V_{object,In}) / V_{object,In} \quad \text{식(8)}$$

$$= \min[(V_{t,In} / V_{object,In}), 1]$$

4.1.3 개별 TPM 목표값이 감소하는 경우(D형)

감소형태 TPM의 경우는 무게, 도달시간 등 요구도 충족을 위해서는 성능값의 크기가 작아지는 경우로 ATI 계산은 식(9)와 같이 감소형태의 개별 TPM 목표값에 대한 달성도의 평균을 시스템별 ATI로 산정한다. 이 경우 TPM이 목표값 이하를 달성한 경우는 달성도가 1이 된다.

$$ATT_{t,D} = [(v_{t,D1} + v_{t,D2} + \dots + v_{t,IDm})/m] \quad \text{식(9)}$$

$$v_{t,Dm} = \max(V_{t,Dm}, V_{object,Dm}) / V_{object,Dm} \quad \text{식(10)}$$

$$= \max[(V_{t,Dm} / V_{object,Dm}), 1]$$

4.1.4 D형을 I형 값으로 변경

개별 TPM에 대하여 시스템 수준의 ATI를 구하기 위해서 감소형태의 TPM인 D형을 I형 ATI와 동일한 형태로 변환이 필요하며, 이를 위해 $U_{t,Dm} = 1/V_{t,Dm}$ 이라고 식(8),(10)로부터 식(11)과 같이 변환 할 수 있다.

$$u_{t,Dm} = \min(U_{t,Dm}, U_{object,Dm}) / U_{object,Dm}$$

$$= \min[(1/V_{t,Dm}) / (1/V_{object,Dm})] / (1/V_{object,Dm})$$

$$= [1/\max(V_{t,Dm}, V_{object,Dm})] / (1/V_{object,Dm})$$

$$= 1/[\max(V_{t,Dm}, V_{object,Dm}) / V_{object,Dm}]$$

$$= 1/v_{t,Dm} \text{ 이 되므로}$$

$$ATT_{t,Dm} = [(u_{t,D1} + u_{t,D2} + \dots + u_{t,DM})/m] \quad \text{식(11)}$$

4.1.5 ATI_{system} 계산

전체 시스템에 대한 ATI를 구하기 위해서는 증가형태의 ATI인 식(7)과 감소형태에서 증가형태로 변환된 식(11)의 ATI값을 종합하여 식(12)와 같이 평균값으로 구한다.

$$ATI_{t,system} = [n(ATI_{t,I}) + m(ATI_{t,D})] / (n+m) \quad \text{식(12)}$$

4.2 API_{system} 계산

시스템 수준의 성능달성도인 API는 ATI와 SRL의 곱으로 식(13) 같이 구한다.

$$API_{system} = ATI_{system} \times SRL \quad \text{식(13)}$$

$$= ATI_{system} \times [Norm] \times [IRL] \times [TRL]$$

4.3 시스템 성능달성도 측정 Base Line 설정

4.3.1 ATI_{system} Base Line

ATI의 Base Line은 TPM 목표값에 대해 TPM 한계 값을 달성했을 경우의 시스템 성능으로 식(14-16)과 같이 구한다. 이는 최소 달성해야할 기준선 역할을 하게 된다.

$$ATI_{thres,I} = [(v_{thres,I1} + \dots + v_{thres,In})/n] \quad \text{식(14)}$$

$$v_{thres,In} = \min[(V_{thres,In} / V_{object,In}), 1]$$

$$ATI_{thres,Dm} = [(u_{thres,D1} + \dots + u_{thres,Dm})/m] \quad \text{식(15)}$$

$$u_{thres,Dm} = 1/v_{thres,Dm}$$

$$ATI_{system} = [n(ATI_{thres,I}) + m(ATI_{thres,D})] / (n+m) \quad \text{식(16)}$$

4.3.2 SRL Base Line 설정

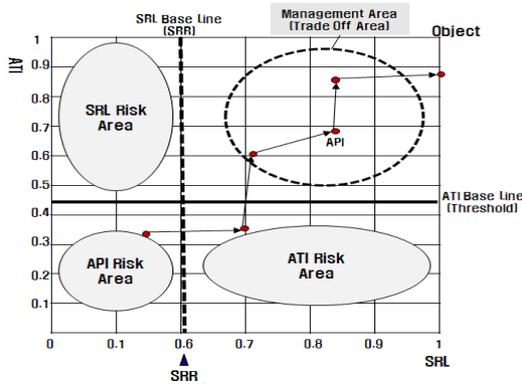
SRL Base Line은 사업진행 단계별로 달성해야할 기준으로 이해당사자간 설정이 가능하나 본 연구에서는 Table 1과 같이 기존연구 결과를 Base Line으로 설정한다 [5].

[Table 1] System Readiness Level

Phase	Preacquisition	Advanced Development	Development	Production	Operation, Support
SRL	0.10-0.39	0.40-0.59	0.60-0.79	0.80-0.89	0.90-1.00

4.4 API_{system} 를 활용한 성능추적 도시

시스템 수준의 TPM 달성도인 ATI와 시스템 성숙도인 SRL을 곱한 값인 API 값은 시스템 성숙도와 성능의 달성도를 나타내는 지표로 활용이 가능하고 이를 도시하면 Fig. 4와 같다.



[Fig. 4] the Illustration of API

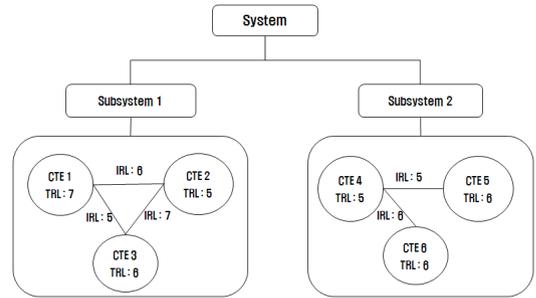
이 같은 도시는 시스템 또는 서브시스템 성능과 성숙도에 대한 달성도를 도시하여 리스크 관리가 가능하다. 그림과 같이 성능과 성숙도가 부족한 API 리스크 영역, 성능이 부족한 ATI 리스크 영역, 시스템 성숙도가 부족한 SRL 리스크 영역으로 구분하였고, 한계 값은 충족지만 목표값을 미충족하는 영역을 사업관리 또는 성능과 성숙도의 절충영역으로 구분하였다.

이 같이 시스템에 대한 전반적인 상태 추적이 가능할 것이다. 비록 API값이 절대적인 기준 값은 아니지만 시스템 혹은 서브시스템간 API 달성도 비교나 도시를 통해 시스템의 전반적인 위험관리에 활용이 가능할 것이다.

4.5 적용예시

시스템 성능달성도 측정에 대한 적용 예시를 보여 주 기위해 Fig. 5와 같이 시스템을 구성하고 기술성숙도와 통합성숙도 측정값을 임의로 선정하였다.

그리고 시스템 성숙도를 계산하기 위해 식(5)를 적용하여 계산해 보면 Table 2와 같다.



[Fig. 5] Network Diagram for CTE

[Table 2] The result of SRL for [Fig.5]

Section		SRL_{comp}	SRL_{Subsys}
Sub system1	CTE 1	0.51	0.52
	CTE 2	0.53	
	CTE 3	0.51	
Sub system2	CTE 4	0.51	0.54
	CTE 5	0.49	
	CTE 6	0.63	

그리고 예시를 위해 System에 대한 TPM 값을 임의로 설정하고 체계개발 단계중 SRR(System Requirement Review) 단계를 가정하여 ATI 값을 구하면 Table 3과 같다.

그리고 서브시스템에 대한 API값을 구하면 다음과 같다.

$$API_{subsystem1} = 0.53 \times 0.52 = 0.276$$

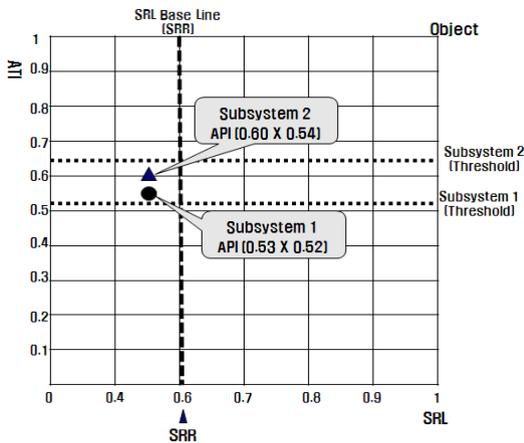
$$API_{subsystem2} = 0.60 \times 0.54 = 0.324$$

4.6 적용 예시에 대한 API 도시 및 결과분석

4.5의 적용예시에서 계산한 SRL값과 ATI값을 적용하여 API를 도시해 보면 Fig. 6과 같다.

[Table 3] The result of ATI

TPM		V_{object}	V_{thres}	V_{SRR}	v_{thres}	u_{thres}	$v_{t, In, Dm}$	$u_{t, Dm}$	ATI_{Thres}	ATI_{SRR}
Sub system1	TPM 1(Km)	30	20	18	0.67	-	0.60	-	0.52	0.53
	TPM 2(m/s)	200	100	120	0.50	-	0.60	-		
	TPM 3(m)	5	3	4	0.60	-	0.80	-		
	TPM 4(%)	10	30	40	3.00	0.33	4.00	0.25		
	TPM 5(Kg)	100	200	250	2.00	0.50	2.50	0.40		
Sub system2	TPM 6(g)	30	50	55	1.67	0.60	1.83	0.55	0.64	0.60
	TPM 7(%)	8	10	11	1.25	0.80	1.38	0.73		
	TPM 8(km)	10	5	4	0.50	-	0.40	-		
	TPM 9(m/s)	1	0.5	0.6	0.50	-	0.60	-		
	TPM10(m)	100	80	75	0.80	-	0.75	-		



[Fig. 6] Result of API Illustration for example

Fig. 6에서 Subsystem1의 API는 SRL 리스크 지역에 위치하고, Subsystem2는 API 리스크 지역에 위치함을 알 수 있다. 이는 Subsystem1의 경우는 시스템 성숙도에 대한 리스크가 예상되고 Subsystem2의 경우는 시스템 성숙도 및 성능에 대한 리스크를 예상할 수 있다. 하지만 API 값은 Subsystem2가 높다. 이는 TPM의 한계값은 변형이 불가능하다고 가정하면 식(14),(15)에서와 같이 전반적으로 Subsystem2의 설계 목표값이 낮게 책정되었거나 Subsystem 1의 설계 목표값이 높게 책정되어 Subsystem2의 ATI 한계값이 높게 책정되었음을 예상할 수 있다.

이에 따라 사업관리자는 설계 목표값에 대한 절충을 통해 한계값 ATI 대한 Base Line 정렬이 가능할 것이다. 이 처럼 API 도시 및 API값 비교를 통해 현재 시스템의 성능과 성숙도 상태에 대한 모니터링이 가능하고 사용자 혹은 의사결정자에게 시스템의 전반적인 성능정보 제공이 가능하게 된다.

5. 결론

무기체계 연구개발 성공의 핵심요소가 기술성숙도와 핵심성능이다. 따라서 체계개발 과정에서 체계 성숙도와 핵심성능에 대해 지속적인 추적 관리가 필요하다. 특히 무기체계 연구개발에서처럼 복잡하고 첨단기술을 적용하는 경우 개별 기술성숙도나 기술적 성능 측정 관리로는 시스템적 효과를 반영하기는 어렵다. 따라서 체계수준의 시스템 성숙도와 TPM 달성도를 계산하여 전체 시스템 성숙도 수준을 측정하는 API를 제시하였다. 이 방법을 적용하면 시스템 수준의 성숙도와 핵심성능의 위험관리에 대한 시스템적 통찰력을 사업관리자에게 제공하여 리

스크 관리에 도움이 되고 사용자나 이해 당사자와 시스템 전반에 대한 의사소통의 도구로 활용 시 유용 할 것이다.

References

- [1] DAPA, DAPA Anweisung No. 188, Defense Acquisition Regulation, 2012. 7.
- [2] Defense Acquisition University Press, Systems Engineering Fundamentals, DAU Press, Virginia 22060-5565, January, 2001.
- [3] DAPA, EVM Instruction, Published rulings 87, 2012. 10.
- [4] DAPA, TRA Instruction, Instruction NO 2012-8, 2012. 4.
- [5] Brian J. Sauser, Jose Ramirez-Marquez, Romulo Magnaye, Weiping Tan, "A Systems Approach to Expanding the Technology Readiness Level within Defense Acquisition", Stevens Institute of Technology, Mar. 2009.
- [6] DAPA, On an Improved Method and Failure Case for Defense Research and Development, Korea Research Institute for Military Affairs, 2010. 8.
- [7] Paul R. Garvey, Chien-Cing Cho, "An Index to Measure and Monitor a System-of-System' Performance Risk", the MITRE Corporation, MITRE Paper MP 04B0000050, December, 2004
- [8] Brian Sauser, Jose Ramirez-Marquez, Dinesh Verma, Ryan Gove, "From TRL to SRL : The Concept of Systems Readiness Levels", Stevens Institute of Technology, 2006.
- [9] Ryan Bove, Joe Uzdziński, A Performance-Based System Maturity Assessment Framework, Lockheed Martin Corporate Engineering & Technology, 2121 Crystal Drive, Arlington, VA 22202, USA, March. 2013
- [10] Garry J. Roedler, Cheryl Jones, "Technical Measurement", INCOSE, December. 2005.
- [11] Joseph A. Fernandez, "Contextual Role of TRLs and MRLs in Technology Management" Sandia National Lab, California, SAND2010-7595, Nov. 2010.

권 일 호(II-Ho Kwon)

[정회원]



- 1990년 3월 : 공군사관학교 항공 공학과 (공학사)
- 1999년 3월 : 국방대학원 운영분석 (공학석사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 공과대학원 시스템공학과 박사과정

<관심분야>

시스템공학, 시스템성숙도(SRL), 시험평가(T&E)

이 재 천(Jae-Chon Lee)

[정회원]



- 1977년 2월 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 (공학사)
- 1979년 2월 ~ 1983년 8월 : KAIST 통신시스템 (석/박사)
- 1984년 9월 ~ 1985년 9월 : 미국 MIT Post Doc 연구원
- 1985년 10월 ~ 1986년 10월 : 미국 Univ. of California 방문연구원
- 1990년 2월 ~ 1991년 2월 : 캐나다 Univ. of Victoria (Victoria, BC) 방문교수
- 2002년 3월 ~ 2003년 2월 : 미국 Stanford Univ. 방문교수
- 1994년 9월 ~ 현재 : 아주대학교 시스템공학과 정교수

<관심분야>

시스템공학, Modeling & Simulation, Systems Safety