

항공기 개발사업을 위한 기술성과측정방법 연구

한창환*, 최 석** 김승범***

A Study on Technical Performance Measurement Method for Aircraft System Development

Chang-Hwan Han*, Seok Choi**, Seung-Bum Kim***

Abstract

Technical performance measurement (TPM) has been in widespread use for many years and is recognized as a highly useful method that can identify deficiencies in meeting aircraft system requirements, provide early warning of program problems, and be used to monitor technical risks. This paper presents the overview of technical performance measurement method and its application in aircraft system development for KHP, KTX etc.

초 록

기술성과측정은 항공기 등 대형 개발사업에 수십 년 동안 널리 사용되어 왔으며, 항공기 체계 개발 요구사항에 충족되지 않는 부적합한 사항들을 식별할 수 있는 유용한 방법으로 인식되어 왔다. 뿐만 아니라 개발 프로그램의 문제점에 대한 조기 경고를 하고, 기술적 위험을 감시할 수 있게 함으로써 성능, 비용을 절감할 수 있다. 본 논문에서는 기술성능 측정방법에 관한 개괄적인 내용과 성능파라미터 선정에 내용을 기술하고, 국내에서 개발하고자 하는 KHP 개발사업 등 항공기 개발사업에 대한 적용 제시하고자 한다.

키워드 : Technical Performance Measurement, MOE, MOS, MOP, KPP, EVMS

1. 서 론

KHP(한국형헬기개발사업)과 같이 개발기간이 짧고 최첨단 기술을 적용해야 하는 사업의 경우 사업관리의 중요성이 더욱 요구된다. 이와 같이 복잡하고 대형화 된 항공기 시스템 개발사업에 있어서 다양한 요구조건 및 주어진 일정과 비용

을 충족하는 성공적인 시스템을 개발하기 위하여 다양한 사업관리기법들이 적용되어 왔다. 이들 기법들은 개발예산, 개발일정 등의 개발사업요소를 보다 더 효과적으로 계획하고, 관찰하고, 조정/통제할 수 있도록 개발되어 왔다. 그러나 기술성과 관리는 개발 당사자 간의 계약에 의해 명시가 가능한 정량적 수치를 기반으로 하는 예산이

* 회전익기개발실/hanch@kari.re.kr

** 회전익기개발실/seokchoi@kari.re.kr

*** 회전익기개발실/helikari@kari.re.kr

나 일정 등에 대한 관리기법과는 달리 시스템 개발에 있어서 기술적인 성능 및 운용요구조건의 충족여부의 판단은 계약적으로 쉽게 명시되거나 규제하기 힘들며, 결과에 대한 평가 또한 사업자들 간의 동의 하에 이루어져야 한다.

따라서 기술성과는 개발사업 기간 중에 지속적인 관리가 쉽지 않은 부문이다.

본 논문에서는 항공기 시스템 개발사업에서 사업관리의 기본요소인 예산, 일정, 성능 중 기술성과 부분을 정량적인 값으로 측정하여 체계공학적 으로 관리하기 위한 기술성과측정(Technical Performance Measurement : TPM) 방법의 개발적인 내용과 발전 등을 고찰하고, KHP 등 대형 개발사업에 적용 시 고려사항 및 적용방법에 대해 기술하고자 한다.

2. 기술성과측정의 변천

1991년 미해군이 개발사업의 비용, 일정, 성능의 종합적인 관찰을 위한 프로세스의 필요성에 의해 기술성과측정 프로그램이 본격적으로 개념이 정립되었다. 1993년 기술성과측정 적용 초도 프로그램은 ADAR(Air Deployable Active Receiver)의 개발 사업에 적용이 되었다. 초기 파일럿 프로그램으로서 적용된 기술성과측정 프로그램은 실질적으로 발생 가능성이 있는 기술적인 문제점을 조기에 발견할 수 있는지 여부에 초점을 맞추었으며, 적용결과는 체계적인 기술성능의 추적으로 발생 가능한 문제점을 조기에 발견할 수 있음을 보여 주었다. 이 후 보다 기술적인 위험도가 크고 대규모인 사업에 적용되었고 이를 통해 다양한 적용결과를 도출하게 된다. 초기 ADAR 프로그램의 경우 제한된 12개 파라미터의 추적을 통해 적용된 기술성과측정 방법은 다소 긍정적인 결과를 얻을 수 있었으나, 대규모 사업의 적용에는 많은 수의 기술성능 파라메타를 추적하여야 함에 따라 기술성능의 측정, 계획수립, 평가의 종합적인 적용 등의 어려움이 따르게 되었다.

보다 구체적이고 체계적인 기술성과측정결과는

T45TS Cockpit-21 프로그램에 측정방법의 적용을 통해 얻어지게 되었으며 다년간의 사업진행을 통해 비용보고서와 성능 데이터를 보유하게 되었다. 기존의 프로세스를 통해서 이 사업은 비용과 일정상 사업진행이 원활한 추진된 것으로 보고되었다. 그러나 시스템의 개발일정은 기술적인 문제로 인해 주어진 계획일정을 충족하지 못하게 되었으며 개발사업의 문제점으로 제기되는 기술 부문은 기존의 시스템의 적용으로 인해서 비용 보고서에는 반영이 되지 않았다. 이러한 이유로 T45TS Cockpit-21 프로그램은 기술성과측정 프로세스를 적용하기 위한 대상 프로그램으로 결정이 되었고 결론적으로 기술성과측정방법이 사업관리자에게 주요한 정보를 제공하여 주는 검증된 방법을 제공하는 유용한 도구로 입증되게 되었으며, 또한 기술성과측정 파라미터, 작업분할 구조, EVMS(Earned Value Management System) 통제계정간의 상호 연관관계를 구축해주는 기술성과측정 소프트웨어를 개발하게 되는 계기가 되었다. 이 후 기술성과측정은 사업관리 도구로서 적용할 수 있는 다양한 방법론이 제시되었고 EVMS와의 통합, 위험도 관리 계획과의 통합 등이 지속적으로 이루어져 왔다. 이러한 시도들은 기술성과측정이 방법 자체로는 다년간 기술 위험 요소의 관찰 및 개발사업의 문제점을 조기에 발견하게 할 수 있는 유용한 도구이지만, 실제 개발사업의 적용을 위해서는 EVMS와 같은 다른 개발사업 관리도구와의 통합이 얼마나 효과적으로 이루어지는가에 그 활용의 성패가 달려있기 때문이다. 예를 들어 선정이 잘 되어진 기술성과측정 파라미터들은 작업분할구조의 주요 성능 파라미터와 상관관계를 가지고, 또한 작업분할구조와 연관된 EVMS 통제계정과도 명확한 연관관계가 설정되어 상호 관계가 명확히 규정되어 있어야 개발사업에 적용된 기술성과측정방법을 통해 조기에 발견된 성능상의 문제가 비용과 일정어느 정도의 영향을 미치는가를 보여줄 수가 있다.

최근의 연구는 기술성과측정, 작업분할구조, EVMS 통제계정 또는 계약작업분할구조(CWBS) 등 세 부문의 효과적이고 간결한 상호관계의 설

정에 집중되고 있다. 또한 기술성과측정이 시스템 수준의 성능 위험도를 측정하고 관측할 수 있는 기법들로도 제시되고 있다.

3. 기술성과측정

3.1 정 의

기술성과측정은 개발일정에 따라 선정된 기술 요소의 예측치를 설정하고, 실측치와 비교하여 기술의 달성도를 측정하는 방법으로서 사업관리자가 의사결정을 할 수 있는 기준이 된다. 이러한 기술성과측정은 개발기간 중에 시스템의 요구 조건을 만족하는 개발이 되었는지를 확인할 수 있도록 하며, 기술적인 문제점을 조기에 알려 주는 수단이 된다. 기술성과측정은 그 구성이 도식화된 부분과 이에 대한 설명으로 이루어지는데 그림 1은 도표를 간단하게 도식화한 예다. 여기서 가로축은 개발일정 및 주요 설계 단계를 표시하며, 세로축은 기술 파라미터의 값을 표시하고 있다. 어떠한 TPM 도표라도 반드시 계획선도(Planned Profile)가 있어야 하는데, 이것은 개발 시작단계부터 매 일정단계에 대한 주요 성능 파라미터(Key Performance Parameters) 달성도의 기준이 되기 때문이다. 파라미터의 개발일정의 함수로 제시된 계획 선도의 값에 대해 실측치를 제시하여 측정시점별 계획값 대비 실측치의 차이를 도식화하여 기술성과측정의 달성정도를 보여 준다. 계획값과 실측치의 차이에 대한 설명 및 그 차이의 문제점 및 사업에 미치는 심각성을 기술한다. 또한 문제점을 보완하기 위해 필요한 대안을 제시하게 된다. 여기서 허용범위(Tolerance Band)는 규격서에서 요구하는 조건을 나타내며, 최근 계획값과 실측치의 차이를 기술적 분산값으로 표현하는데, 이 범위를 벗어나는 경우 관리자에게 경고를 준다.

기술성과측정을 위하여 선정된 파라미터는 개발자 및 고객과의 합의에 의해 통상적으로 결정된다. 일반적으로 고객은 주된 개발비용 발생인자이며, 기술적인 위험도가 높은 요소를 가지는

주요 개발요소가 기술적인 성능과 직접적으로 연관되어 표현되기를 원한다.

이와 같이 기술성과측정은 주요 성능 파라미터(KPP: Key Performance Parameters)의 예측값과 실측치의 차이를 비교 분석하여 시스템 효과도에 어느 수준의 영향을 주는지를 분석하는 방법으로 기술적인 위험요소에 대해 실측치와 예측치를 비교함으로써 기술위험도를 관측하는데도 유용한 도구가 된다. 개발 기간 중에 반복적으로 적용된 기술성과측정방법은 위험도 관리의 효과를 제고하고, 회복 불가능한 비용초과 및 일정지연을 초래할 수 있는 새로운 위험요소를 조기에 발견할 수 있도록 한다.

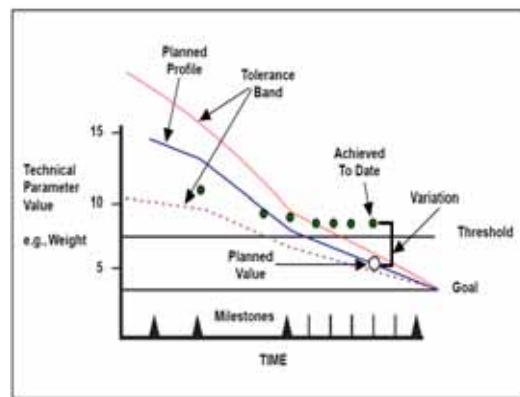


그림 1. 기술성과측정 도표

기술성과측정은 IEEE 1220 및 EIA 632에서도 시스템엔지니어링 프로세스로서 부가적인 적용기준을 제시하고 있으며 표 1과 같다.

3.2 측정 시점

기술성과측정은 추진하고 있는 개발사업이 비용 및 일정 상 지대한 영향을 받기 전에 발생 가능성이 있는 개발업무 상의 위험요소를 사전에 개발자 및 사업관리자에게 경고해 주는 주요한 수단이 된다. 일반적인 대형개발 사업관리계획에 사업 위험요소를 사업단계별로 인식하고, 평가하고, 관리하는 위험 관리 계획(Risk Management Plan)이 있는 경우, 기술성과측정은 기술요소에

표 1 TPM 계획 및 측정에 관한 산업표준

IEEE 1220:6.8.1.5	EIA-632: Glossary
Performance-based progress measurement TPMs are key to progressively assess technical progress.	Predict future value of key technical parameters of the end system based on current assessments.
<ul style="list-style-type: none"> Track relative to time with dates established as to when. progress will be to checked. Full conformance to requirements. 	<ul style="list-style-type: none"> Planned Value profile is time-phased achievement projected. Achievements to date. Technical Milestone where TPM evaluation is reported.
<ul style="list-style-type: none"> Use to assess conformance to requirements. 	

대한 위험관리 계획 및 위험도 평가에 필요한 자료를 제공할 수 있다. 또한 위험관리계획은 기술성과측정의 측정항목 선정 시 필요한 정보를 제공하고, 각각의 선정항목이 가지는 사업적인 중요도를 결정하는 참고자료로도 활용된다. 기술성과측정은 작업분할구조(WBS; Work Breakdown Structure)에서 중요 구성요소를 선정한 다음, 프로그램의 진행에 따라 구성요소의 기술 성취도를 측정한다. 기술성과측정의 기본적인 정의는 3.1에서 기술한 바와 같다. 이러한 기술성과측정은 주요 설계인자가 결정되는 시점인 체계설계검토(SDR) 이후부터 실시되고, 주요 구성품, 즉 형상품목(Configuration Item)은 요구조건이 시스템 수준에서 각 계통수준으로 할당되는 시점부터 시작될 수 있다. 일반적으로 형상품목에 대한 요구조건의 설정이 기본설계 완료시점에서 이루어지므로 형상품목도 구성품 수준의 기술성과측정을 예비 설계검토(PDR)가 이루어졌을 때 시작하는 것이 좋다. 이 시점에는 형상품목요소에 부여된 성능기준이 이후에는 크게 변경이 이루어지지 않고 안정적이기 때문이다. 기술성과측정은 각 구성요소의 검증이 이루어지는 시험평가기간까지 지속

되지만, 형상품목에 주요 부분의 개조가 있거나, 설계변경을 포함한 생산 개선작업이 이루어질 경우에도 수행되어야 한다. 결론적으로 기술성과측정이 시작되는 시점은 각각의 형상품목의 요구도가 일정 수준 안정되었다고 판단되는 시점에서 수행되는 것이 좋다.

3.2.1 파라미터의 선정

기술성과측정에 필요한 기술 파라미터는 시스템 요구도를 반영한 MOP(Measure of Performance)에서 직접적으로 선정할 수 있다. 이러한 MOP는 개발시스템의 운용성능요구도를 반영한 MOE(Measure of Effectiveness) 및 개발된 시스템이 운용될 환경과의 적합성, 정비성, 군수지원요소의 적절성 및 인간요소와의 적합성 등을 반영하는 MOS(Measure of Suitability)에서 추출된다.

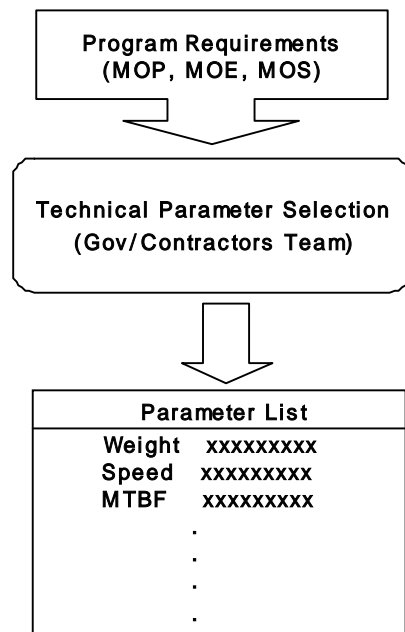


그림 2 기술 파라미터 선정과정

그림 2는 기술 파라미터 선정과정을 보여 주고 있다. 앞에서 설명한 바와 같이 기술성과측정은 작업분할구조를 통해 설계의 진행사항과 요구도에 부합되게 설계가 진행되는지의 여부를 평가하며,

또한 기술적인 위험도를 관측하고 추적할 수 있도록 한다. 이들 파라미터는 작전반경, 정확도, 가용도, 요구전력 등 시스템의 성능요구조건과 직접적으로 연관된 다양한 특성값들로 선정될 수 있다.

선정된 파라미터는 작업분할구조와 연계되어지는 것이 통상적이나, 일부 필요한 기술성과측정 파라미터는 전체 시스템 수준 또는 계통수준의 인자일 수도 있다. 예를 들어 추진체계에서 엔진과 같은 계통수준의 경우 비연료소모(Specific Fuel Consumption)는 엔진의 개발 전 과정에서 지속적으로 기술성과측정 파라미터로 지정하여 측정되어야 한다. 이러한 파라미터는 엔진 하위 작업분할구조에 할당되어 질 수 없으며, 엔진의 성능을 보여주는 하나의 독립된 데이터로 결정되어야 한다. 표 2는 MOE 와 MOP 그리고 기술성과측정 파라미터와의 연관관계의 예를 든 것이다.

표 2 MOE, MOP 및 TPM의 예

Example of Measures	
MOE	The Vehicle must be able to drive fully loaded from Washington, DC, to Tampa on one tank of fuel
MOP	Vehicle range must be equal to or greater than 1,000 miles
TPM	Fuel consumption, vehicle weight, tank size, drag, power train friction, etc..

이렇게 선정된 파라미터는 기술성과측정 적용시 시스템 개발사업의 성패를 판단하는 주요한 지표가 될 것이다. 또한 선정된 파라미터는 그 측정값이 시험 또는 분석으로부터 직접 그리고 빠른 시간 내에 도출될 수 있는 값이어야 한다. 그리고 개발시점별로 정해진 파라미터의 값과 허용범위가 각 파라미터별로 예측 가능해야 하며, 그것이 설계, 시제작, 시험 등에 의해 구체화되어야 한다.

그림 3은 사격통제체계의 부분 계통도를 나타내는 것으로, 어떻게 요구조건들이 할당되고 추

적되는지를 보여 주고 있다. 계통수준에서 할당된 요구조건들이 하부 구성품 수준에 어떻게 할당되어지는지를 확인할 수 있다. 기술성과측정의 파라미터는 가능한 작업분할구조와 이러한 상관관계로 연관되어 설정되고 추적되어지면 유용한 시스템엔지니어링 도구로 활용될 수 있을 것이다.

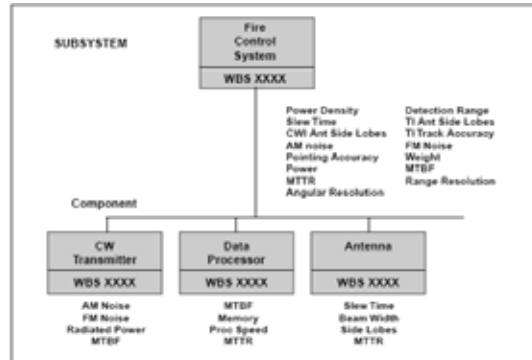


그림 3. Fire Control System

3.2.2 계획 선도의 작성

선정된 기술성과측정 파라미터는 개발시점별로 계획 선도(Planned Profile)가 작성되어야 하며 개발을 수행하는 주체는 적절한 선도를 작성하여 승인자로부터 검토, 승인을 받아야 한다. 현실적인 계획을 작성하는 것은 단순한 일이 아니다. 또한 계획 선도는 처음 설정한 대로 고정되는 것이 아니라 개발이 진행되는 동안 요구도의 변경으로 인한 형상변경, 기술변경 등으로 인하여 계획 선도가 변경될 수 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 기술성과측정방법은 각 계획 선도에 허용 폭을 설정함으로써 더욱 활용도를 높일 수 있다. 계획 선도의 상한값과 하한값을 이용하여 관리자는 기술성과가 초과달성할 것인지 실패할 것인지에 대해 예측도 할 수 있다. 이들 허용제한 값은 일반적으로 개발단계에서 개발자가 정하는 것이며, 검토와 승인을 필요로 하고 있다. 기술성과측정은 사업관리자의 관리 도구 중 하나이므로 최고위 관리자의 검토를 반드시 거쳐야

할 것이다. 또한 자료의 신뢰도를 높이기 위해 허용 폭 및 제한치는 적어도 1년마다 검토되고 확인되어야 한다.

3.2.3 측정방법 결정

선정된 기술성과측정 파라미터와 각 파라미터의 개발일정에 대한 계획 선도를 확정하고 최종적으로 각 파라미터를 어떻게 측정할 것인가를 결정하여야 한다. 측정방법은 여러 가지가 있을 수 있으며, 설계단계에서는 기술성과의 측정 및 평가를 대부분 계산으로 수행하여야 할 것이다. 측정방법의 결정은 관련 비용이 반드시 개발비용에 포함되어져야 한다. KHP의 경우 기술관리기관에서 기술성과측정을 항공기 체계가 결정되는 체계설계검토회의(SDR) 이후에 수행하는 것으로 하고 있으며, 주요 구성품의 경우에는 체계규격서 또는 개발규격서 초안이 결정되는 시점에 수행할 것으로 본다.

KHP에 대해 기술관리기관이 제시한 설계단계에서 측정방법을 간략하게 예로 제시하면 표 3과 같다. 공식적인 기술성과측정은 SDR에서부터 PCA까지 나타낸 것이다.

표 3. 기술성과측정방법 결정(예)

•	X			
•		X		
•				
-	X	X		
-		X	X	
•				
-		X		
-			X	X
-				X
•	X	X		
•		X	X	
•		X	X	X
•		X	X	X
•	X	X		

4. 개발사업에의 적용

지금까지 기술성과측정의 정의, 구체적인 수행 방법 및 변천과정에 대해 논하였다. 미국의 경우 국방성 주요 획득사업의 경우 시스템엔지니어링 프로세스를 적용하여 개발과정 중에 기술적인 성과를 측정하도록 규정하고 있다. 이는 군 개발사업의 경우 제안요구서(RFP)의 작성단계부터 반영하여 제안서에 각 제안자의 기술성과측정계획을 포함하고, 납품 목록(Data Item Description)에도 명기하도록 하고 있다. 또한 EVMS와의 통합을 통해 개발사업의 비용, 일정 및 기술성과의 종합적인 관리를 수행하고 있는 실정이다.

전술한 바와 같이 기술성과측정방법을 개발사업에 효과적으로 적용하기 위하여 우선적으로 계약에 관련 근거가 반영이 되어야 한다는 것이다. 제안요구단계에서부터 제안자에게 기술성과의 측정 및 관리방법을 제시하게 하고 이를 계약 시 반영하여 개발 전 기간동안 적용이 되도록 하는 것이 필수불가결한 사항이다. 계약당사자 간에 업무기술서(SOW) 작성 시 기술성과측정을 어떻게 수행할 것인가를 명기하고 합의하는 과정이 반드시 필요하다.

신규로 추진되는 개발사업에 기술성과측정방법을 효과적으로 적용하기 위한 구체적인 과정은 각 개발사업의 특성에 맞추어 계약당사자간의 합의로 도출되어야 한다.

우선 제안요구자는 효과적인 기술성과측정을 제안받기 위하여 시스템의 개념설정을 통해 얻어진 파라미터 목록을 설정하여 보유하여야 한다. 통상적으로 이러한 파라미터 목록은 개발자에 의해 제시되나 제안요구자가 필요한 경우 추가할 수 있다. 또한, 기술성과측정의 평가 수준을 결정하기 위하여 제안요구서에 적용될 작업분할구조 수준을 제시하여야 한다.

제시된 파라미터 목록 및 작업분할구조 수준을 기준으로 하여 파라미터를 설정하고, 각 파라미터별 계획선도를 작성한다. 계획선도는 과거 개발프로그램의 사례 등을 통해 결정한다. 최종적으로 측정방법을 결정하여 확정된 기술성과측정의 실행계획은 개발시스템의 체계공학적 개발관리계획을 기술한 SEMP(System Engineering Management

Plan)에 기술되어야 한다. 기술성과측정 프로그램의 적용을 위한 실행계획 등은 업무 기술서에 반영되어 계약 시 계약조건으로 명기되어야 한다.

기술관리기관에서 KHP TPM 수행방안을 예로 보면 업무분장을 표 4와 같이 정하고 있다.

계약으로 반영된 기술성과측정 프로그램의 적용 시점은 3장에서 기술한 바와 같이 시스템 및 계통수준의 경우 주요 설계인자가 결정되는 시점인 체계설계검토(SDR)이후부터 실시하고, 주요 구성품, 즉 형상품목(Configuration Item)은 요구조건이 시스템 수준에서 각 계통수준으로 할당되는 시점부터 적용할 수 있다.

일반적으로 형상품목에 대한 요구조건의 설정이 기본설계 완료시점에서 이루어지므로 형상품목, 구성품 수준의 기술성과측정도 예비설계검토(PDR)가 이루어졌을 때 시작하는 것이 좋다. 기술성과측정은 각 구성요소의 검증이 이루어지는 시험평가기간까지 지속된다.

표 4 KHP TPM 업무분장

수행항목	사업단	기술관리기관	개발주관기관
TPM 세부이행 계획서	승인	검토/확인	작성/제출
TPM 파라미터 선정	조정/통제	검토/확인	작성/제출
TPM 계획선도 작성	조정/통제	검토/확인	작성/제출
TPM 현황유지	조정/통제	검토/확인	측정/결과유지
TPM 결과제출	승인	검토/확인	작성/제출

5. 결 론

운용 요구를 충족하고 전 순기 비용의 적절성을 달성하면서 효과적인 시스템을 적기에 개발하고자 하는 것은 시스템의 구매자인 고객뿐만 아니라 개발자에게도 공통적으로 주요한 사항이다.

이러한 효과적인 시스템을 효율적으로 개발하기 위하여 본 논문에서는 기술성과를 정량적으로 측정하여 항공기 등 복잡한 대형 시스템의 개발에 적용되는 기술성과측정을 소개하고 서론, 변천과정, 수행방법 및 개발사업에의 적용과정을 제시해 보았다. 기술성과측정은 대상 시스템의 작업 분할구조와 EVMS의 통제과정과의 적절한 관계 설정을 통해 그 적용성과를 극대화 할 수 있고, 비용 및 일정 충족에 국한되어 오던 사업관리의 범주를 기술부문까지 포괄하여 개발사업의 전 요소를 통합적으로 관리할 수 있게 하여 주며, 이러한 장점으로 인해 미국 등 항공선진국에서는 대형개발사업에 지속적으로 적용하여 오고 있다. 기술성과측정의 지속적인 활용을 통해 적용상의 문제점을 보완하는 연구가 계속 진행되고 있으며, EVMS와의 통합연구도 지속될 전망이다.

국내의 경우는 KTX-2 등 개발사업에 시험평가의 일환으로 평가 및 분석을 통해 개발규격서 상의 기술성과를 측정하고, 검증하는 업무를 수행하여 왔다. 기술성과를 개발과정 중에 측정하지 않으면 결과적으로 기술적인 문제가 발생된 연후에 조치를 취함으로써 추가적으로 비용과 일정을 낭비하는 일이 반복되게 된다. 따라서 KHP 개발사업도 기술성과측정을 적용하여 기술성과측정관리 시스템을 적용하는 것이 바람직 할 것으로 사료된다. 끝으로 본 논문에서 언급하고 있는 기술성과측정방법론은 기술적인 문제를 조기에 알리는 경보 시스템으로서 앞으로 대형 항공기 개발사업에 시사하는 바가 크다 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. System Management College, Defence Acquisition University Press, "System Engineering Fundamentals" 2001.
2. N.D. Pisano, "Technical Performance Management : Earned Value, and Risk Management".
3. Charles Coleman, Kathryn Kulick, Nick Pisano "Technical Performance Management

- (TPM) Retrospective Implementation and Concept Validation on the T45TS Cockpit-21 Program" 1996.
4. Paul R. Garvey, Chien_ching Cho, "An Index to Measure a System's Performance Risk" 2003.
 5. 박총영, 임철호, 양계병, 박재영, 이진영, "KHP 사전연구 최종보고서(KHP 사업의 효율적인 기술관리 계획서 작성을 위한 사전연구)"국과연, 2005.