

국가연구개발프로젝트의 성과물 검증 프로세스 개발에 관한 연구

Develop the Product Verification Process for the National R&D Project

최요철[†] · 이재천* · 조연옥** · 김상암** · 윤혁진**

Yo-Chul Choi · Jae-Chon Lee · Yeon-Ok Cho · Sang-Ahm Kim · Hyuk-Jin Yoon

Abstract When a system or service is realized, it needs to be verified by requirements. The process of verification is to check whether customers/stakeholders requirements have been properly transformed into a system or service. A set of verification processes is described in the international or industrial standards. However, it is not appropriate to directly apply those verification processes in the national research and development projects. In particular, we noticed the problem in the development of safety systems, standards and process in the railway systems domain. As such, this paper is concerned with a detailed development of the verification process in that domain. Specifically, an effective and efficient verification process is presented regarding the safety systems and process, safety standards, and safety documents. Also, the verification process was modeled by a computer-aided systems engineering tool, Cradle®. As a result, the outcomes of the verification process can be managed efficiently.

Keywords : National R&D project, Product, Verification Process, Product Verification Process, Systems Engineering

요 지 일반적으로 고객의 요구사항을 시스템이나 서비스로 구현하는 과정에서 구현된 시스템이나 서비스들이 요구사항을 만족하여 개발되었는지를 검증하게 된다. 그러나 철도분야의 안전체계나 안전기준을 개발하는 국가연구개발프로젝트의 경우 일반적인 검증 프로세스를 활용하여 이러한 성과물을 검증하는데 많은 한계가 있다. 본 연구에서는 국가연구개발프로젝트를 통해서 산출되는 안전체계, 안전기준, 프로세스 등의 성과물에 대한 체계적이고 효과적인 검증 프로세스를 제시하였으며, 성과물 검증 프로세스의 결과물을 전산 관리할 수 있는 방안 또한 제시하였다.

주요어 : 국가연구개발프로젝트(국가연구개발사업), 성과물, 검증프로세스, 성과물검증프로세스, 시스템엔지니어링

1. 서론

일반적으로 개발업무를 수행하거나 프로젝트를 수행하는 중간시점이나 종료시점에서 많은 성과물(product)이 산출된다. 이러한 성과물은 업무나 프로젝트의 초기시점에서 계획했던 목적이나 목표를 잘 만족했는지를 검토하는 척도로서 사용될 수 있다. 이처럼 초기에 수립된 목적이나 목표를 달성하기 위해 수행되는 업무나 프로젝트가 올바르게 달성되었는지를 판단하는 활동은 성과물의 요구사항

부합성, 성과물 품질의 완전성, 성과물 개발과정의 명확성 측면 등에서 매우 중요하다. 이러한 판단 활동을 국제 시스템엔지니어링 표준에서는 객관적 증거 제시를 통하여 규정된 요구사항이 만족되었음을 입증하는 활동, 즉 검증(Verification)이라 정의하고 있다.[1] 대부분의 업무나 프로젝트를 통해 산출되는 성과물은 형상을 가진 제품이거나 서비스를 제공하는 시스템이 대부분이다. 이러한 대상에 대해 검증활동을 수행하는 일은 국제 표준 또는 산업 검증 프로세스를 활용하여 가능하다. 그러나 연구결과가 무형이거나 새로운 정보 또는 지식체계를 담은 성과물의 경우에 적용되는 검증프로세스에 대한 연구나 표준 제시가 미흡한 실정이다. 국가연구개발프로젝트를 통해 산출되는 성과물의 대부분은 구체적인 형태가 있는 경우가 대부분이나, 철도안전분야의 국가연구개발프로젝트의 경우

[†] 책임저자 : 정희원, SEKOREA(에스이코리아)

E-mail : ycchoi@sekorea.re.kr

TEL : (031)349-2456 FAX : (031)347-3456

* 정희원, 아주대학교 시스템공학과 교수

** 정희원, 한국철도기술연구원 철도종합안전기술개발사업단

체계/제도/프로세스/논리모델 등 연구결과가 지식 및 정보 중심의 성과물들이 많다. 그러나 국내적으로 국가연구개발사업의 성과물에 대한 올바른 검증을 위해 제도적으로 준용해야 하는 검증프로세스가 미흡하고, 구체적인 수행전략이나 기준이 없는 실정이다. 선진국의 경우 기관이나 산업분야, 그리고 대상시스템을 막론하고 적용할 수 있는 실용적인 검증 프로세스를 표준을 제시하고 이를 준용하여 체계적으로 수행하고 있으나, 구체적인 수행 프로세스가 미흡한 실정이다. 국내의 경우 제도적으로 준용해야 하는 구체적인 검증 프로세스가 부재하고, 국가연구개발프로젝트를 통해 산출되는 성과물에 대한 세밀한 검증활동 또한 매우 불명확한 상황으로 보완이 필요하다. 정부는 2001년 12월 제정된 국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정의 조사분석·평가영역을 보완하고자 2005년 3월 이를 개정하였다.[2] 기존 연구개발의 종료시점에서 제3의 평가기관에서 수행하던 연구개발결과의 평가 및 보고활동을 주관연구기관의 자체평가를 통한 의견서를 첨부하여 보고하도록 보완하였으며, 중앙행정기관의 장은 연구개발결과에 대하여 중간평가 및 최종평가를 실시하고, 중간평가 및 최종평가 시에는 상대평가 및 주관연구기관의 공개적인 발표를 통한 평가를 원칙으로 하되, 평가대상 연구개발과제의 규모 등을 고려하여 절대평가의 방법을 병행할 수 있다고 규정하고 있다. 그러나 이 규정에는 평가에 대한 단계만을 제시하고 있을 뿐 구체적인 실행 프로세스 및 기준에 대해서는 언급되지 않았다. 특히 주관연구기관에서 하부연구기관을 대상으로 수행해야 하는 평가 프로세스에 대해 언급하고 있지 않다. 이에 본 논문은 주관연구기관 수준에서 국가연구개발프로젝트의 성과물을 올바르게 평가하기 하기 위한 효과적이고 체계적인 성과물 검증 체계를 제안하고자 하며, 이를 기반으로 정부의 국가연구개발사업을 위한 평가체계와 연관성을 갖도록 대안을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 국가연구개발 평가의 개념

연구개발평가란 연구 성과를 단계적·종합적으로 파악하여 문제점이 있을 경우 그 개선방안을 도출함으로써 목표 달성 행위의 효율성을 높이고 궁극적으로는 기대되는 연구 성과의 창출과정을 합리화함으로써 투자효율을 높이기 위한 종합적 목표관리과정의 핵심적 단계이다. 다시 말해서, 평가는 새로운 R&D활동의 첫 발판을 마련해주는 동시에 과거의 R&D 활동의 과정과 성과에 대한 종합적인 성찰을 통하여 향후 R&D 활동의 바람직한 방향을 설정해주는 목표 지향적 비판활동이라고 할 수 있다. 이러한

R&D 평가는 크게 사전평가, 중간평가, 사후평가로 나뉘 볼 수 있다. 사전평가는 연구개발목표의 설정을 위한 것이고, 중간평가는 연구개발과제의 선정을 위한 것이다. 사후평가는 다시 연구개발성과를 확인하는 직후평가와 성과활용상황의 후속조치에 중점을 두는 추적평가로 나눌 수 있다.[3]

2.2 국내외 국가연구개발사업 평가체계 분석

1980년대까지 미국의 연구개발사업 평가는 주로 관련 분야의 전문가들이 연구개발사업의 질과 타당성에 대해 평가하는 방식이었으며, 평가목적도 자체 또는 상급기관의 효율적인 관리를 위한 것이 주류였다. 그러나 1990년대 초 이후 사회경제적 환경의 변화에 따라 투입이용에 대한 사회경제적 편익의 수량적 측정이란 개념이 평가에 도입, 적용되기 시작하였다. 이러한 변화의 일환으로 미국의 첨단 기술프로그램(ATP; Advanced Technology Program)도 사회경제적 편익의 측정을 자체 조직인 경제평가실(EAO; Economic Assessment Office)을 통해 평가하기 시작하였다.

유럽에서의 연구개발프로그램에 대한 평가는 1974-77년에 동료평가를 중심으로 독립적인 외부전문가에 의하여 연구결과의 사후적인 평가를 시행한 것을 기원으로 한다. 이때는 프로그램에 참여하지 않은 관련분야의 전문가들이 6-8개월 동안 연구결과를 조사·분석하고 연구 참여자를 면담하는 방식으로 수행되었다. 이때에는 주로 기술과 관리적인 측면이 주된 평가기준이었는데, ① 연구의 과학기술적 성과, ② 프로그램 관리의 효과성, ③ 연구결과의 과학기술 발전에 대한 기여도 등이 그것이다. 1980년대에 들어서며 프로그램 평가가 보다 체계적으로 제도화되기 시작하였다. 여기에는 정부의 재정 지원이 수반되는 연구개발프로그램이 크게 확산된 것이 중요한 계기가 되었다. 유럽공동체(EC; European Communities)는 전담평가조직을 설립하여 1983년에는 다년평가계획을 수립하였고, 성과지표, 영향평가지표, 서지분석법, 조사기법 등의 평가방법을 개발하여 자체 연구개발 활동을 평가해 왔다.[4]

우리나라의 경우 국가연구개발사업의 조사·분석·평가를 위한 제도가 1998년도에 처음으로 시작되었으며, 2000년도에 19개 부처 5개청 161개의 국가연구개발사업(2조 5,809억원)에 대해 실시하였으며, 평가는 A, B, C, D, E의 5개 등급으로 나뉘어져 상대평가를 실시하였다. 2007년도에는 기존 특정평가 방식과 새로운 자체평가 방식을 병행하여 평가가 실시되었다. 국가연구개발사업의 조사·분석·평가는 우리나라의 연구개발투자 규모가 증가하고 정부의 여러 부처가 다양하게 추진함에 따라 국가연구개발사업 우선순위 조정, 연구개발투자의 효율성 증대, 중복투자 방지 등을 위해 도입된 제도로서 그 결과는 각 부처 및 기획

예산처에 통보되어 연구개발사업의 개선 및 차기년도 연구개발예산편성에 반영되고 있다.

2.3 국제 및 산업표준의 성과를 검증 프로세스

ISO/IEC 15288은 객관적 증거 제시를 통하여 규정된 요구사항이 만족되었음을 입증하는 활동을 검증(Verification)이라 정의하고 있으며, 시스템 생명주기 관점에서 검증은 시스템 생명주기의 한 제품을 그 제품에 요구되는 특성과 비교하는 활동이며, 여기에는 규정된 요구사항, 설계 기술서, 및 시스템 자체 등이 포함된다고 서술하고 있다. 프로젝트는 검증 프로세스에 관해 적용 가능한 조직의 정책과 절차에 따라 다음 활동을 이행한다. a) 생명주기 동안 시스템을 검증할 전략을 정의한다. b) 시스템 요구사항을 바탕으로 검증 계획을 작성한다. c) 설계 의사결정에 대한 잠재적 제한사항을 식별하고 전달한다. d) 검증 생명주기지원 시스템이 이용 가능하고, 그와 관련된 시설, 장비 및 조작자가 검증을 수행할 준비가 되어 있는지 확인한다. e) 규정된 설계 요구사항의 만족을 시연하기 위한 검증을 수행한다. f) 시스템에 대한 검증 데이터가 이용 가능하도록 만든다. g) 검증 활동, 요구사항 불일치, 교정 활동에 관한 정보를 분석, 기록, 보고 등의 활동을 순차적으로 수행하도록 제안하고 있다.

또 다른 시스템엔지니어링 표준인 EIA-632에서는 시스템 검증 프로세스는 다음 사항을 확인하기 위한 것이라고 서술하였다.[5] a. 요구사항의 수행 결과로 발생한 시스템 설계방안이 근거가 되는 요구사항(선택된 물리적 해결방안)과 일치하는가. b. 시스템 구조상의 각 수준에서 상향식으로 구현된 최종 제품들이 규정된 요구사항을 만족하는가. c. 각 관련 프로세스를 위한 생명주기지원 제품 개발 및 구매가 적절히 진행되는가. d. 필요한 생명주기지원 제품이 시기적절하게 준비되고 가용할 것인가 등의 확인사항을 제시하고 있다. 또한 최종제품에 대한 검증활동 절차를 다음과 같이 제시하고 있다. a. 검증 계획, 합의, 적용할 기업기반 생명주기 단계 및 시스템 구조상의 수준에 맞는 최종 제품 검증 계획 수립. b. 조성된 검증 환경 내에서 선택된 방법 및 절차를 사용하여 계획된 최종 제품 검증을 수행. c. 재검증 수행. d. 검증 결과 기록 등이다.

미국의 FAA(Federal Aviation Administration)의 NAS(National Airspace System)의 Systems Engineering Manual은 검증의 정의를 “적용 가능한 요구사항들이 만족되었는지를 확인하기 위한 완성[시스템]의 평가.”라 서술하고 있다.[6] 검증은 시스템 요구사항을 만족시키는데 있어서 진척도를 평가하고 변화하는 시스템 제품들 및 프로세스들의 효과성을 측정하기 위하여 요구되어지는 시스템 구성요소

들이 수행하는 모든 과업, 행위, 그리고 활동들의 복합체이다. 검증의 두 가지 기본과 보완적인 방법으로 시험 및 평가(Test and Evaluation), 그리고 시스템엔지니어링 평가(SE Assessment) 방법을 제시하고 있다. 시험 및 평가를 통한 검증은 조사, 분석, 시연, 그리고 시험 등의 방법을 활용하는 것이고, 시스템엔지니어링 평가는 엔지니어링분석, 비교분석, 기록 확인, 개발 시뮬레이션 등의 방법을 활용하여 수행한다. 특히 NAS에서 제시한 검증 프로세스는 순차적인 프로세스 및 단계별 산출물에 대해 제시하고 있다.

국제시스템엔지니어링협회(INCOSE)에서 발간한 시스템엔지니어링 핸드북 3에 따르면 검증을 모든 요구사항들이 시스템 구성요소 및 최후의 관심대상시스템에 의해 만족되었는지, 즉 다시 말하면 시스템이 올바르게 만들어 졌는지를 확인하는 것이라고 정의하고 있으며, Fig. 1과 같이 상위개념의 대략적인 검증 프로세스를 제시하고 있다.[7]

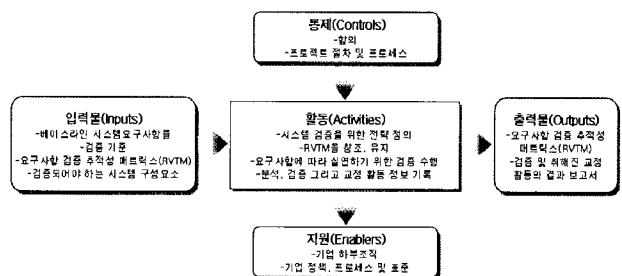


Fig. 1. Verification process context diagram of the SE HDBK v.3

2.4 국내 국가연구개발평가체계의 문제점

현재 국가연구개발 성과물에 대한 국가수준 또는 전문기관수준 평가 프로세스를 기반으로 특허나 논문 등 가시적인 성과에 대해 평가가 수행되고 있으나, 선진국에 비해 구체성이 나 연구의 내용을 평가하는 측면에서 부족하다고 판단되며, 평가 수행조직 간 평가체계의 연관성이 미흡하다. 특히 세부적인 지침을 기반으로 효과적이면서 효율적인 수행 프로세스가 제시되지 못하고 있다. 이는 평가제도의 비효율성을 초래할 수 있으며, 지속적인 평가활동의 장애가 될 수 있다. 본 논문에서는 국제 표준 및 국의 성과물 검증 체계를 기반으로 국가연구개발평가 제도를 뒷받침하고, 실제적으로 연구개발을 수행하고 관리하는 총괄주관 연구기관 수준의 성과물 검증 체계를 제시하고자 한다.

3. 국가연구개발프로젝트의 성과물 검증 프로세스 개발

3.1 성과물 검증 프로세스 개요

국가연구개발프로젝트의 성과물 검증 프로세스는 프로

젝트 수행 중이나 최종단계에서 생산된 성과물에 대한 검증을 수행하는 프로세스이다. 종래의 프로젝트 후반부에 제3의 전문평가기관으로부터 약식으로 진행되는 성과물에 대한 검증 절차를 보다 체계적으로 수행하기 위한 프로세스를 수립하고 이를 전산화하였다. 본 논문에서는 성과물의 범위를 중간 성과물과 최종 성과물로 나누어 정의하였다. 성과물 검증 프로세스는 프로젝트를 수행하고 난 이후에 발생하는 성과물에 대한 검증을 통해 확정된 요구사항을 만족하고 있는지를 확인하게 해준다. 이 과정에서 보다 구체적인 검증 대상, 검증 기준, 검증 방법 등을 소개하고, 이를 전산화하여 문서화하도록 하였다. Fig. 2는 성과물 검증 프로세스를 중심으로 한 입력물, 출력물, 제어, 그리고 메커니즘(수행조직/프로그램)을 표현한 정황 다이어그램이다. 이는 성과물 검증을 위한 활동을 표현하고 있으며, 이는 세부적인 활동으로 분해되어 조직에 할당되며, 기타 중요한 정보와 의사소통의 기준 모델로 활용된다.

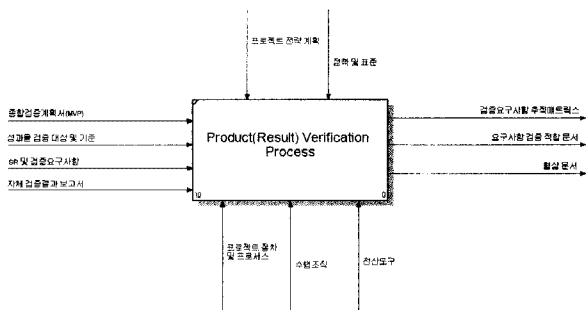


Fig. 2. Context Diagram of Product Verification Process

3.2 성과물 검증 프로세스 상세화

Fig. 5는 국제 표준의 검증 프로세스를 기반으로 Fig. 2의 하위레벨 프로세스를 나타내는 하부 다이어그램이며, 이는 검증 프로세스를 순차적이면서 명확히 수행할 수 있는 수준으로 상세하게 표현하였다. 이러한 프로세스를 통해 검증 전략 수립, 검증 계획 작성, 제약사항 식별 및 전달, 검증 준비 확인, 검증 수행, 검증 데이터 유용화, 그리고 검증 관련 정보 분석/기록 보고 등의 절차가 수행되며, 이와 동시에 SE 전산지원 도구를 활용한 전산 모델 구축과 자동 문서화 템플릿 작성, 그리고 문서 자동 출력 업무 등이 이루어진다.

3.3 검증계획서 양식(Form)

검증 대상이 선정이 되고 검증활동이 시작하게 되면, 이를 보다 효과적으로 수행할 수 있는 양식이 필요하게 된다. 양식에는 필수적인 검증의 대상, 검증의 입력물, 주요 업무, 그리고 검증 수행결과물 등이 정의되어야 하며, 이를 관리하

기 위한 정보들이 기록되어야 한다. Fig. 3은 요구사항에 대한 검증을 위해 작성된 검증 계획서 사례를 나타내고 있다.[8]

Process : Verification Plan(검증 계획서)		ID No : SE-SR03-SSR03-VP-2005 Date : 12.30.2006 Revision Date :
SR : 3. 프로젝트는 활동안전법 체계를 지원하는 위험기반의 안전관리체계를 구축한다.		
SSR : 3.3. 프로젝트는 활동안전종합계획 지침서를 작성한다		
Inputs : - 검증 기술(Verification Technology) - 기록화인 - 기술 개발 계획(Technical Plan) - 연구계획서 - PM(Project Management) - 요구사항 (Requirements) - 요구사항 문서 및 관련논문보고서 (SE계종) - 활동안전 SE 및 시연용물 국제 VRTM Templates - 설계정보 및 평가자료 - 활동안전종합계획 지침서의 가능 아키텍처 - 물리 아키텍처 - 검증기준 (Verification Criteria) - 설계 분석 보고서 (DARs) - 시험 및 입증 자료 (N/A)	Tasks : - SE 검증 업무	Outputs : - 수정 VRTM - RVCD

Fig. 3. Template and Example of Verification Plan

3.4 검증수행 조직구성

성과물을 검증하는 조직은 상호교차(Mutual Crossing) 검증 원칙을 적용한 전문가 판단에 기초한 평가방법을 활용한다. 상호교차 검증 원칙은 상호연관성을 가지는 연구 성과물을 산출하는 기관끼리 검증 담당조직을 형성하여 상대 과제를 검증하는 것이다. 규모가 큰 사업의 경우 하부에 많은 프로젝트가 있으며, 이를 수행하는 조직 또한 많다. 사업을 총괄 주관하는 기관이 전체 하부연구기관의 성과물을 일괄적으로 분석하는 활동은 어려움이 많으며, 많은 비용과 시간이 소비된다. 또한 분석결과에 대한 객관성을 확보하기 어렵다. 이에 연구 성과물이 유사한 연구기관끼리 상호교차 검증하는 방법을 채택하였으며, 이는 보다 전문적이고 검증 결과에 대한 객관성을 확보할 수 있을 것이다. 그리고 사업의 전체적 관점에서 성과물을 검증하고 연관성을 확보하기 위해 총괄주관기관의 검증 담당조직이 검증 활동에 참여하여 검증 및 지원활동을 하게 된다. Table 1은 성과물별 검증 책임조직표이다. 예로 B하부 수행기관 성과물은 성과물 특성이 HW와 SW와 관련성이 많은데, 이러한 성과물을 검증하기 위해 성과물 특성이 유사한 A 및 C하부 수행기관, 그리고 총괄주관기관으로 구성된 검증 담당 조직에 의해 검증활동이 이루어진다.

3.5 성과물 검증 결과표

성과물 검증조직이 구성이 되고, 계획된 시점에서 검증 활동이 이루어진다. 검증활동을 효과적이고 효율적으로 수행하기 위해 적절한 검증 양식이 필요하며, 이는 검증 대상과 검증 기준, 그리고 평가 등급을 나타낼 수 있도록 작성

프로젝트 성과물 검증 결과표

검증위원 소속 : _____ 설명: (인)

검증 과제명					
OR					
OR					

해당 평가 등급에 √ 표시 해주시기 바랍니다.

평가 항목	평가 등급				
	A	B	C	D	E
해당 성과물 검증에 위한 검증 방법론 역렬히 선택되었는가					
일부분해구조 (WBS) 에 해당 작업을 위한 자원과 일정은 역렬하게 할당되고 관리되었는가					
검증기준 1. 기능 실현의 역렬성					
성과물이 가져야할 기능이 충실히 잘 표시되어 있는가					
가능여 솔루션의 레벨은 잘 정의되어 있는가					
검증기준 2. 물리적 구조의 역렬성					
성과물의 물리적 구조가 충실히 잘 표시되어 있는가					
선택된 DP는 해당 PR을 만족시킬 수 있도록 역렬하게 선택되었는가					
검증기준 3. 설계분석보고서의 역렬성					
구현된 성과물은 요구사항을 충분히 반영하고 있는가					
성과물의 설계 근거는 잘 표시되어 있고 역렬한가					
성과물은 특장적인 특징을 지니고 있는가					
성과물의 내용이 잘 표시되어 있는가					
기타 의견					

A : 100점, B : 80점, C : 60점, D : 40점 E : 20점, 각 항목 균등 배점

Fig. 4. Template for a product verification results

되어야 한다(Fig. 5). 추가적으로 검증에 대한 기타 의견을 기술하여 성과물 검증 결과가 문서화되어 전체가 공유될 수 있도록 해야 한다. 경우에 따라 검증 결과에 따라 재검

증이 이루어지기도 한다.[8]

Table 1. A responsible Organization for a Product Verification

검증대상	성과물 특징	검증 담당조직	비고
A하부 수행기관 성과물	통합모델 기준 및 체계	총괄주관/B/D 기관 검증 담당조직	B/D 기관과 성과물 유사
B하부 수행기관 성과물	HW 1/2/3 SW 1/2/3	총괄주관/A/C 기관 검증 담당조직	A/C 기관과 성과물 유사
C하부 수행기관 성과물	HW 2/3/4	총괄주관/A/D 기관 검증 담당조직	A/D 기관과 성과물 유사
D하부 수행기관 성과물	HW 1/2/4 SW 2/3/4	총괄주관/A/B 기관 검증 담당조직	A/B 기관과 성과물 유사

3.6 성과물 검증 프로세스 적용 스키마 개발 및 전산관리

성과물 검증 스키마는 검증과정에서 산출되는 모든 데이터와 문서를 체계적으로 관리하는데 도움을 주며, 향후 검증계획서나 검증결과보고서 작성 시 자동문서 출력을 가능하게 하는 데이터 구조로서 반드시 성과물 검증 활동의 초기에 개발되어야 한다. 성과물 검증 프로세스를 적용하기 위해 고객요구사항, 시스템요구사항, 시스템 기능, SBS(시스템분해구조), PBS(제품분해구조), WBS(업무분해구조), 그리고 성과물(Result/Product)간의 관계 설정을 하였다. 본 연구에서는 성과물을 두 가지로 나누고 있으며, 프

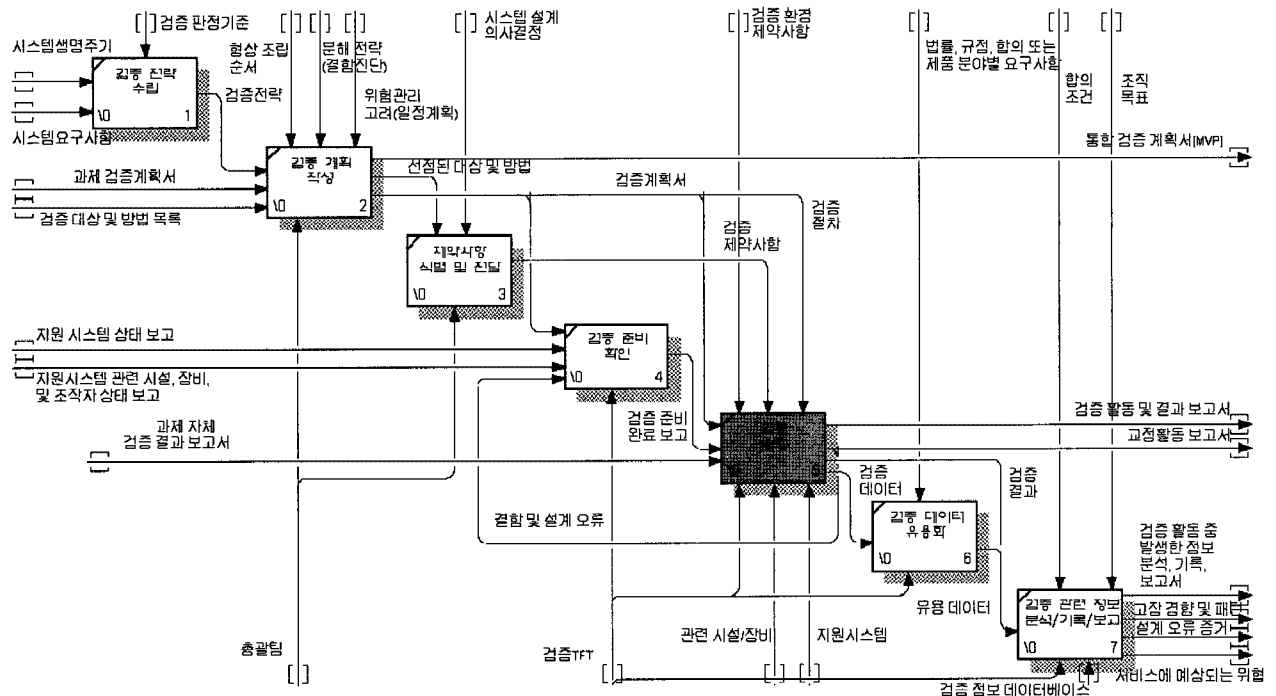


Fig. 5. Details of the Product Verification Process

