

시스템 개발 프로젝트에서의 Independent V&V 효과도

The Effectiveness of Independent V&V in System Development Project

김영훈*, 유병선, 강자영

한국항공대학교

초 록

시스템 엔지니어링은 현대사회에서 성공적인 프로젝트의 실현을 가능케 하는 하나의 개발 방법론으로 선진국에서는 정부, 공공기관, 방위산업체, 민수산업체 등에서 도입하여 시스템 개발 프로젝트를 전수명주기에 걸쳐 효율적이고 체계적으로 관리하고 있다. 시스템 검증 및 확인 프로세스는 시스템 엔지니어링의 핵심 요소 중의 하나로서 고객이 요구하는 시스템 요구사항들이 프로젝트 전수명주기에 걸쳐 올바르게 충족이 되었는가를 입증하고 확인하는 일련의 활동으로 구성된다. 본 논문에서는 국외의 연구 사례들을 조사하여 이러한 검증 및 확인 활동의 독립성이 시스템 개발 사업에 어떠한 긍정적인 효과를 발생시키는지를 분석하였다.

1. 서 론

시스템 개발 프로젝트에 있어서 성공적 시스템 프로젝트 관리의 실현을 가능케 하는 하나의 방법론으로서 여러 항공 선진국에서는 이미 1950년대부터 이를 도입하여 국가 주도하의 국방 시스템 프로젝트 관리를 목적으로 표준규격을 제정하여 이를 적용해 왔다[1]. 지속적인 산업의 발전으로 인해 주로 국가가 주도하던 프로젝트에서 공공기관, 방위산업체, 민수산업체로 확산되면서 다양한 형태의 개발 사업에 시스템 엔지니어링을 적용하고 있다.

항공우주 및 원자력 발전시설 등과 같이 현대의 시스템은 첨단화 및 대형화함에 따라 시스템 구조가 점점 복잡해지고 관리 또한 어려워지고 있다. 시스템의 복잡도가 증가될수록 프로젝트의 계획 대비 과다한 비용증가, 일정지연 및 품질 불만족 등으로 인한 프로젝트 지연 또는 중단 사례가 발생하고 있어 프로젝트 수행 초기부터 시스템 요구사항 및 프로젝트 요구사항을 효율적으로 관리 하는 것이 매우 중요하다. 또한 요구사항들은 시스템 수명주기에 걸쳐 올바르게 구현되는지를 검증하고 확인(V&V)하는 것이 중요하다. V&V는 시스템 엔지니어링 프로세스 중 하나로서 시스템 또는 각 제품에 대한 V&V의 역할은 프로젝트에 따라 결정되어야 한다. 이러한 결정은 시스

템의 중요도, 제약사항, 복잡도에 큰 영향을 받게 된다. 일반적으로 V&V 기능의 목적은 제품이 사용자들의 필요를 만족시키는 지를 보장하기 위한 것이다. 따라서 시스템 요구사항 및 규격에 있는 모든 사항들이 V&V 활동의 대상이 되어야 한다.

독립적 검증 및 확인(IV&V)은 시스템 개발활동의 결과물이 그 활동의 요구사항들을 충족시키고 인도된 시스템이 개발자에게 기술된 바와 같이 의도된 사용 및 사용자 필요를 만족시키고 있다는 것을 보증하기 위해 사용된 개발조직과 독립적으로 일어나는 프로세스를 말한다. 다양한 기관 및 단체에서 IV&V를 정의하고 있지만 IEEE Standard 1012-2012 (System and Software Verification and Validation)에서는 “IV&V를 수행하는 조직은 개발 조직으로부터 분리된 조직에 귀속되어야 한다.” 라고 정의하고 있으며, 프로젝트를 성공적으로 이끌기 위한 IV&V 활동으로 다음과 같이 기술, 직제관리, 재정 등과 관련된 독립성을 강조하고 있다[2].

- 기술적 독립 : 개발 그룹과는 무관한 그룹으로 조직되어 있으며, 개발 그룹과는 다른 관점에서 시험 및 분석을 수행하는데 있어 기술, 시험방법 등을 개발그룹이나 관리그룹의 영향을 받지 않고 자유롭게 선택하는 것을 말한다.
- 직제관리상 독립 : 시스템의 시험 및 분석 결과, 이상 상태, 결과물 등을 외부의 압력 없이

프로젝트 최고 관리자에게 직접적으로 보고할 수 있는 체계를 말한다.

- 재정적 독립 : IV&V 그룹이 시험 및 분석 방법을 자유롭게 선택하는데 있어 개발 그룹이나 관리 그룹으로부터 잠재적인 재정 압박을 받는 것으로부터 자유로운 것을 말한다.

따라서 IV&V는 기술적, 직제 관리상, 재정적으로 타 그룹과는 별개로 운영되어 전 수명주기에 걸쳐 요구사항이 올바르게 충족되었는가를 입증하고 확인하는 일련의 활동으로 구성된다.

본 논문에서는 시스템 전 수명주기에 걸쳐 수행되는 IV&V 활동으로 인해 사업에 어떠한 긍정적인 효과가 발생하는지 사례들을 조사하고 분석해 보았다.

2. IV&V의 효과 연구 사례

시스템 개발 프로젝트 전 수명주기에 걸쳐 IV&V를 적용함으로써 발생하는 효과를 몇몇 문헌에서 다루고 있다[3] [5] [6]. IV&V 수행을 통하여 얻어지는 대표적인 장점을 요약하면 다음과 같다.

- IV&V를 수행하면 위험 결함을 개발 수명주기 초기에 발견할 가능성이 높아진다.
- IV&V는 현재 진행 중인 시스템의 상태 및 성능을 프로그램 관리자에게 보고한다.
- IV&V는 시스템 개발 활동의 품질 및 투명한 진척사항을 이해관계자들에게 제공한다.
- IV&V는 개발자의 재작업 필요성을 줄이고 개발 프로젝트의 총 비용을 감소시킨다.
- IV&V는 인도품의 결함을 줄인다.

시스템 전 수명주기에 걸쳐 IV&V 활동에 의해 발생하는 효과를 좀 더 현실감 있게 알아보기 위해 몇몇 사업에 대한 연구자료 조사를 통해 분석해보기로 한다.

사례 1: AMCOM IV&V-오류검출 관계 분석

Virginia Tech과 NASA LaRC는 미육군 유도탄 사령부(AMCOM)가 개발한 소프트웨어 엔지니어링 평가 시스템(SEES)을 사용하여 IV&V의 가치를 시험하였다[4]. 연구는 2개의 독립된 그룹에 특정문제에 대한 솔루션을 개발하기 위한

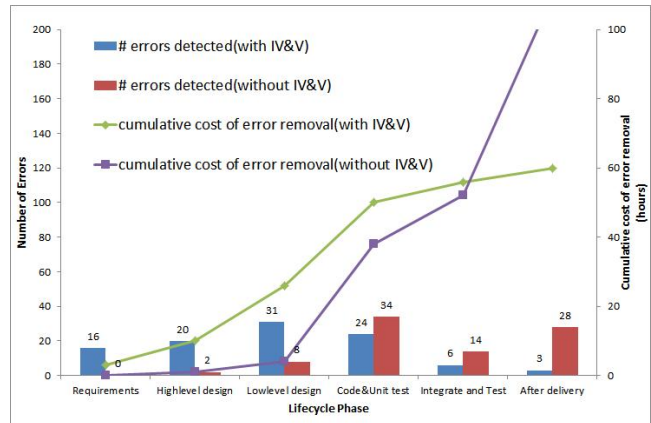


Fig 1. 개발수명주기 단계별로 검출된 중요 오류의 수와 오류제거에 소요된 누적 비용[4,5]

동일한 요구사항을 주고, 설계, 코딩, 시험을 독자적으로 수행하도록 하였다. 그룹 1은 개발팀과 독립된 IV&V팀으로 구성하였고, 그룹2는 개발팀으로만 구성함으로써 IV&V기능이 시스템 결함 및 오류 탐지에 어떠한 영향을 주는가를 조사하였다. 그림 1에서 막대그래프는 그룹1과 그룹2가 각 수명주기 단계에서 검출한 중요한 오류 및 결함의 수를 보여주고 있다.

그룹 1과 그룹 2에 의해 발견된 중요 오류 및 결함의 수를 비교해보면, 그룹 1이 발견한 오류 및 결함의 수가 요구사항 단계부터 낮은 수준의 설계(LLD) 단계까지 점차 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 또한, LLD 단계에서 가장 많은 수의 오류 및 결함이 발견되었으며 다음 두 단계에서는 점차 줄어들고 있음을 알 수 있다. 이는 시스템 개발 수명주기 각 단계에서 고객, 개발팀, IV&V 팀 등 이해관계자들로부터 도출된 요구사항이 IV&V 활동을 통하여 올바르게 충족되는 과정으로 수명주기 초기에 발견된 오류 및 결함을 바로잡아 제작/개발 시험, 통합/운용 시험 단계에서 발견되는 오류 및 결함의 수가 줄어든 것으로 보인다.

그룹 2의 경우에는 수명주기 초기 단계에서 오류 및 결함 등을 거의 발견하지 못하고 수명주기 나중 단계에서 많은 수의 오류 및 결함을 발견하는데, 이는 개발 그룹이 만든 산출물을 개발 그룹 스스로가 V&V를 수행함으로써 IV&V가 내포하고 있는 독립적이고 객관적인 관점에서 피드백을 갖지 못하여 수명주기 초기에 오류 및 결함을 발

견하지 못하고 후반의 제작/개발시험단계, 통합/운용시험단계에서 많이 발견되는 이유로 생각된다. 그룹 1이 수행한 IV&V는 그룹 2가 수행한 것 보다 오류 및 결함의 수가 결과적으로 더 많은데 그룹 1은 시스템 개발 요구사항 규격 및 설계 문서에서 명확하지 않은 기술이나 애매모호한 것들을 IV&V 활동을 통하여 더 많이 발견 할 수 있었던 것으로 판단할 수 있다.

그림 1의 꺾은선 그래프는 전 수명주기 단계에서 검출된 오류 및 결함을 수정하는데 드는 비용에 관한 그래프이다. 앞서 설명한 것처럼 그룹 1의 경우 그룹 2의 경우 보다 발견된 오류 및 결함의 수는 많지만 이해관계자들 간의 빠른 피드백으로 인하여 초기단계에서 발견된 오류 및 결함을 수정하는 비용이 나중 단계에서 수정하는 비용보다 적게 드는 것을 알 수 있다.

사례 2: NASA IV&V-비용효과도 분석

NASA는 스페이스 셔틀 프로그램에 IV&V를 적용하여 그 효과도를 관찰했다. 이 프로젝트에서는 CSCI에 IV&V를 적용했을 때 소프트웨어 개발 수명주기상의 코딩단계 이전, 즉 상세설계 단계까지 오류를 얼마만큼 발견하게 되는가에 초점이 맞춰져 있다.

그림 2에서 수평축에는 9개의 CSCI가 나열되어 있는데 처음 4개의 CSCI에는 IV&V가 적용되지 않았고 나머지 5개에는 IV&V가 적용되었다. 그리고 그림의 수직축은 각 CSCI의 전체 오류 수에 대한 발견 오류 수의 비율을 나타내고 있다. 이 프로젝트에서는 수명주기를 요구사항(1단계), 예비설계(2단계), 상세설계(3단계), 구현/실행(4단계), 통합 및 시스템 시험(5단계), 운용 및 유지관리(6단계) 등 6단계로 구분하였으며, CSCI 요소 중 IV&V 수행 여부에 따라서 요구사항, 예비설계, 상세설계에 이르는 수명주기 초기 단계에서 오류 및 결함이 발견될 확률이 각기 다르게 나타나고 있다. 그림 3에서 보는 바와 같이 코딩 이전에 오류 발견율이 0~20% 사이에 있는 CSCI 수는 3개, 21~40% 사이에 있는 CSCI수는 1개, 41~60%구간에 있는 CSCI는 없고, 61~80% 사이에 있는 CSCI수는 1개, 81~100%구간에 있는 CSCI수는 4개이다. 이 프로젝트 또한 앞서 설명한 사례 1과 같이 프로젝트 개발 수명주기 초기

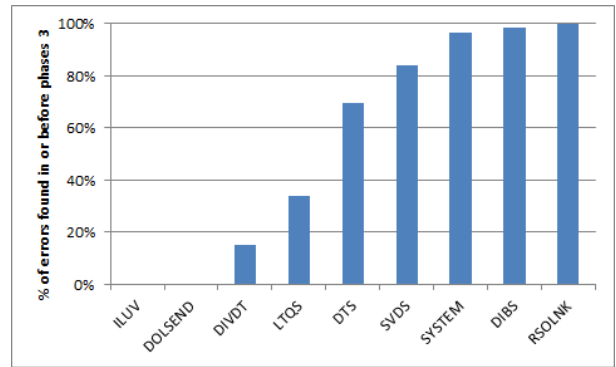


그림 2. 상세설계단계 또는 그 이전에 오류 및 결함을 발견할 확률 [6]

단계에서 IV&V를 통하여 오류 및 결함을 발견하여 수정하면 전체 프로젝트 비용이 절감되고 잠재적 오류의 가능성도 줄일 수 있다. 마찬가지로 전 수명주기에서 IV&V를 수행하여야 비용 및 일정이 줄어드는 이득을 볼 수 있으며, IV&V를 수행하지 않는다면 수명주기 초기에 오류 및 결함을 발견할 수 없고 나중 단계에서 발견하여 이를 수정하는데 들어가는 비용은 비약적으로 상승할 것이며, 추가의 일정이 필요할 것으로 예상된다.

사례 3: IV&V와 재작업 비용

NASA에서는 2007년 초부터 종래의 V&V에 새로운 접근방법을 제시한 IV&V 프로그램에 초점을 맞추기 시작하였고 그동안에 NASA에서 수행하여 온 16개 프로젝트들을 모델링한 사례를 활용하였다. IV&V 효과 중 하나인 재작업 (reworks)에 대한 것을 분석해 보았다.

전체 프로젝트에서 비용증가에 가장 많은 기여를 하는 요인은 결함(defects)의 발생이다[7].

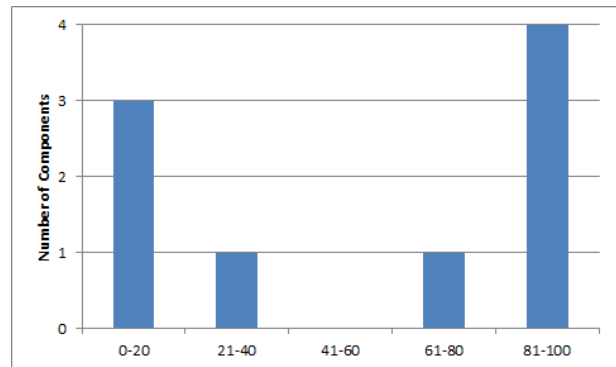


Fig 3. 상세 설계 단계 또는 이전에 오류 및 결함을 발견한 요소의 수

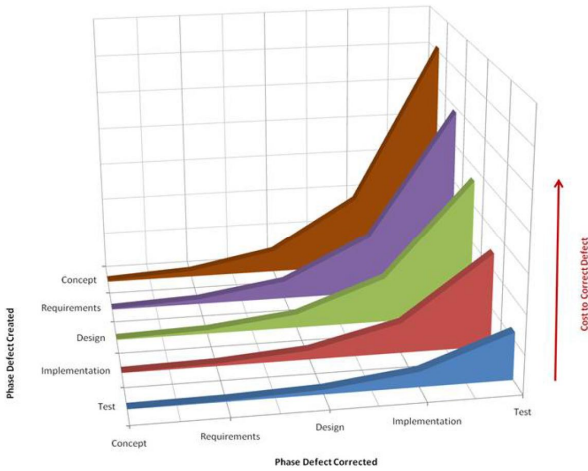


Fig 4. 단계별 결함 및 오류 수정 비용

실수에 의한 결함(defects slipped)을 수명주기 각 단계별로 예측한 연구결과를 보면 결함이 발생한 단계 이후에 결함을 고치는 것이 결함 발생 초기에 고치는 것 보다 2.5배의 노력이 더 든다 [8]. 개발 수명 주기 후반에 실수에 의한 결함을 바로잡기 위해 증가하는 비용은 그림 4와 같다.

프로젝트 수명주기에서 개념 및 요구사항에 발생한 결함을 바로 잡는데 드는 비용이 가장 높으며, 수명주기 초기 단계에서 이를 바로잡지 않으면 나중 단계에서 이들 결함을 고치는데 상당히 많은 비용이 필요하다. 따라서 초기에 결함들을 발견하여 이를 수정하거나 바로잡지 못한다면 올바른 산출물이 생산할 수 있도록 인력, 원자재(materials/sources), 비용, 시간 등을 다시 투자하여 일정 지연, 비용 증가의 부정적인 효과가 나타나게 된다. 재작업은 개발자 측면에서 시간 및 노력이 추가적으로 필요하기 때문에 개발 프로젝트의 전체 비용이 증가하게 된다. 추가적인 비용은 전체 프로젝트 비용 중 30~50%의 재작업 비용이 발생된다[9].

그림 6은 시스템임무부서(SMD)와 탐사시스템 임무부서(ESMD)에서 발견된 전체 요구사항 결함을 나타낸 것으로 A와 B를 비교하면 요구사항 간 결함 차이는 1,731개이다.

운영시스템에서 요구사항 결함이 드러나면, 각 결함을 기반으로 하는 모델을 바르게 하는데 매 결함마다 17,713USD의 비용이 소모된다. IV&V 프로그램의 수행으로 인하여 수명주기 초기에 발견한 결함을 고치는데 소요된 비용은 2,800만

USD가 넘는다. 그러나 이는 요구사항에서의 결함만 고려한 것이지 전 수명주기를 고려한 것은 아니다.

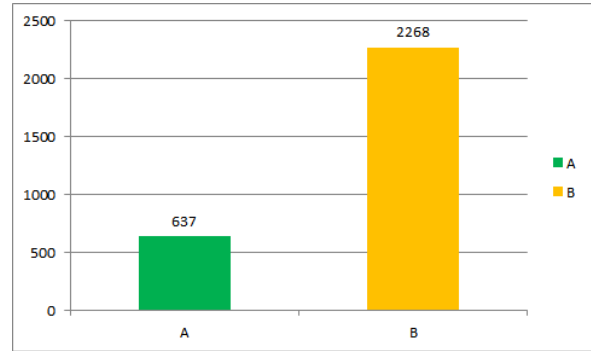


Fig 5. 발견된 전체 요구사항 결함 수

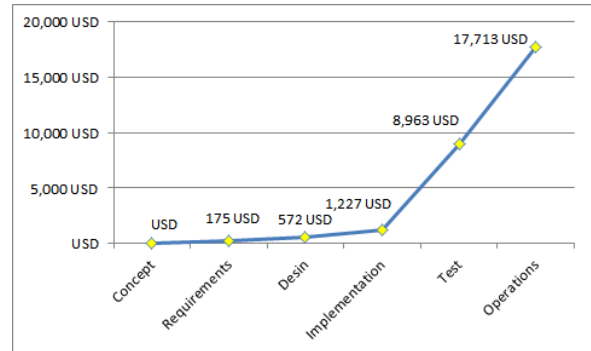


Fig 6. 결함 수정하는데 발생하는 비용 [10]

3. 요약 및 결론

시스템 개발 사업에서 IV&V 프로세스는 시스템의 수명전주기에 걸쳐 시스템 요구사항을 독립적으로 검증하고 확인하는 일련의 활동으로 구성된다. 앞에서 3개의 사례 분석을 통해 시스템 개발에 있어서 IV&V 프로세스는 Non-IV&V 프로세스에 비해 오류발견 촉진, 수정 또는 재작업 비용 최소화, 일정지연 최소화 등에 획기적인 기여를 하는 것으로 나타났다. 즉 시스템 개발 사업에서 검증 및 확인 기능의 독립성은 시스템 결함 및 오류를 개발수명주기의 초기단계에서 대부분 노출시켜서 비용초과 및 일정초과 리스크를 줄이고, 이로써 궁극적으로는 사업의 성공률을 제고시키는 효과가 있다. 아직까지도 국내의 많은 R&D 프로젝트에서는 시스템 엔지니어링의 적용이 의

무화되어 있지 않고, 개발수명주기 전체에 걸쳐 IV&V 개념 또한 공식적으로 채택되지 않고 있어서 사업의 실패율이 높거나 또는 개발 결과물의 성능과 품질이 낮아서 활용도가 낮다. 특히 항공기, UAV, 항행시스템과 같은 안전필수시스템(safety-critical system) 개발에 IV&V가 필수적으로 적용되어야 할 것이며, 특히 S/W IV&V에 투자의 확대가 요구된다. IV&V 개념을 도입하면 초기에는 일정부분 예산을 증가시키는 부분이 있지만 제도가 정착되었을 때 시스템 개발수명주기에 걸친 비용을 최소화시키고 사업의 성공률을 높이는 효과가 있으므로 NASA의 경우처럼 개발비의 일정 비율로 IV&V 투자비를 확대시켜 나가는 전략이 필요하다.

참고문헌

- [1] Brill, James H. "Systems Engineering - A Retrospective View." *Systems Engineering* 1, no. 4 (1998):258-66
- [2] IEEE. 2012, IEEE Standard for System and Software Verification and Validation. :165-167.
- [3] NASA. 2009, NASA Independent Verification & Validation Program Value Report (2008&2009).
- [4] Arthur JD, Groner MK, Hayhurst KJ, Holloway CM. Evaluating the effectiveness of independent verification and validation. *Computer* 1999;32(10):79-83.
- [5] Calhoun CC. Applying independent verification and validation to the automatic test equipment life cycle. *Aerospace and Electronic Systems Magazine, IEEE* 1998;13(7):37-42.
- [6] Neal RD, McCaugherty D, Joshi T, Callahan J. A Case Study of IV & V Cost Effectiveness. : National Aeronautics and Space Administration; 1997.
- [7] Purushotham Narayana. Software Defect Prevention - In a Nutshell. 2003; Available at <http://www.isixsigma.com/industries/software-it/software-defect-prevention-nutshell/>.
- [8] Hevner AR. Phase containment metrics for software quality improvement. *Information and Software Technology* 1997;39(13):867-877.
- [9] Leffingwell D, Widrig D. *Managing software requirements: a unified approach.* : Addison-Wesley Professional; 2000.
- [10] Jones C. *Software assessments, benchmarks, and best practices.* : Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.; 2000.