

조직의 소프트웨어 테스트 정책 및 전략 수립 구체화 방안

정재룡¹⁾ · 김현수^{*,2)}

¹⁾ 슈어소프트테크(주)

²⁾ 충남대학교 컴퓨터공학과

A Detailed Method for Establishing Organizational Software Test Policy and Strategy

Jae-Yong Jung¹⁾ · Hyeon Soo Kim^{*,2)}

¹⁾ Suresofttech Co., Korea

²⁾ Department of Computer Science & Engineering, Chungnam National University, Korea

(Received 10 June 2019 / Revised 30 September 2019 / Accepted 11 October 2019)

ABSTRACT

As the size and complexity of software increases, it is important to ensure the quality of software through testing. Many organizations refer to international standards or test process models to improve the quality of software through establishing a systematic test process. However, these standards and process models provide general processes that do not reflect the characteristics of the domain or the organization's test policies and strategies. To establish a test process that reflects the characteristics of the organization, test policies and strategies based on the organization's quality objectives and the organizational and domain characteristics should be reflected. This study proposes specific methods for eliciting activities and information to establish organizational software test policies and strategies that are essential to establishing a test process that reflects the characteristics of the organization and the system.

Key Words : Software Test(소프트웨어 테스트), Software Test Policy(소프트웨어 테스트 정책), Software Test Strategy(소프트웨어 테스트 전략), Organizational Test Specification(조직의 테스트 명세)

1. 서론

소프트웨어는 개인 생활뿐 아니라 사회 전반에 걸

쳐 다양한 변화를 이끌어 왔으며, 현재는 4차 산업 혁명을 견인하는 핵심 요소로서 그 중요성이 날로 커지고 있는 상황이다. 반면 소프트웨어의 규모와 복잡도가 커짐에 따라 소프트웨어의 결함으로 인한 피해 역시 증가하고 있어, 테스트를 통한 소프트웨어의 품질 확보가 중요한 문제로 인식되고 있다.

* Corresponding author, E-mail: hskim401@cnu.ac.kr
Copyright © The Korea Institute of Military Science and Technology

과거에는 테스트가 소프트웨어 개발이 완료된 이후에 이루어지는 활동으로, 개발 프로세스에 포함된 것으로 여겨졌다. 그러나 현재에는 테스트가 개발과 동시에 이루어지는 활동이며, 개발 프로세스와는 별개의 프로세스임을 인식하여 테스트 프로세스를 통한 소프트웨어의 신뢰성을 높이고자 하는 노력들이 시도되고 있다^[1]. 현업의 많은 조직들은 소프트웨어 테스트와 관련된 문제점으로 테스트 조직의 부재, 전문화된 훈련 부족, 테스트 전략에 의한 기법 선정 부재 등을 꼽고 있으며, 이러한 문제점들로 인해 품질 예방비용 보다 측정 및 실패 비용이 주를 이뤄 비용 구조 측면에서 비효율적인 상황이다. 이에 대한 해결책의 하나로 테스트 프로세스 정립이 제시되고 있으며^[2], 실제로 ISO/IEC 9126이나 ISO/IEC 12207과 같은 국제 표준이나 TMMi(Test Maturity Model Integration), TPI(Test Process Improvement) 등 테스트 프로세스나 성숙도 모델을 적용함으로써 개발되는 소프트웨어의 품질을 향상시키고자 노력하고 있다. 테스트 프로세스를 정립하기 위해서는 먼저 조직 및 도메인 특성과 조직의 품질 목표가 반영된 테스트 정책 및 전략이 우선되어야 한다. TMMi와 ISO/IEC/IEEE 29119에 따르면 조직의 테스트 정책 및 전략을 기반으로 각 프로젝트의 테스트 계획을 수립하고, 프로젝트의 테스트 계획을 기반으로 세부 테스트 활동의 설계 및 구현이 가능하기 때문에 조직의 품질 목표와 비즈니스 요구가 잘 반영된 조직의 테스트 정책 및 전략을 수립하는 것이 무엇보다 중요하다. 하지만 국내 조직들이 적용하는 테스트 표준들은 특정 기술이나 방법론을 반영하지 않은 일반적인 프로세스를 제공하며, 그 수준 역시 개괄적이어서 실제 개발에 적용하는 것뿐만 아니라 조직의 테스트 정책 및 전략을 수립하기에도 부족하다^[3]. 또한 구체적인 테스트 기법을 선정함에 있어서도 테스트 전략 및 목표에 의해 기법이 선정되는 경우는 18%에 불과하고 대부분 시스템의 유형과 테스트 수준에 의해 결정되고^[2] 있는 국내 현실에 비추어볼 때 테스트 프로세스 수립에 앞서 조직 차원의 테스트 정책 및 전략 수립이 우선 요구된다.

본 연구에서는 조직의 품질 목표 및 도메인 특성이 반영된 테스트 정책 및 전략 수립에 필요한 활동과 각 활동에 입출력이 되는 정보들을 구체적으로 제시하여 조직이 겪는 시행착오와 투입되는 자원을 줄이고, 효과적으로 조직 및 시스템 특성을 반영한 테스트 정책 및 전략을 수립할 수 있는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 조직들이 테스트 프로세스를 수립하기 위해 참조했던 테스트 관련 표준 및 프로세스 모델과 기존 유사 연구를 살펴본다. 3장에서는 여러 단계를 통해 개발 조직과 시스템의 특성을 반영한 조직의 테스트 정책 및 전략 수립 구체화 방안을 제시한다. 4장에서는 테스트 정책 및 전략 수립 구체화 방안을 실제 개발 조직에 적용하여 테스트 정책 및 전략을 수립한 사례 연구를 기술한다. 5장에서는 본 연구에서 제시하는 방안에 대해 평가하고, 6장에서 결론 및 향후 연구에 대해 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 TMMi(Test Maturity Model Integration)

TMMi^[4]는 조직의 소프트웨어 테스트 성숙도를 평가하고 프로세스를 개선하기 위한 모델로서 개발 성숙도 평가 모델인 CMMi(Capability Maturity Model Integration) 모델의 부족한 테스트 부분을 보완하기 위해 개발되었다. TMMi에서 테스트 정책 및 전략 수립 프로세스는 테스트 목표와 정책을 정의하고, 일반적인 제품 위험 평가를 통해 테스트 전략을 정의하는 것으로 요약할 수 있다. TMMi에서는 조직의 비즈니스 요구사항과 테스트 목표에 부합하는 테스트 정책 및 전략을 수립하는데 필요한 활동들과 활동을 통해 확인되고 정의되어야 하는 내용들을 설명하고 있으나 제공되는 내용들이 개괄적으로 서술되어 있어 조직에서 실제 적용하기에는 어려운 한계점이 있다. 또한 TMMi는 테스트 프로세스를 평가하여 개선점을 도출하는 목적으로는 완성된 모델이지만, 구체적인 테스트 기법 도출 방안과 테스트 기준 등을 수립하는 절차가 누락되어 있어 현실적으로 테스트 정책 및 전략을 수립하기에는 부족하다.

2.2 ISO/IEC/IEEE 29119

ISO/IEC/IEEE 29119는 소프트웨어 테스트에 대한 정의, 절차, 문서화, 방법 등을 다루고 있는 소프트웨어 테스트에 대한 가장 일반적이고 포괄적인 국제 표준이다^[5]. ISO/IEC/IEEE 29119에서 조직의 테스트 정책은 조직 내에서 테스트의 목적, 목표 및 전반적인 범위를 설명하는 관리 수준의 문서로 정의하고 있으며, 조직의 테스트 전략은 조직 내에서 테스트가 수행

되는 방법을 정의하는 기술 문서로 정의하고 있다⁶⁾. ISO/IEC/IEEE 29119에서는 조직 테스트 프로세스에서 조직의 테스트 명세 개발 활동을 통해 테스트 정책 및 전략 문서에서 정의되어야 할 항목들에 대해 정의하고 있지만, 조직의 테스트 명세 개발을 위해 수행해야 할 구체적 활동들과 문서에 정의되어야 하는 항목들을 어떻게 도출하고 선정하는지에 대해서는 설명이 미흡하다.

2.3 기존 테스트 프로세스에 관한 연구

이 절에서는 학계 및 산업 분야에서 진행한 소프트웨어 테스트 프로세스 관련 여러 연구를 살펴본다. 다만 많은 연구가 테스트 프로세스의 적용과 개선을 중점적으로 다루고 있어 조직 차원의 테스트 정책 및 전략에 관련한 연구는 상당히 부족한 상황이다.

장진옥의 기업용 소프트웨어의 품질 향상을 위한 테스트 프로세스 구축 방안에 관한 연구¹¹⁾에서는 기존 프로세스의 개선과 평가로서 테스트 프로세스의 구성부터 개선 효과 평가를 위한 지침까지 상위 수준의 활동들은 충실히 제시하고 있다. 하지만 조직의 테스트 정책 및 전략을 수립하기 위한 구체적인 활동이나 방안에 대해서는 설명이 미흡하다.

테스트 프로세스 개선을 위한 박동후의 연구¹²⁾에서는 성숙도 모델을 적용한 테스트 프로세스의 문제점을 해결하기 위해 테스트 프로세스 정립과 테스트 전문 조직 및 교육, 테스트에 대한 동기 부여, 테스트 프로세스에 대한 관리 및 감시를 제안한다. 하지만 테스트 프로세스 개선을 위해 제안한 방안들을 수행하는 구체적인 방법론은 제시하고 있지 않으며, 실제로 제안한 방안을 국방 소프트웨어 테스트 프로세스에 적용한 사례가 없어 개선 효과 입증 관점에서 미흡하다.

윤회진의 연구¹³⁾에서는 테스트 표준을 개발 도메인에 효과적으로 적용하기 위해 컴포넌트 기반 개발 개념을 활용하여 ISO/IEC 12207에서 제시하는 테스트 활동을 컴포넌트화 하여 테일러링(tailoring)하는 방안을 제시한다. 하지만 해당 연구에서 제시한 방법론을 적용하여 테스트 프로세스를 적용한 실질적인 사례 연구가 없어 방법론의 적용 가능성과 효과성을 확인할 수 없는 문제점이 있다.

Rodrigues의 연구¹⁸⁾는 중소 조직에서 테스트 프로세스 구축 시 방해가 되는 요소들을 분석하여 제시하였다. 평가 결과 테스트 프로세스의 낮은 중요도, 산출

물 품질, 테스트 팀의 참여 단계, 관리자의 지원 부족, 전문 인적 자원 및 도구 지원 부족을 테스트 프로세스 구현에 부정적인 요소로 평가했다. 이와 같이 테스트 프로세스를 방해하는 요소를 도출하고 분석했으나 방해가 되는 요소 도출에만 그쳐 이를 해결하기 위한 구체적인 방안을 제시하지 못하는 한계가 있다.

Afzal의 연구¹⁹⁾에서는 산업 분야에서 조직의 특정 요구를 만족하는 적절한 소프트웨어 테스트 프로세스 개선(STPI) 접근법을 찾기 위해 7단계로 구분된 기술 전이 모델을 사용하여 연구를 설계하였다. 이 연구는 적절한 테스트 프로세스 개선 접근법을 선택하기 위해 필요한 일반적인 정보를 식별해 주지만 테스트 프로세스를 수립하기 위한 구체적인 방안을 제시하지 않는다.

박보경의 연구¹⁰⁾에서는 국내 중소기업을 위해 경량화된 테스트 성숙도 모델인 sTMM을 제안하였다. sTMM은 국내의 중소 조직에서 테스트 성숙도 모델을 손쉽게 적용할 수 있도록 평가 절차 및 항목별 산출물을 경량화하였다. 또한 2개 중소 조직에 sTMM을 시범 적용하여 테스트 성숙도 수준을 진단하여 sTMM의 효과를 평가하였다. 하지만 기반이 되는 TMM과 마찬가지로 테스트 활동 및 기준을 도출하기 위한 구체적인 방안은 설명이 미흡하여 테스트 프로세스 개선을 위한 진단에는 적합하지만 테스트 정책 및 전략 수립에는 적합하지 않다.

2.4 관련 연구 요약

이 절에서는 관련 연구의 각 문헌들의 장단점을 항목별로 도출하고, 도출된 항목별로 장단점을 재정리하여 테스트 프로세스 관련한 연구들의 주요 성과와 추가적으로 연구되어야 할 부분들을 식별하였다. Table 1은 각 연구의 장단점을 항목별로 정리한 것이다. 항목은 크게 4개로 구분하였고, 각 연구의 장단점을 항목별로 나열하고 그와 관련된 연구들을 기술하였다. 테스트 프로세스 수립 측면을 보면 프로세스 수립에 필요한 항목을 정의하거나 기존 표준을 테일러링하는 방안, 프로세스 수립 방해요소 등은 제시되고 있으나, 수립 활동을 위한 구체적인 방안 제시와 테스트 프로세스 수립 목적에 충실하도록 추가적인 연구가 필요함을 알 수 있다. 프로세스 평가 및 개선 측면에서는 테스트 프로세스 평가 및 개선과 관련하여 효과적인 방안들에 대한 연구가 활발함을 알 수 있다. 적용 사례 및 근거 측면에서는 일부 연구는 실제 적용 사례

를 통한 효과 및 근거를 제시하는 반면, 몇몇 연구에서는 연구 내용의 실제 적용 사례를 확보하여 효과 및 근거를 제시할 필요가 있음을 알 수 있다. 기존 프로세스 모델 분석 측면에서는 다양한 프로세스 개선 모델을 분석하고 적절한 프로세스 개선 모델을 선택하기 위한 방법이 연구되고 있지만, 기존 프로세스 모델을 구체화하는 연구는 아직 미흡한 수준임을 알 수 있다.

Table 1. Summary of the good and the bad points of related researches

항목	구분	내용	관련 연구
프로세스 수립	장점	테스트 정책 및 전략에 정의될 항목 제시	[4], [6]
		테스트 프로세스 수립 방해요소 식별	[8]
		표준 기반 테스트 프로세스 활동 테일러링 방안 제시	[3], [10]
	단점	활동 수행을 위한 구체적인 방안 미흡	[2], [6], [8]
		테스트 활동 도출 방안 및 테스트 기준 수립 절차 누락	[1], [4]
		테스트 정책 및 전략 수립 목적에 부적절	[4]
평가 및 개선	장점	효과적인 평가 및 개선 방안 제시	[1], [2], [10]
	적용 사례 및 근거	장점	조직 대상의 설문을 통해 사례 및 근거 확보
단점		실제 적용 사례를 통한 효과 제시	[9], [10]
기존 모델 분석	장점	다양한 프로세스 개선 모델 분석	[1], [9], [10]
		적절한 테스트 프로세스 개선 모델 선택 방법 제시	[9]
	단점	기존 프로세스 모델을 구체화하는 연구 미흡	[9]

[*] Reference Number

3. 테스트 정책 및 전략 수립 구체화 방안

기존의 표준이나 테스트 프로세스 모델은 테스트 정책 및 전략을 수립하기 위해 수행되어야 하는 활동들과 산출물 같은 ‘What’에 집중하고 있다. 하지만 실제 조직에서는 테스트 정책 및 전략을 수립하는 ‘How’에 더 어려움을 겪고 있다^[11]. 본 논문에서는 이러한 어려움을 해결하기 위해 테스트 정책 및 전략 수립 구체화 방안을 제안한다. 이 방안은 크게 4단계의 절차로 구성되어 있으며, 각 단계는 3~4개의 활동으로 구성되어 있다. 또한 활동들에 필요한 입력과 수행 작업, 출력을 정의하여 각 단계의 활동을 어떻게 수행하는지 구체적으로 제시한다. Fig. 1은 4단계의 테스트 정책 및 전략 수립 구체화 방안을 요약하여 보여준다. 그림에 표시된 테스트 명세는 테스트 정책과 테스트 전략을 포괄하는 의미로 사용된다^[6].

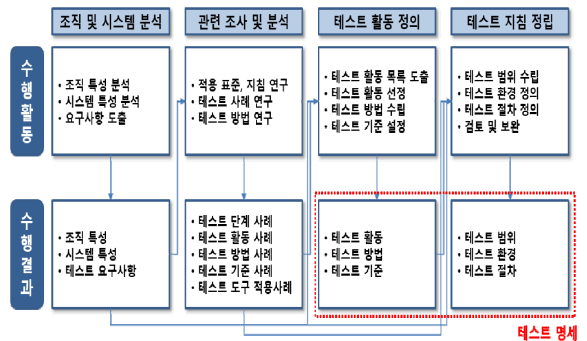


Fig. 1. Process for establishing organizational software test specification

3.1 조직 및 시스템 분석

개발 조직 및 시스템의 특성을 반영한 테스트 정책 및 전략을 수립하기 위해서는 우선 조직 및 시스템의 특성을 분석하고 테스트 관련 요구사항을 도출할 필요가 있다. 이 단계에서는 조직 특성 분석, 시스템 특성 분석, 요구사항 도출 활동을 수행하여 이후 단계의 기반 자료가 되는 우선순위가 부여된 조직의 테스트 요구사항을 도출한다. Fig. 2는 이 단계의 세부 활동과 이에 대한 입력 및 출력과의 관계를 보여주고 있으며, Table 2는 이 단계에서 수행되는 세부 활동과 각 세부 활동에서 수행되는 작업을 설명하고 있다.

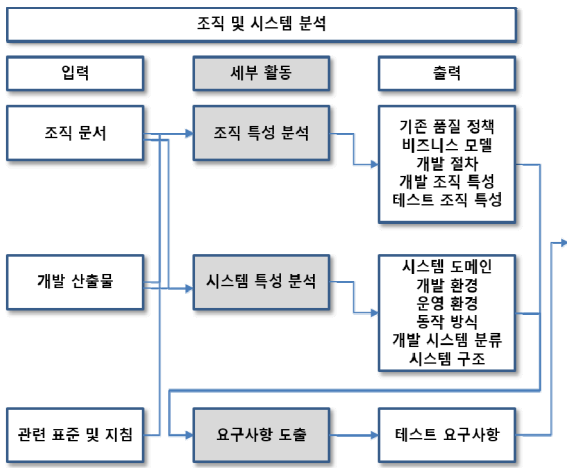


Fig. 2. Organization and system analysis phase

3.2 관련 조사 및 분석

조직의 테스트 정책 및 전략에서 가장 중요한 부분은 조직 및 시스템의 특성을 반영한 테스트 활동을 정의하는 것으로, 향후 구축될 테스트 프로세스는 테스트 활동을 기반으로 수행 시점과 역할 및 책임, 테스트 방법, 테스트 기준 등 다양한 항목으로 수립된다. 다양한 테스트 활동 및 기법 중 조직에 적합한 테스트 활동을 선정하기 위해 본 연구에서는 톱-다운(Top-Down) 방식의 접근법을 제안한다.

먼저 조직 및 시스템 분석 단계에서 도출한 테스트 요구사항을 기반으로 조직이 준수해야 하는 표준 및 지침을 연구하여 각 테스트 단계에 따라 수행해야 할 테스트 활동들을 도출한다. 다음으로 표준 및 지침에

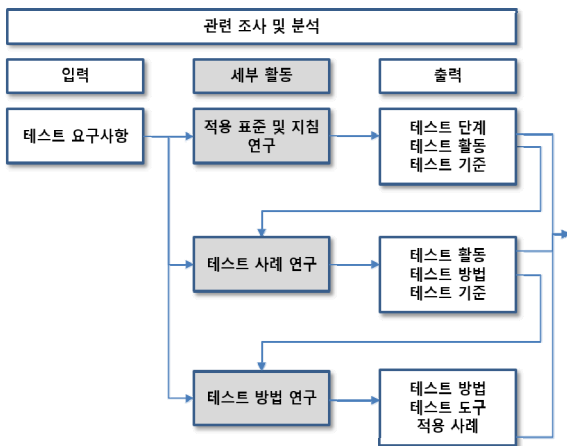


Fig. 3. Related research and analysis phase

Table 2. Activities in organization and system analysis phase

세부 활동	수행 작업	설명
조직 특성 분석	질문지 또는 체크 리스트 준비	출력에 해당하는 정보들이 도출될 수 있도록 질문지 또는 체크 리스트 작성
	자료 수집	관련 문서 입수, 인터뷰, 설문, 워크샵 등을 통해 필요 정보 수집
	자료 분석	조직의 품질 관점으로 수집된 정보를 분석하여 정리
시스템 특성 분석	질문지 또는 체크 리스트 준비	출력에 해당하는 정보들이 도출될 수 있도록 질문지 또는 체크 리스트 작성
	자료 수집	관련 문서 입수, 인터뷰, 설문, 워크샵 등을 통해 필요 정보 수집
	자료 분석	시스템의 기술 관점으로 수집된 정보를 분석하여 정리
요구사항 도출	현황 및 문제점 분석	조직 및 시스템 특성으로부터 테스트 및 품질 관점의 현황 및 문제점 분석
	요구사항 도출	테스트 절차 수립에 반영해야 할 기존 절차적 문제점, 기술적 특성, 만족해야 할 품질 특성, 테스트가 필요한 개발 단계, 준수해야 할 표준 및 지침, 그 외 문제점을 요구사항 형태로 정리 및 분류
	우선순위 할당	각 요구사항의 시급성 및 중요도, 품질 향상 효과, 비즈니스 요구 만족 정도 등을 파악하여 우선순위 할당

서 제시하지 않는 구체적인 테스트 방법이나 기준 등은 국내의 테스트 사례를 연구하여 파악한다. 끝으로 테스트 방법 연구를 통해 다양한 테스트 방법 및 도구를 분석하여 조직에 가장 적합한 테스트 활동을 정의하기 위한 기반 준비를 마친다. Fig. 3은 이 단계의 입력 및 출력과 세부 활동과의 관계를 보여준다. Table 3은 이 단계에서 수행되는 세부 활동과 각 세부 활동에서 수행되는 작업을 기술하고 있다.

Table 3. Activities in related research and analysis phase

세부 활동	수행 작업	설명
적용 표준 및 지침 연구	표준 및 지침 선정	테스트 요구사항에 조직이 준수해야 할 표준 및 지침이 있는지 확인, 없을 경우 기술적 특성과 관련 있는 표준 및 지침 선정, 추가적으로 범용적으로 적용 가능한 표준 및 지침을 추가하여 보완
	테스트 활동 식별	선정된 표준 및 지침들을 분석하여 각 테스트 단계에서 수행 가능한 테스트 활동 식별, 테스트 방법이나 기준이 설명되어 있을 경우 함께 정리
테스트 사례 연구	테스트 사례 선정	표준 및 지침을 통해 식별된 테스트 활동을 수행한 테스트 사례 중 시스템의 기술적 특성에 적용 가능한 사례 위주로 선정
	테스트 방법 파악	선정된 테스트 사례들로부터 각 테스트 활동을 수행한 구체적 방법, 사용된 테스트 도구 등을 파악하여 정리
	테스트 기준 파악	테스트 사례에서 각 테스트 활동에 적용한 테스트 기준 및 평가 방법 확인
	추가 테스트 활동 식별	표준 및 지침 연구에서 식별되지 않은 추가적인 테스트 활동 파악
테스트 방법 연구	테스트 방법 분석	각 테스트 방법으로부터 테스트 도구가 지원해야 하는 기능 및 조건 식별
	테스트 도구 조사	테스트 방법 별로 식별된 기능 및 조건을 지원하는 테스트 도구를 조사하여 특징 및 장단점 정리
	적용 사례 확인	각 테스트 도구를 적용하여 테스트 활동을 수행한 조직 및 테스트 사례 조사

3.3 테스트 활동 정의

관련 조사 및 분석에서 식별된 테스트 활동들은 조직의 테스트 조직 역량이나 투입 가능한 자원 상태 등을 바탕으로 효율적인 내재화를 위해 테스트 프로

세스에 적용할 범위를 한정하는 것이 중요하다. 조직의 현실을 무시하고 무리하게 어렵거나 많은 테스트 활동을 적용할 경우 오히려 안정적인 테스트 프로세스 정착을 어렵게 하고 시스템의 품질을 떨어뜨리는 결과를 초래할 수 있다. 이 단계에서는 조직의 특성 및 현황을 고려하여 적절한 테스트 활동 적용 범위를 선정한다. 우선 적용 범위에서 제외된 테스트 활동들은 추후 반영할 수 있도록 중장기적인 로드맵을 세운다. 또한 선정된 테스트 활동들을 수행하기 위한 효율적인 테스트 방법과 조직의 역량 및 요구되는 품질 수준에 맞는 테스트 기준을 수립한다. Fig. 4는 이 단계의 입력 및 출력과 세부 활동과의 관계를 보여주며, Table 4는 이 단계에서 수행되는 세부 활동과 각 세부 활동에서 수행되는 작업을 기술한다.

Table 4. Activities in test activity definition phase

세부 활동	수행 작업	설명
테스트 활동 목록 도출	테스트 단계 구분	조직의 개발 절차 및 표준 정의에 따라 테스트 단계를 구분
	테스트 활동 정리	식별된 테스트 활동 중 중복되거나 테스트 방법이나 기준이 불명확한 활동 제거
테스트 활동 선정	테스트 활동 평가	선정 기준을 적용하여 각 테스트 활동 평가 후 우선 순위 할당
	검토 및 선정	관련자들의 검토를 통해 우선 적용할 테스트 활동 선정
테스트 방법 수립	적용 로드맵 수립	선정되지 않은 나머지 테스트 활동에 대한 중장기 로드맵 수립
	테스트 기법 선정	조직의 테스트 역량을 고려한 기법 선정
테스트 기준 설정	테스트 도구 선정	사용 편의성, 가격, 지원 기능 고려 선정
	테스트 등급 수립	시스템 중요도, 사용 범위, 개발 규모, 그 외 시스템 특성을 고려한 3~5등급으로 구분된 테스트 등급
테스트 기준 설정	테스트 기준 설정	표준 및 지침, 테스트 사례, 시스템에 요구되는 성능 및 품질 정도를 고려한 각 테스트 활동 별 테스트 기준 설정

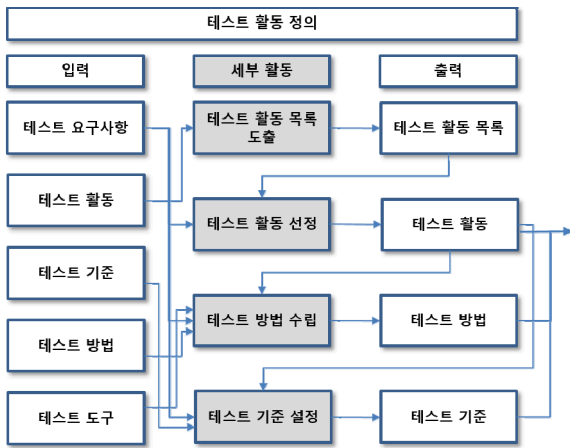


Fig. 4. Test activity definition phase

3.4 테스트 지침 정립

테스트 활동 및 테스트 방법, 기준 등이 결정되면 새로운 테스트 활동들이 기존 개발 및 테스트 업무에 잘 녹아들 수 있도록 적절한 테스트 범위 및 환경, 테스트 절차 등을 정리하는 작업이 필요하다. 어느 조직이나 명시적으로나 암묵적으로 수행되던 개발 및 테스트 절차가 있으며, 기존 조직의 관행을 무시하고는 성공적으로 테스트 프로세스를 정착시킬 수 없다. 테스트 지침 정립 단계에서는 Fig. 5와 같이 조직의 기존 관행 및 절차에 새롭게 선정된 테스트 활동들을 안정적으로 융화시키는 작업을 수행한다. 조직에 거부감 없이 테스트 활동을 수행하기 위해서는 우선 적절한 테스트 범위를 수립하여 대상 소프트웨어와 적용

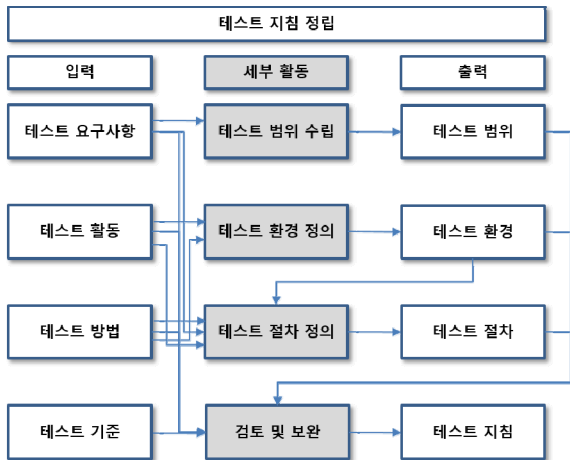


Fig. 5. Test guideline establishment phase

Table 5. Activities in test guideline establishment phase

세부 활동	수행 작업	설명
테스트 범위 수립	테스트 범위 항목 정의	테스트 범위 항목에 포함된 분류 정의. 예) 개발 언어, 개발 기법, 개발 단계
	항목 내용 정리	조직 내 각 항목에 해당되는 내용 정리
	적용 적합성 분석	각 항목의 테스트 적합성 분석
	적용 범위 결정	적합성 여부에 따라 적용 범위 결정
테스트 환경 정의	기존 개발 및 테스트 환경 분석	개발에 사용되는 개발 IDE, 기존 테스트 도구, 형상 관리 도구, 품질 관련 시스템 등을 분석
	테스트 도구 기능 분석	새롭게 도입하려는 테스트 도구별 제공 기능을 분석하여 기존 환경과의 연동 여부 확인
	자동화 방안 수립	기존 환경 및 신규 테스트 도구를 고려하여 자동화 방안 수립
테스트 절차 정의	기존 절차 분석	기존 절차 내 역할 및 책임, 수행 활동, 산출물 등 분석
	테스트 활동 분석	신규로 수행할 테스트 활동에 필요한 역할 및 책임, 수행 활동, 활동 결과 등 분석
	테스트 대상 항목 식별	테스트 활동을 수행할 조직 내 시스템과 테스트 대상이 되는 항목 식별
	테스트 도구 정의	각 테스트 활동에서 각 테스트 대상의 특성(개발 언어, 개발 IDE, 운영 환경 등)을 고려하여 사용할 테스트 도구 정의
검토 및 보완	절차 병합	기존 절차에 신규 테스트 활동에 필요한 역할 및 책임, 수행 활동, 산출물 등을 병합
	이해관계자 식별	새로운 테스트 지침에 연관되어 공유가 필요한 조직 내 모든 구성원 식별
	테스트 지침 공유	설명회, 문서 배포 등을 통해 테스트 지침 공유
	검토 및 보완	반복적인 이해관계자 검토 및 의견 수렴과 테스트 지침 보완 및 수정
테스트 지침 공표	추가적인 의견이 없을 경우 조직 내 테스트 지침 공표	

조직을 명확히 해야 한다. 다음으로 기존의 개발 및 테스트 환경을 고려하여 새로운 테스트 활동을 수행하기 위한 테스트 환경을 효율적으로 구성한다. 테스트 범위와 환경이 정리되면 기존의 개발 및 테스트 정책을 고려한 테스트 절차를 정의한다. 테스트 절차에는 조직의 이해관계자의 역할 및 책임과 산출물의 문서화 방안이 포함된다. 마지막으로 테스트 관련 정책들이 모두 정리되면 이해관계자들의 검토 및 보완을 거쳐 새로운 테스트 절차가 포함된 지침을 정립한다. Table 5는 이 단계에서 수행되는 세부 활동과 각 세부 활동에서 수행되는 작업을 설명한다.

3.5 ISO/IEC/IEEE 29119 연계 방안

2장에서는 관련연구를 통해 TMMi와 ISO/IEC/IEEE 29119를 분석하였다. 두 문헌의 공통적인 문제점은 구체적인 방법이 설명되어 있지 않아 실제 테스트 정책 및 전략, 구체적인 테스트 활동을 도출하는데 어려움이 있다. 본 연구에서 제시하는 내용은 조직 차원의 테스트 명세 개발을 구체화하는 방안으로 조직의 테스트 정책 및 전략을 수립하는 방안을 구체화하고 있다. 다만 TMMi의 경우 평가 및 개선을 위한 모델로서 프로세스 수립에는 적합하지 않기 때문에 본 연구의 내용과 직접적인 연계는 어렵다. ISO/IEC/IEEE 29119의 경우 조직의 테스트 프로세스 수립에는 적합하지만 테스트 관리 프로세스와 동적 테스트 프로세스의 기반이 되는 조직 테스트 프로세스에서의 테스트 명세 개발에 대한 구체적인 설명이 부족하다. 반면 본 연구에서 제시하는 방안은 조직의 테스트 명세 개발에 필요한 활동들을 구체적으로 제공하고 있어 현실적인 적용이 가능하다. ISO/IEC/IEEE 29119에서는 조직 테스트 프로세스에서 테스트 정책 및 전략을 포함한 조직의 테스트 명세 개발 활동에서 아래 4가지 작업만을 설명하고 있어 실제 적용에 많은 어려움이 있다.

- 조직의 테스트 명세에 대한 요구 사항을 관련 문서 분석, 워크샵, 인터뷰 등을 통해 조직 내의 현재 시험 관행이나 이해관계자로부터 식별
- 앞서 식별된 요구사항을 조직의 테스트 명세 작성에 사용
- 이해관계자들로부터 조직의 테스트 명세에 대한 승인 획득
- 조직의 테스트 명세의 유효성을 조직의 이해관계자에게 전달

실제 ISO/IEC/IEEE 29119를 참고하여 조직의 테스트 프로세스를 수립하려는 조직에게 위 설명만으로는 조직의 테스트 명세를 개발하기에 충분하지 않다. 반면 본 연구에서 제안하는 구체화 방안은 테스트 명세를 개발하기 위한 절차를 4단계로 제시하고, 구체적인 활동 및 활동의 입출력을 정의하였다. 본 연구 중심 목표는 조직의 테스트 정책 및 전략 수립 방안을 구체화하는 것으로 ISO/IEC/IEEE 29119의 조직 테스트 프로세스의 테스트 명세 사용 모니터링 및 제어나 명세 갱신과 같은 개선 활동은 포함하지 않는다. Fig. 6은 ISO/IEC/IEEE 29119와 본 연구의 내용을 연계한 테스트 프로세스 개념도를 보여준다. 본 연구에서는 조직의 테스트 명세 개발 방안을 구체화하고, ISO/IEC/IEEE 29119는 개발된 조직의 테스트 명세에 따라 하위의 테스트 관리와 동적 테스트 프로세스를 구축한다.

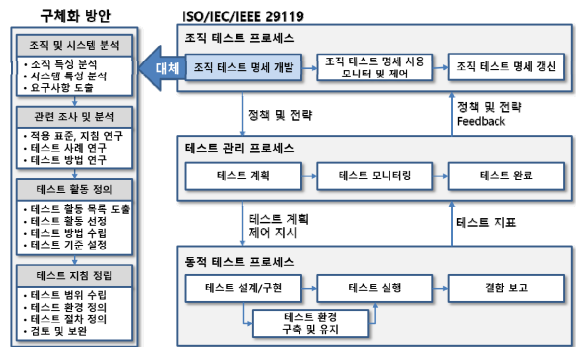


Fig. 6. Linkage between our method and ISO/IEC/IEEE 29119

4. 적용 사례

이 장에서는 테스트 정책 및 전략 수립 구체화 방안을 실제 조직 및 시스템에 적용하여 조직의 테스트 정책 및 전략을 수립한 적용 사례를 기술한다. 연구 내용을 적용한 조직은 국방부 산하 조직으로 각 군과 군 관련 기관에서 요구하는 정보시스템을 개발하고 운영 관리하는 기관이다. 국방 분야의 소프트웨어는 크게 무기체계 소프트웨어와 국방정보시스템으로 구분할 수 있는데, 무기체계 소프트웨어의 경우 방위사업청에서 발간한 ‘무기체계 소프트웨어 개발 및 관리 매뉴얼’^[12]에서 요구하는 신뢰성 테스트 지침에 따라

각 개발 조직이 테스트 활동을 수행하여 품질을 확보하고 있으나, 국방정보시스템은 개발 시 요구되는 특별한 테스트 활동이나 절차가 없는 상황이다. 국방정보시스템은 담당 국방 조직 내에서 개발 및 관리가 이루어지기 때문에 내부 품질 절차에 따라 테스트 및 평가를 수행한다. 하지만 기존의 품질 절차는 개괄적인 단위, 통합, 시스템, 인수 테스트 단계만을 정의하고 있으며, 정확한 테스트 활동과 기준을 제시하고 있지 않아 형식적이고 정성적인 테스트 및 평가가 이루어지고 있다. 이에 테스트 정책 및 전략 수립 구체화 방안을 적용하여 국방 조직과 국방정보시스템의 특성을 반영한 테스트 정책 및 전략을 수립함으로써 소프트웨어의 품질과 신뢰성을 향상시키고 본 연구에서 제시하는 방안의 타당성을 검증하고자 한다.

4.1 조직 및 시스템 분석

조직 및 시스템 분석에서는 국방 조직과 국방정보시스템의 특성을 분석하기 위해 관련 문헌과 담당자 인터뷰를 통해 자료를 수집하였다. 자료 수집을 위해 분석한 관련 문헌은 훈령, 지침서, 개발 산출물, 연구 보고서 등이 있으며, 이를 통해 조직의 기존 품질 정책, 개발 절차, 개발 및 테스트 조직 특성, 비즈니스 모델 등을 도출하였고, 국방정보시스템의 시스템 도메인, 개발 및 운영 환경, 동작 특성 및 시스템 구조 등을 분석하였다. 분석 결과 주요 조직 특성으로는 폭포수 개발 모델 사용, 외부 SI 업체의 상주 개발, 개발 품질 기준 업체 자율, 별도 테스트 조직 부재, 테스트 활동 및 객관적인 품질 기준 부재 등이 있으며, 주요

Table 6. Test requirements(partial)

ID	요구사항	우선 순위
TR-01	테스트 도구는 Java, JSP를 지원해야 한다.	상
TR-03	운영 환경에서 동작이 필요한 테스트 도구는 UNIX 환경을 지원해야 한다.	상
TR-06	테스트 활동은 조직의 테스트 역량을 고려하여 적용 난이도가 높지 않아야 한다.	상
TR-09	네트워크에 연결되어 사용되는 군 관련 체계임을 고려하여 보안성을 확보해야 한다.	상

시스템 특성으로는 웹 기반 정보 시스템, Java와 JSP 개발 언어 사용, 전자정부표준프레임워크 사용, 외부와 분리된 국방망 사용 등이 있다. 이러한 조직 및 시스템 특성으로부터 22개의 테스트 요구사항을 도출하고 테스트 프로세스 수립에 반영할 수 있도록 우선순위를 할당하였다. Table 6은 도출된 테스트 요구사항 중 일부를 보여준다. 여기서는 우선순위가 높은 요구사항을 주로 포함하였다.

4.2 관련 조사 및 분석

관련 조사 및 분석에서는 분석된 조직 및 시스템의 특성을 기반으로 톱-다운 방식의 접근법을 사용하여 표준 및 지침과 테스트 사례 등을 연구하였다. 먼저 대상 국방 조직이 준수해야 하는 법령 및 지침 9개를 식별하고, 식별된 법령 및 지침으로부터 테스트 활동을 도출하였다. 다음으로 국방정보시스템과 시스템 특성이 유사한 시스템들의 실제 테스트 사례 6건을 분석하여 테스트 활동과 테스트 방법, 테스트 도구, 테스트 기준 등을 도출하였다. 마지막으로 식별된 테스트 활동들을 수행하는 별도의 테스트 방법이나 테스트 도구에 대해 추가 조사를 수행하였다. Table 7은

Table 7. Test methods and criteria(partial)

테스트 활동	테스트 방법	테스트 기준	테스트 사례 표준 및 지침
코딩 규칙 테스트	자동화 도구를 사용하여 표준 및 지침에서 요구하는 코딩 규칙 준수 여부 확인	규칙 준수율 100 %	TTA, 무기체계, NIPA, IEEE 1012, ISO 25000 등
단위 테스트	소프트웨어를 가장 작은 구성단위(함수, 메소드)로 구분하여 각 구성 요소의 기능이 정상적으로 동작하는지 확인	Test Case 100 % Pass	MS, NHN, KEPRI, NIPA, IEEE 1012
기능 테스트	통합된 소프트웨어가 기능 요구사항을 만족하는지 직접 동작을 통해 확인	기능 요구사항 100 %	TTA, 무기체계, NIPA, IEEE 1012, ISO 25000 등

도출된 테스트 활동, 테스트 방법, 테스트 기준 등의 내용 중 일부를 정리한 것이다. 테스트 기준 중 규칙 준수율 100 %는 소프트웨어 개발 중 적용한 코딩 표준 규칙을 위배한 코드가 없을 경우 달성할 수 있으며, 이는 해당 소프트웨어가 관련 표준에서 요구하는 코딩 규칙을 완전히 준수하였음을 의미한다. 단위 테스트에서 Test Case 100 % Pass는 소프트웨어의 모든 구성단위(함수, 메소드)가 개발자가 의도한 기능대로 동작하도록 구현되었음을 의미하는 것으로 소프트웨어의 상세 설계를 정확히 반영하였을 때 달성 가능하다. 또한 기능 테스트를 통해 소프트웨어에 요구되는 기능을 완전히 만족함을 보임으로서 사용자가 원하는 소프트웨어가 구현되었음을 증명하는 것이 중요하기 때문에 기능 요구사항은 100 % 만족해야하는 것으로 기준을 정하였다.

4.3 테스트 활동 정의

테스트 활동 정의에서는 이전 단계에서 연구된 테스트 활동 및 테스트 방법, 테스트 도구 정보를 기반으로 테스트 활동 목록을 도출하고, 테스트 활동 선정 기준을 수립하여 식별된 테스트 활동을 평가하였다. 이후 관련자들과 평가 결과를 검토하여 우선적으로 적용할 테스트 활동 7개를 선정하고, 우선순위가 낮은

나머지 테스트 활동에 대해 적용 로드맵을 수립하였다. 다음으로 선정된 테스트 활동을 기반으로 조직의 역량과 시스템의 기술적 특성을 고려하여 테스트 방법을 수립하였다. 마지막으로 표준 및 지침, 테스트 사례, 조직의 테스트 역량 등을 고려하여 테스트 활동의 적용 및 기준을 달리할 수 있도록 소프트웨어 테스트 등급을 수립하고 테스트 활동 별 등급에 따른 테스트 기준을 설정하였다. Table 8은 설정된 테스트 기준을 보여준다.

4.4 테스트 지침 정립

테스트 지침 정립에서는 앞의 단계를 통해 선정된 테스트 활동이 기존 개발 및 운영 절차에 거부감 없이 적용될 수 있도록 테스트 범위를 수립하고, 테스트 환경과 테스트 절차를 정의하였다. 선정된 테스트 활동 및 기준을 해당 국방 조직에서 개발 및 관리되는 모든 시스템에 적용하는 것은 불가능하므로 구체적인 적용 범위를 수립하여 새롭게 적용될 테스트 활동의 대상을 명확히 하였다. 다음으로 새로운 테스트 활동을 수행하기 위한 테스트 환경을 정의하였다. 테스트 환경을 정의하기 위해 기존 개발 및 테스트 환경과 각 테스트 활동에 사용될 테스트 도구의 기능을 분석하여 자동화 방안을 수립하였다. Fig. 7은 정의된 테스트 환경의 구성도를 보여준다. 계속해서, 테스트 절차 정의 활동에서는 새로운 테스트 활동을 체계적으로 수행하기 위해 기존 개발 및 운영 절차에 각 테스트 활동을 위해 수행해야하는 작업들을 단계별로 구분하여 정리하고 각 작업들을 수행하는 주체의 역할 및 책임을 정의하였다. 이렇게 정의된 테스트 절차는 Fig. 8과 같다. 마지막으로 앞의 활동들을 통해 정의된 테스트 활동과 테스트 기준, 테스트 범위, 테스트 환경, 테스트 절차를 이해관계자들과 공유하고 시행에 문제점이 없는지 검토하는 활동을 수행하였다.

Table 8. Test criteria

테스트활동	평가 기준	완료기준(%)		
		상	중	하
코딩 규칙 테스트	규칙 준수율	100	100	100
보안 규칙 테스트		100	100	100
취약점 점검		100	100	100
소스 코드 메트릭 점검	복잡도 준수율	95	90	-
	중복도 준수율	95	90	-
	라인수 준수율	95	90	-
단위 테스트	테스트 성공율	100	100	-
기능 테스트		100	100	100
구조적 커버리지 측정(단위 테스트)	문장 커버리지	70	60	-
구조적 커버리지 측정(기능 테스트)		80	70	60

5. 테스트 정책 및 전략 수립 구체화 방안 평가

2장에서 살펴본 바와 같이 기존의 테스트 프로세스와 관련한 연구들은 몇 가지 문제점이 있었다. 이 장에서는 본 연구를 통해 제시한 테스트 정책 및 전략 수립 구체화 방안이 이러한 문제점을 적절히 해결하고 있는지 평가한다.

평가에 앞서 Table 1의 각 장단점 항목을 살펴보면,

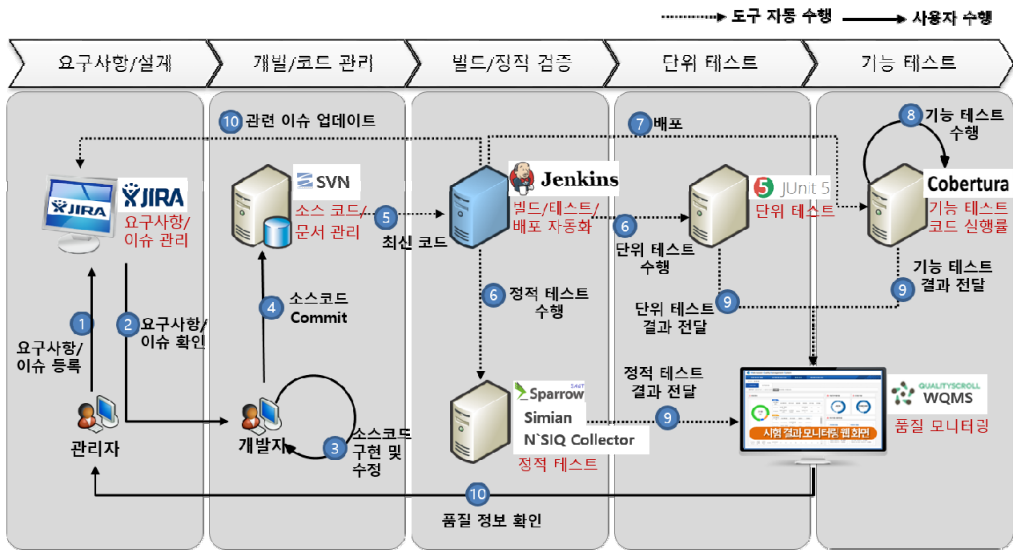


Fig. 7. Defined test environment(example)

사업 단계	사업관리기관	공급자(용역업체)	관련 산출물
사업 계획 수립	품질 테스트 방침 수립		사업계획서 제안요청서
사업 발주	사업계획서, 제안요청서 작성	품질 테스트 계획 수립	사업 제안서
	품질 테스트 계획 검토 보완사항 추가	제안서 작성	
사업 착수	업체 선정 및 계약 추진	품질테스트 세부계획수립	사업수행계획서 요구사항 정의서 테스트 계획서
요구사항 분석 및 설계	품질테스트 세부계획검토	사업수행계획서, 요구사항 정의서, 테스트 계획서 작성	
구현	품질 테스트 결과 검토	품질테스트 수행	시스템 통합 테스트 기술서
테스트 평가	테스트 평가 계획 수립	시정조치 지시	테스트 평가 계획서
	테스트 평가(품질 테스트 포함) 수행		
운영 및 유지보수	운영 및 유지보수	개발 완료	
	형상변경시	품질 테스트 재수행	

Fig. 8. Defined test process(example)

먼저 프로세스 수립 항목은 본 연구의 목적에 부합하므로 이에 대한 단점 보완은 적합하다고 할 수 있다. 평가 및 개선 항목은 기존의 연구들에 특별한 문제점이 없기 때문에 본 연구를 통해 보완할 내용이 없다. 적용 사례 및 근거 항목의 경우 본 연구에서는 4장의 적용 사례를 제시함으로써 제안 내용의 실제 적용 사례

부재의 문제를 해결하였다. 마지막으로 기존 모델 분석의 문제점은 본 연구의 내용이 조직의 테스트 명세 수립에 중점을 둔 내용이므로 개선과 평가를 구체화하는 부분을 보완하기에는 적합하지 않기 때문에 별도로 평가하지 않는다.

프로세스 수립 항목의 첫 번째 문제점은 기존 연구

들은 테스트 정책 및 전략 수립에 필요한 구체적인 방안이 미흡한 것이었다. 본 연구에서는 구체화 방안을 크게 4단계의 활동으로 구분하고, 각 활동을 3-4개의 세부 활동으로 구성하였다. 각 활동은 다시 3-4개의 작업으로 구분하여 총 41개의 작업을 제시하였다. 구체화 방안은 크게 4개의 단계로 구분하였는데 각 단계는 조직이 테스트 정책 및 전략을 수립하는데 있어 요구되는 목표를 기반으로 구분하였다. 첫 번째 단계인 조직 및 시스템 분석 단계는 테스트 정책 및 전략 수립 요구사항을 도출하는 목표를 가진다. 적용 사례를 보면 19개의 조직 특성과 18개의 시스템 특성을 반영하여 22개의 테스트 요구사항을 도출하였다. 두 번째 단계인 관련 조사 및 분석은 테스트 정책 및 전략 수립 요구사항을 만족하는 기존 사례를 통해 손쉽게 테스트 활동 및 기준 등의 사례를 도출하는 목표를 가진다. 적용 사례에서는 9개의 기존 사례를 기반으로 10개의 테스트 활동 사례를 도출하였고 각각의 기준을 정리하였다. 세 번째 단계인 테스트 활동 정의에서는 앞서 도출된 테스트 활동 사례 중 조직 및 시스템 특성을 반영하여 조직에 적용할 활동을 선정하고 기준을 수립하는 목표를 가진다. 적용 사례에서는 우선순위 평가를 통해 7개의 테스트 활동을 선정하고 각 활동의 기준을 조직 현황을 반영하여 수립하였다. 네 번째 단계인 테스트 지침 정립 단계에서는 선정된 테스트 활동을 수행하기 위한 역할 및 책임, 시험 환경, 절차 등을 정의하고 조직의 테스트 명세를 정립하였다.

다음으로 테스트 활동 도출 방안 및 테스트 기준 수립 절차가 누락된 문제는 본 연구에서는 2단계에서 4단계까지의 활동을 통해 이 문제를 해결한다. 2단계 활동에서는 관련 문헌 및 테스트 사례를 분석하여 조직 및 시스템 특성과 관련된 테스트 활동 및 방법, 기준 등을 식별한다. 3단계에서는 식별된 테스트 활동을 우선순위 평가를 통해 선정하고 그에 따른 방법 및 기준을 수립한다. 4단계에서는 선정된 테스트 활동을 기반으로 테스트 범위 및 환경, 절차 등을 정의한다. 본 연구에서 제안하는 내용에서도 특정 테스트 활동이나 방법, 기준 등을 제시하지는 않지만, 구체적인 세부 활동을 통해 이러한 것들을 도출하는 방안을 제시하여 문제를 해결하고 있다.

마지막으로 테스트 정책 및 전략 수립 목적에 부적절한 문제는 본 연구에서 제시하는 구체화 방안을 통해 조직은 개발 조직 및 시스템 특성이 반영된 조직 전체에 적용 가능한 테스트 정책 및 전략 수립을 통

해 해결 가능하다. 본 연구에서 제시하는 단계에 따라 조직은 테스트 범위, 절차, 환경, 활동, 방법, 기준, 역할 및 책임, 산출물 등을 도출할 수 있으며, 이는 ISO/IEC/IEEE 29119에서 요구하는 조직의 테스트 정책 및 전략의 항목을 대부분 만족한다. 3.5절에 제시한 바와 같이 구체화 방안을 통해 정의된 테스트 정책 및 전략은 ISO/IEC/IEEE 29119와 연계하여 프로젝트 차원의 테스트 계획 수립과 하위 테스트 프로세스의 테스트 환경 구축 및 실행에 필요한 프로세스를 수립하도록 돕는다. 이를 통해 조직은 조직의 현황과 시스템의 특성을 적절히 반영한 테스트 프로세스 수립이 가능하다.

6. 결론

본 논문에서는 조직 및 시스템의 특성을 반영한 테스트 정책 및 전략을 수립하기 위한 구체적인 방안을 제안하였다. 또한 이러한 방안을 실제 조직에 적용하여 조직의 테스트 명세를 수립함으로써 제안 방안이 현실적으로 적용 가능하며, 효과적으로 테스트 정책 및 전략을 수립할 수 있음을 확인하였다. 결과적으로 조직은 이러한 방안을 적용함으로써 테스트 정책 및 전략 수립에 필요한 활동을 어려움 없이 수행할 수 있고, 연구에서 제시하는 활동을 통해 조직 및 시스템의 특성을 반영한 테스트 정책 및 전략 수립이 가능하게 된다.

향후에는 연구 내용을 적용하여 조직 및 시스템의 특성을 반영한 테스트 정책 및 전략을 수립하는 것뿐만 아니라 구체화 방안을 통해 수립된 테스트 정책 및 전략이 실제 테스트 요구사항을 얼마나 효과적으로 만족시키는지 확인할 계획이다. 또한 방안을 적용해 구축된 테스트 프로세스를 통해 소프트웨어의 품질 및 신뢰성 향상 효과가 어느 정도인지 확인하여 연구 내용의 산출물인 테스트 정책 및 전략의 효과성을 확인할 계획이다.

References

- [1] J. W. Jang, "A Study on the Development of Efficient Test Process through the Quality Maturity Analysis of Enterprise Software," Ph.D Thesis,

- Konkuk University, 2013.
- [2] D. H. Park, H. Y. Ryu, and J. S. Kim, "Test Process Improvement by Cost of Quality Model in Defense Software Development," Proc. of Korea Computer Congress 2007, Vol. 34, No. 1(B), pp. 74-79, 2007.
- [3] H. J. Yoon and B. J. Choi, "Tailoring Test Process by using Component-Based Development Paradigm," Journal of KISS : Software and Applications, Vol. 27, No. 12, pp. 1163-1173, 2000.
- [4] TMMi Foundation, Test Maturity Model Integration Release 1.0, 2012.
- [5] ISO/IEC/IEEE 29119-1, "Software and Systems Engineering-Software Testing-Part 1: Concepts and Definitions," 2013.
- [6] ISO/IEC/IEEE 29119-2, "Software and Systems Engineering-Software Testing-Part 2: Test Processes," 2013.
- [7] ISO/IEC/IEEE 29119-3, "Software and Systems Engineering-Software Testing-Part 3: Test Documentation," 2013.
- [8] A. Rodrigues, A. B. Albuquerque, and P. R. Pinheiro, "Barriers to Implement Test Process in Small-Sized Companies," Organizational, Business, and Technological Aspects of the Knowledge Society, pp. 233-242, 2010.
- [9] W. Afzal, S. Alone, K. Glocksien, and R. Torkar, "Software Test Process Improvement Approaches: A Systematic Literature Review and an Industrial Case Study," The Journal of Systems and Software, Vol. 111, pp. 1-33, 2016.
- [10] B. K. Park, W. S. Jang, K. D. Kim, and Y. C. Kim, "A Simplified Test Maturity Model(stMM) for Small and Midsize Test Organization," Journal of KIISE, Vol. 45, No. 6, pp. 522-532, 2018.
- [11] J. Y. Jung, "A Study on Software Test Process Establishment Methodology Considering Development Organization and System Characteristics," M.S. Thesis, Chungnam National University, 2018.
- [12] Defense Acquisition Program Administration Manual 2017-8, "Development and Management Manual of Weapon System Software," 2017.