

전력구 순시점검 로봇 운용시스템 테스트케이스 설계

최민희*, 김석태*, 조미연*, 이선희*, 홍자영**
한국전력공사 전력연구원*, 부산대학교**

Design of the Software Test Case for the Operation System of the Electric Power Tunnel Equipment Inspection Robot

Min-Hee Choi*, Seok-Tae Kim*, Mi-Yeon Cho*, Seon-Hee Lee*, Ja-Yeong Hong**
KEPCO Research Institute*, Pusan National University**

Abstract - 본 논문은 터널식 전력구 구조물과 전력 설비를 점검하는 순시로봇의 운용시스템 소프트웨어 개발에 있어서 테스트를 위한 테스트케이스 설계에 대하여 기술한다.

1. 서 론

한국전력공사 전력연구원에서는 “터널식 전력구 순시로봇 운용시스템 및 진단기술 개발” 과제를 2020년부터 2022년까지 진행 중에 있다[1]. 본 과제는 터널식 전력구에 설치된 지중 송전설비와 토목구조물의 상태를 자동으로 진단하는 순시로봇을 효율적으로 모니터링·관제하기 위한 로봇운용 소프트웨어 기술 개발을 목표로 추진 중이다. 본 논문에서는 로봇운용 소프트웨어 품질 향상을 위해 진행되는 소프트웨어 시험의 첫 단계인 소프트웨어 테스트케이스 설계에 대하여 수행 과정과 사례를 설명한다.

2. 본 론

2.1 관련 연구

[2]에서는 로봇 제어를 위한 프로그램의 개발 및 관리의 복잡성과 어려움으로 인하여 다음 표1과 같은 로봇 소프트웨어 공학 도구가 요구된다고 하였으며, 이러한 요구사항의 충족을 위하여 SEED 라는 구조를 제안하고 개발하였다.

<표 1> 웹기반 로봇 소프트웨어 공학도구 요구사항

순번	소프트웨어 시험을 위한 공학도구 요구사항
1	- 로봇 소프트웨어가 특정 하드웨어나 플랫폼에 의존적이지 않도록 해야 한다. 따라서 운영체제 및 개발 환경에 관계없는 업무 수행 환경을 제공하고 다자간 협업 및 통합 환경을 제공해야 한다.
2	- 소프트웨어 개발 과정에서 산출되는 문서에 대한 관리를 지원함으로써 프로젝트 전체의 이력을 확인하고 관리할 수 있어야 한다.
3	- 프로젝트의 각 단계(요구사항 분석, 설계 구현)에 적합한 테스트 방법을 선정하여 자동으로 테스트 케이스와 데이터를 도출하고 수행할 수 있어야 한다.
4	- 소프트웨어 개발 전 과정에 대하여 추적성(연관된 요소 추적)을 제공해야 한다.

[3]에서는 ROBO-SPECT라는 도로의 터널을 검사하고 수리하는 목적의 카메라, 로봇암, 크레인, 비전시스템 등을 탑재한 자율주행 로봇을 개발하였다. ROBO_SPECT 시스템은 다음과 같은 3단계의 테스트 과정을 거쳤다. “① 시뮬레이션 환경에서의 테스트, ② 실험실 환경에서의 테스트, ③ 실제 도로가 있는 터널에서의 테스트” 과정으로, 이러한 과정을 통해 시스템의 모든 구성 요소를 포함하여 선택된 검증 시나리오에 따라 테스트를 진행하고, 실제 작업 수행시간 및 정확도 등을 테스트 하였다.

[4]에서는 로봇의 안정성을 비롯한 여러 측면에서 시스템의 테스트가 중요하다고 하였다. 로봇 시스템은 하드웨어 및 물리적 요소들로 구성되어 있고, 현실 세계와 상호작용하며, 타이밍 차이(Timing Differences)에 민감하다는 특징을 가지므로 일반

적인 소프트웨어와의 차이점을 보이고 있으며, 로봇 시스템 테스트를 진행할 때에는 기존의 소프트웨어 테스트 기법과는 다른 접근이 필요하다고 한다. [4]에서는 11개의 로봇 회사 및 기관의 12명의 실무자들을 대상으로 로봇 테스트의 관행과 해결해야 할 과제들에 대하여 인터뷰한 내용을 바탕으로 12개의 로봇 시스템 테스트 관행과 9개의 해결해야 할 고려사항과 3가지의 도전과제로 분류하여 다루었다.

● 12개의 관행

- ① Field Testing : 적용 환경과 비슷한 실제 환경에서 전체 시스템 테스트함
- ② Logging and playback : 로그로 실제 환경에서 얻어진 데이터를 출력해서 테스트, 디버그, 개발 목적으로 활용함
- ③ Simulation Testing : 시뮬레이션 방식으로 테스트함
- ④ Plan-based testing : 시스템이 고정된 테스트 예산(예: 시간, 하드웨어, 비용)이 주어진 요건을 충족하는지 검증하기 위한 현장 시험의 적절한 순서를 계획함
- ⑤ Compliance testing : 시스템이 어떠한 특정 기준과 부합하는지 확인하는 방식으로 테스트함
- ⑥ Unit Testing : 코드 레벨에서의 작은 단위 기준으로 테스트함
- ⑦ Performance testing : 기능적, 비기능적 요건을 충족하는지 테스트함
- ⑧ Hardware testing : 소프트웨어와 통합 전에 하드웨어가 제대로 작동하는지 확인함
- ⑨ Robustness testing : 센서고장 등을 가정하는 등으로 시스템을 극한 조건에서 테스트함
- ⑩ Regression testing : 새로 추가된 기능이 기존 기능에 원하지 않는 영향을 미치지 않는지 테스트함
- ⑪ Continuous integration : 시스템을 지속적으로 자동으로 재구축하고 변경 시 테스트의 일부(예: 장치 테스트)를 실행하여 테스트함
- ⑫ Test maintenance : 리팩토링과 유지보수 테스트함

● 9개의 고려사항

- ① Unpredictable corner cases : 로봇은 실제 세계의 여러 다양한 환경에서 동작하므로, 케이스의 경우의 수가 무한에 가깝다.
- ② Engineering complexity : 시스템이 복잡하기 때문에, 이를 테스트하기 위해서는 테스트 대상의 모든 부분들을 준비하거나 테스트 케이스를 생성하는 것이 어렵다.
- ③ Culture of testing : 관행적으로 로봇 시장에 빨리 출시하려는 분위기 때문에 여러 특징들이 과대 평가되는 경우가 발생한다.
- ④ Coordination, collaboration, and documentation : 로봇 개발 및 테스트는 보통 한 군데에서 수행되는 것이 아니라 여러 팀에서 수행되고, 이를 통합하는 데에 어려움이 있다.
- ⑤ Cost and resources : 모든 테스트 케이스를 다 수행하기에는 비용과 자원의 문제가 발생하므로 테스트 케이스를 줄이고 우선순위를 정하는 등으로 해결해야 한다.
- ⑥ Environmental complexity : 로봇 시스템은 환경의 영향을 많이 받고, 어떠한 물리적 특성에 따라 행위가 크게 좌우될 수 있으므로 이를 고려해야 한다.

- ⑦ Lack of oracle : 로봇 시스템의 기계적 특성 때문에 어떠한 시스템 행동이 옳은지 아닌지 구분하기 어려움을 고려해야 한다.
- ⑧ Software and hardware integration : ‘로봇’은 소프트웨어 요소와 하드웨어 요소가 결합 되어있기 때문에 이를 테스트하기 까다롭다.
- ⑨ Distrust of simulation : 시뮬레이션을 이용한 테스트 기법에 대한 신뢰도가 낮다.

● 3가지 도전과제

- ① Real-world complexities : 로봇 시스템은 현실 세계와 상호 작용한다는 점이 기존의 소프트웨어와는 가장 큰 차이점이라고 할 수 있다. 이러한 복잡성을 간단하게 하기 위한 것이 시뮬레이션 테스트 방식이다. 하지만, 이 방식은 현실세계 환경에서의 복잡성을 추상화시키기 때문에, 정확한 결과를 낼 수 없다는 문제점을 가지고 있다.
- ② Community and standard : 로봇 시스템의 테스트를 어렵게 하는 요소는 기술적인 부분 뿐 아니라 커뮤니티와 기준들이기도 하다. 로봇 커뮤니티에는 다양한 배경의 사람들이 있고, 따라서 각자의 배경 지식과 기준에 따라서 테스트를 할 수 있다는 점이다. 로봇 산업이 비교적 새로운 분야이기 때문에 가이드라인이 부족하며, 분야의 많은 실무자들이 소프트웨어 테스트 기법들에 익숙하지 않다. 또한 자율주행 자동차 같은 하위 분야의 가이드라인은 존재 하는 데에 비해, 일반적인 로봇 시스템 테스트에 대한 가이드라인의 부재가 테스트를 어렵게 한다.
- ③ Component integration : 소프트웨어 시스템과 하드웨어를 결합하여 테스트 하는 것은 (타이밍, 전력 소비, 메모리 등의 이유로)쉽지 않다. 또한 로봇은 물리적 방면으로도 확장 가능한 플랫폼 형태를 띠고 있기 때문에, 추후에 부품이 더 추가되거나 제거 될 수 있다.

2.2 터널식 전력구 로봇 운용 시스템 테스트케이스 설계

고품질의 높은 로봇 운용 시스템을 만들기 위하여 본 과제의 소프트웨어 개발과정에서도 테스트케이스를 설계하고 소프트웨어의 기능성, 신뢰성, 사용성, 효율성, 유지보수성, 이식성과 같은 소프트웨어 품질을 확보하고자 하였다. 테스트케이스는 테스트케이스 목록과 상세정의로 구성된다. 본 논문에서는 기능적 테스트케이스(Functional Test Case)의 사례를 설명한다. 테스트케이스 목록은 <그림 1>과 같은 방식으로 정의되며 본 시스템을 위해 493개의 테스트케이스를 도출하였다. 테스트케이스 목록은 <그림 1>에서 보이는 바와 같이 요구사항과의 관련성을 확인하기 위하여 ‘요구사항 ID’를 포함하며, 테스트케이스를 구분하기 위한 “테스트케이스 ID”, “시험 개요”, 정상, 비정상, 비대상 시험을 구분하기 위한 “시험 구분”, 시험 단계를 관리하기 위한 “레벨”, 그리고 최종 시험 결과 관리를 위한 “판정” 항목으로 구성된다.

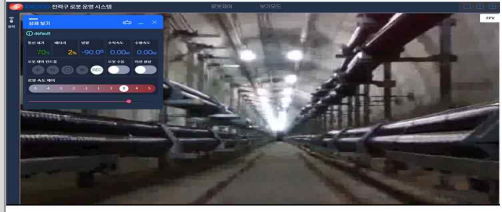
3. 테스트케이스 목록

* 시험 구분: 정상 동작시험(정상), 비정상 동작 시험(비정상),비대상

요구사항 ID	테스트케이스 ID	시험 개요	시험 구분	레벨		판정
				통합	시스템	
REQ.A.001	TC.F.001	모바일 베이스 자체 정보 연계	정상	0	0	pass
REQ.A.002	TC.F.002	모바일 베이스 위치 정보 연계				
REQ.A.003	TC.F.003	모바일 베이스 카메라 정보 연계				

<그림 1> 로봇 운용시스템 테스트케이스 목록 사례

각각의 테스트케이스는 상세 정의의 과정을 통해 테스트 담당자가 이해하고 실제 테스트를 수행하고, 그 결과를 기록할 수 있는 형태로 구성된다. <그림 2>에서 테스트케이스 상세 정의의 사례를 보여준다. <그림 2>에서 보이는 바와 같이 테스트케이스 상세정의는 “테스트케이스 ID”, “테스트 레벨”, “테스트 유형”, “시험 구분”, “시험자/시험일자”, “테스트 내용”, “테스트 방법/절차”, “요구사항 ID”, “입력값(기대값, 출력값)”, “결합조치내역”, “기타”로 구성되어 체계적인 시험이 가능하도록 구성된다.

테스트케이스 ID	TC.F.081	테스트 레벨	●통합 ●시스템
테스트 유형	기능	테스트 구분	정상
시험일자	OOO	시험일자	2022. 09. 09
테스트내용	모바일 베이스 실시간 영상 정보 입력 - Mavlink로 연결된 모바일베이스의 FPV 영상을 실시간 입력 할 수 있는지 테스트한다.		
테스트 방법/절차	1. 제어시스템에 접속한다. 2. admin/admin을 입력하여 로그인한다. 3. 관제화면의 오른쪽 사이트 메뉴에서 “장비”를 선택한다. 4. 장비 목록에서 “Connected”로 표시된 모바일베이스 중 한 개를 선택한다. 5. 선택된 모바일베이스 관제화면에서 FPV 영상을 선택한다.		
해당 요구사항 ID	REQ.A.081	입력값	정상
합격기준	연결된 모바일베이스의 FPV 영상이 수신되어 관제화면에 표시	기대결과	정상
결합조치내역	없음	실제결과	정상
검합조치내역	없음	심각도	판정 pass
기타			

<그림 2> 로봇 운용시스템 테스트케이스 상세 정의의 사례

3. 결 론

본 논문에서는 한국전력공사에서 수행 중인 “터널식 전력구 순시로봇 운용시스템 및 진단기술 개발” 과제의 로봇 운용시스템의 품질 확보를 위한 테스트케이스 설계 목표와 설계 사례를 기술하였다.

[참고 문헌]

[1] 왕세래, and 최민희. “터널식 전력구 순시로봇 운영시스템 설계.” 대한전기학회 학술대회 논문집 (2020): 1727-1728.
 [2] 홍창호, and 박홍성. “웹 기반 로봇 소프트웨어 공학 도구 설계 및 구현.” 제어로봇시스템학회 국내학술대회 논문집 (2011): 29-34.
 [3] Menendez, E., et al. “Autonomous robotic system with tunnel inspection tool positioning.” ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction. Vol. 34. IAARC Publications, 2017.
 [4] Afzal, Afsoon, et al. “A study on challenges of testing robotic systems.” 2020 IEEE 13th International Conference on Software Testing, Validation and Verification (ICST). IEEE, 2020.