

# 임베디드 소프트웨어 테스트를 위한 가상 환경 관리자의 디자인 및 구현

김범모\*    백창현\*    장준순\*\*    정기현\*\*\*    최경희\*    박승규\*

\* 아주대학교 정보통신전문대학원  
\*\* 아주대학교 공과대학 산업시스템공학부  
\*\*\* 아주대학교 공과대학 전자공학부

## A Design and Implementation of Virtual Environment Operator for the Embedded Software Test

Beommo Kim\*, Changhyun Baek\*\*, Joongsoon Jang\*\*  
Gihyun Jung\*\*\*, Kyunghee Choi\*, Seungkyu Park\*

E-Mail:{masque, labmedia, jsjang, khchung, khchoi, sparky}@ajou.ac.kr

### 요 약

임베디드 소프트웨어의 품질 향상을 위해 소프트웨어에 대한 테스트가 필요하다. 이때 임베디드 소프트웨어가 가진 다양한 제약성을 고려해야 하며, 이를 위해 시스템 수준에서의 테스트를 수행하는 것이 가장 적합하다고 할 수 있다. 시스템 테스트에서는 SUT(System Under Test)의 하드웨어 구성에 따라 센서, 스위치, 액추에이터 등이 시스템과 연결되어 작동하여야 한다. 특히 온도센서나 습도센서 등과 같이 외부의 환경정보를 시스템의 입력으로 사용하는 임베디드 시스템을 테스트하기 위해서는 테스트 자동화 도구 내부에 환경을 관리하고, 정해진 환경 시나리오에 따라 시스템에 입력을 주는 모듈이 요구된다. 본 논문에서는 임베디드 시스템에 구성되어 있는 센서의 기능을 대신하는 가상 환경 관리자(Virtual Environment Operator)를 설계하고 구현하였다. 구현된 가상 환경 관리자의 도입으로 테스트 스크립트의 간결화와 현실 세계를 반영하는 다양한 테스트가 가능한 테스트 환경을 구축하였다.

### 1. 서 론

최근 임베디드 소프트웨어 산업은 기술 개발과 시장 경쟁에 의해 빠르게 변화하고 있다. 또한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서의 다양한 시스템 요구로 인해 임베디드 시스템의 기능이 복잡해지고, 이로 인해 소프트웨어 또한 복잡한 형태를 가지게 되었다. 이에 점차 복잡해져가는 임베디드 소프트웨어의 신뢰성 확보를 위해 임베디드 소프트웨어 테스트의 중요성이 부각되고 있다.[1]

일반적으로 시행하는 매뉴얼 테스트의 경우 시간 비용과 낮은 신뢰성 등과 같은 제약을 가지고 있기 때문에 테스트 자동화 도구를 이용한 자동화된 테스트(Automated Test)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.[2]

본 논문에서는 환경 정보 수집을 위해 시스템 내에 센서를 포함하고 있는 임베디드 소프트웨어를 테스트 자동화 도구를 이용해 테스트하기 위해 가상 환경 관리자를 설계하고 구현하였다. 2절에서는 테스트 자동화에 관하여 기술하였고, 3절에서는 가상 환경 관리자를 도입한

테스트 자동화 도구에 관하여 설명하였다. 4절에서는 가상환경 관리자의 구조와 기능을 기술하고, 마지막으로 가상환경관리자를 이용한 테스트 결과와 효과에 대해 기술하였다.

### 2. 테스트 자동화 효과

소프트웨어 테스트란 소프트웨어가 가지는 결함을 찾아내고자 수행하는 일련의 작업들을 말한다. 빠르고 정확한 테스트를 위해서는 테스트의 자동화가 필수적이다. 테스트를 자동화하는데 있어서의 장점은 다음과 같다.

과거에 수행한 테스트를 새로운 버전의 프로그램에 동일하게 적용하려 할 때, 기존의 테스트를 수정함으로써 손쉽게 새로운 프로그램에 대한 회귀테스트(Regression Test)를 수행할 수 있다.

또한 매뉴얼 테스트에 비해 단위 시간당 보다 많은 테스트를 수행할 수 있다. 여러 번의 테스트 수행으로 테스트가 가지는 오차의 확률을 줄이고, 다양한 테스트 수행함으로써 높은 테스트 신뢰도를 기대할 수 있다.

이 밖에도 소프트웨어 테스트를 자동화함으로써 자동

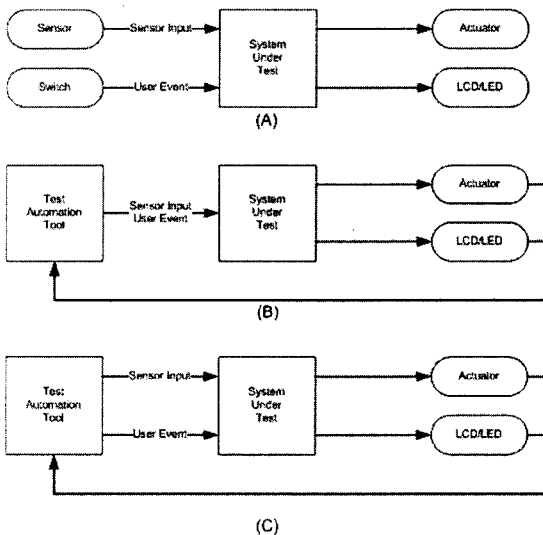
테스트 결과 문서 작성, 테스트 자원의 효율적 활용 등과 같은 효과를 얻을 수 있다.[3]

### 3. 테스트 자동화 도구의 작동 구조

임베디드 시스템의 테스트를 자동으로 진행하기 위해서는 임베디드 시스템의 의사결정과 관련된 입출력 항목을 고려해야 한다.

예를 들어, 환경 정보를 수집하고 사용자의 이벤트에 따라 행동하는 임베디드 시스템은 환경의 변화를 감지하기 위한 센서입력과 사용자의 스위치 입력에 따라 외부 하드웨어의 제어 결정을 하게 된다.

그림1의 (A)는 실제 환경에서의 임베디드 시스템의 작동구조를, (B)는 테스트 자동화 도구를 이용한 테스트 시 작동구조를, (C)는 본 논문에서 구현한 가상 환경 관리자를 도입한 테스트 자동화 도구의 작동 방식을 보여주고 있다.



[그림 1] 임베디드 SW 시스템 테스트 환경

(B)와 같은 테스트 자동화 도구의 작동구조에서는 하나의 테스트 스크립트 내에 센서 입력과 사용자 이벤트에 대한 정보를 모두 포함하고 있다. 테스트 스크립트상의 명령어를 통해 사용자 이벤트와 센서 입력을 제어하는 방법은 테스터가 각각의 입력을 변경하면, 그에 따른 소프트웨어의 오류 여부를 판단할 수 있기 때문에 간단한 기능 테스트에 유용하다. 그러나 이 방법은 다음의 두 가지 문제점을 가진다.

- 테스트 스크립트 작성의 복잡도 증가
- 낮은 수준의 스크립트의 가독성 및 유지보수성

장시간이 요구되는 테스트 케이스의 경우, 사용자와 센서의 입력을 모두 고려하여 테스트 스크립트를 작성하는 것은 매우 어렵다. 또한 테스트 스크립트의 길이가

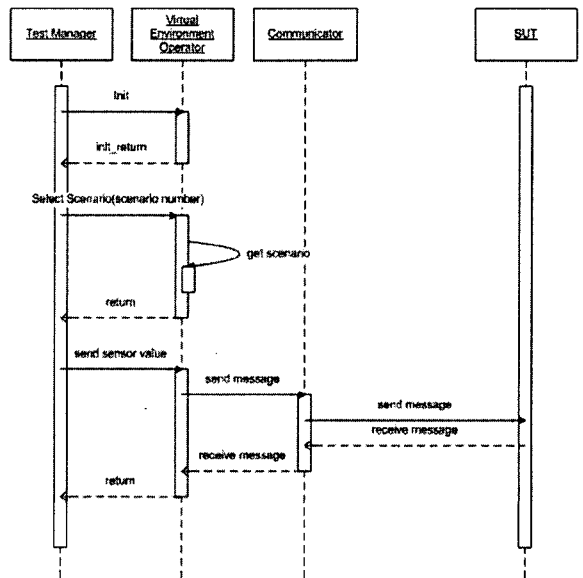
길어지게 되어 낮은 수준의 가독성과 유지보수성을 가지게 된다. 이는 많은 사용자 입력 장치와 센서를 가지는 복잡한 SUT의 경우에 더욱 명확히 나타난다.

가상 환경 관리자는 이러한 문제점을 해결하기 위해 구현되었으며 (C)와 같은 구조로 작동하게 된다.

### 4. 가상 환경 관리자

가상 환경 관리자(Virtual Environment Operator)는 특정 환경 상황 속에서 SUT의 테스트 지원을 목적으로 한다.

가상 환경 관리자는 테스트 관리자(Test Manager)의 환경 시나리오 실행 명령에 따라 주기적으로 센서의 값을 SUT에 전달하여, 주기적으로 변화된 환경정보를 SUT가 인식할 수 있도록 한다. 그림2는 가상 환경 관리자의 작동 순서를 보여주고 있다. 테스트 관리자는 VEO의 실행 준비를 위해 먼저 초기화 수행을 지시한다. 초기화 과정을 통해 가상 환경 관리자는 자신이 제어할 센서들의 목록을 등록한다. 테스트 시작되면 테스트 관리자는 가상 환경 관리자에게 테스트 스크립트에 명시된 수행하고자 하는 환경 시나리오의 ID를 넘겨준다. 가상 환경 관리자는 지정된 ID의 환경 시나리오를 읽어 자신의 자료구조에 저장한다. SUT의 센서입력을 갱신하기 위해 테스트 관리자는 주기적으로 가상 환경 관리자의 작업을 호출한다. 호출된 가상 환경 관리자는 센서의 입력을 생성하여 SUT에 전달함으로써 센서입력을 갱신한다.



[그림 2] VEO 동작의 sequence diagram

가상 환경 관리자는 센서입력을 생성하기 위해 환경 시나리오를 이용한다. 환경 시나리오는 정적 데이터, 그 래프 데이터, 테이블 데이터의 세 가지로 구성된다. 정적 데이터는 계속해서 일정한 센서 값을 SUT에 전달하고자

하고자 하는 경우의 사용되고, 그래프 데이터는 센서 값의 변화를 사인파와 코사인파로 모델링 하여 SUT에 전달하고자 할 때 사용된다. 마지막으로 테이블 데이터는 반복된 센서 값 패턴을 등록하여 전달하고자 하는 경우에 사용된다. 그림3은 그래프 데이터와 테이블 데이터로 모델링 된 환경 시나리오를 나타내고 있다.

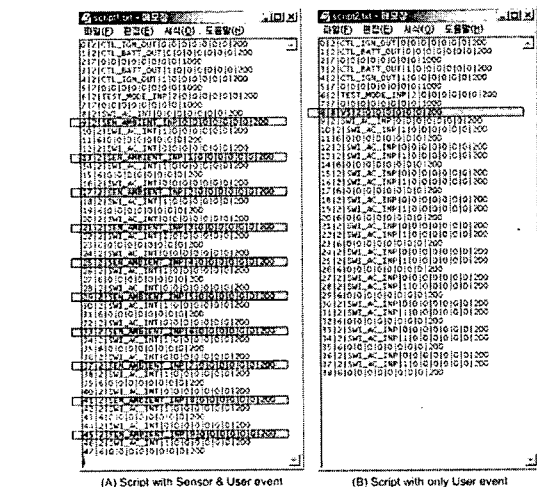
SensorName	Type	StaticValue	GraphType	GraphMin	GraphMax	GraphTms	GraphTolerance	TableID	Interval
AMBIENT	3	0	1	25	35	24	0	0	5
PHOTO	3	0	1	0	40	24	0	0	5
HUMIDITY	3	0	2	20	40	24	0	0	5
INCAR	3	0	1	2	26	24	0	0	5
EVA	2	0	0	0	0	0	0	1	5
WATERTEMP	3	0	1	0	0	24	0	0	5

[그림 3] 환경 시나리오 데이터

가상 환경 관리자를 이용한 테스트는 다음과 같이 진행된다. 테스트 관리자는 테스트 스크립트에 기술된 사용자 이벤트를 순서대로 SUT에 전달한다. 테스트 스크립트 수행을 진행하는 도중 환경 시나리오에 설정된 센서 입력 주기가 되면, 테스트 관리자는 가상 환경 관리자의 작업을 호출하여 센서 입력을 SUT에 전달하게 한다. 이러한 작업의 반복을 통해 테스트는 사용자 이벤트와 센서의 입력이 모두 기술된 테스트 스크립트의 동작과 동일한 테스트를 수행할 수 있다.

5. 가상 환경 관리자를 이용한 테스트 사례

본 논문에서는 구현한 가상 환경 관리자의 성능 평가를 위해 6개의 센서와 11개의 스위치를 가지는 냉난방 제어용 임베디드 시스템의 테스트를 수행하였다. 가상 환경 관리자의 사용으로 테스트는 다음의 세 가지 장점을 얻을 수 있다.



[그림 4] 스크립트 파일의 구성

- 테스트 스크립트의 길이 감소 - 가상 환경 관리자를 사용함으로써 테스트 스크립트에서 센서입력을 생략하는 것이 가능하게 되었다. 그림4에서와 같이 상대적

으로 짧아진 테스트 스크립트로부터 개선된 가독성과 유지보수성을 얻을 수 있다. 표1은 테스트 스크립트 내의 센서와 스위치 입력의 수를 나타낸다.

	스위치입력	센서입력	전체
Script 개수	1440	3414	4854

[표 1] 테스트 스크립트의 user event와 sensor 입력 비교

- 테스트 케이스 생성 및 테스트 스크립트 작성의 복잡도 감소 - 가상 환경 관리자의 역할로 테스트 케이스는 스위치 입력을 나타낸 테스트 스크립트와 센서 입력을 나타낸 환경 시나리오로 나누어 생성된다. 이는 쉬운 테스트 케이스의 생성과 테스트 스크립트의 작성을 가능케 하고, 테스트 자동화에도 긍정적인 영향을 준다.
- 테스트 스크립트의 재사용성 증가 - 사용자와 센서 입력이 동시에 포함된 테스트 스크립트에서는 사용자의 입력이 동일하더라도 센서의 입력이 다르다면 서로 다른 테스트 스크립트로 생성해야 했다. 이는 반대의 경우에도 동일하다. 그러나 가상 환경 관리자의 환경 시나리오로 센서의 입력이 분리되면서 테스트 스크립트와 환경 시나리오의 조합으로 이전의 테스트 스크립트의 작업을 대체할 수 있게 되었다. 이로써 테스트 스크립트의 재사용성이 증가하였다.

앞에서 살펴본 바와 같이 가상 환경 관리자의 사용은 테스트의 전반적 복잡도를 감소시키고 이로써 테스트 자동화를 쉽게 만들어 주는 장점을 가짐을 알 수 있다.

6. 향후 과제

가상 환경 관리자는 특정 환경 상황의 시뮬레이션을 위해서만 사용하고 있다. 그러나 가상 환경 관리자의 센서 입력 관리 기능을 확장하여 SUT마다 서로 다른 센서에 대한 인터페이스를 제공한다면, 테스트 도구의 범용성 제고에도 큰 기여를 할 수 있을 것이다.

[참고 문헌]

- [1] 김정환, "전세계 임베디드 S/W 시장 동향", ITFIND 주간기술동향, 2003. 8. 6.
- [2] 김범모, 백창현, 박승규, 최경희, 정기현, 장준승, "임베디드 SW의 블랙박스 테스트를 위한 검증 모듈의 디자인 및 구현", 한국정보과학회, 2004, 10
- [3] M. Fewster, D. Graham, "Software Test Automation", ACM Press, 1999
- [4] Kelvin Rodd, "Practical Guide to Software System Testing", K.J. Ross & Associates Pty. Ltd, 1998.