

VeriStand 를 이용한 차량 전자제어장치의 실시간 테스트 환경 구축 및 테스트 자동화 도구 개발

류주성*, 최경희*, 정기현**
 *아주대학교 정보통신전문대학원
 **아주대학교 전자공학과
 e-mail : ryujusung@ajou.ac.kr

Development of Real-time Test Environment and Test Client for Automobile Electronic Control Unit using VeriStand

Ju-Sung Ryu*, Kyung-Hee Choi*, Ki-Hyun Jung**
 *Graduate School of Information and Communication, Ajou University
 **Division of Electronics Engineering, Ajou University

요 약

본 논문에서는 VeriStand 를 이용하여 차량 전자제어장치의 실시간 테스트 환경을 구축한다. 구축한 테스트 환경에서 테스트 케이스의 일괄 실행 및 결과 분석 보고서를 생성하는 테스트 클라이언트를 개발하고 이를 통해 구축한 테스트 환경의 유효성을 검증한다.

1. 서론

최근 차량 전자제어장치(ECU) 사용의 급속한 증가로 기능 안전성에 대한 요구가 증대되고 있다. 이에 따라서 ISO 26262의 자동차 기능 안정성 국제 표준까지 등장하게 되었다. 이러한 추세에서 현재 차량 전자제어장치 개발에서의 자동화 테스트 환경은 비용절감과 효율성 및 신뢰성 확보를 위한 필수적인 요소가 되고 있다. 기존 ECU 테스트는 입력을 모사하여 생성하는 장비와 별도의 ECU 내부 메모리 변수를 CCP와 같은 프로토콜을 사용하여 측정하는 장비로 구성되어 입력 장비에서 입력 값을 생성하고 다른 장비에서 측정 값을 기록, 기대값과 비교하여 ECU를 검증하였다. 이 경우 입력과 ECU 메모리 변수의 측정, 기대값의 비교가 테스트 수행에서 동시에 진행되는 것이 아니라 별개의 과정으로 진행되게 된다. 이로 인해 기대하는 측정 값과 측정된 값에는 시간 차가 존재할 수 있다. 이것은 미묘한 시간차에 따른 기대값의 검증을 어렵게 한다.

본 논문에서는 VeriStand 를 이용하여 Real-time 테스트 환경을 구축한다. 구축한 테스트 환경에서는 입력과 ECU 메모리 변수값을 실시간 환경에서 기대값과 비교하여 ECU를 검증한다. 구축한 테스트 환경에서 테스트 케이스의 일괄 실행 및 결과 보고서를 생성하는 테스트 클라이언트를 개발한다. 개발한 테스트 클라이언트를 사용하여 구축한 테스트 환경의 유효성을 검증한다.

2. VeriStand

VeriStand 는 Real-time 테스트 어플리케이션을 개발

하기 위한 소프트웨어 환경이다. Real-time 입력생성, 데이터 수집, 통신 버스 인터페이스와 Custom Device를 제공한다. 또한 시뮬레이션 모델의 반입을 통해 model-in-the-loop 테스트나 hardware-in-the-loop 테스트도 가능하다. [1]

3. 테스트 시스템 구성

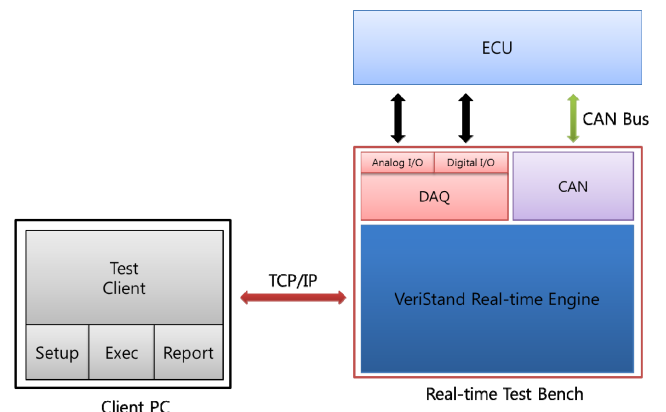


그림 1 테스트 시스템 구성

테스트 환경은 크게 Client PC 부분과 Real-time Test Bench의 두 부분으로 나뉜다.

Client PC는 테스트 제어 단말에 해당하는 부분으로 테스트 클라이언트가 실행된다. 테스트 클라이언트는 TCP/IP로 Real-time Test Bench와 통신하며 테스트 환경설정과 테스트 실행제어 그리고 결과 보고서를 생성하여 자동화 테스트를 수행한다.

Real-time Test Bench는 테스트 실행기에 해당한다.

ECU와 케이블, CAN Bus 등으로 연결된다. PXI 컨트롤러, DAQ 하드웨어, CAN 포트의 하드웨어로 구성되어 대부분의 차량 전자제어장치의 입력을 생성하고 측정한다. VeriStand Real-time Engine은 하드웨어 입력신호를 생성하고 DAQ를 통한 데이터 측정 및 반입된 시뮬레이션 모델의 실행 및 스케줄링을 수행한다.

4. 테스트 환경 구축

본 논문에서는 ECU를 검증하기 위해 실시간 환경에서 CCP를 사용하여 ECU 내부 메모리 변수값을 측정한다. CCP를 사용하기 위해 XCP and CCP Master Custom Device를 사용한다. 테스트 대상 ECU에 대한 ASAP2 파일을 사용하여 측정할 내부 메모리 변수를 설정한다. 설정된 ECU 내부 메모리 변수는 VeriStand의 채널이라는 인터페이스로 제공되며 이를 사용해 값을 측정한다.

ECU 테스트는 VeriStand Real-time Engine이 실행할 수 있는 테스트 케이스 형식인 Real-time Sequence를 실행하여 수행한다. Real-time Sequence는 FTP를 통해 ClientPC에서 Real-time Test Bench로 전달된 후 Real-time Engine에 의해 실시간 환경에서 실행된다. Real-time Sequence에서 제어구문 및 반복문의 프로그래밍적 요소를 사용하여 채널에 값을 입력하거나 측정하고, 기대값과 비교한다.

```

Multitask
├── Task: "LineNoTask_4"
│   ├── ATE_LineNo = 4
│   └── Task: "Line4_NMO"
│       ├── ATE_WriteValueGradual[Input_NMO, 800, 50]
│       └── Task: "Line4_F_BIT"
│           ├── Input_F_NAB = 0
│           ├── Input_F_NTU = 1
│           ├── Input_F_HDK = 1
│           ├── Input_F_MMM = 1
│           ├── Input_F_VFZ = 1
│           └── Input_F_NMO = 1
├── Wait[3]
├── test_input5(ATE_LineNo,Input_RPO)
├── Wait[2]
└── Measure_M1(ATE_ReadDTCcmd, ATE_ReadDTCvalid, ATE_DTCBuf1, ATE_DTCBuf2, ATE_DTCBuf3, ATE_DTCBuf4,
    ├── Then
    └── Else
        └── Pass = false
    
```

그림 2 Real-time sequence

Real-time Sequence는 테스트 결과를 Pass 또는 Fail의 형태로만 제공한다. 테스트 결과 분석을 위해서는 어떤 기대값에서 테스트의 실패가 발생했는지 알아야 한다. 이를 위해 측정값과 기대값을 비교하는 시점에서 측정값을 기록해야 한다.

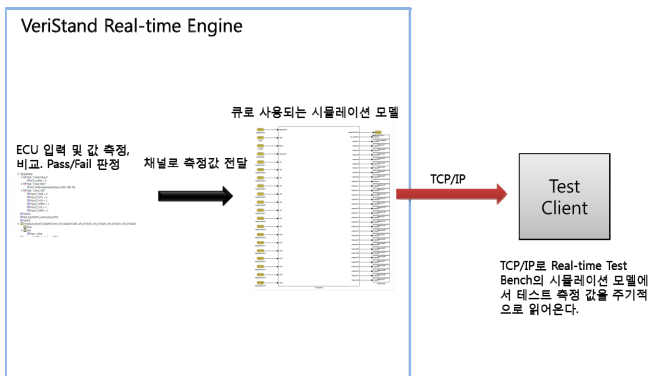


그림 3 시뮬레이션 모델을 이용한 측정값 기록

비교 시점의 측정값을 기록하기 위해 VeriStand의 시뮬레이션 모델 반입 및 실행 기능을 사용한다. [그림 3]과 같이 실시간 환경에서 특정 시점의 값을 저장하는 큐를 포함한 시뮬레이션 모델을 구현하고 Real-time sequence에서 기대값을 비교하는 시점의 측정값을 시뮬레이션 모델에 입력한다. 시뮬레이션 모델은 실시간 환경에서 독립적으로 동작하며 모델 입력 채널에 값이 들어오면 이를 큐에 저장한다. 테스트 클라이언트는 주기적으로 TCP/IP로 시뮬레이션 모델 큐에서 측정값을 가져온다. 이 때 시뮬레이션 모델은 실시간 환경에서 동작하고 있으므로 모델 내부의 큐의 크기를 충분히 크게 구현한다.

5. 테스트 클라이언트 개발

본 논문에서는 구축한 테스트 환경에서 테스트 케이스를 일괄 실행하고 결과 분석 보고서를 생성하는 테스트 클라이언트를 개발하였다.

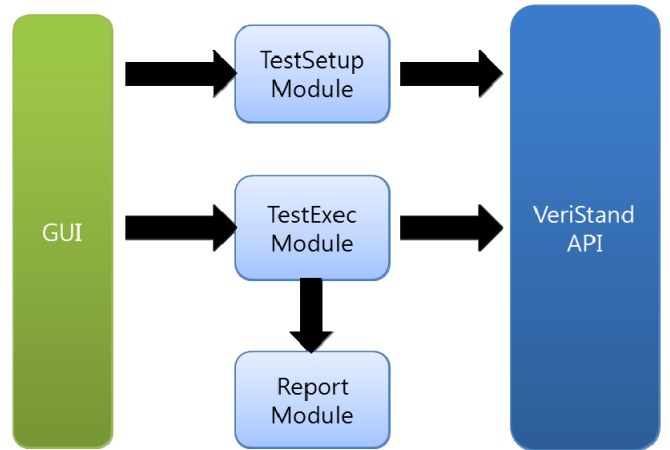


그림 4 테스트 클라이언트 구조

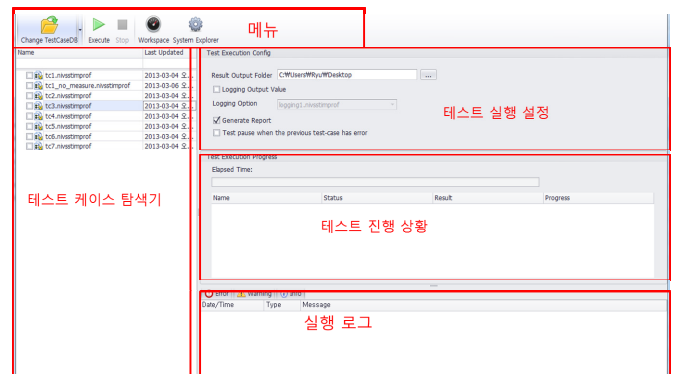


그림 5 테스트 클라이언트 GUI

테스트 클라이언트는 테스트 실행 설정, 테스트 실행, 보고서 생성 3가지 모듈로 구성된다. 테스트 실행 설정 모듈은 GUI에서 설정한 테스트 실행 설정 정보를 테스트 실행에 적용한다. 테스트 실행 모듈은 실행할 테스트 케이스를 큐로 관리하고 스케줄링하여 테스트 케이스를 실행시킨다.

실행중인 테스트 케이스의 진행률을 모니터링하고 테스트 케이스가 완료되면 결과를 수집하여 GUI 화면에 출력한다. 테스트 실행 설정에서 보고서를 생성하도록 하였다면 Real-time Test Bench 에서 주기적으로 기대값과 비교한 측정값을 가져온다. 이 정보는 보고서 생성 모듈에서 보고서를 생성하는데 사용된다.

보고서 생성 모듈은 테스트 실행 모듈에 의해 수집된 측정값들과 실행한 테스트 케이스를 분석하여 결과 보고서를 생성한다. 생성된 결과 분석 보고서에는 테스트 케이스에서 비교를 수행한 위치와 기대값, 측정값, 비교 결과에 대한 정보를 표시한다.

참고문헌

[1] <http://www.ni.com/veristand/whatis/ko/>
 [2] Feng Wei,Pei Pucheng,Zhang Yunlong (The Key State Laboratory of Automotive Safety and Energy,Tsinghua University), "Study on the Method of CAN-Bus-Based Online ECU Software Debugging", Automobile Technology, 2004
 [3] W. James Allen, "Development of a Model-Based Powertrain and Vehicle Simulator for ECU Test Benches", 2006 SAE World Congress Detroit, 2006

1811		checkType == 1	1	Pass
1812		hdr1s == 100	100	Pass
1813		hdr2s == 0	0	Pass
1814	#Check1(Line: 219)	hdr3s == 0	0	Pass
1815		hdr4s == 0	0	Pass
1816		hdr5s == 0	0	Pass
1817		hdr6s <= 100	100	Pass
1818			checkType == 1	1
1819	#Check1(Line: 239)	checkType == 1	1	Pass
1820		hdr1s == 100	100	Pass
1821		hdr2s == 0	0	Pass
1822		hdr3s == 0	0	Pass
1823		hdr4s == 0	0	Pass
1824		hdr5s == 0	0	Pass
1825		hdr6s <= 100	100	Pass
1826		checkType == 1	1	Pass

그림 6 결과 분석 보고서

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 VeriStand 를 이용하여 ECU 를 실시간 환경에서 테스트할 수 있는 테스트 환경을 구축하고 테스트 클라이언트를 개발하였다. 개발한 테스트 클라이언트를 사용하여 실제 테스트를 수행하였고 결과 분석 보고서를 생성하여 구축한 테스트 환경의 유효성을 확인하였다. 수행한 테스트는 CCP 를 이용하여 ECU 내부 메모리 변수를 측정, 비교하는 방식으로 진행하였지만 구축한 테스트 환경에서는 ECU 내부 메모리 변수 외에도 DAQ 하드웨어를 통해 측정된 값 또한 비교에 사용할 수 있어, 다양한 입출력에 대한 범용적인 테스트도 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

구축한 테스트 환경에서 CCP 를 사용하여 100 개 이상의 많은 수의 ECU 메모리 변수를 1ms~5ms 의 짧은 주기로 측정할 경우 CAN Bus 트래픽이 넘치는 현상이 발견되었다. 향후 연구에서는 CCP 에서 ECU 내부 메모리 변수값을 요청하는 ODT List 를 테스트 케이스 실행중에 동적으로 구성할 수 있도록하여 이 문제를 해결할 것이다.