

# 통합 시뮬레이션의 신뢰성 확보를 위한 가상 ECU 타이밍 정밀도 및 정확도 측정 방법

설우현, 한우진, 김진용, 양안나, \*조정훈  
드림에이스, \*경북대학교

{truman, wjhan, metamon, [red.kim](mailto:red.kim@drimaes.com)}@drimaes.com, \*jcho@knu.ac.kr

## Measurements of Virtual ECU Timing Accuracy and Precision to Ensure Reliability in Integrated Simulation Environments

Seol WooHyun, Han Woo Jin, Kim Jin Yong, Yang Anna, \*Cho Jeonghun  
DRIMAES, \*Kyungpook National Univ.

### 요 약

최근에 자동차 시장은 전동화 차량과 소프트웨어 중심 자동차로의 전환이 빠르게 진행되며, 차량 개발에 있어서 다양한 요구사항을 빠른 시일 내에 반영할 수 있도록 기존의 개발 프로세스를 개선하는 방향에 대한 관심과 투자가 늘어나고 있는 추세이다. 그 중 차량 ECU의 가상화를 기반으로 통합 시뮬레이션 개발 환경에 대한 연구가 가장 활발히 진행 중이다. 이에 발맞춰 우리는 가상 ECU와 가상 ECU의 검증에 관한 통합 시뮬레이션 환경 개발을 진행하고 있으며, 개발된 환경에서 가상 ECU의 신뢰성을 확보하기 위한 기준 값을 얻기 위하여 가상 ECU의 타이밍 정밀도 및 정확도를 측정하였다. 그 결과 가상 ECU의 타이밍 정밀도는 15.70%이며, 정확도는 21.9%임을 확인하였으며 이후 후속 연구를 진행하여 정밀도와 정확도를 5%이내가 되도록 하는 방안을 제시할 예정이다.

### I. 서 론

최근 글로벌 자동차 시장의 화두는 차량 전동화와 SDV(소프트웨어 정의 차량)로의 빠른 전환이다. 따라서 시장 기술 변화로 인해 점점 더 다양해지는 차량 요구사항을 신속하게 프로토타입하고 테스트할 수 있는 통합 개발 환경에 대한 필요성도 점점 더 중요해지고 있다[1][2].

하지만 기존 전통적인 차량 개발 프로세스인 V 사이클 개발 방법의 경우 개발 및 검증에 있어 긴 리드타임이 소요되기 때문에 이를 극복하거나 보완할 수 있는 새로운 개발 프로세스와 개발 환경이 필요하다. 새로운 개발 프로세스와 개발 환경이 필요하다 [3].

이러한 연구의 일환으로 우리는 V 사이클 개발 방법의 단점을 극복하기 위한 가상 ECU 및 이를 검증하기 위한 통합 시뮬레이션 툴의 개발을 진행해왔다. 그 중에서도 가상 ECU 성능 개선을 위한 방안을 중점적으로 연구하고 있다. 이를 위해서는 가상 ECU의 성능을 적절히 측정할 수 있어야 한다.

따라서 본 논문에서는 통합 시뮬레이션 ECU 개발 환경 검증에 사용되는 가상 ECU의 정밀도 및 정확도 측정 방법을 제안하고 실험을 수행한다.

실제 ECU 하드웨어 검증과 유사한 통합 시뮬레이션 ECU 개발 환경에서 가상 ECU 검증의 신뢰성을 보장하기 위해서는 이를 판단할 수 있는 표준이 수립되어야 한다

본 논문에서는 통합 시뮬레이션 ECU 개발 환경 검증에 사용되는 가상 ECU의 타이밍 정밀도 및 정확도 측정 방법을 제안하고 실험을 수행한다.

### II. 본론

그림 1은 가상 ECU 타이밍 정밀도 및 정확도 측정을 위한 시스템의 구성을 보인다. 그림 1의 ①과 같이 가상 ECU 정밀도 및 정확도 측정 프로그램에서 가상 ECU로 시작 신호를 전달하면 가상 ECU는 신호를 받아 특정 주기로 구동되는 프로그램을 돌린 후에 그림 1의 ②와 같이 정밀도 및 정확도 측정 프로그램으로 종료 신호를 전송하는 것을 한 사이클로 하여 12회 측정하며 각 사이클 당 걸린 시간( $dt_i = t_2 - t_1$ )를 누적한 시간을 활용하여 ECU의 정밀도와 정확도를 측정한다.

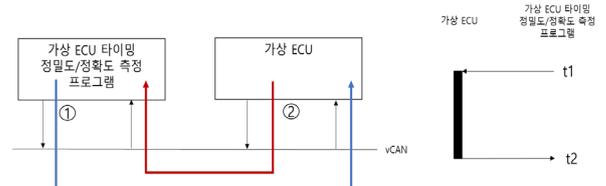


그림 1 가상 ECU 타이밍 정밀도/정확도 측정 시스템

가상 ECU 상에서 구동되는 앱의 경우 인간의 지각 시간을 기준으로 버튼 입력이나 터치 등의 조작에 대하여 지연을 거의 느끼지 못하는 시간인 100ms[4] 주기로 동작하도록 구현하였다. 실험을 위해 구현한 가상 ECU의 사양은 표 1과 같다.

표 1 가상 ECU 사양

항목	내용
CPU	Cortex-m4 168MHz(stm32f407zgt6)
RAM	196KB SRAM
Storage	1MB Flash
OS	AUTOSAR Classic -OSEK/VDX

그림 2 는 가상 ECU 타이밍 정밀도 및 정확도 측정을 위해 구현한 프로그램을 활용하여 가상 ECU 의 정밀도를 측정 한 것을 보인다.

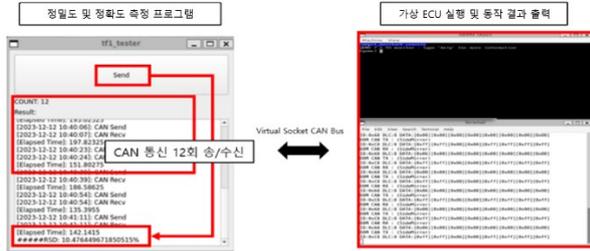


그림 2 가상 ECU 타이밍 정밀도 및 정확도 측정

앞서 설명한 바와 같이 가상 ECU 타이밍 정밀도는 Virtual Socket CAN 을 통해 신호를 12 회 송수신하고, 회차별로 걸린 시간 중 최대/최소 시간을 제외한 값만을 사용하여 식 1 의 상대표준편차(%RSD)를 구함으로써 얻을 수 있다. vCAN 을 통한 송수신에 소요되는 시간 및 정밀도 측정 프로그램의 동작에 따른 소요시간은 거의 동일 하므로 측정된 가상 ECU 타이밍 정밀도는 가상 ECU 의 동작에 절대적으로 의존한다고 볼 수 있다.

$$\%RSD = \frac{\sigma}{\mu} * 100 \quad \text{----- (식 1)}$$

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^{N-2} ta_i}{N-2}, \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-2} (d)^2}{N-2}}$$

$$d = \sum_{i=1}^{N-2} (ta_i - \mu)^2 \quad (\forall ta_i = \{dt_{min}, dt_{max} \notin dt_i\})$$

정밀도 측정 결과는 표 2 와 같다. 표는 3 회에 걸쳐 반복적으로 정밀도를 측정 한 결과로 정밀도의 오차는 가상 ECU 내부에 구동되는 CAN 통신 모듈 및 네트워크 관리 모듈 등의 동작에 의한 것으로 예상된다.

표 2 가상 ECU 타이밍 정밀도 측정 결과

정밀도 측정 회차	QEMU 기반 가상 ECU
1 회 (%)	10.48
2 회 (%)	17.98
3 회 (%)	18.63
평균 정밀도 (%)	15.70

정확도의 경우 그림 3 과 같이 가상 ECU 와 유사하게 동작하는 시뮬레이션 모델을 개발하고 가상 ECU 와 동일한 방법으로 정확도를 측정 한 값을 기준값으로 시뮬레이션 모델 대비 가상 ECU 의 정확도를 계산하여 얻을 수 있다.

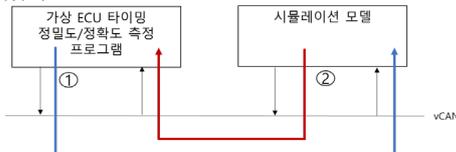


그림 3 가상 ECU 의 동작을 모사한 시뮬레이션 모델의 정확도 측정

정밀도와 마찬가지로 12 회의 타이밍을 측정하고 측정된 값 중 최대값과 최소값을 제외한 값들을 활용한다. 다만 정확도 측정은 정밀도 측정과는 다르게 기준 값으로써 시뮬레이션 모델과 가상 ECU 의 평균 절대비오차(MAPE)를 구한다. 이를 통해 가상 ECU 가

얼마나 시뮬레이션 모델의 타이밍 정밀도와 얼마나 유사한지 여부를 확인할 수 있다.

$$MAPE = \frac{|\mu_{model} - \mu_{vECU}|}{\mu_{model}} * 100 \quad \text{----- (식 2)}$$

$$\mu_{vECU} = \frac{\sum_{i=1}^{N-2} ta_i}{N-2}, \quad \mu_{model} = \frac{\sum_{i=1}^{N-2} tmodel_i}{N-2}$$

시뮬레이션 모델을 기준으로 하는 가상 ECU 타이밍 정확도는 측정 결과는 표 3 에 보이는 것과 같이 평균 21.9%로 이는 가상 ECU 는 AUTOSAR 표준 Layer 를 구성하여 동작하는 반면 시뮬레이션 모델의 경우 가상 ECU 상에서 구동되는 응용 소프트웨어의 동작만을 모사하기 때문에 수행 시간의 차이가 발생하여 정확도에서도 오차가 발생하는 것으로 예상된다.

표 3 가상 ECU 타이밍 정확도 측정 결과

정밀도 측정 회차	$\mu_{model}$ (ms)	$\mu_{vECU}$ (ms)	MAPE (%)
1 회	236.87	292.52	23.5%
2 회	225.44	270.32	19.9%
3 회	255.05	311.72	22.2%
평균	239.12	291.52	21.9%

### III. 결론

본 논문에서는 통합 시뮬레이션 환경에서 가상 ECU 의 타이밍 정확도 및 정밀도를 측정하는 실험을 수행하고 실험의 결과를 분석하였다. 실험 결과 가상 ECU 타이밍 정밀도는 평균 15.70%이며 정확도는 평균 21.9%로 측정되었다. 향후에는 가상 ECU 타이밍 정밀도와 정확도가 각각 5% 이내가 되도록 가상 ECU 의 성능을 개선할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion(IITP) grant funded by the Korea government(MSIP) (No.1711160343, Development of virtual ECU-based vehicle-level integrated simulation technology for vehicle ECU application software development and verification automation)

### 참 고 문 헌

- [1] Jochen Breidt, Christopher Schwager, "ENABLING CONTINUOUS INNOVATIONS", AUTOSAR 20<sup>th</sup> Anniversary Brochure, pp. 84-87 ([https://www.autosar.org/fileadmin/user\\_upload/AUTOSAR\\_20th-Book\\_FINAL\\_WEB\\_19-OCT-2023.pdf](https://www.autosar.org/fileadmin/user_upload/AUTOSAR_20th-Book_FINAL_WEB_19-OCT-2023.pdf))
- [2] Meenal Awachat, AUTOSAR KPIT Team, "SDV Goals and Journey Covered So Far!", AUTOSAR 20<sup>th</sup> Anniversary Brochure, pp. 88-89
- [3] Tobias Kühnel, Suat Kusefoglu, Christoph Hennig, Manish Singh Dhek, Owen Williams, "The challenges of the automotive industry's paradigm shift", AUTOSAR 20<sup>th</sup> Anniversary Brochure, pp90~94
- [4] Madl, Tamas et al. "The timing of the cognitive cycle.", PloS one vol. 6, 4e14803, Apr. 2011.