

바이모달트램의 자동운전시스템을 위한 시뮬레이션/모니터링 시스템 구현

A Simulation/Monitoring System for the Navigation Control System in Bimodal-tram

최종선† 김동민* 류 제* 류희문* 변윤섭**
Jong-sun Choi Dong-min Kim Je Ryu Hee-Moon Ryu Yeun-Sub Byun

ABSTRACT

In this paper, we propose a simulator for testing of the Navigation Control System(NCS) in Bimodal-tram. NCS uses values of all sorts of sensors installed in vehicle to decide current position, and to control speed and steering of vehicle to go to a next position. Major functions of simulator are input processing of the driver and generation of virtual sensor data and driving profile(navigation path, magnetic information), and the NCS function. Virtual sensor data is generated according to output data from the NCS, driving profile and input processing of the driver, and monitoring systems is operated separately to confirm of NCS operation. This paper discusses about the implementation of the simulator, and analyzes and evaluates the simulation results.

1. 서론

본 논문에서는 바이모달 트램(Bimodal-tram)의 자동운전시스템(Navigation Control System : NCS)을 시험하기 위한 시뮬레이터를 제시한다. 자동운전시스템은 차량에 설치되어있는 센서들의 측정값을 사용하여 주행경로상의 현재 위치를 판단하고, 다음 위치로 이동하기 위하여 차량의 속도와 조향을 제어한다. 시뮬레이터의 주요 기능 요소는 운전자의 입력 처리 기능과 주행프로파일(주행경로, 자석정보) 및 가상의 센서 데이터를 생성하는 기능, 그리고 자동운전시스템 기능이 있다. 가상의 센서 데이터는 자동운전시스템에서 출력된 데이터와 주행프로파일 그리고 운전자의 입력에 따라 상황에 맞게 생성되며, 자동운전시스템의 동작을 확인하기 위하여 모니터링 시스템을 별도로 운용하였다. 본 논문에서는 시뮬레이터의 구현에 대하여 논하고, 결과를 분석 및 평가한다.

2. 배경

바이모달 트램(Bimodal-tram)은 수동모드, 반자동모드, 자동모드로 운행이 가능하다. 자동모드에서는 운전자의 조작없이 자동운전시스템(Navigation Control System : NCS)으로만 차량이 운행된다. 이에 따른 NCS의 안전성과 정확성 등이 차량을 운행하는데 매우 중요하다. 시뮬레이터는 이러한 NCS의 기능들을 미리 가상으로 적용하여 부정확한 데이터에 대하여 사전에 예측하여 시스템의 안전성과 정확성을 확보할 수 있다. 또한 시뮬레이터를 사용함에 있어서 다음과 같은 이점이 발생할 수 있다.

† 한터기술, 부설연구소
E-mail : cjs@htt.co.kr
TEL : (02)2108-2200 FAX : (02)2108-2211
* 한터기술, 부설연구소
** 한국철도기술연구원, 선임연구원

- 1) 현 상태의 시스템 운행에 지장을 주지 않고 문제해결 모색.
- 2) 실제로 시행착오를 범하지 않고 운행개선의 방향 제시.
- 3) NCS 시스템을 짧은 시간에 재생.

시뮬레이션은 외부적인 환경에 의한 오차, 내부적인 부정확한 데이터에 의한 오차 등으로 인하여 정확하지 못한 모델 구성이 될 수 있으므로, 이러한 부분을 분석하여 완성도 높은 모델로 구성하는 것이 중요하다.

3. 시뮬레이터

본 절에서는 바이모달 트램의 자동운전시스템을 시험할 수 있는 시뮬레이터를 구성하는 장치들에 대해서 설명하고, 구성하는 장치들의 기능에 대해서 설명한다. 다음으로 시뮬레이터의 동작에 대해서 설명하고, 가상 센서 데이터의 생성방식과 주행프로파일에 대해서 설명한다. 마지막으로 시뮬레이터의 인터페이스에 대하여 설명한다.

3.1. 시뮬레이터의 구조 및 기능

시뮬레이터는 Scenario Simulation Module, Communication Module, Navigation Control System, Monitoring System으로 구성되어 있다. 아래의 그림1은 시뮬레이터의 구성도이다.

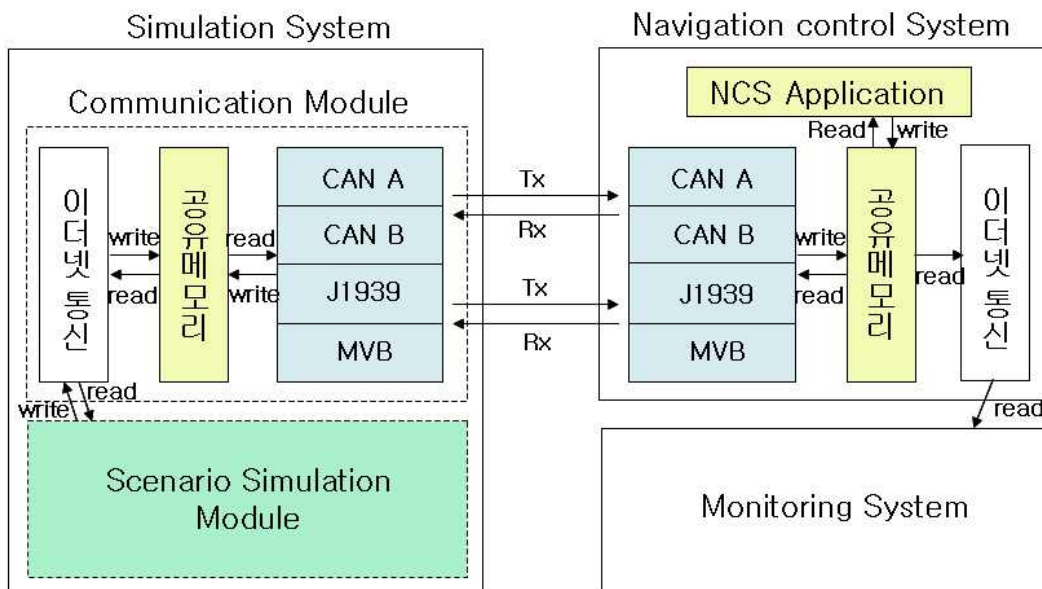


그림 1. 시뮬레이터 구성도

3.1.1. Scenario Simulation Module

Scenario Simulation Module은 시뮬레이터의 주프로그램이 운용되는 장치이다. 이 모듈에서는 주행프로파일을 생성하거나 편집이 가능하며, 자동운전시스템과 연결되어있는 센서들의 데이터를 생성하는 역할을 한다. 생성된 데이터는 Simulator Cube에 이더넷을 통하여 전달된다. 또한, Simulator Cube로부터 이더넷을 통하여 자동운전시스템에서 보내는 데이터를 받아 가상 센서 데이터에 반영된다.

3.1.2. Communication Module

Communication Module은 Scenario Simulation Module과 이더넷 통신을 하며, 자동운전 시스템과 송수신을 담당하는 장치이다. 이 모듈은 Scenario Simulation Module에서 생성된 가상 센서 데이터를 이더넷으로 받고, 이를 해당 센서의 통신방식에 맞추어 자동운전시스템에 전송한다. 또한, 자동운전시스템에서

오는 통신 데이터를 Scenario Simulation Module에 전달하는 기능을 한다. 통신방식은 운전석과 통신에 사용되는 CAN-J1939프로토콜과 추진제어장치와의 통신을 위한 MVB(Multifunctional Vehicle Bus)프로토콜, 그 외의 센서들과 통신을 하는 CAN-OPEN 프로토콜이 있다. CAN-OPEN프로토콜은 A 버스와 B 버스로 나누어져 운용된다.

3.1.3. Navigation Control System

이 장치는 자동운전시스템의 주프로그램이 운용되며, Communication Module과 CAN-OPEN, CAN-J1939, MVB 통신을 한다. 또한, Monitoring System에 자동운전시스템의 동작 상태를 이더넷통신을 통하여 보낸다.

3.1.4. Monitoring System

Monitoring System은 자동운전시스템의 동작 상태를 GUI를 통하여 확인하기 위한 모니터링 프로그램이 운용되는 장치이다. 이 장치에서는 자동운전시스템으로부터 이더넷을 통하여 동작 상태 데이터를 받는다.

3.2. 시뮬레이터의 동작

시뮬레이터는 가상의 센서 데이터를 생성하여 자동운전시스템에 각각의 통신 프로토콜을 이용하여 해당 데이터를 주기적으로 송신한다. 수신된 가상 센서 데이터는 자동운전시스템에서 처리하여 그 결과를 시뮬레이터에 주기적으로 송신한다. 수신한 데이터는 시뮬레이터 내부에서 주행프로파일과 운전석의 입력 데이터를 계산하여 처리된다. 처리된 데이터는 새로운 가상 센서가 생성되는 방식에 따라 사용되거나 사용되지 않는다. 생성된 가상 센서 데이터는 다시 자동운전시스템에 전달된다. 이러한 일련의 반복 과정을 통하여 시뮬레이션이 동작하며 그 형태는 그림 2와 같다. 이와 별도로 자동운전시스템은 모니터링시스템에 이더넷을 통하여 주기적으로 동작 상태에 대한 정보를 이더넷을 통하여 전송한다.

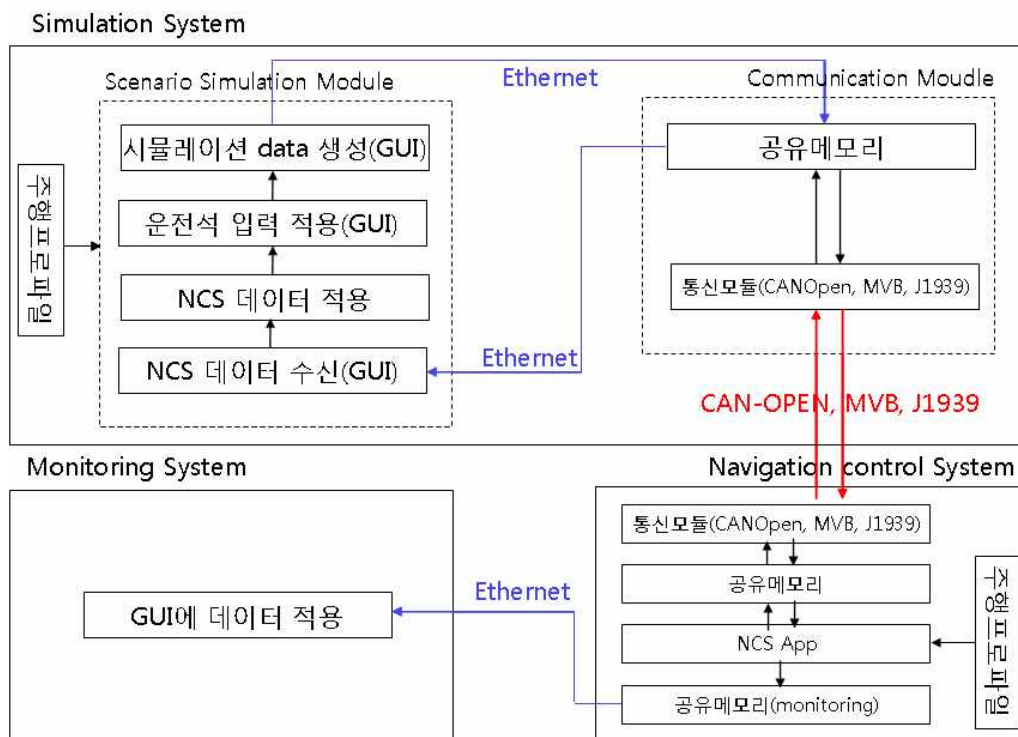


그림 2. 시뮬레이터 흐름도

3.3 가상 센서 데이터의 생성

제안하는 시뮬레이터에서 사용되는 가상 센서 데이터는 두 가지 방식이 있다. 첫 번째 방식은 실제 차량의 센서 데이터를 사용하는 방식이다. 이는 실제 차량이 도로를 주행할 때 얻은 기록 데이터를 사용하여 가상 센서 데이터로 사용하는 방식으로, 다른 데이터에 영향을 받지 않는다. 두 번째 방식은 주행프로파일과 자동운전시스템의 출력 데이터, 운전석의 입력을 사용하여 가상 센서 데이터를 생성하는 방식이다.

3.4 주행프로파일

주행프로파일은 바이모달 트램이 지정된 출발지역부터 목적지까지 어떠한 경로로 주행해야 하는지와 주행하는 경로에 설치되는 자석의 위치와 극성정보를 정의하고 있다. 제안하는 시뮬레이터는 기존의 주행프로파일을 사용하거나 가상의 도로를 주행하기 위한 주행프로파일을 생성할 수 있다.

3.5 시뮬레이터 UI 설계

시뮬레이터의 UI(User Interface)는 바이모달 트램의 운전자가 조작하는 부분인 운전자 입력 기능과 가상 센서 데이터를 생성하는 기능, 주행 프로파일을 생성하는 기능으로 구성되어 있다.

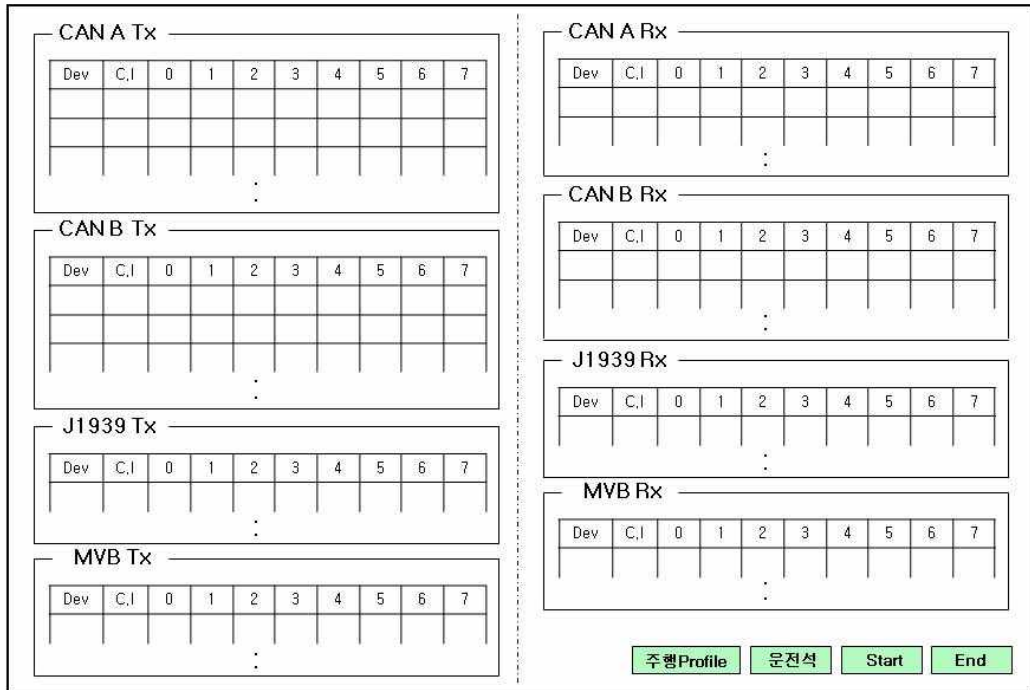


그림3. 시뮬레이터 UI

그림3은 시뮬레이터의 기본이 되는 메인화면이다. 화면은 둘로 나누어져 있는데 왼쪽은 Communication Module로 데이터를 보내는 수신 데이터이고 오른쪽은 Communication Module로부터 데이터를 받는 송신 데이터를 표시한다. 화면 왼쪽에 있는 수신 데이터는 운전자의 입력 데이터와 차량의 주행프로파일, 송신 데이터로 계산되어 자동으로 생성된다. 화면 아래에 있는 운전석 버튼을 클릭하게 되면, 운전자가 조작할 수 있는 운전자 입력 팝업창이 열리게 된다. 또한 주행프로파일 버튼은 차량이 주행경로를 운행할 때 필요한 주행프로파일을 생성할 수 있는 기능이 구현되어 있다.

3.6 모니터링 UI 설계

모니터링의 UI(User Interface)는 Navigation Control System의 Application에서 보내는 데이터를 기반으로 차량의 모습이나 이동경로를 실시간으로 표시하도록 구성되어 있다. 바이모달 트램은 AWS(All

Wheel Steering)이고 굴절차량이기 때문에 각 바퀴의 센서값과 차량 굴절각에 따라 움직이게 구현되었다. 그 외에 차량의 운전석 및 각 센서들의 데이터 값을 GUI로 구현하였다.

4. 시험

4.1 시나리오

4.1.1 시나리오 1

시나리오1은 차량의 실제 주행 프로파일을 사용하여 시뮬레이터를 운용하면서 주행경로를 따라서 정상적으로 동작하는지 확인한다. 시험방법은 다음과 같다.

- 1) 주행경로상에 차량을 위치시킨다.
- 2) 사용자가 운전석의 핸들과 액셀/브레이크 등을 조작하여 수동운전을 한다.
- 3) 자동운전이 가능한 경우 운전석의 자동운전 버튼을 눌러 자동운전 모드로 전환한다.
- 4) 브레이크를 조작하여 반자동운전 모드로 전환한다.
- 5) 운전석의 수동운전 버튼을 눌러 수동운전 모드로 전환하고 차량을 정차시킨다.
- 6) 시나리오 종료

그림 4는 시나리오1을 시뮬레이터로 수행하여 Monitoring System에서 확인한 화면이다.

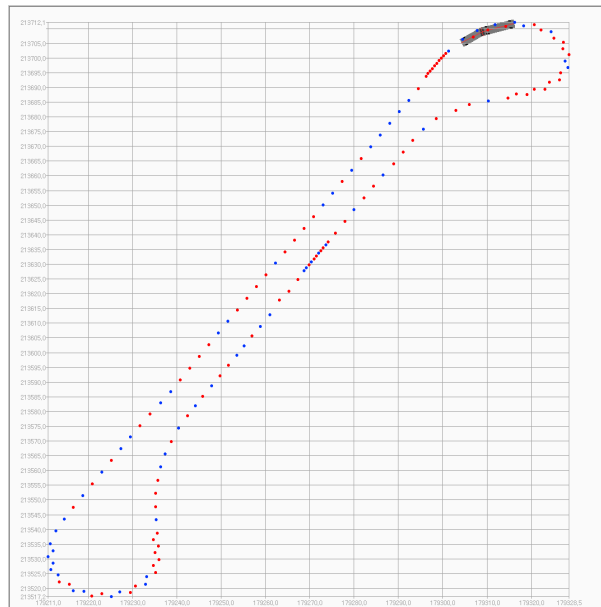


그림 4. 시나리오 1 수행 화면

4.1.2 시나리오 2

시나리오2는 가상 주행 프로파일을 사용하여 시뮬레이터를 운용하면서 주행 경로를 따라서 정상적으로 동작하는지 확인한다. 시험방법은 시나리오 1과 동일하다. 그림 5는 시나리오2를 시뮬레이터로 수행하여 Monitoring System에서 확인한 화면이다.

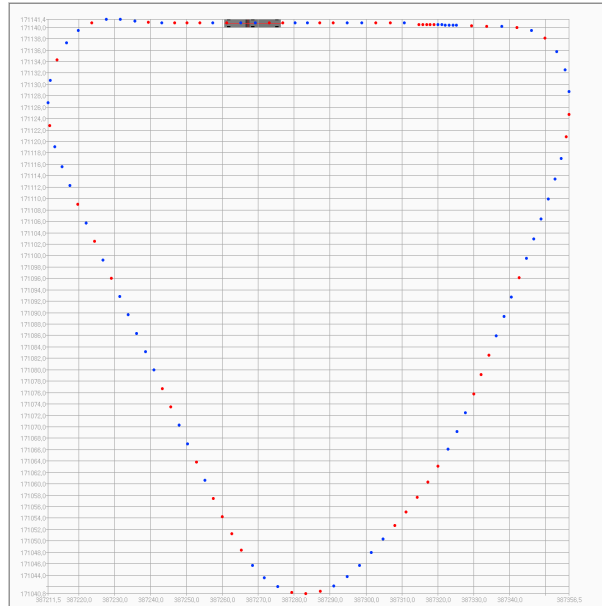


그림 5. 시나리오 2 수행 화면

4.2 시뮬레이터

그림 6은 본 논문에서 시뮬레이터를 구성하는 장치들의 모습과 시뮬레이션을 수행하는 모습을 보여준다.

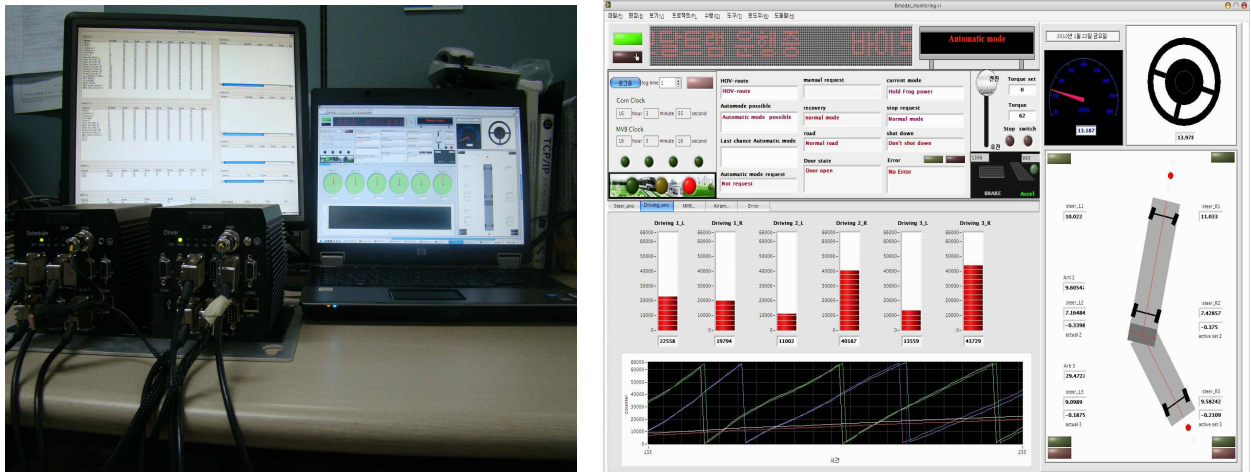


그림 6. 시뮬레이션 수행 화면

5. 결론

본 논문에서는 바이모달 트램의 자동운전시스템 시뮬레이터를 구현하였다. 시뮬레이터는 실제 차량과 동일한 조건에서 자동운전시스템의 동작특성을 검증하는 것이 중요하다. 이 시뮬레이터는 실차환경에서만 아니라 가상의 주행구간에서도 시뮬레이션이 가능하도록 구현되었다. 시험 결과, 자동운전시스템의 성능은 실차와 유사하게 동작하였으나 보다 정확한 시험을 위해서는 다양한 시나리오가 필요하다고 여겨진다. 이 시뮬레이터를 통하여 개발된 자동운전시스템을 여러 상황에 대해서 시험해보고 보완할 수 있을 것으로 본다.

참고문헌

1. Korea Railroar Research Institute. "<http://www.bimodaltram.com>"
2. 한성호, 윤용기, 안태기, 김원경, 조연옥, "전동차의 자동운전제어 시스템에 관한 시뮬레이션 기술", 한국철도학회 추계학술대회논문집 pp255-261, 1998.
3. IEC 61375-1 Standard, Train Communication Network, 1999
4. CAN in Automation, <http://www.can-cia.org>
5. 변윤섭, 배창한 이강원, "바이모달트램의 정밀정차시 속도제어" 한국철도학회 2009년도 추계학술대회, pp.1754-1759, 2009. 11
6. Bouwman, R. (2001) "Phileas a modern 24 meter Hybrid Public Transport vehicle", International electric vehicle symposium (EVS 18)
7. 문경호, 목재균, 이수호, 박태원, "가상고정축을 이용한 바이모달 트램의 조향 알고리즘 개발", 한국정밀공학회 2008년도 춘계학술대회, PP.987-988, 2008. 6