

바이모달트램을 위한 시뮬레이터설계

변윤섭, 목재균, 윤경한, 김영철**
철도연, 충북대**

Simulator Design for Bimodal Tram

Yeun-Sub Byun, Jei-kyun Mok, Kyoung-Han Yun, Young-Chol Kim**
Korea Railroad Research Institute, Chungbuk National Univ**

Abstract - The Bimodal tram is developed in KRRI (Korea Railroad Research Institute). This vehicle will be used in the public transportation system. The Bimodal tram has the advantages of both bus and train. Bus system has the advantages of flexibility of the routes delivering passengers to the destination and easy accessibility. Train is to meet the scheduled arrival and massive public transportations. The vehicle is the rubber tired tram and is all wheel steered single articulation. The vehicle can be automatically operated by navigation control system (NCS). For the automatic driving, the vehicle lanes will be marked with permanent magnets that are buried in the road. The control algorithm developed for navigation control has to be verified before being applied in the vehicle. In this purpose, we design the simulator for controller test of the bimodal tram.

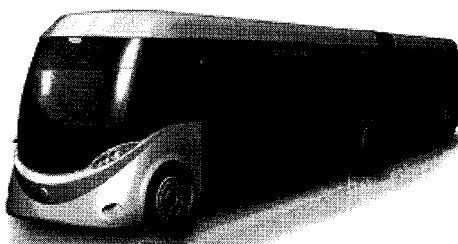
1. 서 론

한국철도기술연구에서 개발하고 Bimodal-tram [1]은 고무차륜으로 구성된 3축 6바퀴의 1골절 2량 1편성차량으로 길이가 18m이다. 이 차량은 수동, 자동, 반자동운전이 가능하다. 수동운전모드에서는 운전자가 일반도로를 일반차량과 같이 운전할 수 있다. 자동운전모드로 운전하기 위해서는 지상의 도로 중심에 자석마커를 일정간격(4m)으로 매설해야 한다. 차량은 이 자석마커를 검지하고 이를 통하여 차량의 위치를 검지하며 위치에 따른 속도지령에 따라 차량이 운행되게 된다. 차량의 속도와 조향제어가 자동제어 장치에 의해 제어된다. 반자동모드에서는 운전자는 가감속제어를 위해 가속페달과 제동페달을 사용해야한다. 차량의 조향제어는 자동운전장치가 담당한다. 이 차량은 일반 도로에서 타 차량들과 혼용하여 운용될 수 있고 전용도로를 구축하여 독립적으로 운영할 수도 있다. 도로에 적은 투자비용으로 차량자동을 위한 시스템을 구축할 수 있다. 개발되는 있는 차량의 자동운전시스템은 차량에 탑재하기 전에 제어알고리즘과 제어안전성 검증되어야 한다. 이를 위하여 차량에서 운용되는 조건과 유사한 차량 시뮬레이터를 개발하고 이를 통하여 각종 제어성능과 안전성을 시험하게 된다.

2. 본 론

2.1 Bimodal-tram의 특징

바이모달트램은 초저상 골절차량으로 개발되어 차량승하차시 계단이 없어, 지하철처럼 승객의 수평 승하차가 가능하며 노약자 및 휠체어, 유모차의 수용이 가능하도록 설계되었다. 추진장치는 CNG Hybrid 시스템으로 친환경적이고 연료를 절감할 수 있다. 차량의 각 바퀴축은 전체 조향(All Wheel Steering)제어가 가능하여 최소 회전반경이 12m가 가능하다. 차량의 차체는 복합소재차체로 차량의 무게를 감소시킬수 있다. 이 차량은 자동운전시스템을 탑재하여 지정된 경로를 자동으로 운행할 수 있다.



<그림 1> Bimodal tram

2.2 운전시스템의 특성

Bimodal tram은 4가지 운전방식으로 운영될 수 있다. 수동, 반자동, 완전자동 및 비상운전이 적용될 수 있다 [2].

2.2.1 수동운전(Manual)

Bimodal tram은 기본적으로 운전자에 의한 수동운전이 가능하다. 이 모드에서는 일반차량과 같이 운전자가 추진/제동/조향에 대한 제어권을 갖는다. 차량이 자동운전을 지원하지 않는 경로 상을 주행하거나 자동운전시스템에 오류가 발생하거나 주행경로 상에 위험상황을 회피하기 위해 운전자가 수동운전을 할 수 있다.

2.2.2 반자동운전(Semi-automatic)

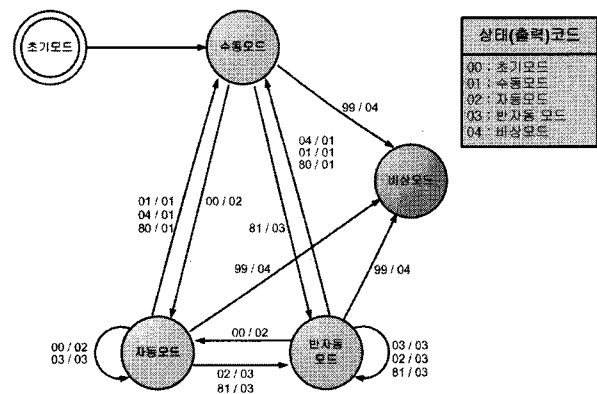
Bimodal tram이 자동운전을 지원할 수 있는 경로 상을 운전할 때 반자동운전이 가능하다. 이때 운전자는 차량의 추진 및 제동제어 즉 가속페달 및 제동페달을 사용하여 가감속 제어를 담당한다. 차량의 자동운전시스템은 조향제어만을 담당하여 차량이 지정된 경로를 운전하도록 각 바퀴축의 조향각을 제어한다. 즉 운전자는 운전행동을 조작하지 않는다.

2.2.3 비상운전(Emergency)

Bimodal tram의 자동운전 시스템의 관련 장치들은 이중화 개념으로 설계되어있다. 그럼에도 불구하고 자동화시스템 전체가 고장으로 수동운전조차 불가능하게 되면 차량을 일정한 지역으로 비상 대피시키기 위해 비상운전모드로 운행할 수 있다. 이 모드에서 구동토크는 100% 또는 0%로 조정된다.

2.2.4 자동운전(Full-automatic)

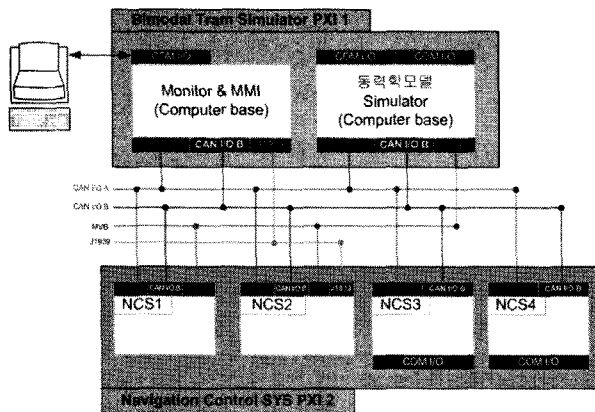
Bimodal tram에는 특정하게 주어진 경로를 자동운전 할 수 있는 NCS(Navigation Control System)이 장착된다. 특정하게 주어진 경로에는 자석마커가 일정간격으로 주행경로의 중앙에 설치된다. 이 경로가 차량이 주행해야할 중심경로가 된다. NCS의 주요기능은 도로에 자석마커로 구성된 가상의 트랙을 차량이 따라가게 하기 위한 자동안내제어기능, 차량에 주어진 목표속도로 주행하기위한 자동속도제어기능, 정거장의 목표지점에 정밀정차하기 위한 정밀정차 제어 기능이 있다. 자동안내제어는 차량의 각 바퀴의 조향제어를 담당하여 정거장에 차량의 정밀정차가 가능하도록 지원한다. 개발차량은 정거장 측면과 차량도어측면의 간격이 5cm 수준으로 제어된다. 차량은 저상차량으로 개발되어 차량 내에 계단이 없어 승객들의 수평 승하차가 가능하여 휠체어, 유모차등을 이용할 수 있다. 이로 인하여 짧은 정차시간에 승하차가 가능하고 차량의 높은 운행 평균속도를 확보할 수 있다. 그림 2는 Bimodal tram운전시스템의 상태전환 흐름도 이다.



<그림 2> 차량 운전상태 전환 흐름도

2.3 Bimodal tram의 시뮬레이터

2.3.1 시뮬레이터 구성



〈그림 3〉 시뮬레이터 구성도

시뮬레이터는 크게 3그룹으로 desktop PC 1대와 PXI real-time embedded sys 2대로 구성된다. 첫 번째는 차량의 동특성을 모의하기 위한 차량동특성 시뮬레이션을 수행한다. 차량의 구동, 조향, 속도, 위치 등 차량의 움직임을 계산한다. 각 계산된 정보는 CAN 통신을 이용하여 타 제어 장치들과 연결된다. 실제 차량에서 각각의 센서정보(바퀴속도, 조향각, 꺾길각, 등)는 CAN을 통하여 제어장치와 연결된다.

두 번째는 차량을 제어하기 위한 제어시스템으로 구축된다. 수동, 자동, 반자동운전간의 상태천이, 속도지령에 따른 요구토크의 계산, 자석마크를 기준으로 하는 조향제어각의 결정 등을 수행한다.

3번째는 차량의 운전석의 역할을 수행한다. LabVIEW프로그램의 GUI환경으로 구축하여 가속페달, 제동페달, 운전대 역할을 수행한다. 각 차량 동특성정보 및 제어정보 통신선로인 CAN 통신과 연결되어 이를 통하여 각종 정보를 모니터링 한다.

자동운전제어시스템 과 동력학 모델 구동시스템은 실시간 제어시스템의 구성을 위해 Real-time base PXI로 각기 구성된다. 이들이 주고받는 신호의 계측은 desktop PC구현된다.

2.3.2 시뮬레이터 사양

- Monitoring PC
 - Intel Core2Qurd Q9400
 - DDR2 2G*2

- Bimodal tram Simulator 및 Navigation Controller
 - NI PXI-8106

- 2.16 GHz Intel Core 2 Duo T7400 듀얼 코어 프로세서
- 512 MB (1 x 512 MB DIMM) DDR2 RAM

- NI PXI-8461/2

- 인텔 80386EX 프로세서가 있는 하드웨어 타이밍
- 필립스 SJA1000 CAN 컨트롤러 및 ISO 11898 물리 계층
- Windows 2000/NT/XP/Me/9x용NI-CAN 소프트웨어



- Program Software
 - LabVIEW Professional Development System
 - LabVIEW Real-Time Module
 - Simulation Interface Toolkit
 - CANopen Library

- Signal Interface
 - Canopen
 - J1939

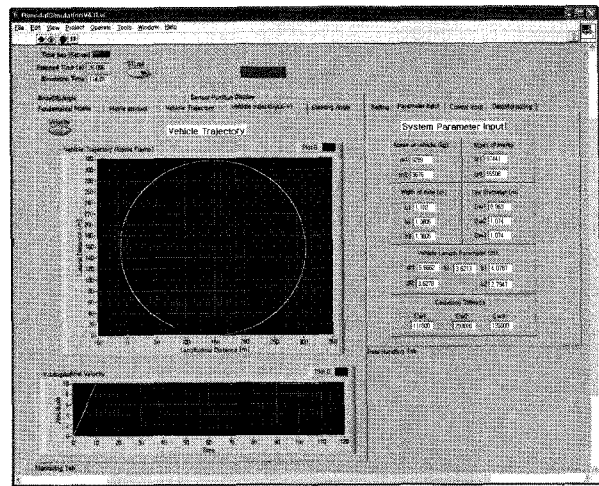
2.3.3 시뮬레이터 기능

시뮬레이터는 운전자가 Bimodal-tram을 운전하는 것과 동일한 기기와 절차로 구성된다. 처음 메인스위치를 켜으로써 차량의 시스템의 기동을 준비

한다. 내부 장치들은 상태를 점검하여 그 상태를 운전자에게 알리고 운전자는 이상이 없으면 점화스위치로 켜다. 다음으로 운전자는 배터리의 충전 조건이 이상이 없다면 배터리 모드로 부터 운전을 시작하여 Hybrid 모드로 운전을 할 수 있다. 운전의 시작은 수동운전으로 시작하며 자동운전 차량시스템의 조건과 자동운전요구조건이 만족되면 운전자가 자동운전으로 전환할 수 있다. 자동운전 조건에서 상황에 따라 운전자는 수동 또는 반자동모드로 전환하여 운전할 수 있다. 자동운전시스템에 가상의 경로에 대한 자석마크의 위치자료가 데이터베이스로 구축되고 이 경로운행에 대한 조향제어 성능이 평가된다. 바이모달 트램의 주요한 기능중 하나인 정밀정차 제어성능이 시험된다. 시뮬레이터에서는 차량의 센서신호를 모의하여 고장의 모의하고 이에 대응제어 동작을 시험한다. 통신이상에 따르는 대응동작을 시험하며 비상동작 상태를 시험하게 된다.

2.3.4 LabVIEW를 이용한 Bimodal-tram 모델링

시뮬레이터는 NI LabVIEW 프로그램으로 구현된다. 동력학모델의 구동과 제어시스템은 각가 real-time 환경에서 구동될 수 있도록 구현된다.



〈그림 4〉 LabVIEW 모니터링 프로그램

3. 결 론

Bimodal tram은 자동운전이 가능한 시스템으로 개발되고 있다. 그 동안 자동운전에 관련된 각 제어알고리즘과 동역학모델이 개발되었다. 개발된 제어알고리즘을 차량에 탑재하기에 앞서 알고리즘의 제어특성이 적절하게 검증될 필요가 있었다. 가능하면 실차시스템과 동일한 조건에서 제어시스템의 특성을 검증하는 것이 중요하다. 개발되는 Bimodal tram의 제어환경은 CAN통신으로 연결된다. 따라서 CAN통신상에 실제 시스템에서 연결되는 정보를 모의하여 연결해주면 제어시스템 측면에서는 차량시스템과 동일한 환경을 제공할 수 있다. 이 시뮬레이터를 개발함으로써 개발된 제어알고리즘이 적절하게 동작하는 지를 검증하려 한다. 이를 통하여 실제 시스템에서 발생할 수 있는 문제점을 사전에 보완할 수 있다. 본 설계안을 토대로 시뮬레이터를 개발하고 이를 활용하여 제어시스템의 완성도를 향상할 수 있을 것으로 본다.

감사의 글

본연구는 2008년도 건설교통부의 국가교통핵심기술사업(R&D/03-대중 11) 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.

[참 고 문 헌]

- [1] Korea Railroad Research Institute, <http://www.bimodaltram.com>
- [2] Advanced Public Transport Systems BV, <http://www.sre.nl/hov>.