

굴절차량의 안내/추진 제어 설계용 Toolbox

민경득*, 윤경한*, 김영철*, 변윤섭**, 목재균**
 충북대학교 전자공학과*, 한국철도기술연구원**

Matlab Toolbox for Guidance & Traction Control Designs of an Articulated Transportation Vehicle

Kyung-Deuk Min*, Kyoung-Han Yun*, Young-Chol Kim*, Yun-Seob Byun** and Jai-Kyun Mok**
 Department of Electronics Engineering, Chungbuk National University, Korea*
 Bimodal Transportation Research Center, Korea Railroad Research Institute, Korea**

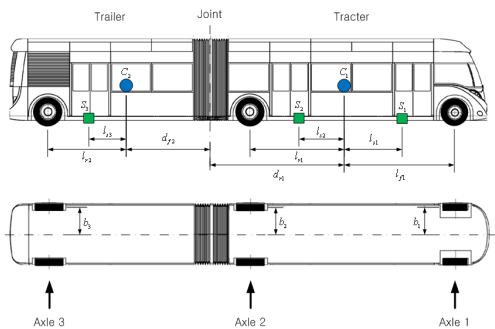
Abstract - KRRI 바이모달 트램은 굴절버스 형태로 모든 차륜이 조향 가능하며 트레일러의 차륜과 트랙터의 후륜이 독립적으로 구동 가능한 시스템이다. 본 논문은 굴절차량용 자동 안내/추진 제어를 설계하기 위한 차량의 동역학 분석 및 제어기의 성능분석용 Toolbox를 소개한다.

1. 서 론

한국철도기술연구원(KRRI)은 교통문제를 해결하기 위한 새로운 대중교통수단으로 바이모달 트램(Bimodal Tram)을 개발 중이다. 이 차량은 트랙터와 트레일러가 연결된 굴절차량 형태이지만 모든 차륜이 조향 가능하여 최소 회전 반경이 작다. 또 전철이 궤도를 따라가듯이 운행할 수 있고 승강장에서 승차를 편리하게 하기 위한 접근성도 높일 수 있다. 이러한 전륜조향 차량은 한사람의 운전자가 상황을 판단하고 조작하기에 무리가 있기 때문에 운행의 많은 부분이 자동화 될 필요가 있다. 특히 승강장에서의 도킹은 승강장과 횡방향 거리를 긴밀하게 유지하면서 정확한 탑승위치에 정착하는 것으로 수동운전으로는 수행하기 어려운 부분이다. 자동운전은 크게 횡방향 안내제어와 종방향 추진제어로 나눌 수 있다. 자동운전을 위해서는 안내제어를 위한 3개의 조향각 입력과 속도 및 위치 제어를 위한 추진 토크 입력을 결정할 안내/추진 제어기가 필요하다. 또 도로의 점착계수와 탑승 인원의 변동 및 차량 재원의 불확실성에 대한 제어기의 강인성도 요구된다. 이와 같은 요구조건을 만족하는 제어기의 설계를 위한 차량의 동역학 분석 및 설계된 제어기의 성능분석용 Toolbox를 Matlab GUI환경에서 개발하였다. 본 논문은 KRRI 바이모달 트램용 안내/추진 제어 설계 Toolbox를 소개하고 사용법에 대해 기술한다.

2. KRRI 바이모달 트램의 비선형 동적 모델

바이모달 트램의 동역학 분석 및 제어를 분석하기 위해서는 KRRI 바이모달 트램의 동적 모델이 필요하다. Toolbox에 적용된 차량 모델은 Lagrange 방정식을 통해 얻은 비선형 동적 모델[1]이다.

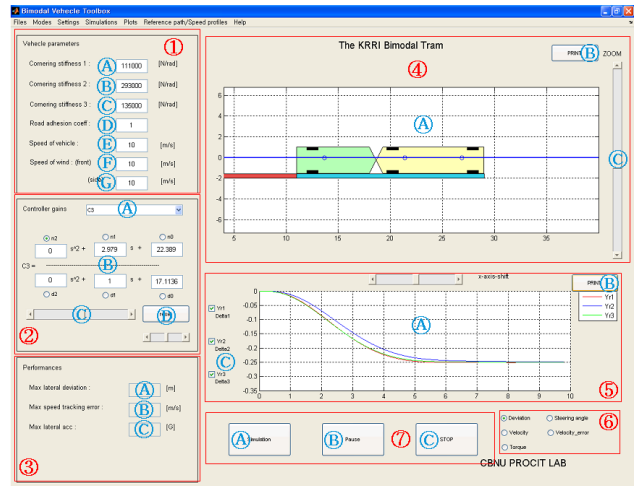


〈그림 1〉 KRRI 바이모달 트램

바이모달 트램의 형태는 <그림 1>과 같이 트랙터와 트레일러로 구성되어 있다. 각각 조향이 가능한 세 개의 축(Axle 1-3)을 갖고 있고 세 개의 센서(s_1-s_3)로 기준경로와의 편차를 측정한다.

3. 굴절차량용 안내/추진 제어 설계 Toolbox

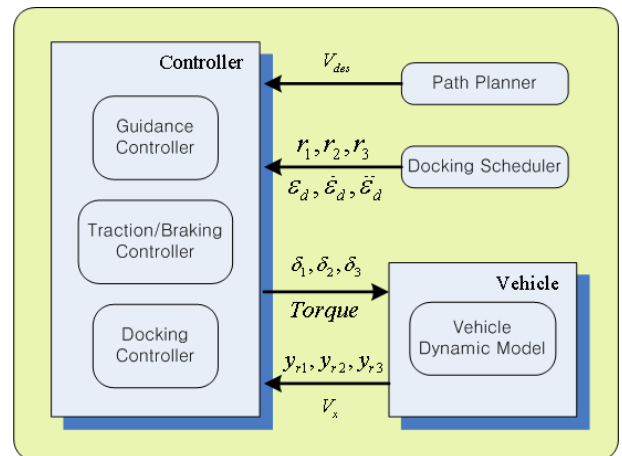
굴절차량용 안내/추진 제어 설계 Toolbox는 크게 시뮬레이션 환경과 제어를 입력하는 패널과 시뮬레이션 결과를 보여주는 패널로 이루어져 있다. <그림 2>는 Toolbox의 전체화면이다. <표 1>에 Toolbox의 각 부분 명칭을 정리하였다. <그림 3>의 블록 다이어그램은 Toolbox 내부 안내/추진 제어기의 원리를 그린 것이다.



〈그림 2〉 바이모달 트램용 안내/추진 제어 설계 Toolbox

〈표 1〉 Toolbox의 각 부분 명칭

패널 번호	패널의 용도	각 부분의 명칭
①	차량 재원 및 시뮬레이션 조건 입력 패널	차량의 재원 및 시뮬레이션 조건입력
②	제어기 입력 패널	제어기의 이득값 입력
③	성능 출력 패널	최대 편차 및 최대 가속도 등의 성능 출력
④	동영상 출력 패널	차량의 움직임을 동영상으로 보여줌
⑤	그래프 출력 패널	시뮬레이션 결과를 각종 그래프로 보여줌
⑥	그래프 선택버튼	횡방향 편차, 조향각, 조향각속도, 속도, 추진토크등의 그래프를 선택
⑦	실행버튼	시뮬레이션 시작, 일시정지, 정지 버튼



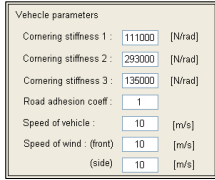
〈그림 3〉 안내/추진 및 도킹 제어의 블록 다이어그램

4. Toolbox의 기능 및 사용법

Toolbox의 사용 순서는 우선 시뮬레이션 조건을 입력하고 시뮬레이션 모드를 선택하여 시뮬레이션 결과를 분석하는 과정을 거친다.

4.1 시뮬레이션 조건

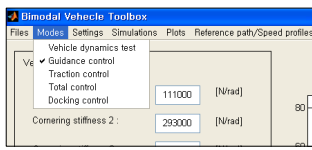
모든 시뮬레이션 이전에 <그림 4>의 시뮬레이션 조건 패널에 바이모달 트램의 파라미터 및 바람과 접촉계수 같은 외란을 입력해야 한다.



<그림 4> 시뮬레이션 조건 입력

4.2 시뮬레이션 모드

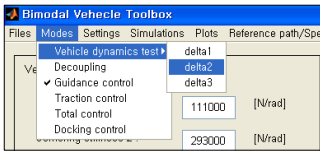
시뮬레이션 모드는 모두 동역학 테스트 모드, 디커플러 테스트 모드, 안내제어 모드, 추진제어 모드, 도킹제어 모드로 이루어진다. 모드는 <그림 5>와 같이 메인메뉴의 Modes에서 선택한다.



<그림 5> 시뮬레이션 모드 선택

4.2.1 동역학 테스트

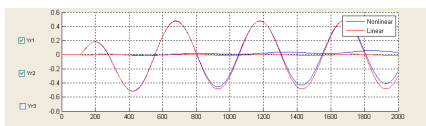
제어기를 적용하지 않고 임의의 조향입력에 따른 차량의 동역학을 테스트하는 모드이다. 세 개의 조향입력 $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ 중 선택하여 정현파를 입력 할 수 있다. 조향입력은 <그림 6>에서와 같이 차량의 동역학 테스트의 하위메뉴에서 선택한다.



<그림 6> 조향 입력 선택

4.2.2 디커플러 테스트

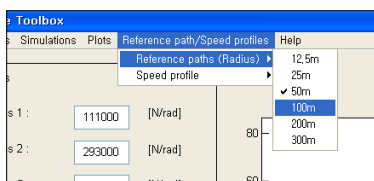
디커플러 DI2는 조향입력 δ_2 의 영향을 S1위치에서의 기준경로와의 편차 $yr1$ 에 미치는 영향을 줄이기 위해 설계된 것이다. 디커플러의 파라미터를 제어기 입력패널에 입력한 후 시뮬레이션 시작 버튼을 누른다. 아래의 <그림 7>은 시뮬레이션 결과이다. 정현파 형태의 $yr2$ 와 직선 형태의 $yr1$ 으로 보아 디커플러가 잘 동작하고 있음을 알 수 있다.



<그림 7> 디커플러 테스트 모드 시뮬레이션 결과

4.2.3 안내제어

자동 안내제어 모드에서는 제어기를 통해 기준경로와의 편차에 따른 조향각이 결정된다. 여기서 기준경로 입력은 아래의 <그림 8>과 같이 회전반경에 따라 분류되어 있는 기준경로 중 하나를 선택한다. 안내제어 모드에서 시뮬레이션 하기 위해서 필요한 입력과 시뮬레이션 결과로 얻어지는 데이터를 아래에 <표 2>에 정리하였다.



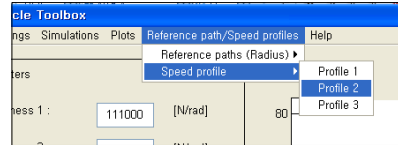
<그림 8> 안내제어 컨트롤러 게인 및 경로 지정

<표 2> 안내제어 모드에서의 입력과 출력

	해당 입출력 패널	입출력 변수
입력	시뮬레이션 조건 입력 패널	모든 시뮬레이션 조건, 차량 속도(정속주행)
	제어기 입력 패널	C1, C2, C3, 디커플러
출력	그래프 출력 패널	기준경로와의 편차, 조향각, 조향 속도

4.2.4 추진제어

추진제어 모드에서는 차량이 목표 속도를 잘 추종하는가를 시뮬레이션 한다. 먼저 <그림 9>과 같이 속도 프로파일을 입력 받는다. 추진제어기의 성능은 기준속도 프로파일과 시뮬레이션 차량 속도의 차이로 확인할 수 있다. 또 입력 토크와 차량의 가속도를 통해 토크 및 가속한계를 벗어나는지 확인할 수 있다.



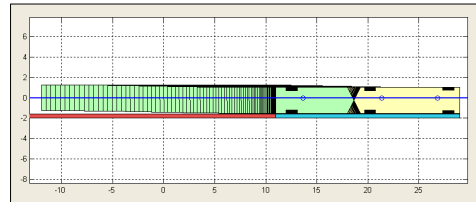
<그림 9> 속도 프로파일 지정

4.2.5 도킹제어

도킹제어 모드에서는 승강장에 차량이 진입해서 정차할 때까지의 시뮬레이션을 한다. 이 모드에서는 안내제어와 추진/제동 제어가 동시에 이루어진다. <표 3>의 입력변수와 출력데이터를 정리하였다. <그림 10>은 도킹제어 시뮬레이션 결과이다.

<표 3> 도킹제어 모드에서의 입력과 출력

	해당 입출력 패널	입출력 변수
입력	시뮬레이션 조건 입력 패널	모든 시뮬레이션 조건
	제어기 입력 패널	C1, C2, C3, 디커플러
출력	그래프 출력 패널	기준경로와의 편차, 조향각, 조향 속도, 토크 입력, 차량 속도



<그림 10> 도킹제어 시뮬레이션 결과

4. 결 론

본 논문에서는 KRRI 바이모달 트램의 동역학 테스트 모드, 디커플러 테스트 모드, 안내제어 모드, 추진제어 모드, 도킹제어 모드를 시뮬레이션 할 수 있는 Toolbox가 소개되었다. 이 도구를 이용하면 설계된 제어기를 바로 입력하여 그 성능을 시뮬레이션 결과로 확인할 수 있다. 이것은 안내/추진 제어기 설계기준을 반영 하는데 큰 도움이 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국철도기술연구원 위탁과제(과제명 : 굴절차량의 자동조향 안내제어 알고리즘 개발) 지원으로 이루어진 연구임.

[참고 문헌]

- [1] 김영철, 윤경환, 민경득, 변운섭, 목재균 " KRRI 전륜조향 차량의 횡방향 선형 동역학 모델"정보 및 제어 심포지엄 논문집, 230~231, 2008년
- [2] C. Chen and M. Tomizuka, "Dynamic modeling of articulated vehicles for automated highway systems," *Proc. of American Control Conf.*, pp.653-757, Seattle, June 1995.
- [3] D. de Bruin and P.P.J. van den Boach, "Modeling and control of a double articulated vehicle with four steerable axles," *Proc. of American Control Conf.*, pp. 3250-3254, San Diego, June 1999.
- [4] C. Chen and M. Tomizuka, "Dynamic modeling of tractor-semitrailer vehicles in automated highway systems," *PATH Technical Report*, ITS, U.C. Berkeley, 1995
- [5] M.Tai and M. Tomizuka, "Robust lateral control of heavy vehicles for AHS," *Proc. of the 14 IFAC World Congress*, Peking, 1999.