

## 개인고속이동 시스템의 차량운행제어를 위한 속도 패턴 및 충돌방지 알고리즘의 설계

이 준 호  
한국철도기술 연구원

**A Design of the speed pattern and a collision avoidance algorithm for the vehicle operational control of personal rapid transit system**

Jun-Ho Lee  
Korea Railroad Research Institute

**Abstract** - 본 논문에서는 완전 자동화된 개인고속이동 시스템의 원활한 차량운행 제어를 위한 운행속도 패턴과 차량 간의 충돌을 방지하기 위한 알고리즘의 설계 및 설계된 알고리즘의 검증을 위한 하드웨어 구성에 대해서 다룬다.

### 1. 서 론

본 논문에서는 개인고속이동 시스템을 위한 차량운행제어 시스템의 구성에 대해서 다룬다. 제안된 차량운행제어 시스템은 두 부분으로 나누어져 있다. 하나는 시뮬레이션을 위한 부분이고 다른 하나는 제안된 운영시나리오의 구현 및 평가를 위한 장치의 구성에 대한 것이다. 모의시험을 위해서 Matlab/simulink 와 Labview Simulation Interface Toolkit 이 결합된 simulation tool 을 이용하여, 설계된 시험용 운영 시나리오를 제안된 실험 장치에 업로드 하기 전에 simulation tool 을 이용하여 시험용 운영시나리오를 모의시험 한다. 제안된 평가 장치는 가상 차량, 중앙 제어 장치, GUI 및 모니터링 장치로 구성된다. 가상 차량은 GUI 상에서 운행상태가 표시되며 차량의 제어정보는 중앙 제어 장치로부터 입력된다. 중앙 제어 시스템은 차량의 운행상태 및 속도 정보를 포함하는 각 차량의 상태 정보를 수집하고 가상의 차량에서 속도 패턴을 계산하는데 필요로 하는 매개변수 값들을 전송한다. GUI 및 모니터링 장치는 중앙 제어 장치로부터 전송된 정보를 바탕으로 각 차량의 현재 상태를 표시한다.

본 논문에서는 각각의 가상 차량이 각각의 속도 패턴을 계산하기 위해서 가상 차량 서로 간의 통신을 허용하고 있지 않으면 속도 패턴을 계산하기 위한 모든 정보는 중앙제어 시스템으로부터 전송되는 집중식 차량 제어 방식을 이용한다.

본 논문에서 제안하는 시뮬레이션 환경 및 설계된 운영 시나리오의 평가를 위한 장치의 구성은 개인고속이동 시스템의 차량 운행 제어 시스템의 개발을 위해서 적용될 수 있으며, 특히 본 논문에서 제안하는 simulation tool 은 실시간 모의시험 환경을 제공하고 있으며 이를 이용하여 개발 과정에서 가장 중요한 인자 중의 하나로 인식되어 지고 있는 각 차량의 동적 특성을 파악 할 수 있게 해준다. 평가 시스템의 구성은 위해서 상업용 하드웨어를 채용하고 있으며 제어 알고리즘은 채용된 상업용 보드의 요구사항에 맞추어서 코드화 된다. 이것은 제안된 평가 시스템에서 시험된 제어 알고리즘이 본 논문의 평가 시스템과 같은 상업용 보드를 이용해서 설계된 실제 제어시스템에 소프트웨어 구조상의 큰 변화 없이 바로 적용 가능하다는 것을 의미하며 시스템의 개발 시간을 단축시킬 수 있는 장점을 포함하고 있다.

### 2. 속도 패턴

어떤 차량의 속도 패턴은 식(1)로 표현될 수 있다.

$$v_B = \sqrt{2a(D_b - d_{bp}) + v_{cf}^2} \quad (1)$$

식 (1)이 의미하는 것은 만약 도달해야 하는 최종 속도를 알고, 차량의 현재 위치, 진행해야 할 거리, 감속도를 알고 있으면, 차량의 현재 속도를 계산할 수 있다는 것

표 1. 구간별 제한속도 표 (Distance-to-go 방식)

Speed Transit ion	Track No.	Distanc e/Step	Total Distan ce	Acc/Co nt/Dec	Initial Speed	Final Speed
1	1-5	100[m]		Acc	0[km/ h]	40[km/ h]
2	6-13	160[m]	260[m]	Cont	40[km/ h]	40[km/ h]
3	14-20	140[m]	400[m]	Dec	40[km/ h]	30[km/ h]
4	21-38	360[m]	760[m]	Cont	30[km/ h]	30[km/ h]
5	39-50	240[m]	1000 [m]	Acc	30[km/ h]	60[km/ h]
6	51-75	500[m]	1500 [m]	Cont	60[km/ h]	60[km/ h]
7	76-80	100[m]	1600 [m]	Dec	60[km/ h]	40[km/ h]
8	81-88	160[m]	1760 [m]	Cont	40[km/ h]	40[km/ h]
9	89-95	140[m]	1900 [m]	Dec	40[km/ h]	30[km/ h]
10	96-113	360[m]	2260 [m]	Cont	30[km/ h]	30[km/ h]
11	114-12 5	240[m]	2500 [m]	Acc	30[km/ h]	60[km/ h]
12	126-13 5	200[m]	2700 [m]	Cont	60[km/ h]	60[km/ h]
13	135-14 5	200[m]	2900 [m]	Dec	60[km/ h]	30[km/ h]
14	146-15 0	100[m]	3000 [m]	Stop	30[km/ h]	0[km/ h]

을 의미한다.

본 논문에서는 3[km]의 guideway 상에서 차량이 운행될 때, 정해진 속도 구간에서 정해진 속도를 추종해서 차량이 운행되는 정상상태 와 앞 차량이 비상 제동을 체결했을 때 차량 간의 추돌을 피하기 위한 후미 차량의 비상 제동 체결 및 정지 상태를 보여주는 비상 상태에 대한 운영시나리오를 다룬다. 표 1. 은 정상상태에 대한 14 단계의 속도 변화에 따른 차량의 운행 시나리오를 보여준다.

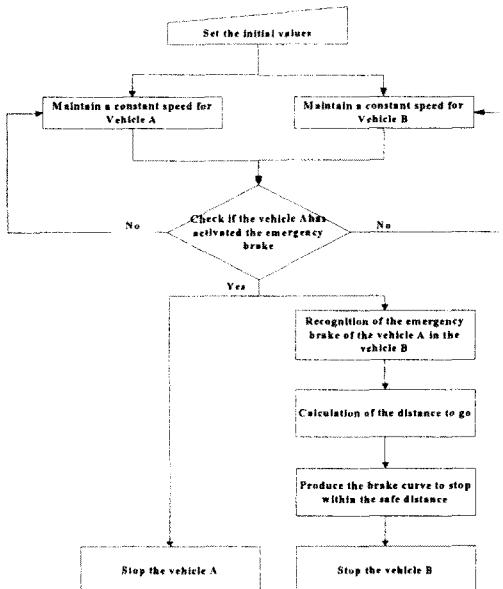


그림 1. 비상상태의 운행 시나리오

그림 1. 은 가상의 차량제어 시나리오의 Task 흐름을 보여준다. 그림 1. 에서 초기 매개변수 값들은 차량의 속도 패턴을 계산하기 위해서 미리 설정 되어야 한다. 만약 각각의 차량에서 비상제동 시스템이 활성화 되지 않으면 각각의 차량은 일정속도로 가이드웨이에서 운행 중인 것으로 가정한다. 그러나 만약 앞차의 비상제동 시스템이 활성화 되면 후미 차량은 이를 인지하는 것과 동시에 자신의 비상제동 시스템을 활성화 시켜야한다.

### 3. 모의 시험

가상의 차량제어 시나리오에 대한 모의시험을 위해서 본 노문에서는 Matlab/Simulink 와 Labview Simulation Interface Toolkit 이 결합된 새로운 개념의 simulation tool 을 채용한다. 그림 2. 는 Matlab/Simulink platform에서 운용되는 속도 패턴 생성을 위한 모델을 보여준다. 이 그림에서 A 차량의 속도 패턴과 B 차량의 속도 패턴은 초기화 블록으로부터 받은 초기화 정보를 바탕으로 속도 패턴 생성 블록에서 생성된다. 속도 패턴의 모니터링을 위해서 Labview Simulation Interface Toolkit 이 사용되고 그림 3. 는 초기 파라메타 값과 정상 상태 및 비상 상태에 대한 각 차량의 속도 패턴을 포함하는 Labview 의 front panel 을 보여준다.

그림 4. 는 14단계의 속도 변화에 대한 정상상태 차량운행 제어의 모의 시험결과를 보여준다. 직선은 후미 차량의 속도 패턴, 점선은 앞 차량의 속도 패턴을 보여준다.

그림 5. 는 비상상태에 대한 모의시험 결과를 보여주고 있으며, 앞 차량의 비상 제동 체결 지점은 1.5[km] 지점이며, 후미 차량은 약 1.3[km] 지점에서 앞 차량의 비상 제동을 인식하고 후미차량의 비상제동을 체결하고 앞 차량의 비상제동 체결 지점으로부터 약 40[m]의 안전거리를 유지하고 정지한다.

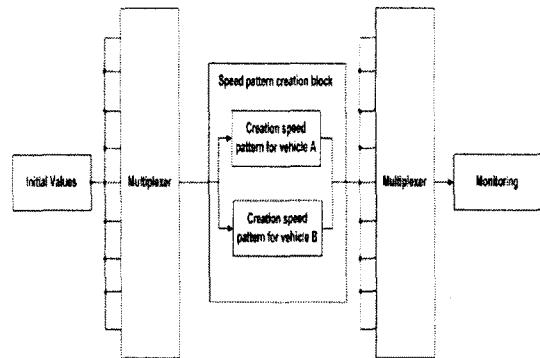


그림 2. 모의시험을 위한 simlink 모델

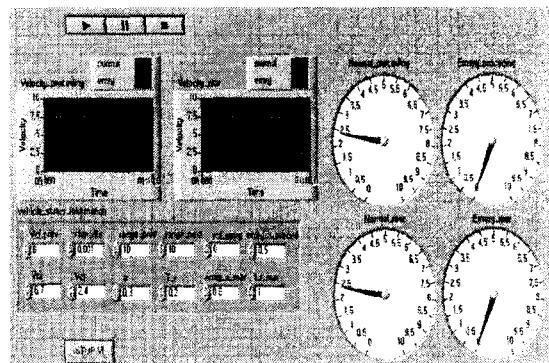


그림 3. Labview front panel

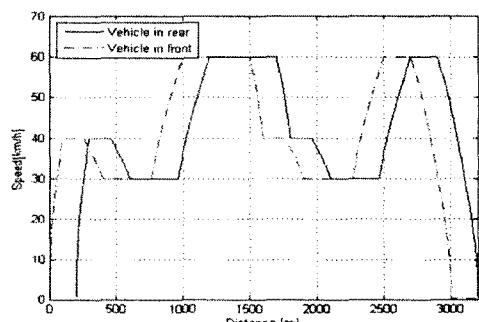


그림 4. 정상상태의 모의시험 결과

### 4. 검증 시스템 구성

그림 6. 은 설계된 제어알고리즘의 검증을 위한 하드웨어 구성을 보여준다. 그림에서 virtual vehicle module 과 central control module은 MPC7410 VME bus type, Motorola 상용 프로세서를 채용하고 있으며, 각 모듈간의 통신은 이더넷 포트를 이용한 TCP/IP 통신 프로토콜을 이용한다.

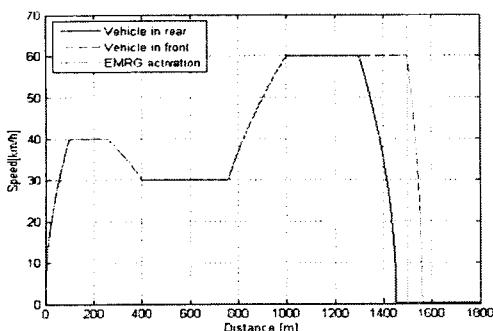


그림 5. 비상상태의 모의시험 결과

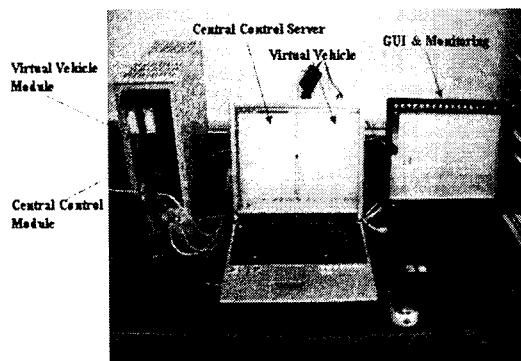


그림 6. 하드웨어 구성

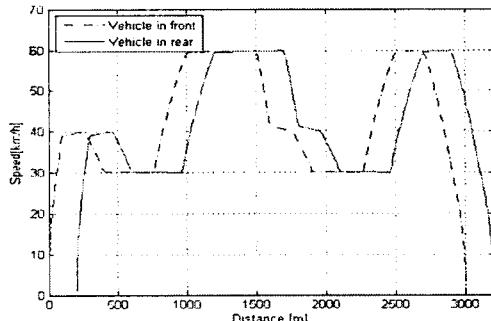


그림 7. 정상상태에 대한 실험결과

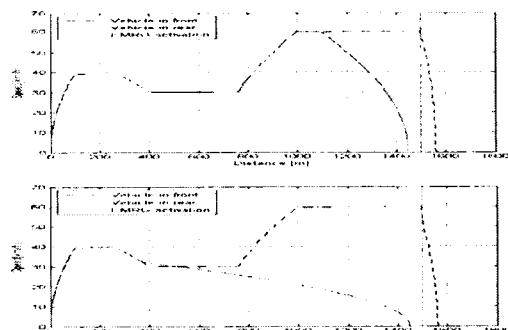


그림 8. 비상상태에 대한 실험결과

그림 7과 8은 제안된 하드웨어 구성상에서 연산된 정상

상태와 비상상태에 대한 연산결과를 보여주고 있으며, 앞 절에서 보여주었던 모의시험 결과와 매우 유사한 결과를 보여주고 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서 각 차량의 속도 패턴에 대한 정상상태와 비상상태에 대한 운영 시나리오를 보였으며, Matlab/Simulink 와 Labview Simulation Interface Toolkit 이 결합된 simulation tool 을 이용해서 차량의 속도패턴 계산 예를 보였다. 중앙제어 시스템, 가상차량, GUI 및 모니터링 장치로 이루어진 하드웨어 구성을 소개했으며 이를 이용한 실험 결과는 모의시험 결과와 일치함으로서 제안된 실험장치의 구성에 대한 적합성을 보였다.

## [참 고 문 헌]

- [1]. Ollie Mikosza, Wayne D. Cottrell, "MISTER and other New-Generation Personal Rapid Transit Technology", *Transportation Research Board*, 2007
- [2]. Jun-Ho Lee, Ducko Shin, Yong-Kyu Kim, "A Study on the Headway of the Personal Rapid Transit System", *Journal of the Korean Society for the Railway*, Vol. 8, No. 6, pp. 586~591, 2005.
- [3]. Jun-Ho Lee, Kyung Ho Shin, Jea-Ho Lee, Yong-Kyu Kim, "A Study on the Construction of a Control System for the Evaluation of the Speed Tracking Performance of the Personal Rapid Transit System", *Journal of the Korean Society for the Railway*, Vol. 9, No. 4, pp. 449~454, 2006.
- [4]. Markus Theodor Szillat, "A Low-level PRT Microsimulation", *Ph. D. dissertation, University of Bristol*, April 2001.
- [5]. Duncan Mackinnon, "High Capacity Personal Rapid Transit System Developments", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol. VT-24, No. 1, pp. 8~14, 1975
- [6]. J.E. Anderson, "Control of Personal Rapid Transit", *Teletronikk 1*, 2003
- [7]. Bih Yuan Ku, Jyh Shing R. Jang, Shang Lin Ho, "A modularized Train Performance Simulator for Rapid Transit DC Analysis", *Proceedings of the 2000 ASME/IEE Joint Railroad Conference*, pp. 213~219, April, 2000.