

직진 주행 차량의 강인 적응제어기 설계

Design of Robust Adaptive Controllers for Longitudinal Motion of Vehicles

°김 동 현*, 김 응 석**, 김 홍 필***, 양 해 원***

*한양대학교 전기공학과(Tel : 81-31-419-2313; E-mail: ddhkim@hymail.hanyang.ac.kr)

**한라대학교 전기공학부(Tel : 81-33-760-1248; E-mail: eskim@hit.halla.ac.kr)

***경일대학교 전기공학과(Tel : 81-53-850-7146; E-mail: Kimhongp@bear.kyungil.ac.kr)

****한양대학교 전자컴퓨터공학부(Tel : 81-31-400-5162; E-mail: hwyang@email.hanyang.ac.kr)

Abstract : A robust adaptive technique for the longitudinal control of a platoon of automated vehicles is presented. A nonlinear model is used to represent the vehicle dynamics of each vehicle within the platoon. The external disturbance such as wind gust and a disturbance term due to engine transmission variations and so on are considered. The state observer is used to avoid direct measurement of the relative velocity or acceleration between the controlled and leading vehicles or the controlled vehicle's acceleration. It is shown that platoon stability can be recovered in operation even if a speed dependent spacing policy is adopted, which incorporates a constant time headway in addition to the constant distance. The simulation results demonstrate excellent tracking even in the presence of disturbances.

Keywords : robust adaptive control, longitudinal vehicle, disturbance

1. 서론

본 논문에서는 차량의 직진 주행 운동을 제어하기 위하여 관측자를 이용한 강인 적응제어기를 설계한다. 선행차량과 추종 차량 간의 안전거리는 선행 차량의 속도에 따라 적절한 안전거리를 유지하는 캘리포니아 규칙[1]을 사용하며, 바람이나 엔진 트랜스미션 변화에 따른 외란 요소를 보상하기 위하여 강인제어 기법을 사용하며, 적응칙을 이용하여 차량 파라미터(질량, 엔진시정수 등)를 추정한다. 차량의 추력에서부터 주행가속도까지 만을 입출력으로 간주한 비선형 모델을 차량 속도 및 가속도 관측자 설계에 이용한다. 전체 시스템의 안정도를 보장하며 선행 차량에 대한 추종특성이 보장될 수 있음을 수학적으로 입증하며, 차간 거리, 속도 및 가속도가 원하는 값으로 유지할 수 있음을 보인다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 선행차량을 포함한 4대의 자동차에 대하여 수학적으로 입증된 본 제어기의 효율성을 확인하기로 한다. 본문은 제2장에서 제어모델 및 해결하려는 문제를 정식화하며, 제3장에서 강인 적응제어기의 설계 문제 및 수학적 안정도 입증에 대해 다루고, 제4장에서는 제시된 제어기의 타당성 보안을 위한 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 검토하고 제5장에서 결론을 맺도록 구성되었다.

2. 제어모델 및 문제의 정식화

도로는 수평이고, 모든 차량은 동일한 방향으로만 주행한다고 가정하자. 뉴튼의 제 2법칙으로부터 i 번째 자동차의 가속도와 자동차의 추진력, 자동차에 가해지는 기계저항에 의해 구해지는 동특성은 다음과 같다[2].

$$m_i \ddot{x}_i = f_i - A_{\rho i} \dot{x}_i^2 - d_{mi} + d_{li}(t) \quad (1)$$

여기서, $x_i, \dot{x}_i, \ddot{x}_i$ 는 각각 i 번째 자동차의 위치, 속도, 가속도이고, f_i 는 추진력이며, m_i 는 i 번째 자동차의 질량이며, $A_{\rho i} \dot{x}_i^2$ 은 공기저항에 기인하는 힘으로 $A_{\rho i}$ 는 공기저항계수에 관한 상수이고, d_{mi} 는 기계저항(mechanical drag)에 관한 상수이다. $d_{li}(t)$ 는 바람 혹은 돌풍과 같은 외부외란에 의한 성분이다.

자동차의 엔진 다이내믹스를 표현하는 추진 시스템은 다음과 같은 1차 비선형 미분 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$\dot{f}_i = \frac{1}{\tau_i} (-f_i + u_i) + d_{2i}(t) \quad (2)$$

여기서, τ_i 는 i 번째 자동차가 \dot{x}_i 의 속도로 주행하고 있을 때, i 번째 자동차의 엔진 시정수를 나타내며, $d_{2i}(t)$ 는 엔진 트랜스미션 변화에 의한 외란이며, u_i 는 양수(>0)일 경우에는 스로틀 개도(throttle opening)이고 음수(<0)일 경우에는 제동력이다. 식(1),(2)에서 $m_i, A_{\rho i}, \tau_i$ 는 미지의 값이다.

위에서 설명된 직진 주행차량은 그림 1처럼 표현될 수 있고, 이 모델은 자동차 군집 주행제어를 위해 [3]에서 이용되었으며, AICC(Autonomous Intelligent Cruise Control)시스템을 설계하기 위해 [2][4]에서도 이용되었다.

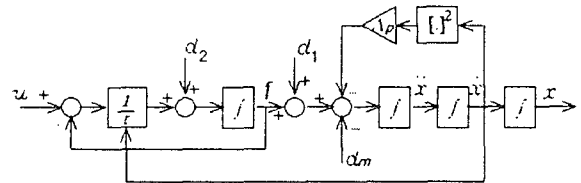


그림 1 직진 주행차량 모델

Fig. 1 Longitudinal Vehicle Model

안전한 직진주행운전을 위해 후위차량은 선두차량으로부터 안전한 거리를 유지하여야 한다. 교통운영 관점에서 보면, 바람직한 안전거리는 가능한 작아야 한다. 하지만 자동차의 성능과 탑승자의 편안한 안전거리 느낌, 그밖의 다른 안전요소 고려등에 의해 최소 안전거리는 다른 형태로 정의 되어야 한다.

i 번째 자동차의 바람직한 안전거리 규칙[4]은 다음과 같다.

$$S_{di} = \sigma(v_i^2 - v_{i-1}^2) + \rho v_i + L \quad (3)$$

여기서, $v_i = \dot{x}_i$ 는 i 번째 자동차의 속도이며, σ, ρ, L 은 사람의 운전동작 반응시간, 자동차의 최대 가속, 감속등을 고려한 양의 상수이다. 자동차 주행이 정상상태 동작으로 이루어지고 있으면, 후위 차량의 속도는 선두차량의 속도와 거의 같다. 따라서, 안전거리 규칙은 다음과 같이 근사화 된다.

$$S_{di} = \rho v_i + L \quad (4)$$