

# 통신 네트워크에서 상태 추정에 의한 군집병합의 원격제어

## Vehicle Platooning Remote Control via State Estimation in a Communication Network

\*황 태 현\*, \*\*최 재 원\*\*, 김 영 호\*\*\*

\* 부산대학교 기계공학부(Tel: 051-510-3203; Fax: 051-510-2470; E-mail: hevhai@hyowon.pusan.ac.kr)

\*\* 부산대학교 기계공학부(Tel: 051-510-2470; Fax: 051-510-2470; E-mail: choijw@hyowon.pusan.ac.kr)

\*\*\* 부산대학교 전기전자컴퓨터공학부(Tel: 051-510-2281; Fax: 051-516-4356; E-mail: yhkim@hyowon.pusan.ac.kr)

**Abstract** : In this paper, a platoon merging is considered as a remote-controlled system with the state represented by a stochastic process. In this system, it becomes to encounter situations where a single decision maker controls a large number of subsystems, and observation and control signals are sent over a communication channel with finite capacity and significant transmission delays. Unlike classical estimation problem in which the observation is a continuous process corrupted by additive noise, there is a constraint that the observation must be coded and transmitted over a digital communication channel with finite capacity. A recursive coder-estimator sequence is a state estimation scheme based on observations transmitted with finite communication capacity constraint. Using the coder-estimator sequence, the remote control station designs a feedback controller. In this paper, we introduce a stochastic model for the lead vehicle in a platoon of vehicles considering the angle between a road surface and a horizontal plane as a stochastic process. The simulation results show that the inter-vehicle distance and the deviation from the desired inter-vehicle distance are well regulated.

**Keywords** : platoon merging, remote-controlled system, coder-estimator sequence, finite capacity channel

### 1. 서론

피드백 제어시스템에서 제어기는 플랜트로부터 상태값을 피드백 받아 제어입력을 결정한다. 제어기와 플랜트가 충분히 떨어져 있다면 상호간에 통신을 통하여 상태값 피드백과 제어입력을 전송해야 한다. 현실적으로 통신 채널은 유한한 대역폭(bandwidth)을 가지고 있기 때문에 상태 관측값의 양자화(quantization) 수는 무한한 크기를 가질 수 없다. 또한 코드워드(codeword)의 길이가 길어질수록 전송시간이 길어지기 때문에 인코딩(encoding)과 디코딩(decoding)에 의해 복원된 관측값의 정확성만 유지된다면 코드워드의 길이는 짧을수록 실시간 제어에 유리하다.

전통적인 전송률 왜곡(rate-distortion) 이론[1]은 양자화를 실시할 데이터가 독립동일분포(independent identical distribution)하는 것으로 가정하고 있다. 그러나 동적 플랜트에서 측정된 값은 일반적으로 이러한 가정에 부합되지 않는다. 이와 같은 확률 동적 시스템의 측정치를 양자화, 인코딩, 그리고 디코딩 과정을 통해 원격제어기에서 복원할 때, 상태값의 추정에 대한 문제가 최근에 활발히 연구되어 그 결과들이 발표되고 있다[2][3]. 특히, 참고문헌 [2]에서는 고정 길이 인코딩(fixed length encoding)에 대한 코더 추정 시퀀스(coder-estimator sequence)를 제안하고 추정 오차의 크기가 유한함을 증명하였다.

군집주행(vehicle platooning)[4]은 미국의 PATH 연구소에서 처음 제안된 시스템으로 하나의 집단에 속하는 두 대 이상의 차량이 서로간에 짧은 간격을 유지하면서 고속으로 주행하는 방식이다. 군집(platoon)은 차선변경, 분리(split), 그리고 병합(merge) 등의 기동(maneuvering)을 한다. 본 논문에서는 군집의 병합을 위한 자동주행 차량의 기동을 관제소(control station)를 통하여 원격으로 제어하는 방법에 관하여 고찰한다. 관제소에서는 차량의 상태정보를 유한한 대역폭을 가진 통신 채널을 통하여 전송 받는다. 통신을 통한 신호의 시간 지연을 고려하지 않더라도 상태 관측값을 전송 받은 관제소의 상태 추정은 고전적인 상태 추정 기법과는 다르다.

본 논문에서는 일반적으로 무시되어 왔던 도로 노면의 경사각을 확률적으로 모델링하여 4차의 운동 방정식을 구성하였고 코더 추정 시퀀스를 이용하여 추정된 자동주행 차량의 상태값을 바탕으로 PID 제어기를 설계하였다.

### 2. 문제의 설정

군집주행의 가능한 기동은 차선변경, 분리, 병합이 있을 수 있다. 군집주행에서 기동은 차량 상호간의 통신을 통하여 기동 요구 및 허락과 같은 과정을 거쳐서 이루어진다[5]. 그러나 차선변경은 이웃 차선의 다른 차량과의 통신으로 그리고 분리는 군집내의 차량과의 통신을 통하여 이루어지는데 반해 군집의 병합은 비교적 원거리에 있는 차량과의 통신을 필요로 한다. 즉, 추종군집(following platoon)의 선도차량(lead vehicle)이 병합을 요구하면 선행군집(preceding platoon)의 선도차량이 허락 메시지를 송신함으로써 군집의 병합이 시작된다.

본 논문에서는 군집의 병합을 군집 외부의 관제소에서 원격으로 시행하는 시스템을 고려하며 이때의 상태추정 문제에 대해 고찰한

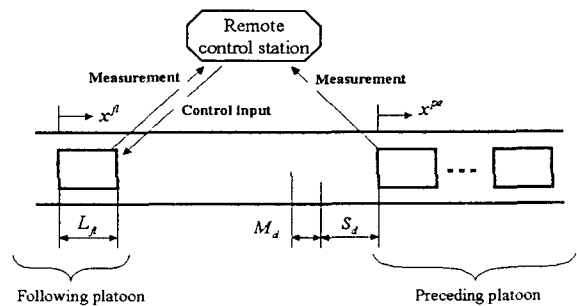


그림 1. 원격제어에 의한 군집 병합 시스템