

차량군집주행을 위한 테스트베드 개발

Testbed Development for Vehicle Platooning Control

송해석

(부산대학교, 석사과정)

최재원

(부산대학교, 교수)

목 차

- | | |
|------------|-------------|
| I. 서론 | 4. 무선통신 모듈 |
| II. 시스템 구성 | 5. 인터페이스 모듈 |
| 1. 센서 모듈 | III. 결론 |
| 2. 구동 모듈 | 참고문헌 |
| 3. 조향 모듈 | |

I. 서론

ITS(Intelligent Transportation Systems)의 한 분야인 AVHS (Advanced Vehicle and Highway System)는 컴퓨터, 전자제어, 센서 등의 첨단 시스템을 이용하여 차량간의 주행 간격을 현재의 인간이 운전하는 주행 안전 간격보다 훨씬 좁히는 시스템이다. 이는, 단위 도로면적당 또는 단위 시간당 주행할 수 있는 차량의 대수를 2배, 혹은 3배까지도 증가시키는 것을 목표로 하는 미래형 교통시스템이다. 현재와 같은 대도시에서 교통혼잡 감소를 위한 도로신설은 토지보상비, 건설비용의 급증으로 인하여 점차 어려워지고 있다는 사실을 감안할 때, 그 중요성을 인식할 수 있다(장, 1999 : Varaiya, 1993).

AVHS에는 대체로 ACC(Adaptive Cruise Control) (Winner 등, 1996)와 군집주행(Platooning) (Raza and Ioannou, 1996)이라는 두 시스템이 현재 활발히 연구되고 있다. 군집주행 시스템은 미국 캘리포니아 교통국과 U. C. Berkeley가 공동으로 추진하여 온 PATH (Partners of Advanced Transit and Highways) 프로젝트(Shladover 등, 1991)에서 주로 연구되고 개발된 차량주행 시스템으로, 하나의 집단에 속하는 두 대 이상의 차량이 서로간에 짧은 차간 간격을 유지하면서 고속으로 주행하는 방식이다. 이는 개별 차량의 안정성과 함께 전체 차량군의 안정성을 보장해야 한다. 일반적으로 이러한 차량군의 안정성은 차량간의 많은 주행정보의 교환에 의해 이루어진다.

군집주행 시스템의 실현을 위해서 군집내의 각각의 차량들은 최첨단의 계측기술, 제어기술, 통신기술 및

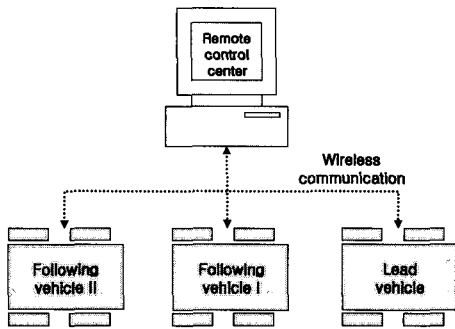
이들을 유기적으로 통합하는 인터페이스 기술 등을 필요로 한다. 이러한 최첨단의 기술들을 바탕으로 군집주행 시스템은 차간거리유지, 충돌방지, 차선유지, 차선변경 등과 같은 복잡하고 다양한 차량주행과 기동이 가능하게 된다.

미국, 유럽, 일본 등의 몇몇 선진국에서는 일찍이 군집주행과 같은 지능차량의 필요성을 자각하여 많은 연구와 개발이 진행되어 왔다(최 등, 2001; Fritz, 1999; Nwagboso, 1997). 최근 국내에서도 건설교통부, 정보통신부 등의 관련기관들과 대학 연구기관들을 중심으로 활발하게 연구가 진행되고 있으며, 일부 자동차 회사에서는 군집주행 시스템을 개발하여 시연한 바 있다. 이러한 국내·외의 연구들은 이론적 연구와 시뮬레이션 검증이 주류를 이루고 있으며, 일부 실험적 검증은 국가기관 또는 큰 자본을 바탕으로 한 자동차 회사를 중심으로 이루어지고 있다.

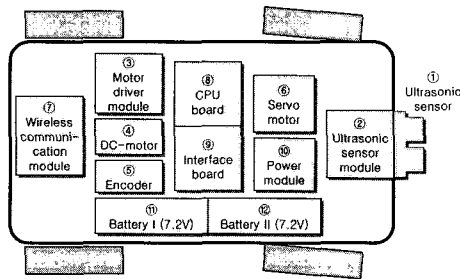
실차 적용이 힘든 대학 연구기관 또는 관련 연구기관들이 개발된 군집주행 알고리즘들을 검증하고 실제 차량에 적용하기 위한 중간 단계로, 군집주행 시스템의 테스트베드(testbed) 개발이 절실히 요구된다. 이러한 테스트베드는 실차 실험과 비교하여 저렴하고 안전하며, 짧은 기간동안 반복적이고 다양한 실험이 가능하다.

본 논문에서는 실제 군집주행과 흡사한 환경의 테스트베드 개발을 최종 목적으로 하며, 이에 앞서 테스트베드의 전체를 구성하고, 필요한 요소기술을 구현한다.

II. 시스템 구성



〈그림 1〉 테스트베드의 개요



- Sensor system : ①, ②
- Driving system : ③, ④, ⑤
- Steering system : ⑥
- Wireless communication system : ⑦
- O/I system : ⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫

〈그림 2〉 테스트베드 차량의 구성

군집주행을 위한 테스트베드는 〈그림 1〉과 같이 3대의 모형자동차가 하나의 군집을 이루고, 선도차의 속도를 제어하면서 군집의 상태를 모니터링할 수 있는 관제센터로 구성된다.

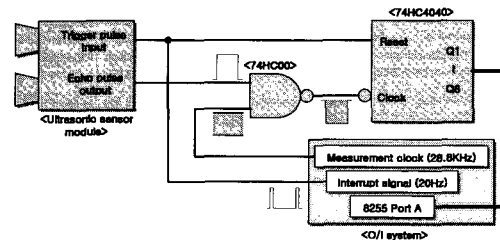
각각의 차량들은 〈그림 2〉와 같이 크게 5가지의 모듈(module)로 구성된다. 선행차와의 상대거리 계측을 위한 센서 모듈, 차량의 정지와 구동을 위한 구동 모듈, 차량의 조향을 위한 조향 모듈, 그리고 군집 내의 차량간 혹은 차량과 관제 센터와의 주행정보 교환을 위한 무선통신 모듈로 구성되며, 그밖에 이들을 유기적으로 통합시킬 수 있는 O/I(Operation/Interface) 모듈로 구성된다.

1. 센서 모듈

군집주행 차량에서 가장 중요한 역할을 하는 것은 선행차와의 충돌방지 및 상대거리 검출방법이다. 따라서 고도의 정밀도와 높은 신뢰성 및 경제성을 동시에 만족시킬 수 있는 차량용 센싱시스템의 개발이 요구되고 있으며, 이에 대한 연구가 다방면으로 이루어져 일부는 실용화 단계에 이르고 있다.

차량용 센서로서는 레이저 센서, 적외선 센서, 초음

파 센서, 밀리미터파 레이더 등이 많이 연구되고 있다. 본 논문의 테스트베드에서는 비교적 저가이면서 쉽게 구입 가능한 초음파 센서를 이용하였으며, 이를 모듈화하였다.



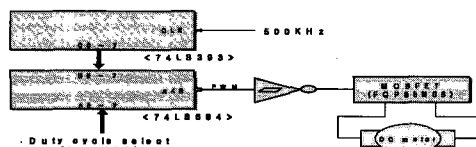
〈그림 3〉 센서 모듈

초음파 센서를 이용한 자차와 선행차와의 상대거리 검출방법은 다음과 같다. 먼저, 20Hz의 트리거 펄스(trigger pulse)에 의해 자차의 초음파 발신부에서 초음파를 발신한다. 그리고 발신된 초음파는 선행차에 반사되어 자차로 되돌아오며, 이때 초음파 수신부에서는 이 신호를 받아 발신에서부터 수신되기까지의 에코펄스(echo pulse)를 발생시킨다. 발생된 에코펄스는 〈그림 3〉과 같이 28.8kHz의 측정주파수(measurement frequency)와 카운터를 통해 발신에서부터 수신되기까지의 시간을 측정할 수 있다. 측정된 시간은 음파의 속도(343.5 m/s)에 곱하여 상대거리 검출이 가능하다. 구성된 초음파 센서 모듈은 2m까지 측정 가능하다.

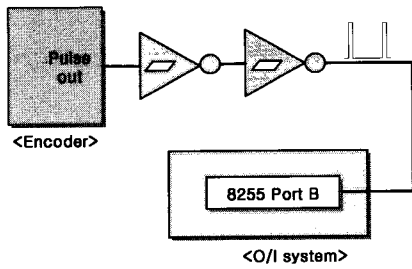
2. 구동 모듈

군집 자동주행 차량의 일정속도 유지 및 가감속 제어를 위해서 엔진모델을 기초로 한 자동 가감속 브레이크 제어시스템이 많이 연구되어 왔다(Choi and Devlin, 1995). 자동 가감속 브레이크 제어시스템은 유압서보기구를 많이 사용하고 있으며, 이를 제어하기 위한 제어기는 엔진의 비선형성을 고려하여 설계되고 있다. 본 논문의 테스트베드의 군집주행 차량에는 고가의 엔진 및 유압서보기구를 대신하여, 저가이면서 제어가 비교적 쉬운 DC 모터를 사용하였다.

DC 모터를 구동하는 방법에는 여러 가지가 있다. 그중, 가변속 제어에 용이하고 전력 사용 효율이 뛰어나며 마이크로 컨트롤러에 의해 쉽게 제어 가능한 PWM(Pulse Width Modulation) 방법을 적용하였다.



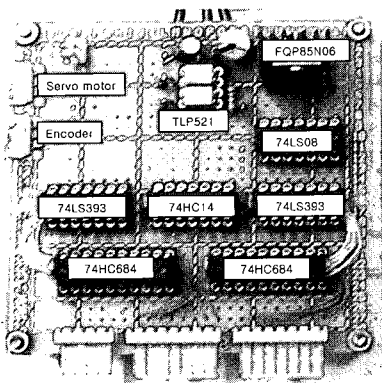
〈그림 4〉 PWM 구동 방법



<그림 5> 속도 측정 방법

PWM 구동 방법은 <그림 4>와 같이 500kHz로 구동되는 카운터(74HC4040)의 값과 비교기(74HC684)를 통하여 사용자가 원하는 듀티비(duty rate)의 PWM을 구동시켰다. 발생된 PWM 신호는 N-channel MOSFET을 동작시켜 DC 모터를 구동한다.

차량의 속도를 검출하는 여러 방법들 중 테스트베드의 차량에는 <그림 5>와 같이 로터리 엔코더(rotary encoder)를 사용하였다. 엔코더는 모형 차량의 전륜과 후륜을 연결하는 축에 장착되었으며, 65 pulse/rev의 분해능을 가진다. 발생된 펄스의 계수는 인터페이스부의 카운터(PIT82C54)를 이용하였다. 구동부는 <그림 6>과 같이 하나의 모듈로 구성하였다.

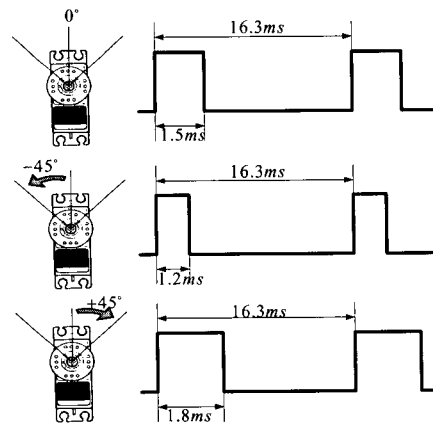


<그림 6> 구동 모듈

3. 조향 모듈

테스트베드 차량의 조향은 모형비행기나 RC(radio control) 모형자동차에 많이 쓰이는 RC 서보모터를 사용하였다. RC 서보모터는 내부에 포텐시오펀타(Potentiometer)를 내장하고 있으며 간단한 위치추종을 위해 많이 사용된다.

<그림 7>은 차량의 조향을 위한 제어방법을 나타낸다. RC 서보모터는 PWM 방식에 의해 구동되며, 펄스 폭이 1.5ms일 때에는 서보모터의 각도는 0°가 되어 차량은 직선방향으로 주행하게 된다. 마찬가지로 1.2ms일 때는 -45°가 되어 좌측으로 회전하게 되고, 1.8ms일 때는 +45°가 되어 우측으로 회전하게 된다.



<그림 7> 차량의 조향 제어방법

4. 무선통신모듈

군집주행 시스템을 구현하기 위해서는 무선통신 기술이 무엇보다 중요하다. 군집 내·외의 각각의 차량들은 관제센터 또는 다른 차량들과의 통신시 외부의 통신 신호에 간섭을 받지 말아야 하며, 또한 통신시 발생하는 시간지연(time delay)에 대처할 수 있는 알고리즘 개발이 요구된다. 최근 차량과 관제 시스템과의 통신을 위해 네트워크의 상태추정을 통한 차량의 원격제어를 가능하게 하는 이론이 제시되는 등 활발한 연구가 진행되고 있다(Choi 등, 2002).

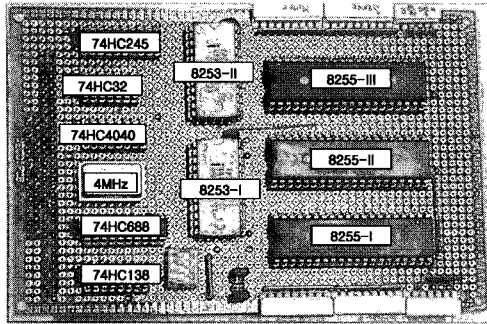
본 논문의 테스트 베드에서는 RF(Radio Frequency) 모듈을 사용하였다. 사용된 모듈은 저 전력 UHF FM 송·수신기가 같이 있고, 통신속도는 40kbps이며 열린 공간에서 약 120m까지 전송 가능하다. 이 모듈은 418MHz와 433MHz의 주파수를 가지는 두 가지 타입이 있으며, 418MHz는 수신용, 433MHz는 송신을 담당하게 구성하였다. 이들은 하나의 무선통신 모듈로 구성하였으며 각각의 차량 및 관제센터에 장착하였다.

5. O/I(Operation/Interface) 모듈

테스트베드의 차량들은 각각의 모듈들로부터 전송된 데이터들과 복잡한 군집주행 알고리즘을 고속으로 연산하기 위하여 486급 CPU 보드(board)(____, 1998)를 사용하였다. 사용된 CPU 보드는 소형이면서 고속이어서 모형자동차에 사용하기에 용이하며, 직렬 및 병렬통신 포트(port)를 내장하고 있다. 또한 외부 장치와의 인터페이스를 위하여 PC/104 슬롯(slot)을 내장하고 있다.

각각의 모듈들과 CPU 보드의 유기적인 결합을 위하여 PC/104 슬롯을 이용한 인터페이스 보드를 <그림

8)과 같이 구성하였으며 이는 PC/104 슬롯에 바로 장착되어 사용된다.



〈그림 8〉 O/I 모듈

CPU 보드의 PC/104 슬롯에서 출력되는 데이터 신호 확장을 위하여 PPI(Programmable Peripheral Interface) 82C55 3개를 사용하였다. 그리고 일정주기의 인터럽트 신호 발생 및 발생된 신호의 계수를 위하여 PIT(Programmable Interval Timer) 82C53 타이머를 사용하였으며, 74HC688, 74HC138 그리고 덤스위치(dip switch)를 이용하여 이들의 주소를 할당하였다. 또한 외부 장치와의 연결을 위하여 82C55 각각의 포트에 연결되는 확장 슬롯들을 장착하였으며, 4MHz 오실레이터(oscillator)와 74HC4040을 이용하여 4MHz에서 976Hz사이의 측정주파수를 선택 가능하도록 구성하였다.

III. 결 론

AVHS의 한 분야인 군집주행 시스템의 실현을 위해서는 최첨단의 계측기술, 제어기술, 통신기술 및 인터페이스 기술 등을 필요로 한다. 이러한 기술들은 현재 대학 연구기관 및 관련 연구기관들을 중심으로 활발히 연구되고 있으나, 이러한 연구들은 대부분 이론적 연구와 시뮬레이션 검증에 거치고 있다. 따라서 개발된 군집주행 알고리즘들을 실제 차량에 적용하기에 앞서, 실차 실험보다 저렴하고 안전하며, 짧은 기간동안 반복적이고 다양한 실험이 가능한 테스트베드 개발이 절실히 요구된다.

본 논문에서는 이러한 이점이 있는 테스트베드 개발을 최종 목적으로, 테스트베드의 전체 구성과, 필요 요소기술들을 크게 5부분으로 세분화하고, 이를 설계·제작하였다. 개발된 요소기술들은 향후 제작될 테스트베드의 핵심 기술이 될 것이며, 개발된 테스트베드는 국내·외 관련 연구분야에 활용 가능하리라 판단된다.

참 고 문 헌

1. 장광수, "ACC와 Vehicle Platoon System을 중심으로 살펴본 차량추종제어 시스템," 자동차공학회지, vol. 21, no. 4, August, 1999.
2. 최재원·박운식·황태현·우명진, "ITS에서의 첨단 안전자동차 연구동향," 제6회 부산경남 자동차 테크노센터 워크샵 논문집, pp.72-80, 2001.
3. J. W. Choi, T. H. Fang, and S. Kwong, "Remote-Controlled Platoon Merging via Coder-Estimator Sequence Algorithm for a Communication Network," to appear in the IEEE Transactions on Industrial Electronics.
4. S.-B. Choi and P. Devlin, "Throttle and Brake Combined Control for Intelligent Vehicle Highway Systems," SAE Paper No. 951897, 1995.
5. H. Fritz, "Longitudinal and Lateral Control of Heavy Duty Trucks for Automated Vehicle Following in Mixed Traffic: Experimental Results from the CHAUFFEUR Project," Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Control Applications, pp.1348- 1352, 1999.
6. C. O. Nwagboso, Advanced Vehicles and Infrastructure Systems, John Viley & Sons, 1997.
7. H. Raza and P. Ioannou, "Vehicle Following Control Design for Automated Highway Systems," IEEE Control Systems Magazine, Vol. 16-6, pp. 43-60, 1996.
8. S. E. Shladover, C. A. Desoer, J. K. Hedrick, and M. Tomizuka, "Automatic Vehicle Control Developments in the PATH Program," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 40, No 1, pp. 114-130, 1991.
9. P. Varaiya, "Smart Cars on Smart Roads: Problems of Control," IEEE Transactions on Automatic Control, Vol. 38, No. 2, pp. 195-207, 1993.
10. H. Winner, S. Witte, W. Uhler, and B. Lichtenberg, "Adaptive Cruise Control System Aspects and Development Trends," SAE Paper No. 961010, 1996.
11. _____, MSC-540 User's Manual, MAXAN Systems, 1998.