

지능형 자동차 새시제어시스템 기술



나도백
한국과학기술정보연구원



이상범
국민대학교
자동차공학전문대학원

1. 서론

자동차 새시시스템(Chassis System)은 동력발생장치(Power Plant), 동력전달장치(Transmission) 및 차체(Vehicle Body)를 제외한 주행장치를 이루는 부분의 조합으로서 현가장치(Suspension System), 조향장치(Steering System), 브레이크 장치(Braking System) 및 차축과 차륜(Axle and Wheel) 등으로 구성된다. 새시 및 이와 관련된 시스템은 자동차의 조종성, 안전도 및 승차감에 가장 많은 영향을 주는 장치로서 차량의 고급화 및 고부가가치화를 통한 국제시장에서의 경쟁력을 확보하기 위해 반드시 기술적 혁신을 이루어야 하는 부분으로서 그 동안 많은 주목을 받아오고 있다.

최근 전자 및 컴퓨터 응용 제어기술의 급속한 발전에 힘입어 이러한 새시시스템을 안전하고 적절하게 작동하기 위

한 많은 연구가 이루어지고 있으며, 현가장치, 조향장치 및 제동장치 등을 위한 전자제어장치(Electronic Control System : ECS)가 이미 연구·개발되어 시판되는 차량에 부착되고 있다. 각 새시 시스템에 부착되는 ECS를 통하여 현가장치, 조향장치 등 개별 시스템의 성능 향상을 가져왔지만, 이들 시스템들을 모두 합쳤을 때에도 전체 차량 시스템의 성능을 최적화시킬 수 있다는 보장은 없다. 오히려 각각의 ECS가 독립적으로 운용됨으로서 제어기능의 효율이 저하됨은 물론 상호충돌을 일으킬 수 있기 때문에 주행상황에 따라서는 오히려 차량의 성능 및 안정성에 악영향을 미칠 우려도 있다. 또한 이들 제어시스템들을 개별적으로 연구·개발할 경우 각종 센서들로부터 정보를 받아서 회로와 시스템을 가동하도록 짜여진 반도체 장치인 전자제어유닛(Electronic Control Unit: ECU)들이 개별적으로 장착되어야 하며, 이에 따라 제어를 위한 배선이 복잡해지고 장

착공간이 부족해질 뿐만 아니라, 조립 시 많은 시간이 소요 되는 등 여러 문제점을 갖고 있다.

이러한 문제를 해결할 수 있는 방법으로서 현가장치, 조향장치 및 제동장치 등 주요 새시부품을 운용하기 위한 제어 시스템을 하나로 통합해 최적의 승차감과 조종성능 및 주행안정성을 모두 개선할 수 있는 새시 통합제어 시스템을 들 수 있으며, 자동차부품의 모듈화 및 고급화 전략에 맞춘 고부가가치 산업기술이기 때문에 최근 GM, Ford, Mercedes-Benz, Toyota, BMW 등 선진국의 완성차 회사 및 Delphi, TRW, Teves 등 주요 자동차 부품업체에서는 이에 대한 많은 연구개발을 현재 활발히 진행하고 있다.

지능형 새시통합제어 시스템 기술은 자동차의 현가장치, 조향장치 및 제동장치 등 각각의 주행장치를 제어하는 전자제어 시스템을 통합화하는 응용기술로서 개별적으로 개발·장착되는 기존의 차량 제어 시스템이 갖는 문제점들을 해결하고 차량운행의 효율성, 안정성 및 승차감을 높일 수 있는 기술로서 현 단계의 자동차뿐만 아니라 향후 무인자동차 또는 자율운행 자동차와 같은 첨단 미래형자동차 개발을 위한 선행 핵심기술이다.

통합 새시제어를 통하여 다음과 같은 목적을 달성할 수 있다.

- 각종 제어 간의 상호 간섭을 방지하고 시너지효과를 낸다.
- 복수제어를 조합함에 따라 새로운 성능, 기능을 실현한다.
- 정보나 하드웨어를 공유하고, 비용성능(Cost Performance)을 향상시킨다.

새시 통합제어 시스템 기술은 현가장치제어, 조향장치제어, 제동장치제어 등의 개별 시스템기술 및 각각의 시스템을 하나의 전자제어장치로 묶는 통합제어기술등으로 분류할 수 있다.

2. 현가장치 제어기술

기존의 수동식 현가장치를 장착한 차량은 차량 특성 상 승차감(Ride Comfort)과 조종안정성(Handling

Stability)을 모두 만족시키지 못하였다. 즉, 승차감을 높이면 조종안정성은 떨어지고, 조종안정성을 높이면 승차감이 떨어지는 등 서로 상반된 특성을 갖고 있었다. 그 동안 이와 같이 상반되는 두 가지 운동특성을 동시에 향상시키기 위한 방법이 꾸준히 연구되어 왔으며, 최근 기존의 기계식 현가장치에 전자, 정보통신, 컴퓨터 및 센서기술 등을 접목한 전자제어 현가장치의 연구·개발을 통하여 이 문제를 해결하고 있다. <그림 1>은 전자제어 현가장치의 일반적인 구성을 나타낸다.

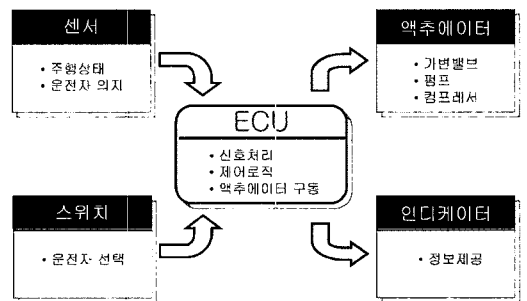


그림 1. 전자제어 현가장치의 구성

그림에서 보는 바와 같이 노면의 거친 정도와 같은 주행 조건과 운전자의 의지에 따른 차량상태를 감지하기 위하여 가속도센서, 차고센서, 조향각 센서 및 차속센서 등이 사용된다. 운전자 선택 스위치는 운전자의 의지를 반영하기 위한 것이며, ECU는 센서 신호처리를 통해 차량 및 노면상태를 분석하고, 제어로직에 의해 최적의 액추에이터(Actuator) 구동 입력 값을 계산해 낸다. 액추에이터는 시스템의 종류에 따라 감쇠력 가변밸브, 에어스프링, 컴프레서, 유압펌프, 유압실린더 등을 사용한다. 인디케이터(Indicator)는 운전자에게 필요한 정보를 제공하고, 센서나 각 장치들의 오동작 시에 운전자에게 경고한다.

전자제어 현가장치를 기능적으로 분류하면 차고제어, 감쇠력제어, 자세제어 및 능동제어로 대별할 수 있다.

2.1 현가장치 제어기술

2.1.1 차고제어(Height Control)

차고제어시스템은 적재물이나 승차인원의 증가로 인하

상황에서 자동차 스스로 브레이크를 밟거나 엔진의 토크를 제어하여 스핀(Spin) 또는 언더스티어(Understeer) 등의 발생을 억제하여, 이로 인한 사고를 미연에 방지할 수 있게 하는 장치로서 전자제어식 현가장치에 ABS, TCS 기능이 추가된 새시제어장치라 할 수 있다. 차량에 스핀이나 언더스티어가 발생하는 상황에 도달하면 이러한 상황을 센서가 감지하여, ABS와 연계되어 자동적으로 안쪽 차륜이나 바깥쪽 차륜에 제동을 가해 차량의 자세를 제어함으로써 차량을 안정된 상태로 만든다. 또한 TCS와 연계되어 스핀 한계 직전의 경우에는 자동적으로 감속하고, 이미 스핀이 발생된 경우에는 각 바퀴별로 제동력을 제어하여 스핀이나 언더스티어의 발생을 미연에 방지하여 안정한 운행을 도모한다.

ABS 장치와의 큰 차이점은, ABS는 브레이크를 직접 밟아 제동하는 과정에서만 효과를 발휘하는 장치이지만 VDC 장치는 운전자가 브레이크를 밟지 않아도 스스로 최적의 차량 운행조건을 찾아주는 장치이다. 예를 들어 운전자가 통제하기 어려운 속도로 선회를 하고 있을 경우, 자동차에 장착된 ESP 장치는 센서를 통하여 얻어진 차량 운동량과, 추정을 통하여 얻어진 노면상태 정보 등을 이용하여 정해진 안정 기준값보다 실제 차량 운동량이 큰 경우에 적절하게 차륜을 제어함으로써 차량의 안정성을 확보하여 준다. <그림 5>는 차량에 장착되는 VDC 전자제어시스템을 보여주고 있다. VDC 장치는 하이드로릭 유니트(HU : Hydraulic Unit), ECU, 요 레이트 센서(Yaw Rate Sensor), 횡가속도센서, 조향각센서, 마스터 실린더 압력센서, 휠 스피드센서 등으로 구성된다.

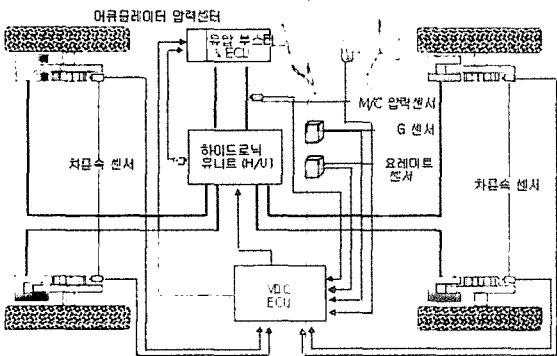


그림 5. VDC 전자제어 시스템

2.1.4 능동현가제어(Active Suspension Control)

능동현가제어장치는 음파펄스방식의 프리뷰센서(Preview Sensor)나 수신센서 등을 이용하여 바퀴가 지나갈 노면의 상태를 사전에 검출하여 빠른 시간 내에 속 업소버의 감쇠력을 바꾸거나 공기스프링의 공기압조정 등을 통하여 충격을 훨씬 부드럽게 하여 승차감을 향상시킬 수 있는 장치이다. <그림 6>은 도로표면센서(Road-Surface Sensor)를 사용하여 속 업소버를 자동으로 제어하는 제어시스템으로서 음파를 도로표면으로 보낸 후 이를 다시 받아서 짧은 거리를 측정할 수 있는 시스템이다. 음파센서는 차량의 앞쪽에 위치하며, 짧은 음파를 밖으로 보냄으로써 차륜이 접하는 도로의 상태를 일정하게 읽어 들인다. 음파가 도로로부터 되돌아오는데 걸리는 시간은 주행의 높이와 도로표면의 불규칙성을 나타내므로 ECM(Electronic Control Module)은 최상의 승차감과 주행조종성을 위해 속 업소버 등을 제어한다.

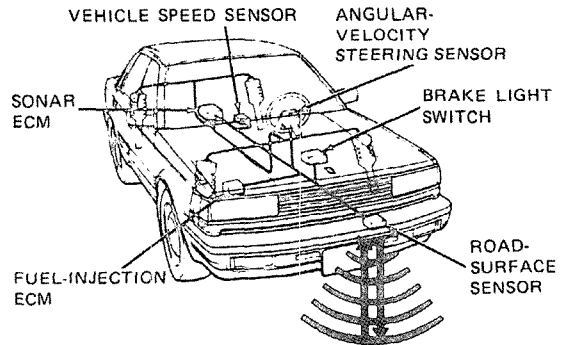


그림 6. 음파 제어식 속 업소버를 장착한 차량

2.2 조향장치제어기술

조향장치는 자동차의 방향을 전환하는 기본적인 역할 이외에도 안정성, 조향의 유연성, 조향 휠의 조작능력 크기, 복원성, 노면에서 발생된 충격력의 완화, 진동억제, 과부하에 대한 시스템의 보호, 다른 장치와의 연관성 및 운전자의 보호 등과 관련된 수많은 기능을 가지고 있다. 이러한 기능을 갖는 조향장치로는 최근 활발히 연구되고 있는 Steer-by-Wire 및 AFS(Active Front Steering)를 들 수 있다.

브레이크가 잠기는 것을 방지하는 작용을 한다. TCS는 차량의 급가속 및 급감속 시 바퀴가 도로 노면과 헛도는 것을 방지하는 시스템이며, 차량의 바퀴에 부착된 ABS 속도센서로 감지된 신호를 분석하여 엔진의 토크와 속도를 제어한다. <그림 9>는 ABS/TCS를 장착한 차량을 보여주고 있다.

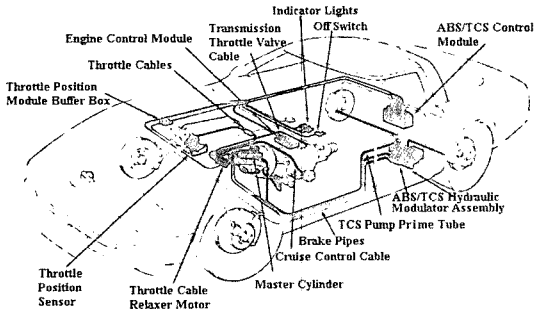


그림 9. ABS/TCS를 장착한 차량

2.3.2 Brake-by-Wire

Brake-by-Wire는 ABS, TCS 및 ESP(또는 VDC)보다 더욱 능동적인 브레이크 시스템으로 4륜 독립제어가 가능해져 브레이크의 통합제어가 가능하고 전자제어의 고도화와 위험 회피, 피닉 브레이크 보조 및 안전주행 제어효과가 크다. 또한 ITS와 관련하여 자동안전주행, Cruise Control, 사고회피, 위험회피시스템으로의 발전 가능성이 있다. Brake-by-Wire 시스템에 있어서 운전자의 제동 의지는 브레이크 패들 유닛에 장착된 복수개의 센서들에 의해 인지되며, 측정된 센서 신호들을 기반으로 하여 ECU에서 각 바퀴에 최적의 제동력이 발생하도록 명령을 내린다. 즉, 운전자의 제동명령이 전기신호의 형태로 브레이크 시스템에 전달된다. Brake-by-Wire 시스템은 각 바퀴에 제동력을 전달하는 방식에 따라 전기·유압식(Electro-Hydraulic)과 전기·기계식(Electro-Mechanical)으로 분류된다. 전기·유압식은 by-Wire 시스템 구조를 가지고 있지만 유압을 사용하며 Wet Type Brake-by-Wire 시스템으로 부르며 BOU(Brake Operation Unit), HCU(Hydraulic Control Unit) 및 ECU로 구성된다. 전기·기계식은 Dry Type Brake-by-Wire 시스템으로 부르며 유압을 전혀 사용하지 않는 친환경 시스템으

로서 EMB 모듈(Electric Caliper 또는 Electro-Mechanical Disk Brake)를 사용한다. <그림 10>은 전기·기계식 Break-by-Wire 시스템을 보여주고 있다.

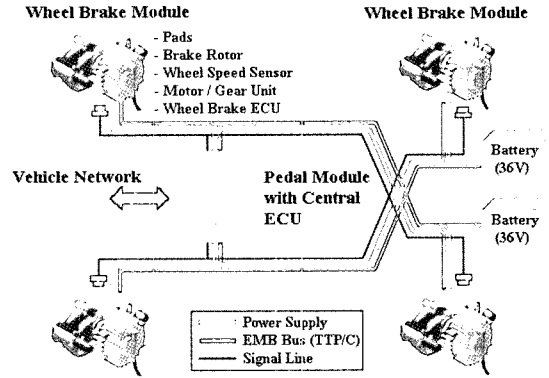


그림 10. 전기·기계식 Break-by-Wire 시스템

3. 네트워킹 기술

3.1 CAN(Controller Area Network)

차량을 구성하고 있는 시스템 모듈 간의 정보교환에 사용되는 CAN은 실시간 분산제어 시스템에서 데이터를 전달하기 위한 직렬 통신 프로토콜로서 ISO 11898 및 ISO 115192 표준이다. CAN 프로토콜은 CSMA/CD+AMP (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection and Arbitration on Message Priority)방식으로 메시지를 전달하므로 동시에 네트워크를 구성하고 있는 모든 노드에서 수신이 가능하다. CAN 메시지의 전달은 두 라인의 전압차를 이용하여 이루어지기 때문에 노이즈에 강한 내성을 가진다. 또한 각 메시지의 CRC 비트를 이용하여 오류검출능력이 우수하고, 최대 1Mbps의 빠른 전송속도를 갖고 있기 때문에 자동차에의 적용이 점점 늘어가고 있다.

CAN 프로토콜은 차량의 새시 네트워크에 주로 사용되는데, ABS, TCS, VDC, 현가장치 및 ACC 등의 파워트레인 네트워크는 500 Kbit/s 정도의 데이터 전송속도가 요구되며, 도어 및 시트 등의 바디 네트워크는 125 Kbit/s 이하의 데이터 전송속도가 요구된다.

기술을 중심으로 통합새시제어시스템을 개발 중이다. 또한 대표적인 선진 자동차회사인 GM, Mercedes-Benz, BMW, Volvo, Porsche 등이 현가, 조향 및 제동시스템을 통합한 지능형 차량을 개발하여 출시하고 있다. 아래의 <표 1>은 해외 선진 업체에서 양산되고 있거나 양산 예정의 개별 시스템과 그 시스템을 기본으로 하는 새시 통합제어의 추진 방향을 보여주고 있다. 또한 <표 2>는 선진 완성차 업체의 통합 새시제어시스템 적용 현황을 보여주고 있다.

5.2 국내기술동향

만도는 CDC, ESP 및 AFS를 통한 새시제어시스템에 대한 연구를 수행한 바 있고, 미래형 새시시스템 개발을 진행 중이다. 현대자동차는 현대모비스가 개발한 ECU 적용 자동차 제어장치의 핵심인 차체제어모듈(BCM : Body Control Module)을 내년부터 양산될 TG(그랜저XG 후속)에 적용할 계획이다.

6. 결론 및 전망

차세대 성장동력산업으로 각광받고 있는 지능형 자동차의 새시통합제어시스템은 기본적으로 현가, 조향 및 제동장치로 구성되어 있으며, 각 장치를 전자적으로 제어하는 통합 ECS인 UCC를 통하여 최적의 승차감과 핸들링 성능을 구현한다. 새시통합제어시스템의 신뢰성 있는 성능 확보를 위해, 개별 장치 및 전자 제어기술 뿐만 아니라 상호 관련성을 검토할 수 있는 기술과 차량동역학 해석기술, 개별 시스템 간 정보통신기술, 제어기술, Fail Safety 기술 등 많은 기술이 개발되어야 한다. 또한 혹한이나 폭염 등의 환경에도 신뢰할 수 있는 성능 검증 기술이 필수적이다.

통합 새시제어시스템의 상용화에는 극복해야 할 많은 장애물이 있음에도 불구하고 종국적으로 소비자가 원하는 주행성능과 안전성을 부여할 수 있는 첨단 시스템통합기술이 기 때문에 고부가가치 산업이 될 것으로 전망되며, 산업기반기술에 미치는 효과가 매우 클 것으로 생각된다. 따라서 선진국과의 경쟁에 있어서 기술적 선점을 하기 위해 국내의 완성차, 부품업체 및 연구기관들도 통합 새시제어시스템 관련 기술의 표준화 제정 과정에 적극적으로 참여하면

서 기술변화의 추세를 정확히 파악하고, 상용화 가능한 기술개발을 체계적으로 수행해야 할 필요가 있다.

참고 문헌

1. 윤팔주, "Brake-by-Wire System 연구 개발 동향 및 전망", 자동차공학회지, 제26권, 제1호, pp.21-28, 2004.
2. 김완일, "전자제어 현가장치의 개발 동향", 자동차공학회지, 제25권, 제1호, pp.22-26, 2003.
3. 황성호, "HILS의 필요성 및 연구동향", 제어자동화시스템 공학회지, 제5권, 제5호, 1999.
4. 정대중, "조향장치의 동향", 자동차공학회지, 제25권, 제1호, pp.34-37, 2003.
5. 특허청, 2002 Patent Map CD-ROM 기계금속분야, 2002.
6. Crouse, W. H. and Anglin, D. L., Automotive Mechanics, McGraw-Hill, 2001.
7. Amberkar, S., D'Ambrosio, J. G., Turray, B. T., Wysocki, J. and Czerny, B. J., "A System-Safe Process for by-Wire Automotive Systems", SAE Technical Paper, No. 2000-01-1056, 2000.
8. Kelling, N. A. and Leteinturier, P., "X-by-Wire: Opportunities, Challenges and Trends", SAE Technical Paper, No. 2003-01-0113, 2003.
9. Schenk, D., Wells, R. and Miller, J., "Intelligent Braking for Current and Future Vehicles", SAE Technical Paper, No. 950762, 1995.
10. Leffler, H. and Foag, W., "Prospects and Aspects of an Integrated Chassis Management ICM", SAE Technical Paper, No. 2000-01-0105, 2000.
11. Bertram, T. and Torlo, M., "Global Dynamic Fault Tolerance, Networked Systems as a Basis for Safe X-by-Wire Systems", ATZ, Vol.104, 2002.
12. Delphi, "Electric Steering Systems - Steer-by-Wire System".
13. <http://www.emailwire.com/news/aut2363.shtml>.
14. <http://www.can.bosch.com>.
15. <http://www.tttech.com>.
16. <http://www.flexray.com>.
17. <http://www.mando.com>.