

# 샤시제어 시스템의 발전 동향 Introduction of Chassis Control System and Development Trend

허 재 웅  
J. W. Hur

## 1. 서 언

자동차를 구성하는 요소를 크게 나누어 보면 사람 및 화물을 수용하기 위한 공간이 되는 차체(body)와 주행하는데 필요한 기계장치들이 모여 있는 샤시(chassis)로 구분할 수 있다. 샤시에 모여 있는 주요한 기계장치들에는 샤시의 기본 골격인 프레임, 자동차의 동력 발생원인 엔진(engine), 엔진의 동력을 구동륜까지 전달시키는 변속기(transmission)등의 동력전달장치, 전기점화, 엔진시동, 발전, 충전, 점화 점등 등의 기능을 총괄하는 전기장치, 자동차의 진행방향을 자유롭게 변경시키는 조향장치, 자동차의 속도를 감속시키거나 또는 정지, 주차 시키는 제동장치, 주행중 노면으로 받는 진동이나 충격을 흡수하여 완화시켜주는 현가장치, 노면과 접지되어 구동, 제동력을 발생시키며 차체의 하중을 지지하는 타이어 등이 있다. 이와같이 샤시에는 차량에서 동력의 발생부터 이를 노면에 전달하는 모든 장치들이 탑재되어 있기 때문에 차량의 운동성능이나 승차감, 안정성을 향상시키기 위해서는 좋은 성능의 샤시를 설계할 수 있는 기술이 필수적이다. 또한 최근에는 샤시의 주요 기능을 담당하는 조향, 현가, 제동 시스템에 전자제어를 실시하여 그 성능을 비약적으로 향상시킨 제품들이 속속 차량에 장착되는 추세이며 이를 바탕으로 각 시스템들의 장점을 극대화 시키고자 하는 노력으로 이들 시스템을 통합하여 제어하고자 하는 연구들이 선진 자동차 업체를 중심으로 활발히 진행되고 있다.

본 해설에서는 이러한 샤시 제어 시스템인 조향, 현가, 제동 시스템의 전자 제어 적용 사례를 소개하고 또한 샤시통합제어의 개념과 장,단점 연구 동향을 소개하고자 한다. 이를 통해 샤시 시스템의 연구 동향을 살펴보고 향후 연구 방향에 대한 고찰의 기회가 되고자 한다.

## 2. 샤시 제어 시스템<sup>1),5)</sup>

근래에 차량 시스템에 관한 연구분야는 대부분 차량을 구성하고 있는 각 모듈에 전자제어 시스템을 접목 시키는데 집중되어 있다. 이는 기존의 수동적 개념의 기계시스템을 능동적 개념의 전자제어 시스템으로 대체하려는 목적을 가지고 있다고 할 수 있다. 기본적으로 샤시 시스템이 차량의 운동능력과 밀접한 관계가 있으므로 대부분의 전자제어 시스템 접목은 차량의 운동능력 향상 및 안정성 향상과 더불어 승차감을 개선시키려는 방향으로 연구되고 있다. 전자제어 샤시 시스템의 경우에는 각 기능을 구현하는 모듈들의 고유한 기능, 즉 조향, 현가, 제동시스템의 고유한 성능 향상뿐 아니라 기계시스템에서 발생할 수 있는 각 시스템간의 부정적 간섭을 최소화 할 수 있는 장점이 있으며 이를 통해 능동적인 차량 운동 제어가 가능하게 하는 시스템의 구축이 가능하게 한다. Fig. 1에 각 샤시 제어 시스템과 차량 동역학과의 상관관계를, Fig. 2에 각 서브시스템 별 제어 시스템 예와 상관관계를 도시하였다.

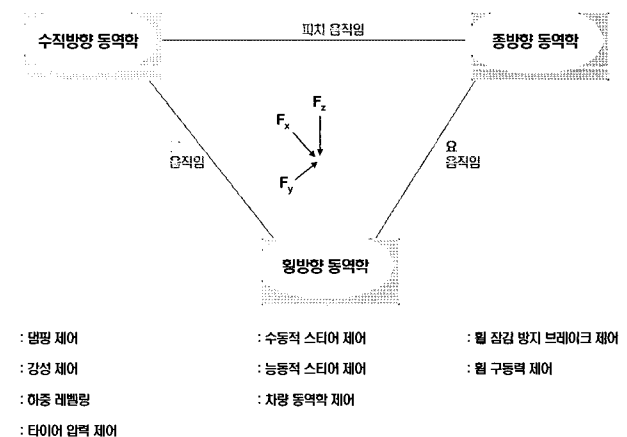


Fig. 1 Relation between vehicle dynamics and each chassis system

브레이크	엔진	스티어링	서스펜션
VDC 요 모멘트( ) 발생시킴	TCS 엔진 토크 제어	SBW (Steer by Wire) 스티어링 각도와 토크	ABC (Active Body Control) 수직 방향력
ABS 각각의 타의 압력( ) 조절	4-WHEEL DRIVER 엔진 토크 제어	AFS (Active Front Steering) 스티어링 각	ARC (Active Roll Control) -roll 모멘트
	CONTROLLABLE DIFFERENTIAL LOCK 구동력 분배	RWS (Rear Wheel Steering) 후륜 스티어링 각	CDC (Cont. Damper Control) 순간적 수직 방향력
		EPS (Electric Power Steering) 스티어링 토크	AIR SPRING 일축
제동 거리 단축 제동 안정성 확보	구동력 확보	변속성 성능 향상 코스 추종성	승차감 개선 주행 안정성

Fig. 2 Chassis control system at each subsystem

	브레이크 및 엔진 제어			스티어링 제어	서스펜션 제어
	- BAS - 4WD	- ABS - EHB / EMB - TCS	- VDC / ESP - DSC	- AFS, RWS - EPS - SBW	- ABC - ARC - CDC
동방향 움직임 (가속 / 감속)	●	●			○
횡방향 움직임 (안정성 제어)		○	●	●	○
수직방향 움직임 (승차감, 자세)					●

● 큰 제어 영향    ○ 작은 제어 영향

Fig. 3 Control area of each chassis control system

Fig. 2에 나타난 바와 같이 하나의 서브 제어 시스템에도 그 기술 수준이나 목적에 따라 여러 가지의 제어 시스템들이 개발되었고 현재에도 연구가 진행되고 있다. 또한 차량의 특정 방향 운동 성능은 여러 서브시스템들의 연관에 의하여 성능 향상이 이루어 질 수 있다. Fig. 3에 각 차시 제어 시스템의 각 모듈들 간에 차량 운동 성능에 관여하는 정도를 개략적으로 도시하였다.

본 해설에서는 이러한 수많은 차시 제어 시스템 중에서 각 서브시스템 별로 대표적인 기술을 몇 가지 소개하고 또한 각 서브시스템들을 통합하여 제어하려는 차시 통합 제어에 대한 발전 동향과 개발 예를 소개하고자 한다.

### 3. 제동 제어 시스템<sup>1),3)</sup>

제동 시스템의 근본적인 기능은 차량의 감속, 정지에 있다. 그러나 근래에는 이러한 기본적인 기능에 전자제어를 접목하여 각 차륜별로 독립적인 압력제어가 가능한 시스템을 구축하고 이를 응용하여 차량의 안정성 향상을 도모하기 위한 각종 제어 시스템들이 개발되었다. Fig. 4에 제동 제어 시스템의 연도별 기술 개발 동향을 도시하였다.

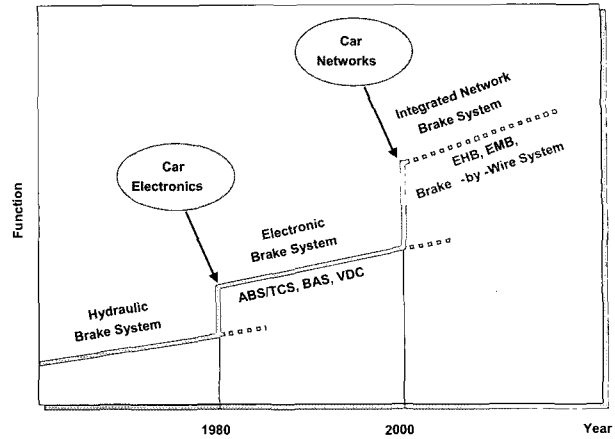


Fig. 4 Technical development trend of brake control system

#### 3.1 ESC (Electronic Stability Control : VDC)

현재 제동 제어 시스템 중에서 가장 대표적이며 실용적으로 발전되어 있는 기술은 ESC이다. ESC(Electronic Stability Program)는 주행 중 회전 운동시 네 개의 차륜에 발생하는 제동력을 독립적으로 제어함으로써 전륜의 조향으로 인한 회전력에 추가적인 회전 토크를 발생시킬 수 있음에 착안하여, 차량의 회전 운동시에 발생할 수 있는 치명적인 상황에서의 주행 안정성을 향상시킬 수 있는 장치이다. 즉, 운전자가 원하는 것과 다르게 차량이 움직이게 되면 ESC는 이것을 인지하고 차륜의 제동력을 각각 별도로 제어하고 동시에 엔진토크에 의한 구동력을 제어하여 차량을 안정화 시키게 된다.

ESC는 1995년 독일의 BOSCH에 의하여 최초로 상용화 되었으며 ABS(Antilock Brake System)과 TCS(Traction Control System)을 복합 발전시킨 기술이다.

차량 안정화를 위한 ESC의 개발에는 각종 설계 기술과 제어 기술이 소요된다. ESC의 전체적인 흐름은 Fig. 7과 같다.

ESC가 실제 주행상황에서 큰 도움이 되는 경우로는 장애물을 피하거나 차선을 급격히 변경시킬 때, 운전자가 도로 굴곡을 잘못 인식하였을 때, 좌/우로 주행 방향을 계속적으로 바꾸거나 차선을 변경하고 나서 원래 차선으로 돌아갈 때 등이다. 이러한 경우에 ESC는 자동차가 미끄러질 수 있는 위험 상황에서도 운전자를 도와 안전하게 도로 위에 머물게 해주므로 인하여 치명적인 측면 충돌의 가능성을 획기적으로 줄여주게 된다. 토요타 자동차의 조사결과에 의하면 ESC를 장착한 결과 치명적인 교통사고의 발생율이 50%나 감소하였다고 한다.

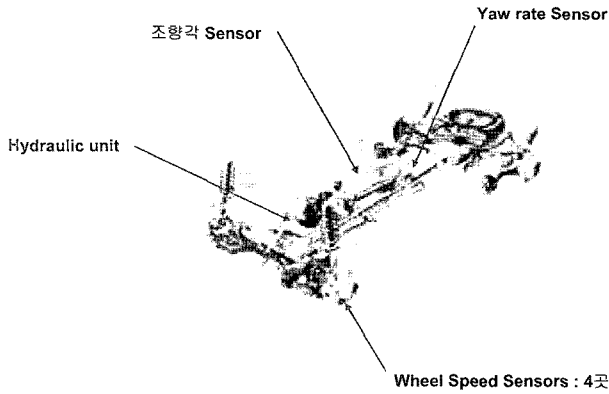


Fig. 5 ESC components in vehicle

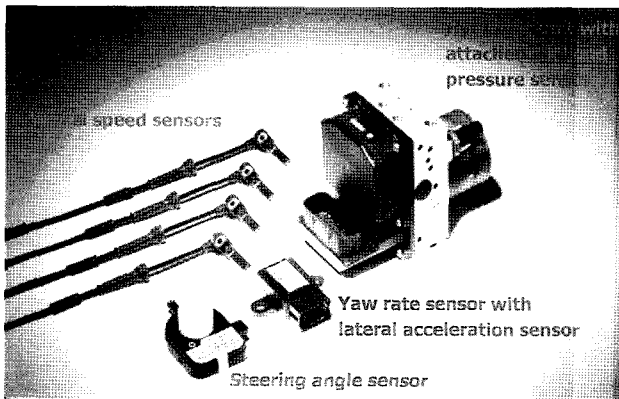


Fig. 6 ESC components

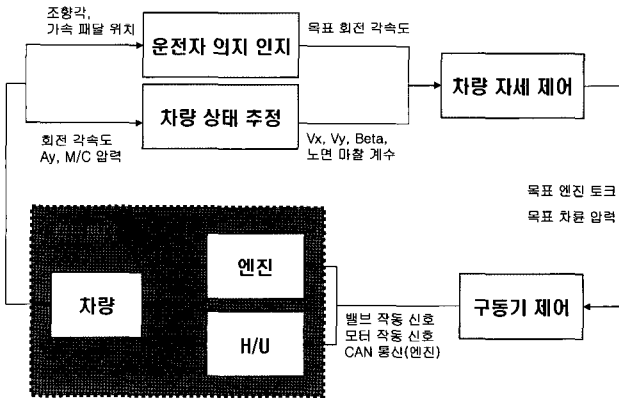


Fig. 7 Control flow of ESC

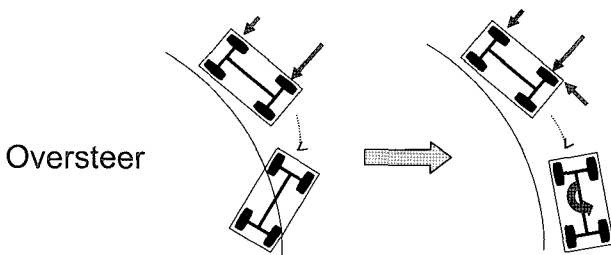


Fig. 8 ESC operation (Oversteer)

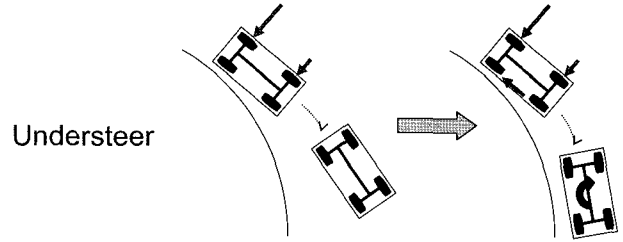


Fig. 9 ESC operation (Understeer)

최근에는 ESC를 이용하여 각 차륜의 압력을 독립적으로 제어하여 ESC의 기본적인 기능 이외에 여러 가지 편의 기능을 부가적으로 구현한 시스템이 개발되어 상용화 되고 있다. 이중 대표적인 것은 다음과 같다.

### 3.2 Hydraulic Brake Assist(유압 형성 보조)

급제동시 페달 압력이 약하다고 판단되면 액압을 증가시킴/ 제동거리 단축 효과

### 3.3 Hydraulic Fading Compensation(유압식 페이딩 보상)

페이딩이 감지되면, ABS가 작동될 수 있는 수준까지 액압을 상승시킴/ 운전자가 감속요구가 크면 작동 / 제동거리 단축 효과

### 3.4 Hydraulic Rear Wheel Boost(후륜 액압 상승)

전륜에서 ABS가 작동되면, 후륜의 액압을 증가시켜 줌/제동거리 단축 효과

### 3.5 Roll Over Mitigation(롤오버 경감)

롤오버의 위험을 경감시킴/ 선회 바깥쪽 차륜에 제동력을 가해서 차량 거동을 안정시킴

### 3.6 Hill Descent Control(언덕 내리막 주행 제어)

저속에서 내리막길을 달릴 때의 순항 제어 가능/ 경사가 가파른 언덕에서 천천히 안전하게 내려올 수 있도록 함

## 4. 조향 제어 시스템

조향 시스템의 기본 기능은 차량의 진행방향을 바꾸는데 있다. 따라서 조향 제어 시스템의 발전은 주행 상황에 따라서 운전자가 쉽고 안전하게 정확한 전륜 조향각을 형성할 수 있게 하는 방향으로 진행되어 왔다. 그러나 최근에는 이러한 수동적

(passive)인 조향 제어에서 벗어나 운전자의 조향 의지를 인지하고 동시에 차량의 안정한 정도를 판별하여 운전자가 차량의 안정성을 저하시키는 방향으로 조향입력을 인가하면 이를 보정하여 전륜 조향각을 형성하는 능동적(active) 개념의 조향 제어 시스템(Active Front Steering)의 개발이 이루어지고 있다. 이와는 별도로 기존의 고정 후륜에 비하여 차량의 안정성을 향상 시키기 위하여 후륜 조향을 가능하게 한 시스템(4WD Steering System)이 있으나 현재 양산 차량에 많이 탑재되어 있지는 않은 실정이다.

#### 4.1 MDPS (Motor Driven Power Steering : EPS)

MDPS는 기존의 유압식 파워 스티어링 장치에서 유압에 의한 배력을 대신하여 전기모터를 이용해 배력을 인가하는 장치이다. 이로 인하여 주행 상황에 따른 배력비의 능동적인 제어를 가능하게 하고, 오일펌프 및 오일라인, 오일 레저버 등의 부품의 감소함으로 인하여 부품수의 감소, 조립성의 향상 및 경량화를 가능하게 함으로써 연비향상과 오일을 제거함으로 인한 환경친화적인 파워스티어링 시스템을 구축하고자 하는 목표로 개발되었다. 유압식 파워스티어링과 그 구조를 비교하면 다음과 같다.

MDPS는 그 구동방식에 따라 컬럼 보조(Column assist) 방식, 피니언 보조(Pinion assist) 방식, 랙 보조(Rack assist) 방식으로 나눌 수 있으며, 현재 경차 및 소형차를 중심으로 그 장착비율이 급격히 높아지는 추세에 있다.

#### 4.2 AFS (Active Front Steering)

AFS는 차량의 속도에 따른 조향 effort의 조절 및 조향 기어비(Steering gear ratio)를 조절하는 MDPS의 기본 기능에다가 운전자의 조향 조작 속도에 따라 추가적인 보상 조향각을 제공하여 출력 측 반응속도를 높일 수 있는 시스템이다. AFS는 운전자가 조작하는 조향 입력에 추가적인 조향각을 생성할 수 있기 때문에 ESC와 연동하여 언더스티어, 오버스티어 상황에서 능동적으로 차량의 안정성을 향상시킬 수 있는 능동제어 시스템으로 작동방식에서 MDPS와 Steer-by-wire의 중간단계시스템으로 볼 수 있다.<sup>1)</sup>

AFS가 장착된 차량에서는 저속 구간이나 주차 시에 운전자가 과도한 스티어 조작을 하지 않아도 되며 고속 구간에서는 직진성을 유지하도록 하며 과도한 조작으로 인한 조향각 보상을 수행한다.

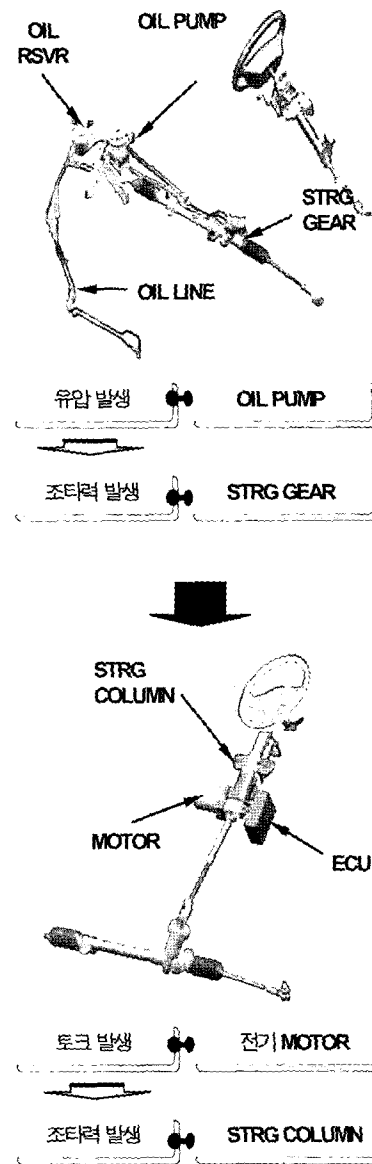


Fig. 10 Comparison of hydraulic power steering and MDPS

현재 AFS의 기술은 선진업체를 중심으로 양산단계에 도달해 있으며 BOSCH-ZF에서는 BMW 5 Series 차량에 옵션으로 공급하기도 하였다.<sup>2)</sup>

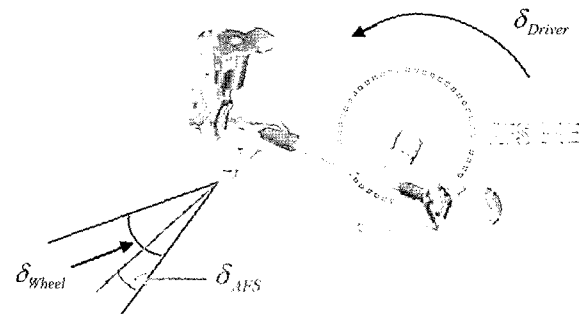


Fig. 11 AFS system

### 5. 현가 제어 시스템

현가 시스템은 주행 중 노면의 요철이나 기타 요인에 의하여 발생하는 충격, 진동을 흡수, 완화하여 안락한 승차감을 제공하는데 기본 목적을 가지고 있다. 앞서 언급한 제동 시스템과 현가 시스템은 차량의 2차원 평면 운동에 대하여 주요한 영향을 가지고 있지만 현가 시스템은 차량의 수직 방향 운동에 주요한 영향을 미치는 시스템이라고 할 수 있다. 따라서 현가 제어 시스템의 발전은 네 개의 차륜에서 발생하는 수직 방향 외란을 어떻게 상쇄하여 차량 운동을 제어하는 데에 집중되어 있다. Fig. 12에 현가 제어 시스템을 이용한 차량 운동 제어 개념에 대하여 도시하였다.<sup>1)</sup>

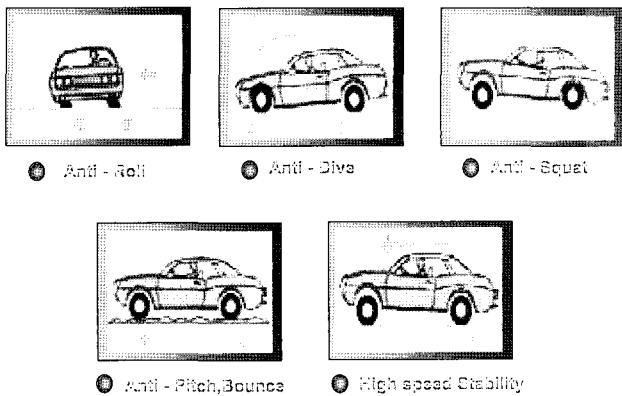


Fig. 12 Body motion control concept

#### 5.1 CDC (Continuous Damping Control)

CDC는 네 개의 현가 시스템에 솔레노이드 밸브를 장착하여 이를 통해 현가 시스템 감쇠력(damping force)를 가변적으로 제어 할 수 있게 한 시스템이다. CDC는 솔레노이드 밸브에 인가하는 전류량에 비례하여 감쇠력의 조절이 가능하기 때문에 주행 조건에 맞추어 최상의 승차감과 주행 안정성을 제공할 수 있다. CDC의 작동원리는 다음과 같다.

##### 5.1.1 험로 주행

센서신호로부터 험로 판단 ⇒ 솔레노이드에 최소 유로 명령 ⇒ 큰 감쇠력 발생 ⇒ 차체 요동 방지 / 범핑 충격감 방지

##### 5.1.2 급제동

브레이크 작동여부 판단 ⇒ 전륜 최소 유로 ⇒ 전륜감쇠 등대 및 브레이크 페달 원위치시 해제 ⇒ 차체 쏠림 방지

#### 5.1.3 선회

고속/조향각 작동 ⇒ 선회 판단 ⇒ 최소 유로 명령 ⇒ 전,후륜 댐퍼에 큰 감쇠력 발생 ⇒ 주행 안정성 향상

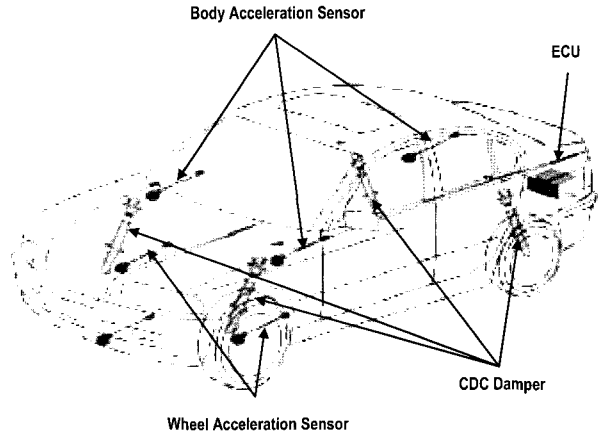


Fig. 13 CDC system component

#### 5.2 Air Suspension

에어 서스펜션은 에어 스프링의 공기 유출입을 전자 제어하며 차량을 지지하는 현가 장치로서 에어 서스펜션의 기능은 다음과 같다.

자동 레벨링	승차감
<ul style="list-style-type: none"> <li>: 하중 평형</li> <li>: 가벼운 풍량에 차체 높이를 낮출</li> <li>: 험로에 따른 하중 분포</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 하중과 무관한 에어 스프링 동작 수행</li> <li>: 낮은 차체 고유 진동수</li> <li>: 적응 제어 및 Skyhook 팔로우 제어</li> </ul>
동적 움직임	부가 기능
<ul style="list-style-type: none"> <li>: 고속에서의 낮은 무게 중심</li> <li>: 피치와 롤 움직임을 보상</li> <li>: 롤방향 제어</li> <li>: 팔로우의 적응 제어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>: 오픈 로드에서의 성능 향상</li> <li>: 다이어 공기 공급 장치</li> </ul>

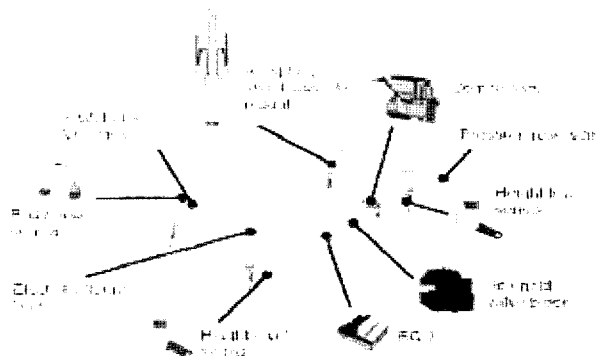


Fig. 14 Air suspension component

### 6. 샤시 통합 제어

샤시 통합 제어는 앞서 언급한 여러 가지 샤시 제어 시스템들을 네트워크로 연동하거나 또는 하나의 제어기 및 제어로직으로 구성하여 차량 동역학 제어를 수행하고자 하는 방안이다. 샤시 통합 제어를 수행함으로써 얻는 이득으로는 각 샤시 제어 시스템들 간의 부정적 간섭을 최소화하고 최적화된 구동기 제어(optimal actuation coordination)를 달성할 수 있다는데 있다. 또한 각 제어 시스템에서 입력되는 센서 신호를 공유함으로써 인하여 각 제어 시스템들 간에 파악할 수 없었던 차량 상태를 공유하고 이를 통해 보다 정확한 제어가 가능할 수 있게 되고 보다 용이한 에러 검출(fault detection)을 통해 제어 알고리즘의 신뢰성을 확보 할 수 있게 된다. 샤시 통합 제어의 기본 개념은 다음과 같다.<sup>1),4)</sup>

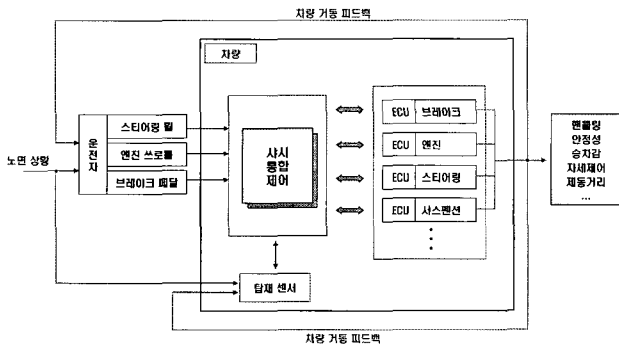


Fig. 15 Basic concept of unified chassis control

샤시 통합 제어를 수행하고자 하는 방법론으로는 현재 각 샤시 제어 시스템 제조사 및 학계를 중심으로 수많은 방안이 구상되고 있으나 현재 그 개발 단계에 따라 기존의 샤시 제어 시스템을 네트워크로 연동하여 상호 협력을 통한 통합 제어를 실시하는 방안, 각 시스템 중 하나의 시스템을 마스터로 하여 나머지 시스템의 기능을 이벤트 기반으로 제어하는 방안, 각 시스템의 구동기(actuator)만을 이용하고 새로운 개념의 중앙제어기를 개발하는 방안의 세 가지로 요약할 수 있다.

현재까지 샤시 통합 제어의 개략적인 개발 방향은 세 가지 방법론 중에서 이벤트 기반 제어 구조를 주로 채택하고 있으며 여러 샤시 제어 시스템 중에서 ESC를 중심으로 각 샤시 제어 시스템을 통합하려는 경향을 보이고 있다. 그러나 향후 샤시 통합 제어 분야의 기술이 진보될수록 중앙 통합형 구조의 제어 시스템이 개발될 것이며 차량의 옵션에 따

라 플러그 앤 플레이(plug and play)기능이 채택된 시스템의 구조로 발전될 것으로 예상된다.

Fig. 17에 주요 선진사의 개발 현황에 대하여 도시하였다.<sup>1),5)</sup>

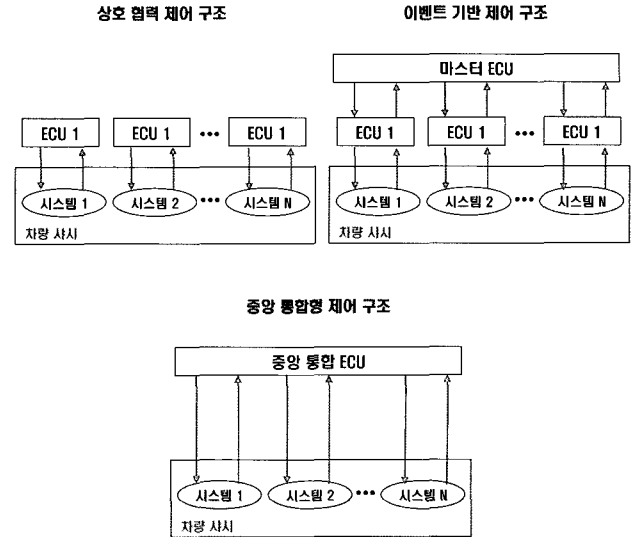


Fig. 16 Method of unified chassis control

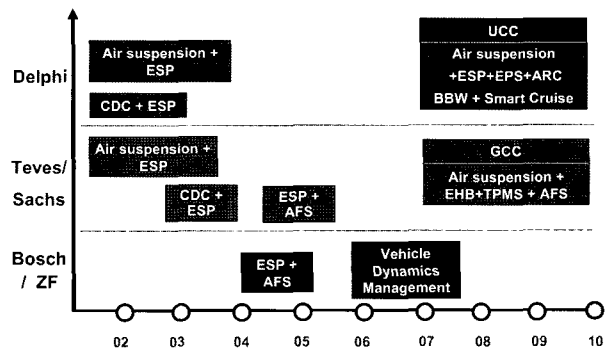


Fig. 17 주요 선진사의 개발 현황

### 7. 결 언

본 해설에서는 샤시 제어 시스템에 대한 여러 가지 예와 더불어 샤시 통합 제어 시스템을 소개하였다. 샤시 제어는 차량에 있어서 동역학을 제어하는 기술로서 동적 거동 및 안정성을 확보하는 동시에 안락성을 제공 할 수 있는 중요한 역할을 수행한다. 향후 미래 지능형 차량 설계에 있어서 차량의 동적 거동을 제어하는 것이 핵심 기술 중 하나라는 점에서 볼 때 샤시 제어 시스템의 설계, 개발 능력 확보 여부는 미래 시장 확보에 직결된다고 할 수 있다.

샤시 제어 시스템의 개발을 위해서는 각종 센서

및 구동기 등의 하드웨어 설계, 제작 기술과 센서 신호 처리 및 관측기 설계, 제어기 설계 기술, 그리고 차량 시험, 평가 기술이 필수적이다. 선진 업체의 경우에는 이러한 설계, 제어, 시험/평가 기술을 기확보하여 시장을 선점하고 있으며, 샤시 통합 제어 등의 부가가치 미래형 기술 확보를 위하여 총력을 기울이고 있는 실정이다. 따라서 미래 지능형 차량 시장에서 선진업체와 경쟁하고 시장을 차지하기 위해서는 선진 업체의 개발동향을 분석하고 기술특성 등을 정확히 파악해 시행 착오를 최소화 하여야 할 것으로 생각된다.

국내의 샤시 제어 시스템 개발 기술은 파워 트레인 설계, 제어 분야나 전장 부분의 기술에 비하여 상대적으로 선진업체와 기술 격차가 큰 부분이므로 앞으로 샤시 제어 시스템 개발에 관련된 기술의 설계, 제어, 시험/평가 능력 확보를 위해 지속적인 투자 및 연구개발이 이루어져야 할 것이며 또한 우수한 인재의 확보를 위해 산학연이 연계하여 그 방안을 모색하여야 할 것으로 생각된다.

### 참고 문헌

1) 허승진, "지능형 샤시 통합 제어 시스템의 기술 현황 및 전망", ITS Automobile Technology 세미나, 2004.

2) V. Armin, F. Sylvia, R. Josef and T. Ansgar, "Vehicle dynamics management - benefits of integrated control of active brake active steering and active suspension systems", BOSCH, 2004.

3) A. v. Zanten, "Control aspects of the Bosch VDC", ACEC, Aachen, 1996.

4) M. Lakehal-Ayat, S. Diop, E. Fenaux, F. Lamnabhi-Lagarrigue and F. Zarka, "On global chassis control combined braking and cornering, and yaw rate control", Proceedings of AVEC 2000.

5) C. Teves, "Global chassis control - The networked chassis"

### [저자 소개]

허재웅(책임저자)

E-mail: jwhur@mobis.co.kr

Tel: 031-288-5948

1974년 8월 30일생

1997년 서울대학교 기계설계학과 학사,

1999년 서울대학교 대학원 기계항공공학 석사,

2004년 서울대학교 대학원 기계항공공학 박사, 2004년~현재 (주)현대모비스 기술연구소 전자제동설계팀, 선임연구원, 공학박사, 차량자세제어 시스템 연구개발, EMB 시스템 연구개발

