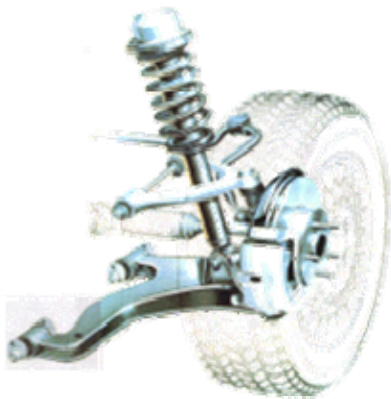


## 현가장치의 종류에 따른 국내외 기술동향

### 가. 수동식 현가장치 (Passive Suspension System)

현가장치는 수많은 형식이 있어서 나름대로 꾸준한 발전을 거듭하고 있지만, 특히 1970 년대의 오일쇼크 이후에는 구조가 간단하고 상대적으로 가벼워 급격히 인기를 얻은 맥퍼슨식과, 원가는 맥퍼슨식에 비하여 다소 비싸지만 고성능을 요구하는 차들에 널리 적용되어 왔던 [그림 1.2-2-1]와 같은 인휠(In-wheel)형식의 더블위시본식 등이 승용차 현가장치의 큰 주류를 이루어왔다.



[그림 1.2-2-1] 인휠(In-wheel)형식의 더블위시본 현가장치

1980 년대 이후부터는 고출력엔진의 등장과 더불어 소비자의 주행성능에 대한 선호도가 급격히 증가하기 시작함에 따라 운전자의 의지를 유쾌하게 표현할 수 있는 높은 성능을 갖는 현가장치의 출현이 강력히 요구되기 시작하였다. 또한 당시의 제어기술의 급속한 발전은 복잡한 수식 등에 대한 차량동력학적 해석능력을 증대시킴으로써 복잡한 현가장치의 거동에 대한 해석도 가능하게 되어 아주 정교한 현가장치의 설계가 가능하게 되었다. 5 링크 현가장치라는 고성능 멀티링크식 현가장치가 벤츠사에 의해 세계

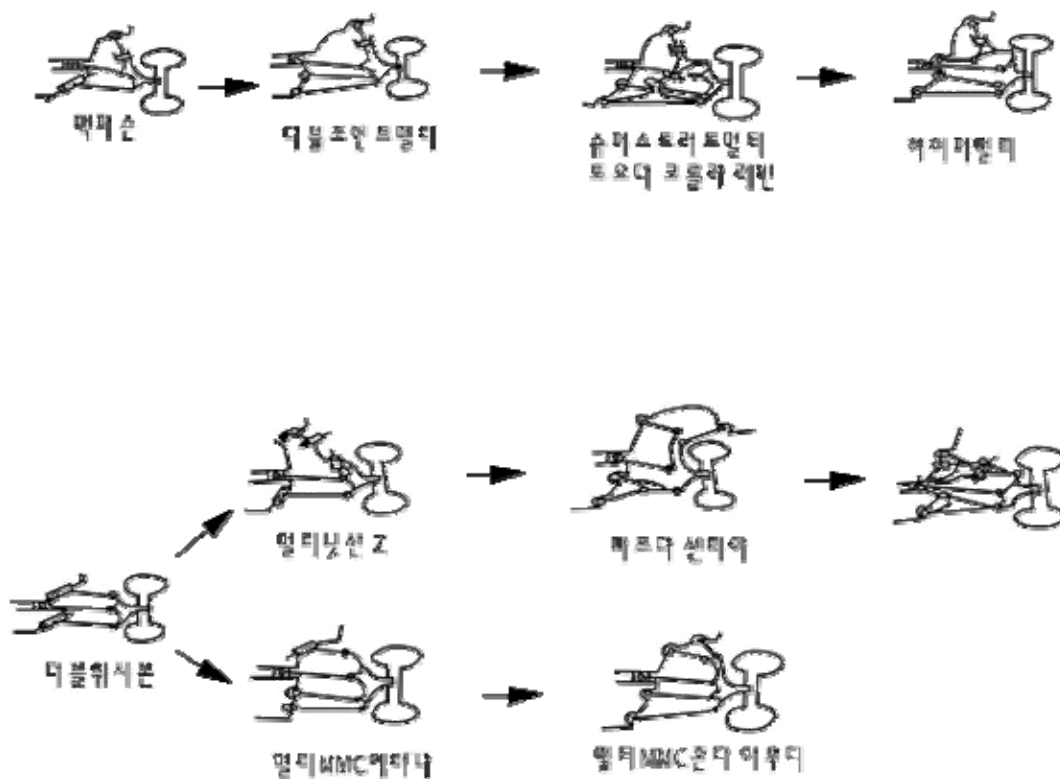
최초로 중하위급 차량의 후륜 현가장치에 선을 보이기 시작하여 이를 필두로 하여 전륜, 후륜 현가장치 형식에 대한 급격한 변화가 오기 시작하였다. 이 변화는 지금도 계속 진행중이며 최소한 2000년대 중반까지는 계속 진화를 거듭할 것으로 예상되며, 각 자동차 회사별로 나름대로의 독창적인 현가장치 형식을 보유하면서 서서히 2차 안정기로 진입 될 것으로 보여진다. 국내 자동차회사들은 선진 자동차회사들의 설계 기술을 도입하여 독자 설계기술을 확보하고 있는 중이다.

수동식 현가장치의 발전동향을 전/후륜으로 나누어 대해 좀더 상세히 살펴보면 다음과 같다.

#### (1) 수동식 전륜현가장치의 발전동향

후륜이 바운싱 운동(bouncing motion)만을 제어하는데 반해, 전륜 현가장치는 바운싱 운동 이외에 조향 기능이 추가됨에 따라 전륜 현가장치의 기구 설계는 상대적으로 더 많은 제약조건을 갖고 있다. 그러므로 전륜 현가장치는 후륜에 비하여 상대적으로 설계 자유도가 작아 다양한 형식이 적용될 수 없었다. 최근까지 승용차의 전륜 현가장치에는 BMW의 5-시리즈 모델에 적용된 더블 위시본식이 주를 이루었다. 1970년대 후반 들어서는 BMW 5-시리즈 모델에 더블 조인트 형식이라는 가상 킹핀축(imaginary kingpin axis)을 갖는 전륜에 4개 링크의 멀티링크 현가장치가 최초로 등장하여 조향 특성의 최적화를 꾀하였다. 1991년에 도요타는 Corolla coupe에 맥퍼슨식이 진보되어 슈퍼 스트럿식(super strut type) 캠버제어링크가 달린 멀티 링크를, 1992년에는 미쓰비시 New Galant에 4개의 멀티링크, Mazda Sentia(Luce 후속)에 가상 킹핀축(imaginary kingpin axis)이 없는 5개의 링크를 갖는 멀티링크 현가장치(without imaginary kingpin axis)가 신규 개발 적용되었고,

1995 년에 이르러 아우디(AUDI)의 A8, A4 에 5 개의 링크를 갖는 멀티링크 현가장치가 최초로 대량생산 차종에 적용되었다.



[그림 1.2-2-2] 수동식 전륜현가장치 형식의 발전

## (2) 수동식 후륜현가장치의 발전동향

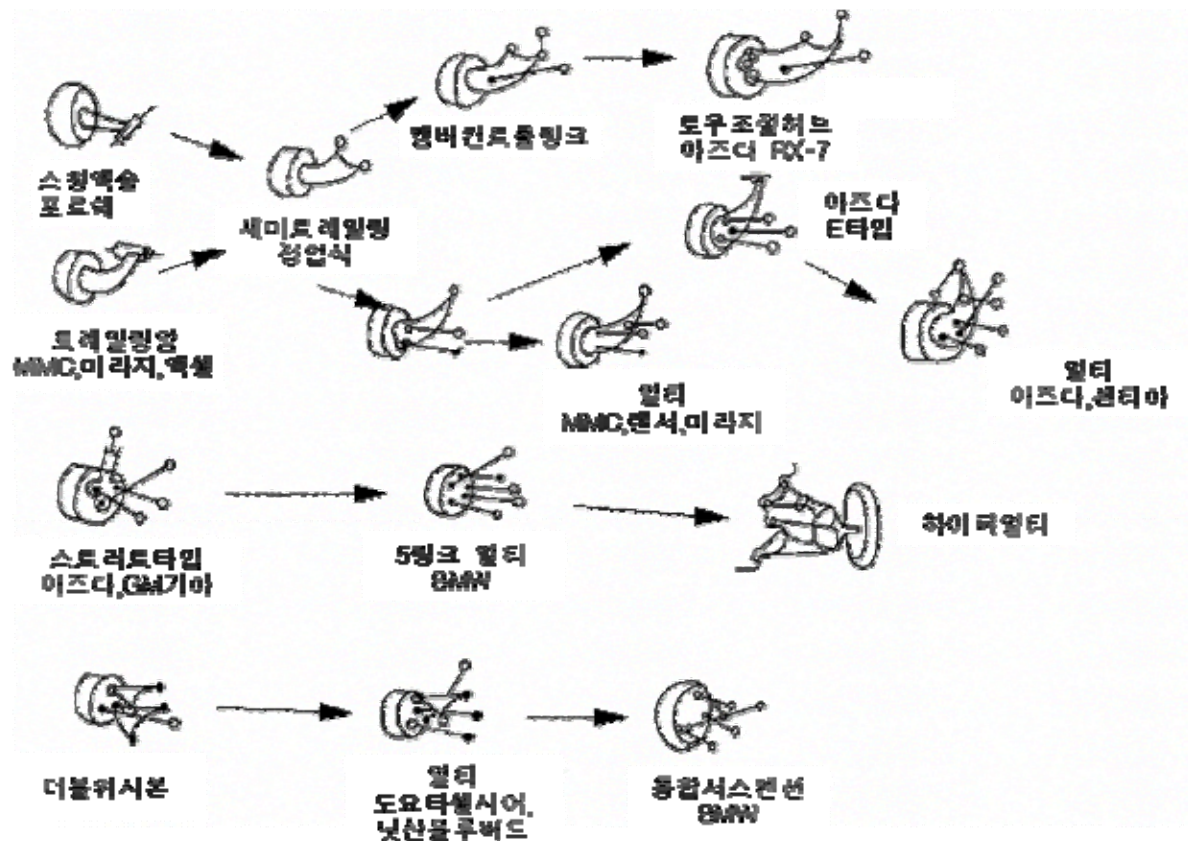
후륜현가장치는 고유의 특성에 따라 상당히 다양한 형태로 발전하기 시작하였다. 1970 년대를 걸쳐 1980 년대 전반에는 보통 소형차에 널리 적용되는 형식인 트레일링암 식(trailing arm type), 토션빔 형식(torsion beam type), 그리고 듀얼링크 형식의 스트럿식 등이 주류를 이루었고, 후륜

구동차에는 세미 트레일링암 형식, 드-디온식, 더블 위시본식, 스트럿식 등이 주류를 이루었다.

그러나 1980년대 중반부터는 벤츠에서 중소형 차종에 먼저 5개의 링크를 갖는 멀티링크식 현가장치를 적용하여 선을 보이기 시작했으며, 1988년에는 다른 자동차 회사에서도 후륜 구동차에 먼저 멀티링크식을 적용하기 시작하여 유럽에서부터 확장되기 시작했다. 가장 보수적인 볼보(Volvo) 또한 760 모델에 일체식을 대신하여 4개의 링크를 갖는 멀티링크식을 적용하였다. BMW도 세미 트레일링암식의 변형인 3개의 링크를 갖는 멀티링크식을 3-series에 적용하기 시작하여 1990년도부터는 8-series에 멀티링크(5-링크) 현가장치를 개발 적용하고 계속해서 다른 차종에도 확대 적용하였다.

한편, 일본에서도 1988년 후륜 구동차에 우선적으로 Mazda 929에 E형 멀티, Nissan 실비아(Silvia)에 멀티링크식(4-링크), 1992년에는 전륜구동차의 후륜 현가장치로서 미츠비시 멀티링크(4-링크), 1994년에는 Nissan의 멀티링크 빔식 등이 계속 양산차량에 개발 적용되어 왔다. 특히 시작 차량으로는 대다수의 회사들이 많은 멀티 링크 등을 개발하여 평가까지 된 상태에서 양산 적용을 계획중이다.

1990년 초까지 국내의 3대 메이커는 주로 일본의 제품을 도입하여 장착하였고, 1990년 중반부터는 자동차메이커와 부품업체 공동으로 많은 기술을 습득하고 독자적인 모델을 개발 발전시키며 1990년 말을 기점으로 21세기에 와서는 외국의 완성차 메이커로부터의 주문생산을 하게 되었다.



[그림 1.2-2-3] 수동식 후륜현가장치의 발전

### (3) 수동식 현가장치의 미래기술

1980년대 이전까지는 수동식 현가장치에서 승차감과 조종안정성을 양립시키는 것은 거의 불가능한 일이라 믿어졌었다. 그러나 1980년도 후반이후 선을 보이기 시작한 멀티링크 같은 현가장치 등은 상당히 정교한 운동특성을 구현함으로써 승차감과 조종안정성의 동시만족에 대한 가능성을 보여 주었고, 심지어는 차량의 고유한 운동특성이 시간에 따라 다른 운동특성(과도상태 : oversteer 특성, 정상상태 : understeer 특성 등)을 보유할 수 있게끔 하는 설계도 보편화되기 시작하였다. Nissan의 멀티링크빔 형식과 볼보의 델타링크 현가장치, Yorozu의 하이퍼멀티 등은 그 좋은 예라고 할 수 있다.

그리고 최근까지 이러한 멀티링크형식들이 주류를 이루고 있으며, 앞으로는 아주 값싸고 간단한 형식을 기본으로 하여 그 형식 자체가 기본적으로 가지고 있는 문제점들을 고도의 설계기술 및 아이디어 등으로써 보완개선함으로써 설계자유도의 크기가 향상된 현가장치들이 더욱 활발하게 개발되어지리라 예상된다.

#### 나. 전자제어식 현가장치 (Electronic Control Suspension System)

기존의 수동식 현가장치를 장착한 차량의 주행안전성능은 승차감과 핸들링의 상반되는 성질 중 한쪽 방향만을 중점적으로 개발해왔다. 따라서 상반되는 이 두 가지 운동 특성을 동시에 향상시키는 방법이 계속하여 모색되어 왔다.

일반적으로 자동차의 현가장치에는 판스프링, 코일스프링, 토션바, 고무스프링, 공기스프링 등의 스프링류와 속업소버를 사용해 왔으나 전자기술의 발전과 더불어 자동차의 현가장치를 통하여 노면에서의 미세한 진동과 선회시 롤링 등 불안정한 차의 상태를 최적의 상태로 제어될 수 있도록 설계된 것이 전자제어식 현가장치(ECS)이다.

운전자가 과도하게 조향을 하거나 차량의 거동이 일정한 궤도를 벗어날 경우 하중차이에 의한 쏠림 현상이나 조향력 상실로 인하여 운전자는 차량 전복이나 기타 예측 불가능한 위험에 처할 수 있다. 그러나 전자제어식 현가장치가 장착된 자동차는 불규칙한 노면의 주행시 타이어 접지면에서의 수직하중을 적절한 수준으로 유지하여 선회, 제동, 구동시의 차량의 안정성을 확보할 수 있고, 차량의 주행중에 발생하는 노면의 불규칙한 압력을 효과적으로 차단(isolation)함으로써 승객에게 안락한 승차감(ride comfort)과 운전편의성을 제공해 줄 수 있다.

전자제어의 기능별 종류로는 차고제어, 감쇠력 제어, 스프링상수 제어, 자세 제어, 조향력 제어 등을 대표적으로 들 수 있다.

또한, 전자제어식 현가장치는 구조 및 작동 원리에 따라 크게 반능동형(Semi-Active) 현가장치와 능동형(Full-Active) 현가장치로 나눌 수 있으며, 최근에는 노면감지 능동형(Active Preview) 현가장치 등이 개발되고 있다.

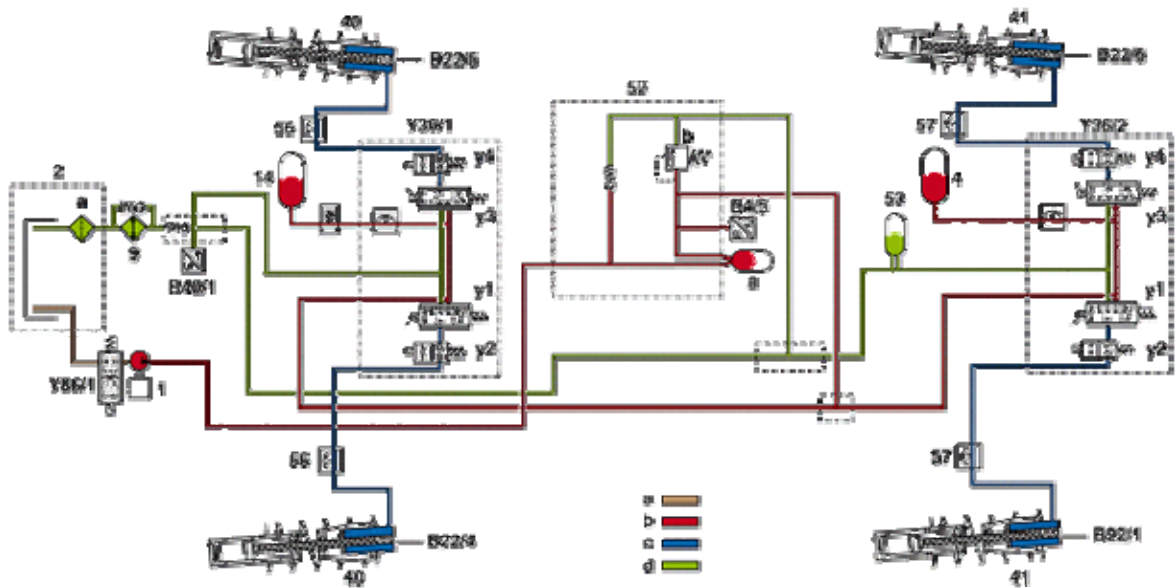
## (1) 전자제어식 현가장치의 기능에 따른 분류

### (가) 차고 제어

승차인원이나 적재하중의 변화에 따른 차체 자세의 변화를 방지하고, 고속주행시에는 차량의 높이를 낮춰서 주행안정성을 향상시키며, 험로나 악로를 주행할 때는 차의 높이를 올려서 노면과의 접촉을 방지하는 등의 목적으로 차 높이 조정기구가 개발되었다. 차고 제어 방법은 유압식과 공압식으로 대별되어지고, 유압식은 다시 재키식과 하이드로뉴매틱식으로 분류된다. 하이드로뉴매틱식은 공압식과 마찬가지로이지만 금속스프링을 병용하는 것과 쓰지 않는 것으로 분류된다. 또한 제어방법으로 기계식과 전자제어식이 있다.

#### ① 유압식

유압식은 각 차륜에 설정된 유압 재키, 전동모터로 구동되는 오일펌프, 오일탱크, 스톱밸브, 프레스스위치 등으로 구성되고, 차높이 선택스위치나 차속 신호에 따라 오일펌프를 정전 또는 역전시키고 각 재키를 작동시켜서 차량의 높이를 조절할 수 있다.



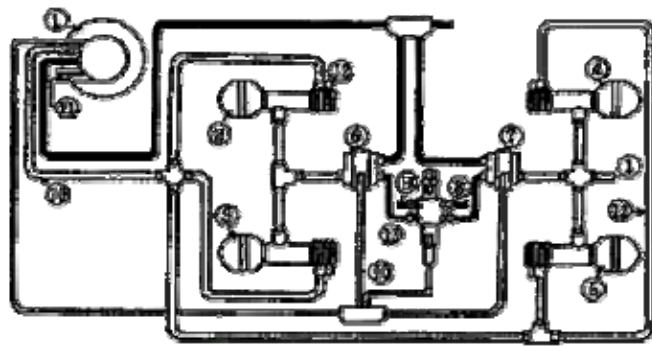
[그림 1.2-2-4] 유압식 차고제어장치

## ② 하이드로뉴매틱식

하이드로뉴매틱식에서 사용되는 기계식의 예를 [그림 1.2-2-5]에 나타내었다. 오일펌프에서 토출된 작동유를 압력조정기(pressure regulator)를 이용하여 주축압기(main accumulator)에 저장해 놓고, 레벨링밸브에 의하여 이 유압을 유압실린더로 공급 또는 유압실린더로부터 배출해서 차 높이를 조정하는 것이다.

레벨링밸브는 스테빌라이저부에 설치되며 차 높이의 변화에 따른 스테빌라이저의 변위를 이용하여 레벨링밸브의 스톱을 이용하여 유압의 공급과 배출을 기계적으로 조절해서 차의 높이를 바꾸고 있으며, 레벨링밸브를 수동으로 제어해서 차의 높이를 바꿀 수도 있다. 유압의 급배류량은 공급압이나 실린더압에 따라 달라지기 때문에 차체 전체를 일정 속도로 오르내릴 수 없는 경우가 있다. 공기압식에서도 비슷한 기구의 것이 대형버스 등의 공기 현가장치에 채용되고 있다.





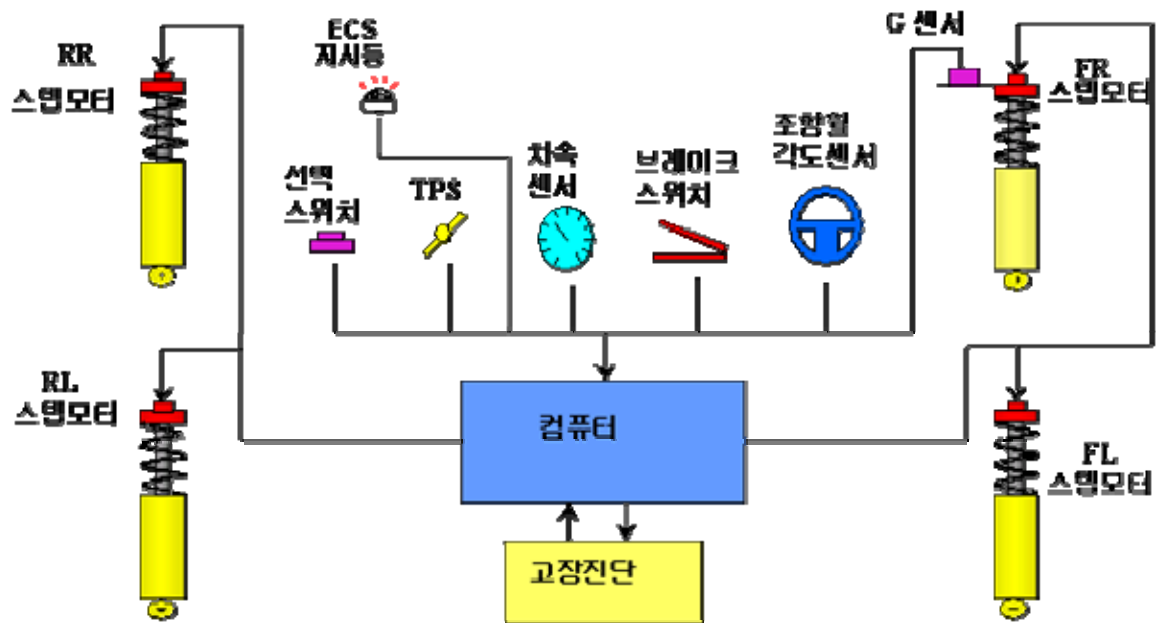
- |                   |            |
|-------------------|------------|
| ① 오일탱크            | ● 리턴 회로    |
| ②-④ 가스스프링 장치유압실린더 | ⑩ 오일펌프     |
| ⑤ 레벨링밸브(프론트)      | ⑪ 누설회수회로   |
| ⑥ 레벨링밸브(리어)       | ⑫ 프라이얼리터밸브 |
| ⑧⑨ 브레이크밸브         |            |

[그림 1.2-2-5] 하이드로뉴매틱식 차고제어장치

### ③ 전자제어식

전자제어식은 차고센서나 그 밖의 센서 신호를 제어회로에서 처리하며, 공기 현가장치나 하이드로뉴매틱 현가장치의 압력과 스트로크를 제어해서 차의 높이를 조정한다. 기계식에 비하여 광범위하고 높은 수준의 제어를 할 수 있다.

공압식의 전자제어식 차높이조정시스템의 예를 [그림 1.2-2-6]에 나타내었다.



[그림 1.2-2-6] 전자제어식 차고제어장치

공기압 공급장치는 모터구동의 컴프레서, 드라이어, 에어탱크로 구성되어 있다. 차체자세의 변화를 차고센서로 검출하고 컨트롤러에서 기준위치로 복귀되기까지 솔레노이드 밸브를 제어해서 공기 현가장치로 공기를 공급하거나 배출하여 차 높이를 조정한다.

공기현가장치로서는 속업소버에 롤링다이아프램을 일체화시킨 구조의 것이 일반적으로 사용된다. 에어탱크는 차 높이의 상승시간을 단축시키기 위하여 사용되는데 컴프레서의 용량을 크게 해서 에어탱크를 쓰지 않는 시스템도 있다.

공압식의 경우는 공압회로내의 수분 제어가 필요하기 때문에 드라이어로서 수분흡착제인 실리카겔이 일반적으로 사용되고 있으며, 공기를 배출할 때에 감압 재생을 하는 프레셔스윙 방식에 의하여 수분의 포화를 막는 방식이 채용되고 있다.

차높이 신호는 노면의 입력, 발진·제동시나 핸들조종을 할 때 등의 자세 변동에 따라 끊임없이 변동되어 차높이 조정동작이 원활하지 못하게 되는 경우가 있다. 이에 대한 대책으로는 아래와 같은 방법이 채용되고 있다.

- 차고센서에 히스테리시스를 설치한다.
- 차고센서 신호의 샘플링타임을 길게 잡아서 평균값을 제어한다.

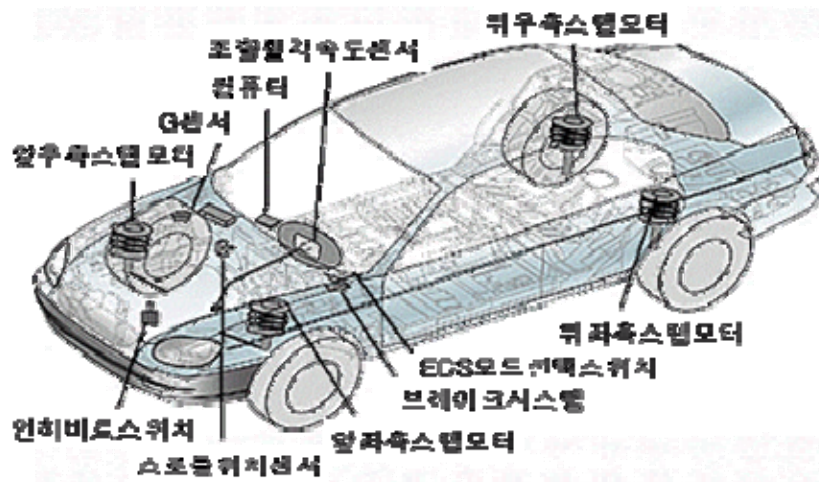
차고센서는 전후에 각각 1 개씩 사용하는 경우와 정밀도 향상을 위하여 앞쪽에 2 개, 뒤쪽에 1 개 등 총 3 개를 사용하는 경우가 많다. 4 개의 바퀴에서 독립적으로 차 높이를 조정하는 것은 불안정성을 가져오게 된다.

차고센서는 직동식과 회전식으로 분류되며 공기 현가장치 속이나 로어암과 차체와의 사이 등에 설치된다. [그림 1.2-2-6]은 리드스위치식의 예로서 4 개의 리드 스위치에 의하여 차 높이를 4 개의 영역으로 나누어서 입력회로의 두 트랜지스터에 의해서 2 가지 모드를 제어하고 있다.

#### (나) 감쇠력 제어

현가장치의 속업소버에 요구되는 감쇠력은 같은 피스톤 속도라도 주행조건에 따라서 다르기 때문에 각자 주행조건에 대응해서 감쇠력을 변환하는 시스템이 채용된다. 일반적으로 노면이 양호한 도로에서의 주행시에는 감쇠력을 낮게 설정하여 승차감을 확보하고, 급조타, 급발진, 급제동시 등에는 감쇠력을 높임으로써 차체 자세의 변동을 저감시킬 수 있다. 또한, 험로나 악로(惡路) 등을 주행할 때는 감쇠력을 높임으로써 차체 진동을 신속하게 억제할 수 있으며, 타이어의 접지력 변동을 저감시키는 것도 가능하다.

감쇠력 가변기구는 감쇠력가변 속업소버, 콘트롤러, 각종 센서 및 감쇠력 변환용 액츄에이터 등으로 구성되며, 그 예를 [그림 1.2-2-7]에 나타내었다.



[그림 1.2-2-7] 감쇠력 가변장치

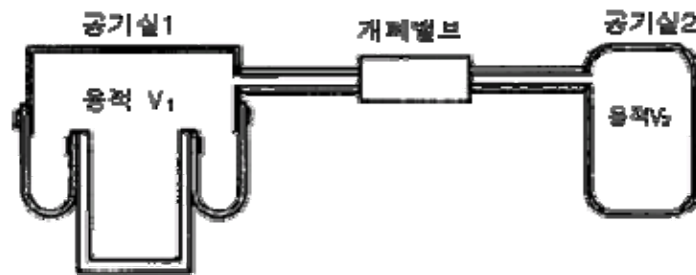
감쇠력 가변기구는 피스톤로드 속을 관통하는 컨트롤로드를 회전시켜서 그 하단에 고정된 서터가 오일통로를 개폐하여 감쇠력을 조정하도록 되어 있다. 높은 감쇠력(하드)인 경우는 통로를 닫아서 감쇠력 특성은 피스톤에 장치된 제 1 밸브의 특성이 된다. 낮은 감쇠력인 경우는 통로를 열어서 감쇠력 특성은 제 1 밸브와 제 2 밸브의 짜맞춤 특성이 된다.

과거의 감쇠력 가변식 속업소버는 오리피스면적만 가변 구조로 되어 있었기 때문에 오리피스 특성만이 가변함으로서 가변 감쇠력 특성의 선정 범위에 제약이 있어서 효과가 현저하지 않는 경우도 있었다.

#### (다) 스프링상수 제어

일반적으로 현가장치의 스프링상수나 감쇠력이 낮아지면 스프링 위쪽의 가속도가 감소되어 승차감은 좋아지지만 적재하중의 변화에 따른 차높이 변화 및 주행중의 롤링, 피치, 바운스 등의 차체 자세 변화가 커진다. 이

때문에 낮은 스프링상수를 갖기 위해서는 차고조정 기능과 스프링상수 가변기능도 필요하게 된다. 또한, 감쇠 계수비를 일정 범위내로 설정하기 위해서는 감쇠력도 동시에 가변으로 할 필요가 있다.



[그림 1.2-2-8] 스프링상수 가변의 원리

스프링상수 가변기구는 공기 현가장치나 하이드로뉴매틱(hydropneumatic) 현가장치 등과 같이 공기 스프링이 이용된다. 공기 현가장치의 스프링상수 가변의 원리를 [그림 1.2-2-8]에 나타내었다. 이것은 공기스프링의 체적을 분할하고, 양자의 연결 통로에 개폐 밸브를 설정하여 구성된다. 공기 스프링상수는 공기실의 체적과 역비례의 관계가 되므로, 앞에서 기술한 구성에 의하여 체적을 나누어 씌으로써 스프링 상수를 가변할 수 있다.

즉, 스프링상수 제어에는 일반적으로 차고제어기능, 감쇠력제어 기능도 포함되어 있기 때문에 종합적인 현가장치 제어라 할 수 있다. 현재 전자제어식 현가장치 장착 차량의 경우에는 차고조절기능, 속업소버의 감쇠력제어기능, 압축공기를 이용한 스프링상수제어 기능을 통하여 앤티다이브, 앤티스쿼트, 앤티롤링의 제어와 차속에 따른 스프링상수 변화에 따른 조종안정성 향상을 기할 수 있다.

(라) 자세 제어

[표 1.2-2-1]에는 차고제어 기능이 있는 전자제어식 현가장치에 의한 자세제어의 종류의 예를 나타내었다.

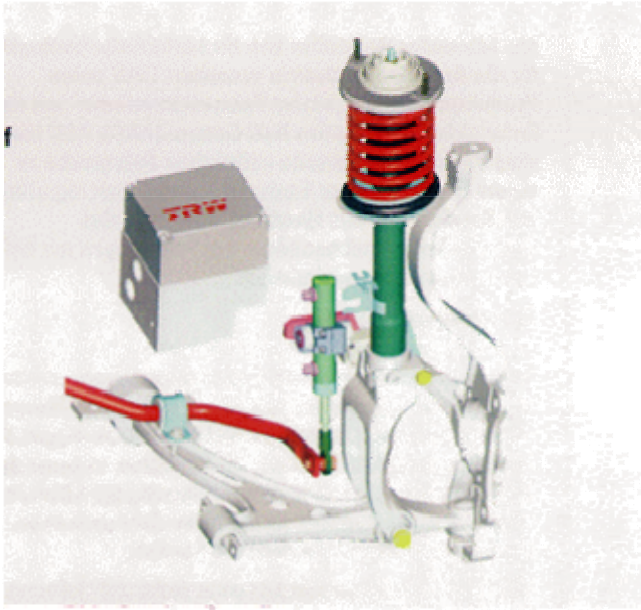
[표 1.2-2-1] 자세제어 종류의 예

차 체 자 세 제 어	롤 제어	주행중 선회시
	스쿼트 제어	주행중 가속시,출발,급가속시
	다이브 제어	주행중 제동시
	시프트스쿼트 제어	변속레버 위치변화시(N-D/N-R)
	피칭/바운싱 제어	요철도로 주행시(작은 요철)
	스카이록 제어	요철도로 주행시(큰 요철)
	노면대응 제어	고속주행시
	급속차고 제어	악로 주행시
	통상차고 제어	일반 주행시

자세제어 중에서 대표적인 롤 제어에 대해 살펴보면 다음과 같다.

롤 강성을 가변으로 하는 방법은 속업소버의 감쇠력 제어 혹은 현가스프링의 스프링상수 제어에 의한 방법이 있으나, 각각 승차감에 대하여는 악영향으로 되기 쉬우며 제어 방법이 복잡하여진다. 롤강성 제어에 국한하는 경우, 스테빌라이저바의 비틀림 강성을 가변화한 기구도 사용된다.

[그림 1.2-2-9]은 롤강성 가변기구의 예를 나타내고 있다.



[그림 1.2-2-9] 롤강성 가변기구

스태빌라이저는 좌우 바퀴가 같은 위상으로 스트로크하는 영역에서는 스프링작용을 하지 않고, 스프링의 고유진동수에 영향을 주지 않는다. 노면의 종류에 따라 다르나, 노면파장이 길수록, 즉 공간주파수가 낮은 노면입력 상태에서는 좌우 바퀴 변위의 상관성이 높고, 좌우 같은 위상에서 스트로크하는 것으로 되므로 롤강성을 높일 목적으로 스태빌라이저바의 비틀림강성을 높여도 감쇠력 제어나 헨가스프링의 스프링상수 제어에 비교하여 승차감에 주는 영향은 적다. 스태빌라이저바 비틀림강성을 가변하기 위한 장치로는 기계식과 유압식이 있으며, 어느 경우에도 스태빌라이저바와 로어암과의 부착부에 장착하여 결합부의 강성을 변화시킨다.

유압식인 경우에는 신축하는 피스톤로드에 동반하는 피스톤 상하실 사이의 오일의 흐름을 유로조절밸브의 개폐에 의하여 제어하는 기구이다. 피스톤로드가 자유롭게 미끄럼 운동을 하는 상태에서 스태빌라이저로의 입력은 부하되지 않고 롤강성은 낮아진다. 다만, 피스톤로드 스트로크를

초과하는 큰 입력이 부하되면 실린더에 내장된 스토퍼에 의한 스트로크 규제에 의하여 스테빌라이저 본래의 강성으로 되돌아가는 안전설계가 이루어져 있다. 또한 오일의 흐름을 구속하여 피스톤로드를 고정하면 스테빌라이저 자체의 강성이 얻어진다. 이 모드에서는 실린더의 중립 위치에서 리저버실로 연통하는 포트를 마련하여, 어느 상태에서 로크 동작이 이루어지거나 중립위치에서 로크되어 차체 자세에 비틀림을 주는 일은 없다.

기계식인 경우도 유압식의 경우와 같이 피스톤로드의 상하 움직임을 로드 가공된 홈과 외주 콜릿에 의하여 기계적인 방법으로 상하 움직임을 구속한다. 이 경우도 로크는 홈이 있는 중립 위치에서만 로크되어 차체 자세에 변화를 주는 일은 없다.

제어방식은 현재 실용화되고 있는 유압식, 기계식 모두가 케이블 조작에 의한 수동 조정식이고, 길이 좋은 도로에서의 승차감 향상과 악로주행 및 고속주행에 있어서의 롤각저감과 접지성 향상을 목적으로 속업소버의 감쇠력과 연동하는 변환제어를 하고 있는 유압식도 있다.

스테빌라이저의 강성가변제어는 롤강성의 변경을 가능하게 함과 더불어, 앞뒤 바퀴에 설치하면 전후 단독으로 변화시키는 것도 가능하게 되고, 스프링 위 질량 관성의 이동량을 전후륜에서 변화를 줄 수 있어 스티어링 특성도 제어하는 것이 가능하게 된다. 가변장치의 제어 방법도 수동 조정뿐만 아니라 감쇠력 가변기구와 같이 여러 가지 센서 신호를 입력으로 하여 응답성이 좋은 전기력이나 유공압에 의하여 구동되는 컨트롤 시스템화의 가능성도 있다. 또, 유압식 가변장치 경우는 외부의 유압원(power resource)과 실린더의 상하실을 변환밸브를 거쳐 접속시켜 횡가속도 등의 신호에 의하여 실린더 변위 혹은 압력의 제어를 하는 등에 의하여 능동적인 롤 제어를 할 수도 있다.



## (마) 조향력 제어

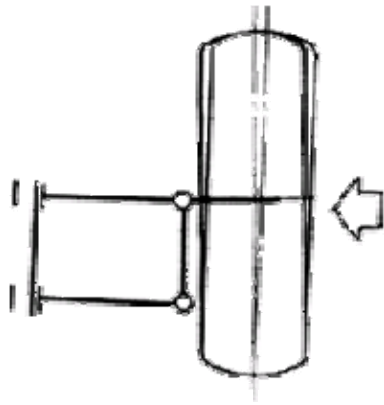
타이어에 횡력 또는 전후력이 가해지면, 현가장치의 탄성변형에 의하여 토우(toe) 각의 변화를 일으켜 그에 따른 스티어링 특성도 달라진다. 이런 토우각의 변화에 따라 목표로 하는 스티어링 특성을 얻을 수 있도록 컨트롤하는 기구가 컴플라이언스 기구이다.

이 기구는 후륜에 설치되는 예가 많고, 선회시에 작용하는 횡력에 의해서 외륜을 토우-인으로 향하도록 하여 후륜의 선회력을 크게 하는 것으로서 고속선회시의 안전성을 향상시키는 것이나, 제동시의 뒤쪽 방향으로 향하는 힘에 의하여 토우-인으로 향하도록 하여 제동시의 안정성 향상을 목적으로 한 것이 있다. 또, 가해지는 가로 방향의 횡력이 작은 경우는 토우-아웃(toe out), 크면 토우-인(toe in)으로 되도록 설정되어 가로방향 가속도가 낮은 선회에서의 복원성과 높은 선회에서의 안정성 모두를 목적으로 한 것도 있다.

이들은 링크의 배치나 부쉬의 강성 배분에 의하여, 토우변화 특성을 제어하고 있지만, 토우 제어량을 크게 하면 부쉬의 변화량이 커지게 되어 부쉬의 내구성이 저하된다. 또, 토우 제어량을 크게 하는 것은 토우 강성이 저하되고, 노면 요철에 의한 입력으로도 토우 변화를 발생시켜 직진 안정성을 해칠 염려가 있기 때문에 제어량의 설정은 여러 가지 요인을 만족하는 범위에서 이루어져야 한다.

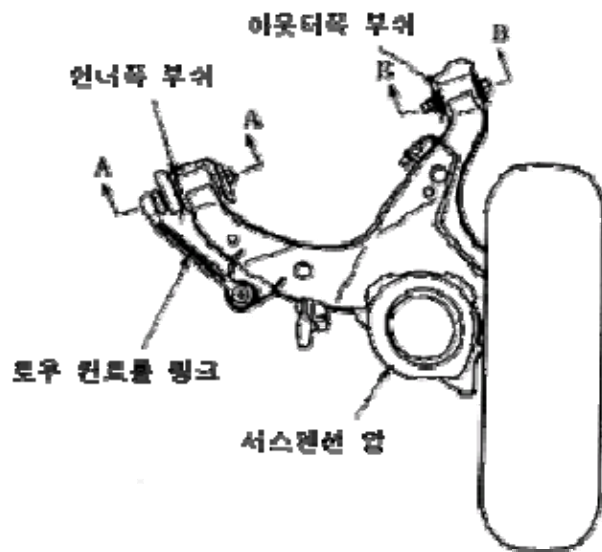
또, 최근에는 유압 등의 외력을 이용하여 토우 변화를 능동적으로 제어하고자 하는 기술이 소개되고 있다. 전후 컴플라이언스를 높게 설정하여 양호한 승차감을 확보함과 동시에 노면이나 운전의 상태를 측정하여, 토우 변화를 정확하고 확실하게 제어함으로써 조종안정성을 높이하고자 하는 새로운 시스템의 연구가 진전되고 있다.

[그림 1.2-2-10]은 평행 링크의 배치에 의하여 각각의 링크에 걸리는 힘이 상이한 것을 이용한 것이다. 횡력을 받을 경우 링크의 배치로부터 앞 링크에 작용하는 힘이 뒤쪽 링크에 대하여 커지게 되고, 그것에 상응하여 앞쪽 부위의 변위도 뒤쪽에 대하여 크게 되므로 타이어는 토크-인 방향으로 향한다.



[그림 1.2-2-10] 평행링크식 현가장치에서의 컴플라이언스제어기구

[그림 1.2-2-11]는 기본적으로 횡력, 제동력으로 토크-아웃으로 되기 쉬운 세미트레일링링크 방식의 현가장치에 보조링크를 추가하여 토크-아웃 경향의 개선을 위한 것이다. 암에 토크-아웃의 모멘트와 요동축에 따라 내측으로 이동시키는 하중이 생겨서 암이 이동하면, 보조링크의 작용으로 암을 토크-인으로 향하는 모멘트가 발생하여 토크-아웃모멘트를 감소시킬 수 있다.








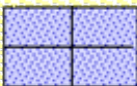


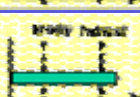
[그림 1.2-2-11] 세미트레이일링식 현가장치에서의 컴플라이언스제어기구

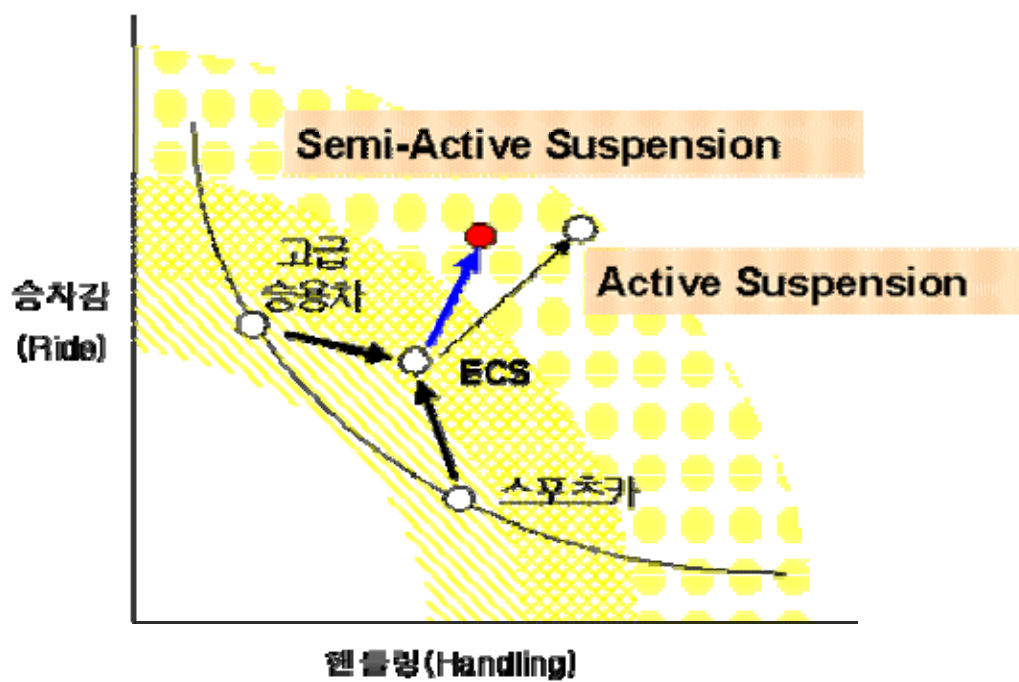
## (2) 전자제어식 현가장치의 구조 및 원리에 따른 분류

전자제어식 현가장치(ECS)는 1990 년 초에는 대형 고급차에만 장착되던 것이 1990 년대 중반으로 오면서 중형 차량에까지도 보급되기 시작하였다. 현가장치의 발전 과정을 살펴보면, 1980 년 말과 1990 년 초까지는 능동형(full-active ECS) 장치가 주로 장착되던 것이 현재에 와서는 점차로 반능동형(semi-active ECS) 장치가 장착되는 추세가 되고 있다. 이러한 이유는 다음의 [표 1.2-2-2]에서 보인 바와 같이 반능동형의 경우가 적은 비용으로 많은 차량에 장착할 수 있는 장점이 있어 보급률이 높아지고 있기 때문이다.

[그림 1.2-2-12]에는 반능동형과 능동형 현가장치의 승차감과 핸들링성능을 비교한 주행성능특성을 보여주고 있다.

[표 1.2-2-2] 전자제어식 현가장치의 비교

System	Forces	Frequency range	Actuator operation	Energy demand	Sensor demand
Adaptive		Open loop control	synchronous	low	low
Semi-active (discrete)			individual	low	medium
Semi-active (continuous)			individual	low	medium
Slow-active			individual	medium	high
Fully active			individual	high	high



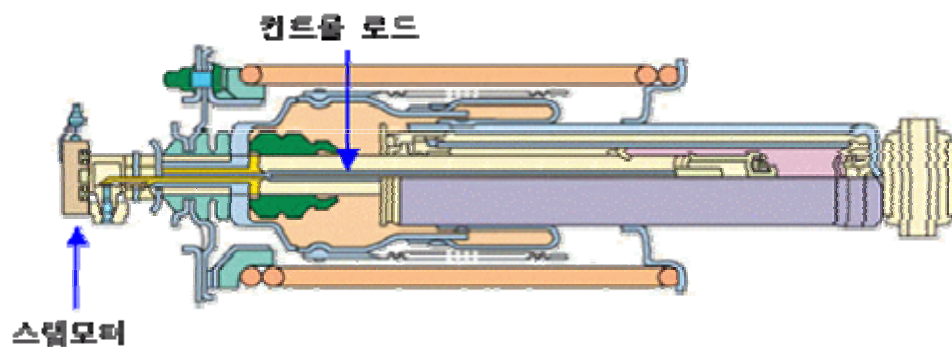
[그림 1.2-2-12] 승차감과 핸들링으로 표현되는 자동차의 주행성능특성

전자제어식 현가장치의 발전 방향을 종류별로 대별하여 정리해 보면 다음과 같다.

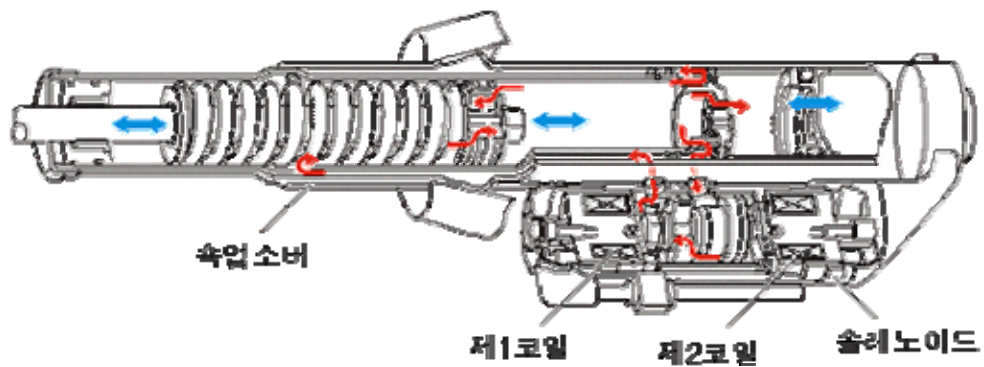
### (가) 반능동형 현가장치 (Semi-Active Suspension System)

이 장치는 차량에 장착된 감쇠기(댐퍼)의 운동특성을 실시간으로 가변시킴으로써 주행안정성 및 승차감을 향상시키는 장치로, 4륜의 감쇠력을 독립적으로 제어함으로써 독립현가장치의 장점을 최대한 보장해주는 시스템이다.

각 차륜의 상단 차체에는 상하 가속도센서가 부착되어 차륜 각각의 거동을 측정하여 독립적인 제어를 가능하게 한다. 차속센서와 조향각센서의 신호를 기준으로 운전자의 급조향 거동을 판단하여 감쇠력을 제어해주는 엔티롤 제어로직이 있고, 이 로직에서는 전후롤 댐핑모멘트의 배분제어를 통해 조향안정성과 편의성을 제어한다. 감쇠력 전환을 위한 액츄에이터의 제어에는 스텝모터를 이용하여 감쇠력을 다단계로 하는 방법과 솔레노이드 밸브를 사용하여 연속적인 감쇠력의 전환이 가능하도록 하는 방법이 있다.



(a) 스텝모터 방식



(b) 솔레노이드밸브 방식

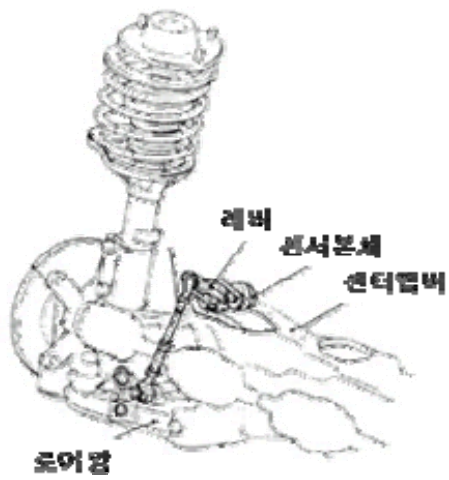
[그림 1.2-2-13] 반능동형 액츄에이터의 종류

반능동형 현가장치에 사용되는 대표적인 구성요소는 다음과 같다.

#### ① 차고 센서

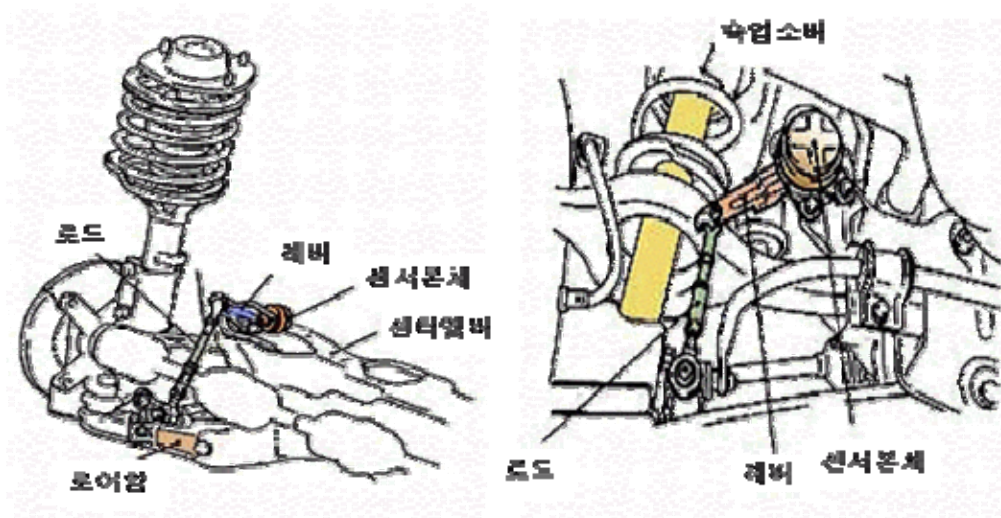
[그림 1.2-2-14]과 같은 차고 센서는 차체 쪽에 장치되어 있으며, 회전축에서 연장한 링크가 리어 현가장치 암에 결합되어, 링크가 차 높이의 변화에 의해 상하운동하는 것을 이용하고 있다.

센서는 내부에 포토인터럽터 2 개를 링크와 동축의 슬릿판에 대해서 옮겨놓고 설치하고 있으며, 2 개의 포토인터럽터의 신호의 조합에 의해 4 단계의 차 높이를 검출할 수 있다.



[그림 1.2-2-14] 차고 센서

[그림 1.2-2-15]는 반응동형 현가장치의 차고제어를 위한 센서의 장착 예를 보여준다.



[그림 1.2-2-15] 반응동형 현가장치의 차고센서 장착 예

## ② 가속도 센서

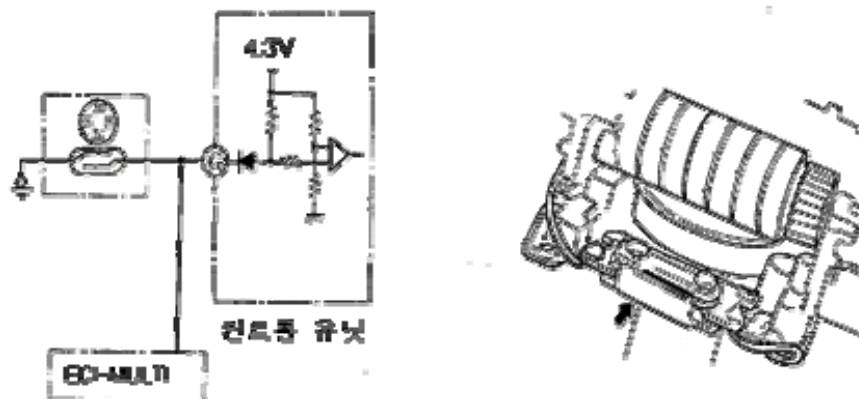
차체에 부착되어 차량의 상하운동(Bounce motion)을 측정하기 위한 센서이다.



즉, 상하 차체운동가속도를 중력가속도 단위로 표현하면 이 값을 전기신호인 볼트로 환산하여 출력해주는 센서이다.

### ③ 차속 센서

[그림 1.2-2-16]와 같은 차속 센서는 리드스위치 형식으로 스피드미터내에 설치되어 있다. 차속센서는 트랜스미션 디퍼렌셜 케이스의 회전을 전기적인 펄스로 변환시키는 역할을 한다. 이 신호는 ECS 장치뿐만 아니라 다른 전자제어장치(전자제어 엔진 MPI, ELCA / T ETACS 등)에서도 사용한다.



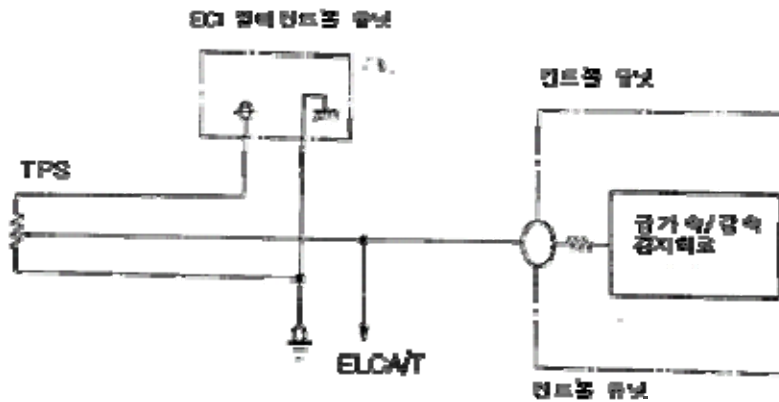
[그림 1.2-2-16] 차속 센서

### ④ 스로틀포지션 센서(TPS)

[그림 1.2-2-17]과 같은 스로틀포지션 센서는 엑셀레이터의 페달작동속도, 즉 급감속, 급가속을 감지하는 센서로서 MPI, ELCA / T 에도 동시에 이용된다.

T.P.S 의 전원은 정류된 5V 전원이 MPI 컨트롤 유닛에서 센서의 전원터미널로 공급된다.





[그림 1.2-2-17] 스로틀포지션센서(TPS)

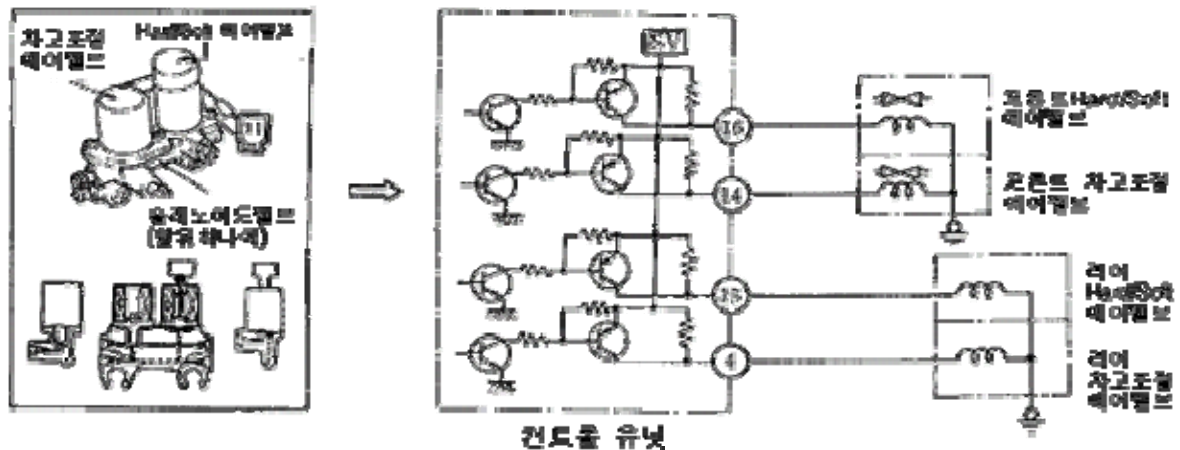
#### ⑤ 솔레노이드밸브(프런트 및 리어)

##### - 차고조절 에어밸브

컨트롤유닛으로부터 전원이 공급되면 앞·뒤 에어 체임버에 공기가 공급되거나 배출되어 차고가 조절된다. 전자장치의 통제(fail safe)시에는 밸브가 닫혀 에어스프링(에어체임버)내에 일정한 공기량을 유지한다.

##### - 하드(hard) / 소프트(soft)에어밸브

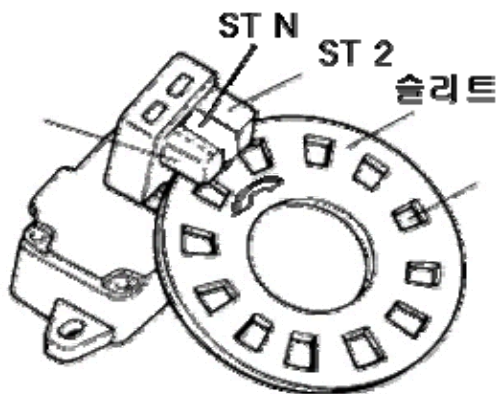
컨트롤유닛으로부터 전원이 공급되면 밸브가 열려 압축공기가 액츄에이터에 공급되어 하드(hard) 모드가 되고, 컨트롤유닛으로부터 전원이 차단되면 밸브가 닫혀 밸브 상단부의 통풍구를 통해 액츄에이터내의 압축공기가 대기중으로 방출되어 소프트(soft) 모드로 된다. 전자장치의 통제(fail safe)시에는 밸브가 열려 액츄에이터의 작동으로 하드(hard) 모드를 유지한다.



[그림 1.2-2-18] 솔레노이드 밸브

#### ⑥ 조향각 센서

조향각센서는 조향 핸들의 다기능스위치 뭉치 안에 장착되며, 광센서방식을 사용한다. 즉, 얇은 디스크판 양쪽에 발광부와 수광부를 설치하여 디스크에 설치된 홈을 통하여 빛의 통과를 감지하여 조향각을 계산하는 방식을 사용한다.



[그림 1.2-2-19] 조향각센서

[그림 1.2-2-19]와 같은 조향각 센서는 엔티롤제어를 위해서 필요한 조향 각도 및 방향을 검출하는 것이다. 아날로그 타입의 것을 포함하여 여러

가지가 개발되고 있지만, 여기서는 포토 인터럽터를 사용한 디지털식의 센서에 대해서 설명한다. 포토인터럽터는 발광다이오드와 트랜지스터가 쌍으로 된 구조로 되어 있으며, 발광다이오드의 빛의 유무에 따라 포토트랜지스터가 ON, OFF 하는 반도체디바이스이다.

조향각 센서는 포토인터럽터 및 발광다이오드와 포토트랜지스터의 사이에 놓은 슬릿판으로 구성되어 있으며, 포토트랜지스터는 조향각 컬럼에, 슬릿판은 조향각 샤프트에 장치되어 있다. 조향각 휠이 회전하면 슬릿판만 회전하고, 포토인터럽터는 ON(통과의 상태)과 OFF(차단된 상태)를 반복하여 조향각의 회전각에 비례한 디지털신호를 발생한다. 그러나, 1 개의 포토인터럽터에서는 좌우의 회전신호가 같아지며 조향 방향을 검출할 수 없기 때문에, 2 개를 사용하여 위상차에 따라 조향방향을 검출하고 있다.

#### ⑦ 가변댐퍼 / 액츄에이터

반능동형 현가장치에서 사용하는 무단가변 댐퍼는 가변밸브가 댐퍼 측면에 부착되어 있다. 이 측면부착형 가변밸브안에는 2 개의 감쇠조절 밸브가 설치되어 인장/압축 행정시의 감쇠력을 별도로 제어 할 수 있도록 한다.

액츄에이터는 직류모터, 기어, 솔레노이드로 구성되며, 모터 및 솔레노이드의 조합으로 전기를 통함에 의해 3 단계로 바꾸고 있다.

속업소버는 로터리밸브에 3 개의 오리피스들, 피스톤로드에 2 개의 통로 구멍을 가진다. 액츄에이터에 의해 로터리밸브를 회전시켜 오리피스의 개폐 및 유로면적의 증감을 함으로써 감쇠력을 3 단계(작은 쪽-A, 중간-B, 큰 쪽-C)로 바꾼다.

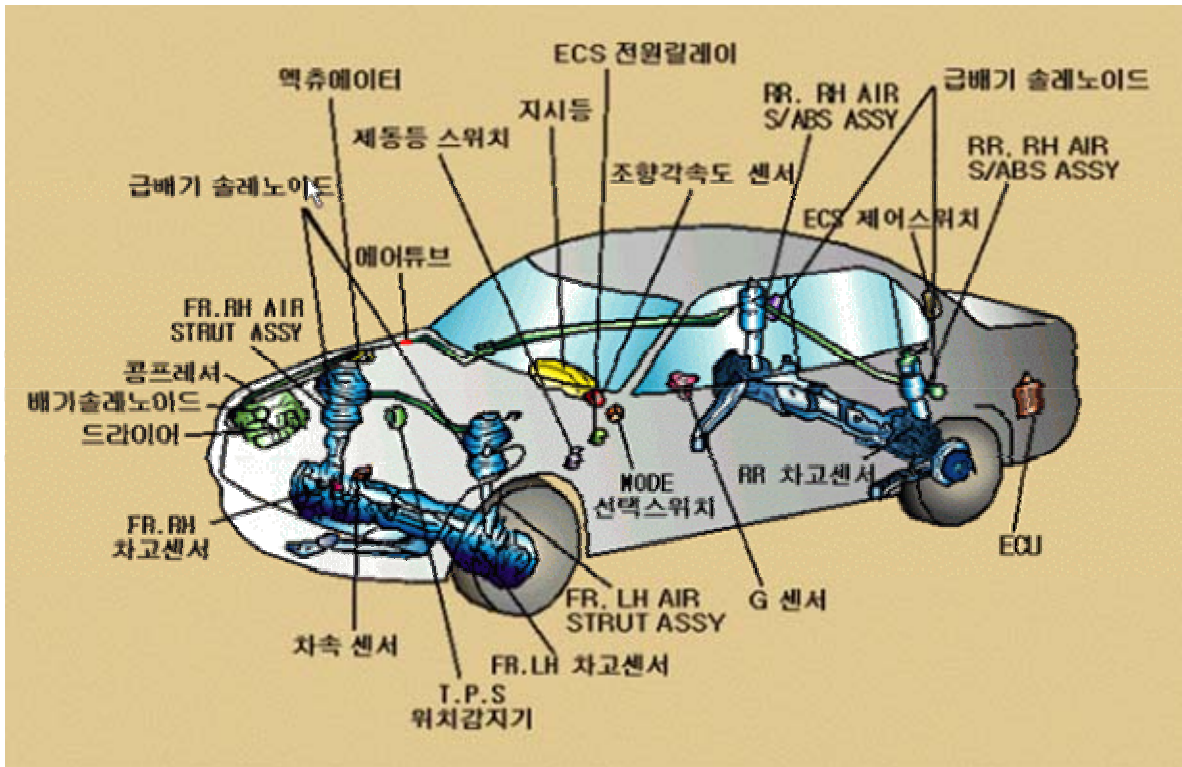
작은쪽일 때는 로터리밸브의 오리피스 A, C가 열리면 되고, 중간일 때는 오리피스 B가 열리면 된다. 큰 쪽일 때는 모두 닫히지며, 논리턴밸브만으로 감쇠작용을 발생시키는 구조로 되어 있다.

#### ⑧ 전자제어기 (Electronic Control Unit)

반능동제어식 현가시스템의 전자제어기는 16 비트 마이크로프로세서를 사용하고 있고 내부에 각 차륜의 감쇠력을 독립적으로 제어하는 스카이훅로직을 기본으로하는 제어알고리즘이 구현되어 있다.

또한, 반능동형 현가장치의 발전과정과 적용 예를 살펴보면 다음과 같다.

반능동형의 1 세대라고 할 수 있는 감쇠력가변식 ECS는 속업소버의 감쇄력을 다단계로 변화시킬 수 있는 시스템으로, 속업소버의 감쇄력만 제어하므로 구성이 간단하며 중형차에 주로 장착된다. 국내 차종으로는 소나타 등에 적용되었으며, [그림 1.2-2-20]에는 반능동형 현가장치와 관련된 부품장착도를 나타내었다.



[그림 1.2-2-20] 반능동형 현가장치의 부품장착도

반능동형의 2 세대라고 할 수 있는 복합식 ECS 는 속업소버의 감쇠력과 차고조절 기능을 갖춘 시스템이다. 이것의 특징은 기존 코일스프링이 하던 역할을 공기스프링이 대신하므로 하중변화에도 일정한 승차감과 차고를 유지할 수 있다는 점이며, 중대형 승용차에 주로 장착된다.

진정한 반능동형 현가장치라고 할 수 있는 3 세대 시스템은 스카이록 이론을 바탕으로 개발된 시스템으로 역방향 감쇠력 가변식 속업소버를 적용하여 기존의 감쇠력 가변식 ECS 와 능동형 ECS 의 성능을 만족할 수 있는 시스템이다. 속업소버의 감쇠력은 그 외부에 장착된 가변 솔레노이드 밸브에 의해 연속적인 감쇠력 변경이 가능하고, 속업소버의 피스톤의 운동시 독립된 감쇠 제어가 가능하다. 국내 적용 차종은 그랜저 XG 와 에쿠스 등이 있으며,

[그림 1.2-2-21]에는 제어장치에 입출력되는 신호를 위한 구성요소를 나타내었다.



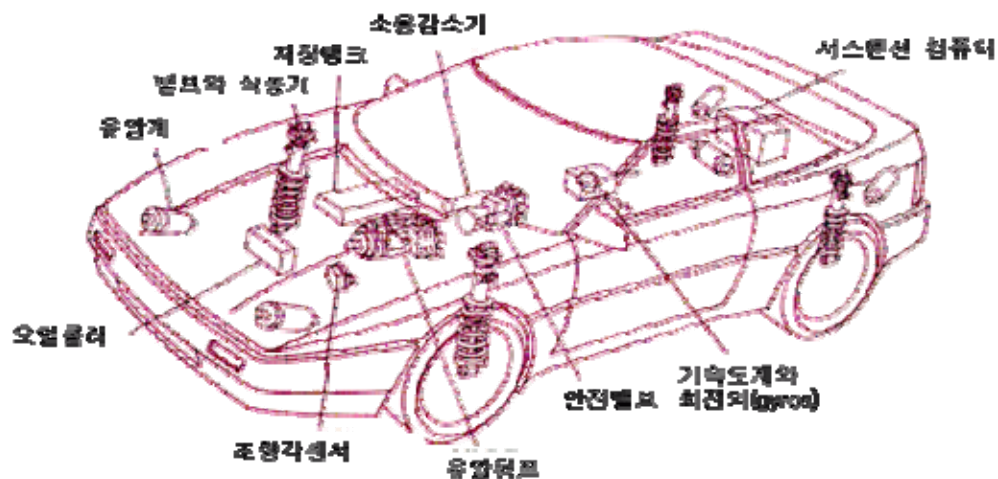
[그림 1.2-2-21] 반능동 현가장치 제어기의 입출력 신호

반능동형 현가장치의 개발을 위해 지금까지 적용되어 온 기술은 대부분 기존의 오일 및 가스댐퍼를 이용한 제어법칙이었다. 따라서 많은 주요 부분은 기계적 장치로 이루어져 있기 때문에 그 구조가 매우 복잡하고 작동시 마찰이나 마모 등으로 소음이 발생하게 되는 원인이 되기도 한다. 이러한 문제점을 해소하기 위해서 액체의 유동 특성이 외부 자기장부하시 특성이 변하는 유체를 이용하여 새로운 개념의 댐퍼를 설계 및 제작하려는 연구가 한참 이루어지고 있다. 이 시스템은 "자기유변형 현가장치"라고 불리우며, 반능동형 현가장치의 4 세대를 이어나갈 기술로 분류할 수 있다.

(나) 능동형 현가장치 (Full-Active Suspension System)

반능동형보다 진보된 형태의 전자제어식 현가장치로서, 외부에서부터 에너지를 공급하여 스프링상수나 감쇠력을 주행조건에 대응하여 적절하게 조절하는 장치이다. 즉, 능동형 현가장치는 적재중량, 노면상황, 주행속도 등 여러 가지의 주행 상태에 대응하여 전자제어하고 유압이나 공압의 액츄에이터를 사용하여 차높이나 스프링상수, 감쇠력을 적정화시키는 시스템으로, 반능동형 장치와 구분하기 위하여 완전 능동형(full-active)으로 표현하기도 한다.

능동형 현가장치의 효시는 [그림 1.2-2-22]에 보인 로터스(Lotus)의 시제작 차량이라 할 수 있다.



[그림 1.2-2-22] 로터스의 능동형 현가장치

능동형 현가장치의 기본 개념은 자동차의 주행시 서스펜션의 구성요소들이 각각의 상황에 따라 적절히 대응하도록 하는 것으로, 예를 들어 스프링에 가벼운 하중이 없힐 때에는 탑승자에게 불편함을 주지 않으면서도 자동차의 하중을 충분히 지지할 수 있을 정도까지만 딱딱해지도록 하는 것이다. 다른 예로는 바퀴가 돌출물 등에 부딪혔을 때는 서스펜션이 자유롭게 움직일 수 있도록 쇼크가 부드러워지도록 하며, 갑작스럽게 차선을 변경할 경우 등에는

차체의 안정을 유지하기 위해서 서스펜션이 다시 딱딱해지도록 제어하는 것이다.

수동식이나 반능동형 현가장치로는 이러한 모든 상황에 적절하게 반응할 수 없으나, 능동형 현가장치는 두 가지 중요한 방식으로 이러한 한계점을 극복하고 있다. 첫째로는 스프링과 속업소버 대신에 피스톤의 위치와 속도에 따라 독립적으로 힘을 생산해 내는 유압 가진기를 이용하며, 둘째로는 바퀴의 조절과 차체의 조절을 격리시키기 위한 제어 기술을 도입하고 있다.

제어방법으로는 운전자의 조향 조작에 대응하여 특성을 변환시키는 피드-포워드(Feed-forward)제어, 차량의 거동을 검출하여 노면으로부터의 입력을 대응하여 리얼타임으로 변환하는 피드백(Feed-back)제어 등이 있다.

능동형 현가장치는 기본적으로 유압장치, 제어장치, 제어로직의 3 부분으로 구성되며, 작동원리는 다음과 같다.

- 차량주행시 바퀴와 차체의 상대변위와 서스펜션 마운트의 상하가속도가 센서에 의해 감지된다.
- 센서에서 얻어진 정보를 바탕으로 제어로직에서 각 차륜에 필요한 압력을 계산 한다.
- 압력제어밸브가 유압펌프로부터 각 차륜의 액츄에이터로 공급되는 압력을 조절 하여 차량의 자세를 제어한다.

또한, 능동형 현가장치를 실제의 차량에 적용하기 위해서는 다음과 같은 과제를 해결해야 한다.



- 대상차량에 대해 적합한 유압회로를 설계하고, 유압회로를 이루는 각 부품들의 특성을 정확히 파악해야 한다.
- 차량의 동역학적인 특성을 고려한 제어로직을 개발해야 한다.
- 유압제어시스템과 제어로직간의 매칭 즉, 하드웨어와 소프트웨어의 튜닝을 잘 해야 한다.

이 장치는 반능동형이 갖고 있는 감쇠력제어와 차고조절 기능도 모두 갖추고 있으며, 차량의 자세변화에 능동적으로 대처하여 자세를 바로 잡아 줄 수 있는 시스템이다. 자세 제어기능은 롤(roll)방향, 바운스(bounce)방향, 피치(pitch)방향, 앤티다이브(anti-dive), 앤티스쿼트(anti-squat) 등 조종안정성과 승차감의 모든 운동방향을 망라한다.

능동형 현가장치의 기술적 특징을 정리해보면 다음과 같다.

첫번째로, 능동형 현가장치가 장착된 자동차는 바퀴들이 수동형 현가장치가 장착된 차보다 더 자유롭게 움직인다. 따라서 적절한 제어 알고리즘이 개발 적용되면 훨씬 부드러운 주행을 느낄 수 있게 된다.

두번째로, 능동형 현가장치의 또 다른 이점은 센서가 컴퓨터에게 차체의 운동과 바퀴의 운동을 구별할 수 있게 해준다는 점으로, 그 차이를 구별해냄으로써 각자 독립적인 조절이 가능할 수 있다. 자동차가 가·감속하는 경우에는 현가장치에 가해지는 수직하중의 분배도 바뀌게 된다. 전진 가속시에는 하중의 변화는 앞 스프링을 팽창시키고 뒤 스프링에는 압력을 가하게 되어 차의 앞부분을 들리게 하며, 정지 시에는 그 반대현상이 일어난다. 차량 선회시에도 차가 롤방향으로 같은 결과를 나타낸다. 능동 현가장치 차량에서는 이러한 가속이 수직·측면 가속도계에 의해 감지된다.

자동차의 이들 센서로부터의 정보를 결합하여 컴퓨터가 실시간으로 각 바퀴에서 발생하는 하중의 변화량을 산출한다. 그 결과를 하중 감지 센서로부터의 정보에 기초하여 각 코너의 실제적 하중과 끊임없이 비교하여 상황에 따라 적절한 반응을 하도록 조정하게 된다.

완전능동형 현가장치는 Lotus 의 Esprit 차량이 처음 시험차량으로 개발되었으며, 일본의 경우에는 Toyota 의 Soarer 에 장착되어 상용화된 경우가 있다. 그러나 앞서 서술한 바와 같이 기술적인 어려움과 비싼 가격 등으로 인해 상품화로 이루어진 예는 많지 않으며, 국내에서는 아직까지 진정한 의미의 능동형 현가장치가 적용된 예는 없다고 할 수 있다.

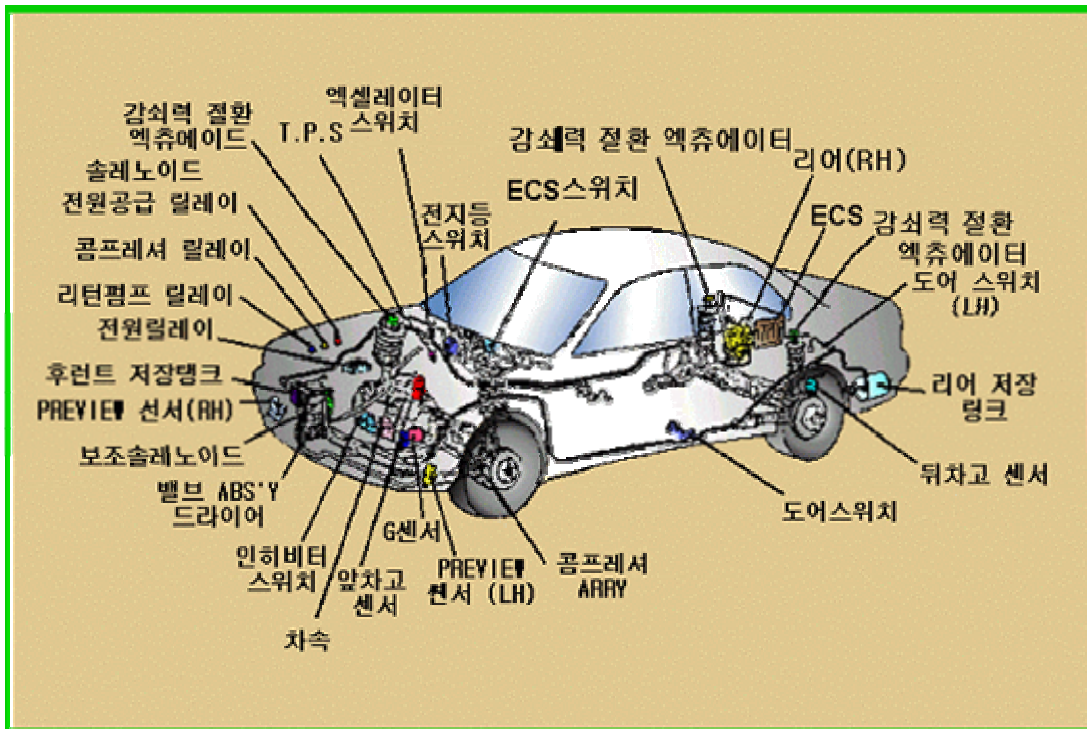
#### (다) 노면감지능동형 현가장치 (Active Preview Suspension System)

반능동형이나 능동형 전자제어현가장치(ECS)는 노면의 변화에 대하여 현가장치의 스트로크주기 등으로부터 노면상태를 판단하여 감쇠력을 바꾸거나 압력을 조정하는 방식을 채택하였다.

반면에 노면감지능동형 현가장치는 초음파펄스방식의 프리뷰센서, 수신센서 등을 이용하여 바퀴가 지나갈 노면의 상태를 사전에 검출하여 빠른 시간내에 속업소버의 감쇠력을 바꾸거나 공기스프링의 공기압조정 등을 통하여 충격을 훨씬 부드럽게 하여 승차감을 향상시킬 수 있는 장치이다.

향후에는 구배정보 등을 추가하여 오르막이나 내리막 등의 주행상황에 따라 속 업소버의 감쇠력과 제어시점을 조정하여 전륜과 후륜의 물과 선회력을 제어함으로서 조종안정성을 향상하는 기능도 추가되리라 예측된다.

국내에서는 뉴그랜저 등에 장착된 예가 있으며, [그림 1.2-2-23]에 관련된 구성부품도를 나타내었다.

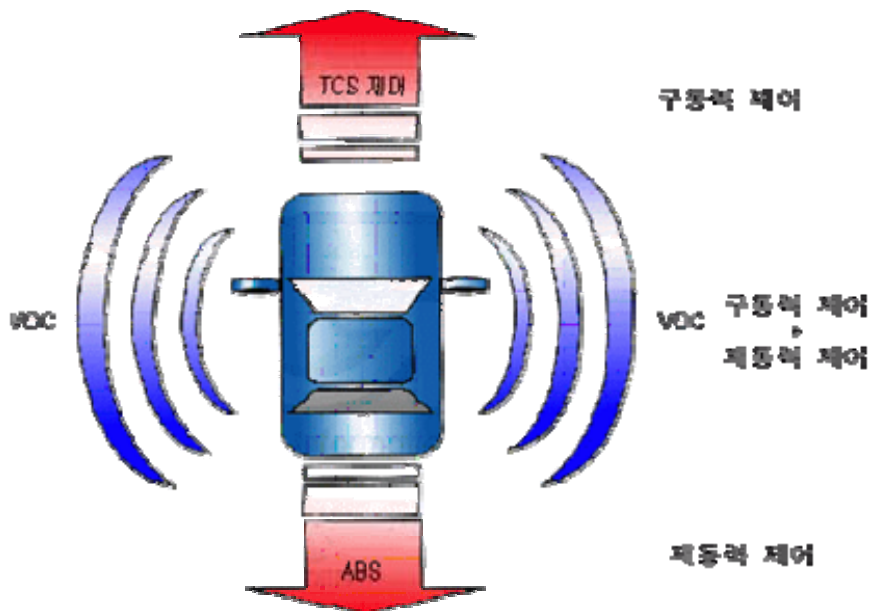


[그림 1.2-2-23] 노면감지 능동형 현가장치의 구성부품도

#### 다. VDC(Vehicle Dynamic Control, 자세제어) 장치

VDC(Vehicle Dynamic Control) 장치 혹은 ESP(Electronic Stability Program) 장치는 위험한 운전상황에서 자동차 스스로 브레이크를 밟거나 엔진의 토크를 제어하여 스핀 또는 언더스티어 등의 발생을 억제하여 이로 인한 사고를 미연에 방지할 수 있게 하는 장치로서 전자제어식 현가장치에 ABS, TCS 기능이 추가된 차시 통합제어 장치라 할 수 있다. 차량에 스핀이나 언더 스티어가 발생하는 상황에 도달하면 이러한 상황을 감지하여, ABS 와 연계되어 자동적으로 안쪽 차륜이나 바깥쪽 차륜에 제동을 가해 차량의 자세를 제어함으로써 이로 인한 차량의 안정된 상태를 유지한다. 또한 TCS 와 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 장치이고, VDC는 운전자가 브레이크를 밟지 않아도 스스로 최적의 차량 운행조건을 찾아주는 장치이다. 예를 들어 운전자가 통제하기 어려운 속도로 선회를 하고 있을 경우, 자동차에 장착된 VDC는 센서를 통하여 얻어진 차량 운동량과, 추정을 통하여 얻어진 노면 상태 정보 등을 이용하여 정해진 안정 기준값보다 실제 차량 운동량이 큰 경우에 적절하게 차륜을 제어함으로써 차량의 안정성을 확보하여 준다.



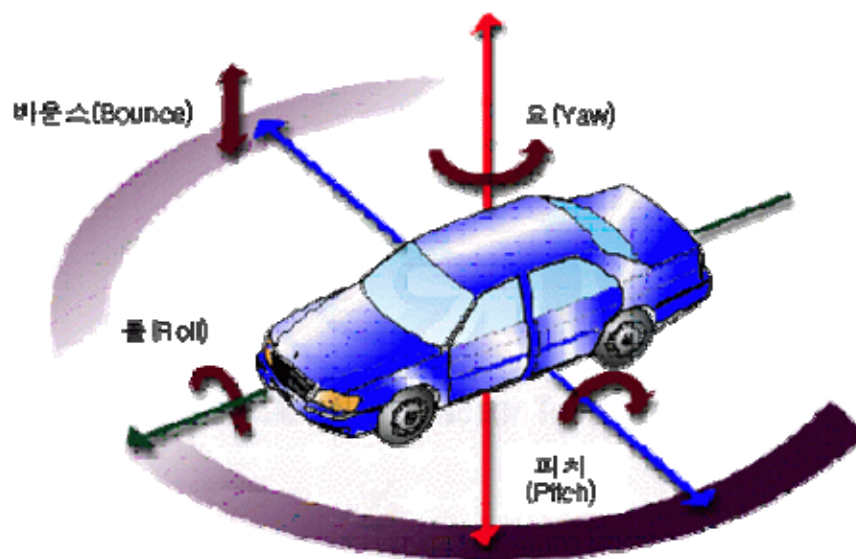
[그림 1.2-2-24] VDC 제어

#### (1) 작동원리

요-모멘트는 차체의 앞뒤가 좌/우측 또는 선회시의 내륜측/외륜측으로 이동하려는 힘으로서, 요-모멘트로 인하여 언더-스티어, 오버-스티어, 횡력 (DRIFT-OUT) 등이 발생되어 직진 주행중이나 선회 주행시 차량의 주행안전성이 저해된다. VDC에 의한 자세 제어는 주행안전성을 저해하는

요-모멘트가 발생되면 제동을 제어하여 반대방향의 요-모멘트를 발생시켜 서로 상쇄되게 하여 차량의 주행 및 선회 안정성을 향상시키고 필요에 따라서 엔진의 출력을 제어하여 선회안정성을 향상시키기도 한다.

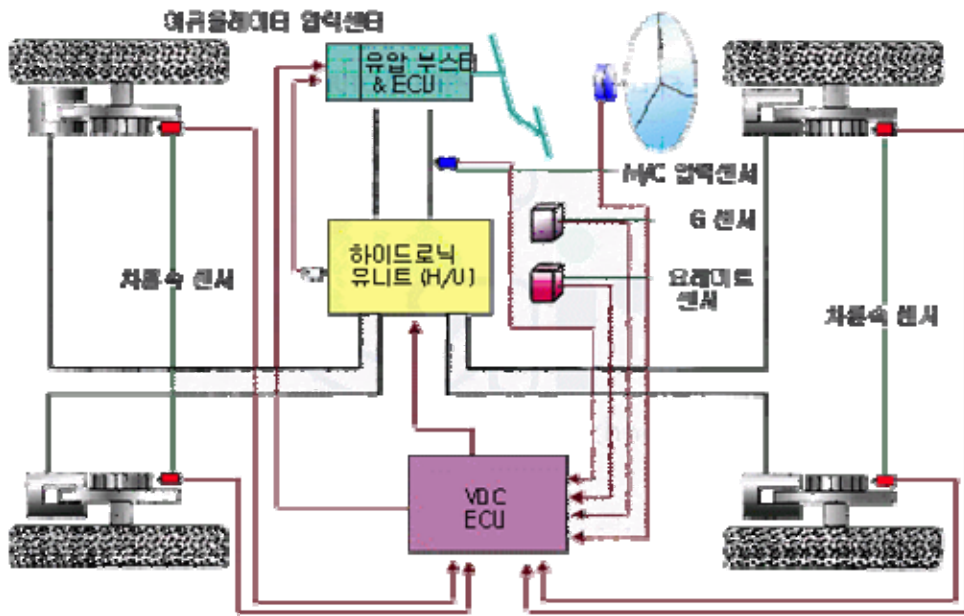
먼저 타이어와 노면 사이에 접착 한계에 도달하는 경우에는 오버스티어 현상이 나타난다. 이때 VDC는 전륜의 제동장치를 제어함으로써 전륜에 의해 발생하는 과도한 선회모멘트를 줄여준다. 반대로 전륜에서 먼저 타이어와 노면의 접착한계에 도달하는 경우에는 언더스티어 현상이 발생한다. 이때 차량은 미끄러지면서 정상적인 선회반경을 넘어서게 된다. VDC는 이러한 현상 모두를 제어하여 위급한 상황에서 운전자가 원하는 방향으로 차량을 제어하여 안정성과 조향성을 유지시켜 준다.



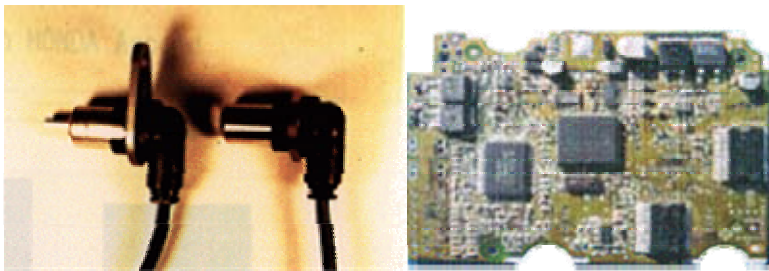
[그림 1.2-2-25] 요(Yaw) 운동

## (2) 제어장치의 구성

ESP 장치는 하이드로릭 유니트(HU, Hydraulic Unit), ECU, 요레이트 센서, 횡가속도 센서, 조향각 센서, 마스터실린더 압력센서, 휠스피드 센서 등으로 구성된다.



[그림 1.2-2-26] VDC 의 제어장치



(a) 차속 센서 (b) ECU



(c) 하이드로릭 유닛

[그림 1.2-2-27] VDC 제어장치의 구성 부품

### (3) 제어의 종류와 효과

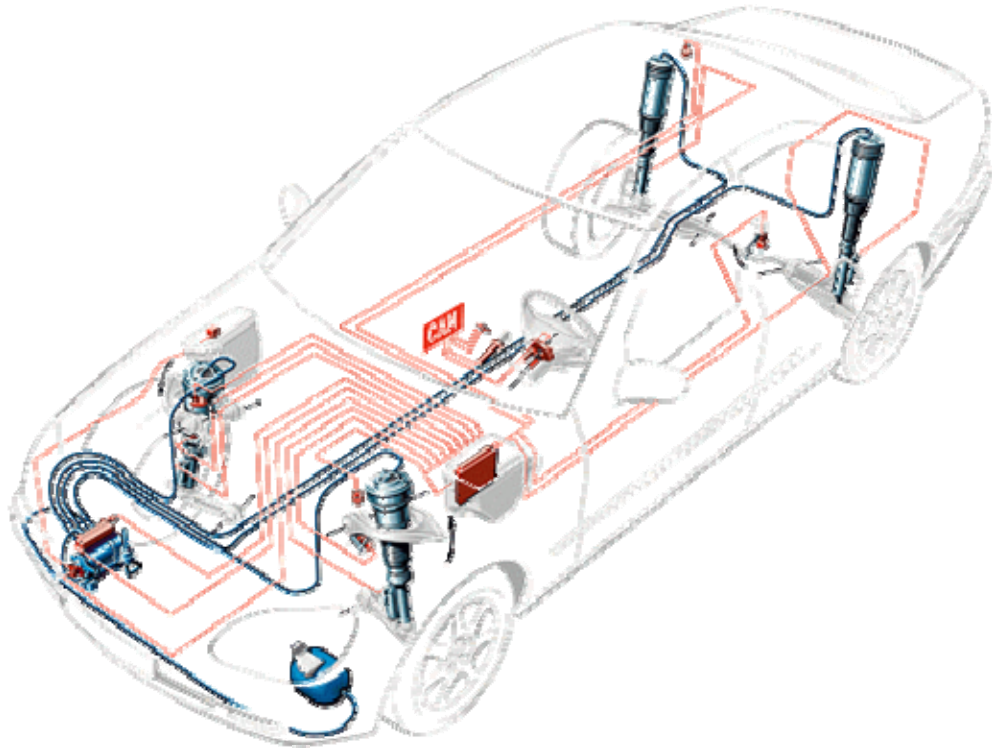
요 레이트센서, 마스터실린더 압력센서, 차륜속도센서, G 센서 등의 입력값을 연산하여 자세제어의 기준이 되는 요-모멘트와 자동감속 제어의 기준이 되는 목표하는 감속도를 산출하여 이를 기초로 4 른 각각의 제동 압력과 엔진의 출력을 제어한다.

VDC 는 요-모멘트제어, 자동감속 제어, ABS 제어, TCS 제어 등에 의해 스핀방지, 오버-스티어제어, 굴곡로의 주행시 요잉의 발생방지, 제동시의 조종안정성 향상, 가속시 조종안정성 향상 등의 효과가 있다.

현재 적용되고 있는 VDC 장치는 브레이크 제어식, TCS 시스템에 요 레이트센서, 횡가속도 센서, 마스터실린더 압력센서를 추가한 구성이 일반적이다. 속도센서, 조향각센서, 마스터실린더 압력센서로부터 운전자의 조종의도를 판단하고, 요 레이트센서, G 센서로부터 차체의 자세를 계산하여 운전자가 별도의 제동을 하지 않아도 4 른을 개별적으로 자동적으로 제동하여 차량의 자세를 제어하여 차량 모든방향 (앞, 뒤, 옆 방향)에 대한 안정성을 확보한다.

한편 타이어의 공기압이 변화하면 타이어의 직경이 변화되어 휠 속도센서의 값이 변화되므로, 타이어 공기압의 변화를 감지하여 경고등을 점등하는 TPW(Tire Pressure Warning)도 VDC 에 내장되어 타이어의 공기압이 부족하면 경고등을 점등하여 운전자에게 알려주는 장치도 있다.

[그림 1.2-2-28]은 벤즈에 장착된 VDC 장치의 예를 보여준다.



[그림 1.2-2-28] 벤츠에 장착된 VDC 장치

국내에서도 고급 대형 승용차에 적용이 시작되고 있으며, 향후 다양한 차종으로 확대 적용될 것으로 보인다. 현재는 현대자동차의 에쿠우스 모델에 적용되고 있다