9주

자동변속기

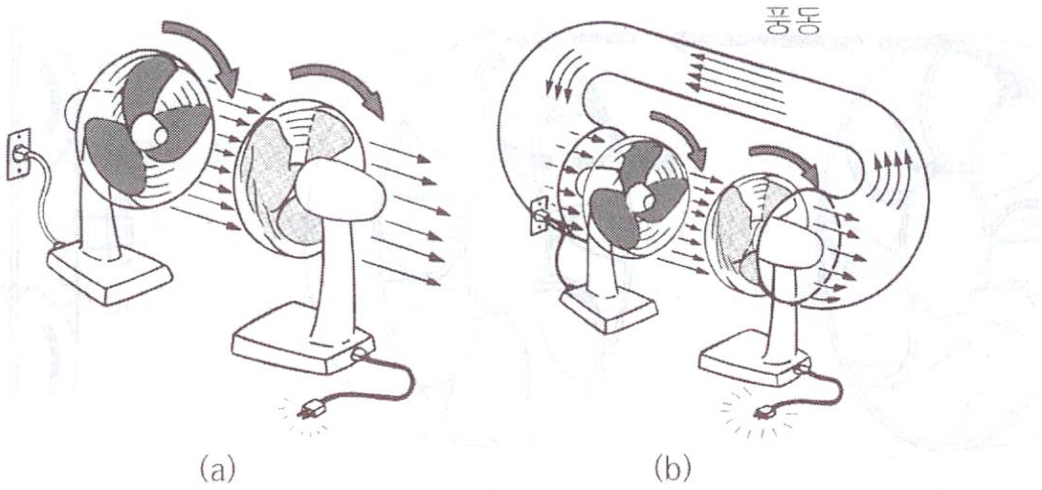
주요 학습 내용

1. 토크 컨버터
   1) 작동 원리
   2) 토크 컨버터 구조
   3) 토크 컨버터 작동
   4) 스테이터의 작동
   5)스테이터 단방향 클러치
   6) 토크 컨버터 클러치
2. 유성기어 장치
   1) 용도
   2) 구성
   3) 작동
   4) 직결과 중립
   5) 변속 제어장치
   6) 변속 제어장치 부속
3. 자동변속기
   1) 기능
   2) 구성
   3) 유압 제어 시스템
   4) 작동 방
4. 무단 변속기
   1) 작동원리
   2)작동 방법
   3) 풀리와 벨트의 작동
5. 4륜 구동
   1) 특성과 종류
   2) 4륜구동과 총륜 구동
   3) 트랜스퍼 캐이스의 작동
   4) 트랜스퍼 종류
   5) 스퍼 트랜스퍼
   6) 유성기어 트랜스퍼

유체 클러치(Fluid clutch)

유체 클러치의 원리

구동부와 피동부 사이에 기계적 연결이 없이 유체의 운동에너지에 의하여 동력을 전달하는 장치이다

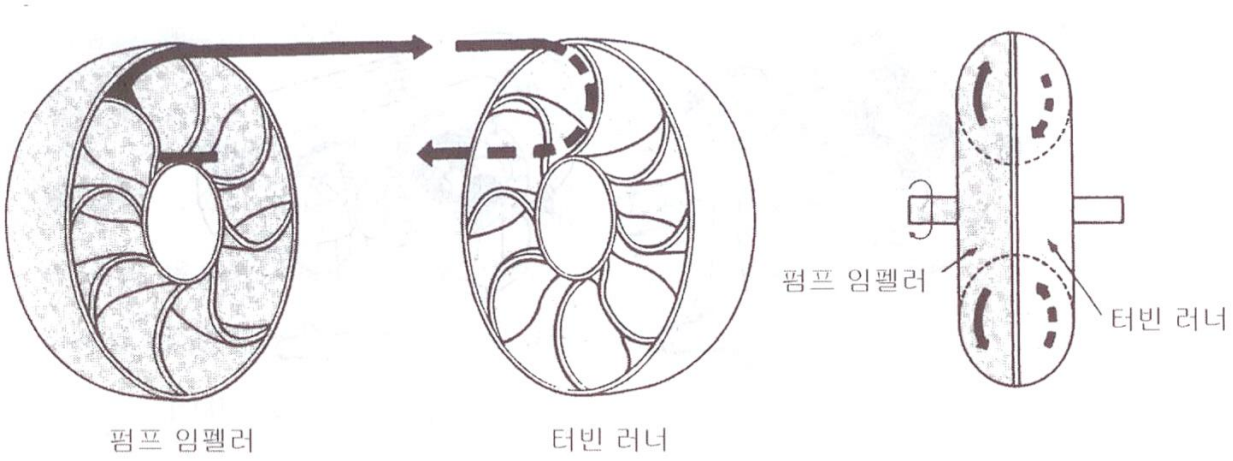


유체클러치의 구성과 작동

O 펌프가 회전하여 유체는 원심력에 의하여 펌프의 곡면을 따라 바깥쪽으로 튀어 나가며 운동에너지를 갖은 유체가 날개에 부딪혀 회전력을 일으킨다

O 이 토크가 터빈이 펌프와 같은 속도로 회전시키는 힘으로 일체가 되어 회전한다

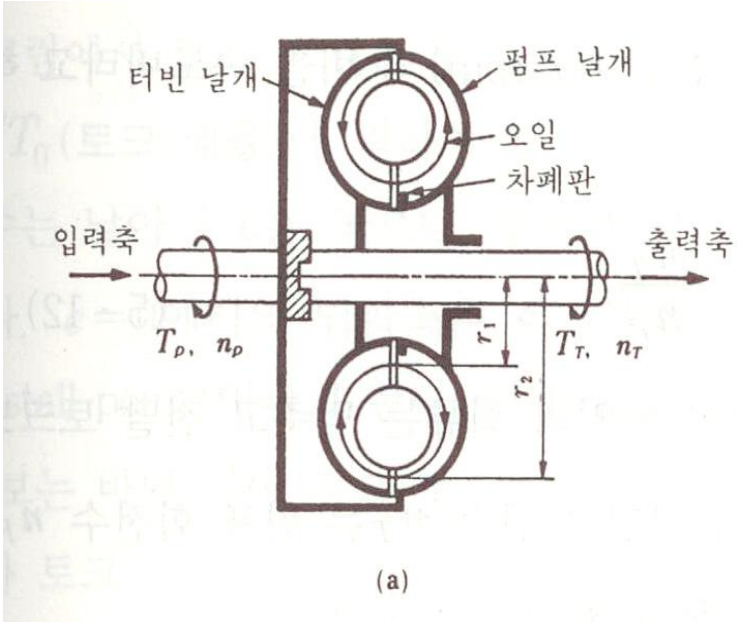
O 터빈에 가해지는 전달 토크가 커지면 회전이 시작되고 터빈의 회전속도는 펌프의 회전속도 보다 항상 작으며 이를 슬립이라 한다 (약 2%의 슬립)



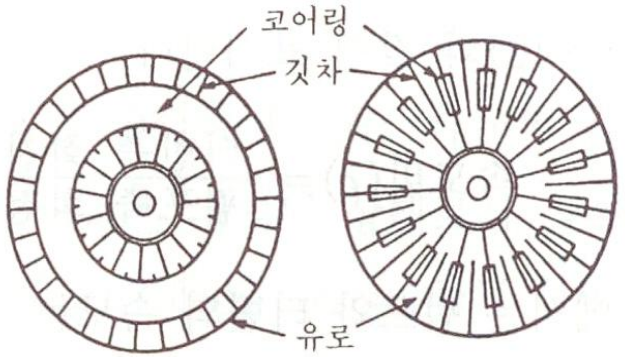
유체커플링의 유체 유동

○ 날개 사이에 유체를 가득 채운 상태에서 펌프 임펠러(pump impeller)가 회전하면 오일은 원심력에 의해 바깥 쪽을 향하여 유출된다

○ 펌프 임펠러에 나온 유체는 그 운동에너지를 터빈 런너(turbine runner)에 주고 다시 임펠러로 돌아와 기계적 연결이 없이 클러치로 작동한다



(a)



(1) 연속 코어링 (2) 단면 코어링

(b)

유체 커플링의 특성

$$T_p = \frac{r}{g} Q(u_p r_2 - u_t r_1)$$

$$-T_r = \frac{r}{g} Q(u_t r_1 - u_p r_2)$$

$$\sum T = T_p - T_T = 0$$

$$T_P = T_T$$

$$\eta = \frac{T_p \cdot n_T}{T_p \cdot n_p} = \frac{n_T}{n_P} = e = T - \frac{s}{100}$$

$$\text{속도비(e)} = \frac{\text{터빈측 회전속도}}{\text{펌프측 회전속도}} = \frac{n_T}{n_P}$$

$$s = \frac{n_p - n_T}{n_p} \times 100$$

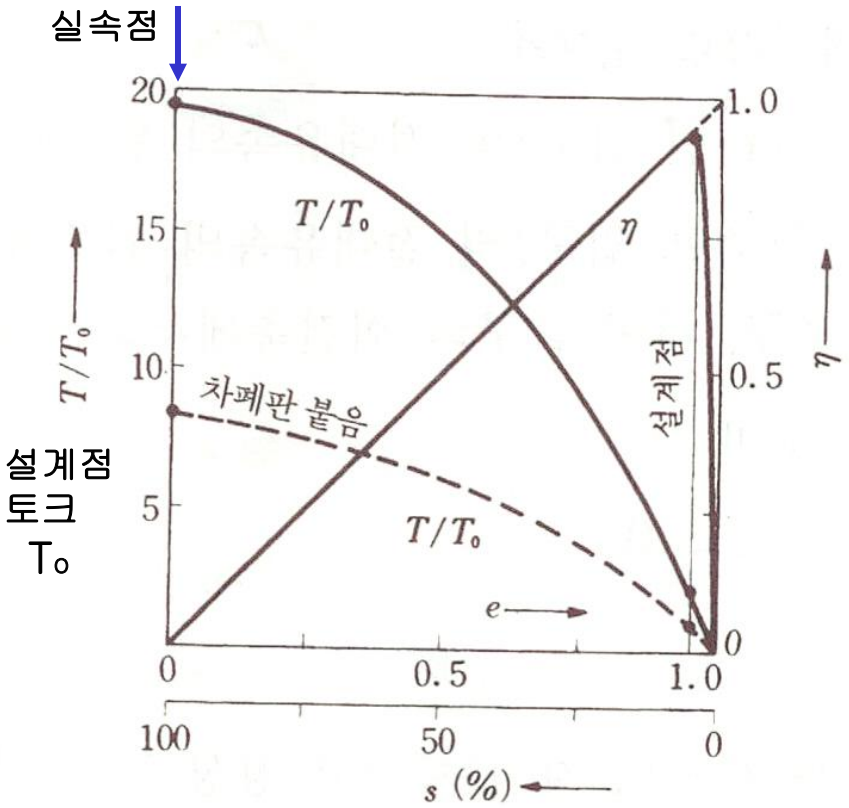
r : 유체의 비중량

Q : 유체의 체적유량

u_p : 펌프출구 원주방향 분속도

u_t : 터빈출구 원주방향 분속도

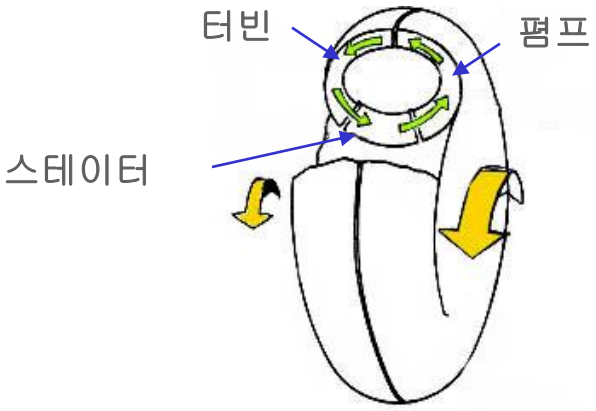
r_1, r_2 : 펌프와 터빈의 회전축에서의 거리



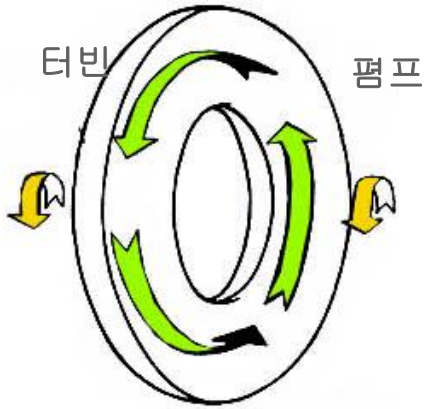
토크 컨버터(Torque Converter)

토크 컨버터의 작동 원리

토크 컨버터는 오일를 이용하여 동력을 전달시키는 **유체 클러치**로서 동력의 단속을 자동적으로, 그리고 매우 원활하게 할 수 있으며 또한 **감속**과 **토오크**를 증가 시킬 수 있다.

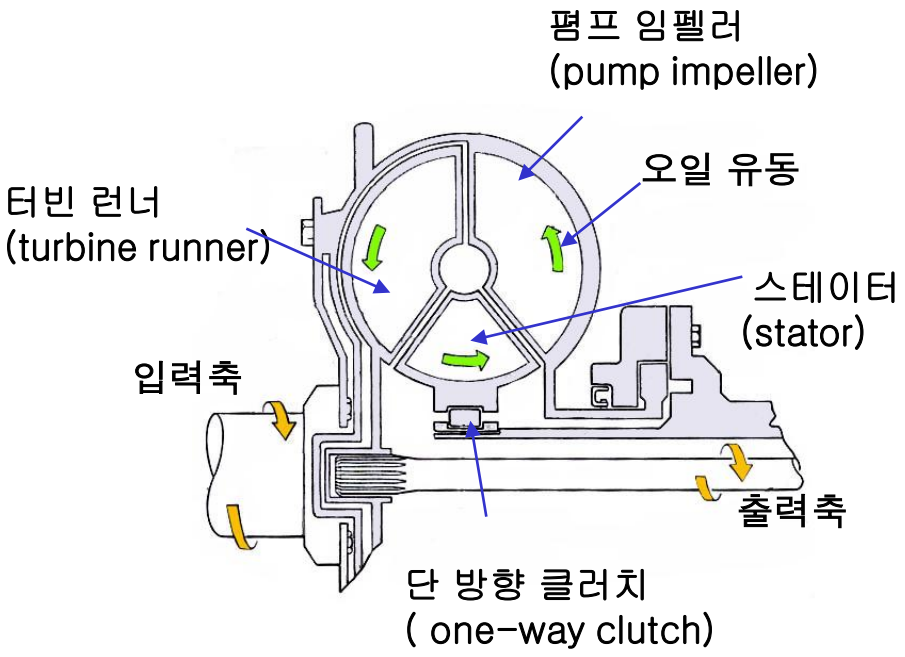


토크 컨버터



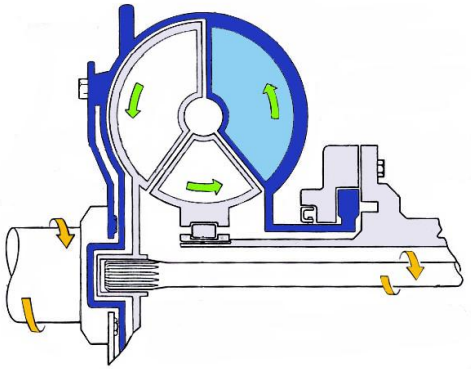
유체 클러치

토크 컨버터의 구조

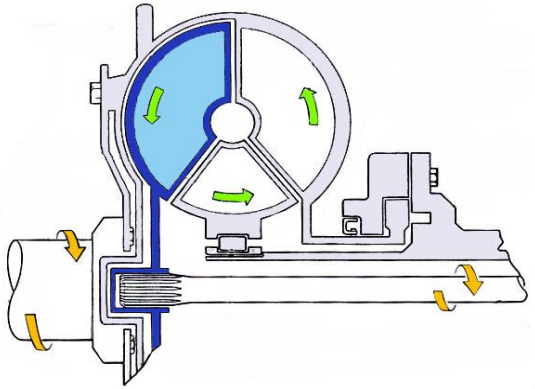

펌프 임펠러
(pump impeller)
오일 유동
터빈 런너
(turbine runner)
스테이터
(stator)
입력축
출력축
단 방향 클러치
(one-way clutch)

토크 컨버터(Torque Converter)

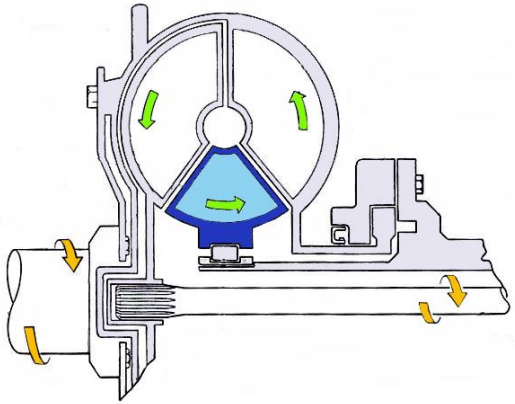
펌프 임펠러(pump impeller)



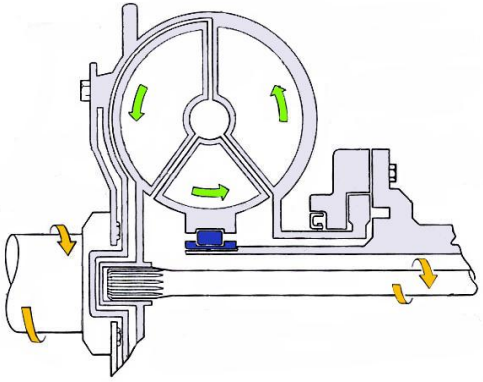
터빈 런너(turbine runner)



스테이터(stator)



클러치 **(the one-way clutch)**



토크 컨버터의 구조

펌프 임펠러 (pump impeller)	엔진의 동력에 의해 펌프의 임펠러가 회전하여 오일을 밖으로 흐르게 한다.
터빈 런너 (turbine runner)	오일의 흐름이 터빈의 런너에 부딪쳐 터빈을 회전시켜 동력을 전달한다.
스테이터 (stator)	스테이터에 의해 오일의 흐름 방향을 변화시켜 펌프의 토크를 증가시킨다.
단방향 클러치 (one-way clutch)	터빈의 회전이 커지면 오일의 방향이 바뀌어 스테이터의 뒷면에 맞아 펌프의 회전을 방해하므로 단방향 클러치에 의해 스테이터을 회전시킨다.

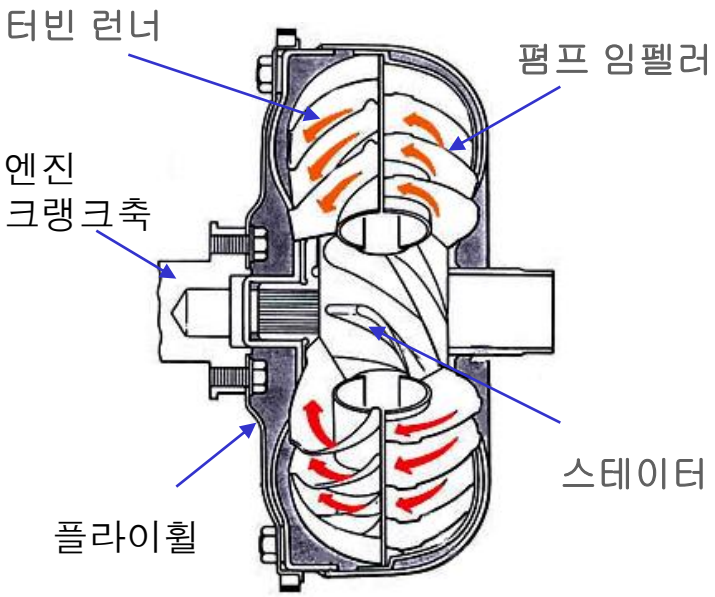
토크 컨버터의 작동

토크 컨버터는 오일의 **원심력**에 의한 **순환작용**을 이용하여 동력을 전달시킨다

엔진 크랭크축이 회전하고
펌프의 임펠러가 회전하면

펌프 내부의 오일이 흘러
외측으로 방출된다.

오일의 흐름은 터빈의 런너
날개에 부딪혀 터빈에 회전
력이 전달된다.



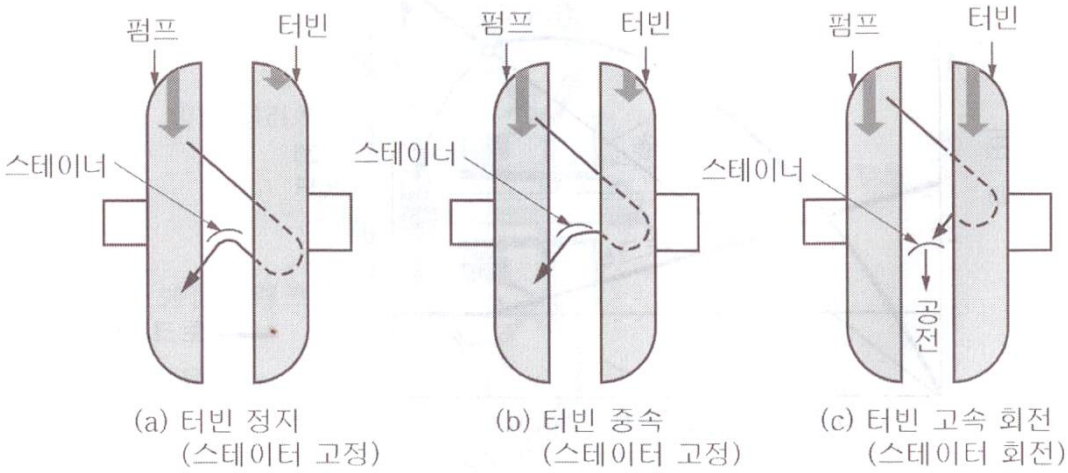
토크 컨버터의 작동

토크 컨버터는 펌프 임펠러로부터 유출한 오일은 터빈 런너를 구동하고 스테이터를 통해 다시 임펠러로 되돌아 올 때 **토크비**는 1.0에서 2.0~2.5 정도 증대된다.

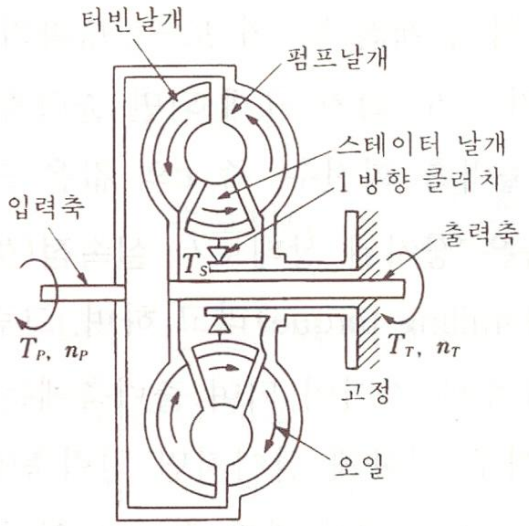
(a) 터빈 런너의 회전수가 0일때는 유체가 갖는 에너지가 최대가 되어 스테이터를 유입하는 유체의 방향이 이상적으로 되어 전달 토크는 최대가 된다

(b) 터빈이 회전하면 터빈를 유출하는 오일의 방향이 순환류와 런너의 원주 속도와 합성되는 방향이 되어 스테이터로 유입되는 방향이 변화하여 토크증가율은 감소한다

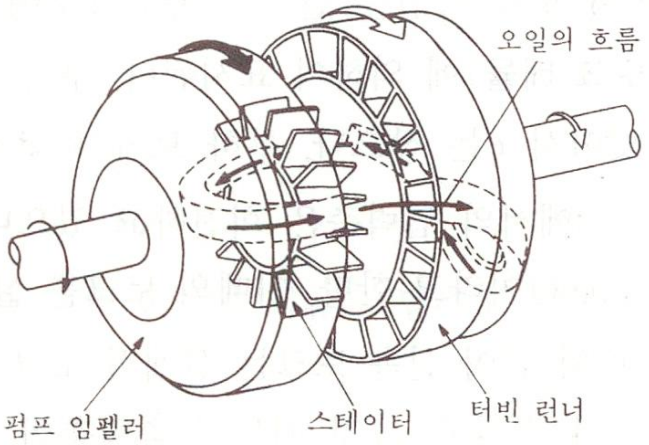
(c) 터빈 런너의 회전속도가 빨라지면 스테이터 뒷면에 유체가 부딪혀 스테이터는 펌프 임펠러 회전을 방해하는 방향으로 유체을 작용시킨다



토크 컨버터의 작동



(a)



(b)

1.토크증대: $T_S > 0$ 스테이터 날개가 유체에 토크를 주면

$T_P < T_T$ (출력축 토크가 증대)

$$\eta = \frac{n_T \cdot T_T}{n_P \cdot T_P} = e \cdot t$$

2.클러치점: 스테이터 토크가 $T_S = 0$ 이면

$T_P = T_T$ (유체 커플링과 같다)

$$t = t - C_t e (C_t \text{는 상수})$$

3.토크감소: $T_S < 0$ 스테이터 토크가 부가 되면

$T_P > T_T$ (출력 토크가 입력토크보다 작아짐)

$$\eta = t_0 e - C_t \cdot e^2$$

극한인 $T_S = -T_P$ 에서 $T_T = 0$ 가 되어 토크 전달이 없다

토크 컨버터의 성능 곡선

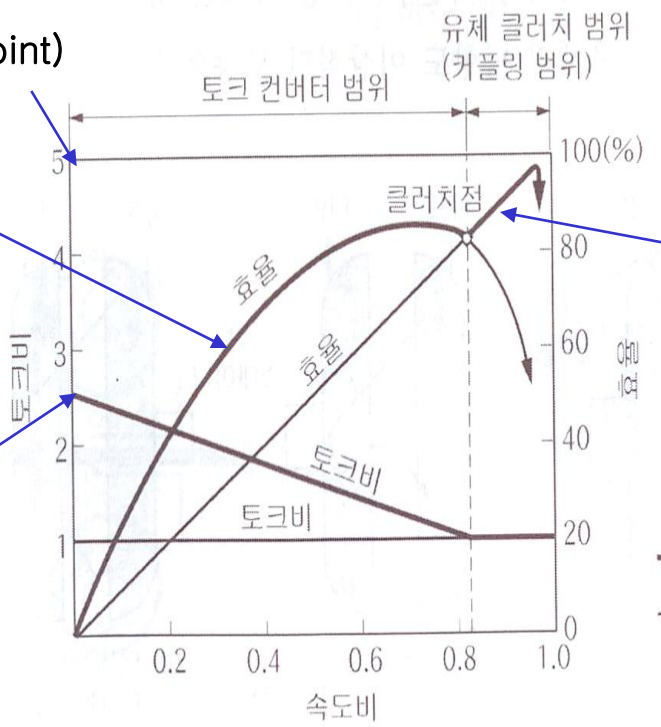
속도비가 0일 때 터빈은 정지하며 이점을 실속점(stall point)라 하고 이 때 토크비는 최대로 된다. 터빈속도가 증가하면 토크비는 저하하여 거의 1이 되는 점을 클러치점이라 하고 이 이상의 속도비에서는 스테이터 뒷면에 유체가 작용하여 스테이터는 펌프와 동일한 방향으로 공전하여 유체 커플링과 같은 작용을 한다

실속점
(stall point)

토크컨버터 효율

$$\eta = t_0 e - C_t \cdot e^2$$

최대 토크비
= 2.5



유체커플링 효율

$$\eta = \frac{T_p \cdot n_T}{T_p \cdot n_p} = \frac{n_T}{n_P} = e = T - \frac{s}{100}$$

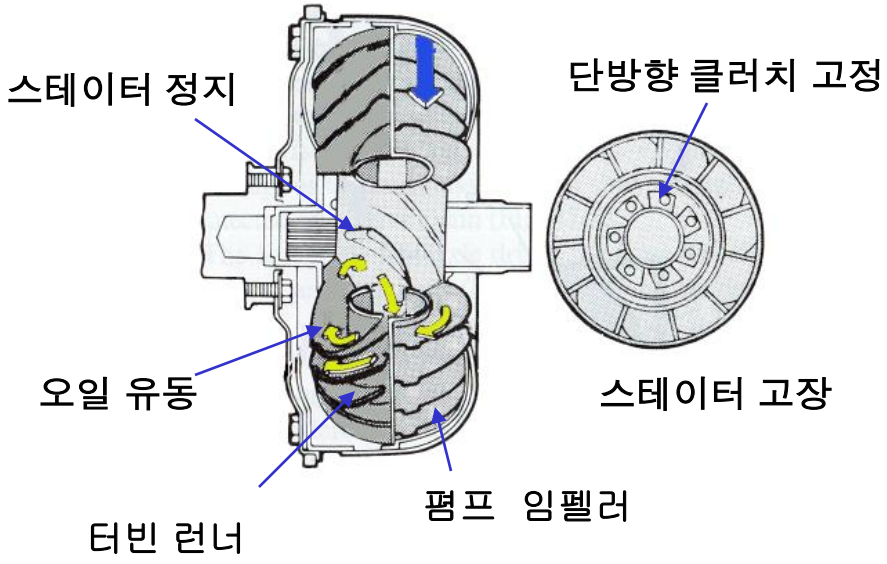
토크 컨버터의 작동

4. 스테이터의 작동

스테이터가 오일의 유동방향을 바꾸어 터빈 날개를 미는 힘을 증가시켜 터빈의 토크가 증가한다.

스테이터의 고정

펌프 임펠러 회전속도가 터번보다 빠르면 스테이터는 고정된다.

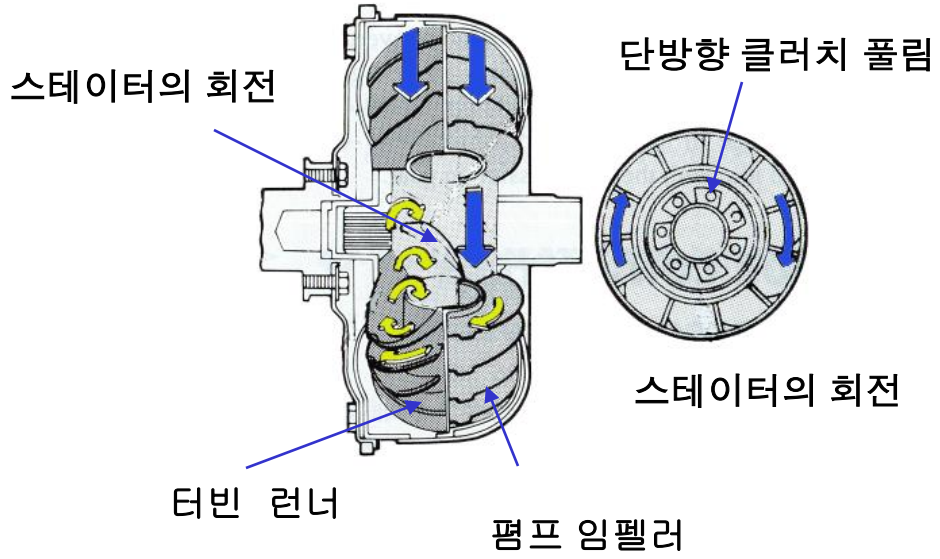


토크 컨버터의 작동

스테이터의 회전

터어번의 속도가 임펠러 속도와 비슷해지면 스테이터는 회전한다.

오일은스테이터의 날개의 뒷부분을 치게되므로 단방향 클러치가 풀려 스테이터가 같이 회전하므로 토크의 변화가 없다 .

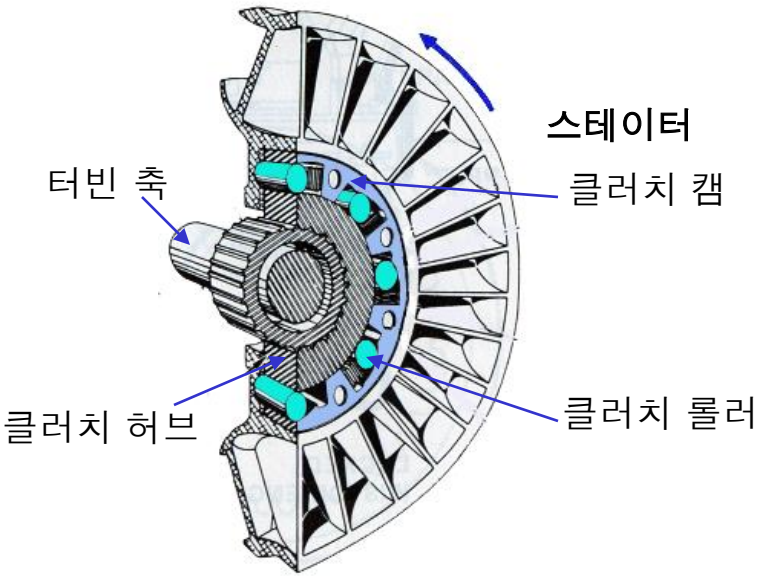


스테이터 단방향 클러치

단 방향 클러치의 작동 ⇨ 스테이터가 한방향으로 움직이게 한다.

임펠러와 터빈의 속도 차이가 크면 ⇨ 스테이터를 축에 고정

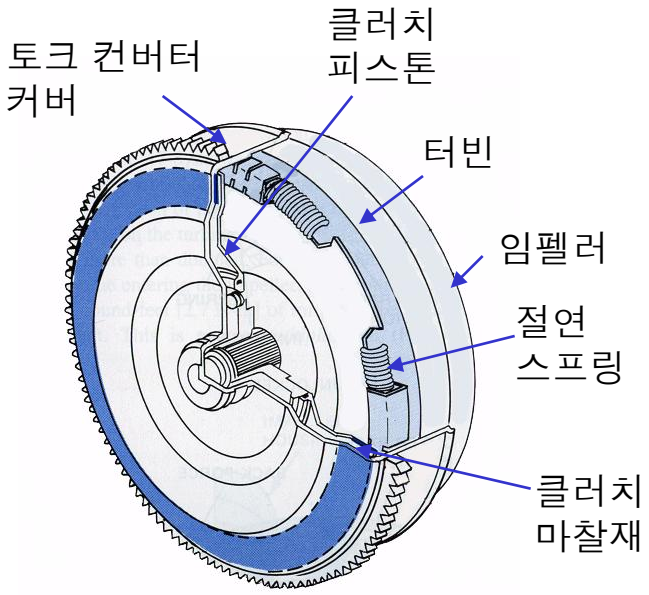
임펠러와 터빈의 속도차가 작으면 ⇨ 클러치가 풀려 스테이터가 자유롭게 회전

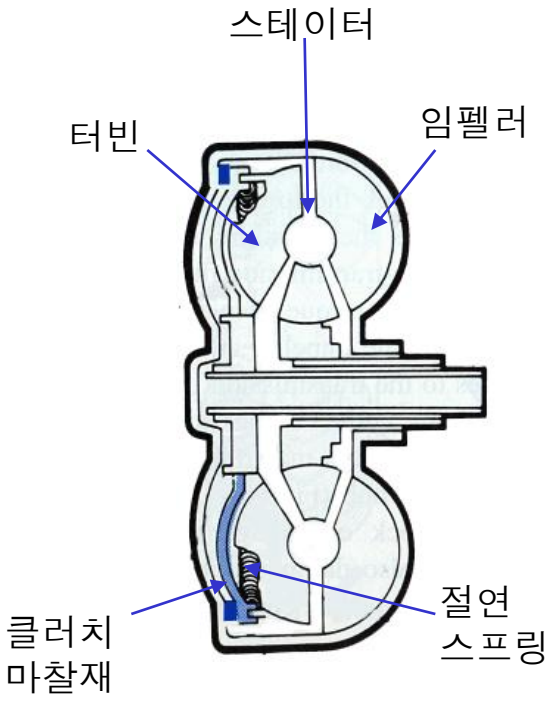


토크 컨버터 클러치

정상 주행 시 임펠러는 터빈보다 빨리 회전하게 되는데 이 때 생기는 속도의 차이 때문에 토크 컨버터를 통하여 동력이 손실된다.

토크 컨버터가 미끄러지는 것을 기계적으로 막아주고 자동 변속기 오일의 온도를 낮게한다.

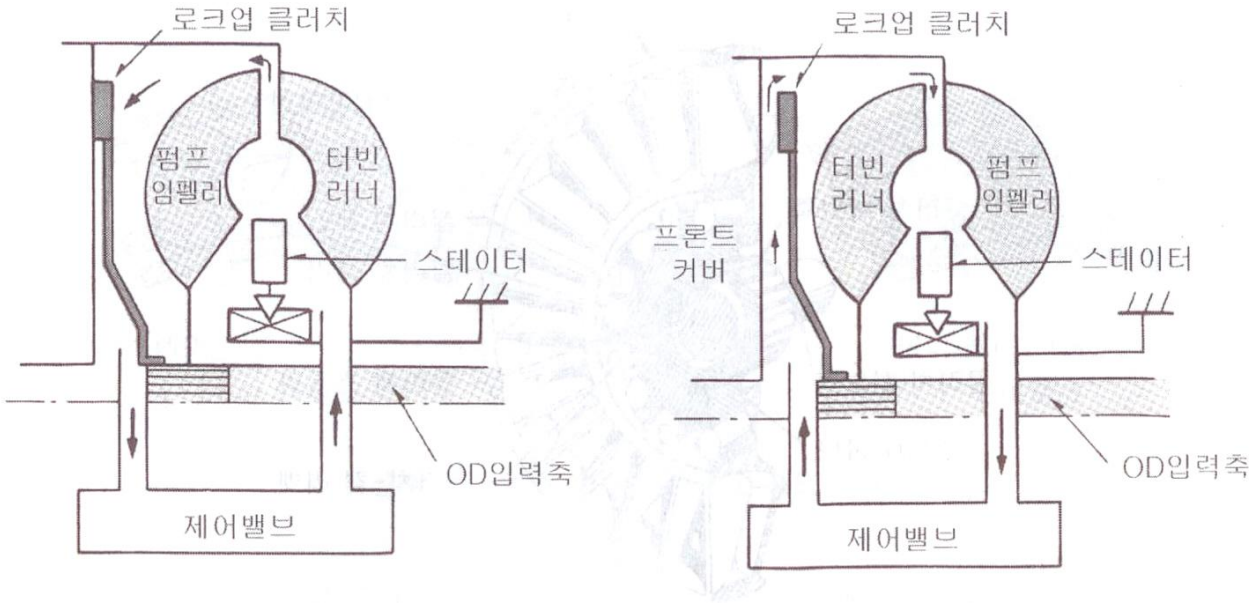




토크 컨버터 클러치의 작동

로크 업 기구 붙이 토크 컨버터

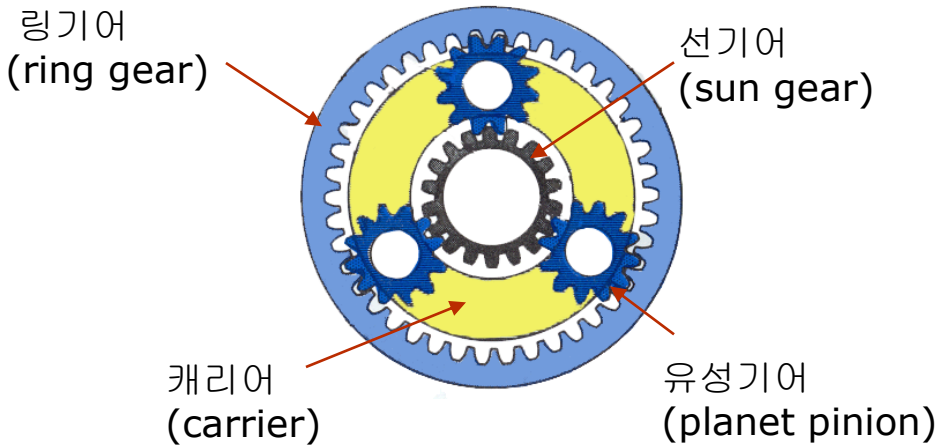
토크 컨버터에 생기는 펌프 임펠러와 터빈 런너 사이의 슬립에 의한 회전차를 없애기 위해 일정속도 이상이 되면 두 날개를 기계적으로 직결하는 장치로 유압을 이용하여 클러치 작용에 의해 이루어진다



유성기어 장치(Planetary gear trains)

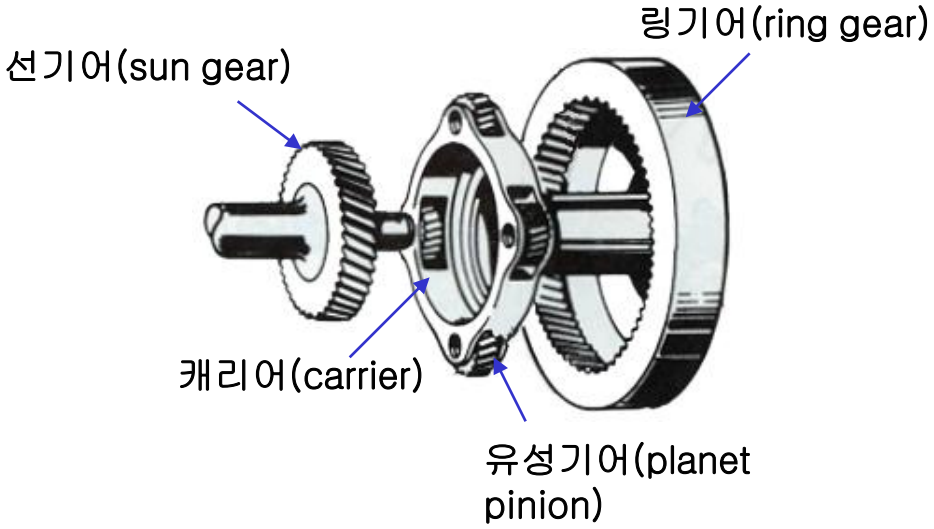
유성기어의 용도

감속	→	토크가 증가하고 속도는 감소한다.
증속	→	토크가 감소하고 속도는 증가한다.
직결	→	입력 축과 출력 축 같은 속도로 회전한다.
역전	→	반대방향으로 회전한다.
중립	→	입력 축과 출력 축이 분리된다.



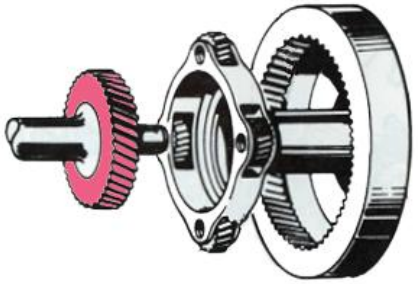
유성기어 장치의 구성

변속을 하기위해서는 선기어, 캐리어, 링 기어의 3개 요소를 고정하거나 구동 또는 자유로 하여 **직결**, **감속**, **증속**, **역전** 및 **중립**으로 할 수 있다.

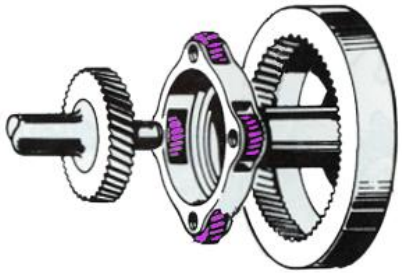


유성기어 장치

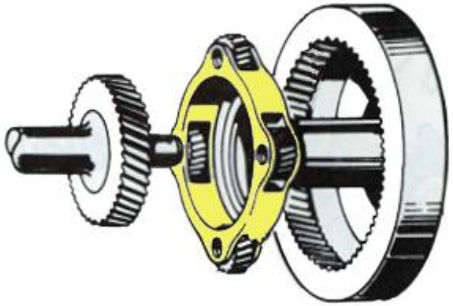
선기어**(sun gear)**



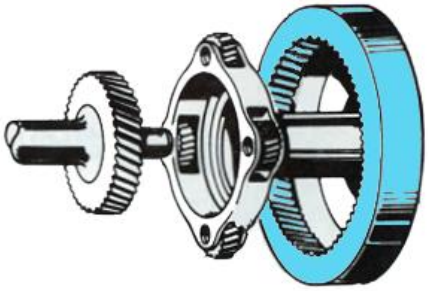
유성기어**(planet pinion)**



캐리어**(carrier)**

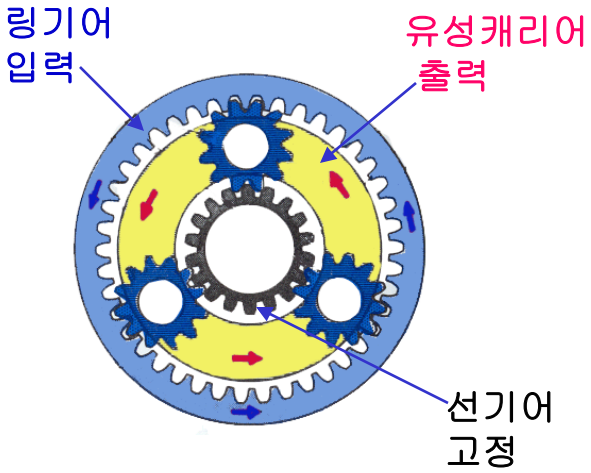


링기어**(ring gear)**



유성기어 장치의 작동

감속1



작동 방법

고정	선 기어 고정
입력	링 기어 회전
출력	유성캐리어 회전
결과	속도의 감소

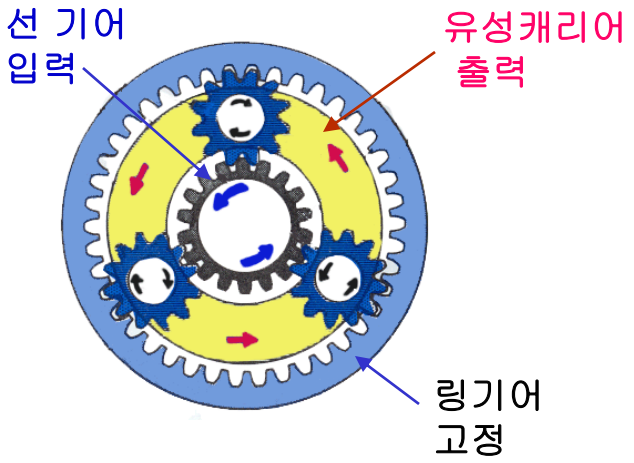
선 기어 잇수(20) 링 기어 잇수(80) 일 때

$$\frac{20+80}{80} = 1.25 \text{ (감속비)}$$

2 단 기어 변속

유성기어 장치의 작동

감속2



작동 방법

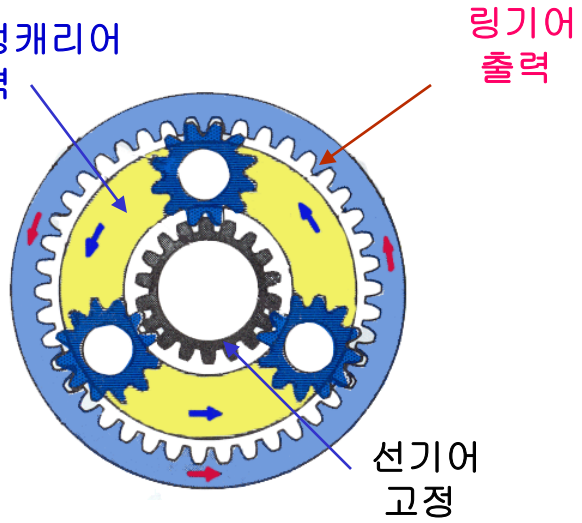
고정	링 기어 고정
입력	선기어 회전
출력	유성캐리어 회전
결과	속도의 감소

선 기어 잇수(20) 링 기어 잇수(80) 일 때

$\frac{20+80}{20}$ = 5 (감속비) **1** 단 기어 변속

유성기어 장치의 작동

증속1



작동 방법

고정	선 기어 고정
입력	유성캐리어 회전
출력	링 기어 회전
결과	속도의 증가

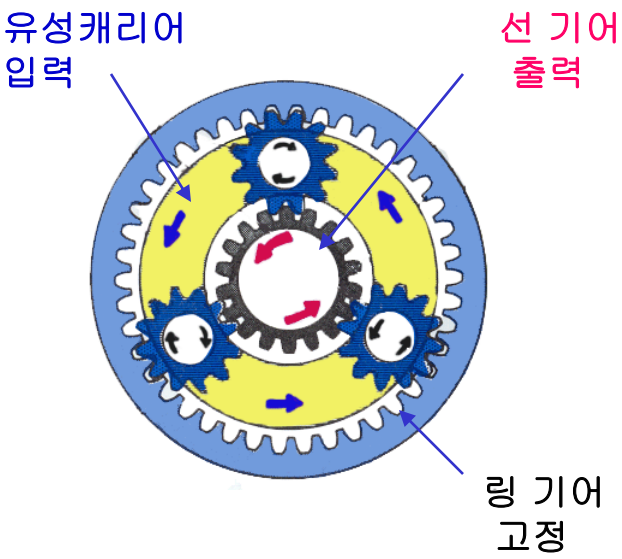
선 기어 잇수(20) 링 기어 잇수(80) 일 때

$$\frac{80}{20+80} = 0.8 \text{ (증속비)}$$

오버 드라이브 변속

유성기어 장치의 작동

증속2



작동 방법

고정	링 기어 고정
입력	유성캐리어 회전
출력	선 기어 회전
결과	속도의 증가

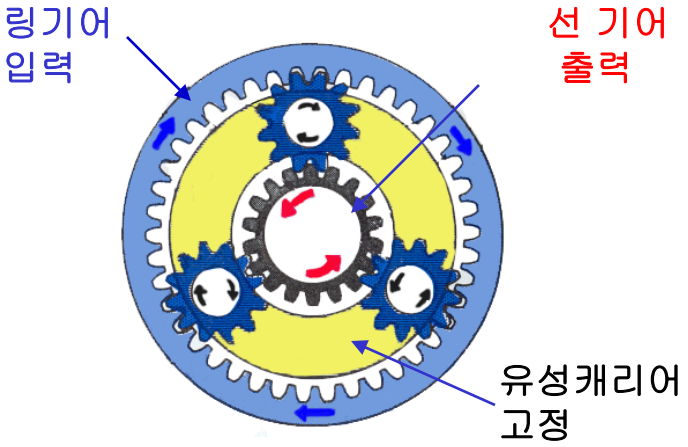
선 기어 잇수(20) 링 기어 잇수(80) 일 때

$$\frac{20}{20+80} = 0.2 \text{ (증속비)}$$

사용하지 않음

유성기어 장치의 작동

역전1



작동 방법

고정	유성캐리어 고정
입력	링기어 회전
출력	선 기어 회전
결과	증속 역전

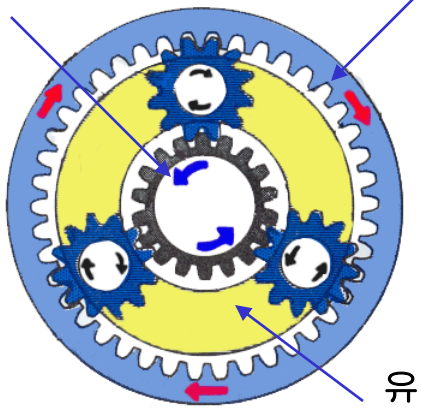
선 기어 잇수(20) 링 기어 잇수(80) 일 때

$$\frac{20}{-80} = -0.25 \text{ (역전 증속)}$$

사용하지 않음

유성기어 장치의 작동

역전2



작동 방법

고정	유성캐리어 고정
입력	선기어 회전
출력	링 기어 회전
결과	역전 감속

선 기어 잇수(20) 링 기어 잇수(80) 일 때

$$\frac{-80}{20} = -4$$ (역전 감속)

후진 기어

유성기어 장치의 직결과 중립

직결

방법 → 선기어 유성 캐리어,링기어 중에서 2개의 기어고정

결과 → 두 부분이 함께 고정이 되어 같은 속도로 회전하면 유성 기어세트는 일반 축처럼 움직인다.

변속비 → 기어세트의 입력 축과 출력 축 사이의 속도와 방향은 변하지 않고 변속비는 1 : 1이 된다.

중립

방법 → 클러치나 밴드가 작동되지 않아 유성 기어 세트가 고정되지 않는다.

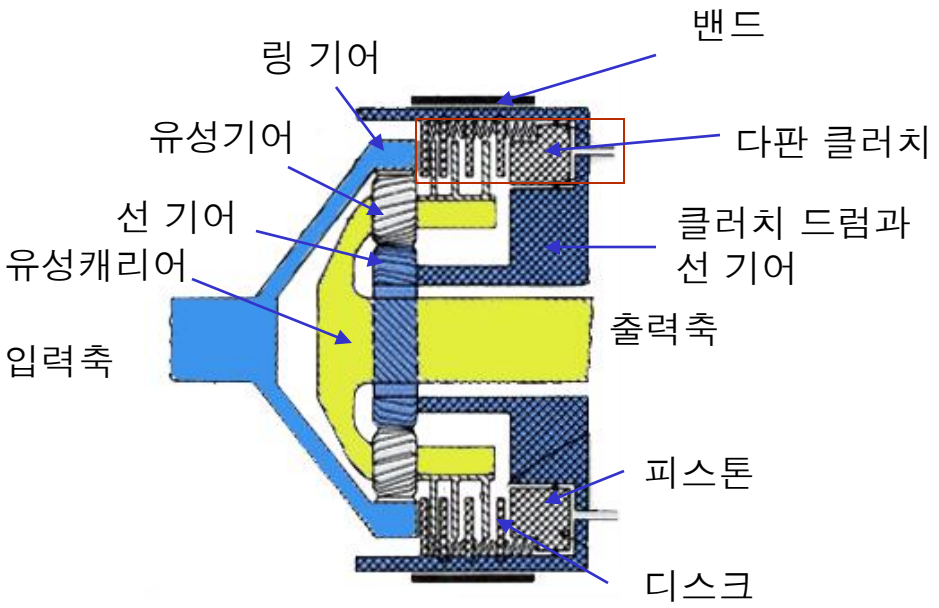
결과 → 유성 기어세트를 통해 전달되는 동력은 없다. 엔진 시동 시나 중립에서 사용한다.

유성 기어 변속 제어 장치

다판 클러치 (multiple disc clutch) → 다판 클러치는 작동하여 기어 한 개나 두개를 돌리거나 고정시킬 수도 있다.

밴드(band) → 밴드는 클러치 드럼을 둘러싸고 있는 밴드로 드럼을 꽉 잡으면 회전이 멈추고 정지한다.

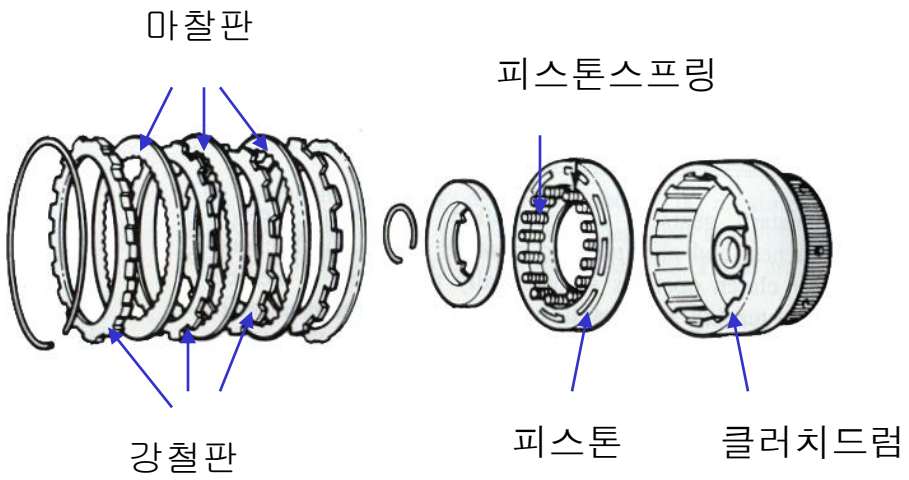
단 방향 클러치 (oneway clutch) → 부품들이 역회전하지 않도록 자동적으로 동작한다.



유성 기어 변속 제어 장치 부속

다판 클러치(multiple disc clutch)

클러치 드럼 안에 디스크와 클러치 판들이 끼어 있다.
양면에 마찰 물질이 있는 마찰판과 강철판이 교대로 겹쳐있다 .
강철판은 클러치 드럼에 따라 돌고 마찰판은 클러치 안의 허브와
스플라인으로 결합되어 있다.

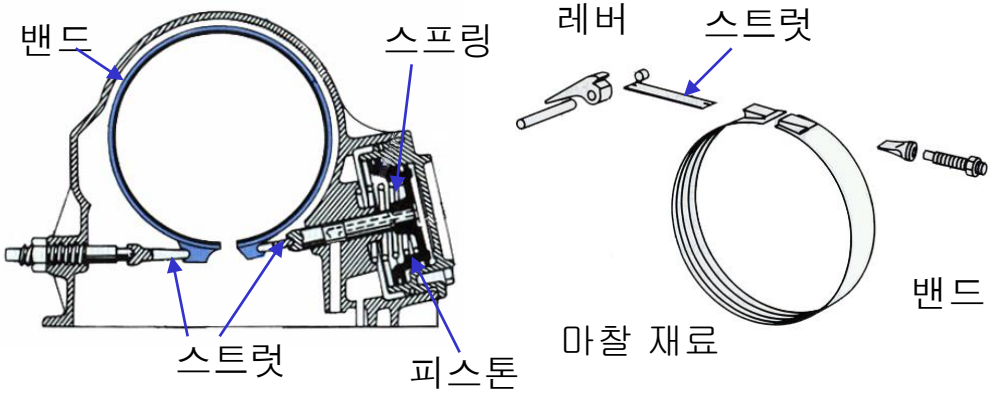


유성 기어 변속 제어 장치 부속

밴드(band)

밴드는 클러치 드럼을 둘러싸고 있는 브레이크 밴드로 안쪽이 마찰 부분이 이다

밴드가 드럼을 꽉 잡으면 클러치 드럼과 선 기어는 회전이 멈추고 정지한다.



자동 변속기(automatic transmission)

자동 변속기의 특징

운전자의 조작에 의하지 않고 자동적으로 기어비가 선택되어 물리는 자동변속장치로

변속 기능 뿐만 아니라 **클러치 기능**도 함께 있다.

장점

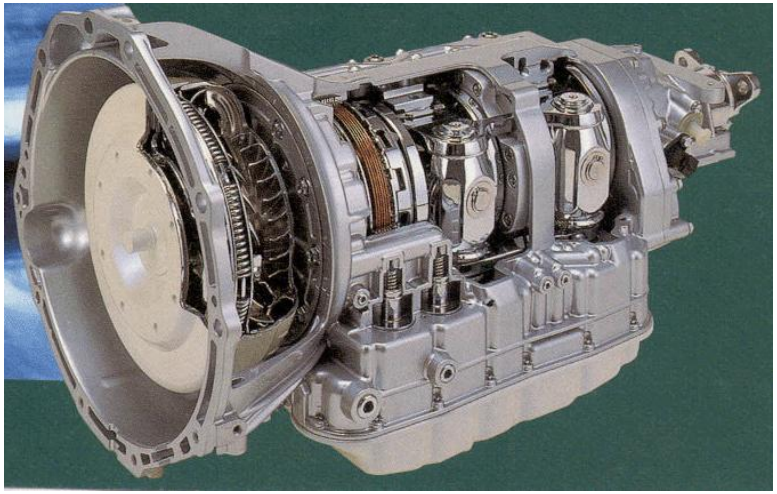
1. 기어변속이 필요 없어 운전이 쉽고 피로가 경감됨

2. 엔진과 전동 장치 사이에 기계적 연결이 없고 오일이 충격과 진동을 흡수하여 힘의 전달이 원활함

단점

1. 정비가 어렵고 연료 소비율이 10% 증가 한다.

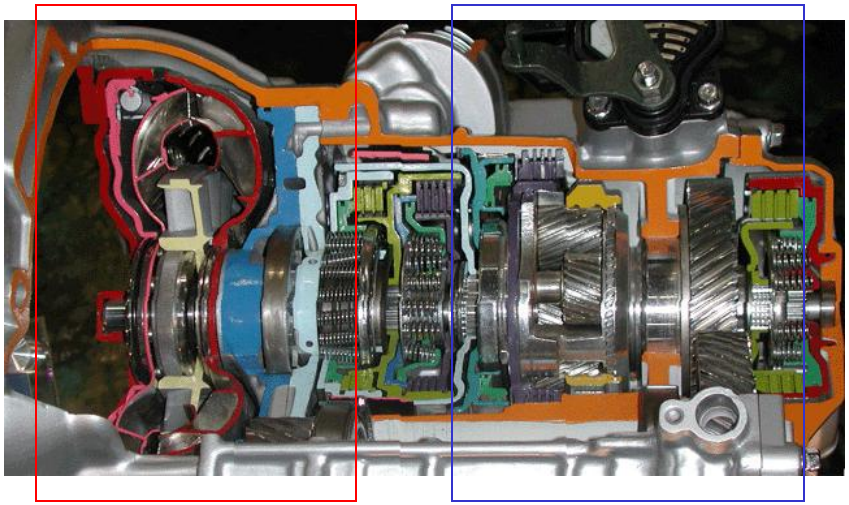
2 구조가 복잡하고 가격도 비싸다.



자동 변속기의 구성

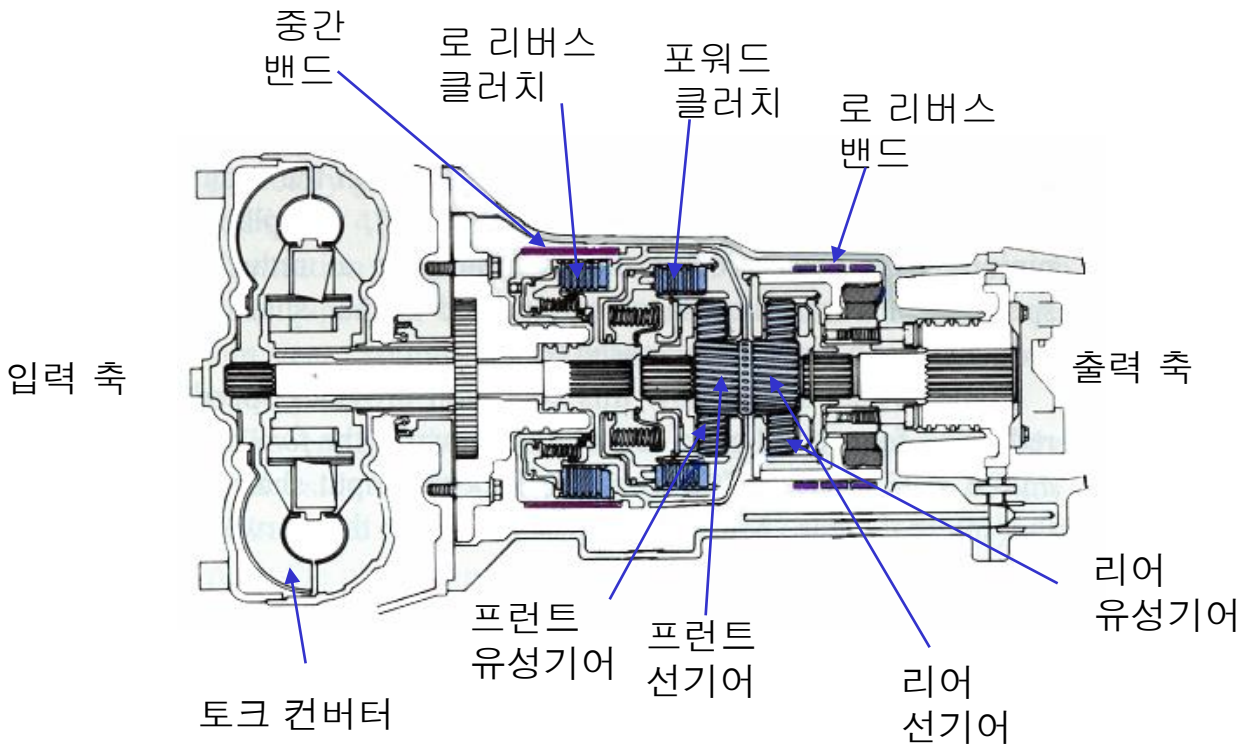
자동 변속기

- **토크 컨버터 (torque convertor)**
  - 오일의 유동으로 동력을 전달하고 토크를 증가시킨다.
- **유성 기어 장치 (planetary gear trains)**
  - 2개 이상의 유성기어 장치가 조합된 구조를 하고 있으며 전진 2~4단의 변속과 중립, 후진시킨다.
- **유압 제어 장치 (hydrolic control system)**
  - 유성기어 장치를 작동시키며 전자적으로 제어된다.



토크 컨버터 유성기어 장치

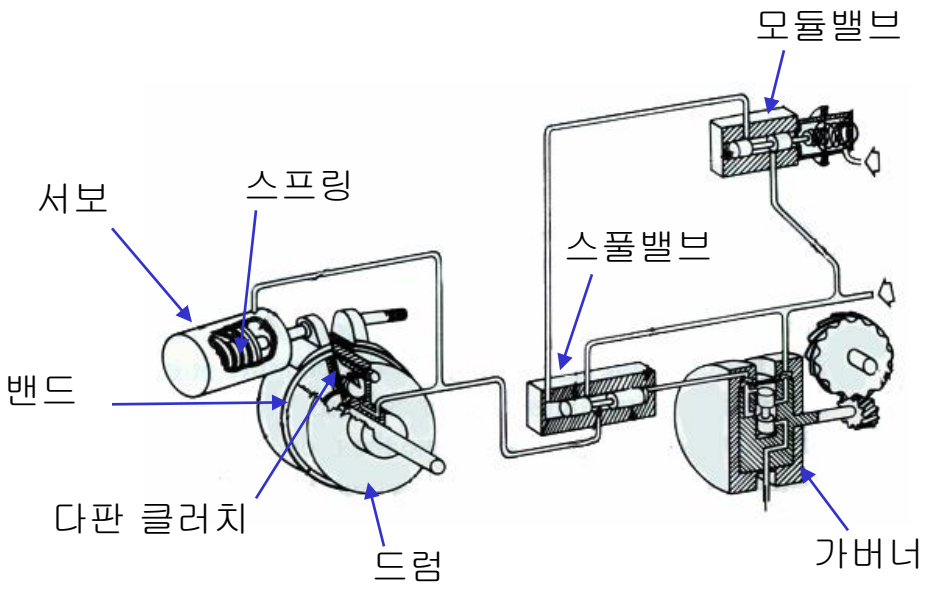
자동 변속기의 구성


중간
밴드
로 리버스
클러치
포워드
클러치
로 리버스
밴드
입력 축
출력 축
리어
유성기어
프런트
유성기어
프런트
선기어
리어
선기어
토크 컨버터

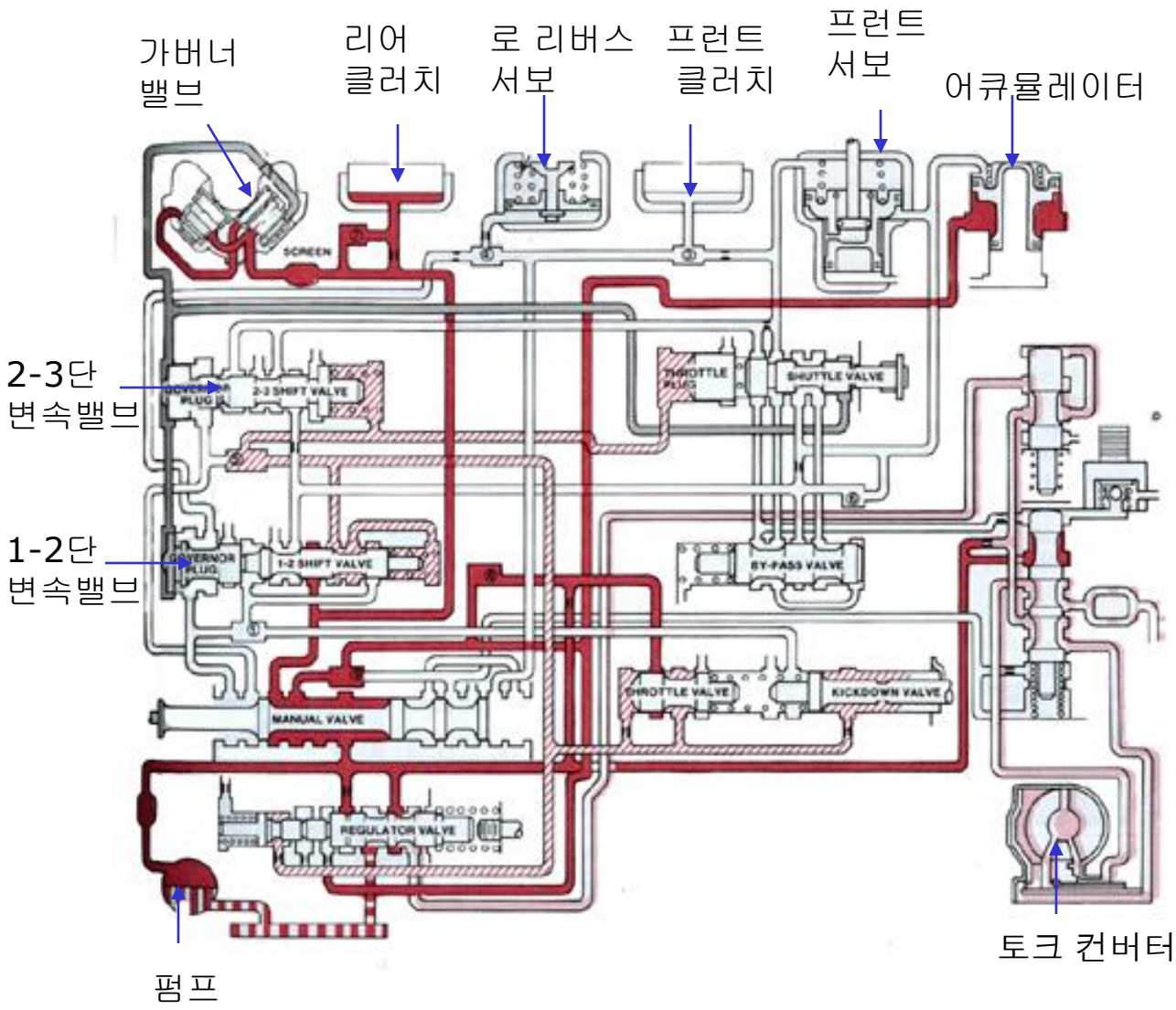
유압 제어 시스템

오일 펌프에 의해 발생한 유압을 압력조정기에 의해 조정하고 각종 제어 밸브를 작동시켜 변속을 원활하게 이루어지게 한다.

유압 제어시스템은 제어 밸브나 오일 펌프 등으로 구성되며 차속이나 주행 조건에 맞추어 유성기어 장치의 변속조작을 한다.



유압 제어 회로

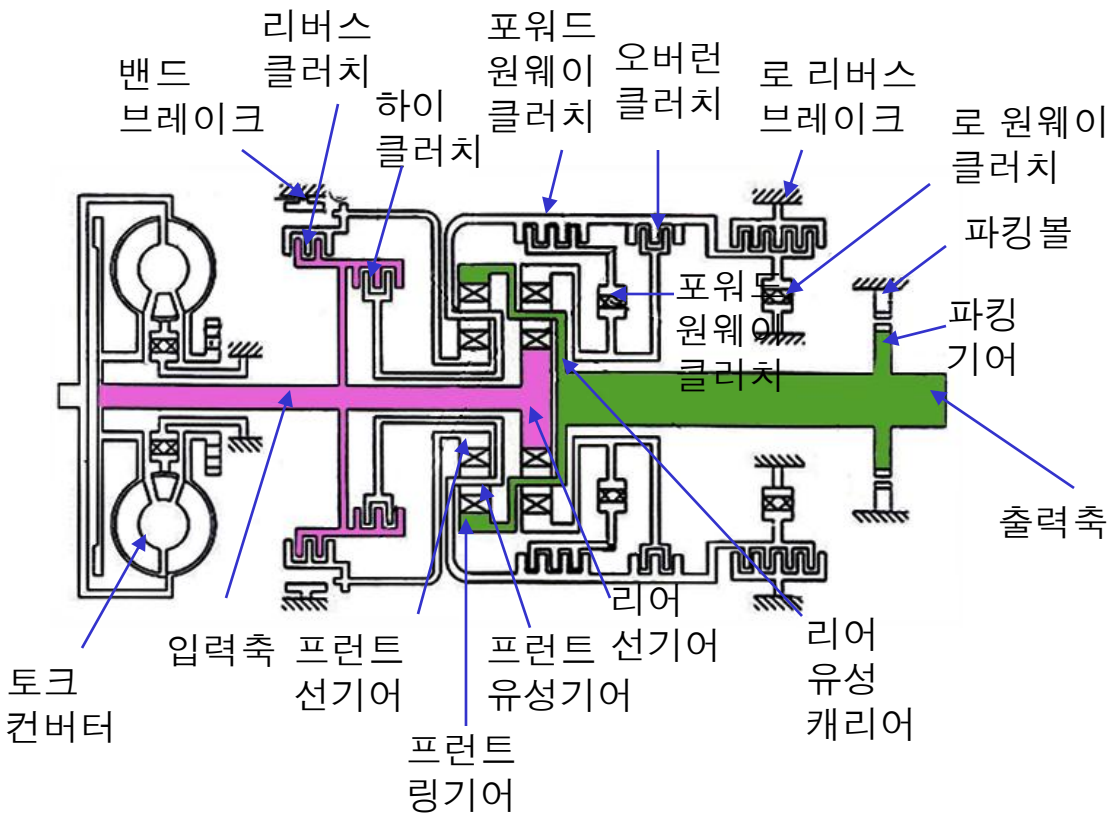

가버너
밸브
리어
클러치
로 리버스
서보
프런트
클러치
프런트
서보
어큐뮬레이터
2-3단
변속밸브
1-2단
변속밸브
펌프
토크 컨버터
SCREEN
2-3 SHIFT VALVE
THROTTLE PLUG
SHUTTLE VALVE
GOVERNOR PLUG
1-2 SHIFT VALVE
BY-PASS VALVE
MANUAL VALVE
THROTTLE VALVE
KICKDOWN VALVE
REGULATOR VALVE

자동 변속기 작동

자동 변속기의 작동 방법 변속 레버의 조작에 의해 각 레인지를 선택한다.

P	N	D				2	L	R
		1속	2속	3속	4속			

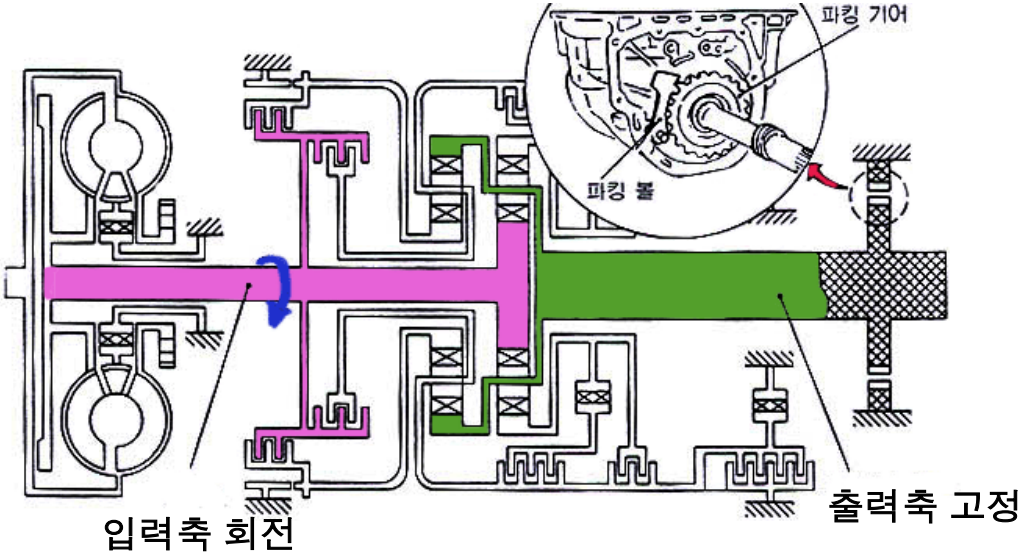
드라이브 레인지(drive range, D)에서 주행하면 주행 상태에 상응하여 수동 변속기의 제 1속 상태에서 제 4속 상태까지 자동적으로 변속된다



자동 변속기 작동

파킹 레인지 (parking range: P)

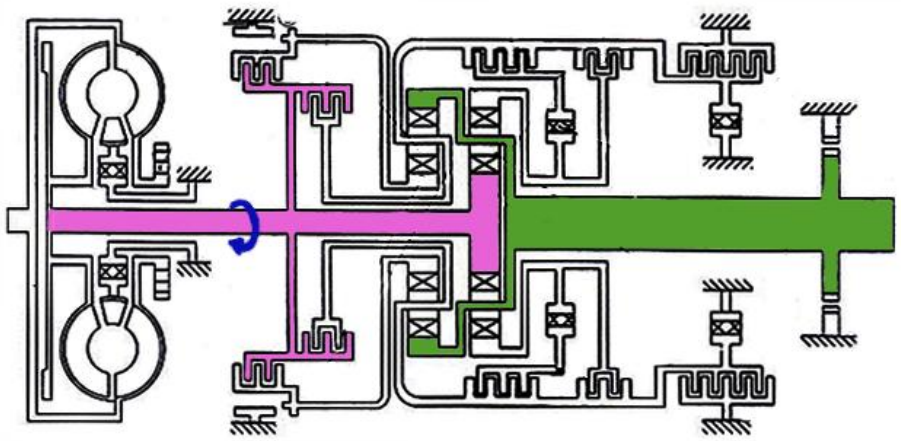
파킹기어(parking gear)에 파킹 볼(parking boll)이 끼워져 출력축이 고정된다.



자동 변속기 작동

중립 (neutral range: N)

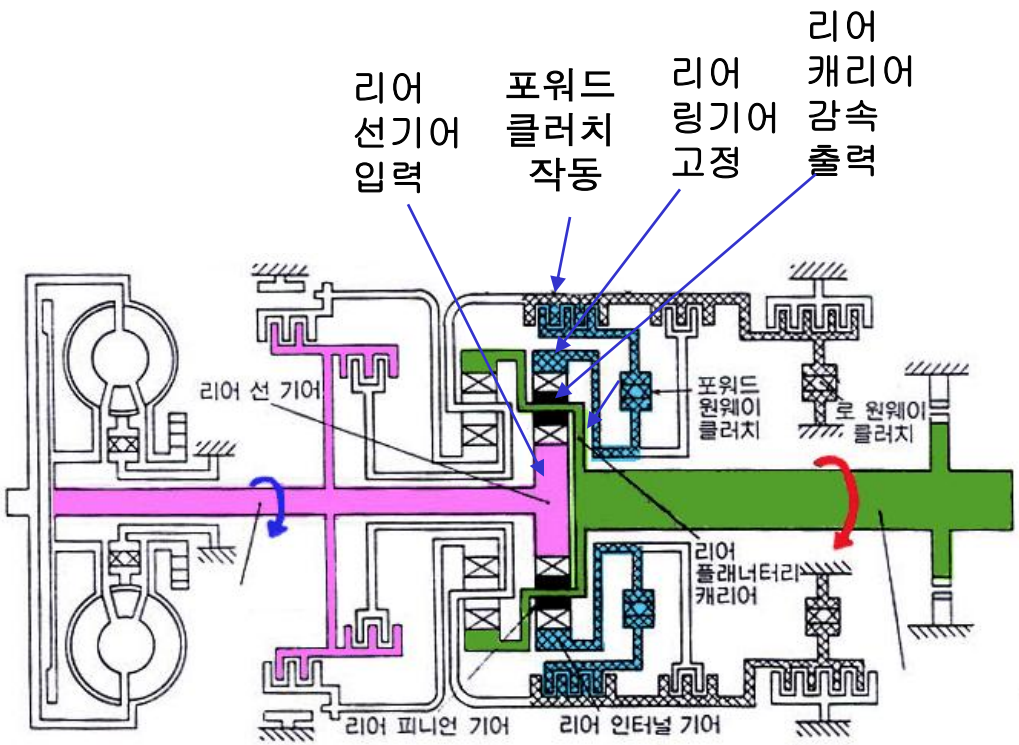
모든 제어기구가 작동하지 않기 때문에 입력 축의 회전은 출력축에 전해지지 않는다.



자동 변속기 작동

D 레인지- 제 1 속 상태

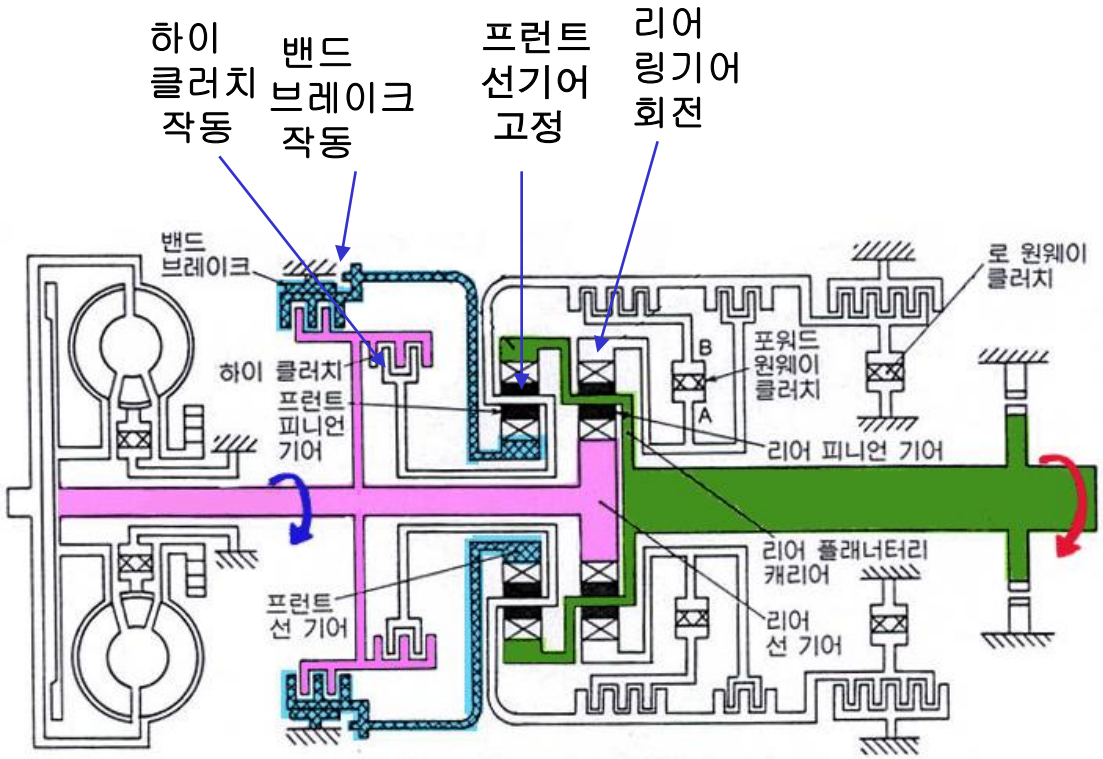
포워드 클러치, 포워드 원웨이 클러치가 작동하여 리어 링기어가 고정되고, 회전은 입력축, 리어 선 기어, 리어 유성 캐리어에서 감속되어 출력 축에 전달된다.



자동 변속기 작동

D 레인지- 제 2 속 상태

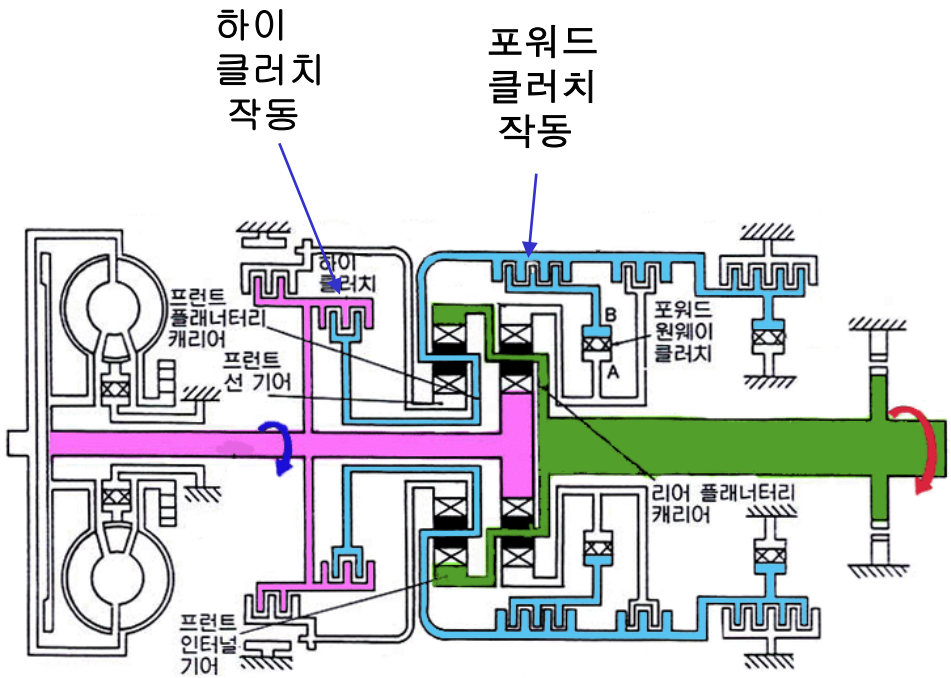
밴드 브레이크가 작동하여 프런트 **선 기어가 고정**되고 하이 클러치, 포워드 원웨이 클러치를 통하여 프런트 유성 캐리어, 프런트 링 기어를 통해, 출력 축으로 전달된다.



자동 변속기 작동

D 레인지- 제 3 속 상태 (직결)

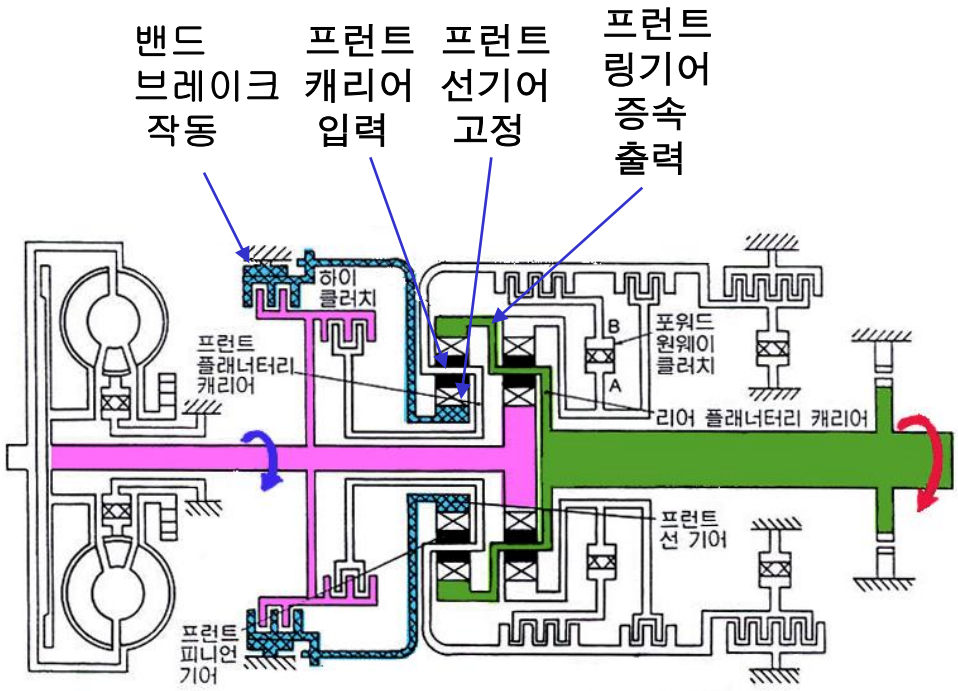
하이 클러치와 **포워드 클러치**가 작동하고, 입력 축의 회전은 프런트 선 기어, 프런트 링 기어에 전해져 동시에 회전한다. 따라서, 프런트 유성 기어 전체가 하나가 되어서 회전하고 입력축의 회전은 출력 축으로 **직결**된다.



자동 변속기 작동

D 레인지- 제 4 속 상태 (증속)

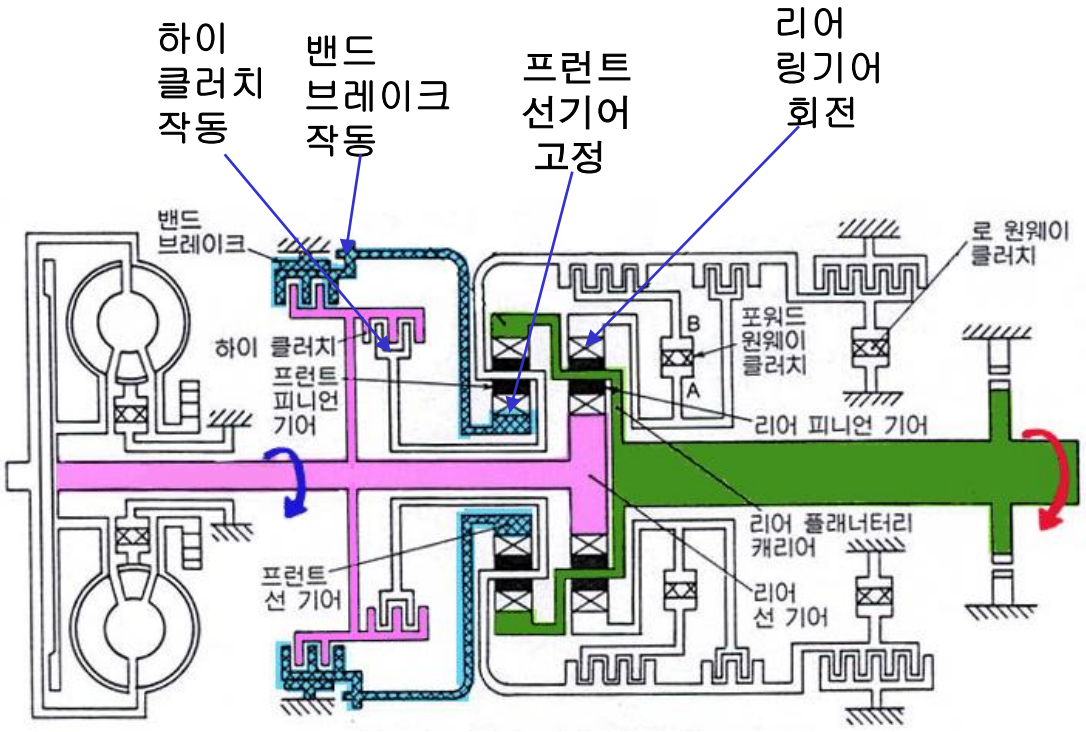
밴드 브레이크가 작동하여 프런트 선 기어가 고정되고, 입력축의 회전은 프런트 유성 캐리어 → 프런트 피니언 기어 → 프런트 링기어 → 리어 유성 캐리어를 통해 **증속**되어 출력 축으로 전달된다 .



자동 변속기 작동

2 (second) 레인지

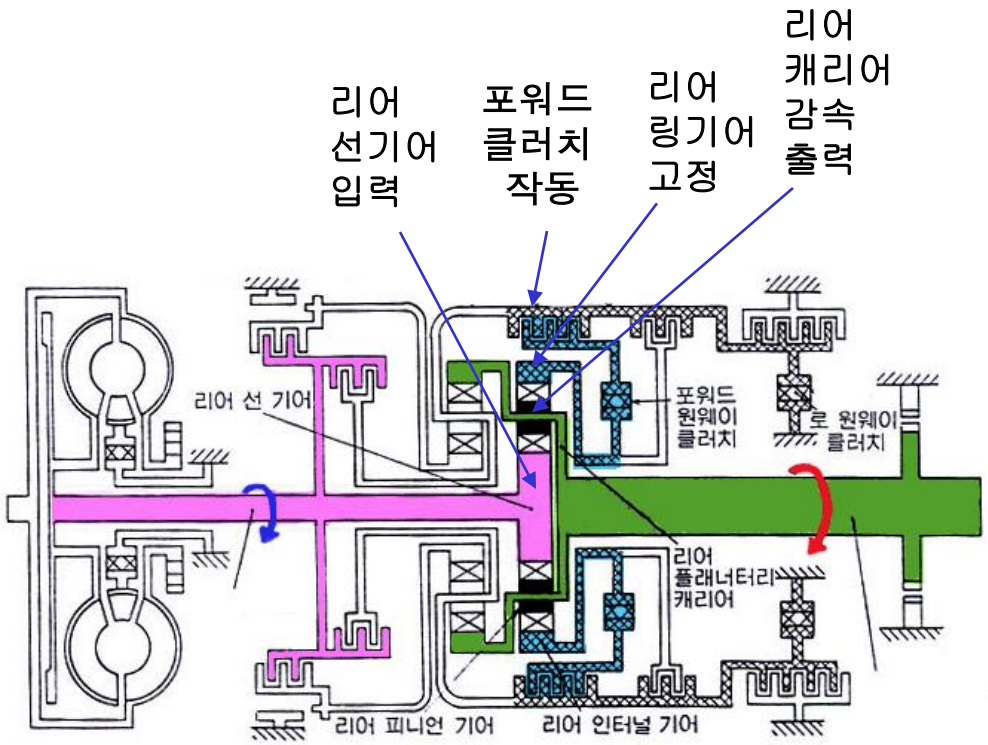
D레인지의 제 2 속 상태와 같은 변속으로 하이 클러치, 밴드 브레이크가 작동하여 리어 유성 캐리어가 고정되고, 입력축의 회전이 출력 축으로 전달된다.



자동 변속기 작동

L (Low) 레인지

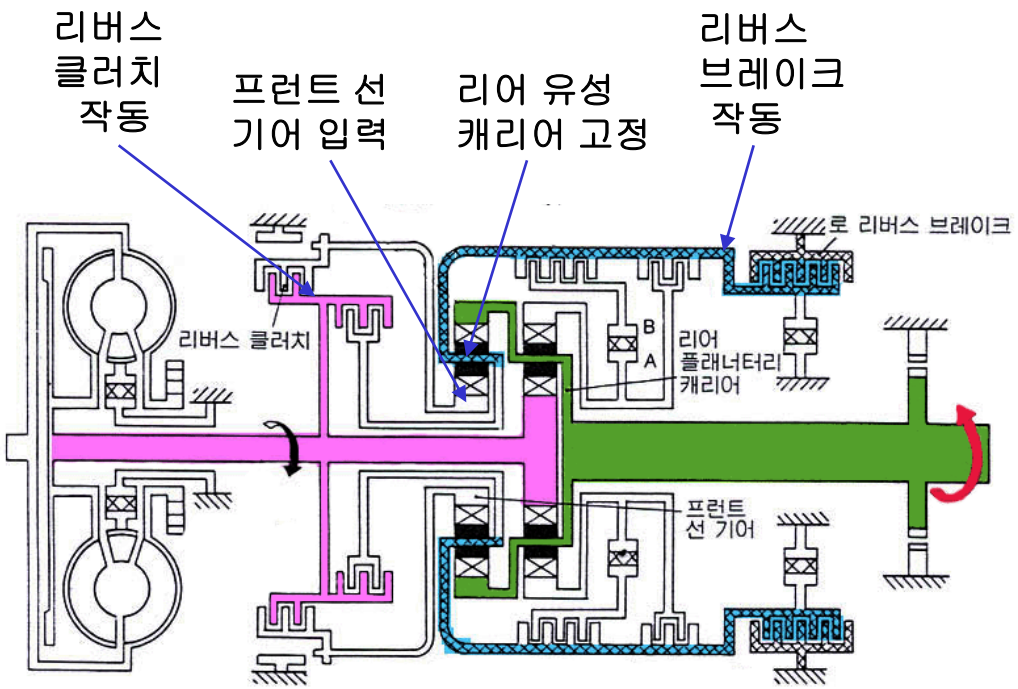
D레인지의 **제 1 속 상태**와 같은 변속이며,포워드 클러치에 의해 리버스 브레이크가 작동하여 리어 링기어가 고정되고, 입력축의 회전이 출력 축으로 전달된다.



자동 변속기 작동

리버스 레인지 (reverse range, R)

역전는 리버스 클러치에 의해 리버스 브레이크가 작동하고, 리어 유성 캐리어는 로 리버스 브레이크에 의해 고정되어 있기 때문에, 프런트 선 기어의 회전은 리어 피니언에 의해 역 방향으로 바뀌고 리어 링기어와 출력축으로 감속되어 전달된다.

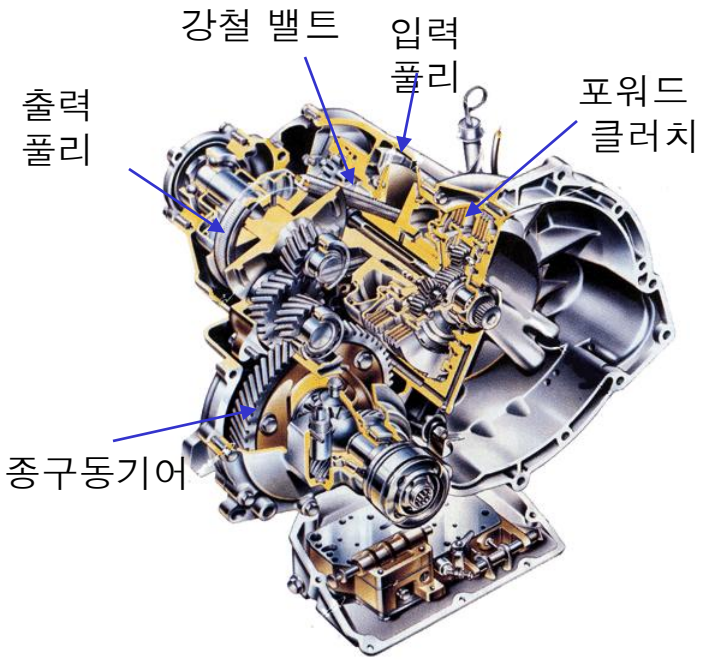


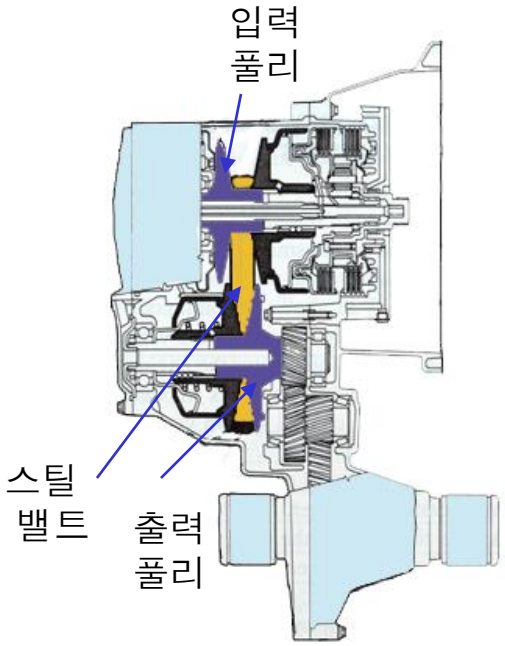
무단 변속기 (CVT)

CVT (Continuously Variable Transmissions)의 작동 원리

다양한 기어 비를 만들기 위해 강철 벨트를 사용하며 풀리를 회전시키고 풀리는 폭이 변하며 회전한다.

풀리비는 자동차의 속도와 엔진 부하에 따라서 변하며, 유압 제어 시스템에서 풀리비는 변화시킨다.





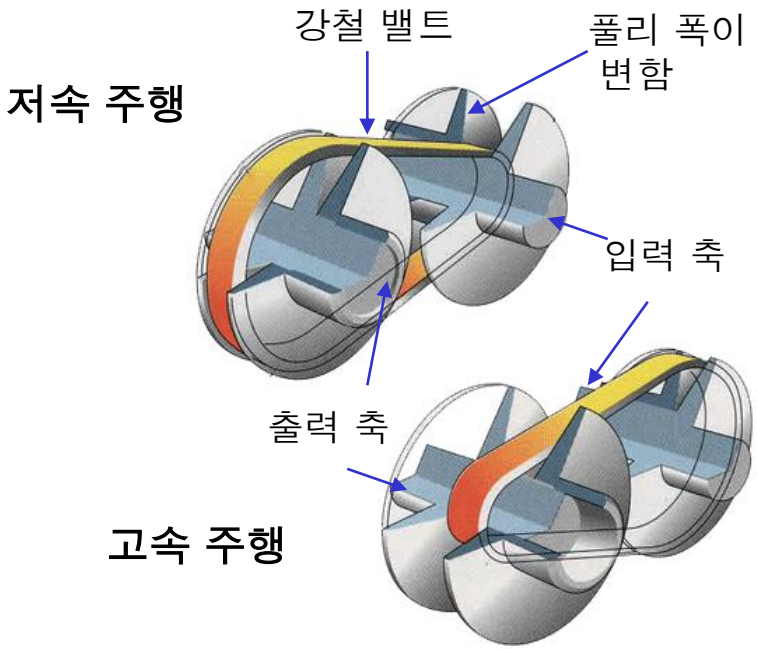
CVT의 작동 방법

유성기어

전진 시는 앞 클러치가 선 기어와 캐리어를 고정 시키 **직결**하고
후진 시는 뒷 클러치가 링 기어를 케이스에 고정 시켜 **역전**시킨다.

밸트와 풀리

풀리 홈의 길이가 변하면 벨트의 위치가 변하게 된다. 콘(cone)모양의 풀리가 다른 쪽 풀리 의 움직임에 따라 같이 움직인다. 풀리의 길이가 변하면 기어 비도 변하게 된다.



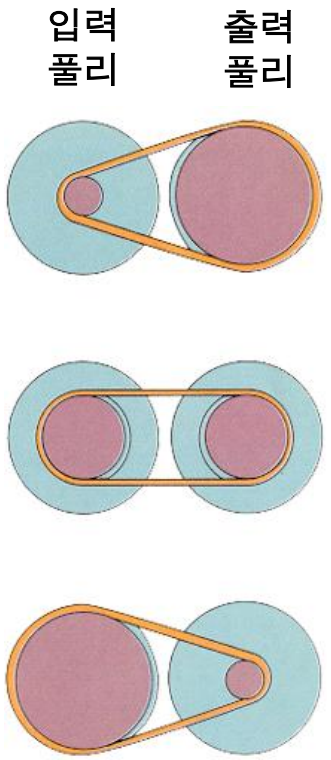
CVT의 작동 방법

밸트와 풀리의 작동

발진,저속 시 ⇨ 입력측 풀리의 푹이 넓어져 밸트와 접촉반경이 작아지고 출력측 풀리의 접촉반경이 커진다.

가속 ,감속 시 ⇨ 입력측과 출력측의 풀리 폭이 같아 변속 충격을 줄이고 빠르고 부드럽게 가속 감속시킨다.

고속 주행 시 ⇨ 입력 측 풀리는 좁아지고 출력측 풀리는 넓어져 엔진회전수가 적게 하며 고속 주행하게 한다.



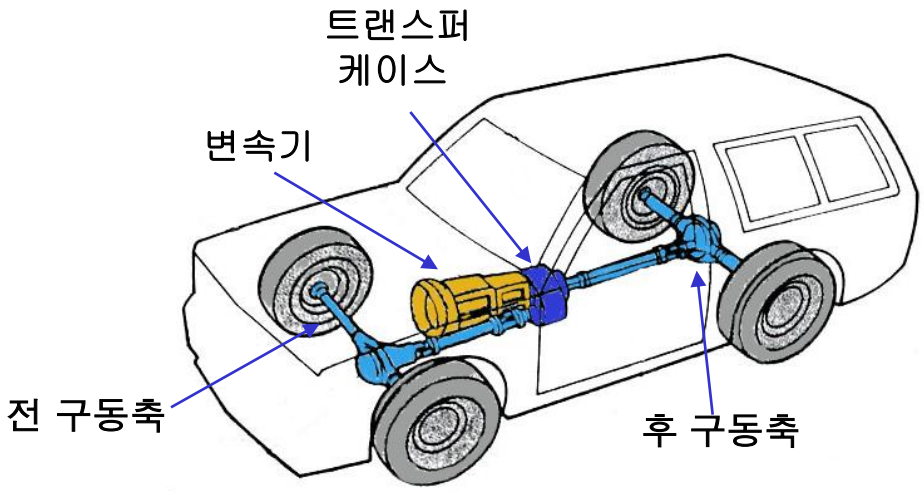
4륜 구동 (Four-Wheel Drive, 4WD)

특성과 종류

특성 ➡ 네 바퀴에 동력을 공급해주는 구동 장치가 있어서,
비포장 도로를 주행할 때나 도로 표면이 미끄러운 곳에서 주행할 때,
접지 마찰을 좋게 하고 최대의 정지 마찰력이 발생한다.

종류 ➡ 4륜 구동 (Four-Wheel Drive,4WD),선택 4WD 방식 (part time 4WD)

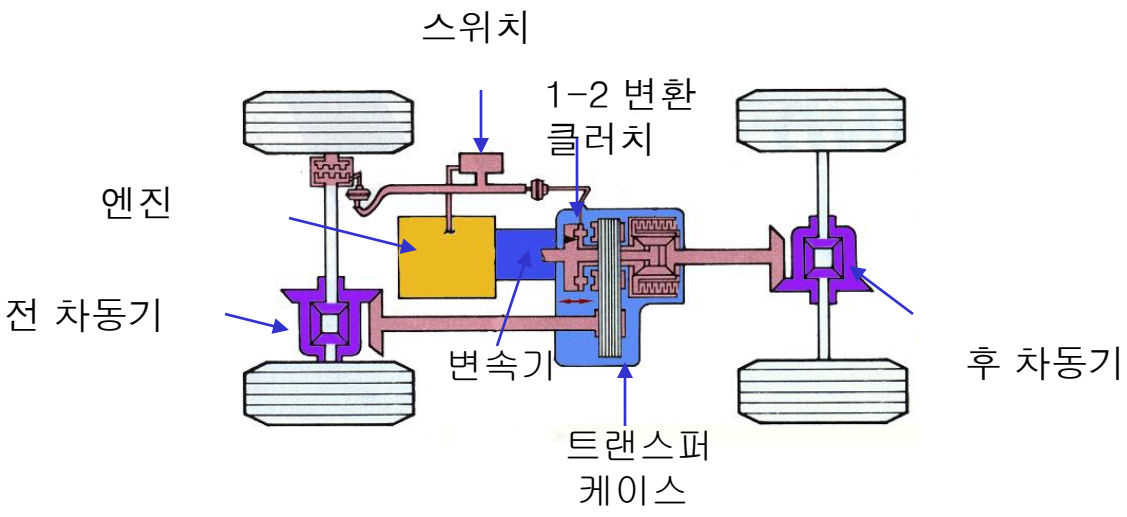
총륜 구동 (All-Wheel Drive,AWD) ,상시 4WD 방식 (full time 4WD)



선택 4WD 방식 과 총륜 구동

4륜 구동(선택 4WD 방식)

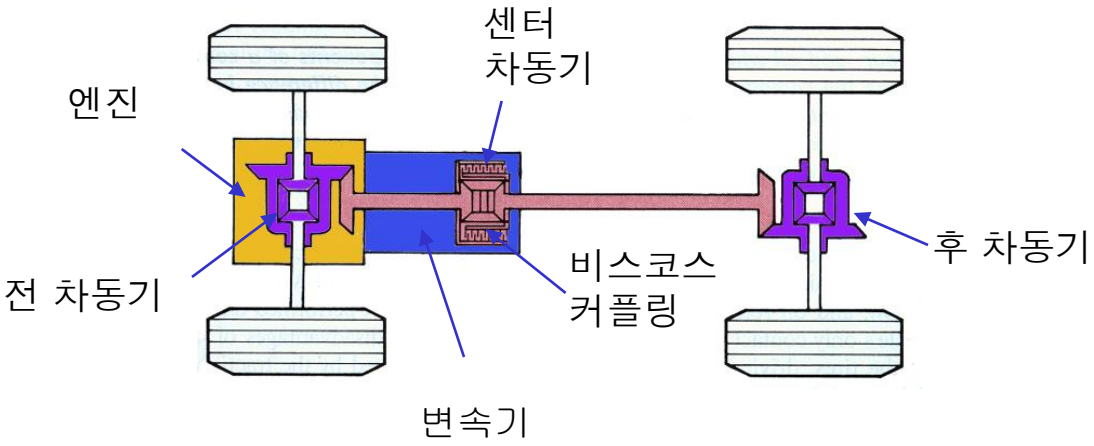
변속기에 트랜스퍼 캐이스를 부착하여 운전 조건에 따라
2바퀴 구동 (앞 바퀴 또는 뒷 바퀴)하거나 4 바퀴 구동으로
바꾸는 방식이다.



선택 4WD 방식 과 총륜 구동

총륜 구동 (All-Wheel Drive,AWD)

트랜스퍼 캐이스 내에 차동장치가 조합되어 앞 바퀴와 뒷 바퀴의 회전차를 흡수하고 상시 4륜 구동이 가능한 방식이다.

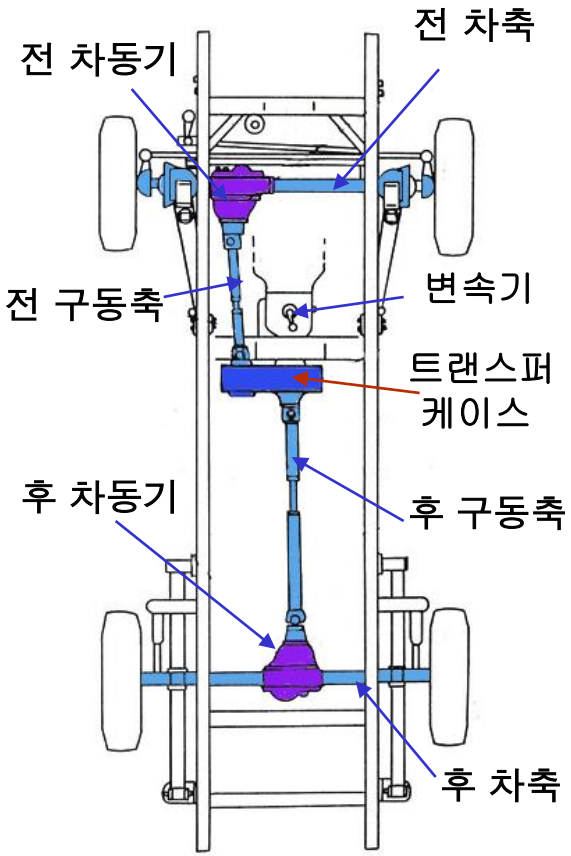


트랜스퍼 케이스의 작동

1.트랜스퍼는 변속기의 뒷부분에 붙어 있어전 차축과 후 차축에 각각 동력을 공급한다.

2. 2륜 구동(2WD)이나 4륜 구동(4WD)를 선택할 수 있다.

3. 4륜 구동(4WD) 에서는 고속, 중립, 저속을 선택할 수 있다.



트랜스퍼의 종류

1 단 트랜스퍼 케이스

1 단 트랜스퍼 케이스는 2륜 구동과 4륜 구동을 선택할 수 있다.

- **2륜구동 (2WD)**
  - 1축 동력 전달
  - 2축 동력 전달
- **4륜구동 (4WD)**

2 단 트랜스퍼 케이스

2 단 트랜스퍼 케이스는 2륜 구동과 4륜구동을 선택할 수 있고 각 단에서 저속과 고속을 선택할 수 있다.

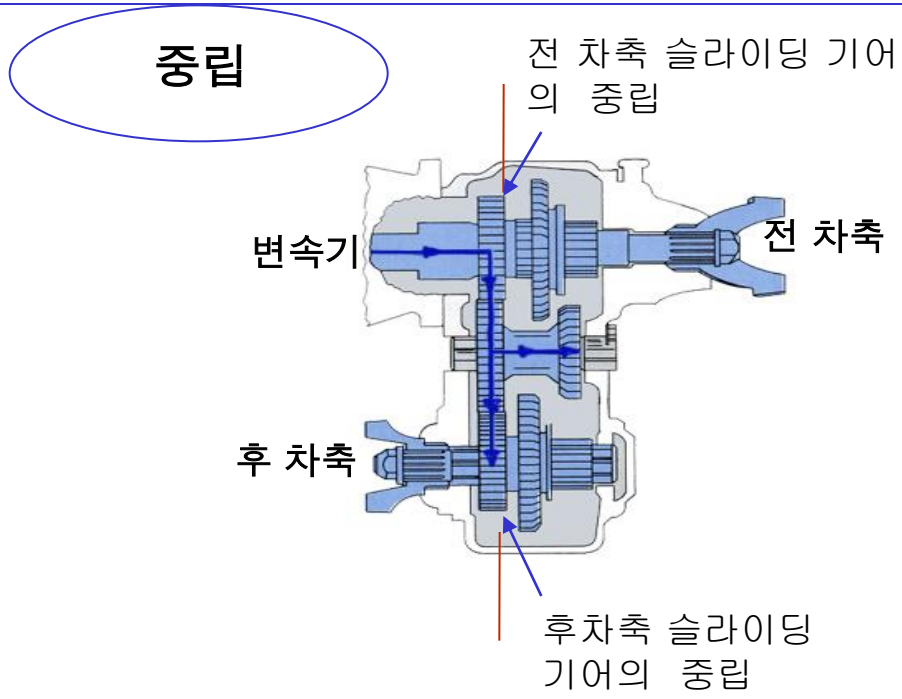
- **2륜구동 (2WD)**
  - 저속
  - 고속
- **4륜구동 (4WD)**
  - 저속
  - 고속
  - 중립

스퍼 트랜스퍼

스퍼 트랜스퍼 케이스 작동은 2 개의 슬라이딩 기어의 움직여 전차축과 후 차축에 연결한다.

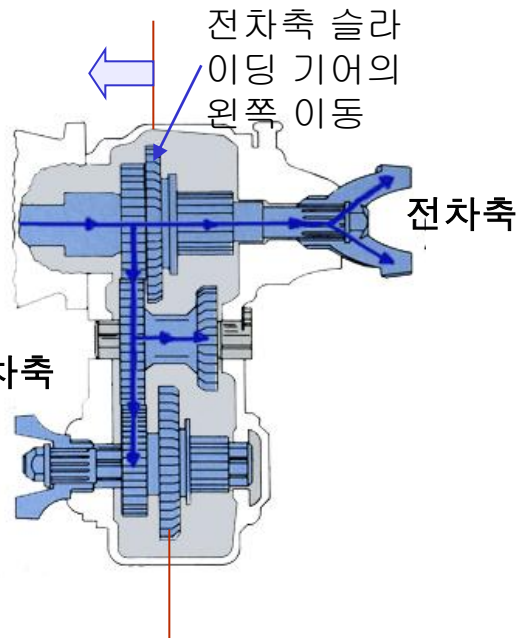
고속 시는 기어비가 1 : 1 로 감속
저속 시는 기어비가 2.5 : 1 로 감속.

중립

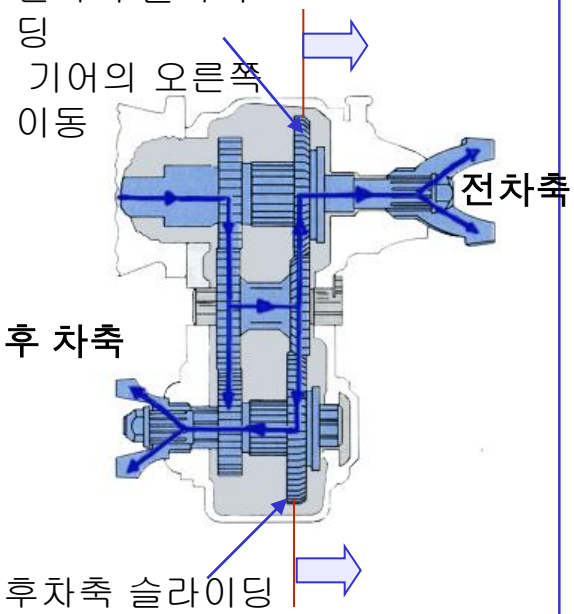


스퍼 트랜스퍼의 작동

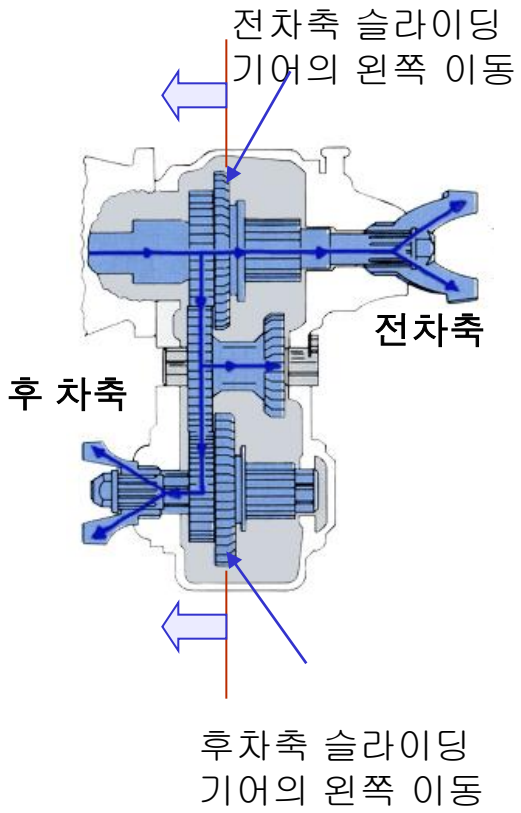
2륜 고속



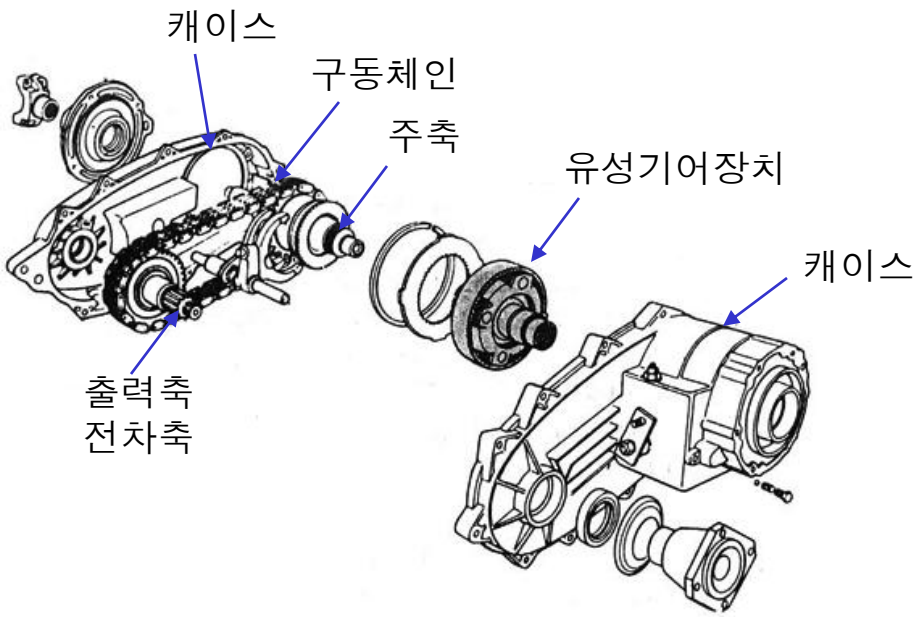
4륜 저속



4륜 고속



유성-기어 트랜스퍼의 구조

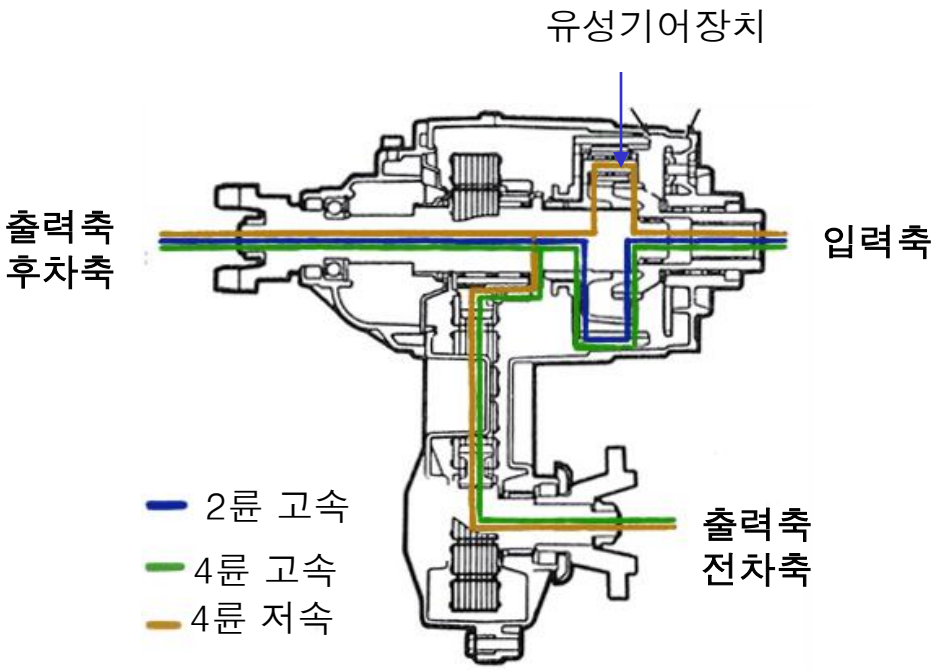


유성-기어 트랜스퍼

한 조의 유성 기어세트를 사용하고 있으며 구동 체인은 축 사이의 동력을 전달한다.

저속 (low range)

링 기어를 고정 시키고 **선 기어**를 돌림으로써 **유성 캐리어**는 저속으로 회전한다.

고속(high range)

두 기어를 **고정**시킴으로써 **직결**되어 출력 축은 입력 축과 같은 속도로 회전한다.