

자동차용 변속기의 기술 동향

Technology Trend of Transmissions for Vehicles



박 용 준 / Yong-Joon Park
엠엔테크 대표이사 / M & TEC

1. 서론

금세기 자동차 산업에서의 가장 큰 화두는 배기가스 규제일 것이다. 이를 위하여 연료소비율이 좋은 차량의 요구가 크게 대두되고 있다. 기본적으로 원동기의 연소 효율을 올리기 위한 노력과 아울러 차량운행 상태에 가장 적절한 감속비를 제공하는 변속기의 필요성이 강조되고 있다.

석유과동이 있기 전의 1970년대 후반까지는 연비보다는 성능 위주의 개발이 주를 이루었으나 1980년대 이후의 고유가 행진이 계속 되면서 연비 개선이 강조 되었고 21세기에 들어와서는 지구 온난화의 주범으로 지목되고 있는 이산화탄소의 배출을 줄이기 위한 노력에 전력을 방불케 할 정도로 세계 자동차 메이커들이 전력을 투구하고 있다. 물론 거기에는 각국들이 배기가스 규제를 강화하면서 일정 수준의 연비를 맞추지 못하면 판매가 불가능한 상황이 되어버린 것이 가장 크게 원인으로 작용하고 있다.

연비향상과 동력성능은 상반된 개념으로 알려져 있

으나 최근에 변속기의 다단화 및 무단변속기의 등장으로 두 목표를 상당 부분 충족할 수 있는 것이 기술의 핵심이 되고 있다.

2. 수동변속기

수동변속기는 건식 클러치의 사용과 외접치차와 싱크로나이저 시스템을 이용한 단순한 동력전달 구조를 가짐으로써 전달 효율이 높고 경량 및 저렴한 제조비용 등으로 전통적으로 선호된 형태다.

1970년대 후반부터 (그림 1)과 같은 5단 수동변속기가 선 보이기 시작하였으며 1980년대 후반에 이르러 고출력의 스포츠카를 위한 6속 수동변속기가 유럽을 시작으로 장착되었으며, 2000년대에 이르러서는 연비와 동력성능 향상을 위해 중소형 승용차용으로 점차 확산 되고 있는 추세다.

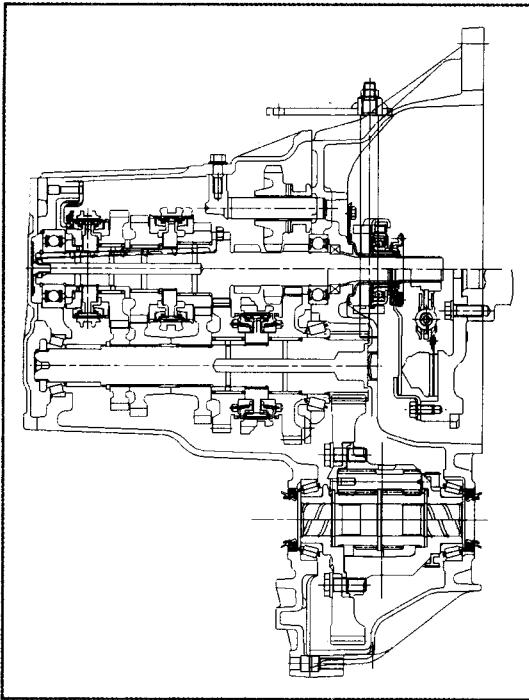
수동변속기의 경우는 6속이 승용차에 적용되는 가장 고단의 형태로 될 전망이다.

3. 자동변속기

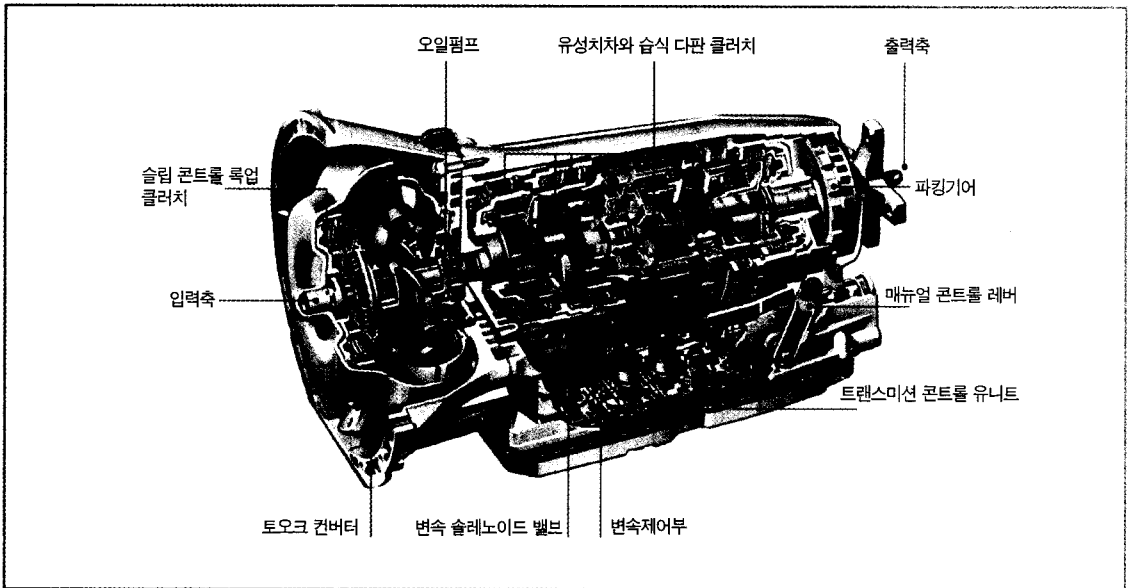
1920년대 유체 클러치를 응용하여 변속단 없이 동력만을 전달하는 형태로 출발하였고, 1960년대 초에 이르러 미국의 보그 워너(Borg Warner)사에서 최초로 자동차용 2속 자동변속기의 양산을 시작했으며, 3속과 4속을 거쳐 1990년대 중반에 이르러서 5단 자동변속기가 개발되었고, 2000년대에 와서는 6속과 7속 자동변속기도 양산되었다(그림 2).

현재까지의 대체로는 5속과 6속이 주류를 이룰 것으로 보여지며 4속은 향후 5년 내에 경소형차용으로 많이 사용될 예정이다

원래 자동변속기는 미국에서 개발이 되었지만 이후 개량과 발전은 주로 유럽과 일본 메이커에 의해 이루어 졌으며 미국의 경우에는 4속 자동변속기가 현재까지 주류를 이루고 있는데, 이는 5, 6속으로 변경을 위한 기존 라인의 매몰 비용이 지나치게 큰 것이 가장



〈그림 1〉 5단 수동변속기



〈그림 2〉 벤츠 7속 자동변속기

큰 이유라고 할 수 있다. 최근에 이르러서는 GM과 포드에서 5속 자동변속기 장착차량이 나오고 있으며 GM에서는 중소형 전륜구동 차량용 6속 변속기의 한국에서의 생산을 준비하고 있다. 세계에서 카 메이커로서 자동변속기를 자체 생산하고 있는 업체는 미국의 3사, 유럽 3사(벤츠, SABB, 르노), 일본 6사, 한국 3사이다.

수동변속기와 달리 자동변속기의 변속단은 유성치차 조합의 형태로 구현되며 3, 4속은 2조, 5, 6, 7속은 3~4조의 유성치차 조합으로 변속비를 구현한다.

이와 같은 유성치차 조합에 의한 기어물림의 횟수의 증대, 토르크 컨버터와 오일펌프 손실과 회전저항 등으로 현재까지는 수동변속기 대비 10~15%의 연비의 열세를 나타내고 있다. 그러나 자동변속기의 경우도 연비향상을 위한 다단화를 추구하면서도 경량 고효율 구조를 개발하게 되었다. 그 대표적인 예가 현재 개발된 거의 모든 6속 변속기에 적용된 레펠레티아 구조

가 가장 이상적인 형태로 알려지고 있으며, 그 구조는 <그림 3>에서 보는 것과 같이 3조의 유성치차와 5개의 마찰요소를 사용한 획기적인 구조를 가졌다. 현재 상용화된 5속 자동변속기의 경우 3조의 유성치차와 7개의 마찰요소를 갖는 구조와의 단순비교를 통해서도 우수성을 짐작할 수 있다.

레펠레티아 구조의 장점으로는 단순 유성치차 3조를 사용하는 기존의 5속 자동변속기 대비 중량 측면에서 15%, 부품수 30%, 연비 5%, 가속성능 3% 정도 유리한 것으로 보고 되고 있으며, 2002년 하반기부터 생산된 BMW 뉴 7 시리즈에 적용된 ZF사의 6HP26 모델이 최초이다.

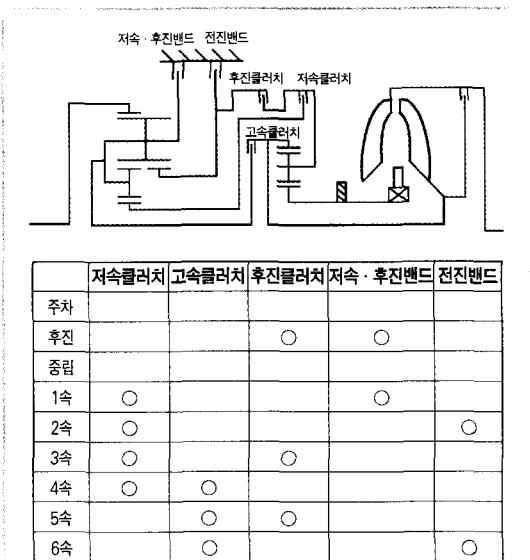
현재 일본의 AISIN AW와 JATCO 사에서 원천 특허를 이용한 변경 특허를 다수 출원하여 주로 대형 승용차용의 모델을 선보이고 있으며, 자동차 메이커에서도 변경 특허를 이용한 상용화에 박차를 가하고 있는 실정이다.

4. 무단변속기 (CVT)

1990년대 중반까지만 하여도 무단변속기의 적용이 신속히 확대될 것으로 예측이 되었으며 유럽 최대의 자동변속기 메이커인 ZF사에서도 1997년부터는 2.5L급 이하의 자동차용으로는 자동변속기 대신에 무단변속기로 생산라인을 대치하겠다는 발표를 하였으나 현재까지 무단변속기 생산을 미루고 있다.

이론적으로는 무단변속기를 사용하면 각각의 엔진 사용조건에 가장 적합한 변속비의 연속적인 대응으로 연비와 동력성능에서 이상적인 결과를 얻는 것으로 예측이 가능하나 실제의 결과는 그다지 만족할 만한 수준이 아니었다.

무단변속기의 변속비 구현 장치로는 <그림 4>와 같은 체인벨트와 <그림 5>와 같은 토로이달 캠이 실용화



<그림 3> 레펠레티아 자동변속기 구조도 및 각 단 별 작동요소표

되어 있는데 가장 보편적인 벨트 타입의 경우는 마찰 손실과 자동변속기 대비 높은 유압사용에 의한 효율저하와 컨트롤의 어려움으로 수동변속기와 자동변속기의 중간정도의 연비와 동력성능을 나타내고 있으며, 높은 토크 전달의 한계로 큰 배기량 차량용으로는 적합치가 않다.

토로이달 타입의 경우 높은 토크의 전달은 가능하나 세계 자동차 생산의 주를 이루고 있는 전륜구동용

으로의 적용이 불가하다는 한계가 있다.

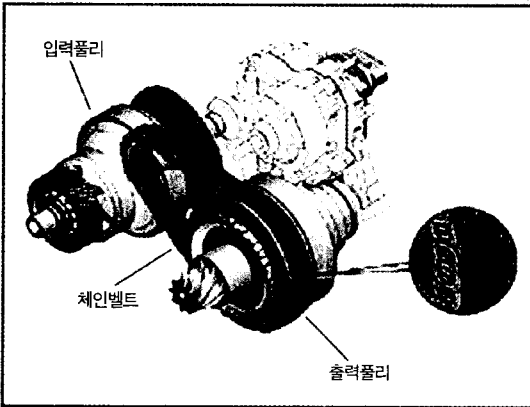
그 이외에도 비싼 생산비용과 기존 자동변속기 라인을 변경하는 문제 등으로 2010년경에 10% 정도로의 성장이 예상된다.

5. 신개념 변속기

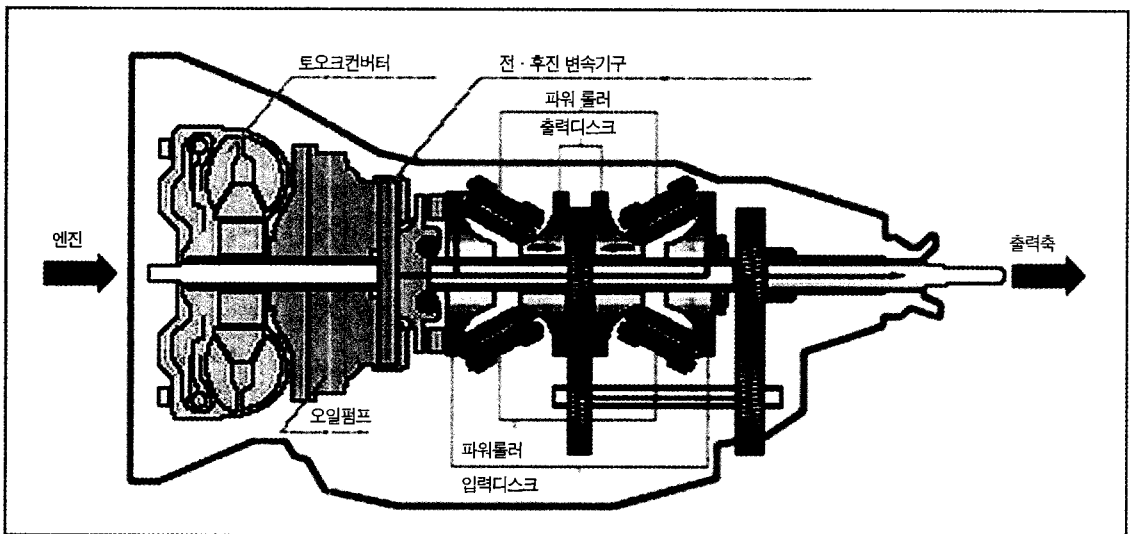
5-1. ASG(Auto Matic Shift Gearbox)

1980년대 중반부터 사용된 레이샤프트(Lay Shaft) 방식의 자동변속기가 혼다의 차량에 도입되었다. 이 방식은 수동변속기의 기어트레인 구조를 가지고 싱크로나이저의 동기장치를 습식다판 클러치가 대신하고 토크컨버터와 밸브바디를 갖고 변속수행을 위한 TCU(Transmission Control Unit) 가진 자동 변속기이다.

장점으로는 유성치차를 사용하는 자동변속기와는 달리 변속비 선정이 용이하고 전달효율이 높은 반면



〈그림 4〉 체인 타입 무단변속기



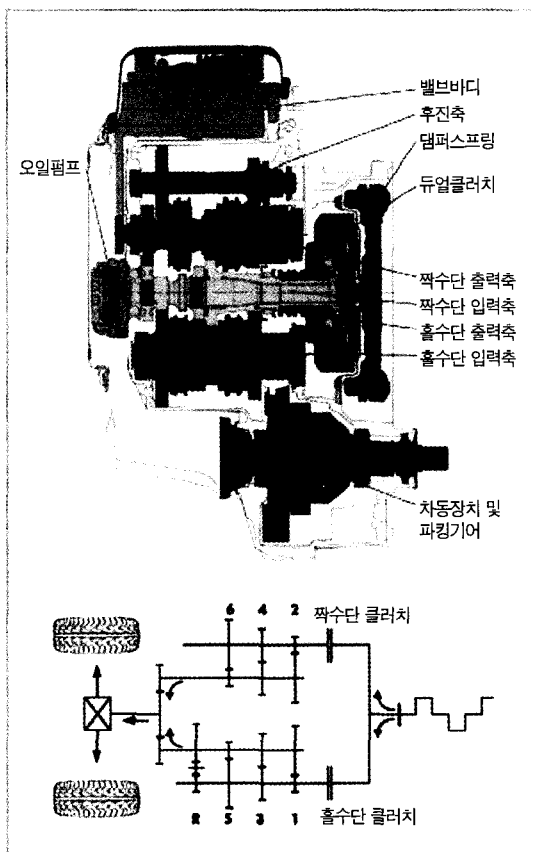
〈그림 5〉 토로이달 무단변속기

변속 컨트롤이 어려운 단점이 있다.

혼다의 모든 자동변속기 차량에 적용되어 혼다매틱(Honda Matic)이라고도 한다. 현재 GM의 새턴과 다임러 크라이슬러의 A-클래스 차량에도 동일한 방식이 적용되어 있다.

5-2. DCT(Dual Clutch Transmission)

VW에서는 몇 년 전부터 <그림 6>과 같은 DCT(Dual Clutch Transmission)라는 개념의 변속기 개발을 시작하였으며, 최근에 VW의 고급 브랜드인 AUDI의 TT Quattro 32 차량에 탑재된 6속



<그림 6> DCT 단면도와 동력전달도

DSG(Direct Shift Gear-box)를 발표하였다. 두 개의 습식 다판 클러치(Borg Warner 사 개발)를 엔진과의 동력단속장치로 사용하고 여기에 연결된 2개의 입력축(중공축 안에 중실축이 들어 있음)과 홀수단 짝수단 각각의 출력축을 두고 동력전달 동기장치로는 기존의 수동변속기와 동일하게 싱크로나이저 시스템을 채용하고 있으며, 이의 특징은 다음과 같다.

(1) 한 개의 입력축에 홀수단과 후진 입력기어가 연결되어 있고, 또 하나의 입력축에 짝수단 입력기어가 연결되어 있음.

(2) 동력단속 용 Wet Clutch는 오일펌프와 레귤레이터 밸브로 형성된 정압으로 작동됨.

(3) 변속 동기 장치로는 싱크로나이저가 사용되며 그 작동은 유압 액츄에이터에 의해 작동됨.

(4) 다음 변속 예정단의 동기는 이루어져 있으며 변속조건이 되면 두개의 습식 클러치의 변경만으로 변속이 이루어지므로 변속시 변속예정단이 동기가 이루어지면서 현재단이 해제되어 동력전달이 끊어지는 기존 변속기의 무부하 상태 없이 변속이 가능하므로 동력성능 및 연비 향상을 추구하였음.

(5) 변속의 방식은 기존의 자동변속기와 동일한 변속형태를 유지하는 완전 자동모드, 포르쉐 방식의 팁트로닉스, F1과 같은 스티어링 휠의 변속버튼을 사용하는 버튼 슈프팅이 모두 가능함.

(6) 즉 자동의 편리함과 수동의 연비 및 동력성능 우위의 모든 장점을 채택했다고 볼 수 있음.

(7) 변속시간 또한 0.1초 이내로 구현하여 신속한 변속이 이루어짐으로써 수동변속기 보다 향상된 연비와 동력성능을 구현함.

이와 같은 특징에도 불구하고 변속 시 습식 클러치 변경에 의한 변속 쇼크가 심하고 자동변속기와 마찬가지로 오일펌프 손실과 복잡한 구조에 의한 생산원가가

높아 급속한 적용확대는 기대하기 어려운 실정이다. 그러나 자동변속기의 편리함과 수동변속기의 연비와 동력성능의 장점을 실현할 수가 있어 미래의 변속기 신기술로 한 축을 담당할 것이다. 뿐만 아니라 보다 신속한 변속을 위한 건식클러치(LUK 사 개발)와 고급 승용차용으로 변속 쇼크를 줄이기 위하여 토오크 컨버터를 사용하는 방식이 모두 개발되고 있다.

6. 맺는말

동력전달 방식이나 기구가 다른 차량용 변속기에 대한 간략한 소개를 하였다. 설명한 것 이외에도 세미오토라고 불리는 클러치 페달이 없는 Clutchless Gearbox 그리고 모터 스포츠용 변속기가 있다. 모터 스포츠용 변속기는 신속한 변속과 치차 강도 그리고 전달 효율을 높이기 위하여 평치차와 동기장치를 싱크로

나이저 대신에 도그 클러치를 사용하고 있다. 그리고 변속기나 액슬 내부에 차동제한장치를 적용하기도 하는데 이는 주행성능을 높이기 위한 기계적인 TCS(Traction Control System)의 대표적인 예이다. 또한 동력전달계에는 사륜구동이나 전륜구동(全輪驅動, All Wheel Drive)용 트랜스퍼 케이스나 커플링이 사용되는데 특히 고급 승용차에서 주행성능 향상을 위한 AWD의 적용은 일부 매니아 층을 위한 장치가 아니라 일반 운전자들 사이에서도 인지도가 높아지면서 대상 차종이 많아지고 있다. 여지껏 후륜구동 만을 고집했던 벤츠에 최근 적용된 AWD 시스템이 단적이 예가 되리라고 본다. 세계시장에서 경쟁하고 살아 남기 위해서는 저비용뿐만 아니라 높은 연료효율과 뛰어난 가속 성능의 추구는 필수적으로 요구된다. 국내에서도 세계 유수의 업체와 경쟁해도 뒤지지 않는 동력전달계의 개발이 하루 빨리 이루어지기를 바람으로 글을 맺는다.

(박용준 대표이사 : yjpark@mnteckr.com)

학회논문인용 요청

회원여러분 안녕하세요

우리학회에서는 국문논문집과 영문논문집(IJAT)의 SCI 등재를 위해 적극 노력하고 있습니다. IJAT는 2003년 3월 1일 발행분부터 이미 SCI Expanded에 등재되고 있으나 IJAT와 국문논문집 모두 SCI에 등재되기 위해서는 얼마나 우리학회 논문집에서 인용했느냐에 따라 결정되어질수 있습니다.

이에 회원여러분께서 외국의 SCI 등재 논문집에 논문게재 시 우리학회 IJAT 또는 국문논문집의 논문을 인용하여 주시기를 요청 드립니다.

회원여러분의 힘이 우리나라 자동차공학과 학회 발전을 이룰 수 있습니다.

감사합니다.