



Automatic Transmission 구조 및 제어 원리

박 정 국 · 현대자동차(주) 남양연구소

A/T 개발 역사

자동변속기는 자동차의 역사와 더불어 연구되어 온 자동차의 필수요소이다.

사실 자동변속기의 구성 요소들은 20세기 초부터 개발되어 사용되었다. 그러나, 오늘날 자동변속기는 1940 Oldsmobile에 탑재된 HYDROMATIC으로부터 시작되었다고 알려져 있다. 간략히 살펴 보면,

1940~1959 : 2속 A/T, 유압식

1960~1979 : 3속 A/T, 유압식

1980~ : 4속 A/T, 일부 전자식

1984~ : 3속 LOCK-UP CLUTCH 전자제어 등장

1986~ : 4속 LOCK-UP CLUTCH 전자제어 등장

1989~ : FULL 전자 제어 등장

초기 A/T의 탄생은 TORQUE CONVERTOR의 발명과 깊은 관계를 가지고 있다.

자동변속기 기술 발달 과정

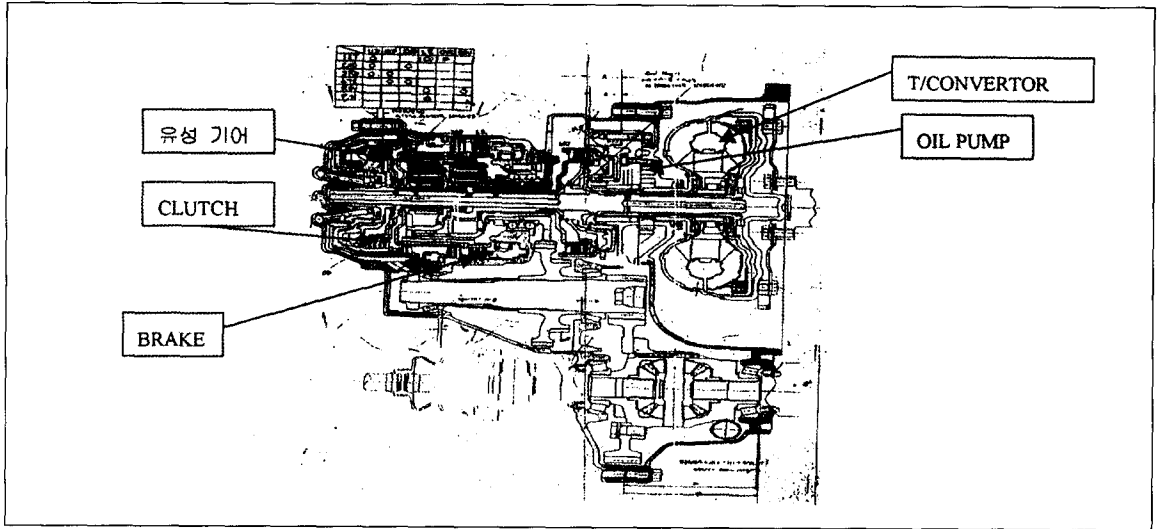
자동변속기는 자동차를 운전하는데 있어 편리함과 운전자의 피로를 경감시킴으로써, 사고 예방에도 많은 기여를 하고 있어 세계적으로 자동 변속기의 장착율이 증가 되고 있는 실정이고, 자동 변속기는 엔진과 달리 회사별 LAY-OUT이 다르고 제어 방법 또한 각각 특징을 가지고 있고 부품수도 엔진의 2배나 되는등 복잡한 구조를 가진 것

이다.

기어 전달 방식에 따라 CHAIN TYPE과 GEAR TYPE으로 구분되고, 각 변속단에 O.W.C.를 적용했는가, 그렇치 않은가에 따라 구분되며, 최근에는 BALANCE PISTON 적용, 각 CLUCH압 제어시 ACCUMULATOR 적용, LINE압 가변제어, FEED BACK CONTROL 및 총합 제어 적용등으로 제어압 안정화, 신뢰성 및 내구성을 향상시켰다.

차량의 주행 상태를 판단하여 UP HILL 또는 DOWN HILL 주행시 구배를 계산하여 그 정도에 따라 UP HILL에서는 UP SHIFT를 금지시켜 ACCEL PEDAL의 잦은 조작에 따른 BUSY SHIFT를 방지 하였고, DOWN HILL의 경우에는 강제 DOWN SHIFT 시킴으로써 ENG BRAKE를 발생 시키는 FUZZY LOGIC 및 A/T의 양산 편차를 항상 보정하여 어떠한 A/T에도 좋은 변속 FEELING을 확보 하도록 개발된 학습제어등 신기술 제어 LOGIC을 추가하여 운전자의 편리성 및 안락감을 추구하고 있는 실정이다.

제어 방식도 기존의 1 또는 2개의 solenoid로 전 변속시 제어가 행하여졌지만, 최근에는 1개의 CLUTCH 제어에 1개의 SOLENOID를 사용하는 DIRECT CONTROL SYSTEM이 주를 이루고 있다.



〈그림 1〉 신세대 4속 AUTOMATIC TRANSMISSION

자동 변속기의 구조

자동 변속기의 구조는 〈그림 1〉에서와 같이 크게 TORQUE CONVERTER, OIL PUMP, GEAR BOX, CLUTCH & BRAKE, VALVE BODY, TCU 등 6가지로 나눌 수 있다.

자동 변속기의 구조는 각 변속시 ONE WAY CLUTCH(OWC)가 적용되어 있는 것과 그렇지 않는 것과는 제어 방식에 있어서 큰 차이가 있다. 보통 OWC가 각 변속시 있는 경우는 제어가 간편하다. 예를 들어 2 - 3 UP SHIFT의 경우 3속 CLUTCH만 작동되면 3속 완료되나, OWC가 없는 경우는 2속 CLUTCH가 해제되고 3속 CLUTCH가 작동되어야 변속이 완료됨에 따라 2속 CLUTCH 해제 TIME과 3속 CLUTCH 작동 TIME과의 관계가 매우 중요하다.

만일 2속 CLUTCH가 먼저 해제되고 3속 CLUTCH가 나중에 작동된다면 그 사이에는 동력 전달이 되지 않는 구간이 되어 NEUTRAL FEELING 및 ENG. 및 TURBINE RPM이 상승하게 되는 현상이 발생한다. 이를 RUN-UP 현상이라 한다. 그 반대의 경우 즉, 2속 CLUTCH

가 해제가 되기도 전에 3속 CLUTCH가 작동되면 서로의 CLUTCH간 맞물려 내구성에 심각한 현상이 발생하는데 이를 TIE-UP 현상이라 한다.

OWC가 각 변속단 적용되어 있는 A/T는 이런 현상이 발생할 수 없다. 제어 측면에서는 OWC 적용된 A/T가 이러한 장점을 가지고 있으나, ENG. BRAKE를 얻기 위해서는 ENG. BRAKE용 CLUTCH가 필요함에 따라 CLUTCH수가 많아 지는 단점도 있다. 최근의 자동 변속기 MAKER의 경향을 살펴 보면 되도록이면 OWC를 줄이고 1개의 유압 제어 SOLENOID로 1개의 CLUTCH를 제어하는 DIRECT CONTROL을 추구하는 실정이다.

자동 변속기 작동원리

자동 변속기의 작동 원리를 간단히 설명하면, 먼저 엔진이 구동되면 TORQUE CONVERTER의 IMPELLER와 OIL PUMP가 같은 회전수로 구동되고 〈그림 2〉에서의 TORQUE CONVERTOR에 의해 차량이 정지 중이더라도 유체의 미끄럼(SLIP)에 의해 엔진이 꺼지지 않

으므로 수동 변속기와 같이 별도의 동력 차단 장치가 필요 없고, 엔진의 동력을 차단하지 않고 변속이 가능하며 변속중 발생하는 급격한 TORQUE변동과 구동차축에서의 급격한 하중 변동도 부드럽게 흡수할 수 있다.

그리고 TORQUE 증배 작용은 저속시 발전성을 향상시켜 언덕 출발시 운전을 매우 용이하게 해준다. 또한 엔진으로부터의 비틀림 진동 (TORSIONAL VIBRATION)을 잘 흡수하여 별도의 비틀림 댐퍼(TORSIONAL DAMPER)를 장착할 필요가 없다. 엔진과 같은 회전수로 구동되는 OIL PUMP는 자동 변속기 동력 전달의 매체인 유압을 형성시킨다. 형성된 유압은 두꺼운 VALVE BODY로 공급되어 지고 VALVE BODY는 TCU(TRANSMISSION CONTROL UNIT 이하 TCU라 칭함)의 지령에 의해 변속 SOLENOID VALVE를 작동시켜 변속에 필요한 CLUTCH에 유압 유로를 열어 주고 CLUTCH가 작동됨에 따라 유성 치차를 변화시켜, 변속이 일어 나는데 CLUTCH 작동시의 유압 제어를 위

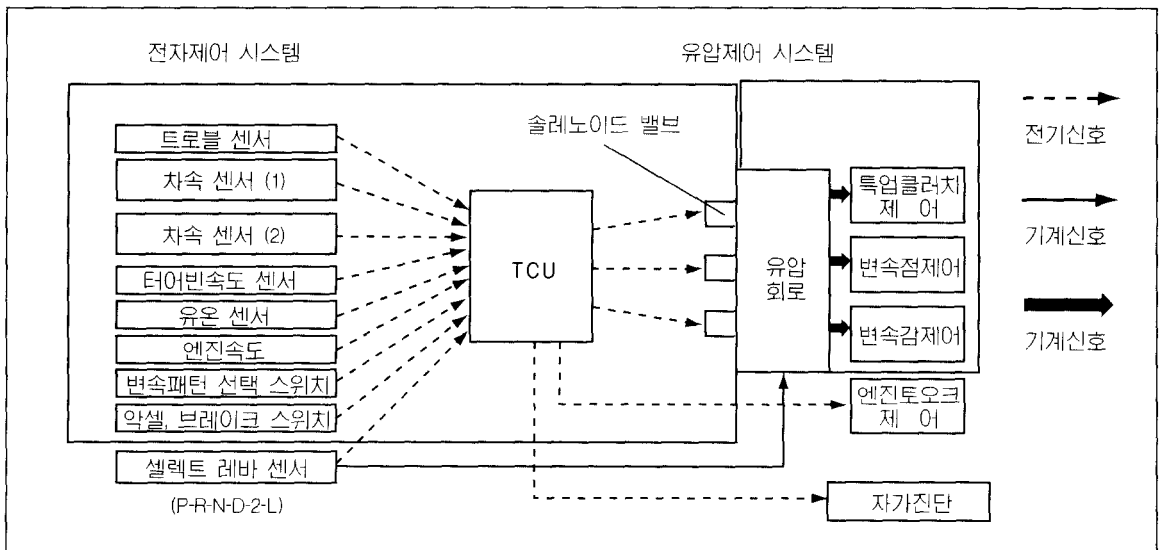
하여 PWM(PULSE WIDTH MODULATOR) SOLENOID VALVE에 의해 제어된 유압을 공급함으로써, 부드러운 변속이 일어나게 한다.

자동 변속기 제어 원리

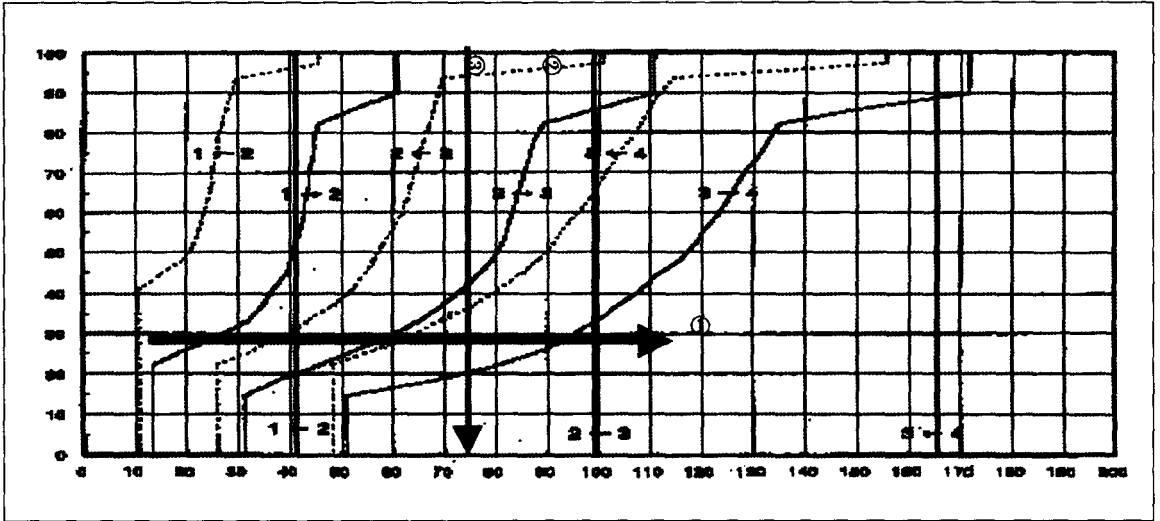
〈그림 2〉는 엔진과 변속기와의 제어 및 여러 SENSOR와의 관계를 보여 준다.

현 HMC의 자동 변속기의 경우, 자동 변속기를 제어하는 TCU는 TPS(THROTTLE POSITION SENSOR), 엔진 회전 속도, TURBINE 회전 속도(PULSE GENERATOR A: PG. A), 차속 (PG. B), 유온 SENSOR, 변속 PATTERN 선택 SW(POWER/ECONOMY/HOLD), BRAKE SW, SELECT LEVER(P,R,N,D,3,2,1)등의 신호를 받아, ACCEL PEDAL량 (THROTTLE량)과 차속에 의해 결정된 기 입력된 SHIFT PATTERN에 의해 변속 유무를 판단한다.

변속이 판단되면 TCU는 지령을 내려 변속기 내부의 변속 SOLENOID를 작동시켜 원하는 CLUTCH에 유압을 공급하기 위하여, 유로를 형



〈그림 2〉 자동 변속기 제어 개략도



〈그림 3〉 자동 변속기 SHIFT PATTERN 예

성시킴과 동시에 유압 제어 SOLENOID에 DUTY제어를 행하여 CLUTCH에 공급되는 유압을 제어함으로써 부드럽게 변속이 일어나게 한다.

변속 SHIFT PATTERN은 연비, 동력 성능, 변속 리듬감등을 고려하여 결정한다.

연비의 경우는 LA4 MODE, EC MODE등을 고려하여 주로 THROTTLE 30(%)이하, 가속 성능은 주로 THROTTLE 50%이상시 ENG. 특성을 고려하여 결정된다. 〈그림 3〉은 SHIFT PATTERN의 한 예로서, X축은 차속이고 Y축은 THROTTLE(%)로 구성되며, 실제 운전자의 ACCEL PEDAL 및 차속에 의해 SHIFT PATTERN상에서 UP SHIFTLINE이나 DOWN SHIFT LINE을 횡단함으로써, TCU는 변속 판단을 행한다.

운전자의 ACCEL PEDAL 조작에 따라, 변속의 유형에 크게 나누어 설명하면,

운전자가 일정 ACCEL PEDAL을 밟으면서

주행할 경우 일정 THROTTLE(%)에서 차속이 증가함에 따라 1-2 UP SHIFT LINE을 횡단하여 1-2 UP SHIFT가 발생되고, 계속 차속이 증가하여 2-3 UP SHIFT를 횡단하면 2-3 UP SHIFT가 발생 된다.

UP SHIFT시 변속 TIME은 CLUCH 마찰재의 내구성과 직결되기 때문에 허용 변속 TIME을 항상 만족할 수 있도록 TCU는 THROTTLE(%)별 목표 TIME을 기억하고 있다가 실제 변속 TIME과 비교하여 그 오차 만큼을 유압 보정하게끔 하는 ADAPTIVE CONTROL LOGIC이 적용되어 있다. 또 변속중 ENG. TORQUE를 줄여(ENG TORQUE REDUCTION CONTROL) SHIFT QUALITY 및 짧은 변속 TIME을 실현하여 내구성을 향상시키는 제어도 적용되고 있다.(총합 제어)

운전자가 주행중 ACCEL PEDAL을 더 밟음으로 해서 DOWN SHIFT LINE을 횡단하면 DOWN SHIFT가 발생되는데 이를 KICK DOWN SHIFT라 부른다. ACCEL PEDAL을

밟음으로 발생하는 변속이라 하여 KICK DOWN SHIFT라 부른다. 이 경우는 운전자가 가속을 원하는 상태이므로 빠른 변속 RESPONSE 및 부드러운 변속감이 요구 되어진다. 부드러운 변속감을 구현하기 위하여 TCU는 변속시 목표 TURBINE 변화율을 기억하고 있다가 변속시 실제 TURBINE 변화율과 비교하여 그 차이를 REAL TIME으로 보정하는 FEED BACK CONTROL LOGIC이 적용되어 있다.

4.2.2.2. 운전자가 가속을 원할 때 발생하는 변속

운전자가 가속중 ACCEL PEDAL을 놓아 UP SHIFT LINE을 횡단하면서 UP SHIFT가 발생되는데 ACCEL PEDAL을 놓으면서 UP SHIFT가 발생한다 하여, LIFT FOOT UP SHIFT라 한다. 이 때는 차량 내부가 매우 조용한 상태이므로 조그만한 SHOCK라도 운전자가 감지할 수 있으므로 주의 깊게 MATCHING하지 않으면 안된다.

4.2.2.3. 내리막길에서의 변속

차내의 변속 LEVER 조작에 의해 주로 정차 상태에서 "N"→"D", "N"→"R" 변속을 의미한다.

"N"→"D"의 경우는 빠른 변속 및 부드러운 변속감을 구현하도록 MATCHING하지 않으면 안된다. 따라서, 온도별, ENG RPM 및 TH(%)별 학습 제어 LOGIC이 적용되어 있어 A/T 편차에 대응하고 있다.

4.2.2.4. 운전자가 브레이크를 밟을 때 발생하는 변속

운전자의 의지에 의해 ENG BRAKE를 위해

변속 LEVER를 "D"→"2" or "L" 이동함으로써 발생하는 DOWN SHIFT와 그반대로 조작하여 UP SHIFT가 발생하는 것으로서, 운전자의 의지가 담겨 있는 변속이므로 변속 RESPONSE를 중점으로 MATCHING하지 않으면 안된다.

이상에서는 자동 변속기가 장착된 차량에서 일어날 수 있는 변속을 설명하였다. 위의 열거한 변속외에는 변속 중 변속 발생 관련 복잡한 CONTROL LOGIC이 있다.

변속 관련 최근의 신기술에 대하여 설명 하면, 먼저

① FUZZY CONTROL :

차량이 언덕길이나 꼬불꼬불한 CURVE길을 주행할 때 운전자는 ACCEL PEDAL을 자주 조작하여 주행중 잦은 변속이 발생하게 되는데 이를 BUSY SHIFT라 부른다. 이를 방지하기 위하여 실주행 상태에서 구배를 계산하여, 구배도에 따라 UP SHIFT를 금지하는 LOGIC이다. 내리막 길도 같은 방법으로 경사를 계산하여 경사에 따라 BRAKE 신호가 있을 경우 강제로 DOWN SHIFT를 행해 ENG. BRAKE를 얻어, 실 운전자의 편리성을 도모 하고 있다.

② SPORTS MODE :

운전자의 운전 습관을 학습하여 운전자의 특성에 맞는 SHIFT PATTERN을 구성하는 LOGIC으로 가령, ACCEL PEDAL을 자주 많이 밟는 운전자의 경우는 되도록 UP SHIFT를 자주 발생되지 않게 하는 CONTROL LOGIC이다.

<박정국 편집위원: ckpar@hyundai-motor.com>