

# 차세대 자동차 변속기용 유압시스템의 기술 동향 Technology trends of hydraulic systems for the transmission of next generation vehicles

장인규 · 황성호

I. G. Jang and S. H. Hwang

## 1. 서 언

자동차 등록 대수가 날로 증가함에 따라 연료의 사용량도 크게 증가하고 있으며, 이에 따라 환경오염 문제가 큰 관심사로 대두되고 있다. 미국·일본을 중심으로 한 선진 각국에서는 연비와 환경오염에 대한 규제의 강화와 자동차 성능 및 편의성·안전성에 대한 소비자의 요구에 대응하기 위하여 저배기·고연비 차량에 대한 개발 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>1)</sup> 차세대 자동차에 대한 많은 연구 분야 중 하나인 변속기(transmission)는 운전자의 주행 의지와 주행 환경에 대응하는 핵심 부품으로 주된 연구 관심 대상이다. 기존 차량용 변속기로는 수동변속기(manual transmission; MT)와 자동변속기(automatic transmission; AT)가 주를 이루고 있으며, 일부 차량에서 승차감과 연비향상 등을 목적으로 무단변속기(continuously variable transmission; CVT)와 자동화 수동변속기(automated manual transmission; AMT) 등이 장착되고 있다. 최근 들어서는 운전 편의성에 대한 요구가 크게 늘어 수동변속기가 상대적으로 높은 연비를 갖고 있음에도 불구하고 자동변속기가 장착된 차량이 전체 자동차 시장의 90%를 차지하고 있다. 그러나 환경 문제가 주요 이슈로 대두되는 2~3년 후에는 친환경 차량에 대응할 수 있는 변속기 개발이 필수적이며, 이에 따라 고단 자동변속기, 무단변속기, 자동화 수동변속기 등에 대한 개발 및 장착이 크게 증가할 것으로 전망된다.

본 논문에서는 차세대 자동차용 변속기로 각광받고 있는 여러 가지 변속기를 대상으로 사용되고 있는 유압시스템을 중심으로 기술 동향에 대해 기술하였다.

## 2. 자동변속기

### 2.1 자동변속기의 발전

유성기어의 발명과 유체식 토크 컨버터의 발명,

그리고 습식 클러치(wet clutch)의 발명에 힘입어 순수 유압식 3속 자동변속기가 개발된 이후, 연비에 대한 소비자의 요구에 의하여 전자제어식 4속 변속기가 개발되었으며, 토크 컨버터의 유체에 의한 손실을 줄이기 위해 록업 클러치(lock up clutch) 기능을 추가한 토크 컨버터가 개발되어 고단 기어에서 록업 클러치에 의한 효과를 얻을 수 있게 되었다. 점차 강화되는 환경규제와 승차감, 정숙성에 대한 소비자의 요구에 따라 최근에는 5속이 주류를 이루고 있으며, ZF, TOYOTA 등 선진 업체들에 의해 6~7속으로 점차 다단화 자동변속기에 대한 연구개발이 이루어지고 있다. 자동변속기의 구조를 살펴보면 토크 컨버터, 유성기어 세트, 클러치, 브레이크 등의 조합으로 변속단이 구현되며, 제어력을 발생시키는 밸브바디와 이를 제어하기 위한 전자제어 시스템으로 구성된다. (그림 1)

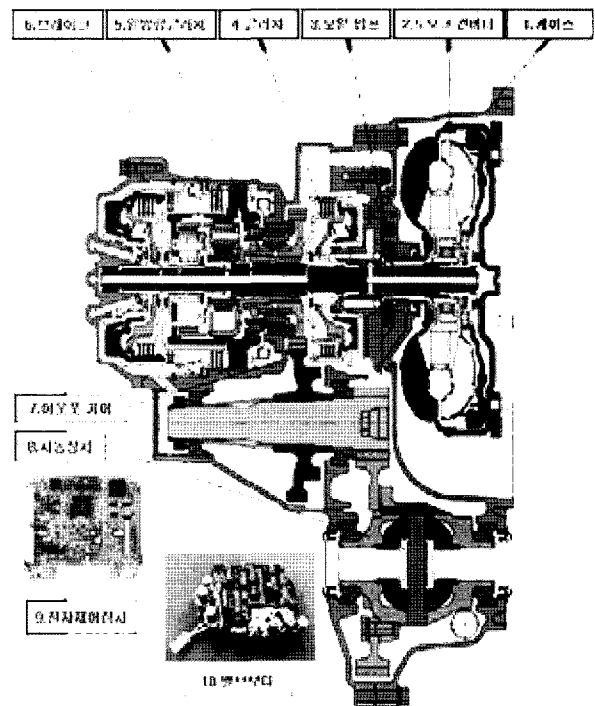


그림 1 자동변속기의 구조

## 2.2 비례제어 솔레노이드 밸브

전자제어 기술의 발전에 의해 자동변속기가 전자제어 시스템에 의존함에 따라 유압시스템과 전자제어 시스템은 함께 발전해 왔다. 변속 시 제어압을 생성하는 제어 솔레노이드 밸브는 변속 품질과 밀접한 관계가 있으므로, 유압 특성이 향상된 유압제어 밸브의 최적화된 설계와 개발이 요구된다. 그 중에 비례제어 솔레노이드 밸브의 발전은 자동변속기의 성능 향상에 크게 기여하고 있다. 라인 압력 제어 및 록업 클러치 슬립 제어에 많이 사용되고 있는 PWM 방식의 솔레노이드 밸브(그림 2)는 가격이 저렴하고 개발이 쉬운 반면에 온도 변화에 민감하고 정밀 제어를 위하여 모듈레이터 밸브, 어큐뮬레이터와 같은 부가적인 부품의 수가 많이 필요로 하며, 맥동압으로 인해 변속 시 변속 충격을 일으키는 단점이 있다. 이를 극복하기 위한 비례제어 솔레노이드 밸브(그림 3)는 자연시간을 가지며, 구조가 간단하고 맥동압이 발생되지 않는 장점이 있다. 비례제어 솔레노이드 밸브는 점차 소형화되고 유압의 일관성을 유지하기 위하여 히스테리시스에 대한 보상과 구동 주파수를 변화하는 방식을 채택하여 변속 품질을 향상에 기여하고 있다.<sup>2~4)</sup>

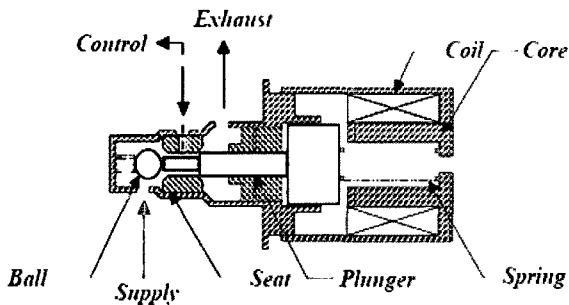


그림 2 PWM Solenoid Valve

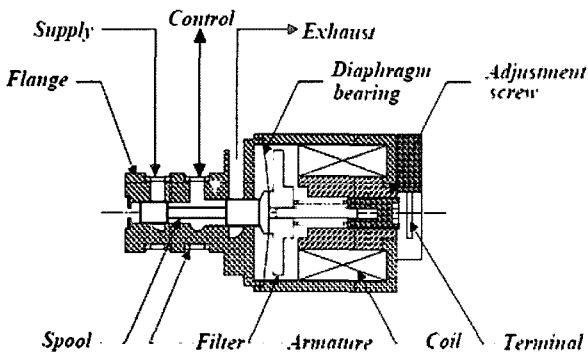


그림 3 비례제어 솔레노이드 밸브

## 2.3 변속기 전자제어 시스템(TCU)

자동변속기를 제어하는 전자제어 시스템은 8비트 마이크로프로세서로 시작하여, 자동변속기의 고성능화에 따라 점차 16비트에서부터 32비트로 고사양화되고 있다. 자동차에 사용되는 전자제어 시스템의 개수가 점차 늘고 있으며, 최근에는 하나의 전자제어 시스템으로 엔진과 변속기를 통합 제어하거나 자동변속기의 하우징 내에 탑재하는 추세에 있다. 변속기 전자제어 시스템은 선진 자동차 업체에서 공개를 꺼리는 핵심 기술이며, 현재 국내에서 개척해야 할 새로운 분야로서 많은 연구와 노력이 필요한 분야 중 하나이다.

## 2.4 센서

전자제어 시스템의 발달과 함께 주목할 부분의 하나가 센서이다. 변속 품질의 향상과 보다 정밀한 제어를 위해서 센서의 중요성이 더해가고 있다. 입력축과 출력축의 회전 속도를 검출하는 펄스 제너레이터와 작동유의 온도를 검출하는 유온센서, 정밀한 유압제어를 위하여 유압 센서가 적용되고 있으며, 이 외에도 많은 센서들이 사용되고 있다. 센서의 정확성과 응답성은 변속기의 정밀하고 정확한 제어에 필수적인 요건이다.

## 2.5 자동변속기 제어 기술

최근에 이르러 자동변속기 제어 기술의 핵심 과제는 록업 클러치를 이용한 효율 향상과 변속 시 불가피하게 발생하는 변속 충격을 완화시켜 승차감을 향상시키는 변속제어분야로 대별된다.

### 2.5.1 록업 클러치 제어

효율 향상을 위해 개발된 록업 클러치는 고속에서의 유체에 의한 손실을 줄여 줌으로서 연비 향상에 기여하였다. 최근에는 전자제어 시스템과 센서 등 하드웨어의 발달과 더불어 제어기술의 발달로 록업 클러치의 작동 시점을 점차 저속 영역으로 확대하고 있으며, 록업 클러치 작동시의 충격과 진동을 줄이는 연구가 진행된 결과 승차감을 대폭 향상시켰다.

### 2.5.2 변속 제어

변속감은 자동차의 성능을 대변하는 중요 인자 중 하나로서, 차량 주행 중 운전자들의 상품에 대한 만족도에 많은 영향을 미치게 되며 우수한 변속감 개발을 위하여 많은 노력이 필요하다. 이는 변속시 작동하는 유압시스템의 핵심 제어기술이며, 현재 자

동차 업체들의 중요한 관심사이며 변속감 향상을 위한 많은 노력을 기울이는 실정이다.

### 3. 무단변속기

자동차에 쓰이는 무단변속기는 현재까지 여러 가지 방식이 나와 있지만, 그 기본적인 개념은 트랙션 구동방식(traction drive type), 벨트 구동방식(belt drive type), 유압 모터/펌프 조합방식(hydrostatic pump/motor combination type)의 세 가지로 분류할 수 있다. 이러한 무단변속기는 자동변속기와 비교하여 고연비/저배기의 장점이 있는 반면에 소음, 내구성, 중량, 탑재성, 제어성 등에서 단점을 갖고 있다. 이러한 이유로 아직까지 일부 승용차에 적용되어 상용화되고 있으며, 트랙션 구동방식과 벨트 구동방식만이 실용화에 성공한 상태이다.

#### 3.1 무단변속기 구동방식

##### 3.1.1 트랙션 구동방식

트랙션 구동방식은 기어 구동방식이 아닌 대향의 회전판 사이에 여러 개의 롤러를 배치하여 접촉에 의한 마찰력으로 동력을 전달하는 기구로서, 파워롤러와 디스크를 사용하여 회전 유효반경의 변화로 무단변속의 효과를 얻을 수 있다. 원판과 롤러 사이의 마찰면에 윤활유를 주입하여 금속 접촉이 아닌 EHL (Elasto Hydro-dynamic Lubrication)의 효과를 응용하여 형성된 유막에 의하여 동력을 전달한다. 구조가 간단하고 진동과 소음이 비교적 작아 운전이 정숙하며 변속기의 대형화도 가능한 장점이 있다. 반면에 급발진/급가속을 위한 추가적인 장치가 필요하고, 금속 롤러와 레이스 사이에 매우 정교한 면의 접촉이 이루어져야 하기 때문에 동력전달에 큰 압력이 필요하고, 강성과 내구성이 우수한 소재를 사용해야 하며, 높은 온도와 압력에 견딜 수

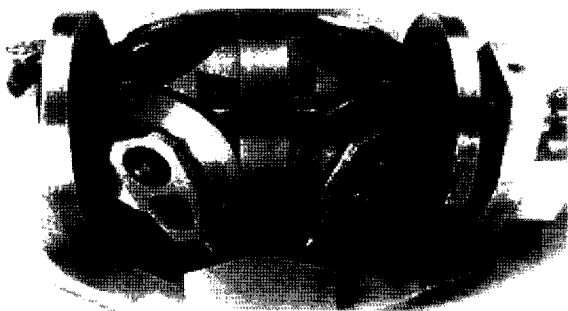


그림 4 Toroidal 방식의 무단변속기

있는 윤활유가 요구된다. 1999년 NSK와 Jatco에 의하여 실용화 되었으나 생산대수가 월 200대 이하로 미미하여 시장에 거의 영향을 미치지 못하였다.

##### 3.1.2 벨트 구동방식

벨트식 무단변속기는 축방향으로 움직이는 폴리에 벨트를 걸어 폴리의 이동에 따라 구동측 폴리의 벨트반경과 종동측 폴리의 벨트반경을 연속적으로 변화시키는 방식으로 벨트의 재질에 따라 다시 금속벨트, 체인, 고무벨트로 나누어진다. 체인식 무단변속기는 벨트 대신에 체인을 사용하여 전달토크 증가를 피하고 있으나 소음이 해결해야할 문제점으로 지적되고 있으며, 고무벨트식은 벨트의 높은 마찰력으로 전달효율이 좋은 장점이 있으나 큰 동력 전달이 어려운 단점이 있다. 금속벨트식 무단변속기는 현재까지 가장 널리 실용화되었으나 중대형 차량에 적용하기에는 토크전달용량이 작고 무단변속기 자체의 효율이 낮은 것이 큰 단점으로 지적되고 있다. 최근 금속벨트 메이커인 Van Doorne 사는 350Nm급 벨트의 개발을 발표한 바 있으나 아직까지는 엔진체적 2.0L급 이하의 중소형 차량에 주로 적용되고 있다.

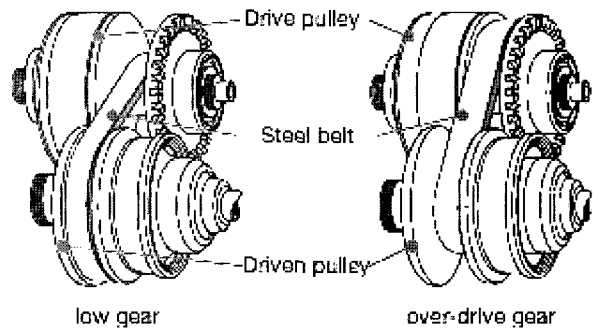


그림 5 금속 벨트 방식의 무단변속기

#### 3.2 무단변속기 제어기술

무단변속기의 효율은 제어기술의 발달로 개선할 수 있다. 금속벨트식 무단변속기의 경우 제어대상에 따라 변속비 제어, 라인압력 제어, 발진요소 제어로 나눌 수 있다.

##### 3.2.1 변속비 제어

변속비 제어는 엔진의 운전점을 원하는 상태에 유지시키기 위한 것으로 엔진 속도제어라고 볼 수 있다. 즉 변속비 제어를 통하여 최대 연비운전 또는 최대 동력운전이 가능하도록 엔진의 운전점을 제어하는 것으로 변속비 제어를 통하여 엔진의 최적 성

능을 이끌어 내기 위하여 엔진의 동특성, 무단변속기의 변속 동특성, 차량 동특성 해석이 요구되며, 변속비 제어기술 그리고 차량의 주행조건과 운전자의 의지를 고려한 변속비 선도와 같은 제어전략을 개발하기 위한 노력이 필요하다.

3.2.2 라인압력 제어

라인압력 제어는 임의의 변속비와 전달토크에 대하여 벨트가 미끄러지지 않도록 적절한 스러스트를 유지하는데 필요하다. 필요 이상의 라인 압력은 벨트에 과도한 장력을 발생시켜 벨트의 수명을 단축시킬 뿐만 아니라 스러스트 발생에 요구되는 유압동력 손실의 원인이 된다. 또한 미흡한 압력은 벨트와 풀리 사이에 미끄럼을 일으켜 토크 전달기능의 상실과 더불어 마찰열에 의한 벨트 손상의 원인이 된다. 따라서 라인압력 제어는 무단변속기의 유압시스템 효율 개선과 벨트의 수명 향상에 있어서 필수적이며 이에 따른 적절한 라인압력제어 전략, 제어 알고리즘의 개발이 필수적이다.

3.2.3 발진요소 제어

무단변속기 차량의 발진요소로는 토크 컨버터, 습식 다판클러치와 전자 파워더 클러치가 사용되고 있으며 이의 적절한 제어는 승차감과 직결이 되고, 발진 요소의 직결 시점은 차량의 연비 성능에 큰 영향을 미친다. 따라서 무단변속기의 특성에 맞는 발진 요소 제어기술의 개발과 개선이 필요하며, 이를 위해서는 발진 요소의 동특성 해석 및 유압제어기술이 필수적으로 동반되어야 한다.

3.3 무단변속기 연구 동향

자동차 산업에서 무단변속기 관련기술은 고효율과 저배기 그리고 전달토크용량의 향상의 세 가지 측면에서 많은 연구가 진행되고 있으며, 세부적으로 제어기술, 고성능 유압시스템 전달토크용량에 밀접한 벨트의 개발 등이 연구 대상이다. 이는 전반적으로 효율의 향상을 꾀하고 있으며, 최근의 연구 결과를 살펴보면 다음과 같다.

3.3.1 변속기 효율

엔진에서 발생된 기계적 에너지는 오일펌프 구동 에너지로 소모되고 무단변속기의 종감속기어 등을 거치면서 열, 마찰에너지로 소모되고 나머지가 바퀴에 전달되어 구동력을 발생시킨다. 금속벨트 무단변속기의 효율을 결정하기 위해서는 손실을 규명해야 하며, 그 결과 손실은 주로 오일펌프와 벨트에서 발

생된다. 오일펌프의 손실은 압력과 회전수에 따라 달라지는데 일반적으로 저속, 고압에서 손실이 크며 이러한 단점을 극복하고자 저속에서 고압을 발생시키는 영역과 고속에서 저압을 발생시키는 영역의 2가지 작동영역을 가지는 펌프가 개발되기도 하였다.<sup>5)</sup> 반면 벨트-풀리는 고속, 고압, 저토크에서 손실이 크므로 차속이 증가함에 따라 벨트손실은 커지지만 펌프손실은 감소한다.<sup>6)</sup> 하지만, 무단변속기의 손실이 차량 연비에 미치는 영향은 벨트손실이 2.2%, 펌프 손실이 2.4%로 벨트-풀리 뿐만 아니라 펌프손실이 무단변속기의 손실의 주된 요인이라고 발표된 자료도 있다.<sup>7)</sup> 이처럼 유압펌프의 손실에 대한 연구결과를 바탕으로 효율 향상을 위한 많은 방안들이 발표되고 있는 실정이다.

변속비 및 라인압력 구현을 위하여 사용되는 높은 유압에 의한 유압손실을 줄이기 위하여 벨트의 슬립이 발생하지 않는 범위 내에서 토크의 전달이 가능하도록 최소의 구동 및 종동측 압력을 구현함으로써 유압손실을 줄이고자 하였으며<sup>8)</sup> 기존의 유압시스템에서 라인압력과 변속비 제어를 위하여 사용되는 유압을 서보펌프를 이용하여 제어하는 시스템이 제안되기도 하였다.<sup>9)</sup>(그림. 6) 라인 압력이 변하거나 변속비가 변하는 경우에만 서보 펌프를 이용하여 유량을 공급하고 라인 압력이나 변속비가 변하지 않을 경우에는 유량 공급을 중지하여 압력을 유지시킴으로써 유량 소모를 최소화하여 연비를 약 5% 가량 향상할 수 있다는 연구 결과도 있다.

특별히 유압시스템의 개선에 대한 연구는 다음과 같다.

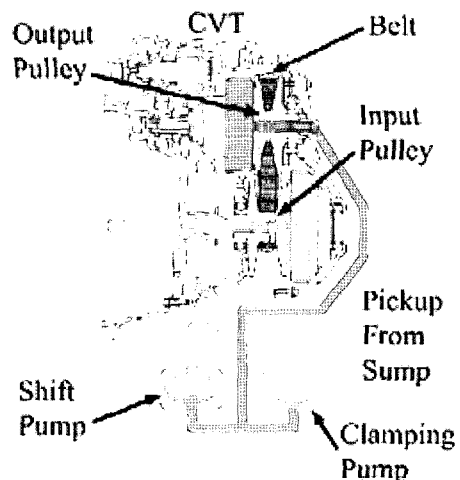


그림 6 Servo hydraulic control

### 3.3.2 유압시스템

변속은 구동 및 종동축 액츄에이터에 유압을 공급하여 이동 플랜지를 축방향으로 움직이고 이에 의해 벨트 회전 피치 반경을 변화시킴으로써 이루어진다. 따라서 주어진 토크와 변속비에 대한 적절한 압력의 공급은 무단변속기 유압시스템 효율개선을 위한 핵심이라고 할 수 있다.

현재 대부분의 무단변속기는 금속벨트 무단변속기를 처음 개발한 VDT사의 방식과 같이 라인 압력을 감압하여 구동축 압력을 공급하는 방식을 취하고 있다. 그러나 유압시스템의 전자화로 구동축 압력과 종동축 압력을 별도로 제어하는 독립제어 방식의 무단변속기 시스템이 개발되기도 하였다.(그림 7)<sup>10~12)</sup>

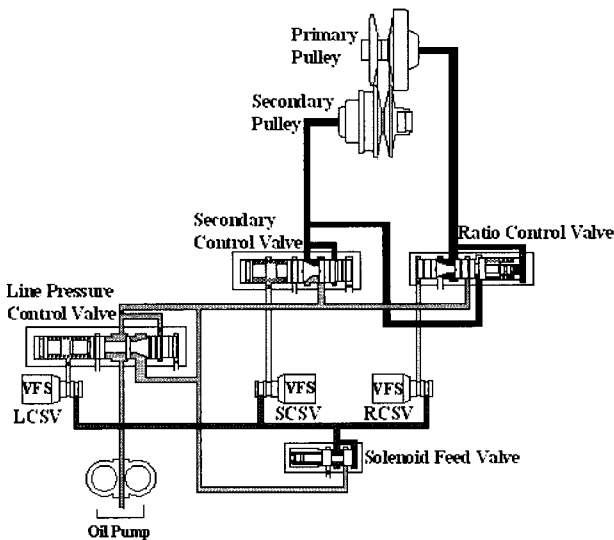


그림 7 독립압력제어방식 무단변속기 유압회로도

독립제어방식 무단변속기는 구동축 압력과 종동축 압력을 독립시킴으로써 구동축 압력을 낮출 수 있으므로 유압손실을 감소시킬 수 있다.

혼다의 Multimatic은 4방향 변속밸브(4way shift valve)를 제어하여 독립제어를 구현하였으며 하향 변속시 On/Off 솔레노이드 밸브를 사용하여 구동축 압력과 종동축 압력의 차이를 증가시켜 변속 속도를 향상시키도록 제어하였다.<sup>13)</sup>

토요다에서는 2개의 PWM 솔레노이드 밸브와 2개의 변속제어 밸브를 사용하는 Super CVT를 개발하였으며, 구동축 압력 및 종동축 압력, 클러치, 브레이크 압력을 라인압력과 독립시킴으로써 유압손실을 줄이는 연구를 통해 무단변속기의 유압시스템

효율을 향상시켰다.

유압시스템의 성능 향상을 위하여 독립압력제어 방식과 같은 시스템의 개발이 이루어졌으며, 유압손실을 줄이기 위해 압력제어 밸브의 연구가 진행되고 있다.

압력제어 방식은 유량제어 방식에 비하여 제어가 용이하며 급격한 변속비 변화에서도 슬립을 방지하는 것이 용이하다고 보고된 바 있으며 압력제어를 통하여 작은 유량으로 유압을 제어함으로써 유압손실을 줄일 수 있는 결과가 발표되기도 하였다.<sup>14)</sup>

## 4. 자동화 수동 변속기

자동변속기는 가격이 상대적으로 비싸고 변속기 자체의 효율이 수동변속기의 85~88%에 불과하기 때문에 연비가 상대적으로 떨어지는 단점이 있으며, 무단변속기는 전달토크용량의 한계성 때문에 중/소형 차량에만 적용되고 있는 단점이 있다. 또한 변속기 센서의 신호에 의해 TCU(transmission control unit)에서 자동적으로 결정되기 때문에 다이내믹한 운전성능을 요구하는 운전자의 요구를 충분히 반영할 수 없다. 이와 같은 이유로 자동화 클러치를 이용하여 운전자의 클러치 페달 조작을 대신하는 ECM(Electronic Clutch Management) 등이 개발되어 실용화 단계에 있고, 더 나아가 변속 조작까지 자동화하는 AMT(Automated Manual Transmission), ASG(Automatic Shifting Gear)에 대한 실용화 연구가 Benz, Volvo, Toyota, Nissan, Isuzu, EATON, ZF 등 여러 선진 자동차 메이커 및 변속기 제조업체를 중심으로 이루어지고 있다. 또한 자동차 부품의 모듈화 추세에 따라 Luk, Fichtel & Sachs 등 많은 자동차 부품 업체들도 향후의 기술로서 AMT 및 ASG 기술을 연구 개발하고 있다.

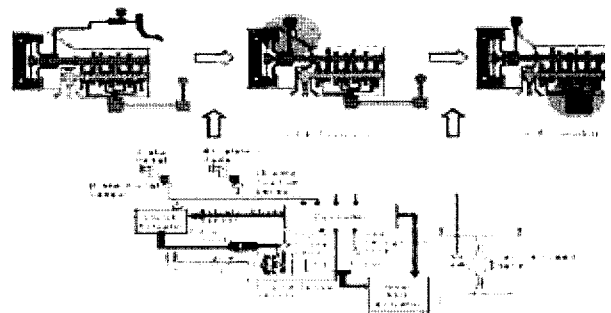
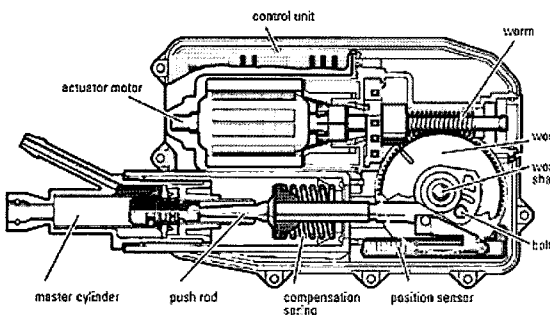


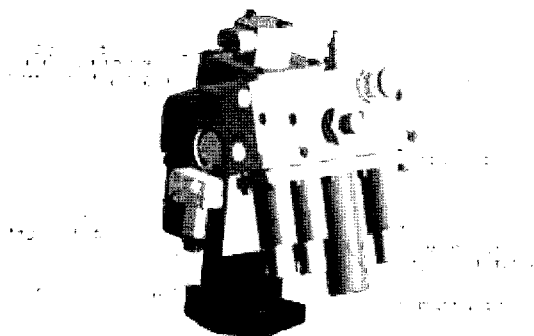
그림 8 자동화 수동변속기

자동화 수동변속기의 개발은 클러치 자동화와 변속자동화의 2단계로 구분할 수 있다(그림 8). 클러치 자동화는 운전자의 변속조작 의지에 대하여 클러치 단속을 자동화 하는 것으로서 발진 및 변속 조작시 주어진 차량 운전조건에서 어떻게 하면 클러치 접속 전후의 토크 변동폭을 최소화 할 것인가가 관건이다. 전자제어식 자동클러치로는 전기-기계식과 전기-유압식이 사용되고 있다(그림 9).

전기유압식의 경우 비례솔레노이드밸브를 이용한 압력제어를 수행하여 동력전달 충격을 줄이고자 하는 연구가 주로 진행되었다. 변속 자동화는 운전자의 의지와 주행상태에 대하여 변속 시점과 위치를 자동제어 하는 것으로서 이를 위해서 적절한 액추에이터 개발과 더불어 자동 변속기의 TCU에 해당하는 제어 알고리즘의 개발이 핵심이라고 할 수 있다. 이에 대한 기술은 액추에이터나 센서의 정밀도와 내구성과 결부되어 선진국에서도 최근에는 상품화되고 있는 첨단 기술 분야이며 기술 이전을 기피하고 있는 실정이다. 국내에서는 공압을 이용해 조작력을 경감시키는 제품을 일본으로부터 도입하여 버스에 일부 적용되고 있다. 완성차업체에서는 기본적인 연구를 진행하여 일부 차종에서 소량 적용 장착되기도 하였으나, 아직 본격적으로 상용화되고 있지는 못한 실정이며, 최근 들어 차세대 차량용 변속기로 다시 관심을 갖고 연구가 진행되고 있다.



(a) 전기-기계식 자동 클러치 액추에이터



(b) 전기-유압식 자동 클러치 액추에이터  
그림 9 전자제어식 자동 클러치

## 5. 결 언

자동차의 중요한 요소인 변속기에 유압시스템이 적용된 자동변속기, 무단변속기, 자동화 수동변속기의 구조와 이에 따른 최근의 발전 추세와 연구의 동향에 대하여 조사 분석하였다. 높은 효율을 갖는 수동변속기의 비율이 점차 줄어드는 것은 소비자의 운전의 편의성에 대한 요구의 결과이며, 자동변속기와 무단변속기가 등장하게 되는 원인이 되었다. 현재 수동변속기를 선호하는 유럽을 제외하고 세계 자동차 시장에서 자동변속기 차량의 점유율이 날로 높아지고 있다. 이와는 별도로 유가상승과 환경규제가 강화에 따라 고연비, 저배기 가스 차량에 대한 요구가 집중해 자동변속기의 다단화가 이루어 졌으며, 편의성과 더불어 최적의 효율을 낼 수 있는 무단변속기 차량에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

그동안 자동차 변속기 기술은 운전자의 주행의지와 요구하는 변속성능에 대응하는 방향으로 주로 개발되어 왔으며, 수동에서 자동, 저단에서 다단으로 기술이 진보되어 왔다. 그러나 최근 들어 지구 온난화에 따른 환경규제와 에너지 효율이 중요한 이슈로 대두되면서 요구되는 기술이 점차 더 정밀화·고도화되고 있다. 변속기의 경우, 고단 자동변속기, 무단변속기, 자동화 수동변속기 등이 차세대 친환경 자동차 기술에서 핵심기술로 대두되고 있다. 전기기술의 발전으로 유압시스템이 그 고유의 영역을 잃어가고 있는 것이 사실이지만, 변속기의 경우 아직까지 유압시스템 제어기술이 핵심기술로 그 고유의 영역을 차지하고 있으며, 향후 고토크화, 고정밀화, 고효율화 관점에서 유압 시스템 제어기술이 더욱 발전되어야 할 것이다.

## 참고 문헌

- 1) 김정철, "자동차용 변속기 분야의 개발 동향", 자동차 공학회지, 1998.
- 2) Y. C. Chung, "Advanced Control Technology of Automatic Transmission", 자동차공학회지, 1997.
- 3) 조백현, 정규홍, 이교일, "자동변속기용 펄스폭 변조 솔레노이드 밸브의 실험적 모델링", 대한기계학회, 춘계학술대회 제2권 제1호, pp. 677~682, 1997.
- 4) 조백현, 정규홍, 허재용, 이교일, "자동변속기용

비례제어 솔레노이드 밸브의 동특성 식별”, 한국자동차공학회 추계학술대회논문집 제2호, pp. 885~891, 1998.

5) B. G. Vreemen, "Component Control for the Zero Inertia Powertrain", Ph. D Dissertation Eindhoven University, 2001.

6) T. Ide, "Effect of Power Losses of Metal V-Belt CVT Components on the Fuel Economy", Proc. of the International Congress on Continuously Variable Transmission, pp. 99~104, 1999.

7) W. P. W. Schaerlaeckens, P. Frijlink, B. V. Leeuwen, H. Kappan and P. Scharnberger, "Optimisation of Powertrain Sub-System, ISG and CVT, in Relation to Vehicle Properties", CVT 2002 Congress, pp. 265~298, 2002.

8) P. A. Veenhuizen, B. Bensen, T. W. G. L. Klaassen and P. H. W. M. Albers, "Pushbelt CVT Efficiency Improvement Potential of Servo-Electromechanical Actuation and Slip Control", Int. CVT and Hybrid Transmission Congress, 2004.

9) T. H. Bradly, "Servo-Pump Hydraulic Control System Performance and Evaluation for CVT Pressure and Ratio Control", CVT 2002 Congress, pp. 35~41, 2002.

10) 류완식, 김현수, "CVT 시스템 효율을 고려한 변속 제어", 한국자동차공학회논문집 제14권 제4호, pp. 157~163, 2006.

11) 한기원, 류완식, 장인규, 전재욱, 김현수, 황성호, "임베디드 시스템을 이용한 CVT의 변속제어 특성 연구", 한국자동차공학회 2006추계학술대회논문집 Vol. 2, pp. 813~819, 2006.

12) 류완식, "CVT 시스템의 효율향상을 위한 제어에 관한 연구", 박사학위논문, 2006.

13) K. Funatsu, H. Koyama and T. Aoki, "Electronic Control System of Honda for CVT", Proc. of Int. Conf. on Continuously Variable Transmissions, pp. 43~51, 1996.

14) B. Stockl, "Development of a Pressure-Controlled Clamping System for Continuously Variable Belt and Chain Transmission", CVT Congress, 2002.

[저자 소개]

황성호(책임저자)



E-mail : hsh@me.skku.ac.kr

Tel : 031-290-7464

1965년 8월 18일생

1988년 서울대학교 기계설계학과 학사,

1990년 동 대학원 석사, 1997년 동 대학원

박사. 1992년~2002년 한국생산기술연구원

선임연구원, 2002년~현재 성균관대학교 기계공학부 부교수, 관심연구 분야는 자동차 메카트로닉스, 하이브리드 자동차, 유공압 제어시스템, 대한기계학회, 한국자동차공학회, 제어·자동화시스템공학회, 유공압시스템학회, SAE(미), ASME(미) 회원, 현재 유공압시스템학회총무이사, NET 심사/장영실상 심사위원

[저자 소개]

장인규



E-mail: neoera78@naver.com

Tel : 031-290-7912

1979년 1월 17일생.

2004년 성균관대학교 기계공학 부 학사,

2007년~현재 동 대학원 석사과정, 관심 연구 분야는 자동차 변속기용 임베디드 시스템, 자동차 부품 hardware-in-the-loop Simulation