

자동변속장치 ECU와 프로그램의 Interface에 의한 변속과도특성 연구

Study on the Shifting Transients by Interfacing ECU with Simulation Program

조 한 상*.박 영 일**
Han-Sang Joh·Yeong-Il Park

ABSTRACT

The automotive transmission is the principal component of the power transmission system which converts the engine power into the adjustable power for the vehicle driving system. To the unskilled driver the automatization of transmission is required for the safety and fuel economy.

In this study, the dynamic model of the automotive power transmission system was presented and simulation program and interface board which interface IBM-PC with ECU was developed.

Through the traveling simulation by interfacing ECU with simulation program, the shifting transients are investigated. For verification of simulation experiment was carried out, the results of simulation was agreed well with those of simulation.

1. 서 론

차량용 변속장치는 동력전달계의 주요 구성요소로서 엔진의 동력을 차량의 구동계 적합하도록 변화시켜 전달하는 기능¹⁾을 가지고 있다. 그러나 차량의 빈번한 정지와 출발에 따른 변속장치 조작의 번거로움과 오조작 등에 의해 발생하는 과도특성의 문제²⁾는 승차감에도 영향을 미치지만 미숙련 운전자의 안전에도 적지 않은 영향을 미친다. 이

에 따라 변속장치의 자동화를 필요로 하고 있으며 특히 운전의 편의성과 안전성이 요구되는 대형차량, 군용차량 그리고 미숙련 운전자에 의해서 운전되는 차량의 경우에는 연비효율을 높이고 오조작에 의한 운전의 안전성을 높이기 위해서도 변속장치의 자동화^{3~5)}가 절실히 필요하다. 이를 위해서는 변속시 발생하는 동력전달계의 과도특성에 관한 연구를 통하여 최적의 변속시점을 추출하는 것⁶⁾이 필요하다.

자동차의 자동변속은 운전자가 원하는 변속과정

* 서울대학교 기계설계학과 대학원

** 서울산업대학교 기계설계학과

을 지정해 주게 되면 변속을 제어하는 전자제어 장치인 ECU(electronic control unit)가 정해진 변속시점에서 솔레노이드 밸브의 조작에 의한 클러치의 작동으로 변속을 하게 된다. 변속 알고리즘은 ECU의 저장장치내에 프로그램화 되어 있다. 그러므로 차량의 자동변속과정을 시뮬레이션하기 위해서는 ECU 내의 알고리즘을 프로그램화 하여 시뮬레이션하여야 하며 이 과정에서 ECU 내의 알고리즘이 정확히 파악되어야만 정확한 변속과도 특성을 알 수 있다. 그러나 ECU는 블랙박스화 되어 있어 정확한 알고리즘이 알려져 있지 않고 이에 따라 추정된 알고리즘으로 프로그램화하게 되므로 실제와는 많은 차이를 보이고 있다. 그러므로 실제 차량에 장착되어 사용되고 있는 ECU를 프로그램과 직접 인터페이스하므로써 이로 인하여 발생하는 문제점을 극복하여야 한다.

본 연구에서는 먼저 차량의 변속 과도 특성을 고찰할 수 있는 시뮬레이션 프로그램을 완성하고 이 프로그램을 자동변속에 의한 주행 시뮬레이션이 가능하도록 변경시켰다. 변경된 프로그램에서 자동변속을 담당하는 부분, 즉 ECU 기능에 해당되는 프로그램 부분을 실제 대상 차량에 적용하여 사용되고 있는 ECU와 직접 인터페이스하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이를 위해서 주행 시뮬레이션 프로그램 패키지를 만들고 시뮬레이션을 수행하는 IBM PC와 ECU를 연결하는 인터페이스 카드, ECU와 인터페이스 보드를 연결하는 연결자(connecter)를 제작하였다. 이렇게 함으로써 아직 그 특성이 파악되고 있지 않아 블랙박스화되어 있는 부품이 사용된 시스템의 특성 및 거동을 해석할 수 있으며, 개발된 제품 또는 새로이 제작된 제품의 시험을 실제 차량에 적용시키지 않고서도 소프트웨어적인 확인이 가능하므로 개발 기간의 단축, 개발비용의 절감 등의 효과를 거둘 수 있다. 그러므로 아직 변속장치의 부품의 특성이 잘 알려져 있지 않은 국내의 현실에서는 이러한 연구의 필요성이 절실하다 하겠다.

2. 차량 동력전달계 모델링

2.1 엔진-변속장치-차량계 구성 요소의 모델링

연구대상 차량은 원심 클러치가 포함된 변속장치를 장착한 차량으로서 캐터필러에 의해 구동되

는 대형차량이다. 캐터필러는 변속장치의 출력축에 직접 연결된 스프라켓에 의해 구동되므로 타이어, 구동축 및 현가장치의 영향을 최소화하여 변속장치의 특성을 고찰할 수 있다. 변속기어는 Merrite-Wilson 기어계로 구성되었으며, 2개의 다판 클러치와 4개의 밴드 클러치가 4개의 유성기어계를 구속하여 전후 7단의 변속비를 가지며 클러치는 ECU에 의하여 작동되는 솔레노이드 밸브를 이용하여 자동화하였다.

연구 대상 차량의 동력 전달계 구성요소인 엔진, 원심 클러치, 유성기어계, 클러치 그리고 주행 부하계가 있으며 시뮬레이션을 위하여 모델링한 결과는 다음과 같다.

2.1.1 엔진

엔진토크 T_E 는 장착된 엔진의 풀스로틀(full throttle, WOT)에서의 성능곡선을 이용하여 엔진 회전속도 ω_E 의 2차함수로 다음과 같이 근사화하였으며 변속시 운전자가 스로틀밸브를 닫아주어 엔진토크를 감소시키는 딥스로틀(dip-throttle)을 고려하였다.

$$T_E = a \{ \omega_E - b(1 - T_D/c) \}^2 + c - T_D \dots\dots\dots (1)$$

여기서 a, b, c는 엔진의 특성을 나타내는 상수이고 T_D 는 딥스로틀양이다.

2.1.2 유성기어계

변속기어는 유성기어계가 조합되어 각 단수별 입력축에 대한 출력축의 회전수 비를 결정하게 된다. 유성기어계는 링기어, 선기어 그리고 유성기어로 구성되어 있으며 행성기어 여러개가 캐리어(carrier)에 의하여 연결되어 있다. 백래쉬와 기어의 강성을 무시한 이상적인 경우의 속도 관계식과 토크 관계식은 다음과 같다.

$$T_{SG} = R \cdot T_{RG}$$

$$R \cdot \omega_{SG} + \omega_{RG} = (1 + R) \cdot \omega_{PG} \dots\dots\dots (2)$$

2.1.3 클러치

클러치는 변속기어에서 유성기어계를 구속하여 변속비를 결정하게 하는 요소이며 밴드 클러치와 다판 클러치가 주로 사용된다.

밴드 클러치에 의해 발생하는 클러치 토크는 다음과 같다.

$$T_C = F_a \cdot R \cdot \{ \exp(\mu \cdot \theta) - 1 \} \dots\dots\dots (3)$$

여기서 F_a 는 작용력, R은 드럼 직경, μ 는 마찰계수, θ 는 밴드의 접촉각이다.

다판 클러치에서의 클러치 토오크는 다음과 같다.

$$T_C = \mu \cdot F_n \cdot n \cdot \frac{1}{2} \cdot (R_o^3 - R_i^3) / (R_o^2 - R_i^2) \dots (4)$$

여기서 μ 는 마찰계수, F_n 는 클러치 면에 작용하는 힘, n 는 접촉면의 수, R_o 는 접촉면의 바깥 지름, R_i 는 접촉면의 안지름이다.

마찰계수 μ 는 정마찰 계수(static coefficient of friction) μ_s 와 동마찰 계수(dynamic coefficient of friction) μ_k 로 구분되는데 마찰면 사이의 상대속도가 일정 범위이상이면 동마찰 계수를 적용하며 다음 식과 같이 상대속도가 감소할수록 지수적으로 정마찰 계수에 접근하도록 하였다.

$$\mu = (\mu_s - \mu_k) \cdot \exp(-\Delta V / V_s) + \mu_k \dots \dots \dots (5)$$

여기서 ΔV 는 마찰면에서의 상대속도, V_s 는 동마찰 계수로 되는 기준 속도이다.

2.1.4 원심 클러치

원심 클러치는 차량의 공회전시 엔진이 정지되는 현상을 막기 위하여 동력을 단절시키는 역할을 한다. 엔진의 공회전시에는 클러치가 분리되어 있다가 일정 회전 속도에 도달하면 마찰면에서의 미끄럼에 의해 동력을 전달하고 점점 회전속도가 증가하면 완전한 결합이 이루어지게 된다.

이때 발생하는 토오크는 클러치 마찰이론을 적용하며 등가 질량과 등가스프링으로 구성된 계로 모델링 한다.

2.1.5 차량 및 주행부하

변속장치에서의 출력 토오크가 스프로킷을 돌려 캐터필러를 구동시키면서 차량을 주행시킨다.

그러므로 차량의 질량 m 가 스프로킷의 반경 r 끝에 위치한 것으로 모델링하며 차량의 등가 관성 모멘트는 $I_v = m \cdot r^2$ 이다.

차량은 주행중에 주행 저항을 받으며 구동되므로 실제 구동 토오크와 주행저항의 차이에 의해서 가속이 된다. 주행 저항은 공기역학적인 저항, 캐터필러 구동저항, 동력전달계의 마찰 저항이 있으며, 공기역학적인 저항의 크기는 차량의 속도의 제곱에 비례하고 나머지는 저속인 경우에는 거의 일정하다. 그러나 본 연구에서는 주행저항 성능곡선을 이용하였다.

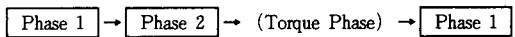
2.2 변속상태의 모델링

일반적으로 차량을 구동하는데 필요한 변속비는

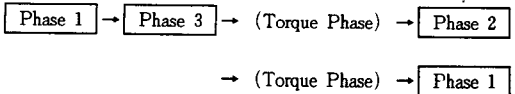
변속장치 내 변속기어 부분에 있는 2개의 클러치를 구속하여 결정하게 된다. 변속의 상태를 2개의 클러치가 결합된 상태에 따라 특히 자유도의 변화를 기초로하여 상태 1, 상태 2, 상태 3의 3개 상태로 분류하였다.

상태 1은 두개의 클러치가 모두 결합된 상태를 말하며, 상태 2는 하나의 클러치만이 결합된 상태 그리고 상태 3은 두개의 클러치가 모두 분리된 상태이다. 그러나 실제 클러치를 결합하기 시작하더라도 마찰면에서 미끄럼이 발생하여 마찰력이 작용하는 상태 (토오크 상태라고함)가 되지만 운동의 자유도는 그대로 유지되므로 변속상태의 변화는 생기지 않는다.

변속의 방법에는 대부분 단변이 변속(single transition shift)방식과 복변이 변속(double transition shift)방식으로 구분이 되는데 단변이 변속상태의 변화를 살펴보면 다음과 같다.



복변이 변속의 경우 변속상태 변화는 다음과 같다.



연구대상 차량의 변속 과정은 단변이 변속방식을 채용하고 있으나 1단에서 3단까지의 저단 변속에서 4단이상의 고단변속으로 넘어갈 때에는 복변이 변속방식을 사용하고 있다.

2.3 기본 운동방정식

Fig. 1은 원심클러치가 포함된 변속장치를 장착한 연구대상 차량의 모델링한 결과이다. 변속기 내의 축, 기어 등의 강성효과는 무시하여 전체를 강체로 모델링하였으며 차량의 마운트계 및 서스펜션의 효과도 무시하였다. 변속기어 부분은 5개의 유성기어계가 조합된 Merrite-Wilson 기어계로 구성이 되어 각 유성기어계의 조합에 따라 변속비가 결정된다.

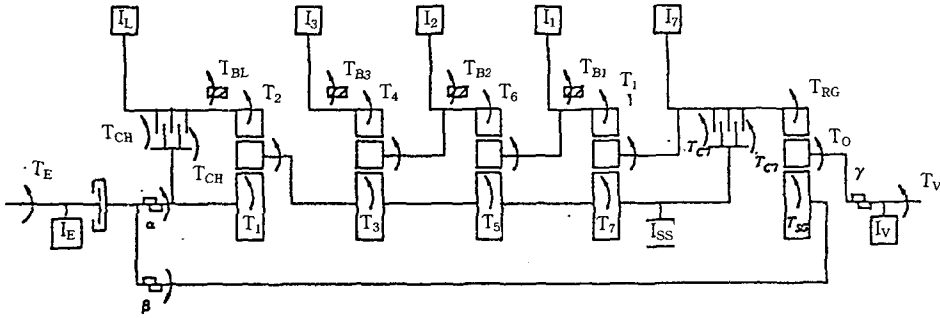


Fig. 1 Modeling of a transmission with centrifugal clutch equipped vehicle

모델링된 각 부분의 운동방정식은 다음과 같다.
 $I_E \omega_E = T_E - \alpha T_{CH} - \alpha T_1 + \beta T_{SG}$: 엔진부
 $I_L \omega_L = T_{CH} - T_{BL} - T_2$: 저속클러치부
 $I_{SS} \omega_{SS} = T_1 + T_2 - T_3 - T_5 - T_7 - T_{C7}$: 중앙 섰기 어부
 $I_3 \omega_3 = T_4 - T_{B3}$: 3단 클러치부
 $I_2 \omega_2 = T_3 + T_4 - T_6 - T_{B2}$: 2단 클러치부
 $I_1 \omega_1 = T_5 + T_6 - T_8 - T_{B1}$: 1단 클러치부
 $I_7 \omega_7 = T_7 + T_8 + T_{C7} - T_{RG}$: 7단 클러치부
 $I_V \omega_V = T_{SG} + T_{RG} - \gamma T_V$: 차량 및 주행부하부
 여기서 α, β, γ 는 기어비를 나타낸다.

2.4 변속시 과도 현상 고찰을 위한 시뮬레이션 프로그램

동력전달 계의 기본 운동 방정식을 이용하여 실제 연구 대상 차량이 자동변속으로 주행중에 발생하는 과도 현상을 고찰할 수 있는 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다. Fig. 2은 시뮬레이션 프로그램의 흐름도(flow chart)이다.

운동방정식은 4차의 Runge-Kutta 법을 이용하여 반복 계산에 의하여 동력 전달계의 상태 즉 엔진, 차량의 속도 변화 그리고 출력 토크, 클러치 작동 압력의 변화를 고찰하였다.

프로그램의 입력 자료의 경우, 관성모우멘트는 도면상의 기어, 축 등의 각 부품의 관성모우멘트를 계산한 후 이를 모델링한 축에 대한 등가관성모우멘트를 구하였으며 제작회사에서 제공된 전체 시스템의 관성모우멘트와 비교하여 수정한 후 사용하였다. 마찰계수는 제작회사에서 실시한 클러치 마찰실험 결과에 의한 마찰계수를 사용하였으

나 실제 클러치의 사용상태, 사용에 의한 마모 정도 등의 영향을 받아 크게 값의 차이가 생기므로 실험결과를 이용하여 이를 고려하였다.

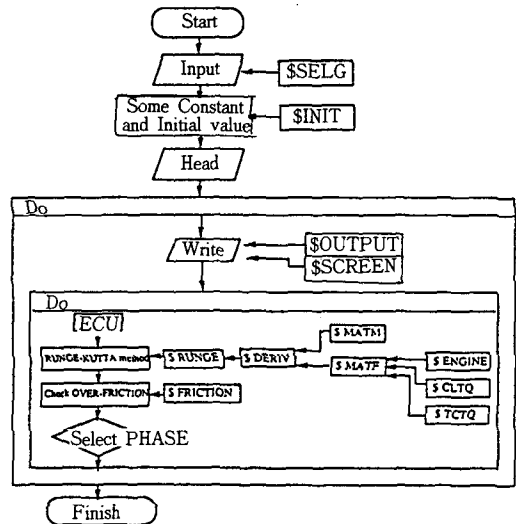


Fig. 2 Flow chart of the simulation program

3. 인터페이스 보드 (Interface board) 제작

프로그램과 연결할 수 있는 인터페이스 보드를 제작하기 위하여 먼저 변속장치 제어기의 작동 원리를 이해하고 인터페이스에 필요한 요소들을 추출하여야 한다. 제작된 인터페이스 보드와 ECU를 연결하는 연결자를 제작하고 이를 구동시키는 프로그램을 통하여 시뮬레이션을 수행하였다.

3.1 변속장치 제어기

연구 대상 차량의 변속장치 제어기는 기어변속을 자동으로 하도록 기어변속 매카니즘의 E. H. (electro hydraulic) 밸브 블록을 제어하는 역할을 한다.

변속장치 제어기는 차량의 운전상태를 나타내는 입력신호, 솔레노이드를 구동하는 출력 신호를 다루는 디지털 보드, 구동 전원과 보호회로로 구성되어 있는 아날로그 보드와 운전자가 직접 작동하는 운전선택레버로 구성되어 있다.

변속장치 제어기내의 변속 알고리즘은 초기화를 실행한 후 측정된 차량의 속도를 RAM 내의 자료와 비교하여 변속시점이라고 판단되면 선택된 주행상태의 변속과정을 처리하는 프로그램을 반복수행하는 것으로 이루어져 있으며 Fig. 3은 이 과정을 나타내는 알고리즘 흐름도(flow chart)이다.

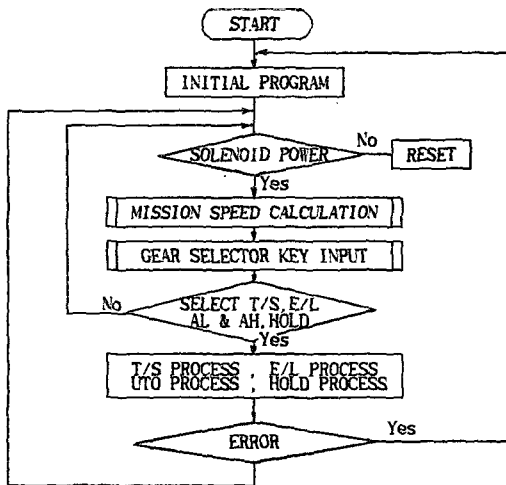


Fig. 3 Flow chart of control algorithm

3.2 인터페이스 보드 제작

IBM-PC와 ECU를 인터페이스할때 입력출력되는 신호는 ECU의 입출력에 필요한 신호로서 1bit의 디지털 신호이고 차량 속도는 펄스 형태의 신호이다. 이를 정리해 보면 Table 1과 같다.

인터페이스 보드는 차량으로부터 인가되는 차량 속도를 시뮬레이션 프로그램에서 계산된 값에 해당하는 펄스 신호를 만들어 ECU에 전달하고 변속

Table 1 Number of channel in interface board

Input		Output
Digital signal	Pulse signal	Digital signal
Driving state 6CH	Vehicle speed	Solenoid signal 7CH
T/S, E/L, AL, AH	1CH	(1, 2, 3, 4, 7, H, L)
HOLD, COAST		

알고리즘에 의하여 결정된 솔레노이드 작동 신호를 프로그램에 전달하여 변속기의 현 단수를 결정하도록 한다.

3.2.1 인터페이스 보드 구성

어드레스(address)를 280에서 287을 사용하여 디지털 신호와 펄스 신호, 입력신호와 출력신호로 각각 구분하여 어드레스를 다음과 같이 배정한다.

차량의 속도는 출력축의 회전에 비례한 펄스 신호의 갯수에 의하여 결정되므로 Intel사의 PIT (programmable interval timer)라는 8253 범용 타이머 LSI 를 사용하여 차량속도에 비례한 펄스를 발생시켰으며 각종 TTL들을 적절히 조합하여 그 역할을 하도록 하였다. Fig. 4는 완성된 인터페이스 보드의 회로도도와 완성된 기판의 사진이다.

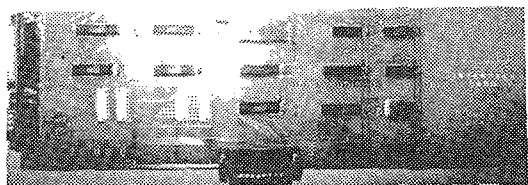
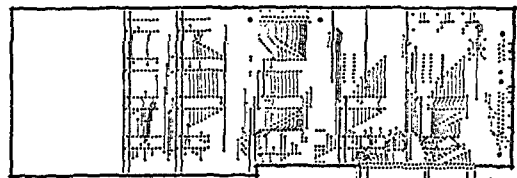


Fig. 4 Interface board circuit

3.2.2 연결자 제작

운전선택레버, ECU 제어기와 인터페이스 보드를 연결하고 외부 전원을 공급하도록 전용 연결자를 제작하였으며 이때 솔레노이드 구동 신호를 출력하고 솔레노이드 구동 전압을 제공하는 기능도 부가되었고 작동시 발생하는 과전류, 과전압 등의

각종 잡음으로부터 회로를 보호할 수 있는 별도의 회로들이 구성되었다.

3.2.3 인터페이스 프로그램

주행시뮬레이션 프로그램과 ECU를 인터페이스 보드를 이용하여 인터페이스하기 위해서는 프로그램에서 계산된 차량의 속도를 지정된 명령어로 변환하여 그 속도에 해당하는 펄스를 발생시켜 ECU에 전달하도록 인터페이스 보드에 명령하고 ECU에서 명령되는 솔레노이드의 작동신호를 인지하여 변속단수를 결정하고 이를 프로그램에 전달하는 인터페이스 프로그램을 작성하였다.

3.2.4 실험장치의 연결

인터페이스 보드를 시뮬레이션이 수행되는 IBM-PC의 슬롯에 삽입하고 제작된 전용 연결자로서 각 연결단자를 연결한다. ECU의 구동전원은 트랜스를 이용한 AC-DC 컨버터 회로로 구성을 하여 직류전원으로 변환하여 연결하였으며 솔레노이드 대체 저항과 잡음 제거회로를 연결하여 인터페이스 보드에 입력시켰다. Fig. 5는 연결된 실험장치를 보여주고 있다.

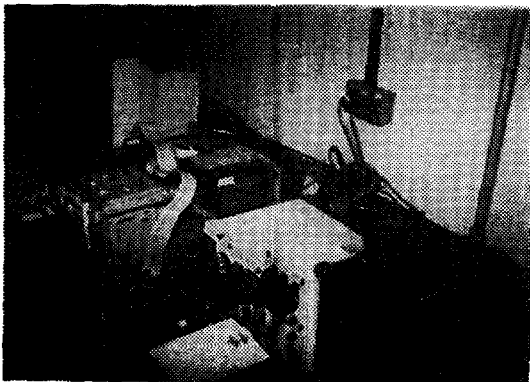


Fig. 5 Photography of experimental set-ups

4. 차량 주행실험

변속시 발생하는 차량의 과도 현상에 대한 시뮬레이션 결과를 실제 차량의 실증 실험을 통하여 검증하였다.

연구대상 차량은 수동변속장치를 자동화하여 장착한 차량으로 운전자가 운전모드를 결정하면 ECU에 의해서 자동적으로 변속점에서 변속이 이

루어진다. 주행중의 주행조건을 가능하면 일정하게 하기 위해서 주행시험장을 이용하였으며 풀스로트로 2단에서 7단까지 가속하는 주행실험을 하였다. 실험에서 엔진회전 속도, 차량 속도, 출력 토오크, 각 클러치에서의 유압 실린더내의 압력을 측정하였다.

실험과정을 정리하면 다음과 같다.

(1) 측정점에 센서를 부착한다.

- a) 엔진속도 : 엔진축에 잇수 30개의 스프로킷을 부착하고 간극측정단자를 고정하여 주파수-전압 변환기(F-V converter)에 연결
- b) 차량속도 : ECU에서 자동변속시 사용되는 차량속도 측정점에서의 신호를 주파수 전압 변환기에 연결
- c) 출력 토오크 : 변속장치와 최종 기어열 사이의 출력축에 스트레인 게이지(저항 : 350Ω, 게이지율 : 2.01)를 부착하여 전송시스템(telemeter system)의 송신부에 연결
- d) 실린더내 압력 : 변속기 외부에 있는 각 실린더 유압 측정구에 어댑터(adapter)를 제작하여 압력 변환기를 고정하여 전용 증폭기에 연결

(2) 센서를 측정 장비와 연결한다. Fig. 6은 실험장치의 연결도이다.

(3) 주행시험장에서 차량을 주행시키며 각 측정점에서의 data를 기록한다.

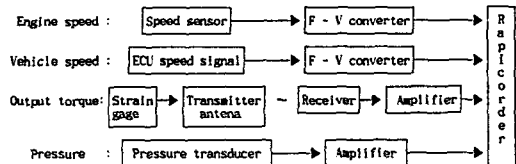


Fig. 6 Schematic diagram of experimental set-up

실험에 사용된 장비는 다음과 같다.

장비명	용도
ONO SOKKI FV-606 F-V Converter	엔진 속도 측정용
자체 제작한 F-v converter	차량 속도 측정용
HBM P4AP Pressure transducer	유압 실린더내 압력 측정용(센서)
HBM KWS-3073 amplifier	유압 실린더내 압력 측정용(신호 증폭기)
BLM MT 255 A & BK 2801 A Transmitter	출력 토오크 측정용(발신장비)
BLM EV 2510 Receiver	출력 토오크 측정용(수신장비)
HBM N3556C Amplifier	출력 토오크 측정용(신호 증폭기)
Bell Hower Rapicoder	각종 출력 기록용
KYOWA MDS-11Rapicoder	각종 출력 기록용
Tripp Lite PV 1000 FC Inverter	차량 내 전력 공급용
보화전자(주) UPS	차량 내 전력 공급용

5. 시뮬레이션 결과 및 차량주행실험 결과

Fig. 7은 2단에서 7단까지 변속시 발생하는 출력 토오크이다. Fig. 의 (a)는 실험 결과이고 Fig. 의 (b)는 ECU와 시뮬레이션 프로그램을 직접 인터페이스하여 시뮬레이션한 Fig. 이다.

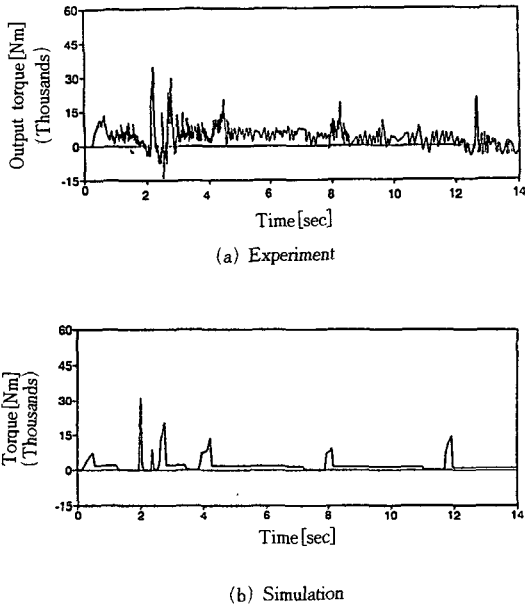


Fig. 7 Output torque

시뮬레이션 결과와 실험 결과가 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 차량이 출발할 때에는 원심 클러치의 작동에 의한 기동 토오크가 크게 작용하고 있고 변속이 시작할 때에는 클러치가 분리되어 동력이 단절되므로 토오크가 감소하고 있다. 2단에서 3단으로 변속후에는 곧 이어 3 단에서 4단으로의 변속이 이루어지며 이 후에는 변속이 될때까지 어느 정도의 시간이 필요하게 된다. 과대 토오크의 크기는 대개 저단에서 크게 나타나며 특히 2단에서 3단으로의 변속시 매우 크게 나타난다. 실험 결과에는 진동 및 잡음이 포함되어 있는데 이것은 차량엔진에서 전달되는 진동, 차량의 주행시 지면과 캐터필러 사이의 이동에 의하여 캐터필러로부터 전달되는 진동, 차량의 서스펜션에 의한 진동,

동력전달계의 강성, 기어의 물림현상 등에 의하여 발생하는 진동 등이 복합적으로 어우러진 것으로 커다란 진폭의 진동보다는 진폭이 매우 작고 높은 주파수의 진동이 전체 토오크의 과도현상에 실려 나타나고 있다. 시뮬레이션에서는 강성 효과를 고려하지 않았기 때문에 이러한 진동 현상은 관찰되지 않았다.

Fig. 8은 차량의 속도와 엔진의 속도를 나타내고 있다. Fig. 의 (a)는 실험 결과이고 Fig. 의 (b)는 ECU와 시뮬레이션 프로그램을 직접 인터페이스하여 시뮬레이션한 Fig. 이다.

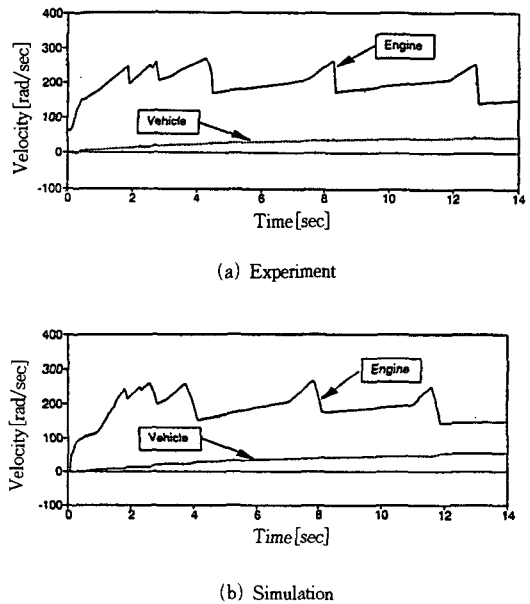


Fig. 8 Velocities

시뮬레이션 결과가 실험 결과에 비하여 빨리 가속이 되고 있는데 이것은 실제 차량은 어느 이상의 가속이 되면 차량의 관성에 의하여 캐터필러와 지면 사이에 미끄럼이 발생하여 견 돌기 때문에 변속시에도 차량에서 느끼는 저어크(jerk)만큼 차량의 속도가 증가하지 않지만 시뮬레이션에서는 이러한 효과가 없으므로 차량 속도의 증가가 크게 이루어지고 있다. 본 연구대상 차량의 경우에는 Fig. 8에서 보듯이 변속시에 매우 큰 토오크가 발생하며 이때 매우 큰 저어크 현상이 발생하고 이때 차량의

구동축에는 매우 큰 각가속도가 발생하고 있다. 그러므로 변속시에는 특히 이러한 현상이 크게 발생되고 있다. 엔진 속도는 클러치가 결합이 되어 있을때는 차량속도에 일정 기어비만큼 되지만 변속직전에는 변속을 위하여 클러치가 분리되므로 갑자기 부하관성이 작아져서 크게 증가하게 되며 다시 변속이 이루어져서 클러치가 결합되게 되면 갑자기 부하가 커지게 되며 이때문에 엔진속도는 빠른 속도로 감소하게 된다. 물론 엔진에는 일정 속도이상이면 조정(governer) 영역이 존재하여 회전수의 증가를 제한하고 있으나 본 연구대상 차량의 경우에는 변속이 시작되는 지점이 이 조정영역 이전인 것으로 추측되고 있다.

Fig. 9는 유압 실린더내의 압력을 나타낸 그림이다. Fig. 9의 (a)는 실험 결과이고 Fig. 9의 (b)는 ECU와 시뮬레이션 프로그램을 직접 인터페이스하여 시뮬레이션 한 그림이다. 실제 시뮬레이션에서 유압은 시뮬레이션을 위한 입력 자료로 사용이 되는데 본 연구에서도 변속시점이 되면 실험에서의 결과와 같은 유압이 작용하는 것으로 프로그램하였다. 즉 ECU나 프로그램에 의하여 변속시점을 결정하고 이때 클러치를 작동시키는 작동유의 유압이 주어진 data(실험에 의하여 결정된 형

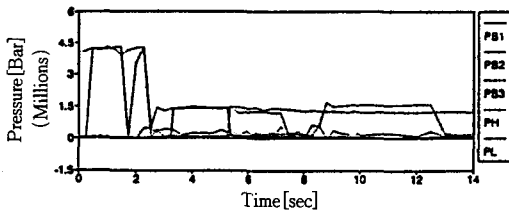
상)와 같이 작용하여 클러치의 결합을 위한 역작용토크로 작용하도록 하였다. 그러므로 차량의 변속시점을 살펴볼 수 있는 좋은 자료이다. Fig. 8의 경우에서 판단된 변속 시점을 확인할 수 있으며 약간의 시간지연 현상에 의한 오차를 제외하고는 실험결과와 시뮬레이션이 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 실험 결과에는 클러치의 작동할때 다른 클러치의 압력에도 요동이 매우 크게 나타나고 있다.

6. 결 론

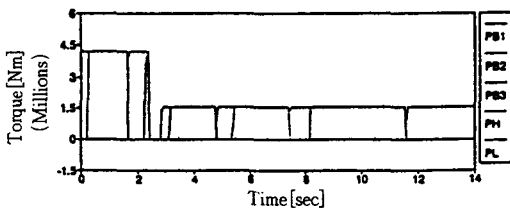
본 연구에서는 시뮬레이션 프로그램과 자동변속을 위한 차량용 ECU를 인터페이스하여 주행시뮬레이션을 수행하였다. 연구내용을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 변속시 발생하는 변속과도현상을 시뮬레이션할 수 있도록 동력전달계 구성요소의 모델링, 변속상태의 모델링을 수행하였으며 시뮬레이션 프로그램을 개발하였다.
- 2) 인터페이스를 위하여 자동변속장치의 구성과 제어기의 회로 해독을 통하여 프로그램과 차량용 ECU와의 인터페이스 보드를 제작하였으며 전용 연결자와 인터페이스 프로그램을 개발하였다.
- 3) 시뮬레이션 결과를 검증하기 위하여 연구 대상 차량을 차량주행실험을 실시하였다. 차량의 출력토크, 엔진속도 및 차량속도, 클러치 작동 유압을 측정하기 위하여 측정점에 센서를 부착하고 주행시험장에서 차량을 주행시키면서 실험결과를 기록하였다.
- 4) 시뮬레이션 결과는 실험결과와 비교할때 ECU와의 인터페이스한 의하여 수행된 시뮬레이션 결과는 거의 일치하는 결과를 나타내었다.

출력토크를 살펴보면, 과대토크의 크기는 고단보다도 저단에서 크게 나타났으며 실험결과에는 전달된 진동요인에 의한 요동이 나타났다. 차량 속도는 완만히 증가하지만 과대토크의 발생시 갑작스런 차량속도의 증가가 발생하였으며 실험에서는 지면과의 미끄러짐에 의하여 완화된 증가를 나타내었다. 엔진속도는 변속전에는 부하의 감소로 갑작스런 증가를 나타내지만 클러치의 결합과 함께 부하의 증가로 엔진속도는 갑작스런 감



(a) Experiment



(b) Simulation

Fig. 9 Pressure

소를 보이고 있다. 또한 클러치 작동 유압은 실험 결과를 활용하여 시뮬레이션의 입력자료로 사용되었다.

5) 본 연구가 계속 진행되면 ECU 뿐 아니라 아직 그 성능이 명확히 밝혀지지 않은 구성요소도 인터페이스를 통하여 연결함으로 정확한 성능 특성을 반영한 시뮬레이션이 가능하리라 생각된다.

본 연구는 92년도 한국과학재단 연구비 지원에 의한 결과(과제번호 : 921-0900-013-1)이며 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) B. E. Cartwright, Design Practices : Passenger Car Automatic Transmission, SAE, New York, 1973.
- 2) L. P. Ludwig, Engagement Characteristics of Wet-Type Clutches, SAE Transactions, Vol. 67, pp. 391~400, 1959.
- 3) H. Shnihara, T. Shibayama, K. Ohtosuka, K. Nawata, S. Ishii and H. Yoshizuni, Nissan Electrically Controlled Four Speed Automatic Transmission, SAE Paper No. 890530.
- 4) A. Watanabe, J. Koroyanagi and T. Hattori, Microcomputer Mechanical Clutch and Transmission Control, SAE Paper No. 840055, 1984.
- 5) Y. Ishihara, H. Ito and T. Ishihara, A Fundamental Consideration on Shift Mechanism of Automatic Transmission, SAE Paper No. 790043, 1979.
- 6) P. N. Blumberg, Powertrain Simulation : A Tool for the Design and Evaluation of Engine Control Strategies in Vehicles, SAE Paper No. 760158.