

ShBW 시스템의 자동 변속 및 클러치 제어 로직 개발 Development auto-shift/clutch control of MT Shift-By-Wire System

*윤정주, 김부성, #김영광, 남광수, 차우진

*J. J. Yun, B. S. Kim, #Y. G. Kim(gloryyo@mobis.co.kr), K. S. Nam, W. J. Cha
현대모비스 기술연구소

Key words : Shift-By-Wire(ShBW), clutch control, auto-shift control, manual gear box

1. 서론

자동화 수동 변속기는 수동변속기 차량보다 동등 또는 이상의 연비 성능을 가지면서 자동변속기 차량과 유사하게 운전하기 편하다는 장점을 가지고 있다. 자동화 수동 변속기는 클러치 자동화와 변속 자동화로 구분할 수 있다. 클러치 자동화는 운전자의 클러치 페달 조작을 대신하여 ECM (Electronic Clutch Management)을 적용시켜 자동으로 클러치를 조작하는 기술이다. 변속 자동화는 운전자의 레버 조작을 대신하여 적합한 액추에이터를 이용하여 변속단을 선택하는 기술이다.[1][2]

본 연구에서는 자동화 수동변속기의 일종인 Shift-By-Wire(이하 ShBW)의 자동 변속 로직 및 변속 충격을 감소시킬 수 있는 클러치 제어 로직을 개발하였고, 개발한 제어 로직을 ShBW 실차에 적용하여 그 성능을 검증하였다.

2. Shift-By-Wire 시스템

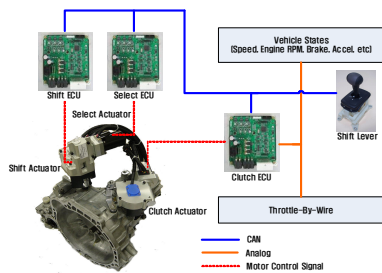


Fig. 1 Shift-By-Wire System block diagram

ShBW 시스템의 구성을 Fig. 1에 도시하였다. Shift lever는 기존 기계식 레버(lever)와 달리 운전자의 변속 조작을 CAN 신호로 변환하여 ECU로 전달해줄 수 있도록 구성되어 있다. 클러치/변속/스로틀 제어를 위해 운전자의 스로틀 페달 스트로크 및 브레이크 페달 ON/OFF 상태, 차속, 엔진 회전속도 등을 감지할 수 있도록 구성되어 있다.[2]

2.1 Shift/Select 액추에이터

변속 액추에이터는 Fig. 2와 같이 동일한 축에서 select 방향의 변위를 발생시킬 뿐만 아니라 회전 운동 또한 가능하도록 구성되어 있다. select 액추에이터가 회전하면 연결된 랩기어가 회전하게 되고, 랩기어와 맞물려 있는 피니언이 상하 운동(select 방향)을 하게 된다. shift 액추에이터가 회전하면 연결된 랩기어 및 스퍼기어가 회전 운동(shift 방향)을 하게 된다.[1]



Fig. 2 Shift & select actuator model and spec.

2.2 Clutch 액추에이터

Clutch 액추에이터 형상 및 사양을 Fig. 3에 도시하였다. 3상 모터 및 랩기어로 구성되어 있다.[1]



Fig. 3 Clutch actuator model and spec.

2.3 전자식 변속 레버

현재 변속 모드, 변속 명령, 변속 레버 상태를 CAN 통신을 통해 전달할 수 있도록 구성되어 있다[1]

3. Shift-By-Wire 제어 로직

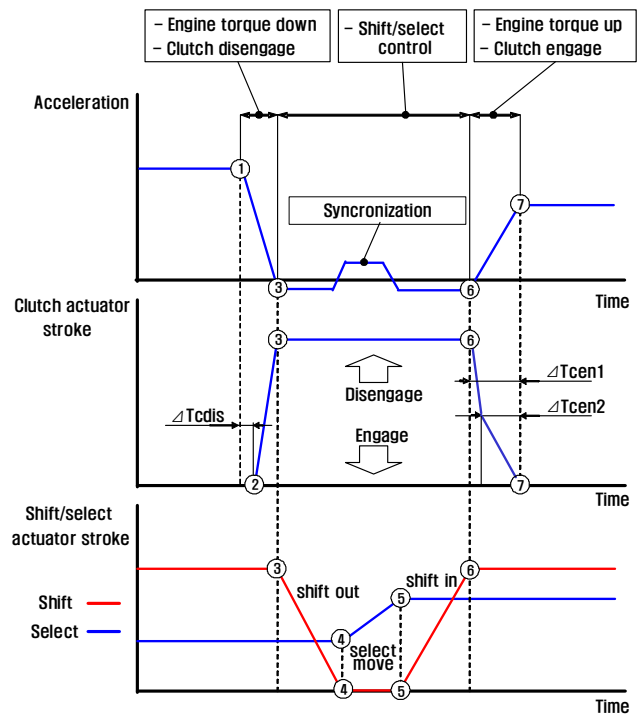


Fig. 4 Shift control timing chart

3.1 제어 타이밍 chart (up shift) 및 클러치 제어 로직
주행 중에 변속이 시작될 경우 먼저 엔진 토크를 감소시키고 클러치를 disengage 시킨 후 기어 shift out, 기어 select move, 기어 shift in 을 거쳐 엔진 토크 증대와 동시에 클러치를 engage 시켜 변속 조작의 1 cycle을 완료하게 된다.

Fig. 4는 변속 로직의 제어 타이밍 차트이다. 상기 변속 과정을 좀더 상세히 기술하면 변속 명령이 발생할 경우 엔진 토크를 감소시켜 엔진 회전수를 idle 회전수로 떨어뜨린다(①~③) 이와 동시에 클러치를 disengage 시킨다. 여기서, 급격한 엔진 토크 감소 및 클러치 disengage 로 발생하는 차량 가속도 변경 즉, 주행 충격을 저감시키기 위해 엔진 토크 감소와 클러치 disengage 시작 시점간에 시간차 ΔT_{cdis} 를 두고 이를 파라미터화하여 차속에 따라 적절한 값을 튜닝 하도록 한다. 클러치 disengage 및 엔진 토크 감소 관련해서는 특정 감속 profile은 없으며 가능한 한 빠르게 감속 및 disengage가 되도록 한다. 클러치가 완전히 disengage된 후 기어 Shift out -> Select Move -> Shift in 제어

를 진행한다. 기어의 변경은 위와 같은 순서로 하되 반드시 이전 select 또는 shift 제어가 완료된 후 다음 제어 step 으로 넘어 가도록 한다.

기어 Shift in 이후 클러치 engage 를 시작하며 이와 동시에 엔진 토크 증대를 시작한다. 클러치 engage 는 클러치 액추에이터는 변속 충격을 최소화 하기 위해서, 차속 및 엔진 RPM, Throttle 등의 차량 정보를 이용하여 만든 반클러치 모드 제어가 이루어질 수 있도록 작동한다. 반클러치 제어 로직의 단순 튜닝 파라미터로 $\Delta TC_{en1, 2}$ 을 설정하여 차속에 따라 튜닝 하도록 한다.

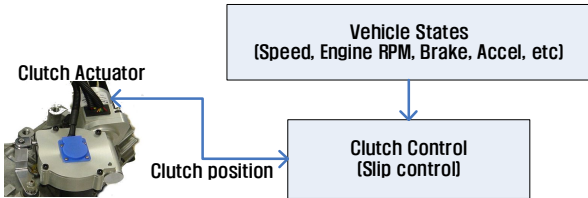


Fig. 5 Clutch Slip control Block Diagram

4. 시험 결과 및 결론

Fig. 6 은 MatLab Simulink 로 구성한 자동 변속 및 클러치 제어 모델이다.[3]

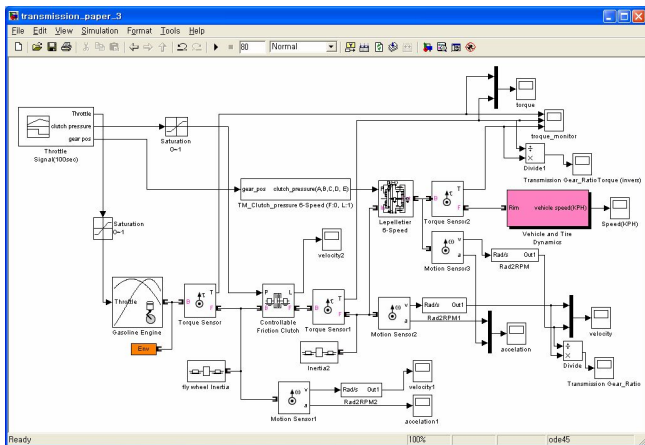


Fig. 6 ShBW Transmission model

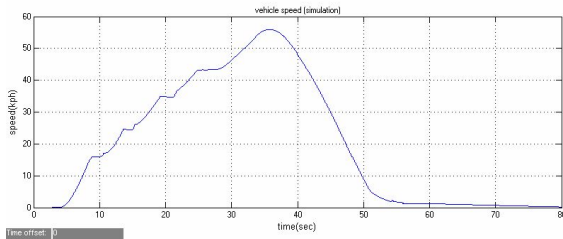


Fig. 7 Simulation result (vehicle speed)

Fig. 7 은 ShBW 의 Simulink 모델의 자동 변속 및 클러치 제어 모델의 시뮬레이션 결과이다. 각 변속이 일어날 때 차량의 속도가 다소 떨어졌다가 다시 증감되는데, 이는 변속 시 클러치를 disengage/engage 하기 때문에 발생하는 현상이다.

현대자동차(주) 아반떼 XD(수동 변속기)에 ShBW 시스템을 장착한 후 본 연구에서 개발한 제어 로직을 ShBW 실차에 적용하여 변속 충격을 감소시키기 위해서 튜닝 파라미터인 $\Delta TC_{en1, 2}$ 및 ΔT_{dis} 을 튜닝 하였다.

ShBW 실차 튜닝 결과는 Fig. 8 과 같다. 시뮬레이션 결과(Fig. 7)와 실차 변속 주행 결과(Fig. 8 의 vehicle speed)가 유사함을 알 수 있다.

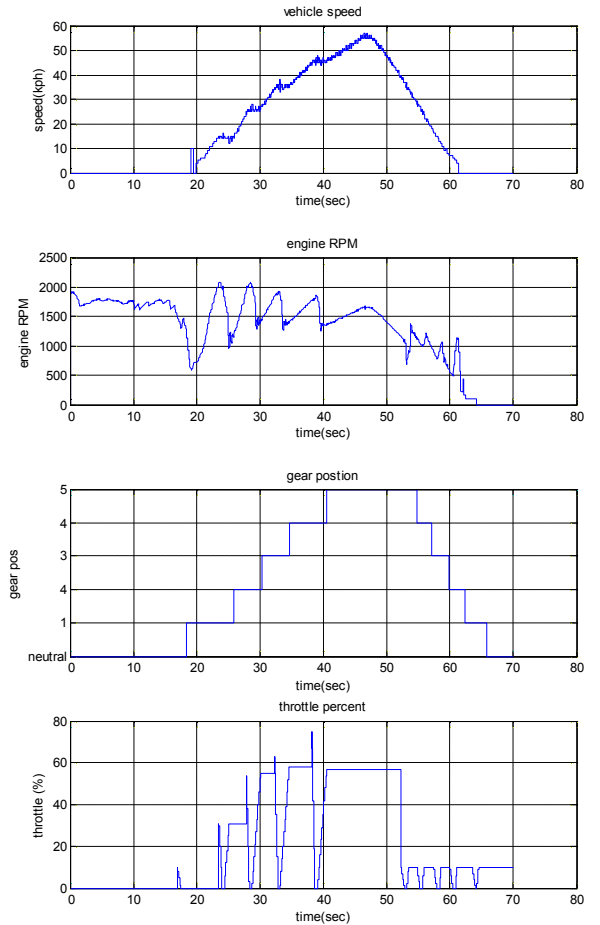


Fig. 8 Result of ShBW vehicle

본 논문에서 제안한 변속 및 클러치 제어 로직을 실차에 적용하여 실차 실험을 수행하였다. 실차 실험 결과, 기본 자동 변속 성능을 만족함을 확인하였다. 또한 클러치 제어 로직의 여러 변수들을 튜닝 하여 부드러운 변속감을 얻을 수 있었다.

후기

본 논문은 산업자원부 지역산업기술개발사업(승용차의 Shift By Wire 시스템 TCU 및 변속 레버 개발) 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Y. H Cho, H. W Bae, Y. G Kim, "Development of Sensorless Control Algorithm of Brushless DC motor for Shift By Wire System, Chassis Component Dept., Technical Research Institute Hyundai MOBIS
2. Nico A. Kelling and Patrick Leteinturier, "X-by-Wire: Opportunities, Challenges and Trends", SAE 2003 World Congress, 2003-01-0113, 2003
3. Mathis Link, et. al., "The Automated Shift Transmission (AST)- Possibilities and Limits in Production-Type Vehicles", SAE 2001 World Congress, 2001-01-0881, 2001