Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 13, No. 9 pp. 3849-3855, 2012

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.9.3849

스탭핑 모터에 의한 수동변속기 차량의 클러치 제어 개발에 관한 연구

박용국[1*], 박준영[2]
[1]인하공업전문대학 자동차과, [2]현대기아자동차연구개발본부

The Development of Clutch Control for Manual Transmission Vehicle based on Stepping Motor

Young-Kug Park[1*] and Joon-Young Park[2]
[1]Department of Automotive Engineering, Inha Technical College
[2]R&D Center, Hyundai-KIA Motors

요 약 본 논문은 스텝핑 모터를 이용하여 수동변속기 차량의 클러치를 자동으로 제어하기 위한 제어알고리즘 및 제어로직 구현 결과를 기술한 것이다. 기본제어 알고리즘은 차량의 통신데이터를 이용하여 운전자 의지를 파악하고 이에 따라 클러치 연결 혹은 해제 시점을 파악하여, 이에 따른 구동신호를 발생시키고 클러치의 위치 및 이동거리는 구동신호의 펄스 개수에 의하여 계산된다. 제어로직을 마이크로프로세서에 탑재하는 과정은 자동코드생성기법을 이용하였으며 이를 프로토 타입 제어기에 탑재하여 기본 성능시험을 실시하였다.

Abstract This paper describes a control algorithm and test results of an automated manual transmission clutch actuated by a stepping motor. The control algorithm extracts driver's demand from CAN signals and decides the exact timing to engage or disengage the clutch based on the demand. A pulse signal is generated to drive the clutch and the travel of the clutch can be calculated by accumulating the pulse signal. An auto code generation method was introduced in implementing the control logic to the micro-processor of the prototype controller and a series of basic tests were carried out to validate its performance.

Key Words : Stepping motor, Manual transmission, Clutch control, Auto-code generation

1. 서론

현재 대부분의 승용 차량들은 운전편의성을 위하여 자동변속기를 채택하고 있지만, 상용트럭들은 차량의 가격뿐만 아니라 상대적으로 연비가 우수한 이유로 수동변속기를 장착하는 경우가 많다.

이러한 수동변속기 장착 차량에 운전 편의성이 추가된다면 장거리를 운전하는 상용트럭 운전자들에게 많은 관심을 받을 수 있을 것으로 판단되며 또한 적절한 운전조건에서 수동변속기의 동력전달 클러치를 자동으로 제어할 수 있다면 적재물 탑재 시 차량관성에 의하여 자동변속기 차량 대비 타행주행 거리를 늘릴 수 있기 때문에 차량의 연비향상에 크게 도움이 될 것으로 판단된다.

이러한 이유로 수동변속기 차량에 클러치를 자동으로 제어하는 많은 종류의 특허 및 실용신안이 등록되고 일부는 제품화되고 있다.[1-2]

기존 연구결과를 살펴보면, 클러치를 제어하기 위한 모터의 회전축에 장착된 캠(cam) 형상의 클러치 위치센서, 캠 회전을 직선운동으로 변환시키는 동력변환장치를 갖는 구조이며, 기본 작동원리는 모터 축에 연결된 캠의 회전량을 동력변환장치에 의하여 직선운동으로 변환시켜 클러치를 연결 또는 분리시키는 것이다.

그러나 이 경우 두 가지의 문제점이 예상된다. 첫째, 회전운동을 직선운동으로 바꾸는 구조가 선 혹은 면 접

*Corresponding Author : Young-Kug Park
Tel: +82-32-870-23667 email: ykpark@inhatc.ac.kr
접수일 12년 06월 26일 수정일 (1차 12년 08월 03일, 2차 12년 09월 03일, 3차 12년 09월 05일) 게재확정일 12년 09월 06일

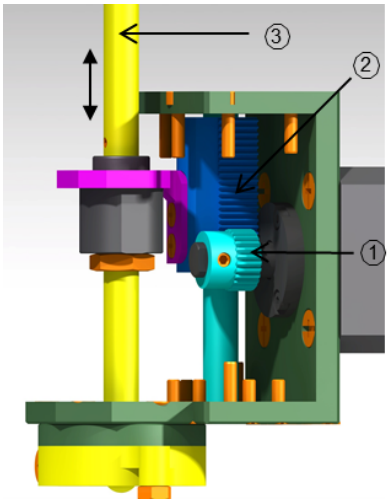
촉을 갖는 기계적인 구조이기 때문에 마모가 발생될 수 있으며, 둘째, 클러치 위치센서가 캠 형상임으로 클러치판 마모에 의한 클러치 스트로크(stroke)유격 발생 시 원활한 연결동작을 보장할 수 없을 뿐만 아니라 다양한 차종에 대한 대응이 제한적일 수 있다.

이러한 이유로 본 과제의 목표는 스텝핑 모터(stepping motor)에 의하여 클러치 위치를 검출하고 클러치의 스트로크(stroke)를 직접 제어함으로써 상기와 같은 문제점들을 최소화 할 수 있도록 함으로서 수동변속기의 운전편이성을 제공하고 연비를 향상 시킬 수 있는 제어 시스템을 개발하는 것이다.

2. 본론

2.1 제어시스템 개요

그림 1은 수동변속기의 동력전달 클러치를 제어하기 위한 운동변환장치의 조립도이다.



[그림 1] 클러치제어기의 운동변환장치
[Fig. 1] Mechanism of clutch controller

운동변환장치는 스탭핑모터와 연결된 피니언①과 래크②에 의하여 모터의 회전운동이 직선운동으로 변경되어 연결기구 ③에 의하여 클러치 페달과 직결 되는 구조를 갖는다. 따라서 클러치의 위치 및 스트로크는 모터의 회전량에 비례하게 되고 모터의 회전량은 구동제어신호에 의하여 결정할 수 있다.

상기의 클러치 제어기에 적용된 모터의 주요사양은 [표 1]과 같다.

[표 1] 스텝핑 모터의 주요사양
[Table 1] Specifications of stepping motor

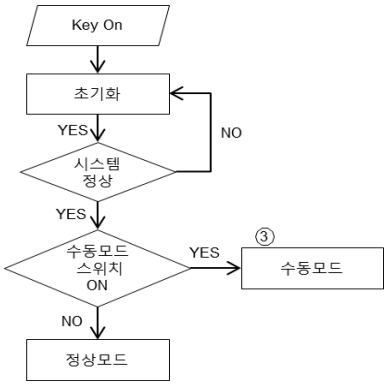
모델명	상전류	최대토크	기본각
A40K-M566-G7.2	1.4A	40kgf-cm	0.1°/pulse
허용속도	정격전압	마찰토크	기어비
180rpm	24DCV	4kgf cm	1:7.2

2.2 제어알고리즘 및 제어구조

그림 2와 3은 각각 클러치제어기의 제어알고리즘의 순서도 및 로직구조를 나타낸 것이다.

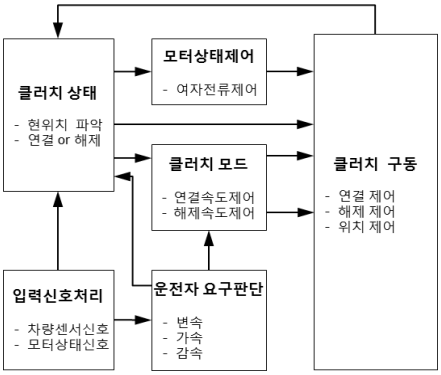
클러치제어는 초기화모드, 정상 및 수동모드로 구성되며, 시스템 초기화과정에서 시스템이 정상으로 판단되면 정상모드와 수동모드로 각각 구동된다. 정상모드는 그림 3과 같이 차량으로부터 입력되는 각각의 신호로부터 자동으로 클러치를 제어하는 운전형태이고, 수동모드는 운전자의 선택에 의하여 일반 수동변속기 차량과 같이 운전하는 형태이다.

제어기의 입력신호는 가속페달(accelerator) 개도, 브레이크(brake), 클러치페달 신호, 엔진브레이크(engine brake), 오토크루즈(auto-cruise) 및 수동모드선택과 같은 운전자 의지를 판단하는 신호와 엔진회전수, 차속과 같은 차량 및 운전상태를 파악하는 신호, 제어기 시스템 점검 및 클러치제어기의 원점위치와 같은 시스템 판정신호로 구성된다. 특히 차량운전신호는 차량의 CAN (communication area network)신호를 분석하여 적용하였다.



[그림 2] 클러치제어 순서도
[Fig. 2] Flowchart of clutch control

이와 같이 제어기 입력신호를 바탕으로 클러치상태 부분에서는 현재 클러치의 상태 즉, 연결 혹은 해제 상태여부를 파악하고 운전자 요구판단 부분에서 차량상태 신호를 바탕으로 다음 제어주기(control period)에서 이루어질 클러치의 상태를 결정한다.



[그림 3] 클러치제어를 위한 제어구조
[Fig. 3] Control architecture for clutch control

클러치의 상태는 연결 및 해제로 구분 되고, 상태이동이 필요하다고 판단되면 모터의 여자전류(exciting current)를 제어하고 클러치 이동속도를 결정하게 되는데, 특히 여자전류는 필요한 경우를 제외하고 모터 및 제어기 발열을 방지하기 위하여 차단시킬 필요가 있다.

한편 클러치 이동속도제어는 차량 운전상태에 따라 가변제어 될 수 있도록 하였다. 즉 정차 혹은 주차 후 출발 시에는 엔진회전수에 따라 클러치 연결 속도를 가변할 수 있게 하여 부드러운 연결이 이루어져야하고, 엔진브레이크 혹은 운전자에 의한 클러치 페달 작동 시와 같은 수동모드 진입운전에는 클러치 이동속도를 최대로 하여 시스템 응답속도를 빠르게 하여야 한다. 이러한 최대 이동속도는 표1의 모터의 최대토크 및 허용속도와 밀접한 관계를 갖기 때문에 차량시험을 통하여 최적값을 결정할 수 있도록 제어로직을 구현하였다.

클러치 구동은 펄스폭변조(pulse width modulate) 신호로 주파수 제어를 통하여 클러치 이동속도를 필요에 따라 가변하고 모터 회전방향 제어를 통하여 클러치의 연결 혹은 해제한다. 클러치 이동거리 및 위치는 모터 구동 드라이브에 입력되는 펄스의 개수 및 그림1의 기어의 기구적인 형상으로부터 결정된다.

2.3 제어로직 구현 및 평가

상기와 같은 제어알고리즘과 제어구조를 바탕으로 제어로직은 Matlab® Simulink®을 사용하여 구현하였으며, 자동코드생성기법[3]을 적용하여 마이크로프로세서(dsPIC30F4011, Microchips)에 탑재하였다.

2.3.1 운전자요구 판단

일반적으로 수동변속기 차량의 변속과정은 가속페달 감소 후 클러치를 작동시켜 엔진동력을 차단시킨 후, 변속을 완료 하고 가속하는 단계로 구분된다. 이와 같이 운전자가 차량운전 중 기본적으로 작동 가능한 부분은 가속, 브레이크 및 클러치 페달과 변속레버이다.

따라서 운전자의 변속의지는 가속페달 개도 및 그 변화량으로 판단하였다. 즉, 가속페달개도의 시간 변화량이 음의 값이고, 가속페달 개도 값이 특정값(예 5%) 이하이면 변속으로 판단한다.

한편 운전자가 단순히 차량속도를 감속하고자 하는 경우에도 가속페달의 개도 및 변화량이 변속의지 판단과 유사하기 때문에 이를 구분할 수 있도록 하여야한다.

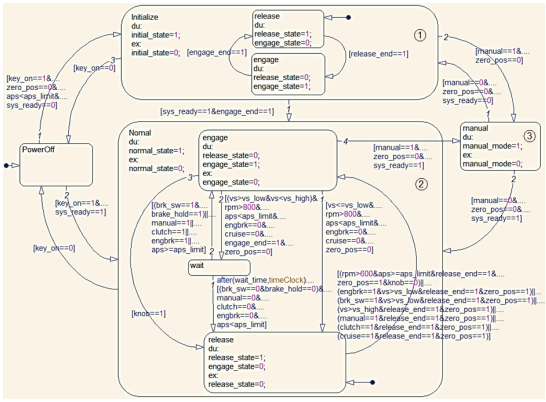
차속이 낮은 경우에는 변속조건이 만족되고 이 조건이 대기시간(waiting time)이내 변화가 없다면 변속으로 판정하여 클러치를 해제 시키지만, 차속이 높을 경우, 가속페달 개도값과 그 변화량 및 이들의 대기시간으로 1차 판정을 하고 브레이크의 작동유무 및 작동 지속시간 등으로 2차 판정을 진행한다.

즉, 1차 판정에서 변속이면 그림4의 클러치 상태는 wait 상태로 이동하여 브레이크 및 브레이크 작동 지속시간, 수동모드전환, 클러치, 엔진브레이크 및 가속페달 변화 신호가 없으면 변속으로 판단하지만, 이들 중 어떤 한 조건이라도 만족되지 않으면 감속조건으로 판정하게 된다.

한편 대기시간 및 브레이크 작동 지속시간은 운전성 및 시스템 응답성을 고려하여 차속에 따라 보정계수를 맵핑(mapping)할 수 있도록 제어로직이 구성되어 있다.

이러한 판정조건을 도입한 이유는 불필요한 클러치해제로 인하여 운전성에 나쁜 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

2.3.2 클러치 상태



[그림 4] 클러치 상태결정 로직
[Fig. 4] State determination logic for clutch

그림 4는 Stateflow®에서 작성된 클러치상태를 결정하

는 부분으로 클러치 초기화①, 정상상태(normal)운전모드② 및 수동(manual)운전모드③로 구성된다. 그림에서 각 모드의 연결선은 각 모드 천이조건을 의미한다.

초기화 부분은 제어기의 이상 유무를 확인하기 위하여 제어기에 전원이 공급됨과 동시에 진입하여 모터회전 제어명령에 따라 모터 원점여자 출력신호가 출력되면 모터는 정상적으로 작동됨을 판단한다. 여기서 시스템이 정상적으로 작동된다고 판단되면 제어기 준비상태(ready)램프가 작동되고, 엔진 시동 후 아이들(idle)상태이면 제어모드는 정상상태(normal)모드로 진입된다.

정상상태 운전모드는 운전자요구에 따라 클러치 연결 또는 해제를 판단한다. 클러치의 해제는 운전자가 변속을 하고자 할 경우로써, 현재 클러치의 위치는 연결상태이며 가속 페달개도는 감소되어 특정값 이하인 상태에서 대기시간경과 후 진행된다.

클러치의 연결은 변속이 종료되어 가속페달 개도가 증가되어 차량가속을 원하는 경우 또는 운전자에 의한 엔진브레이크 작동 시 또는 타행주행 최대속도 한계를 넘을 경우와 같이 안전과 관련된 경우 이루어진다.

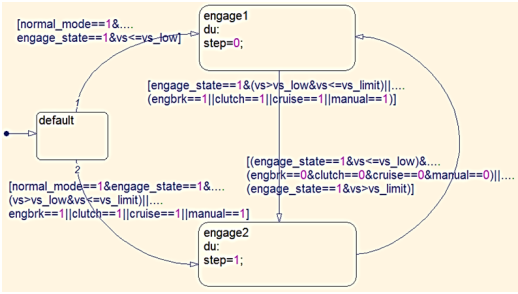
수동운전모드는 초기화과정 혹은 정상운전 상태에서 운전자가 수동운전 선택스위치를 작동시키면 일반 수동변속기 차량과 똑같이 운전할 수 있는 경우이다.

2.3.3 모터상태제어

이 부분은 모터의 여자전류를 제어하는 부분으로써 클러치 연결 및 해제 제어 수행 중과 해제 상태 지속 중에는 전류를 흐르게 하고, 연결이 완료된 경우에는 전류를 차단시켜 모터 발열을 방지하도록 한다.

2.3.4 클러치모드

이는 클러치의 연결 시 차량의 운전성 및 운행 중 안전성 향상을 위하여 클러치 동작속도 즉 모터의 회전속도를 제어하는 부분으로 그림5와 같이 구현되었다.



[그림 5] 클러치 모드결정 로직
[Fig. 5] Mode determination logic for clutch

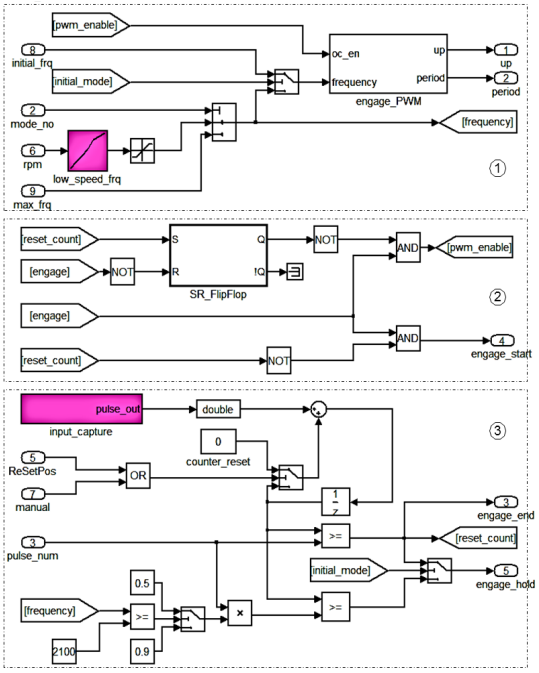
차량속도가 최저한계 이하에서 클러치 연결속도는 클러치모드1(engage1)이 선택 되도록 하여 초기 차량 출발 및 저속 변속 시 차량 울컹거림 등과 같은 운전성 향상을 도모할 수 있도록 하였으며, 차량속도가 최소한계 및 최대한계사이 일 경우 혹은 엔진브레이크, 클러치 페달 작동 시, 오토크루즈 및 수동모드 선택 시에는 최대속도로 클러치를 연결시킴으로써 제어 응답성과 차량 운행 안정성을 동시 만족 시킬 수 있도록 하였다.

뿐만 아니라 내리막길 운행과 같이 타행주행 중 차속이 점차 증가하여 안전을 저해할 수 있는 최대한계 속도 이상일 경우에는 갑작스런 클러치 연결로 차량의 기계적인 파손 및 운전성 악화가 예상됨으로 클러치 모드를 저속모드로 변경하도록 구성하였다.

2.3.5 클러치 구동

이 부분은 최종적으로 클러치를 연결하고 해제하기 위하여 모터의 회전방향 및 회전량을 제어하는 부분으로 연결제어부분 및 해제제어부분으로 구성된다.

각 제어부분에는 펄스폭 변소 신호를 생성하는 부분, 클러치 위치이동 제어를 판단하는 부분 및 클러치 이동거리를 계산하는 부분으로 그림6과 같이 각각 구성된다.



[그림 6] 클러치 구동로직
[Fig. 6] Control logic for clutch

펄스폭 변소 신호를 생성하는 부분은 시스템 초기화모

드 및 정상모드에서의 구동제어 신호의 주파수를 선택할 수 있으며, 특히 정상모드인 경우 2.3.4절에서 설명된 클러치모드에 따라 세분화되어 차량 초기 출발 시 엔진회전속도에 따른 주파수가 제어되도록 하여 운전성 향상을 도모하였다.

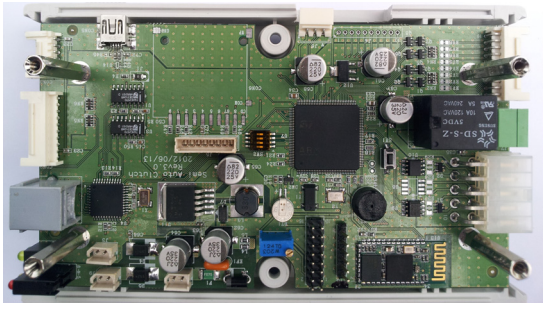
그 외의 경우에는 가능한 최대 주파수로 하여 제어 응답성 향상을 고려하였다. 한편 최대주파수는 안전을 고려하여 특정 범위 내에서 운전자가 변경 가능토록 하여 운전자의 편의성을 향상 시킬 수 있도록 하였다.

클러치 위치이동 제어를 판단하는 부분은 모터의 회전방향 제어모드 혼재에 의하여 발생될 수 있는 동기 탈조 불안전 현상(step out instability phenomena)[4]을 방지하기 위하여 정방향 회전 모드 완료 후 역방향 회전 모드로 천이되도록 제어한다.

즉, 클러치 연결동작은 2.3.1에서 클러치 연결이 결정 신호와 클러치 이동거리 계산부분의 출력값을 이용하는 플립플롭(flip-flop)출력으로부터 시작하고, 플립플롭에 입력되는 두 신호의 조합 결과는 클러치 해제제어부의 이동거리 계산영역 내에 있는 펄스수 계산 루프(loop)을 리셋(reset)하는데 이용됨으로써 모드 혼재에 따른 나쁜 영향을 방지할 수 있다.

클러치 이동거리를 계산하는 부분은 마이크로프로세서의 input capture기능[5]을 이용하여 모터구동 회로에 입력되는 펄스의 개수를 계산한다. 즉, 클러치의 연결 혹은 해제 시 이동거리는 모터 구동신호에 의한 회전각도와 그림1의 기계적인 형상으로부터 계산되고, 이 계산 결과는 다시 모터 구동신호에 필요한 펄스 개수로 환산되어 그림의 ③으로 입력된다.

클러치 연결을 위한 펄스개수를 계산하는 루프(loop)는 클러치 해제가 종료되거나 수동으로 클러치를 조작하는 신호가 입력 시 작동되어 클러치를 연결이 완료될 때까지 작동되고, 연결완료와 동시에 펄스 출력이 종료됨으로써 클러치 연결이 완료된다.



[그림 7] 제어기 하드웨어
[Fig. 7] Controller hardware

클러치 연결완료 신호(engage_end)는 클러치 해제제어부분과 2.3.2클러치상태 판단부로 입력되어 다음 단계의 클러치해제를 위한 제어변수로 작동됨으로써 동기탈조 불안정현상을 방지할 수 있도록 하였다.

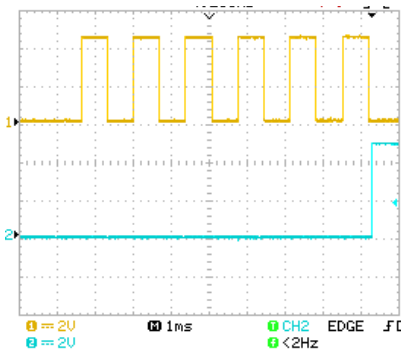
2.3.6 클러치 제어기

그림7은 본 과제에서 개발된 클러치 제어기 하드웨어를 나타낸 것으로서, 제어기 하드웨어는 크게 차량 CAN 신호처리부, 클러치 제어부 및 운전상태 및 운전정보 처리부로 구성된다.

2.3.7 자동코드생성

```
/* File: semi_auto_clutch_control_218.h*/
#ifndef _RTW_HEADER_semi_auto_clutch_control_218_h_
#define _RTW_HEADER_semi_auto_clutch_control_218_h_
#ifndef _semi_auto_clutch_control_218_COMMON_INCLUDES_
# define _semi_auto_clutch_control_218_COMMON_INCLUDES_
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <stddef.h>
#include <string.h>
#include "rtwtypes.h"
#include "rtlibsrc.h"
#endif                                  /* _semi_auto_clutch_control_218_COMMON_INC

#include "semi_auto_clutch_control_218_types.h"

/* Child system includes */
#include "HMC_Library.h"

/* Macros for accessing real-time model data structure */
#ifndef rtmGetErrorStatus
# define rtmGetErrorStatus(rtm)        ((void*) 0)
#endif

/* Stateflow: '<S3>/clutch state' incorporates:
 *  Constant: '<Root>/aps_limit'
 *  Constant: '<Root>/waiting_time_base_1sec'
 */
{
  uint8_T sf_previousEvent;
  sf_previousEvent = _sfEvent_semi_auto_clutch_control_218_;
  _sfEvent_semi_auto_clutch_control_218_ = semi_auto_clutc_event_timeClock;
  if ((_sfEvent_semi_auto_clutch_control_218_ ==
       semi_auto_clutc_event_timeClock) &&
      (semi_auto_clutch_control__DWork.clutchstate.temporalCounter_i1 <
       MAX_uint16_T)) {
    semi_auto_clutch_control__DWork.clutchstate.temporalCounter_i1++;
  }

  if (semi_auto_clutch_control__DWork.clutchstate.is_active_c4_semi_auto_clutch_c
      == 0) {
    semi_auto_clutch_control__DWork.clutchstate.is_active_c4_semi_auto_clutch_c
      = 1U;
    semi_auto_clutch_control__DWork.clutchstate.is_c4_semi_auto_clutch_control_
      = (uint8_T)semi_auto_clutch_co_IN_PowerOff;
  } else {
    switch
      (semi_auto_clutch_control__DWork.clutchstate.is_c4_semi_auto_clutch_control_
      ) {
```

[그림 8] 자동코드 생성 결과 예
[Fig. 8] Examples of auto code generation result



[그림 9] 클러치 제어 구동신호 검증
[Fig. 9] Verification of driving signal for clutch control

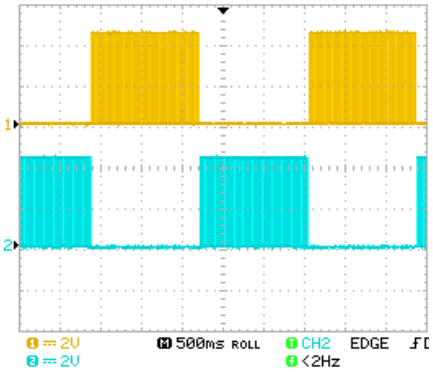
그림8은 자동코드생성과정의 결과 중 헤드(header) 파일과 메인(main)프로그램 중 클러치상태 결정로직부의 일부 결과를 나타낸 것이다.

자동코드생성은 Simulink의 Embedded Coder® 및 Realtime workshop® toolbox와 C30 컴파일러를 사용하였다.

2.3.8 클러치 제어기의 성능 검증

그림9는 제어기의 성능을 검증하기 위하여 클러치 제어를 위한 구동신호의 주파수가 1.5kHz일 때 클러치 이동거리에 따른 모터구동을 위한 펄스 갯수를 6개로 하였을 때의 제어 결과를 나타낸 것이다.

그림에서 채널1과2는 각각 모터 구동용 펄스와 연결완료 신호를 각각 나타낸 것으로서, 구동을 위한 제어신호가 발생된 후 정확히 구동신호의 펄스 갯수를 계산하고 있는 것을 알 수 있다.



[그림 10] 초기화 과정에서의 클러치 제어 구동신호
[Fig. 10] Driving signals of clutch control during initialization

그림 10은 시스템 초기화 과정 중 구동신호를 나타낸 것으로서 채널1과2는 각각 클러치의 연결 및 해제 동작을 위한 제어신호를 나타낸다. 이때 제어신호의 주파수는 500Hz이고, 이때 클러치의 이동거리는 약1.6mm이다.

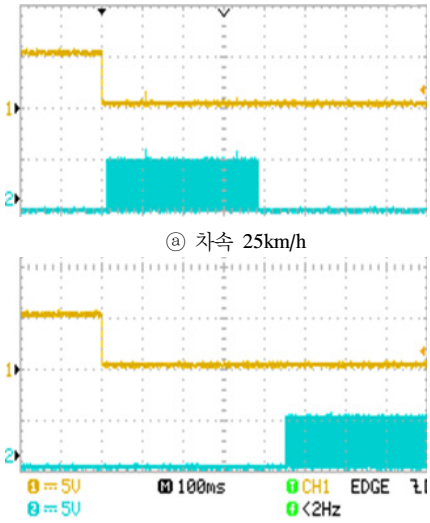
그림에서처럼 클러치의 연결동작이 완료된 후 클러치 해제동작이 이루어는 것을 명확히 알 수 있으며, 이는 2.3.5절에서 언급한 모드 혼재 방지 알고리즘이 정확하게 구동되는 것을 의미한다.

그림 11은 차속에 따른 클러치 구동신호를 비교한 것으로서, 시험조건은 엔진회전속도 2000rpm, 스트로크 10mm 이며, 클러치가 연결완료 후 해제상태로 바로 천이되도록 하였다.

그림에서 채널 1번은 클러치의 연결여부를 판단하는 신호로서, 5V와 0V는 각각 연결진행과 연결완료 상태를 의미한다. 채널2번은 클러치 해제를 위한 모터 구동신호로서 1.5kHz 주파수변조 신호이다.

차속이 25km/h인 경우, 시험조건이 클러치 연결이 완료된 후 곧바로 클러치 해제조건을 만족하도록 하였지만 2.3.5절에서 설명한 바와 같이 모드혼재 현상이 발생되지 않는 것을 확인 할 수 있다.

반면 차속이 55km/h인 경우에서는 클러치 연결 완료 후, 약 400ms 이후에 클러치 해제구동신호가 출력되는 것을 확인 할 수 있다. 이는 2.3.2절에서 언급한 바와 같이 차속이 일정속도 이상이 되면 클러치 해제조건에 포함된 대기시간을 의미하는 것으로서, 변속과 감속의지를 구분하여 운전성 향상을 위한 제어알고리즘이 반영된 것이다. 즉, 400ms의 대기시간 동안 브레이크 신호가 입력이 되면 감속의지로 인식되기 때문에 채널2번의 신호는 출력되지 않아 클러치의 해제동작은 이루어지 않는다.



ⓐ 차속 25km/h

ⓑ 차속 55km/h

[그림 11] 차속에 따른 클러치 제어 구동신호 비교
[Fig. 11] Comparison of Driving signals with respect to vehicle speed

3. 결론

본 연구는 제어로직의 자동코드 생성기법을 적용하여 스텝핑 모터에 의한 수동변속기의 클러치 위치를 검출하고 스트로크를 제어할 수 있는 제어로직을 개발하고 프로토 타입 제어기를 구현하여 기본적인 기능에 대한 검증을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

[1] 수동변속기의 클러치를 제어할 수 있는 제어구조를 확립하였다.

[2] 운전자의 변속과 감속의지를 구분할 수 있는 제어 알고리즘을 개발 구현하였다.
[3] 주파수 변조 신호와 마이크로프로세서의 Input capture 모듈을 이용하여 클러치의 정확한 위치제어가 가능함을 검증하였다.
[4] 운전성과 시스템 응답성을 반영할 수 있도록 보정계수를 제어로직에 반영하였다.

이상의 연구결과를 바탕으로 향후 차량상태에서의 운전성 및 제어응답성을 파악하고자 한다.

References

[1] O.S. Kim, “Controlling Device of Clutch and Brake System”,Patent publication No. 1993-0003316, 1993.
[2] O.S. Kim, “Clutch Control System for Manual Transmission vehicular”, Utility model No.0319147, 2003.
[3] S.Park, H.Yoo, Y.Park, S.Park, “Model-based Development of Engine Control System from Concept to Vehicle,” SAE 2006-01-0856.
[4] H.S. Seo, Y.S. Choi, “Motor Control by Microchip Micro-Controller”, pp.264, Gee and Book, 2008.
[5] "dsPIC30F4011 Datasheet", Microchip.

박 용 국(Young-Kug Park) **[정회원]**

- 1993년 2월 : 경북대학교 기계공학과 (기계공학석사)
- 2002년 2월 : 경북대학교 기계공학과 (기계공학박사)
- 2003년 3월 ~ 2008년 2월 : 현대기아자동차연구개발본부
- 2008년 3월 ~ 현재 : 인하공업전문대학 자동차과 교수

<관심분야>
엔진제어, 하이브리드 전기차 운전제어

박 준 영(Joon-Young Park) **[정회원]**

- 2000년 2월 : 한양대학교 기계설계공학과 (기계공학석사)
- 2008년 8월 : 한양대학교 자동차공학과 (자동차공학박사)
- 2004년 7월 ~ 현재 : 현대기아자동차연구개발본부

<관심분야>
하이브리드 전기차 운전제어