

CAN통신 기반의 상용차용 공압구동형 세미오토 클러치 개발

김성진^{1*}, 이동근², 안경환³, 이성철³

¹(사)전북대학교 자동차부품금형기술혁신센터, ²원광이엔텍(주), ³전북대학교 기계공학과

Development of a Pneumatic Semi-Automatic Clutch for Commercial Vehicles based on the CAN Communication

Seong-Jin Kim^{1*}, Dong-gun Lee², Kyeong-Hwan Ahn³ and Seong-Cheol Lee³

¹Chonbuk National University Automobile-parts&Mold Technology Innovation Center

²One Kwang Environment technology. Co. Ltd

³Department of Mechanical Engineering, Chonbuk National University

요약 전북 익산시 R회사에서 기 개발된 세미오토 클러치는 수동클러치 차량의 기어 변속시 클러치 페달을 밟아야하는 불편함을 해소하고자 만들어진 장치로써 클러치 페달을 밟지 않고, 운전자가 기어봉에 위치한 스위치 조작만으로도 클러치 동작을 제어할 수 있다. 차량의 변속과정에서 클러치 동작을 제어하기 위해 센서를 설치하여 차량정보를 수집하여 제어하였다. 그러나, 센서 기반의 제어기는 열악한 운전조건에서 고장 원인이 되고 있으며, 차량에 설치하고 보수하는 과정에서 시간 소모가 과다하여 많은 불편을 가지고 있었다. 이를 위해 본 연구에서는 차량의 ECU와 CAN통신을 통해 차량의 주행정보를 수집하여 제어하고, 공압 액추에이터로 클러치를 동작시키는 세미오토 클러치를 개발하였다. 개발된 공압 액추에이터의 정상적인 동작을 위해서는 최소 3bar 이상이 요구되었다.

Abstract A semi-automatic clutch was developed for drivers of vehicles with manual transmission. The clutch is operated by pressing a switch on the gear stick without stepping on a clutch pedal when the driver wants to shift gears. To automatic control a clutch, driving information is provided by sensors installed under the vehicle. On the other hand, sensors are prone to failure under severe driving conditions and a long time is needed to install or repair these sensors in the vehicle.

In this paper, a semi-automatic clutch that received driving information by CAN communication from the ECU was developed and a pneumatic actuator was used to operate the clutch. The semi-automatic clutch by a pneumatic cylinder was operated with a supply air pressure of more than 3bar.

Key Words : Semi-Automatic Clutch, CAN, Commercial Vehicle, Pneumatic Actuator

1. 서론

클러치는 수동변속기 차량에서 클러치 페달의 동작에 의해 마스터 실린더를 작동시키고, 마스터 실린더에 의해 릴리스 실린더를 작동시키며, 릴리스 실린더의 작동에 따라 클러치판을 분리/접속하여 동력을 단속하여 변속기로 전달하는 장치이다.

수동변속기는 구조가 간단해 가격이 싸고 고장이 없지만, 운전하기는 쉽지 않아 상용차 운전자들이 많은 피로감을 느끼게 된다. 반면, 자동변속기는 운전이 편하지만 기계가 매우 복잡해 가격이 비싸고, 연료비가 수동변속기에 비해 더 들고 고장이 잦다. 이로 인해 최근에는 자동변속 기능과 높은 연료 경제성을 실현할 수 있는 자동화 수동 변속기(AMT, Automated Manual

*Corresponding Author : Seong-Jin, Kim(Chonbuk National Univ. Automobile-parts&Mold Technology Innovation Center)

Tel: +82-63-219-0313 email: ksaj@camtic.or.kr

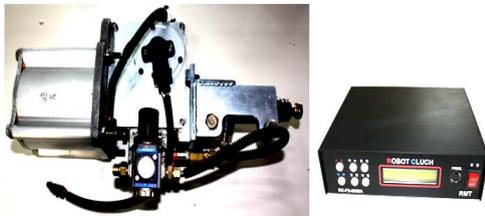
Received June 19, 2014

Revised (1st July 18, 2014, 2nd July 28, 2014, 3rd August 6, 2014)

Accepted August 7, 2014

Transmission)라는 개념의 변속기에 대한 관심이 날로 높아지고 있다[1,2]. 또한, AMT 개발 과정에서 클러치 구동을 위해 유압식 액추에이터가 사용되고 있으나, 최근 대형 차량의 경우 공압 액추에이터의 개발이 진행되고 있으며, 소형 차량용 전동식 액추에이터를 이용한 클러치 제어에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[3].

본 논문에서의 세미오토 클러치는 R회사에서 개발한 장치로 AMT에 적용되는 클러치 개발과 달리 기존의 수동변속기 차량에 장착하여 클러치 페달동작 없이 클러치를 자동으로 제어해 주는 장치이며, 상용차 운전자들의 변속과정에서 불편함을 줄여주기 위한 운전 편의장치로 개발되었다. 이는 클러치 동작제어를 위해 속도 및 회전수, 클러치/가속 페달 동작유무를 감지하는 센서를 차량의 하부에 설치하고, 이들로부터 정보를 받아 사용하였으며, 스텝모터를 공압실린더를 구동하는 전동식 액추에이터를 적용하였다. 그러나, 상용차의 열악한 운행 조건으로 인해 고장 원인이 되고 있으며, 센서의 설치 개소가 많아 설치가 복잡하고, 시간 소요가 많이 소요되는 문제점을 가지고 있다.



[Fig. 1] Semi-automatic clutch (Old model)

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 아래의 두 가지 기능 구현을 통해 새로운 세미오토 클러치를 개발하였다.

첫째, 스텝모터를 이용한 공압실린더 구동을 솔레노이드 밸브로 제어하는 세미오토 클러치의 공압 구동형 액추에이터를 개발하였다.

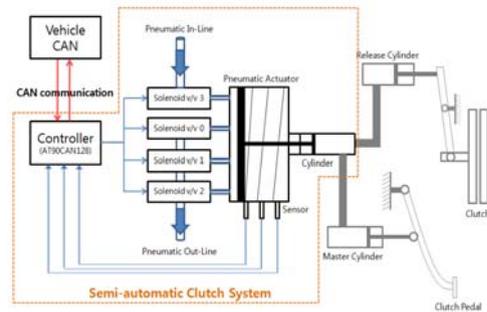
둘째, 차량의 정보 수집을 위해 설치했던 센서를 대신하여 설치의 신속성과 유지 보수의 편의를 위해 차량 ECU(Electrical Control Unit)와 CAN (Controller Area Network) 통신을 통해 차량의 운행정보를 취득하여 제어하도록 제어기를 개발하였다.

2. 공압 구동형 액추에이터

2.1 공압 구동형 액추에이터 설계

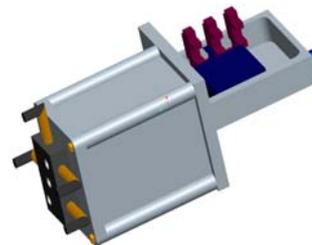
세미오토 클러치의 액추에이터는 클러치 페달에 의해 구동 유압을 전달하는 일반 수동 변속기와 달리 마스터 실린더와 릴리스 실린더 사이의 유압 라인에 공압 실린더를 연결하여 클러치 구동 유압을 제어하는 역할을 수행한다.

상용차는 상차시와 공차시에 대한 중량 차이 등으로 클러치의 유격을 유지하는 시간 차가 발생하며, 운전자들의 특성에 따라 클러치의 연결 속도에 대한 차이가 발생하여 상황에 따른 클러치 연결 속도에 대한 제어가 필요하다. 이를 위해 공압 실린더에 클러치의 동작 속도를 제어하는 하나의 공급 포트와 세 개의 서로 다른 구경을 가지는 배출 포트를 연결하였으며, 제어 모듈에서 전기적 신호를 액추에이터로 보내면 액추에이터에 장착된 솔레노이드 밸브가 공압의 흐름을 제어하여 클러치를 구동하도록 설계하였다. Fig. 2는 공압 구동형 액추에이터를 적용한 세미오토클러치의 시스템 개략도를 보여주고 있다.



[Fig. 2] Structure of Semi-automatic clutch system

Fig. 3은 세미오토 클러치의 공압 구동형 액추에이터 기구부의 3D CAD 모델과 제작 사진을 보여주고 있다.



(a)



(b)

[Fig. 3] Pneumatic actuator

(a) 3D CAD model, (b) Product

3. 세미오토 클러치 제어 모듈

세미오토 클러치의 제어 모듈은 차량과의 CAN 통신과 액추에이터에 장착된 클러치의 위치를 확인하기 위한 위치 신호를 입력으로 받고, 솔레노이드 밸브를 제어하기 위한 출력 신호를 내 보내는 역할을 수행한다.

3.1 CAN통신

CAN통신은 차량의 ECU와 데이터 통신의 표준으로 사용되며, 빠른 전송속도와 잡음에 매우 강하다는 장점이 있다. 상용차에서는 SAE J1939 프로토콜로 표준화하여 CAN통신을 사용하고 있다.

SAE J1939 표준은 트레일러, 건설 및 농업용 차량 등과 같은 중장비 차량에서의 전자제어 장치들 간의 데이터 통신을 위한 CAN을 의미한다. SAE J1939는 J1939/11 규격에서 물리계층으로 CAN을 사용하는 것으로 표준화되어 있고, ID가 29bit인 확장형 CAN으로써 전송 속도는 250 kbit/s이다. SAE J1939의 CAN ID는 PGN(Parameter Group Number), source address, priority, data page bit, extended data page bit를 포함하고 있고, 추가적으로 peer-to-peer의 경우 target 주소를 포함한다.

Table 1은 PDU(Protocol Data Unit) Format과 PDU Specific을 하나로 합친 PGN을 보여주고 있다.

[Table 1] CAN message format

Priority	Extended Data Page	Data Page	PDU Format	PDU Specific	Source Address
3 bit	1 bit	1 bit	8 bit	8 bit	8 bit

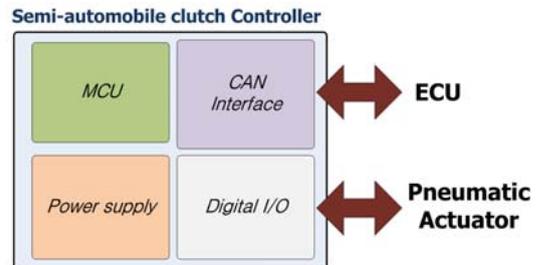
[Table 2] CAN protocol ID

ID	Data
0x18FEF100	Brake/Clutch pedal operation Car speed
0xCF00300	Acceleration pedal operation
0xCF00400	Engine speed
0x18F0000F	Retarder switch operation

본 논문에서는 ECU로부터 차량 속도, 가속 페달 정보, 브레이크/클러치 페달 작동 정보, 리타더(retarder) 스위치 작동 정보 등을 CAN통신으로 받는다. Table 2는 SAE J1939 프로토콜에서 해당 정보를 얻기 위한 ID를 보여주고 있다.

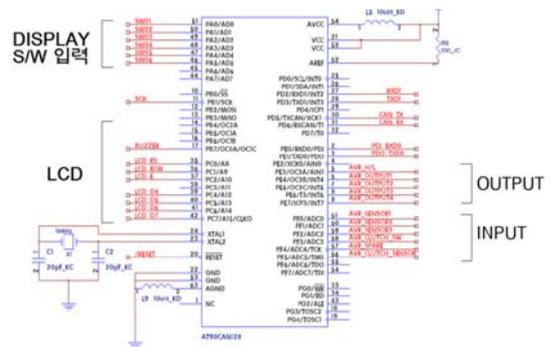
3.2 CAN 통신 기반 제어 모듈 설계

세미오토 클러치 제어기는 AT90CAN128를 MCU로 채택하여 회로를 설계하였으며, Fig. 4와 같이 MCU부와 전원부, CAN 통신부, 입출력부로 구성되어 있다.

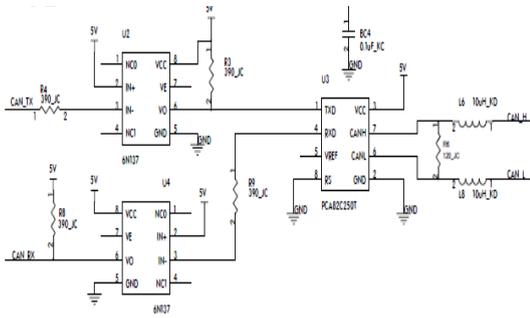


[Fig. 4] Block diagram of Semi-automatic clutch controller

Fig. 5는 AT90CAN128 MCU를 사용하여 인터페이스 회로를 보여주고 있다.



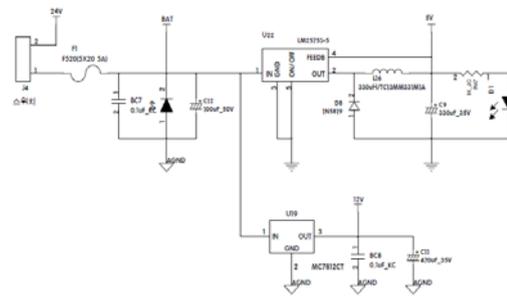
[Fig. 5] Interface circuit of AT90CAN128 MCU



[Fig. 6] CAN interface Circuit

CAN 통신 회로는 Philips 社의 PCA82C250 칩을 사용하여 구성하였으며, 이 PCA82C250 칩은 high speed CAN을 지원하는 CAN 트랜시버 칩으로 최대 1M baud-rate 속도로 통신할 수 있다. Fig. 6은 CAN 통신 회로를 보여주고 있다.

세미오토 클러치 제어장치의 전원은 상용차의 24V 전원을 사용하거나 상용차의 배터리를 전원으로 사용한다. 이 때 발생할 수 있는 과전류로부터 회로를 보호하기 위하여 퓨즈를 사용했다. 포토커플러와 포토인터럽터 센서에 공급할 12V 전원을 위하여 7812 레귤레이터를 이용하였고, AT90CAN128 MCU와 다른 IC의 작동에 필요한 5V의 전원을 공급하기 위하여 LM2575 레귤레이터를 사용하였다. 자동차로부터 들어오는 전기적 노이즈로부터 회로를 보호하기 위하여 그라운드를 분리하였다. Fig. 7은 전원부 회로를 보여주고 있다.



[Fig. 7] Circuit of power supply

3.3 세미오토 클러치 제어 알고리즘

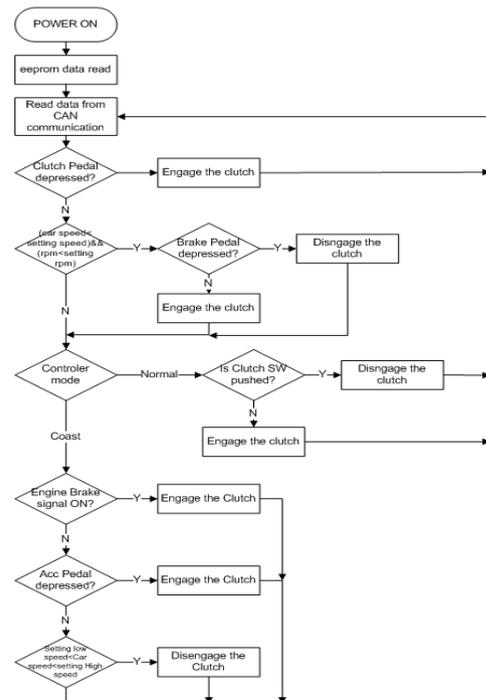
세미오토 클러치에 전원을 인가하면 시스템 초기화를 통해서 이전에 사용자가 저장한 설정값을 불러오고 각종 기능에 대해서 초기화를 진행한다. 초기화가 끝나면 CAN통신을 통해 현재 차량의 주행 속도, 엔진 회전수

(rpm), 각종 페달 작동 정보 등을 얻어낸다. 다음으로 클러치 페달의 작동 유무를 판별하게 되는데, 어떠한 상황에서도 운전자가 클러치 페달을 밟게 되면 액추에이터의 피스톤은 복귀하여야 한다.

다음으로 저속에서 브레이크 페달의 작동 유무에 대하여 판별하게 된다. 자동 변속기의 경우 브레이크를 밟아서 정지하여도 시동이 꺼지는 경우가 없다. 이처럼 세미오토 클러치를 장착한 차량의 운전자가 브레이크 페달을 밟아서 정차할 경우, 엔진 회전수와 차량의 속도가 설정값 이하일 때 클러치를 분리하여 시동이 꺼지는 것을 방지해 준다.

다음으로 주행 모드를 판별한다. 세미오토 클러치 모드는 일반 주행 모드와 타력 주행 모드로 구분된다. 일반 주행 모드는 타력 주행을 하지 않는 상태로써 클러치 스위치를 누르지 않으면 클러치는 결합해 있는 상태이다. 타력 주행 모드는 설정된 속도 사이에서 가속페달을 밟지 않으면 클러치가 떨어져 있는 상태이다. 그리고 리타더를 작동하면 클러치를 재빨리 결합하여 제동 역할을 할 수 있도록 하였다.

프로그램이 다운되거나 오작동이 생길 경우를 대비하여 워치독(watchdog) 기능을 사용하였고, 타이머 기능을



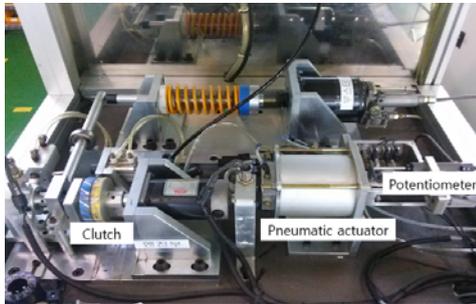
[Fig. 8] Algorithm of Semi-automatic clutch

사용하여 약 2.9ms 주기로 갱신시켜 주었다. Fig. 8은 세미오토 클러치의 제어 순서도를 보여주고 있다.

4. 실험 및 결과

4.1 액추에이터 응답성능 측정

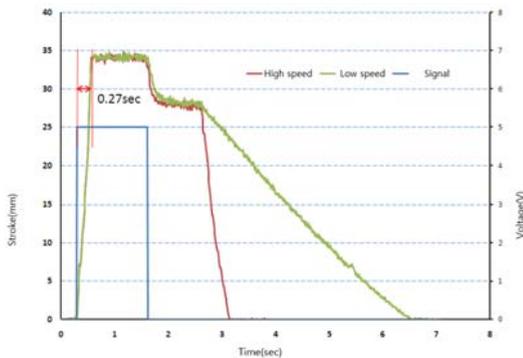
운전자의 기어 변환시 빠르게 클러치가 분리되어야 변속기에 이상 부하를 주지 않기 때문에 빠른 응답 특성이 중요한 요소이다. 개발된 세미오토 클러치의 공압 구동형 액추에이터의 동작 특성을 확인하기 위하여 Fig. 9와 같이 HILS(Hardware In the Loop Simulation)장비에 장착하여 실험하였다.



[Fig. 9] Photo of HILS

이러한 클러치의 작동 응답특성을 비교하기 위해 클러치 동작 신호를 1.5초 동안 보낸 이후 클러치가 최대 분리 시간을 기준 장치와 개발 장치에 대하여 각각 측정하였다.

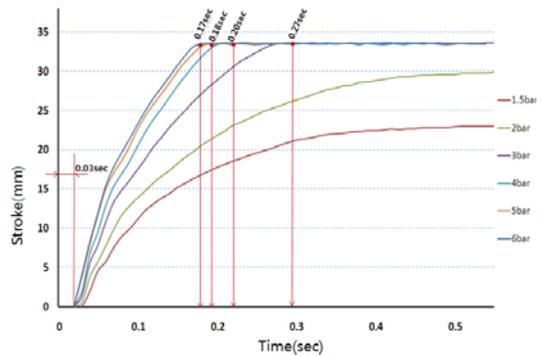
먼저, 기존 전동식 액추에이터의 응답 특성은 Fig. 10



[Fig. 10] Response characteristic of motor actuator at disengagement process

에 보이는 바와 같이 차량의 운행 속도와 관계없이 클러치 동작신호 이후 0.27초 후 클러치가 최대로 분리되었으며, 운행 속도에 따른 저속에서는 클러치를 서서히 붙여주고, 고속에서는 빠르게 클러치를 붙여주는 특성을 보였다.

개발된 공압 구동형 액추에이터의 공급 압력에 따른 특성을 알기 위해 1.5~6 bar의 공급 압력 조건에서 각각의 클러치 분리 시간을 측정하였다. Fig.11은 공급 압력 별 분리 시간에 대한 실험 결과를 보여준다. 공급 압력 4bar에서 분리 시간이 0.20초가 소요되었고, 3 bar에서 0.23 초가 소요되었으며, 이하의 공급압력에서는 클러치를 최대로 분리시키지 못하였다.



[Fig. 11] Response characteristic of pneumatic actuator at disengagement process

실험 결과 기존 전동식 액추에이터의 응답 특성을 기준으로 비교하여 볼 때 개발된 공압 구동형 액추에이터는 3bar이상에서 0.23 초의 응답 특성을 나타내고 있으므로 상용차의 변속 시 클러치 분리 시간에 대한 조건을 충족할 것으로 판단된다.

4.2 실차 장착

개발된 공압 구동형 세미오토 클러치는 Fig. 12와 같이 WIDE CAB 8.3 G255 2010년식 모델에 장착하여 세미오토클러치의 장착 시간 및 실차 운행을 통해 특성을 파악하였다.

기존의 세미오토 클러치는 장착시 여러 센서의 설치 및 보정과 액추에이터의 장착 때문에 5~6시간 정도가 소요되었으나, CAN 통신을 할 수 있도록 차량의 OBD-II 커넥터에 케이블을 연결하면 되기 때문에 전체적인 장착

시간이 2~3시간으로 크게 단축되었다. 또한 실차 운행 결과 공압 구동의 특성상 정밀제어를 할 수 없어 출발 시 변속 충격이 크고 클러치의 결합 속도가 느려 사용이 어려웠으며, 주행 중에는 세미오토 클러치만을 이용하여 변속을 하여도 변속 충격이 느껴지지 않아 원활한 동작이 가능하였다.



[Fig. 12] Photo of Semi-automatic clutch controller on dashboard and pneumatic actuator on frame

3. 결론

본 논문에서는 기 개발된 세미오토 클러치의 문제점을 해결하기 위해 CAN 통신을 이용하여 차량의 속도와 엔진 회전수, 페달 작동상태 등의 정보를 수집하여 제어하는 공압 구동형 세미오토 클러치를 개발하였다.

센서를 장착해 정보를 취득하는 형식의 기존 세미오토 클러치는 장착 및 유지 보수에서 많이 시간이 소요되었으나, CAN 통신을 이용한 정보 수집 방법으로 이를 단축하였다. 또한, 공압 구동형 세미오토클러치는 원활한 동작을 위해 공급 압력 조건이 중요하며, 최소 3bar 이상의 압력이 요구되고 있다.

References

- [1] K. Nordgard and H. Hoonorst, "Developments in Automated Clutch Management System," *SAE 950896*, 1995.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4271/950896>
- [2] R. Fischer and R. Berger, "Automation of Manual Transmissions," *6th International Luk Symposium*, pp.95-121, 1998.
- [3] Y. K. Park and J. Y. Park, "The Development of Clutch Control for Manual Transmission Vehicle based on Stepping Motor," *Journal of the Korea*

Academia-Industrial cooperation Society, Vol.13, No.9 pp.3849-3855, 2012.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2012.13.9.3849>

- [4] S. J. Kim, S. C. Lee, D. G. Lee, and S. J. Yang, "Development of the Semi-Auto Clutch for a Commercial Vehicle using PSD Sensor Module," *Proc. of KSPE spring conference*, pp.351-352, June, 2012.
- [5] K. H. Ahn, S. J. Kim, D. G. Lee, S. C. Lee, and S. J. Yang, "A Study on the Response Characteristics of Pneumatic Actuator of Semi-Auto Clutch for Heavy Commercial Vehicle," *Proc. of KSPE Autumn conference*, pp.257-258, October, 2013.
- [6] D. G. Lee, S. J. Kim, Y. J. Ko, K. H. Ann, and S. C. Lee, "Development of the Semi-Auto Clutch Control Module using AT90CAN128 MCU for Commercial Vehicle," *Proc. of KSPE Spring conference*, pp.443-444, June, 2013.
- [7] J. Y. Kim and G. D. Kim, "Design and Analysis of a New Shift Automation Mechanism for Automated Manual Transmission," *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, Vol.34, No.4, pp.66~71, December, 2011.
- [8] BOSCH, *CAN Specification version 2.0*, Robert Bosch GmbH., 1991.

김 성 진(Seong-Jin Kim)

[정회원]



- 1997년 2월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (석사)
- 2010년 2월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (박사수료)
- 2006년 3월 ~ 현재 : (사)전북대학교 자동차부품금형기술혁신센터 책임연구원

<관심분야>

메카트로닉스, 제어계측

이 동 근(Dong-Geun Lee)

[정회원]



- 2007년 2월 : 전주비전대학교 자동차과 (전문학사)
- 2011년 2월 : 서남대학교 전기전자과 (학사)
- 2000년 8월 ~ 현재 : 원광이엔텍 주식회사 대표이사

<관심분야>

메카트로닉스, 자동화, 탄소 복합소재

안 경 환(Kyeong-Hwan Ahn)

[정회원]



- 2014년 2월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (석사)
- 2014년 7월 ~ 현재 : 에프엠전자(주) 연구원

<관심분야>

메카트로닉스, 제어, 로봇

이 성 철(Seong-Cheol Lee)

[정회원]



- 1976년 2월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2004년 3월 : 일본 동북대학교 기계정보공학과 (공학박사)
- 1979년 7월 ~ 현재 : 전북대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

메카트로닉스, 제어계측, 시스템자동화