한국항행학회 논문지 제12권 제3호 2008년 6월

자동차용 클러치 전자 제어 모듈 개발에 관한 연구

Development of Electronic Control Module for Automobile Clutch

나원식*, 김상현**, 문송철***, 이재하****

Won-Shik Na*, Sang-Hyoun Kim**, Song-Chul Moon*** and Jae-Ha Lee****

요 약

자동차 산업의 발전에 따라 보다 편리한 기능의 자동차 부품 기술 개발이 꾸준히 진행되어 왔으나, 운송 수단 발명 초기에 개발되었던 수동 클러치 방식은 수많은 연구와 개발자들의 노력에도 불구하고 아직 오토미션 수준의 초기 단계에 머물러 있다고 볼 수 있다. 종래의 오토 미션은 클러치 디스크의 슬립을 기초로 한 소형 차량 및 개인용 RV 차량 위주로 사용되고 있으나, 본 연구 기술은 대형 차량부터 소형 승용차 및 농기계, 선박 등 클러치를 조작하는 모든 수송 기계에 적용이 가능한 혁신적인 기술이다. 차량의 운전 조건에 따라 달라지는 엔진의 출력 값에 따라, 클러치 디스크의 접속 시점을 정확히 결정하고 수동 변속기의 경우 빈번히 나타나는 반 클러치 상태를 적용하기 위하여, 클러치 디스크의 접속 시점을 결정하는 기준이 되는 데이터로 엔진(Engine)의 회전수(rpm)를 적용한다. 상승하는 엔진 회전수에 해당하는 값 만큼만 클러치 디스크를 이동, 접속시켜 차량의 동력을 원활하게 전달할 수 있는 자동차용 전자식 클러치 모듈을 연구하였다.

Abstract

With the development of the automobile industry, technologies for parts of an automobile with more convenient functions have progressed, but the manual clutch developed at the first phase of inventing means of transport still remains at the early stage of the automatic transmission despite numerous research and efforts. The traditional automatic transmission is mainly used in small cars and personal RV vehicles that include the slipped clutch disk. However, this research seeks an innovative technology that can be applied to all types of transportation operating the clutch, such as small cars, large vehicles, farm machines and vessels. In order to accurately decide the joint timing of the clutch disk according to the output of engine power that differs depending on driving conditions of vehicles, and to apply the half clutch state which frequently occurs in the manual transmission, the rpm of the engine can be used as the base to decide the joint timing of the clutch disk. This research has developed an electronic clutch module that can transmit the engine power by moving and jointing the clutch disk as much as the engine rpm increases.

Key words : Automobile Clutch, Electronic Control Module, Automatic Transmission

* 남서울대학교 교양과정부(Dept. of General Education Namseoul University)
** (주)코리아클러치(KoreaClutch CO.,LTD)
*** 남서울대학교 컴퓨터학과(Dept. of Computer Science Namseoul University)
**** 남서울대학교 경영학과(Dept. of Business Administration Namseoul University)
· 제1저자 (First Author) : 나원식
· 접수일자 : 2008년 5월 19일

I. 서 론

운송수단인 자동차가 개발되면서부터 지금까지 클러치 페달을 줄곧 사용하여 오던 기술은 마찰식 클러치 방식이다. 수많은 기업 혹은 사람들이 연구의 연구를 거듭하여 현재의 오토미션 이라는 방식이 개발되었고, 현재 승용차 대부분을 장악하고 있는 기술이라 할 수 있겠다. 하지만 오토미션은 연료 소비가 수동미션에 비해서 최대 30% 더 소비되고 승용차와 RV급 차량에만 적용되고 있다 [1]. 대형 차량의 경우에도 세계적으로 알려진 ZF, MAN, SCANIA, VOLBO 등에서 보유한 기술이 있으나, MAN이나 VOLBO의 경우 출발과 정지 시에 클러치 페달을 사용해야하므로 지체와 정체가 많은 우리나라에 적합하지 않고 ZF나 SCANIA의 기술도 언덕길 출발의 문제가 완전히 해결되지 않은 단점을 가지고 있으면서도, 가격이 고가이고 고장 시 차량의 운행이 불가능하며 수리 시 많은 시간이 소요될 뿐 아니라 전문가만이 고칠 수 있는 문제점이 있다. 이에 본 연구는 기존 클러치 방식을 그대로 유지하면서 클러치 페달을 사용하지 않고 기어 봉에 장착된 스위치의 조작만으로 출발 및 기어변속을 자유롭게 할 수 있는 장점을 가지고 있으며, 탈부착이 용이하고 고장 시에도 차량의 운행을 지속 할 수 있고, 수리에 들어가는 비용과 시간을 절약 할 수 있다. 기존의 세미오토는 동력전달 모드가 획일화 되어 있어 차량의 출발 시 다양하게 적용되는 클러치의 조작을 반영할 수 없으나, 본 연구 기술은 그러한 문제를 차량의 RPM 신호의 정확한 해석으로 다양한 출발 조건에 모두 적응할 수 있는 기술이다.

Ⅱ. 개발 기술의 필요성

일반적으로 수동 클러치 장치는 클러치 페달의 동작에 의해 마스터 실린더(master cylinder)를 작동시키고, 마스터 실린더에 의해 릴리스 실린더(release cylinder)를 동작시키며, 릴리스 실린더의 작동에 따라 압력판에 의해 클러치 디스크(Clutch Disk)를 플라이 휠(Fly Wheel)과 차단/접속하여 엔진으로부터 변속기로 전달되는 회전력을 단속한다. 즉, 수동 클러치는 기어변속을 하기 위해서 운전자가 매번 클러치 페달을 가압 조작하여야 하기 때문에 시내 주행이나 교통정체 시 다리에 많은 피로가 발생되는 문제점이 있다.

이러한 불편함을 해소하기 위해 변속이 자동으로 이루어지는 자동 변속기를 장착할 경우에는 운전 중 편리하고, 승차감이 우수한 장점이 있으나 초기 구입 시 가격이 비싸고, 주행 중 수동 변속기에 비해 20~30 퍼센트 정도 연료 소비가 많은 단점이 있다. 이런 단점들은 화물 트럭이나 버스 같은 대형 상용차의 경우에는 더욱 심각해지는데 [2], 이러한 문제점들을 해결하고자, 본 연구 개발에서의 전자식 클러치 장치는 수동 변속기와 자동 변속기의 장점을 모두 살리기 위한 것으로, 클러치 페달의 조작 없이 브레이크 페달의 동작 또는 기어변속 스틱 상에 구비된 클러치 스위치의 on/off 동작으로 차량의 동력 전달을 간편하게 차단/접속함으로써 기어 변속이 자유롭게 이루어질 수 있게 하였다.

본 연구 개발 기술은 차량의 운전 조건에 따라 달라지는 엔진의 출력 값으로 클러치 디스크의 접속 시점을 정확히 결정하고, 수동 변속기의 경우 빈번히 나타나는 반 클러치 상태를 적용하기 위하여 클러치 디스크의 접속 시점을 결정하는 기준이 되는 데이터로서 엔진(Engine)의 회전수(rpm)를 사용하였다. 상승하는 엔진 회전수에 해당하는 값 만큼만 클러치 디스크를 이동 접속시켜 차량의 동력을 원활하게 전달할 수 있는 전자식 클러치 모듈을 연구하였다.

2-1 국내·외 관련 기술의 현황

현재 국내에서의 본 제품과 유사한 세미오토 방식의 클러치는 대형 상용 차량용의 개발과 생산 모두가 전무한 상태이고, 소형 차량의 경우는 완성차 업체 위주로 개발 중에 있다. 중, 소규모의 여러 회사에서 세미오토 제품을 생산하였지만, 앞서 언급한 많은 부품과 복잡한 구조로 인해 발생하는 잦은 고장 등의 문제점 때문에 활발한 사업화에 성공하지 못하고 있다 [3].

현재 수입된 A/T 및 세미오토는 가격 면에서도 고가이면서, 덤프 트럭이나 많은 중량을 운반하는 차량에는 장착이 불가능하여, 일부 국한된 차량에만 장착

하는 문제점이 있다. 또한, 트랜스미션 고장 시 과다한 수리비와 긴 수리 시간이 필요한 실정이다 [4].

표 2. 해외 관련 기술 동향
Table 1. Trends in Overseas Technologies.

단위 : 만원

품 명	생산국	형식	가격	클러치사용	장착성
ZF사 A/T	독일	A/T	1,500	불필요	버스
ZF사 아스트로닉	독일	A/T	500	불필요	카고
볼보 아이시프트	스웨덴	A/T	440	불필요	〃
스카니아 세미오토	스웨덴	세미오토	270	출발 시	〃
벤츠	독일	M/T	–	클러치사용	–

2-2 개발 기술 활용

개발 기술을 통하여 전자식 클러치가 성공적으로 개발되면 운전 중 출발과 정지가 매우 잦은 시내 버스나 청소차를 비롯해서 많은 화물을 싣고 경사로나 비포장도로 등을 운행하는 대형 트럭 등에 곧바로 적용하여 그 효과를 볼 수 있으리라 생각된다. 대형 승합차나 화물차와 같이, 잦은 기어의 변속 운행이 요구되는 차량의 경우, 기어봉에 부착된 전자 스위치를 손가락으로 제어하여 클러치를 제어하게 되므로 운전자가 클러치 페달의 조작으로부터 자유로워질 수 있어 다양한 운전 조건에서도 쉽고 효율적인 운행이 가능해지며, 조작은 훨씬 간편하지만 초기 투자비와 연비가 막대하게 소요되는 고가의 해외 제품과 비교하여 국내는 물론 해외에서도 충분한 품질 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 예상된다 [5].

Ⅲ. 시스템 구성과 제어 알고리즘

3-1 시스템 구성

차량의 다양한 운전 조건에 따라서 적절하게 디스크를 플라이 휠에 접속시키는 전자 클러치의 구동방식 및 구동장치를 설계하여, 다양한 센서 및 signal conditioning을 통한 차량의 상태를 파악한다. 또한 전자 클러치 전용 구동 motor의 spec 설정 및 개발을 통해 모터의 회전에 따라 역할을 수행하는 마스터 실린더와 모터의 회전력을 직선 왕복 운동으로 바꾸어 구동 마스터 실린더 내의 푸시로드를 밀어 유압을 발생시키는 푸시로드 이송 기어 등 클러치 구동 액츄에이터의 구조를 설계 하였다 [6].

그림 1은 반 클러치 상태를 적용하기 위하여 클러치 디스크의 접속 시점을 결정하는 기준이 되는 데이터를 다양한 운전 조건에서 엔진(Engine)의 최적 회

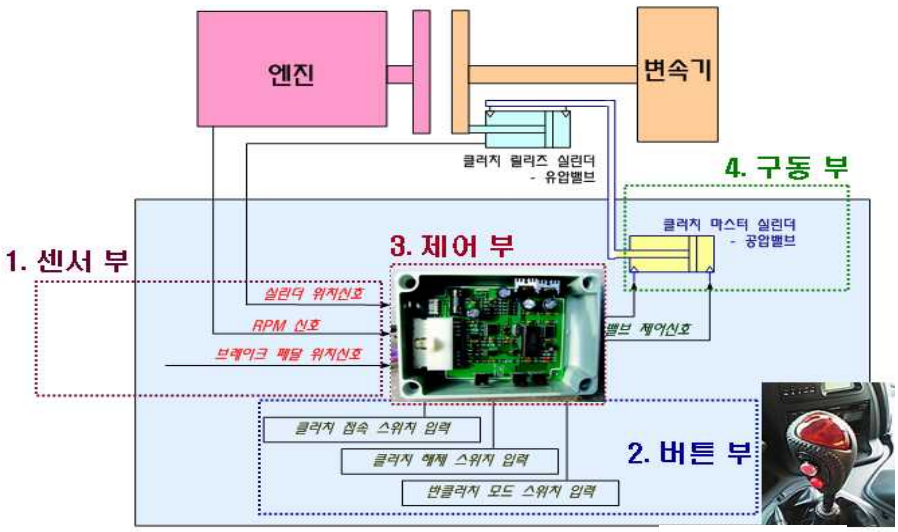

그림 4. 시스템 구성도
Fig. 1. System Components.

전수(rpm) 등 입력 신호 등을 최적화 하는 전체 시스템 구성도이다.

- ▶ 클러치 디스크를 차단하기 위하여 모터를 정회전 시켜 푸시로드를 전진시키기 위한 전진버튼, 클러치 디스크를 반 클러치 상태에 위치시키기 위한 반 클러치 버튼, 강제적으로 클러치 디스크를 접속하기 위해 모터를 역회전시키기 위한 후진버튼 등
- ▶ 모터의 회전 속도를 조절, 스트로크 및 토크의 최적화를 통한 모터의 설계, 제작 및 제어하기 위한 컨트롤러 설계
- ▶ 푸시로드를 직선 왕복 운동시키는 수단에 의해 클러치 디스크를 탈, 부착시키기 위한 모터의 구동 설정 및 엔진 스로틀 밸브 개방 시 엔진의 회전수를 상승시키기 위한 엔진 회전수 장치 및 컨트롤러의 상태를 표시하기 위한 신호 장치 구성

3-2 제어 알고리즘

전자클러치 접속 메카니즘의 확립 및 최적 클러치 접속 알고리즘 개발을 위한 단계로 전진 버튼 입력 신호에 의해 모터를 전진시켜 클러치 디스크를 차단시키는 클러치 디스크 차단 단계, 반 클러치 버튼의 입력 신호로부터 엔진 회전수 상승 수단을 동반하고 모터를 구동하여 클러치 디스크를 반 클러치 상태로 위치하게 하는 반 클러치 단계, 엔진의 회전수 상승이나 후진버튼의 입력 신호로부터 클러치 디스크를 접속시키는 클러치 디스크 접속단계 등으로 구성되는 다양한 클러치의 접속 조건을 설정하고 그 제어 알고리즘을 개발 하였다. 그림 2는 제어 알고리즘 순서도이다.

3-3 전자클러치 모듈

전진 버튼 입력 신호에 의해 모터를 전진시켜 클러치 디스크를 차단시키는 클러치 디스크 차단 메카니즘을 설계하였다. 반 클러치 버튼의 입력 신호로부터 엔진 회전 수 상승 수단을 동반하고, 모터를 구동하여 클러치 디스크를 반 클러치 상태로 위치하게 하는 반 클러치 단계 및 엔진 회전 수 상승이나 후진버튼의 입력 신호로부터 클러치 디스크를 접속시키는 클러치 디스크 접속 단계를 구현하여 전자클러치 시스템을 모듈화 하였다.

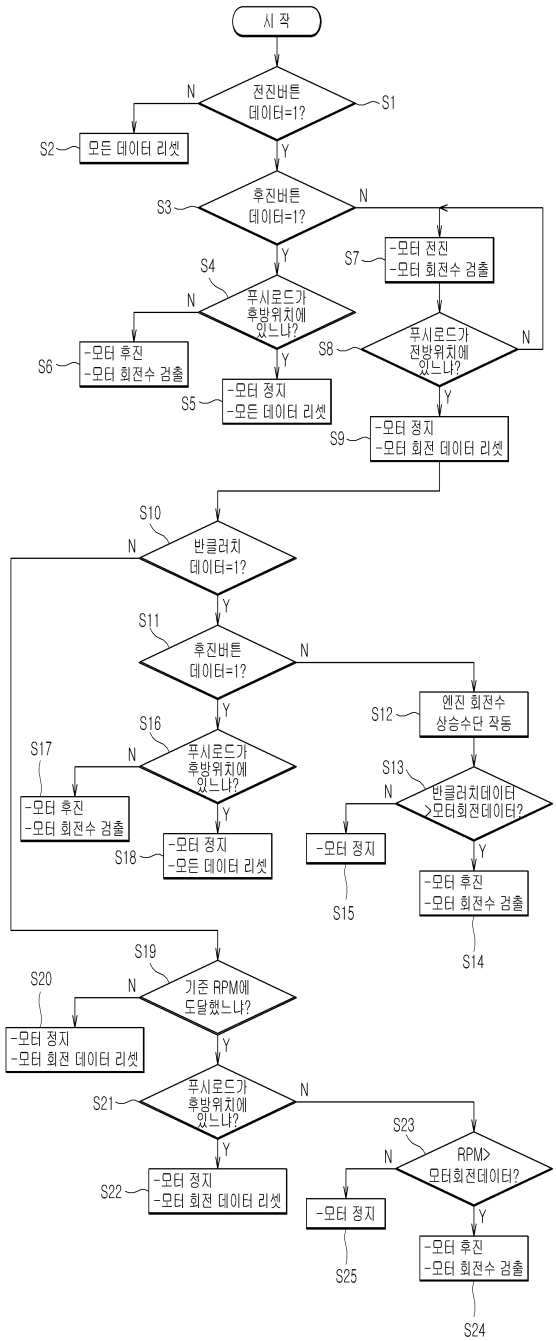

그림 2. 제어 알고리즘 순서도
Fig. 2. Flow Chart of Control Algorism.

Ⅳ. 성능 평가

전자클러치의 다양한 시험평가를 위해 그림 4와 같이 장치를 구성하고, 그림 5에서 보는 바와 같이 셋팅기를 통해 기본 셋팅을 한다. 또한 표 2의 평가 방법 및 평가항목을 통한 평가를 통하여 그 신뢰성을 확보하였고, 전용 시험평가 지그의 벤치 테스트를 통한 신뢰성, 내구성 평가 등 다양한 시험평가 모드를 개발하고 시험평가 하였다.

전용 시험평가 지그의 설계 제작을 통한 설계품의 기능, 사양, 디자인 검토 및 구조해석, 생성된 부품 모델들 간의 간섭 현상을 파악하기 위해, 어셈블리 작업을 수행하여 Mock-up 제작 전에 디지털 Mock-up 테스트를 실시하였다. 푸시로드 이송기어 등 전자클러치 요소 부품들의 전산해석 소프트웨어를 이용한 구조해석을 통하여, 제품 구조의 고 신뢰성을 확보하였다.

그림 5. 셋팅기 초기화 설정 화면
Fig. 5. Picture of Initialized Settings.

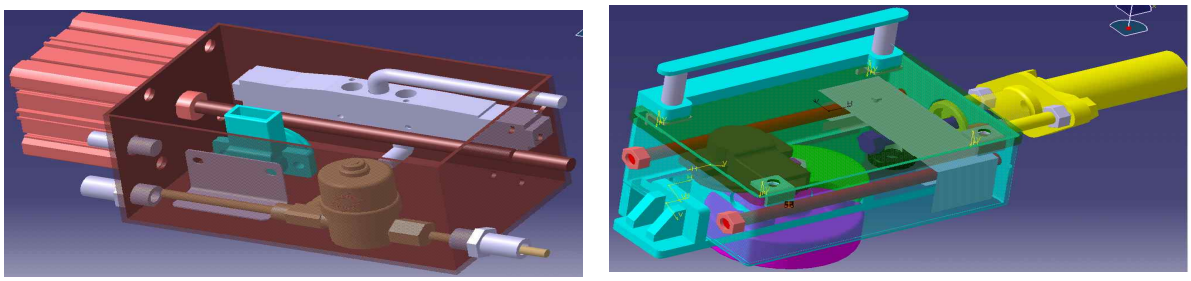

그림 3. 솔레노이드 방식
Fig. 3. Solenoid Method.

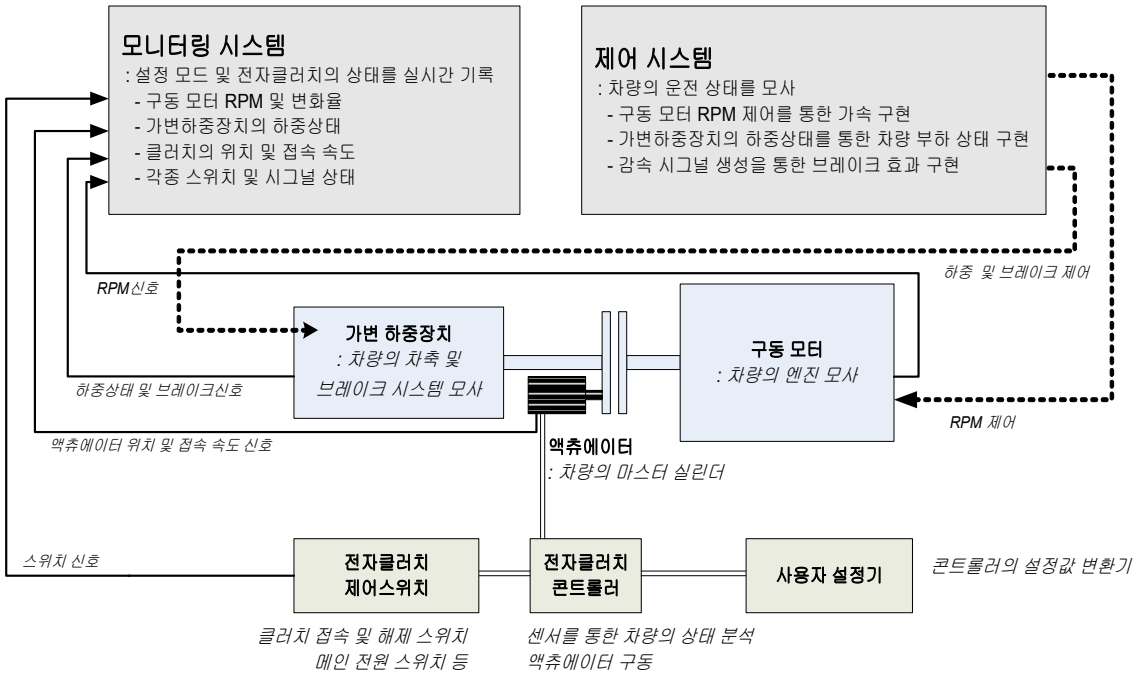

그림 4. 전자클러치 기능 시험평가 장치의 구성
Fig. 4. Components of Evaluation Device Testing Functions of Electronic Clutch.

표 6. 평가방법 및 평가항목
Table 2. Evaluation Patterns and Categories.

평가항목 (주요성능 Spec[1])	단위	전체항목에서 차지하는 비중[2](%)	연구개발 전국내수준	성능평가결과	평가방법[3]
			성능수준	성능수준	
1.클러치 접속속도	초	10	2초이상	2초이내	*자동차 제작사의 관련시험조건 및 자체규격
2.클러치 내부온도	℃	5	90℃이상	90℃이하	
3.클러치 마모정도	mm	10	0.2mm	0.1mm 이내	
4.클러치 조작의 편리성 및 운전성	-	30	-	-	
5.컨트롤러 EMI	mm	5	보고없음	통과	전자파장애시험규격
6.내구시험	회	40	보고없음	100,000	내구벤치시험

V. 결 론

웰빙 시대에 생활의 편의를 추구하는 자동차는 주거보다 우선 시 되고 있다. 자동차 산업의 발전에 따라 오토미션 등 보다 편리한 기능이 장착된 자동차 부품 개발이 꾸준히 진행되어 왔으나, 운송수단 발명 초기에 개발되었던 수동 클러치 방식은 수많은 연구원들과 개발자들의 노력에도 불구하고 아직 오토미션 수준의 초기 단계에 머물고 있다고 볼 수 있다. 종래의 오토미션은 클러치 디스크의 슬립을 기초로 한 소형 차량 및 개인용 RV 차량 위주로 사용되고 있으나, 본 연구 기술은 대형 차량부터 소형 승용차 및 농기계, 선박 등 클러치를 조작하는 모든 수송 기계에 적용이 가능한 혁신적인 기술이다. 로봇 클러치는 기존 오토미션과 수동 클러치와 비교하여 월등한 연료 절감 효과를 가져오고 있어, 고유가 시대에 침체된 경제 개선 효과가 지대할 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

[1] 김정윤, 임충혁, 임원식, “자동 변속기 장착 차량의 Shift-By-Wire 시스템 개발,” *한국자동차공학회 논문집*, 2007년 7월 15권 4호.

[2] 김채원, “Power Split Type HEV 차량 정속 주행 시 전기 동력 부품 성능 특성,” *한국자동차공학회 논문집*, 2007년 3월 15권 2호.

[3] 이우택, 강종진, “전자식 스로틀 제어 시스템을 위한 오류 자기진단 기능 설계 및 구현,” *한국자동차공학회 논문집*, 2007년 11월 15권 6호.

[4] William H. Crouse, 선우명호 역, “자동차공학 (10판) Automotive mechanics,” 한국맥그로힐㈜, 2004.01.

[5] http://temp.koreacluch.com.

[6] 김세훈, 김현준, 배철호, 이정환, 서명원, “비용함수를 이용한 VVVF 전동차 제동 장치의 시스템 구조 및 신뢰도 최적화,” *한국자동차공학회 논문집*, 2007년 5월 15권 3호.

[7] 안병하, 한국자동차산업교육연구소, “현대인을 위한 자동차산업이야기,” 도서출판 골든벨, 2007.03.

[8] 최명진, 한창평, 박경석, “제동 직전 자동차 주행 속도 추정에 관한 연구,” *한국자동차공학회 논문집*, 2007년 9월 15권 5호.

나 원 식 (羅元植)

2005년 8월 : 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
2001년 3월~2003년 2월 : (주)성신섬유 전산실장
2006년 3월~현재 : 남서울대학교 교양과정부 교수 (컴퓨터)
관심분야 : 네트워크 보안, 무선 LAN, 의료정보, 전자제어

김 상 현 (金相賢)

1996년 2월 : 인천 부평고등학교 졸업
1997년 7월~2004년 11월 : 대한민국 공군 전력 및 발전 담당 부사관
2005년 2월~현재 : (주)코리아클러치 설계 및 총무 담당 과장
관심분야 : 자동차 클러치, 컴퓨터, 기계설계

문 송 철 (文松喆)

한국과학기술원 경영정보공학과(공학석사)
국민대학교 정보관리학과(정보관리학박사)
한보정보통신㈜ 철강 SI사업부장, 관리이사
㈜가나시스템 대표이사
정보시스템 감리인
현재 : 남서울대학교 컴퓨터학과 교수

이 재 하 (李在河)

시립인천대학교 산업공학과(공학사)
성균관대학교 산업공학과(공학석사)
성균관대학교 산업공학과(공학박사)
한국 PL학회 총무
중국 상해 교통대학 전문가 초빙교수
(주)농심의 R&BD 센터의 자문교수
流靜經營 아카데미 컨설팅 대표
현재 : 남서울대학교 경영학과 교수
관심분야 : 프로젝트 관리, 시스템 설계 및 분석, 경영 변화 및 혁신