

험로 주행을 위한 다중모듈 로봇의 설계

Development of Multi-Link Mobile Robot for Rough Road Driving

백 유 광*, 한 경 호**, 신 인 철*

Ryu-Gwang Paek*, Kyong-Ho Han**, In-Chul Shin*

Abstract

In this paper, design and implementation of multi-modular robots of similar structure to the arthropods for rock path driving. Each module corresponds to an arthropod joint, which has an independent power supply and control equipment including drive and short-range Zigbee wireless communication that were implemented. On various directions and paths each module has the same driving direction and each module is controlled to operate or not by wireless communication. Depending on path condition, each module calculate the speed and torque and depending on the slope of a rough path, the number of active modules can be changed for the efficient driving on a variety of roads conditions. Experimental driving through rough road model, variable multi-module robot is implemented.

요 약

본 논문에서, 평탄한 경로 뿐 아니라 바위 등의 험로환경에서도 로봇이 주행하도록 다족류 절지동물과 유사한 구조를 갖는 다중 모듈형 로봇의 설계 및 구현을 다룬다. 각 모듈은 독립 전원과 제어장치, 구동부 및 근거리 Zigbee 무선통신을 포함하고 있으며 절지동물의 한마디를 구현하였다. 주행방향 및 경로 조건에 따라 각 모듈은 무선통신에 의하여 동일한 주행방향을 가지며 모듈의 구동부를 가동 또는 차단할 수 있도록 설계하였다. 주행시 경로의 조건에 따라 각 모듈의 속도와 토크를 계산하며 험한 경로의 경사도에 따라 구동 되는 모듈 수를 가변적으로 조정하여 험로 및 평탄도로 등의 다양한 경로환경에 효율적으로 주행하도록 하였다. 험로 모델을 이용한 실험을 통하여 모듈을 가변적으로 구동할 수 있는 로봇을 구현하였다.

Key words : Multi-Modular Robot, Arthropods Structure, Rough Road Driving, Variable Multi Module

1. 서 론

이동로봇 중 재난, 전쟁 지역이나 협소구역의 탐사를 목적을 수행하기 위한 로봇은 건물잔해, 계단 등의 장애물 과 같은 비평탄지역의 임무도 원활하게 수행하여야 한다. 그렇기 때문에 이동로봇의 비평탄지역 주행과 장애물 극복에 관한 연구는 이동로봇 기술에 항상 대두 되고 있다. 비평탄지역을 이동하기 위해서는 항상 지면과의 접촉상태를 유지해야 주행 구동력 확보 및 장애물을 극복할 수 있다.

이에 지형지물에 강인한 적응력을 갖는 절지동물에서 착안하며 여러 개의 동일한 관절과 마디로 구성되어 지형에 따라 적절한 가변 구동력을 갖는 다중모듈 로봇을 연구하였다. 다중모듈 로봇은 동일한 구조의 여러 마디와 관절이 연결되어진 형태로 절지동물의 마디와 다리는 단일구성모듈에 바퀴를 달아 모방하고 절지동물의 관절은 단일구성모듈 사이에 스프링링크를 연결할 수 있도록 설계하여 모방하였다. 이런 다중모듈 로봇은 단일구성 모듈이 다수로 연결된 형태이며 다중모듈 로봇은 다음과 같은 장점이 있다.

첫째로 다중모듈은 동일한 모듈 사이의 결합을 통한 새로운 디자인의 개발이 용이하고, 각각의 모듈은 동일한 플랫폼으로 개발할 수 있는 장점이 있다.

둘째, 절지동물의 마디가 동일하다는 것에 착안하여 단일구성 모듈은 하드웨어, 소프트웨어의 단일플랫폼 구조로 설계하여 다수의 모듈을 결합하여 구동시 단일구성모듈에 대한 고장을 교체를 통하여 신속

* 檀國大學校 電子電氣工學部

(School of Electronics and Electrical Engineering, Dankook University)

★ 교신저자 (Corresponding author)

※ 감사의 글 (Acknowledgment)

본 연구는 단국대학교 지원에 의하여 수행되었음

接受日:2010年 5月 22日, 修正完了日: 2010年 6月 26日

하게 적용할 수 있다.

마지막으로 다수의 모듈이 연결되어 높은 자유도를 보이며 이는 지형지물에 대한 적응이 빠르고 목적에 맞게 다양한 자세제어가 가능하다는 장점이 있다. 연구 내용은 재난지역의 인명탐색, 전쟁터에서 적의 탐색 및 정보획득, 산업현장에서 사람의 안전을 확보하고 작업능률을 높일 수 있을 것으로 기대되며, 또한 이동로봇의 장애물 극복에 관한 요소기술을 향상시킬 수 있을 것으로 기대 된다.

본 연구에서는 다중모듈 메커니즘을 설계 구현하여 다수의 단일모듈이 연결되도록 고안하고 다수모듈 설계 시 제작이 용이한 단일플랫폼을 구현 하였다. 또한 다수 모듈의 시너지 효과로 장애물 극복능력과 고장 시 대처능력을 향상시킬 수 있는 가능성을 보였다. 이를 위해 소프트웨어와 하드웨어의 단일플랫폼을 구현 하였고 이는 시간이 촉박한 재난, 구조현장에서 빠른 현장 적응력을 보여 줄 것으로 생각된다.

소프트웨어의 단일플랫폼을 위해 딥스위치로 모듈 간 우선순위를 결정하는 것 또한 다수의 모듈 동작 시 각 모듈 고장대처능력을 향상시킬 것으로 기대 된다.

II. 다중모듈 로봇의 설계

절지동물을 모방한 다중모듈 로봇은 동일한 구조의 여러 마디와 관절이 연결되어진 형태로 절지동물의 마디와 다리는 단일구성모듈에 바퀴를 달아 모방하고 절지동물의 관절은 단일구성모듈 사이에 스프링링크를 연결할 수 있도록 설계하여 모방하였다. 그림 1은 수동형 관절과 수동형 바퀴 구조를 갖는 다중모듈 로봇의 구조를 보여준다. 다중모듈 로봇은 비평탄 지역의 원활한 주행을 위해 각 관절을 수동적으로 움직여 지형에 빠른 적응력을 갖는 구조이다[3].

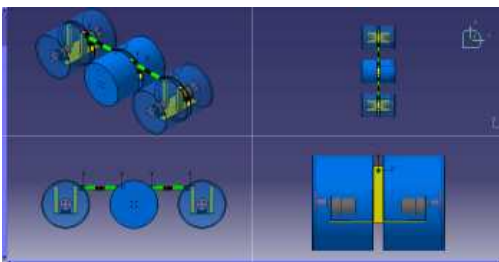


Fig. 1. Multi-module robot structure
그림 1. 다중모듈 로봇의 구조

또한 단일모듈 고장시 모듈을 교체하여 장애상황을

극복한다. 이 다중모듈 로봇은 3개의 모듈이 수동형 관절로 연결되어진 형태이며 6개의 바퀴와 2개의 수동형 관절 로 구성된 어른 적응 각 모듈은 독립적으로 구동 가능 하며 마이크로프로세서, 모터드라이버, 무선통신모듈, 배터리가 내장 되며 각 모듈 사이는 관절로만 이어지며 다른 물리적인 연결은 없다.

절지동물의 형태에서 착안한 다중모듈 로봇은 절지동물의 장점을 모방하기 위해 각각의 모듈마다 바퀴를 달아 다수의 단일모듈을 직렬로 연결한 형태다. 이러한 단일모듈 로봇이 연결되어 그림 2 와 같이 비평탄지역에서 지형적응력을 높일 수 있으며 각 모듈 간의 연결로 인해 계단 같은 수직 장애물도 극복 가능 할 수 있다.

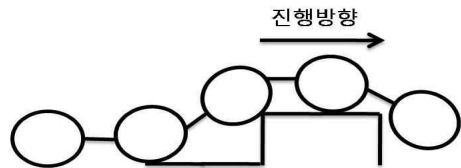


Fig. 2. Modular Robot Driving on Rough Path
그림 2. 험로에서 모듈 로봇 진행 방법

다중모듈 로봇의 시스템은 모듈로 구성된 로봇 팀의 경우에 그림3 과 같이 단일모듈 로봇이 직렬로 연결되어 협동해서 적절하게 목표를 달성할 수 있도록 제한된 능력을 가진 간단하고 저렴한 로봇들을 구성 할 수 있다.

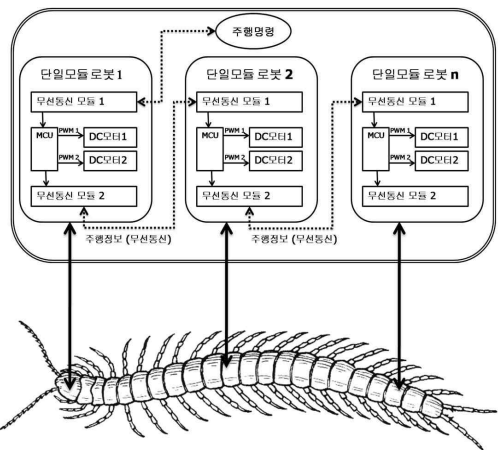


Fig. 3. Comparison of arthropod with multi-module robot
그림 3. 절지동물과 다중모듈 로봇의 비교

각각의 로봇은 다양한 능력은 없지만, 그들이 팀을 이루어서 협동하여 적절하게 목표를 성취할 수 있도록 하는 것이다. 이러한 로봇 시스템은 유지와 보수, 그리고 프로그램을 보다 쉽게 할 수 있으므로 결과적으로 보다 저렴한 로봇 시스템 구성을 가능하게 한다. 더군다나, 각 로봇들은 기능 확장이 쉽고, 다수의 운용에서 신뢰도를 확보할 수 있기 때문에 만약 하나의 모듈이 오작동을 하더라도 해당된 모듈의 능력만 상실할 뿐, 전체 시스템은 정상적으로 동작하는 로봇들에 의해서 계속적으로 작업을 수행할 수 있다[6].

III. 로봇 구현

다중모듈 메커니즘을 가진 주행로봇의 실제 제작된 형상을 그림 4에서 보이며 이 로봇의 제원을 표 1에서 보인다. 다중모듈 로봇은 비평탄 지역의 지형 적응력을 향상시키는 연결구조형 로봇이며 DC모터와 무선통신 모듈을 통해 각 모듈간의 바퀴회전 정보를 공유하여 원활한 주행과 장애물 극복 능력을 향상시킬 수 있는 구동 메커니즘을 지니고 있다.



Fig. 4. Experimental 2-module robot.

그림 4. 실험용 2-모듈 로봇

다중모듈 로봇에 사용된 회로부에는 8Bit MCU와 2개의 무선통신모듈, 그리고 2-ch 모터드라이버를 장착해 2개의 DC모터를 제어할 수 있으며 HOST PC와 통신할 수 있다. 구동부는 2개의 DC모터가 장착되었으며, DC모터는 기어헤드 방식의 모터로 27:1의 기어비를 갖는다. 모터와 바퀴는 연결축이 없는 직접연결 방식이며 모터지지대에 완충장치를 장착해 바퀴의 운동성을 향상 시키도록 하였다. DC모터는 바디프레임 밑판에 대칭형으로 장착되어 있다. 또한 바디프레임을 바퀴에 내장하는 설계로 로봇 이동 간 바퀴의 접

지력을 향상시킬 수 있다.

다중모듈 로봇은 우선순위를 정해 각 모듈을 연결한다. 우선순위 1번 모듈은 HOST PC의 주행명령을 받아들여 다음 모듈에게 주행정보를 제공한다. 따라서 HOST PC의 주행명령은 다중모듈 로봇의 우선순위 1번만 수신할 수 있도록 되어 있다.

Table 1. Multi-module Robot Spec.

표 1. 다중모듈 로봇의 제원

	제원
단일 모듈 크기	150(L)x280(W)x150(H) [mm]
연결부 크기	180 [mm]
단일 모듈 무게	2.4 kg
연결부 무게	0.3 kg
사용 모터 토크	4.6kg-cm
모터 전력	12.96W
변속 기어비	27:1

또한 우선순위 1번 모듈은 연결되어진 모든 모듈의 바퀴속도를 모니터링 하며 다중모듈 로봇 전체의 속도를 조정한다. 이러한 제어를 하지 않는다면 다수의 모듈이 연결되어진 다중로봇 모듈은 원활한 주행을 할 수 없다. 예를 들어 한 모듈은 바퀴를 60RPM으로 주행하고 다른 모듈은 90RPM으로 주행한다면 60RPM으로 주행하는 모듈이 90RPM으로 주행하는 모듈 보다 속도가 느리기 때문에 60RPM 모듈을 밀거나 당겨야 하는 상황이 발생한다. 그렇게 된다면 90RPM으로 주행하는 모듈에게는 60RPM으로 주행하는 모듈 자체가 부하가 되기 때문에 다수의 모듈이 결합된 다중모듈 로봇의 일관성 있는 속도제어는 원활한 주행에 있어 필수적이라 할 수 있다. 이에 다중모듈 로봇은 디스위치로 로봇의 우선순위를 정하여 각기 다른 프로그램을 선택하도록 하여 각자 역할을 분담하도록 하였다.

다중모듈 로봇은 전, 후, 좌, 우, 4방향으로 주행할 수 있도록 설계 되었다. HOST PC에서 전진 명령이 떨어지면 우선순위 1번 모듈이 전진 명령을 수신한 후 각 모듈의 모든 DC모터를 정 방향으로 구동시켜 원활한 전진을 수행한다. 후진 명령 역시 동일하며 후진 명령 시 모든 DC모터를 역 방향으로 구동한다.

각 모듈은 모터의 방향을 표시하는 LED가 있으며 프 로세서는 각 DC모터의 구동방향을 감지할 수 있다.

IV. 구동 실험

1. 장애물 모델 구간 주행

그림 5. 와 같이 높이 7cm, 폭 12cm의 장애물 모 델을 전진주행을 이용하여 주행 하였다. 로봇의 실제 주행정보를 취득하기 위하여 Zigbee 모듈로 Host PC 와 연결하여 50ms 단위로 바퀴의 분당회전속도, 소비 전류, 토크를 측정하였다. 본 실험의 목적은 단일모듈 로보트로 극복할 수 없는 수직장애물을 모듈의 추가 로 극복능력의 향상을 확인한다.

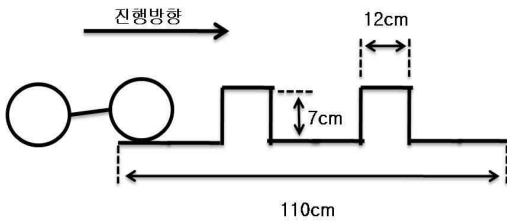


Fig. 5. Barrier Model
그림 5. 장애물 모델

다중모듈 로봇이 장애구간을 t1부터 t9 까지 구간에서 주행 실험을 그림 6의 (a) ~ (i) 에서 각각 보인다. 실험에서 단일모듈 로보트로로는 극복할 수 없는 장애물 을 구동모듈을 추가하여 주행할 수 있음을 보였다.

2. 장애물 구간 주행 실험결과

그림 7 부터 그림 10 에서 그림의 우측에서 좌측 으로 장애물 주행중 1번 및 2 번 모듈의 좌우측 모 터의 소비전류와 토크를 보인다. 그림에서 t1구간은 정지상황의 다중모듈 로봇이 전진하기 위해 가속을 하여 사용전류량과 토크가 상승하는 것을 보이고, 첫 번째 수직장애물과 1번 모듈이 접촉하는 t2구간은 장 애물 위로 올라가기 위하여 토크가 증가 하며 t3 구 간은 장애물을 넘은 상태이므로 토크가 감소한다.

t4구간은 2번 모듈이 장애물에 올라가기 위하여 토크를 증가 하는 것을 볼 수 있다. 이러한 상황은 다중모듈 로봇이 장애물을 넘어갈때, 1번 모듈은 전 체 모듈을 끌어주는 효과와 2번 모듈은 전체 모듈을 밀어주어 단일모듈은 주행할 수 없는 높이의 장애물 을 강한 구동력에 의하여 주행 가능함을 확인하였 다.

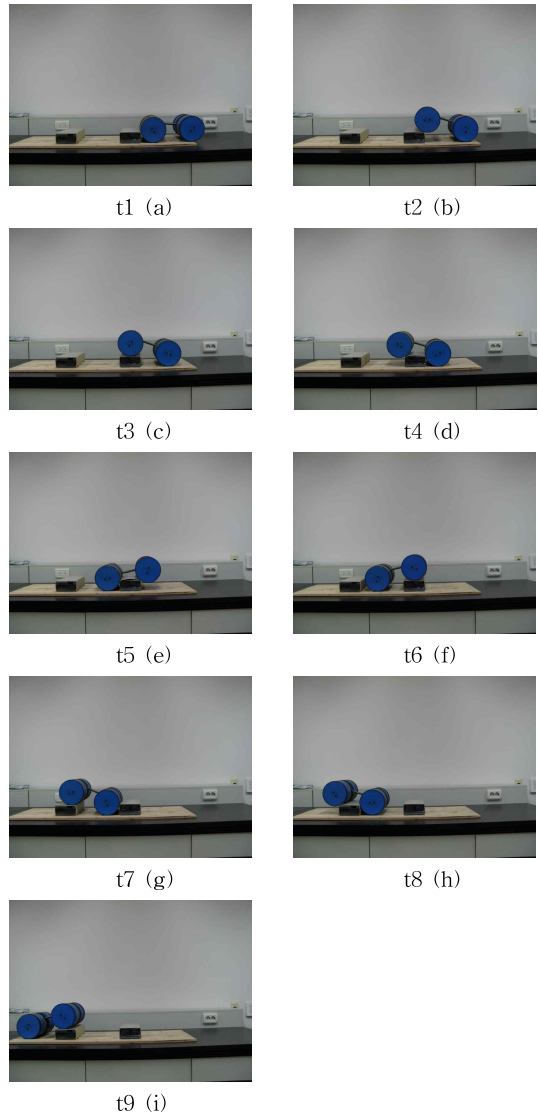


Fig. 6. Barrier sectional driving experiment
그림 6. 장애 구간(t1~t9)별 주행 실험

다중모듈 로봇의 단일모듈 로봇의 높이는 150mm 이며, 단일모듈 로봇은 자신의 50% 높이인 70mm의 수직 장애물을 극복하지 못했지만 모듈을 추가함으로 써 자신의 50%높이인 70mm의 수직 장애물을 극복할 수 있다.

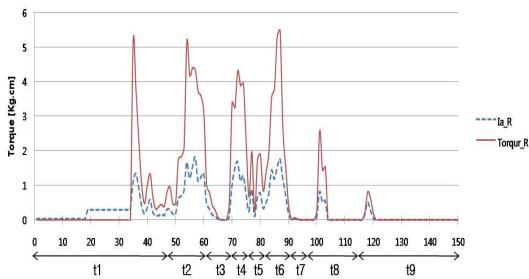


Fig. 7. Module-1 Right Motor Current and Torque
 그림 7. 1번 모듈 우측 모터의 소비전류와 토크

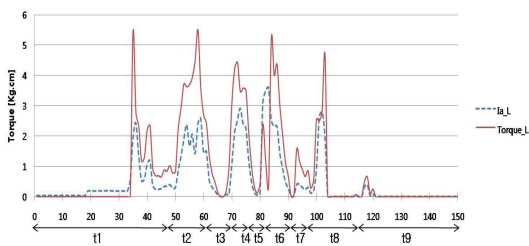


Fig. 8. Module-1 Left Motor Current and Torque
 그림 8. 1번 모듈 좌측 모터의 소비전류와 토크

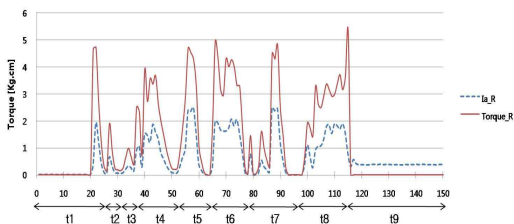


Fig. 9. Module-2 Right Motor Current and Torque
 그림 9. 2번 모듈 우측 모터의 소비전류와 토크

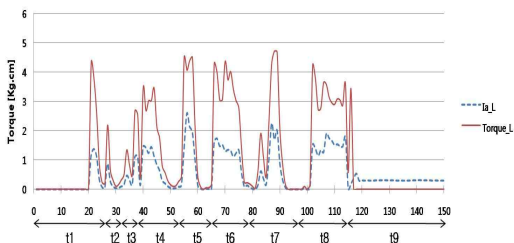


Fig. 10. Module-2 Left Motor Current and Torque
 그림 10. 2번 모듈 좌측 모터의 소비전류와 토크

또한 단일모듈 로봇이 등판하지 못하는 30° 각도

의 등판 구간을 모듈의 추가로 등판 할 수 있으며, 모듈 추가시 구동력이 향상하여 장애물 극복능력의 효율이 증가함을 실험결과를 통해 확인 할 수 있다.

실험에서는 2개의 모듈을 제작하여 연결하고 구동하였다. 구동력이 더 필요할 경우에 추가로 모듈을 연결하여 구동력을 증대할 수 있다. 실험을 통하여 평지에서 장애물을 올라가기 시작해서 장애물의 윗부분에 닿기 까지 구간이 가장 토크가 많이 필요함을 알 수 있었다. 2개의 모듈이 연결될 때, 첫 모듈은 장애물을 올라갈 때, 두 번째 모듈이 전진 방향으로 밀어주는 구동력이 상승되어야 함으로 토크가 증가함으로 볼 수 있다. 이와 마찬가지로 3개의 모듈을 사용할 경우 첫 번째 모듈이 장애물을 올라갈 때, 두 번째, 세 번째 모듈은 진행방향으로 밀어주는 구동력이 상승함으로 모든 모듈의 토크가 상승하는 특성을 보일 것이다. 이 경우 진행방향으로 밀어주는 토크를 두 번째 모듈과 세 번째 모듈이 나누어 분담하므로 각 모듈의 구동토크는 2개의 모듈의 경우보다 작을 것으로 생각된다.

V. 결론

본 논문은 비평탄지역의 뛰어난 지형 적응력을 보이는 절지동물의 장점을 모방하여 다수의 단일모듈 로봇을 연결하고 각 모듈을 여러개 연결하여 주행도로 상황에 따라 가변적으로 구동하는 구조를 갖는 다중모듈 로봇을 설계하고 구현하였으며 실험에 의하여 장애물 주행 능력을 확인하였다. 제안한 다중모듈 로봇은 바디프레임이 바퀴 내부에 있어 로봇이 뒤집어져도 주행할 수 있는 구조와 각 관절이 스프링처럼 유연성을 가진 구조로 연결되어 험로 지형에 강한 적응력을 가지며, 비평탄, 고경사 등의 주행 환경에서도 자유롭게 움직일 수 있어서 험지구행이나, 비평탄지역의 주행에 적합하다. 본 연구의 결과는 붕괴 건물 등의 재난 지역이나, 사람이 접근하지 못하는 산악 험로 위험지역 그리고 탐사용 로봇으로 활용이 가능하다.

참고문헌

- [1] 이석규, 도용태, 박창용, 이재원 공저, “로봇 공학의 이해”, 사이텍미디어사, 2008.
- [2] 박성호 저, “보행로봇 공학의 이해”, 평민사, 2008.
- [3] 양재민, 광윤근, 김수현 저, “지네를 모방한 험지구행용 모듈형 로봇”, 제3회 군사용 로봇 워크샵 3분과, PP. 1~4, 2008.

- [4] Hitoshi KIMURA, Shigeo HEROSE and Keisuke SHIMIZU, "Stuck evasion control for Active-Wheel Passive-Joint snake-like mobile robot 'Genbu'", Proc. of the IEEE on Robotics and Automation, PP. 5087-5092, 2004.
- [5] Hitoshi KIMURA, shigeo HIROSE "Development of Genbu: Active wheel passive joint articulated mobile robot", Proc. of the IEEE on Robotics and Automation, PP. 823-828, 2002.
- [6] 차영업 저, "자육적인 모듈형 다중 로봇 시스템의 개발", 기초과학연구사업 학술기사, PP. 1~30, 2003.
- [7] 윤효원, "ARM9 프로세서 기반 주행 로봇 플랫폼을 위한 무선랜 환경의 원격 영상 감시 시스템 구현", 단국대학교 대학원 전기공학과 전기공학전공 석사학위 논문, PP. 3-16, 2007.
- [8] 김희수, "무선랜 기반의 ARM 프로세서를 이용한 PMP 구현", 단국대학교 대학원 전기 공학과 전기공학전공 석사학위 논문, PP. 1-32, 2006.

신 인 철 (정회원)



1973년 : 고려대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 1978년 : 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
 1986년 : 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 1979년 9월~현재 : 단국대학교 전자전기공학부

<주관심분야> 마이크로 프로세서 응용 시스템 설계
 정보보호 (공개키 및 비밀키 시스템)
 스마트 카드 보안

저 자 소 개

백 유 광 (학생회원)



2008년 : 영동대학교 컴퓨터공학
 과졸업 (공학사)
 2010년 : 단국대학교 대학원 전자
 전기공학과 (공학석사)
 <주관심분야> 마이크로프로세서
 응용, 자동화 시스템

한 경 호 (정회원)



1982년 : 서울대학교 전자공학과
 졸업 (공학사)
 1984년 : 서울대학교 대학원 전자
 공학과 (공학석사)
 1992년 : Texas A&M대학교 대
 학원 Elec. Engr.과 (공학박사)
 1993년 9월~현재 : 단국대학교
 전자전기공학부

<주관심분야> 임베디드 시스템, 지능형 교통시스템,
 지능형 로봇 시스템