

# 안센 키네틱스를 기반으로 한 보행 로봇 개발

## Development of a Legged Walking Robot Based on Jansen Kinetics

김선욱\* · 김연균\* · 정하민\* · 이세한\*\* · 황승국\*\*\* · 김동현\*\*\*\*

Sun-Wook Kim\*, Yeoungyun Kim\*, Hahmin Jung\*, Se-Han Lee\*\*, Seung-Gook Hwang\*\*\* and Dong Hun Kim\*\*\*\*

\*경남대학교대학원 첨단공학과

\*\*경남대학교 기계자동화공학부

\*\*\*경남대학교 정보통신공학부

\*\*\*\* 경남대학교 전기공학과

### 요 약

부산과 경남의 경우 해안가뿐 만 아니라 습지 지역과 지역을 통과하는 낙동강의 넓은 남해안 벨트 등 다양한 형태의 환경으로 둘러싸여있다. 이러한 다양한 형태의 부정형 지역에서 활동할 수 있는 로봇의 이동 플랫폼이 요구되고 있다. 하지만 이러한 지형에 바퀴가 달린 감시로봇을 사용한다면 모래나 습지표면에 바퀴가 빠져 움직일 수 없다. 또한, 관절 로봇은 속도가 느리고 몸체가 움직일 때마다 기울어져 넘어질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 모래 위, 습지에서 효과적으로 보행할 수 있는 메커니즘을 개발하는 것이다. 개발한 생물체 로봇에 카메라, 적외선 센서 등을 장착하고, 이 센서들을 이용하여 소프트웨어 알고리즘을 이용하여 주위 환경에 반응하도록 한다. 또한 블루투스 통신 모듈을 장착하여 외부와 통신하며 외부의 명령에 순응하는 행동을 할 수 있게 한다. 본 연구의 최종 목표는 습지, 모래, 물 위에서 가장 적합하게 작동할 수 있는 생물체를 로봇으로 구현하고, 게 로봇에 부착된 카메라 정보를 통해 필요부분을 감시할 수 있으며, 컴퓨터에 전송된 화면을 보고 사용자가 로봇을 제어 할 수 있는 지능형 로봇을 제작하는 것이다.

**키워드 :** 지능로봇, 생물체로봇, 게로봇, 테오안센

### Abstract

In this paper, the mechanism that can walk efficiently in wet land or sand area is proposed. A vision camera is attached to the mechanism, which makes a kind of biologically inspired robot for coast guard. This visionary information enables the biologically inspired robot to react in peripheral environment by a soft-computing algorithm. In addition, the biologically inspired robot can achieve the mission appointed by a programmer connecting with outside, based on RF and Blue-tooth communication module. Therefore, the purpose of this research is the implementation of the biologically inspired robot that can operate most adaptively in sand and wet surface based on Theo Jansen mechanism.

**Key Words :** Intelligent Robot, Biologically-inspired Robot, Crab Robot, Theo Jansen

## 1. 서 론

주위 환경에 효율적으로 대응하는 로봇을 실현하기 위하여 동물이나 생물체를 관찰, 해석, 이해함으로써 그 기능을 체계화하여 도입하는 생물체형 로봇(Bio-morphic Robot)

접수일자 : 2010년 4월 3일

완료일자 : 2010년 6월 14일

+ 교신 저자

본 논문은 본 학회 2010년도 춘계학술대회에서 선정된 우수논문입니다.

감사의 글 : 이 논문은 2008년도 정부재원(교육 인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음.(KRF-2008-331-D00223)

연구에 최근 10년간 많은 관심이 높아지고 있다[1]-[7]. 또한, 우주탐사, 군용이나 응급구조용 등의 응용분야나 인간의 접근이 어렵고 위험한 지역에 투입해야 하는 분야에서 이와 같은 로봇의 실용화에 상당한 기대를 걸고 있다. 이와 비슷한 개념으로 접근하는 연구는 미국, 독일, 일본 등 일부 선진국을 중심으로 활발히 진행되었으며 휴먼, 곤충, 물고기, 파충류 등의 다양한 형태로 연구되고 있다. 국내에서도 생물학적 모방 로봇에 다각적인 접근이 이루어지고 있으나 인공지능이나 인공생명의 개념을 도입한 인간형 로봇과 다체로봇에 관한 연구가 일반적이며 생물체형 로봇에 관한 연구는 아직 미비한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 다관절 생물체 모방 로봇을 대상으로 하여 로봇의 운동 및 행동 특성을 이해하며, 이들의 구조적인 특성 및 기능을 도입함으로써 새로운 동적 기능을 창출하고 환경변화에 적응해가는

생물체 운동 메커니즘을 구현한다.

이미 해외에서는 지능 혹은 동작 모션에 대한 새로운 영감을 얻기 위해 많은 로봇 공학자들은 생물체에 관심을 기울이고 있다. 현재 결과물로 물속을 유영하는 물고기 로봇, 물속과 육지 양쪽을 이동하는 도롱뇽 로봇(Salamander Robot), 도마뱀붙이(gecko)의 발에 있는 집착성 섬유조직에서 영감을 얻어 벽을 기어 다닐 수 있도록 제작한 월봇(Waalbot), 바퀴벌레와 같은 뱀새를 풍기며 바퀴벌레를 유인하는 기계 바퀴벌레를 비롯해 독립적으로 작동하는 20개의 모듈들의 의사소통을 하며 다양한 형태를 취하며 장애물을 피하는 자율변형로봇 M-TRAN (Modules-Transformer)이 있다. 최근에는 보스턴 다이나믹스와 미국 펜실베이니아, 버클리 대학 등이 공동으로 참여하여 벽 혹은 나무를 수직으로 타는 로봇을 개발하였다.

생체모방 로봇(Bio-robotics)이 가지고 있는 커다란 특징 중에 하나는, 로봇의 설계 구조에 대해 영감의 근원으로 생물학적 원리를 사용하는 것이다. 즉, 로봇 연구자들이 생물학의 원리와 지식을 연구하면 더 진보한 로봇을 창조할 수 있다는 것이다. 실제 동물의 모습 혹은 행동 특성을 도구로 로봇의 하드웨어와 소프트웨어설계에 이용하는 것이 생물학과 로봇의 관계에 대한 공통성과 양쪽의 학문 발전에 커다란 도움을 줄 수 있다는 것이 그 해답이다.

부산과 경남의 경우 해안가뿐만 아니라 습지 지역과 지역을 통과하는 낙동강의 넓은 남해안 벨트 등 다양한 형태의 환경으로 둘러싸여있다. 이러한 다양한 형태의 부정형 지역에서 활동할 수 있는 지능로봇의 이동 플랫폼이 요구되고 있다. 또한, 우리나라의 경우 북한과 대치하여 인접한 해안가에 많은 경비초소가 있으며, 바닷가와 줄 떨어진 초소에서 경계 경비를 하고 있다. 하지만 이러한 지형에 바퀴가 달린 감시로봇을 사용한다면 모래나 습지표면에 바퀴가 빠져 움직일 수 없다. 일반적인 관절 로봇은 속도가 느리고 몸체가 움직일 때마다 기울어져 넘어질 수 있다. 따라서 본 연구를 통해 테오안센[8] 기반의 게 모양 형태의 생물체 로봇을 제작하였다. 습지와 해안가 모래위에서 게 로봇에 부착된 카메라 정보를 통해 필요부분을 감시할 수 있으며, 컴퓨터에 전송된 화면을 보고 사용자가 로봇을 필요한 위치로 옮기며 임무를 수행할 수 있다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구 방법

제작한 해안 감시용 보행 로봇은 크게 두 가지 단계로 동작하게 만들어진다. 첫째로, 생물체의 다리 형태를 모방한 몸체 구동부이다. 육지에서 보행하는 다관절 형태의 다리형태는 많이 연구되었다. 하지만, 기존의 방법들은 각각의 다리에 서보모터를 사용하고 있어서 너무 많은 무게가 나가고, 속도에서도 빠르지 않다. 따라서 모터의 수는 가급적 줄이고, 몸체의 안정성을 높이는 방법이 가장 좋다. 또한, 모터의 수를 줄여도 전, 후, 좌, 우 움직임이 쉽게 가능하여야 한다. 본 연구에서의 게 로봇 동작환경은 해안 모랫가, 갯벌, 습지와 같은 환경을 의미한다. 이러한 몸체가 자신의 몸체를 안정적으로 유지하고, 모래, 갯벌 환경에 몸체가 빠지지 않으려면 테오안센 기반의 구조 형태가 가장 이상적이다. 따라서, 1차 연구 목적은 위와 같은 모든 조건들을 만족시키는 몸체 구동부를 만드는 것이다. 2차 연구 목적은 장착된 센서들을 이용하여 주변 환경을 파악하고 센서

정보의 융합을 통하여 적합한 행동을 선택하고 이를 실제 행동으로 옮기는 것이다. 또한 대상 로봇을 근거리 혹은 원거리에서 로봇에 장착된 카메라로 외부 환경을 보면서 사용자가 직접 조작할 수 있도록 블루투스 통신을 이용한 리모트 컨트롤 제어 형태의 비자율(Non-autonomous)형 로봇을 구현하였다.

본 연구에서는 해안가 모래, 갯벌의 지면에서 보행하는 게(Crab)의 이동형태에서 아이디어를 얻어서 지능로봇의 이동 플랫폼을 개발하였다. 기존에 게걸음을 모방한 로봇의 경우 보행에 사용된 관절은 4~6개 정도로 일반적인 로봇 매니플레이터 형태를 지니고 있으며, 각 관절을 제어하는데 많은 부담이 되었다. 본 연구에서는 최종 목표인 지능로봇의 신속한 이동을 위해서 외형적으로는 게(Crab) 관절을 갖추고 있지만, 구동 측면에서는 거의 바퀴 형태를 갖는 테오안센 메커니즘을 채용하였다. 본 메커니즘의 경우 단순히 회전 구동력만을 사용하여 매우 자연스러운 보행을 달성할 수 있으며, 독립된 2개의 메커니즘을 이용하여 전후좌우 이동 등 이동방향 전환이 매우 용이한 특징을 갖고 있다. 뿐만 아니라 본 메커니즘은 세부적으로는 다각(Multi-leg)형태의 보행 기능을 갖고 있어서 모래 바닥 같은 부정형(Irregular topography) 지역을 수월하게 이동할 수 있으며, 외형적으로는 거의 바퀴 주행과 매우 유사하여 효율적인 이동 성능을 달성할 수 있다.

### 2.2 기구학 및 로봇 구성

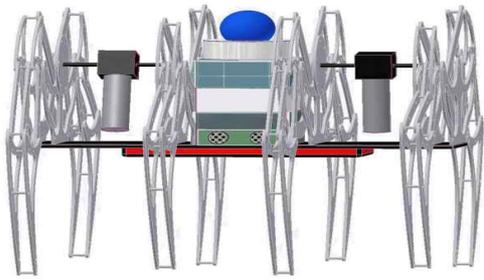
그림 1은 테오안센 기구 1조를 수정하여 예시한 것으로, 2조를 병렬로 연결하고 각각 독립적으로 제어하게 되면 크롤러(Crawler: 무한궤도) 구동과 유사하게 매우 견실한 이동 성능을 갖는 반면에 크롤러 특유의 지면 파손 현상은 발생하지 않아서 주변 토양 훼손이 최소화 될 수 있다. 두 개의 다리가 반대방향으로 모터의 양측에 연결되어 모터가 회전할 때 두 개의 다리가 엇갈리면서 움직인다. 예를 들어, 그림 1에서 진한실선의 다리가 한쪽을 들고 있을 때는 같은 방향의 연한실선 다리가 바닥에 지지 됨으로서, 기존의 관절운동의 로봇과 달리 몸체의 흔들림을 최소화한다[9].



그림 1. 테오안센 기구의 동작방법

Fig. 1. Theo Jansen Mechanism of movement method

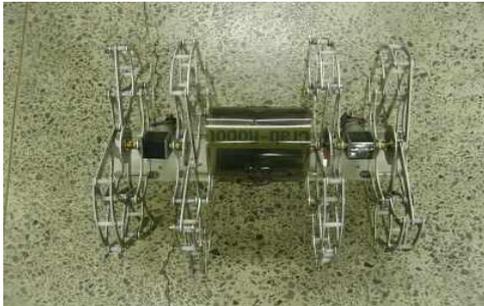
그림 2의 (a)는 구상도이고, (b)는 제작된 테오안센 기구 모형인 게 로봇 측면 사진으로 1조를 구체적으로 나타내고 있다. (c)는 테오안센 기구 4조로 구성되어 제작한 로봇이다.



(a) 구상도



(b) 기구 모형 측면 1조



(c) 기구 모형 4조

그림 2. 테오안센 기구 모형

Fig. 2. Theo Jansen mechanism model

테오안센 기구의 제어 측면에서는 기구의 제어는 단순하게 각 기구부를 구동하는 모터제어 문제에 해당하며, 이 기구는 기구부 회전의 단순한 역회전을 통해서 주행 방향이 전환되는 장점을 갖고 있다. 뿐만 아니라 테오안센 기구는 4절 링크의 이론을 도입하여 말단 다리 부분의 가속도 발생을 최소화 할 수 있으며, 이동 플랫폼 무게 중심의 상하 방향에 대한 변동을 최소화 시켜서 주행에 필요한 에너지 소모를 최소화할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 테오안센 기구를 해안가 모래, 습지 등의 지면환경에 이동 가능하도록 움직이는 동체로 수정하여 몸체 구동부로 이용하려고 한다. 기존의 테오안센 기구는 조명, 광원효과를 외부에 주어서 디자인 예술에서 소개된 적이 있다. 하지만, 테오안센 기구학을 기반으로 비전과 센서를 부착하고 움직이는 공학적 로봇은 기존에 연구되지 않았다. 본 연구에서의 이동부는 테오안센 기구를 근간으로 하며 모래 및 습지에서 보행할 수 있도록 새롭게 설계하여 제작하였다.

생물체 로봇의 내부는 중앙처리부, 필요한 정보를 계측하기 위한 센서부, 블루투스 모듈과 같은 통신부, 전원공급기

로 구성되어있다. 생물체 로봇은 장애물을 회피하기 위해서 초음파 센서를 사용하였으며, 초음파 센서는 장애물 회피 알고리즘을 기반으로 자율적으로 장애물을 회피하게 된다.

연구의 핵심은 테오안센 구조로 하드웨어(H/W) 구성에 맞게 기구부를 설계, 제작한 후, 비전에 의한 감시, 특정 센서에 의한 계측, 사용자가 지정한 목적지로의 이동 등의 행동을 할 수 있는 생물체 모방 계 로봇을 제작하는 것이다.

하드웨어 구성부분은 크게 외형적인 구조와 구동부를 제어하기 위한 부분으로 나뉜다. 구동부를 제어하기 위해서 마이크로 컨트롤러(Microcontroller)와 DC(Direct-current) 모터 구동 드라이버, 소형 무선 카메라, 블루투스 통신 모듈, 제어용 소형 노트북 및 기타 회로 소자로 구성되어 있다. 표 1과 같이 외형적인 구조로 보았을 때 계 로봇의 구조는 크기(가로, 세로, 높이), 무게, 주재질, 다리과 다리사이의 간격 등으로 표기하였다.

표 1. 외형 구조와 제원

Table 1. Major external structures and specifications

외형 구조	제 원
크 기	45×40×35cm
무 게	3.3kg
주재질	알루미늄(두께 2mm)
다리 간격	7cm
한 개 다리의 두께	3cm
지지대 넓이	45×9.1cm

구동부의 제어 부분은 표 2와 같다. 실험에서 사용하는 블루투스는 임베디드 보드의 UART( Universal Asynchronous Receiver Transmitter: 범용 비동기 송·수신기)를 블루투스 무선 통신으로 PC의 URAT로 연결 할 수 있도록 제작한 블루투스 무선 시리얼모듈이다. 또한 USB (Universal Serial Bus: 범용 직렬 버스)블루투스 dongles을 이용하면 PC쪽에서는 블루투스 모듈들을 일반 시리얼 장치로 인식하여 다수의 블루투스모듈과 연결할 수 있다. 마이컴에서 제어 할 수 있는 제원을 우선으로 받아서 무선 통신으로 연결하여 센서의 데이터를 수집하거나 원격제어를 할 수 있다. 보드 레이트는 고정되어 있으며 임의로 설정할 수 없고 57.6Kb로 고정되어 있다. 베벨기어 양측 DC 모터를 사용하고 있다. 계 로봇의 무게 비율에 모터의 토크로 움직일 수 있게 적당한 감속비를 선택하였다. 모터 구동을 위해 안정적인 구동전류와 제어를 위해 모터 드라이버를 사용하였고, 영상 정보를 얻기 위해 소형 무선 카메라를 장착 하였다.

표 2. 주요 부품과 제원

Table 2. Major components and specifications

주요 부품	제 원	
블루투스모듈	전 압	3.6~8Vdc (평균 5Vdc)
	송·수신거리	20M 이내
	보드 레이트 (baud rate)	57.6Kb(고정값)
DC 모터 드라이버	모터제어 수	2EA
	최대 전류	Dual 2A
	구동 전압	5Vdc ~ 45Vdc

	컨트 롤러	L298N(1EA)
	제어 신호	Enable,DIR,CLK
베벨기어양축 DC모터	감속비	1/100
	정격 토크	6.6(Kg-cm)
	정격 회전수	60(rpm)
	정격 전압	12Vdc
배터리	리튬폴리머(11.1Vdc, 2.2A)	
마이크로 컨트롤러	AVR(atmega128)	
소형 무선 카메라	1/3인치 컬러 CMOS센서 2.4GHz(4채널)	

구동부를 제어하기 위해서 그림 4와 같이 블록 다이어그램으로 나타냈다. 마이컴과 모터 구동, 그리고 카메라에 들어가는 전원이 상이하기 때문에 그에 따른 전원 공급 부분이 있으며, 구동부를 제어하기 위한 마이크로 컨트롤러, 모터 드라이버가 있고 또한 외부에서 제어하기 위한 블루투스 통신 모듈이 있다. 그림 5는 제작된 게 로봇의 제어 보드이며, 블록 다이어그램에서 보여준 것과 같다.

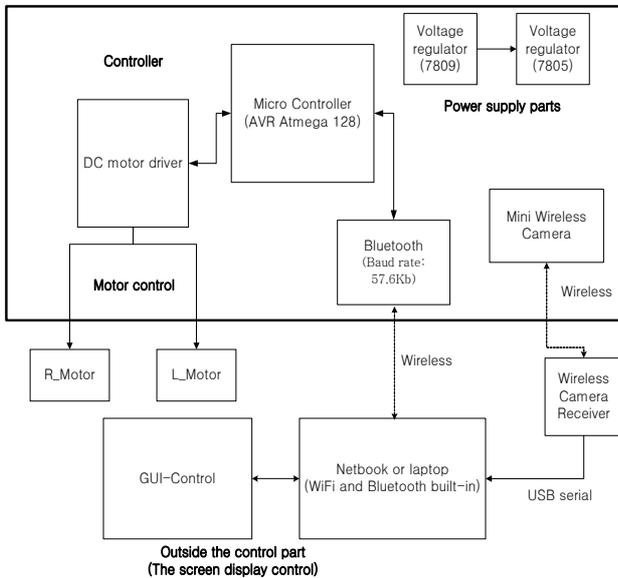


그림 4. 블록 다이어그램  
Fig. 4. Block Diagram

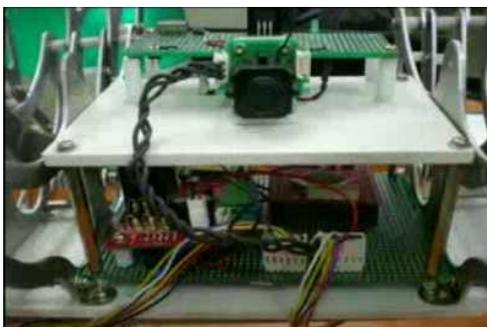


그림 5. 게 로봇 구동부 제어보드  
Fig. 5. Actuator Control Board

### 3. 게 로봇 제어 및 구동

#### 3.1 게 로봇과 넷 북(Netbook)의 블루투스 통신

실험에서 제작한 게 로봇은 블루투스통신을 이용하여 원거리에서 무선으로 제어하는 비자율형 로봇이다. 원거리에서 제어할 수 있는 기기로는 블루투스모듈이 내장 되어있는 소형 노트북의 하나인 넷 북(Netbook)을 사용하고 있다. 넷 북은 간단한 인터넷 사용이 주목적으로 채팅과 문서 작업 및 E-mail을 보내기 위한 소형 노트북이다. 넷 북 이외에 일반 노트북 혹은 Windows 기반의 스마트폰인 삼성 옴니아 시리즈의 휴대폰으로도 제어가 가능하다.



그림 6. GUI 제어창  
Fig. 6. GUI Control Window

그림 6은 넷 북에서 무선 제어할 수 있게 만든 프로그램 화면이다. 게 로봇을 무선 제어하기 위해 C# 프로그램을 이용하여 GUI(Graphical user interface: 그래픽 기능을 활용한 사용자 중심의 인터페이스) 기반의 형태로 만들어진 명령 화면이다. 게 로봇의 제어부에는 마이컴(Avr\_atmega128)을 사용하고 있다. 로봇에 장착된 DC모터를 구동시키기 위해 마이컴 내부에는 PWM(Pulse Width Modulation:펄스폭 변조) 제어의 제어문과 RS232 기반의 통신 프로그램이 내장 되어 있다. C#프로그램은 블루투스 통신을 통해 각종 명령 버튼과 연동되어 있다. C#으로 만들어진 프로그램 창 내부 화면에는 블루투스 통신을 위한 포트 설정 버튼과 게 로봇에 장착된 카메라와 연결할 수 있는 카메라 연결 선택 버튼이 있다. 또한, 로봇을 전, 후, 좌, 우 움직이며, 정지할 수 있는 명령 버튼이 있으며, 우측 명령 버튼에 두 개의 막대기형 상, 하 표시기는 좌측 모터와 우측 모터의 동작시 정·역 회전 상태를 나타내며, 움직였을 때 그에 따라 모터가 회전 한다. 카메라의 영상을 블루투스 통신으로부터 받은 정보 화면을 전시 할 전시 창(680×480)이 상단에 위치해 있다. 그림 6의 좌측 그림은 블루투스 통신

설정에서 시리얼 포트가 설정되지 않은 상태이며, 무선 카메라 또한 연결되지 않은 상태이다. 우측 그림은 블루투스 통신 시리얼 포트가 연결되어지고 무선 카메라의 시리얼 포트 연결이 되어 현재의 영상 정보를 화면으로 보여 주는 상태이다. 통신이 연결되면 각종 명령 버튼이 활성화 되고, 시리얼 포트 번호와 통신 속도가 전시 된다.

### 3.2 제어 흐름도

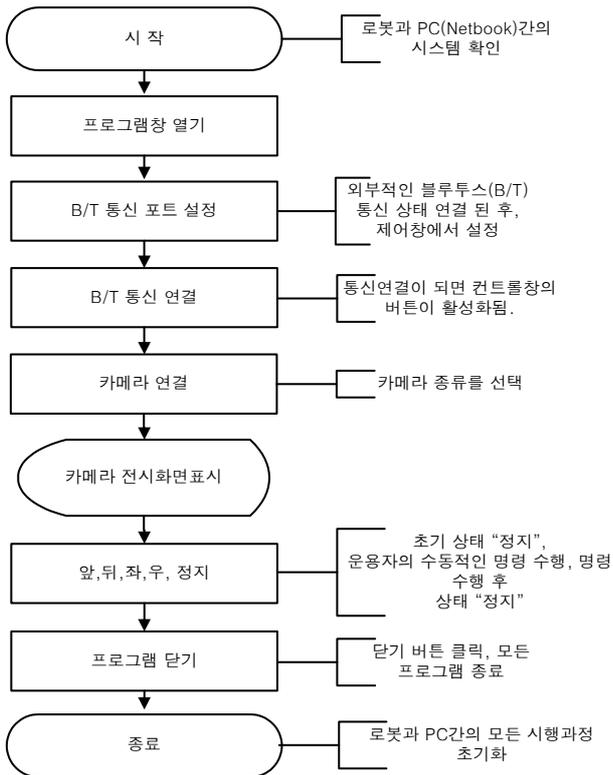


그림 7. 게 로봇과 넷 북간(Netbook)의 제어 흐름도  
Fig. 7. Flow chart between the Crab robot and Netbook

그림 7은 게 로봇과 넷 북간의 원거리 무선통신 제어를 위한 전체 흐름도이다. 게 로봇의 제어기에 달린 메인 스위치를 on 하면, 순차적으로 넷 북과 게 로봇의 제어기에 장착된 블루투스 송·수신을 위해 페어링 방식으로 양 쪽 블루투스 모듈을 인식 한다. 준비 단계가 끝나면 넷 북의 프로그램 창을 열어 프로그램을 실행 하고, 프로그램상의 로봇과 넷 북간의 포트를 설정하고 연결 버튼을 눌러 통신을 한다. 블루투스 통신이 되면 제어창의 명령 버튼이 뚜렷하게 활성화됨을 알 수 있다. 소형 무선 카메라와의 통신 화면을 창에 띄우기 위해 Camera open 버튼을 누르면, 현재 등록된 카메라를 선택할 수 있으며 카메라의 영상을 GUI화면의 창으로 볼 수 있다. 사용자에게 위해서 무선 제어 하기위한 전, 후, 좌, 우, 정지 명령 버튼이 있으며, 초기 상태에는 게 로봇이 정지 되어 있는 상태로 사람과 장비의 안전을 위해 멈춰져 있는 상태를 유지 하고 있으며, 명령 버튼을 실행 후 로봇이 움직인다. 각 명령 버튼을 클릭 후 게 로봇이 움직일 때, 좌, 우 모터의 방향 확인을 위해 막대 형태의 정, 역회전 방향을 보여주는 막대가 있으며 막대를 끌기를 했을

때 방향에 따라 모터가 회전한다. 모든 프로그램이 종료되면, 기계적인 부분도 원래의 상태로 돌아가기 위해 초기화 한다.

## 4. 실험

그림 8은 실제 게 로봇이 동작하는 장면을 보여주는 사진이다. 넷 북에서 블루투스 통신 연결, 카메라와 수신한 것을 보여주며, 사용자에게 의해 로봇이 전, 후, 좌, 우 방향에 따라 움직이는 모습이며, 실내의 평평한 표면과 모래가 섞인 부정형 표면에서 게 로봇이 보행하는 것을 보여준다. 실험사진에서 그림 (a)는 넷 북의 윈도우 화면에서 게 로봇 구동부의 제어장치에 부착되어 있는 블루투스 모듈과 넷 북에 내장되어 있는 블루투스 모듈과 무선 통신 연결을 하기 위한 과정이며, GUI 제어창에서 시리얼 단자의 포트 설정으로 GUI 화면에서 제어 명령을 내릴 수 있게 준비하는 단계이다. 또한 무선 카메라의 정보를 받아오기 위해서 넷 북에서 사용할 수 있는 카메라장치가 검색되며, 검색된 무선 카메라를 선택하여 연결하기 이전 상태이다. 그림 (b)는 블루 통신이 연결된 상태에서 GUI화면이 활성화 되어진 모습이며 카메라 활성화 버튼을 누르면 GUI 프로그램시 컴퓨터에 연결된 영상장치가 자동으로 검색된다. 종류와 유형에 따라 선택할 수 있으며, 실험에 사용한 소형 무선 카메라와 연결하여 정보를 받아서 전시화면에 보여 준다. 그림(c,d)는 실내의 실험상황으로 전, 후, 좌, 우, 회전등 움직이는 모습을 보여 준다. 그림(e,f)는 모래가 섞인 외부 지형에서 걷는 모습이다.

게 로봇 동영상은 다음의 실험실 홈페이지, 유튜브를 통해 확인 할 수 있다.  
(<http://www.kyungnam.ac.kr/~dhkim/index.html>)  
(<http://www.youtube.com/watch?v=IXrdbcB3a4g>)

## 5. 결론

본 연구는 해안가모래, 갯벌의 지면에서 보행하는 생물체 형태를 모방하기 위하여, 게 걸음과 유사한 움직임을 갖는 몸체 구동부를 설계하였다. 모터 구동으로 몸체를 이동시키며, 모터의 동작과 각종 센서의 반응을 마이크로로 제어하여 실제 생물체 행동을 구현하였다. 따라서, 주어진 해안가모래, 갯벌의 지면에서 가장 효율적으로 적용할 수 있는 생물체 로봇을 설계 및 제작하였다. 또한, 블루투스 통신 모듈을 장착하여 외부와 통신하며 사용자가 원하는 동작을 직접 내릴 수 있도록 제작하였다. 사람이 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각의 다섯 가지 감각을 이용하여 주변 환경을 인지하며 행동하듯 로봇도 독립적인 센서를 장착하고 있어야 하고, 이 센서를 통해 얻은 정보를 자신이 가진 정보에 비추어 판단할 수 있어야 하며, 그 판단을 실제 행동으로 옮길 수 있어야 한다. 따라서, 향후 생물체 로봇에 적외선 센서, 초음파 센서, 소리 센서 등을 장착하고, 이 센서들을 소프트웨어 알고리즘을 이용하여 주위 환경에 반응하도록 생물체 로봇에 시각, 청각 감각을 주는 것이 필요하다.

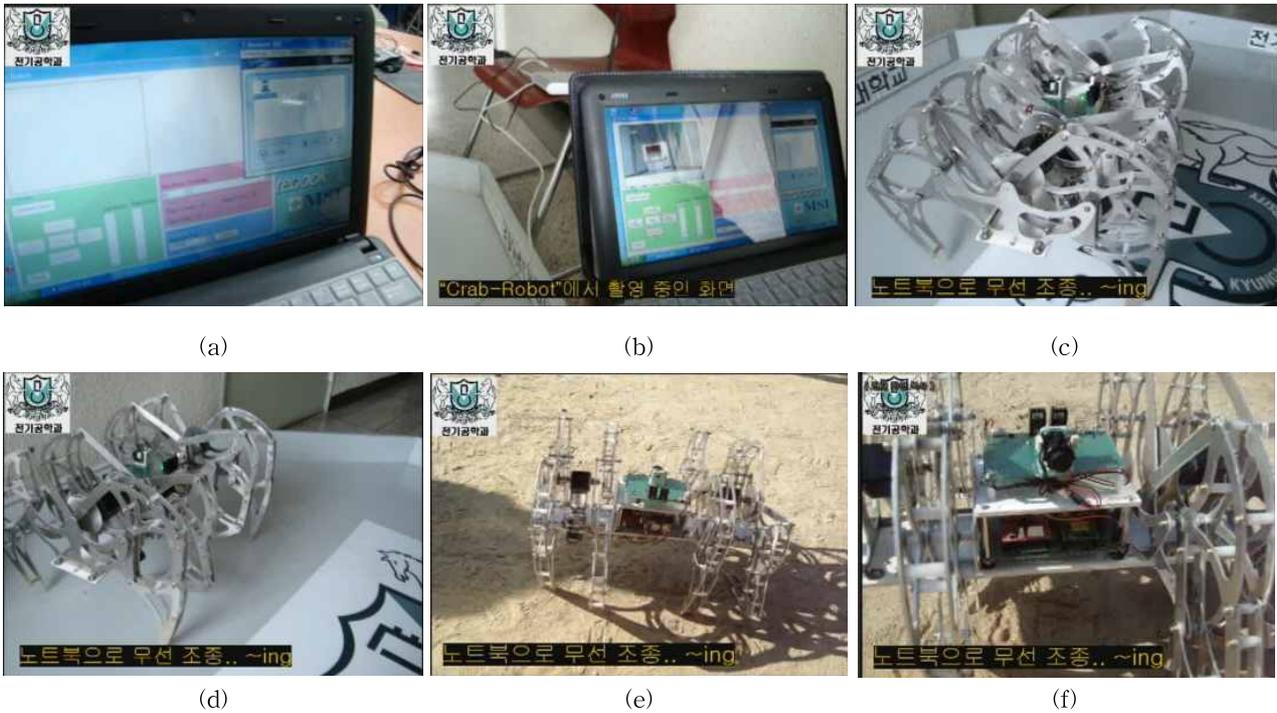


그림 8. 실험 사진  
Fig. 8. Experiment photos

참고 문헌

[1] J. Ayers & J. Witting, Biomimetic approaches to the control of underwater walking machines. *Philosophical Transactions of the Royal Society A-Mathematical Physical and Engineering Sciences* 365, pp. 273-295, 2007.

[2] M. A. Raibert, Special Issue on Legged Locomotion - Foreword. *International Journal of Robotics Research* 9, pp. 2-3, 1990.

[3] R. D. Beer, R.D. Quinn, H.J. Chiel & R. Ritzmann, Biologically inspired approaches to robotics. *Communications of the ACM* 40, pp. 31-38, 1997.

[4] R. E. Ritzmann, R. D. Quinn, J. T. Watson, & S. N. Zill, Insect walking and biorobotics: a relationship with mutual benefits. *Bioscience* 50, pp. 23-33, 2000.

[5] J. G. Cham, J. K. Karpick & M. R. Cutkosky, Stride period adaptation of a biomimetic running hexapod. *International Journal of Robotics Research* 23, pp. 141-153, 2004.

[6] R. Dillmann, J. Albiez, B. Gassmann, T. Kerscher & M. Zoellner, Biologically inspired walking machines: design, control and perception. *Philosophical Transactions of the Royal Society A-Mathematical Physical and Engineering Sciences* 365, pp. 133-151, 2007.

[7] J. Ayers & J. Witting, Biomimetic approaches to the control of underwater walking machines. *Philosophical Transactions of the Royal Society A-Mathematical Physical and Engineering Sciences* 365, pp. 273-295, 2007.

[8] <http://www.strandbeest.com/film.html>

[9] A. J. Ingram, A new type of mechanical walking machine, *Dissertation submitted to the faculty of engineering in University of Johannesburg*, , 2006.

저자 소개



**김선욱 (Sun-Wook Kim)**  
2010년 : 경남대 전기공학과(공학사)  
2010년~현재 : 동 대학원 첨단공학과 석사 과정

관심분야 : 지능제어, 생물체 모방 & 지능로봇



**김연균 (Yeon-Kyun Kim)**  
2009년 : 경남대학교 전자공학과(공학사)  
2010년~현재 : 동 대학원 첨단공학과 석사과정

관심분야 : 지능제어, 스웸로보틱스, 신호처리



**정하민 (Hahmin Jung)**  
2009년 : 경남대학교 전기전자 공학부 졸업  
2009년~현재 : 동 대학원 첨단공학과 석사 과정

관심분야 : 스웸 시스템, 지능제어& 로봇, 디지털 신호처리, 영상처리



**이세한 (Se-Han Lee)**  
1989년 : 고려대 기계공학과 졸업  
1991년 : 고려대 대학원 기계공학과 (공학 석사)  
2002년 : 고려대 대학원 기계공학과 (공학 박사)  
2004년~ 현재 : 경남대학교 기계자동화 공학부 교수

관심분야 : 강인제어, 자동화 로봇, 메카트로닉스  
Phone : 055-249-2149  
E-mail : leesehan@kyungnam.ac.kr



**황승국 (Seung-Gook Hwang)**  
1981년 : 동아대학교 산업공학 학사  
1983년 : 동아대학교 산업공학 석사  
1991년 : Osaka Prefecture University 경영공학 박사  
2010년 현재 : 경남대학교 정보통신공학과 교수

관심분야 : 퍼지모델링 및 평가  
Phone : +82-55-249-2705  
Fax : +82-505-999-2163  
E-mail : hwangsg@kyungnam.ac.kr

**김동헌 (Dong Hun Kim)**  
19권 3호 참조.