



결합 가능한 모듈형 4족 로봇의 설계 및 작업 계획에 대한 연구

A Study on Task Planning and Design of Modular Quadruped Robot with Docking Capability

선은혜* · 김용태*[†]
Eun-Hey Sun and Yong-Tae Kim[†]

*한경대학교 전기전자제어공학과

[†]Dept. of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University

요 약

최근 다양한 환경에서 지능형 로봇의 안정된 이동과 작업계획에 대한 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 상하 결합 가능한 구조의 4족 로봇의 설계 및 작업 계획방법을 제안한다. 제안하는 4족 로봇은 리니어 모터를 이용하여 다리 길이를 조절하고, 팔각뿔 형태의 도킹모듈을 이용하여 상하 결합과 분리가 가능하도록 설계하였다. 또한 로봇이 다양한 환경에서 안정된 이동과 정보 수집을 위하여 지자기 센서, PSD 센서, LRF 센서와 카메라를 사용하였다. 리니어 모터를 이용한 장애물 회피 동작방법과 상하 결합 동작방법을 제안하고 구현하였다. 로봇은 다리 길이를 조절하여 장애물을 극복하고, 두 대의 로봇이 상하 결합을 통하여 협력 작업방법을 제안하였다. 두 대의 4족 로봇이 상하 결합을 통하여 4족과 6족 보행을 하고, 상부 결합 로봇의 4개의 다리를 4개의 팔 또는 2개의 팔로 사용할 수 있으며, 결합된 로봇을 이용하여 물건 옮기기 작업을 구현하고, 각 동작들을 실제 실험으로 기능을 검증하였다.

키워드 : 4족 로봇, 리니어 모터, 상하 결합, 결합 제어, 장애물 회피

Abstract

There are many researches to develop robots that improve its mobility and task planning to adapt in various uneven environments. In this paper, we propose the design method and task planning of quadruped robot which can have top-bottom docking structure. The proposed quadruped robot is designed to adjust leg length using linear actuators and perform top-bottom docking and undocking using octagonal cone shaped docking module. Also, to stable walking and information gathering in the various environments, a geomagnetic sensor, PSD sensor, LRF sensor and camera. We propose an obstacle avoidance method and the top-bottom docking algorithm of the two quadruped robots using linear actuator. The robot can overcome obstacles using adjusting leg length and activate the top-bottom docking function. The top-bottom docking robots of two quadruped robot can walk 4 legged walking and 6 legged walking, and use 4 arms or 2 arms the upper. We verified that the docking robots can carry objects using 4 leg of the upper robot.

Key Words : Quadruped Robot, Linear Actuator, Top-Bottom Docking, Docking Control, Obstacle Avoidance

Received: May, 16, 2016
Revised : Jun. 7, 2016
Accepted: Jun. 13, 2016
[†]Corresponding authors
ytkim@hknu.ac.kr

1. 서 론

지능형 로봇들의 작업 계획에 대한 연구는 다양한 분야에서 진행되고 있다. 현재 많은 로봇들은 고성능의 기능과 고급 지능 제어 알고리즘 등이 적용된 형태로 개발되고 있다. 하지만 단일 로봇의 연구로 국한되어 다개체 로봇을 활용한 협업의 장점을 부여할 수 없다. 다양한 환경 중 단일 로봇이 극복하지 못하는 상황에서 두 대의 로봇이 결합을 하여 상황을 극복할 수 있으며, 결합 장치가 로봇의 결합과 결합 해체에 있어서 핵심적인 역할을 한다[1-6]. 미국의 Poly Bot과 Super Bot, 일본의 Snake와 M-TRAN과 같이 로봇의 물리적 결합에 의한 장애물 극복 방법이 연구되고 있으며, 로봇들 간의 센서 정보 공유를 통한 주변 환경에 대한 지도 제작 등과 같이 단일 로봇의 기능에서 벗어나 로봇의 다개체를 사용한 연구가 진행되고 있다[4]. 비평탄 지형의 이동 로봇의 연구는 경사면, 계단, 장애물 등의 지형에서 다리 구조를 이용한 다족 보행 로봇에 대한 연구도 이루어지고 있다[5-10]. 최근에는 단일 로봇의 형태 변형과 로봇 간 물리적 결합을 통한 미지의 환경 극복 방법과 결합된 로봇의 이동성 향상 방법[4,5,11,12] 등의 연구도 이루어지고 있다.

본 논문은 경기도의 경기도지역협력연구센터(GRRC) 사업의 일환으로 수행하였음. [GRRC 한경2011-B01, 스마트물류기술연구센터]

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

본 논문에서는 상하 결합 가능한 구조의 4족 로봇의 설계 및 작업 계획방법을 제안한다. 로봇의 다리 하단부에 리니어 모터를 장착하여 미지의 환경에서 LRF(Laser Range Finder) 센서와 카메라를 사용하여 장애물의 위치와 높이를 판별하여 장애물을 극복 또는 회피하는 알고리즘을 제안한다. 또한 두 로봇의 상하 결합을 통하여 4족과 6족 보행이 가능하고, 상부 결합 로봇의 4개의 다리를 4개의 팔 또는 2개의 팔로 사용할 수 있도록 설계하였다.

2. 상하 결합 가능한 4족 로봇의 구성

2.1 상하 결합 로봇시스템의 구성

본 논문에서는 그림 1과 같이 상하 결합이 가능한 4족 로봇을 설계하였다. 전후좌우 방향에 구애 받지 않는 팔각형 구조로 보행을 위한 모터 16개와 결합 모듈 제어를 위한 모터 1개로 총 17개의 모터가 사용되었다. 각 결합 로봇의 다리는 DC모터 3개와 리니어 모터 1개로 총 16자유도를 가지며, 각 다리 하단부에 리니어 모터를 장착하여 다리 길이의 조절이 가능하도록 설계하였다 [13]. 또한, 변화하는 주위환경을 실시간으로 인식하기 위하여 LRF 센서와 카메라를 사용하였다. 로봇의 무게는 5.5Kg이며, 몸체 높이 80mm, 다리 길이 225mm로 총 높이 305mm, 전체 폭은 420mm로 설계하였다.

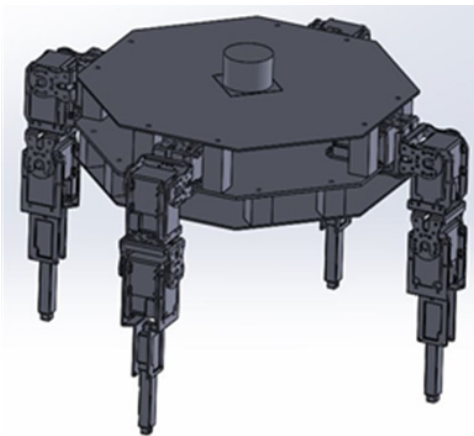


그림 1. 상부 결합 로봇의 설계
Fig. 1. Design of the top-docking robot

본 연구에 사용한 리니어 모터는 40g의 가벼운 모터로 0.2mm의 위치 정확도를 가지며, 최대 확장시 30N의 힘을 지지한다. 리니어 모터를 사용하면 로봇의 다리 길이가 50mm 늘어난다.

상하 결합 가능한 로봇은 그림 2와 같이 주제어부와 부제어부로 구성된다. 주제어부는 리눅스 기반의 임베디드 보드로 지자기 센서와 PSD 센서 정보를 통하여 로봇의 결합작업을 수행하며, LRF

센서, 카메라 센서 정보를 통해 영상처리 및 주변 환경의 지형지물을 파악하고, 로봇의 운동계획을 결정한다. 부제어부에서는 실시간으로 16개의 모터를 제어하여 로봇 동작 제어와 상하 결합 제어를 수행한다. 상부 결합 로봇의 상부에 지자기 센서, LRF 센서와 카메라를 하부에 결합모듈과 PSD 센서를 장착하고 하부 결합 로봇의 상부에 결합모듈과 카메라, 지자기 센서를 장착하였다.

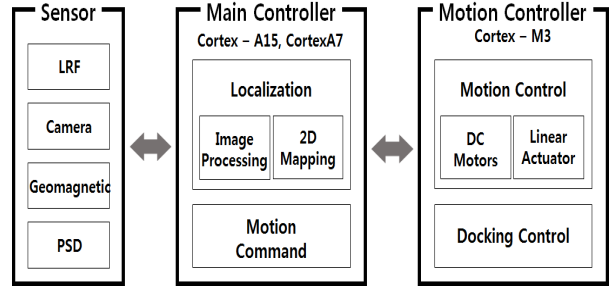


그림 2. 결합 로봇의 시스템 구성
Fig. 2. System structure of the docking robot

2.2 로봇의 기구학과 보행 패턴

4족 보행 로봇은 비평탄 지형과 계단 같은 다양한 종류의 지면에서 바퀴 이동 로봇과 2족 로봇보다는 균형 유지와 보행이 효율적이다. 4족 로봇의 기구학적 모델은 로봇 다리의 관절에 따라 링크에 맞는 회전행렬을 곱하게 된다. 4족 로봇의 다리를 그림 3과 같이 기구학적으로 해석하였다. 각 다리는 3개의 DC모터와 1개의 리니어 모터로 이루어져 있으며, 리니어 모터는 다리 하단부에 장착되어 있다.

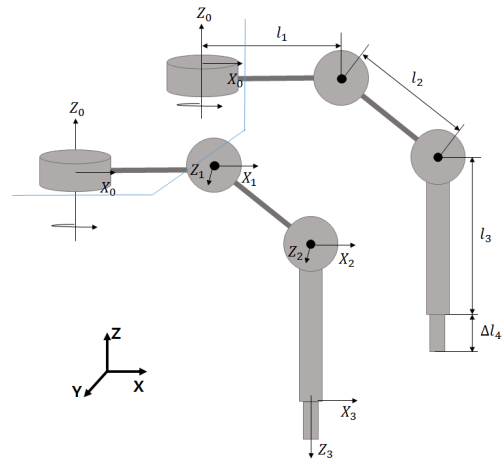


그림 3. 4족 로봇의 다리 기구학 모델
Fig. 3. Kinematic model of quadruped robot legs

그림 3에서 Z_0, Z_1, Z_2, Z_3 은 각각의 관절을 정의한 좌표축의 Z-좌표이며, $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 는 골반, 무릎, 발목의 관절각을 나타낸 것이다. l_1, l_2, l_3 는 다리의 허벅지, 정강이, 발의 길이를 나타낸 것이며, 발의 길이

l_3 는 리니어모터 사용시 길이의 변화량 Δl_4 을 더하여 계산된다. 다음 식 (1)과 같이 로봇의 발의 최종 위치좌표 p_x, p_y, p_z 를 구할 수 있다. 여기서, $c_i = \cos\theta_i, s_i = \sin\theta_i$ 이다.

$$\begin{aligned} p_x &= l_1c_1 + l_2c_1c_2 + (l_3 + \Delta l_4)(c_1c_2c_3 - c_1s_2s_3) \\ p_y &= l_1s_1 + l_2c_2s_1 + (l_3 + \Delta l_4)(c_2c_3s_1 - s_1s_2s_3) \\ p_z &= l_2s_2 + (l_3 + \Delta l_4)(c_2s_3 + c_3s_2) \end{aligned} \quad (1)$$

단일 로봇의 보행패턴은 그림 4와 같이 4족 거미형 보행을 하며, 상하 결합 후 8족 보행과 6족 보행을 구현할 수 있다. 그림 4의 A는 네 발이 지면에 닿아 있는 기본동작이며, 다음의 순서대로 보행이 진행된다. 그림 4의 B에서 무게중심을 오른쪽으로 옮기고 왼쪽 뒷발을 들어 앞으로 내려놓고, 그림 4의 C과 같이 왼쪽 앞발을 들어 앞으로 내려놓는다. 그림 4의 D와 E의 동작은 무게중심을 왼쪽으로 옮기고 오른쪽 뒷발과 앞발을 들어 내려놓는 동작을 나타낸다. 다음을 반복하여 직진 보행을 구현하였다. 그림 4의 F에 직진 보행 동작이 한번 완료 된 모습을 나타내었다.

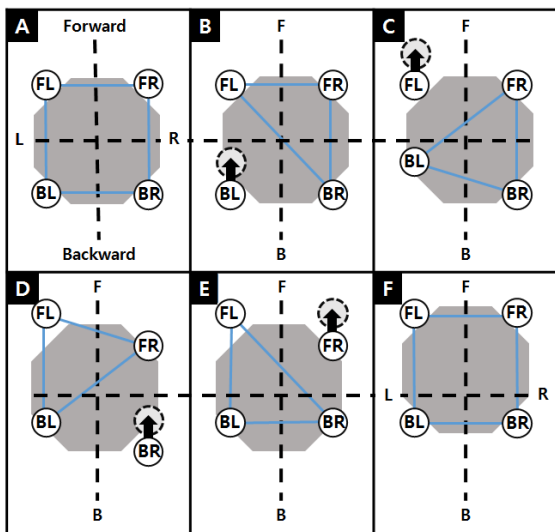


그림 4. 4족 로봇의 보행 패턴
Fig. 4. Walking patterns of the quadruped robot

3. 로봇의 상하 결합법과 작업 계획

로봇은 미지의 환경에서 주행이나 작업을 수행하다가 협력 작업이 요구되면 무선통신을 사용하여 다른 로봇을 탐색한다. 그림 5는 로봇의 작업계획 순서도이다. 상하 결합 로봇은 무선 통신과 대기, 도킹, 판단 및 인지, 경로 설정의 상태를 통해 결합동작과 작업계획을 수행한다. 상부 결합 로봇은 하부 결합 로봇이 탐색되면 영상 인식, 방위각 정보, PSD 센서의 거리 정보를 통해 상하 결합을 수행한다.

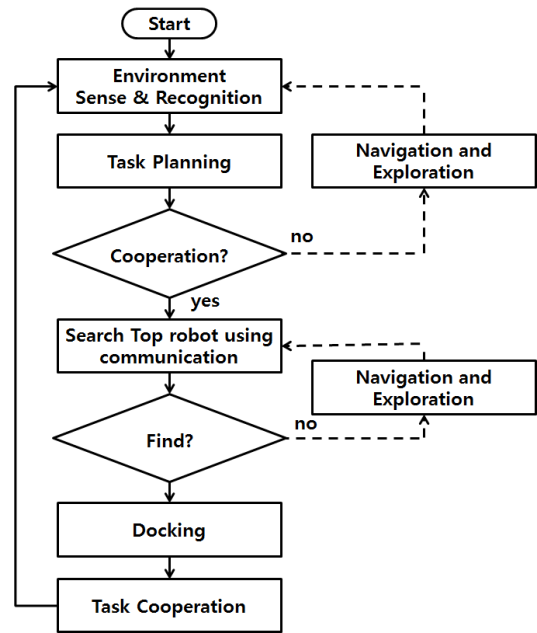


그림 5. 결합 가능한 로봇의 동작 알고리즘
Fig. 5. Working algorithm of the quadruped robot using docking

3.1 결합 모듈과 상하 결합 알고리즘

본 연구에서는 로봇들의 상하 결합 및 분리 기능을 위한 컵-페그 모듈을 설계하였다. 제안하는 결합 로봇은 리니어 모터의 특성을 활용하여 상하 결합을 진행하였으며, 모듈의 결속력을 강화하기 위하여 원통형 대신 팔각뿔 형태로 그림 6과 같이 설계하였다. 상부 결합 로봇의 하부에 부착된 컵 모듈에 하부 결합 로봇의 상부에 부착된 페그 모듈이 삽입할 수 있도록 설계하였다. 페그 모듈이 컵 모듈 안으로 삽입하면 페그 모듈 내부에 삽입된 모터가 회전하면서 페그를 모듈외부로 밀어내며, 모듈 밖으로 나온 페그 4개는 컵 모듈의 홈에 고정되어 두 모듈이 분리되지 않게 고정시킨다.

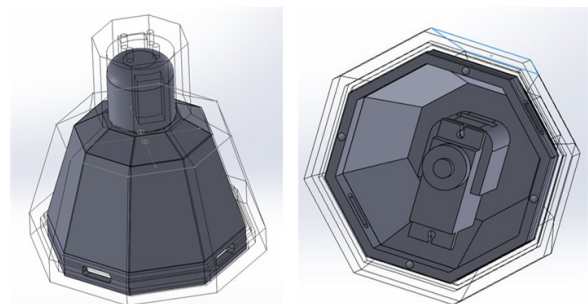


그림 6. 상하 결합 모듈 설계
Fig. 6. Design of top-bottom docking module

본 논문에서는 리니어 모터의 특성을 이용하여 로봇의 높이 조절을 사용한 상하 결합 알고리즘을 제안한다. 로봇들간 결합 및 해제 알고리즘은 그림 7과 같다. 하부 결합 로봇은 상부 결합 로봇의

붉은색 마커를 인식한다. 마커의 중심점과 영상 중심과의 편차는 로봇 사이의 정렬 정도와 이동 방향을 결정한다. 또한, 두 로봇 간 지자기 센서 값을 무선 통신으로 공유하여 두 로봇이 같은 방향이 되도록 제어한다. 두 로봇이 가지는 방향각이 같으면 하부 결합 로봇은 높이를 낮추고, 상부 결합 로봇은 리니어 모터를 사용하여 다리 길이가 50mm 높아진 채로 결합을 시도한다. 상부 결합 로봇은 2개의 PSD 센서를 사용하여 하부 결합 로봇과의 높이 차이를 감지하여 결합 가능 여부를 판단하며, 결합 모듈을 통해 두 로봇은 결합한다.

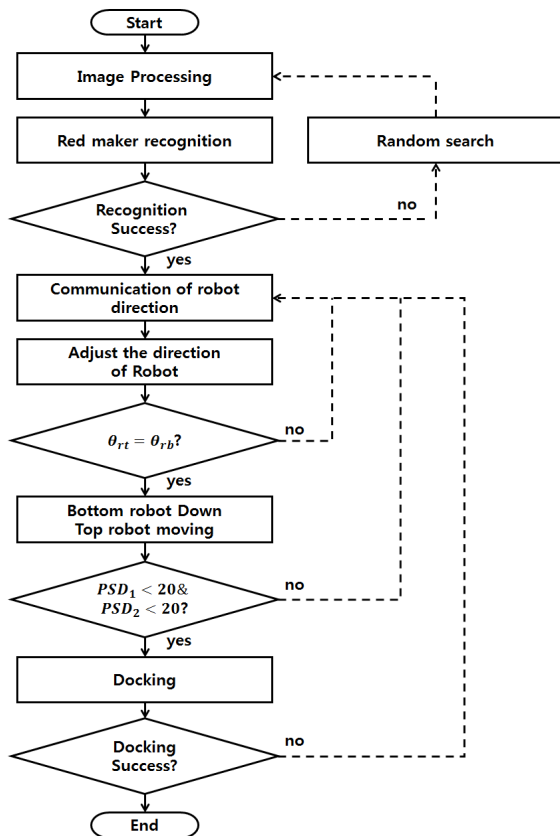


그림 7. 상하 결합 알고리즘
Fig. 7. Top-bottom docking algorithm

3.2 장애물 회피 알고리즘

본 논문에서는 리니어 모터의 특성을 이용하여 로봇의 높이 조절을 사용한 장애물 회피 알고리즘을 연구하였다. 제안하는 로봇은 LRF 센서로 주변 환경을 스캔하여 최단의 경로를 계산하고, 영상처리를 통해 극복가능한 장애물을 판단한다. 장애물의 높이에 따라 장애물을 회피하거나 다리 길이를 조절하여 장애물을 극복한다. 본 연구에서는 로봇이 지나갈 수 있는 경로가 적어도 1 개는 존재한다고 가정한다. 그림 8은 장애물 회피 알고리즘이며, 방법은 다음과 같다. 먼저 로봇은 LRF를 이용하여 측정된 최대 길이 l_{max} 값의 좌우로 주변을 검사하여 각 각도마다 길이를 연결한 호를

그리고, 호의 현 길이 l_c 가 로봇이 통과 가능하다고 판단되면 선택한 경로 l_{max} 의 위치에 따른 방향을 결정하여 장애물을 회피한다. 만약 l_c 의 길이가 만족하는 방향이 여러 지점이 생긴다면, 로봇의 현재 진행 방향과 가장 차이가 적은 방향을 선택한다. 또한 설계된 로봇은 LRF 센서와 카메라가 장착된 높이가 다르다는 점을 이용하여 장애물을 극복할 수 있다. LRF 센서 값과 영상처리를 통해 장애물과의 거리정보를 획득하여 장애물 극복 가능 여부를 판단한다. 영상처리를 통해 장애물의 거리정보가 일정 거리 이내인 경우, 리니어 모터를 사용하여 다리 길이를 50mm 높여 장애물을 극복할 수 있다. 극복할 수 없는 경우 다른 경로를 재탐색한다. 제안한 알고리즘에 의해 이동 경로가 선택되면 로봇은 경로를 따라서 보행하게 되며, 목표지점에 도착할 때까지 이와 같은 과정을 반복하게 된다.

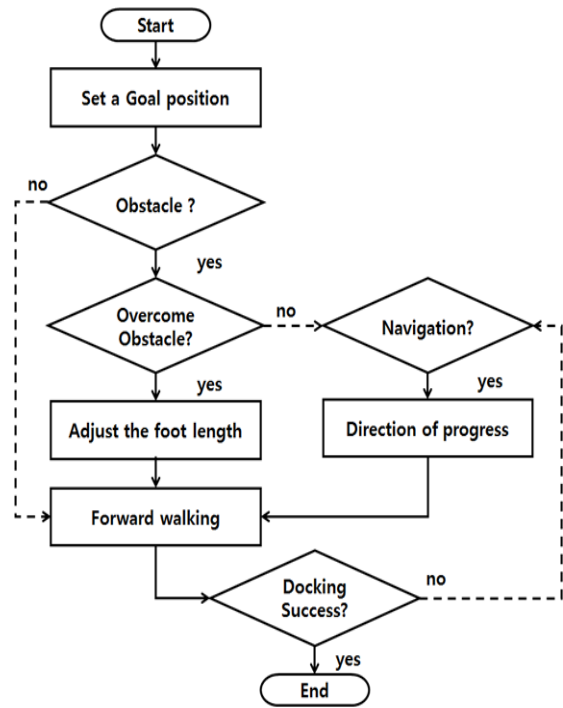


그림 8. 장애물 회피 알고리즘
Fig. 8. Obstacle avoidance algorithm

3.3 상하 결합 후 보행패턴 및 작업계획

상하 결합을 위해 다리 하단의 리니어 모터를 사용하여 로봇의 높이를 50mm 상승시키는 구조를 통해 결합해제 방법을 구현하였다. 개발된 단일 로봇은 4족 거미형 보행을 하며, 상하 결합 후 물건 옮기는 작업을 위해 6족 보행과 4족 보행을 구현할 수 있다. 6족 보행의 경우 하부 결합 로봇의 다리 모터에 물리는 체중을 상부 결합 로봇의 2개의 다리 모터와 분배하여 적은 토크로 작업수행이 가능하다. 로봇들이 결합하면 상부 결합 로봇은 리니어 모터를 사용하여 50mm 높아지며, 하부 결합 로봇은 다리의 각도를 조절하여 8개의 다리가 지면에 닿도록 하여 로봇의 하중을 분배한다.

상부 결합 로봇의 2개의 다리를 팔로 나머지 2개의 다리로 이용하여 그림 9와 같이 상부 결합 로봇의 2개의 다리와 하부 결합 로봇의 4개의 다리를 이용한 6족 보행을 구현한다. 또한, 상부 결합 로봇의 4개의 다리를 4개의 팔로 사용한 4족 보행을 구현한다. 4족 보행은 그림 4의 4족 로봇의 보행과 동일하다.

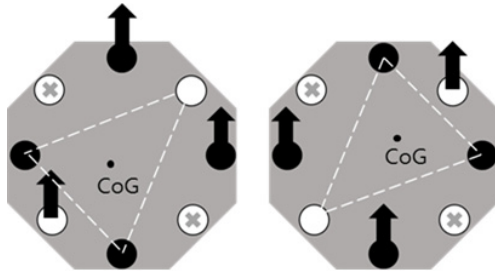


그림 9. 결합 후 6족 보행 패턴
Fig. 9. Walking patterns of 6 legged after docking

또한 두 로봇의 상하 결합을 통하여 그림 10과 같이 물건을 옮기는 작업을 수행한다. 작업 명령 시 하부 결합 로봇의 4개의 다리로 지지하고, 상부 결합 로봇의 4개의 다리는 위로 올려 4개의 팔로 사용된다.

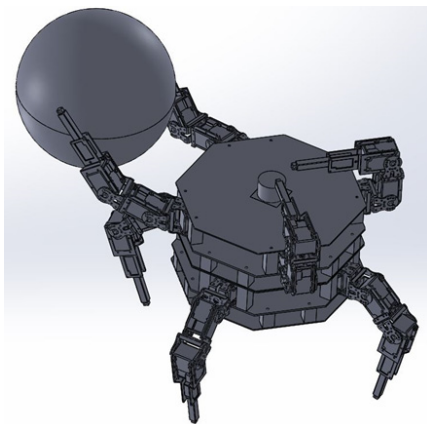


그림 10. 4 수를 이용한 물건 옮기기 동작
Fig. 10. Object moving action using 4 arms

4. 실험 및 결과

제안한 로봇과 결합 모듈의 설계를 통해 실제 로봇을 제작하였으며, 단일 로봇의 보행 실험, 상하 결합 및 분리 실험, 물건 옮기기 실험을 진행하였다. 단일 로봇은 4족 거미형 보행을 하며, 그림 11은 전진 보행실험 장면이고, 그림 12는 우 보행 실험 장면이다.

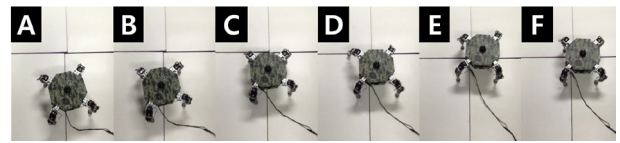


그림 11. 단일 로봇의 전진 보행
Fig. 11. Forward walking of simple robot

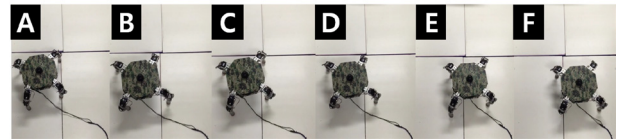


그림 12. 단일 로봇의 우 보행
Fig. 12. Right walking of simple robot

상하 결합 알고리즘을 통해 결합 명령 시 카메라와 지자기 센서로 두 로봇의 위치를 일치시키고, 하부 결합 로봇은 신호를 받으면 앞으로는 동작을 수행한다. 상부 결합 로봇은 리니어 모터를 사용하여 확장된 다리로 직진 보행하여 하부 결합 로봇과 위치를 일치하여 결합모듈을 통해 결합한다. 표 1은 결합 실험 성공률을 나타낸다. 두 로봇 간의 거리와 방향각에 차이를 두어 각 10회씩 실험하였다. 두 로봇의 거리가 50cm이고, 방향각이 동일한 경우와 두 로봇의 거리가 100cm이고, 방향각이 0° 인 경우에 8회 결합 성공하였다. 두 로봇의 거리가 50cm이고, 방향각이 45° 인 경우에는 6회 결합 성공하였고, 거리가 100cm이고 방향각이 45° 인 경우에는 7회 결합 성공하였다. 결합 실패는 상부 결합 로봇이 하부 결합 로봇과 각도가 맞지 않아 이동의 제한으로 결합하지 못하는 경우에 발생하였다.

표 1. 상하 결합 실험의 성공률
Table 1. Achievement rate of Top-bottom docking

Environments		Achievement rate(%)
distance(cm)	angle(°)	
50	0	80
50	45	60
100	0	80
100	45	70

그림 13은 결합해제 실험 장면이며, 해제 명령 시 결합모듈을 분리하고, 하부 결합 로봇은 신호를 받으면 앞으로는 동작을 수행한다. 분리된 상부 결합 로봇은 직진보행하여 자리를 벗어난다.

그림 14는 상부 결합 로봇의 4개의 다리를 이용한 물건 옮기기 실험 장면이다. 하부 결합 로봇의 4개의 다리로 지지하며, 상부 결합 로봇의 2개의 다리로 물건을 집는 동작을 수행하며, 상부 결합 로봇의 나머지 2개의 다리를 이용하여 로봇의 전면에서 위치한 물건을 로봇의 후면으로 옮기는 작업을 수행한다.

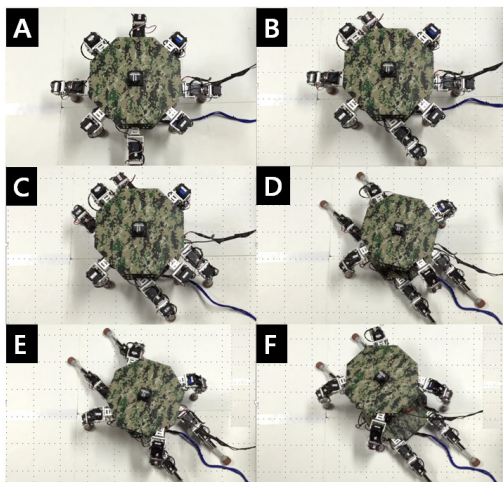


그림 13. 로봇들 결합해제 실험
Fig. 13. Experimental for undocking of robots

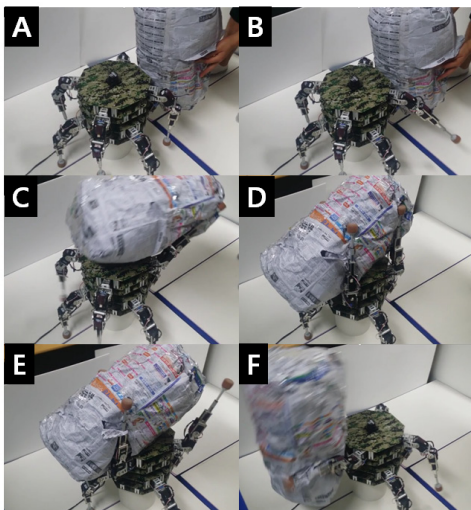


그림 14. 물건 옮기기 실험
Fig. 14. Object transportation experiment

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 리니어 모터의 특성을 활용하여 두 로봇간의 상하 결합이 가능한 구조의 4족 로봇을 설계하였다. 실제 로봇을 제작하여 카메라, 지자기 센서, PSD 센서를 이용하여 상하 결합 실험을 진행하였고, 다양한 환경에 전체적으로 60% 이상의 결합 성공률을 보였다. 상하 결합을 통해 상부 결합 로봇의 4개의 다리를 팔로 이용하여 물건을 옮기는 작업을 실험의 기능을 검증하였다. 또한, LRF센서와 카메라를 이용하여 장애물의 위치와 높이를 판별하여 장애물 극복 및 회피 알고리즘을 실험으로 확인하였다.

향후 상하 결합의 결합성공률을 높이고, 상부 결합 로봇과 하부 결합 로봇의 카메라 영상을 이용하여 파노라마 영상을 제작하는 등

다양한 작업 계획을 연구할 것이다.

References

- [1] S. H. Jang and H. Kang, "Walking robot with 4 legs", *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 11, No.2 pp. 125-128, 2001.
- [2] Hiroshi Igarashi, Tamotsu Machida, Fumio Harashima and Masayoshi Kakikura "Free Gait for Quadruped Robot with Posture Control", *2006 9th IEEE International Workshop Advanced Motion Control*, pp. 438-438, 2006.
- [3] Y. T. Kim, H. G. Moon, J. H Park, H. R. Choi, H. S. Noh, and J. W. Jung "Vision-based Modular Docking System for Cooperative Mobile Robots", *International Journal of Assistive Robots and Systems*, Vol. 15, pp. 15-25, 2009.
- [4] D. Y. Na, S. H. Noh, H. P. Moon, J. W. Jung, Y. T. Kim, "Fuzzy Navigation and Obstacle Avoidance Control for Docking of Modular Robots," *Journal of Korean Institute of Intelligent System*, Vol. 19, No. 4, pp. 470-477, 2009.
- [5] D. Y. Na, H. H. Min, C. S. Lee, S. H. Noh, H. P. Moon, J. W. Jung, Y. T. Kim, "A Navigation Algorithm of Modular Robots with 3 DOF Docking Arm in Uneven Environments", *Journal of Korean Institute of Intelligent System*, Vol. 20, No. 3, pp. 311-317, 2010.
- [6] J. Y. Choi, D. H. Kim, G. H. Lee, "A Collaboration Method to Confine a Robot with Multiple Robots", *Transaction of the KSME-A*, Vol.34, No.8, pp.953-964, 2010.
- [7] B. H. Kim, "Analysis of Balance of Quadrupedal Robotic Walk using Measure of Balance Margin", *International Journal of Fuzzy Logic and Intelligent Systems*, Vol. 13, No.2 pp. 100-105, 2013.
- [8] H. S. Jung, G. H. Kim, Y. H. Choi, "Gait Generation for Quadruped Robots Using Body Sways", *Journal of Korean Institute of Intelligent System*, Vol. 22, No. 3, pp. 305-311, 2012.
- [9] D. S. Kim, Y. H. Choi, "An Efficient Gait Generation Method for Quadruped Robot with Waist Joints", *Journal of Korean Institute of Intelligent System*, Vol. 23, No. 5, pp. 466-472, 2013.
- [10] G. H. Kim, Y. H. Choi, and J. B. Park, "Gait generation method for a quadruped robot with a waist joint to walk on the slop," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 22, no. 5, pp.617-623, 2012.

- [11] D. G. Choi, D. H. Jeong, Y. T. Kim, "Design of Hybrid Wheeled and Legged Mobile Robot with a Waist Joint", *Journal of Korean Institute of Intelligent System*, Vol. 24, No. 3, pp. 304-309, 2014.
- [12] Y. M. Kim, Y. T. Kim, "Study on the Transformable Quadruped Robot with Docking Module", *Journal of Korean Institute of Intelligent System*, Vol. 25, No. 3, pp. 236-241, 2015.
- [13] E. H. Sun, Y. T. Kim, "Design of Quadruped Robot with Top-Bottom Docking Mechanism", *Proceedings of KIIS Spring Conference*, Vol. 26, No. 1, pp.81-82, 2016.



김용태(Yong-Tae Kim)

1991년 : 연세대학교 전자공학과 공학사

1993년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학석사

1998년 : KAIST 전기 및 전자공학과공학박사

1998년~2000년 : (주) 삼성전자

2006년 : Univ. of Illinois at Urbana-Champaign
방문연구

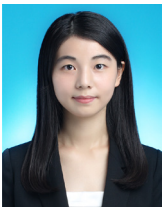
2002년~현재 : 국립 한경대학교 전기전자제어공학과 교수

관심분야 : 지능로봇, 지능시스템, 지능제어, 물류자동화

Phone : +82-31-670-5292

E-mail : ytkim@hknu.ac.kr

저자 소개



선은혜(Eun-Hey Sun)

2013년 : 한경대학교 정보제어공학과 공학사

2015년 : 한경대학교 전기전자제어공학과
공학석사

2015년~현재 : 한경대학교 대학원

전기전자제어공학과 박사과정

관심분야 : 지능로봇, 지능시스템, 영상처리

Phone : +82-31-678-4727

E-mail : ehsun@hknu.ac.kr