

이족 보행 로봇의 보행 안정화 및 RFID를 이용한 경로 추종에 관한 연구

A Study on Walking Stabilization and Path Tracking of Biped Robot Using RFID

박종한* · 김용태**†

Jong-Han Park and Yong-Tae Kim†

*한경대학교 바이오·정보기술대학원, **한경대학교 전기전자제어공학과

*Graduate School of Bio and Information Technology, Hankyong National University

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

요 약

이족 보행 로봇을 실생활에 적용하기 위해서는 다양한 환경에서의 강인한 보행 뿐만 아니라, 현재 위치를 인식하여 목표 위치로의 경로를 생성하고, 경로를 추종하는 기능이 요구된다. 최근에 많이 사용되고 있는 RFID는 이동 로봇의 위치인식 및 경로 생성에 손쉽게 활용이 가능하다. 그러나 이족 로봇은 보행시에 불안정성을 내포하고 있어 주어진 경로에서 벗어나기 쉽다. 본 논문에서는 FSR(Force Sensing Resistor)센서, 자이로와 가속도 센서를 이용하여 이족 보행 로봇의 보행 안정화 방법을 제안하였다. 또한 양발에 RFID 센서를 장착하여 이족 보행 로봇의 위치 인식 후 경로를 추종하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 보행 안정화 알고리즘은 실제 제작된 이족 보행 로봇을 이용하여 비평탄 지형에서 실험하여 검증하였으며, 경로 추종 실험은 RFID센서를 로봇의 발바닥에 장착하여 평탄 지형에서 보행실험을 통해 검증하였다.

키워드 : 이족 보행 로봇, 보행 안정화, 위치 인식, RFID, 경로 추종

Abstract

In order to apply a biped robot in real world, the robot requires a robust walking and a function of localization, path planning and navigation. Recently, localization and path planning using RFID of mobile robot has been studying. However, when the biped robot walks, it has unstability and tends to leave the path. In the paper we propose a method of walking stabilization using FSR(Force Sensing Resistor), Gyro and accelerometer for the real biped robot. Also a path tracking algorithm using RFID sensor attached in robot's foot is proposed based on localization of the robot. The proposed algorithm is verified from walking experiments using real biped robot on uneven terrain and path tracking experiments on the RFID environments.

Key Words : Biped Robot, Walking Stabilization, Localization, RFID, Path Tracking

1. 서 론

접수일자: 2012년 10월 28일

심사(수정)일자: 2012년 10월 28일

게재확정일자 : 2013년 2월 13일

† Corresponding author

본 논문은 2012년 한국지능시스템학회 추계학술대회에서 우수 논문으로 선정된 논문입니다.

본 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 연구재단의 지원을 받아 수행된 일반 연구자 지원사업 결과임.(No. 2010-0023291)

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

첨단 과학기술과 자동화 기술의 발달로 로봇에 관한 연구는 매년 증가해오고 있다. 이동 로봇은 스스로 주위 환경을 인식하여 주어진 임무를 수행하는 것을 목표로 하며, 이를 달성하기 위한 자가 위치 인식 및 경로 생성에 관한 연구들이 많이 진행되고 있다. 대표적인 예로 자동이송로봇이 있으며, 생산 현장에 투입되어 작업 효율을 극대화하고 있다[1]. 미래에는 바퀴형 이동 로봇 뿐만 아니라, 이족보행 로봇 및 다족로봇도 인간의 생활환경에 적용되기 위해서 위치 인식 및 경로 생성, 그리고 생성된 경로를 추종하는 기술이 중요한 부분을 차지한다. 현재 항법기술을 위해 사용되고 있는 센서에는 여러 종류가 있다. 그 중 RFID센서는 다른 센서에 비해 상대적으로 많은 장점을 가지고 있다[2]. 먼저 고유 식별자를 통하여 현재 위치에 대하여 절대좌표를 즉각적으로 인식할 수 있어 입력정보를 분류하고 대상의 특징을 추출하여 인식하는 기존의 여러 센서들에 비하여 처리속도를 크게 높일 수 있다. 또한 RFID센서에서 받는

RFID 태그의 신호는 사람이 생활하는 복잡한 환경에서도 전파 투과성을 가지고 있어 위치 인식이 용이하다. RFID 센서의 특징들은 이동 로봇의 위치인식 및 경로생성 기술의 효율을 극대화 할 수 있으며, 이족 보행 로봇과 같이 이동시 불안정성을 내포하고 있는 경우에 보행 경로에서 이탈할 경우 즉각적으로 대처가 가능하게 해준다.

본 논문에서는 이족 보행 로봇의 강인한 보행을 위해 FSR 센서, 자이로 및 가속도 센서등을 이용한 안정화 알고리즘을 제안하였으며, 이족 보행 로봇의 양발에 각각 RFID 센서를 장착하여 위치를 인식하고 경로를 추종하는 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 실제 제작된 이족 보행 로봇을 통해 실험 및 검증하였다.

2. 이족 보행 로봇의 구성 및 프리미티브

이족 보행 로봇의 구성은 그림 1과 같이 로봇 기구부, 주 제어부, 모션 제어부와 센서모듈, DC 서보 모터, 카메라 및 전원으로 구성하였다[3].

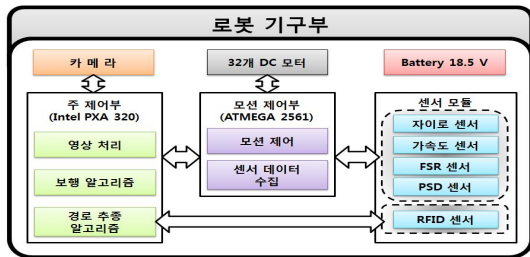


그림 1. 이족 보행 로봇의 구성도
Fig. 1. Overall structure of a biped robot

주 제어부는 Intel PXA320 임베디드 보드로 구성된 리눅스 기반의 임베디드 시스템으로 구현 하였으며, 카메라를 통한 영상 처리 및 보행 알고리즘, RFID 센서와의 직접 통신을 통해 경로 추종 알고리즘을 수행한다. 또한 모션 제어부는 ATMEGA 2561를 이용하여 32개의 DC 서보 모터를 실시간으로 제어하며, 외부 환경을 인식하기 위해 자이로, 가속도, FSR, PSD 센서를 통해 센서값을 입력 받는다. 로봇 기구부는 각 관절을 구성하는 모터와 관절과 관절을 이어주는 링크, 체이거 및 센서부로 나누어져 있다. 이족 보행 로봇의 기구부를 그림 2와 같이 설계하고 각 모터에 번호를 설정 하였다.

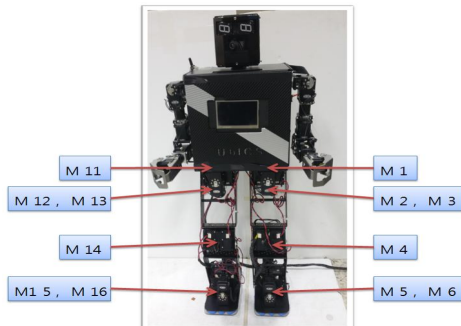


그림 2. 이족 보행 로봇의 설계
Fig. 2. Mechanical design of a biped robot

보행에 사용되는 하체 관절은 골반 3자유도, 무릎 1자유도, 발목 2자유도로 총 12자유도로 설계하였다. 골반 회전을 위한 M_1 과 M_{11} 모터, 골반 좌우 회전을 위한 M_2 과 M_{12} 모터, 골반 전후 움직임을 위한 M_3 과 M_{13} 모터, 무릎 전후 움직임을 제어하는 M_4 과 M_{14} 모터, 발목 전후와 좌우 움직임을 제어하는 M_5, M_{15}, M_6, M_{16} 모터로 구성하였다.

본 논문에서는 이족 로봇의 보행을 구현하기 위하여 그림 3과 같이 모델링 하였다. 그림 3의 왼쪽 그림은 굽힘 프리미티브, 중간 그림은 중심 이동 프리미티브, 오른쪽 그림은 발 이동 프리미티브를 나타낸다. 3가지의 프리미티브를 통해 이족 보행 로봇의 보행기능을 구현하였다[4][5].

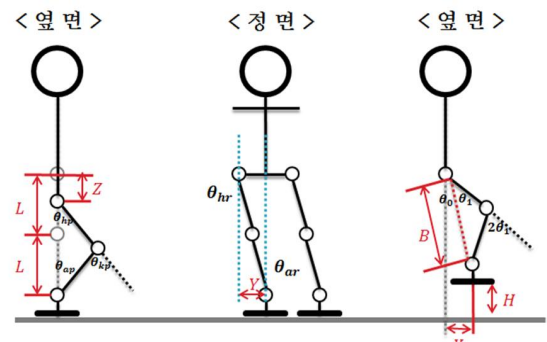


그림 3. 이족 보행 로봇의 프리미티브 모델링
Fig. 3. Primitive modeling of a biped robot

굽힘 프리미티브는 이족 로봇의 무게 중심을 낮추어 안정성을 향상시키기 위하여 사용된다. 이에 대한 관절각은 식 1과 식 2에 따라 구해진다. Z는 이족 보행 로봇의 무게를 낮추는 길이를 나타낸다. L은 로봇의 설계 시에 결정된 골반과 무릎, 무릎과 발목의 길이로 상수이다.

$$\theta_{hp} = \theta_{ap} = \cos^{-1}((2L - Z)/2L) \quad (1)$$

$$\theta_{kp} = 2\theta_{hp} \quad (2)$$

중심이동 프리미티브는 이족 로봇의 무게 중심을 좌우로 이동하여 보행시 ZMP를 안정영역으로 이동하기 위한 프리미티브이다. 식 3에 의해 각 관절각을 구할 수 있다. Y는 이족 보행 로봇의 무게 중심 이동의 변화량이다.

$$\theta_{hr} = \theta_{ar} = \sin^{-1}(Y/2L) \quad (3)$$

발 이동 프리미티브는 실질적으로 로봇이 보행하기 위한 프리미티브이다. 이족 보행 로봇의 보폭 X와 발을 들어 올리는 높이 H를 변수로 하여 식 4와 식 5를 통해 구한다. 골반과 발목 사이의 길이 B는 식 6과 같이 나타낸다.

$$\theta_{hp} = \theta_0 + \theta_1, \theta_{kp} = 2\theta_1, \theta_{ap} = \theta_1 - \theta_0 \quad (4)$$

$$\theta_0 = \sin^{-1}(X/B), \theta_1 = \cos^{-1}(B/2L) \quad (5)$$

$$B = \sqrt{X^2 + (2L - H)^2} \quad (6)$$

3. FSR센서를 이용한 보행 안정화

이족 보행 로봇은 보행 시 하나의 축을 이용해 몸을 지탱하기 때문에 외부로부터의 다양한 환경에 넘어지거나 안정성을 잃기 쉽다. 이러한 단점을 극복하기 위해서는 자세 안정화 기능을 통해 이족로봇이 보행 시 스스로 자세를 보정할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 자세 안정화를 위해 자이로센서, 가속도센서, FSR센서를 이용한 자세 안정화 방법을 제안하였다.

먼저 FSR센서는 그림 4와 같이 각 발에 부착하고, 센서 번호 및 절대 좌표를 설정하였다.

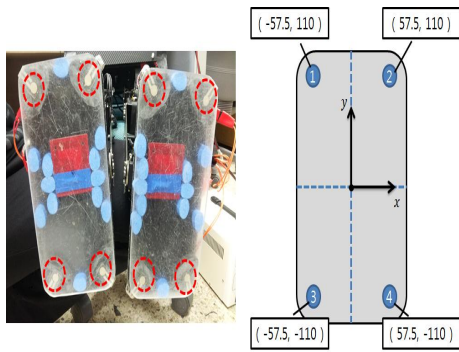


그림 4. 발바닥에 장착된 FSR센서
Fig. 4. FSR sensors under soles

본 논문에서는 각 발의 ZMP를 구하기 위하여 식 7을 이용하였다. f_i 는 FSR 센서의 i 번의 측정된 힘이며, x_i 와 y_i 는 i 번 FSR센서의 위치 좌표이다. x_{ZMP} 와 y_{ZMP} 는 이족 보행로봇의 ZMP의 좌표이다.

$$x_{ZMP} = \frac{\sum_{i=1}^4 x_i f_i}{\sum_{i=1}^4 f_i} \quad y_{ZMP} = \frac{\sum_{i=1}^4 y_i f_i}{\sum_{i=1}^4 f_i} \quad (7)$$

ZMP의 좌표값을 이용하여 이족 로봇의 FSR센서를 이용한 자세안정화 알고리즘은 그림 5와 같다. 로봇이 자율보행을 시작하면 FSR센서 값을 획득하고, 각 발의 ZMP를 계산한 후에 왼발 혹은 오른발을 들고 있는 상태인지 멈춤 상태인지 확인한다. 먼저 왼발을 들고 있을 경우에는 오른발의 x_{ZMP} 가 안정 영역에 있는지 판단하고, 벗어났을 경우 오른쪽 발목 모터의 앞뒤 움직임을 제어하는 M_{15} 모터의 보정값을 계산하여 저장한다. 그 후 오른발의 y_{ZMP} 가 안정영역에 있는지 확인하고, 안정영역을 벗어났을 경우에는 오른쪽 발목 모터의 좌우 움직임을 제어하는 M_{16} 모터의 보정값을 계산하고, 마지막으로 M_{15} , M_{16} 모터를 보정된 위치로 구동시킨다. 만약 안정영역을 벗어나지 않았을 경우에는 보정값을 계산하지 않고, 위 과정을 반복하게 된다. 안정영역의 경우 흔들림이 많은 이족 로봇의 특성을 고려하여 정확하게 '0'의 위치가 아닌 정해진 기준 값 내에 존재하면 안정영역이라 정의하였다.

이족 로봇이 오른발을 들고 있다면 왼발의 x_{ZMP} 가 안정영역에서 벗어났는지 확인하고, 벗어났을 경우 왼쪽 발목

모터의 앞뒤 움직임을 제어하는 M_5 모터의 보정값을 계산하여 저장한다. 만약 벗어나지 않았다면 바로 다음 단계로 넘어간다. 그 후 왼발의 y_{ZMP} 가 안정영역에 있는지 확인하고, 안정영역을 벗어났을 경우에는 왼쪽 발목 모터의 좌우 움직임을 제어하는 M_6 모터의 보정 값을 계산하여 저장한다. 마지막으로 M_5 와 M_6 모터를 보정된 위치로 구동시키고, 이 과정을 반복한다.

이족 로봇이 왼발 혹은 오른발을 내리는 중이라면 M_5 , M_{15} , M_6 , M_{16} 모터를 보정된 값을 제외한 원래의 위치로 구동시킨다. 만약 왼발 혹은 오른발을 내리는 상황도 아니라면 멈춰있는 상태로 판단하고, 대기한다. 원래의 위치로 구동시키는 이유는 계속하여 보정되는 상태에서 다리를 내릴 경우 다리가 바닥에 닿지 못하고 반대쪽 발을 드는 상황이 발생하기 때문이다.

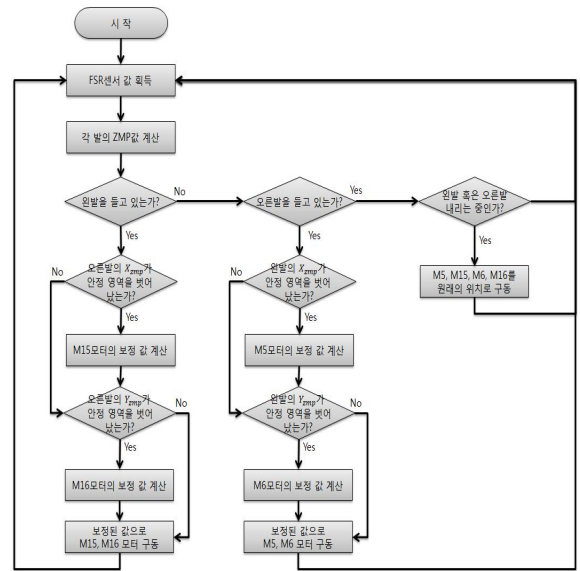


그림 5. FSR센서를 이용한 자세안정화 알고리즘
Fig. 5. Walking stabilization algorithm using FSR sensor

4. 자이로와 가속도 센서를 이용한 보행 안정화

자이로센서와 가속도 센서의 값을 저역통과필터와 확장형 칼만필터를 사용하여 안정적인 각도 값을 획득하였다. 여기서 구해진 각도 값을 이용하여 그림 6과 같이 x 축 각도에 따른 자세 안정화 알고리즘과 그림 7과 같은 y 축 각도에 따른 자세 안정화 알고리즘으로 나누어 구현하였다.

x 축 각도에 따른 알고리즘은 먼저 자이로 및 가속도의 x 축 센서 값을 획득한다. 획득되어진 센서 값을 저역통과필터 및 확장형 칼만필터를 거친 후 x 축의 각도 θ_x 를 구한다. 구해진 θ_x 의 값이 정해진 각도 기준값 θ_{xr} 과 0사이에 있다면 안정된 기울기로 판단하고, 보정값을 수정하지 않고 과정을 반복하게 된다. θ_{xr} 은 로봇의 상체가 앞으로 기울어지도록 5°로 설정하였다. 만약 안정된 기울기가 아니라고 판단되면 θ_x 가 θ_{xr} 보다 큰 값인지 판단하며, 크다면 로봇의

상체가 뒤로 향하도록 골반의 앞뒤를 제어하는 모터 M_3 와 M_{13} 을 시계방향(clockwise, CW)방향으로 보정 한다. 그렇지 않다면 0보다 작다고 판단하고, M_3 및 M_{13} 모터가 상체의 기울기를 앞으로 향하도록 반시계방향(counter clockwise, CCW)방향으로 보정한다. 그림 6과 같은 과정을 반복하며, 이족로봇은 보행 안정화를 수행한다.

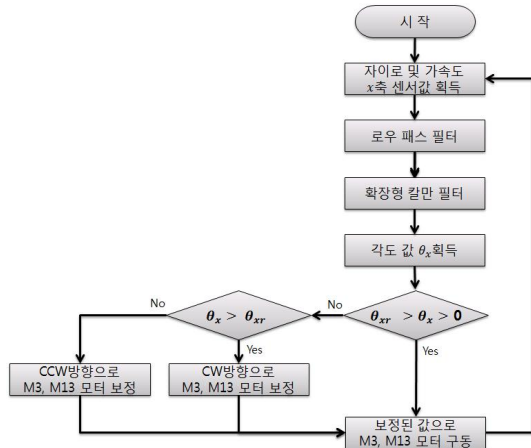


그림 6. x 축 각도를 이용한 보행 안정화 알고리즘
Fig. 6. Walking stabilization using x-axis angle

y축 각도값을 이용한 자세 안정화 보행은 시작과 동시에 자이로 및 가속도 센서의 y축 센서값을 획득하고 저역통과 필터와 확장형 칼만 필터를 거쳐 좌우로 기울어진 정도를 나타내는 각도 θ_y 를 획득한다. θ_y 의 값은 좌측으로 기울어지는 경우를 양의 값, 우측으로 기울어지는 경우를 음의 값으로 정의하였다.

먼저 왼발을 들고 있는 상황인지 판단한다. 왼발을 들고 있는 상황이라면 θ_y 가 정해진 y축 각도 기준값 $-\theta_{yr}$ 보다 크고 0보다 작은 값인지 확인하고, 범위안에 있다면 보정을 하지 않는다. 범위 안에 있지 않다면 θ_y 가 $-\theta_{yr}$ 보다 작은 값인지 확인한다. 작은 값이 맞다면 오른쪽으로 이족 로봇이 기울어진 것으로 판단하고, 오른발 골반의 좌우 움직임을 제어하는 M_{12} 모터를 CCW방향으로 보정하여 이족 로봇의 무게 중심이 왼쪽으로 기울도록 한다. 작은 값이 아니라면 이족 로봇이 왼쪽으로 기울어진 것으로 판단하고, CW방향으로 M_{12} 모터를 보정한다. 보정된 값으로 모터를 구동하고, 처음부터 알고리즘을 반복한다.

왼발을 들고 있는 상황이 아닐 경우에는 오른발을 들고 있는 상황인지 판단한다. 오른발을 들고 있는 상황이라면 θ_y 가 0보다 크고 임의로 정해진 기준값 θ_{yr} 보다 작은 값인지 확인한다. 만약 범위 안에 θ_y 값이 존재한다면 안정된 상태라 판단하고 보정을 하지 않는다. 범위 안에 θ_y 값이 존재하지 않을 경우 θ_y 값이 어느 방향으로 기울어졌는지 판단하고, 기울어진 방향의 반대 방향으로 M_2 모터의 위치를 보정한다. 보정된 값으로 모터를 구동하고 처음으로 돌아가 알고리즘을 실행한다.

왼발과 오른발을 내리는 중이라면 M_2 와 M_{12} 모터를 보정되지 않은 원래의 위치로 구동하고, 알고리즘을 반복하게 된다. 만약 왼발과 오른발을 내리는 상황도 아니라면 로봇

이 정지한 상태로 판단하고 알고리즘을 반복하며 대기하게 한다.

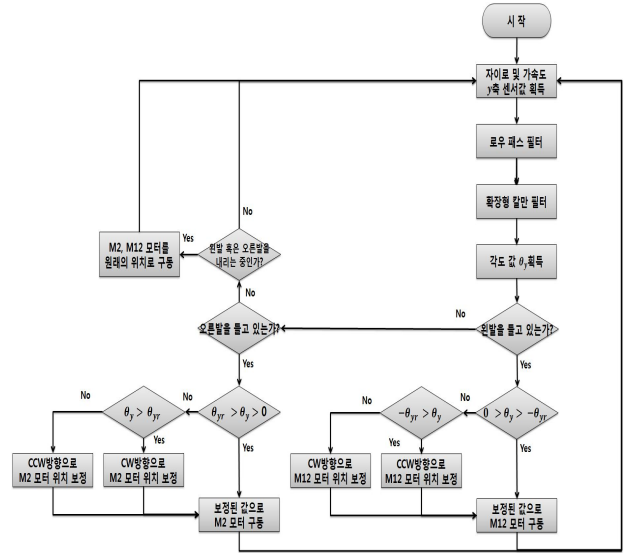


그림 7. y축 각도를 이용한 보행 안정화 알고리즘
Fig. 7. Walking stabilization using y-axis angle

5. RFID센서를 이용한 경로 추종

이족 보행 로봇은 보행 시 많은 불안정성을 내포하고 있어 정확하게 경로를 따라 움직이기 쉽지가 않으며 경로에서 쉽게 벗어난다. 이를 해결하기 위해 이족 보행 로봇의 왼쪽 발과 오른쪽 발에 RFID센서를 장착하고 왼쪽 발의 RFID센서에서 획득되는 좌표를 $B_L(x,y)$, 오른쪽발의 RFID센서에서 획득되는 좌표를 $B_R(x,y)$ 로 표현하였다.

RFID 태그를 이족 보행 로봇의 보폭 거리와 동일한 간격으로 설치하고, 그림 8과 같이 절대좌표계를 설정하고, 직선으로만 구성되어 있는 경로 P_L 과 P_R 을 생성하였다. 경로 P_L 의 좌측을 P_{LL} 로 하고, P_R 의 우측을 P_{RR} 로 설정하였다. P_{LL} 과 P_{RR} 은 B_L 의 좌표가 인식되어도 경로 이탈로 판단하지 않는 오차 허용 범위이며, P_{RR} 과 P_L 은 B_R 의 오차 허용 범위이다.

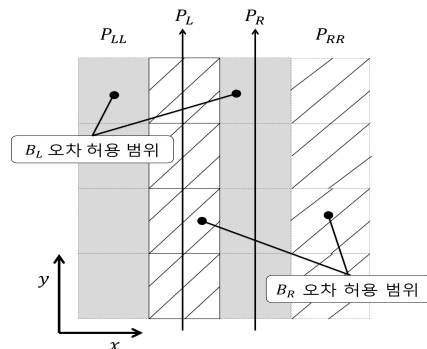


그림 8. 경로 및 추종오차의 허용범위
Fig. 8. Allowable range of path and tracking error

B_L 과 B_R 의 좌표에 따라 보행 패턴을 결정하는 방법은 다음 표 1과 같다. FW는 정보행, LW는 좌측으로 포물선을 그리며 이동하는 좌보행, RW는 우측으로 포물선을 그리며 이동하는 우보행을 의미한다. LT와 RT는 각각 제자리에서 회전하는 좌회전과 우회전이다.

표 1. 이족로봇 발의 위치에 따른 보행 패턴
Table 1. Walking pattern according to foot position of biped robot

$B_L \backslash B_R$	P_{RR}	P_R	P_L
P_{LL}	FW	RW	RW
P_L	LW	FW	LT/RT
P_R	LW	LT/RT	LT/RT

B_L 이 P_L 에 있고 B_R 이 P_R 에 있는 경우와 B_L 이 P_{LL} 에 있고 B_R 이 P_{RR} 에 있는 경우에는 정보행 FW를 선택한다. B_L 이 P_{LL} 에 있고 B_R 이 P_R 또는 P_L 에 있는 경우 RW, B_L 이 P_L 또는 P_R 에 있고 B_R 이 P_{RR} 에 있는 경우 LW를 선택한다. 마지막으로 B_L 이 P_R 에 있고 B_R 이 P_L 에 있는 경우와 B_L 과 B_R 이 같은 선상인 P_L 또는 P_R 에 있는 경우에는 LT 또는 RT를 선택하며, 이를 결정하는 기준은 먼저 B_L 과 B_R 의 좌표에서 y 축 값을 비교하여, B_L 의 y 축 값이 클 경우 LT, B_R 의 y 축 값이 클 경우 RT를 선택한다. 제안한 경로 추종 전체 알고리즘은 그림 9와 같다.

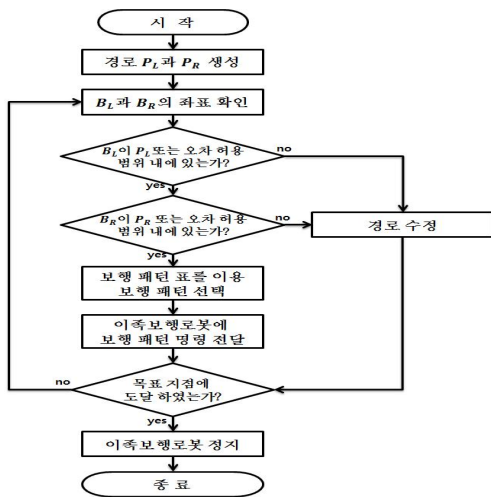


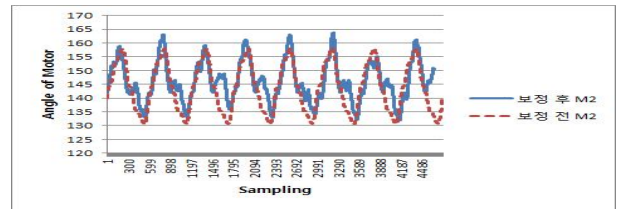
그림 9. 경로 추종 알고리즘
Fig. 9. Path tracking algorithm

사전에 구성된 RFID의 맵으로부터 경로 P_L 과 P_R 를 생성하고, 이족 보행 로봇의 각 발의 좌표 B_L 과 B_R 를 획득한다. 획득된 좌표와 사전에 설정된 오차허용범위와의 비교를 통하여 경로 이탈 유·무를 판단하게 되고, 경로 이탈할 경우에는 로봇의 경로 수정을 통하여 B_L 과 B_R 의 좌표가 오차허용범위 내에 존재하도록 보행패턴을

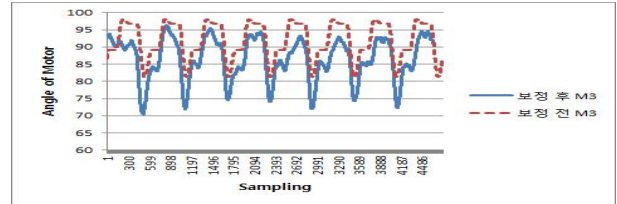
변경한다. 또한 올바른 경로에 위치하였을 때에는 표 1과 같이 보행 패턴을 선택하고, 이족 보행 로봇에 명령을 전달한다. 목표점에 도달 할 때까지 이 과정을 반복 실행하고, 목표 지점에 도달하였을 경우 로봇을 정지하고 알고리즘을 종료한다.

6. 실험 및 결과

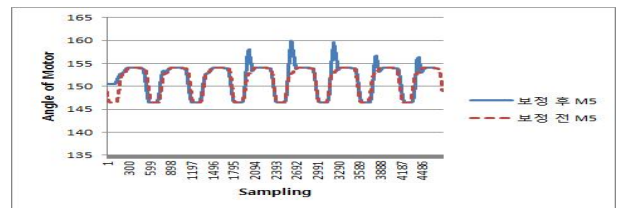
제안된 보행 안정화 방법을 비평탄 지형에서 실험하였으며, 실험 결과는 그림 10과 그림 11과 같다. 그림 10 (a)는 M_2 모터, 그림 10 (b)는 M_3 모터, 그림 10 (c)와 그림 10 (d)는 각 M_5 와 M_6 모터의 보정 전과 후의 모터의 움직임을 표현한 것이다. 그림에서 보이는 것과 같이 각 상황에 맞추어 모터의 값을 보정하는 것을 확인 할 수 있었다. M_{12} , M_{13} , M_{15} , 그리고 M_{16} 모터 보정을 통해 보행 안정화 되는 것을 실제 실험을 통하여 검증하였다.



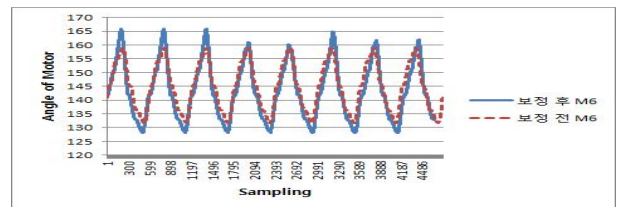
(a) M_2



(b) M_3



(c) M_5



(d) M_6

그림 10. 비평탄 지형에서 보정된 모터 각도
Fig. 10. Compensated motor angles on uneven terrain

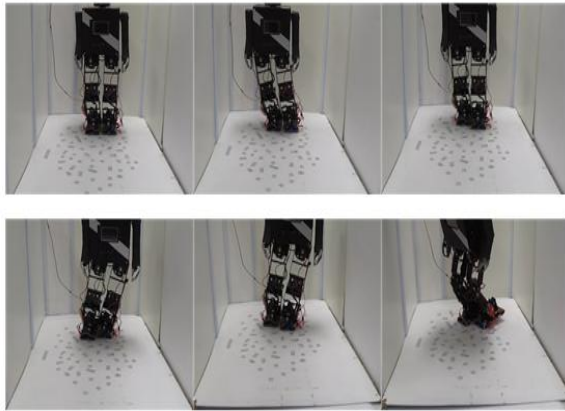


그림 11. 비평탄 지형에서의 보행실험
Fig. 11. Walking experiment on uneven terrain

또한 실제 제작된 이족로봇과 RFID 실험 환경에서 경로추종 실험을 진행하였으며, 20번의 반복 실험에서 얻어진 데이터를 통해 성능을 검증하였다. 실험 결과에서 B_L 이 P_L 에 있고 B_R 이 P_R 에 있는 경우를 성공이라 하고, B_L 과 B_R 이 각각의 오차 허용 범위 내에서 목표에 도달하였을 경우를 오차 범위 내 성공이라 하였다. 그 외의 경우와 경로를 이탈하는 경우는 모두 실패로 분류하였다. 실험 결과 정확의 기준을 만족하는 성공의 경우가 10%, 오차 범위 내 성공하는 경우가 50%였으며, 경로를 이탈하여 실패한 경우가 40%였다. 오차 범위 내 성공의 경우 경로 추종을 위해 이동하는 도중에 목표지점에 도달하였을 경우였고, 실패한 경우에는 이족 보행 로봇의 한발이 P_{LL} 또는 P_{RR} 에 있을 때 좌보행 또는 우보행을 하였지만 이동하는 도중 오차 허용 범위를 벗어나 경로를 이탈하는 경우가 많았다. 경로 추종 성공률을 높이기 위해서는 로봇 이동 거리의 정밀화와 RFID 태그의 간격을 줄여야 한다.

7. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 FSR센서, 자이로센서, 가속도센서를 이용한 보행 안정화 알고리즘과 RFID센서를 이용한 경로 추종 알고리즘을 제안하였다. 실제 제작된 이족 로봇을 이용하여 제안된 보행 안정화 알고리즘을 비평탄 지형에서 실험하여 성능을 검증하였다. 또한 제안된 경로 추종 알고리즘을 미리 설정된 평탄지형에서 실험하여 성능을 검증하였다. 앞으로 더욱 다양한 비평탄 지형에서의 강인한 보행 안정화 방법을 연구하고, 다른 위치센서와의 융합을 기반으로 경로 추종 알고리즘의 성공률을 향상하는 기법에 관한 연구를 진행할 예정이다.

References

[1] Man-Jae Cho, Yong-Kwan Ji and Jahng-Hyon Park, "Object Recognition Improvement of an Autonomous Mobile Robot Using Sensor Fusion with Passive RFID Tags and Range Sensors,"

Transactions of the Korean Society of mechanical engineers, pp. 279-284, 2008.

[2] Yong-Kwan Ji and Jahng-Hyon Park, "Obstacle Avoidance of a Mobile Robot using Passive RFID's in an Indoor Environment," *Proceeding of Mechanical Engineers Fall Conference*, pp. 99-104, 2006.

[3] Su-Hee Noh and Yong-Tae Kim, "Behavior Planning for Humanoid Robot Using Behavior Primitive," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 19, pp. 108-114, 2009.

[4] Jung-Ho Lee, *Walking Pattern Generation Algorithm with Variable Period and Pace Using Sinusoidal Curve for a Biped Robot*, Master Thesis, Korea University, 2007.

[5] Su-Hee Noh, Doo-Young Na and Yong-Tae Kim "Walking Stabilization Using Locomotion Primitive for Humanoid Robots," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 19, no. 2, pp. 125-126, 2009.

저 자 소 개



박종한(Jong-Han Park)

2011년 : 한경대학교 정보제어공학과 (공학사)
2013년~현재 : 한경대학교 대학원 (석사과정)

관심분야 : 지능로봇, 지능제어, 지능시스템
Phone : +82-31-670-5290
E-mail : jh.prk07@gmail.com



김용태(Yong-Tae Kim)

1991년 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1993년 : KAIST 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1998년 : KAIST 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1998년~2000년 : (주)삼성전자

2006년 : Univ. of Illinois at Urbana-Champaign 방문교수
2002년~현재 : 국립 한경대학교 전기전자제어공학과 교수

관심분야 : 지능로봇, 지능제어, 지능시스템, 물류 자동화
Phone : +82-31-670-5292
E-mail : ytkim@hknu.ac.kr