

# 비전을 이용한 이족보행로봇의 직진보행 성능향상에 관한 연구

## Straight walking elevation of Biped Robot by using vision

\*남규민<sup>1</sup>, #김병수<sup>2</sup>, 고덕현<sup>3</sup>, 김규로<sup>4</sup>, 이순걸<sup>5</sup>

\*K. M. Nam<sup>1</sup>, #B. S. Kim<sup>2</sup>, D.K. Ko<sup>3</sup>, G.R. Kim<sup>4</sup>, S.G. Lee<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 경희대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 경희대학교 기계공학과, <sup>3</sup> 경희대학교 기계공학과,

<sup>4</sup> 경기공업대 메카트로닉스학과, <sup>5</sup> 경희대학교 기계공학과

Key words : Biped Robot, Vison, walking elevation

### 1. 서론

휴머노이드 로봇이란 인간의 움직임 사고방식 등을 연구하여 인간처럼 반응하고 행동하는 로봇을 뜻한다. 휴머노이드 로봇은 인간과 가장 유사한 형태를 지니기 때문에 다양한 산업 분야에서 인간의 역할을 대신 할 것으로 기대되고 있다. 하지만 활발한 연구가 진행되고 있어도 아직까지 구현에 대해서는 미해결된 문제점들이 많이 있다.

현재까지 휴머노이드 로봇의 연구는 미국과 일본에서 활발하게 연구되고 있다. 특히 일본은 1980년대 후반부터 지금까지 대기업 뿐만 아니라 여러 대학에서 연구가 진행되고 있다. 국내의 휴머노이드 산업은 최근에 로봇에 대한 관심이 고조되면서 학교나 기업 및 연구소를 중심으로 활발한 연구 개발을 수행하고 있다. 한국과학기술연구원(KIST)에서는 2002년부터 소형 휴머노이드 로봇인 BabyBot(Baby Humanoid Robot)을 개발하였다.[1]

인간이 보행할 때 거친 평면이나 계단 경사면, 장애물이 있는 경우에도 안정한 보행을 할 수 있는 이유는 많은 자유도의 관절보다도 자신의 무게중심을 판단하고 신속하게 대처 하기 때문이다. 그래서 2족 보행 로봇의 안정성을 보장하기 위해서는 ZMP(Zero Moment Point)를 고려해 주는 것이 필수적이다. 2족 보행 로봇의 동적 안정성을 보장해 주기 위해서 Waseda 대학의 Takanishi 는 ZMP 를 고려한 보행 궤적을 생성하는 방법을 제안하였다.[2]

본 논문에서는 보행의 기본 방향인 직진성능에 대한 오차를 개선하기 위하여, 저렴한 USB 카메라를 이용한 2차원 틀어짐의 변위를 측정하여 로봇 보행에 적용하는 방법을 적용하였다.

### 2.1 2족 보행로봇의 기구학

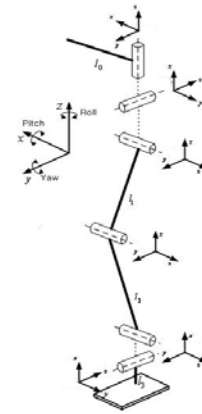
우선 2족 보행 로봇의 보행을 하기 위해서는 각 관절의 모터의 각을 결정해야 한다. 이러한 보행 패턴을 생성하기 위해 정방향 기구학(Forward Kinematics)을 해석하여 설명한다. Table.1 은 각 관절의 기준 좌표계를 D-H 표현법을 기초로 표현한 것이다. Fig.1 은 로봇 다리의 기구학적 분석을 위해 다리의 기구학을 먼저 기술한 것이다.

주어진 좌표계와 D-H 파라미터에 대해 좌표계 0~6 까지의 변환 행렬은 다음과 같이 주어진다. Joint-Link 와의 관계를 살펴보면  $X_{n-1} \rightarrow X_n$  은 시계방향으로 회전하며  $\theta_n$  으로 표현한다. 그리고  $Z_{n-1} \perp X_{n-1} \leftrightarrow Z_n \perp X_n$  은 링크와의 거리로써  $d_n$  이고,  $Z_{n-1} \leftrightarrow Z_n$  은 링크와의 거리로써  $a_n$  이고,  $Z_{n-1} \leftrightarrow Z_n$  은 시계방향으로 회전하며  $\alpha_n$  이다. 이렇게 정의된 각각의 조인트들의 Matrix 를 등차변환 행렬에(homogeneous transform matrix) 대입하면 좌표계간의 변환 행렬식 식(1)이 만들어진다.

$$T_n^0 = \begin{bmatrix} \cos\theta_n & -\sin\theta_n \cdot \cos\alpha_n & \sin\theta_n \cdot \sin\alpha_n & a_n \cdot \cos\theta_n \\ \sin\theta_n & \cos\theta_n \cdot \cos\alpha_n & -\cos\theta_n \cdot \sin\alpha_n & a_n \cdot \sin\theta_n \\ 0 & \sin\alpha_n & \cos\alpha_n & l_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{----- (1)}$$

Table.1 D-H Parameters of biped robot at the left leg

Coordinate	$\alpha_n$	$a_n$	$d_n$	$\theta_n$
0-1	0	$l_0$ (32.5)	0	$\theta_1$
1-2	90	0	0	$90+\theta_2$
2-3	-90	0	0	$\theta_3$
3-4	0	$-l_1$ (80)	0	$\theta_4$
4-5	0	$-l_2$ (80)	0	$\theta_5$
5-6	90	0	0	$\theta_6$
6-7	0	$-l_3$ (27.5)	0	0



### 2.2 시뮬레이션을 통한 보행패턴 생성

2족보행은 크게 한발로 몸체를 지지하는 경우와 두 발로 지지하는 경우로 나뉜다. 우선 한 발로 몸체를 지지하는 경우는 한 발이 지면에 닿아 있고 다른 한발이 보행 궤적을 따라 움직이고 있는 상태를 말한다. 두발로 지지하는 경우는 보행 궤적을 따라 이동중인 발이 지면에 닿게 되었을 때의 상태를 말한다..

로봇의 무게 중심이 상체 중심에 있고 하체는 무게가 없다고 가정하였다. 이때 로봇의 상체 중심이 한쪽 발의 중심과 일치하도록 하는  $\theta_x$  식(2)를 찾으면 된다.

$$l \sin\theta_x = w/2 \quad \text{----- (2)}$$

본 연구는 로봇의 보행 패턴을 추출하기 위하여, 로보티즈사의 휴머노이드 로봇을 사용하여 휴머노이드 3D 시뮬레이션을 제작 하였다.(Fig.2) 프로그램 언어는 VC++, OpenGL 을 사용 하였고, 앞에서 설명한 로봇 기구학식방법을 적용하였다.

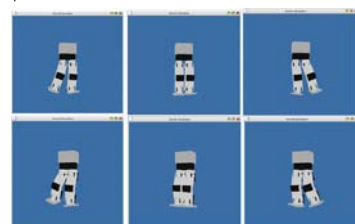


Fig.2 Simulation of biped robot walking

### 2.3 영상처리

이동물체의 영상 추적은 항공, 군사 등의 분야에서 시작하여 현재에는 무인 감시 시스템, 지능형 교통 시스템, 의료 영상해석 등의 핵심 기술로 광범위하게 응용된다. 본 논문은 이동물체 추적에 대한 기존의 방법중에 동적 윤곽 기반 방법을 이용한 라인을 검출하는 방법을 사용하였고, [3] Fig.3 은 그러한 방법을 이용한 영상을 이용하여 라인을 검출하고 틀어진 각도와 위치를 판별하는 순서를 보여준다.

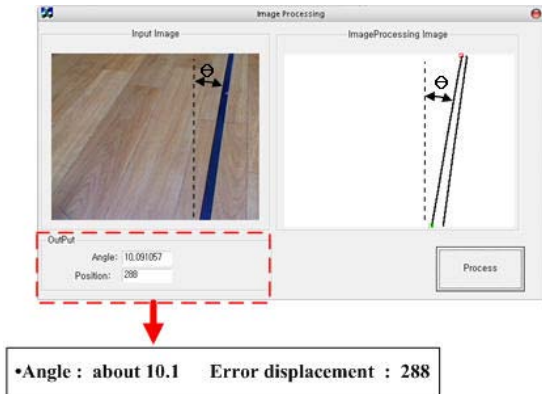


Fig.3 Image Processing GUI

### 3. 직진 보행 실험

2족 로봇은 보행의 특성에 의해 Fig.4 에서 보는 바와 같이 평행이동 및 회전이동이 일어나고, 로봇에 부착된 카메라의 움직임으로 인해 이동물체의 위치는 실제와 다르게 측정되며 카메라의 움직임을 고려하고 보행 할 때 많은 제약 조건을 두지 않으면 정확한 위치를 찾을 수 없어 본 실험에서는 로봇이 3 회 보행 후 정지상태에서 보행 로봇의 틀어진 변위와 위치를 판별하고 방법을 적용하였다.

Fig.5 은 ZMP 를 통한 보행 안정성 연구와 비주얼 피드백을 이용한 직진성 보정 실험을 하기 위해 VC++로 구현한 GUI 과 직진 보행실험에 대한 각도와 위치 변화 추이를 보여준다. 앞의 2 절에서 설명한 실험 파라미터를 적용하여 임의로 출발할 때 로봇의 방향을 15.8 도 틀어지게 위치하고, 라인이 카메라 영역 안에 들어오게 하였다. 목표지점 까지 총 27 회의 보행을 하고 매 3 회 보행 후에 정지 상태에서 틀어진 각도와 위치를 검출하였다.

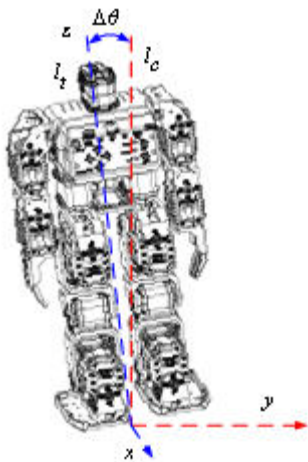


Fig.4 Robot System and swing of camera

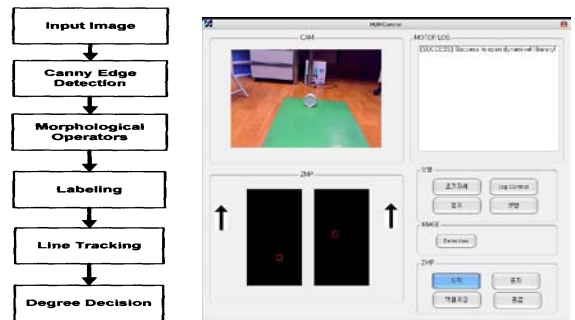


Fig.5 Flow chart of image processing & Experimental GUI

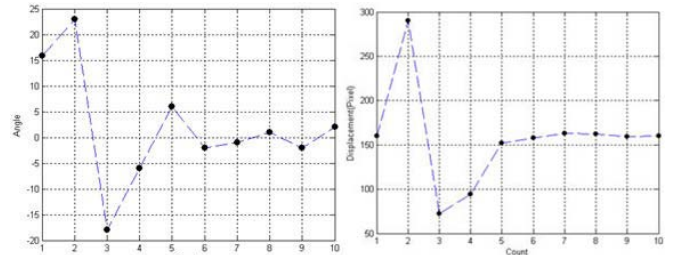


Fig.6 Angle & Displacement variance while walking

Fig.6 를 살펴보면 왼쪽의 Fig 는 로봇이 보행 함에 따라 라인의 틀어진 각도 변화 추이를 보여주고, 오른쪽의 Fig 는 로봇이 보행 함에 따라 라인의 위치를 보여준다. 영상의 x 축 해상도가 320 이기 때문에 중심은 160 이다. 왼쪽의 Fig 와 마찬가지로 중심인 160 으로 수렴하는 것을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 연구를 통하여 2족 보행 로봇의 직진 보행 성능을 향상 시키는 연구를 하였다. 로봇 구조에 적합한 보행 패턴을 얻기 위해 정역학을 이용한 3D 시뮬레이션을 구현하였다. 그리고 시뮬레이션을 이용하여 동적 환경에 적응하기 위하여 비주얼 피드백을 이용한 직진 보행 성능 향상을 위하여 기존의 ZMP 를 이용한 산출과 더불어 직관적 센서인 영상을 이용하였다. 영상처리는 빠른 검출을 위해 동적 윤곽 기반 방법으로 로봇의 틀어진 각도와 위치를 판별하고 이를 로봇에 적용하였다. 그 결과 로봇의 직진 보행 성능 향상을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

1. Kazuo Hirai, Masato Hirose "The Development of Honda Humanoid Robot" Proc. of Int. Conf. on Robotics and Automation, vol.2, pp. 1321-1326, May 1998
2. Ogura, Y. Shimomura, K. Kondo, A. Morishima, A. Okubo, T. Momoki, S. Hun-ok Lim, Takashi, A. " Human-like Walking with Knee Stretched, Heel-contact and Toe-off Motion by a Humanoid Robot" Intelligent Robots and Systems, 2006 IEEE/RSJ International Conference on.
3. Ren C. Luo., Tse Min Chen, 2000, "Autonomous Mobile target tracking system based on grey-fuzzy control algorithm," IEEE Trans. Industrial Electronics, Vol. 47, No. 4, pp.920~ 931.