

FSR 센서를 이용한 다양한 보행 구현

노경곤*, 김진걸**

인하대학교 자동화공학과 박사과정*, 인하대학교 전기공학부 교수**

Simulation of Various Walking Based on FSR Sensor

Gyung-Gon Noh*, Jin-Geol Kim**

Department of Industrial Automation, Inha University, Incheon, South Korea*

(Tel: +82-32-860-7384; E-mail: as990515@hotmail.com)

School of Electrical Engineering, Inha University, Incheon, South Korea**

(Tel: +82-32-860-7384; E-mail: john@inha.ac.kr)

Abstract - 본 연구는 다양한 환경에서의 인간형 로봇의 안정적인 보행을 하기 위한 FSR (Force Sensing Resistor) 센서 기반의 보행패턴에 관한 전체 시스템의 설계와 이의 모의실험이다. 인간형 로봇의 안정적인 보행을 구현하기 위해서는 보행 패턴의 ZMP(Zero Moment Point) 궤적이 안정 영역 내에 위치하게 하여야 하고, 실제 보행 중에도 외부의 환경적인 요인과 내부의 제어 오차에 따라 보행패턴의 수평과 보완이 요구된다. 이에 FSR 센서를 적용하여 전체 인간형 로봇의 보행 시스템을 설계하고 안정적인 다양한 보행을 구현하기 위한 보행패턴을 제안한다. 이를 모의실험을 통해 평지, 계단, 경사면에 따른 보행 안정성을 검증한다. 차후 이러한 모의실험 결과를 보완하여 FSR 센서를 실제 인간형 로봇에 장착하고 실험하여 안정적인 보행을 구현할 계획이다.

1. 서 론

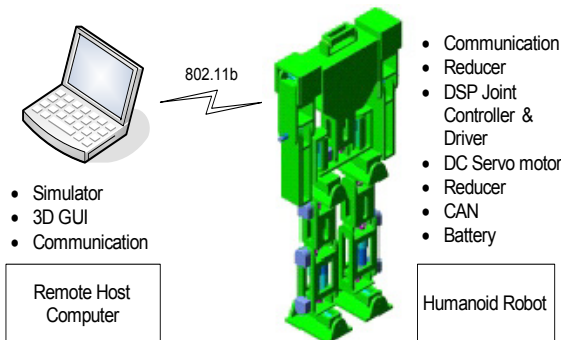
최근 로봇에 관한 연구와 활용이 다양한 분야에서 이루어지고 있으며, 이러한 연구는 인간형 로봇의 보행 제어 분야까지 이르렀다. 그러나 보행 로봇에 관한 연구는 이전의 일반적인 로봇과는 다른 안정성 문제에 직면하게 됐다. Vukobratovic는 그의 논문에서 안정적인 보행을 위한 ZMP의 개념을 소개하였다[1]. 이를 기반으로 안정적인 보행을 수행하기 위해, 대퇴부의 운동을 이용하여 지지하고 있는 다리의 발바닥 영역 안에 ZMP가 위치하게 하는 연구[2]와 인간과 같이 상체부를 이용한 연구[3]가 선행되었다. 이러한 연구를 통해 인간과 같이 다양한 보행을 구현하기 위해 여러 제어 기법[4,5]이 적용 되었으며 최근에는 여러 환경에 적용할 수 있는 기법에 관한 연구[6,7]가 활발히 진행 중이다.

본 연구는 다양한 환경에서 인간형 로봇의 안정적인 보행을 구현하기 위하여 FSR 센서를 장착하고 이를 적용할 수 있는 시스템을 설계하고 모의 실험한다. 전체 시스템의 구성을 설계하고 안정적인 보행을 하기 위한 수학적 모델을 제안한다. 또한 이에 다양한 보행을 구현하기 위해 보행 패턴을 구현하며 환경적 요소와 내부 제어에 따른 오차를 보상하기 위한 FSR 센서 구조를 적용한다. 또한 모의실험을 통해 인간형 로봇의 안정적인 보행을 검증한다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

다양한 환경에서의 인간형 로봇의 안정적인 보행을 모의실험하기 위해서 그림1과 같은 시스템을 구성한다. 다양한 보행을 수행하기 위하여 로봇은 각 다리에 6자유도를 가지며 허리 2자유도 각 팔에 3자유도를 가지며 무선통신을 통해 원격제어를 가능케 하였다.



〈그림 1〉 인간형 로봇의 전체 시스템 구성

2.2 수학적 모델링

인간형 로봇의 안정적인 보행을 구현하기 위하여 보행계획의 식(1)과 식(2)에 따른 ZMP를 해석하고 이에 따라 식(3)과 식(4)를 통해 균형 방정식을 유도한다.

$$x_{zmp} = \frac{\sum_{i=0}^{12} (M_i(\ddot{z}_i + G_z)x_i - M_i(\ddot{x}_i + G_x)z_i)}{\sum_{i=0}^8 M_i(\ddot{z}_i + G_z)} \quad (1)$$

$$y_{zmp} = \frac{\sum_{i=0}^{12} (M_i(\ddot{z}_i + G_z)y_i - M_i(\ddot{y}_i + G_y)z_i)}{\sum_{i=0}^8 M_i(\ddot{z}_i + G_z)} \quad (2)$$

여기서 x_{ZMP}, y_{ZMP} 는 각 평면의 ZMP 값이고 M_i, G_z, x_i, y_i 는 각 질점의 질량과 중력 가속도, 위치 값을 나타낸다. 또한 $\ddot{x}_i, \ddot{y}_i, \ddot{z}_i$ 은 각 질점의 선 가속도를 나타낸다.

$$\ddot{x}_0(t) - \gamma_0(t)x_0(t) = \alpha(t) \quad (3)$$

$$\ddot{y}_0(t) - \gamma_0(t)y_0(t) = \beta(t) \quad (4)$$

여기서 $x_0(t), y_0(t), \ddot{x}_0(t), \ddot{y}_0(t)$ 는 균형점의 좌표에 대한 위치 및 선가속도 값이고 $\alpha(t), \beta(t), \gamma_0(t)$ 는 시간에 따른 매계 변수이다. 식(3)과 식(4)에 나타난 바와 같이 안정적인 보행을 위한 균형점은 시간에 따른 비선형성을 내포하고 있고 이를 해석하기 위해 FDM (Finite Difference Method)을 사용한다.

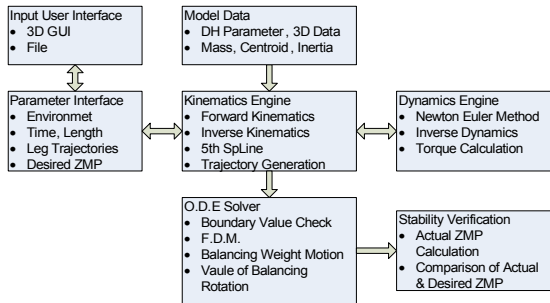
다양한 환경에서 보행을 하기 위해 표1과 같이 보행계획 패턴을 구현한다. 이러한 보행 패턴의 정형화를 통해서 평지는 물론 계단이나 경사면과 같은 여러 환경에 대하여 안정적인 보행을 구현하며 FSR 센서를 통해 입력되는 정보를 통해 보행계획의 보상을 가능케 한다.

〈표 1〉 보행패턴 매계변수

Parameter	Description	Unit
DIS_X	Length of one full step	[m]
DIS_Y	Displacement of side movements	[m]
DIS_Z	Distance of each stairs	[m]
HEIGHT_Z	Height of robot's origin frame	[m]
DELTA_Z	Distance of between foot and ground	[m]
ROT_Y	Value of sloped ground	[rad]
ROT_Z	Angle of twisted waist	[rad]

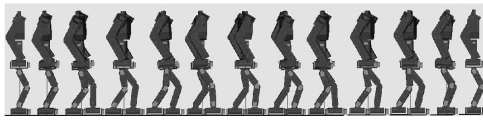
2.3 모의 실험

그림2는 인간형로봇의 안정적인 보행을 모의실험을 하기위한 소프트웨어 모듈 구조를 나타낸다. 각 보행에 따른 매개변수를 입력받아 보행 궤적과 이에 따른 ZMP 해석을 구현한다.

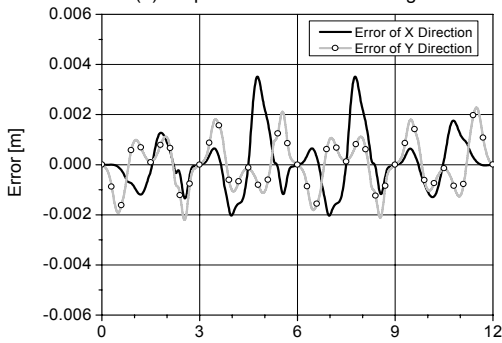


<그림 2> 3차원 모의 실험기 구성

각 환경에 따른 모의 실험결과는 다음과 같다. 그림3은 평지에서의 보행에 따른 ZMP 추종 결과를 나타내며, 그림4와 그림5는 각각 계단과 경사면에 따른 모의실험 결과를 나타낸다.

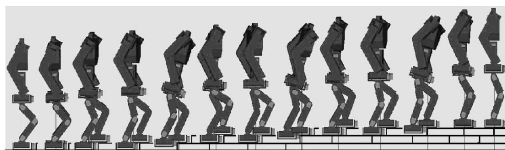


(a) Snapshots of simulation walking .

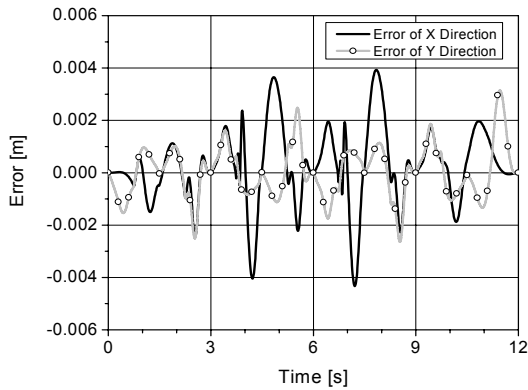


(b) Error between desired and actual ZMP.

<그림 3> 평지에서의 보행

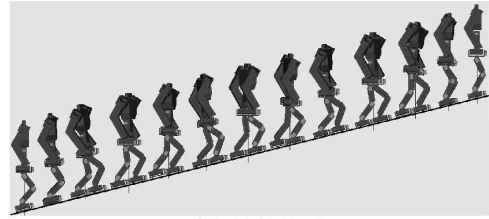


(a) Snapshots of simulation walking .

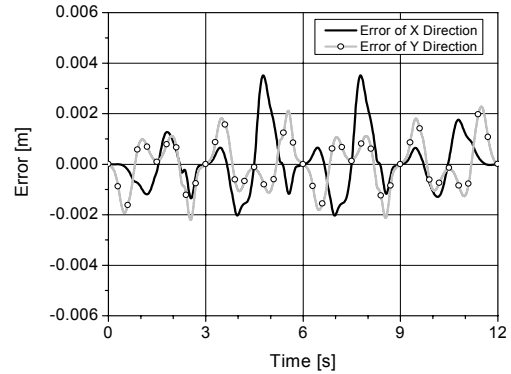


(b) Error between desired and actual ZMP.

<그림 4> 계단에서의 보행



(a) Snapshots of simulation walking .



(b) Error between desired and actual ZMP.

<그림 5> 경사면에서의 보행

3. 결론 및 향후 과제

다양한 환경에서의 안정적인 보행을 구현하기 위하여 전체 시스템이 설계 되었다. 안정적인 보행패턴을 해석하기 위한 수학적 모델링과 이에 따른 모의실험기의 제작을 구현하였다. 이에 인간형 로봇의 평지, 계단, 경사면과 같이 다양한 환경에서의 안정적인 보행을 모의실험을 통해 검증할 수 있었다. 향후 FSR 센서와의 연결을 통해 실제 보행 시 발생하는 내/외부의 여러 오차 값을 보상하여 안정적인 다양한 보행의 구현이 요구된다.

후 기

이 논문은 2007년도 산업자원부의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소(R-2007-2-059) 주관으로 수행된 과제임.

[참 고 문 헌]

- [1] Vukobratovic M. and Juricic D., "Contribution to the Synthesis of Biped Gait", IEEE Trans. on Bio-medical Eng., BME-16, 1-6, 1969
- [2] Li Q., Takanishi A. and Kato I., "Learning Control of Compensative Trunk Motion for Biped Walking Robot on ZMP Stability criterion" Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and System, 587 - 603, 1992
- [3] Cheol Ki Ahn, Min Cheol Lee and Seok Jo Go, "Development of a Biped Robot with Toes to Improve Gait Pattern", Proc. IEEE/ASME Int. Conf. on AIM, 729 - 733, 2003
- [4] Shuuji Kajita, Fumio Kamehiro, Kenji Kaneko, Kiyoshi Fujiwara, Kensuke Harada, Kazuhito Yokoi and Hirohisa Hirukawa, "Biped Walking Pattern Generation by using Preview Control of Zero-Moment Point", Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation, 1620 - 1626, 2003
- [5] James Kuffner, Satoshi Kagami, Koichi Nishiwaki, Masayuki Inaba and Hirochika Inoue, "Online Footstep Planning for Humanoid Robots", Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation, 932 - 937, 2003
- [6] Hirohisa Hirukawa, Fumio Kanehiro, Shuji Kajita, Kiyoshi Fujiwara, Kazuhito Yokoi, Kenji Kaneko and Kensuke Harada, "Experimental Evaluation of the Dynamic Simulation of Biped Walking of Humanoid Robots" Proc. ICRA, 1640 - 1644, 2003
- [7] Ishida T., Kuroki Y., Yamaguchi J., Fujita M. and Doi T.T., "Motion Entertainment by a Small Humanoid Robot Based on OPEN-R", Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, 1079 - 1086, 2001