# 10 자유도 이족 보행로봇 운동식의 모델링

# Modeling for The Dynamics of 10 D.O.F Biped Robot

최 형식*, °이 호식**, 박 용헌**, 전 대원**

* 한국해양대학교 기계공학과(Tel : 81-051-410-4297; Fax : 81-405-4790)
** 한국해양대학교 기계공학과(Tel : 81-051-410-4969; Fax : 81-405-4790)

**Abstract** : The conventional actuators with the speed reducer had weakness in supporting the weight of the body and leg itself. To overcome this, a new four bar link mechanism actuated by the ball screw was proposed. Using this, we developed a new type of 10 D.O.F biped robot. The dynamics model of the biped robot is investigated in this paper. In the modeling process, the robot dynamics are expressed in the joint coordinates using the Euler-Lagrange equation. Then, they are converted in to the sliding joint coordinates, and joint torques are expressed in the force along the sliding direction of the ball screw. To test modeling of the robot, a computer simulation was performed.

**Key words** : Biped Robot , Ball Screw Actuator, Four bar link

## 1. 서론

원자력 발전소나 유해가스가 존재하는 극한 상황에서 인간의 작업을 대신 수행하거나 인간의 보조역할을 하는 로봇에 대한 관심이 증가함에 따라 이들에 대한 많은 연구가 수행되고 있다. 이중에서 인간을 위해 설치된 작업 공간이나 가정에서 작업하기에 적합한 로봇으로 이족 보행로봇이 주목을 받아왔다.

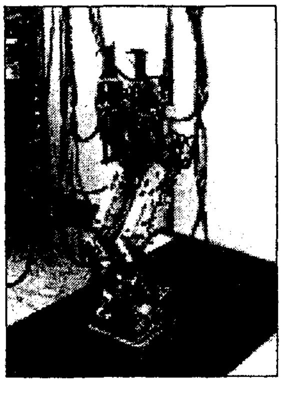
초기형태의 이론적 연구로서 이족 보행로봇의 모델링과 제어는 로봇의 외형에 따라 다리부만 고려한 연구와 다리부와 균형관절을 포함한 보다 복잡한 형태의 연구형태로 분류할 수가 있고 이에 대해서도 많은 연구들이 수행되었다[1-3]. 이족 보행로봇이 다양한 환경 하에서 보행하기 위해서는 걸음주기나 보폭, 방향전환 등과 같은 걸음새를 변형할 수 있어야 한다. 그러나 하체의 다리 부로만 구성된 이족 보행로봇은 걸음새 변경능력이 미비하거나 훨씬 복잡한 알고리즘을 필요로 하며, 보행 전 균형점 궤적이나 균형운동을 행하기 어려운 단점이 있다. 이를 해결하기 위하여 상부에 균형관절을 갖는 형태의 이족 보행로봇에 대한 연구들이 수행되었다[4-5].

인간과 같은 보행구조를 갖고 바퀴형태의 이동 체가 할 수 없는 계단을 오르거나 턱을 넘는 작업등을 수행할 수 있는 이족 보행로봇의 핵심적인 문제는 다리의 구동 능력이다. 이족 보행로봇들의 구조는 회전관절을 이용하고 이의 동역학도 회전공간 상에서 해석되었다. 이러한 회전관절형태는 각 관절에 감속기를 채용한 모터를 직접 회전관절에 부착하는 구조로 되어있다. 이 방법은 로봇의 보행 시에 회전 관절들로 구성된 지지 부의 다리로 두 다리의 하중과 상부의 하중을 지탱하므로 로봇의 크기가 커질수록 관절에 작용하는 토크가 커지는 문제점이 있다. 또한, 이족 보행로봇은 이동시스템이므로 자체에 동력원을 탑재하고 이는 구동부하로 작용된다. 이와 같이 로봇의 제작에 있어서는 크기와 중량에 제한을 둘 수밖에 없는 구조적 한계점을 가지고 있다[6]. 따라서 규모에 있어서 소형이며 고 강성의 가진 높은 기어비로 고 토크를 구현할 수 있는 구동기의 개발 없이는 이족 보행로봇의 원활한 보행은 한계가 있다.

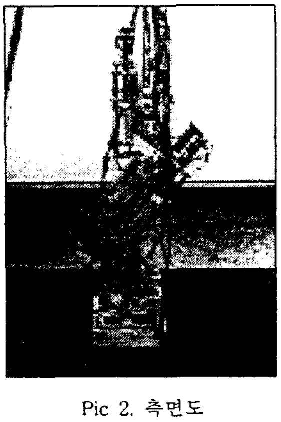
본 논문에서는 기존에 개발된 이족 보행로봇의 토크와 안정성의 한계점을 극복하기 위하여 고 강성의 높은 기어비를 갖는 볼 나사를 사용하여 새로운 구조의 인체형 10자유도 이족 보행로봇을 개발하였고, 이에 대한 시스템의 모델링 및 운동 방정식을 유도한다. 운동 방정식은 Euler-Lagrange 방정식을 이용하여 일반 산업용 로봇 매니퓰레이터와 같이 회전관절 공간에서 이족 로봇의 동역학 방정식을 유도한 후, 사절링크 기구의 구동을 위한 볼 나사의 미끄럼관절 공간에서의 운동방정식으로 변환한다. 제어입력의 형태도 관절구동을 위한 토크 입력을 볼 나사 구동방향에 대한 힘의 입력으로 변환하게된다.

## 2. 다리의 동역학 모델링

본 논문에서는 Pic. 1, 2와 같이 각각의 다리는 3개의 Pitch 관절과 발목 부에 1개의 Roll 관절을 가진 8자유도이며, 보행 시 균형을 유지하기 위한 Pitch, Roll 관절 1개씩의 2자유도를 갖는 총 10자유도 이족 보행로봇을 제작하였다. 이족 로봇은 발이 지면과의 접촉상태에 따라 동역학적 해석이 달라지는데, 본 논문에서는 보행 동작 중 한쪽지지 상태의 동역학 해석을 수행하였다. 또한 총 10자유도 중에서 전방보행의 동역학을 해석하므로 균형관절을 포함한 7자유도 운동을 살펴본다. 운동방정식을 고찰하기 위하여 지지부 한쪽다리를 모델로 한다면, 다리는 기본적으로 인간과 같이 발목, 무릎 및 힙과 같은 측면의 축을 중심으로 회전하는 3자유도 시스템으로 구성되며 평면에 놓인 다리의 발바닥에 기저 좌표계를 설정하였다. 제안된 시스템의 동역학 방정식을 유도하기 위하여 우선, 회전관절 공간에서의 동역학식을 유도한 후, 4절 링크기구의 운동방정식을 유도하여 궁극적으로 볼 나사 좌표 계에서의 방정식으로 표현하였다.



Pic 1. 정면도



Pic 2. 측면도