

이족 보행로봇의 걸음새구현을 위한 모션캡처 시스템

최형식*(한국해양대 기계정보 공학부), 김영식(한국해양대 대학원),
전대원(한국해양대 대학원), 김명훈(한국 신발·피혁연구소 자동화연구부)

Walking motion capture system for the biped-walking robot

Choi, Hyeung Sik(Korea maritime Univ), Kim, Young Sik(Korea maritime Univ)
Jun, Dae Woon(Korea maritime Univ), Kim, Myung Hun(KIFLT)

ABSTRACT

We developed a motion capture system to get angle data of human joints in walking mode. The data are used to coordinate the biped-walking robot developed in our laboratory. A pair of motion capture system is composed of three links with the ankle, knee, and pelvis joints. The system has six axes attached with potentiometers. We used an A/D converter was used to get digital data from joint angles. We filtered the data using the Butterworth 4th order digital filter, and simulated walking motion based on the data using the Matlab.

Key Words Motion capture system (모션캡처 시스템), Biped walking robot (이족보행로봇), Four bar imk (사절링크)

1. 서론

많은 연구자들이 인간이 생활하는 공간에서 작업을 할 수 있는 이족 보행로봇의 연구개발에 심혈을 기울여왔고, 이중에서도 원활한 보행을 구현하기 위한 보행동작에 대하여 많은 연구들을 수행하였다. 이들은 크게 이론적 방법과 실험적 방법이 있다. 이론적 연구들은 이족 보행의 동역학 해석을 통하여 안정도를 유지하며 여러 형태의 보행동작을 수행하는 방법들로 여러 연구결과들이 있었다[1-3]. 실험적 연구방법은 사람의 보행동작을 다양한 센서를 사용하여 구한 보행데이터를 이용하여 직접 이족 보행로봇에 적용하는 방법이다. 사람의 보행패턴을 이족 보행로봇에 적용하기 위해서는, 사람의 보행 동작의 데이터를 캡처 하는 기술과, 캡처한 데이터를 이족 보행로봇의 보행에 적합한 데이터로 변환하는 방법이 필요하다.

동작캡처 시스템에서 데이터를 구하는 방법은 기계적 방식, 음향적 방식, 관성적 방식, 자기방식 및 광학 방식 등이 있다. 이들중 최근에 가장 많이 사용하는 방식으로 자기 방식, 광학 방식 및 기계적 방식이 있다. 자기방식은 x, y, z방향의 직교코일을 내장한 발신기에서 발생하는 자장 속에서 자신의 위치를

알아내는 방법으로, 다른 동작 캡처 시스템에 비하여 상대적으로 가격이 저렴하고 실시간 처리가 가능하나, 잡음의 영향을 많이 받으며 캘리브레이션이 어려운 점이 있다[5]. 광학적 방식은 발광물질을 신체에 부착하고 두 대 이상의 카메라를 사용하여 인체의 동작을 파악하는 방법으로, 장점은 측정점의 추가에 따른 추가비용이 없고 캡처 범위가 넓으며 빠른 동작도 캡처 할 수 있으나, 초기비용이 많이 들고 주변환경(빛)에 민감한 단점이 있다. 기계적인 방법은 기구링크를 동작시켜 포텐서미터와 같은 센서의 변화량을 측정하는 방법으로, 출력을 디지털로 변환하는 A/D변환기의 성능에 영향을 많이 받는다. 하지만 기구 링크부를 제외하고는 센서가격이 저렴하고 사용하기 간편하며 시스템 응답 속도가 빨라 실시간 처리에 유리하다[4-6].

본 연구에서는 실험실에서 개발한 이족 보행로봇의 보행 구현을 위한 실험적 관절각 데이터를 얻기 위해서 포텐서미터를 사용하는 기계적인 방법의 모션캡처 시스템을 개발하였다. 이를 이용하여 실험자가 보행할 때의 관절각 데이터를 구하여 이족 보행로봇에 적합한 제어입력으로 변환한다. 이 데이터들이 이족 보행로봇의 구동에 적합한지를 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검토한다.

본 논문에서 2장은 실험자의 하체부분의 관절에 센서를 부착할 수 있는 기구부와 센서의 아날로그 신호를 디지털로 변화하는 부분으로 구성되고, 3장은 보행실험으로 본 실험실에서 제작한 시스템을 사람이 부착하여 실험을 통해 얻은 모션 캡처 시스템의 데이터를 필터링한 결과이며, 4장은 모션캡처 시스템에서 얻은 데이터를 시뮬레이션 하기 위한 이족 보행로봇의 좌표계 설정과, 이족 보행로봇에 적용하기 위한 사절링크 구조와의 관계를 세우고, 시뮬레이션한 결과이다 내용과 측정된 데이터를 그래픽을 이용한 컴퓨터 애니메이션을 수행하였다.

2. 시스템 구성

본 연구에서 제작한 모션캡처 시스템의 기구부는 2조의 링크 메카니즘으로 구성된다. 각 링크 메카니즘은 3자유도의 회전관절을 갖는 링크구조로 구성되고 관절부는 포텐서미터가 부착되어 있다. 이를 실험자가 다리에 착용하여 보행을 수행하면, 회전각의 정보가 전압으로 변환되고 이는 다시 디지털 값으로 변환되어 PC로 전송된다. 이 과정을 그림 1과 같이 블록 선도로 표현하였다

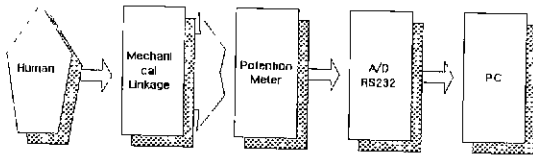


그림 1 모션캡처 시스템 블록도

사진 1과 같은 본 실험실에서 개발한 이족 보행 로봇의 보행관절의 데이터를 실험을 통하여 구하기 위해 그림 2와 같은 모션캡처 시스템을 직접 제작하였다. 이는 2조의 링크 메카니즘으로 구성되며 각 링크 메카니즘은 골반, 무릎 및 발목 관절과 이를 연결하는 3개의 링크로 구성된다.

기구부 관절의 회전 각 측정을 위해 포텐서미터를 사용하였고, 이는 접촉 권선형인 코펠전자의 J40s 모델을 사용하였다. 포텐서미터의 아날로그 출력 값은 OP-Amp로 증폭한 후 디지털 값으로 변환하기 위해서 80C196KC의 10-bit A/D변환기를 사용하였다. 변환된 데이터 값은 RS232C 통신을 이용하여 PC로 전송된다



사진 1 이족 보행로봇

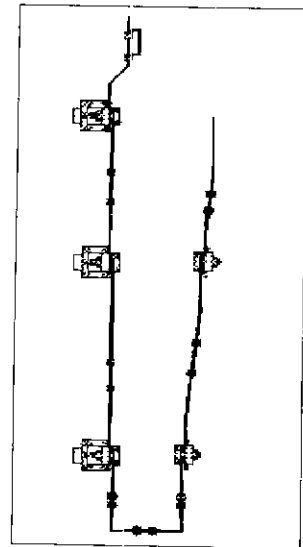


그림 2 모션캡처 기구

3. 보행실험

보행실험에서 모션 캡처 시스템을 사진 2와 같이 인체에 직접 부착하여 보행을 수행하고, 이때 관절의 회전 변위를 온라인으로 측정하여 PC로 데이터를 전송한다. 전송한 데이터는 잡음이 존재하므로 Butterworth 4차 디지털 필터를 사용하여 잡음을 제거하였다. 그림 3은 모션캡처 시스템으로 측정한 관절의 회전 변위를 필터링한 데이터이다. 보행실험에서 얻어진 데이터는 다음의 식을 이용하여 관절 회전각으로 변환한다.

$$\theta^* = \frac{360}{1024} \times y_0 \quad (1)$$



사진 2 모션캡처 시스템의 착용 모습

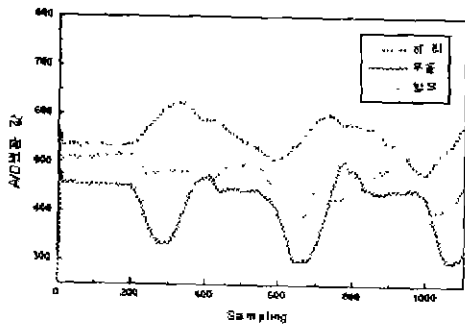


그림 3 보행실험 데이터

4. 컴퓨터 시뮬레이션

PC로 전송 받은 후 필터링된 보행 데이터는 자체 개발한 볼나사 구동의 이족 보행로봇의 보행 입력으로 사용하기에 적합한지 검증하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행한다. 컴퓨터 시뮬레이션은 우선 이족 보행로봇의 좌표계를 설정하고, 모션 캡처 시스템으로부터 관절각 데이터를 받아서 볼스크류 구동 방식인 이족 보행로봇의 사절링크의 구동변수인 볼나사의 길이로 변환하여, 이족 보행로봇의 보행 자세를 시뮬레이션한다. 이 과정을 그림 4의 블록선도로 나타내었다.

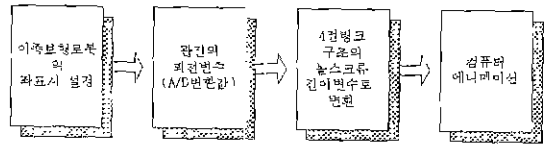


그림 4 컴퓨터 시뮬레이션 블록도

4.1 이족 보행로봇의 관절 좌표계의 설정

이족 보행로봇의 좌표계는 Denavit-Hartenberg 표 시법에 의하여 지지하고 있는 발을 거지로 하여, 발목, 무릎, 골반의 순서로 그림 5와같이 설정했다[7]

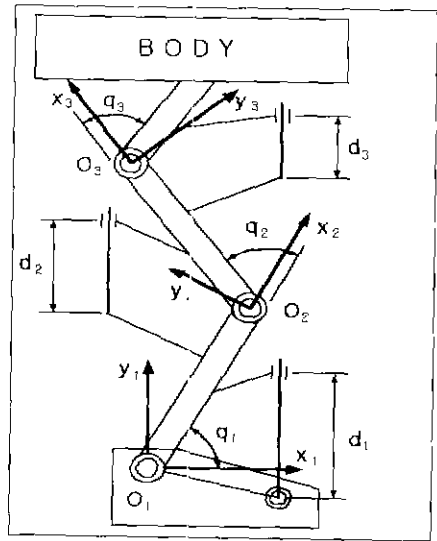


그림 5 이족 보행로봇의 좌표계

좌표변환 행렬과 링크 유도

4.2 사절 링크구조

모션캡처 시스템에서 구한 발목, 무릎 및 힙 관절의 회전 변위 데이터는 사절링크 구조인 이족 보행로봇의 볼나사변위로 변환한다. 이를 컴퓨터 시뮬레이션을 위해 구성한 Homogeneous Coordinates를 이용하여 시뮬레이션상의 데이터로 변환한다. 모든 관절의 사절 링크구조는 그림 6과 유사하고, 운동 형태는 사절기구에서 d_1 부분이 미끄럼 운동을 할 때, α_1 을 제외한 나머지 내부 각들의 회전과 함께 회전관절이 동작하는 구조이다. 볼나사를 구동하여 제어하는 직선 이동거리 d_1 과 회전각 q_1 의 관계를 다음의 식을 이용하여 표현하였다.

$$d_1^2 = a_3^2 + a_4^2 - a_2^2 - 2a_3a_4 \cos \beta_1 + 2d_1a_2 \cos \alpha_1 = A_1 + B_1 \cos \beta_1 + C_1 d_1 \quad (2)$$

여기서

$$\begin{aligned}
 A_1 &= a_3^2 + a_4^2 - a_2^2 \\
 B_1 &= -2 a_3 a_4 \\
 C_1 &= 2 a_2 \cos \alpha_1
 \end{aligned}$$

식 (2)에서 a_1, a_2 및 a_3 는 고정된 링크길이이며, a_4 는 예측한 값이고, α_1 과 N_1 은 고정된 각이다. 식 (2)을 볼 나사의 미끄럼 변위 d_1 에 관하여 정리하면 다음과 같다.

$$d_1 = \frac{C_1 + [C_1^2 + 4(A_1 + B_1 \cos \beta_1)]^{0.5}}{2} \quad (3)$$

$$\beta_1 = N_1 + q_1 \quad (4)$$

식 (4)을 식(3)에 대입하면 모션캡처 시스템에서 예측한 데이터와 사절링크와의 관계식을 다음과 같이 구할 수 있다[7].

$$d_1 = \frac{C_1 + [C_1^2 + 4(A_1 + B_1 \cos(N_1 + q_1))]^{0.5}}{2} \quad (5)$$

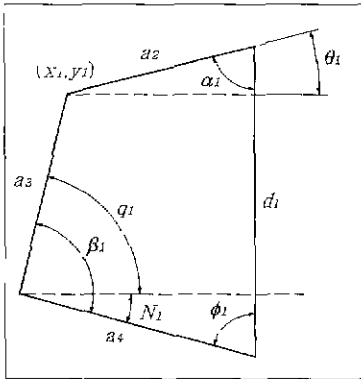


그림 6 사절 링크 구조

4.3 시뮬레이션 결과

식 (5)에서 구한 관절 각과 볼나사 변위 관계를 이용하여 관절 링크각으로 변환한후, Homogeneous Coordinates를 이용하여 컴퓨터 애니메이션상의 관절의 좌표로 표현하였다. 애니메이션은 MatLab을 이용하여 구현하였고 구현한 동작의 일부는 그림 7과 같다

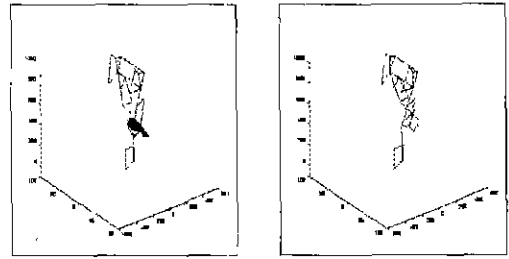
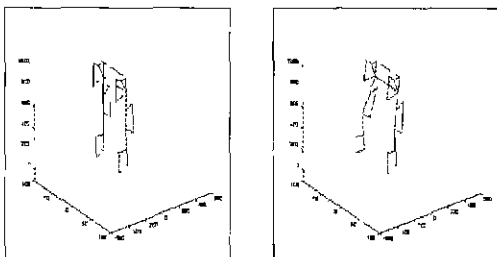


그림 7 애니메이션 동작

결론

본 실험실에서 개발한 이족 보행로봇의 보행을 구현하기 위하여 모션캡처 시스템을 개발하였다. 개발된 모션캡처 시스템을 착용하여 실험한 데이터를 가공하여 그 결과를 Data-base화 하였다. 측정된 데이터가 이족 보행로봇의 입력으로 적합한지를 검증하기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 향후 계획으로 실험을 통한 보행동작 데이터를 이족 보행로봇의 제어입력으로 사용하여 실제로 안정적인 동작을 구현하는 실험을 수행하고자 한다.

참고문헌

- 1 조병훈, 김대원, "이족 보행로봇을 위한 에너지 소비관점에서 고효율 걸음걸이 알고리즘 구현", KACC, Octpber, pp 1552-1555, 1998
- 2 V V Zhoga, "Computation of Walking Robots Movement Energy Expenditure", IEEE, May, pp.163-168, 1998
- 3 Barbara E. McCown-McClintuck, Gordon D. Moskowitz, "The Behavior of a Biped Walking Gait on Irregular Terrain", The International Journal of Robotics Research, Vol 17, No. 1, January, pp. 43-55, 1998
- 4 장호식, "동작 캡처 기술", 電子工學會誌, Vol. 25 No. 2. 1998
- 5 이지홍, 정용우, "실시간 인체 동작 캡처 시스템," 한국정밀공학회지, 제13권, 제2호, pp.1943-1946, 1998.
- 6 최대성, 이수용, 김문상, "휴먼로봇을 위한 원격제어 장치의 개발", 한국정밀공학회지, 제13권, 제2호, pp.2059-2062, 1998.
- 7 최형식, 이호식, 박용현, "볼나사 구동기를 갖는 로봇다리의 모델링". 한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집, pp.583-585, 2000