

유전 알고리즘을 이용한 이족 보행로봇의 계단 오르기 수행

*김은수, 김태규, 김종욱
동아대학교 전자공학과

e-mail : tacctics@hotmail.com, taeguya@hotmail.com, kjwook@dau.ac.kr

Upstairs Walking of a Biped Robot Using Genetic Algorithm

*Eun-Su Kim, Taegy Kim, Jong-Wook Kim
Department of Electronic Engineering
Dong-A University

Abstract

In this paper, using a genetic algorithm, consisting of six to seven degrees of freedom links, walking robot to up-stair that can walk to optimize energy and stability to generate. Walking robot to up-stairs of the four-step segmentation of the various situations that match the pace and pattern so that it can generate. It also generated using genetic algorithms to test for Matlab into the Robot Simulation of the humanoid experiment was used.

I. 서론

이족 로봇의 보행에서 계단 오르기에 대한 각 관절별 기준궤적을 생성하는 것은 매우 중요하면서도 어려운 일이다. 계단 오르기를 수행하기 위해서는 계단 위에 착지하는 발의 위치가 정확해야 하며, 발끝이 계단 모서리에 부딪히지 않아야 한다. 또한 직립 안정도를 위해 zero moment point(ZMP)가 지지하는 다리의 발바닥 내에 위치해야 하며, 장시간 로봇을 운용하기 위해 모터에서 발생시키는 토크의 합이 최소화되어야 한다[1].

이 모든 조건을 만족시키는 최적 궤적을 만들기 위

해서는 비용함수의 미분 방정식을 필요로 하지 않는 연산적 최적화 기법(computational optimization method)을 사용해야 한다[2].

본 논문에서는 유전 알고리즘을 이용하여 7개의 링크로 구성된 7자유도 이족보행 로봇이 계단을 오를 때 모든 구속조건을 만족시키며, 소비 전력을 최소화시킬 수 있는 보행 궤적을 생성한다. 이를 위해 계단 오르기를 4개의 단계로 세분화 하여 다양한 상황에 맞는 관절 회전각 패턴을 생성할 수 있도록 하였다. 그리고 컴퓨터 simulation을 통해 생성된 궤적들을 휴머노이드 키트에 적용함으로써 타당성을 검증하였다.

II. 계단 오르기 정의

인간의 계단 오르기 동작을 분석해보면, 한 쪽 다리를 들어 올려서 위쪽 계단에 발을 놓는 동안 다른 쪽 다리는 넘어지지 않도록 온 몸을 안정적으로 지지해야 한다. 그 후 위쪽 계단에 놓인 다리를 지지축으로 삼아 아래쪽 계단에 있던 다리를 끌어올린다. 본 논문에서는 이와 같은 인간의 동작 패턴을 분석하여 1회의 계단 오르기 주기를 네 가지 단계로 나누어 각각에 대해 적절한 궤적 패턴을 계산했다.

첫 번째 단계로 로봇의 발끝이 계단 모서리에 부딪치지 않게 하기 위해 제자리에서 한쪽 다리를 계단 높이 이상 들어 올린다. 그 동안 ZMP 안정도를 유지하기

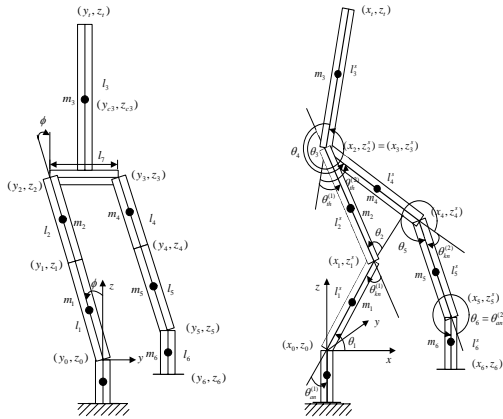


그림 1. 이족 로봇의 모델링

위해 지지하는 다리의 발목 관절과 대퇴부 관절을 coronal plane(정면) 내에서 ϕ 도 만큼 회전시켜야 한다. 그 결과 sagittal plane(측면)에서 보면 그만큼 링크 길이가 사상되어 짧아지는 효과가 생기므로, 들어 올리는 다리의 최종 발목 관절각($\theta_{an}^{(2)}$)과 대퇴부 관절 각($\theta_{th}^{(2)}$)은 역기구학을 이용해서 아래 식과 같이 계산 된다.

$$\theta_{an}^{(2)} = \theta_{th}^{(2)} = \cos^{-1} \frac{(h_f - \sqrt{-(l_1 + l_2)^2 - 2(l_1 + l_2)\cos 2\phi})^2 - l_1^2 - l_2^2}{-2l_1l_2} \quad (1)$$

h_f : 다리를 들어 올릴 높이
 l_1, l_2 : 들어 올리는 다리의 링크 길이
 ϕ : 발목관절의 coronal 평면 회전각도

두 번째 단계로 계단 높이 이상 들어올린 다리의 발을 계단면 위에 올려놓는다. 이 때 양쪽 발이 모두 바닥에 닿으므로 ZMP를 골반 중심점으로 이동시키고, 계단면과 90도가 되도록 발을 놓는다.

세 번째 단계는 아래 계단의 다리를 들어 올리기 위해 계단에 올려놓은 다리로 ZMP를 이동하는 단계이다. 이 때 로봇이 쓰러지지 않게 하기 위해 아래 계단의 발은 계단 면에 닿아 있어야 하므로, 결과적으로 뒷꿈치를 약간 들어주는 자세가 된다.

네 번째 단계로 blending polynomial을 이용해서 하부 계단에 위치한 발을 계단 모서리에 부딪치지 않으면서 최대한 부드럽게(최소의 토크를 요함) 들어 올려서 초기 직립상태를 만든다.

첫 번째 단계를 제외하고 나머지 세 가지의 단계는 3차원 공간에서 이족로봇의 기구학과 동역학을 계산하여 최종 위치를 생성한 후 blending polynomial과 유전 알고리즘을 사용하여 최적 궤적을 모사하였다[2].

III. Simulation

그림 2는 본 논문에서 제안된 방법으로 얻어진 단계별 최적 거동을 Matlab으로 simulation한 결과를 나타낸다. 작성된 Matlab 프로그램은 4단계로 나누어진 단계 각각의 위치를 계산하고 blending polynomial 함수를 사용하여 부드러운 궤적을 생성하였다. 생성된 궤적은 DH-기법이 아닌 실제 모터 각도로 변환하여 로보티즈사의 이족로봇에 적용시킬 수 있도록 하였다.

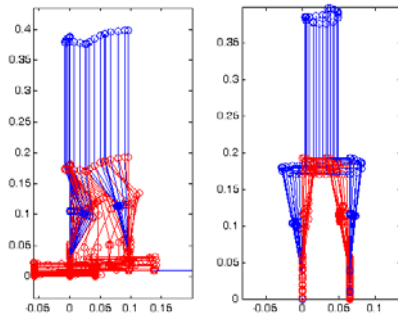


그림 2 Matlab Simulation

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 계단 오르기 보행 방법을 4단계로 나누어 체계적이며 정확하게 계산할 수 있는 방법을 새롭게 제안하고, 총 10개의 하체모터에 대한 최적 궤적들을 생성하였다. 이 최적 궤적들은 계단 오르기 시의 구속조건을 모두 만족시키면서 최소의 전력을 소모하도록 부드러운 blending polynomial을 사용하여 근사화 했다. 그리고 제안된 계단 오르기 궤적 생성의 적용 가능성을 검증하기 위해 3차원 모델을 이용하여 simulation 한 후, 휴머노이드의 키트에 적용했다.

향후 연구는 이족 보행과 계단 오르기를 이용하여 할 수 있는 다양한 동작, 예를 들어 뛰기, 물건 들고 이동하기 등의 동작을 제안된 방법과 같이 안정적으로 정확하게 구현하는 것이다.

참고문헌

[1] 최무성 외, “유전자 알고리즘을 이용한 이족 보행 로봇의 최적 설계 및 최적 보행 궤적 생성”, 제어·자동화·시스템학회논문지, 제10권, 제9호, pp. 833-839, 2004.
 [2] 김태규 외, “유전자 알고리즘을 이용한 이족 보행 로봇의 궤적 생성”, 제어·로봇·시스템학회 대전 충청지부 학술대회, pp. 187-191, 2007.