

안센 메커니즘을 이용한 보행 로봇의 최적설계에 관한 연구

[글] JIN YONGZHU*, 지형근
연세대학교
youngsu1992@naver.com

1. 서 론

최근 다족·다관절 보행 로봇(multi-legged walking robot)이 각광을 받고있다. 보행 로봇에 대한 연구는 생물체에 근접한 기계를 만들려고 하는 인간의 요구와 수요에 의하여 시작되었다. 기존 이족 로봇의 주요 이동방식으로 사용되는 바퀴가 아니라 다리 기구를 사용하는 것이 보행 로봇의 가장 큰 장점이다. 이러한 다리 기구를 이용하는 보행방식은 기존의 바퀴 보행 로봇이 임무를 수행 할 수 없었던 바닥이 단단하지 않은 지형, 장애물이 있는 지형 등의 영역에서까지 임무 수행 범위를 확장한다. 이와 같이 불규칙한 지표면 환경에서 자유롭게 이동할 수 있는 보행 로봇은 움직임이 민첩하고 빠른 보행 속도를 가지며 예측불허한 환경에 적응할 수 있다.

10여년 전부터 다족·다관절 보행 로봇의 다리에 대한 많은 연구가 진행 되어왔다. 하지만 기존의 로봇들은 관절을 각각의 모터로 제어하기 때문에 무게가 많이 나가는 문제와 제어의 복잡함이 있었다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 안센 메커니즘을 기

반으로 한 연구들이 많이 진행 되었다. 하지만 기존의 이러한 로봇은 주로 기계적인 다리 장치를 설계에 초점을 맞추었으며 로봇에 관한 내용들이 부족하다.

본 연구는 다족·다관절 보행 로봇의 한 종류인 절 기구형 보행 로봇의 최적다리 길이를 선정하기 위하여 제한 조건에 따른 설계변수를 설정하였다. 에디슨 디자인 m.Sketch을 활용하여 Kinematics Simulation을 여러 차례 반복하여 각 변수에 따른 두 개의 결과값GL(Ground Length)와 GAC(Ground Angle Coefficient)를 가장 큰값으로 가지게 하기위한 최적설계를 수행하였다. 대상 보행 로봇은 4절 기구 이론과 테오안센 메커니즘(Jansen mechanism)을 기반으로 설계되었다. 그리고 에디슨 디자인 m.Sketch를 이용하여 최대의 보행 보폭(GL)과 보행 보폭 각도 효율계수(GAC)를 가지는 11개의 다리 길이를 구하였다. 또한 최대의 보행 보폭과 보행 보폭 각도 효율계수를 가지는 11개의 다리 길이를 이용하여 과학상자 부품과 아크릴 가공 두가지 방법으로 각각 다리부분을 제작하여 테오안센 메커니즘 기반의 보행 로봇을 구현하였다. 또한 추가확장 방식으로 8족, 16족 혹은 더 많은 다리를 추가하여 사람을 태우거나 무거운 물건을 운반할 수 있는 로봇도 제작이 가능하다.

2. GL과GAC의 정의

Ground Length(GL): 시뮬레이션을 실행하였을 때 그림1에서와 같은 궤적이 그려지는데 실제 다리의

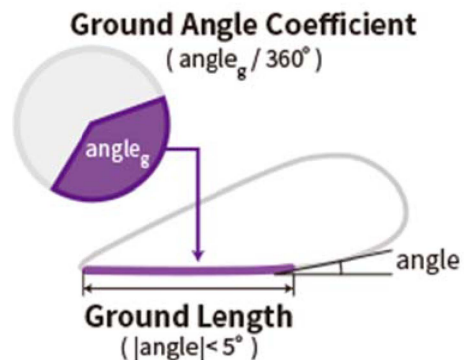


Fig. 1. GL과 GAC

끝단이 지표면과 접촉하였을 때 지표면과 궤적이 이루는 각도가 5도 미만일때의 길이를 보행 보폭으로 정의한다.

Ground Angle Coefficient(GAC): 모터가 한 바퀴 회전할때 보행보폭(Ground Length)에 대한 360° 에 대한 비율이다.

3. 기구 설계

3.1 구동부의 설계

구동부는 주어진 과학상자 모터(NO.100B) 2개를 사용하고 과학상자에서 제공되는 기어박스(Gear Box)를 사용하였다. 그림2는 구동부의 최종 형태이다. 동력전달 과정을 간단하게 설명하자면 과학상자 모터(NO.100B) → 펑기어(대) → 프레임 순으로 전달된다. 본 설계에서는 한 개의 모터가 동시에 4개의 다리를 제어할 수 있다. 한 개의 모터에서 출력되는 좌, 우 회전축에는 180° 위상차이가 있는 다리들의 결합 구조로 되어있다. 그림2의 축의 양끝에 달린 기어를 보면 180° 의 위상차가 나는 것을 알 수 있다.



Fig. 2. 구동부

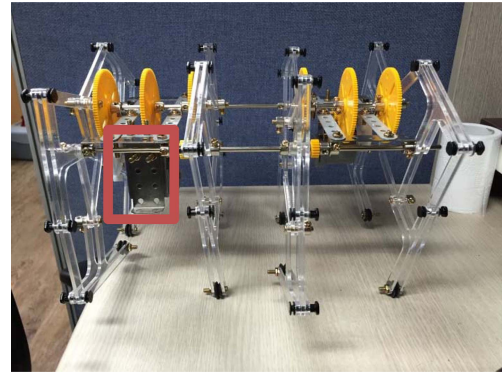


Fig. 3. 모터의 장착 위치

이렇게 결합된 4개의 다리가 1set 를 구성한다. 따라서 구조적으로는 서로 대각선으로 놓여진 두개의 다리의 끝단이 지면에 닿아 있으면 나머지 두 개의 다리의 끝단은 지면에 떠 있게 된다.

로봇이 보행할때 일반적으로 2족 로봇의 경우 좌우로 흔들리는 부자연스러운 몸체의 움직임이 나타난다. 하지만 테오안센 메커니즘의 다리구조는 최소한 4족 이상의 다리구조를 모방하므로 자연스러운 보행이 가능하다.

더 자연스러운 보행을 하기 위해서는 몸체의 무게중심이 낮아져야한다. 그림3를 보면 두 개의 모터가 모두 프레임의 아랫부분에 장착된 것을 볼 수 있다. 이렇게 아랫부분에 모터를 장착함으로써 몸체의 무게중심을 낮추어 자연스러운 보행이 가능하고 몸체의 균형을 좀더 안정적으로 유지할 수 있게 된다.

3.2 프레임의 설계

3.2.1 m.Sketch를 활용한 프레임 설계

프레임의 설계는 mSketch를 이용하여 대량의 실험을 통하여 결과값인 보행 보폭GL(Ground Length)과 보행 보폭 각도 효율계수GAC(Ground Angle Coefficient) 모두 큰 값을 가지는 최적의 다리 길이를 구하였다.

실험에 앞서 구동부에서의 출력축G와 고정축 O1의 위치를 결정하는 O1G의 길이와 O2G의 길이를 측정하여 O1G를 60 mm, O2G를 10 mm로 정하였다.

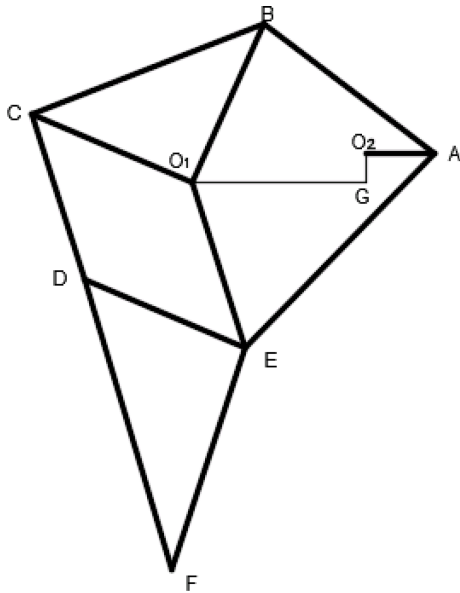


Fig. 4. 안센 메커니즘 다리 구조

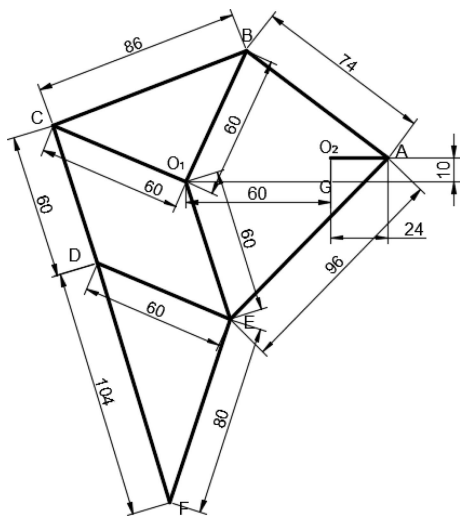


Fig. 5. 제안된 이상적인 다리길이

m.Sketch를 통하여 얻은 대량의 수치들 중 GL과 GAC수치가 가장 높아지는 다리길이를 결정하였다.

3.2.2 프레임의 세부 설계

Table1. 제안된 이상적인 다리길이

다리	제안된 다리의 이상적인 길이(mm)
O2A	24
AB	74
BC	86
BO1	60
CO1	60
CD	60
DE	60
O1E	60
DF	104
EF	80
AE	96
O1G	60
O2G	10
최대 보행 보폭(mm)	90.202
최대 보행 보폭 각도 효율계수(%)	45.2

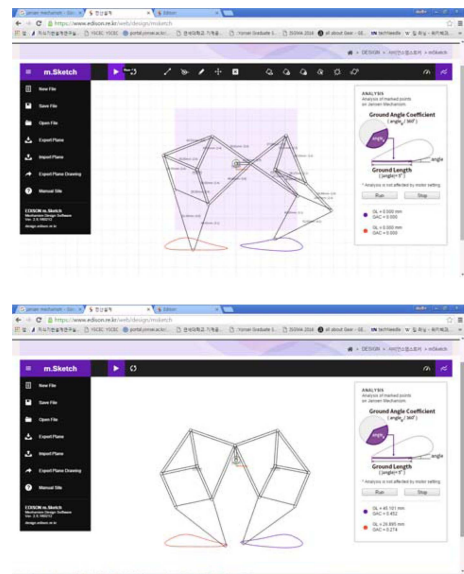


Fig. 6. m.Sketch를 통한 시뮬레이션

이상적인 다리길이를 결정한 후 다리의 세부 설계의 목표를 프레임으로 좌우 흔들림을 줄이고 프레임의 강도를 유지하면서 경량화하는 것으로 설정하

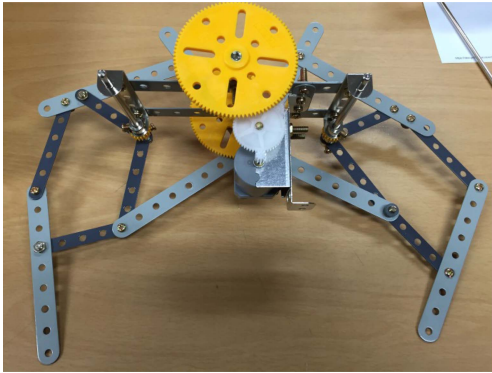


Fig. 7. 과학상자 부품으로 만든 프레임

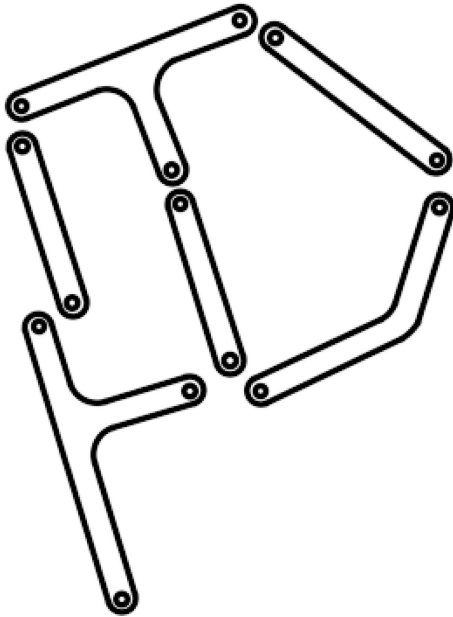


Fig. 8. 아크릴 가공 도면

였다. 프레임 부분제작에 있어서 두가지 방법을 사용하였다. 먼저 그림에서처럼 과학상자 부품만을 이용하여 로봇을 제작하였다. 하지만 경량화에 한계가 있었고 다리부분이 좌우로 흔들리는 문제점이 발생하였다. 이를 보완하기위해 아크릴을 사용하여 원하는 모양의 프레임을 가공하여 로봇을 제작하였다. 내 구성은 유지하면서 과학상자의 철판된 프레임보다



Fig. 9. 최종 프로토타입

가벼워 경량화가 가능하였고 정확한 가공을 통해 좌우이격을 최소화하여 흔들림도 줄일 수 있었다.

4. 결 론 및 향후 연구

본 연구는 mSkeeth를 활용하여 최적화된 절기구형 보행로봇을 설계하는데 목적을 두고 있다. 여러 변수들을 변화시켜가며 GL(Ground Length)와 GAC(Ground Angle Coefficient)를 가장 큰 값으로 가지는 이상적인 구조를 찾는 방향으로 설계를 진행하였다. 또한 로봇의 재료와 구조의 변화를 통한 경량화와 강건성을 늘리는 세부설계도 함께 진행하였다.

더 나아가 향후에는 아두이노를 활용하여 로봇을 무선으로 조정하고 추가적인 기능을 가지게 설계를 진행할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 첨단 사이언스·교육 허브 개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2014M3C1A6038793).

참고문헌

1. Patnaik, Swadhin. "Analysis Of Theo Jansen Mechanism (Strandbeest) And Its Comparative

- Advantages Over Wheel Based Mine Excavation System.” Analysis 5.07 (2015).
2. Nansai, Shunsuke, Mohan Rajesh Elara, and Masami Iwase. “Dynamic analysis and modeling of Jansen mechanism.” Procedia Engineering 64 (2013): 1562-1571.
 3. Kim, Sun-Wook, and Dong-Hun Kim. “Design of leg length for a legged walking robot based on Theo Jansen using PSO.” Journal of Korean Institute of Intelligent Systems 21.5 (2011): 660-666.
 4. Molian, Samuel. Mechanism design: an introductory text. Cambridge University Press, 1982.
 5. <http://garethrees.org/2011/07/04/strandbeest/strandbeest.html>
 6. <http://www.strandbeest.com/>