

경사/장애물/특수 표면을 이동할 수 있는 안센 매커니즘 기반의 보행기구 설계

[글] 김소원, 박영철, 전은서*
 서울과학기술대학교
 tjdms6359@naver.com

1. 서 론

균일하지 않은 지형에서 생존하는 게(Crab)와 같은 해변동물의 다리를 보면 한쪽 발이 바닥에 닿을 때, 반대쪽 발은 들어올려지며 곡선 형태로 경로를 그리며 이동한다. 테오 안센(Theo Jansen)에 의해 제안된 안센 매커니즘은 11개의 관절 다리를 링크로 연결하여 경사, 장애물, 특수표면을 안정적이고 빠른 속도로 이동할 수 있도록 한다. 이러한 메커니즘은 보행기구나 로봇에 응용되어 사람이 접근하기 힘든 지형을 탐색하거나 특수 기능을 수행하는 목적으로 이용되고 있다. 안센 메커니즘에서 보행의 안정성을 좌우하는 가장 큰 요소는 관절 다리의 길이와 링크 연결부 위치이다. 관절의 길이와 연결부의 위치에 의해 지면에 닿는 최종 포인트의 이동 경로가 결정되기 때문이다. 본 연구에서는 EDISON m.Sketch라는 안센 매커니즘 전용 디자인 툴을 이용하여 관절 위치와 길이를 결정한다. 이후, m.Sketch Designer에서 보행기구를 조립 하고 최적화/해석 프로그램(Theo Jansen Mechanism Optimization Solver:이하

Slover라 지칭함)을 사용하여 설계된 안센 매커니즘의 조인트 위치가 최적인지를 분석하였다.

2. 설계 및 조립

2.1 설계

보행기구 다리는 2족 1 Set로, 총 2 Set의 다리가 양쪽으로 병렬구조를 이루고 있다. 안정적인 이동과 장애물 통과를 모두 만족시켜야 하므로 보행기구의 발이 지면으로부터 일정 높이 이상 뜰 수 있게 설계 하는데 중점을 두었다.

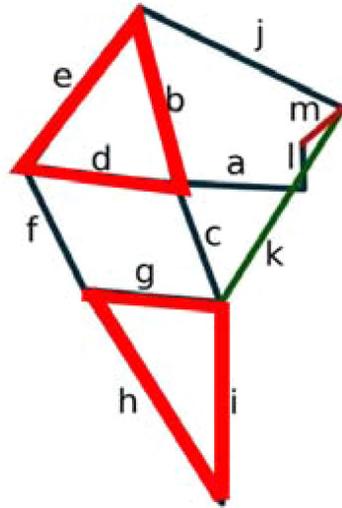


Fig. 1. 안센 매커니즘 구조

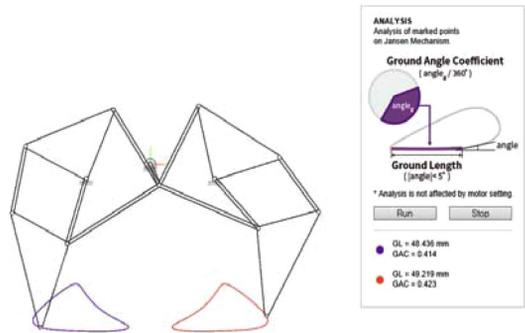


Fig. 2. 3D Printer와 스트립을 이용하 설계한 안센 매커니즘 m.Sketch 결과

Table 1. 초기 설계치수와 최적화 치수의 차이

	설계 치수	최적화 치수	편차
a	38	38.00	0
b	41.5	41.51	0.01
c	38.1	38.11	0.01
d	40.1	40.10	0
e	55.8	55.81	0.01
f	38.1	38.11	0.01
g	38.1	38.08	0.07
h	63.5	63.51	0.01
i	63.5	63.50	0
j	50	50.01	0.01
k	63.5	63.52	0.02
l	7.8	7.79	0.01
m	12.7	12.70	0

m.Sketch 로 보행기구 4개의 발 이동 경로를 확인 해 본 결과 두 개의 다리가 서로 엇갈리면서 1개의 발이 공중에 뜰 때는 나머지 3개의 발이 지면에서 지지해줌으로써 몸체가 넘어지지 않음을 알 수 있었다.

보행기구의 재료를 과학상자 부품만 사용하여 설계할 경우 스트립의 구멍 간격이 12.7mm로 정해져 있어 보행기구의 치수 설계가 제한적이었다. 또한, 과학상자 스트립의 치수를 m.Sketch에 반영하여 확인해 본 결과 보행기구의 발이 지면으로부터 매우 낮게 떠서 장애물을 통과할 수 없다고 판단되었다.

이러한 제약 조건을 해결하고자 치수 설계가 자유로운 3D Printer로 형태가 거의 변하지 않는 부분인 <Fig.1>에 나타난 삼각형 bde와 삼각형 ghi을 하나로 묶어 제작하였다. 비교적 가벼운 소재인 ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) 및 PLA(Ploy Lactic Acid) 수지를 사용하였으며 과학상자 부품을 이용하여 제작했을 때 보다 보행기구의 무게를 감소시킬 수 있었다. <Fig. 2>는 3D Printer 부품과 과학상자 스트립을 복합적으로 사용하여 m.Sketch에 반영한 결과이다. 이동경로를 보면 지면에서부터 원하는 높이까지 뜨며 이동하였다. 과학상자의 스트립만으로 설계한 다리와 비교해 보면 GL(Ground

Length)가 약 20mm이상 차이가 나는 것으로 보아 지면과 닿아 있는 시간이 증가한 것을 알 수 있었다.

Solver최적화/해석 프로그램을 사용하여 보행기구 다리의 링크 위치와 다리 설계가 적절한지 분석하였다. 설계 치수와 최적화 치수를 비교해 본 결과 <Table 1>과 같이 값의 차이가 보통 0.01~0.02으로 미소한 차이를 나타냈다. 따라서, 3D Printer 부품과 과학상자의 부품으로 이루어진 다리가 적합하다고 판단되어 이 치수로 제작을 진행하였다.

2.2 조립

조립하는 부품은 2족 1 Set인 보행기구 다리 2 Set, 다리와 다리를 연결 하면서 모터를 장착시킬 수 있는 메인 프레임(고정부 및 관절부), 모터2개, 기어박스 그리고 과학상자 스트립 등이 있다. EDISON Designer 프로그램을 이용하면 과학상자의 부품들을 가상으로 조립하여 전체적인 보행기구의 형상을 한 눈에 볼 수 있고 구조적 안정성과 조립 가능성을 알 수가 있다. 다만 본 연구에서는 과학상자 이외의 3D Printer로 제작한 부품을 사용하여 보행기구를 설계했기 때문에 전체적인 구조를 프로그램 상에서 볼 수 없었다. 그래서 직접 조립해보는 방법으로 EDISON Designer을 대신하여 수행하였다.

<Fig. 3>은 과학상자부품과 최초의 3D Printer부품을 사용하여 조립한 형상이다. 초기의 3D Printer로 제작한 메인 프레임(a)의 중심부에는 모터의 동력을 전달하는 축을 고정시킬 1개의 홀(Hole)을 제작했다. 그리고 양 옆으로는 다리를 고정시킬 수 있는 2개의 홀로 3D Printer로 제작한 다리의 위치가 정확한 위치에 조립 될 수 있도록 하였다. 하지만 메인 프레임(a) 2개가 고정되어 있지 않아 모터를 작동시킬 때 중심부의 축의 힘이 발생하여 동력 전달이 되지 않는 문제점이 발생하였다.

이에 대한 첫 번째 해결책으로 중심부의 축 사이에 힘을 방지해 주는 역할을 하는 중공관(b)을 3D Printer로 제작했다. 하지만 이 중공관(b)은 따로 메인 프레임(a)에 고정을 시킬 수가 없는 구조였기 때문에 축의 힘을 방지하려는 역할을 하지 못 했다.

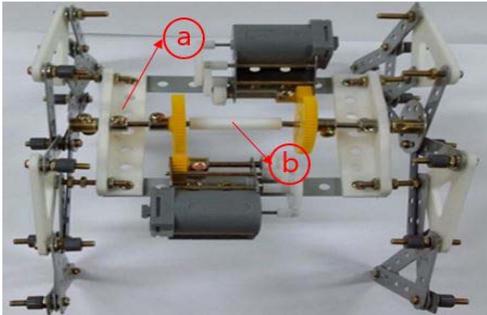


Fig. 3. 과학상자와 최초의 3D Printer로 제작한 부품의 조립 사진

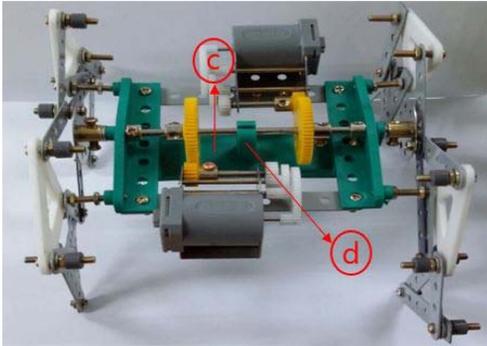


Fig. 4. 초기의 조립형태의 문제점을 보완하여 재설계한 부품의 조립사진

이를 보완하기 위한 두 번째 해결책으로 초기의 각각 따로 있던 메인 프레임(a)을 <Fig. 4> 에서와 같이 하나의 연결된 프레임(c)로 다시 제작하여 모터를 작동시킬 때 중심부의 축의 힘을 방지를 했다. 또한 중공관 형태(b)의 움직임을 고정 시킬 수 없던 문제를 프레임(c)의 가운데에 보강대 형태(d)의 구조로 제작하였다.

그 결과 축의 힘 없이 모터의 동력이 축까지 전달 되었고, 구조적으로 안정성을 갖추게 되어 다리부가 원활하게 작동되는 것을 확인할 수있었다.

3. 결 론

본 연구를 통해 안센 매커니즘 기반의 보행기구를 설계하여 고르지 않은 지면에서 보행기구가 최대한 안정적으로 이동할 수 있는 매커니즘을 설계하고자 하였다.

그런데 보행기구의 다리가 장애물을 넘기 위해서는 한 쪽 발이 지면에서 뜨고 나머지 3개의 발을 지탱해줌으로써 이동해야 하는데, 발의 각도가 너무 큰 경우에는 모터의 무게 때문에 불안정하게 이동하면서 결국엔 넘어지는 현상이 발생하였다. 그렇다고 발의 각도를 너무 적게 주면 빠른 시간에 발이 지면에 닿기 때문에 안정성은 높일 수 있지만 장애물을 넘지 못하고 장애물에 부딪히며 뒤로 밀려나게 되었다. 따라서, 적당한 다리의 각도와 이동이 요구되었다. 초기 설계는 m.Sketch 이용하였는데 제작하였는데 이 프로그램상에서는 모터의 무게가 반영되지 않은 상태였기 때문에 실제로 제작이 이뤄진 보행기구의 경로와 차이가 있었다. 프로그램상에서도 실제 사용하는 모터의 무게가 반영된다면 더욱 효율적이고 정확한 구조 설계의 결과를 기대할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. J.H.Lee and S.D.Choi., 2014, Walking Robot design using Theo Jansen mechanism, *Proceedings of the KSMPE Conference*, pp. 174.
2. Sun-Wook Kim and Yeoungyun Kim., 2010, Development of a Legged Walking Robot Based on Jansen Kinetics, *Journal of Korea Institute of Intelligent Systems*, No.4 pp. 509-515.
3. Anthony James Ingram, 2006, A new type of mechanical walking machine, Johannesburg, Republic of South Africa.
4. <http://blog.naver.com/shop22/159534685>
5. <http://blog.naver.com/wh1gus2tkd3/220445260475>