

안센 메커니즘을 통한 보행 기구 설계

남웅식¹

한국과학기술원 기계공학과¹

Walking Apparatus Design through Jansen Mechanism

Ungsig Nam¹

¹ Department of Mechanical Engineering, KAIST.

ABSTRACT:

In this study, important design factors in Jansen leg mechanism by which two legs can be driven by only one input like a motor are considered through method of transmitting motion in three-bar linkage and Grashof law in four-bar linkage. In preliminary design, by using EDISON m-sketch and its simulation which can observe trace of feet, two identical four-bar linkages are initially designed and two three-bar linkages are added to four-bar linkages sequentially. By analyzing GL(Ground Length) and GAC(Ground Angle Coefficient), the adequacy of the preliminary design was estimated. Final design of walking apparatus is implemented using CAD software, Assembly2 of EDISON Designer. Finally, proposals to improve software used in this study are suggested.

Key Words: EDISON m-sketch, EDISON Designer four-bar linkage, Jansen mechanism, three-bar linkage

Received 0 xxxx 0000; received in revised form 0 xxxx 0000; accepted 0 xxxx 0000 [학회작성]

1. 서론

일반적으로 이동 로봇은 바퀴를 사용하는 휠(wheel) 기반 로봇과 다리를 사용하는 다족 로봇으로 크게 나눌 수 있다. 휠 기반 로봇의 경우 평지에서의 이동 속도가 빠른 장점을 가지나 비평탄 지면이나 계단 및 장애물이 존재하는 경우 다족 로봇에 비해 이동 능력이 현저히 저하되는 단점을 가진다. 반면에 다족 로봇은 휠 기반 로봇에 비해 평지에서의 이동 속도가 낮은 단점을 가지나 휠 기반 로봇에 비해 지형에 영향을 덜 받는다는 장점을 가진다. 현재 이와 같은 다족 로봇의 장점을 적극적으로 활용 가능한 다양한 형태의 다족 로봇에 관한 연구들이 활발

히 진행되고 있고[1], 안센 메커니즘을 이용한 연구도 그 중 하나이다. 키네틱 아트(kinetic art) 예술가인 테오 안센(Theo Jansen)[2]이 고안한 안센 메커니즘은 1 자유도의 움직임만으로도 다리 한 쌍의 보행을 구현할 수 있다는 장점이 있다.

2. 기구학적 이론

2.1.3 절 링크

안센 메커니즘으로 만들어진 다리는 두 개의 3 절링크(3bar linkage)가 있다. Fig. 1에서 P3, P4, P5 와 P6, P7, P8 로 이루어진 것이 3 절링크이다. 한 선분에서 양 끝점에서 두 개의 원을 그리는 경우 두 점 이외에서 만나는 점이 없기 때문에 3 절링크는 움직이지 않으며 고정링크라고도 한다. 고정링크의 역할을 예로 들면 P3, P4, p5 로

9. † Corresponding Author, yykim@snu.ac.kr [8Point Times New Roman]

© 0000 Society of CAD/CAM Engineers [학회작성]

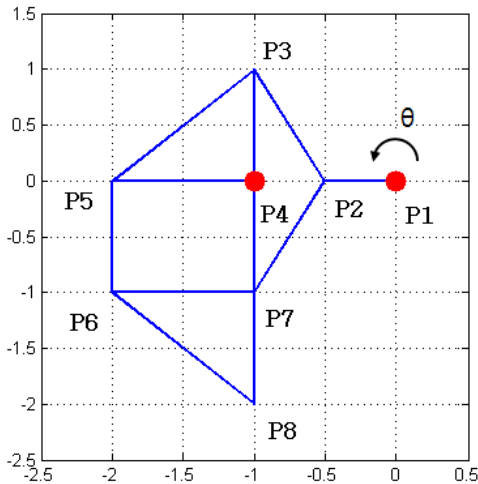


Fig. 4 Jansen leg

이루어진 3 절링크는 P3의 운동이 P4P5 링크의 길이와 각 P3P4P5에 따라 P5로 궤적의 길이와 위치가 바뀌어서 전달된다.

2.1 4 절 링크

양센 메커니즘으로 만들어진 다리는 두 개의 4 절링크(4bar linkage)가 있다. Fig. 1에서 P1, P2, P3, P4와 P1, P2, P7, P4로 이루어진 것이 4 절링크이다. 4 절링크의 운동은 그라스호프의 법칙(Grashof law)를 따른다. 그라스호프의 법칙은 가장 짧은 링크를 s, 가장 긴 링크를 l, 나머지 링크를 각각 p, q라고 했을 때,

$$s + l \leq p + q$$

조건을 만족하면 4 개의 링크 중 하나는 완전회전을 하게 된다. 특히, Fig. 2와 같이 가장 짧은 링크인 s 링크는 어떤 경우에서도 완전회전을 한다. 반면 이 조건을 만족하지 못할 때에는 어떤 링크도 완전회전을 하지 못하고 일정 각도만 움직일 수 있다. 그러므로 P1, P2, P3, P4와 P1, P2, P7, P4를 설계할 때, 그라스호프의 법칙을 만족해야 하고, 양센 다리를 설계할 때는 구동절(Driver)은 가장 짧게 해야 기구의 설계가 용이하다.

3. 보행 기구의 설계

3.1 초기 설계

초기 기구의 설계는 EDISON m-Sketch를 통해 설계하였다. 설계에 중점을 둔 요소로 첫 번째로 구동절은 완전 회전이 보장되어야 하기 때문

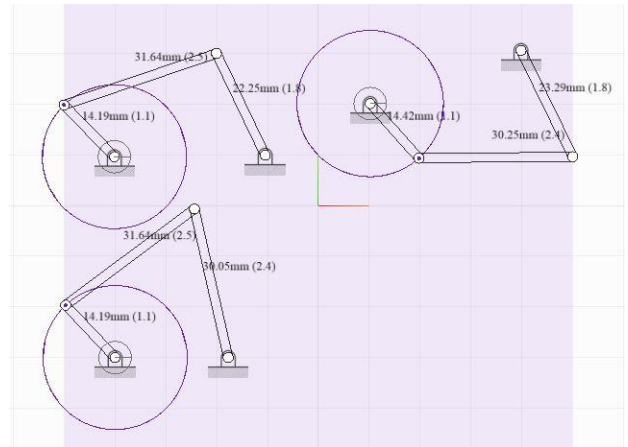


Fig. 5 Four-bar linkage

에 앞 장에서도 언급했듯이 구동절을 가장 짧게 설계 해야 한다. 두 번째로 발의 궤적이 양 옆으로 대칭이 되어야 한다. 만약 대칭이 되지 않는다면 짝을 이루는 한 쌍의 발이 동시에 공중 뜰 가능성이 높아진다. 두 발이 동시에 뜨면 균형을 잃게 될 수 있고, 균형을 유지한다 하더라도 한 발은 전진하고 다른 발은 후진을 하는 상황에서 동시에 지면에 닿기 때문에 전진을 하기 어려워진다. 세 번째로 발이 땅에 닿는 시간이 공중에 떠 있는 시간보다 길어야 한다. 그렇지 않으면 두 발이 동시에 뜨게 되기 때문이다.

앞에서 언급한 요소들을 고려하여 먼저 구동절이 가장 짧은 동일한 두 쌍의 4 절링크를 구성하였다. 동일한 4 절링크를 구성하면 Fig. 1에 해당하는 P3와 P7의 궤적의 길이가 같게 되고, 이것은 나중에 발의 궤적을 대칭으로 만들 수 있다. 그래서 P3의 궤적을 P5로 위치만 바꾸기 위해서는 P4P5 링크의 길이를 P3P4 링크의 길이와 동일하게 설계하였다. 발의 궤적이 대칭이 되기 위해서는 P6 역시 대칭이 되어야 했고, P6P7 링크와 P7P8 링크의 길이가 같아야 했다. 여러 번의 실험결과 P4P5P6P7이 정사각형을 이루고 P6P7P8이 P3P4P5와 합동일 때 앞에서 언급한 세가지 조건을 만족하였다. Fig. 3은 그것을 각 절점의 궤적을 나타낸 것이다. M-Sketch에서 제공하는 발이 지면에 닿는 길이(GL)와 전체 궤적에서 발이 땅이 닿는 비율(GAC)을 나타내는 작업을 수행했다. Fig. 4에서 볼 수 있듯이 GL은 38.767mm, GAC는 0.471이었다. 현재 모델이 적합하다고 판단하여 이를 바탕으로 모델링(modeling) 및 어셈블리(assembly)를 수행하였다.

3.2 조립 설계

조립 설계는 EDISON Designer 와 EDISON 사이언스 앱스토어에서 제공하는 과학상자 모델링 라이브러리를 통해 설계하였다. Assembly2 기능을 이용하여 볼트와 너트는 포함시키지 않고, 스트립 구멍에 axial constraint 를 맞닿은 스트립은 plane constraint 를 적용하여 설계하였다. 4 족로봇을 양 옆으로 대칭으로 제작할 것이기 때문에 보행로봇의 반쪽만 설계를 수행하였다. 실제 설계과정에서 어려운 점은 앞 절에서 도출해낸 결론대로 설계하기 어렵다는 점인데, 과학상자에서 생산되는 부품들의 길이가 이미 정해져 있어 m-sketch 에서 설계한대로 구현할 수 없었다. 그런 이유로 3 절링크는 직각 이등변삼각형 형태가 아닌 둔각 이등변삼각형 형태로 제작했다. 또한, 구동철을 모터에 직접 연결할 수 있는 장치가 없었기 때문에 모터에서 기어 통해 동력을 전달하도록 설계하고 기어의 회전중심과 커플러(coupler)와 연결된 부분의 사이의 거리로 구동철 역할을 하게 하였다. Fig.5 는 완성된 그림이다.

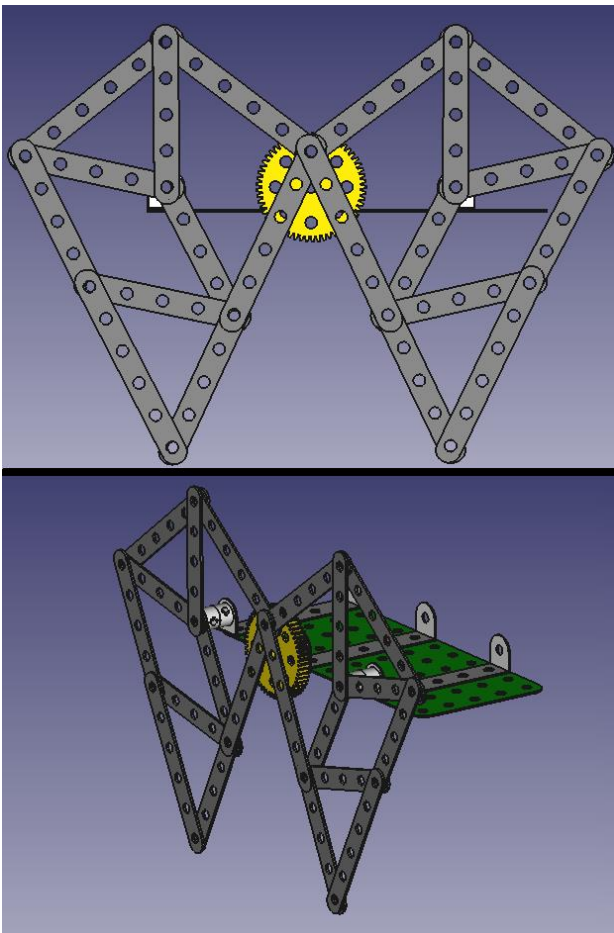


Fig. 5 Assembly design

4. 결론

본 논문에서는 3 절링크가 링크의 길이와 링크가 이루는 각에 따라 운동이 전달되고 4 절링크의 그라스호프의 법칙으로 구동철이 가장 짧아야 한다는 것을 통해 안센 메커니즘의 중요 설계요소를 도출하였다. 발의 궤적을 대칭으로 하기 위해 EDISON m-sketch 로 시뮬레이션을 하면서 두 개의 동일한 4 절링크를 구성하고, 두 개의 동일한 3 절링크를 더하여 초기 설계를 하였다. 발의 궤적과 GL, GAC 를 분석함으로써 적합한 설계인지 판단하였고, EDISON Designer 의 Assembly2 기능을 이용해 보행기구를 설계하였다. 차후에 실제로 과학상자를 이용해 보행기구를 만들어, 걸어가는 것이 가능한지 확인해 볼 것이다.

감사의글

소프트웨어의 개선을 위한 제안사항은 먼저 m-sketch 는 링크가 많아지면 느려져서 저장하고 열기를 반복해야 하기 때문에 설계하기가 힘들고, 링크의 길이를 직접 입력하면 편리할 것입니다. EDISON Designer 는 자유도(Degree of freedom)를 체크하는 기능이 완성되어야 하고, 구속조건을 부여할 때 어떤 feature 를 선택해야 하는지 명시해야 편리해 질 것 같습니다. 마지막으로, Theo Jansen Mechanism Optimization Solver 도 사용해 봤지만 m-sketch 에서 도출해낸 조인트(joint)의 입력 값을 주면 계산을 안하고 입력 값과 똑같은 숫자가 나오는데, 이 것이 사용법이 잘못 되었는지 이미 최적화가 된 것인지 알 수 없습니다. 그래서 매뉴얼을 통해 각 입력 값이 무엇인지 설명해주고, 사용법을 명시해놓아야 합니다.

10. 참고문헌

1. Hak sang Jung, Sang Su Park, Yoon Ho Choi and Jin Bae Park, 1997, Modeling and Simulation of Quadruped Walking Robot, *Proceedings of KIEE Conference (대한전기학회 학술대회 논문집)*, pp. 1839-1840.
2. <http://www.strandbeest.com/>