

얀센메커니즘을 이용한 로봇 설계

1. 김병진¹, 김현민^{2*}, 이효정³

서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과¹, 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과² 서울과학기술대학교 기계시스템디자인공학과

2. **Design of Robot Using of Jansen Mechanism**

3. Author 1 hyeon min Kim, Author 2 beong jin Kim, and Author 3 hyo jung Lee,

¹ Dept. of Mechanical Engineering, seoul Nat'l Univ of science and technology,

ABSTRACT:

In this study, a robot is implemented in H/W based on four-bar linkage mechanism and Jansen mechanism. Our goal is to finish the given path using given terms. The various programs was used to understand the mechanism in more detail. DISON m.Sketch, EDISON Designer, Theo Jansen Mechanism Optimization Solver. Using these programs, we can design the robot in more dtails and reduce errors and trials. For the design and implementation of a robot, it is need to get joint variable, a foot point, and their relation. Thus, the proposed kinematic analysis is very important process for the design and implementation of legged robots.

Key Words: Jansen Mechanism, Walking Robot of 4 legs, Modeling and simulation, Design

²School of Mechanical System and Design Engineering, Seoul Nat'l Univ. of Science & Technology

1. 서 론

인간은 아주 옛날부터 사람을 대신하여 동작, 조작하는 도구, 장치를 만들고 싶은 소망을 가지고 있었다. 이러한 소망으로 인해 로봇의 개발은 시작되었다. 로봇의 종류는 크게 바퀴/캐터필러형, 보행형, 비행형 등이 있다. 바퀴/캐터필러형 로봇의 경우 험지 환경에서는 이동이 어렵고 지형을 많이 가리지만 보행 로봇의 경우에는 이러한 한계를 극복할 수 있다. 보행 로봇의 종류로는 일족보행, 이족보행, 그리고 다족보행이 있다. 일반적인 보행형 로봇의 경우 4족이나 6족을 많이 찾아볼 수 있다. 보행 로봇의 주된 목적은 탐사, 정찰, 운반이다. 이러한 목적을 위해 많은 연구에서는 보행 기구의 설계에 자연계 생물체의 다리와 이동 방식 등을 다뤄왔다. 이러한 연구는 생체공학과 생체 모방 로봇 등으로 구분되며 불규칙한 지표면 환경에서의 동적 보행의 이점을 목적으로 해왔다. 다른 연구에서는 동적 보행을 위한 4족 보행 로봇에 애완견의 움직임을 모방하는 생체 모방 로봇을 다루었다.

하지만 많은 보행 로봇의 경우 상대적으로 만

들기 힘들고, 많은 부품과 모터로 인해 무게가 무겁고, 운용/정비에 어려움이 있다. 또한 다리의 움직이는 순서를 조절하여 프로그래밍 하는 것과 관절의 움직임을 조절하는 것 등의 복잡한 문제들이 있다. 그렇기 때문에 보행 로봇 분야에서 경쟁력을 갖기 위해서는 생물체의 이동방법을 모방하여 이상적인 보행물의 관절과 길이, 각도 등을 결합함과 동시에 이동의 안정성과 속도, 무게 등을 고려하여 최소한의 모터 수를 적용해야 한다.

위의 목적을 고려해보았을 때 얀센 메커니즘(Jansen mechanism)을 보행 로봇에 적용하는 것은 큰 이점을 가져올 수 있다. 얀센메커니즘의 원리는 평행사변형이다. 프레임이 왕복운동을 할 때 평행사변형의 원리에 의하여 한 변이 왕복운동을 하면서 각각 마주보는 두 변이 끝까지 평행을 이루면서 운동하려고 한다. 또한 두 개의 다리가 중속되어 움직이는 구조를 갖추고 있다. 즉, 모터를 사용할 경우 두 개의 다리에 한 개의 모터가 사용된다. 이러한 특징으로 인해 보행물의 움직임에 비해 요구되는 모터의 수를 줄일 수 있고 비교적 안정적인 구조를 만들 수 있다는 장점을 얻을 수 있다. 그렇기 때문에 기구학적 해석을 통해 보행 기구에 얀센메커니즘을 적용하는 연구를 지속적으로

로 수행한다면 로봇 분야에서 큰 경쟁력을 가질 수 있을 것이다.

2. 설계 및 제작

2.1 사전 설계

본 팀은 로봇이 경사/장애물/특수 표면을 이동할 수 있도록 하기 위해 사전 설계를 통해 여러가지 변수들과 요인들을 발견했다. EDISON m.Sketch를 사용하여 초기 설계를 하고 Ground Angle Coefficient와 Ground Length, 경로 등을 해석하였다. 그 후 EDISON Designer를 사용하여 파트 설계 및 전체 조립설계를 수행하였다. 또한 Theo Jansen Mechanism Optimization Solver(JansenOptSolver)를 사용하여 최적화된 조인트 위치를 해석하여 기구의 최적화 및 해석을 수행하였다.

2.1.1 m sketch를 이용한 초기 설계

EDISON m.Sketch는 얀센메커니즘을 적용한 보행 로봇 다리의 초기 설계를 수행하기 위해 사용하였다. EDISON m.Sketch를 사용함으로써 얀센메커니즘에 대한 이해를 높일 수 있을 뿐 아니라 구동 방식을 가시적으로 확인 할 수 있다.

액추에이터 위치를 기준으로 한 개의 다리 당 8개의 조인트를 적용하였다. 각 조인트의 위치와 다리 구조물의 길이, 각도 등은 바닥에 접촉하는 다리 끝 부분의 position이 작동 시에 그리는 궤적을 기반으로 초기 설계하였다.

EDISON m.Sketch로 설계한 모델을 해석한 결과 얀센메커니즘의 중요한 인자인 angle weight, length weight 값과 다리 끝 부분의 position 궤적이 도출되었다. 이 결과 값은 추후에 수행하는 최적화 SW인 JansenOptSolver의 목적함수의 계산에 사용된다.

Fig. 1은 얀센메커니즘의 주요 인자인 Ground Angle Coefficient와 Ground Length이다.

Fig. 2는 Ground Angle Coefficient와 Ground Length, 바닥에 접촉하는 다리 끝 부분의 position 궤적만을 고려하여 설계한 초기 EDISON m.Sketch이다.

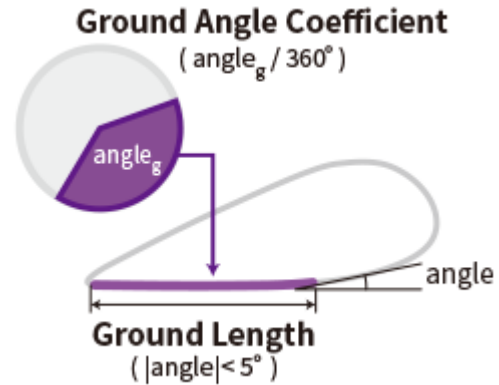


Fig. 1 Ground Angle Coefficient

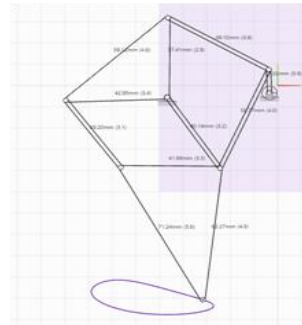


Fig. 2 first m sketch

2.1.2 EDISON Designer를 이용한 파트 설계 및 전체 조립 설계

EDISON Designer는 EDISON m.Sketch를 이용하여 설계한 모델을 기준으로 파트 설계 및 전체 조립 설계를 수행하는 프로그램이다. EDISON Designer를 사용함으로써 실제 제작에 사용하는 부품의 종류, 갯수 등을 사전에 확인 할 수 있고 제작에 앞서 조립을 간접적으로 체험할 수 있기 때문에 복잡성을 줄일 수 있다. 또한 실제 제작 시에 생길 수 있는 변수 (기어의 맞물림, 기어의 위치, 로봇의 크기 등)을 미리 파악하고 그에 맞추어 설계할 수 있다. EDISON Designer는 라이브러리에 저장되어 있는 부품을 불러와 설계하고자 하는 형상으로 Assembly를 이용하여 프로그램 상으로 조립 할 수 있게 하였다. Assembly 방법으로는 좌표값을 입력하여 부품을 이동, 회전 시키거나, 두 물체사이 Circular edge constraint, Plane constraint, Axial constraint, Angular constraint, Spherical surface constraint를 이용하여 부품들을 조립할 수 있다. 최종적으로 형상이 완성되면 Animate degrees of freedom 기능을 사용하여 작

동성을 확인 할 수 있다.

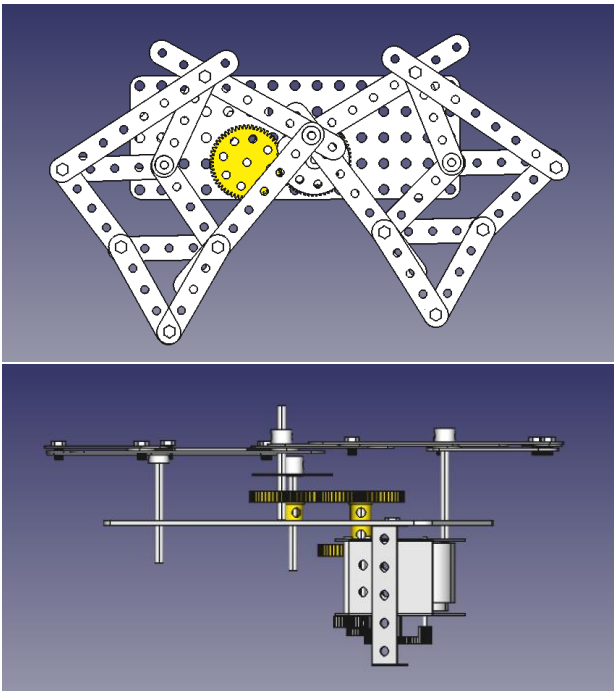


Fig. 3 assembly feature

2.1.3 Theo Jansen Mechanism Optimization Solver (JansenOptSolver)를 이용한 최적화 설계

JansenOptSolver는 EDISON m.Sketch와 EDISON Designer를 이용하여 설계한 모델을 최적화 및 해석을 수행하기 위해 사용하였다.

JansenOptSolver를 사용함으로써 기존 해석을 통해서 얻을 수 없는 조인트의 최적화 위치를 얻을 수 있다. 이를 통해 더욱 안정적이고 최적화된 기구 설계를 가능하게 한다.

Theo Jansen Mechanism Optimization Solver (JansenOptSolver)는 Theo Jansen Mechanism의 조인트의 위치 좌표와 angle weight, length weight 값을 텍스트 파일로 입력받아 목적함수를 최대화하는 최적화 프로그램이다. 이때의 요구되는 값들을 얻기 위해서 EDISON m.Sketch를 이용하여 설계한 모델의 Plane 파일을 Export하여 출력한다. 설계변수는 각 조인트의 위치이며, 목적함수는 angle weight, length weight 값과 다리 끝 부분의 position analysis 결과 계산된다. 민감도 FDM 계산을 통해 수치적으로 계산한다. 최적화 결과 최적화된 조인트의 위치를 텍스트 파일로 출력된다.

해석 결과를 바탕으로 EDISON m.Sketch를 통해 최적화된 조인트 위치를 수정하고 이에 따라

달라지는 치수와 위치를 고려하여 EDISON Designer를 재 수행하였다. 그리고 이 수정 모델을 다시 한 번 Theo Jansen Mechanism Optimization Solver (JansenOptSolver)를 통해 최적화 해석을 수행하였다.

Fig. 4은 최적화된 조인트 위치를 바탕으로 수정한 EDISON m.Sketch 수정모델이다.

Fig. 5는 수정모델의 Theo Jansen Mechanism Optimization Solver (JansenOptSolver) 해석결과이다

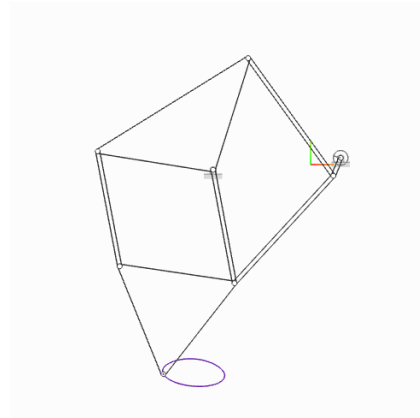


Fig. 4 m sketch's modification

참값 [Ⓢ]	측정값 [Ⓢ]	오차율(%) [Ⓢ]
-3.44 [Ⓢ]	-3.44 [Ⓢ]	0% [Ⓢ]
-3.44 [Ⓢ]	-3.44 [Ⓢ]	0% [Ⓢ]
-3.74 [Ⓢ]	-3.74 [Ⓢ]	0% [Ⓢ]
-3.74 [Ⓢ]	-3.74 [Ⓢ]	0% [Ⓢ]
-24.34 [Ⓢ]	-24.34 [Ⓢ]	0% [Ⓢ]
-24.34 [Ⓢ]	-24.34 [Ⓢ]	0% [Ⓢ]
-66.32 [Ⓢ]	-66.32 [Ⓢ]	0% [Ⓢ]
-89.589996 [Ⓢ]	-89.59 [Ⓢ]	0.0000000446 % [Ⓢ]
-3.53 [Ⓢ]	-3.5311 [Ⓢ]	0.000312% [Ⓢ]
-3.53 [Ⓢ]	-3.5311 [Ⓢ]	0.000312% [Ⓢ]
-7.48 [Ⓢ]	-7.4811 [Ⓢ]	0.000147% [Ⓢ]
-7.48 [Ⓢ]	-7.4811 [Ⓢ]	0.000147% [Ⓢ]
-38.919998 [Ⓢ]	-38.9211 [Ⓢ]	0.0000283% [Ⓢ]
-38.919998 [Ⓢ]	-38.9211 [Ⓢ]	0.0000283% [Ⓢ]
-38.56 [Ⓢ]	-38.5611 [Ⓢ]	0.0000285% [Ⓢ]

Fig. 5 Theo Jansen Mechanism Optimization Solver (JansenOptSolver)

2.2제작

본 팀은 Fig. 2의 초기모델의 EDISON m.Sketch 형상대로 과학 상자를 이용하여 제작을 하였다. 그 결과는 Fig. 3과 같다.

얀센메커니즘을 보다 깊이 있게 이해하고 실제적인 작동성을 확인하기 위해서 사전 제작을 하였

다. 이를 통해 EDISON m.Sketch 수행으로는 발견할 수 없었던 작동성에 영향을 끼치는 여러 요소들을 발견할 수 있었다.

초기 모델을 바탕으로 제작한 사전제작품의 문제점 첫 번째로는, 너무 긴 다리가 모터의 무게를 견디지 못해서 걷지 못했었다. 이는 모터의 무게와 다리의 강도를 고려하지 않고 설계했기 때문이라고 판단된다. 그리하여 다리의 길이를 줄이고 모터의 하중을 고려하여 재설계하였다.

문제점 두 번째로는, EDISON m.Sketch와 EDISON Designer에서는 각 부품의 결합 시 위치와 결합력의 정도가 고려되지 않았지만 실제 구동 상황에서는 이 두 요소가 상당한 영향을 끼쳤다. 이를 고려하지 않고 제작한 결과 하나의 액추에이터에 종속되는 두 개의 다리의 움직임이 다를 뿐만 아니라 구동 시에 심하게 흔들리고 소음이 발생하였다. 그리하여 양 쪽 다리의 조립에 있어서 완벽한 대칭을 이루도록 재설계 하였다.

세 번째로는 모터 무게의 영향으로 다리가 바깥 혹은 안으로 휘는 문제가 있었다. 그래서 이 문제를 최소화하기 위해서 모터의 하중이 가장 크게 걸리는 바닥에 접촉하는 다리 끝 부분의 위치를 변경하였다. 뿐만 아니라 모터와 각 다리들을 연결할 때 생기는 불필요한 빈 공간들을 최소화하였다.

제작을 통해 발견한 이와 같은 문제점들을 수정하여 최종적으로 본 팀은 양 다리의 규칙적인 움직임과 안정성을 얻고 구동 시의 소음을 제거하였다.

Fig. 6은 초기의 모델을 사전 제작한 것이다.
Fig. 7은 사전 제작 후 수정한 최종 모델의 EDISON m.Sketch이다.
Fig. 8는 최종 모델을 제작한 것이다.



Fig. 6 first model

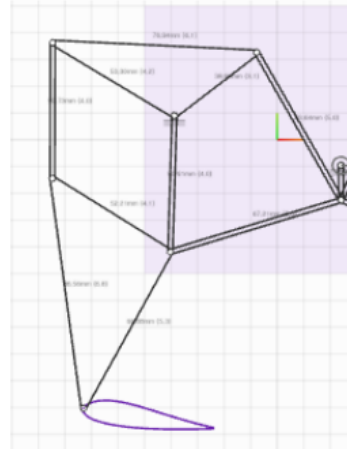


Fig. 7 final m.Sketch

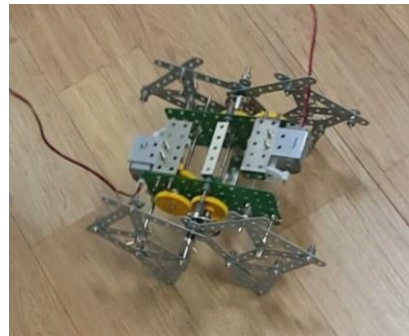


Fig. 8 final model

3. 결 론

보행 로봇은 해저를 탐사하는 등 인간이 갈 수 없는 곳을 대신 가는 대체 로봇 중심으로 발전해 왔다. 바퀴나 컨베이어 벨트를 이용해서 가는 기존의 방식은 불규칙한 지표면을 가는데 한계가 있다. 이를 해결하기 위해 경사/장애물/특수 표면을 이동할 수 있는 양센메커니즘(Jansen mechanism)을 기반으로 하는 보행로봇을 설계하였다. 이를 위해 EDISON m.Sketch를 통해 초기설계를 수행하고 EDISON Designer를 통해 파트 설계 및 전체 조립설계를 수행하였다. 또한 JansenOptSolver를 사용하여 기구의 최적화 및 해석을 수행하였다. 위의 툴을 사용하여 수정모델을 생성하는 작업을 반복적으로 수행함으로써 보행 기구의 최종 설계를 완료하였다.

4. 문제점

본 연구를 진행함에 있어서 제공 되어진 EDISON m.Sketch와 EDISON Designer 그리고 JansenOpt Solver 등의 소프트웨어는 큰 도움이 되었다. 하지만 실제 작업을 수행함에 있어서 몇 가지의 한계점을 발견 할 수 있었다.

우선, EDISON m.Sketch는 일반적인 모델링 프로그램인 NX나 CAD와 달리 길이, 각도 등을 직접 입력 할 수가 없다. 대신 어림잡아 마우스로 직접 조정하거나 좌표표를 이용해서 길이를 계산한 후 좌표값을 입력해야 한다. 뿐만 아니라 평면을 추가 할 때도 마찬가지였다. 이러한 한계는 비교적 간단한 구조를 가지는 안센메커니즘 설계의 장점을 감소시키는 결과를 가져왔다. 이것으로 인해 다른 소프트웨어를 사용할 경우에 비해 구조 설계에 더 많은 시간이 소요되었고 정확한 설계의 어려움이 있었다. 기구 설계 상 아주 작은 값의 차이로도 여러 변수들에 영향을 끼치기 때문에 이 점이 EDISON m.Sketch 사용 시에 가장 난해한 점이었다.

EDISON Designer의 경우에는 일반적인 3d모델링 프로그램과 달리 사용법이 널리 퍼져있지 않아 다루는데 어려움이 있었다. 그래서 정확한 사용법을 숙지하는데 시간이 많이 걸렸고 효율적인 작업을 하지 못했다.

Theo Jansen Mechanism Optimization Solver (JansenOptSolver)의 경우에는 작업 자체가 어려운 건 아니지만 메뉴얼이 제공되지 않는다는 것이 소프트웨어에 대한 지식이 적을 경우 가장 큰 단점으로 생각되어진다. Input파일이 제공되어 지기는 하나 정확히 어떠한 값이라는 확신이 드는 예시가 아니기 때문이다. 그렇기 때문에 상세한 메뉴얼이 제공되어 지고 샘플파일에 간략한 설명이 추가된다면 초심자도 쉽게 다룰 수 있는 소프트웨어가 될 것이다.

또한 주어진 SW들은 모터의 무게나 각 부품 간의 위치, 조립의 정도 등을 고려하지 않는다. 본 팀은 초기 모델의 사전 제작을 통해 이러한 문제들을 파악할 수 있었지만 SW에 의존해 최종 모델을 확정된 경우에는 많은 수정이 요구될 것이다. 물론, 이는 과학 상자를 사용하지 않고 충분히 튼튼한 다리 구조물과 가벼운 모터, 구조물 등으로 보행 기구를 제작한다면 큰 장애 요소가 아닐 것이다. 하지만 과학 상자를 사용하여 제작해야하는 본 연구에 있어서 위의 요소들은 실제 기구의 작동성에 큰 영향을 끼친다. 그렇기 때문에 이러한 요소들을 고려하여 작동성을 해석할 수 있는 방향

으로 SW가 개선 된다면 실제 제작에 앞서 발생할 수 있는 많은 오류를 줄일 수 있을 것이라 판단 된다.

참고문헌

- (1) <http://www.strandbeest.com>
- (2) Molian, S., 1982, *Mechanism Design: An Introductory*, Cambridge University Press.
- (3) <https://design.edison.re.kr/msketch>