

## 안센 메커니즘 기반의 보행로봇 설계

고지우<sup>1</sup>, 조원빈<sup>2</sup>

한국과학기술원 기계공학과<sup>1</sup>, 전남대학교 기계시스템공학부<sup>2</sup>

### Design of Walking Robot Based on Jansen Mechanism

Jiwoo Ko<sup>1</sup>, Wonbin Jo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Mechanical Engineering, KAIST,.,

<sup>2</sup>School of Mechanical System Engineering, Chonnam Nat'l Univ.

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

---

#### ABSTRACT:

Moving robot is divided 2 kinds; one is the robot using wheels and the other has leg structure. On plat terrain, the former is better than the latter because it has fast speed and simple method to control. But on non-plat terrain, the situation is reversed. The robot using legs has slow speed but it has advantage to adjust various environments. This robot is expected to contribute to human in many fields such as rescue and exploration and so on. So walking robot is worth enough to research. In this paper, we present the design of 4-legged walking robot based on Jansen mechanism using m-Sketch and Edison Designer.

**Key Words:** Jansen mechanism, Multi-legged walking robot

---

### 1. 서론

실생활에서 이동을 하기 위해서는 바퀴 달린 교통수단을 이용하거나, 걸어가는 방법이 있다. 이와 마찬가지로 이동로봇 또한 크게 바퀴로 이동하는 로봇과 다리를 이용하여 이동하는 보행로봇으로 나뉘어진다. 현재 널리 쓰이고 있는 바퀴로 이동하는 로봇은 형상이 단순하고 속도가 빠르며 작동이 비교적 용이하다는 장점이 있으나, 평탄하지 않은 지형에서는 이동이 어렵다는 단점이 있다. 그와 반대로 다리를 이용한 보

행 로봇은 속도는 느리지만 다양한 지형에서도 잘 적응하여 이동할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 또한 안센 메커니즘을 적용한 보행로봇은 다리의 확장을 비교적 용이하게 접근 할 수 있으므로 이를 기반으로 한 보행로봇의 쓰임새는 무궁무진 할 것이다. 이와 같은 로봇은 미래에 구조로봇이나 탐사로봇에 적용되어 인류에 큰 도움을 줄 것으로 전망된다. 본 논문에서는 안센 메커니즘을 기반으로 m-Sketch 와 Edison Designer 프로그램을 이용하여 4 족 보행로봇을 설계하였고, 과학상자와 아크릴을 사용하여 실제 제작해보았다.

---

† Corresponding Author, yykim@snu.ac.kr [8Point Times New Roman]  
© 0000 Society of CAD/CAM Engineers [학회작성]

## 2. 보행 로봇 설계 및 제작

### 2.1 로봇 다리 설계 및 제작

본 논문에서는 양센 메커니즘을 기반으로 한 보행 로봇을 만들고자 하였다. 다리는 아크릴을 사용하여 제작하였고, 구동부는 과학상자를 사용하였다. 과학상자의 피니언 기어를 제외한 모든 기어에는 중심으로부터 13.2mm 떨어진 곳에  $\varnothing 3.6$  인 구멍이 있기 때문에 이를 토대로 설계한 다리의 좌표를 나타내 보았다. Fig. 1 에서 엑츄에이터인 점 O 를 원점으로 하였다. 두 다리는 원점을 기준으로 대칭된다. 각 점을 좌표로 나타내면,  $O=(0,0)$   $O_1=(55, 23.2)$   $A=(0, 13.2)$   $B=(48, 51.2)$   $C=(115, 23.2)$   $E=(43, -21.8)$   $D=(103, -21.8)$   $F=(45, -110)$  이다. 본 논문에서는 궤적을 한 눈에 알아 볼 수 있도록 Fig. 2 에서 Ground length(이하 GL)와 ground angle coefficient(이하 GAC)라는 새로운 변수를 정의하여 나타내어 보았다. 여기서 GL 은 궤적과 지 면이 이루는 각도가  $5^\circ$  를 넘기 직전까지의 길이를 나타낸다. 또한 GAC 는 각도를  $360^\circ$  로 나눈 무차원 상수값이다. 따라서 GAC 가 1 이라는 것은 다리의 궤적이 지면과 평행에 가깝게 움직인 다는 것을 의미하므로 이는 곧 안정적이라는 것을 의미한다. 본 논문에서 로봇의 오른쪽 다리의 GL 과 GAC 는 각각 49.017mm, 0.220 이며 왼쪽 다리는 47.896mm, 0.220 로 설계되었다.

Table 1 을 보면, 점 F 의 위치에 따른 GL, GAC 그리고 점 F 의 궤적을 알 수 있다. 점 F 의 y 좌표의 값은 고정시킨 후, x 좌표만 변화시켜가며 그 변화를 분석하였다. x 좌표가 점점

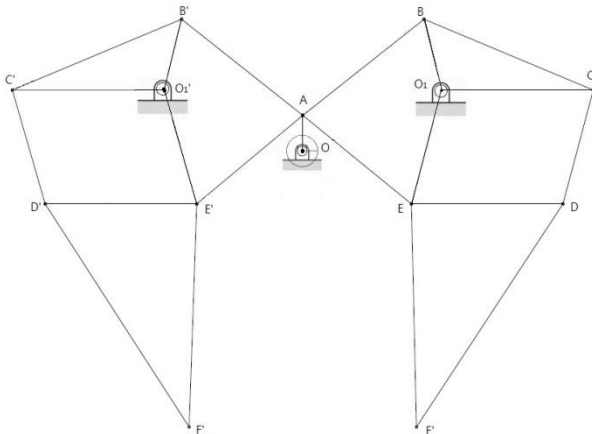


Fig. 1 a schematic figure of leg

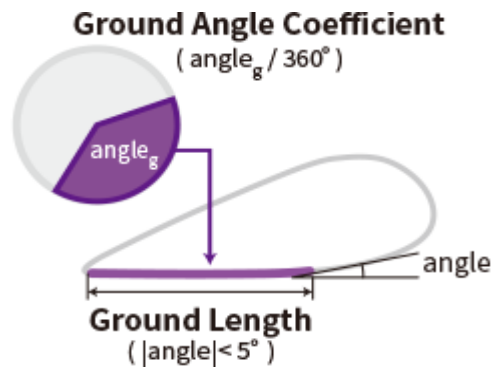


Fig. 2 Ground length and Ground angle coefficient

커질수록 GL 과 GAC 모두 작아지는 것을 알 수 있다. GL 이 작아진다는 것은 다리가 지면에 붙어있는 시간이 짧다는 것을 의미한다. 또한 마찬가지로 GAC 가 작아진다는 것은 궤적이 평행하게 진행되는 것이 아닌 위쪽 방향으로 움직이는 형태를 보이며 불안정하다는 것을 의미한다. Table 1 의 궤적 또한 앞에서 언급한 바와 같이 진행된다는 것을 알 수 있다. 또한 GAC 가 작아질 수록 궤적의 폭은 점점 더 커지는 것을 관찰 할 수 있다.

Table 1 GL, GAC and path of point F variance changing point F

점 F x 좌표	GL	GAC	Trajectory
45 (기준)	47.896	0.220	
65	28.091	0.143	
73 (중점)	21.137	0.115	
85	11.518	0.076	

또한 Table 2 에서 선분  $O_1E$  와  $CD$  의 기울기는 궤적의 모양에 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 사각형  $O_1CDE$  는 평행사변형이며  $C$  점을 고정시켜놓고  $O_1$  의  $x$  좌표를 변화시켜가며 궤적을 관찰하였다.  $O_1$  의  $x$  좌표가 55 보다 작으면  $GL$  의 길이는 길어지지만 꼬인 궤적을 나타내었다. 따라서 기울기가  $50/12$  이하이어야 한다.  $X$  좌표가 55 보다 크면 꼬이지는 않지만 로봇의 크기가 커지게 된다.  $x$  의 좌표가 55 일 때 로봇의 가로길이는 24cm 이므로  $x$  좌표를 더 크게 할 수 있었지만, 그렇게 되면  $GL$  은 점점 줄어들게 되고,  $GAC$  는 커지게 된다. 따라서 본 논문에서는 로봇의 크기가 30cm \* 30cm \* 30cm 이내 이어야 하고,  $GAC$  보다는  $GL$  에 더 중점을 두므로  $O_1$  좌표의 최적 값으로 (55, 28.2) 로 결정하였다.

본 논문은 매끄러운 평판만을 움직이는 것이 아니라 경사/장애물/특수표면을 이동할 수 있는 보행 로봇을 만드는 것이 목표이다. 따라서 본 논문에서는 최적의  $GAC$  와  $GL$  값, 또한 궤적의 모양이 꼬이지 않는 지에 중점을 두고 다리를 설계하였다.  $GAC$  가 너무 크면 장애물을 넘어갈 수가 없고, 너무 작으면 과도하게 움직이므로 안정성을 해치게 된다. 또한 선분  $O_1E$  의 기울기가  $50/12$  보다 커지면 궤적이 꼬이게 되므로 보행 로봇의 구동이 불안정하게 된다. 따라서  $GL$  값은 커야하고  $GAC$  값은 안정성에 문제가 되지 않는 값을 가지며 궤적의 형상이 꼬이지 않게 하는 최적의 좌표를 이용하여 다리를 설계하였다.

본 논문에서는 특수표면과 반환점을 돌아서 와야하므로 모터를 2 개 사용한 4 족 보행로봇을 제작하였다. Fig. 3 는 m-Sketch 를 이용하여 모터의 위상차를  $180^\circ$  으로 주었을 때의 궤적을 보여준다.

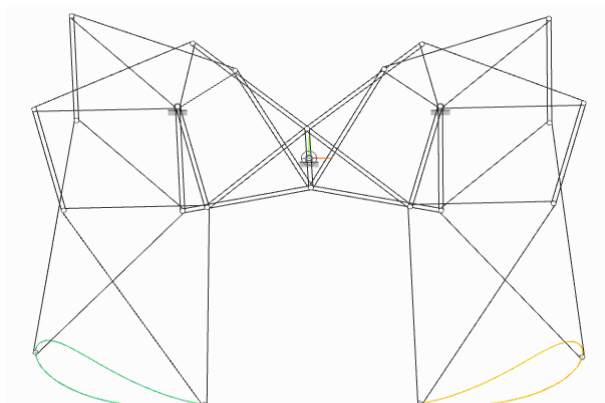


Fig. 3 Trajectory of mechanism and using m-Sketch

Table 2 Slope of  $O_1E$  and trajectory according to  $O_1$

$O_1$ x 좌표	기울기	Trajectory
56	$50/13$	
55 (기준)	$50/12$	
54	$50/11$	
50	$50/7$	

Fig. 4 는 설계한 다리의 도면을 바탕으로 국립광주과학관에서 레이저 커팅기를 사용하여 제작한 아크릴 재질의 다리이다. 과학상자로 만든 구동부와 연결을 하여야하므로 너무 마찰이 있어서는 안되기 때문에 나사구멍은  $\varnothing 4$  로 설계하였다. 또한 다리를 한 겹으로 구성하여 작동시킬 경우, 다리가 파손될 위험성도 있고 안정적이지 못하기 때문에 두 겹으로 구성하여 안정성을 높였다. 본 논문에서는 다리가 땅을 짚고 움직여야 하므로 지면과 닿는 부분에 고무패킹을 부착하여 미끄러지지 않도록 하였다.

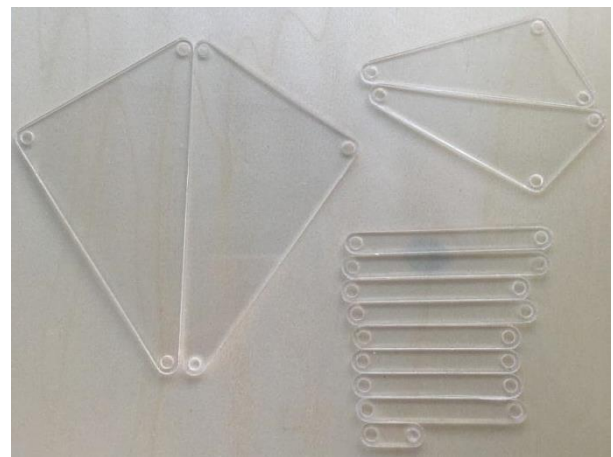


Fig. 4 Leg of prototype

2.2 구동부 설계

본 논문에서는 과학상자를 이용하여 구동부를 제작하였다. 제작하기에 앞서 Edison Designer 프로그램을 사용하여 설계를 하였다. 설계를 진행하면서 가장 중점을 둔 부분은 동력전달과 안정성이다. 모터 2 개를 사용하므로 자중을 무시할 수 없으며 로봇의 다리가 땅을 짚고 보행하여야 하므로 큰 동력이 필요하다. 즉, 움직이도록 하기 위해서는 마찰력보다 큰 회전력을 만들어야 하므로 크기가 다른 기어를 연결시켰다. 기어를 많이 사용하게 되면 회전력은 높아지지만 속도는 줄어들게 된다. 또한 로봇의 크기 또한 커지기 때문에 한 개의 모터 당 총 4 개의 기어를 사용하는 것이 적절하다고 보았다. 본 논문에서는 Fig. 5 와 같이 잇수가 적은 기어로 잇수가 많은(1:3:5)기어를 회전시킴으로써 최종 기어 비는  $\frac{1}{3} * \frac{1}{5} = \frac{1}{15}$ 가 되었다. 따라서 모터와 연결된 기어가 15번 회전하면 1번 움직이므로 속도는 그만큼 작아지지만 회전력은 커지게 된다. 다리와 연결된 축의 회전 속도는 15 배가 줄어들지만, 모터와 연결된 축의 에너지를 15 배를 받아 최종적으로는 15 배의 회전력을 얻게 된다.

또한 원활한 보행을 위하여 축 일치를 중점에 두었다. 따라서 모든 축과 부품들은 최소 2 곳 이상에 구속을 시켜 안정성을 높였다. 이를 통해 모터에 걸리는 부하는 커지게 되었으나 앞서 언급한대로 기어를 통하여 동력을 크게 발생시키므로 큰 문제는 되지 않을 것으로 보았다.

Fig. 6 는 이해를 돕기 위해 앞의 Fig. 1 처럼 좌표를 도입하여 표시하였다. 여기서 점 O 는 모터의 축과 기어로 연결된 액츄에이터에 해당하며 O<sub>1</sub> 은 프레임에 고정된 점이다. Fig. 7 은 Edison Designer 를 사용하여 설계한 전체적인 구성도이다.

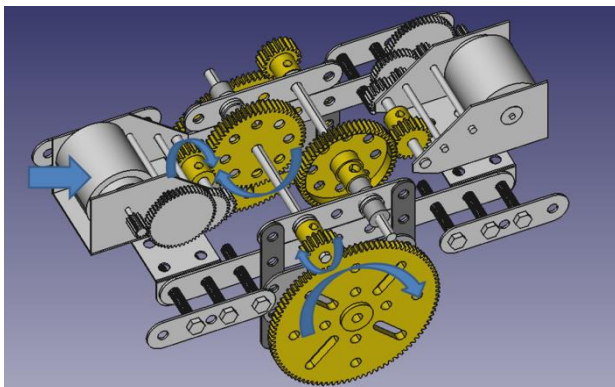


Fig. 5 Transmission of power using gear combination

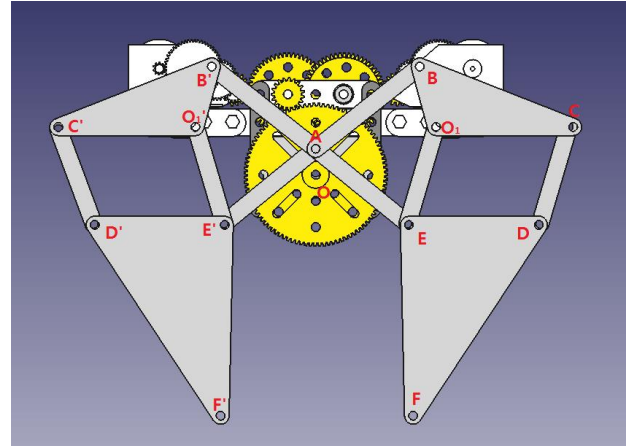


Fig. 6 Notation of mechanism design

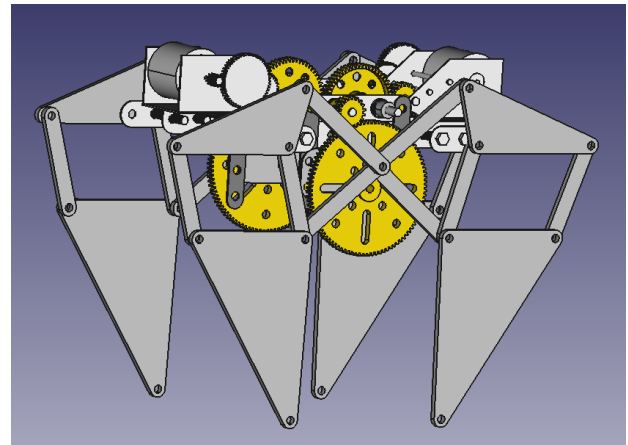


Fig. 7 Walking robot design using Edison Designer

Edison Designer 를 이용하여 설계한 것을 토대로 과학상자를 이용하여 제작하였다. 제작한 로봇의 크기는 24cm \* 16cm \* 17cm 이다. Fig. 8 은 제작한 모형의 모터와 기어 등 구동부를 나타내며 Fig. 9 는 제작한 모형의 전반적인 모습을 나타낸 사진이다.



Fig. 8 Driving part of prototype



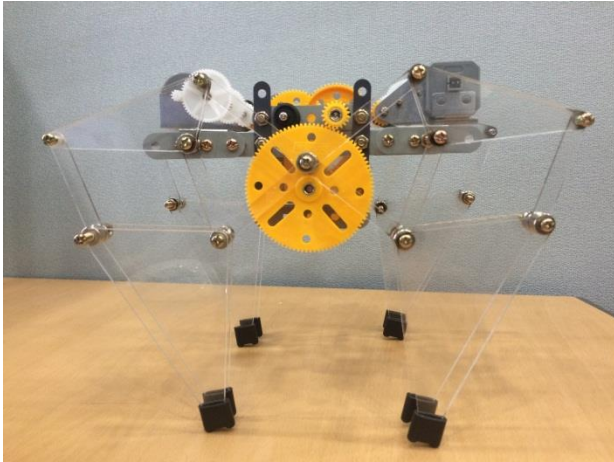


Fig. 9 Whole shape of prototype

### 3. 결 론

본 논문에서는 경사/장애물/특수표면 위를 보행할 수 있는 양센 메커니즘 기반의 보행로봇을 설계 및 제작하였다. 기어를 중첩하여 큰 동력을 발생시켜 로봇이 움직일 수 있도록 하였다. 또한 m-Sketch 를 이용하여 최적의 조건을 찾아 안정적으로 움직이도록 다리 길이를 설계하였다. 또한 제작하기에 앞서 Edison Designer 를 이용하여 구동부를 설계하였다.

하지만 아직까지는 바퀴로 이동하는 이동로봇의 장점이 더 크기 때문에 실제 적용하기 위해서는 다리 재질 등 많은 개선이 필요할 것이다. 또한 안정성을 향상시키기 위하여 높은 성능의 모터를 사용하여 4족 보행 로봇보다는 6족, 8족 등 구조를 더욱 확장해야 한다고 판단된다.

### 5. 감사의글

양센 메커니즘을 기반으로 보행로봇을 직접 설계 및 제작하면서 기구의 움직임에 대해 다시 한번 공부할 수 있었다. 또한 m-Sketch 을 이용하며 여러 시도를 통해 안정적으로 움직이기 위해서 어떤 구조를 가져야 하는지 깨닫게 되었다.

### 6. 참고문헌

1. Daniel Giesbrecht, Christine Q. Wu, Nariman Sephiri, 2012, Design and Optimization of an Eight-bar Legged Walking Mechanism Imitating a Kinetic Sculpture "WIND BEAST", *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, Vol. 36 pp343 – 355.

2. S. W. Kim, Y. G. Kim, H. M. Jung, S. H. Lee, S. G.

Hwang, D. H. Kim, 2010, Development of a Legged Walking Robot Based on Jansen Kinetics, *Journal of Korean institute of intelligent systems*, Vol. 20 pp. 509-515.

3. J. H. Lee, S. D. Choi, J. Y. Jung, J. R. Choi, 2014, Walking Robot Design Using Theo Jansen mechanism, *Proceedings of the KSMPE Conference*, 2014.11 pp. 174-174.

4. G. Erdman, George N. Sandor, Sridhar Kota, 2002, *Mechanism Design Analysis and Synthesis*, Prentice Hall, pp. 1-46.