얀센 메커니즘 기반 Centroid와 Stability를 고려한Line tracing 로봇설계

김종진†, 박동문†
† 한양대학교 융합기계공학과
E-mail: kimjongjin0620@gmail.com, dmpark8705@gmail.com

초록 본 연구는 4절 링크 이론(four-bar likage mechanism)과 얀센 메커니즘(Jansen mechanism)을 기반으로 다관절 보행로봇을 제작하고, 로봇의 움직임에 대하여 기구학적인 해석을 제시한다. 또한 라인 트레이싱(Line tracing) 방법을 활용한 자동주행 설계를 위해 아두이노 호환 보드와 적외선 센서 4개를 보행로봇에 부착하여 자동 주행 로봇을 제작하였다.

1. 서론

보행 로봇에 대한 최근 연구는 바퀴나 무한궤도로 이동하는 방식이 아니라 생체 모방 형식의 기구를 설계하는 방식으로 진행되고 있다. 이러한 생체모방형 다리 기구는 기존의 방식에 비하여 바닥이 단단하지 않은 지형 또는 장애물이 있는 지형에서 움직임에 자유도가 우수하다. 따라서 이러한 움직임을 가지는 보행로봇은 움직임이 민첩함은 물론 보행속도가 월등히 빨라 다양한 환경에서 구동이 가능하다는 장점을 가진다.

보행로봇의 메커니즘은 족절 메커니즘이 이용되며 다양한 메커니즘 중 하나가 테오얀센(Theo Jansen) 메커니즘이다. 테오얀센 (Theo Jansen) 메커니즘은 4절링크의 응용으로 로봇을 구동하는데 있어서 에너지 최소화의 장점을 가진다. 또한 로봇의 속도제어에 이점이 있고 비교적 작은 동력으로 다리를 구동하며 소형으로 제작이 가능한 DC모터의 장점을 활용한 제어가 가능하다는 것이 이 보행로봇의 장점이다.

설계 단계에서는 Edison m.sketch simulator를 사용하여 Theo Jansen 메커니즘이 적용된 로봇의 다리 부분을 설계하고, 과학상자와 아크릴판을 이용한 로봇제작과정에 대하여 기술하였다. 또한 제작과정에서 발생하는 문제점과 해결방안을 제시하였다.

2. 보행 로봇 설계 및 제작

2.1 보행 로봇 설계

2.1.1 프레임의 설계

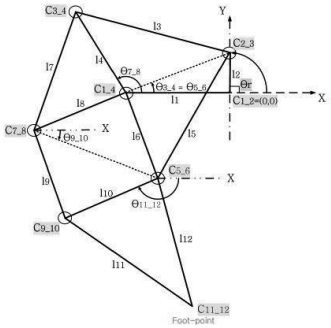

Figure 52. 얀센 메커니즘 다리 구조

프레임의 설계는 m-sketch를 이용하여 반복적인 궤적해석을 통하여 직접적으로 프레임의 이동에 영향을 주는 GL(Ground Lenth)과 보행 보폭 각도 효율계수 GAC(Ground Angle Coefficeinet)가 모두 큰 값을 가질 수 있는 최적의 다리 길이를 구하였다.

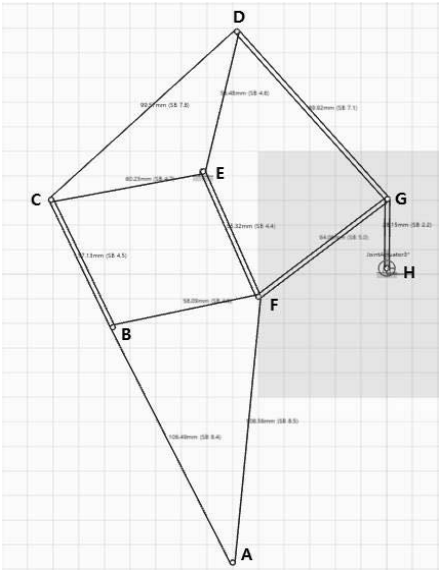

Figure 53. 제안된 이상적인 다리

다리	제안된 이상적인 다리의 길이(mm)
AB	106
AF	108
BC	57
BF	58
CD	99
CE	60
DE	58
DG	90
EF	56
FG	64
GH	28
GL	85.9
GAC(%)	14

Table 14. 제안된 이상적인 다리의 길이

위의 표는 m.sketch를 이용하여 반복적인 궤적해석을 통하여 얻은 이상적인 다리 길이에 대한 표이다. Figure 52. 에서 I4, I6, I8, I9, I10의 길이가 동일하면 최대의 GL을 얻을 수 있다. Table 14. 제안된 이상적인 다리의 길이에서 보면 DE, EF, CE, CB, BF의 길이가 거의 동일한 값을 가지고 있으므로 최대의 GL을 얻을 수 있었다.

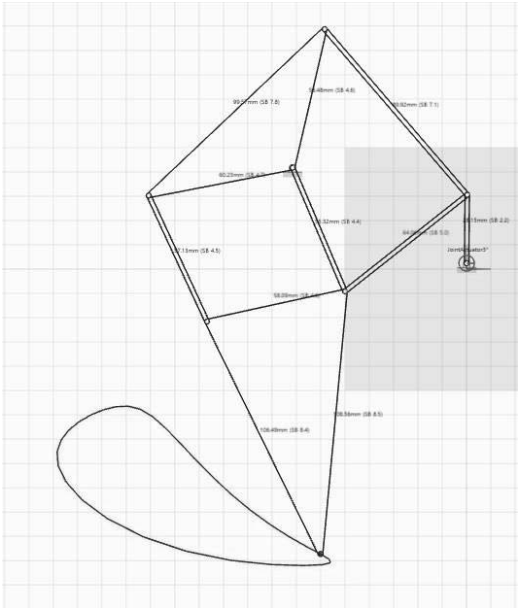

Figure 54. 제안된 이상적인 다리의 Trajectory

Figure 54. 에서 보라색의 선길이가 GL을 나타내는데 상당히 길게 나타나는 것을 볼 수 있다. 따라서 m.sketch를 이용해서 이상적인 다리의 이동 궤적을 얻어냈다고 볼 수 있다.

Figure 55. 제안된 이상적인 다리의 궤적해석

Figure 55.는 Figure 54. 에서 보라색 선길이

를 해석한 결과이다. GL = 58.568mm로 거의 59mm의 이동거리를 나타내고 있고, GAC는 0.140으로 14%의 효율을 나타내고 있다.

2.2 보행로봇 제작

2.2.1 구동 부 제작

구동부는 주어진 과학상자모터(NO.100B) 2개를 사용하여 Figure 56. 와 같이 센터를 중심으로 2개의 모터를 대칭으로 배치를 하였고 과학상자에서 제공하는 기어박스를 사용하였다. 대체적으로 2족 로봇의 경우 좌우로 흔들리는 부자연스러운 몸체의 움직임을 보인다. 따라서 이러한 문제를 개성하기 위하여 Figure 59. 과 같이 몸체의 중심에 구동 축을 대칭으로 배열하였고 좌우 흔들림 방지를 위해 Figure 60.와 같이 Joint와 몸체를 고정링크로 제작하였다.

2.2.2 프레임 제작

프레임 제작은 Edison software m.sketch를 활용하여 나온 결과를 바탕으로 도면을 제작하였고 링크의 재료는 아크릴로 Figure 58. 프레임 구성 링크. 과 같이 지면과 닿는 부분에 대한 두께 5t, 그 외 나머지 링크들은 두께 3t로 하여 레이저 컷팅기를 사용하여 제작을 하였다.

2.2.3 Centeroid & Stability 를 위한 설계

2족 로봇의 단점인 좌우 불균형에 대한 안정성을 확보하기 위하여 프레임과 평 기어(대)를 잇는 축의 경우 Body 프레임을 중심으로 좌우 대칭이 되게 제작을 하였다.

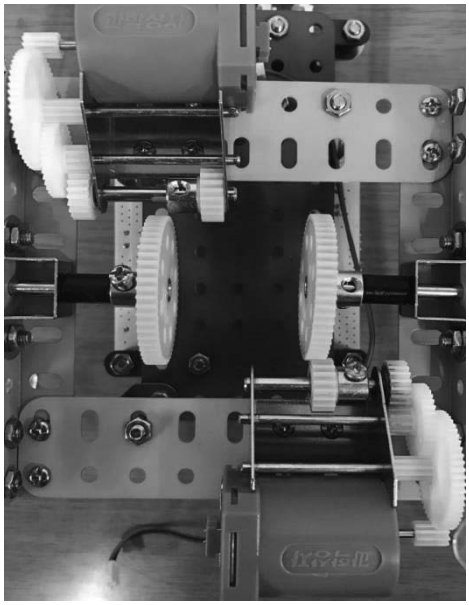

Figure 56. 구동 부

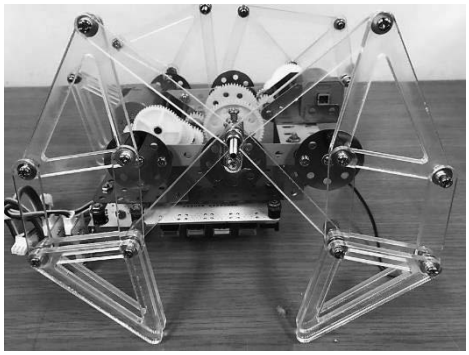

Figure 57. 프레임

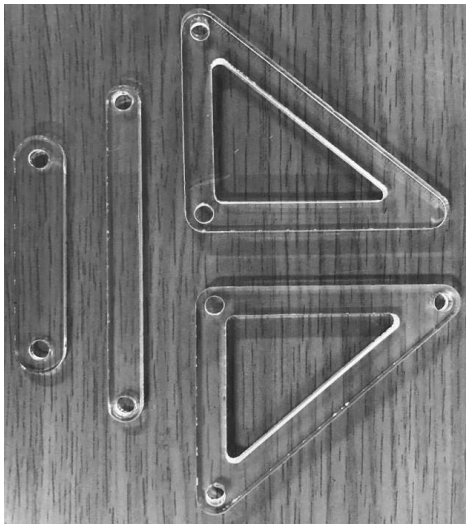

Figure 58. 프레임 구성 링크

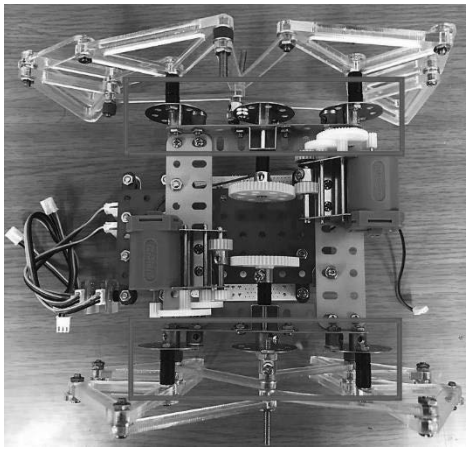

Figure 59. Centeroid and Stability

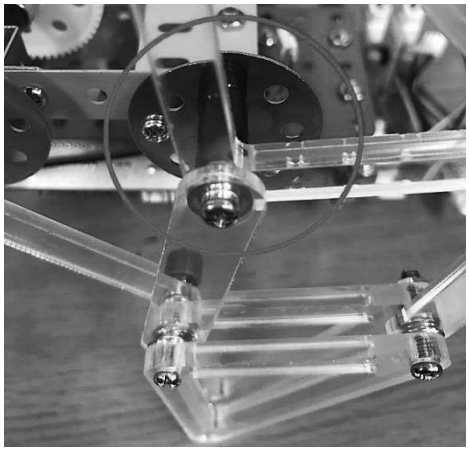

Figure 60. Jointing Body frame and Link

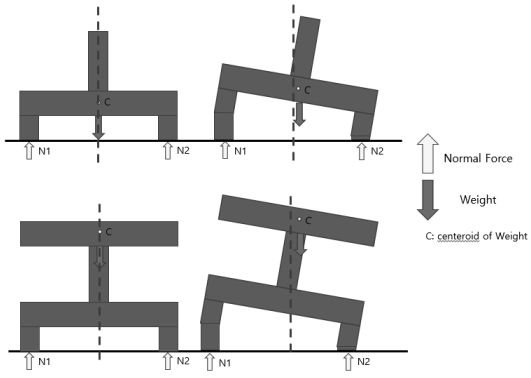

Figure 61. Centeroid and Stability

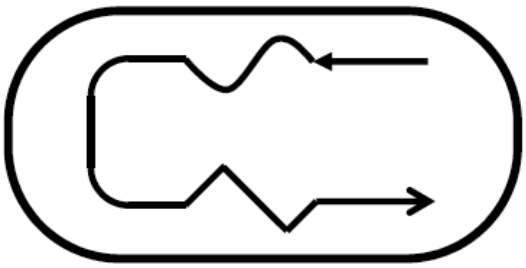

Figure 62. 경진대회 트랙 구성

2.2.4 Body 프레임 제작

Body 프레임 제작의 경우 Figure 61. Centeroid and Stability10. 과 같이 무게중심과 안정성의 관계를 고려하여 제작을 진행하였다. Figure 62. 경진대회 트랙 구성. 과 같이 회전 구간이 많은 트랙에서의 로봇을 안정적으로 주행하기 위해서는 모터의 결합 위치 및 비교적 무게가 무거운 부품을 Body 프레임 밑으로 배치시켜 전체적으로 무게중심을 낮추는 효과를 주었다. 또한 무게중심을 낮출 경우 회전에 의한 복원 시 모터에 작용하는 부하를 상대적으로 낮춰 좀 더 안정적이고 부드러운 주행이 가능하게 제작을 하였다. 또한 2족 보행로봇의 최대 단점인 좌우 불균형을 개선하기 위하여 Figure 59. Centeroid and Stability 의 붉은색 상자 부분에서 프레임의 Joint와 Body프레임 간에 구속을 주어 주행 안정성에 초점을 두어 제작을 하였다.

3. 결론

본 논문에서는 Theo Jansen mechanism을 활용하여 보행로봇을 설계하고 제작하였다. 기본적인 초기 설계는 m.sketch 소프트웨어를 활용하여 설계를 하였고 이를 바탕으로 전체적인 프레임에 대하여 로봇을 제작하였다. Simulation 결과와 실제 주행에서의 오차를 개선하기 위하여 다음 두가지 사항에 대하여 개

선을 하였다.

1. Figure 62. 경진대회 트랙 구성에 제시된 주행 트랙에서 회전에 의한 좌우 불균형에 대한 해결방안으로 상대적으로 무게가 무거운 부품들의 배치를 아래쪽으로 하여 전체적인 무게중심을 낮춰 주행 안정성을 개선하였다.
2. 2 족 보행로봇의 최대 단점인 좌우 불균형에 대한 개선으로 Figure 59. Centeroid and Stability8. 과 같이 프레임 링크의 조인트와 Body 프레임을 고정하여 고정링크로 구현을 하여 좌우 불균형에 대한 사항을 개선하였다.

감사의 글

본 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 첨단 사이언스·교육 허브 개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2011-0020576)

참고문헌

[1] C. D. Scott and R. E. Smalley, J. Nanosci. Nanotechnol. 3, 75 (2003) **(Journal Article)**

[2] C.C Brown, J.P. Huisson, "Design and Sim ulation of a Legged Robot for Operation on Vertical Surfaces,"*4 International Conference on Automation, Robotics and Computer Vision,* pp.1466-1470, 1996.

[3] S. Hirose, K. Yoneda, and H. Tsukagoshi, "TITAN VII: Quadruped Walking and Manipulating Robot on a Steep Slope," *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 1, pp. 494-500, 1997.

[4] J. Zhang, J.Wang, "Gait Planning and Control of a Legged Robot for Trussed Wall-Climbing," *4소 International Conference on Automation, Robotics and Computer Vision*, pp. 1490-1494, 1996.

[5] F. Delcomyn, and M. E. Nelson, "Architectures for a biomimetic hexapod robot," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 30, no. 1, pp. 5-15, 2000.

[6] http://www.edison.re.kr. EDISON 웹사이트. **(Website)**

[7] Sun-Wook Kim and Dong Hun Kim, Kinematic Analysis of a Legged Walking Robot Based on Four-bar Linkage and Jansen Mechanism (2011) **(Journal Article)**