

## Line Tracer 와 Jansen Mechanism 을 이용한 보행 로봇 설계

김영두<sup>†</sup>, 방정현, 최영\*

기계공학부, 중앙대학교, 대한민국 서울특별시 동작구 흑석동  
 전자전기공학부, 중앙대학교, 대한민국 서울특별시 동작구 흑석동  
 E-mail: yaedi5589@cau.ac.kr, yychoi@cau.ac.kr

**초록** : 한국연구재단의 지원을 받는 EDISON CHALLENGE를 수행하기 위해 작성되었다. 본 논문은 안센 메커니즘과 아두이노, 적외선 센서를 이용하여 라인 트레이싱을 하기 위해, 최적의 안센 메커니즘을 설계한다. MATLAB을 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다. Ground Score, Average Velocity, Drag Score, 그리고 Standard Deviation of Velocity를 이용하여 최적의 안센 메커니즘을 설계하였다.

### 서론

바퀴가 아닌 다리를 이용한 보행 로봇은 평탄한 지형 뿐만 아니라 굴곡진 지형도 이동 가능하다. 보행 로봇은 바퀴를 이용한 로봇에 비해 에너지 절약, 다양한 보행 패턴 개발 가능 등의 장점이 있다.<sup>[1]</sup>

2007년 물리학자 테오 안센(Theo Jansen)은 11개의 링크로 이루어진 보행 메커니즘을 제시하였다. 안센 메커니즘은 2개의 모터를 이용하여 보행 로봇의 이동과 방향 조절이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 주어진 트랙에 최적화된 보행 로봇을 안센 메커니즘과 제일과학의 비스트 트레이서를 기반으로 설계한다.

### 이론 및 계산방법

#### 1. 안센 메커니즘(Jansen Mechanism)

안센 메커니즘은 11개의 링크와 두 고정 점( $P_0, P_3$ )으로 이루어져 있다.(Figure 1)

#### 2. 경기장 트랙

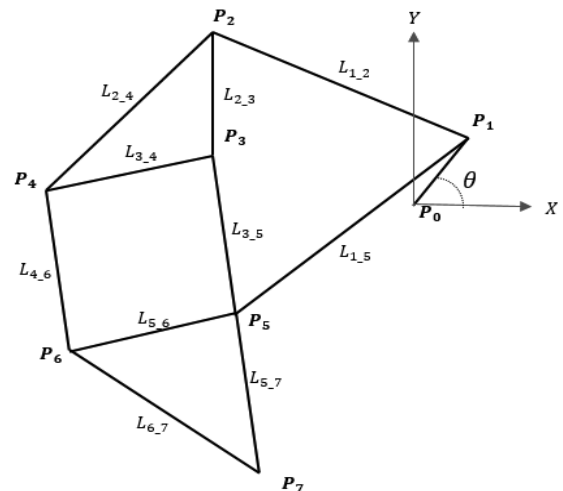


Figure 73. 안센 메커니즘의 구조<sup>[2]</sup>

EDISON 전산설계의 트랙은 Figure 2와 같다. 작년 트랙과는 다르게, 금년도 경기 트랙은 언덕이 없고 아두이노 보드와 적외선 센서를 이용한 라인 트레이서(Line tracer) 조건이 추가되었다.

#### 3. 시뮬레이션

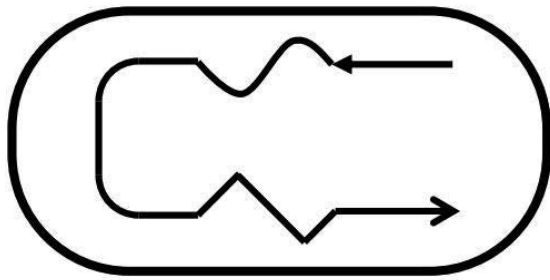


Figure 74. EDISON CHALLENGE 경기 트랙

Table 1과 같이 각 링크의 길이와  $P_0$ ,  $P_3$ 을 변수로 설정한다. 김영두<sup>[2]</sup>가 사용한 방법과 MATLAB(Natick, Massachusetts, United States)을 이용하면 주어진 변수에 해당되는 안센 메커니즘의 점 궤적을 계산할 수 있다.

#### 4. 평가 기준 설정

안센 메커니즘의 성능을 평가하는 기준은 Ground score, Foot lift, Drag score, 평균 속도 등이 있다.<sup>[3][4]</sup>

안센 메커니즘의 기어가 1초에 1회전 한다는 가정 후, MATLAB을 이용하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션에서 계산된 점 궤적들 중, Drag score가 0.5 이상인 경우를 우선적으로 선별하였다.<sup>[2]</sup>

바퀴를 이용하는 라인 트레이서의 경우, 각

링크	길이(mm)
$L_{0,1}$	12.7
$L_{1,2}$	76.2 : 12.7 : 88.9
$L_{1,5}$	50 : 0.5 : 90
$L_{2,3}$	50 : 0.5 : 90
$L_{2,4}$	50 : 0.5 : 90
$L_{3,4}$	50 : 0.5 : 90
$L_{3,5}$	38.1 : 12.7 : 88.9
$L_{4,6}$	$L_{3,5} \mp 0, 0.5, 1.0$
$L_{5,6}$	50 : 0.5 : 90
$L_{5,7}$	50 : 0.5 : 90
$L_{6,7}$	50 : 0.5 : 90
$x_3$	-63.5
$y_3$	-12.7

Table 1. 시뮬레이션 변수

속도가 일정할 경우 로봇의 이동 속력이 일정하다. Kahalid Hassan<sup>[5]</sup>은 이러한 조건을 이용하여 바퀴로 구동하는 라인 트레이서 로봇의 회전 속도를 최적화하였다.

하지만 안센 메커니즘을 이용한 보행 로봇의 경우, 다리를 이용하여 이동하기 때문에 로봇의 이동 속력이 시간에 따라 다르다. Kahalid의 방법을 참조하기 위해서는 보행 로봇의 이동 속력의 편차가 적을수록 유리하다.

선별된 모든 점 궤적에 보행 로봇의 속력과 관계된 Drag score, 지면 접촉 동안의 평균 속도, 그리고 순간 속력의 표준편차를 식(3)과 같이 표준화한다.

$$\text{Norm(Data)} = \frac{\text{Maximum-Data}}{\text{Maximum-Minimum}} \quad \text{식(3)}$$

식(4)와 같이, 각 표준화된 값에 다른 가중치를 적용하여 더한다.

$$\text{Result} = \text{Norm(Average velocity)} - 1.5 \times \text{Norm(STD)} - \text{Norm(Drag score)} \quad \text{식(4)}$$

계산된 값들 중에서 가장 큰 Result 값을 가진 점 궤적을 이용하여 안센 메커니즘을 설계한다.

## 결론

Table 2와 같은 조건일 경우, Average velocity, STD, Drag score, Result가 61.7mm/s,

Link	Length	Link	Length
$L_{0,1}$	12.7	$L_{3,5}$	38.1
$L_{1,2}$	88.9	$L_{4,6}$	48.1
$L_{1,5}$	90.0	$L_{5,6}$	60.0
$L_{2,3}$	50.0	$L_{5,7}$	55.0
$L_{2,4}$	50.0	$L_{6,7}$	90.0
$L_{3,4}$	60.0	$P_3$	(-63.5, -12.7)

Table 2 시뮬레이션 결과

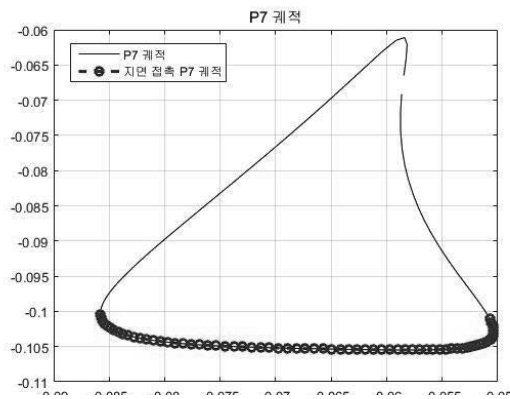


Figure 3. MATLAB 을 이용한 P<sub>7</sub> 궤적

33.9mm/s, 120.0mm/s, 11.0으로 가장 큰 값을 가졌다. 이때, Ground Length는 35.1mm 였다.

Figure 3과 Figure 4는 MATLAB을 이용하여 계산한 P<sub>7</sub>의 궤적과 M.Sketch를 이용하여 계산한 각 점의 궤적을 보여준다. MATLAB을 이용한 결과와 궤적의 차이가 크지 않다. 다만 P<sub>7</sub> 점이 지면에 접촉해 있다는 정의가 서로 다르기 때문에, Ground Length 값의 차이를 보였다.

### 감사의 글

본 논문 작성에 도움을 주신 최영 교수님, 장호익, 정근목, 응웬콩홍퐁 연구원에게 감사합니다.

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

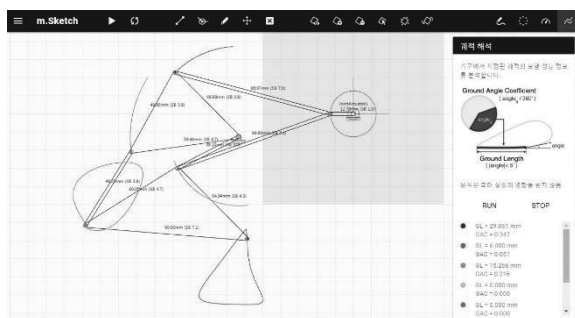


Figure 4. M.Sketch 를 이용한 시뮬레이션

영문일 경우 -> This research was supported by the EDISON Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (NRF-2011-0020576)

### 참고문헌

- [1] Moldovan, F. Dolga, V., Ciontos, O. & Pop,3. 2011. Cad design and analytical model of a twelve bar waling mechanism. Scientific Bulletin, Series D, 73(2) (**Journal Article**)
- [2] 김영두, 방정현, 2016, 안센 메커니즘을 적용한 보행 로봇 다리의 운동학 해석, 한국 CAD/CAM학회 학회지 제 22권 제 2호, pp.6-10 (**Journal Article**)
- [3] Ingram, A.J 2006, Phd thesis : A new type of mechanical walking machine, University of Johannesburg, RSA, pp.34 – 47 (**Phd Thesis**)
- [4] Patnaik, S. 2015, Analysis Of Theo Jansen Mechanism (Strandbeest) And Its Comparative Advantages Over Wheel Based Mine Excavation System, IOSR Journal of Engineering, Vol. 05, Issue 07, pp. 43-52 (**Journal Article**)
- [5] A. B. M. Khalid Hassan, 2015, Optimizing the Turning Velocity in a Line Follower Robot, International Journal of Computer Applications, Volume 117, Issue. 03, pp.14-17 (**Journal Article**)
- [6] <http://www.edison.re.kr>. EDISON 웹사이트. (**Website**)