< **응용논문**>

pISSN 1226-0606
eISSN 2288-6036

장애물을 넘을 수 있는 얀센(Jansen) 기구의 궤적 최적화

최은태 [1]
한양대학교 기계공학부 [1]

Conceptual Design of Robots Walking over an Obstacle in Ground Based on Theo Jansen Mechanism

Eun-tae Choi
[1] Dept. of Mechanical Engineering, Hanyang Univ.,

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

ABSTRACT:
-In this paper, 본 논문에서는 경사/장애물/특수표면을 이동할 수 있는 얀센 매커니즘 기반의 보행기구 설계에 대해 다루고 있다. 얀센 매커니즘 자체의 조건과 전체 보행기구의 조건을 알아보며, 기구의 완전한 회전운동 조건과 장애물이 있는 거친 표면을 이동할 수 있는 조건을 알아보고자 한다.

Key Words: Jansen Mechanism, For-bar Linkage, Walking Robot

1. 서 론

얀센이 제시한 얀센 기구들의 수치(holy numbers)는 Ground Length 와 Ground Angle Coefficient(GAC)를 높이는 목적으로 유전알고리즘을 이용하여 최적화한 값들이다.[2] 다목적 함수의 최적화는 각 목적함수의 일차결합을 목적함수로 최적화를 진행하기에 가중치를 주지 않을 경우 목적함수의 값이 큰 쪽을 중심으로 최적화가 이루어질 수 있다. 또한 [논문][3]에서 디딤율은 본 기구에서 GAC 로 대체 가능하다는 것과 4 족 보행기구의 안정성을 판단할 시에 보행 패턴에 따라 GAC 는 최소 0.5 이상이여야 함을 알 수 있었다.

본 논문에서는 얀센 기구의 해석방법과 [논문]을 참고하여 기구가 완전히 작동할 구속조건과 목적함수를 정하고 최적화를 하여 보다 큰 장애물을 넘을 수 있는 기구를 설계하고자 한다.

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(No. 2014M3C1A6038793)

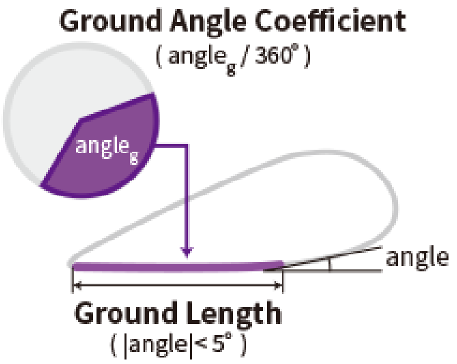


Fig. 1 Ground angle Coefficient and Ground Length.

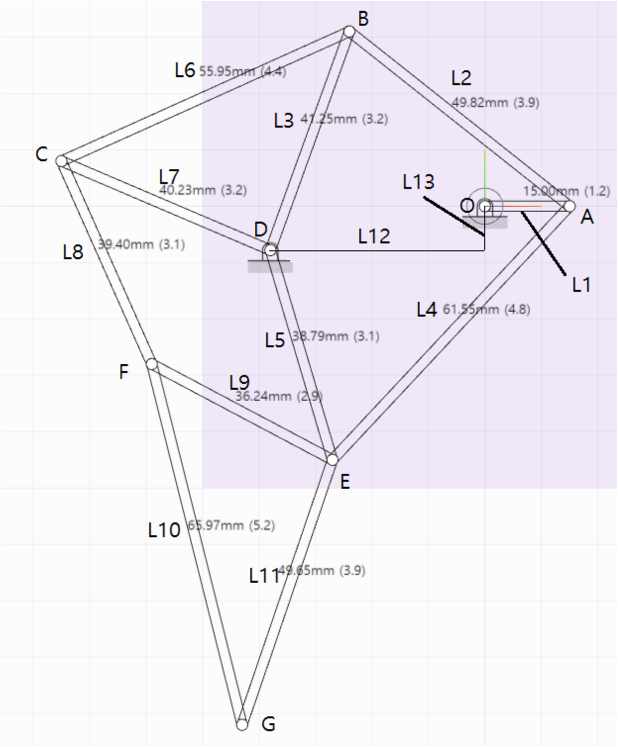


Fig. 2 Layout of Theo Jansen Mechanism. Capital alphabets are represented positions of each joint and expressed by 'L' are represented each length of links.

2. 얀센 기구

2.1 얀센 기구(Jansen Mechanism)

얀센 기구의 주요 특징은 하나의 구동기만 가지고 G 점의 궤적을 만들어 낸다는 것에 있다.

2.2 얀센 매커니즘의 위치해석

2.1.1 해석 방법

기구의 완전 회전이 가능하다는 조건하에 평면기구의 Chase Method[1]를 이용하여 위치를 찾는다. 크기와 방향을 알고있는 벡터 **C** 와 크기만 알고있는 벡터 **A** 와 **B** 가 있을때 크기 A 와 B 는 아래와 같이 나타난다.

$$C\hat{C} = A\hat{A} + B\hat{B}$$

$$A = u\hat{\lambda} + v\hat{C}, \qquad B = -u\hat{\lambda} + (C - v)\hat{C}$$

$$v = \frac{A^2 - B^2 + C^2}{2C}, u = \pm\sqrt{A^2 - v^2}$$

위 식의 해는 두 개가 나오며 A 가 C 보다 반시계방향으로 앞서나갈때 u 가 양수이고, 뒤쳐질때 u 가 음수가 되게 정하면 해가 하나로 결정이 된다.

2.1.2 위치 해석

구동기에서 시작하는 두개의 4 절 기구부터 시작하여 어느 링크도 기반링크가 아닌 4 절 기구를 통해 G 점의 위치를 구한다.

$$\overrightarrow{R_{DA}} = \overrightarrow{R_{BA}} + \overrightarrow{R_{DB}}, \qquad u > 0$$
$$\overrightarrow{R_{DA}} = \overrightarrow{R_{EA}} + \overrightarrow{R_{DE}}, \qquad u < 0$$
$$\overrightarrow{R_{DB}} = \overrightarrow{R_{CB}} + \overrightarrow{R_{DC}}, \qquad u > 0$$
$$\overrightarrow{R_{EC}} = \overrightarrow{R_{FC}} + \overrightarrow{R_{EF}}, \qquad u > 0$$
$$\overrightarrow{R_{FE}} = \overrightarrow{R_{GE}} + \overrightarrow{R_{EC}}, \qquad u < 0$$

2.1.3 해석 의사 코드

구동기가 한바퀴 회전할때의 G 점의 위치를 알아내는 의사 코드는 아래와 같다

```
number = 100
stepsize = 360/number
for i = 1:number
G(i,:) =
positionfind([L1,L2,…],i*stepsize))
end

plot(G(:,1),G(:,2))

positionfind(([L1,L2,…],angle)
R_AO→ = L1*[cosd(angle),sind(angle),0
[R_BA→, R_DB→] = chase(R_DA→,BA, DB,+)
[R_EA→, R_DE→] = chase(R_DA→,EA, DE,-)
[R_CB→, R_DC→] = chase(R_DB→,CB, DC,+)
[R_FC→, R_EF→] = chase(R_EC→,FC, EF,+)
[R_GE→, R_EC→] = chase(R_FE→,GE, EC,-)
R_G→ = R_AO→ + R_EA→ + R_GE→
end

chase(C→,A,B,+)
Ĉ = C→/C
λ = [0 -1 0;1 0 0; 0 0 1]×Ĉ

if (-)
λ = -λ
end
v = (A² - B² + C²)/(2C), u = ±√(A² - v²)
A = uλ̂ + vĈ,     B = -uλ̂ + (C - v)Ĉ
end
```

Fig. 3 Pseudo code of position analysis for Theo Jansen mechanism

3. 궤적 최적화

좀 더 높은 장애물을 건너기 위해 치수 최적화를 진행하였다. m-sketch 에서 제시하는 성능 지수[5]는 Groundscore 와 GOC 로 나타내는데 Groundscore 는 기울기가 5°이하의 궤적들의 길이로 나타내며 GOC 는 해당 궤적을 만드는 구동기의 각도가 전체에서 차지하는 비율을 나타낸다. 서론에서 다뤘듯이 다목적함수로 이를 최적화할 경우 각각 범위가 다르므로 가중치를 바꾸어서 최적화 경향을 봐야한다는 문제가 있다.

3.1 목적 함수

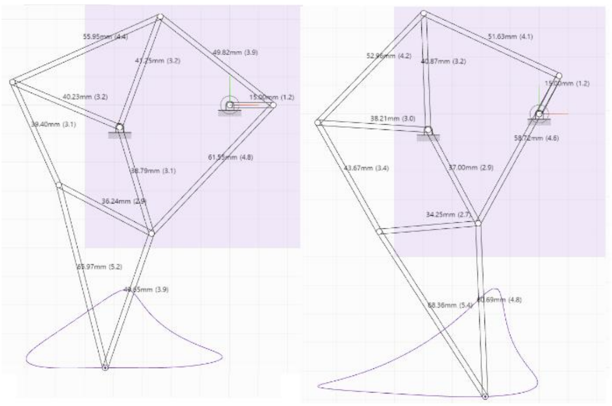
목적함수의 설정은 아래와 같다.

(a) 지면 최대 높이 / 보행 보폭의 비
장애물을 넘어가기 위한 비율
(b) 지면과 닿을 시의 점들의 y 축 값 분산 / 최대 최소를 잇는 점에서의

3.2 구속 조건

기구가 완전히 회전하기 위한 조건으로 구동기 부분의 4 절 기구들은 Grashof's law 를 이용하였고

3.3 최적화 결과



23.9574 -> 33.2831

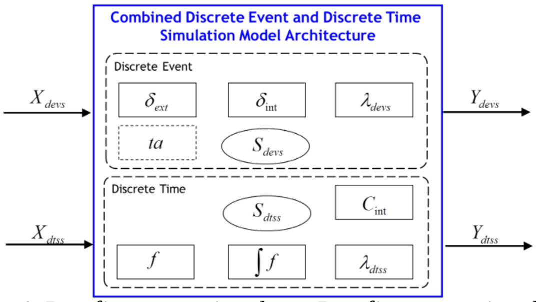


Fig. 1 Put figure caption here Put figure caption here [10Point Times New Roman, 줄간격 0.9 내어쓰기 3.4 글자, **필히 영문으로, Figure caption 은 그림 아래에 둡니다,)**

3. 결 론

얀센 기구의

감사의글

여기에 후기를 입력하시오

14. 참고문헌

* 모든 참고문헌은 영문으로 작성.
** 참고문헌 표기는 다음의 방식을 따름.
- 위대한 몽상가
- machine and mechanism

(1) 정기간행물(저널): 저자명, 발행년도, 제목, 간행물명, 권(호) 페이지.

(2) 단행본(책, 프로시딩, 졸업논문) : 저자명, 발행년도, 도서명, 출판사, 소재지, 페이지.

(*참고문헌에서 영어로 표기된 논문집명과 단행본명은 이텔릭체로 기입해주십시오)

(3) 특허인용시 발명인, 특허명, 출원인, 특허 No. # 순으로 입력

(4) 홈페이지인용시 : 0000 manual, 도메인주소 (http://www.xxxx.xx.xx) 순으로 입력

1. Suri, R. and Hidebrant, R., 1997, Modeling Flexible Manufacturing System, *Journal of Manufacturing Systems*, 3(1), pp. 27-38.
2. Lee, K. and Kwon, B.W., 1992, Efficient Modeling Method of Sheet Objects, *Proceedings ASME Computers in Engineering Conference*, San Francisco, CA, USA, pp.437 - 446.
3. Weiler, K., 1986, *Topological Structures for Geometric Modeling*, Ph.D. Thesis, Rensselaer Polytechnic Institute.

* **한국 CAD/CAM 학회논문집** 인용시의 영문명 : *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers* 로 통일하여 주십시오.

* **한국 CAD/CAM 학술발표회 프로시딩** 인용시의 영문명 : *Proceedings of the Society of CAD/CAM Engineers Conference* 로 통일하여 주십시오.