

4족 보행 로봇의 역기구학 해석

이 건*, 박명숙*, 김상훈*
 *한경대학교 전기전자제어공학과
 e-mail : kimsh@hknu.ac.kr

Inverse Kinematic Analysis of Four-legged Robot

Geon Lee*, Myung-Sook pak*, Sang-Hoon Kim*

*Department of Electrical, Electronic and Control Engineering, Hankyong National University

요 약

4족 보행 로봇의 보행을 이해하기 위하여 역기구학 분석은 필수적인 요소이다. 본 논문에서는 각 다리가 3개의 자유도를 갖는 보행 로봇에 대한 역기구학을 직관적인 방법으로 해석하여 제공한다. 또한 다리의 끝단에 대응하는 관절 각도를 계산하는 프로그램을 개발하였으며 관련된 입출력 값들의 관계를 그래프 형태로 확인하였다.

위의 2자유도 공식에 대입하면 3자유도 역기구학 해석과 같은 결과를 얻을 수 있다.

1. 서론

4족 보행 로봇은 바퀴가 달린 로봇보다 구조가 더 복잡하고 제어하기가 어렵다. 그래서 4족 로봇의 정확한 제어를 위해서 역기구학 해석을 통해 로봇 다리 끝단의 좌표가 주어질 때 이에 대응하는 관절의 회전각을 계산하는 과정이 필요하다. 하지만 일반 사용자에게 이에 대한 각종 수식들을 활용하기엔 어려움이 있다. 본 논문은 x축과 y축에 해당하는 각도와 z축과 y축에 해당하는 각도를 따로 계산하여 3자유도 역기구학 해석을 쉬운 방법으로 접근했다. 그리고 얻어진 역기구학 방정식을 파이썬 환경으로 옮겼고, 다리 끝점의 좌표에 대응하는 각 다리의 관절의 각도를 얻기 위한 프로그램을 개발했다.

2. 역기구학

2.1 3자유도 역기구학

역기구학은 관절이 적으면 계산이 쉽지만, 관절이 많을 질수록 연산이 복잡해져 계산이 어려워진다. 이를 쉽게 해결하기 위해 Fig. 1에 θ_1 의 회전각은 수학적 수식을 사용해서 구하고 θ_2 , θ_3 의 회전각은 2자유도 역기구학 해석을 통해서 구한다. 그리고 θ_1 의 회전각으로부터 얻은 θ_2 의 시작 좌표를

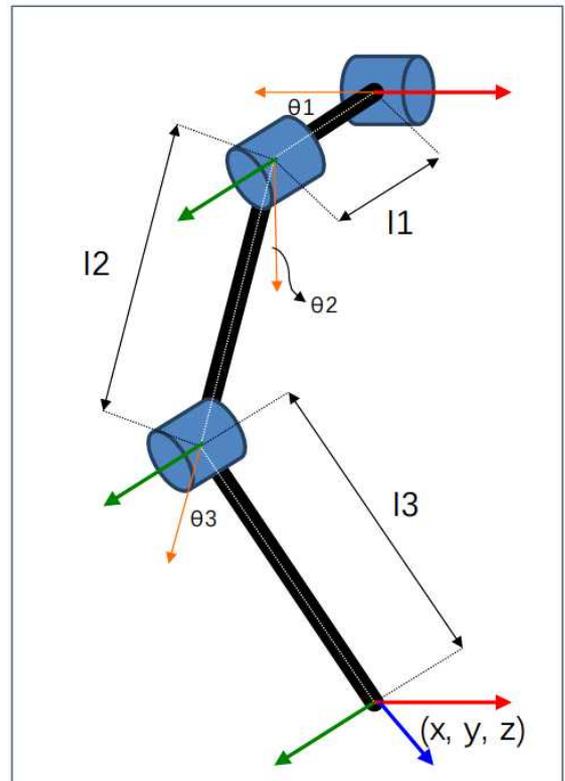


Fig. 1 다리 관절의 좌표계

2.2 θ_1 구하기

끝단좌표 P를 (x, y, z)하고 θ_1 의 위치가 (0, 0, 0)라고 했을 때 Fig 2-1과 같다.

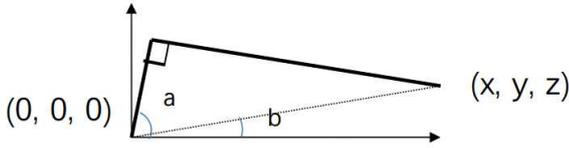


Fig. 2-1

영점에서 p점의 각도를 b라하고 로봇다리의 사이 각도를 a라 했을 때 a, b는 식(2-1), (2-2)와 같다. θ_1 는 a, b를 더해서 구할 수 있다.

$$b = \text{atan2}(y, x) \tag{2-1}$$

$$a = \text{acos}(l1 / \sqrt{x^2 + y^2}) \tag{2-2}$$

$$\theta_1 = \text{atan2}(y, x) + \text{acos}(l1 / \sqrt{x^2 + y^2})$$

2.3 θ_2, θ_3 구하기

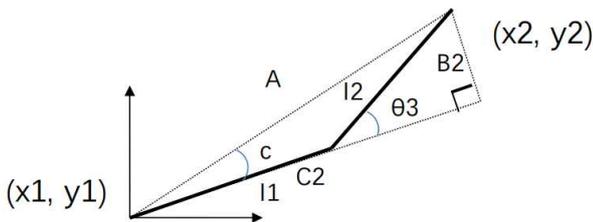


Fig. 2-2

Fig. 2-2에서 A의 길이를 식(2-3)으로 구할 수 있고 그 값을 삼각함수를 사용해서 식(2-4)로 표현이 가능하다. 식(2-4)를 통해서 $\sin(\theta_3), \cos(\theta_3)$ 를 구하면 식(2-5), 식(2-6)로 계산이 된다.

$$A^2 = (x2 - x1)^2 + (y2 - y1)^2 \tag{2-3}$$

$$A^2 = (l1 * \sin(\theta_3))^2 + (l1 + l2 * \cos(\theta_3))^2 \tag{2-4}$$

$$\cos(\theta_3) = (x^2 + y^2 - l1^2 - l2^2) / 2 * l1 * l2 \tag{2-5}$$

$$\sin(\theta_3) = \pm \sqrt{1 - \cos(\theta_3)^2} \tag{2-6}$$

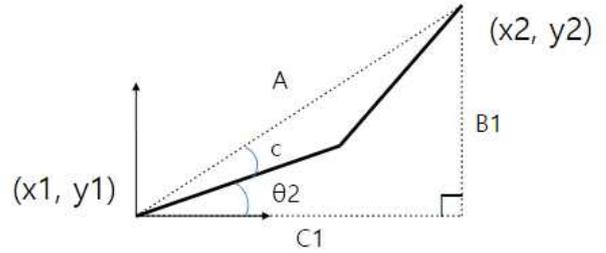


Fig. 2-3

c는 θ_3 를 구하는 과정에서 구할 수 있고 식(2-7)와 같다.

$$c = \text{atan2}(l2 * \sin(\theta_3), l1 + l2 * \cos(\theta_3)) \tag{2-7}$$

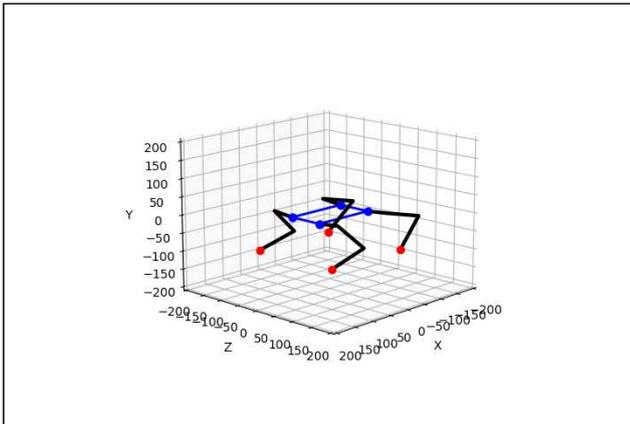
위의 과정을 통해서 θ_2, θ_3 는 식(2-8), 식(2-9)로 계산이 가능하다.

$$\theta_3 = \text{atan2}(\sin(\theta_3), \cos(\theta_3)) \tag{2-10}$$

$$\theta_2 = \text{atan2}(y2 - y1, x2 - x1) - c \tag{2-11}$$

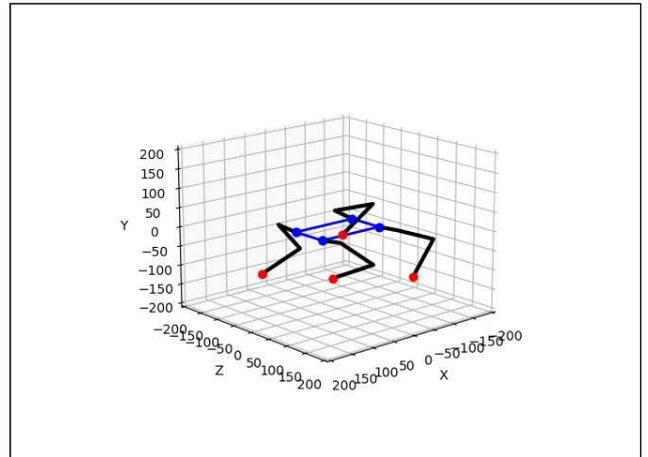
3. 실험 및 분석

위의 공식으로 얻어진 방정식을 파이썬 환경으로 전송해서, 4족 로봇 다리 끝점의 좌표에 대응하는 각 다리의 관절 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 의 각도를 출력하는 프로그램을 개발했다. 그리고 프로그램 테스트하기 위해서 세 가지 다른 역운동학적 분석을 수행하고 그 결과를 그래픽 형태로 제시한다. TABLE 1, TABLE 2는 4족 로봇의 기본적인 자세에서 발끝 점 좌표에 Y 좌표 값을 변화를 주도록 설정했고 TABLE 3은 4족 보행에 필요한 대각선 방향의 다리가 동일한 끝점의 좌표를 가지도록 설정했다. 그 결과로 원하는 좌표에 다리 끝점이 가는 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 의 각도를 얻을 수 있었다.



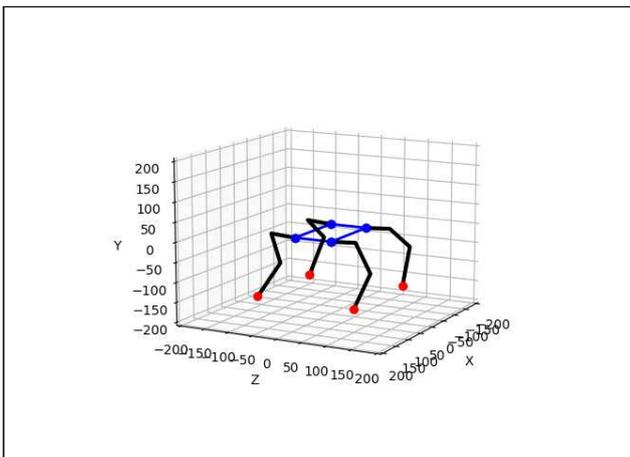
$\theta 1$	$\theta 2$	$\theta 3$
6.918	-40.770	113.138
6.918	-40.770	113.138
6.918	-72.369	113.138
6.918	-72.369	113.138

TABLE 1 프로그램에서 얻은 예제 결과



$\theta 1$	$\theta 2$	$\theta 3$
9.564	-44.248	130.420
5.824	-36.488	99.952
5.824	-27.267	99.952
9.564	-63.464	130.420

TABLE 3 프로그램에서 얻은 예제 결과



$\theta 1$	$\theta 2$	$\theta 3$
4.699	-27.267	76.568
4.699	-27.267	76.568
4.699	-49.3	76.568
4.699	-49.3	76.568

TABLE 2 프로그램에서 얻은 예제 결과

4. 결론

본 연구에서는 4족 로봇의 역기구학을 직관적인 방법으로 해석했다. 얻어진 역기구학 방정식을 파이썬 환경으로 옮겼고, 다리 끝점의 좌표계에 대응하는 각 다리 관절의 각도를 얻기 위한 프로그램을 개발했다. 프로그램을 테스트하기 위해 3가지 다른 행동을 수행했고 원하는 결과를 그래프 형태로 얻었다. 그 결과 본 연구에서의 역기구학 해석 방법은 4족 로봇의 운동 분석을 효율적으로 계산하는 것을 확인했다.

참고문헌

Acknowledgement

이 논문은 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2020R1F1A1067496).

[1] Muhammed Arif sen "Inverse Kinematic Analysis Of A Quadruped Robot International Journal of Scientific & Technology Research 2017

[2]2자유도 로봇팔로 설명한 역기구학, "역기구학" [https://smartrobotics.modoo.at/?link=1e5pkf3k\(2022,04,04\)](https://smartrobotics.modoo.at/?link=1e5pkf3k(2022,04,04))