

비정형 외벽 장애물 극복을 위한 휠-레그 로봇의 궤적 최적화

도현구*†, 김지홍*, 안사훈**, 문예철**, 현동근**, 양정모**, 주형찬**, 김화수*, 서태원**.

*경기대학교 기계공학과, **한양대학교 융합기계공학과

Trajectory Optimization of a Rope-driven Wheel-legged Robot for a Dexterous Locomotion on a 3-D Façade

Hyeongu Do*†, Ji Hong Kim*, Sahooh Ahn**, Yecheol Moon**, Dongguen Hyun**, Jeongmo Yang**, HyungChan Joo**, Hwa Soo Kim*, TaeWon Seo**

*Dept. of Mechanical Eng., Kyonggi Univ., ** Dept. of Mechanical Convergence Engineering, Hanyang Univ.

1. 서 론

본 연구에서는 roll 및 pitch 각도가 변화하는 3차원 지형에 대한 장애물을 극복할 때, 기존 legged robot이 가진 한계를 극복하기 위해 로프 시스템을 추가한 휠-레그 로봇의 장애물 극복에 대한 최적화 연구를 수행했다. 휠-레그 로봇의 궤적 최적화를 위해 ANYmal에 쓰인 ROS 기반의 최적화 프로그램인 TOWR를 본 연구의 상황에 맞게 수정 적용하였다 (TOWR는 로봇의 걸음걸이 형태, 발끝의 위치, 로봇 몸체의 6D 움직임을 자동적으로 결정할 수 있다). 장애물을 극복할 때 로봇의 이동 안정성 확보를 위해 몸체 움직임을 최소화하는 목적함수를 선택하였으며 4가지 타입의 장애물에 대한 최적화 결과를 ROS의 Rviz를 통해 시뮬레이션하고 결과를 비교하였다.

2. 본 론

2.1 궤적 최적화를 위한 목적함수 정의

본 연구에서의 목적은 험지 극복 시 휠-레그 로봇 몸체 움직임을 최소화하는 것으로 로봇 베이스와 지형과의 높이, 그리고 로봇 베이스와 지형 사이의 orientation을 최소화방법을 이용하여 다음과 같이 설정한다. 그 외의 제약조건은 TOWR⁽¹⁾의 제약조건을 이용하여 최적의 로봇 모션을 계산한다.

$$\min_{z_b, \theta_o} J(z_b, \theta_o) = w_1 \sum_{t=0}^T (z_t^b - z_t^{terrain})^2 + w_2 \sum_{t=0}^T (\theta_t^o - \theta_t^{terrain})^2 \quad (1)$$

$$s.t. \quad h(z_b, \theta_o) = 0, \quad g(z_b, \theta_o) \geq 0$$

여기서 z_b , θ_o , w_1 , w_2 는 각각 베이스의 높이, 베이스의 orientation 및 각 항의 가중치를 의미하며 상첨자 terrain은 로봇이 극복하려는 험지를 의미한다. 제약조건을 나타내는 h 와 g 는 TOWR의 제약 조건인 Goal position, robot state, dynamic model, force constraint, foot position 등을 포함하고 있다.

2.2 장애물 선정 및 시뮬레이션

극복 목표로 선정한 장애물은 Impulse, Step, Small Gap, Large Gap의 4가지 지형으로 선정했고, 그 중 하나인 Step 지형에 대한 Locomotion은 Fig. 1과 같이 이루어진다.

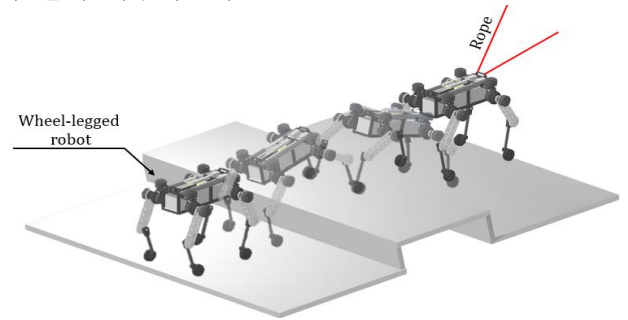


Fig. 1 Locomotion of rope-driven wheel-legged robot

3. 결 론

휠-레그 로봇 베이스 움직임을 변화량을 최소화하는 목적함수를 사용했을 때, 기존 TOWR만을 이용하여 로봇 궤적을 최적화한 것보다 훨씬 적은 몸체의 움직임 변화량을 보였다. 로프 시스템을 추가한 모델에 대한 궤적 최적화를 통해 기존에 극복하기 어려웠던 지형에 대한 극복 성능을 크게 향상시켰다.

후 기

This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Ministry of Science and ICT for Bridge Convergence R&D Program (NRF-2021M3C1C3096807 and NRF-2021M3C1C3096808) and Korea institute for Advancement of Technology (KIAT) grant funded by the Korea Government (MOTIE) (P0008691, HRD program for industrial innovation) (Corresponding author: Hwa Soo Kim, TaeWon Seo)

참고문헌

- (1) A. W. Winkler, D. C. Bellicoso, M. Hutter, and J. Buchli, "Gait and trajectory optimization for legged systems through phase-based endeffector parameterization", IEEE Robotics and Automation Letters (RAL), May 2018.

† Presenting Author, dek0411@naver.com