

Leg-wheel 구동 분석을 통한 deformable wheel 의 설계

Design of deformable wheel by leg-wheel kinetic analysis

*김한¹, #주종남¹, 김현호², 김유석¹, 이세원¹, 신상재¹

*H. Kim¹, #C. N. Chu(cnchu@snu.ac.kr)¹, H. H. Kim², Y. S. Kim¹, S. W. Lee¹, S. J. Shin¹

¹서울대학교 기계항공공학부, ²두산인프라코어 공작기계 BG 선행개발 1 팀

Key words : Leg-wheel, Kinetic analysis, Wheel design, Deformable wheel

1. 서론

로봇의 크기가 작아질수록, 주변 환경의 상대적인 평탄도가 낮아지고, 거칠기가 증가하는 문제가 발생한다. 이를 size grain hypothesis¹라 하는데, 이러한 한계를 극복하기 위하여 다양한 locomotion 방식을 적용한 소형 로봇이 연구되고 있다. 일반적인 원형 바퀴에서부터 캐터필러 등 많은 방식의 locomotion이 소형 로봇에 적용되어 연구되어 왔으나, 최근 소형 로봇에 가장 각광 받고 있는 것은 leg-wheel이다.

Leg-wheel은 원형바퀴나 캐터필러보다 장애물 극복 능력이 뛰어나, 이를 이용하여 ‘Rhex’², ‘Mini-Whegs’³와 같은 다양한 로봇에 적용되고 있다. Leg-wheel은 구동 특성은 leg의 형상에 따라 다르다. 기존의 로봇의 경우 이러한 leg의 형상을 계단 등반, 험지 주행 등 로봇의 특성에 맞추어 설계되어 있다. 본 연구에서는 leg 형상에 따른 장애물 극복 능력과 평지 주행 능력에 대해 분석하고, 이를 바탕으로 상황에 맞추어 바퀴 형상을 바꾸는 deformable wheel을 설계를 제시하고자 한다.

2. 분석 및 실험 방법

Leg-wheel의 형상은 곡률 방향과 크기에 따라 Fig. 1과 같이 5 가지 type으로 선정하였다. 각 type의 leg-wheel의 최대 극복 가능 장애

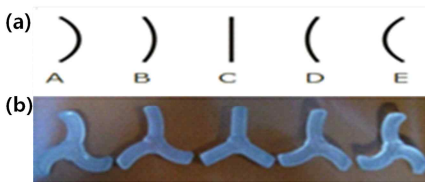


Fig. 1 (a) Type of leg-wheel, (b) Fabricated leg-wheel

물 높이와 평지 주행 속도를 분석하였다. 또한 Fig. 1 (b)와 같이 직경 60 mm의 leg-wheel을 PDMS (polydimethylsiloxane)로 제작하였다. 실험을 통해 분석 결과의 타당성을 검토해 보았다.

3. 분석 및 실험 결과

장애물 극복 시의 leg-wheel 형상에 따른 각력도는 Fig. 2 (a)와 같다. Leg-wheel 형상 type에 따라 다리와 장애물 사이의 접촉각(contact angle)이 다른 것을 확인 할 수 있다. Fig. 2 (b)에서 알 수 있듯이 접촉각이 작을수록 장애물을 극복 할 수 있는 힘인 마찰력이 커지게 된

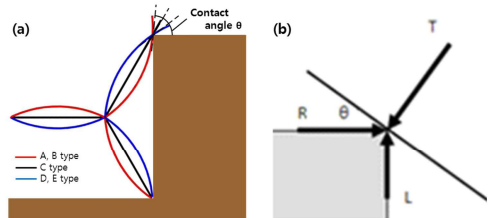


Fig. 2 (a) Schematic diagram of leg-wheel while overcoming the obstacle, (b) Friction force

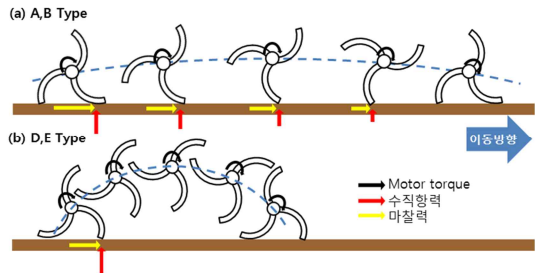


Fig. 3 Schematic diagram of leg-wheel while driving (a) A, B type, (b) D, E type

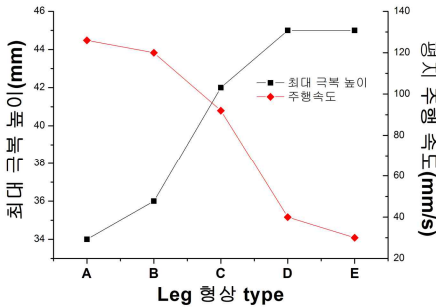


Fig. 4 Leg-wheel performance

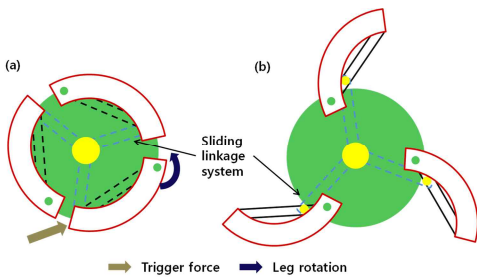


Fig. 5 Concept design of deformable wheel (a) before deformation, (b) after deformation

다. 따라서 접촉각이 작은 D, E type 이 접촉각이 큰 A, B type 보다 장애물 극복에 유리함을 알 수 있다.

Fig. 3 는 평지 주행에서의 leg-wheel 형상 type 에 따른 구동 모습이다. Leg-wheel 은 원형 바퀴와 달리 지면으로부터 수직방향의 반발력이 발생하게 된다. A, B type 의 경우 이러한 반발력에도 불구하고 다리의 형상으로 인하여 지면과의 접지를 계속 유지할 수 있다. 그러나 D, E type 의 경우 반발력이 A, B type 보다 클 뿐만 아니라, 지면과의 접점이 다리 끝부분에서부터 시작 되어 접지를 계속 유지할 수 없다.

이와 같은 분석 결과는 Fig. 4 와 같이 실험을 통해서도 확인 할 수 있었다. A type 의 경우 최대 극복 높이는 48 mm 로 직경 대비 80%의 높은 장애물 성능을 보였다. 그러나 극복 장애물 높이가 34 mm 로 가장 낮은 E type 의 경우 직경 대비 57%의 장애물을 극복함으로써 일반적인 원형바퀴의 극복 가능 장애물 높이(50%)와 비슷한 결과를 가졌다. 평지 주행 속도의 경우 분석 결과와 마찬가지로 정반대의 결과를

보였다. A type 이 126 mm/s 로 가장 빨랐고, E type 이 30 mm/s 로 가장 느렸다.

이 결과를 토대로 변형 전에는 다리를 접어 원형 형상을 가지고, 변형을 통해 다리를 펼쳐 장애물 극복에 유리한 leg-wheel 형상을 가짐으로써 평지 주행과 장애물 극복에 모두 뛰어난 성능을 가질 수 있는 deformable wheel 을 Fig. 5 와 같이 설계하였다. 본 연구에서 설계한 deformable wheel 은 슬라이드를 이용한 링크지 메커니즘을 통해 별도의 액추에이터 없이, 다리가 장애물에 걸렸을 때 발생하는 힘을 통해 자연스럽게 퍼질 수 있도록 하였다.

4. 결론

본 연구에서는 leg-wheel 형상에 따른 장애물 극복 능력과, 평지 주행 속도에 대해 분석하고 실험을 통해 이를 검증하였다. Leg-wheel 의 곡률 방향과 크기에 따라 장애물 극복 능력과 평지 주행 속도는 정반대의 성능을 보였으며, 이러한 특성을 모두 살릴 수 있도록 링크지 메커니즘을 이용한 deformable wheel 을 설계하여 장애물 극복과 평지 주행에서 모두 좋은 성능을 가질 수 있도록 하였다.

후기

이 논문은 2012 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0000348).

참고문헌

1. M. Kaspari, M. D. Weiser, "The size-grain hypothesis and interspecific scaling in ants," *Functional Ecology*, **13**, 530-538, 1999.
2. R. Altendorfer, N. Moore, H. Komsuglu, M. Buehler, H.B. Brown jr, D. McMordie, U. Saranli, R. Full, D.E. Koditschek, "RHex: A Biologically Inspired Hexapod Runner," *Autonomous Robots*, **11**, 207-213, 2001.
3. B.G.A. Lambrecht, A.D. Horchler, R.D. Quinn, "A small, insectinspired robot that runs and jumps," *International Conference on Robotics and Automation*, 1240-1245, 2005.