

로봇 발의 접촉 반발력이 무릎 및 힙 관절에 미치는 영향

Contact Repulsion of Robotic Foot and Its Influence on Knee and Hip Joints

김병호†

Byoung-Ho Kim

경성대학교 메카트로닉스공학과 생체모방 및 지능로봇 연구실

Biomimetics & Intelligent Robotics Lab., Dept. of Mechatronics Eng., Kyungsung University

요약

본 논문에서는 컴플라이언스 특성의 발을 갖는 이족 로봇의 다리 메커니즘을 제시한 후, 이족 로봇을 위한 전형적인 보행 패턴에서 발의 접촉 반발력과 이것이 무릎과 힙 관절에 미치는 영향을 고찰하고자 한다. 이러한 분석은 보행 로봇이 걸음 동작을 수행할 때, 발의 물리적인 접촉력의 영향을 파악하는데 있어서 유용하고, 다리 메커니즘의 관절 사양을 결정하는데 활용될 수 있다. 결과적으로, 로봇 발 메커니즘의 컴플라이언스 특성이 발의 접촉 반발력에 의해 영향을 받는 보행 다리 관절의 토오크 특성을 완화시키는데 기여할 수 있음을 보인다.

키워드 : 이족 로봇의 다리-발 메커니즘, 접촉 반발력, 보행 피로, 보행 로봇

Abstract

This paper presents a model of bipedal leg mechanism with a compliant foot, and the contact repulsion of the foot for a typical walking pattern and its influence on the knee and hip joints of the leg will be analyzed. This analysis is useful for us to figure out the physical impact of the foot when a walking robot takes a step. Also it can be applied to determine the joint specification of the leg mechanism. As a result, it is shown that the compliance characteristics of a robotic foot can contribute to alleviate the joint torques of the leg affected by the contact repulsion of the foot.

Key Words: Bipedal leg mechanism with a foot, Contact repulsion, Walking fatigue, Walking robots

1. 서론

보행 로봇(walking robot) [1]- [2]은 산업시스템을 위한 능동적인 작업자 또는 보조 시스템 역할로서 다양한 작업의 수행이 가능할 뿐만 아니라 다양한 기능성 신발

의 편의성 시험을 위한 장치(test-bed)로도 활용이 기대된다. 그림 1(a)는 팔목할 만한 인간형 로봇 시스템 중의 하나이며, 이러한 로봇은 이족 보행의 관점에서 그림 1(b)와 같이 모델링할 수 있다.

사람의 경우, 장시간 동안 보행을 하게 되면, 기본적으로 무릎 관절(knee joint)과 힙 관절(hip joint)에 피로를 느끼게 됨을 경험적으로 알 수 있다. 이러한 관점에서 볼 때, 보행에 따른 무릎과 힙 관절의 토오크 특성을 파악하는 것은 보행 로봇의 안정적인 활용의 관점에서 매우 의미가 있다. 최근에, 재활의공학 분야에서는 다리 절단 수술을 받은 사람들을 위한 발목-발 보철(ankle-foot prosthesis) 메커니즘에 관한 연구 [3]가 활발하게 진행되고 있는데, 효과적인 보행을 위하여 이러한 메커니즘이 적절한 컴플라이언스(compliance) 특성을 갖도록 설계하는 것이 중요한 이슈(issue)가 되고 있다. 왜냐하면, 이러한 메커니즘의 컴플라이언스 특성

접수일자 : 2012년 11월 23일

수정일자 : 2013년 1월 3일

완료일자 : 2013년 1월 3일

† Corresponding author

이 논문은 2012학년도 경성대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

은 발과 다리 관절의 안정적인 동작이나 전체 로봇 시스템의 유연한 동작을 구현하는 것과 밀접한 연관이 있을 수 있기 때문이다. 그러나 이러한 문제에 대한 연구는 아직까지 많이 다루어지지 않고 있는 실정이다. 실질적으로 보행 발의 접촉력에 따른 시스템적 영향에 대한 연구는 로봇 시스템의 안정된 보행 뿐만 아니라 효과적인 시스템 설계 관점에서 중요한 의미를 지닌다.

본 논문에서는 인간형 로봇의 원활한 동작 구현을 목표로 이족 로봇의 안정된 보행 문제를 다루고자 한다. 특히, 이족 로봇의 보행에 있어서 발의 접촉 반발력이 무릎 관절과 힙 관절에 미치는 영향에 대하여 고찰하고자 한다. 이러한 목적을 위하여 컴플라이언스 특성의 발을 갖는 로봇 다리 메커니즘을 제시하고, 이를 활용한 간단한 걸음 동작 패턴을 수행한다. 또한 발 메커니즘의 특성에 따라 보행시 나타나는 발의 접촉 반발력 패턴이 달라질 수 있을 뿐만 아니라 발바닥에서 발목, 다리의 각 관절로 전파되는 토오크 특성을 확인한다. 결과적으로, 로봇 발 메커니즘의 컴플라이언스 특성이 발의 접촉 반발력에 의해 영향을 받는 보행 다리 관절의 토오크 특성을 완화시키는데 기여할 수 있음을 보인다.

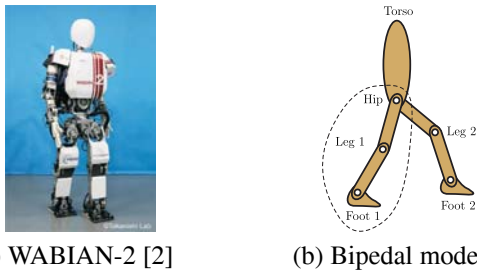


그림 1. 보행 로봇 및 이족형 모델
Fig. 1. A walking robot and its bipedal model

2. 이족 로봇 다리-발 메커니즘 모델링

본 장에서는 이족 로봇이 보행할 때, 발의 접촉 반발력이 다리 관절에 미치는 영향을 분석하기 위하여 컴플라이언스 특성의 발을 갖는 이족 로봇 다리 메커니즘을 제시한 후, 발의 접촉 반발력에 따른 무릎 관절과 힙 관절의 토오크 성분을 기술한다.

2.1 컴플라이언스 특성을 갖는 로봇 발 메커니즘

그림 2는 최근에 제시된 컴플라이언스 특성을 갖는 로봇 발 메커니즘을 나타낸다 [4]. 이와 같은 메커니즘은 그림 3에 나타낸 것과 같은 인간의 발 구조 [5]를 기능적인 측면에서 모방한 것으로서, 강성 요소값에 따라 발과 접촉면 사이에서 야기될 수 있는 충격을 완화할 수 있는 특징이 있다. 그림 2에서 링크(link) l_1 은 인간의 발 구조에서 A와 B를 연결하는 부분을 나타낸 것이고, l_2 는 A와 C 부분을 하나의 링크로 고려한 것이며, B와 C 부분을 연결하는 하나의 스프링(spring)은 인간의 발에 포함되어 있는 다양한 컴플라이언스 요소들을 단순화시켜 모델링한 것이다.

실제로, 그림 2와 3에서 A 부분은 발목 관절(ankle joint)을 의미하고, B와 C는 각종의 인대 및 발바닥 힘줄(plantar aponeurosis)의 고정부를 나타내며, D와 E 부분은 각각 뒷꿈치와 발의 앞부분을 나타낸다. 여기서, 스프링 인대(Spring Ligament, SL)는 BAC로 이어지는 종궁(longitudinal arch)을 지지하는데 있어서 중요한 역할을 하고, 단저측 인대(Short Plantar Ligament, SPL)와 장저측 인대(Long Plantar Ligament, LPL)는 골인대판(plate)의 외측에서 종적지지(longitudinal support)를 지원한다. 이러한 두 인대의 역할은 종입방 관절(calcaneocuboid joint)을 지원하여 궁(arch)의 처짐을 감지하는 역할을 한다. 또한 발바닥 널힘줄(Plantar Aponeurosis, PA)은 트러스의 균형을 도와주는 이음보(tie-rod) 역할을 한다.

궁극적으로, 이러한 로봇 발 메커니즘이 다리 메커니즘과 결합될 경우, 보행시 어떤 장점이 있을 수 있는지에 대한 연구는 보다 안정된 이족 보행이나 발과 연관된 부수적인 메커니즘의 특성 파악을 위하여 중요한 의미가 있다.

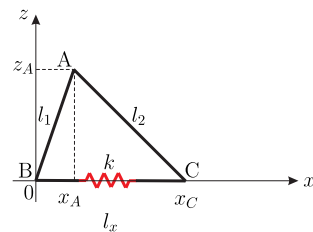


그림 2. 컴플라이언스 특성을 갖는 로봇 발 메커니즘
Fig. 2. A robotic foot mechanism with compliance

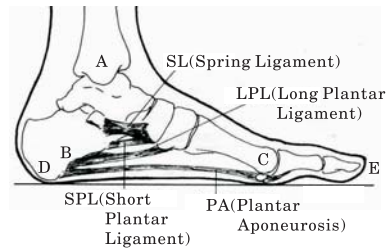


그림 3. 인간의 발에 포함된 컴플라이언스 특성 요소
Fig. 3. Compliant components of human foot

2.2 로봇 다리-발 메커니즘 모델링

이족 로봇의 보행에 있어서 각 발의 접촉 반발력이 무릎과 힙 관절에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 본 논문에서는 그림 1(b)에 나타낸 오른쪽 다리(Leg 1)를 그림 4와 같이 모델링하였다. 여기서, 발 부분은 2.1장에서 기술한 로봇 발 모델을 사용하였다.

일반적으로, 이족 로봇이 발걸음을 내딛는 과정을 살펴보면, 다리와 발 메커니즘에 작용되는 힘 성분은 다음과 같이 분석할 수 있다. 만일, 발목 관절부 A에 수직 방향의 힘 f_L 이 그림 4(b)와 같이 작용되면, 이에 따라 발 바닥에서 접촉 반발력이 발생하게 되는데, 그림 2와 같이 컴플라이언스 특성을 갖는 로봇 발이 지면

과 평평하게 접촉하는 경우, 전반적으로 완화된 반발력 특성이 나타나게 됨을 직관적으로 알 수 있다. 즉, 발의 앞부분을 나타내는 C 점은 x 축 방향으로 확장되고, 트러스의 이음보를 형성하고 있는 스프링에는 상대적으로 장력(tension)에 의한 에너지가 축적된다. 이러한 장력은 스프링의 강성(stiffness)에 의해 점진적으로 증가하게 되고, 가해진 힘을 떠받치는 반작용력(reaction force)으로 작용하게 된다. 따라서 그림 4(b)의 발 메커니즘에서 z 축 방향으로 작용하는 합력 벡터 f_z 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_z = f_L + f_r \quad (1)$$

여기서, f_L 은 발목 관절부 A에 $-z$ 축 방향으로 가해진 힘 벡터를 나타내고, f_r 은 이에 따른 z 축 방향의 반작용력 벡터를 의미하며, 반작용력의 크기 $|f_r|$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$|f_r| = |f_{r1}| \sin \theta_B + |f_{r2}| \sin \theta_C \quad (2)$$

여기서, 각 링크 방향의 반작용력과 관절각 파라미터는 다음과 같다.

$$|f_{r1}| = |f_L| \sin \theta_B \quad (3)$$

$$\theta_B = \tan^{-1}(z_{A'}/x_{A'}) \quad (4)$$

$$|f_{r2}| = |f_k| \cos \theta_C \quad (5)$$

$$\theta_C = \sin^{-1}(z_{A'}/l_2). \quad (6)$$

또한 $-x$ 축 방향으로 작용하는 스프링에 의한 장력의 크기 $|f_k|$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$|f_k| = k(x_{C'} - x_C) \quad (7)$$

여기서, k 는 스프링의 강성을 나타낸다.

결국, (2)에 나타난 접촉 반발력 f_r 은 보행을 위한 다리 관절의 운동에 영향을 미치는 요소로서 작용하게 된다. 구체적으로, 접촉 반발력 f_r 에 의해 전파되는 무릎 관절과 힙 관절의 토크 성분 τ_H 와 τ_K 는 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\tau_H = \{l_4 \sin \theta_K \cos \theta^* + (l_4 \cos \theta_K + l_3) \sin \theta^*\} f_r \quad (8)$$

$$\tau_K = l_3 \sin \theta^* f_r \quad (9)$$

여기서, θ^* 는 발목을 통하여 나타나는 접촉 반발력의 역전파각을 의미하며, 다음과 같이 결정된다.

$$\theta^* = \cos^{-1} \left\{ \frac{l_3^2 + l_5^2 - l_4^2}{2l_3 l_5} \right\} \quad (10)$$

$$l_5 = \sqrt{(x_H - x_A)^2 + h^2}. \quad (11)$$

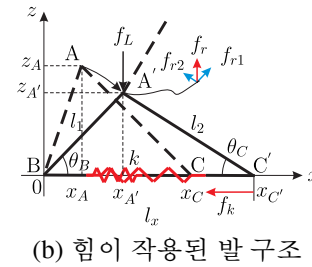
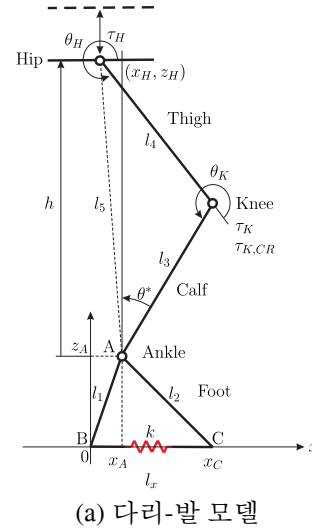


그림 4. 컴플라이언스 특성의 발을 갖는 이족 로봇의 다리 메커니즘

Fig. 4. A bipedal leg mechanism with a compliant foot

3. 로봇 다리-발 메커니즘의 특성 시뮬레이션

본 장에서는 시뮬레이션을 통하여 2장에서 제시한 로봇 다리-발 메커니즘의 특성을 고찰한다. 여기서, 발 메커니즘에 사용된 스프링 장력이 로봇의 전체 부하에 적절히 대응할 수 있고, 하중이 걸리지 않게 되면, 초기 상태의 트러스 구조로 안정하게 복귀하는 상황을 고려한다. 효과적인 보행 시뮬레이션을 위하여 그림 4에 제시된 로봇 다리-발 메커니즘의 힙 위치가 수직 방향으로만 변화할 때, 발목부에 가해진 힘 패턴에 대한 반작용력의 동향을 확인하고, 이것이 보행 상황에서 로봇 다리의 무릎 관절과 힙 관절에 어떤 효과로 작용될 수 있는지를 분석하는데 중점을 두었다. 이를 위하여 설정된 로봇 다리 및 발의 기구적인 파라미터는 표 1과 같다.

그림 5는 로봇이 제자리걸음 운동을 할 때, 발목과 힙 사이의 거리 함수 패턴 $h(t)$ 를 나타내며, 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$h(t) = h_0 + 0.5d(\cos \pi t - 1.0) \quad (12)$$

여기서, h_0 는 발목과 힙 관절 사이의 초기 거리이고, d 는 힙의 상하 운동의 길이를 조정하는 파라미터이며, 각각 0.74m와 0.14m로 설정하였다. 실제로, 이러한 운동 패턴은 인간의 보행 과정에서 쉽게 경험할 수 있

다 [6].

표 1. 로봇 다리 및 발의 기구적인 파라미터

Table 1. Kinematic parameters of the robotic leg and foot

i	l_i (m)	z_A (m)	x_C (m)	Remarks
1	0.10	0.09	0.15	x_C 는 기구적으로 계산된 값임.
2	0.14			
3	0.38			
4	0.39			

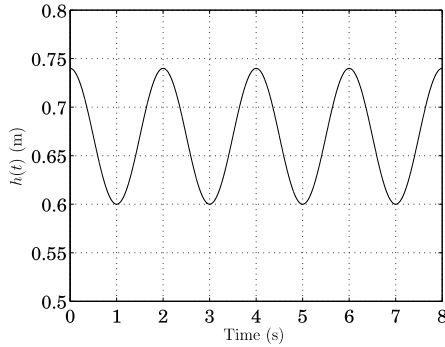


그림 5. $h(t)$ 함수로 표현되는 힙의 운동 패턴

Fig. 5. Motion pattern of the hip by $h(t)$

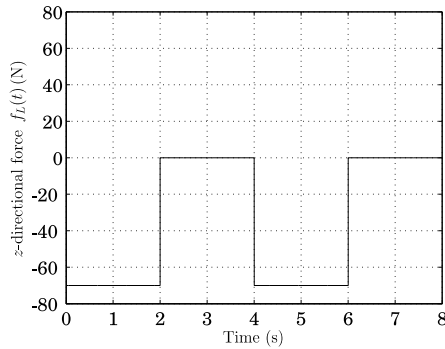


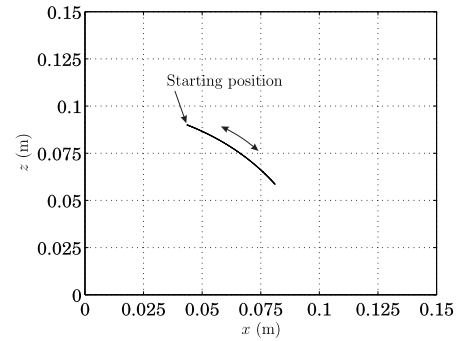
그림 6. 발목에 가해진 힘 패턴

Fig. 6. Force pattern given at the ankle

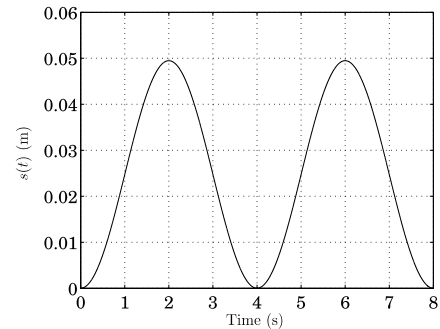
그림 6은 주어진 힙의 운동 패턴에 따라 로봇 발목에 z 축 방향으로 가해진 힘의 패턴을 나타낸다. 즉, 그림 6은 보행 로봇의 한쪽 발이 2초 간격으로 지지발이 되는 상황에서 로봇 몸체 및 추가적인 하중을 고려한 z 축 방향의 힘 -70N 이 반복적으로 작용되는 상황을 나타낸다. 이러한 상황에서 발목부 A 점이 xz 평면상에서 이동하는 경로는 그림 7(a)와 같고, 그림 7(b)는 발목부 A 점의 운동 궤적을 나타내며, 다음과 같이 설정되었다.

$$s(t) = 0.5s_f\{1.0 - \cos(0.5\pi t)\} \quad (13)$$

여기서, s_f 는 운동 궤적의 길이를 나타내고, 사용된 스프링의 강성값에 의존하게 된다. -70N 의 F_L 이 작용하는 경우, 강성 파라미터 k 를 700N/m 나 525N/m 로 설정하면, 기구학적 계산에 의해 s_f 는 각각 0.0495m 나 0.0594m 로 결정된다.



(a) planar trajectory



(b) circular arc trajectory

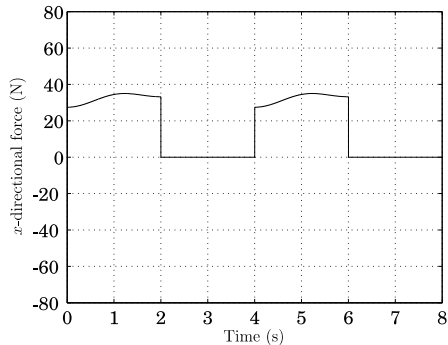
그림 7. 발목의 이동 경로

Fig. 7. Trajectory of the ankle

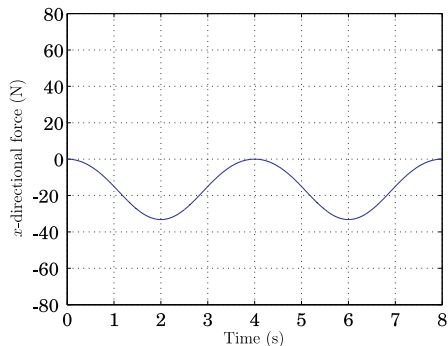
다음은 발목부에 가해진 힘 패턴에 대한 반작용력의 동향을 확인하기 위하여 컴플라이언스 특성을 갖는 발의 반작용력 특성을 파악하였다. 여기서는 완충 작용이 없는 경우($k=\infty\text{N/m}$)와 트러스의 변형 영역을 기반으로 $k=700\text{N/m}$, 그리고 $k=525\text{N/m}$ 인 경우에 대하여 고려하였다. 이와 같은 반작용력은 궁극적으로 발목과 연결된 다리 관절로 전파되어 보행 시스템의 피로를 증가시키는 요인이 될 수 있다. 사람의 보행에서도 탄력성이 작은 신발을 이용하는 경우에는 발걸음을 내딛는 순간마다 지면과의 접촉에 의해 무릎이나 힙, 허리 등의 관절에 강한 충격을 느낄 수 있고, 결과적으로 몸 전체가 빨리 피곤해지게 됨을 경험적으로 알 수 있다.

그림 8(a)는 그림 6과 같이 주어진 힘 $F_L(t)$ 가 발목에 가해질때, 이것이 의해 발목의 x 축 방향으로 작용되는 힘 패턴을 나타내고, 그림 8(b)는 스프링에 의한 장력을 나타낸다. 결과적으로, 그림 8(c)를 살펴보면, 처음 2초 동안에는 발 메커니즘의 움직임이 x 축 방향으로 진행되는데, 스프링의 장력에 의해 점차적으로 합력이 0이 되어 트러스의 운동이 멈추게 되고, 보행을 위하여 발이 지면에서 이탈되는 2~4초 구간에서는 스프링의 장력에 의해 $-x$ 축 방향으로 움직여서 초기의 자세로 되돌아가는 상황을 파악할 수 있다. 그림 9는 보행 상황에서 트러스와 스프링에 의해 결정되는 반작용력 패턴을 나타낸다. 특히, 디딤발 구간인 0~2초와 4~6초 구간에서 트러스에 의한 반작용력은 점차적으로 줄어드는 경향이고, 스프링에 의한 반작용력은 상대적으로 증가하게 되며, 발디딤이 해제된 상태인 2~4초와 6~8초 구간에서 트러스에 의한 반작용력은 없고, 스프링에 의한

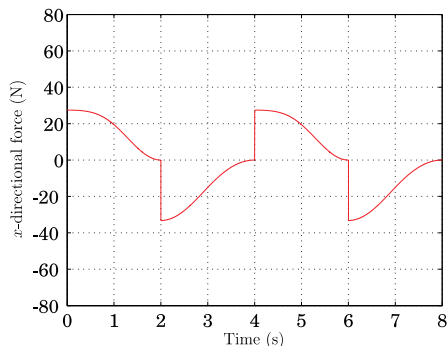
반작용력은 점진적으로 줄어드는 상황을 확인할 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 8. 발목의 x 축 방향으로 작용하는 힘 패턴:

(a) f_L 에 의한 힘, (b) f_k 에 의한 힘($k=700\text{N/m}$), (c)=(a)+(b).

Fig. 8. Force patterns to the x -direction at the ankle: (a) force by f_L , (b) force by f_k ($k=700\text{N/m}$), and (c)=(a)+(b).

그림 10(a)는 스프링에 의한 완충 작용이 없는 경우($k = \infty\text{N/m}$), 발목에 작용되는 반작용력을 나타내며, 그림 10(b)와 (c)는 스프링의 강성값이 각각 $k=700\text{N/m}$, $k=525\text{N/m}$ 로 설정된 경우의 반작용력을 나타낸다. 즉, 컴플라이언스 특성이 증가하면, 발목에서 느끼는 충격은 상대적으로 감소하게 된다. 그림 11은 그림 4에 제시된 로봇 다리가 4초 주기의 제자리걸음을 하는 경우, 발의 접촉 반발력에 의해 전과되는 무릎 관절과 힙 관절의 토크 특성을 나타낸다. 결과적으로, 로봇 발 메커니즘의 컴플라이언스 특성이 커질수

록 무릎과 힙 관절에 가해지는 토크 영향이 감소될 수 있음을 확인할 수 있다.

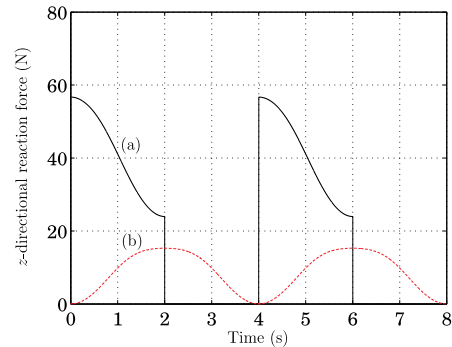


그림 9. 발목의 z 축 방향으로 작용하는 성분별 힘 패턴:

(a) 트러스 반작용력, (b) 스프링($k=700\text{N/m}$) 반작용력.

Fig. 9. Reaction force patterns to the z -direction at the ankle: (a) reaction force by the truss and (b) reaction force by the spring of $k=700\text{N/m}$.

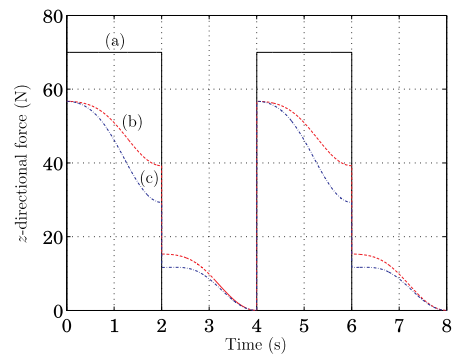


그림 10. 스프링의 강성값에 따른 z 축 방향의 발목 힘 패턴:

(a) $k=\infty\text{N/m}$, (b) $k=700\text{N/m}$, (c) $k=525\text{N/m}$.

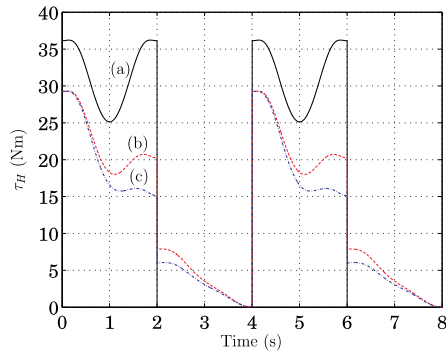
Fig. 10. Force patterns at the z -direction of the ankle according to the stiffness: (a) $k=\infty\text{N/m}$, (b) $k=700\text{N/m}$, and (c) $k=525\text{N/m}$.

결과적으로, 컴플라이언스 특성을 갖는 로봇 발을 이용하게 되면, 보행시 나타나는 발목의 충격과 무릎 및 힙 관절에 미치는 토크 특성을 완화시킬 수 있기 때문에 궁극적으로 로봇 시스템의 보행 피로를 감소시키는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 이러한 보행 피로를 줄이는 문제는 비평탄 지형이나 계단이 있는 상황에서의 안정된 보행에 큰 도움이 될 수 있다 [7].

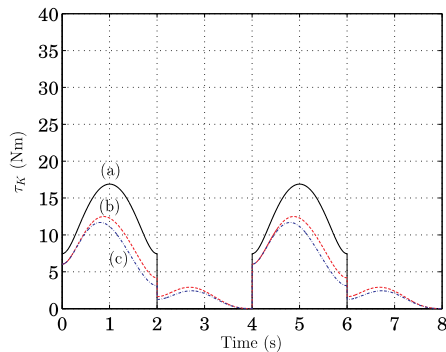
4. 결론

본 논문에서는 컴플라이언스 특성을 갖도록 한 로봇 발과 이를 사용한 로봇의 다리 모델을 제시한 후, 보행 과정에서 유발되는 발의 접촉 반발력이 무릎 관절과 힙 관절에 미치는 영향을 분석하였다. 결과적으로, 로봇 발 메커니즘의 컴플라이언스 특성에 따라 발의 접촉 반발력에 의해 무릎과 힙 관절에 가해지는 토크

영향을 완화될 수 있음을 확인하였다. 이러한 연구결과는 다리 관절의 피로 완화와 동작의 유연성을 개선하는데 활용될 수 있고, 로봇 발 및 다리의 효과적인 설계 [8]- [10]나 관절 구동기의 사양 결정에도 이용될 수 있다. 특히, 기능성 신발의 효용성을 시험하거나 결정하는데 유용하게 응용할 수 있다. 추가적으로, 로봇 발 메커니즘의 접촉력을 효과적으로 측정하는 방법과 발의 유연성에 관한 파라미터 및 지표에 관한 연구가 중요하다. 또한 로봇 발 메커니즘의 효과적인 설계와 발 뒷부분이 지면과 비스듬히 접촉하는 경우에 대한 고려가 필요하다.



(i) Torques for the hip joint



(ii) Torques for the knee joint

그림 11. 발의 접촉 반발력에 따른 무릎 및 힙 관절의 토크 패턴: (a) $k = \infty\text{N/m}$, (b) $k=700\text{N/m}$, and (c) $k=525\text{N/m}$.

Fig. 11. Torque patterns of the knee and hip joints by the contact repulsion of the robotic foot: (a) $k = \infty\text{N/m}$, (b) $k=700\text{N/m}$, and (c) $k=525\text{N/m}$.

References

[1] Y. Sakagami, R. Watanabe, C. Aoyama, S. Matsunaga, N. Higaki, and K. Fujimura, "The intelligent ASIMO: system overview and integration," *Proc. of IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2478-2483, 2002.

[2] Y. Ogura, H. Aikawa, K. Shimomura, H. Kondo, A. Morishima, H.-O. Lim, and A. Takanishi, "Development of a new humanoid robot, WABIAN-2," *Proc.*

of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 2478-2483, 2002.

[3] S. K. Au and H. M. Herr, "Powered ankle-foot prosthesis," *IEEE Robotics & Automation Magazine*, vol. 15, no. 3, pp. 52-59, 2008.

[4] B. -H. Kim, "Modeling and analysis of robotic foot mechanism based on truss structure," *Jour. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 22, no. 3, pp. 347-352, 2012.

[5] C. C. Norkin and P. K. Levangie, *Joint structure & function*, F.A. Davis Company, 1992.

[6] A. D. Kuo, "Choosing your steps carefully," *IEEE Robotics & Automation Magazine*, pp. 18-29, June 2007.

[7] Y.-T. Kim, S.-H. Noh, and H. J. Lee, "Walking and Stabilization Algorithm of Biped Robot on the Uneven Ground," *Jour. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 15, no. 1, pp. 59-64, 2005.

[8] S.-W. Kim and D. H. Kim, "Design of Leg Length for a Legged Walking Robot Based on Theo Jansen Using PSO," *Jour. of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 21, no. 5, pp. 660-666, 2011.

[9] M. Davis, *Foot Design for a Humanoid Robot*, The University of Queensland, 2004.

[10] J. Li, Q. Huang, W. Zhang, Z. Yu, and K. Li, "Flexible foot design for a humanoid," *Proc. of IEEE Int. Conf. Automation and Logistics*, pp. 1414-1419, 2008.

저자 소개

김병호(Byoung-Ho Kim)

2001년 : 한양대 전자공학과(공학박사)

1995년 ~ 2001년 : 한국과학기술연구원 지능로봇연구센터 학생연구원

2002년 ~ 2004년 : JSPS Post-Doctoral Fellow, Dept. of Robotics, Ritsumeikan Univ.(Japan)



2004년 ~ 2005년 : Researcher, Biomimetic Control Research Center, RIKEN, Japan

2010년 ~ 2011년 : Visiting Faculty, Robotics Institute, Carnegie-Mellon Univ., USA

2005년 ~ 현재 : 경성대학교 메카트로닉스공학과 부교수

2006년 ~ 현재 : 한국지능시스템학회 이사

관심분야 : intelligent mobile manipulation, walking mechanism and algorithm, multi-legged & humanoid robots, biomimetic modeling and control, multi-fingered robot/artificial hands and multiple arm control, macro/micro mechanism and intelligent control, neural computation, and sports science.

Phone : +82-51-663-4692

E-mail : kimbh@ks.ac.kr