

트러스 구조를 기반으로 한 로봇 발 메커니즘 모델링 및 특성 분석

Modeling and Analysis of Robotic Foot Mechanism Based on Truss Structure

김병호

Byoung-Ho Kim

경성대학교 메카트로닉스공학과 생체모방 및 지능로봇 연구실

요약

본 논문에서는 보행 로봇을 위한 트러스 구조의 로봇 발 메커니즘을 제시한 후, 제시된 로봇 발 메커니즘의 특성을 분석하였다. 제시된 로봇 발 메커니즘은 인간의 발의 구조적인 특징을 관찰하여 모델링 되었다. 특히, 인간의 발에 사용되고 있는 뼈대는 트러스로 나타내었고, 뼈대에 연결되어 있는 다양한 인대는 간단한 강성 요소로서 나타내었다. 따라서 이러한 로봇 발은 보행 로봇이 발걸음을 옮기는 과정에서 발에 작용되는 충격을 완화시킬 수 있는 장점을 갖는다. 결과적으로, 제안된 로봇 발 메커니즘은 보행 로봇의 보행 피로를 줄이는데 기여할 수 있다.

키워드 : 로봇 발 메커니즘, 트러스 구조, 충격 및 피로, 보행 로봇

Abstract

This paper presents a robotic foot mechanism based on truss structure for walking robots and analyzes its effectiveness for compliant walking. The specified foot mechanism has been modeled by observing the structure and behavior of human foot. The frame of bone used in the human foot is considered as a truss, and the ligaments of the human foot are represented as a simple stiffness element. So such a robotic foot has an advantage to moderate the impact of foot when a walking robot takes a step. As a result, it is practically expected that the proposed robotic foot mechanism can contribute to reduce the physical fatigue of walking robots.

Key Words: Robotic foot mechanism, Truss structure, Impact and fatigue, Walking robots

1. 서론

현재 많은 연구자들에 의해 능동적인 작업자 또는 보조 수단으로서 다양한 작업의 수행을 목표로 한 이족, 4족 등 보행 로봇 (walking robots) 개발에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다 [1]- [3]. 특히, 그림 1(a)는 인간형 로봇 연구 사례중의 하나로서 일본 와세다 대학에서 개발된 이족 로봇 [2]이고, 그림 1(b)는 군사적 물자이송 등의 목적을 기반으로 개발된 4족 서비스 로봇 [4]이다. 이족 로봇은 기본적으로 두 개의 발을 반복적으로 사용하여 보행을 하게 되는데, 실제로 보행과

정에서 하나의 발은 이동해야 하기 때문에 나머지 하나의 발에 로봇의 전체 하중이 집중되게 된다. 이러한 관점에서 볼 때, 상대적으로 4족 로봇은 지지 발의 개수를 증가시킬 수 있기 때문에 로봇 시스템 및 추가적인 하중을 어느 정도 나누어서 감당할 수 있는 여유를 갖게 되는 장점이 있다. 이러한 보행 로봇이 다양한 환경에서 효과적으로 보행하기 위해서는 다리와 발 메커니즘의 설계가 매우 중요하다 [5]- [8].

일반적으로, 사람이나 로봇이 보행하는 과정을 관찰해 보면, 발걸음을 내딛는 과정에서 로봇 시스템 및 추가적으로 갖게 되는 하중에 의해 발과 접촉면 사이에 상당한 충격(impact)이 야기될 수 있다. 이러한 충격은 오랜 시간 동안 주어진 보행 작업을 반복적으로 수행해야 하는 로봇 시스템의 발목이나 다리 관절 등 각 관절의 피로를 가중시키는 요인이 될 수 있다. 따라서 이러한 충격을 완화하고, 로봇 시스템의 적절한 밸

접수일자 : 2012년 4월 20일

수정일자 : 2012년 5월 16일

완료일자 : 2012년 5월 16일

본 논문은 본 학회 2012년도 춘계학술대회에서 선정된 우수 논문입니다. 이 논문은 2012학년도 경성대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

런싱(balancing) 및 효과적인 보행을 위하여 유연한 로봇 발 메커니즘의 설계가 매우 중요하다. 기본적으로는 로봇 시스템의 규모에 따라 적절한 발의 크기를 선정하는 것이 필요하고, 로봇의 유연한 보행을 위해서는 체중을 옮길 때 나타나는 충격을 적절히 줄일 수 있는 발 메커니즘이 요구된다. 최근에는 그림 2에 나타난 것과 같이, 재활의공학적인 관점에서 다리 절단 수술을 받은 사람들(walking amputees)을 위한 발목-발보철(ankle-foot prosthesis) 메커니즘에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다 [9]. 이러한 메커니즘에서도 충격 완화에 관한 이슈(issue)는 재활자의 안락한 보행을 위하여 매우 중요한 요건이 될 수 있다. 그림에도 불구하고, 이러한 발 메커니즘의 충격 완화에 관한 연구는 여전히 과제로 남아 있다.

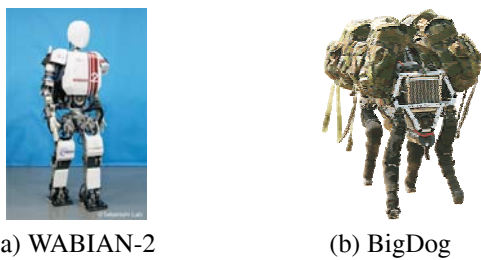


그림 1. 보행 로봇
Fig. 1. Walking robots

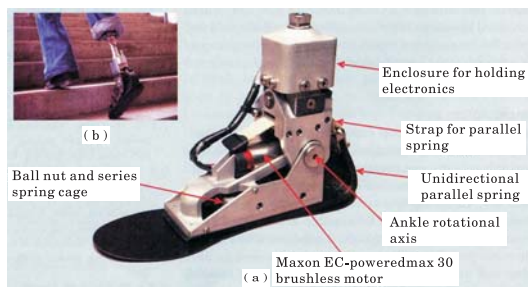


그림 2. 발목-발 보철 메커니즘
Fig. 2. Mechanism for ankle-foot prosthesis

따라서 본 논문에서는 로봇이 보행함에 있어서 발과 접촉면 사이에 야기될 수 있는 충격을 적절히 완화시킬 수 있는 기본적인 로봇 발 모델을 제시하고자 한다. 이를 위하여 인간의 발을 구조적으로 면밀히 관찰한다. 또한 제시된 발 메커니즘의 효용성에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 로봇 발 메커니즘 모델링

2.1 인간의 발 구조

본 논문에서는 이족이나 4족 로봇이 보행하는 과정에서 발을 옮길 때 발과 접촉면 사이에서 야기될 수 있는 충격을 효과적으로 완화할 수 있는 단순한 형태의

로봇 발 메커니즘을 구상하기 위하여 그림 3에 나타난 인간의 발 구조 [10]를 고찰하였다.

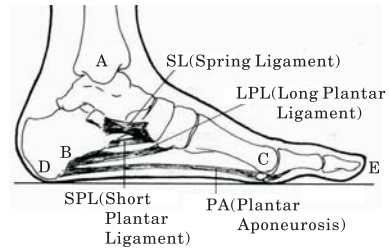


그림 3. 인간의 발 구조

Fig. 3. Structure of human foot

그림 3에서 보는 것과 같이, 인간의 발에서 A 부분은 발목 관절(ankle joint)을 의미하고, B와 C는 각종의 인대 및 발바닥 힘줄(plantar aponeurosis)의 고정부를 나타내며, D와 E부분은 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 종입방관절(calcaneocuboid joint)을 지원하여 궁(arch)의 처짐을 감지하는 역할을 한다. 또한 발바닥 널힘줄(Plantar Aponeurosis, PA)은 트러스의 균형형을 도와주는 이음보(tie-rod) 역할을 한다.

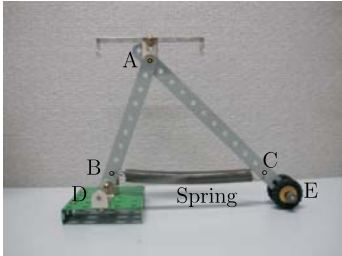
실제로, 인간의 발목(ankle)과 발(foot)의 결합은 구조적인 측면에서 손목과 손의 결합과 유사하지만, 보행 과정에서 체중 이동을 지지해야 하는 스트레스(stress)를 받는다는 관점에서 다르며, 이러한 스트레스로 인한 발목 및 각 관절의 장애를 줄이기 위해서는 체중을 옮길 때 발생하는 충격을 줄이기 위한 메커니즘이 필요하다. 이러한 관점에서 인간의 발은 구조적으로 여러 개의 관절과 다양한 인대 및 힘줄이 복잡하게 결합되어 있는 것으로 분석된다. 따라서 인간의 발에 배치되어 있는 다양한 유형의 인대(ligaments)와 힘줄(aponeurosis)은 부하에 따라 발과 접촉면 사이의 충격을 완화하고, 발의 유연성을 촉진할 수 있다.

결과적으로, 인간의 보행시 발에 작용되는 충격은 이러한 인대와 힘줄 등에 의한 유연성에 의해 어느 정도 보상이 될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 오랫동안 지속되는 보행의 경우, 발바닥에서 전해지는 충격은 발목, 다리 및 몸통의 각 관절로 전파되어 시스템적인 피로를 유발시키는 원인이 될 수 있다. 따라서 인간이나 로봇의 보행에 있어서 발과 접촉면 사이에 야기될 수 있는 충격을 적절히 완화시킬 수 있는 메커니즘에 관한 연구는 중요한 의미를 지닌다.

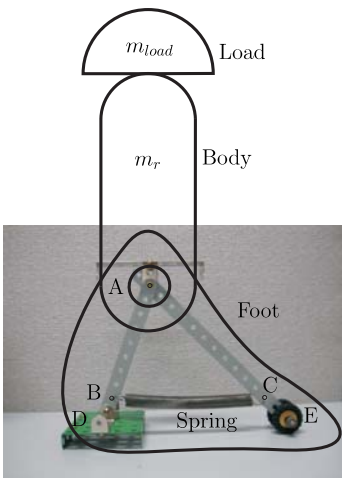
2.2 트러스 구조의 로봇 발 메커니즘

본 장에서는 인간의 발 구조를 근간으로 하여 그림 4(a)와 같은 형태의 트러스(truss) 구조로 단순화시킨 로봇 발 모델을 제시하고자 한다. 그림 4(b)는 제시된 로

봇 발의 응용 관점에서 보행 로봇의 몸체와 추가적인 하중을 로봇 발이 지지하고 있는 경우를 개념적으로 나타낸 것이다.



(a) 강성 요소를 갖는 트러스형 발 모델



(b) 하중을 갖는 몸체 및 발의 연결 개념도

그림 4. 강성 요소를 갖는 트러스형 로봇 발 메커니즘 모델 및 응용

Fig. 4. Model of a truss-type robotic foot mechanism with stiffness and its application

구체적으로, 제시된 로봇 발의 구조는 그림 3에 나타낸 인간의 발 구조에서 A와 B를 연결하는 부분을 하나의 링크(link) AB로 나타내었고, A와 C를 연결하는 부분을 링크 AC로 고려하였으며, 링크 AB와 BC를 연결하는 인대들은 강성을 갖는 하나의 스프링(spring)으로 단순화시켜 모델링 한 것이다. 특히, 그림 3에 나타낸 인간의 발과 그림 4(a)에 제시된 로봇 발 모델을 통하여 괄목할 만한 것은 복잡하게 구성되어 있는 발목-발 관절 메커니즘을 트러스 구조로 단순화 시킨 것과 다양한 형태로 연결되어 있는 인대 메커니즘을 하나의 연결 스프링으로 나타낸 것이다.

결과적으로, 제시된 로봇 발 구조는 발에 가해지는 부하에 따라 받게 되는 충격을 트러스 구조의 변화와 스프링의 강성(stiffness) 효과에 의해 적절히 완화시킬 수 있는 장점이 있다.

2.3 제안된 로봇 발의 특성 분석

그림 4(a)에 제시된 로봇 발의 특성을 비교분석하기 위하여 먼저 어떠한 완충 메커니즘도 갖지 않는 로봇

발의 경우를 고려하고자 한다. 이러한 로봇 발은 본 논문에서 제시한 것과 유사한 형태의 고정형 트러스 메커니즘으로서 그림 5와 같이 나타낼 수 있다.

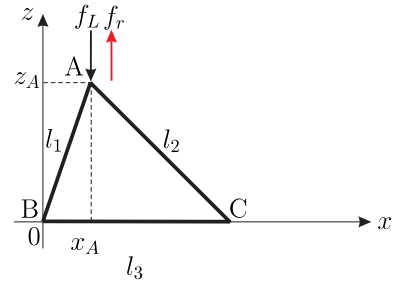
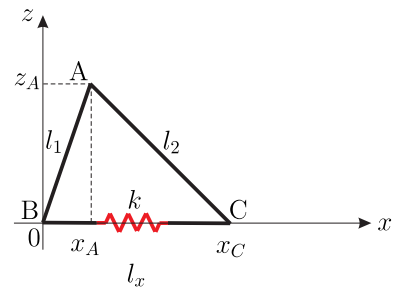
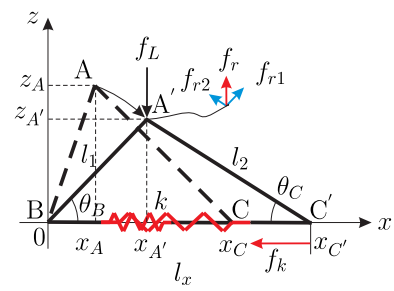


그림 5. 고정된 트러스 메커니즘

Fig. 5. A fixed truss mechanism



(a) free state



(b) forced state

그림 6. 강성 요소를 갖는 트러스 메커니즘

Fig. 6. A truss mechanism with stiffness

그림 5는 보행하는 발의 발바닥이 지면에 접촉하여 유지하고 있는 상태에서 발목을 나타내는 A 부분에 힘 벡터 f_L 이 $-z$ 축 방향으로 가해진 경우를 나타내는데, 이 경우 트러스가 고정되어 있기 때문에 A 부분에는 즉각적으로 z 축 방향으로 반작용력(reaction force)이 발생된다. 이와 같은 반작용력은 궁극적으로 발목과 연결된 다리 및 로봇 몸체의 각 관절로 전파되어 보행 시스템의 피로를 발생시키는 원인이 될 수 있다. 사람의 보행에서도 탄력성이 작은 신발을 이용하는 경우에는 발걸음을 내딛는 순간 마다 지면과의 접촉에 의해 다리나 허리 등의 관절에 강한 충격을 느낄 수 있고, 결과적으로 몸 전체가 빨리 피곤해지게 됨을 경험적으로 알 수 있다.

한편, 그림 4(a)에 제시된 로봇 발을 이용하는 경우에는 연결된 스프링으로 인하여 발디딤 순간에 트러스

구조의 변화가 가능하다. 따라서 이러한 로봇 발 메커니즘은 그림 6과 같이 강성 요소를 갖는 트러스 메커니즘으로 모델링될 수 있다. 즉, 그림 6(a)는 발 메커니즘에 힘이 가해지지 않은 상태(free state)를 나타내고, 그림 6(b)는 발목 관절부를 나타내는 A 부분에 힘이 가해져서 변화된 트러스 구조를 나타낸다.

만일, 발목 관절부 A에 힘이 그림 6(b)와 같이 가해지면, 발의 앞부분을 나타내는 C 점은 x 축 방향으로 직선 운동을 하게 되고, 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 6(b)의 발 메커니즘에 z 축 방향으로 작용하는 합력 벡터 f_z 은 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, 이러한 로봇 발 메커니즘을 사용하게 되면, 보행시 경험할 수 있는 발에 가해지는 충격을 스프링의 강성 효과에 의해 어느 정도 완화시키는 것이 가능하다. 따라서 강성 요소에 따른 메커니즘의 유연성을 확인하는 것은 이러한 구조를 갖는 발 메커니즘의 특성 분석을 위하여 중요한 의미를 갖는다.

3. 로봇 발 특성 시뮬레이션

본 장에서는 시뮬레이션을 통하여 장에서 제시한 로봇 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 복귀하는 상황을 고려한다. 시뮬레이션의 목표는 그림 4, 5, 6에 제시된 로봇 발 메커니즘의 발목부에 가해진 힘 패턴에 대한 반작용력의

동향을 확인하고, 이것이 보행 상황에서 로봇 시스템에 어떤 효과로 작용될 수 있는지를 분석하는데 중점을 두었다. 이를 위하여 설정된 로봇 발의 기구적인 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 로봇 발의 기구적인 파라미터

Table 1. Kinematic parameters of the robotic 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			

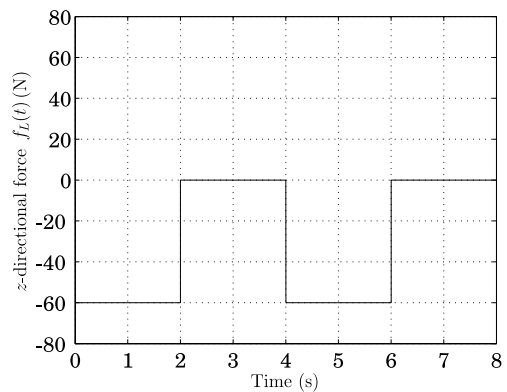


그림 7. 발목의 z 축 방향으로 가해진 힘 패턴

Fig. 7. Force pattern given at the z -direction of the ankle

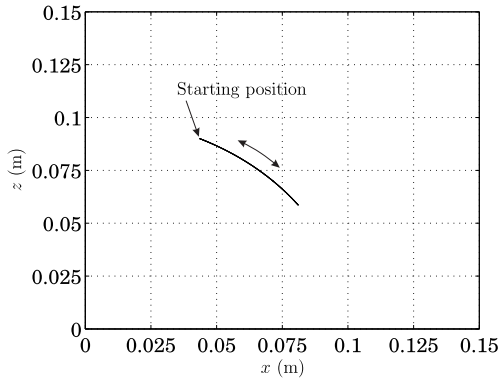
그림 7은 시뮬레이션을 위하여 로봇 발목에 가해진 힘의 패턴을 나타낸다. 즉, 그림 7은 보행 로봇의 한 쪽 발이 2초 간격으로 지지발이 되는 상황을 의미하며, 로봇 몸체 및 추가적인 하중을 고려한 z 축 방향의 힘 -60N이 반복적으로 작용되는 상황을 나타낸다. 그림 8(a)는 발목부 A 점이 xz 평면상에서 이동하는 경로이고, 그림 8(b)는 발목부 A 점의 운동 궤적을 나타내며, 다음과 같이 설정되었다.

$$s(t) = 0.5s_f \{1.0 - \cos(0.5\pi t)\} \quad (8)$$

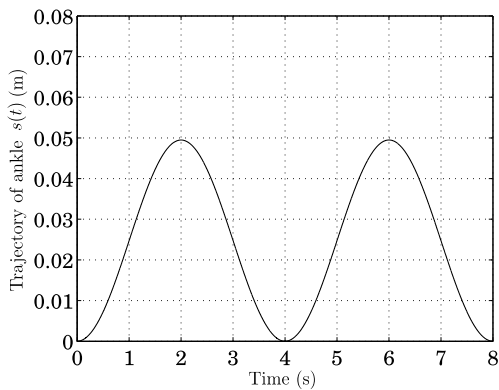
여기서, s_f 는 운동 궤적의 길이를 나타내는데, 사용된 스프링의 강성값에 의존하게 된다. 예를 들어, 강성 파라미터 k 를 600N/m나 450N/m로 설정하면, 기구학적 계산에 의해 s_f 는 각각 0.0495m나 0.0594m로 설정할 수 있다.

그림 9는 그림 7과 같이 주어진 힘 $f_L(t)$ 가 발목에 가해질때 발목의 x 축 방향으로 작용되는 힘 패턴을 나타낸다. 즉, 그림 9에서 처음 2초 동안에는 트러스 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 10은 보행 상황에서 트러스와 스프링에 의해 결정되는 반작용력 패턴을 나타낸다. 특히, 디딤발 구간인 0~2초와 4~6초 구간에서 트러스에 의

한 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) planar trajectory



(b) circular arc trajectory

그림 8. 발목의 이동 경로

Fig. 8. Trajectory of the ankle

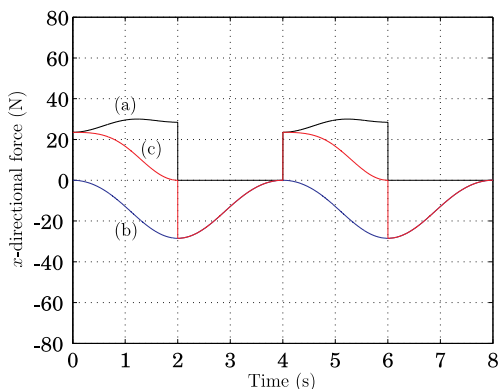


그림 9. 발목의 x축 방향으로의 힘 패턴:

(a) f_L 에 의한 힘, (b) f_k 에 의한 힘, (c)=(a)+(b).

Fig. 9. Force patterns to the x -direction at the ankle: (a) force by f_L , (b) force by f_k , and (c)=(a)+(b).

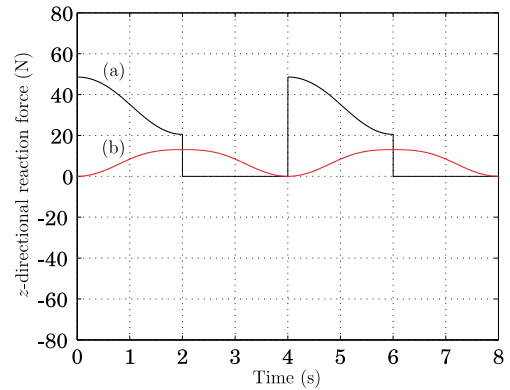


그림 10. 발목의 z축 방향으로의 반작용력 패턴:

(a) 트러스에 의한 반작용력, (b) 스프링에 의한 반작용력.

Fig. 10. Reaction force patterns to the z -direction at the ankle: (a) reaction force by the truss and (b) reaction force by the spring.

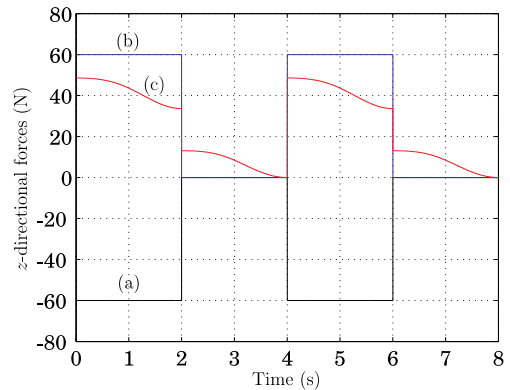


그림 11. 발목의 z축 방향으로의 힘 패턴: (a) 주어진 힘, (b) 고정된 트러스형의 반작용력, (c) 스프링($k=600\text{N/m}$)을 갖는 제안된 트러스형의 반작용력.

Fig. 11. Force patterns at the ankle: (a) given force, (b) reaction force by using the fixed-truss frame, and (c) reaction force by using the proposed truss frame with a spring, $k=600\text{N/m}$.

그림 11(a)는 로봇 발에 가해진 힘 패턴이고, 그림 11(b)와 (c)는 트러스의 유형에 따른 반작용력을 비교하기 위한 것이다. 그림 11(b)는 그림 5와 같은 고정형 트러스 구조의 로봇 발이 사용된 경우, 발목에 작용되는 반작용력을 나타내며, 그림 11(c)는 스프링을 갖는 트러스 구조의 로봇 발에 나타나는 반작용력을 나타낸다. 이러한 반작용력은 실제로 그림 10에 제시된 두 힘의 합력으로 결정된다. 따라서 그림 11(b)와 (c)로부터 제안된 로봇 발을 사용하는 경우, 발디딤 상황에서 발목이 감수해야 하는 충격이 비교적 완화될 수 있음을 알 수 있다. 이러한 결과는 인간의 발걸음 과정에서 경험적으로 확인할 수 있다. 또한 스프링의 강성값을 더 작게 설정하게 되면, 한층 더 부드러운 발디딤이 가능함을 그림 12를 통하여 확인할 수 있다.

결과적으로, 시뮬레이션을 통하여 강성 요소를 갖는 트러스 구조의 로봇 발을 이용하면, 보행시 나타나

는 발목의 충격을 완화시킬 수 있기 때문에 궁극적으로 로봇 시스템의 보행 피로를 완화시키는 효과를 얻을 수 있다. 특히, 비평탄 지형에서의 효과적인 보행 [11]에 도움이 될 수 있을 것이다.

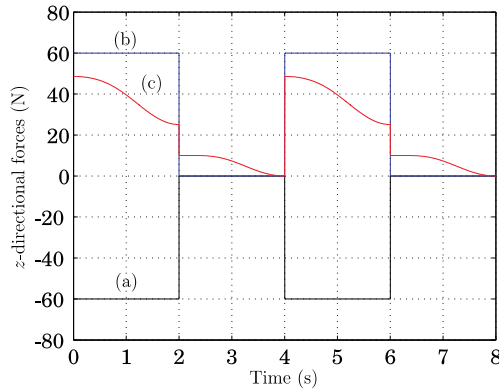


그림 12. 발목의 z축 방향으로의 힘 패턴: (a) 주어진 힘, (b) 고정된 트러스형의 반작용력, (c) 스프링($k=450\text{N/m}$)을 갖는 제안된 트러스형의 반작용력.

Fig. 12. Force patterns at the ankle: (a) given force, (b) reaction force by using the fixed-truss frame, and (c) reaction force by using the proposed truss frame with a spring, $k=450\text{N/m}$.

4. 결론

본 논문에서는 강성 요소를 갖는 트러스 구조의 로봇 발 모델을 제시하였다. 제시된 로봇 발은 구조가 단순하여 구현이 용이하고, 보행 과정에서 로봇 시스템의 부하에 따라 발에 가해지는 충격을 적절히 완화시킬 수 있기 때문에 궁극적으로 로봇 시스템의 보행 피로를 완화시킬 수 있는 장점이 있다. 따라서 인간형 로봇뿐만 아니라 다양한 보행 로봇의 발 메커니즘으로서 활용될 수 있을 것이다. 추가적으로, 로봇 발의 유연성에 관한 지표와 이를 위한 스프링 강성의 효과적인 결정에 관한 연구가 필요하다.

참고 문헌

[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] I. W. Park, J.-Y. Kim, J. Lee, and J.-H. Oh, "Mechanical design of humanoid robot platform KHR-3

(KAIST humanoid robot-3: HUBO)," *Proc. of IEEE-RAS Int. Conf. on Humanoid Robots*, pp. 321-325, 2005.

[4] BostonDynamics, <http://www.bostondynamics.com>

[5] 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.

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

[7] 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.

[8] J.-T. Seo and B.-J. Yi, "Modeling and Analysis of a Biomimetic Foot Mechanism," *Proc. of IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp. 1472-1477, 2009.

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

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

[11] 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.

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.

E-mail : kimbh@ks.ac.kr