보행로봇의 노면인식을 위한 1-leg 시스템 개발

1-Leg System Development for Ground Detection of a Walking Robot

*김완수 [1], 고광진 [1], 유승남 [1], #한창수 [2](cshan@hanyang.ac.kr)
*W. S. Kim[1], G. J. Ko[1] ,S. N. Yu[2], #C. S. Han[2]
[1] 한양대학교 기계공학과, [2] 한양대학교 기계정보경영공학부

Key words : 1-leg robot, Ground detection, Sensor system, Ground reaction force

1. 서론

다족형 보행 로봇은 고유의 특성으로 인해 군사적 측면, 상업적 측면 등 다양한 분야에 적용할 수 있다. 군사적 측면으로서는 보병의 행군 시 무거운 군장의 이송을 통한 전투능력의 향상, 위험지역의 작전 투입 시 보행로봇의 정찰을 통하여 군인의 안전을 보장할 수 있다. 또한 상업적 측면으로는 감시. 정찰용으로 사용될 수 있는데 대규모 산업단지의 정찰, 경계근무를 통해 효율을 높이고 부수비용의 절감을 실현할 수 있다. 하지만 보행로봇을 실제 환경에 적용하기 위해서는 많은 제약이 존재한다. 실제 환경에서는 다양한 지형이 존재하며 예측 불가능한 일이 일어나기도 한다. 따라서 실제 환경에서 다족형 보행 로봇의 동작을 구현함에 있어서는 보행패턴, 자세제어, 노면인식 등 여러 가지의 알고리즘이 필요하다. 특히 보행 시 지면접촉을 통한 다양한 노면 환경에 대한 인식은 보행로봇의 실제 환경에서 구동을 위한 필수 요소이다. 또한 자세 제어 및 안정성, 환경 적응성을 위한 중요한 요소로서 지면접촉 센싱을 통하여 로봇의 안정한 보행을 위한 자세제어에 사용된다. 이러한 노면인식을 위하여 다양한 노면 환경의 인식에 대한 연구가 보행로봇의 연구분야에서 다양하게 시도되고 있다. 보행 로봇의 노면 인식을 위해서는 다양한 종류의 센서가 필요하다. 일반적으로 보행로봇의 발에 쓰이는 센서의 종류는 스위치, 힘 센서, 토크 센서 등이 있다. 이러한 센서를 장착하여 로봇이 지면에 접촉하는 순간에 발생하는 힘, 토크 등을 측정하며 노면에 따른 센서의 측정값을 비교하고, 노면에 대한 패턴을 정형화하여 노면인식 알고리즘을 통해 센서 측정값을 분석하여 지면을 인식하게 된다[1].

외부 환경의 인식에 대한 연구는 보행 로봇뿐 아니라 다양한 분야에서 이루어지고 있다. 특히 산업용 로봇의 경우 자동화를 통하여 다양한 환경에 접촉하는 경우 신속한 환경대응을 위하여 유사한 연구가 이루어지고 있다. 또한 보행로봇의 경우 감시, 정찰 등을 위한 외부환경에서의 안정적인 운용을 위한 필수적인 요소로 인식되어 다양한 연구가 이루어지고 있다[2]. J. Estremera 는 신경망이론을 이용하여 지면 반력 센서를 대체하는 가상관절센서를 사용하여 4 족 보행로봇의 지면반력을 이용한 지면인식 개념을 제안하였다[3]. E. Garcia 는 Stability 를 나타내는 툴을 사용하여 다양한 지형에서 static stability 와 dynamic stability 를 계산하여 지형의 상태에 따른 보행로봇의 자세 안정성에 대하여 연구하였다[4].

본 연구에서는 다양한 환경에서 노면인식을 위하여 힘 센서, 토크 센서, 엔코더 등으로 구성된 센서시스템을 개발하였다. 또한 다족형 로봇의 보행 구현을 위한 1-leg 형 보행로봇을 개발하였다. 다족형 로봇의 경우 다양한 노면의 보행구현을 위하여 별도의 복잡한 자세제어 알고리즘이나 보행패턴 생성 알고리즘을 생성해야 하는 복잡한 절차가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 지면 접촉 각도 및 보행 속도의 변화가 용이한 실험 시스템의 구성을 위하여 1-leg 시스템을 개발하였으며, 이를 이용한 다양한 보행실험을 통하여 보행로봇이 다양한 노면에서 보행 시 생기는 노면 특성을 분석하였다.

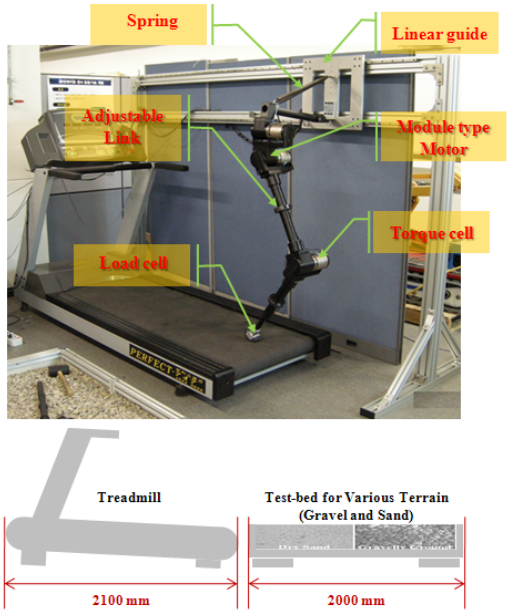

Fig. 1 Development of 1-leg system for walking experiment

2. 노면 인식을 위한 1-leg 시스템 개발

본 연구에서는 다양한 지형에 따른 보행로봇의 특성을 실험하기 위하여 Fig.1 과 같이 1-leg 시스템을 개발하였다. 본 시스템은 다족형 보행 로봇 중 한 개의 다리만을 모사한 것으로서 다양한 보행 패턴알고리즘과 보행에 영향을 주는 속도, 지면 접촉 각도 등의 변화를 용이하도록 구성하였으며 또한 각 링크는 길이의 조절을 통해서 다양한 보행을 실험할 수 있도록 설계되었다. 또한 다족형 보행 로봇보다 정적, 동적인 안정성을 보장하기 때문에 이러한 다양한 장점으로 인해 본 연구에서는 1-leg 시스템을 개발하였다[5].

본 연구를 위해 개발된 시스템의 자세한 사양은 Table 1 과 같으며 능동형 관절 3-D.O.F.와 수동형 관절 2-D.O.F 로 총 5-D.O.F.로 구성되어있으며, 이 중 1-D.O.F.는 수동형 관절구조로 이루어져 있으며 이는 지면에 접촉 순간 로봇의 몸체 자세를 표현하기 위하여 구성하였다. 또한 나머지 수동형 관절은 발목부분에 부착되어 보행 시 지면 접촉에 의한 충격 흡수를 위한 구조로 되어있다. 각 구동부는 모듈 형태로 제작되어 교체가 용의하며 링크는 길이 가변이 가능한 구조로 되어있다. 또한 각 구동부의 하위제어기와 상위제어기는 CAN 통신을 이용하여 연결되어 있다.

로봇의 본체는 Linear guide 가 부착된 스테이지와 연결되어 로봇이 직선 보행을 가능하게 한다. Linear guide 와 로봇의 본체는 스프링으로 연결되어 지면에서 도약 시 로봇의 무게를 보상해 주는 역할을 한다.

지면 정보의 획득을 위한 센서 시스템은 지면 반력 측정을 위한 1 축 힘센서와 각 관절의 토크를 측정할 수 있는 토크 센서, 그리고 하위 제어기에 연결된 Hole sensor 로 구성되어 있다.

Table 1 System specifications.

Issue	Unit	Quantity
L0 L1 L2	m	0.2 0.57 0.6
Weight	kg	21
Gait period (1 cycle)	Sec	24
Stride	m	0.2
Equipped Sensors	Motor sensor : 3 Torque sensor : 3 Load cell : 1	
Material	Aluminum	
D.O.F	3+2(Passive joint)	

3. 1-leg 시스템을 이용한 환경 보행 실험

Fig. 2 는 노면 판단을 위해 개발한 시스템이 다양한 환경에서 보행하는 모습을 나타낸 것이다. 보행 환경은 평지, 자갈, 모래로 구성하여 일반적인 평지에서의 보행과 자갈과 같이 일정하지 않고 불규칙적이며 단단한 지형, 그리고 마지막으로 단단하지 않으며 가는 입자로 구성된 지형과 같은 다양한 환경에서 보행실험을 진행하였다.

보행 패턴은 어깨 관절을 기준으로 하여 지면까지의 거리를 고려하였으며, 다리 끝 부분의 경로는 타원형을 그리는 일반적인 보행 패턴을 사용하였다. 진행 거리는 한 걸음당 약 0.2m 이며 패턴의 주기는 24sec 로 실험하였다. 노면의 구분을 위한 실험을 목적으로 하였으므로 모든 환경에서 동일한 조건의 보행패턴을 사용하였다. 다음 장 에서는 보행 시 발생되는 다양한 환경정보들을 센서시스템을 통해 나타낼 것이며, 특히 지면에 직접 접촉되어 측정되는 정보인 힘 센서를 이용한 지면 반력 데이터를 이용하여 노면의 인지의 가능성을 판단할 것이다.

4. 결론

Fig. 3-5 는 앞장에서 언급하였던 센서시스템을 통해서 받아들인 데이터 중 지면 반력을 측정한 그래프를 나타낸 것이다. 세 가지 지형 운용 시 나타나는 데이터를 분석한 결과, 일반적인 평지보행에서는 지면 반력의 값이 일정하게 나타남을 확인 할 수 있었다. 하지만 비평탄 지형에서는 평지와는 다른 양상의 데이터가 나옴을 확인 할 수 있었다. 자갈의 경우 노면의 상태에 따라서 지면 반력 값이 매우 변동이 심하였으며 또한 일정한 패턴이 나타나지 않았음을 확인 할 수 있었다. 반면 모래의 경우 노면이 단단하지 않기 때문에 지면 반력은 매우 낮게 나타났으며 지면 접촉시간 또한 다른 지형에 비해 길게 측정되었다. 또한 그래프에서 볼 수 있듯이 지면 반력 값이 변하는 부분이 발생하였는데 모래의 고운 입자의 특성 때문에 높이가 일정하지 않은 점, 그리고 로봇의 발이 모래 속으로 들어가는 깊이에 따라서 달라진다는 것을 실험을 통해서 알 수 있었다. 이를 통해서 보행 로봇의 센서시스템 구성을 이용하여 노면에 대한 간단한 경향을 확인 해 볼 수 있었으며,

Fig. 2 Walking experiments of various terrains

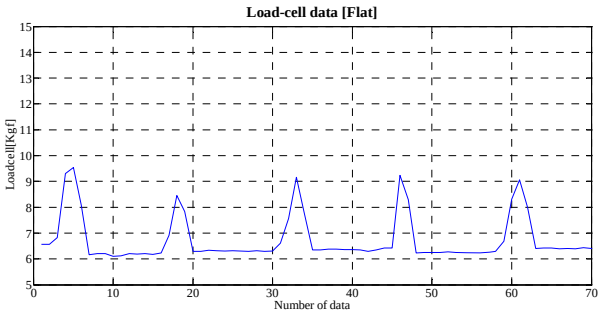

Fig. 3 Ground reaction force in flat

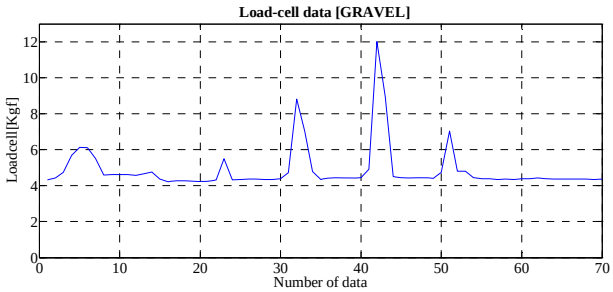

Fig. 4 Ground reaction force in gravel

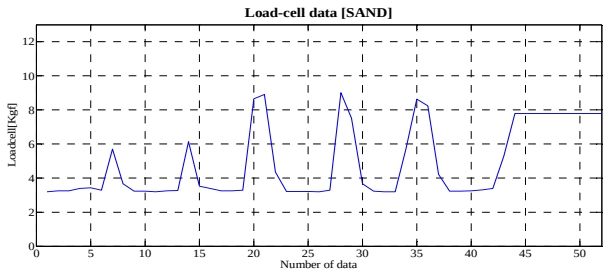

Fig. 5 Ground reaction force in sand

향후 개발한 센서 시스템을 이용하여 좀 더 다양한 지형에서의 실험을 통하여 노면 인식에 대한 알고리즘의 생성과 노면을 판단 및 정의 할 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 (한양대학교 AMRC연구센터를 통한) 지식경제부/한국산업기술진흥원 융복합형 로봇전문인력양성사업 및 HYU연구특성화사업으로 지원받아 연구되었음(HYU-2009-T).

참고문헌

1. Juergen Rummel, Fumiya Iida and Andre Seyfarth, “One legged Locomotion with a Compliant Passive Joint”, Intelligent Autonomous Systems, IOS Press, pp.566-573, 2006.
2. Nan-Feng XIAO and Isao TODO, “Neural Network-Based Learning Impedance Control for a Robot”, JSME International Journal, Series C, Vol.44, No.3, pp.626-634, 2001.
3. J. Estremera and P. Gonzalez de Santos, “Neural Virtual Sensor for Terrain Adaptation of Walking Machines”, Journal of Robotic Systems, Vol.22, No.6, pp.299-311, 2005.
4. Elena Garcia, Joaquin Estremera and Pablo Gonzalez-de-Santos, “A Classification of Stability Margins for Walking Robots”, 5th Int. Conf. Climbing and Walking Robots, pp.1045-1055, 2002.
5. 유승남, 고광진, 김완수, 한창수, “Monopod 형 플랫폼을 이용한 보행로봇 다리모듈의 동적 거동 분석”, 한국정밀공학회 2009 년 춘계, pp. 589-590, 2009.
6. W. S. Kim, S. N. Yu and C.S. Han, “Leg Swing Trajectory Generation of Quadruped Robot Considering Required Torque Reduction and Leg Function Distribution”, 39th Int. Conf. ISR, pp.329-333, 2008.