

족저 압력 데이터 처리를 이용한 가상현실 트레드밀 연구

차무현*, 박찬석*, 정진규**
 *한국기계연구원 기계시스템안전연구본부
 **대경
 e-mail : mhcha@kimm.re.kr

A Study on Treadmill Interface Technology using Processing of Plantar Pressure Data

Moo-Hyun Cha*, Chan-Seok Park*, Jin-Gyu Jeong**
 *Mechanical Systems Safety Research Division, Korea Institute of Machinery and Materials
 **Dae Kyung, Co. Ltd.

요 약

트레드밀 인터페이스는 사용자의 보행 모션을 인식하여 가상세계를 네비게이션 할 수 있는 보행 플랫폼이다. 특히 작은 보행 영역을 가지는 트레드밀의 경우, 보행자 속도 예측 방법에 의해 더욱 효과적인 지면 모션의 생성이 가능하다. 본 연구에서는 착용형 압력 센서로 부터 측정되는 족부 압력 데이터를 기반으로 하는 보행속도 예측 방법과 트레드밀 제어 방법을 제시하고자 한다. 속도 예측은 지면 반발력 데이터 중 압력중심의 변화 속도를 통해 도출되며, 예측된 속도를 트레드밀 속도 제어에 안정적으로 적용하기 위한 피드포워드 제어 방법을 제시한다. 또한 족부 압력 데이터 측정이 가능한 자율 제어 트레드밀 시스템 구현과 보행 실험 과정을 소개한다.

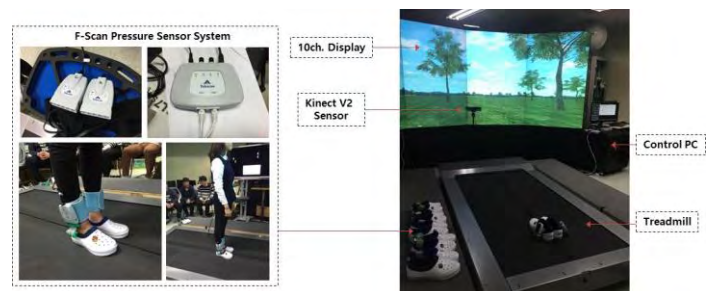
1. 서론

가상현실 트레드밀 기술은 사용자가 걸음 동작을 위해 다리와 발 등의 신체를 움직이지만 보행 접촉면이 반대의 방향으로 움직이면서, 보행으로 인한 지면의 이동을 상쇄시켜 신체의 중심이 항상 일정한 장소에 위치되게 하는 기술로서, 액츄에이터에 의해 구동되는 능동형(Active) 이동 인터페이스와, 사용자의 신발과 지면의 미끄러짐을 이용하는 수동형(Passive) 이동 인터페이스로 나뉠 수 있다[1].

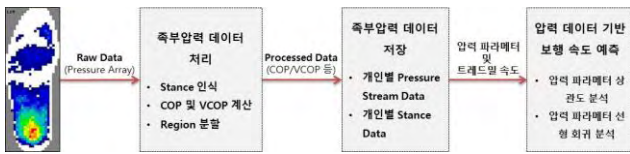
최근 소형화 되고 있는 능동형 이동 인터페이스의 기술적인 발전을 위해서는, 기존 방식보다 효과적이고 우수한 보행인식 및 트레드밀 제어 방법이 요구된다. 즉, 가상현실 보행 네비게이션 장치의 보급화와 관련 연구의 발전을 위해서는 보행 의도를 잘 반영할 수 있는 인식방법의 개선, 사용자 중심의 편의성(사용성), 장치의 경제성 등을 동시에 고려하여 우수한 성능을 발휘할 수 있는 인식과 제어 기술에 관한 연구가 필요하다. 특히, 보행과정 중 외부환경과 상호작용하는 유일한 신체부위인 족부 데이터를 이용하여 트레드밀 제어하는 연구분야는 다소 미흡한 상황으로 판단되며, 본 연구에서는 보행인식과 트레드밀 제어 방법과 관련하여 기존의 족부 데이터를 활용하는 방식에 비해 새로운 방법을 제안하고 그 유효성을 검증할 수 있는 연구를 진행하고자 한다.

2. 족저 압력데이터 처리기반 보행속도 예측

F-Scan 족부압력 측정 시스템 (Tekscan, USA)은 신발 속에 장착되는 필름형태의 깔창 센서를 통해 셀별로 분할된 압력을 측정할 수 있다[2]. F-Scan 시스템에서 사용하는 깔창 센서(Tekscan 3000E)는 3.9 sensels/cm²의 공간 해상도를 가지며, 허리에 착용하는 데이터 수집 허브와 연결된다. 데이터 수집 허브는 USB 인터페이스를 통해 최고 750Hz의 갱신률로 PC에서 데이터 획득을 수행하게 된다. 센서는 실험자의 신발사이즈에 맞도록 230~270mm 사이즈별로 재단되어 실내운동화 깔창에 장착되었다. Participants는 센서와 데이터 허브를 각각 양발과 허리부분에 장착하게 되며, 트레드밀 상 보행동작의 간섭을 최소화하기 위해 보행자 허리 바로 뒤편에 설치된 케이블 마운트를 통해 배선되었다.



(그림 1) 족저 압력데이터 취득 실험환경 구성



(그림 2) 족저 압력데이터의 처리 과정

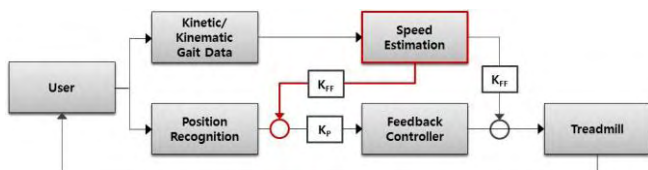
F-Scan 시스템은 센서의 각 셀에 입력되는 압력 값을 디지털 신호로 전환하여 PC에 전송하게 되며, 기본적인 데이터 처리와 모니터링을 위한 소프트웨어 뿐만 아니라 실시간으로 센서 데이터 접근이 가능한 SDK를 함께 제공한다. 본 실험에서는 Stance 인식 등의 연구목적에 특화된 실시간 데이터 처리와 모니터링을 위해 50Hz의 데이터 갱신을 가지는 전용 프로그램을 제작하였다.

실험자의 보행동작은 단방향 속도제어가 가능하도록 제작된 트레드밀을 이용하였다. 폭 0.5m, 길이 2m의 영역을 벨트가 2개로 구성되며, 각각 2.2kW급의 AC 서보모터를 통해 여유로운 속도제어가 가능하다. PC에서는 RS232 시리얼 통신으로 속도지령을 전달하며, 최고속도는 10km/h로 설계되었다. 실험을 통해 모든 구간의 데이터에 대해서 보행 진행 방향에 대한 COP 속도인 VCOPI가 보행 속도를 가장 정확하게 예측하는 정보임을 확인할 수 있었으며, 최종적으로 전체 실험 데이터를 기반으로 도출된 VCOPI를 설명 변수로 한 보행속도 예측 식은 $\text{보행속도(m/s)} = -0.24276 + \text{VCOPI(m/s)} * 6.26326$ 이다.

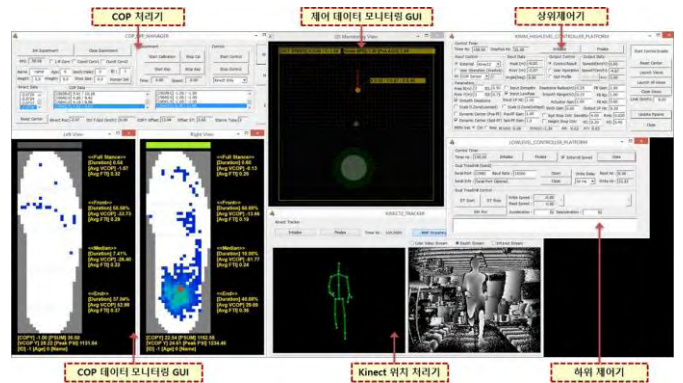
3. 트레드밀 제어 실험

좁은 보행면적을 가지는 이동장치의 경우 급격한 가속도에 의한 안전성 확보를 위해 사용자의 위치 조정에 어려움이 발생 할 수 있다. 시스템 반응성을 개선하고 사용자에게 의도하지 않는 외력감 제공을 최소화 하기 위해서는 보행 의도(속도)를 신속히 취득하여 이를 보행 시스템에 직접 반영하는 피드포워드 제어 기법이 요구된다[3,4,5].

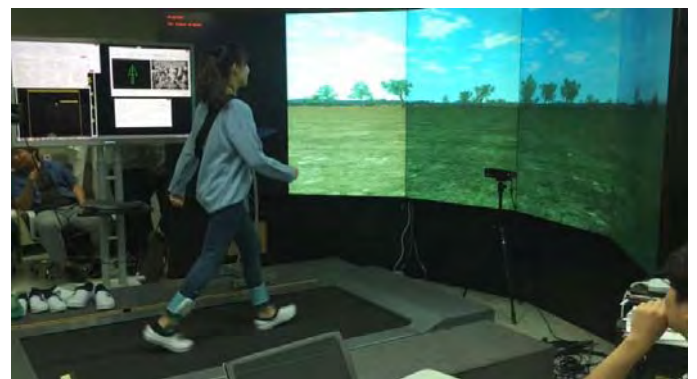
본 연구에서 제안한 속도 예측 및 제어 방법에 관한 실험 결과는 기존 단순 피드백 제어에 비해 보행 면적을 적게 차지하면서 원하는 보행 속도를 증가시킬 수 있음을 보여 주었다. 결과적으로, 단순 위치 피드백 제어는 보행속도를 상승하기에는 한계가 존재하며, 족부 압력을 이용한 피드포워드 제어를 결합할 경우 위치변화를 최소화 한 채, 원하는 속도 상승이 가능하였음을 알 수 있다.



(그림 3) 속도예측데이터를 이용한 제어기의 설계



(그림 4) 개발된 트레드밀 제어기 GUI



(그림 5) 가상현실 트레드밀 제어 실험장면

감사의 글

이 논문은 2016년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회 민간융합기술연구사업(No. CMP-16-03-KISTI) 및 민군기술협력사업(14-CM-MC-15, 최고가속도 3m/s²급 2차원 트레드밀 타입 이동 인터페이스 개발) 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- (1) Moohyun Cha, et. al. "A Walking Movement System for Virtual Reality Navigation." Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers. 18.4(2013): 290-298.
- (2) Chevalier, et.al., "Plantar pressure measurements using an in-shoe system and a pressure platform: A comparison." Gait & posture 31.3 (2010): 397-399.
- (3) Noma, Haruo. "Design for locomotion interface in large scale virtual environment AT-LAS: ATR locomotion interface for active self motion." Proc. AMSE Dyn. Syst. Control Division 64 (1998): 111-118.
- (4) Souman, Jan L., et al. "Making virtual walking real: Perceptual evaluation of a new treadmill control algorithm." ACM Transactions on Applied Perception (TAP) 7.2 (2010): 11.
- (5) Feasel, Jeff, et al. "The integrated virtual environment rehabilitation treadmill system." IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering 19.3 (2011): 290-297.