

통계 분석 모델 기반 보행 분석

한지훈¹, 김민정¹, 신우철¹, 전원호¹, 홍윤식¹¹인천대학교 컴퓨터공학부wlgnsdl12334@gmail.com, poly9010@gmail.com, woochur4@gmail.com,junwh_iot@naver.com, yshong@inu.ac.kr

Statistical analysis model-based gait analysis

Han Ji Hun¹, Kim Min Jeong¹, Shin Woo Chul¹, Jun Won Ho¹, Hong Youn Sik¹¹Dept. of Computer Science & Engineering Incheon National University

요약

보행은 사람의 일상생활에서 가장 많이 하는 활동이다. 몸에 이상이 있을 때, 가장 먼저 불편함을 느끼는 것도 보행이다. 보행은 사람의 건강 상태를 파악하기 위해 수집하는 기본 데이터로 활용되고 있다. 본 논문에서는 가속 센서, 자이로스코프, 지자기 센서 등 3중 센서에서 획득한 원시 데이터로부터 보행 패턴을 추출하는 방안을 제안하고자 한다. 기본 실험은 웨어러블 센서를 몸에 부착한 채 실험을 수행한다. 걸음걸이 간격, 분당 걸음 수 등 보행 정보를 추출하기 위해 원시 데이터에서 통계학적 분포 모델을 제시할 것이다. 또한, 주가 분석에 적용되는 기법을 활용해 peak 값 등 주요 특징을 도출해 내고자 한다. 본 연구는 평지 보행을 대상으로 하지만, 동일한 피실험자를 대상으로 트레드밀에서 보행 분석과 비교를 진행할 예정이다. 또, 보행 패턴 정확도를 검증하기 위해 주행 방향에 초음파센서를 설치해 상대거리 측정 결과를 토대로 분석한 결과와 본 연구에서 제안한 보행 패턴 분석 결과를 비교해 볼 것이다.

I. 서론

대한정형외과학회에 따르면 최근 5년간 초고령화 사회를 맞아 전 연령대에서 급격하게 퇴행성 질환 등 정형외과 환자가 늘어나는 추세이다. 이러한 질환에 대한 진단, 예방 또는 재활을 위해 병원에 주기적으로 방문하여 자신의 건강을 확인 또는 치료하는 것은 직장인, 학생 등에게는 쉬운 일이 아니다.

현재까지 진행된 보통의 보행 분석은 여러 개의 적외선 카메라와 마커(Marker)를 사용하여 정해진 실내공간에서 마커의 움직임을 분석하는 방법, 족저압 측정기, 트레드밀을 통한 보행 분석 등 다양한 방식으로 진행되고 있다. 적외선 카메라를 통한 보행 분석의 경우에 가격이 비싸고, 공간의 제약이 존재한다는 점에서 노인이나 보행이 어려운 운동 기능 환자의 경우 활용성이 떨어진다. [2]

족저압 측정 방법은 일반적으로 힘 판, 압력판, 신발 내에 센서를 삽입하는 삽입형 측정이 존재한다. 이 중 삽입형 족저압 측정은 측정 대상에 따라 모듈을 새로 제작해야하기 때문에 비용이 비싸다는 단점이 있다. [3]

이러한 단점을 보완하기 위해 본 논문에서는 최근 보행분석에 많이 사용되어지는 관성센서를 활용하여 보행 분석을 진행하였으며, 관성센서의 경우 크기가 작아 신체의 부착에 용이하고, 비용이 적게 들어 다른 실험들에 비해 활용되어지기 쉬우며, 실험 환경의 제약 또한 발생하지 않는 장점이 존재하게 된다.

II. 본론

2.1 연구 방법

해당 연구에서 사용하는 관성 측정 센서는 3축 가속계, 3축 자이로스코프, 3축 지자기 센서가 결합한 9축 센서 MPU-9250 모델을 사용하였다.

센서를 세워서 실험하였기 때문에 센서를 바닥에 두었을 때와 x,y,z 값에 차이가 있다. 따라서 x축은 위로 올라가는 방향을 의미하며, y축은 옆으로 움직이는 방향, z축은 앞으로 전진하는 방향임을 고려한다.

실험의 대상자는 172cm의 20대 남성이며 신체적인 장애가 없는 자로 지정하였다. 평상복을 입고 평소 신는 신발을 신은 상태로 진행되었다.

해당 센서를 피실험자의 무릎 관절에 부착 후 평평한 지반에서 15초 동안의 총 9번의 보행을 실시하였다. 보행에 고의성이 보이면 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 여러 번의 실험 보행 후 진행하였다.

2.2. 연구 내용

실험을 통해 센서에서 추출된 값은 이와 같다. ax, ay, az는 가속도계에서 측정된 가속도값을 나타낸다. gx, gy, gz는 자이로스코프에서 측정된 각속도 값을 나타내며 mx, my, mz는 지자기 센서에 미치는 자기장의 방향을 측정할 값을 나타낸다.

가속도계	자이로스코프	지자기계
ax	gx	mx
ay	gy	my
az	gz	mz

표1. 각 센서의 축들에 대한 설명

추출된 9개의 값으로 관절의 움직임을 측정하기 위해 센서의 회전반경인 Roll, Pitch, Yaw값을 공식을 통해 도출하였다. Roll(Φ), Pitch(Θ)를 계산하는 방식은 다음과 같다.

$$\phi = \text{atan}\left(\frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}}\right)$$

$$\theta = \text{atan}\left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}}\right)$$

Z축 방향의 회전반경인 Yaw값은 중력이 작용하는 Z축과 방향이 일치하기 때문에 가속도 센서로 구할 수 없다. 각속도 센서와 지자기 센서를 이용한 Yaw(ψ)를 계산하는 방식은 다음과 같다.

$$X_H = m_x \cos \theta + m_y \sin \phi \sin \theta + m_z \cos \phi \sin \theta$$

$$Y_H = m_y \cos \phi - m_z \sin \phi$$

$$\psi = \tan^{-1}\left(\frac{Y_H}{X_H}\right) + D$$

그림 1의 경우 9번의 보행 주기를 시각화했으며, 15초 동안 수집한 보행의 데이터이다. 각 보행의 주기마다 특정 축의 데이터의 변화가 심한 것이 관측되어 보행 분석에 사용될 수 있음이 확인된다.

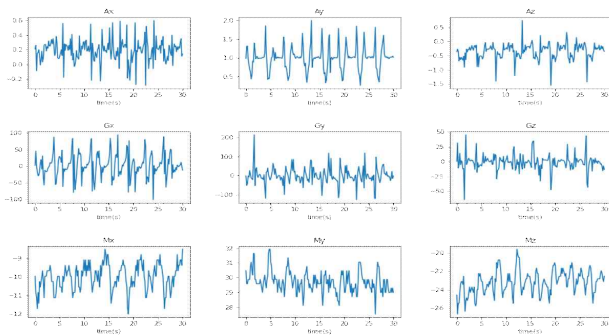


그림 1. 보행 주기 시각화(15초 동안 수집, 9번의 Gait Cycle)

그림 2는 각 센서의 값을 Roll, Pitch, Yaw 값을 그림 1과 같이 그래프로 시각화하여 나타낸 자료이다. Roll, Pitch, Yaw값 모두 일정한 주기를 띄는 그래프로 나타난다. 센서의 방향을 바꾸어 측정된 것을 기준으로 Roll 값은 상하 방향의 회전 반경이며 Pitch 값은 좌우 방향의 회전 반경이다. Yaw값은 진행(전진) 방향의 회전 반경을 의미한다.

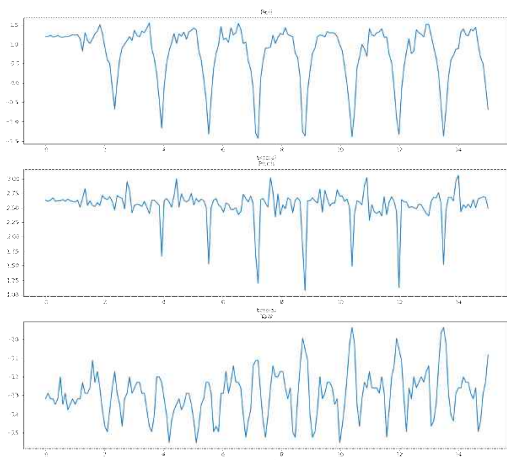


그림 2. Roll, Pitch, Yaw의 Data 시각화

추가적으로 보행 분석에서 활용 가능성을 알아보기 위하여 추가 피실험자 2명의 데이터를 같은 방식으로 수집하여, 시각화를 진행하였다. 각각의 피실험자의 신장차로 인하여 실험 데이터의 값의 차이는 존재하지만, Event 발생 시점에 따른 변화 시기는 일정한 모습이 확인 가능하다.

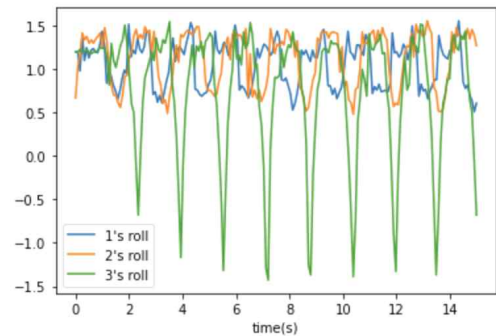


그림 3. 피실험자 3명의 Data 시각화(Roll 의 그림)

III. 결론

본 논문에서는 보행 분석을 위한 모듈을 설계하고 실험을 통해 성능을 확인하였다. 기본 실험은 관성 센서를 이용해 만든 모듈을 무릎과 같은 다리 관절에 부착하여 평지 보행을 실시하였다. 모듈의 관성 센서에서 획득한 가속도, 자이로스코프, 지자기 센서의 x,y,z 축 값을 토대로 관절의 움직임을 확인할 수 있는 Roll, Pitch, Yaw의 값을 공식을 통해 도출하였다. 이 값들을 통해 그래프를 시각화하여 보행 패턴(보행 주기 등)과의 관련이 있음을 확인하였다. 향후 비정형 데이터 분석인 Peak 분석 등으로 보행의 주기를 찾는 등 보행의 주요한 변수들을 찾아냄으로써 다양한 보행 패턴의 판단을 제시할 예정이다. 또한 Roll, Pitch, Yaw 보상을 위한 알고리즘 설계로 정밀하고 다양한 조건에서의 보행을 분석하기 위해 연구할 예정이다. 보행의 정밀도는 트레드밀에서의 보행과 본 연구인 평지 보행, 또는 적외선 센서를 이용한 상대 거리 측정 등을 통해 보행의 변수에 대한 정밀도를 확인할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2021R1F1A10466221212182103820102)

참 고 문 헌

- [1] 김민경, "웨어러블 AHRS를 이용한 보행 분석 시스템 구현." 국내석사학위논문 忠南大學校 大學院, 2016. 대전
- [2] 노정석, 김택훈, "Parotect System을 이용한 족저압 측정의 신뢰도", 한국전문 물리치료학회지, 제8권, 제3호, 2001