

## 관성센서를 이용한 보행패턴 측정 Measurement of Gait Pattern using Inertial Sensors

\*강동원<sup>1</sup>, #탁계래<sup>1</sup>, 최진승<sup>1</sup>, 방윤환<sup>1</sup>, 강민성<sup>1</sup>

\*D. W. Kang<sup>1</sup>, #G. R. Tack(grtack@kku.ac.kr)<sup>1</sup>, J. S. Choi<sup>1</sup>, Y. H. Bang<sup>1</sup>, M. S. Kang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 의료생명대학 의공학부, 의공학 실용기술연구소

Key words : Gait Pattern, Inertial Sensor, 3-D motion analysis system

### 1. 서론

임상적 보행분석은 보행패턴 측정을 통해 보행의 공간적, 시간적 변인들로 평가되어 진다. 보행패턴은 크게 입각기(Stance phase)와 유각기(Swing phase)로 분류할 수 있으며 이것은 보행의 시간적, 공간적 변인의 추출을 가능하게 한다. 보행 실험은 주로 실내와 실외에서 수행되며 실내의 경우 3차원 동작분석기와 지면반력기를 사용하여 운동학, 운동역학적인 분석 및 근전도 분석을 통해 정확한 보행패턴을 측정하고 있다. 이러한 장비는 실내에서의 공간적 제약으로 인해 장시간의 보행패턴을 살펴보기 어렵지만 트레드밀 사용을 통해 장시간의 보행패턴을 분석하는데 많이 사용되어지고 있다. 그러나 많은 연구에서 트레드밀과 지상에서의 보행패턴이 차이가 있다는 것을 나타내었으며 젊은 사람보다는 고령자 일수록 보행패턴의 변화가 더욱 크게 나타났다[1]. 또한 트레드밀에서의 에어지 소비량이 지상보행보다 약23% 정도 높게 소비됨을 나타내었다[2]. 이것은 트레드밀에서의 보행이 지상보행과 다른 패턴의 변화를 가져오며 자연스런 보행을 하기 어렵다는 것을 나타낸다.

이에 본 연구에서는 공간적 제약 없이 실외에서 사용가능하며 장시간 보행패턴을 측정하기 위해 관성센서를 사용하였다. 가속도계와 각속도계는 움직임에 대한 측정이 가능하며 소형화할 수 있는 장점이 있어 인체의 움직임을 측정하는데 많이 사용되고 있으며, 이러한 장점은 장시간 자연스러운 보행패턴을 측정하는데 있어서 유용하다.

### 2. 본론

#### 2.1 실험장비

본 연구에서는 자체 개발한 3축가속도계, 자이로센서로 구성된 센서모듈을 사용하고 3차원 동작

분석기를 동기화하여 측정함으로써 보행이벤트의 시점 및 거리를 비교하였다. 센서모듈의 크기는  $6 \times 5 \times 2 \text{cm}^3$ 이며 가속도센서는  $\pm 6g$ 의 민감도를 가지는 Freescale사의 MMA 7260를 사용하였으며 각속도계는 Murata사의 ENC-03을 사용하였다. 센서모듈의 출력신호는 61HZ의 샘플링으로 저장되며 센서모듈을 오른쪽 발뒤꿈치에 부착하고 그 위에 반사마커를 부착함으로써 직접적인 비교를 수행하였다. 3차원 동작분석기는 적외선카메라 6대와 지면반력기 2대를 사용하여 보행이벤트 시점 및 보행거리를 측정하였다. 피험자는 센서모듈과 마커 2개(heel, toe)를 부착하고 총 5회에 걸쳐 측정을 실시하였다. 그림 1은 센서모듈과 마커의 부착위치를 나타낸다.

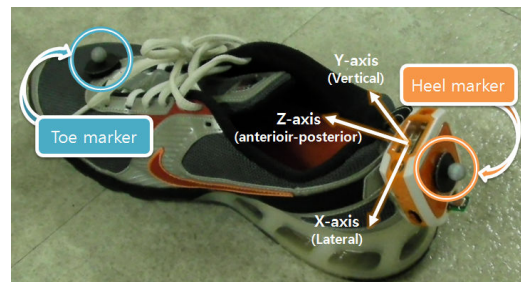


Fig 1. Foot-mounted sensor module and reflective markers

#### 2.2 데이터 처리

측정된 관성센서의 데이터는 시간보정, 데이터 보정 과정을 거쳐 이상점(outlier) 및 패킷손실(packet loss)에 의한 데이터를 생성하고 센서에 정해진 배율(scalefactor)를 곱해줌으로써 가속도( $\text{meter/sec}^2$ ), 각속도( $\text{degree/sec}$ )로 계산되어진다. 이러한 과정은 모두 MATLAB 6.5(Mathwrok Inc., USA)프로그램을 사용하여 계산되었다.

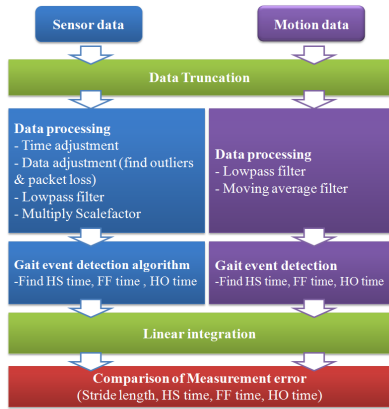


Fig 2. Flow chart of data processing procedure

2.3 분석방법

측정된 동작분석데이터를 이용하여 Heel Strike time(HS time), Heel Off time(HO time), Foot Flat time(FF time)을 측정하고 이것을 이용하여 센서모듈의 Z축에서의 가속도센서 신호의 특징 점을 추출하여 알고리즘화 하였다. 추출된 HO time과 FF time을 이용하여 적분구간을 선정하고 이것을 통해 속도 및 거리를 계산하였다. 적분방법은 선형적분법을 사용하여 수직 및 전후방향의 각도와 가속도 값을 이용하였으며 Morris(1999)의 방법을 인용하였다. 계산된 속도와 거리는 모션데이터를 통해 정확도를 비교하였다. 그림 3은 HO time과 FF time을 이용한 적분구간의 설정을 나타낸다.

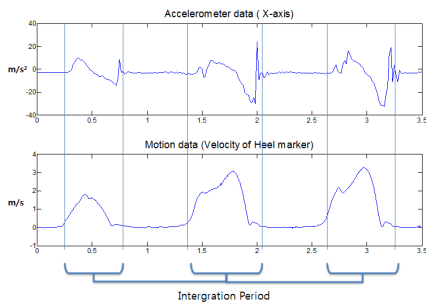


Fig 3. Selection of integration period

3. 결과

그림 4는 센서모듈을 사용하여 계산된 속도, 거리 및 보행이벤트 검출에 대한 결과와 동작분석데이터와의 비교를 나타낸다. 검출된 HO time과 FF time의 구간에서 속도 및 거리가 증가함을 알 수 있다. 표 1은 센서모듈과 모션 데이터와의 오차에 대한 결과를 나타낸다.

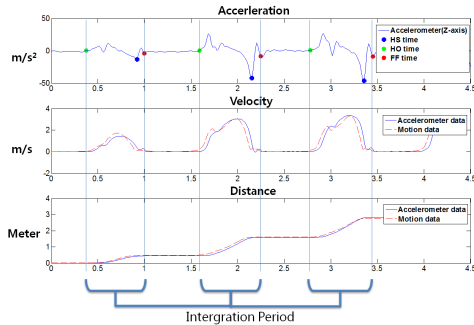


Fig 4. Comparison of accelerometer data and motion data

Table 1. Error between sensor data and motion data

	HO time (msec)	HS time (msec)	FF time (msec)	Stride Length (centimeter)
Error (n=15)	3.07(±44.7)	1.0(±1.42)	1.0(±13.7)	3.47(±12.3)

4. 결론

본 연구에서는 실외에서 사용이 가능한 관성센서모듈 측정시스템을 이용하여 개발된 알고리즘을 통해 보행패턴을 측정하였으며, 측정된 보행패턴은 모션데이터와 비교하여 적은 오차를 나타낼 수 있었다. 그러나 측정결과는 3차원 동작분석기와의 비교를 위해 3~4미터의 짧은 보행구간의 정확도를 테스트한 것으로 보다 변수가 많은 장거리 실험의 비교가 필요하겠다. 또한 양발의 보행패턴분석을 위해 센서모듈을 추가함으로써 보다 많은 보행변인을 측정이 가능하리라 사료된다.

후기

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0084784)

참고문헌

1. Watt J. R., Franz J. R., Jackson K., Dicharry J., Riley P. O. and Kerrigan D. C., "A three-dimensional kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy elderly subjects," *Clinical Biomechanics*, **25**, 444-449, 2010.
2. Paravataeni K., Pleog L., Olney S. J. and Brouwer B., "Kinematic, kinetic and metabolic parameters of treadmill versus overground walking in healthy older adults," *Clinical Biomechanics*, **24**, 95-100, 2009.