

가속도 센서를 이용한 걸음수 검출 알고리즘

Step Count Detection Algorithm using Acceleration Sensor

한영환*

Y. H. Han

요 약

스마트 폰과 개인 휴대정보 단말기와 같은 장치는 일상생활에서 중요한 역할을 담당한다. 본 논문에서는 물리적 활동의 모니터링을 위해 신호벡터크기(signal vector magnitude)와 적응적인 임계값 처리에 기반한 걸음수 검출 알고리즘을 제안한다. 알고리즘은 스마트 폰에 내장된 가속도 센서와 중력 센서를 사용하여 걸음수를 측정한다. 실험결과 제안한 알고리즘이 스마트 폰의 어플에 비해 정확도와 적응성에서 좋은 성능을 나타내었다.

ABSTRACT

Portable devices, such as smart phones and personal digital assistants (PDAs) play an important role in our everyday life. In this paper, we propose a step count algorithm based on SVM(signal vector magnitude) and a adaptive threshold processing to monitor the physical activity. The algorithm measures a user's step counts using the smart phone's inbuilt accelerometer and g sensor. Experiment results showed the proposed algorithm has good performance in accuracy and adaptability than the app on your smart phone.

Keyword : Step Count, Gait, Acceleration Sensor, Smart Phone

1. 서론

건강한 삶을 영위하고자 하는 것은 누구나 갖고 있는 욕구이자 인류 공통의 과제일 것이다. 특히 고령화 시대를 맞이하여 보다 양질의 건강관리 서비스가 요구되고 있다.

스마트폰, 웨어러블 컴퓨터 등 모바일 플랫폼의 발전으로 인해 사용자는 목적하는 정보를 언제 어디서나 획득하고 활용할 수 있다. 또한 개인의 생체 데이터를 실시간으로 수집해 분석할 수 있는 단말

들이 대중화 되고 있으며, 그 중심에 각종 센싱 기술들이 접목되고 있는 스마트 폰이 있다.

스마트폰에 기반한 상황인지 감지는 활발하게 연구 되고 있는 주제이다. 여러 가지 형태의 스마트폰을 기반으로 하여 보행자의 보행 특징을 분류하고 있다. 모든 구조에서는 스마트폰이 주요한 시스템 요소로 사용된다[1-2].

가속도 센서를 이용한 걸음 수 검출과 행동량 검출에 대한 연구는 다양하게 진행되어 왔다[3-4]. Jun Yang은 스마트 폰을 이용해 움직임 트리를 생성해서 가속도 센서를 이용한 움직임 검출 알고리즘을 제안했다[5].

Shyi-Shiou 등은 가속도 센서와 방향센서를 사용한 안드로이드 기반 보수계 시스템으로 사용자의 걸음걸이 움직임을 검출하였다. 이 시스템은 시간-기반, 거리-기반, 계수-기반의 세 가지 동작 모드를 제공한다[6]. Hongman 등은 가속도 센서와 방향센서를 사용한 안드로이드 기반 보수계 시스템으로

접 수 일 : 2015.08.05

심사완료일 : 2015.08.18

게재확정일 : 2015.08.20

* 한영환 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수

yhhan@sangji.ac.kr (주저자, 교신저자)

※ 이 논문은 2013년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

가속도 센서 파형의 정점(peak)과 골(trough)에 주목하였다. 또한 단 하나의 가속도 센서와 다수 센서 보수계를 비교하였다[7]. Sugimori 등은 내장된 스마트폰 가속도를 사용하여 자동적인 걸음걸이 인증 시스템으로 허리에 스마트폰을 달고 전진 방향의 걸음걸이를 연구하였다[8]. A. Henpraserttae 등은 연속적인 동작의 모니터링을 위해 내장된 스마트폰 가속도 센서를 사용하여 스마트폰의 방향과 몸의 위치에 대해 연구하였다[9].

기존의 알고리즘은 가속도 센서에서 데이터를 취득하여 고정적인 임계값을 설정하여 걸음수를 계산하고 있으나 정확한 걸음수를 얻어내기 어려운 단점이 있다. 이 문제를 극복하기 위해 자신의 임계값을 설정해 주는 방법이 구현되기도 했으나 사용하기에 불편함이 존재한다.

본 논문의 제안방법은 휴대형 단말기인 스마트폰을 사용하여 폰의 위치나 방향에 무관하게 걸음수를 검출하는 것이다. 스마트폰의 가속도 센서와 중력 센서 데이터를 실시간으로 전송하여 정확한 걸음수를 검출하고 보행 측정 시스템과의 연동을 목적으로 한다. 이를 위해 기존의 신호백터크기와 다른 신호 값을 제안하고 두 개의 임계값을 적용적으로 사용하는 알고리즘을 제안하여 실험하고 비교하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 시스템 구성에 대해 설명한다. 3장에서는 제안한 걸음수 검출 알고리즘을 설명하고 알고리즘에 대한 실험 및 고찰을 보여준다. 마지막으로 4장에서는 결론을 기술한다.

2. 시스템 구성

시스템 구성은 크게 데이터 송신부와 데이터 수신부로 이루어진다. 데이터 송신부로는 가속도 센서, 중력 센서, 데이터 처리를 위해 기능적 모듈이 설치된 스마트폰으로 구성되며, 데이터 수신부로는 다른 응용을 위한 PC 클라이언트로 구성된다. 가속도 센서와 중력 센서는 스마트폰에 내장된 것을 사용하므로 센서 조정의 간섭과 랜덤 바이어스를 극복하기에 용이하다. 스마트폰의 센서는 사용자의 움직임에 따라 세 방향에서의 가속도를 더 정확하고 안정적으로 제공해 준다. 센서는 특정 주파수로 사용자의 가속도를 샘플링하고 스마트폰에 내장된 무선 네트워크를 사용하여 PC 클라이언트로 샘플 데이터를 보내게 된다. 센서 값 출력을 전송하기 위해 스마트폰에 간단한 프로그램 모듈을 작성해 사용

하였다. 전체적인 시스템 구성은 다음 그림 1과 같다.

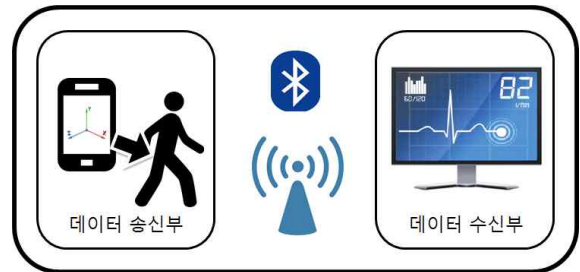


그림 1. 시스템 구성도

2.1 스마트폰

스마트폰에는 다양한 센서들이 포함되어 있으며, 점점 더 많은 센서들이 내장되고 있다. 내장 센서로는 Accelerometer, Gyro 센서, GPS 센서, 조도 센서, 적외선 센서, Geomagnetic 센서, Temp/Humidity 센서, Proximity 센서 등이 있다. 가속도 센서는 스마트폰이 움직이는 속도의 변화나 충격 등 힘의 세기를 감지하며 중력 센서는 스마트폰의 방향을 감지한다. 가속도 센서와 중력 센서의 3축 방향은 그림 2에 나타낸 것처럼 x축은 스마트폰의 가로이며, 오른쪽 방향을 기준으로 하고 y축은 세로이며, 위쪽을 기준으로 한다. z축은 뒷면에서 앞면(액정)쪽을 기준으로 하여 사용된다.

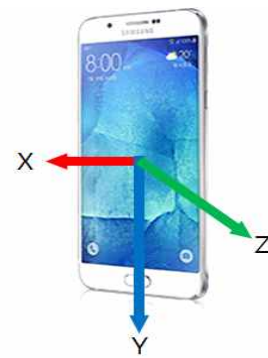


그림 2. 스마트폰의 센서 축 방향

2.2 데이터 전송

스마트폰의 데이터 전송에는 무선 인터넷(Wi-Fi 또는 3G) 또는 블루투스(Bluetooth)를 이용할 수 있다. 본 논문에서는 스마트폰의 센서에서 발생된 데이터를 블루투스를 사용하여 PC나 노트북으로 전송하게 된다. 블루투스를 이용하면 케이블 없이 데이

터블 실시시간으로 보낼 수 있다. 블루투스를 사용하기 위해서는 페어링(pairing)을 통해 두 개의 기기를 연결해 주어야 한다. 먼저 스마트폰의 블루투스를 활성화시키고 스마트폰을 컴퓨터나 노트북에서 검색할 수 있도록 검색 허용 버튼을 체크해야 한다. 그후 컴퓨터나 노트북의 제어판에서 장치 추가를 선택하면 검색 허용한 스마트폰의 목록이 나타나게 된다. 이런 과정은 보안이유로 해당되는 기기간의 데이터 전송만을 위해 수행하는 것이다. 스마트폰을 선택하면 인증번호가 나오고 스마트폰에도 인증번호가 나온다. 두 번호가 서로 일치하는지 확인하고 넘어가면 등록이 완료된다. 이후에는 기기를 켜거나 기기 간에 가까운 거리로 되면 자동으로 연결이 되며, 멀어지거나 전원을 끄면 블루투스 연결이 끊어지게 된다. 다음 그림 3은 스마트폰에서의 페어링과 데이터 전송을 하기 위해 필요한 스마트폰 설정 어플 화면이다.

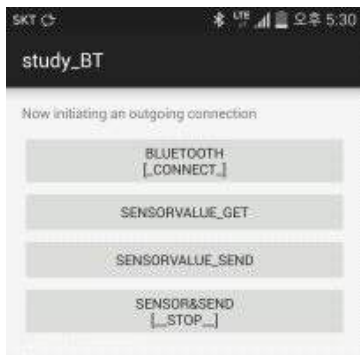


그림 3. 스마트폰 설정 어플.

3. 걸음수 검출 알고리즘

걸음수 검출은 스마트폰에 포함된 3축 가속도 센서와 중력 센서를 이용해 측정자의 정확한 걸음수를 검출한다. 걸음 수를 검출하는 주요한 개념은 가속도 센서에서 출력되는 데이터에서 정점과 골을 기반으로 두 개의 적응적인 임계값을 이용한다.

3.1 가속도 센서와 신호벡터 크기

사람들은 여러 가지 형태로 스마트폰을 가지고 다닌다. 바지 주머니에 넣고 다니는 사람, 손에 들고 다니는 사람, 가방에 넣고 다니는 사람 등 그 형태가 매우 다양하다.

사용자가 보행을 하면 스마트폰에 탑재된 3축 가속도 센서는 x, y, z값을 제공하게 된다. 이를 그대로 사용하기에는 데이터 값이 너무 많으므로 타이

머를 이용해 주기적으로 추출함으로써 변화된 3축 가속도 값 x, y, z를 실시시간으로 얻는다.

3축 가속도 센서의 출력 값에는 회전성분이 포함되므로 이를 고려하지 않고 하나의 대표값으로 처리하기 위해, 식 (1)와 같이 신호벡터 크기 SVM(signal vector magnitude)을 적용하였다. 공간 벡터에서 절대값은 공간 벡터의 길이를 나타낸다. 이 벡터의 절대값을 벡터의 노름(norm)이라고 한다. 여기서 x, y, z 값은 3축 가속도 센서의 출력 가속도 값이다.

$$SVM = |x| + |y| + |z| \quad (1)$$

SVM : 신호 벡터 크기

x, y, z : 3축 가속도 센서 출력 값

다음 그림 5는 시간에 따른 입력 신호의 3축 가속도 센서의 출력 값이며 그림 6은 식(1)를 적용하여 3축 가속도 센서의 x, y, z 값을 신호벡터크기 값으로 변환하여 얻어진 데이터의 그래프이다.

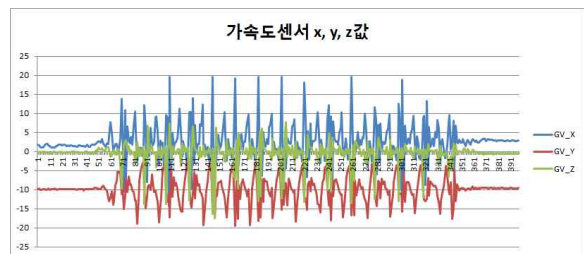


그림 5. 가속도 센서의 x, y, z값

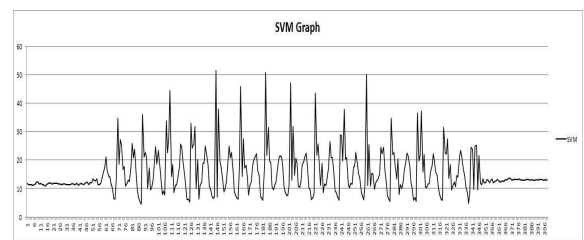


그림 6. 신호 벡터 크기 값

3.2 적응적 검출 알고리즘

걸음 수를 정확하게 측정하기 위해 적응적인 임계값을 사용하는 걸음수 검출 알고리즘을 제안하였다. 알고리즘의 전체적인 흐름도는 다음 그림 7과 같다. 걸음수를 검출하기 위해 서 그림 6과 같은 신호 벡터 크기 값을 사용한다. 이 신호 값에 적응적인 두 개의 임계치 방법을 적용한다. High_Th는 정

점을 구하는 과정에 사용되며, Low_Th는 골을 구하는 과정에 사용된다. 걸음수는 High_Th값보다 높은 곳에 정점이 존재하고 Low_Th값보다 낮은 곳에 골이 존재하면 올바른 걸음으로 인정하였다. 하나의 걸음으로 인정되면 정점 값과 골 값에 의해 High_Th와 Low_Th는 한 단계씩 높아지거나 낮아진다. 적응적으로 변화되는 두 개의 임계값은 다음 걸음의 인식에 사용된다.

먼저 입력되는 신호 벡터 크기 값이 걸음에 대한 것인지 구별해야 한다. 걸음이라고 판단되면 걸음수 값을 증가시켜 표시하며 그렇지 않으면 걸음수 값을 구하지 않는다.

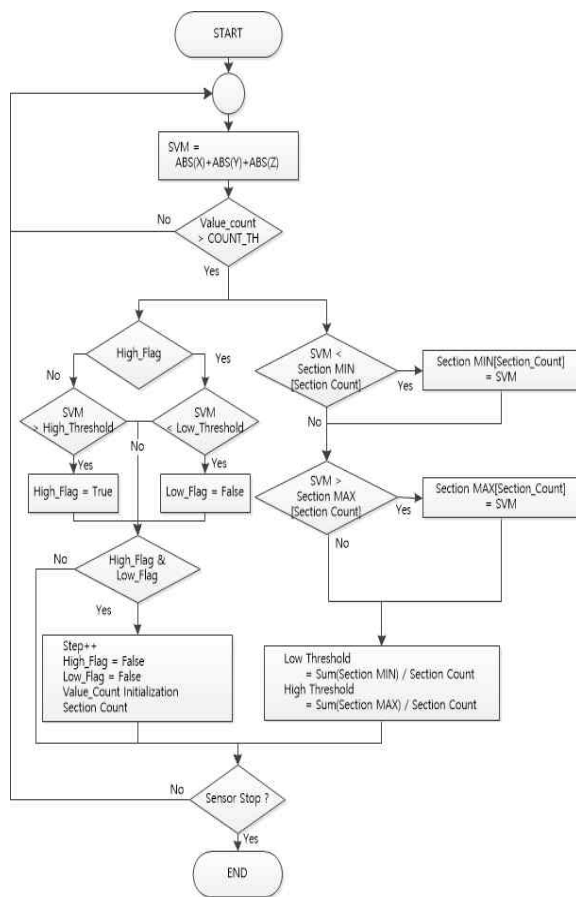


그림 7. 걸음 수 검출 알고리즘의 흐름도

3.3 실험 및 고찰

본 논문에서 수행한 실험은 실험자들의 허리에 스마트폰을 부착하고 스마트폰의 센서에서 전송되는 값을 처리하여 보행수를 검출해 내는 것이다. 스마트폰은 S사의 Galaxy S4가 사용되었다. 실험에서는 가속도 센서와 중력 센서가 사용되었다.

Galaxy S4에 사용된 가속도계는 STMicroelectronics

사의 K330 3축 가속도계이다. 측정 범위는 ±2g/±4g/±8g/±16g이고 사용자가 동적으로 선택할 수 있다. 하나의 시스템 안에 3축 가속도계와 3축 자이로 센서가 패키징되어 있다.

실험의 편의성을 위해, 두 개의 스마트폰을 나란히 연결하여 벨트에 고정하여 사용하였다. 실험자들은 약 15m의 복도를 걸어난 후 직접 측정된 걸음수, 스마트폰의 App. 걸음수와 제안한 알고리즘을 적용한 걸음 수를 비교하였다. 실험은 20대의 실험자 10명이 각 5회씩 총 50회를 측정 하였으며, 생성된 데이터는 각각 실험날짜, 시간, 측정된 보행 횟수로 구분되어 DB에 저장한다. 측정된 데이터 값을 다음 표 1에 나타내었다. 그림 8은 본 실험에 사용한 출력화면으로 데이터 출력부, 데이터 저장부, 연결부, 걸음수 검출부, 걸음 수 등으로 구성되어 있다. 데이터 출력부는 스마트폰에서 전송되는 3축의 데이터 값을 나타내고 데이터 저장부는 3축의 데이터 값을 저장한다. 저장된 데이터는 추후 걸음걸이 분석이나 운동량 측정 등에 사용하기 위한 것이다. 연결부는 무선 통신을 위한 블루투스와의 연결 및 끊기에 사용된다. 화면 하단의 그래프 함수는 SVM 값과 적응적인 임계값 변화를 나타내며, 걸음 수는 알고리즘을 적용한 걸음 수를 나타낸다.

표 1. 측정 데이터

개체	실험수	측정값	알고리즘	App.
1	1	32	31	29
	2	31	33	29
	3	32	32	33
	4	31	32	30
	5	32	32	32
2	1	30	29	30
	2	28	28	30
	3	30	28	32
	4	31	30	31
	5	29	29	28
...
10	1	31	30	32
	2	31	31	32
	3	30	30	32
	4	31	30	30
	5	31	32	33

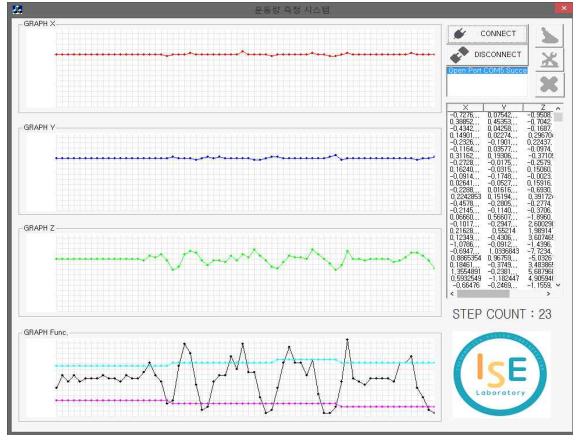


그림 8. 출력화면

총 10명의 실험자를 각 실험자 별로 실제 측정값, App.에 의한 측정값과 본 알고리즘을 적용한 측정값을 비교하였다. 측정값에 대한 걸음 수 비율은 다음 그림 9와 같다. 실험자가 측정한 값을 1로 하고 10명의 실험자에 대한 정확도를 구하였다. App.의 경우 0.92~1.03의 구간에서 검출되며, 본 알고리즘을 적용했을 때 0.96~1.03구간에서 검출되었다.

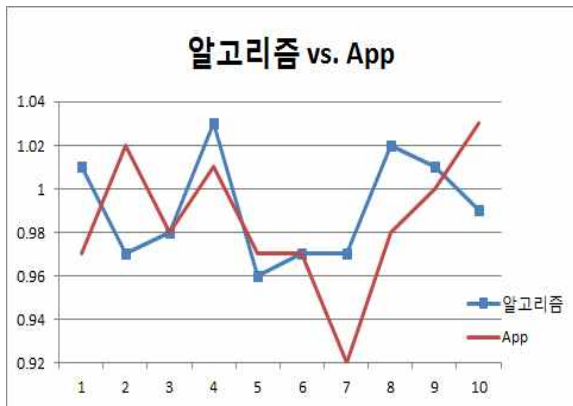


그림 9. 측정값에 대한 걸음 수 비율

4. 결론

본 논문에서는 스마트폰의 3축 가속도 센서와 중력 센서를 이용하여 사람의 걸음수를 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 별도의 센서나 장치의 부착 없이 누구나 가지고 있는 스마트 폰의 센서를 활용하는 장점이 있다.

실험결과 제안한 알고리즘은 두 개의 적응적인 임계값을 사용하므로 고정 임계값을 이용하는 방법보다 더 효율적으로 걸음수를 검출할 수 있었다. 또한 제안한 걸음수 검출 알고리즘은 평균 0.991의 정확도를 보이며, 기존의 App.에서 이용하는 알고리즘은 0.985의 정확도를 보여 정확도가 높아진 것을 확

인하였다. 따라서 사람의 걸음수 검출을 기반으로 하는 운동량 모니터링이나 비만관련 시스템과 같은 곳에 응용될 수 있으며, 의학 분야에서는 재활 훈련 분야에서의 사용이 가능할 것으로 기대할 수 있다.

참고 문헌

- [1] Thomas Olutoyin Oshin, Stefan Poslad, "ERSP : An Energy-efficient Real-time Smartphone Pedometer", 2013 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 2067-2072, 2013.
- [2] Y. W.Jang, B. M. Kim, S. B. Jang, Y. S. Shin, " Application of Euclidean Distance Similarity for Smartphone-Based Moving Context Determination," Journal of the Korea Industrial Information System Research, vol. 19, no. 4, pp. 53-63, 2014.
- [3] 유향미, 서재원, 차은중, 배현덕, "3축 가속도 센서를 이용한 보행 횟수 검출 알고리즘과 활동 모니터링," 한국콘텐츠학회논문지, vol. 8, no. 8, pp. 253-260, 2008.
- [4] 김윤경, 김성목, 노형석, 조위덕, "3축 가속도 센서를 이용한 실시간 걸음 수 검출 알고리즘," 한국 인터넷 정보학회, vol. 12, no. 3, pp. 17-26, 2011.
- [5] Jun Yang, "Toward physical activity diary: motion recognition using simple acceleration features with mobile phones," Proceedings of the 1st international workshop on Interactive multimedia for consumer electronics, 2009.
- [6] W. Shyi-Shiou and W. Hsin-Yi, "The Design of an Intelligent Pedometer Using Android," 2nd Int'l Conf. on Innovations in Bio-inspired Computing and Applications, pp. 313-315, 2011.
- [7] W. Hongman, Z. Xiaocheng, and C. Jiangbo, "Acceleration and Orientation Multisensor Pedometer Application Design and Implementation on the Android Platform," 1st Int'l Conf. on Instrumentation, Measurement, Computer, Communication and Control, pp. 249-253, 2011.
- [8] D. Sugimori, T. Iwamoto, and M. Matsumoto, "A Study about Identification of Pedestrian by Using 3-Axis Accelerometer," 17th Int'l Conf.

on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications, pp. 134-137, 2011.

- [9] A. Henpraserttae, S. Thiemjarus, and S. Marukatat, "Accurate Activity Recognition Using a Mobile Phone Regardless of Device Orientation and Location," Int'l Conf. on Body Sensor Networks, pp. 41-46, 2011.



한 영 환

1996년 - 현재 상지대학교
컴퓨터 정보공학부
교수

관심분야 : 재활공학, 생체신호처리, 영상처리,