

보행자의 위험인지를 위한 비정상 걸음인식

유창근*

Abnormal Step Recognition for Pedestrian Danger Recognition

Chang-Keun Ryu*

요약

범죄 위험을 예방하기 위한 다양한 시도가 이루어지고 있다. 옥외활동 하는 보행자들이 범죄자들의 공격을 받는 경우 중의 하나는 비정상적인 건강상태이다. 술에 만취하여 정상 보행을 지속하지 못하는 심신미약 상태가 노출되었을 때, 범행 대상이 되는 경우가 범죄 사례 분석을 통하여 나타나고 있다. 본 연구에서는 옥외활동에서 감지할 수 있는 개인의 상태 추정 방안을 제안한다. 센서와 센서의 이벤트 정보전송을 위하여 별도의 단말기를 장착하는 불편을 피하기 위하여 스마트폰에 내장되어 있는 3축 가속도 센서를 이용하여 비정상적인 상태를 추정할 수 있는데, 3축 가속도를 통하여 측정된 각 축으로의 운동량을 산출하고 시간의 흐름에 따라 분석함으로써 사용자의 상태를 추정할 수 있다. 시간의 흐름을 일정한 간격으로 구분하고 각 시간대역에서의 활동 패턴을 인지하고 정상과 비정상을 구분할 수 있다. 본 연구에서는 비정상 상태를 구분하기 위하여 가속도 센서의 각 방향으로의 운동량과 운동에너지 총량을 계산한 것과 에너지 총량을 푸리에 변환한 값을 비교하여 평가하였다.

ABSTRACT

Various attempts have been made to prevent crime risk. One of the cases where outdoor pedestrians are attacked by criminals is the abnormal health condition. When a mental or mental condition that can not sustain normal walking due to drunkenness is exposed, the case of being a crime is revealed through crime case analysis. In this study, we propose a method for estimating the state of an individual that can be detected in outdoor activities. In order to avoid the inconvenience of installing a separate terminal for event information transmission of sensors and sensors, it is possible to estimate an abnormal state by using a 3-axis acceleration sensor built in a smart phone. The state of the user can be estimated by analyzing the momentum of the user and analyzing it with the passage of time. It is possible to distinguish the flow of time at regular intervals, to recognize the activity patterns in each time band, and to distinguish between normal and abnormal. In this study, we have evaluated the total amount of kinetic energy and kinetic energy in each direction of the acceleration sensor and the Fourier transformed value of the total energy amount to distinguish the abnormal state.

키워드

Risk Awareness, Gait Recognition, 3-Axis Acceleration Sensor, Pedestrian Safety, Noise Filter
위험 인지, 걸음 인식, 3축 가속도 센서, 보행자 안전, 잡음 제거

* 남서울대학교 전자공학과(ckryu@nsu.ac.kr)
* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과
• 접수일 : 2017. 11. 09
• 수정완료일 : 2017. 11. 27
• 게재확정일 : 2017. 12. 15

• Received : Nov 09, 2017, Revised : Nov 27, 2017, Accepted : Dec 15, 2017
• Corresponding Author : Chang-keun Ryu
Dept. Electronics Engineering., Namseoul University,
Email : ckryu@nsu.ac.kr

I. 서론

안전을 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 태풍, 홍수 등의 자연재해로부터의 안전을 위한 연구는 사회 인프라 구축사업을 통하여 보완과 대비가 지속적으로 이루어져 왔다. 화재, 폭발 등 사회적 재난으로부터의 안전을 확보하기 위한 연구 역시 여러 가지 사고를 통하여 문제점을 도출하고 그에 대한 대비를 다양한 노력을 기울여 진행하여 왔다.

시민들의 안전을 보장하는 데 있어서 특히 관심을 기울일 필요가 있는 분야는 범죄로부터의 안전을 꼽을 수 있다. 현대사회에서 많은 노력에도 불구하고 쉽게 효과를 얻지 못하는 분야이기 때문이다. 최근 범죄를 예방하기 위하여 도시 환경을 설계하는 연구가 이루어지고 있다. 이 연구는 도시의 공간 요소가 범죄 발생과 관련이 있다는 것을 전제로 한 것이다. 도시의 공간 요소 중에서 범죄와 관련된 요소를 제어함으로써 범죄를 예방할 수 있다고 보는 것이다. 그렇지만 근래 발생한 사건 내역을 보면 범죄 발생은 도시 및 주거지 공간의 영향을 받을 뿐 아니라, 개인의 상태에도 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 최근 노상에서 발생한 부녀자에 대한 성추행, 성폭행 범죄 내역을 보면, 피해자가 술에 만취하는 등 자기보호 능력이 없는 상태를 노출시켰을 때 범죄 피해를 당한 사례가 적지 않다.

본 연구는 범죄 위험에 노출될 수 있는 개인의 상태를 추정하기 위한 것이다. 개인의 위험 상태를 추정하고 그 결과를 이용하여 위험에 대하여 대처하기 위하여 스마트폰 내장 센서를 이용하여 개인의 상태를 지능적으로 인식하는 방안을 제안한다. 스마트폰에 내장하고 있는 3축 가속도 센서를 이용하여 개인의 상태가 정상인지 비정상인지 판별할 수 있는데, 이를 위하여 3축 가속도 센서가 감지하여 보고한 시계열 데이터를 분석하였다. 옥외에서 활동하는 시민들의 신체 상태를 감지함에 있어서 개인의 신체 상태를 직접 측정하는 방법은 개인의 건강 정보 보호를 위하여 피할 필요가 있다. 대신 개인의 걸음을 분석하여 심신미약한 위험 상태로 돌입하는지 알 수 있는 실마리를 얻을 수 있다. 이와 같은 방법을 통하여 개인의 상태가 범죄 위험에 노출되는지 여부를 판별할 수 있을 것이다. 이 연구의 결과는 시민 생활안전 확보에 기여할

것으로 기대할 수 있다.

2장에서는 걸음인식과 관련된 이전 연구들을 정리하고 3장에서 보행자의 위험인지를 위한 비정상 걸음 인식 방안을 제안한다. 4장에서 실험과 평가를 통하여 제안한 방안을 검증하고 5장에서 결론을 맺는다.

II. 걸음인식

걸음인식은 주로 개인의 인증을 위한 방안으로 활용되어 왔다. 걸음인식 방법으로는 영상촬영에 의한 걸음인식, 관성센서에 의한 걸음인식, 3축 가속도 센서에 의한 걸음인식이 주로 활용되었다. 걸음걸이 인식 기법은 각 개인의 특성을 나타낼 수 있는 모션 정보, 걸음걸이 영상의 광류, 다리의 각도, 키와 보폭 등을 분석하여 인식에 사용하는 모델 기반 방법과 걸음걸이 실루엣 영상 전체를 사용하여 하나의 패턴으로 사용하는 비모델 기반 방법이 있다[10-13].

Park은 실루엣 기반의 에너지 영상을 추출한 후 컨투어렛(Contourlet)과 퍼지 LDA(Linear Discriminant Analysis)를 적용한 개인 확인 시스템을 제안했다. 영상을 주파수 대역별로 분할한 후, 대역별 및 방향 성분별로 영상을 얻는다. 자연영상의 주요 특징인 부드러운 윤곽선을 효과적으로 표현할 수 있는 장점이 있다. 걸음걸이 주기 분석을 통해 실루엣 영상의 에너지를 얻고 컨투어렛에 의해 걸음걸이 영상을 방향 성분별로 분할 한 후, 퍼지 LDA 기법으로 특징벡터를 산출한다. 각 대역별로 산출된 매칭도를 융합하여 개인 인증을 할 수 있다[1].

Lee는 걸음걸이 정보를 기반으로 사용자 인식 시스템을 제안했다. 카메라 센서에서 취득한 걸음걸이 시퀀스로부터 특징 정보 걸음걸이 에너지 영상(GEI: Gait Energy Image)을 생성하고 걸음걸이 에너지 영상에 고유특징 정규화 및 추출 기법을 적용하여 고유공간(eigenspace)에 사상된 특징정보를 학습한다. 걸음걸이 에너지 영상을 고유공간에 사상하여 사용자를 인식한다. 최근접 이웃 분류기를 이용하여 신원을 결정하고 카메라 시점에 상관없이 좋은 성능을 나타낸다[2].

고위 중추성 보행 장애는 대뇌 피질(cortex)이나 피질하(subcortical)구조의 이상에 의해서 나타나는 보

행 장애로서, 파킨슨성 보행 장애라고 하며, 대표적으로 보행 동결(freezing of gait: FOG)이 있다. FOG는 보행의 시작이나 보행 중 방향전환을 시도할 때 보행이 정지하는 현상을 말한다. 이는 낙상의 큰 원인이 되며 삶의 질을 매우 저하시킨다. 신발의 안창(insole)에 부착한 가속도계의 신호를 이용하여 FOG 검출 시스템을 구현하는 것을 제안하였다. 3축 가속계로 구성된 자체 개발한 보행 패턴 측정 시스템을 사용하였으며, 신발 안창의 toe와 heel 부분에 부착하였다. 수직 방향 가속도에 대해 FFT를 실시하였고, 이로부터 FOG검출을 위한 4가지 변수를 도출하였다. 가속도신호에서 정상 보행 구간의 비해 FOG구간은 보행의 중단으로 인해 가속도 값이 현저하게 줄어드는 것을 확인 하였다[3].

일반보행, 의도적인 안장보행과 팔자 보행의 세 가지 형태의 보행을 하도록 하였고 이때 발생하는 무릎 내전 모멘트와 몸통, 골반의 움직임이 하지관절 부하에 어떠한 영향을 미치는가를 분석 하였다. 팔자보행은 일반인의 골반 움직임, 골관절염 및 만성요통 환자들의 무릎 통증에 대한 보상기전에 의한 것으로 보이며, 건강한 성인 남자의 팔자 보행에서 모멘트가 작게 나타난 결과 역시 의도적으로 보행을 한 결과 몸통과 골반의 스트레스에 대한 보상기전이 작용한 것으로 보인다. 정상 걸음과 비정상 걸음으로 보행했는지를 확인하고 사용자의 보행 관리를 도울 수 있다. 비대칭 보행, 양 발의 속도, 각도, 보폭의 차이가 있는 걸음걸이이나 발을 끌면서 걸을 경우 몸에 이상이 있음을 알려주고 예방 차원으로서 접근할 수 있도록 하였다 [4].

2차원에서의 실루엣 기반 인식에 사용되었던 유클리디안 거리를 직관적으로 사용하여 개별 인체를 인식하고, 모션 캡처(Motion capture) 데이터에 적용하여 개인 인증을 할 수 있다. 모션 캡처로부터 얻는 영상 데이터가 가지고 있는 3차원 데이터 안의 2차원을 정보를 가지고 실루엣을 만들고 이를 이용하여 개인 인증을 하였다. 기존의 2차원 실루엣기반에서 쓰이는 비디오카메라 이미지와 달리 보다 적은 정보를 지닌 실루엣을 통한 식별이 가능함을 보였다[5].

걸음 수 측정은 관성의 법칙을 이용하여 추의 물리적인 횡수(Step Counter)로 표시되어 왔다. 최근 소형 가속도 센서를 이용하여 MEMS(Micro Electro

Mechanical System)기술을 응용한 연구가 진행 되고 있다[6].

가속도 센서는 사람의 보행 동작 패턴을 식별할 수 있지만, 센서로부터 얻은 결과값은 노이즈, 노면 상태, 신체 부착의 위치에 따라 다른 결과를 보일 수 있다. 센서로부터 얻은 데이터는 사용자 정보와 융합하여 활동량이나 생활 패턴을 알아내는 동작 인식에 사용할 수 있다. 운동량 측정이나 건강상태를 측정하는데 활용된다. 걷거나 뛰는 행동에서 정확한 걸음 수를 측정하여 운동량이나 칼로리 소모를 계산할 수 있다[7]. 하지만 하나의 알고리즘이나 단일 센서로는 모든 경우의 걸음 동작 인식에 한계가 있다. 사람의 보행 실시간 걸음 수를 3축 가속도 센서를 이용하여 검출하였다. 느리게 걷기, 걷기, 빠르게 걷기, 천천히 뛰기, 뛰기, 빠르게 뛰기 등으로 진행하였다. 3축 가속도 센서의 X, Y, Z축 출력 값을 하나의 대표 값으로 처리하는 신호벡터크기(Signal Vector Magnitude : SVM)를 사용하였다. 또한 휴리스틱 알고리즘(Heuristic Algorithm : HA)과 임계값 알고리즘(Adaptive Threshold Algorithm : ATA), 적응적인 잠금 구간 알고리즘(Adaptive Locking Period Algorithm : ALPA)을 적용하였다[8].

스마트폰에는 GPS, 가속도센서, 카메라센서 등을 탑재하고 있다. 스마트폰을 휴대한 사용자에게 관한 정보를 지속적으로 얻을 수 있다. 동작패턴 인식을 위하여 별도의 센서를 부착하기 위한 비용이 필요하지 않다. 스마트폰 센서를 이용한 동작 인식 연구들이 진행되고 있다. 실시간으로 사용자의 동작을 인식하는 연구가 필요하다. Lwapisz 등은 걷기, 조깅, 계단 오르기, 계단 내려가기, 앉기, 서기로 총 6가지의 동작을 구별하는 연구를 하였다[9]. Dernbach 등은 스마트폰의 센서 데이터를 추출하여 단순 동작과 복잡한 동작을 분류하였다. Caros는 눕기, 걷기, 뛰기, 계단 내려가기, 계단 오르기에 대한 행동을 인식하기 위해 결정 트리기반 분류기법을 사용하였다[11].

III. 보행자의 위험인지를 위한 비정상 걸음인식 방식

현재 운용되는 대부분의 감시 시스템은 단일 센서

기반으로 단순히 상황에 대한 분석·인식만 가능하기 때문에 카메라 해상도 개선만 가지고는 안전사고나 범죄와 같은 복합적이고 다양한 상황을 판단하는데 어려움이 있다. 이에 따라 위험상황을 판단하는데 있어 정확한 대응을 위해서는 다중 센서 융합을 통한 지능형 감시 기술이 필수라고 할 수 있다.

걸음인식을 인증방안으로만 제한하지 않고 이용자의 상태를 추정하기 위한 방안으로 이용할 수 있는데, 이때 3축 가속도 센서가 활용할 만하다. 3축 가속도 센서는 개인의 휴대하는 스마트폰에 기본 장착되어 있기 때문에 걸음인식을 위하여 추가 단말기를 필요로 하지 않는다는 장점도 있다. 이에 본 연구는 걸음인식을 이용하는 개인의 상태추정 방안을 강구하되 3축 가속도 센서를 활용 하였다.

3.1 연구내용

1) 걸음인식 연구는 개인 인증 위주로 진행되어 왔다. 그동안의 걸음인식은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 인증이다. 각 개인의 걸음의 특성을 추출하고 걸음을 걷는 개인 인증이 가능하였다. 다양한 생체 인증 방안들이 위조 및 변조의 위험을 완전히 배제하지 못하는 문제점을 안고 있는데, 걸음인식은 위조 및 변조의 위험이 타 인증 방안에 비하여 적은 것으로 인정받고 있다. 걸음인식을 통하여 개인을 인증하거나 식별하는 방안은 인증 분야 연구에서 활발하게 진행되고 있다. 둘째는 신체의 건강상태 확인이다. 질병 치료 후 경과, 운동 효과 등 신체의 건강 상태를 걸음을 통하여 확인하는 연구는 걸음인식 연구의 중요한 흐름이다. 걸음을 기준으로 신체장애 정도를 판별하거나, 질병 치료후 회복 상태를 확인하는 방안으로 걸음인식이 활용되고 있는데, 실내에서 신체 기능에 대한 측정이 함께 이루어지기 때문에 옥외에서 자유롭게 활동하며 인식하는 것과는 상이하다.

2) 본 연구는 그동안의 걸음인식 연구가 개인 인증 여부와 실내에서 신체 상태 확인 위주로 진행되었던 것과 달리 옥외에서 생활하는 개인의 상태를 판명할 수 있는 방안을 모색하였으며 개인의 상태 추정을 위하여 걸음 인식을 활용하는 방안을 제안한다. 옥외에서 활동하는 개인의 상태를 추론할 필요성은 개인의 상태와 안전이 서로 관련이 있기 때문이다. 환경범죄학 연구에 의하면 범죄는 범행 대상이 자기 방어 능

력 보유 여부를 관찰하기 용이한 곳에서 발생한다고 하였다. 이는 생활공간에서 자기 방어 능력이 없는 상태가 노출되면 범죄 대상이 될 위험이 높다는 것을 의미한다. 일상활동 이론에서도 범죄는 힘 있는 보호자에 의하여 보호받고 있지 않은 피해자나 물건을 잠재적 범죄자가 발견하였을 때 발생한다고 하였다. 따라서, 개인의 상태가 보호 능력이 있는 보호자로부터 보호받는 상태가 아니거나, 자기 방어 능력이 현저하게 낮은 상태를 노출하는 것은 범죄 피해를 당할 위험이 높다고 할 수 있는 것이다. 일상생활에서 위험이 높아지는 개인 상태의 대표적인 것은 만취상태라고 할 수 있다. 만취상태 외에도 보호자 없이 부녀자가 우범지역에서 범죄 다발 시간에 단독으로 활동하고 있는 것, 범죄 행위를 하더라도 그 행위가 주변에 감지되지 않을 뿐 아니라 구조해 줄 수 있는 환경이 되지 않는 곳에서 활동하는 상태 등을 꼽을 수 있다. 범죄 피해 위험이 높은 상태 중에서 개인의 운동 능력, 개인의 신체 및 심신 상태를 추정할 수 있는 효율적인 방안을 모색한다.

3) 범죄 위험에 노출되는 개인의 상태를 추론할 수 있는 효율적인 방안의 하나로써 개인휴대 이동통신 단말기에 장착되어 있는 3축 가속도 센서를 활용할 것을 제안한다. 이 방법이 효율적이라고 할 수 있는 근거는 두 가지이다. 첫째는 걸음을 측정할 수 있는 별도의 장치를 추가하지 않아도 된다는 점이다. 이동통신 개인휴대 단말기는 일반화되어 있으며 보급률이 아주 높다. 둘째, 3축 가속도 센서 단독으로 사용자의 활동 상태를 다양하게 감지할 수 있는 것이다. 이동통신 단말기에 장착된 3축 가속도 센서만으로 정지상태, 걷기, 달리기 등 개인의 옥외활동 상태를 감지하고 이를 안정적으로 전송할 수 있다.

본 연구는 걸음인식을 통하여 개인의 상태를 추정하되, 비정상 상태 중에서 위험과 관련 있는 비정상 상태를 구분하기 위한 실마리를 확보하는 것에 초점을 맞추었다.

3.2 연구 세부 내역

연구목표를 달성하기 위하여 본 연구는 다음과 같은 문제해결 알고리즘을 제안하고 세부적인 실험을 진행하였다.

1) 스마트폰에 내장된 3축 가속도 센서가 실시간

측정한 값을 추출 하였다.

2) 3축 가속도 센서의 x,y,z 각 축으로의 총 운동 에너지의 총합을 계산하였다.

3) 시간의 흐름에 따른 에너지 총량의 변화 패턴을 측정하였다.

4) 시간의 흐름에 따라 연속적으로 입력되는 센서 값들을 평가하여 정상적인 걸음의 패턴을 설정하였다.

5) 이후 측정되어 입력되는 센서의 값들을 지속적으로 모니터링하여 정상적인 범위에 있는지 대조하여 정상 여부를 판단하였다.

이때, 발생하는 문제는 옥외에서 활동하는 개인의 활동 양상은 걸음에 국한되지 않는다는 것이다. 옥외에서의 활동 양상에는 걷는 것이 있고, 달리는 것도 있으며, 걷다가 달리고 달리다가 걷는 양상도 있는 것이다. 이런 경우 일정하게 걷는 패턴으로 활동하는 것만을 정상으로 본다면 단지 걷는 상태를 유지하지 않고 달린다는 것으로 비정상 상태로 판정하는 문제가 발생할 수 있는 것이다. 마찬가지로 달리기만 하여야 정상이고 달리다가 걷다 하는 것을 비정상적으로 검출할 수 있다. 걷든 달리든, 걷다가 달리고, 달리다가 걷든지 신체의 상태가 정상이고, 범죄 피해를 당할 수 있는 위험과도 관련이 없는 상태인데, 단순히 일정한 활동 패턴의 변화만으로 비정상 상태로 추론하는 것은 실효적이지 못하다는 것이다.

따라서, 걷는 상태에서 달리는 상태로, 달리는 상태에서 걷는 상태와 같이 행동 패턴은 다르더라도 위험에 노출되는 비정상 상태가 아니므로 이와 같은 단순한 행동 패턴 인지가 아닌 다른 측면에서의 정상, 비정상 상태를 추론하는 방안이 필요한 것이다.

이러한 필요에 부응하기 위하여 본 연구에서는 다음과 같은 절차의 비정상 상태 인지 방안을 제안한다. 이 해결방안은 위의 절차에 이어서 실행한다.

6) 정상 범위를 벗어나 비정상적인 걸음을 걷고 이것을 감지하는지 확인하는데, 정상 걸음의 패턴을 벗어날 경우 이를 비정상 상태에 있는 것으로 추론한다.

7) 일상적 패턴이 아니라고 하더라도 범죄 위험에 노출될 수 있는 것인지, 범죄 위험과는 상관없는 것인지 판단한다. 운동을 하며 걷거나 뛰고 있다면 위험과 연관성은 없다. 음주, 급성 질환 등으로 인한 비정상 상태라면 신속한 후속조치가 필요하다.

8) 입력된 센서 값에 대한 변환을 실행한다. 적합

한 변환 방안으로 푸리에 변환을 실행한다. x,y,z축 운동 에너지 값의 변화 양상을 다시 적분 변환함으로써 단순 행동 패턴의 변화가 아닌 다른 양상의 변화를 구분할 수 있다. 즉, 행동의 변화, 운동 형태의 변화가 아니라 개인의 상태가 새로운 양상으로 돌입하는 것을 식별해 주는 것이다. 이러한 변화를 감지 한 후 다시 원래의 에너지 값의 변화 양상을 분석함으로써 개인의 상태를 보다 실제에 가깝게 추론할 수 있는 것이다.

이와 같은 과정을 실행하여 옥외 활동 형태의 변화와 함께 비정상적인 상태로 돌입하는지 여부를 식별할 수 있다.

위와 같이 정리한 절차를 가상코드로 나타내면 다음과 같다.

Table 1. Pseudo Code

```

# raw Dataset's definition: XYZ 3-axis
acceleration sensor value and the recorded time T.
 $DS_{raw_k} \equiv [X, Y, Z, T]_k$ 
 $X_k = \{x_i | i \in T_k\}$ 
 $Y_k = \{y_i | i \in T_k\}$ 
 $Z_k = \{z_i | i \in T_k\}$ 

# Dataset's definition: After processing the raw
data, the result is stored in Dataset.
 $DS \equiv [E, P, R, F]$ 

##P is the energy normal pattern set, R is the
inference result value, and F is the Fourier
transform value.
 $E_i = \sqrt{(x_t)^2 + (y_t)^2 + (z_t)^2}$ 

##E is a set of calculated kinetic energy sum.
 $E = \{E_i | i \in T\}$ 

# ws is the length of one dataset. Initialize
after this length.
 $ws = N$ 

```

Initialize all remaining values in memory before executing the procedure.

Initialization(DS_{raw} , DS)

$k = 0$

$i = 0$

count = Variable for determining the length of the recognized data when setting the reference gait

first = Variables to know the point in time at which the sampled energy falls below the threshold

While (Power == True):

IF(count > ws):

Standard()

Sensing()

Sensing_print()

ELSE IF(count == ws)

total()

ELSE

Real()

Sensing()

Sensing_print()

IF $E_k \notin P$:

$R_i = 1 / [\exp(-(R_i + 1)) + 1]$

ELSE

$R_i = 1 / [\exp(-(R_i - 1)) + 1]$

Execution of Fourier Transform

In the pseudo code, DFT is described.

Perform appropriate conversion depending on the situation.

For m in T_k :

$F_n = F_n + (E_m) * \text{Exp}(-2\pi i nm /$

$ws)$

IF $i = ws$:

$i = 0$

$k = k + 1$

Initialization(DS_{raw} , DS)

end For

end While

The definition of each function used in the main function is as follows.

The values from the sensors are normalized and input as shown below.

Function Sensing()

sensor[0] = (($x_i - \langle x \rangle$) / (1024 / (3.3 * 0.66)));

//nomal data 498 xaxia

sensor[1] = (($y_i - \langle y \rangle$) / (1024 / (3.3 * 0.66)));

//nomal data 510 yaxia

sensor[2] = (($z_i - \langle z \rangle$) / (1024 / (3.3 * 0.66)));

//nomal data 512 zaxia

sensor[3] = E_i

Function standard()

IF($E_i > \text{limit}_E$) { X_i, Y_i, Z_i }_{count} +=

Sensor Function

first = 0;

ELSE

first++

IF(first==1) count++

Funtion Real{

IF($E > \text{limit}_E$) THEN

real_{X,Y} += sensor[0,1] * sensor[0.1], real_E += sensor

real_N ++

IF((($E * E$) > ((0.213 + standard_X) / 2)) || (($X_1 * X_1$) > (0.1345 + standard_Y) / 2))

Totter++

first=0;

ELSE

first++;

IF(first==1)

x,y-acceleration average calculating

IF(Normal gait <= Totter)

count_Totter++

Weighted average of the x,y-axis of the

acceleration

```
IF((real_X>(((0.213+standard_X)*3)/4))||real_Y>(((0.1345+standard_Y)*3)/4))
```

```
    final2=3;
```

```
    ELSE
```

```
IF((real_X>(((0.213+standard_X)/2))||real_Y>(((0.1345+standard_Y)/2)))
```

```
    final2=2;
```

```
    ELSE
```

```
        final2=1;
```

```
        Increase walk count
```

Function print

Print R_k

in addition to the first weight and the second weight represented by a value between 0 and 1 calculates the final result

Variables are initialized for the next setup

END

본 장에서는 범죄 발생과 관련 요소를 식별하기 위하여 개인의 상태를 인지할 필요가 있음을 살펴보았으며, 잠재적 범죄자의 범행 목표가 될 수 있는 개인의 상태를 식별하는 방안으로 이동통신 단말기에 부착한 3축 가속도를 이용하여 걸음인식을 활용하는 방안을 제안하였다. 다음 장에서는 본 장에서 제안한 방안을 실험을 통하여 검증하고 평가한다.

IV. 실험 및 평가

4.1 실험 방법

실험에 사용한 이동통신 단말기는 삼성전자의 갤럭시 노트3를 사용하였다. 개발도구로는 C#을 이용하였으며 갤럭시 노트3의 내부에 기본 장착되어 있는 3축 가속도 센서를 이용하여 감지한 센서 데이터를 수집하였다. 센서 데이터를 호스트로 보내는 통신 프로토콜은 블루투스를 이용하였다.

4.2 결과 및 평가

그림으로 나타난 그래프는 시간의 흐름에 따라 3축 가속도가 감지한 운동량의 추이이다. 그래프에서 가로축은 시간의 흐름을 나타내며 세로축은 운동량의 크기를 나타낸다. 그림1은 x, y, z 각 방향으로의 운동량을 나타내고 있다. 100초 구간까지 실험자는 정지 상태로 있다. 100초가 지나면서 걷기 시작하였음을 보여주고 있다. 그림 1에서 파란색은 x축 방향으로 운동량을 보여주고 있으며, 빨간 색은 y축으로의 운동량과 시간에 따른 추이를 보여주고 있다. z축을 나타내는 것은 녹색이다.

걷고 있는 상태를 보여주는 구간은 100초부터 700초까지의 구간이다. z축에서의 운동량 변화가 500초 구간을 지나면서 커진 것 외에는 걷는 동안 감지한 데이터의 양상은 큰 변동은 보이지 않는다. 700초부터 850초 구간은 달리고 있는 동안의 운동패턴을 보여주고 있다. 850초가 지나면서는 비틀거리는 걸음을 걷는 양상을 감지하여 보고한 것이다.

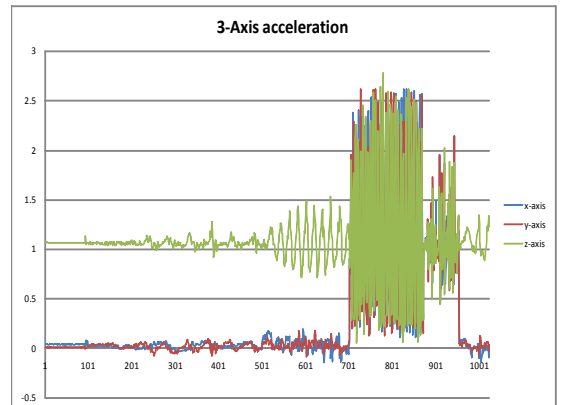


Fig. 1 3-axis acceleration value

다음 그림2는 위의 값들을 에너지 총량 값으로 계산하여 변환한 결과이다. 정지상태, 걷는 상태, 달릴 때, 비틀거릴 때가 확인하고 분명하게 구분이 되고 있다. 문제는 이것이 각각 다른 행동 다른 활동을 보여주는 것일 뿐, 범죄 발생과 연관될 수 있는 개인의 상태를 감지하는 실마리를 제공하는 것은 아니라는 것이다.

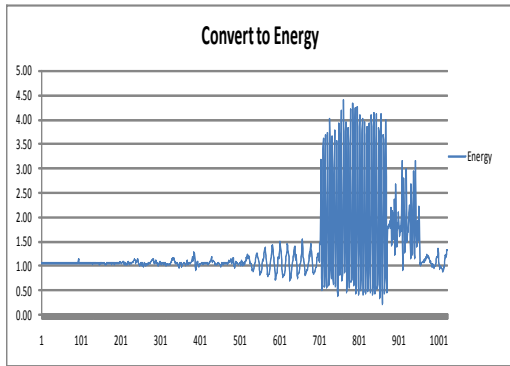


Fig. 2 Convert to energy value

다음 그림3은 그림2의 값들을 변환하여 나타낸 것이다. 그림 3을 통해서 개인의 상태가 주목해야 할 상태로 돌입하는 것을 인지할 수 있다. 두 군데에서 주파수 성분이 높아지고 있다.

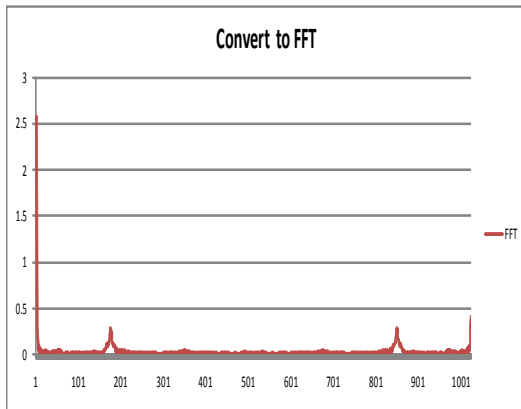


Fig. 3 Convert to FFT value

정지상태에서 걷기 시작할 때이다. 이 그래프에서는 걷는 상태에서 뛰는 상태로 가는 변화에서는 특이점이 나타나지 않고 있다. 그러나, 뛰는 상태에서 비틀거리는 걸음으로 전환될 때에는 주목할 변화를 보여주고 있다.

이 그래프에서의 전환 지점은 운동이 전혀 없는 상태에서 운동이 시작되는 때와 규칙적인 패턴이 있을 때와 불규칙적 패턴이 시작되는 때라고 할 수 있다. 따라서, 변환값의 변화 추이에서 이벤트가 발생했을 때, 발생 이후 규칙적인 패턴이 일어나고 있으면 정상 상태로 판단할 수 있으나, 이벤트가 발생한 후,

불규칙적인 패턴이 일어나고 있다면 비정상 상태로 판단할 수 있는 것이다.

이상의 실험을 통하여 생활안전을 보장하기 위한 방법으로써 옥외 활동, 보행 중인 사용자의 상태를 추론하기 위한 걸음인식 방안을 제안하였는바, 걸음인식의 문제점으로 드러나고 있는 비정상 상태의 구분을 명확히 하기 위한 개인 상태 추정 방안을 검증하였다. 걸음 인식을 통하여 정상 상태와 비정상 상태를 구분하는 것은 SVM방법만으로는 명확히 구분하기 어렵다고 할 수 있다. 그렇지만, 3축 가속도가 측정하여 보고한 값들을 에너지 총량 계산 방법으로 평가한 후, 다시 이것을 적분 변환하고 변환 값의 추이에서 나타난 이벤트와 원래의 에너지 값의 시계열 데이터를 대조함으로써 비정상 상태 추론이 가능하다는 것을 보였다. 단순히 3축 가속도 센서의 활동 에너지 총량 측정법으로는 구분이 애매하거나 모호하던 것이 적분변환을 거침으로써 구분이 비교적 뚜렷하게 이루어지는 것을 볼 수 있었다.

V. 결 론

개인의 상태 추정은 범죄 위험을 미연에 방지하기 위하여 중요하다라는 것이 최근의 범죄 내역을 분석한 결과 나타난 것이다. 옥내외에서 활동하고 있는 개인의 상태를 추정하는 것은 대단히 까다로운 일이 될 수 있다. 이에 센서와 네트워크 및 정보처리 기능을 모두 탑재하고 있는 스마트폰의 3축가속도 센서를 이용하는 걸음인식을 통하여 옥내외에서 일상적 활동을 하고 있는 개인의 상태를 추정하는 방안을 마련하였다.

개인의 상태를 추정할 수 있는 걸음인식 방법으로, 3축 가속도센서의 에너지 총량을 계산하고 이를 다시 적분변환 하고 이벤트 발생시 다시 에너지총량값의 변화추이를 대조하는 방안을 제안하였다. 이러한 방법을 통하여 비정상상태를 인지할 수 있었다. 본 연구의 결과를 활용하여 개인의 상태에 따르는 위험도를 산출하고 이를 이용하여 보행자, 부녀자들의 생활안전을 증진하는데 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 2016년도 남서울대학교에서 교내연구비 지원사업의 지원으로 수행되었음.

References

[1] J. Park, W. Lee, J. Cho, C. Song, and M. Chun, "Gait Recognition and Person Identification for Surveillance Robots," *J. of Institute of Control, Robotics and Systems*, vol.15, no.5, 2009, pp. 511-518.

[2] B. Lee, S. Hong, H. Lee, and E. Kim, "Gait-based Human Identification System using Eigenfeature Regularization and Extraction," *J. of The Korean Institute of Intelligent systems*, vol. 21, no. 1, 2011, pp. 6-11

[3] S. Park, Y. Kwon, G. Eom, S. Lee, and S. Koh, "A System for the Detection of FOG (Freezing of Gait) in Patients with Parkinson's Disease using Accelerometers," *J. of rehabilitation welfare engineering & assistive technology*, 2012, pp.216-217.

[4] E. Go, S. Hong, K. Lee, and K. An, "Effect of Active Change of Foot Progression Angle on Lower Extremity Joint During Gait," *Korean J. of Sport Biomechanics*, vol. 23, no. 1, 2013, pp.85-90.

[5] M. Kim, J. Park, and J. Kwon, "The Research of 2D GEI using Motion Capture Data," *HCI 2012 Conf.*, 2012.

[6] K. Hinkley, J. Pierce, M. Sinclair, and E. Hovitz, "Sensing Techniques for Mobile Interaction," *ACM UIST2000, CHI Letters 2*, 2000, pp.91-100.

[7] Y. Nam, Y. Choi, and W. Cho, "Human Activity Recognition using an Image Sensor and a 3-axis Accelerometer Sensor," *Korean Society for Internet Information*, vol.11, no.1, 2010, pp.129-141.

[8] Y. Kim, S. Kim, H. Lho, and W. Cho, "Real-Time Step Count Detection Algorithm Using a Tri-Axial Accelerometer," *Korean Society for Internet Information*, vol.12, no.3, 2011, pp.17-26

[9] J. Kwapiz, G. Weiss, and S. Moor, "Activity Recognition using Cell Phone Accelerometers," *Association for Computing Machinery SIGKDD Explorations Newsletter*, vol. 12, Issue 2, 2010, pp. 74-82.

[10] J. Jang and W. Cho, "Road Safety Message Providing Methodology for Considering the Elderly Walking Behavior," *the J. of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol.12, issue 1, 2017, pp. 9~16.

[11] H. Park and J. Seo, "Implementation of Mobile Authentication System for Context-Awareness based on Near Field Communication," *the J. of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol.12, issue 1, 2017, pp. 39~46.

[12] J. Mun, and S. Hwang, "Input Signal Model Analysis for Adaptive Beamformer," *the J. of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol.12, issue 3, 2017, pp. 433~438.

[13] Y. Lee and P. Moon, "Comparison and Analysis of Functional Features of IoT Operating Systems," *the J. of the Korea institute of electronic communication sciences*, vol.12, issue 2, 2017, pp. 337~344.

저자 소개



유창근(Chang-Keun Ryu)

1981년 단국대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1983년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1993년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1994년 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 마이크로프로세서 응용, 센서네트워크

