

생활안전 보장을 위한 보행자의 비정상 걸음 인지 방안

김수희*

A Way of Unusual Gait Cognition for Life Safety

Su-Hee Kim*

요 약

걸음 인식과 그 활용에 대하여 연구가 활발하게 진행되고 있다. 본 연구는 보행자의 비정상적인 보행을 인식하는 방안을 제안한다. 기존의 정상적인 걸음을 인식하는 것이 신체활동을 측정하거나, 인증을 위한 것이었다면, 본 연구의 비정상적인 걸음 인지는 보행자의 생활안전 보장을 위한 것이다. 보행자가 스스로 자신의 취약한 상태를 인지하고 도움을 요청하지 못하는 상황이 있기 때문에, 근래의 IoT기술을 도입하여 본인의 인지와 자발적 도움 요청이 없더라도 위험과 어려움을 벗어날 수 있도록 하고자 함이다. 이에 본 연구는 3축 가속도 센서를 활용하여 보행자의 정상적인 걸음을 분석함으로써 정상적인 걸음이 유지되는 상태에 대한 범위를 정하고, 이후 3축 가속도 센서를 활용하여 걸음을 측정하여 그 결과를 정상적인 걸음 범위에 대조하여 정상과 비정상 여부를 판단하도록 한다. 정상적인 걸음을 유지하는 상태를 벗어날 때, 이를 비정상적인 걸음으로 인지하는 방안을 제안한다.

ABSTRACT

Research on gait recognition and its use is actively underway. This study suggests a method to recognize abnormal gaits of pedestrians. The purposes of the existing research to recognize normal steps are to measure physical activities and to validate people by their walks, but the purpose to recognize abnormal steps in this study is to insure the safe life of pedestrians. There are situations in which pedestrians are unaware of themselves vulnerable and can not ask for help. The purpose of this research is that even if pedestrians are unaware of themselves and there are no spontaneous requests for helps, it is intended for them to escape from dangers and difficulties by adopting the recent IOT technology. Hence, this study analyzes normal pace of pedestrians using the triaxial acceleration sensors, and takes ranges of their normal walking. And then, the steps of pedestrians are measured using the triaxial acceleration sensors, contrasted with their normal walking ranges, and determine whether their steps are normal or not. When it is out of the state for normal paces, a method to determine as abnormal paces is suggested.

키워드

Context Awareness, Internet of Things, Gait Cognition, 3-axis Acceleration Sensor
걸음 인식, 상황 인식, 사물 인터넷, 3축 가속도 센서

1. 서 론

다. 걸음은 인간의 활동 중 매우 기본적인 활동이라고 할 수 있다. 걸음을 각종 센서를 이용하여 인식하고 이를 분석함으로써 건강상태를 체크하는데 활용하기도
걸음인식과 그 활용에 대한 연구가 활기를 띠고 있

* 교신저자 : 호서대학교 컴퓨터공학과 교수
• 접 수 일 : 2015. 12. 30
• 수정완료일 : 2016. 02. 13
• 게재확정일 : 2016. 02. 24

• Received : Dec. 30, 2015, Revised : Feb. 13, 2016, Accepted : Feb. 24, 2016
• Corresponding Author : Su-Hee Kim
Dept. of Computer Engineering, Hoseo University,
Email : shkim@hoseo.edu

하고 근래에는 식별/인증에 활용하는 사례가 증가하고 있다. 생체를 이용하는 식별/인증은 지문, 홍채, 얼굴을 많이 사용하였으나, 걸음 역시 개인의 고유한 신원을 확인하기 위하여 활용되고 있다[9-10]. 지문, 홍채, 얼굴 등은 움직임이 적고, 고정된 이미지 데이터 분석을 기반으로 한다는 것이 특징이라면, 걸음인식을 통한 식별/인증은 각 개인의 활동과 움직임을 인지한다는 점에서 차별성을 가진다. 고정된 이미지보다는 움직이는 영상데이터를 분석대상으로 할 때, 고유한 특성을 구분해내는 식별인지도를 더욱 높일 수 있는 면이 있다. 걸음을 인식하는 방안은 보행자의 동작을 이미지로 캡처하여 이미지를 분석하는 방식과 보행자에게 센서를 보유하거나 부착하도록 하여 센서가 측정하여 보고한 센서 데이터를 분석하는 방식으로 나눌 수 있다. 이때 걸음 인식에 활용되는 센서로는 관성센서와 3축 가속도 센서가 대표적인 센서들이다[1],[3].

기존의 연구가 걸음을 인식하는 연구였다면, 본 연구는 비정상적인 걸음을 인지하기 위한 방안을 제안한다. 기존의 정상적인 걸음 인식을 활용하여 보행자의 비정상적인 보행을 인식하는 방안인 것이다[2]. 기존의 정상적인 걸음을 인식하는 것이 신체활동을 측정하거나, 인증을 위한 것이었다면, 본 연구의 비정상적인 걸음 인지는 보행자의 생활안전 보장을 위한 것이다. 보행자가 돌발적인 부상, 심각한 질병의 급격한 진행, 만취 등의 사유로 인하여 옥외활동이 불안정한 상태가 되어 시급하고 적절한 조치를 필요로 하거나, 우범지역 또는 생활주거 공간에서 범죄자들의 공격 대상이 될 위험이 높아지는 것을 지능적으로 인지함으로써 위험을 회피할 수 있는 서비스에 기여하고자 함이다[16~17]. 이러한 연구는 최근의 센서와 무선 통신을 이용하여 다양한 생활, 주거 공간에서의 위험과 곤란에 대처할 수 있도록 돕는 연구의 일환이 될 수 있다. 실제 세계에서 보행자는 스스로 자신의 취약한 상태를 인지하고 보호자나 911 또는 경찰에게 도움을 요청할 수 있는 경우가 있으나, 그와 반대로 자신이 어려움에 빠졌거나 곤란을 겪으면서도 자신의 어려움을 스스로 인지하지 못하거나 도움을 요청하지 못하는 상황이 있기 때문에, IoT 기술을 도입하여 본인의 인지와 자발적 도움 요청이 불가능하더라도 위험과 어려움을 벗어날 수 있도록 할 필요가 있는 것이다[11],[12],[14]. 이에 본 연구는 3축 가속도 센서를

활용하여 보행자의 비정상적인 걸음을 인지하는 방안을 제안하였다. 비정상적인 걸음 인지를 위하여, 보행자 각 개인의 정상적인 걸음을 센서를 통하여 측정하고 분석하여 정상상태에 대한 범위를 정하도록 한다. 이후 계속 3축 가속도 센서를 활용하여 걸음을 측정하여 정상적인 걸음 범위를 벗어나는지 여부를 정상상태 범위 값과 대조하여 판단하고, 정상상태 범위 값을 벗어날 때, 이를 비정상적인 걸음으로 인지하는 방안을 제안하였다. 본 연구는 생활 주거 공간에서 생활안전 보장을 위한 서비스 및 활용에 기여할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

II. 본 론

2.1 관련 연구

인간신체의 자세를 추정하는 연구는 오래 전부터 다양하게 이루어져 왔으며, 근래에 걸음 인식에 대한 연구가 활기를 띠고 있다. 근래의 걸음 인식 연구는 신체활동을 측정하기 위한 방안으로 진행된 바 있다. 만성질환을 예방하고 건강을 증진시킬 목적으로 신체활동 에너지 소비량을 측정하기 위하여 고안된 것이다. 그와 유사한 연구로는 실시간 걸음 수를 검출하는 알고리즘들이 제안된 바 있다. 3축 가속도 센서를 활용하여 X, Y, Z축 출력 값을 하나의 대표 값으로 처리하는 신호백터크기 법을 사용하였으며, 정확한 걸음 수를 검출하기 위하여 휴리스틱 알고리즘을 제안한 바 있다[8]. 고유 특징 정규화 및 추출 기법을 이용하여 걸음걸이 바이오 정보에 기반한 사용자 인식 시스템이 제안된 바 있는데, 카메라 센서에서 취득한 걸음걸이 시퀀스로부터 사용자 인식을 위한 특징 정보로 걸음걸이 에너지 영상을 생성하였다. 학습단계를 거치도록 하였으며, 이후 검증 단계를 마련하여 걸음걸이 에너지 영상을 학습 단계에서 생성한 고유공간에 사상하여 사용자를 인식하도록 하였다. 이 때, 최근점 이웃 분류기를 이용하여 사용자인지 여부를 검증하도록 한 연구가 실행된 바 있다. 보행인식 시스템 개발을 위하여 시공간 실루엣 분석을 사용한 연구 사례도 있으며, 얼굴과 발걸음을 결합한 인식 방안도 제안된 바 있다. 이러한 연구들은 모두 개인 식별을 위한 연구라고 할 수 있으며, 보안, 감시 시스템 분야에서 주

목받는 연구들이라고 할 수 있다[15].

걸음인식을 위하여 영상을 활용하는 연구와 센서를 사용하는 연구로 구분할 수 있는데, 센서를 사용하는 연구들 중에서 가장 대표적으로 사용되는 센서는 3축 가속도 센서라고 할 수 있다. 이 외에도 압력센서, 가속도센서, 관성센서를 사용한 연구도 진행된 바 있다. 이러한 연구들은 개인의 걸음 수를 검출하여 활동량을 계산하고 신체의 운동 및 건강 관리에 활용하고자 하는 목적이 많았으며, 개인 식별을 위하여 걸음 자체를 인지하는 연구 또한 활발하게 진행되고 있어서 사람의 걸음을 인지하고 식별하는 연구는 앞으로도 다양한 분야로의 활용과 응용에 쓰일 것으로 전망되며, 걸음을 인식하기 위한 방법에 있어서도 더욱 다양한 시도가 이어질 것으로 예상된다.

III. 생활안전 보장을 위한 보행자의 비정상 걸음 인식 방안

3.1 3축 가속도 센서

이번 절에서는 3축 가속도 센서에 대해서 언급하고자 한다.

우선, 가속도 센서란 출력신호를 처리하여 물체의 가속도, 진동, 충격 등의 동적 힘을 측정하는 센서이다. 이 중 3축 가속도 센서는 3개의 축, 즉 x축, y축, z축을 기준으로 센서보드의 진동과 관성의 정도를 측정하여 출력한다. 일반적으로 가속도 센서는 운동평형 상태에 있는 3개의 대전된 막대가 내장되어 있으며, 모든 방향으로의 기울임 정도에 따라 각각의 막대가 회전 또는 이동함으로써 막대 사이에 존재하는 기전력의 변화를 검출하여 출력하는 센서이다[2],[4]. 3축 가속도 센서에서 측정되는 가속도의 좌표계는 그림 1과 같다. 그림 1에서 각 축의 출력단의 신호는 측정 방향을 나타낸다. 즉 좌·우가 x축, 전·후가 y축, 상·하 방향이 z축에 해당한다. 예를 들면 윗면에서 관찰할 경우 좌측 방향으로 힘이 인가되면 x축의 센서는 양의 값을 출력하고, 우측 방향으로 힘이 인가되면 음의 값을 출력한다[5-7]. 그리고 상측 방향으로 힘이 인가되면 y축의 센서는 양의 값을 출력하고, 하측 방향으로 힘이 인가되면 y축의 센서는 음의 값을 출력한다. 또한 옆면에서 관찰할 경우 상측 방향으로 힘을 인가

하면 z축의 센서는 음의 신호를 출력하고, 하측 방향으로 힘을 인가하면 양의 신호를 출력하게 된다. 인체 활동 시 이러한 세 가지 신호가 움직임이나 상태변화에 따라 각각 다른 신호를 출력하게 된다. 이 때 3축 가속도 센서가 움직이지 않고 멈춰 있어도 지구 중심 방향의 중력 가속도는 측정되며, 이 값은 해당 좌표축에 각각 분배되어 특정 값이 출력된다.

이렇게 3축 가속도 센서의 원리를 이용하여 사람의 걸음걸이를 측정 할 수 있다.

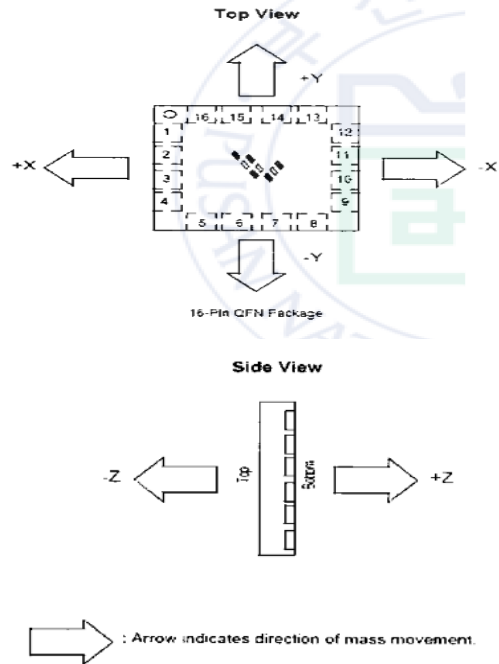


그림 1. 3축 가속도 센서에서 이용하는 좌표계
Fig. 1 Coordinate system in the 3-axis acceleration sensor

3.2 걸음 측정

보행은 사람의 일상생활 중 가장 빈번하게 이루어지는 신체적 활동 중 하나이며 자주 일어나는 동작이면서도 신체의 여러 부분의 대한 매우 복잡한 매커니즘을 가지고 있는 신체 운동이다. 또한 사람의 행동에서 보행은 운동량 측정이나 BMI(Body Mass Index) 계산과 같이 건강상태를 측정하는데 많이 활용되는 데이터이다. 이러한 데이터를 이용하여 평소 걸음걸이의

기준 값을 구할 수 있고, 술에 만취하였을 때 걸음걸이의 데이터 변화를 측정하여 위험성을 감지 할 수 있다. 기존 걸음 수 측정 알고리즘은 신체의 특정 위치에만 국한되어 정확한 걸음 수를 검출 하였다. 그러나 같은 동작이라 해도 노이즈나 노면 상태가 다른 경우, 신체 부착 위치가 다른 경우에 센서는 다른 결과를 얻게 된다. 이 단점을 해결하기 위한 방법으로는 '3축 가속도 센서'를 이용하는 것이다. 3축 가속도 센서를 이용하여 얻어진 데이터를 가지고 걸음걸이를 측정 할 때 상하 방향 운동이외의 진행방향의 요소, 회전에 의한 요소, 또는 비틀림에 대한 요소 들이 각 축 방향에 모두 포함된다. 그러므로 걸음 검출만을 위한 걸음 검출 알고리즘을 구하기 위해 여러 가지 연산 수가 증가한다. 이러한 연산의 수를 줄이기 위하여 SVM 연산을 사용한다. SVM 연산은 다음 (1)과 같다.

$$E_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2} \quad (1)$$

여기서, 값 들은 각 축에서 생성 된 데이터 값 들이고, 값은 각 데이터 값들을 이용하여 구한 에너지 값이다. 이렇게 에너지 값을 구하게 되면 각 방향이 어디로 향하든 같은 에너지 값이 나오므로 회전 값은 무시 할 수 있다. 따라서 걸음 검출을 할 경우 센서의 방향이나 위치에 구애 받지 않고 걸음 수를 측정 할 수 있다. 이러한 걸음걸이 측정은 운동량이나 건강상태 등을 측정하는데 응용되어지고, 최근에는 걸음패턴 인식을 이용한 추적용 Segway 카트 등에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다.

3.3 걸음걸이 측정을 통한 위험인지

2.1절과 2.2절에서 3축 가속도 센서에 대해서 알아보고, 이 센서를 이용하여 어떠한 식으로 걸음걸이를 측정 할지에 대해서 언급하였다. 이번 절에서는 3축 가속도 센서에 의해서 얻어진 데이터들을 가지고 PC에서 어떻게 처리해야 할지에 대해서 언급하고자 한다. 우선, 이 프로그램을 구현하기 위한 단계를 간단히 표현하면 다음과 같다.

- 1) 1초에 10회씩 데이터 값 샘플링
- 2) 걸음 별(느린 걸음, 빠른 걸음, 조깅 등) 30걸음의 실험 데이터로써 기준 걸음 값 설정

- 3) 임계치 적용
- 4) 샘플링 되는 값 중 임계치 이상이 되는 값 저장
- 5) 4)에서 저장된 최초, 최종 값을 기준으로 걸음 1회로 지정
- 6) 샘플링 된 에너지 값 합산
- 7) 식을 이용하여 최종 기준 걸음의 평균 값 도출 및 저장
- 8) 걸음을 변화시켜 1~5번 과정 반복
- 9) 변화 된 걸음걸이의 샘플링 된 에너지 값 합산 후 식을 이용하여 걸음걸이의 평균 값 도출
- 10) 기준 걸음걸이의 평균 값 과 9번의 평균값 비교
- 11) 식별결론 도출

위의 단계를 표현하면 다음과 같다.

우선, 평소 걸음걸이의 기준 값을 정하기 위해 실험을 진행한다. 이 때, 3축 가속도 센서에 의해 얻어지는 값들이 비선형적이기 때문에 샘플링을 하여 유사한 값을 도출 하도록 진행하고, 본 연구에서는 1초에 10회씩 샘플링 하도록 정하였다. 이 실험을 진행할 때에는 각 걸음걸이 별 즉, 느린 걸음, 빠른 걸음, 조깅 상태 등 의 각 부분에 대한 각각의 기준 값을 설정하였다. 이 때 본 문에서는 각 부분 당 30걸음으로 제한을 두고 실험을 진행한다. 이렇게 실험함으로써 3축 가속도 센서로부터 얻어진 데이터 값들에 대해 임계치를 적용한다. 본 연구에서 임계 값은 1.125 값을 적용하도록 한다. 이렇게 실험을 통해 얻어진 데이터 값들에 대해 임계 값을 적용 했을 때, 샘플링 되어진 값 중 임계치 이상이 되는 값들을 저장한다. 이렇게 저장 된 값들 중 최초 값과 최종 값을 기준으로 걸음걸이 1회로 지정하여 10번을 반복한다. 그 이후에 샘플링 되어진 에너지 값들의 총합을 구하고, 그 값을 30걸음으로 나누어 각 걸음걸이 별 최종 기준 걸음걸이 평균 값을 도출 및 저장한다. 이렇게 비교 할 수 있는 기준 값이 만들어 졌다면, 비정상 상태일 때의 상황을 가정하여 걸음걸이를 변화시켜 1~5번 과정을 반복한다. 반복 실험 한 후에 변화 된 걸음걸이의 샘플링 된 에너지 값을 합산 후, 그 총합을 30걸음으로 나누어 평균 값을 도출 한다. 마지막으로 정상상태 걸음걸이의 평균 값 과, 비정상 상태 걸음걸이의 평균 값을 비교하고, 이 값의 변화를 측정하여 현재 상황이 어떠한 상황인지에 대해서 감지 할 수 있다.

이러한 과정을 구현하기 위해서 3축 가속도 센서로부터 얻어진 데이터 값들을 계산하고, 비교 할 수 있도록 프로그램을 작성하였으며 아두이노에 SVM 수식을 포함하여 에너지 값을 구할 수 있도록 하고, 구해진 에너지 값을 비교하여 안전한 상태, 평범한 상태, 위험한 상태 로 나누었다.

IV. 실험 및 평가

본 연구에서는 3축 가속도 센서를 이용하여 걸음걸이를 측정하였다. 이 때 3축 가속도 센서에 의해서 들어오는 각 축의 데이터 값들을 SVM 연산에 대입하여 에너지 값을 구하였다. 이 때, 사람이 보행 중임을 판단 할 수 있는 기준이 에너지 값의 임계 값이다. 본 연구에서 실험한 결과, 정상상태의 걸음걸이로 보행하고 있을 때의 에너지 값과 비정상 상태의 걸음걸이로 보행하고 있을 때의 에너지 값의 차이가 명확하게 보이지 않았다. 즉 비정상 상태의 걸음걸이로 보행하고 있다고 해서 에너지 값이 항상 높지만은 않다는 점이다. 그렇기 때문에 에너지 값의 임계 값을 설정하여 오차범위를 설정하고 그 범위를 벗어나면 비정상 상태의 걸음걸이 이고, 오차범위를 벗어나지 않으면 정상상태의 걸음걸이라고 판단하는 데는 한계가 있다. 그래서 본 연구에서는 x축 혹은 y축의 가속도 성분 값의 오차범위를 설정하여 정상상태의 걸음걸이로 보행하는지 혹은 비정상 상태의 걸음걸이로 보행하는지 판단 하고자 한다. 왜냐하면 x축과 y축의 가속도 성분의 값은 비정상 상태의 걸음걸이로 보행할 때, 명확하게 값이 커지기 때문에 비교하기에 편리함이 있다. 그림 2는 정상상태의 걸음걸이로 보행하고 있을 때의 그래프 이다.

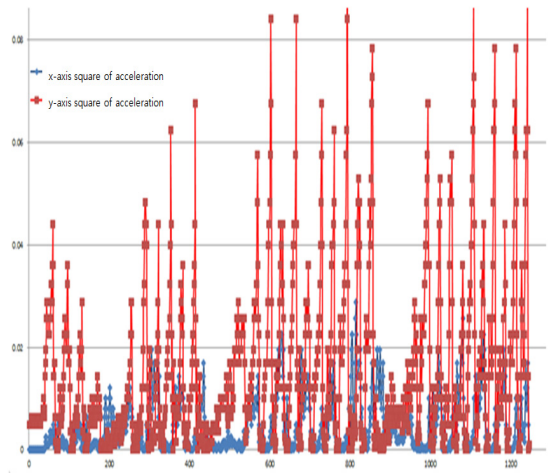


그림 2. 정상상태 일 때의 측정 결과

Fig. 2 Results of measure : Usual

위의 그래프는 본 연구에서 직접 실험한 정상상태의 걸음걸이로 보행 할 때의 데이터 값이다. 이 데이터 값은 x축과 y축의 데이터 값의 제곱을 해준 값으로 표현하였다. 데이터 값이 음수로도 나오기 때문에 제곱을 해주어 표현할 수 있었다.

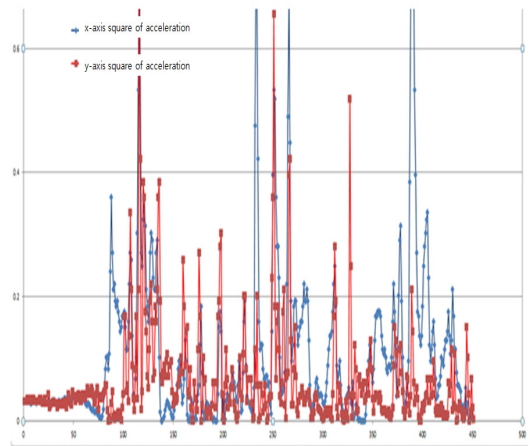


그림 3. 비정상 걸음 상태의 측정결과

Fig. 3 Results of measure : Unusual

그림 3.은 본 연구에서 직접 실험한 비정상 상태의 걸음걸이로 보행 할 때의 데이터 값 이다. 이 또한 음수의 표현을 배제하기 위해 x축과 y축의 제곱의 값으

로 표현하였다. 그림 2. 와 그림 3. 을 비교해 보면 각 그래프의 y축은 각 축의 데이터 값의 제곱 값으로 표현이 되는데, 그림 2의 경우는 y축의 최댓값이 0.1에 가깝다. 하지만 그림 3은 y축의 최댓값이 1을 훌쩍 넘는 수치가 나온다. 즉 정상상태의 걸음걸이로 보행하고 있을 때의 x축, y축의 가속도 성분 값에 비해서 비정상상태의 걸음걸이로 보행하고 있을 때의 x축, y축의 가속도 성분 값이 상당히 크기 때문에 비정상상태의 걸음걸이로 보행하고 있음을 판단 할 수 있다.

V. 결 론

본 연구는 보행자의 비정상적인 보행을 인식하는 방안을 제안하였다. 비정상적인 보행을 인식하는 것은 보행자가 스스로 인식하지 못한 채 어려운 상태에 처하였거나, 위험한 상태에 노출 되었을 때 예상되는 어려움과 위험에서 벗어나도록 돕는데 활용할 수 있으므로 그 필요성이 있다고 하겠다. 보행자가 우발적인 사고나 지속된 질병의 갑작스러운 진행 또는 만취 상태 등으로 정상적인 신체 상태를 유지하지 못하는 경우, 보유한 스마트 기기가 이를 인지하여 필요한 조치를 취하게 하는 것은 사용자에게 유익을 줄 수 있는 것이다. 본 연구의 비정상적인 걸음 인지는 기존의 연구가 개인 식별이나, 신체활동 측정을 목적으로 했던 것에 비하여 비상상황 또는 위험 상황에서의 회피 또는 도움을 얻을 수 있도록 기여하는데 목표를 가진다. 보행자의 생활안전 보장을 위한 것이다. 근래의 IoT 기술을 도입하여 본인의 인지와 자발적 도움 요청이 없더라도 위험과 어려움을 벗어날 수 있도록 하고자 함이다. 이에 본 연구는 3축 가속도 센서를 활용하여 보행자의 비정상적인 걸음을 인지하는 방안을 제안하였다. 3축 가속도 센서를 채택하여 보행자 개인의 정상적인 걸음을 분석하고 이를 정상걸음을 인지하는 기준으로 설정한 후 정상적인 걸음이 유지되는 상태에 대한 범위를 정하였다. 이후 3축 가속도 센서를 활용하여 걸음을 측정하여 그 측정 결과를 이미 정해진 정상 걸음 범위에 대조하여 정상과 비정상 여부를 판단하도록 하였다. 정상적인 걸음을 유지하는 상태를 벗어나 비정상적인 걸음을 지속하는 것으로 판명될 때, 이를 위험한 상태로 판정하도록 하였다.

향후 연구로는 비정상적인 걸음을 인지한 후 이를 효율적으로 전파하고 위험을 회피할 수 있는 서비스로 발전시킬 필요가 있다.

감사의 글

이 논문은 2015년 호서대학교 학술연구지원사업의 연구지원에 의하여 수행되었음.

References

- [1] K. An, E. Kim, U. Ryu, and Y. Chang, "Implementation on SVM based Step Detection Analyzer," *J. of Korea Multimedia Society*, vol. 16, no. 10, 2013, pp. 1147-1155.
- [2] G. Ha, "Step Count Detection Algorithm Using a 3-Axial Accelerometer Sensor," *Proc. of Korea Institute of Communication and Information Sciences*, Seoul, Korea, Nov., 2012, pp. 151-152.
- [3] C. Jeong, Y. Han, and T. Chung, "User Tracing Smart Segway Cart Using Step Pattern Recognition," *Proc. of Korea Institute of Information Scientists and Engineers*, Pyeongchang, Korea, Dec., 2014, pp. 1360-1362.
- [4] H. Woo, Y. Joo, S. Jang, and M. Choi, "Analysis about technology requirements for Development of Disaster Detecting Satellite Sensor," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10 no. 11, 2015, pp. 1205-1216.
- [5] B. Lee, "Adaptation of Customized Measurement of Stride Length in Smart Device," *J. of the Korea Contents Association*, vol. 13 no. 4, 2013, pp. 35-43.
- [6] D. Kim, S. Jeon, S. Kang, and N. Kim, "Customized Estimating Algorithm of Physical Activities Energy Expenditure using a Tri-axial Accelerometer," *J. of Korea Contents Association'11*, vol. 11 no. 12, 2011, pp. 103-111.
- [7] Y. Kim, S. Kim, H. Lho, and W. Cho, "Real-Time Step Count Detection Algorithm Using a Tri-Axial," *J. of Korea Society for Internet Information*, vol. 12, no. 3, 2012,

pp.17-26.

- [8] G. Heo, S. Yang, S. Lee, J. Lee, and C. Lee, "A Study on Particular Abnormal Gait Using Accelerometer and Gyro Sensor," *J. of the Korean Society for Precision Engineering* vol. 29, no. 11, 2011, pp. 1199-1206.
- [9] B. Lee, S. Hong, H. Lee, and E. Kim, "Gait-based Human Identification System using Eigen feature Regularization and Extraction," *J. of the Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 21, no. 1, 2011, pp. 6-11.
- [10] Y. Han, "Development of Gait Recognition System," *J. of Rehabilitation Engineering and Assistive Technology Society of Korea*, vol. 8, no. 2, 2014, pp. 133-138.
- [11] Y. Kim, H. Lho, and W. Cho, "Step Count Detection Algorithm and Activity Monitoring System Using a Accelerometer," *J. of the Institute of Electronic and Information Engineers*, vol. 48 CI, no. 2, 2011, pp. 127-137.
- [12] Y. Han, "Silhouette-based Gait Recognition using PBAS," *J. of Korea Institute of Information Technology*, vol. 12, no. 7, 2014, pp. 51-58.
- [13] P. Jung, S. Lee, C. Song, and D. Kim, "Counting Walk-steps and Detection of Phone's Orientation/Position Using Inertial Sensors of Smartphones," *J. of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 19, no. 1, 2013, pp. 46-50.
- [14] K. Lee, H. Kim, and Y. Lee, "Model-based tracking for human posture estimation," *Proc. of the Korea Human Computer Interaction Conf.*, Pyeongchang, Korea, Feb., 2006, pp. 1331-1334.
- [15] S. Kim, J. Park, D. Kim, and N. Kim, "The Study of Realtime Fall Detection System with Accelerometer and Tilt Sensor," *J. of the Korean Society for Precision Engineering*, vol. 28, no. 11, 2011, pp. 1330-1338.
- [16] B. Oh and Y. Choi "Stair Locomotion Method of Quadruped Robot Using Genetic Algorithm," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10 no. 9, 2015, pp. 1039-1048.
- [17] S. Park and S. Park, "Development and Verification of Zigbee-Based Monitoring and Control System for Electric Heat Tracing," *J.*

of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 10 no. 12, 2015, pp. 1395-1402.

저자 소개



김수희(Su-Hee Kim)

1979년 부산대학교 물리교육학과 (이학사)

1986년 University of Georgia, Computer science (이학석사)

1993년 University of South Carolina, Computer science (이학박사)

1994년 호서대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : Data Stream Processing, 사물인터넷

