

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2022-0163068
(43) 공개일자 2022년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01P 7/00 (2006.01) A61B 5/11 (2006.01)
G01P 15/00 (2006.01) G06F 1/16 (2006.01)
G16H 10/60 (2018.01)
(52) CPC특허분류
G01P 7/00 (2013.01)
A61B 5/112 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0071500
(22) 출원일자 2021년06월02일
심사청구일자 2021년06월02일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
박준석
서울특별시 강남구 삼성로 151, 10동 602호(대치동, 선경아파트)
배은태
서울특별시 강동구 고덕로79길 126-20, b3호(고덕동)
(74) 대리인
양정보

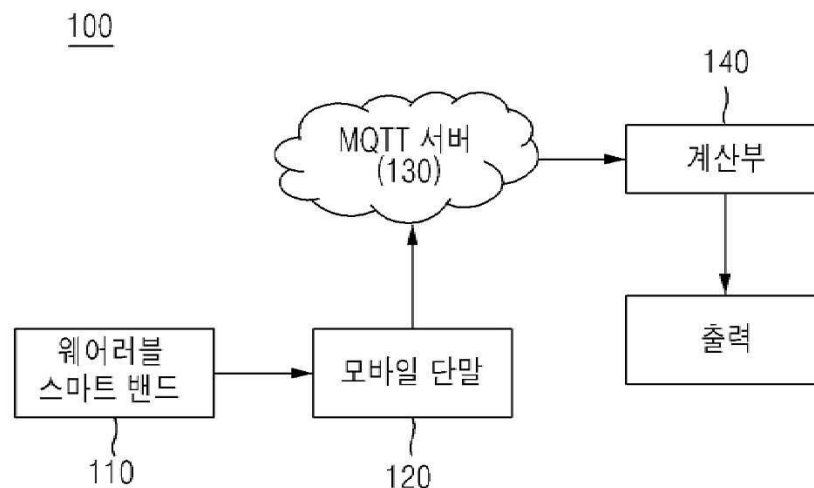
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 방법 및 시스템

(57) 요약

속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 방법 및 시스템이 제시된다. 본 발명에서 제안하는 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 시스템은 보행속도를 측정하기 위한 가속도 센서가 내장되고, 내장된 가속도 센서를 이용하여 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터를 수집하는 웨어러블 스마트 밴드, 설치된 어플리케이션을 통해 웨어러블 스마트 밴드에서 수집된 가속도 데이터를 수신하는 모바일 단말, 모바일 단말의 어플리케이션에서 가공된 가속도 데이터를 수신하는 MQTT서버 및 MQTT 서버로부터 수신한 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산하는 계산부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01P 15/003 (2013.01)

G06F 1/163 (2013.01)

G16H 10/60 (2021.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711120431
과제번호	2017M3C8A8091768
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기초 . 원천기술 개발사업
연구과제명	[Ezbaro] 디지털 컴패니언 기반의 고령자 모니터링 및 대응 소프트웨어 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2020.07.20 ~ 2021.06.19

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711129702
과제번호	2019R1F1A1057608
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기본연구
연구과제명	[Ezbaro] 멀티쓰레드 및 SIMD를 지원하는 범용 프로세서환경에서 소프트웨어로부터
의 코드 보호를 위한 컴파일러 분석, 변환 기술 연구	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

보행속도를 측정하기 위한 가속도 센서가 내장되고, 내장된 가속도 센서를 이용하여 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터를 수집하는 웨어러블 스마트 밴드;

설치된 어플리케이션을 통해 웨어러블 스마트 밴드에서 수집된 가속도 데이터를 수신하는 모바일 단말;

모바일 단말의 어플리케이션에서 가공된 가속도 데이터를 수신하는 MQTT서버; 및

MQTT 서버로부터 수신한 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산하는 계산부

를 포함하는 가속도 센서를 이용한 보행속도 측정 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 계산부는,

웨어러블 스마트 밴드를 통한 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지 수신되는 가속도 데이터를 파싱하여 추출된 가속도 값을 적분하고, 종료되는 시점에 로그 형식으로 결과 값을 산출하는

가속도 센서를 이용한 보행속도 측정 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 계산부는,

MQTT 서버로부터 초단위로 전송되는 가속도 데이터에 대한 적분을 초단위로 수행하고,

가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지의 시간 동안의 값이 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})에 가속도 데이터를 이용하여 초 단위로 계산되는 속도(v)를 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지의 시간 동안 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})에 더하는

가속도 센서를 이용한 보행속도 측정 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 계산부는,

가속도 데이터 수집이 종료되면 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})을 시간 변화량(Δt)으로 나누어 평균을 구하고, 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})과 놈($norm$)을 취한 값인 $|v_{acc}|$ 을 로그로 출력하고 계산을 종료하는

가속도 센서를 이용한 보행속도 측정 시스템.

청구항 5

보행속도를 측정하기 위한 가속도 센서가 내장된 웨어러블 스마트 밴드를 통해 내장된 가속도 센서를 이용하여 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터를 수집하는 단계;

모바일 단말에 설치된 어플리케이션을 통해 웨어러블 스마트 밴드에서 수집된 가속도 데이터를 수신하는 단계;

MQTT서버를 통해 모바일 단말의 어플리케이션에서 가공된 가속도 데이터를 수신하는 단계; 및

계산부를 통해 MQTT 서버로부터 수신한 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산하는 단계를 포함하는 가속도 센서를 이용한 보행속도 측정 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 계산부를 통해 MQTT 서버로부터 수신한 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산하는 단계는, 웨어러블 스마트 밴드를 통한 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지 수신되는 가속도 데이터를 파싱하여 추출된 가속도 값을 적분하고, 종료되는 시점에 로그 형식으로 결과 값을 산출하는 가속도 센서를 이용한 보행속도 측정 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

MQTT 서버로부터 초단위로 전송되는 가속도 데이터에 대한 적분을 초단위로 수행하고,

가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지의 시간 동안의 값이 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})에 가속도 데이터를 이용하여 초 단위로 계산되는 속도(v)를 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지의 시간 동안 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})에 더하는

가속도 센서를 이용한 보행속도 측정 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

가속도 데이터 수집이 종료되면 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})을 시간 변화량(Δt)으로 나누어 평균을 구하고, 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})과 놈($norm$)을 취한 값인 $|v_{acc}|$ 을 로그로 출력하고 계산을 종료하는

가속도 센서를 이용한 보행속도 측정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 고령인구의 증가가 사회적 문제로 부상하면서 고령자 상황인지 및 응급상황 대응기술에 대한 수요가 증가하고 있다. 고령자에 대한 여러 가지 일상 생활 중 위험 요소 가운데, 상당 부분을 차지하는 것이 낙상이다. 매년 70세 이상 고령자의 35%, 80세 이상에서는 50%에서 낙상사고가 발생하며, 이로 인한 고관절 골절의 경우 치료 후 1년 내 사망률이 14~36%에 이르는 것으로 알려져 있다[1]. 기존연구에 따르면 노인의 경우, 보행속도 및 보폭의 급격한 감소를 낙상 위험의 중요한 전조증상으로 판단할 수 있다고 한다[2-4].

[0003] 최근 널리 사용되는 스마트 워치와 같은 착용형 스마트 디바이스를 이용할 경우 보폭변화나 보행속도의 변화를 손쉽게 측정 관리할 수 있다. 그러나 상용 디바이스의 경우 GPS 정보를 이용하여 이동속도를 측정하는 경우가 많아 달리기와 같이 큰 움직임에 따른 속도 측정에 특화된 경우가 많다. 또 연구용으로 사용되는 보폭 분석기의 경우 깊이 카메라와 같은 고가의 장비가 필요한 경우가 많다. 따라서 고령자의 실내 일상 생활중의 보행속도를 통해 낙상사고의 전조를 관리하는 데는 한계가 있다.

[0004] 따라서, 단순화된 저가의 착용형 센서 디바이스를 사용하여 측정하는 가속도 정보를 통해, 보행자의 보행속도를 측정 및 관리하는 방안을 필요로 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 가속도 센서 정보만을 이용하여 정확도 높은 보행속도를 측정하는 방법 및 장치를 제공하는데 있다. 단순화된 저가의 착용형 센서 디바이스를 사용하여 측정하는 가속도 정보를 통해, 보행자의 보행속도를 측정 관리함으로써, 궁극적으로 고령자의 낙상예측 지표로 사용하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0006] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 시스템은 보행속도를 측정하기 위한 가속도 센서가 내장되고, 내장된 가속도 센서를 이용하여 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터를 수집하는 웨어러블 스마트 밴드, 설치된 어플리케이션을 통해 웨어러블 스마트 밴드에서 수집된 가속도 데이터를 수신하는 모바일 단말, 모바일 단말의 어플리케이션에서 가공된 가속도 데이터를 수신하는 MQTT서버 및 MQTT 서버로부터 수신한 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산하는 계산부를 포함한다.
- [0007] 상기 계산부는 웨어러블 스마트 밴드를 통한 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지 수신되는 가속도 데이터를 파싱하여 추출된 가속도 값을 적분하고, 종료되는 시점에 로그 형식으로 결과 값을 산출한다.
- [0008] 상기 계산부는 MQTT 서버로부터 초단위로 전송되는 가속도 데이터에 대한 적분을 초단위로 수행하고, 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지의 시간 동안의 값이 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})에 가속도 데이터를 이용하여 초 단위로 계산되는 속도(v)를 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지의 시간 동안 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})에 더한다.
- [0009] 상기 계산부는 가속도 데이터 수집이 종료되면 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})을 시간 변화량(Δt)으로 나누어 평균을 구하고, 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})과 놈($norm$)을 취한 값인 $|v_{acc}|$ 을 로그로 출력하고 계산을 종료한다.
- [0010] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 방법은 보행속도를 측정하기 위한 가속도 센서가 내장된 웨어러블 스마트 밴드를 통해 내장된 가속도 센서를 이용하여 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터를 수집하는 단계, 모바일 단말에 설치된 어플리케이션을 통해 웨어러블 스마트 밴드에서 수집된 가속도 데이터를 수신하는 단계, MQTT서버를 통해 모바일 단말의 어플리케이션에서 가공된 가속도 데이터를 수신하는 단계 및 계산부를 통해 MQTT 서버로부터 수신한 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0011] 본 발명의 실시예들에 따르면 가속도 센서 정보만을 이용하여 정확도 높은 보행속도를 측정할 수 있다. 단순화된 저가의 착용형 센서 디바이스를 사용하여 측정하는 가속도 정보를 통해, 보행자의 보행속도를 측정 관리함으로써, 궁극적으로 고령자의 낙상예측 지표로 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산하는 알고리즘을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 보행속도 대비 측정 속도의 오차를 백분율로 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 고령인구의 증가가 사회적 문제로 부상하면서 고령자 상황인지 및 응급상황 대응 기술에 대한 수요가 증가하고 있다. 낙상은 고령자의 일상생활에서 빈번히 발생하는 동시에 고령자의 건강과 삶의 질을 위협하는 중대한 위험

요인이므로 이에 대한 대비가 중요하다. 보폭 및 보행 속도 측정과 같은 보행 분석은 낙상 가능성을 감지하는데 중요한 인자로 알려져 있다. 본 발명에서는 저가의 가속도 센서만을 이용하여 보행속도를 측정하는 방법 및 장치를 제안한다. 실험을 통해 측정 데이터와 실제 보행속도에 따른 오차 경향을 분석함으로써 일상 생활 중 보행 분석이 가능함을 확인하였다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

- [0014] 종래기술[2-4]에 따르면, 보폭(stride)의 변동성 증가가 낙상 가능성의 증가와 연관이 있음이 알려져 있다. 이러한 특성을 토대로 보행속도와 보폭 등으로 고령자의 낙상 위험성을 정량적으로 감지하는 보행 분석 기술(gait analysis assessment)들이 제안되었다. 본 발명에서는 이러한 낙상 감지 기술에 기반이 되는 보행 속도 측정 메커니즘을 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0015] 보행속도 측정 기술은 그 접근 방식에 따라 다양하게 분류된다. 첫째 방식은 통제된 환경에서 보행속도를 측정하는 방식이다. 압력 센서 기반의 GAITRite 보행 매트 위에서 보행을 측정하거나 키네틱(Kinetic) 깊이 카메라를 이용한 컴퓨터 비전 기반의 측정 방법이 이에 해당한다.
- [0016] 둘째 방식은 광대역이나 협대역 레이더를 사용하여 무선으로 보행속도를 측정하는 방식이다. 지금까지 소개한 방식들은 정밀한 측정 데이터를 산출하지만 공간이 제한적이거나 값비싼 장비를 동원해야 한다는 단점이 존재한다.
- [0017] 셋째 방식은 태블릿이나 전화기와 같은 스마트 기기에서 GPS를 이용한다. 이는 값비싼 장비를 동원할 필요는 없지만, 정밀한 움직임을 포착하지 못 한다는 단점이 있다. 이외에 가속도 센서나 자이로 센서를 사용하는 웨어러블 컴퓨팅 방식은 상대적으로 저렴한 비용으로 보행속도 측정을 제공한다[5].
- [0018] 본 발명은 이러한 웨어러블 컴퓨팅 방식으로 접근하고 있으며, 가속도와 자이로 센서를 모두 사용하는 종래기술[6]과는 달리 가속도 센서만을 사용하는 단순한 방법을 제안한다.
- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0021] 본 발명의 실시예에 따른 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 시스템은 센서가 내장된 웨어러블 스마트 밴드(110), BLE 통신으로 웨어러블 스마트 밴드의 데이터를 수신하는 어플리케이션이 설치된 모바일 단말(120), 어플리케이션에서 가공된 데이터를 수신하는 MQTT서버(130), MQTT서버(130)로부터 수신한 가속도를 보행속도로 계산하는 응용 프로그램을 이용하는 계산부(140)를 포함한다. 이 응용 프로그램을 '계산 프로그램'이라고 부르기로 한다. 이 계산 프로그램은 가속도 적분 알고리즘을 구현하고 있다. 도 1은 웨어러블 스마트 밴드(110)로부터 전송된 데이터가 이동하여 최종적으로 계산부(140)에서의 계산 프로그램에 의해 출력 데이터로 산출되는 과정을 나타내고 있다.
- [0022] 본 발명의 실시예에 따르면, 모바일 단말(120)의 어플리케이션과 MQTT 서버(130), 계산부(140)의 계산 프로그램 간의 데이터 통신은 JSON 형식으로 이뤄지며, 계산부(140)는 계산 프로그램을 통해 측정 시작부터 끝 지점까지 수신된 메시지를 파싱하여 추출된 가속도 값을 적분한다. 그리고 프로그램이 종료하는 시점에 로그 형식으로 결과 값을 산출한다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 웨어러블 스마트 밴드(110)는 보행속도를 측정하기 위한 가속도 센서가 내장되고, 내장된 가속도 센서를 이용하여 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터를 수집한다.
- [0024] 모바일 단말(120)은 설치된 어플리케이션을 통해 웨어러블 스마트 밴드에서 수집된 가속도 데이터를 수신한다.
- [0025] MQTT서버(130)는 모바일 단말의 어플리케이션에서 가공된 가속도 데이터를 수신한다.
- [0026] 계산부(140)는 MQTT 서버로부터 수신한 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산한다.
- [0027] 계산부(140)는 웨어러블 스마트 밴드를 통한 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지 수신되는 가속도 데이터를 파싱하여 추출된 가속도 값을 적분하고, 종료되는 시점에 로그 형식으로 결과 값을 산출한다.
- [0028] 계산부(140)는 MQTT 서버로부터 초단위로 전송되는 가속도 데이터에 대한 적분을 초단위로 수행한다. 그리고 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지의 시간 동안의 값이 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})에 가속도 데이터를 이용하여 초 단위로 계산되는 속도(v)를 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지의 시간 동안 적분된 가속도 값의

누적(v_{acc})에 더한다.

[0029] 계산부(140)는 가속도 데이터 수집이 종료되면 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})을 시간 변화량(deltaTime)으로 나누어 평균을 구하고, 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})과 놈(norm)을 취한 값인 $|v_{acc}|$ 을 로그로 출력하고 계산을 종료한다.

[0031] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산하는 알고리즘을 나타내는 도면이다.

[0032] 수식 (1)은 가속도를 시간에 대해 적분하면 속도라는 사실을 나타낸다. 계산부는 MQTT 서버로부터 입력되는 가속도 데이터를 적분하여 누적인 다음에 측정 구간 동안의 시간 변화량으로 나누는 것이 계산 프로그램 알고리즘의 기본 아이디어다.

$$v(t) = \int a(t) dt \quad (1)$$

[0034] 도 2는 계산 프로그램의 동작 과정을 나타내는 알고리즘을 나타낸다. 계산 프로그램의 알고리즘은 적분에 기반을 두고 있기 때문에 측정 시간 동안 값을 누적할 수 있는 전역 변수가 필요하며, 크게 두 가지 값이 존재한다.

[0035] 하나는 적분된 가속도 값의 누적이다. 이를 v_{acc} 라 하자. 가속도 a 는 센서로부터 x, y, z 3차원으로 측정되어 들어오기 때문에 v_{acc} 역시 3차원 벡터이다. 계산 프로그램은 수식 (1)의 적분식을 수식 (2)와 같이 구현한다.

$$v = \sum a_i \cdot 9.8 \cdot dt \quad (2)$$

[0037] 가속도 데이터는 MQTT 서버로부터 초단위로 전송되며, 입력된 가속도 데이터에 대한 적분도 초단위로 수행한다. 즉, 수식 (2)에서 v 는 초 단위로 계산되는 속도를 나타낸다. 가속도 센서로부터 수집되는 가속도는 중력 g 단위로 들어오기 때문에 중력 상수 9.8을 곱해주었으며, 미소시간인 dt 는 센서의 샘플링 주파수가 50Hz이므로 1초를 50으로 나눈 1/50로 근사한 값이다. 측정이 수행되는 동안에는 매초 계산된 v 는 수식 (3)과 같이 v_{acc} 에 누적된다. 시간 변화량(deltaTime)은 측정 시작 이후의 경과 시간으로, 초 단위로 나타낸다.

$$v_{acc} \leftarrow v_{acc} + v \quad (3)$$

[0039] 측정이 종료되면 계산 프로그램은 v_{acc} 를 시간 변화량(deltaTime)으로 나눠 평균을 구한다. 그리고 v_{acc} 와 놈(norm)을 취한 값인 $|v_{acc}|$ 을 로그로 출력하고 프로그램을 종료한다.

[0041] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0042] 제안하는 가속도 센서를 이용한 정확도 높은 보행속도 측정 방법은 보행속도를 측정하기 위한 가속도 센서가 내장된 웨어러블 스마트 밴드를 통해 내장된 가속도 센서를 이용하여 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터를 수집하는 단계(310), 모바일 단말에 설치된 어플리케이션을 통해 웨어러블 스마트 밴드에서 수집된 가속도 데이터를 수신하는 단계(320), MQTT서버를 통해 모바일 단말의 어플리케이션에서 가공된 가속도 데이터를 수신하는 단계(330) 및 계산부를 통해 MQTT 서버로부터 수신한 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산하는 단계(340)를 포함한다.

[0043] 단계(310)에서, 보행속도를 측정하기 위한 가속도 센서가 내장된 웨어러블 스마트 밴드를 통해 내장된 가속도 센서를 이용하여 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터를 수집한다.

[0044] 단계(320)에서, 모바일 단말에 설치된 어플리케이션을 통해 웨어러블 스마트 밴드에서 수집된 가속도 데이터를 수신한다.

[0045] 단계(330)에서, MQTT서버를 통해 모바일 단말의 어플리케이션에서 가공된 가속도 데이터를 수신한다.

[0046] 단계(340)에서, 계산부를 통해 MQTT 서버로부터 수신한 가속도 데이터만을 이용하여 보행속도로 계산한다.

- [0047] 계산부는 웨어러블 스마트 밴드를 통한 사용자의 움직임에 대한 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지 수신되는 가속도 데이터를 파싱하여 추출된 가속도 값을 적분하고, 종료되는 시점에 로그 형식으로 결과 값을 산출한다.
- [0048] 계산부는 MQTT 서버로부터 초단위로 전송되는 가속도 데이터에 대한 적분을 초단위로 수행한다. 그리고 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지의 시간 동안의 값이 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})에 가속도 데이터를 이용하여 초 단위로 계산되는 속도(v)를 가속도 데이터 수집 시작부터 종료까지의 시간 동안 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})에 더한다.
- [0049] 계산부는 가속도 데이터 수집이 종료되면 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})을 시간 변화량(Δt)으로 나누어 평균을 구하고, 적분된 가속도 값의 누적(v_{acc})과 놈(norm)을 취한 값인 $|v_{acc}|$ 을 로그로 출력하고 계산을 종료한다.

[0051] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 보행속도 대비 측정 속도의 오차를 백분율로 나타낸 그래프이다.

[0052] 본 발명의 실시예에 따른 웨어러블 스마트 밴드는 모션센서 모듈로 TDK InvenSense MPU-9250을 내장하고 있으며, 이는 가속도, 자이로, 지자기 측정이 가능하다. 본 발명의 실시예에 따른 실험에서는 이 중 가속도 데이터만을 사용한다. 가속도 센서는 $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$, $\pm 16g$ 단위로 조정이 가능하고 16bit ADC를 내장하고 있다. 밴드로부터 측정된 데이터는 모바일 어플리케이션과 MQTT 서버를 거쳐 PC에서 동작하는 계산 프로그램으로 전송된다.

[0053] 실험은 이동거리 30m를 기준으로 야외에서 진행하였다. 측정 데이터의 정확성을 높이기 위해 밴드 착용은 오른쪽 발목으로 고정했다. 실험은 소요시간 17초부터 35초까지의 구간을 두고 보행속도에 변화를 주며 40회에 걸쳐 진행했다.

[0054] 각 실험 당 소요시간을 속도로 환산한 것을 '보행속도'로, 각 실험에서 계산 프로그램이 산출한 적분 값의 놈(norm)을 '측정 속도'라 하였다. 이때 보행속도 대비 측정 속도의 오차를 백분율로 나타낸 결과는 도 4와 같다. 보행속도 0.94m/s부터 1.33m/s까지는 오차율이 최소 0.53%에서 최대 6.46%까지 측정되었고, 그 이후부터는 중간에 10% 이상에서 등락이 있었지만 1.83m/s 즉, 6.59km/h까지는 오차율이 10% 미만인 9.57%가 측정되었다.

[0055] 그 이후부터는 보행속도의 증가에 따라 더 큰 폭으로 오차가 증가하는 경향을 보인다. 표 1은 이 두 값의 상관관계를 나타내기 위해 선형 회귀 분석을 시행한 결과를 나타낸다. 표 1에 따르면, 조정된 결정계수는 약 0.734로 높은 상관관계를 보여주고 있다.

[0056] <표 1>

회귀분석 통계량	
다중 상관계수	0.860758
결정계수	0.740904
조정된 결정계수	0.734086
표준 오차	0.23239
관측 수	40

[0057]

[0058] 본 발명에서는 가속도 센서만으로 보행속도를 측정하는 방법을 제안하였다. 가속도 센서를 발목에 착용하여 보행 속도에 변화를 주며 40회에 걸쳐 실험을 진행하였으며, 실제 보행속도와 계산 프로그램을 통해 측정된 보행속도의 오차를 분석하였다. 분석 결과 저속 보행 시 더욱 낮은 오차율을 보이며, 6.59km/h까지 10% 미만의 오차율을 보인다. 성인 남성의 평균 보행속도가 5km/h에 못 미친다는 점을 고려했을 때 본 연구에서 제안하는 보행속도 측정 알고리즘은 고령자를 대상으로 적용했을 때 더 높은 신뢰도를 기대할 수 있다. 이처럼 본 발명은 적은 비용으로 높은 신뢰도의 보행속도 측정 방법 및 시스템을 제안한다. 또한, 다양한 지형과 연령대별 실험을 추가로 진행하여 더욱 일반적인 상황에서의 측정에 대한 분석이 가능하다. 또한, 측정 오차를 줄일 수 있는 개선 방안 및 수집된 정보를 이용하여 고령자의 낙상 가능성 예측에 사용할 수도 있다.

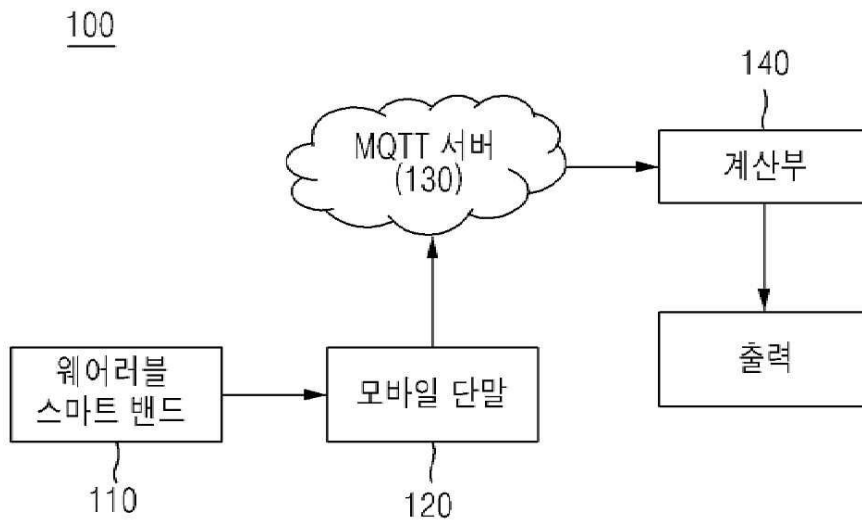
- [0060] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(configuration)도 가능하다.
- [0061] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [0062] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [0063] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0064] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.
- [0066] <참고자료>
- [0067] [1] Kanten, D. N., Mulrow, C. D., Gerety, M. B., Lichtenstein, M. J., Aquilar, C. and Cornell, J. E., "Falls : an examination of three reporting methods in nursing homes," Journal of Am. Geriatr. Soc., Vol. 41, No. 6, pp. 662-666, 1993.
- [0068] [2] Grisso, J. A, Kelsey, J. L. and Strom, B. L., "Risk factors for falls as a cause of hip fracture in women," The New England Journal of Medicine, Vol. 324, No. 19, pp. 1326-1331, 1991.
- [0069] [3] Hausdorff JM, Edelberg HK, Mitchell SL, Goldberger AL, Wei JY. "Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers." Arch Phys Med Rehabil. 1997;78:278-283.
- [0070] [4] Hausdorff JM, Edelberg HK, Cudkowicz ME, Singh MA, Wei JY. "The relationship between gait changes

and falls." J Am Geriatr Soc. 1997 Nov;45(11):1406.

- [0071] [5] Morita, P. P.; Rocha, A. S.; Shaker, G.; Lee, D.; Wei, J.; Fong, B.; Thatte, A.; Karimi, A.; Xu, L.; Ma, A.; Wong, A.; Boger, J. Comparative Analysis of Gait Speed Estimation Using Wideband and Narrowband Radars, Thermal Camera, and Motion Tracking Suit Technologies. J. Electr. Eng. Technol. 2020, 4, 215-237.
- [0072] [6] 서형규, 성벽경, 김동환, "가속도 센서와 자이로 센서를 이용한 보행자 이동거리 측정 알고리즘" 2014년도 대한기계학회 IT 융합부문 춘계학술대회 논문집, p.147-148

도면

도면1



도면2

```

Subscribe_MQTT_server()

Vacc = 0
deltaTime = 0

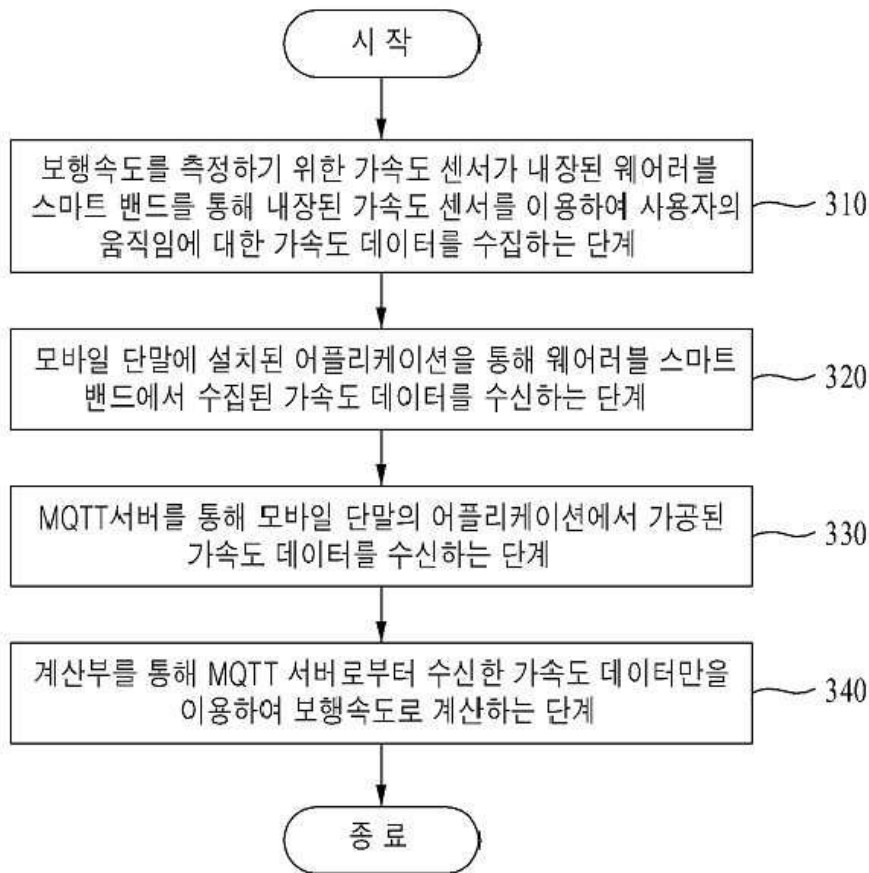
// loop는 측정 동안 계속 참(True)
while (loop) {
    wait_for_message ()
    Vacc = Vacc + sum(a) * 9.8 * dt
    deltaTime++
}

// 측정 종료
Vacc = Vacc / deltaTime
log( Vacc )
log(| Vacc |)

// end of program

```

도면3



도면4

