

압전센서 어레이를 이용한 보행자의 이동방향 감지 방법

정동훈* · 장시웅*

*동의대학교

Detection of moving direction of a pedestrian using piezoelectric sensor array

Dong-Hun Jung* · Si-Woong Jang*

*Dong-Eui University

E-mail : idh1992@nvaer.com, swjang@deu.ac.kr

요 약

기존의 이동방향 인식 시스템은 개인의 스마트폰 내부에 있는 센서 중 자이로/가속도 센서를 이용하여 측정하였다. 자이로/가속도 센서는 외부의 영향을 거의 받지 않아 정확도가 높다고 볼 수 있지만, 스마트폰의 위치에 따라 정확도가 변한다. 따라서, 기존의 이동방향 인식 시스템은 개인의 이동방향을 감지하기에는 적합하나 다수의 보행자에 대한 이동방향을 시스템에서 인식하기에는 부적합하다.

본 논문에서는 다수의 보행자에 대한 이동방향을 인식하기 위해 압전센서 어레이를 이용하여 특정 구역의 바닥에 설치하고 보행자와 압전센서 사이의 접촉형태와 개수를 파악하고, 시간을 측정하여 보행자의 이동방향을 계산한다.

키워드

압전 센서, 아두이노, 이동 방향 측정, 걷기

I. 서 론

최근 통로를 지나가는 사람을 계수하거나 공간 내 사람이 몇 명 있는지 계수하는 연구가 활발하게 진행 중이다. 인원 계수를 위해 사용되는 센서는 초음파, 적외선, 카메라 센서 등이 대표적이다. 특히 카메라를 통해 찍힌 사진에서 이미지를 처리를 거쳐 사람 윤곽과 비슷한 특정 객체를 검출 또는 추적이 가능하며 비교적 높은 정확성을 가진다. 하지만, 정확성이 높게 나오려면 고해상도 카메라를 필요로 하는데 이는 가격이 높을 뿐 아니라 데이터의 저장 공간이 높아야 하며, 이미지 처리에 많은 시간이 소모된다. 또한 카메라 설치의 복잡성이 따른다[1,2].

또한, 개인의 스마트폰 GPS 시스템을 이용하여 위치정보를 검출한다. 그러나 GPS가 가지는 가시선 특성 때문에 실내에서는 신호 수신에 불가능하여 다른 방법으로 위치를 도출하여야 한다. 따라서 실내 위치 기반 연구에는 RFID, Bluetooth, Wi-Fi, 관성센서 등의 GPS가 아닌 다른 센서들을 활용하여 실내에서 위치를 알아내고자 하는 연구가 진행되어 왔다[3,4]. 그러나 이들 방법은 개인

의 이동방향을 감지하기에는 적합하나 다수의 보행자에 대한 이동방향을 시스템에서 인식하기에는 부적합하다.

따라서, 본 논문에서는 압전센서 어레이를 이용하여 보행자의 이동방향을 감지하는 모듈을 제작하였다. 제작된 모듈을 통하여 다수의 보행자에 대한 이동방향을 인식 및 계산하고, 데이터를 이용하여 블루투스 통신을 통해 스마트폰에 전송 후 출력한다.

II. 이동방향 감지 방법 비교

보행자의 이동방향 감지 방법에는 스마트폰의 위치 기반 서비스를 이용한 방법과, 자이로/가속도 센서를 이용한 방법이 있으며, 카메라를 이용하는 분야인 컴퓨터 비전을 이용하는 방법이 있다.

2.1 위치 기반 서비스를 이용한 방식

위치 기반 서비스는 Global Positioning System의 약자로 GPS라고 불린다. 이는 범지구 위성항법 시스템으로서 시간에 관계없이 정확한 위치를

확인할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 터널 안이나 고층빌딩이 늘어난 도심 등 GPS 신호 수신 불가능한 지역에서 위치 정보 획득이 불가능한 점, 연속적이지 않은 일정 간격(1Hz)으로 정보를 획득하는 단점 또한 존재한다[5].

GPS에서의 이동방향 감지 방법은 최소 두 점의 좌표로 구할 수 있으며 현재좌표를 기준으로 이전 좌표 혹은 다음 좌표를 이용하여 계산할 수 있다. 이전 좌표들과 현재 좌표로 계산된 방향은 과거의 이동방향 성격이 짙으며, 현재 좌표와 다음 좌표로 계산된 방향은 미래의 이동방향 성격이 짙다[6].

따라서, GPS를 이용하여 이동방향을 탐지할 경우 개개인의 절대적인 이동방향은 탐지가 가능하지만 다수의 보행자에 대한 이동방향 감지는 불가능하다.

2.2 자이로/가속도 센서를 이용한 방식

스마트폰의 자이로/가속도 센서는 3축(Pitch, Roll, Yaw)의 값이 있는데 이중 Yaw값을 사용한다. Yaw값은 수평으로 놓여있는 디바이스에 수직으로 내려오는 선을 기준으로 디바이스의 각속도 변화 값을 나타낸다. 디바이스의 각속도 변화 값을 이용하여 변화된 각도 값을 얻을 수 있다. 하지만 자이로 센서의 드리프트 현상이 발생하여 상대적인 각도 차이는 비교적 정확하지만, 실제 각도와 차이가 많이 발생한다[4]. 이를 이용하여 이동방향을 감지할 경우 드리프트 현상으로 인해 측정하면 할수록 오차율이 커져 실제 이동방향을 탐지하기 힘들어지는 결과가 나온다.

2.3 컴퓨터 비전을 이용한 방식

컴퓨터 비전은 카메라를 이용하여 크게 움직임이 발생한 객체를 검출하고, 추적하고, 해석하는 단계로 이루어진다. 객체 검출 단계에서는 일반적으로 차 영상 기법을 사용한다. 차 영상을 계산할 때 배경영상과 현재영상과의 차 영상, 이전 영상과 현재영상과의 차 영상 과 같이 참조영상으로서 어떤 영상을 사용하는지에 따라 조금씩 그 결과가 다르게 나타난다. 객체 추적 단계에서는 객체 검출 단계에서 검출된 객체별로 labeling 하여 객체를 구분한다. 구분된 객체의 추적을 위해 다음프레임에서의 구분된 객체들과의 대응을 이용하여, 객체를 추적한다. 추적된 객체의 움직임을 그림 1과 같이 해석이 가능하다[7].

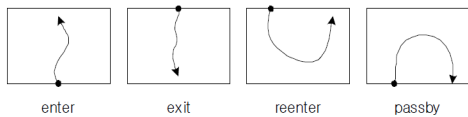


그림 1. 객체의 동선 해석

컴퓨터 비전으로 보행자의 이동방향을 파악할 경우 다수에 대한 이동방향 감지가 가능하다는

장점이 있다. 하지만 성능 높은 하드웨어와 고비용의 카메라를 필요로 하며, 카메라 설치의 복잡성이 따른다.

III. 이동방향 감지 방법

3.1 압전센서 어레이 구성 방법

본 논문에서는 압전센서 어레이를 구성하고, 압전센서의 값을 측정하고 구현된 알고리즘에 따라 처리하는 보드, 처리된 데이터를 전송하는 통신모듈과 데이터를 받는 스마트폰 앱으로 구성되어 있다. 구성된 압전센서 어레이의 모습은 그림 2와 같다.

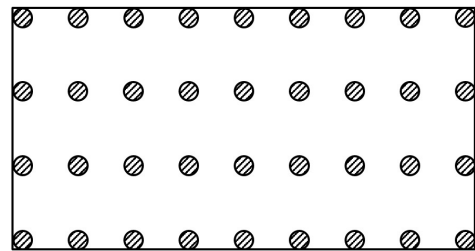


그림 2. 설계된 압전센서 어레이의 모습

그림 2는 압전센서 어레이의 모습으로, 압전소자를 사용하여 구성하였다. 압전센서간 상하 거리는 성인 평균 발 크기의 60%에 해당하는 길이로 발이 작은 성인 여성부터 발이 큰 성인 남성까지 센서 발판을 밟으면 인식이 가능하도록 하였다. 또한, 좌우 거리는 성인의 평균 발 볼 길이에 해당하는 길이로 지정하였다.

보드는 압전센서 어레이에서 측정된 값을 그림 3과 같은 알고리즘으로 이동방향을 감지하는 역할을 한다. 통신모듈은 감지된 방향을 스마트폰 앱으로 전송하는 역할을 한다. 스마트폰 앱은 통신모듈을 통해 전송 받은 데이터를 보여주는 역할을 한다.

3.2 알고리즘

그림 3은 이동방향 감지 알고리즘으로 센서를 2차원 배열의 형태로 설치한다. 압전센서 어레이가 설치된 장소를 지나가는 인원이 압전센서 어레이를 밟으면 인식을 하고 시간을 센서별로 저장하게 된다. 최초 인식된 센서를 기준으로 센서의 상, 하 방향에 대한 시간 차이를 계산하여 나온 값이 0.4초 이내일 경우 같은 발로 인식을 하여 방향성을 준다. 방향에 따라 각 방향별로 카운트를 하여 값을 증가시켜 저장한다. 저장된 값을 블루투스 통신을 통하여 스마트폰에 각 방향에 대한 값을 블루투스가 연결 되었을 때 전송하여 준다.

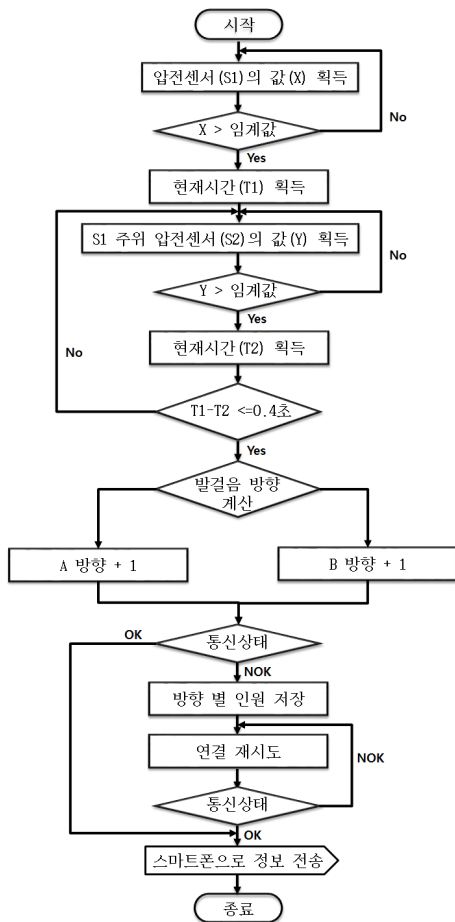


그림 3. 이동방향 감지 알고리즘

IV. 실험

4.1 실험 방법

실험 방법은 복도 혹은 통로에 압전센서 어레이를 설치하고 그림 4와 같이 4가지 상황을 주고, 한 명당 센서 매트 한 번만 밟고, 밟을 때 2개의 압전센서를 밟는다는 가정을 하여 실험한다. 각 상황별로 100번 씩 반복하여 진행하였다.

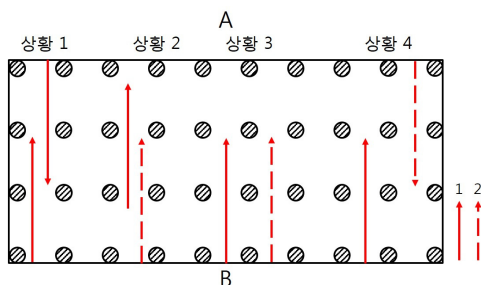


그림 4. 상황별 실험 방법

상황 1은 한 명의 인원이 A 방향으로 이동한 뒤, B 방향으로 이동하는 상황.

상황 2는 두 명의 인원이 A방향 혹은 B 방향으로 순차적으로 이동하는 상황.

상황 3은 두 명의 인원이 동시에 A 방향 혹은 B 방향으로 이동하는 상황.

상황 4는 두 명의 인원 중 한 명은 A 방향, 나머지 한 명은 B 방향으로 동시에 이동하는 상황.

4.2 실험 결과

각 상황별로 100회씩 진행하였을 때의 실험 결과는 표 1과 같다. 전체적인 정확도는 96.4%가 나왔으며, A 방향으로 이동하는 정확도는 95.8%, B 방향으로 이동하는 정확도는 97%가 나왔다.

표 1. 상황별 이동방향 실험 결과

	상황 1	상황 2	상황 3	상황 4	평균
A방향 / 1번	98%	95%	94%	96.2%	95.8%
B방향 / 2번	99%	98%	97%	94%	97%

상황 1에서 A 방향의 측정 정확도는 98%로 높게 나왔으며, B 방향의 측정 정확도는 99%로 매우 높은 정확도를 얻었다.

상황 2에서 1번의 측정 정확도는 95%, 2번의 측정 정확도는 98%로 높은 정확도가 나왔다.

상황 3에서 1번의 측정 정확도는 94%, 2번의 측정 정확도는 97%로 높은 정확도가 나왔다.

상황 4에서 A 방향의 측정 정확도는 96.2%로 높게 나왔으며, B 방향의 측정 정확도는 94%로 높은 정확도를 얻었다.

V. 결론

상황 1과 상황 4에서 측정 횟수가 100개를 넘는 상황이 발생하였다. 이는 압전센서의 값이 임계값보다 높게 유지되어 계속 측정이 되는 현상으로 예상된다. 하지만, 이렇게 높게 유지되는 전압을 잡는 모듈을 추가하거나 제작할 경우 보다 개선된 실험 결과가 나올 것이다.

본 논문에서는 다수의 인원이 동시에 들어오거나, 센서 설치 위치, 가격적인 면에 따른 한계를 보완하는 이동방향 감지 방법을 제안하였다. 하지만, 장소에 따라 압전센서의 임계값이 조금씩 달라지는 것과, 전압이 비정상적으로 높아지는 단점이 발견되었다. 이러한 단점이 극복된다면 특정 통로, 공연장, 공원 등의 관광지, 공공 편의시설 등에 응용이 가능하다.

참고문헌

- [1] 이은총, IR-URB 레이더를 이용한 인원 계수 알고리즘 성능 향상 연구, 2017, 한양대학교 대학원, p.1 - p.41, 2017년
- [2] 양성민, 김영송, 조서형, 최재혁, 초음파 센서를 이용한 실시간 인원 계수 알고리즘, 한국정보과학회 학술발표 논문집, Vol.2016 No.12, p.1596 - p.1598, 2016.12.
- [3] 정필환, 이선우, 송창근, 김대영, 스마트폰의 관성 센서를 이용한 걸음 수 및 장치 방향/위치 감지, 정보과학회 논문지, Vol.19 No.1, p.46 - p.50, 2013.01
- [4] 장경민, 한동수, 스마트폰 센서를 활용한 걸음 및 방향,
- [5] 염정남, 이금분, 박정진, 조범준, GPS와 가속도계를 이용한 이동 물체의 위치 추정 시스템, 멀티미디어학회 논문지, Vol.12 No.4, p.600 - p.607, 2009.04
- [6] 서창덕, 한기태, 가중치 벡터합을 이용한 이동객체의 방향계산 및 미디어 검색방법, 정보처리학회 논문지, Vol.15 No.3, p.399 - p.410, 2008년
- [7] 김창열, 최석림, 실시간 이동 인원 계수 시스템, 한국통신학회 학술대회논문집, Vol.2002 No.11, p.503 - p.506, 2002년