

# 스마트워치를 이용한 자동차운전자 구분 및 핸들의 회전 방향 인지 기법

## A Method for Driver Recognition and Steering Wheel Turning Direction Estimation Using Smartwatches

허 준\*, 최 재혁\*

Joon Huh\*, Jaehyuk Choi\*

### Abstract

As wearable technology is becoming more common and a part of our lives, there have been many efforts to offer various smart services with wearable devices, such as motion recognition, safety of driving, and so on. In this paper, we present a method that exploits the 9-axis inertial sensors embedded in a smartwatch to identify whether the user is a vehicle driver or not and to estimate the steering wheel turning direction in the vehicle. The system consists of three components: (i) position recognition, (ii) driver recognition, and (iii) steering-wheel turning detection components. We have developed a prototype system for detecting user's motion with Arduino boards and IMU sensors. Our experiments show high accuracy in recognizing the driver and in estimating the wheel rotation angle. The average experimental error was 11.77° which is small enough to perceive the turning direction of steering-wheel.

### 요 약

웨어러블 디바이스의 대중화에 따라 디바이스 내에 탑재된 다양한 센서를 활용하여 동작 인식, 헬스케어, 안전 보조 등 다양한 스마트 서비스를 제공하는 애플리케이션이 급증하고 있다. 본 논문에서는 9축 관성 센서가 탑재된 스마트워치를 이용하여 운전자를 인식하고, 운전 중 운전자의 자동차 핸들의 회전각을 탐지하는 방법을 제안한다. 제안하는 시스템은 i) 스마트워치 위치 인식, ii) 운전자 인식, iii) 핸들의 회전각 계산, 3가지 단계로 구성되어 있다. 이를 위해, IMU 센서와 아두이노(Arduino)를 이용하여 웨어러블 디바이스의 시제품을 자체 제작하고 제안하는 시스템을 구현 하였다. 실험을 통해 핸들의 회전 방향을 높은 정확도로 계산할 수 있고 회전각 또한 평균 11.77°의 낮은 오차를 보여 제안하는 시스템의 실효성을 입증하였다.

*Key words : Driver Detection, Vehicle Steering Detection, IMU Sensors, Smartwatch*

---

\* Dept. of Software, Gachon University

★ Corresponding author

E-mail : jchoi@gachon.ac.kr, Tel : +82-31-750-8657

※ Acknowledgment

This work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education under Grant NRF-2017R1D1A1B03034915.

Manuscript received Sep. 4, 2019; revised Sep. 23, 2019; accepted Sep. 24, 2019.

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

오늘날 사물인터넷(IoT) 기기, 스마트폰, 웨어러블 등 센싱과 통신기능을 갖춘 스마트 디바이스들이 수많은 서비스들에 광범위하게 사용됨에 따라, 스마트 디바이스 관련 기술에 대한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 웨어러블 디바이스는 사용자의 신체 외부 또는 내부에 부착하여 사용자가 이동 또는 활동 중에도 자유롭게 정보를 실시간으로 센싱하고 처리 또는 전송하는 특성으로 인해 헬스케어/의료, 안전, 피트니스/웰빙인포테인먼트, 보안, 군사/산업 등 다양한 분야에서 폭넓게 활용되고 연구되고 있다.

현재 웨어러블 디바이스 시장은 손목 밴드와 워치형이 시장을 주도하고 있지만, IDC 자료에 따르면 세계 웨어러블 디바이스 출하량은 2018년 1억 2,490만 대에서 2022년에는 1억 9,980만 대로 연평균('18~'22) 12.5% 성장할 것으로 전망했고, 전문 의료 서비스 등 기능을 다양화한 기능이 대중화 할 것으로 예측했다[1].

이처럼 스마트워치의 수요가 급증하고 있는 요인은 크게 3가지로 볼 수 있다. 첫 번째, 애플의 iOS나 타이젠, 구글 안드로이드와 같은 범용 OS를 사용하여, 다양한 기능의 수많은 애플리케이션을 다운 받아 사용할 하는 등 높은 확장 가능성을 가지고 있다. 스마트워치가 통신이 가능한 다른 스마트 기기와의 호환성을 가지고 있다는 것이다. 둘째, 대표적인 웨어러블 기기로서 휴대성과 편리성이 높아 사용자의 움직임에도 항상 사용이 가능하다. 셋째, 스마트워치는 사물통신(M2M: Machine to Machine) 방식으로 다른 스마트기기와 연결성이 가능하며 다양한 시스템 상에서 컨트롤러로서의 역할을 수행할 수 있다. 이러한 이유로 스마트워치에 대한 수요는 점차 증가하고 있고, 이에 따라 스마트워치와 같은 웨어러블 디바이스를 이용하여 사용자의 상황을 인지하고 활동을 보조하는 분야에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[2-9].

스마트워치를 비롯한 대부분의 상용 웨어러블 디바이스는 기존 스마트폰에 탑재된 가속도 센서, 자이로스코프 센서, 그리고 지자기 센서 등을 기본적으로 탑재하고 있어 사용자 동작 인지에 바로 활용이 가능하다. 더구나, 웨어러블 디바이스는 사용자의 신체 일부에 고정되어 상시 휴대하며 사용하는

특성이 있어, 이를 활용할 경우 기존의 스마트폰의 센서를 이용한 인식 기술에 비해 더 높은 정확도와 폭넓은 활용도를 제공할 수 있다. 예를 들어 스마트폰을 이용할 경우에는 스마트폰의 위치에 따라서 정확도가 크게 변하는 문제로 인해 손목의 움직임 파악에 한계를 들어내지만, 스마트워치를 사용할 경우는 사용자의 식사 습관, 흡연 여부까지도 판단이 가능한 연구가 소개되었다[4, 5]. 이와 같은 이유로, 최근 다양한 분야에서 웨어러블 디바이스를 이용하여 상황 및 동작 인식의 정확도를 높이기 위한 활발한 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 위 같은 스마트워치의 장점을 이용하여 최근 주목을 받고 있는 스마트 운전자 보조 시스템에 필요한 운전자 상황 인지 기술을 제안한다. 구체적으로, 본 논문에서는 스마트워치를 이용하여 사용자의 운전 여부를 인지하고, 운전 중 운전자의 자동차 핸들의 회전각을 탐지하는 방법을 제안한다. 이를 위해, 아두이노와 블루투스를 이용하여 스마트워치 형태의 디바이스를 직접 제작하여 사용자의 동작을 인식할 수 있는 시스템을 제작하고, 사용자의 동작을 입력 데이터로 하여 연구를 진행하였다.

우선, 웨어러블 디바이스에 내장된 9축 센서에서 측정되는 데이터를 실시간으로 분석하여 사용자가 운전석에 있는지, 조수석에 있는지 판단한다. 이를 위해 사용자가 디바이스를 왼 손목에 착용했는지, 오른 손목에 착용했는지를 중력가속도 센서를 이용하여 구분하였다. 이후, 자동차에 탑승할 때 필연적으로 반복되는 동작을 사전에 정의하고 실시간으로 입력되는 데이터와 비교 분석하여 사용자가 운전석에 탑승하는지, 조수석에 탑승하는지 구분하였다.

두번째로, 사용자가 운전석에 앉아 핸들을 잡고 운전을 시작한 것으로 인식한 경우, 손목에 부착된 웨어러블 디바이스의 중력가속도 센서 정보를 통해 핸들의 회전각을 계산한다. 핸들을 잡는 첫 순간의 값을 시작점으로 고정하고 이후 변화된 값을 계산하여 회전각을 계산하였다. 직접 제작한 아두이노 기반의 웨어러블 디바이스를 이용한 실험을 통해 제안한 기법의 성능을 검증하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 본 논문의 주제와 관련된 연구를 살펴보고 있다. 3장에서는 시스템의 전체적인 구조와 각 부분

의 기능에 대해 상세히 다루고 있다. 4장은 전체 시스템의 실험 및 평가에 대해 다루고 있다. 마지막으로 5장은 본 연구의 최종 결론을 다루고 있다.

### II. 관련 연구

이 장에서는 본 논문과 관련이 있는 2가지 분야의 연구 내용을 다루고자 한다. 첫째, 스마트 디바이스의 센서를 이용하여 사용자의 동작을 인식하는 것과 관련된 연구를 살펴본다. 둘째, 스마트 디바이스 기반 자동차 보조 시스템과 관련된 연구에 대해 살펴본다.

스마트 디바이스의 센서를 이용하여 사용자의 동작을 인식하는 것에 대한 연구는 이전부터 활발히 진행되어, 현재 그 결과가 상당한 성과를 이룬 상태이다. 이와 관련된 대부분의 연구는 다음과 같은 방식으로 진행된다. 사전에 몇 개의 동작을 지정해 놓고, 각 동작을 반복하여 인식에 쓰일 센서 값을 학습시킨다. 그 후 스마트 디바이스의 센서로부터 입력되는 데이터를 세그먼트화(segmentation)하고, 기계학습 틀을 이용하여 사전에 정의한 동작 중 가장 유사한 동작을 인식 동작으로 결론 내린다. 이와 같이 센서 데이터를 활용하여 동작을 인식하는 과정에서 센서 데이터의 노이즈를 제거하는 것은 중요하다. 이를 위해 초기 데이터에 이동평균필터, 칼만필터 등을 적용한다[4].

자동차 보조 시스템 관련 연구에서는 운전자와 탑승자를 구분하는 것을 기본적으로 다루고 있다. 별도의 추가 장비를 이용하는 방법과 기존의 스마트 디바이스만을 이용하는 방법으로 나눌 수 있다. 추가 장비를 이용하여 방법으로는, 자동차 문에 NFC를 부착하여 운전자와 탑승자를 구분하는 NFC 기반 방법이 있다[6]. 또한, 자동차 내부의 스피커를 이용하여 운전자와 탑승자를 구분하는 방법을 다룬 연구도 있다[7]. 자동차 내 스피커에서의 소리를 스마트 디바이스에서 탐지하고, 사용자의 대략적인 위치를 추론하여 운전자인지 탑승자인지 인식하는 것이다. 반면, 별도의 추가 장비를 이용하지 않고, 기존의 스마트 디바이스에 내장된 센서를 이용하여 운전자와 탑승자를 구분하는 것에 대한 연구도 있다[8][9]. 스마트 디바이스에 내장된 가속도 센서, 자이로 센서, 지자기 센서의 데이터를 가공하여 동작 인식에 활용한 것이다.

운전자와 탑승자를 구분한 후, 자동차의 움직임 인식 또는 운전자의 행동 인식에 대한 연구도 활발히 진행되었다. 자동차 내부의 스마트폰 거치대에 스마트폰을 두고, 차체의 움직임을 파악하는 연구가 있다[9]. 자동차의 회전 시 직접적으로 영향을 받는 자이로 센서의 z값을 이용하여, 자동차가 좌우회전을 한 것인지, 차선을 변경한 것인지 구분하였다. 이러한 정보를 활용하여 안전한 주행을 보조한다. 운전자의 개개인의 운전 습관을 분석하여 안전한 주행을 보조하는 연구도 있다[11]. 마지막으로 자동차 내부에 탑재되어 있는 전용 장치 OBD-II에서 데이터를 전달 받아 운전 습관을 분석하는 연구도 있다[12].

### III. 시스템 구조

이 장에서는 자체 제작한 스마트워치와 유사한 웨어러블 디바이스의 작동 원리에 대하여 설명하고, 시스템의 전체 구조에 대해 설명한다.

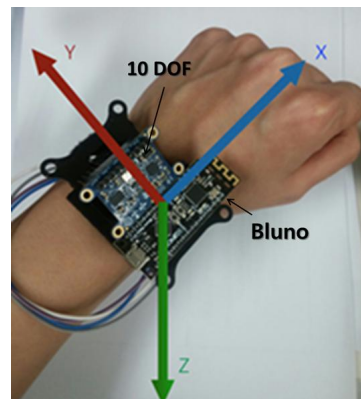


Fig. 1. Our wearable device design.

그림 1. 제작한 스마트워치 유사 웨어러블 디바이스



Fig. 2. Sensing/logging flowchart in our system.

그림 2. 시스템 구조 : 센싱/로깅 흐름도

그림 1은 데이터 수집과 분석을 위해 자체 제작한 스마트워치 유사 디바이스를 보여주고 있다. 손 움직임 센싱과 센싱 데이터 전송을 위해 9축 센서를 탑재한 10 DOF와 블루투스 통신이 가능한 아두

이노 보드인 블루노(Bluno)를 사용하였다. 그림 2는 디바이스에서 데이터를 수집하고 애플리케이션으로 전송하는 전반적인 과정을 보여준다. 9축 센서를 탑재한 10 DOF에서 실제 사용자의 움직임에 따른 센서 데이터를 측정하고, 측정된 데이터를 블루노에게 전송한다. 블루노는 블루투스 통신을 통해 전송 받은 센서 데이터를 스마트폰의 애플리케이션에 전송한다. 스마트폰의 애플리케이션에서는 전송 받은 데이터를 저장하고, 실시간으로 분석한다.

그림 3은 본 연구에서 제안하는 시스템 전체의 구조를 보여주고 있다. 시스템의 구조는 다음과 같이 3단계로 나뉠 수 있다.

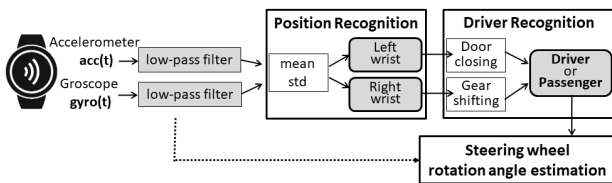


Fig. 3. System architecture: components.  
그림 3. 시스템 구조 : 분석 구성도

첫 번째 단계에서는, 사용자가 착용한 디바이스의 위치를 파악한다. 시계를 왼 손목에 착용하는 사람과 오른 손목에 착용하는 사람을 구분하기 위해, 걸을 때 혹은 서 있을 때 측정되는 중력가속도 값을 분석한다. 앞서 다룬 바와 같이 중력가속도 센서 값은 가속도 센서 값에 저역 통과 필터(Low Pass Filter, LPF)를 적용하여 추출한 것으로, 물체의 지구 중심에 대한 기울기를 나타낸다. 그림 4는 디바이스를 왼 손목에 착용하고 걸을 때와 오른 손

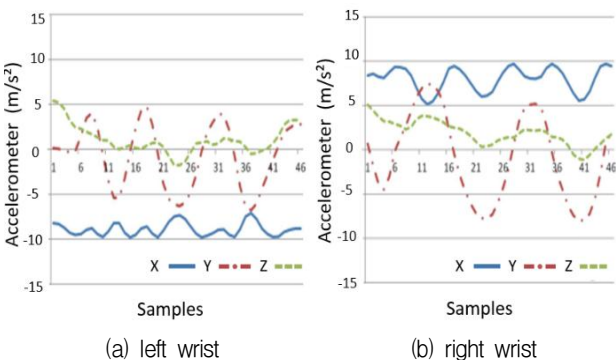


Fig. 4. Magnetometer measurement according to wearing position of smart watch : left wrist(left) and right wrist (right).  
그림 4. 스마트워치 착용 위치에 따른 센서 값 : 왼쪽 손목 (좌측), 오른쪽 (우측) 손목

목에 착용하고 걸을 때의 중력가속도 데이터를 비교한 결과이다.

그래프에서 빨간 점선과 초록 점선으로 나타난 중력가속도의 y값과 z값은 양손에서 같은 방향으로의 기울기를 가지므로 값이 동일하지만, 파란 실선으로 나타난 x값의 경우 서로 정반대 방향을 향하고 있으므로 정반대의 결과가 나온다. 그림 4 (a) 그래프에 해당하는 왼 손목에 디바이스를 착용한 경우, x축이 지구 중심의 반대 방향으로 향하기 때문에 약  $-10\text{m/s}^2$ 으로 1g에 가까운 값을 갖는다는 것을 알 수 있다. 반면, 그림 4 (b) 그래프에 해당하는 오른 손목에 디바이스를 착용한 경우, x축이 지구 중심 방향으로 향하기 때문에  $10\text{m/s}^2$ 에 가까운 값을 갖는 것을 알 수 있다. 이런 관찰에 기반하여, 그림 5에서 제시한 방법을 이용하여 걸거나 서 있을 때, 중력가속도 x축 값의 평균과 표준편차를 이용하여 디바이스의 착용 위치를 알아낸다.

```

input:  $x$  - x-axis accelerometer
          $Th_l$  - threshold of left hand ( $-10\text{m/s}^2$ )
          $Th_r$  - threshold of right hand ( $10\text{m/s}^2$ )
          $\sigma_l, \sigma_r$  - standard deviation of left and right
result:  $T$  - the location of a wrist band
function: LPF - low-pass filter
            mean - mean of  $x$  in the window
            std - standard deviation
begin:
    foreach  $x$  do
         $y := \text{LPF}(x)$ 
        if  $|\text{mean}(y) - Th_r| < \epsilon_1 \ \&\& \ |\text{std}(y) - \sigma_r| < \epsilon_2$  then
             $T := \text{Right wrist}$ 
        else if  $|\text{mean}(y) - Th_l| < \epsilon_1 \ \&\& \ |\text{std}(y) - \sigma_l| < \epsilon_2$  then
             $T := \text{Left wrist}$ 
    end:
    
```

Fig. 5. Position recognition algorithm.  
그림 5. 스마트워치 착용 위치 파악 알고리즘

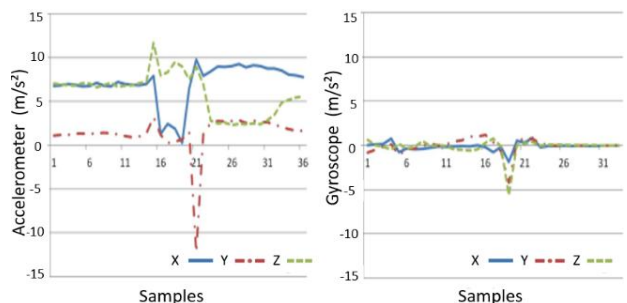


Fig. 6. Accelerometer (left) and Gyro Sensor (right) Values when closing door.  
그림 6. 문 닫을 때의 (a) 가속도센서와 (b) 자이로센서 값

두 번째 단계는 운전자와 탑승자를 구분하는 것이다. 이를 위해 차량에 탑승 후에 필연적으로 발생하는 이벤트인 문을 닫는 동작을 사전에 정의하였다. 사용자가 문을 열 때는 양 손 중 어느 것을 사용할 것인지 예측할 수 없으나, 문을 닫을 때는 거의 대부분 정해진 손을 사용한다. 즉, 본 단계에서는 운전석에 앉아서 문을 닫을 때는 왼손을, 조수석에 앉아서 문을 닫을 때는 오른손을 사용하는 것을 이용하여, 운전석에 앉았는지 그렇지 않은지를 파악한다. 그림 6은 문을 닫을 때의 가속도 센서 값과 자이로센서 값을 보여주고 있다. 문을 닫는 순간에 가속도 센서와 자이로 센서 값 모두 크게 변화하는 것을 알 수 있다. 그림 6과 같이 특정 순간에 값이 일정 임계치 이상 바뀐다면, 문을 닫는 동작으로 인식한다. 본 연구에서는 실험을 반복하여  $6m/s^2$ 을 임계치로 정하였고, 임계치 이상으로 값이 변화하는 부분을 탐지하여 그 순간을 문을 닫는 동작으로 인식한다.

```

input: acc – accelerometer value
         gyro – gyroscope value
          $Th_{acc}$  – threshold of accelerometer ( $6 m/s^2$ )
          $Th_{gyro}$  – threshold of gyroscope
result: H – driver or passenger
function: use_gear(acc) – check if control gear-stick with
            band on right wrist
begin:
  foreach acc, gyro do
    y, g := LPF(acc, gyro)
    if T == Left wrist then
      if  $y > Th_{acc} \ \&\& \ g > Th_{gyro}$  then
        H := driver
      else
        H := passenger
      else if T == Right wrist then
        if  $y > Th_{acc} \ \&\& \ g > Th_{gyro}$  then
          H := passenger
        else if use_gear(acc) == true then
          H := driver
    end
  end

```

Fig. 7. Driver recognition algorithm.  
그림 7. 운전석 위치 파악 알고리즘

위의 단계를 거쳐 사용자 대부분을 운전자와 탑승자로 구분할 수 있다. 그러나 디바이스를 오른손목에 착용한 운전자의 경우에는 문을 닫는 행동이 감지되지 않기 때문에 구분할 수 없게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 앞서 문을 닫는 동작의 경우와 같이, 출발 시 기어 변경 동작을 추가로 사전에 정의하였다. 주차되어 있는 차를 주행하기 위

해 기어 변경은 반드시 필요한 행동이다. 또한, 모든 사용자가 기어 변경을 오른손으로 해야 하므로, 오른손목에 디바이스를 착용한 예외 경우에도 사용자가 운전자인지 탑승자인지 구분할 수 있게 된다. 이에 대한 알고리즘은 그림 7에 나타나 있다.

마지막으로 세 번째 단계에서는 사용자가 운전자로 파악된 경우, 핸들의 회전각을 계산한다. 사용자가 자동차에 탑승 후 핸들을 잡게 되면 계속해서 변화하던 중력가속도 값이 어느 정도 일정 해진다.

오직 핸들을 회전하는 경우에만 중력가속도 값이 변화하게 되는데, 이 변화량을 이용하여 핸들의 변화 각을 계산한다. 아래의 그림 8은 핸들의 회전에 따른 중력가속도 3축 값의 변화를 보여주고 있다. 일반적인 자세인 양손을 수평으로 핸들을 잡은 경우를  $0^\circ$ 로 지정하였고, 왼쪽으로 회전하는 경우 -로, 오른쪽으로 회전하는 경우 +로 해당 각도만큼 회전하였다. 핸들을 손으로 잡고 회전하므로, 3축 값 중 x값을 제외한 y값과 z값이 변화하는 것을 알 수 있다.

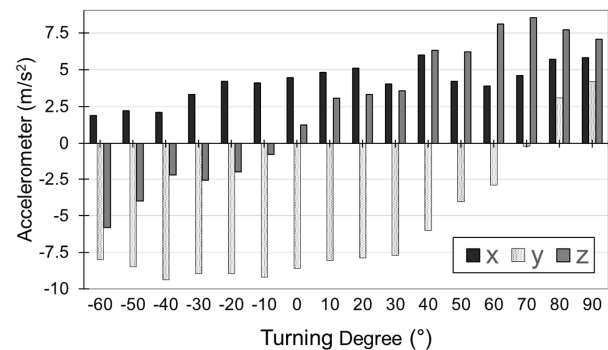


Fig. 8. Gravity acceleration values on steering wheel angles.  
그림 8. 핸들의 회전에 따른 중력가속도 값의 변화

그림 9는 본 논문에서 구현한 핸들 회전각 파악 프로세스를 보여주고 있다. 제작한 손목 디바이스를 이용해 정밀한 측정을 기반으로 사전에 학습된 중력가속도 y값과 z값을 이용하여 학습데이터를 축적하였다. 회전각 계산은 사용자가 핸들을 잡는 순간의 위치를 파악하고, 그 지점을 시작점으로 정한 후, 핸들을 회전할 때마다 변화하는 현재의 중력가속도 값을 측정하여 low-pass filter를 적용한 후, 입력값으로 사용하여 학습된 데이터 중 Euclidean 값을 최소로 하는 가장 근접한 데이터를 찾아내어 회전각을 계산한다.

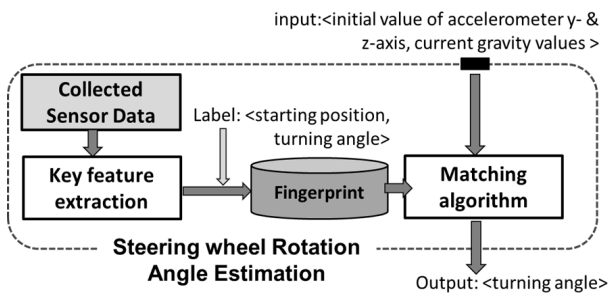


Fig. 9. Steering wheel rotation angle estimation overview.  
그림 9. 운전대 회전각 계산 절차

#### IV. 실험 및 평가

본 논문의 실험은 크게 3가지로 나누어 진행되었다. 첫 번째, 스마트워치의 착용 위치를 파악하는 것에 대한 실험이다. 두 번째, 사용자의 차내 위치에 대한 실험으로, 운전석에 탑승했는지, 조수석에 탑승했는지 구분하는 것에 대한 실험이다. 마지막으로, 학습된 데이터와 비교 분석하여 계산한 핸들의 회전각의 정확도에 대한 실험이다.

총 6명의 사용자가 실험에 참여하였고, 총 2가지 제품으로 진행하였다. 앞서 언급한 아두이노 기반의 자체 제작 디바이스와 안드로이드웨어 기반의 Sony사 SmartWatch 3 제품으로 진행하였다. SmartWatch 3는 안드로이드웨어 기반이고, Quad ARM A7 프로세서와 9축 관성 센서를 탑재하였다. 샘플링 주기(sampling frequency)는 60Hz로 하여 실험을 진행하였다. 해당 제품으로 실험하기 위해 안드로이드웨어 버전의 애플리케이션을 개발하였다.

우선, 스마트워치의 착용 위치를 파악하기 위해 6명의 실험자 중 3명은 오른 손목에, 나머지 3명은 왼 손목에 스마트워치를 착용하였다. 실험자1명당 스마트워치를 착용하고 서 있는 행동 또는 걷는 행동을 8차례 반복하였다. 총 48개의 데이터에서 45개의 데이터가 착용 위치를 정확히 판단하여 93.75%의 높은 정확도를 보였다. 잘못 판단된 3개의 데이터는 모두 한 실험자에게서 도출된 것인데, 걷을 때의 특이한 팔 동작으로 인해 잘못 판단되었다. 팔을 굽힌 채로 걸었는데, 이러한 경우 중력가속도 센서의 y 값에도 영향을 주게 되어 정확한 판단이 어려웠다.

##### 1. 운전자 인식 정확도

정확한 운전자 인식을 위해서는 앞서 언급한 문

을 닫는 동작에 대한 인식이 정확해야 한다. 운전자 인식 정확도를 측정하기 위한 실험은 크게 2가지로 나누어 진행되었다. 첫 번째, 스마트워치를 왼 손목에 착용한 사용자가 자동차에 탑승하는 경우에 대한 실험이었다. 실험자 6명 모두 왼 손목에 스마트워치를 착용하였고, 3명은 운전석에, 나머지 3명은 조수석에 타는 행동을 8번씩 반복하였다. 이 실험은 스마트워치가 왼 손목에 있으므로 문을 닫는 동작을 정확하게 인식하면 운전자를 구분할 수 있다. 6명 중 3명이 운전석에 탑승하였는데, 총 24개의 데이터 중 19개의 데이터에서 문을 닫는 행동을 인식하여 79.17%의 높은 정확도를 보였다. 반면 조수석에 탑승한 나머지 3명의 데이터를 보면, 총 24개의 데이터 중 7개의 데이터에서 잘못된 결과가 도출되었다. 문을 닫는 행동이 없었지만 문을 닫는 행동으로 잘못 판단한 것으로, 오류율이 29.17%였다. 잘못 판단한 원인은 다음과 같았다. 앞 장에서 언급한 바와 같이 문을 닫을 때 가속도 센서와 자이로 센서의 값에 큰 변화가 발생한다. 이를 감지하기 위해 실험에 통해 찾은 적정 임계치 값을 이용하였다. 이 때문에 문을 닫는 행동과 유사한 힘으로 다른 동작(의자에 손 짚고 앉기, 벨트를 매기 등)을 취한다면 문을 닫은 것으로 잘못 인식하게 된다.

두 번째, 스마트워치를 오른 손목에 착용한 사용자가 자동차에 탑승하는 경우에 대한 실험이었다. 위의 실험과 마찬가지로 3명은 운전석에, 나머지 3명은 조수석에 탑승하였다. 이 실험은 스마트워치가 오른 손목에 있으므로 기어를 변환하는 동작을 정확하게 인식하면 운전자를 구분할 수 있다. 운전석에 탑승한 3명의 데이터를 보면, 총 24개의 데이터 중 15개의 데이터에서 기어 변환 행동을 인식하여 62.5%의 정확도를 보였다. 문을 닫는 동작과 비교했을 때 기어 변환의 경우, 가해지는 힘의 크기가 작으므로 센서 데이터내의 변화의 폭도 작았다. 그만큼 다른 행동과 구분하기 어려웠다.

위의 2가지 실험 결과를 살펴보면, 사전에 정의한 동작을 정확하게 인식하는 것이 운전자를 인식하는 전체 정확도를 높이는 것임을 알 수 있다. 앞서 언급한 바와 같이 60Hz의 센서 데이터를 실시간으로 입력받고 동작을 구분하기 때문에 복잡한 알고리즘이 적용되긴 어려울 것이다. 그런 측면에서 임계치를 두고 센서 데이터를 구분하는 현재의

방법이 효율이 있지만, 정확도 측면에서는 보완이 필요할 것이다.

## 2. 핸들 회전각 측정

핸들의 회전각을 측정하기 위해, 사전에 측정된 그림 8의 데이터를 정답 데이터(ground truth data)로 이용하였다. 사용자가 핸들을 잡게 되면 중력가속도 센서 데이터의 진동이 줄어들고, 특정 값을 갖는다. 이 때 중력가속도의 y값과 z값을 측정하여 답안 데이터와 차이를 계산한다. 정답 데이터 중 현재 입력된 데이터와의 차이가 가장 작은 값을 현재 핸들의 각도로 정하였다. 그 후 핸들을 회전시키면 기울기에 따라 데이터가 변화하게 되는데, 일정 임계치 이상으로 값이 변화하면 회전으로 감지한다. 회전으로 감지된 경우, 위의 과정을 반복하여 차이가 가장 작은 값을 바뀐 핸들의 각도로 보고, 이전 각도와와의 차이를 계산하여 최종 회전각을 구한다. 또, 왼 손목에 착용하는 것과 오른 손목에 착용하는 것의 차이는 중력가속도 x값에만 나타나게 되는데, 핸들의 회전각을 측정할 때에는 y값과 z값만을 이용하기 때문에 값의 차이가 없다.

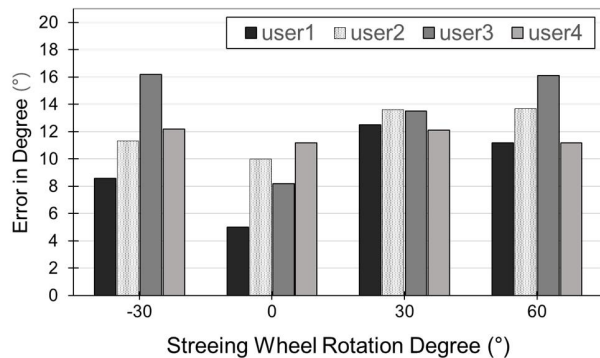


Fig. 10. Evaluation result for estimation of steering wheel rotation.

그림 10. 실험 결과 : 핸들의 회전각 계산 오차

본 실험은 총 4명의 실험자가 참가하여, 2명은 왼 손목에, 2명은 오른 손목에 스마트워치를 착용하고 실험을 진행하였다. 그림 7의 정답 데이터는  $-60^\circ$ 에서  $10^\circ$  간격으로  $90^\circ$ 까지 정의되어 있고, 이 외의 각도는 고려하지 않는다. 실험자 전원은  $0^\circ$ 에서 시작하여  $-30^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ 로 총 4개의 각도로 핸들을 회전하였고, 8번 반복하였다. 정확도와 오차는 위의 그림 10과 같다. 실험 전체의 평균 오차는

$11.77^\circ$ 이다. 이는 핸들의 회전 방향이 좌회전, 우회전인지 구분하기에는 무리가 없는 오차 범위로 해석된다.

## V. 결론

다양한 센서가 탑재된 웨어러블 디바이스를 기반으로 사용자의 동작을 파악하고, 서비스를 제공하는 애플리케이션이 급증하고 있다. 본 논문에서는 운전자 여부를 인식하고, 핸들의 회전각을 계산하였다. 기존에 운전자와 탑승자를 구분하는 연구가 있었지만, 스마트폰의 위치가 제한적이었고, 별도의 추가 장비가 있어야 한다는 한계점이 있었다. 본 논문에서는 별도의 추가 장비 없이, 상용화되어 있는 스마트워치의 센서 데이터를 이용하여 높은 정확도로 운전자와 탑승자를 구분하였다. 더 나아가 낮은 연산 부하로 동작하는 학습된 데이터와 비교 분석하여 자동차 핸들의 회전각 계산 기법을 제안하였다. 특히, 제안하는 기법을 실제 손목형 디바이스와 안드로이드 기반의 소프트웨어 제작하여 성능을 검증하였다. 본 제안 기법을 통해 얻은 정보는 자동차 보조 시스템 관련 연구 분야에서 반드시 기반이 되는 정보가 될 것이다.

본 논문에서는 기계학습(machine learning) 또는 딥러닝(deep learning)을 이용하여 데이터를 학습하여 결과의 정확도를 높이는 접근은 하지 않았다. 이는 배터리로 운영되는 스마트워치에 높은 연산 부하를 초래하여 에너지 소모가 크기 때문이다. 하지만, 후속 연구로 기계학습, 딥러닝을 이용하여 자동화된 학습 체계를 구축하여 적응형으로 높은 정확도로 운전자의 상태 정보를 파악하는 접근을 하고자 한다. 이 과정에서 에너지 효율성을 고려할 계획이다.

## References

- [1] B. Y. Jung, "Current Status and Prospects of the Wearable Devices Market," *KISDI Research Report*, vol.30, no.20, pp.1-7, 2018.
- [2] H. Huang, H. Chen, S. Lin, "MagTrack: Enabling Safe Driving Monitoring with Wearable Magnetics," in *Proc. of the 17th Annual International*

*Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (Mobisys'19)*, pp.316-339, 2019.

DOI: 10.1145/3307334.3326107

[3] C. Bi, J. Huang, G. Xing, L. Jiang, X. Liu, M. Chen, "SafeWatch: AWearable Hand Motion Tracking System for Improving Driving Safety," in *Proc. of the Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation (IoTDI '17)*. ACM, pp.223-232, 2017.

DOI: 10.1145/3054977.3054979

[4] A. Parate, et al. "RisQ: Recognizing smoking gestures with inertial sensors on a wristband," in *Proc. of the 12th annual international conference on Mobile systems, applications, and services (Mobisys'14)*, pp.149-161, 2014.

DOI:10.1145/2594368.2594379

[5] D. Chen, et al. "Invisible sensing of vehicle steering with smartphones," in *Proc. of the 13th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services (Mobisys'15)*, pp.1-13, 2015. DOI: 10.1145/2742647.2742659

[6] Steffen, Rainer, et al. "Near field communication (NFC) in an automotive environment," in *Proc. of the 2nd International Workshop on Near Field Communication*. IEEE, 2010.

DOI: 0.1109/NFC.2010.11

[7] J. Yang, et al. "Detecting driver phone use leveraging car speakers," in *Proc. of the 17th annual international conference on Mobile computing and networking (Mobisys'11)*, pp.97-108, 2011.

DOI:10.1145/2030613.2030625

[8] H. Park, et al. "Poster: Are you driving?: non-intrusive driver detection using built-in smartphone sensors," in *Proc. of the 20th annual international conference on Mobile computing and networking*, 2014. DOI: 10.1145/2639108.2642896

[9] C. Bo, X. Jian, X. Li, X. Mao, Y. Wang, F. Li, "You're driving and texting: detecting drivers using personal smart phones by leveraging inertial sensors," in *Proc. of the 19th annual international conference on Mobile computing & networking (ACM Mobicom 13)*, pp.199-202, 2013.

DOI: 10.1145/2500423.2504575

[10] H. Chu, et al. "I am a smartphone and I know my user is driving," *IEEE in Proc. of the Communication Systems and Networks*, 2014.

DOI :10.1109/COMSNETS.2014.6734870

[11] R. Araujo, et al, "Driving coach: A smartphone application to evaluate driving efficient patterns," in *Proc. of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 2012. DOI: 10.1109/IVS.2012.6232304

[12] K. Li, F. Lu, Q. Lv, L. Shang, D. Maksimovic, "Personalized driving behavior monitoring and analysis for emerging hybrid vehicles," *Pervasive Computing. Springer Berlin Heidelberg*, vol.7319, pp.1-19, 2012. DOI: 10.1007/978-3-642-31205-2\_1

## BIOGRAPHY

### Joon Huh (Mamber)

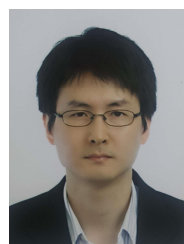


2014 : BS degree in Software Engineering, Gachon University.

2016 : MS degree in Software Engineering, Gachon University.

2016~2019 : Research Engineer, R&D lab, emro

### Jaehyuk Choi (Member)



2003 : BS degree in Material Science and Engineering, Seoul National University.

2008 : PhD degree in Computer Science and Engineering, Seoul National University.

2008~2011: Postdoctoral Researcher, University of Michigan

2011~2019: Associate Professor, Gachon University