

https://doi.org/10.7236/JIIBC.2019.19.6.145  
JIIBC 2019-6-21

## 파킨슨병 조기 진단을 위한 안드로이드 기반의 앱 개발

# Android Smart Phone App for early diagnosis of Parkinson's Disease

문호상\*, 노승재\*\*, 정성택\*\*\*

Ho-Sang Moon\*, Seung-Jae Noh\*\*, Sung-Taek Chung\*\*\*

**요약** 파킨슨병은 3대 노인성 질환 중 하나로 인구 고령화에 따라 전 세계적으로 발병률이 증가하고 있으며, 질병이 진행될수록 시간적·경제적인 비용이 높아지기 때문에 병의 진행정도를 파악하는 것과 초기에 진단해내는 것이 매우 중요하다. 본 논문에서는 스마트폰을 이용하여 파킨슨병을 조기 진단(Pre-Screening)할 수 있는 방법을 제안하고자 하였다. 개발한 어플리케이션의 콘텐츠들은 탭핑(Tapping), 떨림(Tremor), 나선형 그리기(Spiral Drawing), 보행(Gait)으로 구성되어 있으며, 통합형 파킨슨병 평가척도(Unified Parkinson's Disease Rating Scale)의 Part III(운동성 검사)를 기반으로 하였다. 이를 활용하여 파킨슨병의 운동성 증상으로 알려져 있는 서동증(Bradykinesia), 진전(Tremor), 자세 불안정(Postural Instability)에 대한 정량적인 진단이 가능하며, 증상의 진행 정도에 대한 모니터링이 가능하다. 이러한 방법은 파킨슨병 진단 및 치료에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** Parkinson's disease(PD) is one of the three major senile diseases and the incidence rate is increasing worldwide as the population ages. And as the disease progresses, time and economic costs increase, so it is important to understand the progress of the disease and to diagnose it early. In this paper, we propose a method for pre-screening Parkinson's disease using a smartphone. The contents of the developed application are composed of tapping, tremor, spiral drawing, and gait based on Part III of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale. This can be used to quantitatively diagnose Bradykinesia, Tremor and Postural Instability, which are known as motility symptoms of Parkinson's disease, and to monitor the progress of symptoms. This method is expected to be useful for the diagnosis and treatment of Parkinson's disease.

**Key Words** : Parkinson's Disease, Pre-Screening, Smart Phone, UPDRS

### 1. 서론

파킨슨병은 중뇌에 위치하고 있는 흑질(substantia nigra)의 도파민 신경세포가 점차적으로 사멸하여 도파

민의 분비 감소로 인해 발생하는 신경 퇴행성 질환으로서 치매, 뇌졸중과 더불어 3대 노인 질환 중 하나이다<sup>[1]</sup>. 이것은 고령의 노인과 여성에서 유병률이 높으며, 특히 치매를 앓고 있는 노인의 경우 일반 노인에 비해 유병률

\*정회원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

\*\*준회원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

\*\*\*정회원, 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과

접수일자: 2019년 10월 1일, 수정완료: 2019년 11월 7일

게재확정일자: 2019년 12월 6일

Received: 1 October, 2019 / Revised: 7 November, 2019 /

Accepted: 6 December, 2019

\*\*\*Corresponding Author: unitaek@kpu.ac.kr

Professor, Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University, Korea

이 4배 정도 높다고 알려져 있다<sup>[2]</sup>.

파킨슨병 환자의 운동성 증상으로는 진전(Tremor), 경직(Rigidity), 서동증(Bradykinesia), 자세 불안정(Postural instability) 등과 인지 기능장애, 자율신경장애, 통증과 같은 비운동성 증상이 동반되어 환자의 삶의 질을 크게 저하시킨다<sup>[3]</sup>. 이러한 파킨슨병의 증상은 일반적으로 손에서의 미묘한 떨림으로 시작하여 점차적으로 팔 또는 발, 목, 보행등으로 진행되기 때문에 초기 단계에서는 다른 질병 및 증상과 구분하기 어렵다. 또한, 질병이 진행될수록 간병하기 위한 시간적·경제적 비용이 높아짐으로써 가족의 부담감이 가중되기 때문에 이를 조기에 진단하여 치료하는 것은 매우 중요하다.

일반적으로 파킨슨병을 진단하기 위한 검사 기기로는 MRI, CT, SPECT, PET 등이 있으며, 임상적 진단 기준으로는 파킨슨병 환자의 삶의 질 평가척도(Parkinson's Disease Quality of Life Questionnaire), 영국 파킨슨병 학회 뇌 은행 진단 기준(UK-PDS Brain Bank Criteria), Queen Square Brain Bank(QSBB) Criteria, 통합형 파킨슨병 평가척도(Unified Parkinson's Disease Rating Scale) 등이 사용되고 있다.

이와 같은 임상 척도를 이용한 진단 방법들은 비교적 많은 시간이 소요될 뿐만 아니라 진단의 주관적인 기준으로 증상의 정도를 파악하여 평가하기 때문에 객관성이 떨어진다. 또한 수행하는 동작에 대한 수치화된 결과가 없으므로 반복하여 진단할 경우 재현성이 떨어지게 될 뿐만 아니라 증상에 대한 진행 정도를 정량적으로 파악하기 어렵다. 따라서 간단하면서도 정량적인 데이터를 기준으로 조기에 파킨슨병을 진단할 수 있는 도구의 필요성이 요구된다.

최근에는 파킨슨병의 진전과 운동 완서 등을 기반으로 파킨슨병을 정량화하기 위한 연구가 다양한 형태로 보고되고 있지만 접근성이 상대적으로 높은 스마트폰, 스마트워치 등의 웨어러블 장비를 활용한 시도는 미흡한 실정이다<sup>[4]</sup>. 이에 본 연구에서는 스마트폰의 센서와 스크린의 좌표값을 활용하여 파킨슨병의 운동성 증상을 간편하고 정량적으로 진단할 수 있는 모바일용 어플리케이션을 구현하고자 하였다. 구현된 콘텐츠는 파킨슨병의 임상진단에 가장 많이 활용되고 있는 UPDRS의 Part III(운동성 검사)의 Tapping, Tremor, Spiral Drawing, Gait 항목을 기반으로 구성하였으며, 각 항목에 대한 수행 결과는 웹서버를 통해 데이터베이스에 저장되도록 하였다. 또한, 측정 결과를 날짜 별로 비교할 수 있도록 정량화 및 시각화하여 그래프로 나타내었으며, 이에 대한 내용을 검

증하기 위해 정상인을 대상으로 측정 및 실험하였다.

## II. 본 문

### 1. 실험 대상

본 연구에서는 정상인 성인 남녀 8명(남자 6명, 여자 2명)을 대상으로 실험을 진행하였다. 피실험자의 평균 연령은 24세인 보행 장애의 병력이 없고 수전증과 손에 대한 통증 및 장애의 병력이 없는 정상인으로 선정하였다. 탭핑(Tapping), 나선형 그리기(Spiral), 떨림 측정(Tremor)은 의자에 허리를 편 상태에서 앉고 팔꿈치를 댄 상태에서 실시하였으며, 보행 측정은 오른 발목 상단에 스마트폰을 부착한 후 측정 시작 시 오른발을 먼저 내딛도록 하였다.

### 2. 개발 환경

스마트폰 기기는 Samsung Galaxy S7 Edge 모델을 사용하였으며, 손의 안정 떨림과 보행을 측정하기 위해 내장된 K6DS3TR 센서의 3축 자이로 회전 값을 활용하였고, 탭핑 및 나선형 그리기 동작은 스마트폰의 터치 인식 기능 및 5.5 인치 스크린에 대한 터치 좌표 값 획득을 통하여 측정할 수 있도록 하였다. 어플리케이션은 Unity를 사용하여 제작하여 Android 기반 스마트폰에서 사용할 수 있도록 하였고, 어플리케이션의 최소 API 수준은 API level 25인 Android 7.1 'Nougat'을 사용하였다. 웹서버는 ASP.NET Framework를 이용하여 개발하였으며, MySQL Workbench 8.0 CE를 사용해 데이터베이스를 구축하고 사용자 정보와 측정 데이터 및 훈련 결과를 저장하였다.

### 3. 어플리케이션 설계

시스템 전체 흐름도는 그림 1과 같이 로그인 시 사용자 정보를 등록하고, 만약 기존 등록 사용자이면 메뉴 선택 화면으로 이동한다. 파킨슨병 평가를 위한 측정 항목은 기존 임상 척도로 가장 많이 이용되는 탭핑, 나선형 그리기, 떨림 측정, 보행 측정 등의 콘텐츠를 제작하여 파킨슨병의 유무를 판단하고자 하였다. 모든 항목에 대한 측정이 완료되면 데이터는 데이터베이스에 저장되고 이를 기존 정보와 비교하여 평가된다.

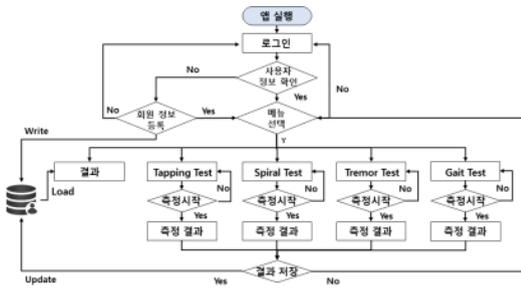


그림 1. 파킨슨병 조기 진단을 위한 어플리케이션 전체 흐름도  
 Fig. 1. Flowchart of the application for pre-screening of Parkinson's disease

#### 4. 개발 내용 및 측정 방법

##### 가. 탭핑 검사(Tapping Test)

서동증(Bradykinesia)은 동작이 점차 느려지는 증상으로 반복되는 행동이더라도 점차 많은 시간과 노력이 따르게 된다. 이것은 미세한 작업수행일 경우 더욱 어려워지는 것으로, 예를 들어 필기 할 때 글씨가 점점 작게 쓰는 경향이 나타나면 이것으로도 서동증으로 의심할 수 있는 것이다<sup>[5]</sup>. 서동증을 측정하는 방법에 대한 이전 연구들은 스크린에 지정된 두 버튼 영역을 번갈아 탭핑하는 실험을 통해 평가한다. 이 탭핑 실험은 버튼 영역 크기 및 영역간 거리, 두 영역을 번갈아 탭핑하는 시간 등을 매개변수로 하여 탭핑 횟수, 평균 속도 및 표준편차값들을 정상인 데이터와 비교하여 파킨슨병을 진단하였다<sup>[6]</sup>. 대부분의 파킨슨병 환자는 행동이 점차 느려지기 때문에 탭핑 속도도 느려지며, 탭의 횟수도 줄어들게 된다. 또한, 손의 이동거리가 줄어들다가 끝내 손가락을 떼지 못하게 되며, 이러한 이유 때문에 두 버튼 사이의 중앙 지점에 도달하는 특징이 있다.

본 논문에서는 그림 2(a)와 같이 위/아래 버튼을 20초 동안 최대한 빠르고 일정한 속도로 버튼의 중앙을 터치하였을 때, 이에 대한 좌표값 및 속도를 측정하였다. 두 버튼의 중앙 좌표값 사이의 거리는 760px이며, 버튼 밖의 화면에 터치되는 좌표 값들도 측정하여 버튼 영역을 얼마나 벗어나는 지에 대한 정확도 평가에 사용된다. 탭핑 속도는 피험자가 버튼 영역을 올바르게 터치한 좌표값과 이때의 시간을 측정하여 수식 (1)과 같이 평균 탭핑 속도(Mean Tapping Speed; MTS)를 계산하였다. 여기서,  $N$ 은 획득되는 데이터 개수,  $P_i$ 는  $i$ 번째 좌표이고,  $D_i$ 는  $P_i$ 와  $P_{i+1}$  사이의 거리,  $T_i$ 는  $i$ 번째 탭을 수행했을 때 시간을 나타낸다<sup>[7-8]</sup>.

$$MTS = \frac{\sum_{i=1}^N \sqrt{(P.x_{i+1} - P.x_i)^2 + (P.y_{i+1} - P.y_i)^2}}{\sum_{i=1}^N (T_{i+1} - T_i)} \quad (1)$$

또한 버튼 중앙을 정확하게 탭을 하는 지에 대한 정확성 측정은 모든 터치 좌표값과 상하 버튼의 중심 좌표값 사이의 거리를 이용하여 계산하였다. 이 거리 값들이 높을수록 정확성이 떨어지는 것을 의미하며, 위에서 언급한 내용과 같이 파킨슨 환자의 경우 탭핑 속도는 점차 느려지기 때문에 탭핑 속도도 점차 감소하게 된다. 즉, 파킨슨 환자는 탭핑할수록 버튼사이의 중간 지점으로 점차 가까워진다. 이와 같은 탭핑속도와 정확성 값들을 이용하여 서동증 증상을 진단할 수 있을 것이다.

##### 나. 떨림 검사(Tremor Test)

떨림(Tremor)은 신체의 근육이 수축 또는 이완 작용이 비자발적이고 규칙적으로 흔들리는 현상으로서, 신체를 움직이거나 손에 힘이 들어갔을 때 떨리는 것을 활동 떨림(Action Tremor), 신체를 움직이지 않고 안정된 상태에서 발생하는 안정 떨림(Rest Tremor)으로 분류된다<sup>[9]</sup>. 특히, 안정 떨림은 파킨슨병의 가장 대표적인 증상으로 파킨슨 환자의 경우 4~7Hz의 진전을 보이는 특징을 가지고 있다<sup>[10]</sup>.



그림 2. (a) 탭핑 측정 콘텐츠 (b) 떨림 측정 콘텐츠  
 Fig. 2. (a) Contents for tapping test (b) Contents for tremor test

그래서 본 연구에서는 안정 떨림을 측정하기 위한 방법으로 스마트폰의 3축 자이로스코프 센서의 회전값을 이용하여 주파수 대역에 따른 신호의 세기를 측정하였다.

구현된 콘텐츠는 그림 2(b)와 같이 보여주고 있으며, 측정하는 동안 신체의 움직임을 최소화하기 위하여 앉은 자세로 책상 위에 손을 얹고, 손등에 휴대폰을 올린 상태에서 측정하였다.

측정 시간은 30초 동안 진행되고, 여기서 측정된 자이로스코프 센서의 회전값은 수식 (2)를 적용하여 신호 벡터 크기(Signal Vector Magnitude) 값으로 변환 후, 주파수 대역을 확인하기 위하여 FFT 하였다. 여기서  $x_i$ ,  $y_i$ ,  $z_i$  값은 3축 자이로 센서의 출력 각속도 값이고,  $N$ 은 샘플링 개수를 의미한다.

$$SVM = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}, (i = 1, 2, \dots, N) \quad (2)$$

#### 다. 나선형 그리기 검사(Spiral Drawing Test)

나선형 그리기(Spiral Drawing)는 활동 떨림을 평가할 때 사용하는 방법으로서, 파킨슨 환자가 이를 수행할 때 속도가 일정하지 않으며 6~10Hz의 진전을 보이는 것으로 알려져 있다<sup>[11]</sup>.

화면 중앙에 제시된 나선형을 중앙에서부터 바깥방향으로 손을 떼지 않고 일정한 속도로 3분의 제한시간 내에 그리는 것으로서, 구현된 콘텐츠는 그림 3(a)과 같이 보였다. 나선형을 따라 그릴 때 드래그 하는 모든 픽셀의 좌표값은 60Hz로 샘플링하고, 각 좌표값들까지 드래그 하는 속도들에 대해 수식 (3)과 같이 누적 평균 속도(AMS: Accumulate Mean Speed)를 계산하였다. 이것을 이용하여 파킨슨 환자가 드래그 수행시간이 길수록 속도가 떨어지는 서동증 증상을 평가하는 데를 사용할 것이다. 또한, 각  $n$ 번째 좌표값에 대한 속도를 계산하고 이를 주파수를 분석하여 활동 떨림을 분석하고자 하였다<sup>[12]</sup>.

$$AMS = \sum_{i=1}^N \frac{D_i}{\text{Sampling Time} \times N} \quad (3)$$

여기서  $D$ 는 드래그 시작점에서  $n$ 번째 좌표값까지의 거리를 의미한다.

#### 라. 보행 검사(Gait Test)

자세 불안정(Postural instability)은 시각이나 다른 장애에서 비롯되지 않는 자세 불안정을 의미하며, 파킨슨 병에서 주로 발병 후기 단계에 보행 장애와 함께 나타나는 것으로 알려져 있다<sup>[13]</sup>. 이것은 보행 시 보폭(stride)이 짧아지거나 보행 속도가 증가하고 팔을 흔드는 동작이 감소되는 특징을 말한다<sup>[14]</sup>.

본 연구에서 구현한 보행 분석(Gait) 콘텐츠는 그림 3(b)과 같이 전체 90초 동안 진행되며, 3축 자이로 센서의  $z$ 축 방향에서 측정된 회전 값의 peak값들은 Stride 간의 간격으로 보행 주기를 알 수 있다<sup>[15]</sup>. 파킨슨 환자의 경우 보행의 보폭이 좁고 보행속력이 점차적으로 증가하므로 peak값들 사이 간격이 점점 좁아지고, 또한 발을 끄는 현상이 있기 때문에 비교적 낮은  $z$ 축 회전 값이 측정된다.

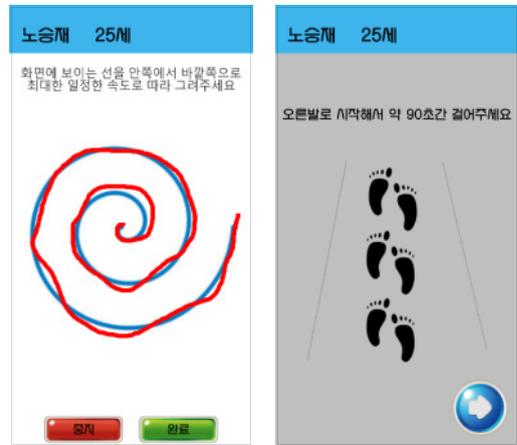


그림 3. (a) 나선형 그리기 측정 콘텐츠 (b) 보행 측정 콘텐츠  
Fig. 3. (a) Contents for spiral drawing test (b) Contents for gait test

### III. 실험 결과

#### 1. 탭핑 측정 결과

그림 2(a)을 사용한 탭핑 콘텐츠를 20초 수행한 후, 두 버튼을 터치한 좌표값을 통해 탭핑 사이의 거리와 시간을 측정하여 평균 탭핑 속도(MTS)에 대한 결과는 그림 4(a)에서 보여주고 있다.

본 논문에서의 실험은 모두 정상인을 대상으로 수행하였기 때문에 시간에 따른 평균 탭 속도가 점차 증가하였다. 이것은 정상들인 경우 손가락이 두 버튼 사이의 간격에 적응하여 수행하는 속도가 빨라지는 것이다. 만약, 서동증 증상을 가진 파킨슨 환자의 경우 탭핑하는 속도가 점차 느려지기 때문에 수행 시간에 따라 MTS 값이 점차 줄어드는 결과가 될 것이다<sup>[16]</sup>.

그림 4(b)는 탭핑하는 동안 피실험자가 버튼을 누른 위치의 좌표값과 버튼의 중심값과의 거리 변화에 대한 결과를 통해 탭핑 정확도를 측정할 수 있다. 두 버튼의

크기는 반지름이 125px 원형의 버튼을 터치한 좌표값이 버튼의 중심값으로 부터 125px 이상의 차이를 보이면 정확도가 떨어지는 것으로 분석할 수 있다. 예를 들어, 그림 4(b)에서는 피험자가 최대 122px의 중심과의 거리를 보이기 때문에 정확한 위치에 버튼을 누른 것으로 판단할 수 있다. 만약 파킨슨 환자의 경우 탭핑하는 좌표값과 버튼의 중심값과의 거리가 점차 증가하기 때문에 125px 이상의 거리에서 결과를 보일 것이다.

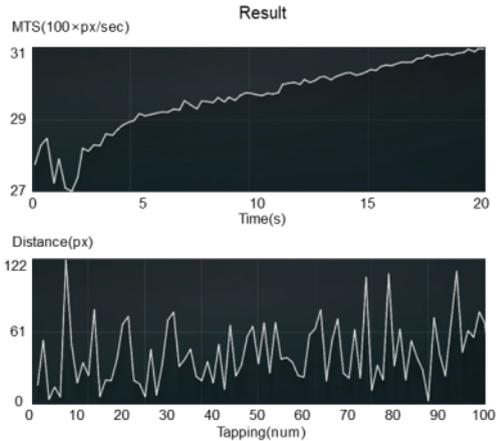


그림 4. 탭핑 측정 결과 (a) 시간에 따른 평균 탭핑 속도 변화 (b) 탭핑 시 위치와 버튼의 중앙과의 거리 변화  
 Fig. 4. Results of tapping test (a) Change of MTS over time (b) Variation of position and distance from center of button when tapping

## 2. 떨림 측정 결과

떨림 콘텐츠는 30초 동안 측정된 자이로센서의 3축 회전값을 SVM값으로 변환한 후 60Hz 샘플링 주파수로 FFT한 스펙트럼을 그림 5와 같이 보여주고 있다. 안정 떨림 증상을 보이는 파킨슨병 환자가 이를 수행할 경우 4~7Hz의 주파수 대역에서 신호 변화가 나타난다고 알려져 있다<sup>[10]</sup>. 하지만 본 논문에서 실험한 모든 피험자들 해당 주파수 대역에서 신호 변화가 나타나지 않았다.

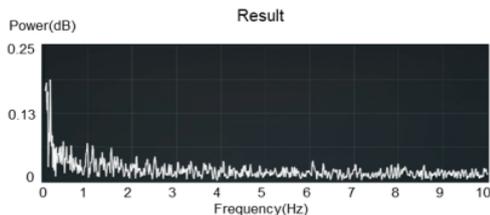


그림 5. 정상인 피험자의 떨림 검사에 대한 주파수 스펙트럼 결과  
 Fig. 5. Frequency spectrum results of tremor test of normal adult

## 3. 나선형 그리기 측정 결과

사용자가 나선형을 따라 드래그 한 좌표값과 시간을 통해 누적평균속도(AMS)를 계산하였으며, 이에 대한 결과는 그림 6(a)에서 보여주고 있다. 모든 피험자들은 나선형을 따라 드래그 하는 동안 누적평균속도가 초기에 급격하게 증가하다가 일정한 속도로 유지되는 경향이 있었다. 이것은 콘텐츠에서 제시된 나선형의 안쪽이 바깥쪽보다 상대적으로 굴곡된 정도가 크기 때문인 것으로 보여진다.

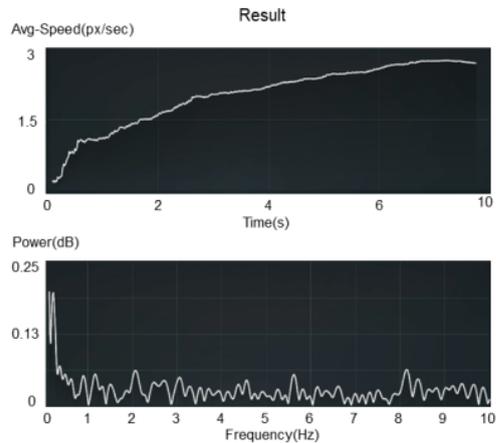


그림 6. 나선형 그리기 측정 결과 (a) 서동증 평가를 위한 누적 평균속도 (b) 활동 떨림 평가를 위한 주파수 스펙트럼  
 Fig. 6. Results of spiral test (a) AMS for evaluation on Bradykinesia (b) Frequency spectrum for evaluation on Action tremor

그림 6(b)는 사용자의 수행 속도에 대하여 60Hz 샘플링 주파수로 획득한 각 좌표값까지에 대한 속도를 FFT하여 주파수 스펙트럼 결과를 보여주었다. 이것은 활동 떨림을 분석하기 위한 것으로 파킨슨 환자의 경우 6~10Hz의 주파수 대역에서 신호 변화가 나타난다고 알려져 있다<sup>[11]</sup>. 본 논문에서의 정상인 피험자들은 모두 해당 주파수 대역에서 신호 변화가 나타나지 않았다. 즉, 모든 피험자들은 활동 떨림 증상이 없는 것을 의미한다.

## 4. 보행 측정 결과

보행은 90초 동안의 걸음(Stride) 수로 측정하였으며, 3축 자이로 센서의 z축 회전값과 걸음에 대한 주기를 그림 7에 보여주었다. 피험자가 걷는 보폭은 3축 자이로 센서의 z축 회전값에서 peak값을 측정하고, 이것은 앞으로 나아가기 위해 오른발을 뺄 때 가장 높은 값을 나타낸

다. peak-to-peak까지 구간을 한 번의 Stride가 걸리는 시간(ST: Stride Time)이고, peak와 ST를 통하여 보폭과 보행속도가 일정하지 분석할 수 있다. 모든 피험자들은 보폭과 보행속도는 다르지만, 피험자들에게 그림 7(a)와 같이 일정한 보폭과 보행속도를 유지하도록 하였다. 이것은 파킨슨병 환자들은 일정한 보폭과 속도를 유지하기 어렵기 때문에 이와 같은 실험을 통해 평가할 수 있기 때문이다<sup>[17]</sup>. 그림 7(b)에서 피험자들의 ST 오차는  $\pm 0.08$  정도로 매우 낮은 결과를 나타냈는데, 이것은 정상인들이기 때문이다.

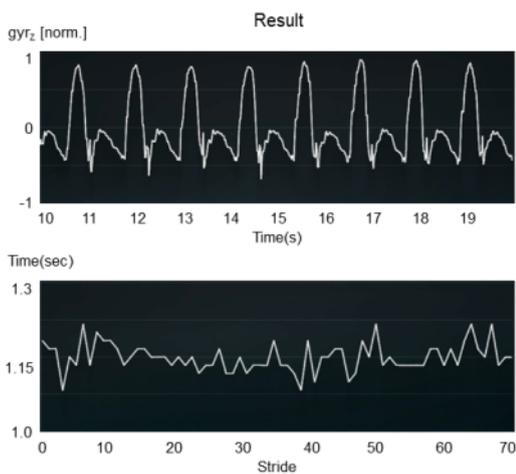


그림 7. 보행 측정 결과 (a) 시간에 따른 z축 자이로 센서 회전값의 변화 결과 (b) 걸음(stride)마다 걸린 시간  
 Fig. 7. Results of gait test (a) Change of gyroscope signal in z-direction over time (b) The time spent on a stride

#### IV. 결론

본 논문에서는 파킨슨병 임상진단 척도인 통합형 파킨슨병 평가척도(UPDRS)의 운동성 검사 문항을 기반으로 파킨슨병을 조기에 진단하기 위한 어플리케이션을 제작하였고, 정상인을 대상으로 어플리케이션의 유용성을 평가하고자 하였다. 파킨슨병을 진단하기 위한 각 문항들은 탭핑, 떨림, 나선형 그리기, 보행으로 전체 4가지로 구성하였으며, 정량화된 측정 방법을 위해 스마트폰 스크린의 좌표값과 3축 자이로센서의 회전값을 활용하였다.

탭핑 검사와 나선형 그리기 검사에서는 사용자가 스크린을 터치하거나 드래그하는 위치의 좌표값을 통해 평균 태핑속도(MTS)와 누적평균속도(AMS)로 계산하여 평균

수행 속도의 증감률을 측정하였다. 정상인을 대상으로 실험한 결과 콘텐츠를 수행하는 속도가 빨라지거나 일정한 속도를 유지하는 것으로 나타났다. 이러한 분석을 바탕으로 수행 속도가 점차 느려지는 현상을 보이는 파킨슨병 환자의 서동증에 실험이 이루어진다면 진단 가능성을 좀 더 확인할 수 있을 것이다.

또한, 나선형 그리기 검사에서는 피험자가 드래그하는 속도에 대해 FFT한 결과를 분석하여 신체를 움직이는 동안 발생하는 활동 떨림(6~10Hz)이 있는 지 확인하였다. 본 연구에서의 실험 결과는 모든 피험자가 활동 떨림(6~10Hz)이 나타나지 않는 것으로 확인되었으며, 이는 정상인들이기 때문이다.

안정 떨림(4~7Hz)은 자이로센서의 3축 회전값에 대한 FFT 결과로 분석하였고, 보행 분석은 자이로센서의 z축 회전값에 대한 peak값을 검출하여 분석이 이루어졌다. 이에 대한 실험 결과들은 모든 피험자에게서 안정 떨림(4~7Hz)이 나타나지 않았으며, peak값이 일정한 간격으로 나타나는 것을 확인하였다. 위에서의 활동 떨림, 안정 떨림, 보행 분석은 정상인에 대한 데이터를 사용하였으므로 정상적인 결과를 나타냈다. 하지만 제안된 분석 방법들을 파킨슨병 환자 진단에 적용한다면 여러 가지 떨림과 자세 불안정에 대한 분석이 가능할 것이다.

본 논문에서 제안하는 파킨슨병 조기 진단 방법은 일상생활에서 접근성이 높은 스마트폰을 사용하여 간편하게 이루어지기 때문에 사용자 스스로 자가 진단이 가능하며 시간적·경제적 비용이 상대적으로 적게 든다. 또한, 정량적인 결과 데이터를 제공할 뿐만 아니라 웹서버를 통해 저장된 데이터들 간 비교가 가능하므로 파킨슨병 증상의 진행 정도에 대한 모니터링이 가능하다. 하지만, 정상인으로 실험 대상을 구성하였기 때문에 실제 파킨슨병 환자에 대한 임상에서의 비교 실험이 필요하며 이를 통한 파킨슨병 진단과의 상관관계에 대한 검증이 필요하다. 또한, 최근에 등장하고 있는 스마트워치와 같은 웨어러블 디바이스와 연동하여 활용한다면 더 효과적이고 지속적인 모니터링이 가능할 것으로 사료된다.

#### References

[1] Eun-Yeong Ahn and Hyun-Ae Chung, "A Review on Pathophysiology of Parkinson's Disease", The Journal of Occupational Therapy for the Aged and Dementia, Vol. 3, No. 1, pp. 1-9, Apr 2009.  
 [2] Joong-Seok Kim, "Current status and future of

- Parkinson's disease in Korea", Public Health Weekly Report, Vol. 11, No. 31, 2019.
- [3] Sung-Reul Kim, Sun-Ju Chung, Sung-Young Hee and Myoung-Chong Lee, "Factors Related to Quality of Life in Patients with Parkinson's Disease", J. Korean Neurol Assoc, Vol. 23, No. 6, pp. 770-775, 2005.
- [4] Da-Eun Kwon, Myung-Hoo Song, Yo-Sub Kim, Sang-Joon Kim and Min-Kyu Ahn, "Quantification of movement symptoms in Parkinson's disease: A brief survey", Proceedings of HCI Korea 2019, pp. 605-608, Jan 2018.
- [5] Chang-Min Lee, "Micrographia after Midbrain Tegmental Infarction", Journal of the Korean Neurological Association, Vol. 33, No. 4, pp.324-327, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17340/jkna.2015.4.15>
- [6] Liu Siyuan, et al, "Pumpkin Garden: A Mobile Game Platform for Monitoring Parkinson's Disease Symptoms", International Conference on Human Aspects of IT for the Aged Population. Springer, Cham, pp. 546-560, 2018.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-92037-5\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-319-92037-5_38)
- [7] Memedi Mevludin, Taha Khan, Peter Grenholm, Dag Nyholm and Jerker Westin, "Automatic and objective assessment of alternating tapping performance in Parkinson's disease", Sensors, Vol. 13, No. 12, pp. 16965-16984, 2013.  
DOI: <http://doi.org/10.3390/s131216965>
- [8] Somayeh Aghanavasi, Dag Nyholm, Marina Senek, Filip Bergquist and Mevludin Memedi, "A smartphone-based system to quantify dexterity in Parkinson's disease patients", Informatics in Medicine Unlocked, Vol. 9, pp. 11-17, 2017.  
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.imu.2017.05.005>
- [9] Sun-Ju Chung, "Diagnosis and treatment of hand tremor", Journal of the Korean Medical Association, Vol. 55, No. 10, pp. 987-995, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5124/jkma.2012.55.10.987>
- [10] N. Kostikis, D. Hristu-Varsakelis, M. Arnaoutoglou and C. Kotsavasiloglou, "Smartphone-based evaluation of parkinsonian hand tremor: Quantitative measurements vs clinical assessment scores", 2014 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 906-909, 2014.  
DOI: <https://doi.org/10.1109/EMBC.2014.6943738>
- [11] Xuguang Liu, Camille B. Carroll, Shou-Yan Wang, John Zajicek and Peter G. Bain, "Quantifying drug-induced dyskinesias in the arms using digitised spiral-drawing tasks", Journal of neuroscience methods, Vol. 144, No. 1, pp. 47-52, 2005.  
DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2004.10.005>
- [12] Mevludin Memedi, et al., "Automatic spiral analysis for objective assessment of motor symptoms in Parkinson's disease", Sensors, Vol. 15, No. 9, pp. 23727-23744, 2015.  
DOI: <http://doi.org/10.3390/s150923727>
- [13] Seung-Bo Yang, et al., "Effects of Korean Medicine on Postural Instability and Gait Difficulty in Patient with Parkinsonism: Retrospective Study", Journal of Korean Medicine, Vol. 38, No. 3, pp. 96-102, 2017.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.13048/jkm.17028>
- [14] Jung-Byung Chae, Hyun-Rae Cho, "The Research of Gait on Parkinson's Disease", Journal of the Korean society of physical medicine, Vol. 4, No. 4, pp. 249-255, Nov 2009.
- [15] Katharina Aholt, et al., "A Mobile Solution for Rhythmic Auditory Stimulation Gait Training", EMBC 2019, pp. 309-312, 2019.
- [16] Matteo Bologna, et al., "Bradykinesia in early and advanced Parkinson's disease", Journal of the Neurological Sciences, Vol. 369, pp. 286-291, 2016.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jns.2016.08.028>
- [17] Ho-Hee Son and Eun-Jung Kim, "Arm Swing Asymmetry and Effect of Auditory Cues on Amplitude in the Patients with Parkinson's Disease", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society(JKAIS), Vol. 14, No. 1, pp. 344-350, 2013.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.1.344>

## 저 자 소 개

### 문 호 상(준회원)



• Ho-Sang Moon studied Computer Engineering, and received his B.S.(2018) from Korea Polytechnic University. He is currently a master of science course at the department of Computer Engineering from Korea Polytechnic University. His research interests include Rehabilitation & Healthcare, etc.

### 노 승 재(준회원)



• Seung-Jae Noh is currently a bachelor of science course at the department of Computer Engineering from Korea Polytechnic University. His research interests include Serious game, Rehabilitation & Healthcare, etc.

### 정 성 택(정회원)



• Sung-Teak Chung studied Electrical Engineering, and received his Ph.D. (2000) from KAIST. He is currently a professor at the department of Computer Engineering at Korea Polytechnic University. His research interests include biomedical image & signal processing ,and serious game, etc.

※ 본 논문은 산업통상자원부 R&D사업 '창조혁신형 디자인고급인력양성사업(N0001436)'의 지원으로 진행되었습니다.