

2019년 2학기 공학프로젝트기획 보고서 (캡스톤디자인 제안서)

이상운동증 진단 어플리케이션

- 과목명: 공학프로젝트기획
- 과목 담당교수:
- 제출일: 2019년 12월 04일
- 프로젝트 팀원명단:

설계 프로젝트 팀원명	학번	캡스톤디자인 지속 참여 확인 (공프기와 동일주제로 캡스톤디자인을 향후 신청할 것을 O로 표기)	개인별 확인 서명
배수한	21500313	O	배수한
하재경	21600752	O	하재경
윤다은	21700477	O	윤다은

- 지도
- 지도교수명: 안민규 교수

위 학생들이 위 표기와 같이 동일주제로 캡스톤설계2의 지속참여 여부를 확인합니다.

지도교수 서명:



요약서						
과목명(Course Subject)	공학 프로젝트 기획			연도/학기	2019/2학기	
설계주제 (Title)	이상운동증 진단 어플리케이션					
검색어 (Keywords)	이상운동증, 파킨슨, 진전, 손떨림, 진단, 측정, 정량화, 수치화					
설계팀원명단	배수한, 윤다은, 하재경					
지도교수,산업체자문위원(Advisor)	안민규					
설계기간(Period)	2019.07.01~2019.11.28					
설계문제의 정의 (Problem Statement)	이상운동증 진단시 임상과의 주관적인 판단에 의존함 진단 기록을 paper형식이 아닌 데이터베이스를 활용하여 디지털화 시킴.					
설계요소(Design Elements) (해당요소에 O표)	목표 설정	분석	개념 및 상세설계	구현 및 제작	시험 및 평가	기타
	O	O	O	O	O	
제한조건 (Constraints)	개발 환경	운영 환경	제작비용 및 기간	미적요소 (사용자 인터페이스)	사회 및 윤리성	기타

(해당요소에 O표)		O		O	O	
최종 설계 사출물 (deliberables)	어플리케이션					
설계 결과의 요약 (Extended Abstract)	진단 및 검사의 결과를 디지털로 저장하기 위해 데이터 베이스를 사용하였고 그리기 검사를 수치화 시키기 위해 여러가지 신호 분석법을 사용하였다. 또한 사용자가 활용하기에 직관적이고 편리하도록 디자인적인 측면을 고려한 UX/UI를 구현하였다.					

Design Summary

Date:

Course Name	Engineering project planning	Year/Semester	2019/2
Design Title	Diagnostic application for movement disorder		
Designers	Suhan Bae, JaeKyung Ha , Daeun Yun		
Advisor	Minkyu Ahn		
Design Problem Definition	Dependent on subjective judgment of clinician when diagnosing movement disorder		
Design Objectives	This application makes it easy for the medical team to store and retrieve clinical data as a device used for diagnosing motion-disabled patients, and for line and spiral examinations, objective results are obtained through algorithms developed.		
Design Constraints	<p>This project is designed to be intuitive and convenient for users to use, taking into account user interfaces in the previously developed version 1.</p> <p>In addition, the medical device was considered to ensure that it is operated reliably as it is used and to assist in accurate diagnosis</p>		
Expected Deliverables	Application		
Abstract	Database was used to store the results of diagnosis and examination digitally and various signal analysis methods were used to digitize drawing tests. It also implemented UX/UI, which was considered in terms of design, to be an intuitive and convenient application for users		

1. 프로젝트 개요

전 세계적으로 급증하고있는 고령화에 따라 노인질환중 이상운동증 (파킨슨병 , 본태진전증)이 늘어나고 있는 추세이다. 그리하여 이상운동증을 진단받고 치료받기위해 의료진을 찾아간 환자들에게 더 나은 치료를 받게 하는 것과 의료진에게 오진의 확률을 줄여주기 위한 어플리케이션을 개발하고자한다.

1.1. 문제 정의 : Problem statement

이상운동증을 진단받고 치료받기 위해서는 pen and paper 형식의 설문조사인 UPDRS와 CRTS가 있다. 이 두개의 설문조사는 환자의 운동성을 관찰하여 점수를 부여하는 방식이다. 하지만 이 방법은 증상의 경중을 나누는 기준이 객관적인 수치가 아닌 전문가의 주관적인 판단에 의존하기 때문에 같은 환자를 진단하더라도 임상 의에 따라 다른 진단을 내릴 수 있다.

1.2. Goals and Objectives

- 1) 파킨슨병 환자 진단시 수행되는 여러 임상적기준들을 공학적 척도를 기반으로 정량화(수치화)한다. 이를 통해 기존에 의사의 주관적인 판단에 의지했던 진단 방법을 최소화하며, 범용적인 기준을 세운다
- 2) 환자를 진단시 어플리케이션을 활용하여 의사들에게 편의성을 제공한다. 종이와 펜을 이용한 아날로그식 방식을 탈피하고 디지털화된 어플리케이션을 통해 환자 개개인의 지속적인 모니터링을 돕는다. 본 어플리케이션은 공학적 지식이 없는 사용자도 그래픽을 통해 직관적으로 알게 하는데 목적이 있다
- 3) 축적된 데이터는 파킨슨병의 조기진단을 위한 연구 데이터로 활용한다. 데이터 베이스 기반의 어플리케이션을 구축하여 정량화된 데이터를 체계적으로 관리하며 이는 후에 파킨슨병 연구를 위한 데이터로 활용한다

1.3. 최종 산출물 (Deliverables)

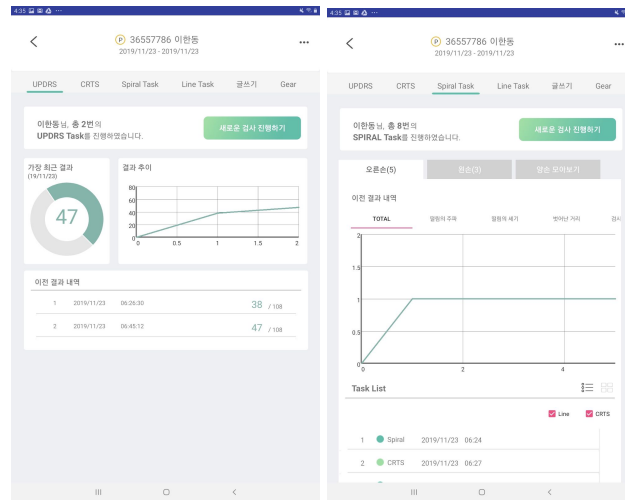
The image displays two mobile application screens for Parkinson's disease assessment. The left screen is titled 'CRTS Task' and shows a table for rating various movements. The right screen is titled 'UPDRS Task' and shows a list of questions and a table for rating responses.

	0	1	2	3	4
얼굴	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
혀	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
목소리	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
머리	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
우측 상지	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
좌측 상지	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
체간	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
우측 하지	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
좌측 하지	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
기립성	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

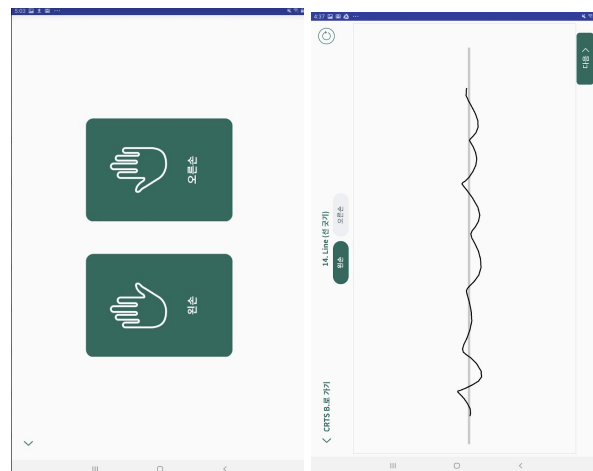
	0	1	2	3	4
얼굴	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1. 약간 비명이 감지되어 있고 말이나 목소리 크기가 감소한 정도.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. 말이 느리고 단절 음역이나 말씨를 들 수 있는 정도이며, 확실하게 정상이라고 생각된다.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. 심한 혼란으로 말이 들은 정도.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. 거의 말이 들을 수 없는 정도의 심한 혼란이다.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	0	1	2	3	4
얼굴	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1. 약간 비명이 감지되어 있고 말이나 목소리 크기가 감소한 정도. "poker face"	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. 약간 비명이 감지되어 있지만 확실하게 비정상이라고 할 수 있는 정도.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. 심하게 얼굴이 붉은 표정이고 심하게 혹은 완전히 무표정한 상태로 입술은 약 1/4 inch 정도 벌어져	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. 혼란으로 표정이 감지되어 간혹 입술이 벌어지는 정도.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

좌:UPDRS , 우:CRTS



설문조사 결과표



line task

위 사진들은 실제로 구현한 이상운동증 진단 어플리케이션의 동작 사진이다.

1.4 Key Project Stakeholders

본 어플리케이션은 이상운동증이 있는 환자들이 의료진들에게 진단과 검사를 받을 때 사용하는 어플이므로 파킨슨병 혹은 본태진전증이 의심되는 혹은 증상이 있는 사람들에게 필요하다. 또한 의료진들에게 환자의 검사 결과가 pen and paper로 진행되어 따로 결과를 기입 할 필요 없이 간편하게 저장시키고 불러올 수 있고 환자가 직접 그려야하는 선긋기 와 나선그리기는 개발한 알고리즘을 통해 객관적인 결과값을 받을 수 있으므로 의료진들에게 편의와 좋은 참고자료로 쓰일 수 있다.

1.5 Project Requirements and Constraints

본 프로젝트는 이상운동증 진단을 정량화하는 알고리즘을 연구하고, 모니터링이 가능한 데이터베이스 기반의 어플리케이션으로 구현하는것이다. 제약조건으로는 본 어플리케이션의 알고리즘을 검증하는 차원에서 환자를 모사한 데이터, 즉 환자의 데이터가 아닌 연구자가 만든 데이터이므로 더 확실한 검증을 하기위해 차후 실제 환자의 데이터를 받아서 검증할 예정이다.

2. 프로젝트 배경 정보

2.1. 기존의 유사 제품에 대한 survey

□ 파킨슨병 환자 모니터링을 위한 밴드 및 웹 서비스 개발

(한국컴퓨터종합학술대회 2018 발표)

파킨슨병은 여러 이상운동증상으로 수반하는데 그 중 가장 정량화 하기 쉬운 증상인 파킨슨 진전은 4-6 Hz의 특정 주파수 영역에서만 관측되기 때문에 이를 근거로 파킨슨병 여부를 판단할 수 있다. 프로젝트는 크게 두가지 영역으로 나눌수 있는데 환자의 데이터를 축적 및 분석하는 하드웨어 밴드와 데이터를 시각화하여 사용자(환자, 연구자)에게 제공하여 주는 웹 서비스이다. 기존의 연구들의 한계점으로 극복할 뿐만아니라 연구자 또는 환자 둘 중 한 사용자에게만 국한되어 제공되던 서비스 패턴에서 벗어나 프로젝트 참여자에 모두 서비스를 제공한다. 밴드형태의 웨어러블 시스템을 구축하여 손목부의 파킨슨 진전 측정 및 저장, 일련의 분석 과정을 거친다. 측정된 데이터는 데이터베이스에 축적되며 환자의 경우에는 정리된 데이터를 시각화하여 자신의 증상을 모니터링 할 수 있게 하는 반면, 의사들에게는 미가공 데이터를 제공하여 연구를 위해 활용할 수 있도록 한다.

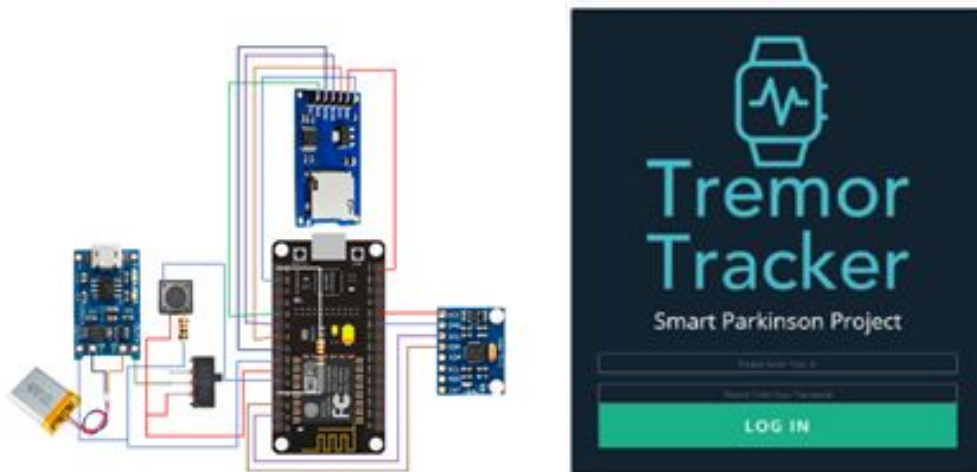


그림 (왼쪽) 정량화 밴드 하드웨어 디자인,(오른쪽) 웹서비스 로그인 화면

□ 이상운동증 어플리케이션 v1 (소프트웨어 등록 C-2018-039168)

진전은 수많은 질병 에서 파생되는 흔한 이상운동증상 중 하나로 질병의 정도를 판단하는 척도로써 이용된다. 하지만 현재 보편적으로 사용되는 임상 기준이 의사마다 주관적 판단으로 이루어지고 있어 정확한 진단이 사실상

불가능하기 때문에 이를 기반으로 하는 연구 및 처방에 어려움이 있다. 따라서 이상운동증 앱 v1에서는 진전을 진단하기 위하여 기존의 이상운동증상 검사지를 디지털화하고, 임상주의 경험에 의존하던 기존의 검사를 공학척도를 기반으로 하여 객관적이고 정확하게 정량화하였다.

2.2. 기존의 연관 논문 및 특허 survey

□ 상용 스마트 밴드를 활용한 응급상황 감지 애플리케이션

(멀티미디어학술대회 2019 발표)

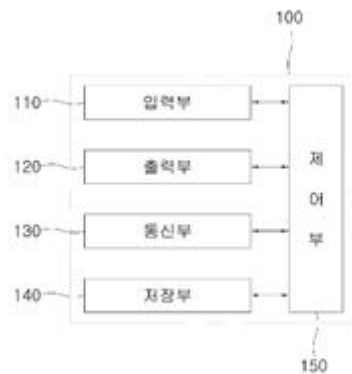
고령화 시대가 도래하면서 독거노인들은 응급 사고나 건강악화 문제에 마주했을때 적절한 도움을 요청하지 못한다. 본 어플리케이션은 낙상 상황이나 심정지 상황과 같은 돌발 응급상황을 지속적으로 감지하고 사고가 발생 했을 시 그들이 신속히 도움을 받을 수 있도록 하였다.



그림 3. 구현된 상용 스마트 밴드를 활용한 응급상황 감지 어플리케이션

□ 파킨슨병의 진단을 위한 입력 패턴 생성 장치

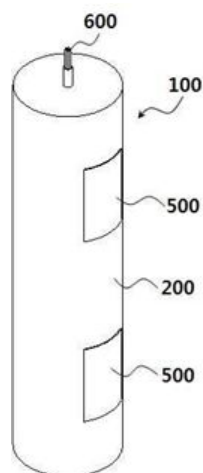
<국내 출원/신규 1020180010704 (2018.01.29) >



발화문장의 운율분석을 통한 특발성 파킨슨병 진단장치 및 진단방법(특허출원번호 제10-2016-0032446호)

본 발명은 파킨슨병의 진단을 위한 입력 패턴 생성 장치 및 방법에 관한 것으로서, 본 발명의 파킨슨병의 진단을 위한 입력 패턴 생성 방법은, 테스트를 진행하고자 하는 피검사자의 정보를 입력받는 정보 입력 영역 및 설정된 기능들을 수행하는 복수의 버튼을 디스플레이하는 단계; 디스플레이된 정보 입력 영역에 피검사자의 소정의 정보를 입력받는 단계; 복수의 버튼 중 고급 설정 버튼이 선택되었음을 확인할 경우, 검사 방법의 종류 및 입력 패턴의 종류를 선택할 수 있는 고급 설정 영역을 디스플레이하는 단계; 고급 설정 영역에 디스플레이된 검사 방법의 종류 중 어느 하나의 검사 방법 및 입력 패턴의 종류 중 어느 하나의 입력 패턴을 선택받는 단계; 선택받은 검사 방법에 따른 입력 패턴의 예시를 디스플레이하는 단계; 및 선택받은 검사 방법의 종류 및 입력 패턴의 종류를 기반으로, 복수의 포인트를 디스플레이하는 단계를 포함한다.

□ 파킨슨 질환 진단용 측정장치 <국내 출원/신규 1011266300000 (2012.03.07) >



본 발명은 파킨슨 질환 진단 측정장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 파킨슨 질환 환자의 회복을 위한 치료 시 손의 떨림 횟수, 속도, 압력 등을 단계적으로 체크할 수 있는 파킨슨 질환 진단 측정장치에 관한 것으로, 진단받은 파킨슨 질환 환자의 증상에 대한 약물적 치료, 수술적 치료 또는 물리적 치료에 따라 치료결과와 수치를 확인할 수 있도록 하는 물리적인 측정장치로서 환자의 손에 쥐고 측정할 수 있도록 환봉형을 가지고, 일정한 단위시간에 손의 떨림, 이동속도 및 압력을 측정하여 치료결과를 주기적으로 쉽고 간단하게 측정하여 치료효과과정을 알아 볼 수 있도록 하는 파킨슨 질환 진단용 측정장치를 제공하는 것이다.

□ 파킨슨병의 운동기능 증상 특징 추출을 위한 잡아당기기 검사 데이터 정량화 시스템 및 방법 <국내 출원/신규 1020180024845 (2018.02.28) >



본 발명은 파킨슨병의 운동기능 증상 특징 추출을 위한 잡아당기기 검사 데이터 정량화 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 본 발명의 파킨슨병의 운동기능 증상 특징 추출을 위한 잡아당기기 검사 데이터 정량화 방법은, 단말기에서, 설정된 시간마다 사용자의 가속도를 측정하여, CSV 파일 형식으로 가속도계 데이터를 생성하는 단계;

단말기에서, 생성된 가속도계 데이터에 포함된 잡음을 제거하는 단계; 단말기에서, 잡음이 제거된 가속도계 데이터에 대해 사용자의 자세 및 단말기의 기울기를 보정하기 위해 3축 중 y축을 중력방향으로 고정시키는 축을 보정하는 단계; 단말기에서, 축이 보정된 가속도계 데이터를 수직 성분의 가속도계 데이터 벡터 값과 수평 성분의 가속도계 데이터 벡터 값으로 분리하는 단계;

단말기에서, 분리된 수직 성분의 가속도계 데이터 벡터 값의 크기 및 분리된 수평 성분의 가속도계 데이터 벡터 값의 크기를 이용하여, 수직 성분의 가속도계 데이터 및 수평 성분의 가속도계 데이터의 고속 푸리에 변환을 수행하고, 수직 성분의 가속도계 데이터 및 수직 성분의 가속도계 데이터의 최댓값 및 최솟값을 계산하는 단계;

단말기에서, 분리된 수직 성분의 가속도계 데이터 벡터값 및 분리된 수평 성분의 가속도계 데이터 벡터 값을 이용하여, 수직 성분의 가속도계 데이터 및 수직 성분의

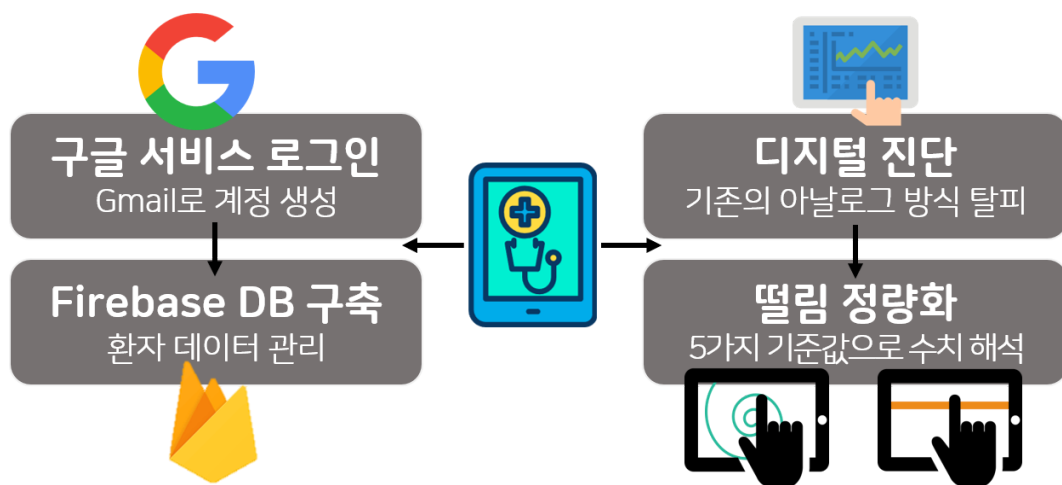
가속도계 데이터의 평균값을 계산하는 단계; 정량화 디바이스에서, 수행된 고속 푸리에 변환의 결과값, 계산된 최댓값, 최솟값 및 평균값을 WEKA로 출력된 의사 결정 트리를 이용하여, 가속도계 데이터를 사용자가 서 있는 상태의 데이터, 뒤로 당겨지는 상태의 데이터 및 당겨진 힘에 반응하는 상태의 데이터로 정량화하는 단계를 포함하되, 가속도계 데이터의 윈도우 크기는 16이며, 윈도우의 간격은 1이다.

2.3. 관련된 전공 지식

본 어플리케이션을 위한 전공 지식으로는 안드로이드 스튜디오를 활용할 자바, 코틀린 언어가 필요하고 firebase에 데이터 베이스를 구축 할 만한 지식도 있어야한다. 또한 환자들이 시행하는 선 굵기나 나선 그리기 같은 경우는 알고리즘을 개발하여 측정값을 추출해내야하므로 BandPassFiltering, LowPass Filtering, FastFourierTranform, Hilbert transform 과 같은 신호처리 기법도 필요하고 PCA와 같은 분석법에 관한 지식도 필요하다. 또한 환자 또는 의료진이 본 어플을 직관적으로 사용법을 캐치하고 활용할 수 있도록 디자인을 고안하기 위해 디자인 리서치와 같은 디자인분야의 전공지식도 필요하다.

3. Strategy and Conceptual Design

3.1. Conceptual Design



<그림1>

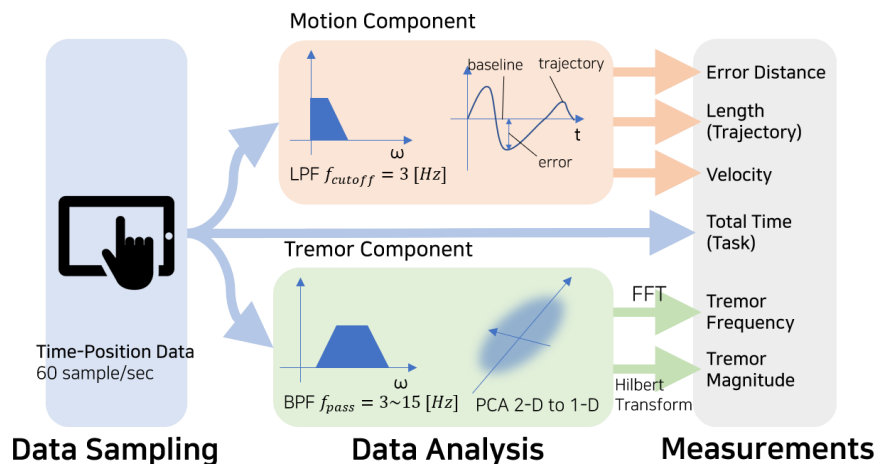
<그림1>은 전체적인 앱에 대한 대표적인 구상도이다. 이 앱을 이용하는 의사는 구글 서비스 로그인을 통해 앱에서 자신의 아이디를 생성할 수 있다. 구글 서비스 로그인을 통해 로그인 하면 의사 고유의 환자를 관리할 수 있다.

전체 환자 데이터와 의사에 대한 정보는 파이어베이스에 저장되도록 한다. 의사는 환자에 대한 정보를 추가 할 수 있고 환자 목록에서 필터를 적용하여 환자의 가나다순이나 최근 진료일 순으로 환자를 정렬할 수 있도록한다. 환자에 대한 신상정보에 대한 정보들은 파이어베이스의 실시간 데이터베이스에 저장하도록 한다.

진단에 대한 정보를 저장할 때 설문지의 합산과 같은 간단한 정보는 실시간 데이터베이스를 쓰지만 환자가 그림을 그렸을 경우 그린 그림의 시간계 좌표나 이미지 파일은 실시간 데이터베이스에 넣을 경우 딜레이가 발생할 수 있기 때문에 이 경우에는 파이어 베이스 스토리지를 이용하도록 한다. 이 때 데이터를 저장할 시 와이파이 환경이 나빠져 데이터의 손실 위험을 줄이기 위하여 이중 저장을 이용하도록 한다. 기기의 로컬 파일에도 저장하고 파이어베이스에도 이 정보를 저장한다. 환자가 그린 그림의 시간계 좌표는 엑셀파일로 저장하도록 하고 그린 이미지는 jpg파일로 저장하도록 구상하였다. 이미지는 추후 환자들의 경감을 눈으로 쉽게 보기 위한 데이터로 쓰고자 하였다.

이상운동증 진단 앱에서는 실제 쓰이는 임상적인 검사를 최대한 반영하고자 하였다. 넣고자 하는 검사는 UPDRS, CRTS, 나선그리기, 직선그리기, 글쓰기를 추가하고자 하였다. UPDRS와 CRTS는 설문지 형식의 검사이므로 라디오버튼과 레이아웃을 적절히 활용하여 의사의 입장에서 빠른 시간 안에 설문지 검사를 끝낼 수 있도록 하였다. 나선그리기, 직선그리기는 그림을 그리는 검사형식이다. 여기서는 떨림을 진단할 수 있는 5가지 기준을 제시하였다.

이 5가지 기준을 떨림의 세기(Tremor Magnitude), 떨림의 빈도(Tremor Frequency), 기준선과의 오차거리 (Error Distance), 시간(Time), 속도(Velocity)로 규정하였다. 떨림의 세기는 환자가 그림을 그릴 때 진폭을 이야기 하며, 떨림의 빈도는 1초를 기준으로 환자가 얼마나 떠는 지에 대한 기준이다. 오차거리는 기준선과의 오차를 sample to sample로 구한 뒤 이에 대한 평균 값을 cm로 환산하여 계산한다. 이에 대한 자세한 내용은 <그림2>에 나타나있다.



<그림2>

<그림2>는 알고리즘에 대한 개념도이다. 진단용 이상운동증 정량화 알고리즘은 환자의 운동을 측정하기 위해 태블릿 PC의 터치 입력을 데이터로 활용한다. 환자는 화면 상에 제시된 직선 그래프와 나선형 그래프를 기준선을 따라 펜으로 그린다. 화면상의 펜 경로는 x, y축의 픽셀 좌표로 초당 60개씩 센티미터 단위로 기록되며, 1 픽셀의 크기는 약 118μm이다.

태블릿의 크기는 10.1인치, 해상도는 환자의 경로 데이터는 통과대역주파수가 3Hz에서 15Hz인 대역통과필터(BPF, Band Pass Filter)와 통과대역주파수가 3Hz 이하인

저역통과필터(LPF, Low Pass Filter)를 사용하여 떨림 요소와 운동 요소로 분리한다. BPF를 통과한 데이터는 떨림의 정보를 포함하는 데이터이며, LPF를 통과한 데이터는 운동 데이터이다.

떨림 데이터는 주성분 분석법(PCA, Principal Component Analysis)을 통해 X, Y 축의 2차원 데이터를 1차원 데이터로 변환한다. 1차원을 축소된 데이터는 고속 푸리에 변환(FFT, Fast Fourier Transform)을 통해 주파수 성분을 분석하여 특정한 떨림 주파수(TF, Tremor Frequency)를 정의할 수 있다. TF는 10~25Hz 대역에서 파워의 평균과 표준편차를 구한 후, 평균에 표준편차의 특정 값 (예: 선 그리기 40배, 나선 그리기 70배)을 더한 합보다 더 높은 크기의 주파수가 존재할 경우, 운동 성분을 갖는 낮은 주파수 (예: 3.2Hz) 보다 크다면 그 주파수를 떨림 주파수로 정한다.

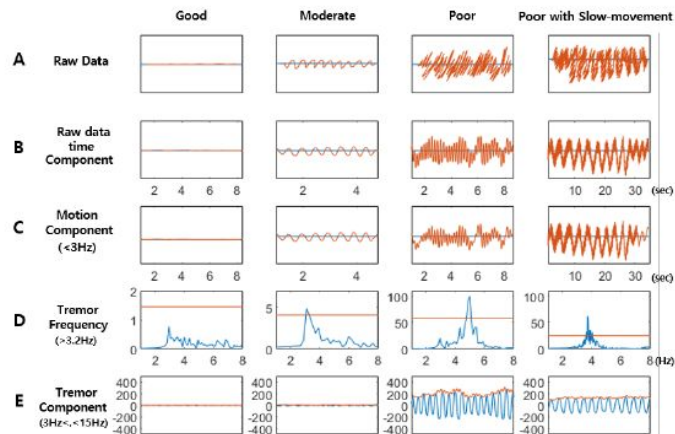
떨림 데이터의 PCA 결과 값을 힐베르트 변환(Hilbert Transform)을 통해, 떨림 요소의 포락선을 산출한다. 포락선의 평균을 떨림의 세기(TM, Tremor magnitude)로 정의한다.

운동 데이터는 데이터의 초기값을 '0'으로 보정한 후, 운동 데이터와 기준선 사이의 거리의 평균을 계산하여 오차 거리(ED, Error Distance)로 정의하였다. 또한, 운동 데이터의 점과 점 사이의 거리의 합을 구하여 경로의 길이(Length)를 정의하였다. 평균 속도(Velocity)는 길이와 검사 수행 시간(Time)을 나누어 산출한다.

3.2. Proof of Concept

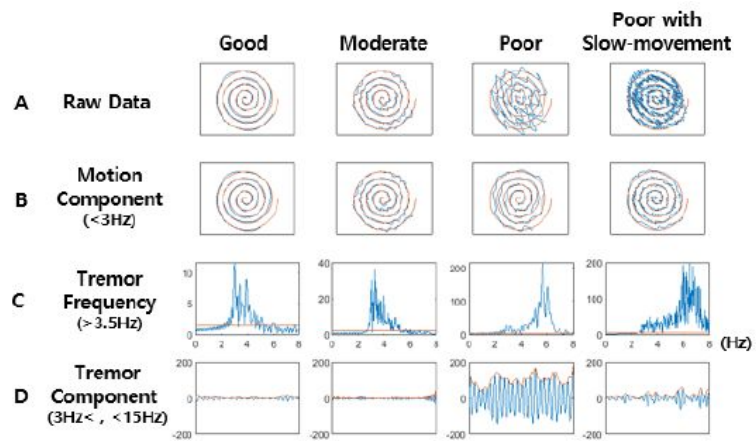
데이터에 대한 설명 및 검증 방법

실제 환자 데이터를 얻기에 앞서, 알고리즘을 검증하기 위해 환자의 떨림을 모사한 데이터를 제작하였다. 떨림의 정도는 상(Good), 중(Moderate), 하(Poor)로 세기를 달리하여 실제 태블릿 PC 와 디지털 펜을 이용하여 측정하였다. 추가로 떨림도 있고 서동현상도 나타나는 Poor with Slowmovement(PS)를 떨림의 정도가 Poor 인 경우와 비교하여 분석하였다. 각 조건 별로 실제로 태블릿 PC 를 통해 데이터를 측정하였으며 분석은 MATLAB(MathWorks Inc.)에서 수행하였다. 데이터의 통계적 유의성은 Wilcoxon 검정의 유의확률 (pvalue<0.05)을 사용하여 증명했다.



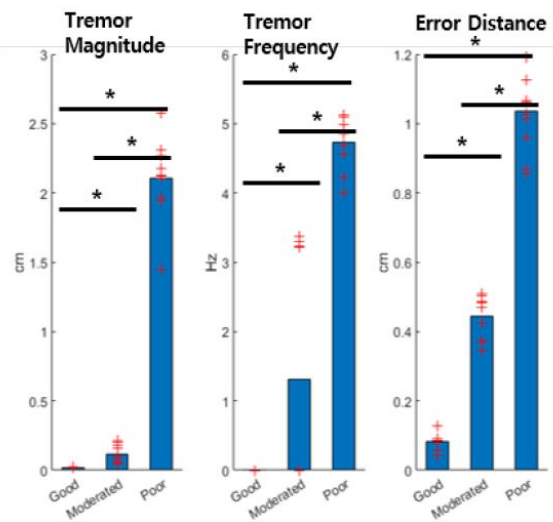
<그림 3> 직선 그리기 검사의 데이터 특성

(1 열:Good , 2 열 : Moderate,
3 열 : Poor, 4 열 : Poor with Slow-motion)



<그림 3> 나선 그리기 검사의 데이터 특성

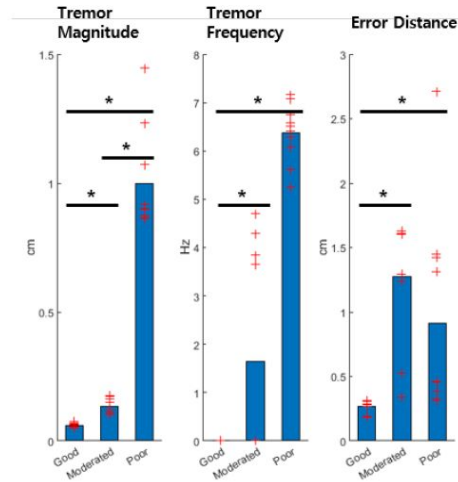
(1 열:Good , 2 열 : Moderate,
3 열 : Poor, 4 열 : Poor with Slow-motion)



<그림 4>

직선 그리기 검사의 떨림 유무에 따른 데이터 분류

(좌측 : TM 중간 : TF 우측 : ED)



<그림 5>

나선 그리기 검사의 떨림 유무에 따른 데이터 분류

(좌측 : TM 중간 : TF 우측 : ED)

연구 결과

측정된 데이터의 특성

원시 데이터(Raw Data) (그림. (2)A, (3)A)를 LPF 를 통해 3Hz 이하의 주파수 영역만을 산출하면 운동 요소 (Motion Component)만을 추출할 수 있다.(그림. (2)C, (3)B) 그 중 직선 그리기 검사에서는 Y 축의 데이터가 운동성에 대한 유의미한 정보를 가지고 있기 때문에 LPF 를 활용하여 분석할 때에는 Y 축의 원시 데이터만을 사용하였다. (그림. (2)B, C) 또한, 원시데이터를 BPF 로 3~15Hz 의 범위를 데이터로 산출한 후 각각 1 차원 그래프로 나타내면 떨림 요소(Tremor Component)가 추출한 후 PCA 를 통해 1 차원 데이터로 차원 축소를 한다. 직선 및 나선 그리기의 결과에서(그림. (2), 그림. 3) 떨림이 없는 사용자(Good)의 경우, 떨림의 세기와 빈도수가 떨림이 있는 경우보다 매우 작은 것을 확인할 수 있다. 또한, 떨림의 세기와 주파수가 사용자의 떨림에 비례하여 증가하는 것을 확인할 수 있다. (그림. (2)D, E, (3)C, D)

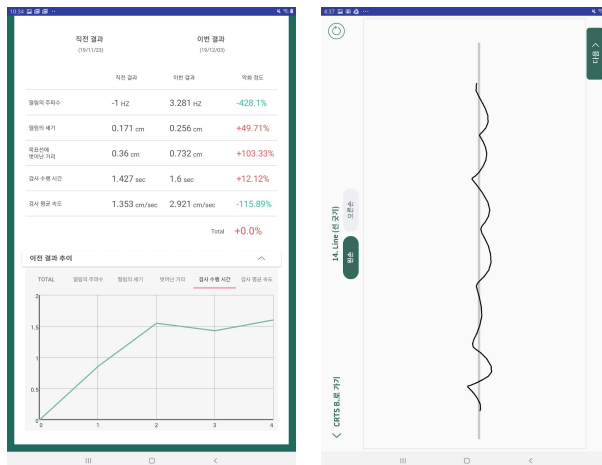
떨림 유무에 따른 데이터 분류

직선 및 나선 그리기 검사의 결과를 떨림 유무에 따라 분류하면(그림. (4), (5)) 떨림이 없는 사용자의 경우(Good), 두 그리기 검사의 결과 모두 동일하게 TM 이 0.1cm 를 넘지 못하고 TF 는 0 으로 산출된다. 또한 ED 는 0.3cm 이하의 값이므로 기준선과 거의 유사하게 그렸다는 것을 수치로 확인할 수 있다. 약간의 떨림이 있는 사용자의 경우(Moderate), TM 과 TF 가 떨림이 없을 경우보다는 크지만 많은 차이를 보이지 않는 것을 확인할 수 있다. ED 의 경우, 직선 그리기의 결과는 0.44cm 로 떨림이 없는 경우와 떨림이 큰 경우 와 비교하여 중간 값을 가지는 것을 확인할 수 있고, 나선 그리기의 결과에서는 떨림이 큰 사용자 보다 더 큰 값이 도출되었다. 이는 떨림과 운동 요소가 완벽하게 독립적이지 않은 것으로 해석할 수 있다.

떨림이 큰 사용자의 경우(Poor), 떨림이 없는 경우보다 TM 이 10 배 이상 크고, TF 또한 평균적으로 4~5Hz 사이에 분포하므로 두 그리기 검사 모두 동일하게 떨림이 많이 검출되는 것을 확인할 수 있다. 각 기준 값 간의 유의 확률을 계산하였을 때, 직선 그리기에서는 떨림의 유무에 따라 TM, TF, ED 모든 결과 값이 유의미한 차이를 보였다. 나선 그리기 검사에서는 TM 의 경우, 떨림의 유무에 따라 각 결과 값 간의 유의미한 차이를 보였다. TF 는 떨림이 큰 사용자의 데이터를 떨림이 없는 경우와 약간 있는 경우의 데이터와 비교해 보았을 때 확실한 차이를 보였다. ED 는 떨림이 없는 사용자의 데이터를 떨림이 있는 경우들과 비교했을 때 유의미한 차이를 보였다.

서동에 따른 분류

직선 및 나선 그리기 검사에서 떨림이 많은 사용자(Poor)와 떨림도 많고 서동도 있는 사용자 (PS)를 비교하였을 때(그림. (6), (7)), PS 의 경우도 Poor 와 비슷하게 떨림이 있는 사용자의 떨림 주파수와 세기의 결과 값을 알 수 있었고, 검사 완료시간이 PS 의 경우가 길었기에 검사 중 평균속도(Velocity)가 상대적으로 느린 것을 확인할 수 있다.



<그림 6>

<그림 7>

실제 어플리케이션에서의 구현

어플리케이션 상에서 그리기 검사를 수행할시 이를 5가지 측정값으로 나타낼 수 있도록 java 코드로 구현하였다. <그림 6>에서 처럼 직선 그리기 검사를 수행할 경우, <그림 7>과 같이 시간, 떨림, 속도, 세기, 거리로 나타나며 이는 데이터로 저장되어 이전에 측정한 값과 비교도 가능할 수 있도록 한다. 또한, 현재까지 진단한 결과를 그래프로 확인하여 변화 수치를 한 눈에 볼 수 있도록 한다.

4. Individual Project Assignments

4.1. List of Tasks

어플리케이션 구현	전체적인 어플리케이션의 동작 구현과 디자인팀의 UX/UI를 구현
-----------	-------------------------------------

알고리즘 개발 및 검증	선긋기 혹은 나선그리기 검사를 통한 결과를 5가지의 측정값으로 나타내기 위해 알고리즘 개발과 떨림의 유무에 따른 측정 값의 유의성 검증
어플리케이션 디자인	사용자가 편리하고 직관적인 어플리케이션을 만들기 위한 어플리케이션 디자인

4.2 Team Organization Charts

이름	역할
배수한	선긋기 알고리즘 개발, 검증 및 구현
윤다은	나선 알고리즘 개발 검증 및 구현이요!
하재경	어플리케이션 구현 및 데이터 베이스 관리

4.3. Individual Responsibilities

5. Budgets and Resources

5.1. 구현 및 실험에 예상되는 소요 부품 리스트

소요 부품	활용용도
Galaxy Tab A6 10.1 with Pen	어플리케이션 동작 실험
Gear fit 2 Pro	환자의 손떨림 측정

5.2. 프로젝트 수행에 필요한 예산 내역

예산내역	예산
Gear fit 2 Pro	210,000원
손목 고정용 재료	50,000원
학술대회 및 출장비	600,000원
총합	860,000원

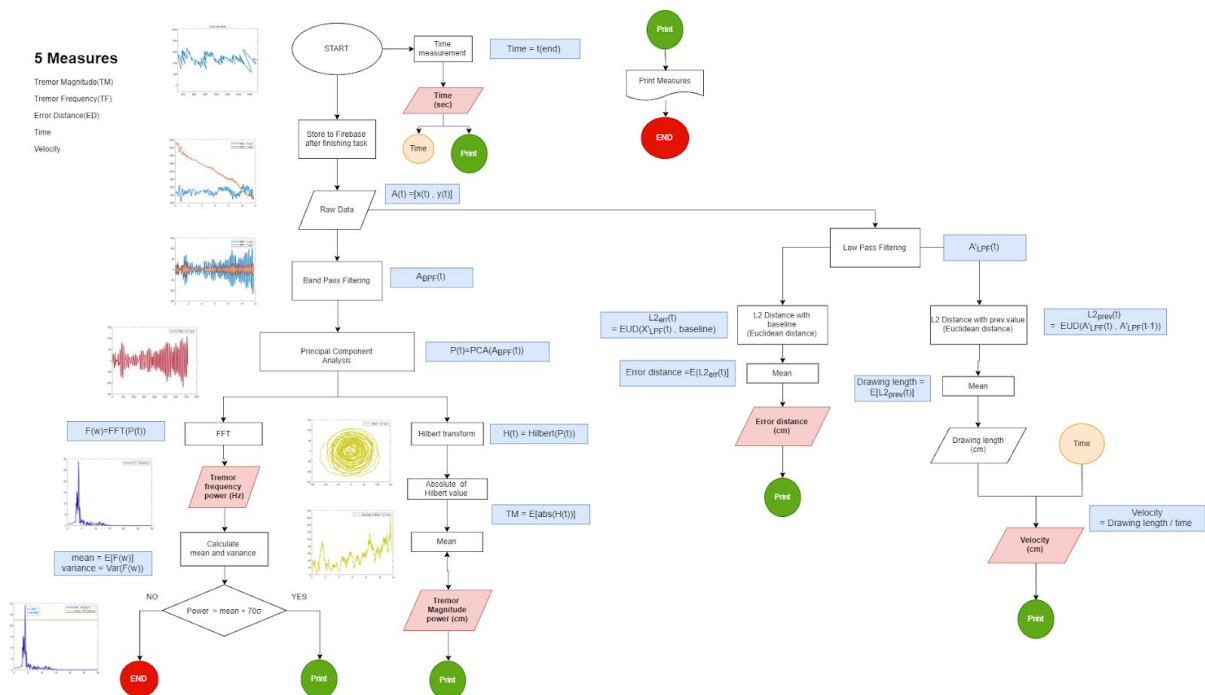
6. 부록

6.1. 인용 자료 및 참고 문헌

- 치매·뇌졸중·파킨슨, 3 대 노인성 질환 환자 5 년간 605 만명 진료. (2019.09.30 17:47). http://biz.chosun.com/site/data/html_dir/2019/09/30/2019093002367.html.

- 김종민. (2015). 떨림. 2015 년 대한신경과 학회 전공의 통합교육, 51~55.

6.2 실험 데이터



수식 전개, 증명 등 세부 기술적인 사항들

6.3 기타 첨부자료

- 스마트 밴드를 활용한 행동 test 정량화 공부
- 환자 분석을 위한 데이터 분석 방법
- 태블릿 및 스마트폰 기기 그리기 측정시 정밀도 고려
- 나선그리기, 선 굵기 등과 같은 알고리즘 보완