

Game-based health app design using sensor data for people with spinal cord disabilities

SeonJeong Yoon*

*Professor, Dept. of Game, Dongseo University, Pusan, Korea

[Abstract]

Recently, research and software development on the topic of health have been actively carried out, but most of them are aimed at non-disabled people. In this paper, we introduce a game-type health app developed to continuously exercise indoors for spinal cord impairment to reduce the muscles of the upper body. The app is designed to provide fun and stress relief for people with spinal cord impairments, and to promote upper body balance, strength, and endurance. The system designed in this paper uses various sensor data transmitted according to the user's movement and wheelchair operation, and is processed to enhance the realism of play depending on the type of game. As a result of the survey conducted after the prototype was experienced, 95% of the respondents responded positively to the feeling of immersion and satisfaction, indicating the significance of this study. It is hoped that the results of this study will be further improved in the future to help the rehabilitation and improvement of the quality of life of people with spinal cord impairments.

▶ **Key words:** game-based, health app, Spinal cord disability, sensor data, Wheelchair Interface

[요 약]

최근 건강을 주제로 하는 연구 및 소프트웨어 개발이 활발하게 진행되고 있으나 대부분 비장애인을 대상으로 하고 있다. 본 논문에서는 척수장애인의 상반신 근육 감소를 위하여 실내에서 지속적으로 운동할 수 있도록 개발한 게임형 헬스 앱을 소개한다. 이 앱은 척수장애인에게 재미를 제공하고 스트레스를 해소하도록 하며, 상체 밸런스, 근력, 지구력을 증진하는 것을 목적으로 디자인되었다. 본 논문에서 디자인한 시스템은 사용자의 움직임과 휠체어 조작에 따라 전송되는 여러 가지 센서 데이터를 사용하고, 게임의 종류에 따라 플레이의 사실감을 높이도록 처리하였다. 시제품을 체험하게 한 후 설문 조사한 결과, 응답자의 95%가 몰입감과 만족감에 대하여 긍정적인 응답을 보여 본 연구에 의미가 있음을 알 수 있었다. 향후 본 연구 결과물이 더 개선되어 척수장애인들의 재활 및 삶의 질 향상에 도움이 되기를 기대한다.

▶ **주제어:** 게임 기반, 헬스 앱, 척수 장애인, 센서 데이터, 휠체어 인터페이스

-
- First Author: SeonJeong Yoon, Corresponding Author: SeonJeong Yoon
 - SeonJeong Yoon (ysj0827@dongseo.ac.kr), Dept. of Game, Dongseo University
 - Received: 2025. 02. 10, Revised: 2025. 03. 11, Accepted: 2025. 03. 15.

I. Introduction

현대인의 건강에 대한 관심이 증가하는 것과 비례하여 다양한 건강 관련 앱들이 개발되고 있다. 이 앱들은 대부분 운동에 대한 기록 및 경쟁 구도를 제공하고 이와 관련된 정보를 제공하여 건강을 관리하도록 하는데 목적을 두고 있으며 비장애인을 대상으로 하는 경우가 일반적이다. 그러나 최근들어 국립 재활원 등 일부 기관들이 장애인들의 건강 관리를 위하여 '장애인 건강 및 재활 정보포털'을 운영하고 장애인의 운동과 관련된 연구를 진행하고 자료를 제공하고 있으며 여기에는 여러 유형의 장애인용 운동 영상도 포함되어 있다. 그러나 Table 1에 나타냈듯이 이 자료들은 대부분 PDF와 multimedia 자료들로 인터랙션이 없는 것들 뿐이다[1][2].

Table 1. Information for People with Disabilities

Data type	Content	Count	Sum
Health Information PDF	Exercise	23	81
	Safety, Hygiene	11	
	Health (Mental, Child, Women)	19	
	Assistive devices	4	
	Rehabilitation	16	
	etc	8	
Multimedia	Rehabilitation Education	71	77
	Health Promotion Gymnastics	6	
Sum			158

하반신을 자유롭게 사용하기 어려운 척수장애인들은 전 세계적으로는 매년 약 25만명 이상이 발생하며, 우리나라에서는 정확한 통계가 없으나 약 2000명 이상이 발생하는 것으로 추정되고 있다[3]. 통계 자료에 의하면 지체장애인들의 고강도 또는 중강도 수준의 신체활동 실천율은 비장애인 대비 약 16%로 수준으로 알려져 있으며 특별히 척수 장애인들의 중강도 이상의 신체활동은 타 지체 장애인에 비하여 약 52% 수준에 머물고 있는 것으로 알려져 있다 [3]. 척수장애인들이 손쉽게 접할 수 있는 것이 휠체어인데 패럴림픽에는 휠체어를 이용한 스포츠들이 Fig. 1과 같이 다양하게 포함되어 있다[4]. 그러나 외부 이동 및 활동과는 달리 척수장애인들은 실내에서는 거의 운동을 하지 못하고 있는 경우가 많은데 이는 상반신 근육 손실로 이어져 생명과 직결될 정도로 큰 문제가 될 수 있다.

적당한 강도의 신체활동을 하는 척수장애인은 근력 향상과 우울감 및 스트레스 감소 등을 가져와 삶의 질의 향상, 신체 기능에 대한 만족감을 얻을 수 있는 것으로 알려

져 있다[5].

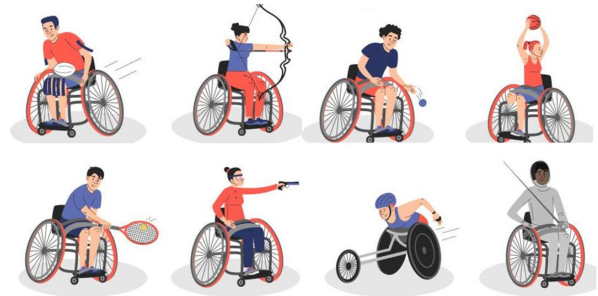


Fig. 1. Various wheelchair sports

따라서 본 연구에서는 척수장애인들이 상반신 운동을 균형있게 하도록 유도하여 근력을 유지 또는 증가할 수 있도록 목표를 설정하고 실내에서 휠체어를 이용하여 운동할 수 있는 앱을 설계하였다. 휠체어 바퀴에 센서를 부착하고 센서를 통해 전송되는 휠체어의 방향, 속도 데이터가 입력되도록 설계하였다. 특별히 이 앱에 재미를 제공하여 척수 장애인들이 지속적으로 운동할 수 있도록, 3가지의 미니 게임을 포함하였고 약 1년간에 걸쳐 프로토타입이 개발되었다. 결과물을 이용한 테스트에서 몰입감 4.73/5.0, 만족감 4.77/5.0으로 긍정적인 반응을 얻었으므로 목표에 부합하는 의미있는 성과를 얻었다고 할 것이다.

II. Preliminaries

1. Physical activity for people with spinal cord injuries

국립재활원은 '모두를 위한 재활, 삶을 바꾸는 재활'이라는 슬로건을 걸고 장애인의 삶의 질을 향상시키기 위한 다양한 연구를 진행하고 관련 정책을 운영하고 있다. 여기서 발간한 자료에 의하면 척수장애인들은 일상적인 우울감이나 분노, 무력감 등 스트레스들로 인해 비장애인에 비해 자살률이 2~6배 이상 높은 것으로 알려져 있다[6].

척수 손상 환자의 남은 수명에 영향을 미치는 요인을 연구한 자료에 의하면 성별과 손상 당시의 나이, 손상의 강도 등 여러 변수가 있지만 남은 수명의 증가를 위해 합병증 예방과 신체활동이 중요하다고 나타나 있다[7].

2010년 캐나다에서 실시한 사회건강조사 자료에 의하면, 척수장애인의 신체활동 참여 비율은 비장애인에 비해 60% 수준, 중강도 이상의 운동 참여율은 35% 수준으로 현저히 낮은 것을 보여주고 있다. 더불어 미국과 스위스에서도 세계 보건기구가 권장하는 수준의 50% 미만으로 나

타나 있다[8]. 운동 강도와 시간에서 모두 척수장애인의 신체활동이 부족함을 알 수 있다.

척수장애인의 신체활동은 운동 수준에 따라 만성질환, 합병증의 위험률을 낮추고 스트레스 또한 감소시킨다고 하며 심리적 건강과 삶의 질을 향상시키는데 중요하다고 하였다[9]. 나아가 일부 연구에서는 신체활동을 삶의 질을 예측하는 주요한 바로미터로 보고 여러 요인에 의하여 신체활동의 참여 수준이 달라짐을 보였다. 여기서는 스스로 건강이 좋다고 평가한 척수장애인은 그렇지 않다고 생각하는 경우보다 신체활동 참여가 1.24배 이상 높게 나타났으며 운동 횟수나 강도도 더 높게 나타났다. 지속적인 진료를 받거나 경제적으로 중, 상층 이상인 집단에서 신체활동 참여가 약 1.2~1.9배 정도 높게 나타났다[10].

2. Sensor-based input interface

기존의 키보드나 마우스 조작으로 즐기던 게임이 최근 AR, VR, 센서 등의 인터페이스와 접목되어 사용자의 몰입도와 만족감을 향상시키고 있다. 나아가 스마트 폰에 내장된 Table 2와 같은 여러 센서들 중 일부는 게임 인터페이스로서 많이 활용되고 있다.

Table 2. Various Smart Phone Sensors

Sensor Item	Function	Remarks
Acceleration	speed, power	Game Interface
Gyro	direction	Game Interface
Proximity	distance	
RGB Light	Color density	
Fingerprint Recognition	Finger pattern	
Geo-magnetic	Magnetic field, GPS	Game Interface

특별히 가속도 센서, 자이로 센서, 지자기 센서 등이 주로 게임 인터페이스로 많이 활용되고 있다. 가속도 센서는 이용자의 움직이는 속도나 힘의 세기 등을 데이터로 전송하여 실감형 게임에 많이 활용하고, 자이로 센서는 방향 전환이 필요한 레이싱 게임이나 무기 조작에 많이 활용된다. 또, 지자기 센서는 GPS와 연동하여 이용자의 위치와 움직인 거리 등을 데이터로 사용하여 게임과 연동하는데 활용한다.

스마트 폰의 센서를 인터페이스로 활용하는 많은 개발도 활발하게 이루어지고 있는데 김성호는 3축 가속도 센서로부터 입력된 신호를 바탕으로 사용자의 움직임을 체감형 인터페이스로 처리하고 테스트를 통해 이 기법의 유용성을 확인하였다[11]. 고건혁 등은 가속도 센서를 이용하여 휴대

용 게임기 조작 인터페이스를 디자인하였는데 이는 가시성 제한 문제, 게임 요소의 동기화 지연 문제, 주위의 시선 문제 등 기존의 휴대용 게임기에서 제기되었던 문제들을 해결 가능하였다고 하였다[12]. 김준호 등은 스마트 폰의 센서를 이용하여 낙상을 감지하고 자동으로 구조요청을 하는 앱을 개발하였다.[13] 이원주 등은 가속도 센서, 근접 센서, 기압 센서 등을 이용하여 다양한 운동 정보를 측정하고 관리해 주는 건강관리 앱도 개발하였다[14]. 김형주 등은 센서 데이터의 정확한 인식을 위한 각종 전처리, 보간 등을 통하여 움직임을 처리하는 연구를 하였는데 이 연구는 딥러닝 모델에 따라 분석하는 방식을 사용하였다[15].

3. Bluetooth communication

스마트 워치, 피트니스 밴드, 비콘, 아두이노 등의 외부 장비의 센서를 블루투스와 연동하여 입력 데이터로 처리하는 기술도 앱 개발에 많이 사용되고 있다. 대개 100m 이내의 거리에서 데이터 전송은 원활하게 처리되며 모바일 앱과 페어링 되도록 시스템이 설계되어 있다. 안드로이드 기반 블루투스 통신에는 어댑터로부터 소켓 인터페이스, 서버 소켓, 설정 관련 등 많은 클래스들이 있다. 외부 장비와 블루투스 사이는 서버와 클라이언트 관계처럼 Fig. 2와 같은 단계로 데이터 송수신이 이루어진다.

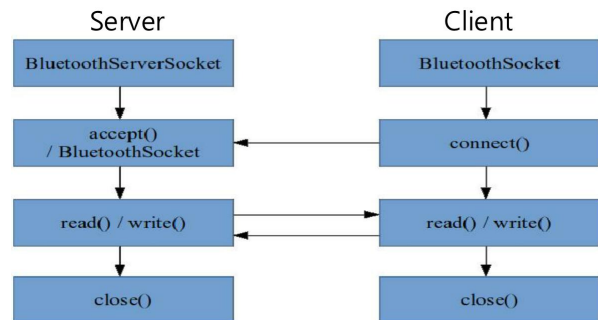


Fig. 2. Bluetooth communication (android base)

블루투스 4.0부터는 BLE(Bluetooth Low Energy)라고 하며 단방향 통신도 가능하다. 여기에는 두 가지 연결 모드가 가능한데 비콘 같은 센서에서 같은 작은 단위의 패킷을 주기적으로 전송하면 이를 처리하는 Advertising 모드와 근거리에서 1:1로 연결하여 대량의 데이터를 빠른 속도로 전송하는 Connection 모드가 있다. 이러한 블루투스 통신은 모바일 게임 개발에 많이 사용되는 유니티와 같은 게임엔진의 경우, 어셋으로 관련 모듈들이 제공되므로 센서와 연동하는 앱 개발에 사용한다. 이 BLE 모듈안에 Connection / Scan / Read / Subscribe 등의 동작들이 포함되어 있다[16].

III. The Proposed Scheme

하반신이 자유롭지 못한 척수장애인이 수동 휠체어를 이동수단으로 사용하는 것은 심폐 지구력과 근력 지구력 향상에 도움이 된다[17]. 그러나 실내에서 척수장애인이 휠체어를 이용하는 것은 극히 드물기 때문에 본 연구의 출발은 척수장애인이 실내에서 휠체어를 자주 이용하여 심폐 지구력, 근 지구력 등을 향상하고 나아가 우울감, 스트레스 감소 등과 같은 효과를 얻는데 주안점을 두었다.

게임의 경우 성취감과 대리만족, 도전의 기회를 제공하고 협동심을 길러주며 가상의 체험을 통해 재미와 즐거움을 준다는 여러 연구 결과들이 있다. 이를 위해서는 게임형 앱으로 재미를 제공하여 지속적인 사용이 가능하도록 할 필요가 있다고 보고 척수장애인들이 실내에서 용이하게 접근할 수 있는 게임형 앱을 디자인하였다.

1. System structure

앱에 사용된 센서는 휠체어 양쪽 바퀴에 부착한 가속도 센서와 팔찌 형태의 심박수 센서 2가지이다. 가속도 센서는 전진과 후진만 처리하는 경우는 한 개의 센서를 부착하여도 가능하지만 방향 전환의 경우 척수장애인들이 휠체어의 두 바퀴를 반대로 조정한다는 것을 반영하여 좌, 우 바퀴에 각각 1개씩 부착하여 처리하였다. 예를 들어 왼쪽으로 방향을 전환하고자 할 때, 오른쪽 바퀴는 전진으로, 왼쪽 바퀴는 후진으로 조정하는 것이다. 심박수는 스마트 워치를 사용하여 블루투스 연결로 얻을 수 있다.

그리고 실내에서 휠체어를 실제 이동하는 것을 막고 안전한 동작을 유도하기 위하여 트레드밀과 연동된 형태로 하드웨어 시스템을 설계하였다. 스크린은 테블릿, 스마트폰이 모두 가능하지만 가급적 큰 화면을 사용하는 것이 원활한 플레이에 도움이 된다.

디자인된 소프트웨어는 크게 전반적인 사용자 관리를 위한 매니저 앱, 게임 플레이를 위한 게임 앱, 운동 관리를 위한 운동 앱의 3가지로 나눌 수 있으며 센서 처리를 위한 센서 앱이 있다.

매니저 앱은 로그인, 유저의 신체 정보, 운동 관련 기록들을 관리하도록 하였다. 현재 서버 시스템을 구성하지 않았으므로 네트워크 기반 멀티플레이 기능은 제공하지 않으며 로컬로 약 100명 정도의 사용자 데이터를 관리하도록 데이터베이스를 설계하였다. 매니저 앱에서 운동 앱과 게임 앱을 선택하도록 하고 센서 관리 앱을 이용하여 센서 연결과 데이터 입력을 처리하게 된다.

전체적인 시스템의 하드웨어와 소프트웨어 부분의 구조는 Fig. 3과 같다.

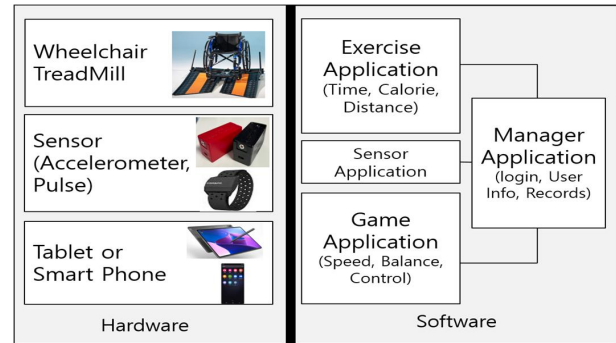


Fig. 3. System structure

운동 앱은 실내에서 휠체어를 이용한 상반신 운동을 한 후 각종 정보를 관리하는데, 예를 들어 이동한 거리, 운동 시간, 소모된 칼로리, 산소 섭취량, 심박수 등을 저장하는 것이 가능하다. Fig. 4의 왼쪽은 운동 측정 UI이고 오른쪽은 운동 결과 UI이다. 소모 칼로리 계산이나 산소 섭취량 계산은 내부 자문에 의하여 제공받은 공식을 사용하였으며 산소 섭취량의 경우 사용자의 연령대별로 운동 강도에 따라 5단계로 나누어 추가적인 정보를 제공한다.

또, 운동 앱은 게임 플레이 이후에도 매니저 앱과 연동되어 운동 기록을 관리한다.



Fig. 4. Exercise Measure / Result UI

2. Sensor data processing

2.1. Data processing by sensor type

본 논문에서 설계한 시스템에 사용되는 센서는 2가지 종류가 있다. 먼저 심박수 센서는 일반적인 스마트 워치와 같은 것을 사용하면 되고 자체적으로 제공되는 심박수 등의 정보를 블루투스로 틱 단위마다 전송받아 게임 앱에서 분당 평균값으로 관리하도록 디자인하였다. 심박수 데이터를 얻기 위하여 사용자는 스마트 워치를 착용한 후 테블릿과 블루투스로 페어링 과정을 거치면 된다.

가속도 센서는 운동 속도와 거리, 방향 정보 등을 얻는데 사용한다. 초기에 시스템을 디자인할 때는 휠체어 바퀴에 한 개를 부착하여 전진, 후진만 처리하도록 하였다. 그러나 이런 형태로는 방향 전환을 하는 경우 정확한 데이터를 얻기 어려웠다. 방향 전환이 필요한 게임은 장애물 컨트롤 게임과 밸런스 게임인데 두 바퀴의 세밀한 조정에 따

라 각각의 데이터를 정확하게 처리해야 플레이의 리얼리티가 제공되기 때문에 본 시스템에서는 좌, 우 두 개의 가속도 센서를 바퀴에 부착하여 전진, 후진 정보를 각각 전송받아 사용하였다. 가속도 센서의 동작 역시 전원을 켜서 센서 앱에 의해 페어링을 과정을 거치면 된다. 2가지 센서가 연결되면 관리자 앱에서 게임 또는 운동 앱 기능을 선택하게 된다.

2.2. Application for processing sensor data

본 시스템에서 저속으로 바퀴를 동작할 경우, 센서 데이터를 블루투스로 전송할 때는 문제가 없었다. 그러나 스피드 게임에서 1999 degree/sec 정도의 고속 동작의 경우는 속도 지연 문제가 발생하여 실제 바퀴로 움직인 거리와 시스템에서의 거리에 오차가 발생하였다. 데이터 속도 지연은 게임 플레이의 몰입에 치명적인 문제라고 할 수 있으므로 다른 브랜드의 센서로 교체 등 여러 가지 테스트를 통하여 2가지 요인을 파악하게 되었다.

그중 한 가지는 유니티 라이브러리를 사용한 경우 내부 변환 과정을 거치는 것 때문으로 파악하고, 센서 처리를 위한 별도의 유니티 앱을 개발하고 UDP로 데이터를 처리하여 문제점을 해결하였다. 시스템 구조에서 보면 센서 데이터를 처리하는 이 앱은 서버 역할을 하고 관리자 앱이 클라이언트 역할을 하도록 설계하였다. 또 한 가지는 y 각 속도가 고속의 경우 이전에 입력된 값에 비해 비 정상적으로 증가하는 것을 발견하여 LOG 보정으로 해결하였다.

1999 degree/sec를 넘는 빠른 속도의 경우 초기 50% 이상의 오차가 발생하였으나 위의 2가지 방법을 적용하여 실제 거리와 오차를 10% 이내로 줄이는 것이 가능하였다.

일반적인 플레이에서는 속도와 거리 오차가 거의 없이 처리되므로 고속 데이터 처리에서 10% 이내까지 오차를 줄였다는 것이 중요하다고 할 것이다.

3. Game design

게임형 앱에 포함된 미니게임은 3종으로 디자인하였는데 이는 상체 근력의 균형있는 운동을 위한 밸런스 게임, 단시간에 빠르게 운동하여 근력을 향상시키는 스피드 게임, 오랫동안 꾸준하게 진행하여 지구력을 키우는 장애물 콘트롤 게임이다. 모든 게임의 결과는 기록으로 관리되어 운동 앱을 통하여 운동 시간, 이동 거리, 소모 칼로리 정보들을 확인할 수 있다.

아래 Fig. 5는 3가지 게임의 화면이다.

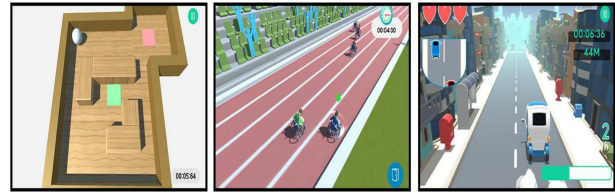


Fig. 5. Screens of 3 games
(Balance game / Speed game / Obstacle control game)

3.1. Balance Game

Balance game은 척수장애인의 상체 좌, 우 근력을 균형있게 사용할 수 있도록 유도하였다. 휠체어의 좌우 바퀴를 조작하여 공을 구멍에 빠지지 않게 하고 벽을 피하기도 하고 뛰어넘어 목적지까지 굴러 가는 것이다. Balance game의 경우 휠체어 바퀴를 전진과 후진, 방향 전환 등을 모두 이용하도록 하고 상체를 세밀하게 사용하게 한다. 특별히 튜토리얼 스테이지부터 스테이지 8까지 난이도를 주어 플레이 시간과 스테이지 클리어 등의 목표를 설정함으로써 지속적인 접근과 재미를 제공하도록 디자인되었다.

3.2. Speed Game

Speed game은 바퀴를 전진 방향으로 돌려 AI와 대결하면서 먼저 골인하도록 설계되었다. 이 게임은 장애물이 없이 빠른 속도로 달릴 수 있고 목표 거리를 10m, 50m, 100m 중 선택할 수 있다. 거리에 따라 AI의 속도도 랜덤하게 조정되어 경쟁심리를 자극하여 플레이하게 되므로, 상체 근력을 최대한 많이 사용하여 근력 강화에 도움이 되도록 하였다. 한 판의 플레이 시간이 짧기 때문에 실제 오프라인 상태에서는 AI와의 경쟁보다는 두 플레이어가 서로 골인 경쟁을 하며 게임을 즐기는 것이 가능하다.

3.3. Obstacle control game

Obstacle control game은 엔딩없이 플레이 하도록 하여 지구력을 향상시키는 것을 목적으로 한다. 플레이가 시작되고 일정 속도 이상으로 전진하지 않으면 뒤에 따라오는 코치에게 잡히게 된다. 또한 장애물을 피하기 바퀴를 좌, 우로 조작하는 것이 필요하다. 플레이 시간이 지속되면 도로의 속도가 점점 빨라지면서 다양한 장애물들을 갑자기 만나기도 하므로 순발력도 요구된다. 이 게임은 생명을 여러 개 제공하여 코치에게 잡히거나 장애물을 피하지 못한 경우 다시 플레이를 이어갈 수 있도록 디자인되었다.

IV. Game Prototype Test

본 시스템에서 개발된 게임 프로토타입으로 근력 운동과 스트레스 해소 등의 효과가 있는지와 게임으로서의 만족도, 몰입감 등을 제공하는지 여부 등을 다양한 사용자 대상으로 테스트하였다.



Fig. 6. Internal testing



Fig. 7. Spinal cord injury and outsiders testing

Table 3. Test reactions by Game type

Game type	Reaction
Balance	<ul style="list-style-type: none"> - Stage selectable - High difficulty - Immersion is possible while fine-tuning the wheelchair - Balanced training of upper body strength is possible
Speed	<ul style="list-style-type: none"> - Relieving stress - Providing fun - Capable of moderate or higher intensity workouts
Obstacle control	<ul style="list-style-type: none"> - Provides tension as speed up - Providing operation - Providing immersion

Fig. 6과 Fig. 7은 게임을 통하여 목표로 설정한 효과가 있는지, 만족감과 몰입감을 제공하는지 내부 및 척수장애인들과 외부인 약 30여명을 대상으로 테스트 한 장면이다.

Table. 3은 각 게임에 대한 테스트 반응을 정리한 것이며 Fig. 8은 만족감과 몰입감을 중심으로 ‘아주 좋다’에서 ‘아주 좋지 않다’로 구분한 리케르트 5점 만점으로 조사한 외부 테스터 30명의 응답 결과이다. 외부 테스터들 중 척수장애인의 비율은 11명(37%)이다.

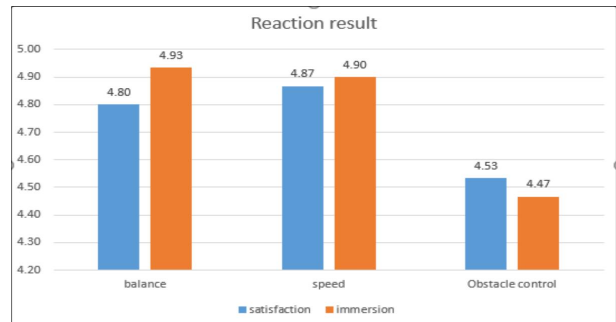


Fig. 8. Test reaction result

3가지 게임 중 사용자가 가장 관심을 많이 가진 게임은 스피드 게임으로 만족감 4.87, 몰입감 4.9, 그리고 밸런스 게임은 만족감 4.8, 몰입감 4.93으로 나타났다. 장애물 게임은 플레이 시간이 길고 초반 플레이가 단조롭다고 느껴서인지 만족감 4.53, 몰입감 4.47로 상대적으로 긍정 반응 비율이 낮게 나타났다. 전반적으로 본 시스템의 게임들에 대한 테스트 결과는 95%의 긍정적인 응답을 보였다.

테스트에 참여한 척수장애인들뿐만 아니라 내, 외부인들에게서 공통적으로 만족감과 재미를 제공하고 이로 인해 지속적으로 운동하고자 하는 욕구가 생긴다고 하였다. 나아가 경쟁구도도 가능하여 사용자간 소통의 도구로서의 역할도 할 것이라고 기대하였다. 또한 휠체어를 사용하지 않고 실내에서도 손쉽게 상체 근력운동을 할 것으로 기대한다는 반응을 보였다.

V. Conclusions

본 연구는 척수장애인들의 상체 근력운동과 스트레스 해소 등을 위하여 실내에서도 용이하게 접근할 수 있는 게임형 앱 개발과 관련된 것이다. 게임형 앱 디자인의 목적은 재미와 몰입감을 제공하여 지속적으로 운동을 유도함으로써 상체의 근력 감소를 예방하고 스트레스를 해소하여 삶의 질을 향상시키는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 척수장애인들이 손쉽게 접근할 수 있는 휠체어를 입력 인터페이스로 사용하여 상체의 좌우 균형있는 운동을 위한 밸런스 게임, 근력 강화를 위한 스피드 게임, 순발력과 지구력을 위한 장애물 컨트롤 게임을 디자인하였다.

본 연구를 위하여 게임 기획자, 프로그래머, 그래픽 디자이너들로 구성된 팀에서 척수장애인들의 요구사항을 주기적인 회의를 통하여 최대한 반영하였고, 1년간 프로토타입을 개발하였으며 하드웨어는 외부 제작하였다.

척수장애인과 일반인들을 대상으로 프로토타입의 테스트 결과, 몰입감과 만족감에서 약 95%의 긍정적인 응답을 보여 앱 게임들은 재미 제공, 스트레스 해소 등에서 효과가 있음을 확인하였다. 척수장애인을 대상으로 개발된 유사한 게임 및 관련 연구 데이터가 부족하여 직접적인 비교가 어렵지만 테스터들의 반응을 기반으로, 본 연구 결과물에 대한 우수성은 어느 정도 확인이 되었다고 할 것이다.

특히 본 연구에서는 척수장애인들이 손쉽게 접근할 수 있는 휠체어에 세밀한 방향 전환을 위해 2개의 가속도 센서를 부착한 것과 스마트 워치의 심박수 센서를 함께 입력 데이터로 활용한 점, 그리고 고속, 대량의 데이터를 신속하게 처리하기 위하여 기존 라이브러리 대신에 별도의 센서 앱의 개발, 센서 데이터에 대한 오차를 줄이기 위한 Y 각도의 Log 보정 등으로 플레이어의 리얼리티를 향상시킨 점이 의미가 있다고 할 수 있다.

그러나 재미 제공, 스트레스 해소 등의 일시적인 게임 효과 외에, 지속적인 플레이로 인한 근력 감소 등의 운동 효과를 확인하지 못한 점이 제한점이라고 할 것이다. 3가지 게임에 대하여 테스트 그룹을 각각 구성한 뒤 일정 기간 동안 플레이를 하고 근력 측정 데이터의 전후 비교 등으로 게임과 운동 효과를 확인하여 디자인에 반영할 필요가 있다. 향후 개선된 버전이 척수장애인들이 애용하는 앱이 되기를 기대해 본다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Dongseo University 『Dongseo Frontier Project』 Research Fund of 2024

REFERENCES

- [1] National Rehabilitation Center, <https://www.nrc.go.kr/potal/main.do>
- [2] Harvey Lisa, "The Home Rehabilitation Program for People with Spinal Cord Injury", www.nrc.go.kr, 2018
- [3] Yuna Kim, Sungchul Huh, "Physical Activity and Exercise after Spinal Cord Injury: A Narrative Review", *Geriatric Rehabilitation*, Vol. 14, No. 1, 2024
- [4] Istock, [https://www.istockphoto.com/kr/search/2/image?mediatype=illustration&phrase=wheelchair sports](https://www.istockphoto.com/kr/search/2/image?mediatype=illustration&phrase=wheelchair%20sports)
- [5] Hicks, A. L., and 5 others, "Long-term exercise training in persons with spinal cord injury: effects on strength, arm ergometry performance and psychological well-being". *National Library of Medicine*, Vol. 41, No. 1, 2003, DOI: 10.1038/sj.sc.3101389
- [6] Sungjae, Lee, "Stress Coping Strategy Program for People with Spinal Cord Injuries", National Rehabilitation Center, 2014
- [7] Middleton JW, Dayton A, Walsh J, Rutkowski SB, Leong G, Duong S., "Life expectancy after spinal cord injury: a 50-year study", *PubMed* Vol. 50, No 11, 2012, DOI: 10.1038/sc.2012.55
- [8] Soriano JE, and 4 others, "A national survey of physical activity after spinal cord injury", *PubMed*, Vol. 12, No. 1, 2022, DOI: 10.1038/s41598-022-07927-5
- [9] Kim, Hyun Ji, "Effects of Physical and Mental Health on the Quality of Life of People with Spinal Cord Injury", *Korean Academic Society Of Rehabilitation Nursing*, Vol. 26, No. 2, 2023, DOI: 10.7587/kjrehn.2023.77
- [10] Kim, Chun Jong, "Factors Associated with Participating Physical Activity Among Disabled Populations with Spinal Cord Injury", *Journal of Special Education & Rehabilitation Science* Vol. 53, No. 3, 2014, DOI: 10.15870/jsers.2014.09.53.3.69
- [11] Sung-Ho Kim, "Design of game interface based on 3-Axis accelerometer for physical Interactive game", *Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol. 19, No.4, 2009, UCI : G704-000319.2009.19.4.005
- [12] Geonhyeok Go, and 3 others, "A Gesture-based Control Interface Design for Handheld Game Consoles Using Accelerometer", *The HCI Society of Korea*, pp381~386, 2007.02
- [13] Kim JunHo, and 3 others, "A Design and Implementation of Fall Detection Application based on Samrt Phone Sensor", *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, pp207-208, 2021.07
- [14] Won Joo Lee, and 2 others, "A Design and Implementation of Exercise Measurement Applications", *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, Vol. 31, No.2, 2023
- [15] Kim Hyungju, and 2 others, "Pet Behavior Detection through Sensor Data Synthesis", *Annual Conference of KIPS*, pp 606-608, 2022.11
- [16] <https://gofogo.tistory.com/240>
- [17] Chungnam para sports association, <https://www.cnsad.or.kr/>

Authors



SeonJeong Yoon received the M.S. degrees in Database from Kyungsoong University and Ph.D. degrees in Software from Dongseo University, Korea, in 1987 and 2008, respectively.

Dr. Yoon joined the faculty of the Department of Game Studies at Dongseo University in 2006 and has been there ever since. She is interested in game design, serious game, and game literacy.