

고령자 균형감각 증진 및 치매 예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 운동 게임(Exergame) 기술 개발

2017. 01. 25

상명대학교 서울산학협력단

문화체육관광부

제 출 문

문화체육관광부 장관 귀하

이 보고서를 “고령자 균형감각 증진 및 치매 예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 운동 게임(Exergame) 기술 개발” 과제의 보고서로 제출합니다.

2017년 1월 25일

주관연구기관명 : 상명대학교 서울산학협력단

주관연구책임자 : 김동근

연 구 원 : 강서정, 박경신, 김형백, 이정석, 서덕희, 변정, 김다운, 남혜리, 박진호,
송지용, 서보일, 김상훈, 김병현, 서천아, 손재성, 예상우, 최홍철, 배진
석, 김수정, 임재원, 박명배

참여기업명 : 단국대학교 산학협력단

대표자 : 태건식

참여기업명 : (주)세이정보기술

대표자 : 김형백

보고서 요약서

과제번호	S072015090120 15	지원분야	스포츠과학	기술분야						
과제명	고령자 균형감각 증진 및 치매 예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 운동 게임(Exergame) 기술 개발									
연구기간	2015년 12월 30일 ~ 2016년 12월 29일									
연구책임자	김동근	참여연구원수	전체 : 22명 내부 : 22명 외부 : - 명	연구개발비	정부: 137,000천원 기업: 45,675천원 합계: 182,675천원					
주관연구기관명 (소속부서명)	상명대학교 서울산학협력단			참여기업명 (대표자)	단국대학교 산학협력단 (태건식) 세이정보기술 (김형백)					
위탁연구기관명 (소속부서명)	-			연구책임자	-					
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	154					

□ Natural User Interface 기술 개발

- 비전 기반 사용자의 운동 동작 (자세) 인식 기술 개발
 - 공간센서기반 카메라를 이용한 운동 동작 (자세 및 균형) 데이터 습득 기술 개발 완료
 - 공간센서기반 카메라를 이용한 운동 동작 데이터 분석 및 판별 기술 개발 완료
 - 멀티키네트를 이용한 운동자세 인식보완기술 개발 완료(추가)
- 햅틱 기반 스웨어 매트 센싱 기술 개발
 - 스웨어 매트 센싱 기술 및 스웨어 매트 제작 완료
 - 밸런스보드를 이용한 균형정보획득 및 기계학습을 이용한 균형감각 점수화 기능 개발완료(추가)
- NUI 기술 통합 및 실시간 데이터 모니터링, 데이터 서버 및 통신 기술 개발
 - 사용자의 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 스웨어 매트 데이터 전송 기술 개발 완료
 - 데이터 모니터링 및 서버 구현 완료

□ 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 개발 및 평가

- 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 개발
 - 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 5종류 개발 완료
 - 활력걷기, 균형감각증진 및 인지향상을 위한 걷기(Dual Task, 시지각) 개발 완료
- 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발
 - 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 실험 평가

□ 체험형 운동 게임 통합 시스템개발

- 체험형 운동게임 렌더링 기술 개발
 - 체험형 운동게임 렌더링을 위한 사용자 아바타 모델링 개발 완료
 - 체험형 운동게임 렌더링을 위한 가상 트레이너 모델링 개발 완료
- 고령자 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 체험형 운동게임 (Exergame) 통합 콘텐츠 시스템 개발
 - 체험형 운동 게임 종합 장면 연출 프로그램 및 스마트폰용 어플리케이션 개발 완료

색인어 (각 5개 이상)	한글	체험형게임, 고령자, 치매 예방 운동, Natural User Interface, 균형감각
	영어	Exergame, the aged, dementia prevention, NUI, balance training

요약문

I. 제목

고령자 균형감각 증진 및 치매 예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 운동 게임(Exergame) 기술 개발

II. 기술개발의 목적 및 필요성

- 1) 대다수 국가에서 일어나는 인구 고령화 현상으로 인하여 고령자 인구 비율은 상당히 빠르게 증가하고 있음. 고령자는 노화현상으로 젊었을 때에 비하여 신체기능과 인지능력이 저하되는 모습을 보인다. 이로 인한 삶의 질이 저하되지 않기 위한 연구가 활발히 진행되고 있음
- 2) 고령자가 쉽게 접할 수 있는 운동으로는 걷기 운동이 있다. 걷기는 특별한 장비 없이도 실시할 수 있는 운동으로 선호도가 높으며 참여율 또한 높은 것으로 알려져 있다. 걷기를 장기적으로 실시한 경우, 근골격계 및 심폐기능이 향상되는 효과가 있다. 즉, 대퇴사두근과 비복근 등의 하지 근육이 발달함에 따라 근지구력이 향상될 뿐만 아니라, 심폐지구력 향상의 효과로 인해 심혈관질환의 위험도를 낮춰주거나 이들 질병의 완화 효과도 기대할 수 있다.
- 3) 따라서 고령자의 경우 노화에 의한 질병의 위험도는 낮추고, 질병의 악화를 지연시키기 위하여 걷기운동을 권장하고 있다. 이러한 규칙적이고 지속적으로 실시하는 운동은 신경가소성과 신경세포 생성의 증가를 나타내는 긍정적인 변화를 나타내 기억력이나 인지능력이 향상되는 것으로 보고된 바 있다. 특히, 트레드밀(Treadmill)을 사용하여 실시하는 하체운동을 하는 경우, 뇌신경의 세포생성 이외에 세포가 사멸하는 것이 감소하였다. 또한 유산소운동을 실시한 이후에 뇌의 전체 용적과 대뇌 피질의 가소성을 증가시켰을 뿐만 아니라 인지기능을 향상시킨 것으로 보고된다.
- 4) 그러나 일상적인 걷기운동은 실외에서 행해지므로 외부의 날씨, 기온, 시간, 장소 등 상황정보에 대해 많은 영향을 받는 제한점을 가지고 있다. 그러므로 건강에 대한 관심은 높지만 규칙적인 운동을 실행하는 비율이 낮은 고령자에게 권장 수준의 신체활동을 유도할 수 있는 방법으로 실내에서 운동이 가능하고 게임적인 재미요소를 추가한 체험형 걷기 운동게임이 필요하다. 따라서 본 연구는 고령자의 인지능력과 균형감각 증진을 위한 체험형 걷기 운동게임 통합 시스템을 설계하고 개발 하는 것을 목적으로 한다. 체험형 걷기 운동게임 통합시스템은 구체적으로 사용자의 운동동작을 인식하기 위한 비전기반의 모듈과 걷기 정보를 인식할 수 있는 스웨어매트의 설계 개발이 필요하다.

III. 기술개발의 내용 및 방법

- 1) 본 연구에서 체험형 걷기 운동게임 통합 시스템 설계 개발하기 위해서 접근한 연구방법은 다음과 같다.
- 2) 첫째, 고령자들의 인지능력과 균형감각을 증진시키기 위한 걷기운동 프로그램을 기획 및 제작하였다. 걷기 운동 프로그램은 총 4종류, 초급, 중급, 고급 총 3단계 난이도 그리고 난이도별 5단계로 구성되어 전체 60개의 걷기 운동 프로그램으로 구성된다.
- 3) 둘째, 완성된 걷기 운동 프로그램을 가상현실 기반의 체험형 3D 콘텐츠로 제작하고 스코어링을 통해 게임요소를 반영하여 기록하고 관리하여 체험형 운동게임 시스템을 구현하였다. 특히 완성된 걷기운동 프로그램의 자세 및 동작인식을 위해서 비전기반의 사용자의 동작인식 모듈과 FSR(Force Sensing Resistor)센서 기반의 스퀘어매트를 제작하여 체험형 걷기 운동게임 통합 시스템을 구현하였다.

IV. 연구개발결과

1) 체험형 걷기운동 프로그램

체험형 걷기 운동 게임은 심폐기능 및 기초 체력을 향상시키기 위한 활력걷기, 균형감각 증진을 위한 걷기, 인지향상을 위한 걷기(이중과제, 시지각 능력 향상 걷기의 총 4종류로 구성된다. 또한 초급, 중급, 고급의 총 3단계 난이도 그리고 난이도별 5단계로 구성되어 전체 60개의 걷기 운동 프로그램으로 구성된다.

난이도와 단계의 경우 스퀘어매트의 스텝 순서, 스텝 위치, 방향을 변화하여 점증적으로 난이도와 단계를 향상시켰지만 초급 1단계 경우 고령자가 인터페이스에 적응하기 위해 단순하게 앞으로 걸어 나가는 단순한 형태로 설계되었다.

2) 비전기반 사용자 상체인식

키넥트를 이용한 자세인식 방법은 유니티 Scene이 시작됨에 따라 키넥트 스크립트를 이용하여 키넥트 센서를 초기화하고 키넥트를 이용하여 사용자가 키넥트 센서 범위 내에 들어 올 때 까지 기다린다. 그 다음 사용자의 Joint 데이터를 얻어와 각 관절의 데이터를 벡터로 변환하고 관절사이의 벡터의 각도를 계산하여 동작을 인식한다. 자세는 팔 벌리기, 차렷자세, 런지, 스쿼드 등 총 16종의 동작을 다중 키넥트 인식 모듈을 이용하여 인식 한다.

3) 체험형 운동게임 통합시스템

설계된 체험형 걷기운동 프로그램을 체험형 게임으로 제작하기 위해 3D Object 랜더링, User Interface제어, 데이터 통신, 체험형게임 구성을 위한 디바이스 연동을 위해 Unity 3D 엔진을 사용하였다. 유저의 점수를 기록하기위해 서버를 구성하여 로컬 내 DB와 통신하여 데이터를 Create, Read, Update, Delete하는 인터페이스를 구축하였다. 사용자에 대해 구분하기 위해 안드로이드 스마트 폰의 고유 ID를 이용하며 클라이언트에 전송해 주는 기능을 구현하여 유니티 게임 내에서 유저의 점수관리 기능을 설계하였다.

4) 균형감각측정

위 연구에서 개발된 체험형 운동게임을 진행함으로써 균형감각의 향상을 확인하기 위하여 닌텐도사의 Wii BalanceBoard를 Unity3D에서 연동하여 균형감각을 측정하였고 Train

data와 추가적인 데이터를 이용하여 점수화 시키는 naive bayes 분류기 알고리즘을 적용하였다. 또한 런타임 중 머신러닝을 이용하여 진행되며 사용자의 환경에 따라 처리지연 현상이 일어날 수 있으므로 Spring서버를 이용하여 진행하였다.

5) 스웨어매트를 이용한 사용자 걷기 인식

스웨어매트는 제어모듈, 측정모듈, 통신모듈로 구성된다.

첫째, 제어 모듈은 독립적으로 구성된 각자의 칸을 8개를 모아 하나의 지역으로 구성하며 3개의 지역을 중앙 제어 모듈 통신모듈 및 센싱모듈을 초기화한다. 통신모듈 초기화는 통신부를 초기화하여 연결 할 수 있는 상태를 만들어 주는 과정이며 센싱모듈 초기화는 MCU의 주소 값을 지정하여 서브 컨트롤러와 중앙 컨트롤러 사이에서 몇 번째 칸이 눌렸는지 몇 번째 칸을 눌러야 하는지 알 수 있게 하기 위해 모듈이다.

두번째, 측정모듈은 각 칸마다 입력되는 압력마다 저항 값을 통해 구분 지을 수 있는 FSR(Force Sensing Resistor) 센서가 부착되어 있어서 FSR센서를 밟는 행위를 통하여 사용자의 체중 값을으로 입력된다.

세번째, 통신모듈은 클라이언트와 제어모듈 MCU의 통신을 중개하는 역할을 하고 있다. Serial Port Profile의 타입의 블루투스를 이용하여 통신한다.

6) 스마트 폰 어플리케이션

사용자의 스마트 폰 어플리케이션을 이용하여 사용자의 점수를 기록하거나 시각화 된 차트로 표현해 주어 점수 향상에 따른 게임적 재미요소를 포함하였고 또한 점수변화를 통해 균형 감각이 얼마나 향상되었음을 확인 할 수 있는 인터페이스를 구축하였다. 하이브리드 형태로 제작된 스마트 폰 어플리케이션의 주요 기능은 유저로그인, 기록, 점수 시각화를 중점적으로 구성되어 있다. 유저 로그인은 웹서버에서 대기 중인 TCP Socket에 연결하여 사용자 단말기의 고유 ID를 전송받아 DB와 비교하고 결과를 전달해주는 기능이다. 기록기능은 게임의 마지막 Scene에서 사용자가 진행한 게임정보와 점수를 이용하여 로컬 웹서버에 REST방식으로 전송하여 웹서버 내에서 유저가 어떤 게임을 진행하여 몇 점을 획득하였는지 DB에 기록 할 수 있다. 시각화 모듈은 웹 서버에 기록된 데이터를 이용하여 D3JS 데이터 시각화 라이브러리를 통하여 1일 1주일 1달별 유저의 스코어를 차트로 시각화 하여 출력하는 기능을 가지고 있다.

V. 연구개발결과의 활용계획

- 1) 본 연구에서는 고령자의 인지능력과 균형감각 증진을 위한 체험형 걷기 운동게임 통합 시스템을 설계하고 개발 하였다.
- 2) 개발된 시스템은 사용자의 운동동작을 인식하기 위한 비전기반의 모듈과 걷기 정보를 인식할 수 있는 스웨어매트, 가상현실 기반의 체험형 3D 콘텐츠와 스코어링 게임요소를 포함한다.
- 3) 개발된 시스템을 이용하여 단순한 걷기운동보다 게임적인 요소가 추가되어 재미 있고 흥미롭게 걷기운동을 실내에서 즐길 수 있을 것으로 사료된다. 향후, 개발된 시스템을 이용하여 고령자를 대상으로 하는 시스템 사용성 평가 및 시스템 성능 평가에 관한 연구를 추가적으로 수행할 예정이다.

S U M M A R Y

I . Title

Development of experiential exercise game (Exergame) based on Natural User Interface for improving sense of balance of elderly people and prevention of dementia

II. Purpose and necessity of technology development

- 1) Due to aging phenomenon being taken place in most of the countries, population ratio of aged people is being increased quite promptly. Aged people show an image of lowered physical function and perception ability compared with their young days. And a research on an effort of maintaining certain level of quality of life is actively progressed.
- 2) There is a walking exercise that could be enjoyed by aged people without difficulty. Walking is an exercise that could be performed without any special equipment and its preference and participation level are learned to be high. In case of performing walking for a long time, muscular-skeletal system and cardiopulmonary function are improved. In other words, as muscle like quadriceps femoris muscle and gastrocnemius is developed, not only muscular endurance but also cardiopulmonary endurance is improved and so, it is expected that risk of cardiovascular disease would be lowered or moderated.
- 3) Therefore, in case of aged people, in order to lower disease by aging and delay aggravation of disease, walking exercise is recommended. It was reported that this regular and sustained exercise enhances memory or perception ability by showing a positive change of increasing generation of neuroplasticity and nerve cell. In case of lower body exercise using treadmill, in particular, apoptosis reduction in addition to cerebral cell generation was observed. It was also reported that after performing aerobic exercise, it not only increased total cerebral volume and plasticity of cerebral cortex but also improved perceptual function.
- 4) However, as ordinary walking exercise is performed outdoor, it has a limitation of being significantly affected by situational information such as outside climate, temperature, time and place. Therefore, as a method of inducing physical activity of recommended level to the aged people whose concern over health is high but regular exercise rate is low, experience type indoor walking exercise game accompanied by pleasure is required. Therefore, the objective of this study is to design and develop integrated system of experience type walking exercise game for increasing perception ability and sense of balance of the aged people. For this system, design, development of smart mat that may recognize vision based module and walking information for recognizing exercise motion of user is required.

III. Contents and method of technology development

- 1) In this study, research method being approached for designing, developing experience type walking exercise game integrated system is as follows.
- 2) First, walking exercise program for increasing perception ability and sense of balance of the aged people was planned and prepared. Walking exercise program was composed of total 60 walking exercise programs based on total 4 types, 3 stages of difficulties (beginner, intermediate, highlevel) and 5 stages by each difficulty level.
- 3) Second, completed walking exercise program was produced as VR-based experience type 3D contents and experience type exercise game system was implemented by recording, managing game elements by reflecting it through scoring. In particular, in order to ensure posture and motion recognition of completed walking exercise program, experience type walking exercise integrated system was implemented by manufacturing vision based user motion recognition module and FSR (Force Sensing Resistor) sensor based smart mat.

IV. R & D results

- 1) Design and production of experience type walking exercise game program
Experience type walking exercise game is composed of total 4 types including vitality walking for improving cardiopulmonary function and basal physical fitness, walking for enhancing a sense of balance, walking for recognition enhancement and walking for promoting double task, visual, cognitive ability. In addition, this game is composed of total 60 walking exercise programs based on total 4 types, 3 stages of difficulties (beginner, intermediate, high level) and 5 stages by each difficulty level. In case of difficulty level and stage, it was gradually increased by changing step sequence, location and direction of smart mat but in case of 1st stage of beginner, it was designed in a simple form so that aged people would just walk forward in order to adapt themselves to interface.

2) Vision based motion recognition of user

As posture recognition method using kinect, reset kinect sensor by using kinect script as unity scene starts and wait until user enters into kinect sensor range by using kinect. And then recognize motion by calculating vector angle between joints after converting each joint data into vector by obtaining user's joint data. Recognized postures are total 16 types of motion including arm spread, attention posture, lunge, squat using multiple kinect module.

3) Integrated system of experiencetype walking exercise game

In order to produce designed experience type walking exercise program as experience type game, Unity 3D engine was used for device interface for composing user interface control, data communication and experience type game. An interface of creating, reading, updating and deleting databy communicating with local DB through server in order to record user score was constructed. User's score control function

was designed in unity game by implementing a function of transmitting information to the client by using unique ID of android smartphone in order to divide users.

4) Sense of balance

in order to confirm improvement of sense of balance by progressing experience type exercise game being developed in this study, sense of balance was measured by interfacing Wii BalanceBoard of Nintendo with Unity3D and naive bayes classifier algorithm of scoring by using train data and additional data was applied. In addition, during run time, game is progressed by using supervised learning and as processing may be delayed by user environment, it was progressed by using spring server.

5) Walking motion recognition of smart mat

Smart mat is rectangular mat (total width 4 compartments, length 6 compartments) and it is used for obtaining user's step information. Size of each compartment is W(310) x L (350) x height (3) mm³.

First, The mat's control module is composed of one zone by gathering 8 independently composed compartments and resets central control module, communication module and sensing module of three zones.

Second, The mat's communication module resetting is a process of making a condition of being able to connect it by resetting and sensing module resetting is a module by which operator is advised to know which compartment is pushed, which compartment one should push between serve controller and central controller by designating address value of MCU.

Third, The mat's communication module plays a role of relaying communication of the client and control module MCU by using bluetooth of serial port profile type.

6) Smart phone application

Game pleasure element by score improvement was included by recording user score or expressing it as visualized chart by using user's smart phone application and in addition, an interface through which how sense of balance is improved through score change could be confirmed was constructed. Major function of smart phone application being produced in hybrid form is user log-in, record, score visualization. User log-in is a function of comparing unique ID of user terminal with DB after receiving it by connecting it to stand-by TCP socket of web server. Record function is to record score in DB as to what kind of game user progressed and how much score such user obtained in web server by transmitting game information and score of user to local web server in RESET mode in last scene of game. Visualized module has a function of displaying daily, weekly, monthly user score by way of visualized chart through D3JS data visualization library using data recorded in web server.

V. Plan to utilize R & D results

- 1) In this study, integrated system of experience type walking exercise game for promoting perception ability and sense of balance of the aged people was designed and developed.
- 2) Developed system includes vision based module for recognizing user's exercise motion, smart mat that may recognize walking information, VR based experience type 3D contents and scoring game element.
- 3) Therefore, it is considered that walking exercise could be enjoyed at indoor interestingly and joyfully as game element is added by using developed system rather than simple walking exercise. In the future, by using developed system, a research on evaluation of system usability and performance is scheduled to be performed additionally by targeting the aged people.

CONTENTS

Chapter 1 Outline of technical development task	6
Purpose of R & D	7
A. Final goal	7
(1) Natural User Interface Technology Development	8
(2) Development and evaluation of exercise program to promote the balance of the elderly and prevent dementia	9
(3) Development of integrated sports game system	9
Necessity of R & D	10
A. Necessity of Technology Development	10
B. Economic and Industrial Needs	13
C. Social necessity	14
R & D scope	16
A. Final goal of R & D	16
B. R & D scope	16
Method and system of R & D promotion	17
A. Promotion method	17
(1) Natural User Interface Technology Development	17
(2) Development and evaluation of exercise program to promote the balance of the elderly and prevent dementia	17
(3) Development of integrated sports game system	17
B. Propulsion system	18
C. Schedule	18
Promotion contents of R & D	19
A. Natural User Interafce Technology Development	19
B. Development and evaluation of exercise program to promote the balance of the elderly and prevent dementia	21
C. Development of integrated sports game system	23
Chapter 2 Domestic and Overseas Technology Development Status	25
Natural User Interface Status of Technology Development	26
A. Vision-based motion recognition technology development	26
B. Development of balanced posture recognition technology	28
Development of integrated sports game system	31
A. Development of exercise game contents technology	31
B. Exercise Game Integration System	32
Natural User Interface Technology Development	34
A. Vision-based motion recognition technology development	34

B. Development of balanced posture recognition technology	35
Experience-based game integrated system	36
A. Development of exercise game contents technology	36
B. Exercise Game Integration System	36
Chapter 3 Contents, methods and results of technology development	37
Natural User Interface Technology Development	38
A. Vision-based motion recognition technology development	38
(1) Purpose of Development	38
(2) Development Overview	38
(3) Summary of development	38
B. Development of haptic based square mat sensing technology	39
(1) Purpose of Development	39
(2) Development Overview	39
(3) Summary of development	39
C. Natural User Interface Technology integration and real-time data monitoring, development of data server and communication technology	40
(1) Purpose of Development	40
(2) Development Overview	40
(3) Summary of development	40
Development and evaluation of exercise program to promote the balance of the elderly and prevent dementia	41
A. Development of exercise program technology for prevention and improvement of dementia	41
(1) Purpose of Development	41
(2) Development Overview	41
(3) Summary of development	41
B. Development of experimental evaluation and verification model technology for elderly person balance exercise program and dementia prevention exercise program	42
(1) Purpose of Development	42
(2) Development Overview	42
(3) Summary of development	42
Development of integrated sports game system	43
A. Development of experiential game rendering technology	43
B. Development of integrated contents system for experiential exercise game (Excergame) for improving sense of balance of elderly people and prevention of dementia	43
Natural User Interface Technology Development	44
A. Vision-based motion recognition technology development	44
(1) Theoretical background	44
(2) Experimental approach	45
(3) Research and development contents	49

B. Development of haptic based square mat sensing technology	50
(1) Theoretical background	50
(2) Experimental approach	50
(3) Research and development contents	52
Development and evaluation of exercise program to promote the balance of the elderly and prevent dementia	64
A. Development of exercise program technology for prevention and improvement of dementia	64
(1) Theoretical background	64
(2) Experimental approach	66
(3) Research and development contents	69
B. Development of experimental evaluation and verification model technology for elderly person balance exercise program and dementia prevention exercise program	70
(1) Theoretical background	70
(2) Experimental approach	70
(3) Research and development contents	74
Development of integrated sports game system	75
A. rendering~~~~~	75
(1) Theoretical background	75
(2) Experimental approach	75
B. Dementia prevention integrated sports game	75
(1) Theoretical background	75
(2) Experimental approach	75
Natural User Interface Technology Development	77
A. Vision-based motion recognition technology development	77
(1) Development of camera motion recognition module based on spatial sensor	77
(2) Development of user-type correction module	78
(3) Development of user recognition and exercise status data acquisition module	78
(4) Scripting the movement program developed by a professional shop	79
(5) Development of motion analysis module for real-time motion and script comparison	79
(5) Development of real-time motion (posture and balance) evaluation algorithm	82
(6) Design and development of a kinetic attitude recognition system using multiple Kinect	86
(7) Kinect and motion capture data comparison and analysis for kinesthetic attitude recognition	88
(8) Evaluation of exercise posture recognition system	95
B. Development of haptic based square mat sensing technology	102
(1) Mat sensing technology development	102
(2) Mat wireless transmission technology development	102
(3) Balance board	102

Development and evaluation of exercise program to promote the balance of the elderly and prevent dementia	103
A. Development of exercise program technology for prevention and improvement of dementia	103
(1) Exercise Program - Walking Vitality	103
(2) Exercise Program - Balance Enhancement Walking Program: Muscle strength	107
(3) Exercise program - cognitive enhancement walking program - dual task	111
(4) Exercise Program - Cognitive Enhancement Walking Program - Visualization Angle	115
B. Development of experimental evaluation and verification model technology for elderly person balance exercise program and dementia prevention exercise program	119
(1) Results of exercise program experiment evaluation	119
Development of integrated sports game system	124
A. Rendering, integration	124
Chapter 4 Achievement of goal and contribution to related field	125
Achievement of performance targets / performance indicators	126
A. Achieve quantitative performance goals / performance indicators	126
Evaluation items	127
A. Evaluation items	127
Contribution of related field	128
A. Vision-based motion recognition technology development	128
Expected performance	128
A. Technical achievement	128
B. Economic and Industrial Performance	129
Chapter 5 Plan for Utilization of Research and Development Results	130
Utilization plan	131
A. Applications	131
Expected Problems and Countermeasures	131
A. Vision-based motion recognition technology development	131
Commercialization strategy	132
A. Vision-based motion recognition technology development	132
Schedule for commercialization	133
A. Schedule 1	
Chapter 6 Overseas science and technology information collected during the technology development process	134
Chapter 7 References	137

목 차

제1장 기술개발과제의 개요	6
1절 연구개발의 목적	7
가. 최종목표	7
(1) Natural User Interface 기술개발	8
(2) 고령자 균형감각증진 및 치매 예방 운동 프로그램 개발 및 평가	9
(3) 체험형 운동게임 통합 시스템 개발	9
2절 연구개발의 필요성	10
가. 기술개발의 필요성	10
나. 경제산업적 필요성	13
다. 사회적 필요성	14
3절 연구개발의 범위	16
가. 연구개발 최종목표	16
나. 연구개발 범위	16
4절 연구개발의 추진방법 및 체계	17
가. 추진방법	17
(1) Natural User Interface 기술 개발	17
(2) 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 개발 및 평가	17
(3) 체험형 운동게임 통합 시스템개발	17
나. 추진체계	18
다. 추진일정	18
5절 연구개발의 추진내용	19
가. Natural User Interafce 기술개발	19
나. 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 개발 및 평가	21
다. 체험형 운동게임 통합 시스템개발	23
제2장 국내외 기술개발 현황	25
1절 Natural User Interface 기술개발현황	26
가. 비전기반 운동동작 인식 기술 개발	26
나. 균형자세 인식 기술 개발	28
체험형 운동게임 통합시스템 개발	31
가. 운동게임 콘텐츠 기술 개발	31
나. 운동게임 통합 시스템	32
Natural User Interface 기술개발	34
가. 비전기반 운동동작 인식 기술 개발	34
나. 균형자세 인식 기술 개발	35
체험형 운동게임 통합시스템	36
가. 운동게임 콘텐츠 기술 개발	36
나. 운동게임 통합 시스템	36

제3장 기술개발 내용, 방법 및 결과	37
Natural User Interface 기술개발	38
가. 비전기반 운동 동작 인식 기술 개발	38
(1) 개발목적	38
(2) 개발개요	38
(3) 개발내용요약	38
나. 햄틱 기반 스웨어 매트 센싱 기술 개발	39
(1) 개발목적	39
(2) 개발개요	39
(3) 개발내용요약	39
다. Natural User Interface 기술 통합 및 실시간 데이터 모니터링, 데이터 서버 및 통신 기술 개발	40
(1) 개발목적	40
(2) 개발개요	40
(3) 개발내용요약	40
고령자 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 개발 및 평가	41
가. 치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발	41
(1) 개발목적	41
(2) 개발개요	41
(3) 개발내용요약	41
나. 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발	42
(1) 개발목적	42
(2) 개발개요	42
(3) 개발내용요약	42
체험형 운동게임 통합 시스템 개발	43
가. 체험형 게임 렌더링 기술 개발	43
나. 고령자 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 체험형 운동게임(Exergame) 통합 콘텐츠 시스템 개발	43
Natural User Interface 기술개발	44
가. 비전기반 운동 동작 인식 기술 개발	44
(1) 이론적배경	44
(2) 실험적 접근방법	45
(3) 연구개발내용	49
나. 햄틱 기반 스웨어 매트 센싱 기술 개발	50
(1) 이론적배경	50
(2) 실험적 접근방법	50
(3) 연구개발내용	52
고령자 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 개발 및 평가	64
가. 치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발	64

(1) 이론적 배경	64
(2) 실험적 접근방법	66
(3) 연구개발내용	69
나. 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발	70
(1) 이론적배경	70
(2) 실험적 접근방법	70
(3) 연구개발내용	74
체험형 운동게임 통합 시스템 개발	75
가. 렌더링~~~~~	75
(1) 이론적 배경	75
(2) 실험적 접근방법	75
나. 치매예방 통합형 운동게임	75
(1) 이론적 배경	75
(2) 실험적 접근방법	75
Natural User Interface 기술개발	77
가. 비전기반 운동동작 인식 기술 개발	77
(1) 공간센서기반 카메라 동작인식 모듈 개발	77
(2) 사용자 체형 보정 모듈개발	78
(3) 사용자 인식 및 운동 상태 데이터 습득 모듈개발	78
(4) 전문가에 의해서 개발된 운동 동작 프로그램을 스크립트 제작	79
(5) 실시간 운동 동작과 스크립트 비교 연산을 위한 운동 자세 분석 모듈 개발	79
(5). 실시간 운동 동작 (자세 및 균형) 평가 알고리즘 개발	82
(6) 다중 키넥트를 사용한 운동 자세 인식 시스템 설계 및 개발	86
(7) 운동 자세 인식을 위한 키넥트와 모션 캡쳐 데이터 비교 및 분석	88
(8) 운동 자세 인식 시스템 평가	95
나. 햄터 기반 스웨어 매트 센싱 기술 개발	102
(1) 매트 센싱기술 개발	102
(2) 매트 무선전송 기술 개발	102
(3) 밸런스보드	102
고령자 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 개발 및 평가	103
가. 치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발	103
(1) 운동프로그램- 활력걷기	103
(2) 운동프로그램 - 균형감각 증진 걷기 프로그램: 근력	107
(3) 운동프로그램 - 인지향상 걷기 프로그램 - dual task	111
(4) 운동프로그램 - 인지향상 걷기 프로그램 - 시지각	115
나. 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발	119
(1) 운동프로그램 실험평가 결과	119
체험형 운동게임 통합 시스템 개발	124
가. 렌더링, 통합	124

제4장 목표달성을 및 관련분야에의 기여도	125
성과 목표 / 성과 지표 달성	126
가. 정량적 성과목표 / 성과지표 달성	126
평가항목	127
가. 평가항목	127
관련분야 기여도	128
가. 비전기반 운동동작 인식 기술 개발	128
기대성과	128
가. 기술적 성과	128
나. 경제 · 산업적 성과	129
제5장 연구개발결과의 활용계획	130
활용방안	131
가. 활용분야 및 활용 방법	131
활용상 예상 문제점 및 극복방안	131
가. 비전기반 운동동작 인식 기술 개발	131
사업화 전략	132
가. 비전기반 운동동작 인식 기술 개발	132
사업화 추진 일정	133
가. 추진 일정	133
제6장 기술개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	134
제7장 참고문헌	137

제1장 기술개발과제의 개요

제1절 | 연구개발과제 개요

1 연구개발의 목적

가. 최종목표

- 본 연구개발과제에서는 고령자의 균형감각 증진 및 치매 예방을 위한 ①Natural User Interface(스퀘어매트-균형감각, Vision-자세모니터링)가 제공되는 운동 체험 시스템을 통해 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방을 위한 동작 데이터를 습득하고 이를 적용하는 ②인지(균형감각, 자세교정) 및 치매 예방 운동 프로그램을 개발하고 ③체험형 운동 게임(Exergame) 콘텐츠에 반영 할 수 있는 기술 개발을 목표로 함.



나. 세부과제별 목표

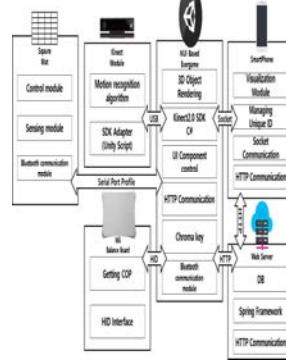
(1) Natural User Interface 기술개발

연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	세부연구개발내용
Natural User Interface 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> o 비전 기반 운동 동작 인식 기술 개발 (자세모니터링) 		<ul style="list-style-type: none"> o 공간센서기반 카메라 동작인식 모듈 개발 o 사용자 체형 보정 모듈 개발 o 사용자 인지 및 운동 상태 데이터 습득 모듈 개발 o 전문가에 의해서 개발된 운동 동작 프로그램을 스크립트 제작 o 실시간 운동 동작과 스크립트 비교 연산을 위한 운동 자세 분석 모듈 개발 o 실시간 운동 동작 (자세 및 균형) 평가 알고리즘 개발
	<ul style="list-style-type: none"> o 햅틱 기반 스웨어 매트 센싱 기술 개발 (균형감각 모니터링) 		<ul style="list-style-type: none"> o 사용자의 균형감각 및 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 햅틱 중심 (haptic-centered) 스웨어 매트 센싱 기술 개발 o 사용자의 균형감각 및 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 햅틱 중심 (haptic-centered) 스웨어 매트 데이터 전송 기술 개발
	<ul style="list-style-type: none"> o Natural User Interface 기술 통합 및 실시간 데이터 모니터링, 데이터 서버 및 통신 기술 개발 		<ul style="list-style-type: none"> o 비전기반 사용자 운동 동작 원본 데이터와 판별 데이터 저장 모듈 개발 o 사용자 운동 관련 데이터 저장 모듈 개발 o 사용자 운동 데이터 내역 조회 및 기록 모듈 개발

(2) 고령자 균형감각증진 및 치매 예방 운동 프로그램 개발 및 평가

연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	세부연구개발내용
고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 개발 및 평가	o 치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발		<ul style="list-style-type: none"> o 활력걷기 o 균형감각 증진을 위한 걷기 o 인지향상을 위한 걷기 - dual task o 인지향상을 위한 걷기-시지각
	o 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발	<p>■ 일반 요일: 2010년 10월 1주 ■ 일반자 성별: 여성</p> <p>귀하는 지난 2주 동안 운행보건분야에서 4x4개의 세로 활판 위에서 걷기운동에 참여하였습니다. 다음 문제에 답해주세요.</p> <p>(1) 이 운동은 평지에서 걸을 때 한발쯤의 운동강도에 해당된다라고 생각한다. <input type="checkbox"/> 절대 아니다 <input checked="" type="checkbox"/> 아니다 <input type="checkbox"/> 그렇다 <input type="checkbox"/> 매우 그렇다</p> <p>(2) 다리를 들고 내리는 동작과 걷기를 함께하는 운동 이었기에 하체근력을 훈련해 할 수 있는 운동이라 생각한다. <input type="checkbox"/> 절대 아니다 <input checked="" type="checkbox"/> 아니다 <input type="checkbox"/> 그렇다 <input type="checkbox"/> 매우 그렇다</p> <p>(3) 2주동안 이었지만, 무릎을 올리고 내리는 동작을 걷기와 함께 했기때문에 균형감각을 유지할 수 있는 능력이 향상되었다고 생각한다. <input type="checkbox"/> 절대 아니다 <input checked="" type="checkbox"/> 아니다 <input type="checkbox"/> 그렇다 <input type="checkbox"/> 매우 그렇다</p> <p>(4) 다양한 평화의 걷기운동으로 꾸준히 실행한다면, 하체의 근력과 균형능력을 향상시킬 수 있을 것이다. <input type="checkbox"/> 절대 아니다 <input checked="" type="checkbox"/> 아니다 <input type="checkbox"/> 그렇다 <input type="checkbox"/> 매우 그렇다</p>	<ul style="list-style-type: none"> o 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 실험 평가 o 실험 평가 모델 기술 개발 o 운동프로그램 인지능력 향상 평가 및 검증 모델 개발

(3) 체험형 운동게임 통합 시스템 개발

연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	세부연구개발내용
체험형 운동게임 통합 시스템개발	o 체험형 운동게임 렌더링 기술 개발		<ul style="list-style-type: none"> o 사용자 아바타 모델링 개발 o 사용자 아바타 표현 모듈개발 o 가상현실 운동 게임 표현 모듈 개발 o 운동 데이터 가시화 모듈 개발
	o 고령자 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 체험형 운동게임 (Exergame) 통합 콘텐츠 시스템 개발		<ul style="list-style-type: none"> o 체험형 운동 게임 기획서 제작 o 체험형 운동 게임 시스템 구성도 제작 o 체험형 운동게임 기술 통합 프로토타입 개발

2 연구개발의 필요성

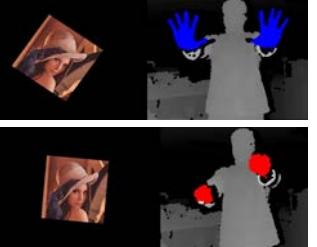
가. 기술개발의 필요성

- 한국사회의 고령화에 따라 치매 등 뇌질환으로 인한 경제적 비용이 증가되고 있음. 최근 다양한 재활 운동에 기능성 게임 및 가상현실 기술을 많이 활용하기 시작함. 물리치료사나 운동 전문가의 주관에 의해 이루어지던 기존의 재활 치료를 보완 혹은 대체하기 위한 가상현실 재활 운동 또는 기능성 게임에서 Natural User Interface 방식으로 사용자의 운동 동작 (즉, 자세 및 균형 상태)을 정확히 인지하고 판별할 수 있는 컴퓨터 비전 기반의 동작 인식 기술 개발을 필요로 함.
- 고령자의 균형감각 증진 및 치매 예방을 목적으로 하는 체험형 기능성 게임은 걷기 동작과 상반신 동작을 동시에 인식할 수 있는 시스템이 요구됨. 사용자의 상반신 인식과 발동작(좌, 우)인식을 동시에 실시간으로 하기 위해서 매트와 Kinect를 이용함. 사용자의 걷기 동작을 정확하기 인식 및 다음 취해야 할 발동작에 대한 가이드를 위해서 색 표시가 가능한 매트를 사용하고, Kinect를 이용하여 상반신 인식과 발동작(좌, 우)를 판별한다. 트레이너 없이 운동 프로그램을 진행하고 다음 동작에 대한 가이드 줄 수 있는 게임 형태의 기술 개발이 필요함.
- 현재 국내의 고령인구가 급증함에 따라 각 지역별 치매예방센터가 설립되었고 치매진단을 위한 간단한 검사도 제공됨. 또한 지역 보건소에서는 치매예방을 위한 운동교실이 운영되고 있음.
- 그러나 이러한 기관에서 제공하는 운동교실에 참여하기 희망하는 인원은 수용가능 인원을 초과하였거나, 과도하게 많은 인원을 수용함에 따라 효율적인 운영이 어려워 참여자의 만족도에 제한이 있는 것으로 보임.
- 따라서 개별적으로 실행할 수 있는 운동프로그램의 보급은 활용가치가 매우 높을 것으로 보임. 기존에 고령자를 위해 개발된 (주)리디자인의 스퀘어매트 운동기기의 경우 20**년에 개발된 바 있으나 현재 보급이 중단되고 있는 실정임.

구분	관련사진	내용
서울 백병원 가상현실 치료 클리닉		서울 백병원에서는 고소공포증, 폐쇄 공포증, 광장 공포증, 대인 고포증, 강박 장애증 각종 정신과 치료에 가상현실 기술을 활용하고 있음.

<p>서울 세브란스 병원 정신 건강 치료 병원</p>		<p>세브란스병원의 정신 건강 치료 병원에서는 알코올 중독 환자가 가상현실 속 대형 화면 속의 술 마시는 사람들을 보며 술을 마시고 싶은 감정을 누르는 치료 기술을 활용하고 있음.</p>
<p>분당 서울대병 원 뇌졸중 치료</p>		<p>분당지점 서울대병원 재활의학과에서는 키넥트와 가상현실 기술을 사용하여 뇌졸중 치료 (Stroke Recovery)에 활용하고 있음. 사용자의 기본 정보와 재활 치료 부위를 프로그램 카메라에 인식시킨 후 환자가 작동 가능한 이동 범위 등을 세부 설정하여 재활 치료를 수행함.</p>

- 또한 Nintendo에서 개발된 Wii Sports는 체감형 스포츠를 일반인들이 친숙하게 운동을 경험할 수 있도록 개발된 것으로 고령자가 사용하기에는 사용경로가 어려우며 고령자의 인지능력 개선을 목적으로 개발된 체계적이고 전문적 운동 프로그램은 포함되어있지 않음.
- 따라서 치매예방을 위해서 고령자를 대상으로 특화되어 개발된 Natural User Interface 기반 체험형 운동 게임의 사례는 아직 없는 것으로 확인되며, 이에 따라 제품이 개발된다면 스포츠산업 및 고령 헬스케어 산업 업계의 새로운 패러다임이 형성될 것으로 예상됨.

방식	사례	특징
키넥트 양손 이미지 컨트롤		처음 손을 편 상태로 있으면 키넥트 카메라를 통해 찍히는 펴져있는 손의 이미지를 인식할 경우 이미지에 대하여 아무런 제어권이 없는 중립상태. 양 손의 주먹을 쥐는 경우 이미지를 선택하여 이미지에 대한 제어권 획득, 주먹을 쥔 상태에서 손의 위치가 양 옆으로 서로 벌어지면서 서로 멀어지면 이미지 확대, 다시 양 손을 중심으로 모으면서 양 손이 서로 가까워지면 이미지가 축소. 한 손은 위로 한 손은 아래로 내리는 경우, 2차원 평면상의 이미지가 회전됨.
키넥트 3차원 지도 탐색 컨트롤		3차원 지도탐색 프로그램에 한 손으로 상하좌우 움직이면 지도가 동시에 상하좌우로 움직임. 두 손을 뻗어 벌리면 화면이 확대되어 지도가 확대되어 가까이 볼 수 있음. 두 손을 안으로 모으면 화면이 축소되어 멀리서 바라보는 모습. 두 손을 아래위로 교차시켜 가운데로 모으면 카메라가 바라보는 방향은 같으나 카메라 위치 자유롭게 회전할 수 있어 어느 방향에서든 맵을 탐색가능.
키넥트 구글 맵 컨트롤		구글지도에 깊이값을 활용하여, 손을 뻗지 않은 상태로 움직이면 구글맵 위에서 단순히 포인터만 움직이고 구글맵에 대한 아무런 컨트롤이 이루어지지 않음. 손을 앞으로 뻗은 상태에서는 지도 위에 손 모양의 포인터가 물체를 잡은듯 한 쥐어진 모습으로 바뀌고, 이 상태에서 좌우상하로 움직이면 맵이 이동. 양 손을 뻗은 상태로 양 옆으로 벌리면 맵이 확대, 안쪽으로 다시 모으면 맵이 축소.

- 걷기는 뇌의 제어(motor), 인지(cognition), 지각(perception), 과정 통합을 포함한 복합적인 과정이며(Scherder et al, 2007). 인지란 정보를 획득, 판단, 구별, 활용하는 과정으로 주의, 학습, 기억, 추리, 언어 개념 등이 포함됨. 또한 지각이란 외부 자극에 의해 사물을 알아보는 과정으로 이를 능력은 노화와 함께 감소하는 경향을 나타내며, 치매와 매우 높은 상관이 있음.
- 걷기능력은 건강한 고령자의 기능적 능력의 하락이 시작됨을 예측할 수 있는 유용한 측정요인으로 알려져 있고, 특히 늦은 걷기 속도는 건강한 고령자의 경우에도 인지능력 손상과 치매를 비 침습적인 방법으로 예측 할 수 있는 신뢰성 있는 요인임. 경도의 인장애가 있는 고령자는 이중과제를 수행하면서 걷기(dual task walking, DTW)을 하는 경우 걷기 속도가 확연하게 낮았고 이는 실행기능과 관련이 있는 것으로 보고됨. 그리고 주의력의 감소와 기억력은 걷기속도를 늦추는데 부정적인 영향을 미치는 요인이며 시각적 기억력은 일상적인 걷기와 이중과제를 수행하면서 걷는 걷기(DTW)와 관련이 있는 것으로 나타남.
- 따라서, 이러한 선행연구 결과를 종합해 볼 때 걷기의 동작을 기초로 걷기속도 및 유형의 변화, 이중과제 수행 난이도, 시각적 기억력 활용, 실행능력 부여, 주의력 변화 등의 요소들을 병합한 프로그램은 고령자의 치매예방을 위한 운동 프로그램으로 활용가치가 높을 것으로 생각됨.
- 본 연구과제의 결과물은 고령자의 운동참여 인구를 향상시키고, 치매예방을 위한 운동용품의 개발과 운동의 효과를 연구해 볼 수 있는 기초자료 제공을 위해 활용될 수 있을 것임. 또한 고령자들이 보다 적극적으로 치매예방 운동프로그램을 통해 신체활동에 참여하고 운동의 실천력을 향상시키기 위한 스포츠산업 기술 발전에 기여할 수 있을 것으로 사료됨.

나. 경제산업적 필요성

- Natural User Interface는 게임 및 엔터테인먼트 분야의 메가트렌드이자, 애플, 닌텐도, 소니, 마이크로소프트 사 등 세계적인 기업이 R&D 노력을 집중하는 분야로, 이와 같은 세계적인 연구개발 추세에 부합하며, 본 과제를 통하여 한국 게임 산업도 기능성 게임 분야에서 세계 시장으로 나아갈 수 있는 기술 기반을 확보하게 됨.
- 현대인의 만성질환 또는 뇌질환 예방을 위해서는 규칙적인 운동이 필수적임. 이러한 사회적 분위기에 따라 최근 건강 및 재활 등의 목적을 가진 기능성 게임 콘텐츠 개발이 급격히 성장하고 있음.
- 기존 개인의 의지에 의해서만 운동을 하는 경우 효율이 많이 저하되고 있는 상황인 반면, 본 과제는 운동 전문가의 운동프로그램을 기반으로 하여 운동 효과를 높이기 위해 게임의 재미 요소를 도입한 방식의 운동 게임 (Exergame)임. 본 과제의 컴퓨터 비전 기반 사용자 운동 동작 인식 기술은 향후 기능성 게임 시장에 Natural User Interface 핵심 원천 기술에 하나임.
- 그동안 콘솔 또는 아케이드 게임영역에서 사용되었던 동작인식, 이미지 인식 등의 기술보다 훨씬 정밀한 인터랙션 기술이 저가격으로 가능해지고 있어 이를 기반으로 건강목적의 재기능성 게임이 어느 정도 치료 효과까지 가지는 수준으로 발전할 수 있는 가능성이 열림.
- 운동실천을 통해 치매를 예방하기 위한 운동프로그램은 자립적이고 독립적으로 가정 및 건강증진 관련 기관에서 쉽게 운동할 수 있도록 유도함으로서 운동의 실천력 향상에 기여하도록 함.
- 2020년까지 고령친화산업 시장규모의 전망치가 125조원으로 집계 전망되었다(한국보건 상업진흥원, 2012). 고령친화산업 시장규모는 2010년 기준 33조2,241억원에 달하는데 이중 고령친화용품산업의 시장규모는 2010년 1조9,711억 원(비중 5.9%)에서, 2020년에는 2조 8,322억 원(비중 2.3%)으로 연평균성장률이 3.7%로 전망되고 있음.

다. 사회적 필요성

- 65세 이상 고령자의 인구는 꾸준히 증가하는 추세를 나타내고 있으며 현재는 고령화사회에 이어 2018년부터는 고령사회, 2026년부터는 초고령사회가 될 것으로 예상된다(통계청, 2008). 이와 함께 노인 진료비는 2008년에 보고된 자료에 의하면 6년새 3배가 증가하여 전 국민 진료비의 31%를 차지하는 것으로 보고되어(2008, 건강보험 통계연보) 노인의 건강문제가 주요 사회문제로 부각되었음.
- 고령사회에서 심각한 건강문제를 일으키는 질환 중에서 치매가 발병하는 인구는 매년 증가추세를 나타내고 있으며 (손온남, 2008), 65세 이상 고령자 중 8.8% (보건복지부, 2012)인 것으로 조사되었으며 2020년에는 9.7%를 그리고 2050년에는 13.2%까지 증가할 것으로 예측되었음.
- 치매는 특히 노년기부터 시작되는 대표적인 정신장애로 우울과 인지기능과 상호 관련성이 있으며 치매환자 뿐만 아니라 주변 가족들의 삶의 질을 저하시키는 결과를 초래함. 이러한 문제를 예방 및 중재할 수 있는 대표적인 방법은 운동임.
- 규칙적이고 지속적으로 실시하는 운동은 신경가소성과 신경세포 생성의 증가를 나타내는 긍정적인 변화를 나타내 기억력이나 인지능력이 향상되는 것으로 보고된 바 있음 (Radak et al., 2006). 특히 트레드밀을 사용하여 실시하는 하체운동을 하는 경우는 뇌 신경의 세포생성 이외에 세포가 사멸하는 것을 감소하였으며 (Shin et al., 2005) 유산소운동을 실시한 이후에 뇌의 전체 용적과 대뇌 피질의 가소성을 증가시켰을 뿐만 아니라(Colcombe et al, 2006) 인지기능을 향상시킨 것으로 보고됨 (Kramer and Erickson, 2007; Goto et al., 2007)
- 이밖에 제 6기 국민건강영양조사 결과(2015)에서도 65세 이상 남녀의 경우 뇌혈관질환과 같은 생활습관질환 및 치매와 관련이 있는 중장도 신체활동 및 걷기 운동량도 꾸준히 감소하는 경향을 나타낸바 있음.
- 이와 같은 국민의 건강 현황과 함께 국민들의 운동실천을 통한 건강관리를 위해 현재 정부에서는 중장기사업으로 생활체육 7330으로‘일주일에 3번 이상 하루 30분 운동하자’ 사업을 추진하고 있음. 이 캠페인은 우리사회의 구조 변화와 국민의 요구를 적극 반영한 계획적 홍보사업이라는 점에서 의미가 크며, 현 정부에서는 50% 이상 생활체육에 참여 할 수 있도록 하는 것을 목표로 설정하였음. 이러한 목표는 2013년에 구체화되었고, 2017년까지 생활체육 참여율 60% 목표로 생활체육 지원사업을 활발히 수행한 바 있음 (문화체육관광부, 2013)

-
- 따라서, 고령자가 특별한 운동 전문 기구 없이도 재미있고 쉽게 운동을 실시할 수 있는 시스템 개발은 건강관리를 및 치매예방을 위한 도구로 활용될 수 있을 뿐만 아니라, 게임요소의 활용은 다수가 함께 참여할 수 있다는 장점이 있어 고령자의 운동실천을 지속 시킬 수 있는 전략으로 활용될 수 있을 것으로 예상됨.

제2절 | 연구과제 범위

1 연구개발의 범위

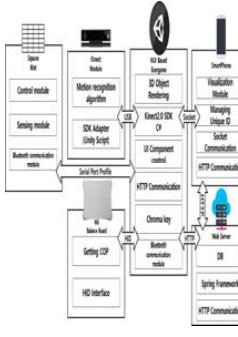
가. 연구개발 최종목표

- 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 운동 게임(Exergame) 기술 개발
 - 스웨어매트와 공간센서 기반 3차원 카메라를 통해 사용자의 균형과 자세 정보를 실시간으로 인식하는 햅틱 및 비전 기반의 Natural User Interface 기술 개발 및 인식된 NUI 데이터를 활용하여 실시간 사용자의 운동 상태를 평가하는 기술 개발
 - 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 걷기 운동 게임에 필요한 운동 전문가의 운동 프로그램 개발 및 사용자 운동 상태와 인지 상태 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발
 - 사용자의 운동 상태와 인지 상태 모니터링 기능과 기능성 게임의 재미요소를 결합하여 실제 운동 상황에서 사용자에게 실시간 상호작용을 제공하는 체험형 운동게임 통합 시스템 개발

나. 연구개발 범위

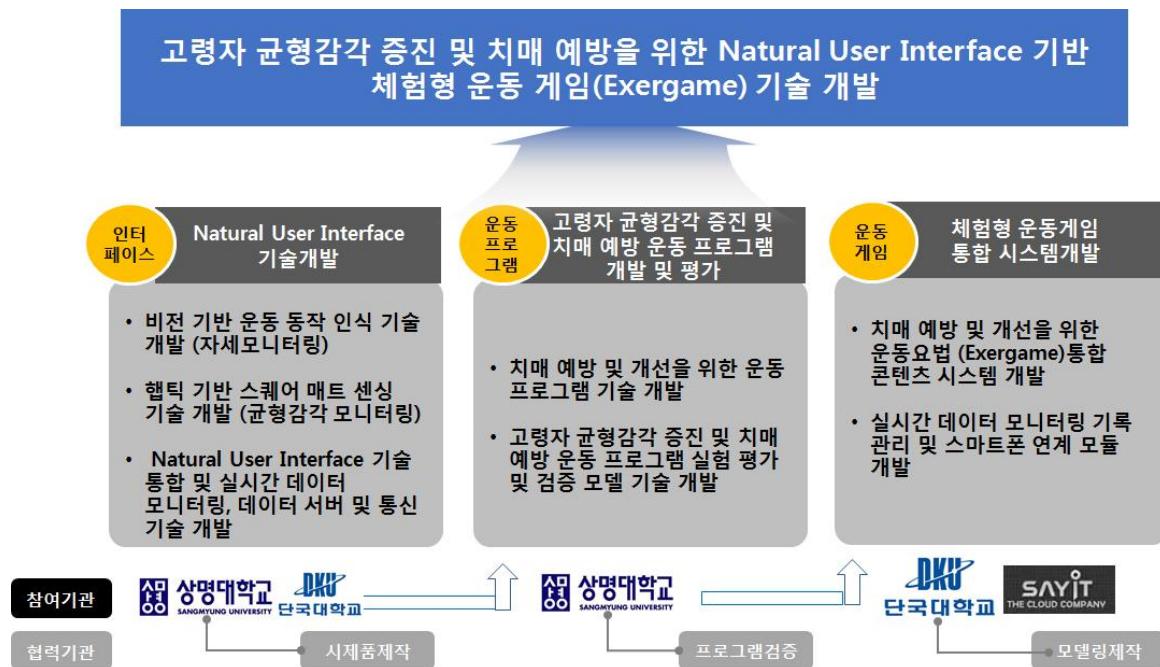
연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	연구비 (백만원)	연구 수행기관
Natural User Interface 기술개발	◦ 비전 기반 운동 동작 인식 기술 개발 (자세모니터링)		20	단국대
	◦ 햅틱 기반 스웨어 매트 센싱 기술 개발 (균형감각 모니터링)		20	상명대

	<ul style="list-style-type: none"> o Natural User Interface 기술 통합 및 실시간 데이터 모니터링, 데이터 서버 및 통신 기술 개발 	<pre> graph TD subgraph InitFrame [Initialized Frame] direction LR I1[00000000_10b] --- F1[1_10b Fixed] I2[00000000_10b] --- F2[00000000_10b Fixed] I3[00000000_10b] --- F3[2_10b Fixed] I4[00000000_10b] --- F4[00000000_10b Fixed] I5[00000000_10b] --- F5[4_10b Fixed] end subgraph TransFrame [Transmitted Frame] direction LR T1[01000000_10b] --- F1 T2[00000001_10b] --- F2 T3[00000000_10b] --- F3 T4[00000000_10b] --- F4 end F1 --> G[6byte] G --> Grid[4x6 Grid] Grid --> F2 F3 --> F4 </pre>	30	상명대 세이정보기술
고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 개발 및 평가	<ul style="list-style-type: none"> o 치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발 		20	상명대
고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발	<ul style="list-style-type: none"> o 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발 	<p>■ 일반 요약: 2010년 10월 17일 ■ 답변과 성명: <u>김현수</u></p> <p>귀하는 지난 2주 동안 온라인전분소에서 4개의 적도 말판 위에서 전기운동에 참여하였습니다. 다음 문제에 답해주세요.</p> <p>(1) 비 운동은 평지에서 걸을 때 단계별 운동장치에 해당한다고 생각한다. 질대 아니다 아니다 보통이다 그렇다 <input checked="" type="radio"/> 매우 그렇다</p> <p>(2) 다리를 들고 내리는 동작과 전기로 운동을 이끌기에 학제근학을 본분히 할 수 있는 운동이라 생각한다. 질대 아니다 아니다 보통이다 그렇다 <input checked="" type="radio"/> 매우 그렇다</p> <p>(3) 2단계로 이동하면 무릎을 올리고 내리는 동작을 전기와 함께 하였기에 한 번 다리를 굽힐각 을 유저할 수 있는 능력이 향상되었다고 생각한다. 질대 아니다 아니다 보통이다 그렇다 <input checked="" type="radio"/> 매우 그렇다</p> <p>(4) 다양한 병행과 전기운동으로 꾸준히 단계별로 학제의 근적과 균형능력을 향상시킬 수 있을 것이다. 질대 아니다 아니다 보통이다 그렇다 <input checked="" type="radio"/> 매우 그렇다</p>	20	상명대
체험형 운동게임 통합 시스템개발	<ul style="list-style-type: none"> o 체험형 운동게임 렌더링 기술 개발 		30	단국대

<ul style="list-style-type: none">o 고령자 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 체험형 운동게임 (Exergame) 통합 콘텐츠 시스템 개발		40	세이정보기술
--	--	----	--------

2 연구개발의 추진방법 및 체계

가. 추진방법



(1) Natural User Interface 기술 개발

- 비전 기반 운동 동작 인식 기술 개발 (자세모니터링)
- 햄틱 기반 스퀘어 매트 센싱 기술 개발 (균형감각 모니터링)
- Natural User Interface 기술 통합 및 실시간 데이터 모니터링, 데이터 서버 및 통신 기술 개발
- 협력기관으로 스퀘어 매트 시제품 제작 가능 업체 연계함

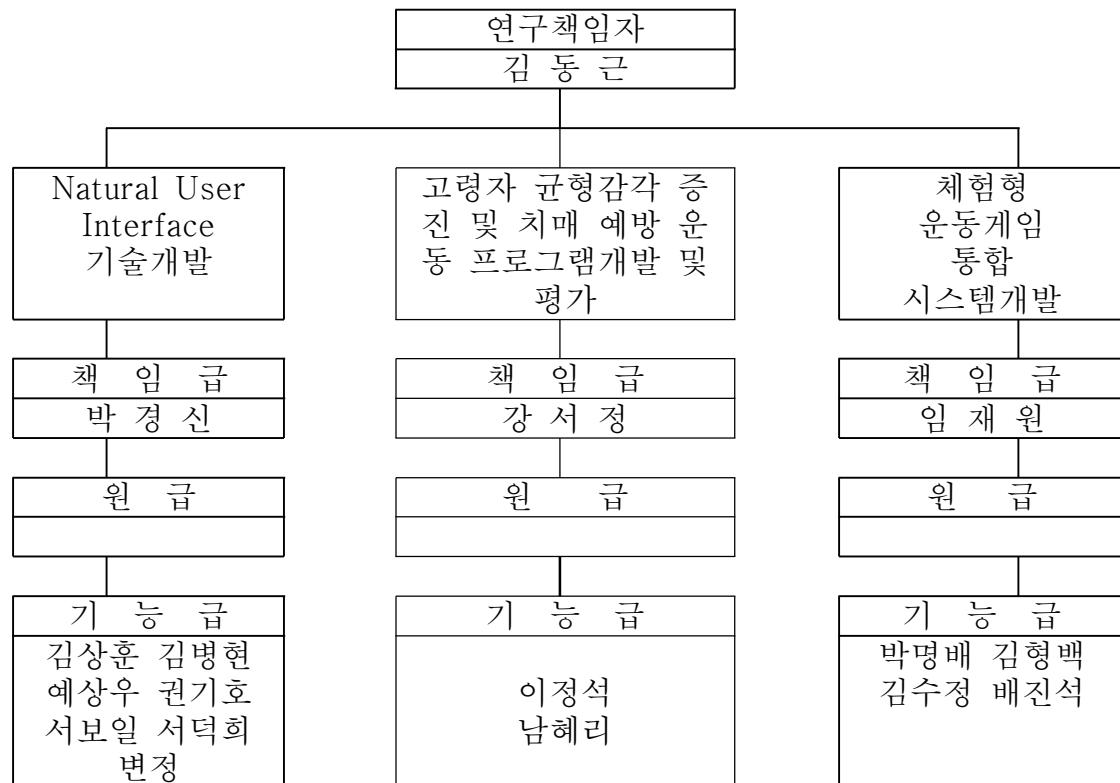
(2) 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 개발 및 평가

- 치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발
- 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발
- 협력기관으로 고령자를 대상으로 치매 예방 운동 프로그램을 운영하는 기관(복지시설 및 요양기관)과 연계함

(3) 체험형 운동게임 통합 시스템개발

- 치매 예방 및 개선을 위한 운동요법 (Exergame)통합 콘텐츠 시스템 개발
- 실시간 데이터 모니터링 기록 관리 및 스마트폰 연계 모듈 개발
- 협력기관으로 게임 캐릭터를 모델링 가능한 업체와 연계함

나. 추진체계



다. 추진일정

일련 번호	세부 개발내용	1차년도												달성도 (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	비전 기반 운동 동작 인식 기술 개발 (자세모니터링)													100%
2	햅틱 기반 스퀘어 매트 센싱 기술 개발 (균형감각 모니터링)													100%
3	Natural User Interface 기술 통합 및 실시간 데이터 모니터링, 데이터 서버 및 통신 기술 개발													100%
4	치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발													100%
5	고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발													100%
6	체험형 운동게임 렌더링 기술 개발													100%
7	고령자 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 체험형 운동게임 (Exergame) 통합 콘텐츠 시스템 개발													100%

3 연구개발의 추진내용

가. Natural User Interface 기술개발

월	추진실적	진행기관
1월	- 스퀘어 매트 최초 요구사항 명세	상명대
	- 비전기반 운동 자세인식 방법 논의	단국대
	- 키넥트 2.0 설치 및 단위 테스트	
2월	- 스퀘어 매트 제작 기술적 협의	세이정보기술
	- 요구사항 명세서 기술적 적합성 논의	상명대
	- Avateering 시연을 통하여 전체 스켈레톤 트래킹 영역 한정됨을 발견 - 게임 캐릭터 아바타 모델링 및 스퀘어 매트 센서 수정 논의	단국대
3월	- 스퀘어 매트 제작의뢰 업체 논의	세이정보기술
	- H/W, S/W 요구사항 명세 결과 검토 및 수정사항 추가	상명대
	- 각부별(반응모듈, 제어모듈, 전송모듈, 전원모듈) 요구사항 정의	
	- Unity 3D와 키넥트 아바타 프로그램 방법 논의 - 운동 동작 자세 판별 알고리즘 설계	단국대
4월	- 통합대비 스퀘어 매트 S/W 요구사항 수정사항 추가	세이정보기술
	- 데이터 통신 프로토콜 설계	상명대
	- 명세된 H/W 모듈별(반응모듈, 제어모듈, 전송모듈) 요구사항 검토	
	- 운동프로그램에 해당되는 동작의 표준 모델링에 따른 운동자세 정의 작업	단국대
5월	- 스퀘어 매트 제작의뢰 업체 협약	세이정보기술
	- Visual Studio 프로젝트를 통하여 Bluetooth 통신 독립 모듈 개발	상명대
	- 스퀘어 매트 크기 변경으로 인한 요구사항 변경 확인	
	- 키넥트 제스쳐 분석 및 운동 자세 판별 알고리즘 설계 및 구현 - 체험형 운동 게임 관련 기능 및 인터페이스 구성요소 설계 및 구현	단국대
6월	- 스프링 프레임워크와 안드로이드 간의 상호작용 기능 논의	세이정보기술
	- Bluetooth 통신에서 설계된 프로토콜 및 모듈 프로토타입 실험	상명대
	- 매트 및 스마트폰 연동 설계	
	- 학술진흥재단 등재 연구논문지에 개발된 키넥트 기반 운동 자세 판별 알고리즘 제출	단국대
	- 스마트폰 어플리케이션 모바일 디바이스 아이디 프로토콜 논의	세이정보기술

7월	- 동적 라이브러리화를 통한 Unity3D Project로 적용 프로토 타입 제작	상명대
	- 찍 자세 등 특정 운동 자세 판별 알고리즘 개선	단국대
	- 스케어 매트 제작의뢰 정산	세이정보기술
8월	- 운동프로그램 게임 개발(Uinty3D)을 진행하는 참여기업 세이정보에서 사용 할 수 있도록 SDK Sample Code 제작	상명대
	- 스케어 매트 및 스마트 폰 연동 설계 및 구현	단국대
	- 수정된 운동프로그램 블루 스크린 촬영	세이정보기술
	- 스케어 매트 연동코드 제작 및 오류 수정	세이정보기술
9월	- 데이터 통신상 발생한 오류에 대해 코드수정 및 데이터 흐름제어	상명대
	- 균형감각 측정을 위한 시나리오 검토	단국대
	- 수정된 운동프로그램에 따른 운동 자세 판별 알고리즘 개선	세이정보기술
	- 멀티 키넥트를 이용한 자세인식 시스템 설계	
10월	- 수정된 운동프로그램 블루 스크린 촬영	
	- 제안서, 요구사항 명세서, 실제 스케어매트에 대한 문서를 대조하여 누락된 부분이나 미흡한 부분이 있는지 확인 및 수정작업	상명대
	- 밸런스보드를 이용한 균형감각 측정 독립적 모듈 제작	단국대
	- 멀티 키넥트를 이용한 자세판별 프로토타입 구현 및 테스트	세이정보기술
11월	- 오디오 렌더링 출력기능 구현	
	- 밸런스보드 트레이닝 데이터 제작 및 머신러닝 알고리즘 테스트	상명대
	- 체험형 운동 게임 검증 및 운동 자세 판별 알고리즘 개선	단국대
12월	- 국민대학교 모션캡쳐 장비와 멀티키넥트의 자세 인식능력 벤치마크	세이정보기술
	- 기존 아바타 연동시스템 키넥트 1개로	
	- 가이드 아바타 애니메이션을 위한 자세 리코딩 프로그램 제작 체험형 게임에 밸런스 보드를 이용한 압력중심점 측정 모듈 이전	상명대
12월	- 체험형 운동 게임 개선 및 보고서 제출	단국대
	- 멀티 키넥트 자세인식 기능 체험형 운동게임 연동과정 논의	세이정보기술

나. 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 개발 및 평가

월	추진 실적	진행기관
1월	- 전문가와 함께 제안서에 제시했던 운동프로그램 수정 및 보완 (2차) - 비전기반 인식 관점의 운동자세 분석 - 기술팀과의 운동프로그램 적합성 논의	상명대
	- Unity3D 엔진 논의	단국대
		세이정보기술
2월	- 7월의 국제학술대회에 발표할 연구논문 완성 및 신청 - 기술팀과의 운동프로그램 적합성 논의	상명대
	- 스포츠학과의 운동 프로그램 수정 논의 - 게임 화면 구성(Start screen, Main screen, Stage click screen1,2, Game screen, Game over screen, User information screen) - 데이터 베이스 기본 요소 구축 논의	단국대
3월	- 최종결과물 평가를 받을 기관 가능성 탐색	세이정보기술
	- 상명대 스포츠학과 전문가 가이드 아바타 애니메이션 리코딩 작업	단국대
	- 운동프로그램 데이터 베이스 테이블 및 데이터 세팅 논의	상명대
4월	- 운동프로그램 특허신청 준비 - 운동프로그램에 해당되는 동작의 표준 모델링 촬영 작업	단국대
	- 가이드 아바타 애니메이션을 위한 자세 리코딩 프로그램 제작	세이정보기술
	- 하이브리드 웹앱 서비스를 구현하기 위하여 안드로이드 환경 구축	상명대
5월	- 해외의 걷기운동프로그램 및 인지기능과 관련된 운동프로그램 참고자료 및 제품 탐색	단국대
	- 가이드 아바타 애니메이션 리코딩을 통하여 발견된 운동 프로그램 수정 논의	상명대
	- 아바타 키넥트 사용자 자세인식 연동작업 논의	세이정보기술
6월	- 운동프로그램 특허출현 신청서 제출	단국대
	- 운동프로그램에 자세 분석 및 자세 정의 문서화	세이정보기술
	- 스마트폰 어플리케이션 모바일 디바이스 아이디 프로토콜 논의	상명대

7월	- 국제학술대회에서 연구논문 발표 - 운동프로그램 수정 (3차): 내용수정 및 난이도 수정 - 유니티 게임 장면 전환 및 게임 배경 화면 논의 - 게임 캐릭터 아바타 모델링 수정 및 10종 논의	상명대
	- 수정된 운동프로그램 블루 스크린 촬영 시나리오 논의	단국대
	- 수정된 운동프로그램 블루 스크린 촬영 시나리오 논의	세이정보기술
8월	- 운동프로그램 수정 (4차): 내용수정 - 4차 수정된 운동프로그램에 해당되는 동작의 표준 모델링 촬영 (8월5)	상명대
	- 가이드 애니메이션 영상수정 및 체험형 인터페이스 적용 논의	단국대
	- 수정된 운동프로그램 블루 스크린 촬영지원	세이정보기술
9월	- 특허출원 신청 보완 후 재신청 - 발판, 게임, 카메라와의 연동 과정 논의 및 점검	상명대
	- 가이드 애니메이션 출력 모듈 제작	단국대
	- 크로마키 필터를 이용한 가이드 영상 유니티 컴포넌트 변화	세이정보기술
10월	- 발판, 게임, 카메라와의 연동 과정 논의 및 점검	상명대
	- 해상도로 인해 부자연스럽게 출력되는 UI 수정논의	단국대
	- 오디오 렌더링 출력기능 논의	세이정보기술
11월	- 운동프로그램 실험평가 및 검증 실시 - 발판, 게임, 카메라와의 연동 과정 논의 및 점검	상명대
	- 체험형 운동 게임 검증 및 운동 자세 판별방법 논의	단국대
	- 크로마키 가이드 오류 동영상 수정	세이정보기술
12월	- 운동프로그램 실험평가 및 검증 실시	상명대
	- 체험형 운동 게임 통합 지원	단국대
	- 멀티키넥트 자세인식 기능 체험형 운동게임 연동과정 논의	세이정보기술

다. 체험형 운동게임 통합 시스템개발

월	추진실적	진행기관
1월	- 스퀘어 매트 최초 요구사항 논의	상명대
	- 키넥트 오작동시 고려해야 할 점들 논의	단국대
	- 게임 캐릭터 아바타 모델링 1차버전 완성	
	- Unity3D 엔진 분석 - 스프링 프레임워크 서버 구축	세이정보기술
2월	- 체험형 게임에서 사용되는 운동자세 문서화	상명대
	- 체험형 게임에서 사용되는 운동자세 XML형태로 정의	단국대
	- 체험형 운동게임 UI 디자인 정의	
	- 게임 화면 구성(Start screen, Main screen, Stage click screen1,2, Game screen, Game over screen, User information screen) - 데이터 베이스 기본 요소 구축	세이정보기술
3월	- H/W, S/W 요구사항 명세 결과 검토 및 수정사항 논의	상명대
	- 각부별(반응모듈, 제어모듈, 전송모듈, 전원모듈) 요구사항 논의	
	- 게임 캐릭터 아바타 모델링 1차버전 완성	단국대
	- 데이터 베이스 테이블 및 데이터 세팅	세이정보기술
4월	- 스프링 프레임워크와 안드로이드 간의 상호작용 구현	상명대
	- 가이드 아바타 애니메이션을 위한 자세 리코딩 프로그램 요구사항 논의	단국대
	- 하이브리드 웹앱 서비스를 구현 하기 위하여 안드로이드 환경 구축	세이정보기술
5월	- 해외의 걷기운동프로그램 및 인지기능과 관련된 운동프로그램 참고자료 및 제품 탐색	상명대
	- 사용자 정의 아바타 애니메이션 알고리즘 설계	단국대
	- 게임 캐릭터 아바타 모델링 수정 논의	
	- 스프링 프레임워크와 안드로이드 간의 상호작용 구현	세이정보기술
6월	- 운동프로그램 특허출현 신청서 제출논의	상명대
	- 키넥트를 통해 데이터를 입력받은 데이터를 통한 점수판별 알고리즘 정의	단국대
	- 스마트폰 어플리케이션 디바이스 아이디 전송 인터페이스 구현	세이정보기술

7월	- 시연시스템 구성 및 구동환경 구성	상명대
	- 유니티 게임 장면 전환 및 게임 배경 화면 구현 - 게임 캐릭터 아바타 모델링 수정 및 10종 완성	단국대
	- 가이드 애니메이션 레코딩 모듈 제작	세이정보기술
	- 게임과 스프링 프레임워크와의 상호작용 구현	
8월	- 체험형 게임 시스템에 알맞은 형태로 재 컴파일 및 의존적 라이브러리 교체	상명대
	- 게임 배경 화면 모델링 논의	단국대
	- 가이드 애니메이션 영상수정 및 체험형 인터페이스 적용	
	- 안드로이드와 게임간의 상호작용 구현 - D3JS를 이용한 데이터 시각화기능 구현	세이정보기술
9월	- 스웨어 매트 API 코드 리팩토링	상명대
	- 가이드 애니메이션 출력 모듈 제작	단국대
	- 크로마키 필터를 이용한 가이드 영상 유니티 컴포넌트 변화논의	세이정보기술
10월	- 웹서버와 압력중심점 데이터 통신을 위한 데이터 Serialization 연구	상명대
	- 해상도로 인해 부자연스럽게 출력되는 UI 수정	단국대
	- 오디오 렌더링 출력기능 구현	세이정보기술
11월	- 체험형 통합 운동게임 개발사항 정리 및 한국컴퓨터게임학회 논문투고	상명대
	- 체험형 운동 게임 검증 및 운동 자세 판별 라이브러리 수정	단국대
	- 멀티 키넥트 모듈 체험형 운동게임에 통합	세이정보기술
	- 기존 단일 키넥트 시스템에서 사용하던 아바타 모듈 수정	
12월	- 밸런스보드 및 머신러닝 알고리즘 웹 서버 연동	상명대
	- 체험형 운동 게임 통합 지원	단국대
	- 소프트웨어 등록	세이정보기술
	- 체험형 운동게임 개발내용 문서화 및 프로젝트 형상관리	

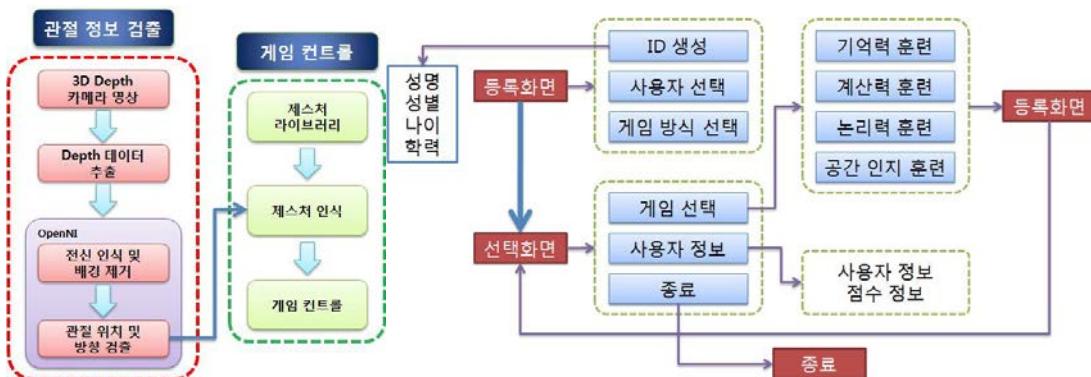
제2장 국내외 기술개발 현황

제1절 | 기술개발현황

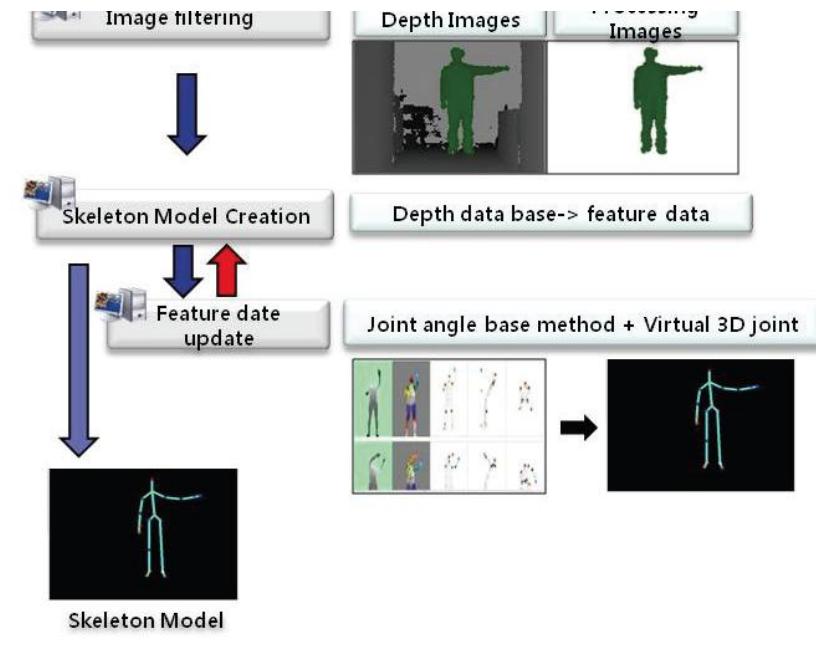
1 Natural User Interface 기술개발현황

가. 비전기반 운동동작 인식 기술 개발

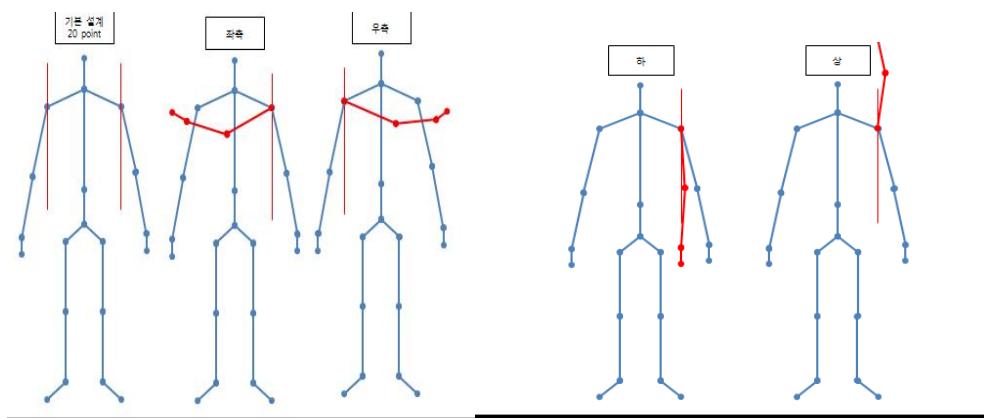
- 치매 예방을 목적으로 한 제스쳐 기반의 3차원 기능성 게임 연구에서는 프라임센스(PrimeSense)사의 3차원 깊이 카메라(3D Depth Camera)와 OpenNI SDK를 이용하여 사용자의 관절 정보를 획득하고 이 관절 위치 및 방향을 이용하여 관절의 움직임을 분석하여 사용자의 전신 제스처를 인식하여 마우스 이동, 마우스 클릭 등 게임 컨트롤에 사용함[7].
- 이 연구에서는 15개의 관절의 위치와 방향 변화에 따라 (즉, 각 영상마다 관절 사이의 거리를 측정하여) 21가지의 제스쳐 (즉, 왼팔 앞으로, 왼팔 아래로, 왼팔 위로, 왼팔 뒤로, 왼팔 교차 등등)의 동작을 인식함.



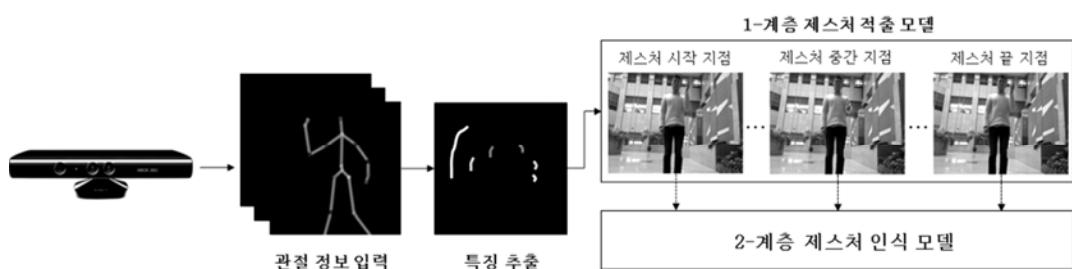
- 키넥트를 이용한 인간 자세 인식 실시간 처리 연구[8]에서는 0.1초 마다 영상을 입력받아 영상처리 기법을 활용함
- 인체 영역의 정보만을 추출하고 배경을 제거한 후 키넥트 SDK에서 제공하는 Joint Angle 기반 방식과 Virtual 3D Joint를 사용하여 최종적으로 특징점 데이터 기반의 골격 모델을 형성하였고, 이 특징 값으로 인간의 자세 인식을 분류하기 위하여 퍼지 분류기를 사용하였음. 이를 통하여 좌우 걷기, 한손 들고 내리기, 양팔 들고 내리기, 발 들고 내리기와 같은 자세 인식을 하였음.



- 3D 콘텐츠 제어를 한 키넥트 기반의 동작 인식 모델 연구에서는 사람 움직임을 추적하고 몸동작 모델 인식을 통하여 3차원 콘텐츠 제어에 사용할 수 있는 기법을 제안함[9].
 - 이 연구에서는 키넥트 SDK를 이용하여 사람의 오른팔과 왼팔의 손목, 팔꿈치, 어깨 움직임의 이동 거리 값, 즉 (X, Y, Z) 값의 변화량을 계산하여 사람의 동작 모델을 구함
 - 이 모델을 사용하여 좌, 우, 상, 하, 확, 축소, 선택 등의 7가지 동작 상태를 인식하였음. 예를 들어 좌로 이동은 오른팔을 이용하여 어깨선을 중심으로 손목, 팔꿈치 변화가 좌측으로 이동하는 방식으로 구하는 방식임.



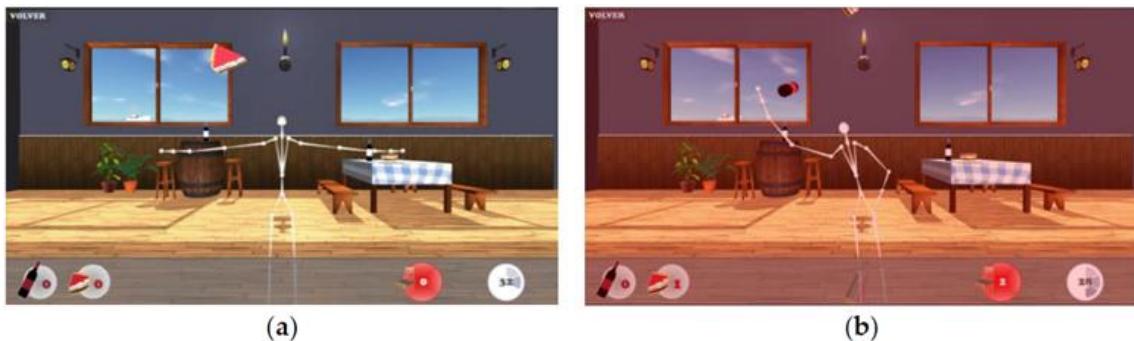
- 키넥트 센서 기반 슈팅 게임을 위한 팔 제스처 인식 연구에서는 키넥트 SDK를 이용하여 획득된 골격(Skeleton) 정보를 2-계층 모델로 구성하여 팔 제스처를 인식에 사용한 방법을 제안함[10].
- 2-계층 모델의 계층 1에서는 HMM(Hidden Markov Model) 알고리즘 기반의 임계치(Threshold) 모델을 통하여 제스처와 제스처가 아닌 것을 분류하였음.
- 계층 2에서는 이렇게 추출된 정보에 해 CRF (Conditional Random Field) 알고리즘을 기반으로 하여 특정 제스처를 인식하는데 사용하였음.
- 키넥트의 골격 (Skeleton)으로부터 어깨, 팔꿈치, 손목 위치 정보와 관련된 각도를 제스처의 특징으로 추출한 후, 7개의 제스처(Shoot, Reload, Up, Down, Left, Right, Grab)를 정의하여 사용하였음.



나. 균형자세 인식 기술 개발

- 노인들을 대상으로 한 실시간 자세교정 가상게임 연구[11]에서는 사용자의 신체활동을 고취시키면서 자세 교정 시스템이 적절한 자세를 취할 수 있도록 돋는 프로그램을 개발했음.
- 키넥트 센서에서 받아온 팔, 다리의 마디 데이터를 사용해 실시간으로 자세의 변화를 감지함. Dynamic Time Warping (DTW) 알고리즘으로 원래의 옳은 자세와 사용자의 현재 자세 사이의 차이점을 감지하는 방식임. 자세 교정 시스템 게임 실험은 총 두 번의 세션을 거쳐 진행되었음.
- 두 번째 세션은 첫 번째 세션이 끝나고 6개월 뒤에 시작하였음. 키넥트2 SDK를 이용해 25개의 관절 포인트를 가진 가상 아바타를 포함한 자세교정 시스템을 구축하였음. First Recognition Module은 게임이 시작되기 전 사용자의 첫 이미지를 게임 데이터베이스로 옮겨주며, 사용자의 첫 자세에서 올바르게 등을 펴고 있을 때부터 바르지 못할 정도로 등이 기울어질 때까지의 모든 자세를 담기 위해서 사용함.
- 사용자는 키넥트2.0 센서 앞의 1.5미터, 2미터 사이의 거리에 서있어야 하며 센서 카메라의 수직 기울어짐을 수동으로 조정해 주어야 함. 사용자가 앉아있을 때는 SDK에서 앉음 트래킹 모드를 제공해준다. 하지만 사용자의 정확한 위치정보를 얻기 위해 First Recognition Module이 추가적으로 골반의 3개의 관절 노드를 저장함. 사용자의 자세를 레코딩 할 때, 10초간의 준비 시간을 갖으며, 적절한 위치를 얻은 후 사용자는 등을 나쁜 위치까지 기울여야 함.

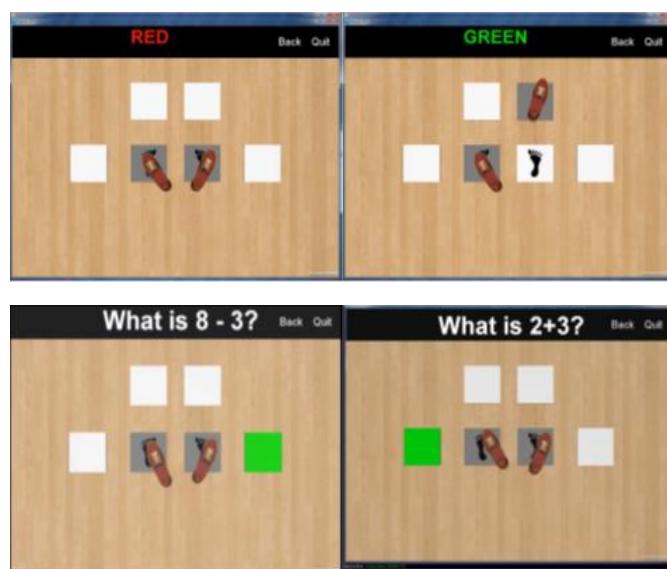
- 이 시스템은 사용자가 나쁜 자세에 도달했을 때 화면에 경고 메세지를 띄우고 레코딩을 멈춤. 각도가 20도 이상으로 기울었을 때 나쁜 자세로 인식되며 참가자들을 살피는 물리치료사들이 이를 분석함. First Recognition Module 는 사용자의 등 허리의 초기 위치에 빗대어 20도 이상으로 기울어 탈선했는지를 판단하여 나쁜 자세를 계산하며 레코딩후 시스템 은 자세를 xml 파일로 저장함. 자세 데이터는 사용자의 골격 노드를 수집하여 생성됨.
- Posture Correction Module은 DTW알고리즘을 메인으로 사용하여 동작함. 25개의 조인트 중 나쁜 허리자세를 판별하기 위해서 사용되는 9개의 조인트가 (head, neck, left_shoulder, spine_shoulder, right_shoulder, spine_middle, left_hip, base_spine, right_hip) DTW 피쳐 벡터로 고려됨. Posture Correction Module은 연속적으로 사용자의 스켈레톤 조인트들을 읽어들인 후, 스켈레톤 데이터들을 DTW알고리즘에 좀더 사용하기 좋은 포맷으로 바꾸는 과정을 거친 후 주어진 시퀀스가 자세 값인지를 판별함.



- 호주 University of Technology Sydney 연구팀은 키넥트를 이용해 인지부하 상태의 고령자의 균형손실을 예측하는 방법을 고안했음[3].
- 노인들이 균형을 잃고 낙상하는 원인으로써 근 손실과 인지능력의 저하인 점을 근거로, 이 연구에서는 키넥트 기반의 스텝 트레이닝 프로그램 시스템을 이용한 훈련이 이와 같은 문제의 해결에 도움이 될 것이라고 보았음.
- Unity3D 엔진과 키넥트를 메인 센서로 사용하여, 스텝 반응 시간 테스크, 줄여서 CSRT(Choice Stepping Reaction Time Task)라는 클리닉 테스트를 구현하였음. 이 시스템에서 사용자는 키넥트 센서가 위에 놓여진 TV 앞에 서있고 화면 속 아바타가 사용자의 움직임을 미러링(Mirroring) 함.
- 화면에 6개의 구역 패널이 아바타 주변으로 놓여있고, 초록색으로 빛나는 사각 패널로 사용자는 최대한 빠르게 다리를 움직여 스텝을 딛고 다시 중앙 구역으로 돌아와야 하는 방식임. 사용자가 초기 위치로 돌아오면 프로세스는 무작위의 사각 패널을 선택하는 것으로 다시 시작되는 구조임. CSRT 테스트에서 측정되어야 할 요소로써, 결정 시간 Decision time (즉, 구역패널이 초록색으로 바뀐 순간부터 사용자의 다리가 움직이기 시

작한 순간까지의 시간), 움직임 시간 (즉, 다리가 움직이기 시작한 순간부터 초록색 구역이 발과 닿는 순간까지의 시간), 반응시간 Response time (즉, 결정 시간 + 움직임 시간), Validation of 'Go / No Go' Activity (즉, Go 상태에서 움직이고 No Go 상태에서 반응을 멈추는가에 대한 검증)이 사용됨.

- 인지부하의 테스트를 위해 이 시스템에서는 간단한 스트루프 테스트(색깔을 의미하는 단어에 대해 문자가 의미하는 바와 글자의 색깔이 불일치함을 인식하는 테스트)가 구현되었음. 이는 고령자가 스트루프 테스트에서 낮은 점수를 받을수록 균형을 잃고 넘어지는 경향이 크다는 연구를 참고하여 결정된 것임. 또한 간단한 수학문제풀이가 함께하는 스트루프 테스트도 구현하여 포함시켰음. 이 CSRT 테스와 스트루프 테스트를 통하여 사용자 인지 부하를 증가시켜서 사용자의 늦어지는 반응시간을 측정 할 수 있게 하였음.



2 체험형 운동게임 통합시스템 개발

가. 운동게임 콘텐츠 기술 개발

- 키넥트를 활용한 치매 예방용 게임은 기존의 치매 예방 및 완화를 위한 기능성 게임 중에서 전신 동작 인식을 통한 개발된 게임 사례가 드물다는 점에서 착안해 개발된 연구임[1].
- 마우스나 키보드 등의 장비를 익힐 필요 없이 키넥트를 통한 동작인식 인터페이스를 사용하여 쉽게 게임을 할 수 있도록 하였음. 이 연구에서는 노인들의 계산능력, 주의집중력, 소리인지력, 지각능력을 향상시킬 수 있기를 기대하였음.
- 제안된 시스템은 키넥트 카메라 센서와 C#기반의 키넥트 SDK를 이용하여 개발되었음. 주요 동작 정의를 위해 사람의 신체 부위 중에서도 원손 오른손과 머리의 관절 좌표를 이용하였음. 오른손의 상·하·좌·우 방향과 원손의 상·하·좌·우 방향의 8가지, 머리 좌표의 위·아래 방향으로 2가지 경우의 수를 판단하였음.
- 판단된 경우의 수를 각 게임에 적용하였음. 본 게임은 1. 청기백기, 2. 사칙연산, 3. 율동 따라하기, 총 3가지의 미니게임으로 구성되며 대부분의 게임이 대상 사용자층에 맞게 노년세대에게 익숙한 이미지와 음향효과가 사용되었음. 이 게임을 이용해 고령자의 사물에 대한 인지력, 사고력, 및 집중력 등을 평가하고 게임의 몰입을 통해 운동효과가 있을 것이라 기대했음.

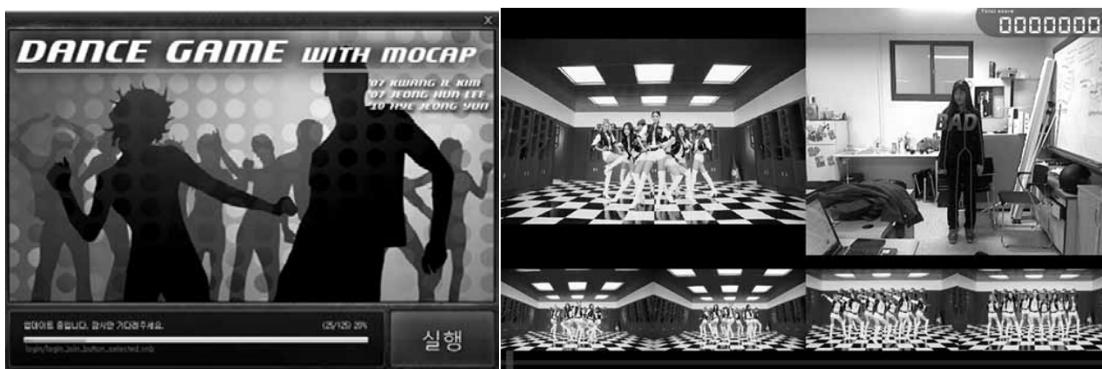


- 고령자를 위한 기능성 걷기 게임인 팔도강산3 연구에서는 기존의 팔도강산2에서 손잡이와 발판 컨트롤러를 대신하여 키넥트 센서를 이용한 사용자의 동작 인식을 이용하여 시장보기 게임을 개발하였음[2].
- 게임은 시각적인 즐거움과 함께 운동 효과도 볼 수 있는 시장보기를 통하여 기억력, 집중력, 활력감을 높이고자 설계되었음. 게임 사용자는 시장을 걸어 다니며 가게 앞에서 파는 음식이 등장할 때 주어진 임무에 맞는 음식을 기억하여 왼 손 또는 오른 손으로 그 가게 앞에서 손을 들어 선택하여 물건을 구입하면 점수를 얻는 방식으로, 사용자의 기억력 향상과 선택적 반응 능력을 향상시키는 것을 목표로 하였음.



나. 운동게임 통합 시스템

- 키넥트를 이용한 체감형 동작 인식 댄스 게임 시스템 개발 연구에서는 사용자의 자연스러운 댄스 움직임 동작을 인식하고 해당 동작을 서버의 데이터베이스에 저장하여 사용자가 음악을 선택할 시 해당 데이터를 받아서 재생하는 기법을 사용하였음[13].
- 이 연구에서는 사용자 동작 인식을 위하여 골격(Skeleton)의 (X, Y, Z) 좌표 값과 10개의 관절에 대해 각각 X-Y축, X-Z 축의 각도를 계산하여 총 20개 각도 데이터를 사용하여 일치율을 계산하여 게임 점수로 보여줌.

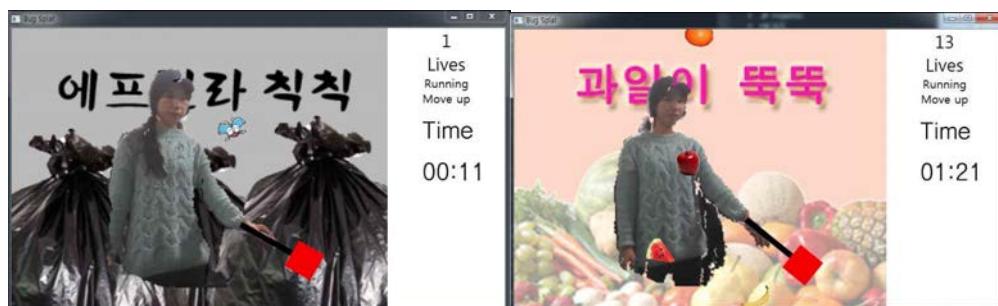


- 키넥트와 Unity3D를 이용한 체감형 3D 가상현실 재활치료 시스템 개발 연구에서는 재활 치료를 받는 환자들이 혼자 힘으로 병원에 가기 어려운 점, 그리고 재활치료 도구가 고가인 점에 착안하여 편마비 환자들을 위해 이 시스템을 개발했다고 함 [6].

- 키넥트를 이용하여 편마비 환자들의 움직임을 캐치하고 그를 기반으로 Unity3D로 제작된 체감형 가상현실 속에서는 재활치료 중에서도 ‘작업치료’를 중점적으로 하여 작업치료의 특성에 맞게 실제 생활에 쓰이는 동작 위주로 치료가 진행됨.
- 재활치료, 그 중에서도 ‘작업치료’의 목적에 적합하도록 현직 작업치료사와의 상의를 통해 선정된 실생활에 관련된 컨텐츠가 구현되었음.
- 게임 구성은 ‘카드 게임’, ‘상자 옮기기 게임’, ‘창 닦기 게임’으로 구성됨. 카드 게임은 팔과 어깨의 움직임을 사용해 숫자를 순서대로 맞추면서 인지치료와 운동 재활치료에 도움을 줄 수 있도록 하였음.
- 상자 옮기기 게임은 상자에 적힌 숫자대로 순서를 맞춰 위치에 맞게 옮기며 어깨 및 팔 부위의 치료 및 인지향상에 도움이 될 수 있도록 하였음. 창 닦기 게임은 인지 치료를 배제하고 팔 운동을 집중적으로 수행하는 컨텐츠임.



- 키넥트의 동작 인식기능을 활용한 유아 기능성 게임은 유아들에게 부족한 신체적 활동성, 교육성을 포괄적으로 제공해 신체발달과 두뇌개발을 유도하는 것을 목표로 고안된 것임[5].
- 게임은 Kinect1.0과 XNA game을 이용해 개발되었으며, 시간 맞추기 게임과 부가 게임으로 나뉘는데, 부가게임은 ‘에프킬라 칙칙’, ‘과일이 뚝뚝’로 구성되어 있음. 게임을 시작하면 ‘시간 맞추기’ 게임을 먼저 플레이 분침과 시침을 맞춰 현재 시간 지정해줌.
- 부가 게임에선 사용자의 오른손을 인식해 그래픽상으로 구현된 망치가 부착되며, 이 망치를 이용해 사용자는 게임을 플레이를 하는데, 이 방식의 장점은 다른 물체가 키넥트에 인식되어도 게임 진행에 어려움이 없었다는 점.
- ‘과일이 뚝뚝’ 게임에선 4가지의 과일 중 한 가지를 몇 개 잡으라는 문제가 나오고 사용자는 정답에 맞게 오른손의 망치로 과일을 잡아야 함. ‘에프킬라 칙칙’에서는 망치로 움직이는 파리를 잡는 형식의 게임플레이를 함.

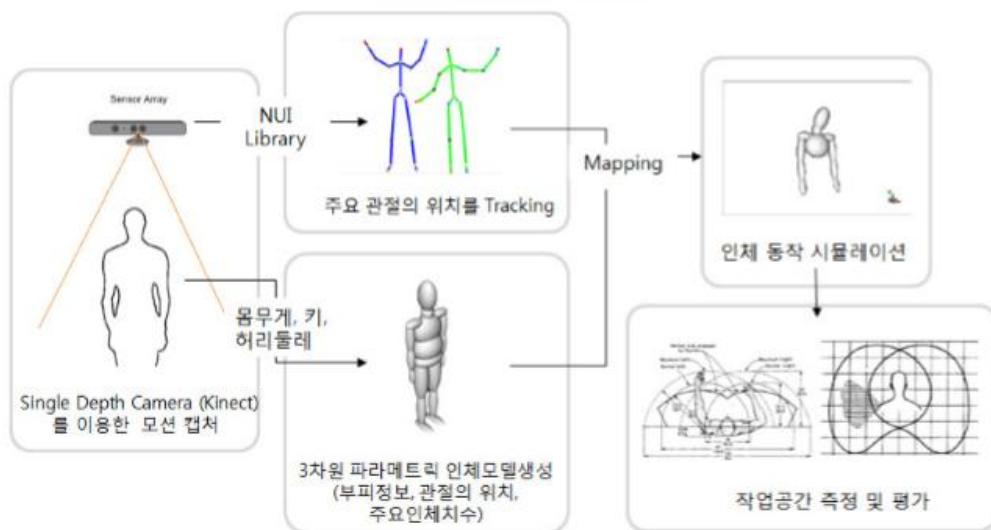


제2절 | 연구개발결과 파급효과

1 기술개발 파급효과

가. 비전기반 운동동작 인식 기술 개발

- 기존 키넥트를 이용한 자세인식 기능을 포함하는 시스템은 사용자의 전면만을 촬영하기 때문에 다른 방면에 대한 자세는 사용자의 움직임을 잊어버리거나 인식 할 수 없는 한계점을 가짐
- 기존 한계점을 극복하기 위해서 사용자의 자세인식을 다수의 키넥트를 이용하는 다중 키넥트 시스템을 대안으로 둘 수 있는데 각 키넥트에서 촬영한 사용자의 관절 데이터를 받아 데이터 통신을 이용하여 취합하여 자세를 판별하는 시스템을 일컬음
- 다중 키넥트를 이용한 자세인식 기능을 이용하면 회전하는 자세와 같이 기준에 측정하기 힘들었던 움직임을 감지 할 수 있음
- 모든 단일 키넥트를 사용하는 가상현실 콘텐츠들을 항상 자세를 전면에서만 취했지만 다중 키넥트 자세인식 모듈을 이용하면 다방면 움직임을 시스템에서 인식 할 수 있으므로 여러 방면의 자유로운 콘텐츠 확장이 가능해짐



나. 균형자세 인식 기술 개발

- 기존 균형자세 판별을 위해서는 특정 계측장비를 이용하여 정적인 데이터를 추출하여 통계학에 근거한 결과를 이용하여 정자세에 대한 threshold를 정의하여 판별하는 방식을 사용하였음
 - 기계학습기반의 특징점을 이용한 자세판별 알고리즘을 이용하면 동적 데이터를 판별 할 수 있음
 - 관련 연구들을 살펴보면 특정 사용자 군집마다 다를 수도 있는 threshold 대신 특징점 기반의 기계학습 알고리즘을 이용하면 군집별 차이에 대해 유연하게 대응 할 수 있을 것임
 - 자동화 시스템으로 구축하여 특징점을 학습시키고 최적의 자세를 찾을 수 있으며 최적의 학습을 통해 동적인 사용자의 하체 자세 및 움직임도 판별 할 수 있을 것이고 이는 콘텐츠 확장으로 이어질 수 있음
 - 측정을 위한 계측장비 대신 상대적으로 저렴한 발란스 보드를 이용하여 압력중심점을 획득하게 된다면 비용절감을 할 수 있음
 - 데이터 모델을 보유함으로써 연구 및 개발 결과의 공유, 추가, 수정가 상대적으로 간편 하므로 데이터셋에 대한 보존형태가 용이해지며 계속적인 데이터의 추가 확장에 따라서 빅데이터로 확장되어 여러 연구개발에서 사용 될 수 있을 것임

제3장 기술개발 내용, 방법 및 결과

제1절 | 기술개발내용

1 Natural User Interface 기술개발

가. 비전기반 운동 동작 인식 기술 개발

(1) 개발목적

- 스웨어매트와 공간센서 기반 3차원 카메라를 통해 사용자의 균형과 자세 정보를 실시간으로 인식하는 비전 기반의 Natural User Interface 기술 개발 및 인식된 NUI 데이터를 활용하여 실시간 사용자의 운동 상태를 평가하는 기술 개발

(2) 개발개요

- 사용자마다 다른 체형에 따른 보정이 필요 없도록 일반화된 운동 동작 자세 인식 모델 (Kinect-based Exercise Pose Recognition Model)을 구성함
- 사용자가 앞뒤로 걷기를 하면서 운동 동작을 할 때, 사용자의 운동 동작 상태를 판단하기 위해 운동 자세 인식을 위한 특징점을 생성함.
- 전문가에 의해서 개발된 운동 동작 프로그램은 스크립트로 제작하여 실제 사용자가 취한 운동 동작(걷기 및 팔 다리 운동 동작 자세)과의 비교 분석함.
- 좀 더 복잡하고 다양한 운동 자세를 추정하기 위하여 다수의 키넥트 입력 장치를 통합하여 사용함

(3) 개발내용요약

연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	세부연구개발내용
Natural User Interface 기술개발	○ 비전 기반 운동 동작 인식 기술 개발 (자세모니터링)		<ul style="list-style-type: none">○ 센서기반 카메라 동작인식 모듈 개발○ 사용자 체형 보정 모듈 개발○ 사용자 인지 및 운동 상태 데이터 습득 모듈 개발○ 전문가에 의해서 개발된 운동 동작 프로그램을 스크립트 제작○ 실시간 운동 동작과 스크립트 비교 연산을 위한 운동 자세 분석 모듈 개발○ 실시간 운동 동작 (자세 및 균형) 평가 알고리즘 개발

나. 햅틱 기반 스퀘어 매트 센싱 기술 개발

(1) 개발목적

- 스퀘어매트와 공간센서 기반 3차원 카메라를 통해 사용자의 균형과 자세 정보를 실시간으로 인식하는 비전 기반의 Natural User Interface 기술 개발 및 인식된 NUI 데이터를 활용하여 실시간 사용자의 운동 상태를 평가하는 기술 개발

(2) 개발개요

- 스퀘어 매트는 발로 밟을 수 있는 여려개의 평면 반응모듈과 반응모듈들을 전체적으로 제어하는 콘트롤 모듈, PC나 스마트폰과 연동할 수 있는 무선모듈로 구성함
- 스퀘어 매트는 24개의 반응모듈을 가진 장치로서 사용자는 8방향으로 발을 이용하여 반응모듈을 동작함
- 반응모듈은 LED로 반응상태를 나타내고 콘트롤 모듈에서 제어하며 콘트롤 모듈과 연결된 무선모듈을 통하여 통합 운동 게임 시스템과 연동함.
- 컨트롤 모듈은 전체 시스템을 제어하는 부분으로서 로드셀의 ADC신호를 실시간으로 감시하고 필요한 데이터들을 시리얼 포트를 통하여 무선모듈에 전달
- 무선모듈은 블루투스 방식을 사용하며 콘트롤 모듈과 통합 운동게임시스템과 연동하여 반응장치로부터 감지되는 사용자와의 인터페이스 정보를 전송함
- 밸런스보드를 이용하여 사용자의 압력중심점을 연산하고 균형정도를 블루투스 연동을 통해 통합 운동 게임 시스템으로 균형정보를 전송함.
- 사용자의 균형정보를 획득하여 기계학습 기법을 활용하여 균형 점수화 기능을 구현함

(3) 개발내용요약

연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	세부연구개발내용
Natural User Interface 기술개발	<ul style="list-style-type: none">햅틱 기반 스퀘어 매트 센싱 기술 개발 (균형감각 모니터링)		<ul style="list-style-type: none">사용자의 균형감각 및 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 햅틱 중심(haptic-centered) 스퀘어 매트 센싱 기술 개발사용자의 균형감각 및 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 햅틱 중심(haptic-centered) 스퀘어 매트 데이터 전송 기술 개발

다. Natural User Interface 기술 통합 및 실시간 데이터 모니터링, 데이터 서버 및 통신 기술 개발

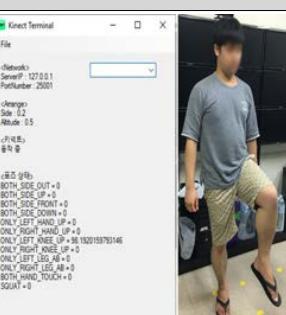
(1) 개발목적

- 스퀘어매트와 공간센서 기반 3차원 카메라를 통해 사용자의 균형과 자세 정보를 실시간으로 인식하는 비전 기반의 Natural User Interface 기술 개발 및 인식된 NUI 데이터를 활용하여 실시간 사용자의 운동 상태를 평가하는 기술 개발

(2) 개발개요

- 운동 동작에 대한 데이터를 한 가지 데이터 포맷으로 저장하여 자세의 추가 삭제 변경을 관리하기 할 수 있는 기술 개발
- 클라이언트인 Unity3D와 안드로이드 하이브리드 어플리케이션의 중간에서 데이터를 DB에 기록 할 수 있도록 스프링 프레임워크로 구성된 웹서버
- XML형태로 자세 운동 정보에 대한 데이터를 정의하여 저장하여 멀티 키넥트 자세 인식 모듈 구축을 위한 데이터로 사용하였음
- 시각화 모듈을 이용하여 웹 서버내 저장된 데이터를 시각화하여 사용자에게 돌려 줄 수 있음
- 사용자의 운동기록 데이터를 웹 서버내에 저장하여 차후 사용자 군집에 관한 빅데이터 모델을 구축 및 새로운 정보 획득 가능

(3) 개발내용요약

연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	세부연구개발내용
Natural User Interface 기술개발	<ul style="list-style-type: none"> Natural User Interface 기술 통합 및 실시간 데이터 모니터링, 데이터 서버 및 통신 기술 개발 	 <pre> <프로필> BOTH_SIDE_OUT=0 BOTH_SIDE_UP=0 BOTH_SIDE_FRONT=0 BOTH_SIDE_DOWN=0 ONLY_UP=0 ONLY_UP+DOWN=0 ONLY_RIGHT_HAND_UP=0 ONLY_RIGHT_HAND_UP+DOWN=0 ONLY_RIGHT_KNEE_UP=0 ONLY_RIGHT_KNEE_UP+DOWN=0 ONLY_LEFT_LEG_UP=0 ONLY_RIGHT_LEG_UP=0 BOTH_HAND_TOUCH=0 SQUAT=0 </pre>	<ul style="list-style-type: none"> 비전기반 사용자 운동 동작 원본 데이터와 판별 데이터 저장 모듈 개발 사용자 운동 관련 데이터 저장 모듈 개발 사용자 운동 데이터 내역 조회 및 기록 모듈 개발

2 고령자 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 개발 및 평가

가. 치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발

(1) 개발목적

- 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 걷기 운동 게임에 필요한 운동 전문가의 운동 프로그램 개발 및 사용자 운동 상태와 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발

(2) 개발개요

- 고령화와 함께 걷기동작에 제한이 생기며 보행은 건강상태 및 삶의 질을 평가하기 위해 사용할 수 있는 기초 요인임.
- 전방으로 걸어가는 동작으로 장요근과 대요근을 단련시키고, 제자리에서 스쿼트 동작을 실시하여 대퇴사두근 주변의 근육을 단련시킴. 또한 가장 난이도가 높은 강도에서는 비복근과 발목을 사용할 수 있는 동작도 첨가하여 종합적으로 균형감각을 유지하는데 사용되는 근육을 단련시킴.
- 걷기와 함께 상체 팔동작을 동시에 실시하는 dual task walking을 함.
- 난이도를 세분화하고 점증적으로 높여줌으로써 중도탈락을 방지하고 도전과 흥미를 유발하도록 함.
- 인체의 평형상태를 위해서는 시지각능력과 균형감각이 포함된 통합감각을 유지 또는 감소를 지연시켜야 함.
- 화면을 통하여 운동자가 걸어야 하는 스텝경로를 본 후 스스로 걷도록 함.

(3) 개발내용요약

연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	세부연구개발내용
고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 개발 및 평가	<ul style="list-style-type: none">치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발		<ul style="list-style-type: none">활력걷기균형감각 증진을 위한 걷기인지향상을 위한 걷기 - dual task인지향상을 위한 걷기-시지각

나. 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발

(1) 개발목적

- 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 걷기 운동 게임에 필요한 운동 전문가의 운동 프로그램 개발 및 사용자 운동 상태와 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발

(2) 개발개요

- 프로토타입 개술 개발 발전 단계에서 개발된 제품을 고령자를 대상으로 실시하도록 하여 제품을 평가해 봄. 치매와 관련된 인지능력 등의 여러 요소들은 걷기요소와 상관성이 높다는 선행연구결과를 근거로 임상적으로 치매로 판정받지 않은 고령자가 본 과제의 운동프로그램을 사용 평가함.
- 걷기와 관련된 속도, 이중과제수행 능력, 기억력, 시지각능력 등의 요소에 대한 향상 정도는 치매와 관련된 요인으로 ('기술개발필요성' 참조) 이에 대한 평가가 치매예방효과로 제시될 수 있음
- 운동프로그램의 실시가 인지능력에 미치는 영향을 평가하기 위하여 향후 실험연구의 참여를 희망하는 모든 피험자는 약12주 동안 주3회 본 연구과제에서 개발된 제품을 사용하여 운동을 실시함. 1회 운동실시 시간은 운동시간은 준비운동과 정리운동을 포함하여 약 50분 동안 진행함
- 운동참여 전 후의 비교 시 기간(모든 평가요소의 전,후 비교)의 차이와 요소간 (인지능력과 균형감각)의 상관성을 분석하여 운동실시가 인지능력에 미치는 영향과 인지능력과 균형감각의 관련성에 대한 관계를 분석함

(3) 개발내용-요약

연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	세부연구개발내용
고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 개발 및 평가	o 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발	<p>■ 답변 요일: 2018년 10월 27일 ■ 답변자 성명: 윤복</p> <p>귀하는 지난 2주 동안 혼령보건분야에서 4주개의 체도 훈련 위에서 걷기운동에 참여하였습니다 다음 문항에 답해주세요.</p> <p>(1) 이 운동은 평지에서 걸을 혼연증의 운동강도에 해당한다고 생각한다. <input checked="" type="checkbox"/> 절대 아니다 아니다 보통이다 그렇다 매우 그렇다</p> <p>(2) 나리를 끌고 내리는 통증과 전기를 함께하는 운동 이유기여 하체근력을 본질적 할 수 있는 운동이라 생각한다. <input checked="" type="checkbox"/> 절대 아니다 아니다 보통이다 그렇다 매우 그렇다</p> <p>(3) 2주동안 이별처럼, 무릎을 옮기고 내리는 통증을 전기와 함께 힘들기에 한 푸 더리로 균형감각을 유지할 수 있는 능력이 향상되었다고 생각한다. <input checked="" type="checkbox"/> 절대 아니다 아니다 보통이다 그렇다 매우 그렇다</p> <p>(4) 다양한 형태의 걷기운동으로 꾸준히 실행한다면, 하체의 균형과 균형능력을 향상시킬 수 있을 것이다. <input checked="" type="checkbox"/> 절대 아니다 아니다 보통이다 그렇다 매우 그렇다</p>	<p>o 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 실험 평가</p> <p>o 실험 평가 모델 기술 개발</p> <p>o 운동프로그램 인지능력 향상 평가 및 검증 모델 개발</p>

3 체험형 운동게임 통합 시스템 개발

가. 체험형 게임 렌더링 기술 개발

(1) 개발목적

- 사용자의 운동 상태와 인지 상태 모니터링 기능과 기능성 게임의 재미요소를 결합하여 실제 운동 상황에서 사용자에게 실시간 상호작용을 제공하는 체험형 운동게임 통합 시스템 개발

(2) 개발개요

- 운동부하를 고려한 체력 평가요소 및 분석 모델을 적용하여 사용자 개개인의 신체 수준과 능력에 대한 정확하고 객관적인 정보를 획득하고 시각화시켜 사용자의 자발적 운동 동기를 부여하고 능동적인 운동 프로그램 참여를 위한 균형감각 증진 및 치매예방 기능 성 콘텐츠를 개발
- 실시간으로 사용자의 모습을 표현하는 아바타 (3D 인체 모델)를 남녀 표준 신체 체형에 맞춰 제작
- 전문가에 의해 만들어진 운동 시범 동작 데이터를 활용해서 아바타 별로 3D 애니메이션 제작
- 사용자에게 가이드 해줄 수 있는 트레이너 가이드 동영상을 로드하여 사용자에게 보여주기 위한 운동프로그램 동영상 관리 모듈 개발
- 사용자가 아바타를 선택할 수 있는 것처럼 주변 가상현실 운동 환경을 선택할 수 있도록 여러 개의 가상 환경 (실내 또는 실외) 모델링 및 렌더링 모듈 개발
- 사용자의 자세에 따른 즉각적인 피드백을 줄 수 있는 시각화 모듈 개발

(3) 개발내용요약

연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	세부연구개발내용
체험형 운동게임 통합 시스템개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 체험형 운동게임 렌더링 기술 개발 		<ul style="list-style-type: none"> ○ 사용자 아바타 모델링 개발 ○ 사용자 아바타 표현 모듈개발 ○ 가상현실 운동 게임 표현 모듈 개발 ○ 운동 데이터 가시화 모듈 개발

나. 고령자 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 체험형 운동게임(Exergame) 통합 콘텐츠 시스템 개발

(1) 개발목적

- 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 걷기 운동 게임에 필요한 운동 전문가의 운동 프로그램 개발 및 사용자 운동 상태와 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발

(2) 개발개요

- 체험형 운동 게임은 대부분 시범 동작을 보여주고, 사용자의 동작을 감지해서 맞고 틀림에 대해서 피드백을 주는 형태로 진행
- 운동프로그램 시스템 구성은 스마트 매트, 사용자의 자세 인식 모듈, 통합 운동게임으로 구성이 됨. 스마트 매트 시스템은 사용자의 스텝의 정보를 인식함. 사용자의 자세 인식 모듈은 균형감각 증진 및 치매예방 운동프로그램을 직접 수행하는 사용자의 자세를 인식함. 통합 운동게임 시스템은 스마트 매트 시스템으로부터 스텝 모니터링 정보와 사용자의 운동 자세 데이터를 받아 사용자의 자세를 표현해주는 사용자의 아바타와 운동 트레이너의 운동자세를 판별해주는 기능을 함.
- 사용자가 스마트폰 앱을 실행하여 운동프로그램 시작 버튼을 누르면 스마트폰과 운동프로그램이 서로 소켓통신 하여 운동프로그램이 실행
- 운동프로그램의 카테고리를 스마트 매트의 맨 뒤의 4개의 발판을 밟아 카테고리를 선택 할 수 있음.
- 운동프로그램 사용자의 운동 결과 히스토리를 네트워크를 통해 데이터베이스에 저장하여 사용자의 데이터를 저장하기 위한 서버 구축

(3) 개발내용요약

연구개발 목표	연구개발 내용	가시적 결과물	세부연구개발내용
체험형 운동게임 통합 시스템개발	<ul style="list-style-type: none"> 고령자 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 체험형 운동게임(Exergame) 통합 콘텐츠 시스템 개발 		<ul style="list-style-type: none"> 체험형 운동 게임 기획서 제작 체험형 운동 게임 시스템 구성도 제작 체험형 운동게임 기술 통합 프로토타입 개발

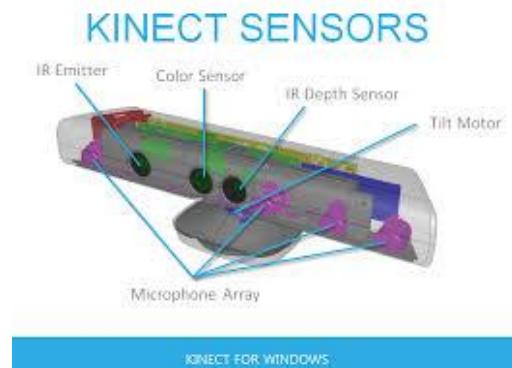
제2절 | 이론적 및 실험적 접근방법

1 Natural User Interface 기술개발

가. 비전기반 운동 동작 인식 기술 개발

(1) 이론적 배경

- 키넥트 센서는 RGB 센서와 IR 센서를 이용함. RGB 센서는 칼라(Color) 영상을 얻어서 2차원적인 인식이 가능하며, IR센서를 이용해서 송출되는 적외선의 패턴을 이용하여 깊이 정보를 획득함. RGB 센서와 IR센서만을 이용해 다른 컨트롤러 없이 쉽게 사용 가능하다는 점에서 동작인식을 필요로 하는 곳에서 많이 사용됨.



- 키넥트2 깊이 정보 추출 원리는 적외선 카메라의 중심점을 원점으로 하여 객체를 3차원으로 표시함. Z축은 영상 영역에 수직이고 X축은 Z축에 대하여 수직이며, 카메라에서 레이저 프로젝터로 향하는 방향임. Y축은 Z축과 X축에 대하여 수직임.



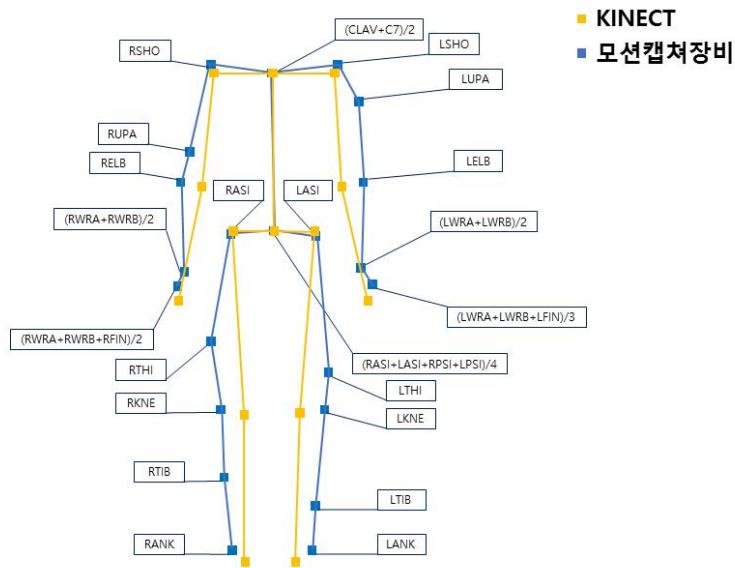
- 키넥트 센서에서 Depth 센서는 핵심 기능임. 깊이 정보는 적외선 반사로 거리를 측정하여 사용자의 거리 정보를 인식 할 수 있게 함. 이 정보를 실시간(초당 30프레임)으로 실시간 매핑이 가능함. 그리고 Kinect SDK에서 제공하는 Skeleton(골격)은 인체의 주요 관절 20개에 대한 위치 데이터를 제공해주며 해당 관절 포인트를 이용해 골격에 해당하는 신체부위의 정보를 쉽게 얻어낼 수 있음. Kinect 2.0 SDK에서는 관절을 더 정확히 인식하기 위해 5개의 관절 데이터를 더 제공함. 키넥트 센서는 Kinect에는 소리로 음성의 위치를 파악하고 주변소음을 분리해낼 수 있는 음성인식 기능이 내장되어 있음.

(2) 실험적 접근방법

- 운동 자세 인식을 위한 키넥트와 모션 캡쳐 데이터 비교 및 분석
 - 실험 목적 – 키넥트 환경의 동작 인식 정확도 분석을 위하여 각각의 운동 자세에 대하여 적외선을 이용한 모션캡쳐 장비 데이터와 두 대의 키넥트 장비의 데이터를 비교함. 운동 전문가를 초빙하여 두 장비를 설치한 환경에서 실험을 진행하여 두 기기 간의 데이터를 비교 분석 함.
 - 실험 환경 – 맥북과 맥북 프로 15 노트북에 각각 연결된 두 대의 키넥트 장비와 키넥트 기반의 운동 자세 인식 모델 프로그램과 10대의 카메라로 구성된 Motion Capture Camera(MX-T series, Vicon, UK)과 전용 소프트웨어 Vicon nexus 1.8.5와 삼성 Sens Q35 컴퓨터 시스템으로 이루어진 모션 캡쳐 장비로 실험을 수행함.
 - 실험 환경 – 모션 캡쳐 장비의 동작 인식은 실험 시 부착하게 되는 마커를 통하여 이루어지며 이 마커의 위치는 모션 캡쳐 장비에 따라서 미리 정해져 있음. 또한 아래의 그림과 같이 마커는 부착한 피부의 표면에서 1~2 cm정도 거리가 있으므로, 부착하게 되는 마커로부터 키넥트의 관절 포인트와 유사하게 특징 핵(Feature points)을 추출하기 위하여 임의의 포인트를 지정해야 함.



- 실험 분석 – 아래의 그림은 한 신체에 대한 키넥트 센서와 모션캡쳐 장비 간의 관절 포인트 위치의 차이를 보여줌. 키넥트는 관절 중심을 포인트로 잡는 것에 반하여 모션 캡쳐 장비는 몸에 부착된 마커를 통하여 포인트를 잡기에 생기는 차이를 줄이고자 필요한 경우 마커들의 중점을 관절 포인트로 잡기도 함.



Difference of kinect-Motion capture camera joint

- 실험 분석 – 아래의 표는 키넥트 센서의 골격과 모션 캡쳐 장비의 마커 간의 차이를 최소화하는 방향으로 각 특징 점(Feature points)에 대하여 모션 캡쳐 장비의 마커 위치를 기반으로 계산하는 것을 보여줌.

25 Features by motion capture camera

Symbol	Feature	Description
ELA	$\theta_{LELB-LUPA,MID(LWRA+LWRB)-LELB}$	왼쪽 팔꿈치 각도
ERA	$\theta_{RELB-RUPA,MID(RWRA+RWRB)-RELB}$	오른쪽 팔꿈치 각도
SLA	$\theta_{LSHO-RSHO,MID(LWRA,LWRB)-LSHO}$	왼쪽 어깨 각도
SRA	$\theta_{RSHO-LSHO,MID(RWRA,RWRB)-RSHO}$	오른쪽 어깨 각도
ULA	$\theta_{MID(LWRA,LWRB)-LSHO,UP}$	왼팔 위각도
URA	$\theta_{MID(RWRA,RWRB)-RSHO,UP}$	오른팔 위각도
DLA	$\theta_{MID(LWRA,LWRB)-LSHO,DOWN}$	왼팔 아래각도
DRA	$\theta_{MID(RWRA,RWRB)-RSHO,DOWN}$	오른팔 아래각도
FLA	$\theta_{MID(LWRA,LWRB)-LSHO,FORWARD}$	왼팔 앞각도
FRA	$\theta_{MID(RWRA,RWRB)-RSHO,FORWARD}$	오른팔 앞각도
KLA	$\theta_{LKNE-LTHI,LTIB-LKNE}$	왼무릎 각도
KRA	$\theta_{RKNE-RTHI,RTIB-RKNE}$	오른무릎 각도
KLA90	$90 - \theta_{LKNE-LTHI,LTIB-LKNE}$	왼무릎 직각각도
KRA90	$90 - \theta_{RKNE-RTHI,RTIB-RKNE}$	오른무릎 직각각도

LLA	$\theta_{DOWN,LANK-LASI}$	왼다리 아래각도
LRA	$\theta_{RANK-RASI,DOWN}$	오른다리 아래각도
LLA45	$45 - \theta_{DOWN,LANK-LASI}$	왼다리 45각도
LRA45	$45 - \theta_{RANK-RASI,DOWN}$	오른다리 45각도
SSA	$\theta_{MID(C7,CLAV)-MID(MID(RASI,LASI),MID(LPSI,RPSI))}$	척추 직립각도
THLA90	$90 - \theta_{LNKE-LASI,DOWN}$	왼허벅지 직각각도
THRA90	$90 - \theta_{RNKE-RASI,DOWN}$	오른허벅지 직각각도
SHLA90	$90 - \theta_{LANK-LKNE,DOWN}$	왼정강이 직각각도
SHRA90	$90 - \theta_{RANK-RKNE,DOWN}$	오른정강이 직각각도
HD	$\Delta_{RANK-LANK}$	양쪽 손목 거리
AD	$\Delta_{MID(RWRA,RWRB,RFIN)-MID(LWRA,LWRB,LFIN)}$	양쪽 발목 거리

- 운동 자세 인식을 시스템 평가

- 1차 실험 목적 – 키넥트 기반의 운동 동작 자세 인식 모델링의 성능을 평가하기 위해, 1대의 키넥트를 사용하여 피험자를 대상으로 실험을 진행하고 실험 결과를 분석함.
- 1차 실험 환경 – 실험 환경으로 하드웨어는 팬티엄 4 쿼드 코어 i5-3550 3.7 GHz CPU, 16 GB RAM, GeForce GTX 460 그래픽 카드, Windows 10 운영체제를 가진 컴퓨터와 키넥트 2.0 센서를 사용함. 키넥트 기반의 운동 동작 자세인식 알고리즘은 C# 언어를 사용하여 일반 Window Forms 프로그램과 Unity 3D 게임 구현에 사용 가능하도록 모듈로 구현함.
- 1차 실험 방법 – 20대 4명, 40대 3명, 70대 3명이 실험에 참여함. 실험 참여자들은 12가지 운동 자세(BOTH_SIDE_DOWN, BOTH_SIDE_UP, BOTH_SIDE_OUT, BOTH_SIDE_FRONT, RIGHT_HAND_UP, LEFT_HAND_UP, RIGHT_KNEE_UP, LEFT_KNEE_UP, RIGHT_LEG_AB, LEFT_LEG_AB, BOTH_HAND_CLOSE, SQUAT)를 취함. 그리고 같은 운동 동작 자세에 대해서 키넥트 센서로 부터 2.65 미터 떨어진 곳에서부터 0.3 미터씩 앞으로 5번 위치 이동을 하면서 자세를 취함. 피험자는 실험 이전에 자세에 대한 훈련 없이 실험에 임하였으며, 피험자마다 5번씩 12가지 동일한 자세를 5번의 위치 이동을 하면서 반복하여 자세 일치율을 계산한 값을 저장함. 운동 자세는 BOTH_SIDE_DOWN에서부터 SQUAT 자세까지 일괄적으로 진행함.



◦ 운동 자세 인식을 시스템 평가 (멀티키넥트 실험)

- 2차 실험 목적 - 멀티 키넥트 기반의 운동 동작 자세 인식 모델링의 성능을 평가하기 위해, 2대의 키넥트를 사용하여 피험자 3명을 대상으로 실험을 진행하고 실험 결과를 분석 함.
- 2차 실험 환경 - 실험 환경으로 서버쪽 하드웨어는 팬티엄 4 쿼드 코어 i5-3550 3.7 GHz CPU, 16 GB RAM, GeForce GTX 460 그래픽 카드, Windows 10 운영체제를 가진 컴퓨터와 키넥트 2.0 센서를 정면에 설치하여 사용함. 클라이언트쪽 하드웨어는 팬티엄 쿼드 코어 i5-750 2.67 GHz CPU, 16 GB RAM, GeForce GTX 460 그래픽 카드, Windows 10 운영체제를 가진 컴퓨터와 키넥트 2.0 센서를 측면에 설치하여 사용함.
- 2차 실험 방법 - 20대 3명이 실험에 참여함. 실험 참여자들은 16가지 운동 자세 (BOTH_SIDE_DOWN, BOTH_SIDE_UP, BOTH_SIDE_OUT, BOTH_SIDE_FRONT, RIGHT_HAND_UP, LEFT_HAND_UP, RIGHT_KNEE_UP, LEFT_KNEE_UP, RIGHT_KNEE_CURL, LEFT_KNEE_CURL, RIGHT_LEG_AB, LEFT_LEG_AB, BOTH_HAND_CLOSE, SQUAT, RIGHT_LUNGE, LEFT_LUNGE)를 취함. 그리고 같은 운동 동작 자세에 대해서 키넥트 센서로부터 3미터 떨어진 곳에서부터 0.3 미터씩 앞으로 5번 위치 이동을 하면서 약 1~2초간 자세를 취함. 피험자는 실험 이전에 자세에 대한 훈련 없이 실험에 임하였으며, 피험자마다 16가지 동일한 자세를 5번의 위치 이동을 하면서 반복하여 자세 일치율 계산 값을 저장함.



(3) 연구개발내용

- 센서기반 카메라 동작인식 모듈 개발
- 사용자 체형 보정 모듈 개발
- 사용자 인지 및 운동 상태 데이터 습득 모듈 개발
- 전문가에 의해서 개발된 운동 동작 프로그램을 스크립트 제작
- 실시간 운동 동작과 스크립트 비교 연산을 위한 운동 자세 분석 모듈 개발
- 실시간 운동 동작 (자세 및 균형) 평가 알고리즘 개발

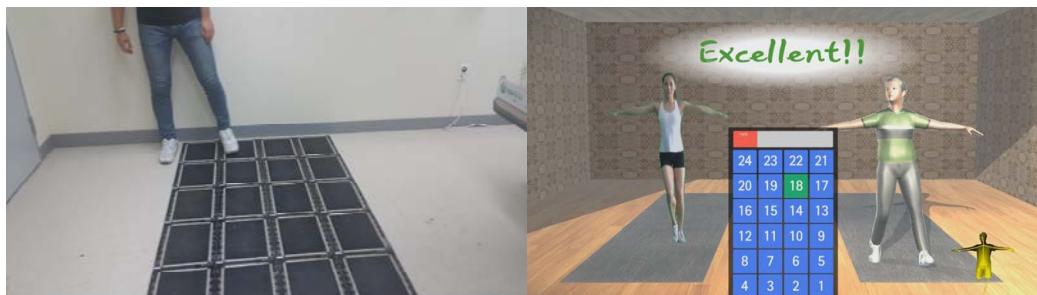
나. 햅틱 기반 스퀘어 매트 센싱 기술 개발

(1) 이론적 배경

- 감각기(vestibular system, vision, somatosensory system), 중추신경계(CNS), 및 근골격계의 기능 저하가 자세균형능력의 저하를 유발하고, 낙상으로 이어질 수 있는데 고령자 인구가 증가함에 따라 이 연령층에서의 균형 능력을 향상시키는 훈련 시스템들이 개발되어 왔음
- Wii Balance Board는 일본에서 닌텐도가 개발한 하드웨어임. 대한민국에서는 2008년 12월 6일에 발매되어 오래된 디바이스지만 사용자의 무게를 얻는 밸런스 센서를 Top-Left, Bottom-Left, Top-Right, Bottom-Right에 존재하여 본 연구에서 사용하기 알맞은 디바이스로 판단되며 주로 체험형 게임을 구성하는 곳에서 많이 사용됨.

(2) 실험적 접근방법

- 스퀘어 매트는 발로 밟을 수 있는 여려개의 평면 반응모듈과 반응모듈들을 전체적으로 제어하는 콘트롤 모듈, PC나 스마트폰과 연동할 수 있는 무선모듈로 구성함
- 스퀘어 매트는 24개의 반응모듈을 가진 장치로서 사용자는 8방향으로 발을 이용하여 반응모듈을 동작함



- 균형감각 측정을 위한 밸런스보드
 - Wii Balance Board는 블루투스 Human Interface Device Profile을 이용하는 H/W이므로 블루투스 연결하는 인터페이스를 수립하고 정의한다음 데이터를 받을 수 있음
 - 닌텐도에서 제작한 WiiMote Protocol을 이용하여야 원하는 데이터를 정확하게 수신할 수 있음.



- 정확하게 수신된 데이터를 아래 공식을 이용하여 압력중심점(Center of Pressure)을 연산 할 수 있음

$$CoP_x = \frac{X}{2} \frac{(TR - BR) - (TL + BL)}{TR + BR + TL + BL}, \quad CoP_y = \frac{Y}{2} \frac{(TR + TL) - (BR + BL)}{TR + BR + TL + BL}$$

- Wii Balance Board에서 수신한 데이터를 300프레임을 저장하여 계속적으로 Classifier를 빌드하고 Prediction을 하는 것은 처리지연이 발생 할 수 있음. 현재 시스템은 서버와 클라이언트와 서버가 같은 로컬에서 동작함. 그러나 이식성을 고려하여 스마트폰 어플리케이션의 REST API에서 전송받아 서버에서 처리하도록 구현하였음. C# Sciprt에서 구성되어있는 HTTP 프로토콜에서 이용할 수 있도록 WWWForm 객체를 이용하여 Serialized 된 데이터를 변환하여 WAS로 전송함. 다시 객체로 변환하여 미리 Web Server내부에 저장되어있는 Train Data와 비교하여 머신러닝 알고리즘에 의거하여 사용자의 균형감각을 판별함.

(3) 연구개발내용

- 사용자의 균형감각 및 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 스웨어 매트 센싱 기술 개발
- 사용자의 균형감각 및 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 스웨어 매트 데이터 전송 기술 개발

2 고령자 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 개발 및 평가

가. 치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발

(1) 이론적 배경

◦ 운동으로 뇌 활성화시켜 치매 예방

- 규칙적이고 지속적인 운동은 신경가소성과 신경세포 생성의 증가를 일으켜서 기억력, 인지능력의 저하를 늦출 수 있는 것으로 보고되었음(Radak et al., 2006). 특히 트레드 밀을 사용하여 하체운동을 하는 경우에는 뇌신경의 세포생성 뿐만 아니라 세포가 사멸하는 것을 감소시킬 수 있는 효과가 있음(Erickson et al., 2009; Voss et al., 2013).
- 운동의 유형 중 유산소운동을 실시한 결과로 뇌의 저체 용적과 대뇌피질의 가소성을 증가시켰으며(Colcombe et al., 2006) 인지기능도 향상시킨 긍정적 효과가 나타난 것으로 보고되었음 (Hotting & Roder, 2013; Kramer and Erickson., 2007).

◦ 뇌신경, 치매, 운동 간의 관계

- 운동은 이처럼 신경세포, 기억, 인지기능의 향상 등 뇌의 구조적 기능적 개선에 긍정적인 영향을 미치며, 이러한 과정은 뇌혈관 및 신경조직 개선에 의해 나타나는 신경가소성(Neuroplasticity)에 의해 설명할 수 있음(Cotman et al., 2007). 운동에 의해 일어나는 뇌신경가소성의 변화는 BDNF, VEGF 인자와 같은 성장인자들의 상호작용에 의해 일어날 수 있음

◦ 규칙적이고 지속적 운동실천과 신경가소성

- 연령이 높아갈수록 뇌의 신경이 사멸하고 뇌의 중량도 감소하는 것은 자연스러운 현상임. 이런 생리적인 변화의 정도는 치매발생과 관련이 있음. 뇌의 신경세포는 활발하게 작동되는 것에 따라 기억력이나 판단력과 같은 작업을 수행할 수 있음
- 이를 관할하는 것은 해마에 존재하는 BDNF(Brain Derived Neurotrophic Factor, 신경 영양인자)로 이는 신경세포를 만들거나 성장, 유지, 회복에 관여하여 기억, 학습 등의 인지기능에 많은 관여를 하는 후각뇌피질에서 평생 동안 만들어지는 단백질이다. 노인성 치매환자는 이 단백질이 줄어드는 특징이 있음
- BDNF는 운동을 하지 않을 때 더 이상 방출되지 않고 결국 뇌세포를 죽게 함. 반면에 운동은 BDNF를 증가시킬 수 있으며, 고강도의 운동이 아닌 중강도의 운동을 실천하는 경우에도 뇌세포 사멸을 방지하고 새로운 뇌세포 생성을 시킬 수 있는 것으로 알려져 있음(Loprinzi et al., 2013).
- VEGF(Vascular endothelial Growth Factor, 혈관내피세포증식인자)는 새로운 혈관의 생성이나 성장촉진, 혈관의 보수 그리고 뇌 안의 혈관생성이나 성장촉진도 관여하여 운동에 의한 혈관조직형성에 중요한 역할을 담당함. VEGF는 운동과 같은 자극에 의해 해

마, 골격근, 폐에서 발현이 증가하며 혈액을 통해 이동한 후, 뇌혈관장벽을 투과하여 뇌 신경체계로 유입됨. 운동을 하는 경우 VEGF가 생성될 수 있고 결과적으로 혈액순환을 촉진시켜 뇌에 더 많은 산소를 보낼 수 있음 VEGF는 고강도가 아닌 중강도의 운동실천을 통해서도 증식될 수 있음 (Ratey & Loehr., 2011).

◦ 운동이 뇌를 발달시킴

- 뇌는 운동을 하면서 몸을 움직일 때의 동작에 대한 명령을 내림. 즉 뇌로 부터의 명령이 없다면 몸이 아무리 잘 단련이 되어있는 경우에도 움직임이 없게 됨. 이처럼 뇌, 운동, 근육은 상호관계가 있음. 운동을 하면 호흡순환이나 대사를 담당하는 뇌간 또는 시상하부 또는 인지기능을 관할하는 해마나 전두엽부분의 흥분도 일어나게 됨. 해마는 기억이나 학습을 관여하고 자율신경 등 전신을 조정하는 역할을 함. 그리고 전두엽 부분은 판단력이나 집중력에 관련됨.
- 운동은 뇌에 자극을 주어 해마와 전두엽부분에 자극을 줌. 이와 같은 효과는 동물과 사람을 대상으로 저·중강도 유산소 운동 (Ruscheweyh et al, 2011) 또는 고강도 인터벌 트레이닝을 통해서도 입증된 바 있음(Tang et al, 2010).

◦ 걷기운동과 치매예방 간의 관계

- 걷기는 뇌의 제어(motor), 인지(cognition), 지각(perception), 과정 통합을 포함한 복합적인 과정임(Scherder et al, 2007). 인지란 정보를 획득, 판단, 구별, 활용하는 과정으로 주의, 학습, 기억, 추리, 언어 개념 등이 포함됨. 또한 지각이란 외부 자극에 의해 사물을 알아보는 과정으로 이를 능력은 노화와 함께 감소하는 경향을 나타내며, 치매와 매우 높은 상관이 있음.
- 걷기능력은 건강한 고령자의 기능적 능력의 하락이 시작됨을 예측할 수 있는 유용한 예측요인으로 알려져 있음(Makizako et al, 2015). 특히 늦은 걷기 속도는 건강한 고령자의 경우에도 인지능력 손상과 치매(Makizako et al, 2015; Abellan et al, 2012)를 비침습적인 방법으로 예측 할 수 있는 신뢰성 있는 요인임(Mielke et al, 2013).
- 경도의 인지장애가 있는 고령자는 이중과제를 수행하면서 걷기(dual task walking, DTW)를 하는 경우 걷기 속도가 확연하게 낮았고(Al-Yahya et al, 2011) 이는 실행기능(executive function)과 관련이 있는 것으로 보고되었음(Hausdorff et al, 2008). 그리고 주의력의 감소와 기억력은 걷기속도를 늦추는데 부정적인 영향을 미치는 요인이며 (Holtzer et al, 2012; Watson et al, 2010) 시각적 기억력은 일상적인 걷기와 이중과제를 수행하면서 걷는 걷기(DTW)와 관련이 있는 것으로 나타났음(Takehiko et al, 2014).

(2) 실험적 접근방법

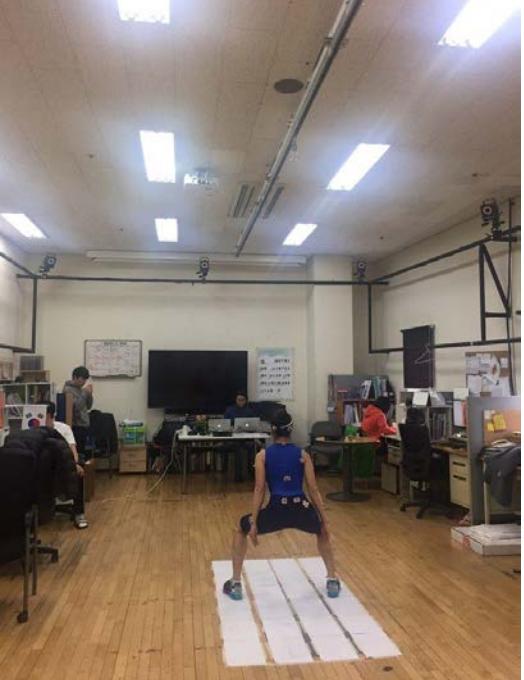
- 운동프로그램 표준 자세 및 동작의 모델링 촬영: 1차

일시	2016년 4월 26일
장소	상명대학교 서울 캠퍼스 웰니스짐
참여자	- 강서정 (공동연구자, 서울 상명대학교), 임제원 (공동연구자, 세이정보기술), 이정석 (연구보조원), 임세영 (전문가초빙), 남혜리 (연구보조생)
목적	- 전문가의 표준 동작을 운동프로그램 실시자(프로그램 사용자)에게 알려주기 위한 동작 촬영
참고	 

○ 운동프로그램 표준 자세 및 동작의 모델링 촬영: 2차

일시	2016년 7월 29일
장소	상명대학교 서울 캠퍼스 체육관 1층 체력단련실
참여자	- 강서정 (공동연구자, 서울 상명대학교), 이정석 (연구보조원), 임세영 (전문가초빙), 남혜리 (연구보조생), 서덕희 (연구보조생), 연구보조생 (단국대학교)
목적	- 1차 촬영시 녹화한 내용이 개발 프로그램에 충분히 반영되지 못함 - 전문가의 표준 동작을 운동프로그램 실시자(프로그램 사용자)에게 알려주기 위한 동작 촬영
참조사진	   

◦ 키넥트를 사용한 운동프로그램 표준 자세 및 동작분석

일시	2016년 12월 19일
장소	국민대학교 운동역학실
참여자	- 강서정 (공동연구자, 서울 상명대학교), 박경신 (공동연구자, 단국대학교), 이정석 (연구보조원), 임세영 (전문가초빙), 연구보조원(단국대학교)
목적	- 전문가의 표준 동작을 개발하는 운동프로그램 시스템이 잘 인식하고 표현해 줄 수 있는가에 대한 검증 - marker 기반의 동작분석기와 kinect 간 비교 검증
참고	 

(3) 연구개발내용

운동프로그램 종류	운동 목적	프로그램 및 나이도 구성
활력걷기	<ul style="list-style-type: none"> - 체력 향상 - 유산소능력 증진 - 체간유지능력 향상 - 보행능력 향상 	<ul style="list-style-type: none"> - 초급, 중급, 고급으로 나이도 분류 - 각 급마다 5종류의 프로그램 분류
균형감각증진을 위한 걷기	<ul style="list-style-type: none"> - 근력 및 근지구력 향상 - 보행에 관여되는 근육 운동 - 하체 관절 운동 	<ul style="list-style-type: none"> - 각 프로그램마다 1,2,3단계로 나이도 분류 - 4×6의 발판으로 매트를 구성 한다
인지향상을 위한 걷기 - dual task	<ul style="list-style-type: none"> - 상하체 복수과제를 실행하면서 뇌 활성도균형 증진 유도 	
인지향상을 위한 걷기 - 시지각	<ul style="list-style-type: none"> - 시지각을 통한 암기능력 증진 유도 - 시지각, 기억력, 신체활동의 요인들을 모두 통합하여 스텝운동을 하여 인지능력 향상 유도 - 상하체 복수과제를 실행하면서 뇌 활성도 증진 유도 	<ul style="list-style-type: none"> - 5개의 프로그램 - 각 프로그램 마다 1,2,3 단계로 나이도 구성

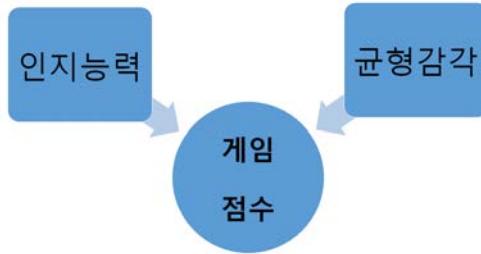
나. 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발

(1) 이론적 배경

- 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 걷기 운동 게임에 필요한 운동 전문가의 운동 프로그램 개발 및 사용자 운동 상태와 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발

(2) 실험적 접근방법

- 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 실험 평가
 - 운동자가 각 프로그램을 시작하는 자세에서 카메라는 운동자의 신장, 어깨높이, 고관절, 무릎, 발목의 위치를 인식하여 측정하게 됨. 이러한 측정값을 기준하여 각 운동프로그램을 실시할 때 운동자의 무릎 굽히기, 발꿈치 들기, 팔 굽히기, 팔 올리기와 펴기 등이 어느 정도인지 측정하게 됨.
 - 운동자 반복적으로 장기간 동안 운동을 실시하면서 과거에 저장된 데이터가 누적 비교되면서 운동동작의 완성도가 어느 정도인지 평가할 수 있게 됨. 운동동작의 완성도는 곧 운동효과에 의한 것으로 해석이 가능할 것임.
 - 예: 균형감각 증진운동에서 무릎을 굽힌 동작에서 굽히기의 정도의 향상도, 무릎을 굽힌 자세에서의 걷기 시 체간의 굽혀짐 또는 좌우 불균형의 향상도, 양팔 올리기 동작과 스텝 운동에서 체간과 무릎의 균형, 활력걷기에서 걷기 속도의 향상 등.
 - 걷기프로그램은 게임요소를 통해 운동의 지속도 및 성공도를 향상시키고자 함. 운동을 실시하면서 점수와 또는 성공과 실패로 나타나는 정도의 변화로 운동프로그램 실시의 향상도를 평가할 수 있을 것임.
 - 위의 사항들을 객관적 및 주관적인 방법으로 유효성을 검증하였음.
- 실험 평가 모델 기술 개발
 - 프로토타입 개발 개발 빨전 단계에서 개발된 제품을 고령자를 대상으로 실시하도록 하여 제품을 평가해 봄. 치매와 관련된 인지능력 등의 여러 요소들은 걷기요소와 상관성이 높다는 선행연구결과를 근거로 임상적으로 치매로 판정받지 않은 고령자가 본 과제의 운동프로그램을 사용 평가함.
 - 과제 결과물이 완성된 이후 게임실시 결과로 얻은 점수와 인지능력 및 균형감각 간의 관련성을 분석하여 본 과제 개발품을 장기적으로 사용하였을 경우 균형감각과 인지능력이 향상될 수 있는지의 가능성을 예측해 볼 수 있을 것임. 이는 본 연구과제 주제와 관련된 향후 연구과제의 주제가 될 수 있을 것임.



■ 균형감각의 평가 기술

- 하체의 균형력 검사, 근력, 근지구력 검사를 실시하였음.

■ 인지능력의 평가 기술

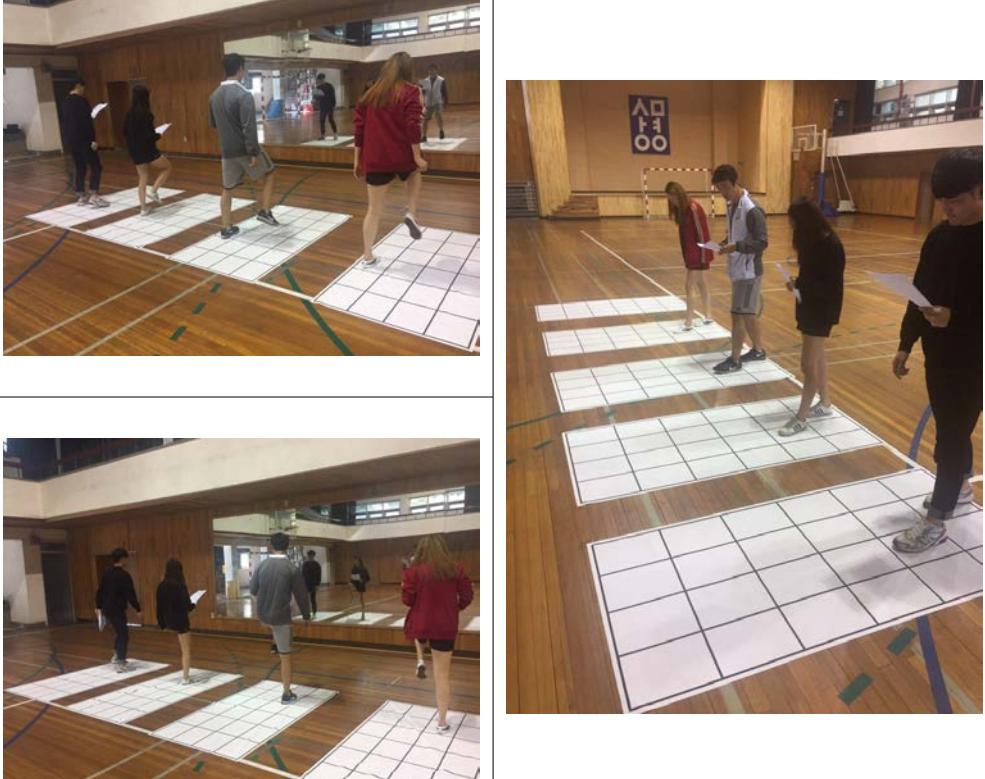
- Trail making test (TMT)를 통해 주의력, 순서 배열, 시공간 탐색 및 운동 능력 등의 우반구 능력 평가를 통해 인지기능의 저하 정도를 평가할 수 있음.
- MMSE-K: 단시간 내 인지기능을 개략적으로 평가하는 대표적인 인지기능 선별검사 도구로 기억력, 집중력, 지남력, 언어능력, 시공간 구성능력 등을 평가할 수 있음.
- 걷기테스트(a short distance test): 25feet 거리를 보통 속도로 걷는 시간을 측정하는 검사법으로 인지기능을 평가하기 위해 역학연구에서 대표적으로 사용되는 신뢰도가 높은 검사방법임.
- 이 평가는 연구과제가 완료된 이후 제품을 사용하여 실제 고령자를 대상으로 intervention study를 통해 운동을 장기간 실시하도록 한 후 평가한다. 본 연구과제는 1년이라는 제한이 따르므로 실험평가를 실제로 실시하기에 제한이 따름.
- 주의력 평가 기술
- 숫자외우기 (Digit span, forward)로 이는 주의력, 집중력, 청각적 기억력을 측정하고 즉각적인 암기 회상 및 청각적 단기 기억 학습을 측정하는 검사로 주의력 기능을 평가 함.

○ 운동프로그램 인지능력 향상 평가 및 검증 모델 개발

- 걷기와 관련된 속도, 이중과제수행 능력, 기억력, 시지각능력 등의 요소에 대한 향상 정도는 치매와 관련된 요인으로 ('기술개발필요성' 참조) 이에 대한 평가가 치매예방효과로 제시될 수 있을 것임.
- 인지능력 향상정도의 평가 및 검증 모델은 본 연구과제가 개발된 이후에 실제로 고령자를 대상으로 최소 3개월 동안 규칙적으로 운동 실시 전후의 데이터를 비교 분석하여 제시해야 함. 그러나 본 연구과제 기간이 1년임을 감안할 때 인지능력의 향상 정도를 평가하기는 제한이 있음.
- 운동프로그램의 실시가 인지능력에 미치는 영향을 평가하기 위하여 항후 실험연구의 참여를 희망하는 모든 피험자는 약12주 동안 주3회 본 연구과제에서 개발된 제품을 사용하여 운동을 실시함. 1회 운동실시 시간은 운동시간은 준비운동과 정리운동을 포함하여 약 50분 동안 진행을 원칙으로 할 것임.
- 12주 동안 운동을 시작하기 이전과 이후에 모든 피험자는 인지능력검사, 균형감각 검사

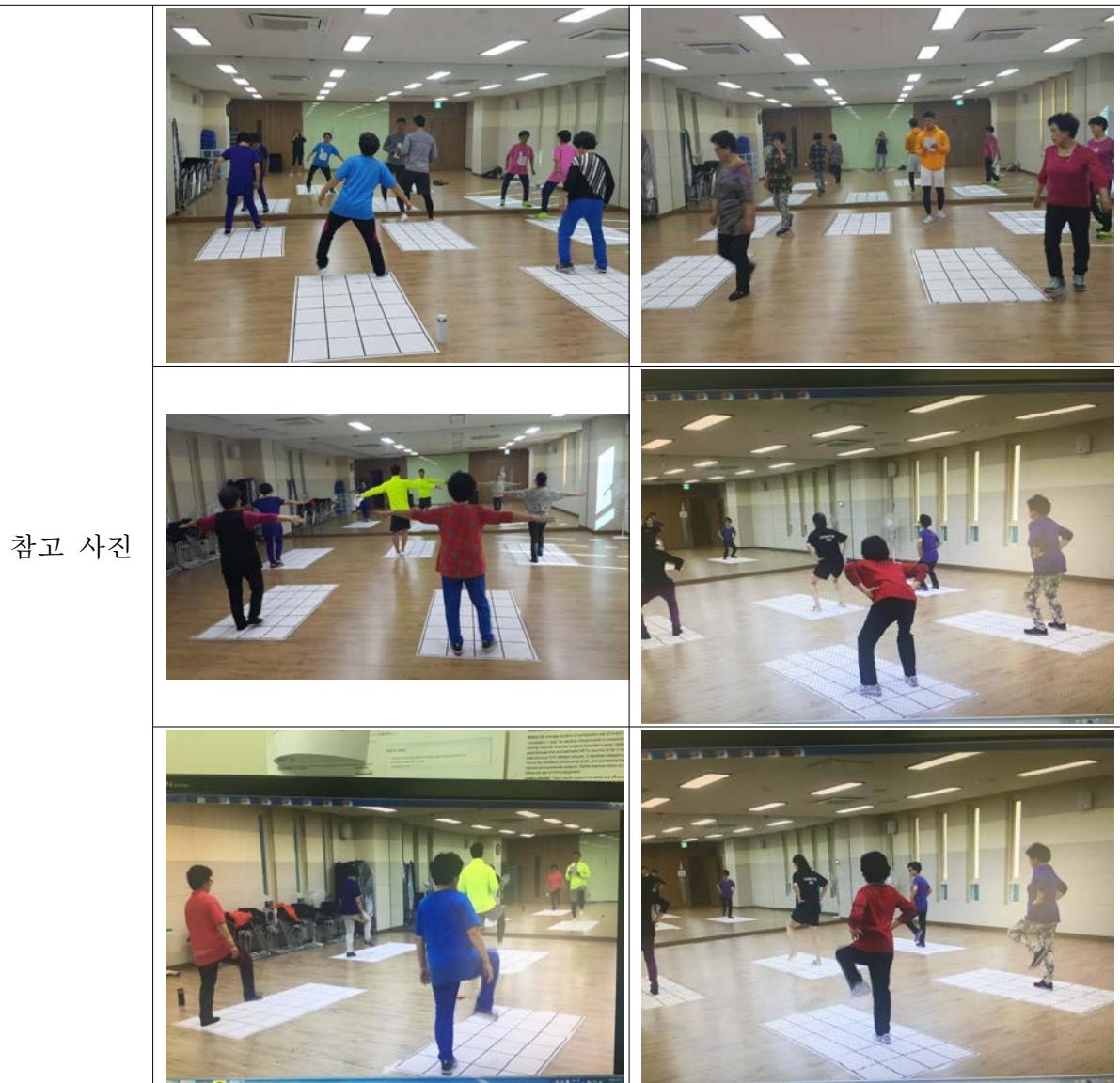
를 실시하여 두 시기간의 차이를 비교 분석하도록 함.

- 운동참여 전 후의 비교 시 시기간(모든 평가요소의 전,후 비교)의 차이와 요소간 (인지 능력과 균형감각)의 상관성을 분석하여 운동실시가 인지능력에 미치는 영향과 인지능력과 균형감각의 관련성에 대한 관계를 분석하도록 할 것임.

운동프로그램 유효성 검증을 위한 운동지도 및 실시	
목적	파견 지도자 사전교육
일시	2016년 10월 3일 ~ 10월 4일
장소	상명대학교 체육관
참여자	강서정, 이정석, 남혜리, 박진호, 김다운
참고사진	

운동프로그램 유효성 검증을 위한 운동실시	
목적	운동프로그램에 대한 객관적 및 주관적 유효성 검증
일시	2016년 10월 10일~21일
장소	서울시 불광동 은평보건분소 5층
지도자	이정석, 남혜리, 박진호, 김다운
참여자	<ul style="list-style-type: none"> - 65세 이상 총 9명 - 월수금 그룹: 신정*, 권계*, 서명*, 최문*, 강영* - 화목 그룹: 권근*, 장홍*, 조윤*, 황영*
방법	<ul style="list-style-type: none"> - 참여자는 자발적으로 2주 동안 본 과제에서 개발된 걷기프로그램에 참여하기를 희망하는 사람으로 모집하여 실시하였다. - 발판매트 및 소프트웨어는 개발이 종료되지 않았으므로 임시로 발판매트와 동일한 크기의 매트를 천으로 제작하여 사용함. - 참여자의 일정에 따라 월수금 반 (주3회, 20분/회), 화목 반 (주2회, 30분/회)을 운영하였고, 각 팀별로 2명의 지도자가 걷기운동을 지도하였다. - 활력걷기, 균형감각, 이중과제, 시지각발달을 위한 주요 4개 프로그램 중에서 균형감각을 향상시키기 위한 프로그램을 위주로 걷기프로그램을 도하였다. - 운동프로그램 참여 마지막 날에 9개 문항으로 구성된 설문지의 답을 하도록 요청하였다. 이 문항은 매트위에서 실시한 걷기운동의 효과, 강도, 균형능력 향상 정도, 치매예방에 대한 운동의 효과에 대한 주관적인 의견을 5개 리커트척도 중 선택하도록 하였다. - 참여자에게 각각의 프로그램 개발의 의도 및 목표에 대한 설명은 설문지 답변이 종료된 이후에 하였다. - 모든 참여자는 ①설문지 답변을 하였으며 ② 총 참여자 중 3명은 각 20분 가량의 개별 인터뷰를 통하여 운동프로그램에 대한 견해에 대한 면담을 실시하였다.

운동프로그램 유효성 검증을 위한 운동실시 - 계속



(3) 연구개발내용

- 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 실험 평가
- 실험 평가 모델 기술 개발
- 운동프로그램 인지능력 향상 평가 및 검증 모델 개발

제3절 | 연구결과

연구개발결과 요약

고령자 균형감각 증진 및 치매 예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 운동 게임(Exergame) 기술 개발

□ Natural User Interface 기술 개발

- 비전 기반 사용자의 운동 동작 (자세) 인식 기술 개발
 - 공간센서기반 카메라를 이용한 운동 동작 (자세 및 균형) 데이터 습득 기술 개발 완료
 - 공간센서기반 카메라를 이용한 운동 동작 데이터 분석 및 판별 기술 개발 완료
 - 멀티키넥트를 이용한 운동자세 인식보완기술 개발 완료(추가)
- 햅틱 기반 스웨어 매트 센싱 기술 개발
 - 스웨어 매트 센싱 기술 및 스웨어 매트 제작 완료
 - 밸런스보드를 이용한 균형정보획득 및 기계학습을 이용한 균형감각 점수화 기능 개발완료(추가)
- NUI 기술 통합 및 실시간 데이터 모니터링, 데이터 서버 및 통신 기술 개발
 - 사용자의 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 스웨어 매트 데이터 전송 기술 개발 완료
 - 데이터 모니터링 및 서버 구현 완료

□ 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 개발 및 평가

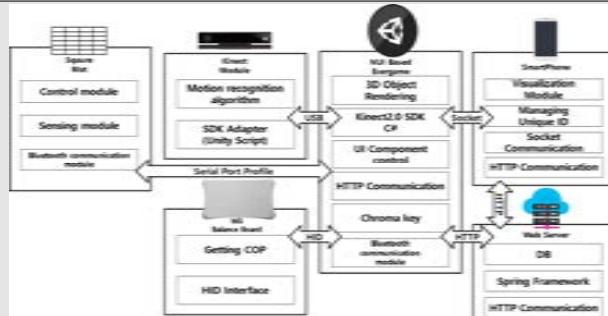
- 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 개발
- 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 5종류 개발 완료
- 활력걷기, 균형감각증진 및 인지향상을 위한 걷기(Dual Task, 시지각) 개발 완료
- 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발
- 고령자의 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 실험 평가

□ 체험형 운동 게임 통합 시스템개발

- 체험형 운동게임 렌더링 기술 개발
 - 체험형 운동게임 렌더링을 위한 사용자 아바타 모델링 개발 완료
 - 체험형 운동게임 렌더링을 위한 가상 트레이너 모델링 개발 완료
- 고령자 균형감각 증진 및 치매예방을 위한 체험형 운동게임 (Exergame) 통합 콘텐츠 시스템 개발
 - 체험형 운동 게임 종합 장면 연출 프로그램 및 스마트폰용 어플리케이션 개발 완료



5

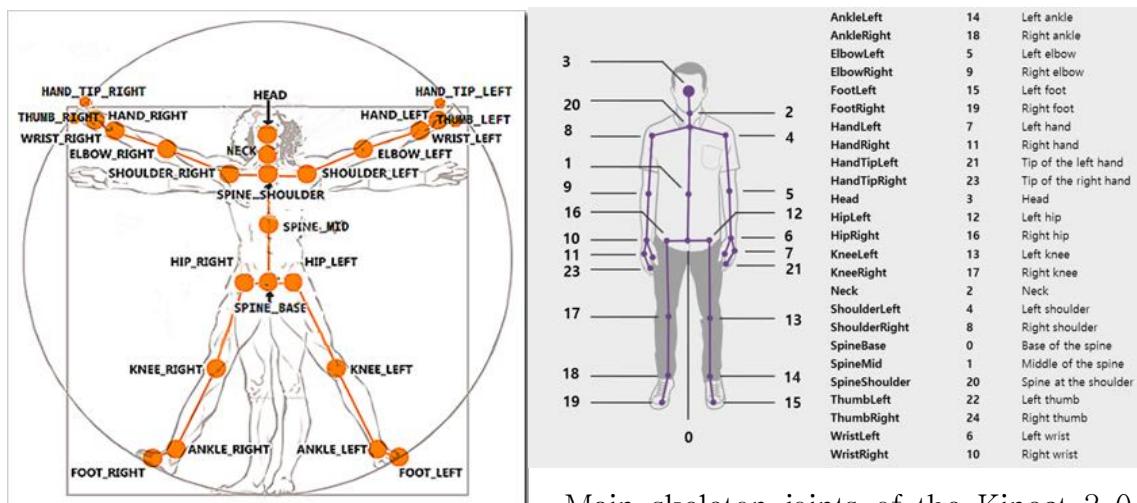


1 Natural User Interface 기술개발

가. 비전기반 운동동작 인식 기술 개발

(1) 공간센서기반 카메라 동작인식 모듈 개발

- 키넥트2 SDK에서 제공하는 프로퍼티를 통해 시스템에 연결되어 있는 키넥트 장치에 입력정보를 획득 함. 키넥트 2.0은 손 끝, 엄지 손가락 및 어깨 중심의 새로운 관절을 포함하여 실시간으로 최대 6명의 사람을 동시에 추적하며 각 사람마다 25개의 골격 관절을 추적하는 기능을 제공함.



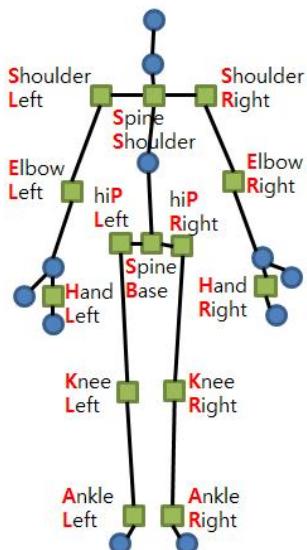
Main skeleton joints of the Kinect 2.0

Kinect Skeleton

- 3차원 사용자 관절 (Skeleton) 정보를 획득하기 위한 함수를 등록하여 매 프레임 입력 메시지 형태로 Skeleton 정보를 획득. 그리고 등록된 함수에서 우선 유효하지 않은 정보를 제거하고 의미가 있는 입력 값만을 선택함.
- 키넥트 센서는 RGB 카메라와 IR 카메라가 물리적으로 떨어져 있으므로 두 영상을 정확히 일치시키기 위한 조정이 필요하다는 단점이 있음. 어느 정도 일치시키는 것은 가능하나 한계가 존재함. 또한, 인식 범위가 제한적인 점이 있음. 그리고 적외선을 사용하므로 다른 일반 카메라 장비에 비해서는 조명의 영향을 덜 받겠지만, 여전히 조명에 대한 영향을 받음. 또한, 기본적으로 키넥트는 적외선을 수많은 점 광원 형태로 랜덤하게 흩뿌리고 이것이 사용자와 마주칠 때 원래 송출한 분포 패턴이 대상의 형태에 따라 일그러진다는 점을 이용하여 깊이를 인식함. 여기에서 사람과 비슷한 객체가 존재한다면 이를 사람이라 인식하고 골격화를 시도한다거나, 인체의 특정부분이 보이지 않는 각도라면 자세를 정확히 인식하지 못 한다는 문제가 발생함.

(2) 사용자 체형 보정 모듈개발

- 사용자마다 다른 체형에 따른 보정이 필요 없도록 일반화된 운동 동작 자세 인식 모델 (Kinect-based Exercise Pose Recognition Model)을 구성함[14]. 사용자의 팔, 다리 등의 자세 및 균형 동작으로부터 수집한 데이터 (예: 키넥트 2의 SDK에서 제공하는 전체 25개 중에 사용자의 운동 동작 인식에 주요 부분인 14 개 지점의 3차원 (X, Y, Z) 관절 (Skeleton) 정보)을 획득함.



#	Symbol	Description
0	SS	Spine Shoulder
1	SB	Spine Base
2	SL	Shoulder Left
3	SR	Shoulder Right
4	EL	Elbow Left
5	ER	Elbow Right
6	HL	Hand Left
7	HR	Hand Right
8	PL	hiP Left
9	PR	hiP Right
10	KL	Knee Left
11	KR	Knee Right
12	AL	Ankle Left
13	AR	Ankle Right

- 키넥트 2.0 SDK에서 제공하는 신체 주요 관절 25개 중에서 양쪽 손(HL, HR), 양쪽 팔꿈치(EL, ER), 양쪽 어깨(SL, SR), 양쪽 발목(AL, AR), 양쪽 무릎(KL, KR), 양쪽 엉덩이(PL, PR), 그리고 척추(SS, SB) 정보를 사용함. 즉, 사용자의 운동 동작 자세 인식에 주요 부분인 14 개 지점의 3차원 (X, Y, Z) 관절 (Skeleton) 정보만을 운동 자세 특징 표현에 사용함. 이 데이터는 운동자의 동작 및 자세에 관련된 데이터로 이에 기초하여 운동자의 움직임 자세를 판단할 수 있는 근거가 될 수 있음.

(3) 사용자 인식 및 운동 상태 데이터 습득 모듈개발

- 사용자가 앞뒤로 걷기를 하면서 운동 동작을 할 때, 사용자의 운동 동작 상태를 판단하기 위해 필요하다고 생각되는 데이터 즉, 운동 자세 인식을 위한 특징점을 생성함. 사용자 운동 동작 데이터의 수집은 일정 문턱 수치 (깊이 혹은 속도) 이상의 입력 시도마다 이루어짐.
- 수집하는 데이터 항목의 성격에 따라 매 프레임마다 지속적으로 누적 시 기록하는 데이터 항목, 지속적으로 최댓값을 갱신하는 데이터 항목 등을 구분함.

(4) 전문가에 의해서 개발된 운동 동작 프로그램을 스크립트 제작

- 전문가에 의해서 개발된 운동 동작 프로그램은 스크립트로 제작됨. 운동 전문가에 의해 개발된 운동 프로그램은 XML 포맷으로 스크립트화하여 실제 사용자가 취한 운동 동작(걷기 및 팔 다리 운동 동작 자세)과의 비교 분석에 사용됨. 운동 프로그램은 활력 걷기, 균형감각 증진 걷기, 인지 능력 향상 걷기, 시지각 향상 걷기로 구성되어 있으며 각 운동 프로그램은 초급, 중급, 고급으로 구성되어 있음. 초급 프로그램에서는 10 스텝을 이동하는 동안 만세, 양팔 벌리기, 차렷 자세를 반복 수행함. 중급 프로그램에서는 양팔 벌리기, 무릎 들기, 무릎 킥, 다리 옆으로 들기 등 좀 더 복잡한 운동 자세를 반복 수행함. 고급 프로그램에서는 차렷, 양팔 벌리기, 만세, 스쿼트, 런지와 같은 다양한 운동 자세를 반복 수행함

(5) 실시간 운동 동작과 스크립트 비교 연산을 위한 운동 자세 분석 모듈 개발

- 일반화된 운동 동작 자세 인식 모델 (Kinect-based Exercise Pose Recognition Model)을 사용하여 운동 자세 판별에 필요한 기준 벡터를 생성함. 사용자의 관절과 비교할 기준 벡터를 설정하고 키넥트가 인식 한 사용자의 관절과 비교해서 얼마나 곧은 자세인지 판별 할 수 있도록 함. v는 벡터 값임을 나타내고 계산의 편의를 위해 모두 정규화(즉, 크기가 1인 벡터)를 사용함.

기준 벡터	Description
UP	$v(0, 1, 0)$
DOWN	$v(0, -1, 0)$
FORWARD	$v(0, 0, 1)$
BACK	$v(0, 0, -1)$
RIGHT	$v(1, 0, 0)$
LEFT	$v(-1, 0, 0)$
RIGHTSIDE45	$v(\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}}, 0)$
LEFTSIDE45	$v(-\frac{1}{\sqrt{2}}, -\frac{1}{\sqrt{2}}, 0)$

- 사용자의 운동 동작 패턴 분석 및 판별을 위하여 전문가에 의해서 개발된 운동 동작 프로그램을 기반으로 운동 동작 특징 표현 모델을 제작함. 신체의 골격에 공간적인 위치 정보(즉, X, Y, Z 값)는 이동이나 회전 변화에 민감하기 때문에 위치 정보로부터 벡터를 생성하여 각도를 계산하여 자세 판별에 사용함.

- 각도 정보를 추출하기 위해, 왼쪽 어깨-오른쪽 어깨, 오른쪽 어깨-오른쪽 팔꿈치, 오른쪽 팔꿈치-오른쪽 손, 오른쪽 어깨-왼쪽 어깨, 왼쪽 어깨-왼쪽 팔꿈치, 왼쪽 팔꿈치-왼쪽 손, 오른쪽 골반-오른쪽 무릎, 오른쪽 무릎-오른쪽 발, 왼쪽 골반-왼쪽 무릎, 왼쪽 무릎-왼쪽 발의 벡터를 생성하고, 어깨, 팔꿈치, 무릎 등의 각도를 계산하여, 팔, 다리의 굽힘 정도를 구함.
- 사용자의 운동 동작 분석을 위하여 사용하는 25개의 각도 및 거리에 대한 운동 동작 자세의 특징을 사용함. 신체의 골격에 공간적인 위치 정보(즉, X, Y, Z 값)는 이동이나 회전 변화에 민감하기 때문에 위치 정보로부터 벡터를 생성하여 각도를 계산하여 사용자의 운동 자세 판별에 사용함. 예를 들어, ELA(Elbow Left Angle)와 ERA(Elbow Right Angle)는 왼쪽 오른쪽 팔꿈치 각도로 팔이 펴진 정도를 보여줌. 각도 계산을 위하여 아래의 식을 사용함.

$$\vartheta = \cos^{-1} \left(\frac{u}{\| u \|} \cdot \frac{v}{\| v \|} \right)$$

- 위 식에서, θ 는 3차원 공간에서 두 벡터 u , v 간의 각도이며, u 와 v 는 인접한 관절 벡터(예를 들어, 어깨와 팔꿈치 사이 또는 팔꿈치와 손목 사이)를 의미하거나 또는 관절 벡터와 정면(FRONT)/위(UP)/아래(DOWN) 벡터를 의미함. 이러한 방식으로 운동 자세에 대한 몸통 및 왼쪽 팔, 오른쪽 팔, 왼쪽 다리, 오른쪽 다리 자세를 표현하는 각도와 양 손, 발, 무릎의 거리에 관한 특징을 사용함. 특징 값으로 아래의 식을 사용함.

$$P_i = \left[\begin{array}{l} \theta_{(EL-SL, HL-EL)}, \theta_{(ER-SR, HR-ER)}, \\ \theta_{(SL-SR, HL-SL)}, \theta_{(SR-SL, HR-SR)}, \\ \theta_{(HL-SL, UP)}, \theta_{(HR-SR, UP)}, \\ \theta_{(HL-SL, DOWN)}, \theta_{(HR-SR, DOWN)}, \\ \theta_{(SL-HL, FRONT)}, \theta_{(SR-HR, FRONT)}, \\ \theta_{(KL-PL, AL-KL)}, \theta_{(KR-PR, AR-KR)}, \\ 90 - \theta_{(KL-PL, AL-KL)}, 90 - \theta_{(KR-PR, AR-KR)}, \\ \theta_{(AL-PL, DOWN)}, \theta_{(AR-PR, DOWN)}, \\ 45 - \theta_{(AL-PL, DOWN)}, 45 - \theta_{(AR-PR, DOWN)}, \\ \theta_{(SS-SB, UP)}, \\ 90 - \theta_{(KL-PL, DOWN)}, 90 - \theta_{(KR-PR, DOWN)}, \\ 90 - \theta_{(AL-KL, DOWN)}, 90 - \theta_{(AR-KR, DOWN)}, \\ \Delta_{(HL-HR)}, \Delta_{(AL-AR)} \end{array} \right]$$

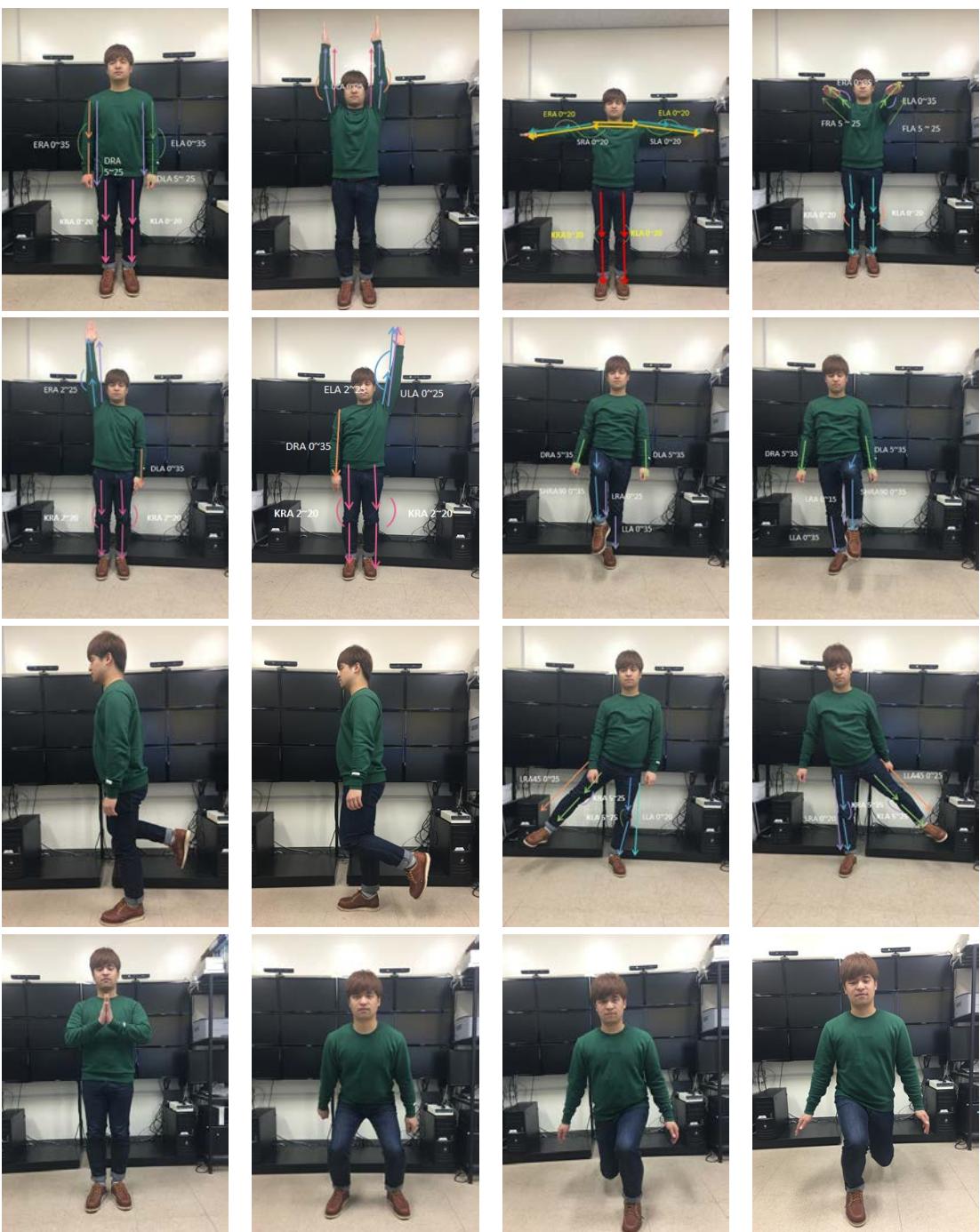
- 기준 벡터와 키넥트가 인식한 사용자의 관절들을 벡터로 바꾼 후 이 벡터들을 이용해서 자세 판별에 필요한 실제 벡터의 각도를 구함. 약어는 실제 코드에서 사용한 변수 이름을 써 넣었고 비교된 각도는 앞서 정의한 키넥트가 인식한 점을 이용 해 벡터를 구하고 이 벡터 끼리 각도를 구함. 혹은 키넥트가 인식 한 점과 기준벡터 사이의 각도를 구함.

특징점(Feature Points)에서 HD와 AD는 자세 판별에 필요한 손과 손 사이의 거리, 발과 발 사이의 거리를 나타냄.

#	Symbol	Feature	Description
0	ELA	$\theta_{(EL-SL, HL-EL)}$	왼쪽 팔꿈치 각도
1	ERA	$\theta_{(ER-SR, HR-ER)}$	오른쪽 팔꿈치 각도
2	SLA	$\theta_{(SL-SR, HL-SL)}$	왼쪽 어깨 각도
3	SRA	$\theta_{(SR-SL, HR-SR)}$	오른쪽 어깨 각도
4	ULA	$\theta_{(HL-SL, UP)}$	왼팔 위각도
5	URA	$\theta_{(HR-SR, UP)}$	오른팔 위각도
6	DLA	$\theta_{(HL-SL, DOWN)}$	왼팔 아래각도
7	DRA	$\theta_{(HR-SR, DOWN)}$	오른팔 아래각도
8	FLA	$\theta_{(SL-HL, FRONT)}$	왼팔 앞각도
9	FRA	$\theta_{(SR-HR, FRONT)}$	오른팔 앞각도
10	KLA	$\theta_{(KL-PL, AL-KL)}$	왼무릎 각도
11	KRA	$\theta_{(KR-PR, AR-KR)}$	오른무릎 각도
12	KLA90	$90 - \theta_{(KL-PL, AL-KL)}$	왼무릎 직각각도
13	KRA90	$90 - \theta_{(KR-PR, AR-KR)}$	오른무릎 직각각도
14	LLA	$\theta_{(AL-PL, DOWN)}$	왼다리 아래각도
15	LRA	$\theta_{(AR-PR, DOWN)}$	오른다리 아래각도
16	LLA45	$45 - \theta_{(AL-PL, DOWN)}$	왼다리 45각도
17	LRA45	$45 - \theta_{(AR-PR, DOWN)}$	오른다리 45각도
18	SSA	$\theta_{(SS-SB, UP)}$	척추 직립각도
19	THLA90	$90 - \theta_{(KL-PL, DOWN)}$	왼허벅지 직각각도
20	THRA90	$90 - \theta_{(KR-PR, DOWN)}$	오른허벅지 직각각도
21	SHLA90	$90 - \theta_{(AL-KL, DOWN)}$	왼정강이 직각각도
22	SHRA90	$90 - \theta_{(AR-KR, DOWN)}$	오른정강이 직각각도
23	HD	$\Delta_{(HL-HR)}$	양쪽 손목 거리
24	AD	$\Delta_{(AL-AR)}$	양쪽 발목 거리

(5). 실시간 운동 동작 (자세 및 균형) 평가 알고리즘 개발

- 운동 동작 프로그램에서 제공하는 각 시범 동작 데이터마다 키넥트를 이용해서 입력받는 사용자의 움직임, 스켈레톤 데이터를 비교 분석해서 사용자가 제대로 동작을 따라하고 있는지 판별하고, 이에 대한 피드백을 적절하게 주어야 함. 이 과정을 통해 사용자가 운동을 시작하기 이전의 상태에 대한 평가를 받을 수 있음. 또한 이때 측정된 초기값에서 단계가 향상될 수 있도록 반복 사용하여 운동할 수 있도록 함.
- 사용자의 운동 동작을 수집한 데이터를 누적시켜 1차적으로 가공한 데이터 들을 운동 동작 프로그램 스크립트와 비교를 위한 운동 자세 분석 기술 개발함. 즉, 운동프로그램에 정의된 자세와 실제 사용자가 취한 자세를 비교 연산을 이용하여 사용자의 균형 감각과 정확한 자세를 취하고 있는지를 판별하는 기술을 개발함.
- 운동 게임 콘텐츠에서 사용 가능한 16 가지 운동 동작 자세로 BOTH_SIDE_DOWN (차렷), BOTH_SIDE_UP (만세), BOTH_SIDE_OUT (양팔 벌리기), BOTH_SIDE_FRONT (양팔 앞으로), RIGHT_HAND_UP (오른팔 위로), LEFT_HAND_UP (왼팔 위로), RIGHT_KNEE_UP (오른 무릎 위로), LEFT_KNEE_UP (왼 무릎 위로), RIGHT_KNEE_CURL (오른 무릎 뒤로 감기), LEFT_KNEE_CURL (왼 무릎 뒤로 감기), RIGHT_LEG_AB (오른 다리 옆으로 들기), LEFT_LEG_AB (왼 다리 옆으로 들기), BOTH_HAND_CLAP (박수), SQUAT (스쿼트), RIGHT_LUNGE (오른 무릎 앞으로 런지), LEFT_LUNGE (왼 무릎 앞으로 런지)가 있음.



16 Exercise Postures

- 인체 각 관절의 가동 범위에 기반 한 정상 운동 범위 기준 설정서를 개발함.

Feature Specifications for 16 Exercise Posture

Exercise Posture	Features	Descriptions
BOTH_SIDE_DOWN	ELA, ERA, DLA, DRA, KLA, KRA, LLA, LRA	양쪽 팔꿈치 펴진 정도 양쪽 팔 아래(DOWN)로 향한 정도 양쪽 무릎 펴진 정도 양쪽 다리 아래(DOWN)로 향한 정도
BOTH_SIDE_UP	ELA, ERA, ULA, URA, KLA, KRA	양쪽 팔꿈치 펴진 정도 양쪽 팔이 위(UP)로 향한 정도 양쪽 무릎 펴진 정도
BOTH_SIDE_OUT	ELA, ERA, SLA, SRA, KLA, KRA	양쪽 팔꿈치 펴진 정도 양쪽 어깨 펴진 정도 양쪽 무릎 펴진 정도
BOTH_SIDE_FRONT	ELA, ERA, FLA, FRA, KLA, KRA	양쪽 팔꿈치 펴진 정도 양쪽 팔이 앞(FRONT)로 향한 정도 양쪽 무릎 펴진 정도
RIGHT_HAND_UP	ERA, URA, DLA, KLA, KRA	오른 팔꿈치 펴진 정도 오른팔 위(UP)로 향한 정도, 원팔 아래 로 향한 정도 양쪽 무릎 펴진 정도
LEFT_HAND_UP	ELA, ULA, DRA, KLA, KRA	왼 팔꿈치 펴진 정도 왼팔 위(UP)로 향한 정도, 오른팔 아래 로 향한 정도 양쪽 무릎 펴진 정도
RIGHT_KNEE_UP	DLA, DRA, KLA, KRA90, LLA, THRA90	양쪽 팔 아래(DOWN)로 향한 정도 왼 무릎 펴진 정도, 오른 무릎 직각 정도 왼다리 아래로 향한 정도, 오른 허벅지 직각 정도
LEFT_KNEE_UP	DLA, DRA, KLA90, KRA, THLA90, LRA	양쪽 팔 아래(DOWN)로 향한 정도 왼 무릎 직각 정도, 오른 무릎 펴진 정도 왼 허벅지 직각 정도, 오른다리 아래로 향한 정도
RIGHT_KNEE_CURL	DLA, DRA, KLA, KRA90, LLA, SHRA90	양쪽 팔 아래(DOWN)로 향한 정도 왼 무릎 펴진 정도, 오른 무릎 직각(90) 정도 왼다리 아래로 향한 정도, 오른 정강이 직각(90) 정도

LEFT_KNEE_CURL	DLA, DRA, KLA90, KRA, SHLA90, LRA	양쪽 팔 아래(DOWN)로 향한 정도 왼 무릎 직각 정도, 오른 무릎 평진 정도 왼 정강이 직각 정도, 오른다리 아래로 향한 정도
RIGHT_LEG_AB	KLA, KRA, LLA, LRA45	양쪽 무릎 평진 정도 왼다리 아래로 향한 정도, 오른다리 45도 정도
LEFT_LEG_AB	KLA, KRA, LRA, LLA45	양쪽 무릎 평진 정도 오른다리 아래로 향한 정도, 왼다리 45도 정도
BOTH_HAND_CLOSE	KLA, KRA, AD, HD	양쪽 무릎 평진 정도 양 발목 거리, 양 손 거리
SQUAT	KLA90, KRA90, SSA, THLA90, THRA90	양쪽 무릎 직각 정도, 척추 굽힘 정도 양쪽 정강이 직각 정도
RIGHT_LUNGE	KLA90, THLA90, SHRA90	왼 무릎 직각 정도 왼 허벅지 직각 정도, 오른 정강이 직각 정도
LEFT_LUNGE	KRA90, THRA90, SHLA90	오른 무릎 직각 정도 오른 허벅지 직각 정도, 왼 정강이 직각 정도

- 평가 계산 기준 설정을 개발함. 사용자 운동 동작을 해당 운동 동작에 대해 저장된 스크립트로부터 표에서 보이는 자세 인식 특징 값을 이용하여 비교 계산을 함. 실시간 사용자 운동 동작 자세와 스크립트 데이터와의 각도 및 거리에 대하여 아래의 식 을 이용하여 일치율을 계산함. 이 식에서 각 운동 동작 자세마다 서로 다른 n개의 특징 값을 사용하고, Si는 운동 동작 자세 스크립트에 정의된 기준 특징 값이고 Pi는 실제 사용자의 운동 동작에 대한 특징 값이며 Ri는 기준 특징의 범위 값임.

$$M = \sum_{i=0}^n \left(100 \cdot \left(\frac{70}{100} \right)^{\frac{(S_i - P_i)}{R_i}} \right)$$

(6) 다중 키넥트를 사용한 운동 자세 인식 시스템 설계 및 개발

- 본 연구에서는 좀 더 복잡하고 다양한 운동 자세를 추정하기 위하여 다수의 키넥트 입력 장치를 통합하여 사용함. 그리고 1개의 시스템에 1대의 키넥트 입력 장치만을 사용할 수 있는 Kinect V2 SDK의 한계를 극복하고 다수의 키넥트로 부터 입력을 받아 자세 인식에 활용할 수 있도록 클라이언트-서버 구조를 적용함. 클라이언트-서버 구조를 통하여 현대 구현된 결과는 최대 5대까지의 키넥트 센서를 연동하여 운동 자세 인식이 가능하도록 하였음.
- 일반적으로 여러 개의 카메라를 사용하는 연구들에서는 체스 보드나 마커 봉 등을 이용 해서 다수의 카메라간의 위치 및 방향 정보를 계산하여 일치시키는 카메라 보정 (calibration)작업을 먼저 진행함. 하지만 본 연구에서는 모든 카메라(키넥트)에서 보이는 영역에서 사용자가 일정 시간 움직인 정보를 활용해서 카메라를 보정하는 방법을 사용함. 이를 위해서 먼저 여러 개 키넥트를 위치시키고, 사용자로 하여금 약 10~20초 정도의 시간동안 자유롭게 움직이도록 하고, 다수의 키넥트에서 추적한 사용자의 골격 정보를 저장함. 그리고 이러한 사용자 골격 정보에 ICP (Iterative Closest Point) 알고리즘[15]을 적용하여 카메라 간의 외부 변수에 해당되는 행렬을 계산하고, 이를 이용해서 다중 키넥트 간의 상대적인 위치 및 방향을 보정함.
- ICP 알고리즘은 두 개의 2차원 또는 3차원 점들의 집합을 등록하기 위한 유 кллерид 변환 알고리즘으로 수많은 응용프로그램에 적용됨[15]. ICP 알고리즘은 반복적으로 점대점 대응 관계들을 추정함으로써 두 개의 점들의 집합 간의 기하학적인 변환 (즉, 회전 및 이동)을 추정하는 방식임. 아래의 식을 사용하여 두 개의 3차원 점들의 집합을 등록함. 이 식에서 두 점들의 집합 $X = \{x_i\}, i=1,..,M$ 과 $Y = \{y_j\}, j=1,..,N$ 간의 가장 가까운 점으로 등록한 j^* 는 X 집합의 점들의 최적화된 대응점을 의미함.

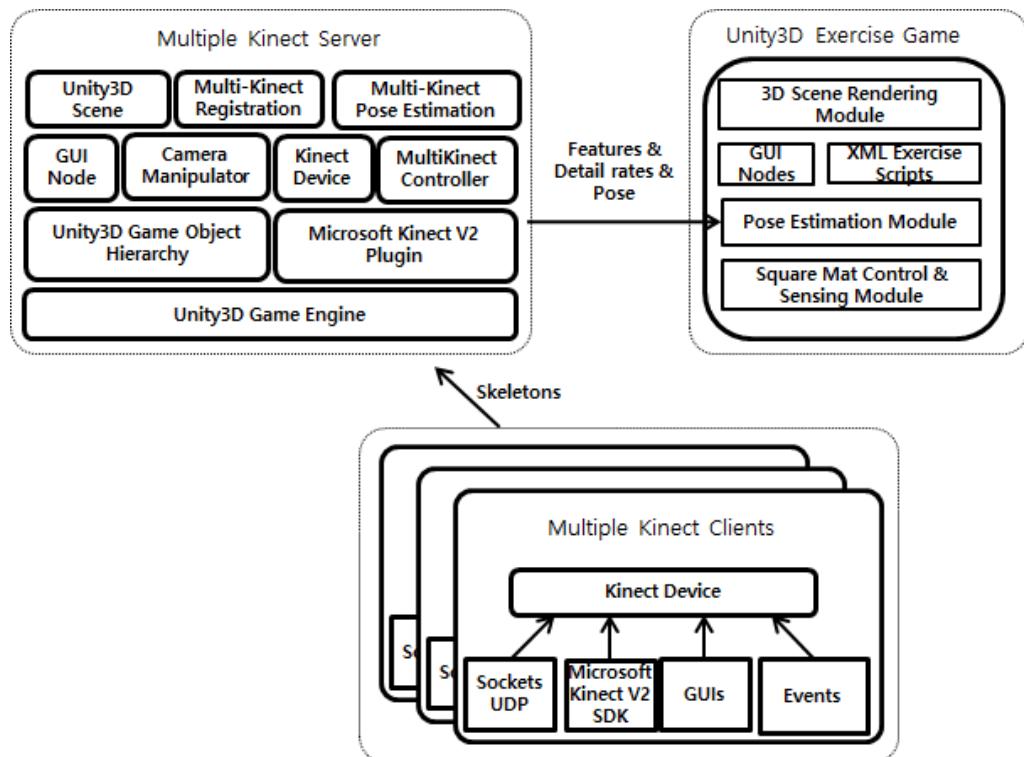
$$E(R, t) = \sum_{i=1}^M e_i(R, t)^2 = \sum_{i=1}^M \| Rx_i + t - y_{j^*} \|^2$$

$$j^* = \underset{j \in \{1,..,N\}}{\operatorname{argmin}} \| Rx_i + t - y_j \|^2$$

- 본 연구에서 개발한 다중 키넥트 입력장치를 사용한 운동 자세 추정 시스템은 여러 대의 키넥트 입력 장치가 연결된 클라이언트 프로그램들과 유니티 게임과 연동하는 서버 프로그램으로 구성되어 있음. 이 유니티 서버 프로그램은 유니티 운동 게임 콘텐츠의 모듈로써 동작함. Microsoft사에서 공식적으로 지원하는 Kinect V2 SDK는 1대의 컴퓨터에 1대의 키넥트 입력장치 만을 사용할 수 있으므로, 각 키넥트는 각 클라이언트 시스템에 연결되고, 여기서 입력받는 사용자의 골격 정보를 서버로 전달함. 유니티로 만든 게임에

는 다수의 키넥트 클라이언트로부터 골격 정보를 전달받는 서버 모듈이 존재하고, 여기서 이러한 정보들을 취합하여 운동 동작 자세 인식에 사용되는 자세 인식 모듈이 있음.

- 클라이언트 프로그램은 C# 언어와 Windows Forms를 이용하여 개발하였음. 그리고 클라이언트 프로그램에는 데이터를 서버로 보내기 위하여 스레드와 네트워크 소켓을 응용한 UDPClient 클래스, 그리고 키넥트로 부터의 골격 정보 입력을 처리하기 위한 KinectDevice 클래스로 구성됨. 클라이언트 프로그램은 구동 중인 키넥트 입력장치의 리소스를 확보한 후 사용 가능 여부를 화면에 출력함. 클라이언트 프로그램이 시작되면, 키넥트 장치로부터 초당 30프레임 현재 입력 중인 주요 사용자의 골격 정보를 읽어 서버로 전송함.
- 서버 프로그램은 Unity3D 게임 엔진을 기반으로 한 응용프로그램으로 개발되었음. 유니티에 Kinect V2 Plugin을 사용하여 단일 키넥트 사용을 할 수 있으며, 다수의 키넥트와 연동하기 위하여 클라이언트 프로그램에서 네트워크로 골격 정보를 전송 받으면 유니티의 GameObject로 구성하여 화면에 나타나게 하였음. 네트워크 서버 클래스와 다른 KinectClient로부터 확보한 골격정보를 활용하기 위한 보조 클래스로 ClientBody와 ObjectBody가 있음. ClientBody는 Window의 Kinect의 Body라는 골격정보를 대체하여 클라이언트 프로그램에서 전송받은 Bit Stream 형태의 Body 정보를 기록하기 위한 클래스이며, ObjectBody는 유니티에 3차원 객체로 화면에 그리기를 위한 클래스임.



- 키넥트 입력 장치는 사용자의 움직임을 추적하면서 움직임의 속도나 가려지는 영역 등에 의해서 신체의 일부분을 가시화시키지 못할 때 자동적으로 이전 프레임들을 이용해서 유추하는 형태로 동작함. 키넥트의 골격 움직임 데이터를 분석해보면 실제 정상적으로 측정(Tracked)되는 경우보다는 유추(Inferrred)된 데이터를 이용해서 사용자의 움직임을 추적하는 경우가 훨씬 많았음. 이러한 이유로 키넥트 센서를 한 대만 사용할 경우 신체의 일부분이 가려진다거나 혹은 움직임이 너무 빨라 추적이 어려운 경우에 대해서 정확하지 못한 자세로 인지되는 경우들이 자주 나타남.
- 하지만 다수의 키넥트 센서를 사용할 경우 예를 들어 정면에서는 가려져서 보이지 않는 신체의 일부분이 측면이나 후면에 놓인 키넥트에서는 보일 수 있어서 좀 더 정확하게 사용자의 자세를 측정할 수 있음. 본 연구에서는 서로 다른 위치와 방향에 놓인 키넥트 입력장치마다 사용자 운동 자세의 특징 값마다 서로 다른 가중치를 부여하여 사용자의 운동 자세를 최종적으로 판별함. 아래의 식을 이용하여 운동 동작 자세에 따른 서로 다른 m개의 키넥트의 특징값에 가중치(w)를 사용하여 최종 인식률 평균을 계산함. 이 식에서 서로 다른 키넥트의 특징 값에 사용하는 가중치의 합은 1이 되도록 함.

$$\overline{M} = \frac{\sum_{i=1}^m (w_i \cdot M_i)}{m}$$

(7) 운동 자세 인식을 위한 키넥트와 모션 캡쳐 데이터 비교 및 분석

- 실험 결과 1 – 멀티 키넥트의 정확도 분석은 하나의 운동 자세에 따라 운동자세 분석에 사용되는 특징 값(Feature points)을 모션 캡쳐 장비와 비교하는 방법으로 진행됨. 팔호 값의 경우 음수를 나타냄. 다만 평균 계산의 경우 절댓값들의 평균을 구함. 런지와 컬 자세의 경우, 두 대의 키넥트 중에서 정면 키넥트로는 구분이 어렵기에 연결된 클라이언트 측면 키넥트를 통하여 인식하여 동작을 구분함. 첫 번째 행의 값은 모션 캡쳐 장비의 특징 값, 두 번째 행의 값은 키넥트의 특징 값, 세 번째 행의 값은 두 기기 간의 차이를 보여줌.

- BOTH SIDE OUT

ELA	ERA	SLA	SRA	KLA	KRA
13. 94	22. 87	6. 32	8. 09	6. 80	11. 84
6. 70	11. 61	15. 41	12. 50	9. 59	10. 38
7. 24	11. 26	9. 09	4. 41	2. 79	1. 46

- 양팔 벌리기 동작의 경우, 평균적으로 6.04° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 이 정도는 관절 포인트 위치 차이에 따른 오차범위 내라고 볼 수 있음

- BOTH SIDE UP

ELA	ERA	ULA	URA	KLA	KRA
25. 17	29. 95	18. 29	14. 26	8. 64	12. 63
4. 72	5. 84	13. 59	14. 95	4. 95	7. 04
20. 45	24. 11	4. 70	(0. 69)	3. 69	5. 59

- 양팔 들기 동작의 경우, 평균적으로 9.87° 의 오차를 보임. 하지만 ELA와 ERA값이 모션 캡쳐 장비와 20° 이상 차이 나는 것을 볼 때, 키넥트에서 팔에 대한 인식이 잘 이루어지지 않았다는 것을 볼 수 있음.

- BOTH SIDE FRONT

ELA	ERA	FLA	FRA	KLA	KRA
13. 93	20. 96	13. 87	13. 47	8. 33	12. 76
6. 65	11. 37	21. 77	21. 15	11. 02	11. 21
7. 28	9. 59	(7. 90)	(7. 68)	(2. 70)	1. 55

- 양팔 앞으로 동작의 경우, 평균적으로 6.12° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 이 정도는 관절 포인트 위치 차이에 따른 오차범위 내라고 볼 수 있음.

- BOTH SIDE DOWN

ELA	ERA	DLA	DRA	KLA	KRA	LLA	LRA
20. 80	29. 19	5. 98	4. 29	7. 57	12. 50	9. 33	9. 56
6. 12	8. 48	12. 05	8. 68	8. 56	11. 40	4. 93	3. 69
14. 69	20. 71	(6. 06)	(4. 40)	(1. 00)	1. 10	4. 40	5. 87

- 양팔 아래로 동작의 경우, 평균적으로 7.28° 의 오차를 보임. 하지만 ELA와 ERA값이 모션 캡쳐 장비와 14° 이상 차이 나는 것을 볼 때, 키넥트에서 팔에 대한 인식이 잘 이루어지지 않았다는 것을 볼 수 있음.

- ONLY LEFT HAND UP

ELA	ULA	DRA	KLA	KRA
24. 26	11. 81	8. 45	7. 12	12. 36
3. 19	4. 36	13. 94	6. 91	11. 69
21. 07	7. 45	(5. 49)	0. 21	0. 68

- 왼팔 들기 동작의 경우, 평균적으로 6.98° 의 오차를 보임. 하지만 ELA 값이 모션 캡쳐 장비와 20° 이상 차이 나는 것을 볼 때, 키넥트에서 왼쪽 팔에 대한 인식이 잘 이루어지지 않았다는 것을 볼 수 있음.

- ONLY RIGHT HAND UP

ERA	URA	DLA	KLA	KRA
31. 95	6. 00	5. 60	7. 21	12. 16
4. 05	6. 42	13. 02	7. 72	9. 02
27. 90	(0. 42)	(7. 41)	(0. 51)	3. 14

- 오른팔 들기 동작의 경우, 평균적으로 7.88° 의 오차를 보임. 하지만 ERA 값이 모션 캡쳐 장비와 25° 이상 차이 나는 것을 볼 때, 키넥트에서 오른쪽 팔에 대한 인식이 잘 이루어지지 않았다는 것을 볼 수 있음.

- ONLY LEFT KNEE UP

DLA	DRA	KRA	KLA90	LRA	THLA90
7. 61	7. 27	12. 09	2. 50	10. 93	7. 78
13. 24	11. 71	6. 46	0. 16	11. 27	21. 19
(5. 63)	(4. 44)	5. 63	2. 34	(0. 33)	(13. 41)

- 왼 무릎 들기 동작의 경우, 평균적으로 5.30° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 이 정도는 관절 포인트 위치 차이에 따른 오차범위 내라고 볼 수 있음.

- ONLY RIGHT KNEE UP

DLA	DRA	KLA	KRA90	LLA	THRA90
8. 91	7. 35	7. 71	3. 90	10. 89	10. 82
15. 91	13. 48	8. 14	13. 01	8. 30	19. 79
(7. 00)	(6. 13)	(0. 43)	(9. 10)	2. 59	(8. 97)

- 오른 무릎 들기 동작의 경우, 평균적으로 5.70° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 이 정도는 관절 포인트 위치 차이에 따른 오차범위 내라고 볼 수 있음.

- ONLY LEFT LEG AB

KLA	KRA	LRA	LLA45
6. 58	12. 03	12. 93	5. 55
6. 90	5. 40	5. 58	0. 08
(0. 32)	6. 63	7. 36	5. 47

- 원발 사선 들기 동작의 경우, 평균적으로 4.95° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 이 정도는 관절 포인트 위치 차이에 따른 오차범위 내라고 볼 수 있음.

- ONLY RIGHT LEG AB

KLA	KRA	LLA	LRA45
6. 95	7. 35	15. 07	6. 57
6. 03	1. 67	3. 61	5. 40
0. 92	5. 68	11. 46	1. 16

- 오른발 사선 들기 동작의 경우, 평균적으로 4.81° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 이 정도는 관절 포인트 위치 차이에 따른 오차범위 내라고 볼 수 있음.

- BOTH HAND TOUCH

KLA	KRA	AD	HD
7. 06	12. 24	0. 19	0. 08
10. 61	12. 14	0. 13	0. 01
(3. 55)	0. 10	0. 06	0. 07

- 두 손바닥 모으기 동작의 경우, 평균적으로 1.8° , 7cm의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 키넥트가 동작을 매우 정확하게 인식했음을 볼 수 있음.

- SQUAT LOW

KLA90	KRA90	SSA	THLA90	THRA90
6. 82	7. 34	42. 96	44. 21	42. 46
1. 31	0. 56	30. 89	11. 41	11. 69
5. 51	6. 78	12. 06	32. 80	30. 77

- 다리 폭 좁은 스쿼트 동작의 경우, 평균적으로 17.58° 의 오차를 보임. 여기서 큰 오차를 보이는 특징 값 THLA90, THRA90을 제외하면 8.1° 의 오차가 있음을 알 수 있음.

■ SQUAT WIDE

KLA90	KRA90	SSA	THLA90	THRA90
5. 03	5. 89	38. 64	21. 64	25. 97
0. 96	1. 52	28. 22	0. 14	0. 92
4. 07	4. 37	10. 43	21. 50	25. 05

- 다리 폭 넓은 스쿼트 동작의 경우, 평균적으로 13.08° 의 오차를 보임. 여기서 큰 오차를 보이는 특징 값 THLA90, THRA90을 제외하면 6.29° 의 오차가 있음을 알 수 있음.

■ LEFT KNEE LUNGE

KRA90	THRA90	SHLA90
1. 72	76. 63	64. 46
64. 74	64. 06	66. 35
(63. 02)	12. 57	(1. 89)

- 왼발 런지 동작의 경우, 평균적으로 25.83° 의 오차를 보임. 여기서 인식 잘 이루어지지 않았다고 보이는 KRA90을 제외하면 7.23° 의 오차가 있음을 알 수 있음.

■ RIGHT KNEE LUNGE

KLA90	THLA90	SHRA90
21. 13	76. 11	70. 61
28. 37	76. 02	74. 99
(7. 23)	0. 09	(4. 38)

- 오른발 런지 동작의 경우, 평균적으로 3.90° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 키넥트가 동작을 정확하게 인식했음을 볼 수 있음.

■ LEFT KNEE CURL

DLA	DRA	KRA	KLA90	LRA	SHLA90
25. 19	5. 59	8. 71	(25. 90)	14. 10	23. 82
23. 28	13. 64	13. 09	4. 58	4. 72	9. 02
1. 91	(8. 05)	(4. 38)	(30. 48)	9. 38	14. 80

- 왼발 뒤로 들기 동작의 경우, 평균적으로 11.50° 의 오차를 보임. 여기서 인식 잘 이루어지지 않았다고 보이는 KLA90을 제외하면 7.70° 의 오차가 있음을 알 수 있음.

■ RIGHT KNEE CURL

DLA	DRA	KLA	KRA90	LLA	SHRA90
6.26	22.00	8.03	2.82	16.33	12.84
15.00	29.40	1.02	16.84	6.49	20.11
(8.74)	(7.40)	7.01	19.66	9.85	(7.28)

- 오른발 뒤로 들기 동작의 경우, 평균적으로 9.99° 의 오차를 보임. 여기서 인식 잘 이루 어지지 않았다고 보이는 KRA90을 제외하면 8.06° 의 오차가 있음을 알 수 있음.

- 실험 결과 2 (팔동작 부분만 추가적으로) - 위의 실험 결과 1과는 다른 일자에 실행한 실험 데이터로, 위의 실험 결과 분석에서 잘 인식하지 못했던 팔 동작들에 대하여 키넥트와 모션 캡쳐 장비 간의 데이터를 추가 분석하였음.

■ BOTH SIDE UP

ELA	ERA	ULA	URA	KLA	KRA
21.81	24.61	27.89	17.04	11.76	11.57
16.04	22.14	21.90	7.00	1.47	2.96
5.77	2.47	6.00	10.04	10.29	8.61

- 양팔 들기 동작의 경우, 평균적으로 7.20° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 이 정도는 관절 포인트 위치 차이에 따른 오차범위 내라고 볼 수 있음.

■ BOTH SIDE DOWN

ELA	ERA	DLA	DRA	KLA	KRA	LLA	LRA
21.50	21.50	5.55	5.89	11.88	11.47	12.20	10.71
13.92	22.61	19.90	20.08	7.47	3.63	11.60	9.95
7.58	(1.11)	(14.35)	(14.19)	4.41	7.84	0.60	0.76

- 양팔 아래로 동작의 경우, 평균적으로 6.36° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 이 정도는 관절 포인트 위치 차이에 따른 오차범위 내라고 볼 수 있음. 다만 DLA와 DRA값의 경우 키넥트에서 인식이 불안정하게 이루어지고 있음을 볼 수 있음.

■ ONLY LEFT HAND UP

ELA	ULA	DRA	KLA	KRA
21.45	19.19	7.05	11.21	11.24
10.16	16.83	19.24	3.81	1.15
11.29	2.37	(12.19)	7.39	10.09

- 왼팔 들기 동작의 경우, 평균적으로 8.67° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 이 정도는 관절 포인트 위치 차이에 따른 오차범위 내라고 볼 수 있음.

- ONLY RIGHT HAND UP

ERA	URA	DLA	KLA	KRA
24.74	9.45	7.53	12.73	11.17
24.38	17.36	19.30	9.66	6.23
0.36	(7.91)	(11.77)	3.07	4.94

- 오른팔 들기 동작의 경우, 평균적으로 5.61° 의 오차를 보임. 모션 캡쳐 장비의 마커가 부착형임을 고려할 때 이 정도는 관절 포인트 위치 차이에 따른 오차범위 내라고 볼 수 있음.
- 실험 결과 분석 (전체) - 키넥트를 통한 동작인식은 기본적으로 어느 정도의 오차가 생김. 하지만 그 오차는 키넥트가 동작을 인식하지 못하는 경우가 아닌 경우, 모션 캡쳐 장비와 10° 内外의 오차를 가짐. 실험 결과에서 키넥트 센서는 먼저 팔 동작에 대하여 정확히 인식하지 못하는 경우가 발생하기도 함. 하지만 이 경우 추가 데이터에서 보였듯이 최종 실험에서 키넥트가 동작을 잡지 못한 상황에서 나온 데이터인 경우로 보이며, 일반적으로 동작을 잘 잡는 것을 볼 수 있음.
- 실험 결과 분석 (다리 부분) - 그리고 KLA90, KRA90, THLA90, THRA90에서 키넥트가 잘 잡지 못하는 것을 볼 수 있음. THLA90과 THRA90의 경우, 정면 키넥트에서는 허벅지 직각 각도를 정확히 측정하기 어렵기 때문임. 정면에서 측정하는 경우, 이 각도를 거리 센서를 이용할 수 밖에 없는데 다리를 크게 듣다고 하더라도 무릎과 골반 사이의 거리가 길어도 1m이하이기에 환경적인 변수로 정확도가 줄어들 수 있음. KLA90과 KRA90의 경우, 측면 키넥트에서 한 쪽 다리가 다른 가리를 가려서 생기는 현상으로 볼 수 있음. 한편 가려진 다리의 경우는 당연히 정확하게 관절 포인트가 인식되지 않으며 이는 오차를 내포하게 됨. 따라서 실험과 다르게 추가적으로 맞은편 측면 키넥트가 추가될 때 정확히 잡아낼 것을 기대할 수 있음.
- 실험 결과 논의 - 멀티 키넥트와 모션 캡쳐 장비 데이터는 키넥트가 동작을 인식할 경우에 10° 内外의 차이를 가짐. 여기서 키넥트의 관절 포인트와 모션 캡쳐 장비 마커 위치가 다른 것을 고려한다면 멀티 키넥트로 충분히 16가지 동작에 대하여 잘 인식할 수 있음을 알 수 있음. 또한 위 실험처럼 2개의 키넥트로 구성된 시스템이 아닌 그 이상의 키넥트로 구성될 경우 더욱 더 정확한 동작 인식이 이루어 질 것을 예측할 수 있음.

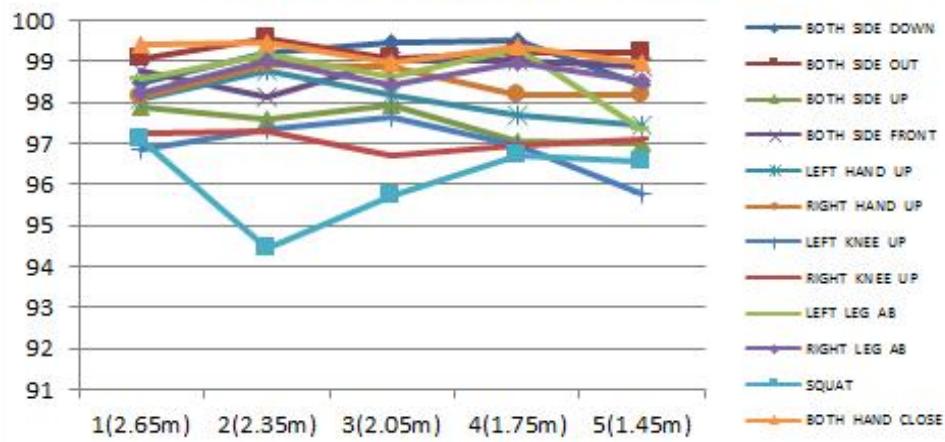
(8) 운동 자세 인식 시스템 평가

- 1차 실험 목적 – 키넥트 기반의 운동 동작 자세 인식 모델링의 성능을 평가하기 위해, 1대의 키넥트를 사용하여 피험자를 대상으로 실험을 진행하고 실험 결과를 분석함.
- 1차 실험 환경 – 실험 환경으로 하드웨어는 팬티엄 4 쿼드 코어 i5-3550 3.7 GHz CPU, 16 GB RAM, GeForce GTX 460 그래픽 카드, Windows 10 운영체제를 가진 컴퓨터와 키넥트 2.0 센서를 사용함. 키넥트 기반의 운동 동작 자세인식 알고리즘은 C# 언어를 사용하여 일반 Window Forms 프로그램과 Unity 3D 게임 구현에 사용 가능하도록 모듈로 구현함.
- 1차 실험 방법 – 20대 4명, 40대 3명, 70대 3명이 실험에 참여함. 실험 참여자들은 12가지 운동 자세(BOTH_SIDE_DOWN, BOTH_SIDE_UP, BOTH_SIDE_OUT, BOTH_SIDE_FRONT, RIGHT_HAND_UP, LEFT_HAND_UP, RIGHT_KNEE_UP, LEFT_KNEE_UP, RIGHT_LEG_AB, LEFT_LEG_AB, BOTH_HAND_CLOSE, SQUAT)를 취함. 그리고 같은 운동 동작 자세에 대해서 키넥트 센서로 부터 2.65 미터 떨어진 곳에서부터 0.3 미터씩 앞으로 5번 위치 이동을 하면서 자세를 취함. 피험자는 실험 이전에 자세에 대한 훈련 없이 실험에 임하였으며, 피험자마다 5번씩 12가지 동일한 자세를 5번의 위치 이동을 하면서 반복하여 자세 일치율을 계산한 값을 저장함. 운동 자세는 BOTH_SIDE_DOWN에서부터 SQUAT 자세까지 일괄적으로 진행함.

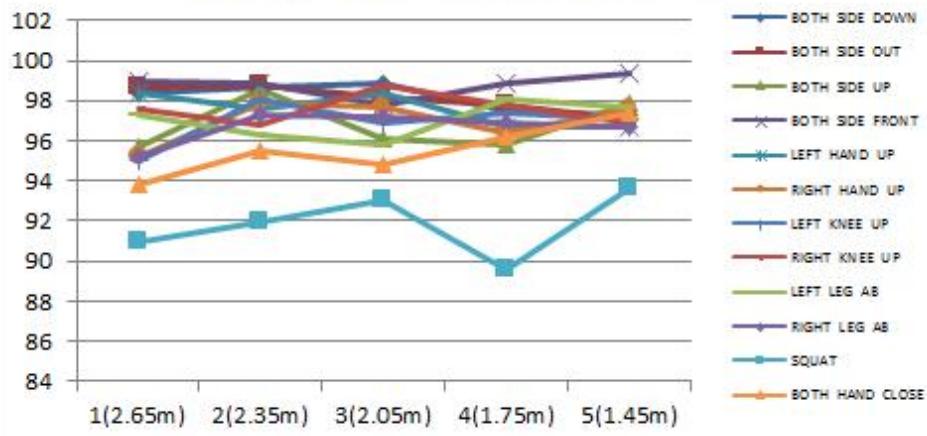


- 1차 실험 결과 – 피험자의 나이별로 12가지 운동 자세를 5가지 거리별로 5번씩 동일한 자세를 취한 실험 결과 평균값을 보여줌. 실험 결과 20대나 40대의 경우 키넥트 센서로부터 사용자가 위치한 거리에 상관없이 매우 자연스럽고 효과적으로 운동 동작을 인식하였으며, 전체 자세 평균 98.12% (20대), 96.81% (40대) 일치율을 보임. 특히 키넥트 센서가 인식되는 영역 내에서는 거리나 사용자의 키나 체형에 상관없이 운동 프로그램 스크립트에서 요구하는 12가지 운동 자세를 비교적 정확히 인식하는 것으로 판단됨.

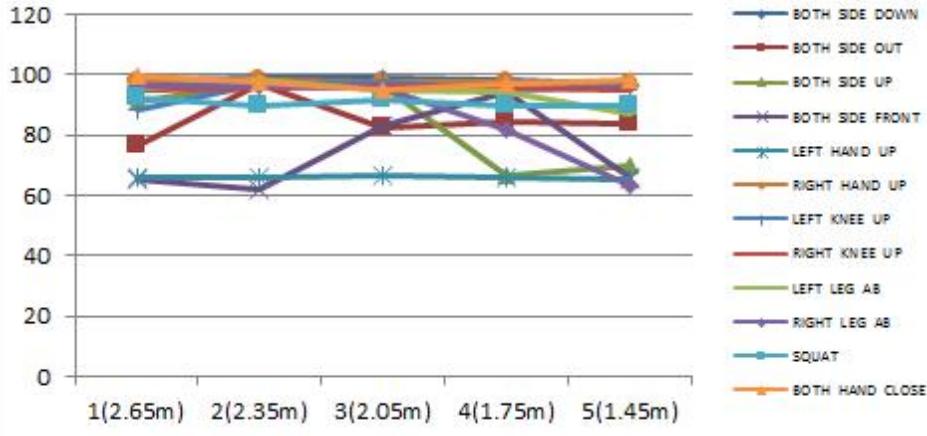
Average accordance rate of posture recognition model per distance (%) Young-Age



Average accordance rate of posture recognition model per distance (%) Middle-Age



Average accordance rate of posture recognition model per distance (%) Old-Age



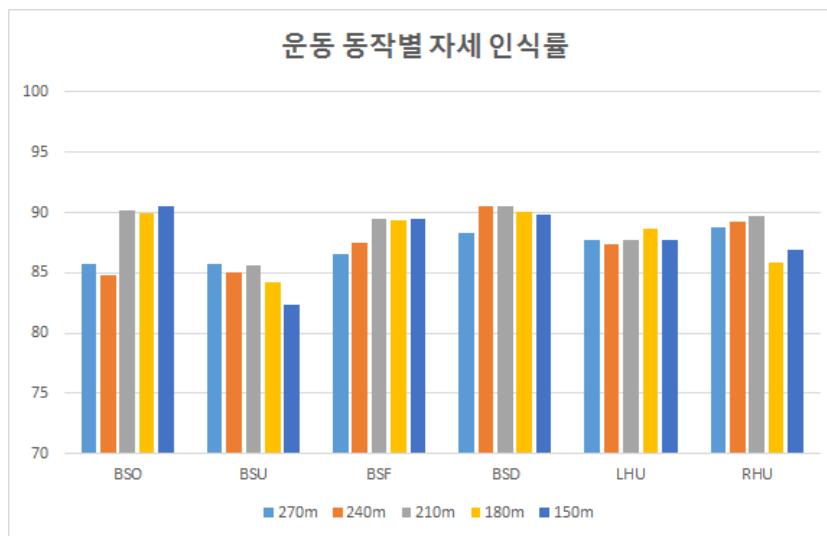
- 1차 실험 결과 - 그러나 옆으로 다리 들기 자세(즉, LEFT_LEG_AB 또는 RIGHT_LEG_AB)나 스쿼트 (SQUAT) 자세의 경우, 다른 자세(즉, BOTH_SIDE_OUT이나 BOTH_SIDE_FRONT 등 상체만 움직이는 자세)에 비하여 일치율이 다소 떨어지는 것으로 나타남. 70대의 경우, 전체 평균은 88.64% 일치율을 보임. 그런데 피험자의 건강 상태에 따라서 인식되지 않는 자세가 있었음. 예를 들어, 피험자 중 한 명은 왼팔 올리기 자세를 제대로 수행하기 어려웠고, 따라서 LEFT_HAND_UP은 인식되지 않았고 BOTH_SIDE_OUT이나 BOTH_SIDE_UP의 경우에도 인식이 안 되거나 또는 80%대로 인식률이 낮았음. 또한 이 실험을 통해서, 운동 자세 중 스쿼트, 옆으로 다리 들기 (즉, LEFT_LEG_AB 또는 RIGHT_LEG_AB)는 고령자들에게 어려운 운동 자세임을 확인할 수 있음.
- 1차 실험 결과 - 실험 진행 상 키넥트 센서에서 먼 거리에서부터 가까운 거리로 이동하면서 동일한 자세를 반복하다보니, 어려운 자세일수록 가까운 거리의 일치율 점수가 낮게 나온 것을 확인 할 수 있는데, 이는 거리에 따른 자세 인식 문제가 아닌 동일한 자세를 반복해서 나타난 피로감에 의한 것으로 보임.
- 1차 실험 결과 논의 - 실험 결과 키넥트로 인식된 사용자의 자세와 운동 스크립트에서 정한 기준과 비교한 자세 일치율이 사용자의 체형이나 키넥트로 부터의 거리에 상관없이 높게 나타났음. 그러나 고령자를 대상으로 하는 경우 고령자의 건강 상태에 따라서 인식 안 되거나 일치율이 낮은 자세들이 있었으며, 또한 옆으로 다리들기나 스쿼트 같은 운동 자세는 대부분 고령자들이 쉽게 따라 하기 어려운 자세임을 발견하였음. 현재 20대나 40대에게는 무리 없이 잘 인식되는 자세인식 특징값을 좀 더 고령자에 맞도록 조정하거나 개인화된 특징 값을 지정해서 사용할 수 있는 방법을 추가할 필요가 있어 보임.
- 2차 실험 목적 - 멀티 키넥트 기반의 운동 동작 자세 인식 모델링의 성능을 평가하기 위해, 2대의 키넥트를 사용하여 피험자 3명을 대상으로 실험을 진행하고 실험 결과를 분석 함.
- 2차 실험 환경 - 실험 환경으로 서버쪽 하드웨어는 팬티엄 4 쿼드 코어 i5-3550 3.7 GHz CPU, 16 GB RAM, GeForce GTX 460 그래픽 카드, Windows 10 운영체제를 가진 컴퓨터와 키넥트 2.0 센서를 정면에 설치하여 사용함. 클라이언트쪽 하드웨어는 팬티엄 쿼드 코어 i5-750 2.67 GHz CPU, 16 GB RAM, GeForce GTX 460 그래픽 카드, Windows 10 운영체제를 가진 컴퓨터와 키넥트 2.0 센서를 측면에 설치하여 사용함.

- 2차 실험 방법 - 20대 3명이 실험에 참여함. 실험 참여자들은 16가지 운동 자세 (BOTH_SIDE_DOWN, BOTH_SIDE_UP, BOTH_SIDE_OUT, BOTH_SIDE_FRONT, RIGHT_HAND_UP, LEFT_HAND_UP, RIGHT_KNEE_UP, LEFT_KNEE_UP, RIGHT_KNEE_CURL, LEFT_KNEE_CURL, RIGHT_LEG_AB, LEFT_LEG_AB, BOTH_HAND_CLOSE, SQUAT, RIGHT_LUNGE, LEFT_LUNGE)를 취함. 그리고 같은 운동 동작 자세에 대해서 키넥트 센서로부터 3미터 떨어진 곳에서부터 0.3 미터씩 앞으로 5번 위치 이동을 하면서 약 1~2초간 자세를 취함. 피험자는 실험 이전에 자세에 대한 훈련 없이 실험에 임하였으며, 피험자마다 16가지 동일한 자세를 5번의 위치 이동을 하면서 반복하여 자세 일치율 계산 값을 저장함.



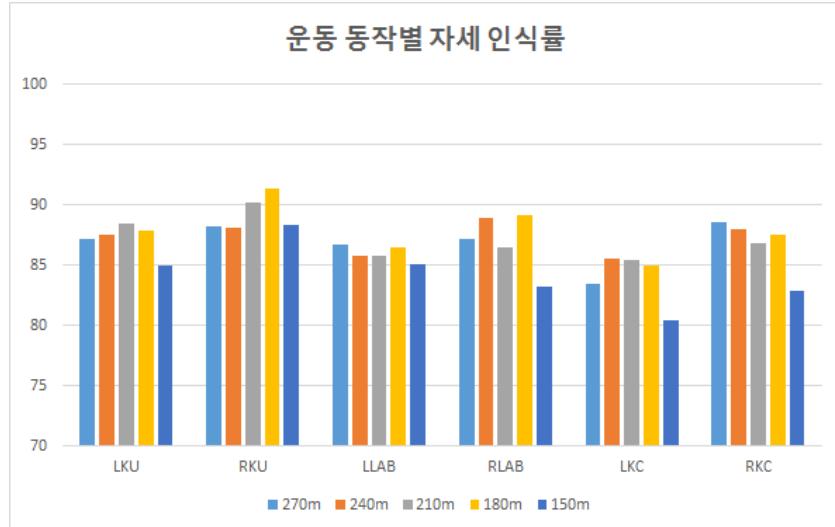
- 2차 실험 결과 - 실험 결과 모든 키넥트 센서 트래킹 영역에서는 사용자가 위치한 거리에 상관없이 매우 자연스럽고 효과적으로 운동 동작을 인식하였으며, 전체 자세 평균 86.06% 일치율을 보임. 특히 키넥트 센서가 인식되는 영역 내에서는 거리나 사용자의 키나 체형에 상관없이 운동 프로그램 스크립트에서 요하는 16가지 운동 자세를 비교적 정확히 인식하는 것으로 판단됨.
- 2차 실험 결과 - 상체 운동 동작 (BOTH_SIDE_OUT, BOTH_SIDE_UP, BOTH_SIDE_FRONT, BOTH_SIDE_DOWN, LEFT_HAND_UP, RIGHT_HAND_UP)은 평균 87.85% 일치율을 보임. 특히, BSO, BSU, BSF, BSD, LHU, RHU 운동 동작의 경우 거의 대부분 측면 키넥트 카메라가 아닌 정면 키넥트 카메라로 인식율이 측정되었음.

	BSO	BSU	BSF	BSD	LHU	RHU
270m	85. 7	85. 75333	86. 57	88. 28	87. 75667	88. 81
240m	84. 79	85. 01	87. 49	90. 55333	87. 38	89. 20667
210m	90. 17	85. 65	89. 47	90. 57	87. 71667	89. 73333
180m	89. 94	84. 22667	89. 30333	90. 015	88. 66333	85. 88
150m	90. 56	82. 32	89. 51667	89. 79667	87. 68	86. 95



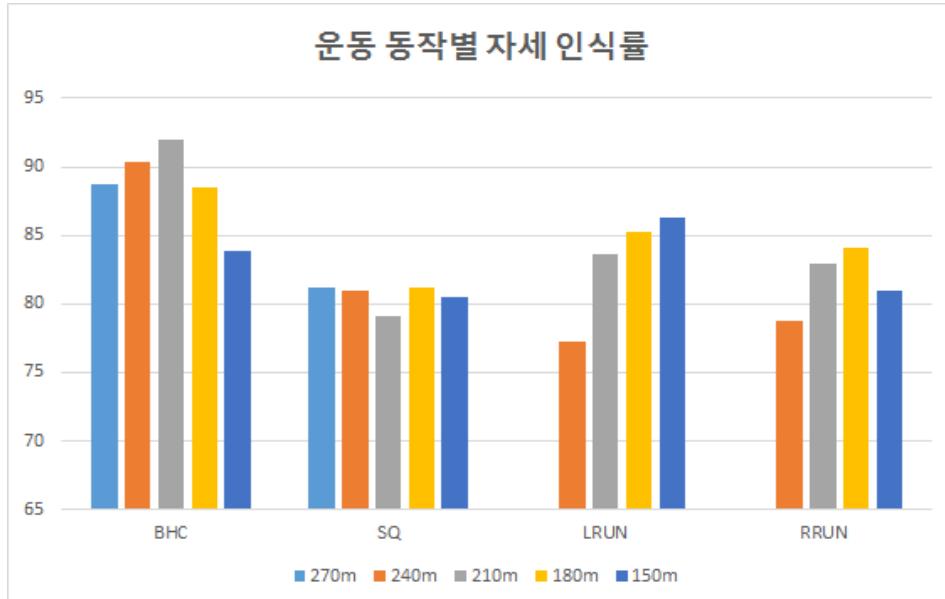
- 2차 실험 결과 - 하체 운동 동작 (LEFT_KNEE_UP, RIGHT_KNEE_UP, LEFT_LEG_AB, RIGHT_LEG_AB, LEFT_KNEE_CURL, RIGHT_KNEE_CURL)은 평균 86.70% 일치율을 보임. LKU, RKU, LLAB, RLAB 운동 동작의 경우 대부분 정면 및 측면 키넥트 카메라에서 모두 인식된 경우가 많았으며 일부는 정면 또는 측면 카메라로 측정이 되기도 함. RKC 운동 동작의 경우는 측면 카메라에서만 측정됨. LKC 운동 동작의 경우도 대부분 측면 카메라에서 측정되는 경우가 많았으며 아주 일부는 양쪽 카메라에서 측정되기도 함. 특히, RKC가 LKC보다 측정이 약간 더 잘 되는데, 그 이유는 측면 카메라의 위치가 피험자의 오른쪽 부분을 보는 방향이기 때문으로 보임.

	LKU	RKU	LLAB	RLAB	LKC	RKC
270m	87. 235	88. 2	86. 76	87. 17	83. 49	88. 565
240m	87. 57333	88. 09333	85. 73333	88. 93667	85. 51	88. 05
210m	88. 50333	90. 185	85. 78667	86. 43	85. 425	86. 82333
180m	87. 91333	91. 38	86. 53333	89. 14667	85. 01333	87. 545
150m	84. 98667	88. 40667	85. 09667	83. 2	80. 48	82. 85



- 2차 실험 결과 - 그외 다른 운동 동작 (BOTH_HAND_CLOSE, SQUAT, LEFT_RUNGE, RIGHT_RUNGE)은 평균 83.64% 일치율을 보임. BHC, SQ 운동 동작의 경우 대부분 정면 키넥트 카메라에서 인식된 경우가 많았으며, 그 다음으로는 양쪽 카메라에서 모두 다 잡히는 경우가 많았음. LRUN, RRUN 운동 동작의 경우는 측면 카메라에서 제일 많이 잡혔고 그 다음으로는 양쪽 카메라에서 모두 다 잡히는 경우가 많았음.

	BHC	SQ	LRUN	RRUN
270m	88.715	81.19333		
240m	90.31	80.955	77.27667	78.77
210m	91.995	79.10333	83.66	82.96667
180m	88.48	81.14	85.21333	84.13667
150m	83.845	80.535	86.285	80.99667



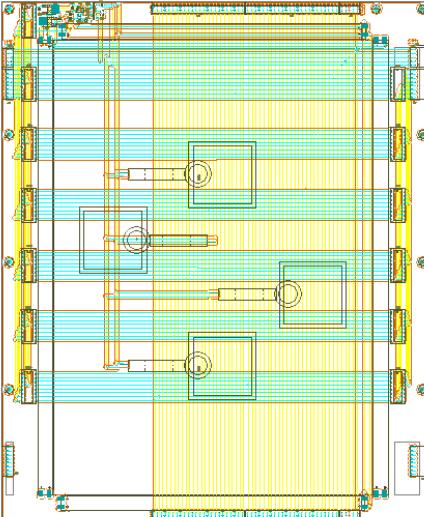
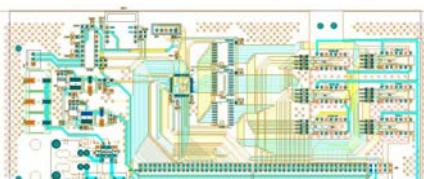
-
- 2차 실험 결과 논의 - 2대의 키넥트를 정면과 오른쪽 측면에서 45도 각도로 바라보는 방향에 설치해 놓고 16종 운동 자세에 대한 실험 결과 자세 일치율이 사용자의 체형이나 키넥트로 부터의 거리에 상관없이 높게 나타났음. 특히, 기존의 정면 키넥트 카메라 1대를 사용할 때 보다는 컬 자세나 런지 자세까지 잡히는 것을 확인할 수 있었으며, 그런 운동 동작의 경우 측면 카메라에서 자세를 인식하는 경우가 많았음. 왼쪽 측면에도 키넥트 카메라를 하나 더 추가해서 하면 좀 더 정확한 자세 인식이 가능할 것으로 보임.

나. 햅틱 기반 스퀘어 매트 센싱 기술 개발

(1) 사용자의 균형감각 및 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 스퀘어 매트 센싱 기술 개발

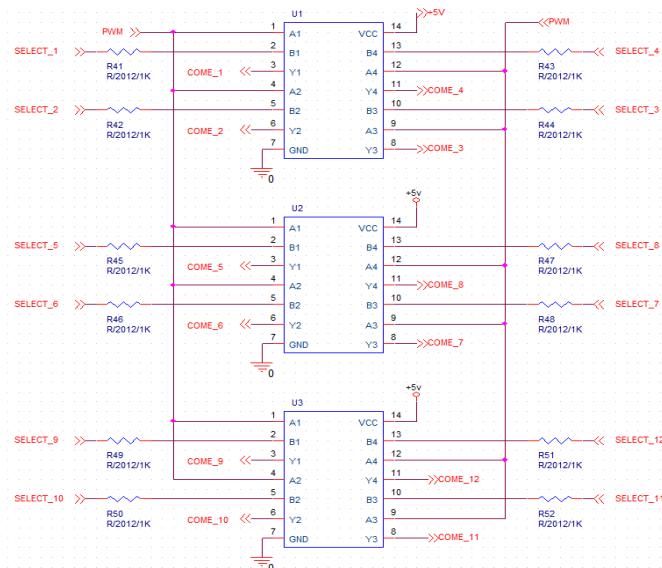
- 스퀘어매트 H/W개발

- 스퀘어 매트는 발로 밟을 수 있는 여러개의 평면 반응모듈과 반응모듈들을 전체적으로 제어하는 콘트롤 모듈, PC나 스마트폰과 연동할 수 있는 무선모듈로 구성함

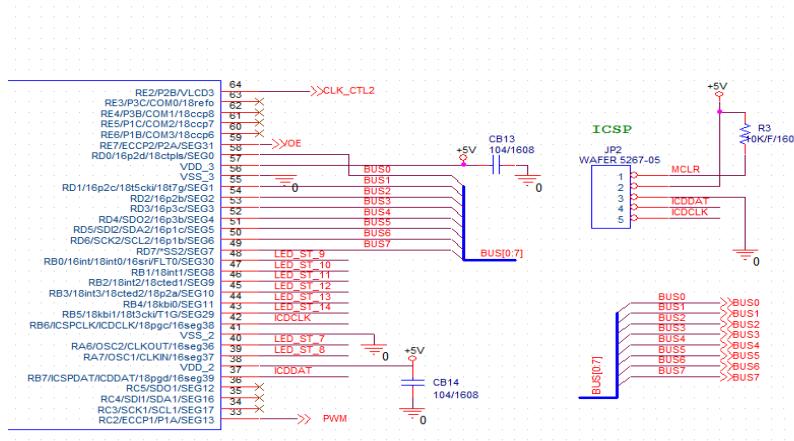
모듈명	구성도	내용
반응모듈	 <p>〈반응모듈〉 회로도</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 독립적인 판으로 구성됨 자기 자신의 주소값을 딥스위치로 형태로 보유하고 있음 • LED를 제어 할 수 있는 인터페이스가 내장되어 있음 • 각 판당 $282.3 \times 349 \times 3\text{mm}^3$
콘트롤 모듈	 <p>〈콘트롤 모듈〉 회로도</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 무선모듈로부터 받은 신호를 분석하여 반응모듈에 LED제어를 명령할 수 있음 • 반응모듈로부터 받은 입력을 체험형 운동게임 구동PC에 신호를 주어 사용자의 스텝정보를 전송할 수 있음
무선모듈	 <p>18mm 20mm</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 스퀘어매트가 체험형 운동게임을 구동하는 PC와 Bluetooth 연결을 수립할 때 무선통신 신호를 송수신하는 모듈

○ 스퀘어매트 H/W 구성도

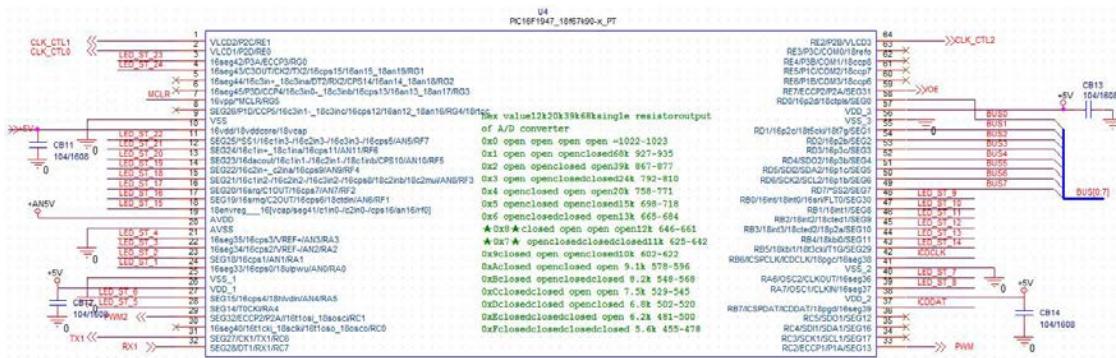
- 반응모듈은 각 칸마다 입력되는 압력마다 저항 값을 통해 구분 지을 수 있는 FSR(Force Sensing Resistor) 센서가 부착되어 있어서 FSR센서를 봄는 행위를 통하여 스위치 형태(True, False)로 밖에 사용할 수 있음.
- 콘트롤 모듈은 독립적으로 구성된 각자의 칸을 8개를 모아 하나의 지역으로 구성하며 3개의 지역을 중앙 제어 모듈 통신모듈 및 센싱모듈을 초기화함. 통신모듈 초기화는 통신부를 초기화하여 연결 할 수 있는 상태를 만들어 주는 과정이며 센싱모듈 초기화는 MCU의 주소 값을 지정하여 서브 컨트롤러와 중앙 컨트롤러 사이에서 몇 번째 칸이 눌렸는지 몇 번째 칸을 눌러야 하는지 알 수 있게 하기 위해 모듈임.
- 무선모듈은 클라이언트와 제어모듈 MCU의 통신을 중개하는 역할을 하고 있다. Serial Port Profile의 타입의 블루투스를 이용하여 통신함.



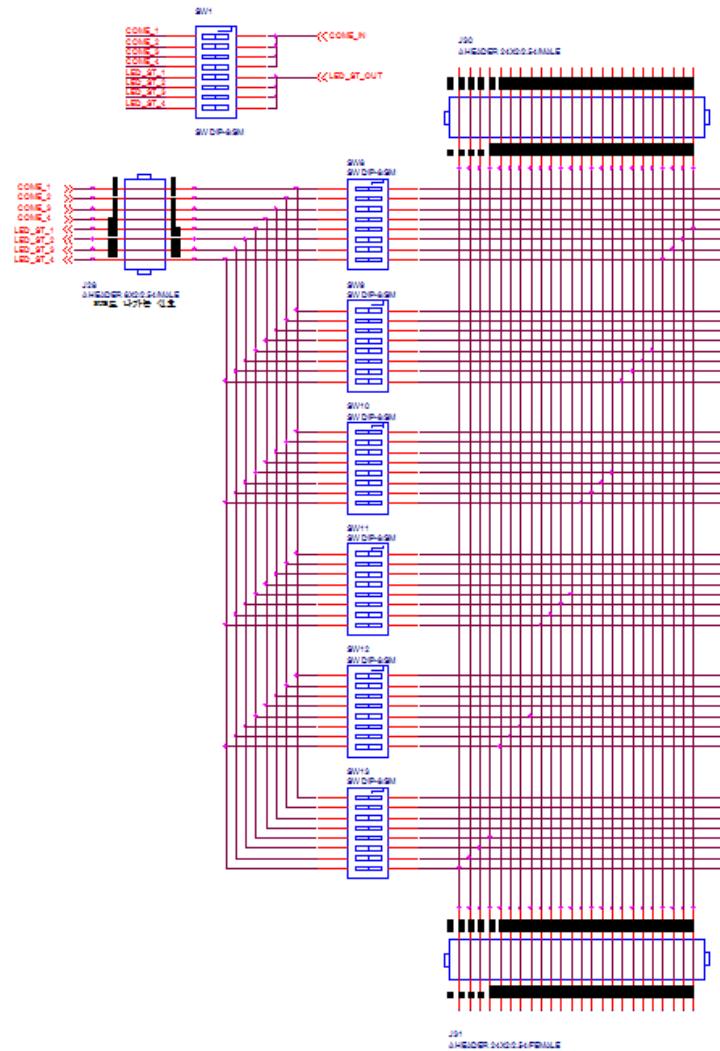
<신호 회로도>



<메인 회로도>

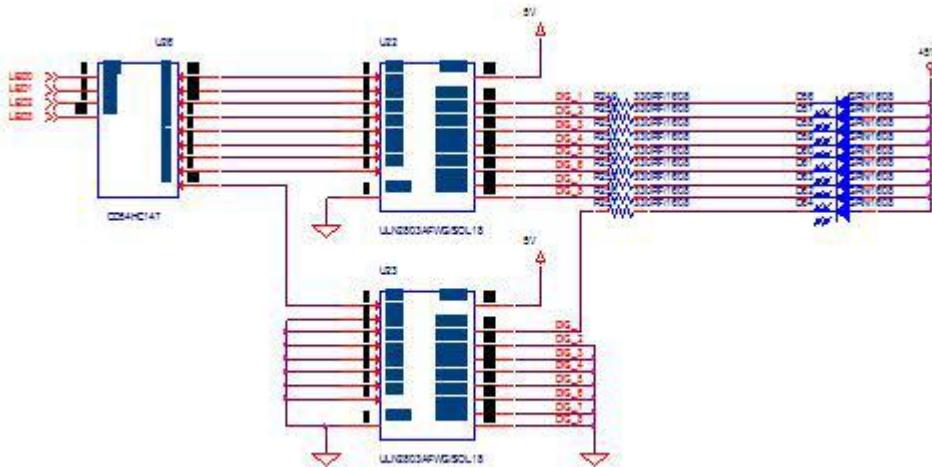


<MCU>

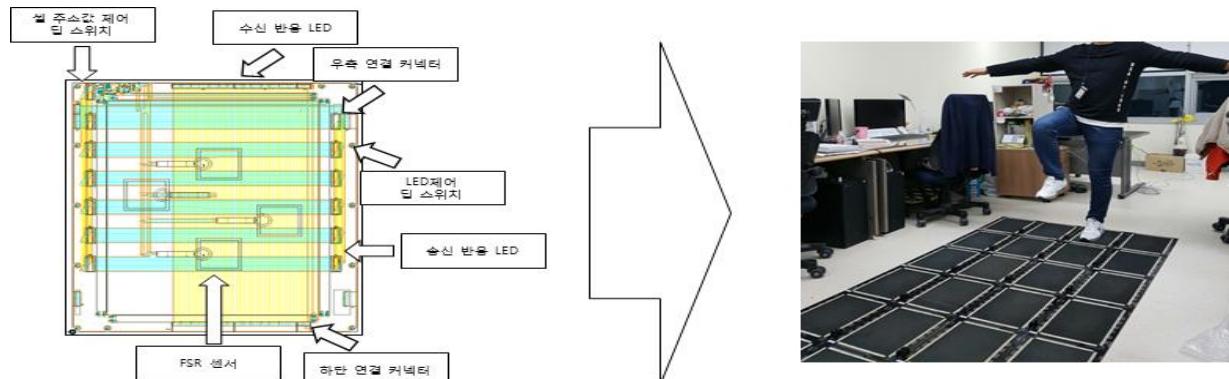


< 스퀘어 매트 셀 회로 >

- FSR센서로 부터 출력되는 차동신호를 증폭하여 FSR센서에 가해지는 압력을 감지하는 회로임. 차동증폭된 신호 이진화되어 MCU의 ADC포트에 연결되어 실시간으로 FSR의 입력을 감지함.

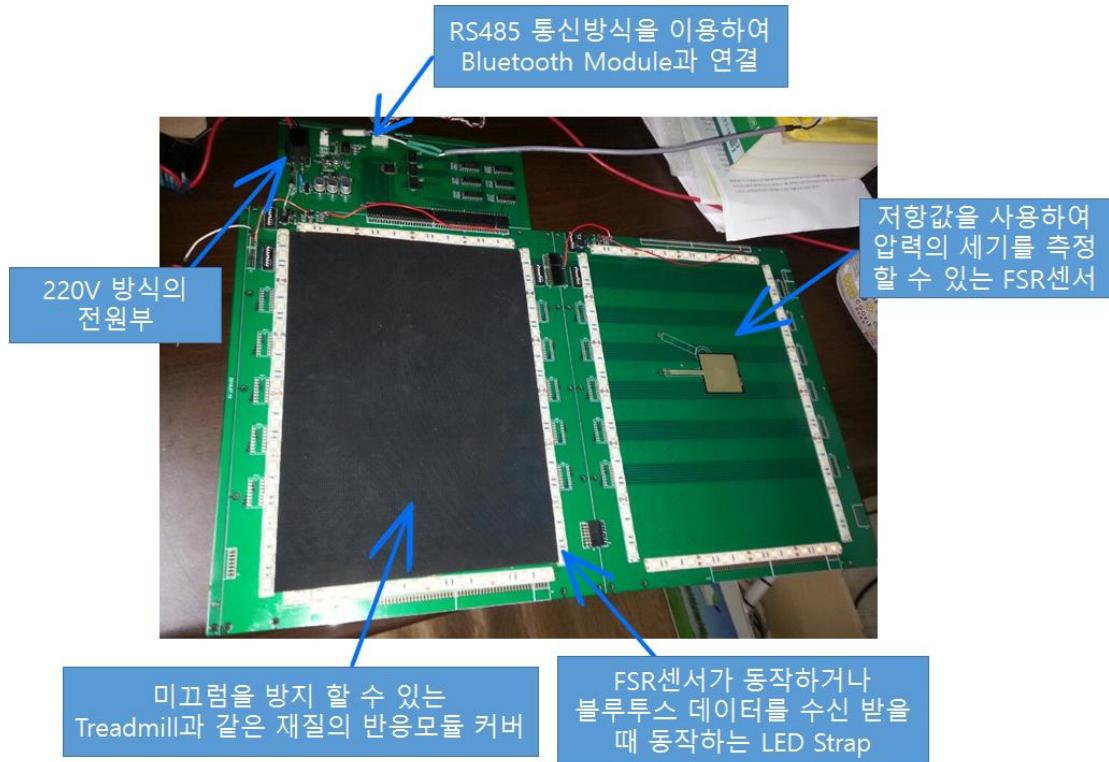


- 압력반응스위치는 저항 값을 사용하여 압력을 세기를 측정하여 반응을 감지하는 방식을 사용함.
- 사용자가 일정 이상의 압력으로 반응모듈을 밟게 되면 FSR센서가 압력을 감지하고 있는 콘트롤 모듈이 ON상태로 인지하게 되며 스위치 형태로 ON/OFF를 제어함
- LED표시등은 해당 반응장치가 반응했을 경우나, 사용자의 반응을 유도하는 용도로 사용되며 반응모듈의 상단에 위치하여 콘트롤 모듈에서 ON/OFF를 제어함.



Property	Spec
크기	282.3 × 349 × 3mm ³
무게	2 Kg
MCU	PIC16F1947
전원	IN Power 220V 60Hz OUT Power DC24V(SMPS 사용)
구성형태	24판 결합형 (Cell별 독립존재)
사용센서	FSR Sensor

AC 전원부	무선 통신부		
	1~8셀 컨트롤러	9~16셀 컨트롤러	17~24셀 컨트롤러
21	22	23	24
17	18	19	20
13	14	15	16
9	10	11	12
5	6	7	8
1	2	3	4



- 스퀘어매트 S/W개발

- 스퀘어 매트 LED 제어기능
- 스퀘어 매트 초기화 기능
- UART통신을 이용한 Bluetooth 인터페이스 구성
- 데이터 수신 오류제어 기능
- 체험형 게임에서의 매트 연결 초기화 및 수립 기능
- 체험형 게임의 인터페이스에 적용하기 위해 Driver Class 와 Util Class 구현
- 스퀘어 매트 스테이터스 체크 기능 구현
- 블루투스 무선 통신신호를 송신기능과 스퀘어 매트 전구색 LED제어 기능 연동
- 스퀘어 매트의 FSR센서와 블루투스 무선 데이터전송기능 연동
- 스퀘어 매트의 FSR센서와 스퀘어 매트 백색 LED제어 기능 연동
- Winsock 기반의 블루투스 통신을 다른 시스템에서도 적용 할 수 있도록 SDK를 동적라이브러리로 구성함
- 스퀘어 매트와 체험형 운동게임 사이에 블루투스 무선 데이터 통신이 가능한 인터페이스 개발

- 스퀘어매트 S/W 개발 내용

- 포트설정

모듈명	소스코드
포트기본설정	<pre> void init_port(void) { //ansel 0=off 1=on //tris 0=out 1=in ANSELA = 0b00000000; TRISA = 0b11111111; TRISB = 0b00111111; TRISC = 0b10000000; TRISD = 0b00000000; ANSELE = 0b00000000; TRISE = 0b00000000; ANSELF = 0b00000000; TRISF = 0b11111111; ANSELG = 0b00000000; TRISG = 0b00000011; } #define pin0 0b00000001 #define pin1 0b00000010 #define pin2 0b00000100 #define pin3 0b00001000 #define pin4 0b00010000 #define pin5 0b00100000 #define pin6 0b01000000 #define pin7 0b10000000 </pre>

- 반응모듈(셀) 상태확인

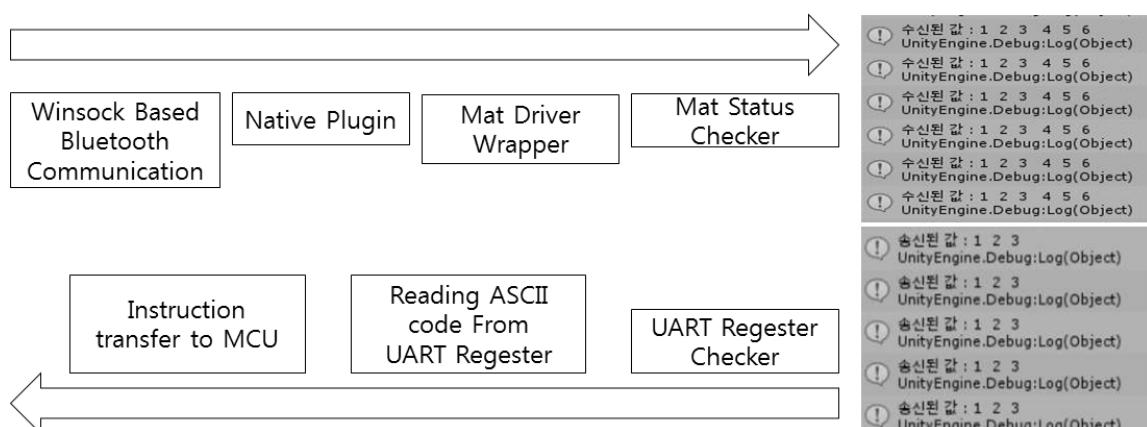
모듈명	소스코드
반응모듈(셀) 상태확인	<pre> if (ST_1 == 1) { //BUS0 = 0; rerxd1[1] = rxd[1]&0b11111110; rxd[1] = rerxd1[1]; PORTD = rxd[1]; ctl0(); interrupt_tx1(); } else if (ST_2 == 1) { //BUS1 = 0; rerxd1[1] = rxd[1]&0b11111101; rxd[1] = rerxd1[1]; PORTD = rxd[1]; ctl0(); } </pre>

```
        interrupt_tx1();  
    }  
    else if (ST_3 == 1) {  
        //BUS2 = 0;  
        rerxd1[1] = rxd[1]&0b11111011;  
        rxd[1] = rerxd1[1];  
        PORTD = rxd[1];  
        ctl0();  
        interrupt_tx1();  
    }  
    else if (ST_4 == 1) {  
        //BUS3 = 0;  
        rerxd1[1] = rxd[1]&0b11110111;  
        rxd[1] = rerxd1[1];  
        PORTD = rxd[1];  
        ctl0();  
        interrupt_tx1();  
    }  
    else if (ST_5 == 1) {  
        //BUS4 = 0;  
        rerxd1[1] = rxd[1]&0b11101111;  
        rxd[1] = rerxd1[1];  
        PORTD = rxd[1];  
        ctl0();  
        interrupt_tx1();  
    }  
    else if (ST_6 == 1) {  
        //BUS5 = 0;  
        rerxd1[1] = rxd[1]&0b11011111;  
        rxd[1] = rerxd1[1];  
        PORTD = rxd[1];  
        ctl0();  
        interrupt_tx1();  
    }  
    else if (ST_7 == 1) {  
        //BUS6 = 0;  
        rerxd1[1] = rxd[1]&0b10111111;  
        rxd[1] = rerxd1[1];  
        PORTD = rxd[1];  
        ctl0();  
        interrupt_tx1();  
    }  
    else if (ST_8 == 1) {  
        //BUS7 = 0;  
        rerxd1[1] = rxd[1]&0b01111111;  
        rxd[1] = rerxd1[1];  
        PORTD = rxd[1];  
        ctl0();  
        interrupt_tx1();  
    }  
}
```

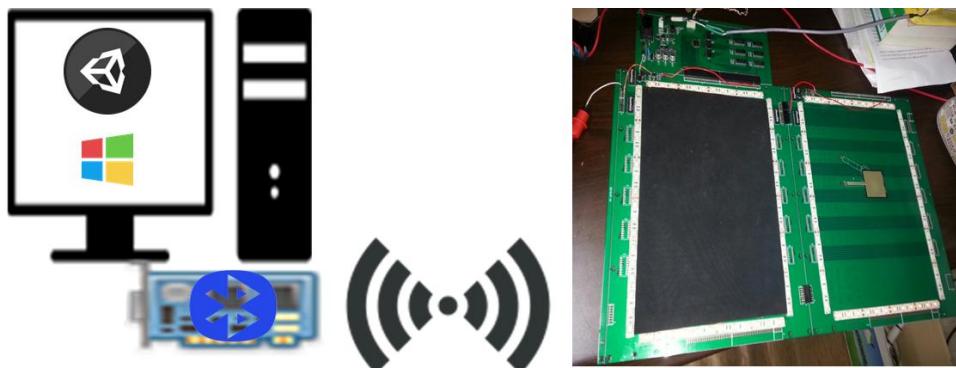
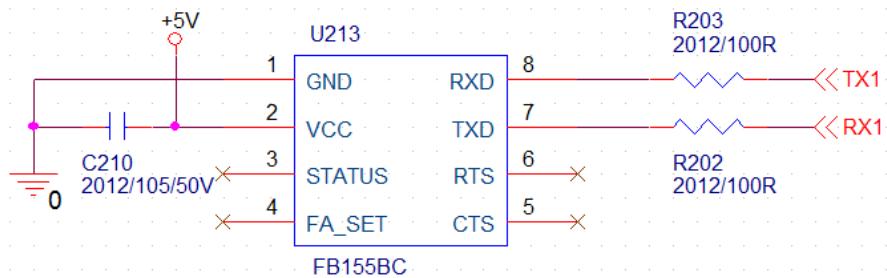
(2) 사용자의 균형감각 및 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 스웨어 매트 데이터 전송 기술 개발

◦ 블루투스 통신 모듈 설계

- UART통신의 임베디드 프로그램으로 구성되어있는 블루투스 인터페이스와 체험형 운동 게임을 운용하는 PC사이에 올바른 데이터 통신을 위해서 데이터 송수신 프로토콜이 필요함.
- 스웨어 매트의 MCU에서 무선 데이터 통신 시 올바른 신호에서만 동작 할 수 있는 프로토콜이 필요함
- 바이너리 데이터로 구성된 MCU의 UART Register에 데이터를 통합형 운동게임에서 수신하여
- MCU에서 Fixed된 상수를 데이터 사이에 넣음으로써 데이터의 올바름을 판단 할 수 있고 올바르지 않다면 해당 데이터가 올바르지 않다고 판단하여 다음 데이터를 수신함.
- 스웨어 매트에서 전송된 데이터는 PC프로그래밍 최소단위인 바이트형태로 수신되므로 바이너리 데이터로 파싱하여 사용자의 스웨어 매트 입력 상태를 알 수 있는 기능 구현
- 무선모듈은 블루투스 RFCOMM방식 중 PC의 COM port(유선)를 대체 할 수 있는 Serial Port Profile을 사용하여 PC에 Bluetooth USB Dongle을 Plug&Play방식으로 간편하게 사용 할 수 있음.

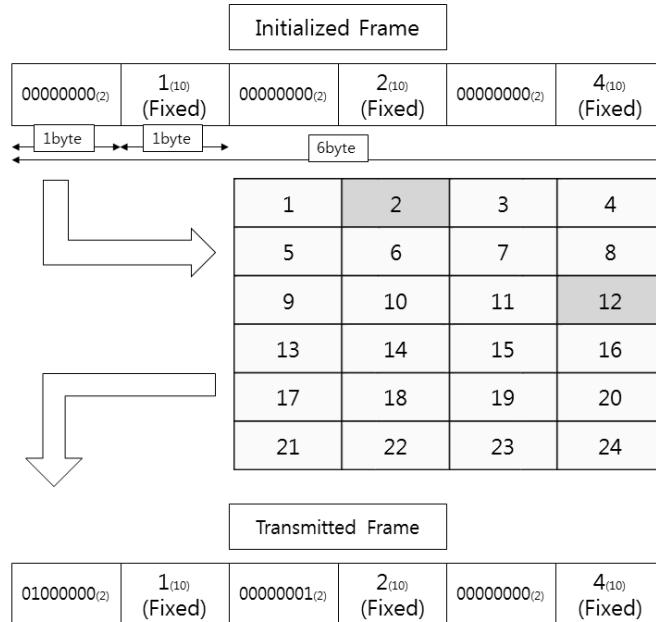


블루투스 규격	V2.1
프로파일	SPP
수신 감도	-83dBm
송신 출력	-2dBm
소비 전류	최대 43mA
입력 전원	3.3VDC +/-0.2
통신 거리	10M이상(Class2)
제품 크기	18x20mm
통신속도	F/W v1.3 - 1200~115,200bps F/W v2.0 - 2,400 ~ 230,400bps
안테나	칩 안테나
인터페이스	UART (TTL Level)
인증정보	KCC(한국), FCC(미국), CE(유럽), SIG(블루투스 인증)

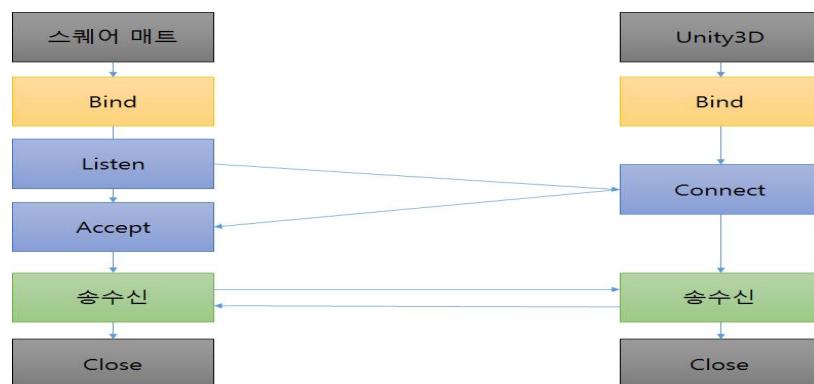


○ 블루투스 통신 프로토콜 설계

- 스퀘어 매트는 rs232와 블루투스 모듈을 이용하여 Serial Port Profile 인터페이스를 구축하고 세부적으로는 115200Bd(baud rate), None Parity, 1byte Data Bits, 1 Stop Bit로 설정됨



- 스퀘어 매트가 정상적인 동작을 위해 Initialization 할 때 아래 그림과 같이 Listen 단계 까지 실행하여 통신 대기 상태가 됨
- Unity3D에서 스퀘어 매트가 필요한 Scene이 Load 되었을 경우 Unity3D내에서 Bluetooth Address기반으로 Socket을 Bind한 후 Connection을 요청함
- 스퀘어 매트에서 Accept단계 Unity에선 Connection단계 까지 마쳤을 경우 서로 데이터를 주고 받을 수 있는 양방향 통신이 가능 한 상태가 되며 미리 프로그래밍 된 프로토콜에 맞추어 데이터를 송수신 함
- 스퀘어 매트를 사용하는 Scene이 종료 후 더 이상 스퀘어 매트와 데이터 통신이 필요 없다고 판단하여 스퀘어매트, Unity3D 각자의 Socket을 Close함으로써 스퀘어 매트와 Unity3D의 통신이 종료됨



- 블루투스 통신 S/W 개발 내용

- 데이터 통신

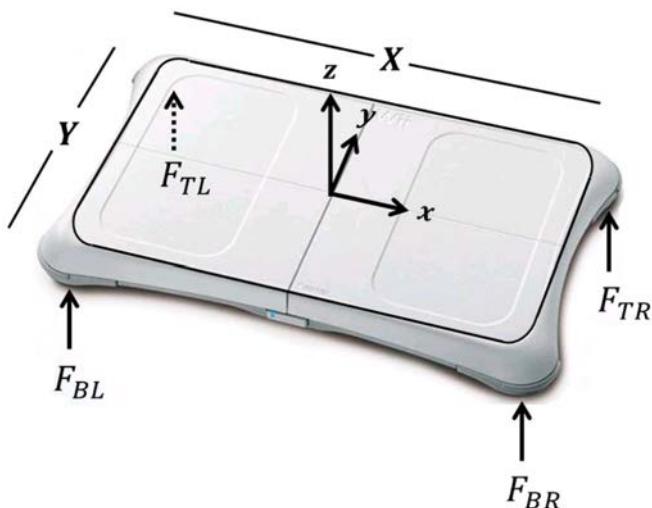
모듈명	소스코드
통신모듈	<pre> void uart_init(signed char baudrate) { mcu.ct1=0; mcu.sndCnt=0; mcu.rxCnt=0; mcu.txCnt=0; mcu.rfg=0; mcu.tfg=0; rx_mode(); //콘트롤러는 수신대기한다. GIE = 0; // = di(); PEIE = 0; TX1STAbits SYNC=0;BAUD1CONbits BRG16=1;TX1STAbits .BRGH=1;//TX1STAbits SYNC=0; uint32_t bau; switch(baudrate) { case BAUDRATE384: bau=38400;break; case BAUDRATE192: bau=19200;break; case BAUDRATE576: bau=57600;break; case BAUDRATE96: bau=115200;break; } TX1STAbits.TXEN = 1;//trasmit enable bit RC1STAbits.SPEN = 1;//serial port enable bit RC1STAbits.CREN = 1;//Continuous Receive Enable bit } </pre>

```
void rx_mode(void) {  
    mcu.rxCnt = 0;  
    tx_port=1;//tx포트를 입력핀으로  
    tx_enable = 0;  
    RC1IE = 1;  
}  
  
void tx_mode(void) {  
    tx_port=0;//tx포트를 출력핀으로  
    tx_enable=1;//485 tx 모드로  
}  
  
void interrupt_tx1() {  
#define tx_data1 (ST8|ST7|ST6|ST5|ST4|ST3|ST2|ST1)  
#define tx_data2  
(ST16|ST15|ST14|ST13|ST12|ST11|ST10|ST9)  
#define tx_data3  
(ST24|ST23|ST22|ST21|ST20|ST19|ST18|ST17)  
  
    mcu.txCnt=0;  
    txd[0]=1;  
    txd[1]=tx_data1;  
    txd[2]=2;  
    txd[3]=tx_data2;  
    txd[4]=4;  
    txd[5]=tx_data3;  
    mcu.sndCnt=6;  
    int i;  
    for (i=0; i <mcu.sndCnt; i++)  
    {  
        //__delay_ms(100);  
        //CLRWDT();  
        TX1REG = txd[i];  
        while (TX1STAbits.TRMT == 0);  
    }  
    __delay_ms(100);
```

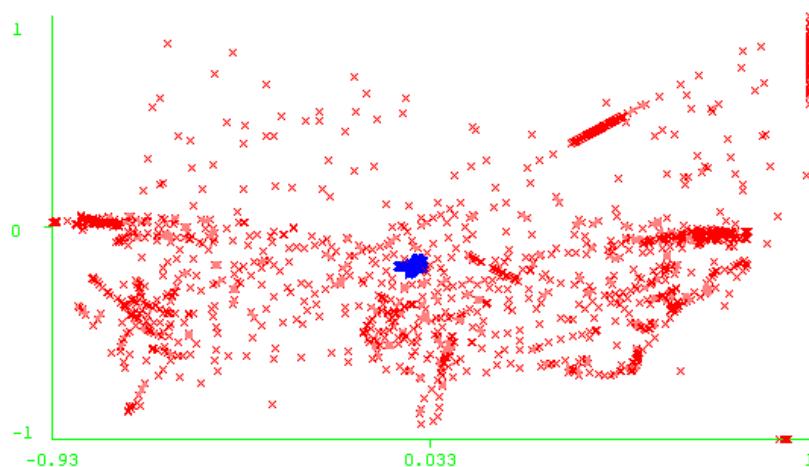
(3) 밸런스보드를 이용한 균형정보획득 및 기계학습을 이용한 균형감각 점수화 기능

- 머신러닝을 이용한 균형감각 판별 점수화기능 구현

- 밸런스 보드에서 수신한 데이터를 300프레임을 저장하여 계속적으로 Classifier를 빌드하고 Prediction을 하는 것은 처리지연이 발생 할 수 있음. 현재 시스템은 서버와 클라이언트와 서버가 같은 로컬에서 동작함. 그러나 이식성을 고려하여 스마트폰 어플리케이션의 REST API에서 전송받아 서버에서 처리하도록 구현하였음. C# Sciprt에서 구성되어 있는 HTTP 프로토콜에서 이용할 수 있도록 WWWForm 객체를 이용하여 Serialized 된 데이터를 변환하여 WAS로 전송함. 다시 객체로 변환하여 미리 Web Server내부에 저장되어 있는 Train Data와 비교하여 머신러닝 알고리즘에 의거하여 사용자의 균형감각을 판별함.



$$CoP_x = \frac{X}{2} \frac{(TR - BR) - (TL + BL)}{TR + BR + TL + BL}, \quad CoP_y = \frac{Y}{2} \frac{(TR + TL) - (BR + BL)}{TR + BR + TL + BL}$$



- Train Set인 Wii Balance Board COP 데이터를 4684개를 보유하고 있는 데이터를 좌표 점위에 표현하였음. 이 데이터를 기반으로 정확성을 최우선적으로 고려하여 비지도학습 지도학습을 알고리즘을 선택하여 균형감각 점수 계산
- 실험 결과 - 위의 실험 결과는 정자세를 유지할 시, 임의의 자세일시 측정한 결과 분석과 같이 데이터가 정자세일 경우 일정한 군집을 형성하나 임의의 자세일 경우 무작위적인 군집을 형성함.
 - 지도학습 Supervised Learning 적용
- Support Vector Machine을 이용한 균형감각판별

TR	FP	Precision	Recall	F-Measure	MCC	R O C Area	P R C Area	Class
1. 000	0. 097	0. 920	1. 000	0. 958	0. 911	0. 952	0. 920	True
0. 903	0. 000	1. 000	0. 903	0. 949	0. 911	0. 952	0. 949	False
Weighted Avg.	0. 954	0. 051	0. 958	0. 954	0. 954	0. 911	0. 952	0. 934

Confusion Matrix

	정자세예측	비정자세예측
실제정자세	2495	0
실제비정자세	200	1985

$$Accuracy = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

$$Precision = \frac{2495}{2495 + 200}$$

$$Recall = \frac{2495}{2495 + 0}$$

$$\therefore 96\%$$

- 실험 결과 - 위의 실험 결과는 정자세를 유지하는 것은 상대적으로 잘 판단하지만 비정자세를 정자세로 인식하는 경우가 발생되어 실제 데이터를 입력받는 경우 점수가 상당히 높게 출력됨. 또한 적절한 커널에 튜닝에 대한 연구를 추가적으로 진행하여야 하므로 상당한 시간이 소요될 것 이라고 판단됨

- Naive bayes을 이용한 균형감각판별

Attribute		정자세 (53%)	비정자세 (47%)
X	mean	-0.0014	0.2256
	std, dev	0.0093	0.5506
	weight sum	2495	2185
	precision	0.0005	0.0005
Y	mean	-0.1747	0.0318
	std, dev	0.0173	0.456
	weight sum	2495	2185
	precision	0.0005	0.0005

TR	FP	Precision	Recall	F-Measure	MCC	R O C Area	P R C Area	Class
0.988	0.004	0.997	0.988	0.992	0.984	0.999	0.999	True
0.966	0.012	0.986	0.996	0.991	0.984	0.999	1.000	False
Weighted Avg.	0.992	0.008	0.992	0.992	0.992	0.984	0.999	0.999

Confusion Matrix

	정자세예측	비정자세 예측
실제정자세	2465	30
실제비정자세	8	2177

$$Accuracy = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

$$Precision = \frac{2465}{2465 + 8}$$

$$Recall = \frac{2465}{2465 + 30}$$

$$\therefore 99\%$$

- 실험 결과 - 높은 정확성을 가지고 있지만 실제 테스트 데이터를 Prediction하면 예상보다 낮게 점수가 나오는 편이나 가장 상황적인 데이터를 잘 인식함.
- 비지도학습 Unsupervised learning
- EM 군집화 알고리즘을 이용한 균형감각판별

속성		Cluster 0 (47%)	Cluster 1 (53%)
X	mean	0.2224	-0.0009
	std. dev.	0.5481	0.0079
Y	mean	0.0292	-0.1746
	std. dev.	0.4539	0.0174
class	True	27.6212	2469.3788
	False	2185.2118	1.7882
total		2212.8329	2471.1671

- 실험 결과 - 위 실험결과 데이터는 따로 추가적인 학습데이터가 필요하지 않고 자세판별도 우수하게 나왔으나 클러스터링 할 때마다 다른 결과를 가지고 있으므로 균형감각판별에 사용하기 적절하지 않다.

2 고령자 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램 개발 및 평가

가. 치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 개발

(1) 운동프로그램- 활력걷기

◦ 개요

- 고령화와 함께 걷기동작에 제한이 생기며 보행은 건강상태 및 삶의 질을 평가하기 위해 사용할 수 있는 기초 요인임.
- 고령자는 걷기 동작 시 일정한 박자를 유지하여 안정적으로 걷는 것에 제한이 있음.
- 걷기 동작 시 체간을 바로 세우고 걷는지 카메라가 모니터링 함.

◦ 목적 및 특성

- 척주기립근과 체간의 힘을 사용하여 단순한 걷기동작의 반복 연습을 통해 활력을 기르고 기초체력을 키움.
- 단순하게 앞으로 전진하는 동작에서 난이도 별로 변형된 걷기를 하면서 뇌활동을 유도 함.

◦ 측정요인

- 스텝 순서, 스텝 위치, 규칙적인 스텝 리듬, 체간의 직립상태

◦ 난이도

- 스텝방향을 좌·우 → 전방 전진 → 사선 전방 → 좌우 + 사선 전방 → 좌우 + 전후 + 사선전방 + 사선 후방으로 스텝 방향 변환하여 점증적으로 난이도 향상시킴

◦ 프로그램 내용: (표 내용)

프로그램 1. 활력걷기프로그램 - 초급

단계	활력 걷기 프로그램- 초급			
1단계		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
2단계		2		
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
			1	
3단계		2	3	
		4-2	1-3	
		2-4	3-1	
		4-2	1-3	
		2-4	3-1	
		4	1	
4단계	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
5단계	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3

프로그램 1. 활력걷기프로그램 - 중급

단계	활력 걷기 프로그램- 중급			
1단계	6	8	7	5
	4	2	1	3
	6	8	7	5
	4	2	1	3
	6	8	7	5
	4	2	1	3
2단계	4		3	
		2	1	
	4		3	
		2	1	
	4		3	
		2	1	
3단계	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
4단계	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
5단계	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3

프로그램 1. 활력걷기프로그램 - 고급

단계	활력 걷기 프로그램- 고급			
1단계	8	6	5	7
	2	4	1	3
	8	6	5	7
	2	4	1	3
	8	6	5	7
	2	4	1	3
2단계	8	6	5	7
	2	4	1	3
	8	6	5	7
	2	4	1	3
	8	6	5	7
	2	4	1	3
3단계	8	6	5	7
	2	4	1	3
	8	6	5	7
	2	4	1	3
	8	6	5	7
	2	4	1	3
4단계	8	6	5	7
	2	4	1	3
	8	6	5	7
	2	4	1	3
	8	6	5	7
	2	4	1	3
5단계	8	6	5	7
	2	4	1	3
	8	6	5	7
	2	4	1	3
	8	6	5	7
	2	4	1	3

(2) 운동프로그램 - 균형감각 증진 걷기 프로그램: 근력

○ 개요

- 고령화와 함께 근육 및 근력이 감소하고 동시에 균형 감각이 감소하여 낙상문제가 발생 함.
- 낙상은 고령자의 삶의 질과 건강상태를 위협하는 매우 치명적인 사고라 할 수 있음.
- 걷기동작에 중점적으로 관여되는 대퇴사두근, 장요근, 대요근, 비복근을 강화하기 위하여 걷기 동작을 응용하여 실시함.
- 고령화와 함께 걷기동작에 제한이 생기며 보행은 건강상태 및 삶의 질을 평가하기 위해 사용할 수 있는 기초 요인임.

○ 목적 및 특성

- 단순 걷기 동작을 반복적으로 실시하여 고령자가 흥미를 잃지 않고 지속해서 재미있게 운동함.
- 전방으로 걸어가는 동작으로 장요근과 대요근을 단련시키고, 제자리에서 스쿼트 동작을 실시하여 대퇴사두근 주변의 근육을 단련시킴. 또한 가장 난이도가 높은 강도에서는 비복근과 발목을 사용할 수 있는 동작도 첨가하여 종합적으로 균형감각을 유지하는데 사용되는 근육을 단련시킴.

○ 측정요인

- 스텝 순서, 스텝 위치, 규칙적인 스텝 리듬, 체간의 적립상태

○ 난이도

- 균형감각 향상을 위한 하체 근육 단련: 좌 → 우 → 좌우
- 보행에 관련되는 체간 중심 및 하체 근육 단련을 위한 동작 (무릎 90도로 들기, 스쿼트 동작 등)을 기본 스텝과 혼합 구성

○ 프로그램 내용: (표 내용)

프로그램 2. 균형감각증진프로그램 - 초급

단계	균형감각증진걷기- 초급			
1단계		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
		2	1	
2단계	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
3단계	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
	2	4	1	3
4단계	4	2	1	3
	2	4	1	3
	4	2	1	3
	2	4	1	3
	4	2	1	3
	2	4	1	3
5단계	4	2	1	3
	2	4	1	3
	4	2	1	3
	2	4	1	3
	4	2	1	3
	2	4	1	3

프로그램 2. 균형감각증진프로그램 - 중급

단계	균형감각증진걷기- 중급			
1단계	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
2단계	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
3단계	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
	4	2	1	3
4단계		2	3	
		2	3	
		2-4	3-1	
		2-4	3-1	
		4	1	
		4	1	
5단계		2	3	
		2	3	
		2-4	3-1	
		2-4	3-1	
		4	1	
		4	1	

프로그램 2. 균형감각증진프로그램 - 고급

단계	균형감각증진걷기-고급																											
1단계	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>													4	5							2	6	3	1		1-2-Sq 3-4-런지 5-6-런지	
4	5																											
2	6	3	1																									
2단계	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>													4	5							2	6	3	1		1-2-Sq-Sq 3-4-런지-런지 5-6-런지-런지	
4	5																											
2	6	3	1																									
3단계	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>													4	5							2	6	3	1		1-2Sq-3, 4, 5, 6, 7, 8(고정) =스쿼트를 8초동안 유지 3-4런지-런지 5-6런지-런지	
4	5																											
2	6	3	1																									
4단계	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>													4	5							2	6	3	1		1-2-Sq 3-4런지-3, 4, 5, 6, 7, 8(고정) 5-6런지-3, 4, 5, 6, 7, 8(고정)	
4	5																											
2	6	3	1																									
5단계	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4</td><td style="text-align: center;">5</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">3</td><td style="text-align: center;">1</td></tr> </table>													4	5							2	6	3	1		1-2Sq-3, 4, 5, 6, 7, 8(고정) 3-4런지-3, 4, 5, 6, 7, 8(고정) 5-6런지-3, 4, 5, 6, 7, 8(고정)	
4	5																											
2	6	3	1																									

(3) 운동프로그램 - 인지향상 걷기 프로그램 - dual task

◦ 개요

- 걷기동작과 함께 추가로 과제(task)가 주어지는 경우 걷는 속도가 느려지며 이는 건강한 고령자와 경도치매자의 경우 모두 인지기능과 상관성이 있는 것으로 나타남 (예-걸으면서 숫자 거꾸로 세기).
- 걷기와 함께 상체 팔동작을 동시에 실시하는 dual task walking을 함. 이는 뇌활동을 촉진시켜 인지기능 향상에 긍정적 효과를 미칠 수 있을 것임.

◦ 목적 및 특성

- 난이도를 세분화하고 점증적으로 높여줌으로써 중도탈락을 방지하고 도전과 흥미를 유발하도록 함.
- 걷기의 기본 자세, 걷기 순서, 상 하체의 분리된 과제 모두를 동시에 수행하는지 모니터화면이 실시간으로 성공여부를 알려주도록 함.
- 학습형 트레이닝 개념으로 화면을 보고 배우면서 단계별 프로그램을 성공적으로 수행할 수 있도록 유도함.

◦ 측정요인

- 스텝 순서, 스텝 위치, 규칙적인 스텝 리듬, 체간의 직립상태, 상체와 하체 동작의 정확도

◦ 난이도

- 상체의 움직임: 위, 중간, 아래로 팔의 위치를 단순 변환하여 구성
- 팔의 위치 변환과 함께 스텝의 위치 변환도 난이도를 구성

◦ 프로그램 내용: (표 내용)

프로그램 3. dual task - 초급

단계		dual task-초급																												
1단계	<table border="1" style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>2-4</td><td>1-3</td><td></td></tr> <tr><td></td><td colspan="3" style="text-align: center;">x2회</td></tr> </table>																						2-4	1-3			x2회			1씩-2씩-3씩-4씩 팔: ——^ ^ 2씩까지 팔을 수평으로 이후 내림(차렷) 1씩-2씩-3씩-4씩 팔: ——^ ^ 2씩이후 팔을 수평으로 이후 내림(차렷)
	2-4	1-3																												
	x2회																													
2단계	<table border="1" style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>2-4</td><td>1-3</td><td></td></tr> <tr><td></td><td colspan="3" style="text-align: center;">x2회</td></tr> </table>																						2-4	1-3			x2회			1씩-2씩-3씩-4씩 팔: ——v v 2씩까지 팔을 수평으로 이후 올림(만세) 1씩-2씩-3씩-4씩 팔: ——v v 2씩이후 팔을 수평으로 이후 올림(만세)
	2-4	1-3																												
	x2회																													
3단계	<table border="1" style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>2-4</td><td>1-3</td><td></td></tr> <tr><td></td><td colspan="3" style="text-align: center;">x2회</td></tr> </table>																						2-4	1-3			x2회			1씩 2씩 3씩 4씩 팔: —^-^-^-^-^
	2-4	1-3																												
	x2회																													
4단계	<table border="1" style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>2-4</td><td>1-3</td><td></td></tr> <tr><td></td><td colspan="3" style="text-align: center;">x2회</td></tr> </table>																						2-4	1-3			x2회			1씩 2씩 3씩 4씩 팔: —v—v—v—v
	2-4	1-3																												
	x2회																													
5단계	<table border="1" style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>4-8</td><td>2-6</td><td>1-5</td><td>3-7</td></tr> </table>																		4-8	2-6	1-5	3-7	1-2-3-4 팔: —v—^ 1수평 2만세 3수평 4차렷 5-6-7-8 팔: —v—^ 5수평 6만세 7수평 8차렷							
	4-8	2-6	1-5	3-7																										

프로그램 3. dual task - 중급

단계	dual task-중급																											
1단계	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2-8</td><td style="text-align: center;">3-7</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4-6</td><td style="text-align: center;">1-5</td><td></td><td></td></tr> </table>																	2-8	3-7			4-6	1-5			1-2-3-4		
2-8	3-7																											
4-6	1-5																											
		팔: ——^ ^																										
		1수평 2수평 3차렷 4차렷																										
		5-6-7-8																										
		팔: ——^ ^																										
		5수평 6수평 7차렷 8차렷																										
2단계	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2-8</td><td style="text-align: center;">3-7</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4-6</td><td style="text-align: center;">1-5</td><td></td><td></td></tr> </table>																	2-8	3-7			4-6	1-5			1-2-3-4		
2-8	3-7																											
4-6	1-5																											
		팔: ——^ ^																										
		1수평 2수평 3차렷 4차렷																										
		5-6-7-8																										
		팔: ——v v																										
		5수평 6수평 7만세 8만세																										
3단계	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2-8</td><td style="text-align: center;">3-7</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">4-6</td><td style="text-align: center;">1-5</td><td></td><td></td></tr> </table>																	2-8	3-7			4-6	1-5			1-2-3-4		
2-8	3-7																											
4-6	1-5																											
		팔: ——v v																										
		1수평 2수평 3만세 4만세																										
		5-6-7-8																										
		팔: ——^ ^																										
		5수평 6수평 7차렷 8차렷																										
4단계	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">4-8</td><td style="text-align: center;">1-7</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> </table>																	2	3			6	4-8	1-7	5	1-2-3-4		
2	3																											
6	4-8	1-7	5																									
		팔: ——^ ^																										
		1수평 2수평 3차렷 4차렷																										
		5-6-7-8																										
		팔: ——^ ^																										
		5수평 6수평 7차렷 8차렷																										
5단계	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">2</td><td style="text-align: center;">3</td><td></td><td></td></tr> <tr><td style="text-align: center;">6</td><td style="text-align: center;">4-8</td><td style="text-align: center;">1-7</td><td style="text-align: center;">5</td></tr> </table>																	2	3			6	4-8	1-7	5	1-2-3-4		
2	3																											
6	4-8	1-7	5																									
		팔: ——^ ^																										
		1수평 2수평 3차렷 4차렷																										
		5-6-7-8																										
		팔: ——v v																										
		5수평 6수평 7만세 8만세																										

프로그램 3. dual task 프로그램 - 고급

단계	dual task-고급			
1단계				
2단계				
3단계				
4단계				
5단계				

(4) 운동프로그램 - 인지향상 걷기 프로그램 - 시지각

○ 개요

- 시지각이란 망막에서 얻은 자료를 인지개념으로 전환시켜 변별하고 분석하는 능력임.
- 시지각능력은 인지능력과 유의한 상관관계가 있으며 고령자, 뇌혈관질환 환자, 경도치매자의 치료를 위해 활용되는 요인임.
- 인체의 평형상태를 위해서는 시지각능력과 균형감각이 포함된 통합감각을 유지 또는 감소를 자연시켜야 함.

○ 목적 및 특성

- 화면을 통하여 운동자가 걸어야 하는 스텝경로를 본 후 스스로 걷도록 함.
- 시각적으로 보고 이해하고 암기한 정보를 걷기동작을 실시 함.
- 화면에서 제공하는 시각적 정보는 난이도가 높아짐에 따라 감소시킴.
- 게임요소를 넣어 재미와 동기부여를 함.

○ 측정요인

- 스텝 순서, 스텝 위치, 규칙적인 스텝 리듬, 체간의 직립상태, 상체와 하체의 동작의 정확도

○ 난이도

- 1단계 에서는 4줄에 해당되는 스텝의 숫자를 제시 → 2단계 에서는 2줄만 제시 → 3단계 에서는 1줄만 제시

○ 프로그램 내용: (표 내용)

프로그램 4. 시지각 프로그램 - 초급

단계	시지각-초급																								
1단계	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4-2</td><td>8-6</td><td>3-1</td><td>7-5</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>1</td><td>5</td></tr> </table>													4	8	3	7	4-2	8-6	3-1	7-5	2	6	1	5
4	8	3	7																						
4-2	8-6	3-1	7-5																						
2	6	1	5																						
2단계	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>8</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>4-2</td><td>8-6</td><td>3-1</td><td>7-5</td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>1</td><td>5</td></tr> </table>													4	8	3	7	4-2	8-6	3-1	7-5	2	6	1	5
4	8	3	7																						
4-2	8-6	3-1	7-5																						
2	6	1	5																						
3단계	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>2-4</td><td>6-8</td><td>3-1</td><td>7-5</td></tr> <tr><td>4</td><td>8</td><td>1</td><td>5</td></tr> </table>													2	6	3	7	2-4	6-8	3-1	7-5	4	8	1	5
2	6	3	7																						
2-4	6-8	3-1	7-5																						
4	8	1	5																						
4단계	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>2-4</td><td>6-8</td><td>3-1</td><td>7-5</td></tr> <tr><td>4</td><td>8</td><td>1</td><td>5</td></tr> </table>													2	6	3	7	2-4	6-8	3-1	7-5	4	8	1	5
2	6	3	7																						
2-4	6-8	3-1	7-5																						
4	8	1	5																						
5단계	<table border="1"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>6</td><td>3</td><td>7</td></tr> <tr><td>2-4</td><td>6-8</td><td>3-1</td><td>7-5</td></tr> <tr><td>4</td><td>8</td><td>1</td><td>5</td></tr> </table>													2	6	3	7	2-4	6-8	3-1	7-5	4	8	1	5
2	6	3	7																						
2-4	6-8	3-1	7-5																						
4	8	1	5																						

프로그램 4. 시지각 프로그램 - 중급

단계	시지각-중급			
1단계				
	4	6	5	3
	4-8	6-2	5-1	3-7
	8	2	1	7
2단계				
	4	8	7	3
	4-6	8-2	7-1	3-5
	6	2	1	5
3단계				
	4	6	5	3
	4-8	6-2	5-1	3-7
	8	2	1	7
4단계				
	4	8	7	3
	4-6	8-2	7-1	3-5
	6	2	1	5
5단계				
	6	5		
	2	4-8	1-7	3

프로그램 4. 시지각 프로그램 - 고급

단계	시지각-고급			
1단계				
	2	8	3	7
	2-4	8-6	3-1	7-5
	4	6	1	5
2단계				
	2	6	3	5
	2-4	6-8	3-1	5-7
	4	8	1	7
3단계				
	8	2	3	7
	8-6	2-4	3-1	7-5
	6	4	1	5
4단계				
	6	2	3	5
	6-8	2-4	3-1	5-7
	8	4	1	7
5단계				
	6	2	3	7
	6-8	2-4	3-1	7-5
	8	4	1	5

나. 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술 개발

(1) 운동프로그램 실험평가 결과

- 객관적 평가- 설문지

객관적 평가도구	설문지																																													
대상	운동프로그램 참여자 모두																																													
	<p>■ 답변 요일: 2016년 10월 2일 ■ 답변자 성함: <u>윤분</u></p> <p>귀하는 지난 2주 동안 응평보건분소에서 4×6개의 네모 발판 위에서 걷기운동에 참여하셨습니다. 다음 문제에 답해주세요.</p> <p>(1) 이 운동은 평지에서 걸을 때만큼의 운동강도에 해당된다고 생각한다.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>절대 아니다</td> <td>아니다</td> <td>보통이다</td> <td>그렇다</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 매우그렇다</td> </tr> </table> <p>(2) 다리를 들고 내리는 동작과 걷기를 함께하는 운동 이었기에 하체근력을 튼튼히 할 수 있는 운동이라 생각한다.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>절대 아니다</td> <td>아니다</td> <td>보통이다</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 그렇다</td> <td><input type="checkbox"/> 매우그렇다</td> </tr> </table> <p>(3) 2주동안 이었지만, 무릎을 올리고 내리는 동작을 걷기와 함께 하였기에 한쪽 다리로 균형감각을 유지할 수 있는 능력이 향상되었다고 생각한다.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>절대 아니다</td> <td>아니다</td> <td>보통이다</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 그렇다</td> <td><input type="checkbox"/> 매우그렇다</td> </tr> </table> <p>(4) 다양한 형태의 걷기운동으로 꾸준히 실행한다면, 하체의 근력과 균형능력을 향상시킬 수 있을 것이다.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>절대 아니다</td> <td>아니다</td> <td>보통이다</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 그렇다</td> <td><input type="checkbox"/> 매우그렇다</td> </tr> </table> <p>(5) 이 운동을 꾸준히 한다면 유산소운동의 효과를 얻을 수 있고 전반적으로 체력을 키울 수 있는 운동이 될 수 있다.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>절대 아니다</td> <td>아니다</td> <td>보통이다</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 그렇다</td> <td><input type="checkbox"/> 매우그렇다</td> </tr> </table> <p>(6) 일부 동작은 걷기동작의 유형을 암기하면서 발판을 밟아야 했다. 이런 걷기유형은 기억력이 나빠지는 것에 긍정적인 효과를 줄 수 있을 것이라 생각한다.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>절대 아니다</td> <td>아니다</td> <td>보통이다</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 그렇다</td> <td><input type="checkbox"/> 매우그렇다</td> </tr> </table> <p>(7) 하지의 걷기유형과 상체의 팔 움직임을 따로 따로 동시에 움직여야 했다. 이런식의 걷기운동은 뇌활동에 도움이 된다고 생각한다.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>절대 아니다</td> <td>아니다</td> <td>보통이다</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 그렇다</td> <td><input type="checkbox"/> 매우그렇다</td> </tr> </table> <p>(8) 이 운동이 치매예방을 위해 운동을 실시하라고 하는 일반적인 권고사항에 활용될 수 있다고 생각한다. 즉, 오랫동안 꾸준히 이러한 형태의 걷기운동을 하는 경우에 치매예방을 위한 운동효과를 기대할 수 있을 것이다.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>절대 아니다</td> <td>아니다</td> <td>보통이다</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 그렇다</td> <td><input type="checkbox"/> 매우그렇다</td> </tr> </table> <p>(9) 기회가 주어진다면 치매예방을 위해 이러한 걷기운동을 할 수 있는 운동교실에 참여하고 싶다.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>절대 아니다</td> <td>아니다</td> <td>보통이다</td> <td><input checked="" type="checkbox"/> 그렇다</td> <td><input type="checkbox"/> 매우그렇다</td> </tr> </table>	절대 아니다	아니다	보통이다	그렇다	<input checked="" type="checkbox"/> 매우그렇다	절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다	절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다	절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다	절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다	절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다	절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다	절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다	절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다
절대 아니다	아니다	보통이다	그렇다	<input checked="" type="checkbox"/> 매우그렇다																																										
절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다																																										
절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다																																										
절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다																																										
절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다																																										
절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다																																										
절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다																																										
절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다																																										
절대 아니다	아니다	보통이다	<input checked="" type="checkbox"/> 그렇다	<input type="checkbox"/> 매우그렇다																																										
참고사진																																														

○ 주관적 평가- 면담

객관적 평가도구	면담
대상	운동프로그램 참여자 중 3명
	
참고사진	
	

○ 설문지 평가 결과

문 항 번 호	문항 분류	문항 내용	평가결과				
			절 대 아 니 다	아 니 다	보 통	그 렇 다	매 우 그 렇 다
1	평지걷기와 비교	이 운동은 평지에서 걸을 때 만큼의 운동강도에 해당된다				3 명	6 명
2	하체 근력 향상 효과	다리를 들고 내리는 동작과 걷기를 함께 하는 운동이라 하체 근력을 튼튼히 할 수 있는 운동이다				3 명	6 명
3	균형능력 향상 효과	2주 동안 이였지만, 무릎을 올리고 내리는 동작을 걷기운동과 함께 하였기에 한쪽 다리로 균형감각을 유지할 수 있는 능력이 향상되었다고 생각한다.				3 명	6 명
4	여러 유형의 걷기 운동과 균형능력 향상	다양한 형태의 걷기운동으로 꾸준히 실행한다면, 하체의 근력과 균형능력을 향상시킬 수 있을 것이다.				2 명	7 명
5	유산소운동과 비교하여 체력향상 효과	이 운동을 꾸준히 한다면 유산소운동의 효과를 얻을 수 있고 전반적으로 체력을 키울 수 있는 운동이 될 수 있다.				3 명	6 명
6	기억력 훈련 효과	일부 동작은 걷기동작의 유형을 암기하면서 발판을 밟아야 했다. 이런 걷기운동은 기억력이 나빠지는 것에 긍정적인 효과를 줄 수 있을것으로 생각한다.				3 명	6 명
7	이중과제 걷기운동과 뇌활동	하지의 걷기유형과 상체의 팔 움직임을 따로 따로 동시에 움직여야 했다. 이러한 걷기운동은 뇌활동에 도움이 된다고 생각한다.				2 명	7 명
8	본 걷기운동과 치매예방효과	이 운동이 치매예방을 위한 권고사항에 활용될 수 있다고 생각한다. 오랫동안 이러한 형태의 걷기운동을 한다면 치매 예방의 효과를 기대할 수 있을 것이다.				1 명	8 명
9	미래에 본 걷기운동 교실 참여 의지	기회가 주어진다면 치매예방을 위해 이러한 걷기운동을 할 수 있는 운동교실에 참여하고 싶다.					9 명

○ 설문 및 면담 결과

- 매트 위에서 숫자의 조합으로 구성된 걷기운동을 반복적으로 실시하는 것이 실외 평지에서 직선으로 걷는 것과 유사한 운동으로 인지됨.
- 무릎을 들고 하지를 굽히고 펴는 반복적 동작을 통해 하지 근력을 단련시킬 수 있음
- 2주일 동안 규칙적으로 실시한 걷기운동은 하지의 근력을 향상시켜 균형능력을 향상시킬 수 있음
- 다양한 동작으로 구성된 걷기운동으로 하체 강화를 위한 운동으로 활용 가능함
- 좁은 공간에서 실시하는 운동이지만 반복된 동작과 전방, 측면으로 이동하는 동작이므로 평지에서 직선으로 걸을 때 보다 다양한 각도로 하지 근력을 강화시킴. 이는 궁극적으로 하지를 강화시켜 균형능력 증진에 긍정적인 효과를 미칠 수 있을 것임.
- 걷기의 패턴 및 상체와 하체의 동작을 기억 실시하므로 기억력 훈련의 운동이 가능함
- 상지와 하지의 상이한 동작을 동시에 실시하는 이중과제 걷기운동은 뇌활동을 촉진시킬 수 있을 것임.
- 위의 내용을 종합해 볼 때 치매예방을 위한 운동으로 활용할 수 있을 것임.
- 본 실험 참가자의 설문지 및 개별 인터뷰를 분석한 결과, 본 과제의 걷기운동이 동기유발, 운동참여 지속을 위한 흥미유발에 충분하며 운동효과에 대한 설득력이 매우 강하다. 따라서 연구 최종결과물을 활용도는 매우 높을 것으로 예상됨.

○ 운동프로그램 유효성 검증의 제한점

- 유효성 검증을 실시한 시기는 발판매트, 게임소프트웨어, 자세인식 장비의 연동이 완비된 상태에서 걷기운동프로그램의 실시에 제한이 있었고, 천으로 제작한 발판 대용품을 사용하였음
- 연구과제가 총 12개월이므로, 과제의 완성품을 사용하여 걷기운동이 치매예방에 미치는 임상실험연구의 실시는 불가능하였음.
- 치매예방에 대한 명확하고 객관적인 입증을 위해서는 fMRI을 통한 평가 및 분석을 통한 융합형 임상실험이 요구됨.
- 최근에도 계속 걷기운동이 치매예방에 효과적이라는 해외 연구논문의 발표가 본 연구과제의 주제인 걷기운동이 치매예방에 효과적임을 간접적으로 입증되었다 (Neurology Teresea et al., 2016;87:1-9). 이러한 연구결과가 걷기운동의 유효성에 대한 간접적 입증 자료가 될 수 있을 것임
 - 평균연령 74세 혈관성 치매와 인지장애가 있는 고령자 대상의 연구
 - 총 6개월, 1시간/session, 3회/주 옥외에서 걷기운동 실시하였다.
 - 결과로 치매 시작된 사람도 1주에 3번 걸으면 증상 좋아졌다.
 - 운동실시 집단의 사고력 등 인지장애 정도가 개선되었다.
 - 운동을 중지한 경우 효과 없어졌다.

3 체험형 운동게임 통합 시스템 개발

가. 체험형 운동게임 렌더링 기술 개발

(1) 사용자 아바타 모델링 개발

- 고령자 균형감각 증진 및 치매예방 운동 프로그램에서 실시간으로 사용자의 모습을 표현 할 수 있는 렌더링 엔진 개발을 목표로 함.
- 3D 인체 모델을 표현하기 위해 계층적 모델링 데이터 구조를 설계하고 3D 저작툴을 활용하여 인체 모델을 설계하여 인체 모델 렌더링 결과를 얻을 수 있음.
- 기능성 3D 균형감각 증진 및 치매예방 운동프로그램 제작에 사용할 렌더링 엔진 개발 필요
 - 실시간으로 사용자의 모습을 표현하는 아바타 (3D 인체 모델)를 남녀 표준 신체 체형에 맞춰 10종 제작
 - 전문가에 의해 만들어진 운동 시범 동작 데이터를 활용해서 아바타 별로 3D 애니메이션 제작



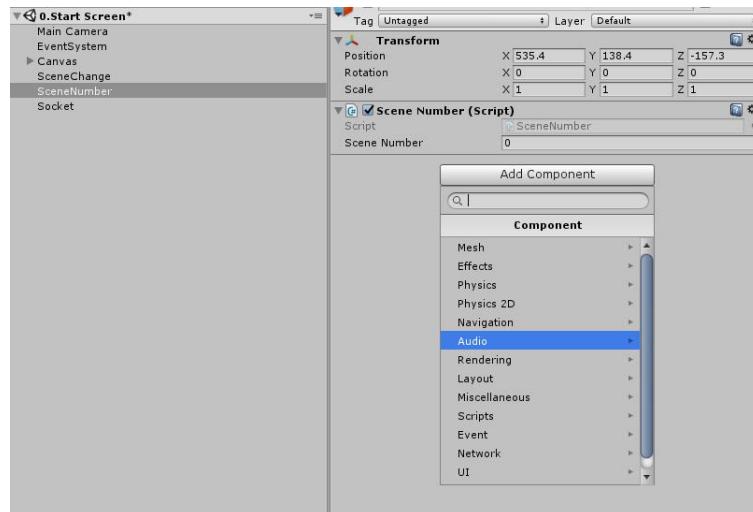
(2) 사용자 아바타 표현 모듈개발

- 운동프로그램 동영상 관리 모듈 개발
 - 사용자에게 가이드 해줄 수 있는 트레이너 가이드 동영상을 로드하여 사용자에게 보여 주기 위한 운동프로그램 동영상 관리 모듈 개발
 - Unity3D의 movieTexture를 활용하여 트레이너의 영상을 로드함. 동영상의 파일 이름과 스크립트를 게임 ID로 설정함(예, 인지초급1)
 - 트레이너의 시범 영상 애니메이션을 재생하고 제어할 수 있는 모듈 제작을 위하여 애니메이션을 1초 단위로 Split하여 사용자에게 보여주도록 함. movieTexture의 Play()와 Pause() 메소드를 활용하여 재생과 멈춤을 반복함.
 - 운동프로그램 동영상의 자세와 맞는 스크립트를 xml로 개발함.

- xml파일에는 취해야 하는 Gesture와 Foot Number의 데이터가 들어가 있음. 여기서 Gesture는 취해야 하는 자세의 이름이고, Foot Number는 Smart 매트에서 밟아야 하는 발판의 번호임.

(3) 가상현실 운동 게임 표현 모듈 개발

- 운동프로그램 배경 렌더링 모듈 개발
 - 사용자가 아바타를 선택할 수 있는 것처럼 주변 가상현실 운동 환경을 선택할 수 있도록 여러 개의 가상 환경 (실내 또는 실외) 모델링 및 렌더링 모듈 개발
- 가상 현실 운동 환경 렌더링을 위한 사운드 모듈 개발
 - 가상 현실 운동 환경 렌더링을 위한 사운드 모듈 제작
 - Audio를 사용하기 위해서는 모든 Scene마다 AudioListener라는 컴포넌트가 필수적으로 필요함. AudioListener가 존재하지 않으면 사운드가 작동하지 않음
 - 특정 GameObject에 Add Component 버튼을 통하여 AudioListener를 추가함. AudioListener는 Scene마다 한 개만 존재하면 됨
 - AudioListener가 추가되었으면 사운드를 사용할 해당 Scene의 GameObject에 AudioSource를 추가
 - AudioSource를 추가했다면 AudioClip이라는 설정을 볼 수 있는데 이 부분에 자신이 원하는 사운드를 추가할 수 있음. 오디오 소스는 Assets디렉토리에 Audio 디렉토리를 생성. 해당 Audio 디렉토리에 게임에 사용될 오디오 추가함.
 - AudioManager 클래스를 생성하여 특정 이벤트(매트를 밟았을 때, 운동프로그램이 종료되었을 때 등)가 발생할 때 추가된 오디오가 출력될 수 있도록 구현함. 먼저 AudioSource를 추가한 GameComponent를 찾은 후에 AudioSource안에 추가되어있는 AudioClip의 소리를 출력해줌.



(4) 운동 데이터 가시화 모듈 개발

◦ 운동프로그램 트레이너의 영상

- 운동 트레이너의 자세를 보여줌으로써, 사용자가 올바른 자세와 흥미를 가지고 운동프로그램을 참여할 수 있도록 유도함.
- 사용자의 자세에 따른 즉각적인 피드백을 줄 수 있는 시각화 모듈 개발



◦ 피드백 시각화 도구

- 트레이너 영상의 동작을 보고 사용자는 Kinect를 통해 보여지는 아바타를 움직여 자세를 따라함.
- 트레이너와 아바타의 동작 일치 시 사용자가 잘 따라했는지 즉각적으로 피드백하여 올바른 자세를 취할 수 있게 유도함.
- 잘 맞췄을 경우 : "Excellent"라는 이펙트를 주어 사용자가 잘했음을 인지시킴
- 잘 못 맞췄을 경우 : "Not Bad~"라는 이펙트를 주어 사용자가 다음 자세에서는 옳게 맞출 수 있도록 유도



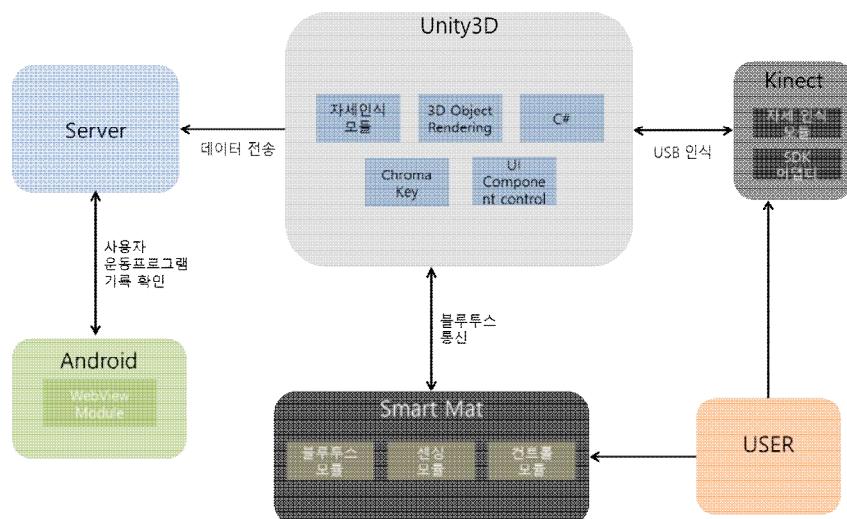
가. 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방을 위한 체험형 운동게임 (Exergame) 통합 콘텐츠 시스템 개발

(1) 체험형 운동 게임 기획서 제작

- 체험형 운동 게임은 대부분 시범 동작을 보여주고, 사용자의 동작을 감지해서 맞고 틀림에 대해서 피드백을 주는 형태로 진행됨
- 이러한 과정을 일반화시킬 수 있도록 시범 동작 애니메이션을 보여주고, 다시 사용자의 움직임을 입력받고, 애니메이션화 시켜서 보여주고, 시범 동작과 사용자의 움직임을 비교 분석하는 것을 모두 모듈화 시킴
- 이러한 과정들을 간단한 형태의 스크립트를 통해서 게임 구성 모듈의 기능을 추가하고 빼는 과정을 쉽게 만들 수 있도록 해주는 스크립트 개발
- 스크립트에는 위젯이나 영상 등을 단순하게 구성하는 기능뿐만 아니라 그 연동 과정을 자연스럽게 연결해주기 위한 인터페이스 (Graphical User Interface와 Natural User Interface 포함)를 지정하는 제어문 등을 포함(예: 선택 구문, 반복 구문 등)
- 예를 들어 게임 개발자가 시범 동작을 보여주도록 한 뒤, 사용자에게 “시작” 버튼이 있는 화면을 사용자에게 보여주고 그 버튼이 누른 후에 동작을 시작하도록 하거나 일정 시간이 지난 후에 동작을 시작하도록 하는 화면을 보여준다면, 이러한 화면을 구성할 수 있는 기능을 스크립트에 포함시키고 또한 사용자가 “시작” 버튼을 누르거나 일정 시간이 지났는지 확인하고 진행시키거나 중단시키는 기능 등을 제어문을 통해서 구현
- 사용자가 주어진 GUI 위젯들과 인터랙션 할 수 있는 사용자 제스처를 게임 개발자들이 정의하고 실제 그런 제스처가 발생하였는지를 확인하는 기능구현
- 본 스크립트는 XML 형태로 개발하여, 다른 프로그래머들이 쉽게 본인들의 프로그램에 적용할 수 있도록 함

(2) 체험형 운동 게임 시스템 구성도 제작

- 시스템 구성도



- 운동프로그램 시스템 구성은 스마트 매트, 사용자의 자세 인식 모듈, 통합 운동게임으로 구성이 됨. 스마트 매트 시스템은 사용자의 스텝의 정보를 인식함. 사용자의 자세 인식 모듈은 균형감각 증진 및 치매예방 운동프로그램을 직접 수행하는 사용자의 자세를 인식함. 통합 운동게임 시스템은 스마트 매트 시스템으로부터 스텝 모니터링 정보와 사용자의 운동 자세 데이터를 받아 사용자의 자세를 표현해주는 사용자의 아바타와 운동 트레이너의 운동자세를 판별해주는 기능을 함.
 - 운동 자세인식 시스템은 운동 자세 인식 알고리즘이 구현되어 있으며, Kinect 2.0 SDK를 이용한 Unity3D 스크립트를 통하여 사용자의 운동자세를 인식함.
 - 통합 운동게임 시스템은 Unity3D를 이용하여 사용자의 아바타 3D Object를 렌더링하며 사용자의 운동시스템과 연동이 되어 운동자례를 판별함. 또한 스마트 매트와 블루투스로 통신으로 연동되어 사용자의 스텝·자세를 통한 점수를 부여함
- 서버 네트워크 모듈 개발
 - TCP/IP 소켓을 생성하여 서버에서 신호가 올 때 까지 대기하다가 서버에서 운동프로그램 시작 신호를 받으면 운동프로그램을 진행할 수 있도록 생성된 모듈
 - 아바타 선택 모듈
 - 각 아바타에 Character Number를 부여함.
 - 아바타를 선택하였을 시 선택한 아바타의 Character Number를 정의하여 해당 아바타가 운동프로그램을 실행할 때 로드될 수 있도록 설정함.
 - 운동프로그램 이름 관리 모듈 개발
 - 모든 운동프로그램의 이름을 자동적으로 부여할 수 있는 모듈 개발
 - 이름은 운동프로그램 Category + Level + Stage로 정의함. (예, Category : 활력, Level : 중급, Stage : 5일 경우 “활력중급5”로 운동프로그램 이름 부여)
 - Unity3D의 특정 Scene에서 선택한 카테고리, 레벨, 스테이지를 통한 운동프로그램 ID 부여
 - 운동프로그램 장면 전환 모듈 개발
 - 운동프로그램을 진행하면서 다음 Scene으로 넘어가기 위하여 sceneChange 모듈을 개발 함.
 - 특정 이벤트(매트를 밟았을 때)로 부여된 Scene의 이름을 통하여 다음 Application이라는 클래스의 loadLevel method를 활용하여 다음 Scene을 로드할 수 있도록 구현함.

○ 아바타 자세 데이터 파싱 모듈 개발

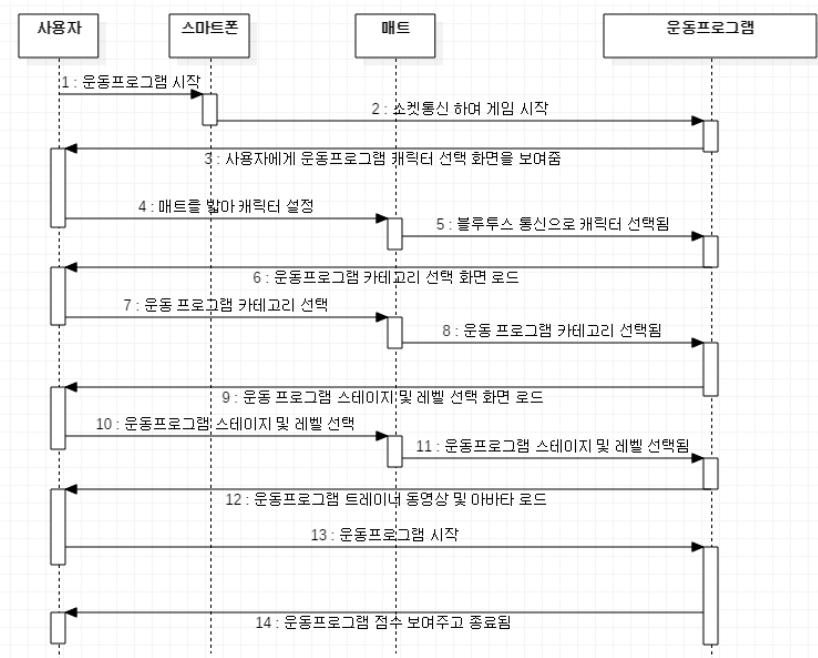
- 2대의 Kinect를 사용하면서 기존에 1대의 Kinect로 사용하는 enum Class의 이름이 달라짐. 따라서 듀얼 키넥트에서 받아오는 자세를 1대에서 사용하던 Kinect의 자세이름으로 변경이 필요하여 모듈을 개발하게 됨.
- 2대의 키넥트에서 받아오는 경우 문자열이 Server: + 자세이름 + 각도에 대한 정보가 오게 됨.
- 해당 문자열을 Split하여 자세이름의 정보를 받아와서 정보의 이름을 변경하도록 함.

○ 통합 운동게임 프로세스

- Unity3D Tool과 C#을 활용하여 구현된 통합 운동게임 시스템의 프로세스를 다음과 같이 정리함.

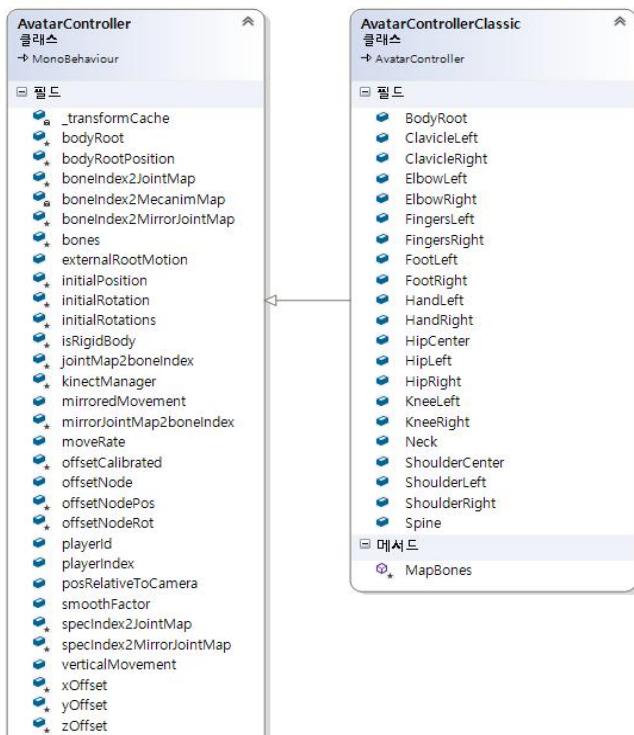
기능	내용
운동프로그램 시작	운동프로그램을 시작하는 단계
운동프로그램 카테고리 선택	운동프로그램의 카테고리를 선택하는 단계
운동프로그램 스테이지 및 레벨 선택	운동프로그램 스테이지와 레벨을 선택하는 단계
운동프로그램	운동 트레이너의 가이드 영상이 로드되어 사용자가 직접 운동을 하는 단계
운동프로그램 종료	점수가 나오면서 사용자의 운동프로그램이 종료되는 단계

○ 통합 운동프로그램 시스템 시퀀스 다이어그램



- 사용자가 스마트폰 앱을 실행하여 운동프로그램 시작 버튼을 누르면 스마트폰과 운동프로그램이 서로 소켓통신 하여 운동프로그램이 실행됨(1,2).
- 운동프로그램이 실행된 통합 시스템에서는 사용자에게 아바타 선택하는 화면을 보여줌(3).
- 사용자는 특정 매트를 밟아 운동프로그램 아바타를 선택(4)할 수 있음.
- 특정 매트를 밟으면 블루투스 통신을 통하여 운동프로그램의 아바타가 선택됨(5).
- 선택된 다음 화면에서는 사용자에게 운동프로그램 카테고리를 선택하는 화면을 로드함(6).
- 전 단계와 마찬가지로 사용자는 특정 매트를 밟아 운동프로그램의 카테고리를 선택(7, 8).
- 카테고리가 선택되면 사용자에게 스테이지 및 레벨을 선택할 수 있는 화면을 로드함(9).
- 사용자는 매트를 통하여 스테이지 및 레벨을 선택(10, 11).
- 스테이지와 레벨이 선택되면 운동프로그램 스테이지와 레벨에 맞는 트레이너의 영상 및 아바타를 로드함(12).
- 이때부터 사용자는 트레이너 영상의 자세를 따라 운동프로그램을 진행하면 됨(13).
- 운동프로그램 진행이 끝나면 사용자에게 점수를 제공하고 프로그램이 종료됨(14).

○ 통합 운동 게임 클래스다이어그램 (사례)



(3) 체험형 운동게임 기술 통합 프로토타입 개발

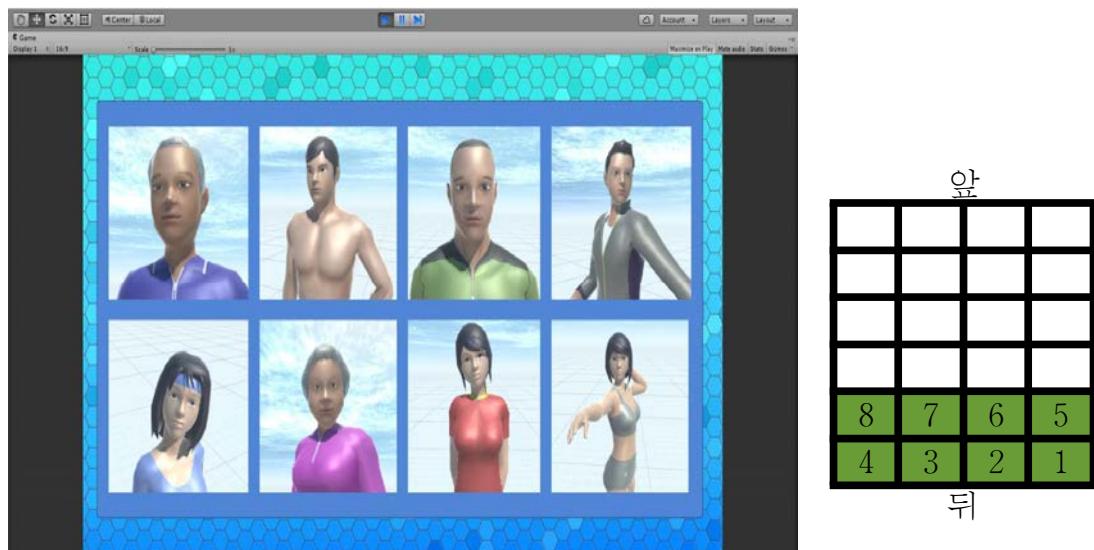
◦ 운동게임 통합 프로그램

- 운동프로그램의 시작화면임. Unity3D를 통해 실행된 시스템은 스마트 매트와 블루투스 통신을 시작함.
- 운동프로그램을 시작하기 위해서 사용자는 안드로이드 기종의 모바일 폰의 앱을 실행하여 GameStart버튼을 클릭하게 되면 운동프로그램이 시작됨.
- 단, 모바일 기기를 가지고 있지 않고서도 운동프로그램 진행이 가능하지만 서버의 DB에는 저장되지 않고 운동프로그램이 종료되었을 때에 점수 확인만 가능함



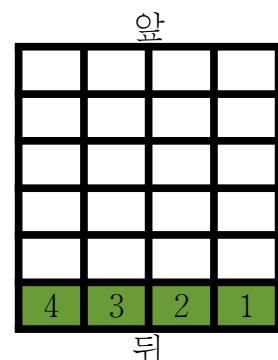
◦ 운동게임 아바타 선택

- 운동프로그램 아바타 선택 단계임. 블루투스 통신을 하고 있는 스마트 매트의 8개의 매트와 화면에 보이는 아바타와 매핑을 함. 매트를 밟게 되면 매트의 정보는 통합 시스템으로 가게 되고 통합 시스템에서 선택된 매트의 발판 번호를 통하여 사용자의 아바타가 선택됨.



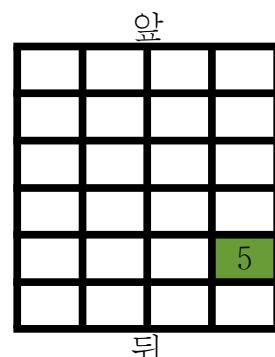
- 운동게임 카테고리 선택

- 운동프로그램의 카테고리를 선택하는 화면임. 스마트 매트의 맨 뒤의 4개의 발판을 밟아 카테고리를 선택할 수 있음. 매트의 가장 왼쪽(4번)부터 차례대로 활력걷기, 균형감각 증진걷기, 인지능력 향상 걷기, 시지각 향상걷기로 운동프로그램 시스템과 연동이 되어 발판을 밟게되면 스테이지 선택 및 레벨 선택하는 화면으로 이동하게 됨.



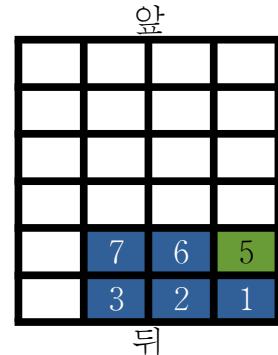
- 운동프로그램의 스테이지 및 레벨 선택

- 운동프로그램의 스테이지 및 레벨을 선택하는 화면임. 현재 운동프로그램의 스테이지와 레벨을 선택하는 화면은 Unity3D의 큐브로 제작이 되어있음. 큐브를 좌우로 움직여 게임설명, 초급레벨, 중급레벨, 고급레벨에 존재하는 게임을 로드할 수 있음. 스마트 매트의 5번째 매트를 밟아서 게임설명, 초급, 중급, 고급 스테이지로 이동을 할 수 있음.



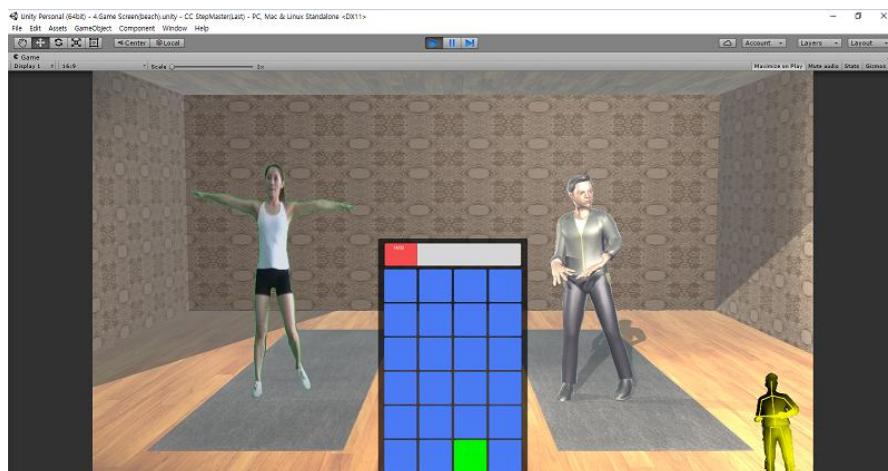
○ 운동프로그램의 스테이지

- 각 운동프로그램의 스테이지를 나타낸 화면임. 5번 매트를 밟으면 화면을 전환하고 각 매트의 3번, 2번, 1번, 7번, 6번은 모두 해당 스테이지의 1, 2, 3, 4, 5 단계를 나타냄



○ 운동프로그램

- 운동프로그램 캐릭터, 카테고리, 스테이지 및 레벨을 선택하면 이제 본격적인 운동프로그램을 진행할 수 있음. 화면 좌측이 운동 트레이너의 가이드 영상이고 오른쪽은 Kinect 모듈을 통하여 비춰지는 사용자의 아바타임. 우측 하단의 노란색으로 떠있는 것은 Kinect에 비춰진 사용자의 스켈레톤임. 이제 사용자는 운동 트레이너의 가이드 영상과 같은 포즈를 취하면 되는데 이미지의 가운데에 놓여있는 부분은 스마트 매트에서 밟아야 할 매트를 보여줌. 따라서 사용자는 운동트레이너의 같은 포즈 및 밟아야 할 매트를 동시에 진행해야 함.



- 트레이너의 영상을 다 따라한 후에는 해당 운동프로그램에 대한 점수가 나옴. 이후에는 사용자 ID(모바일이 연동되어있지 않으면 ‘guest’로), 점수, 운동프로그램 이름을 서버의 DB로 전송함.



- 스프링서버 구축

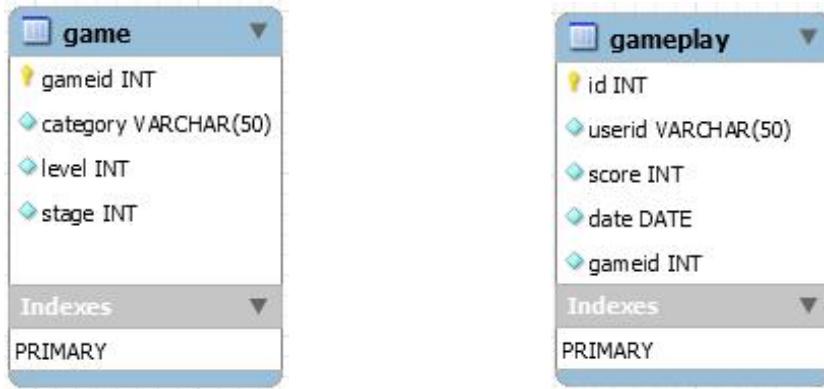
- 운동프로그램 사용자의 운동 결과 히스토리를 네트워크를 통해 데이터베이스에 저장하여 사용자의 데이터를 저장하기 위한 서버 구축
- Kinect의 센서를 통해 취득한 사용자의 운동 프로그램 정보를 인터넷을 통한 데이터베이스에 저장하는 작업이 필요함. 이러한 일련의 작업을 온라인화하여 수많은 운동프로그램 사용자의 데이터를 통합서버에 저장하여 사용자의 균형감각 증진 및 치매향상도를 파악할 수 있음.
- 균형감각 증진 및 치매예방 대상자 클라이언트 또는 인터넷을 이용하여 서비스를 받을 수 있는 서버 시스템을 구축

- 고령자 균형감각 증진 및 치매예방 운동프로그램 DB 설계와 구축

- game DB : 운동프로그램 정보를 저장
- gameplay DB : 운동프로그램을 사용하는 사용자의 데이터 정보 저장

- 스키마설계

필드	종류	Null	기본값
gameid	int (11)	아니오	
category	varchar (50)	예	
level	int (11)	예	
stage	int (11)	예	



필드	종류	Null	기본값
id	int (11)	아니오	AUTO_INCREMENT
userid	varchar (50)	예	NULL
score	int (11)	예	NULL
date	datetime	예	NULL
gameid	int (11)	예	NULL

○ 소프트웨어 기능

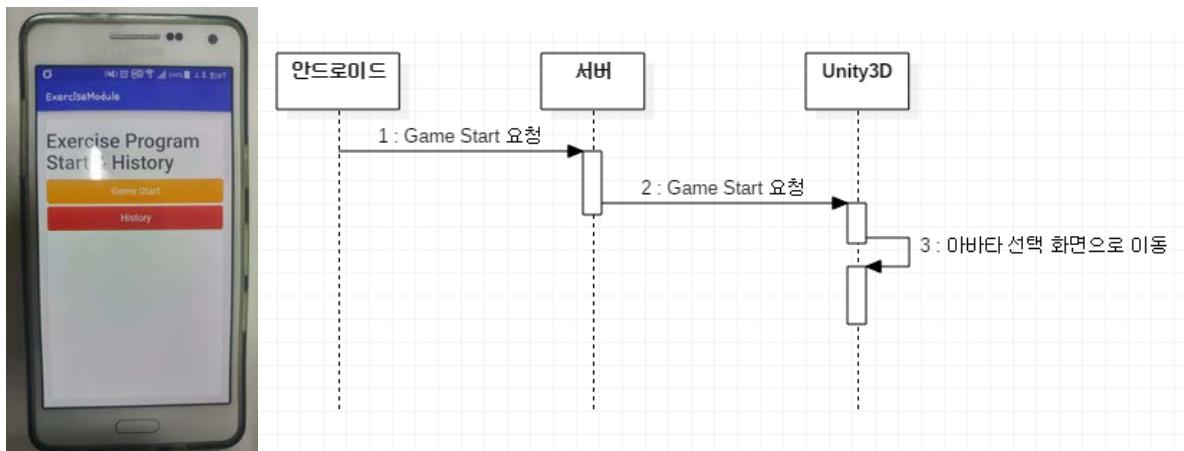
- 관리도구에서 유저 관리 기능은 Device ID를 이용하여 자동으로 사용자를 Database에 등록하며 별도의 등록과정이 필요가 없음. 클라이언트는 사용자의 정보를 연동(Device ID를 서버로 전달함). 서버에서도 사용자의 정보를 연동(클라이언트로부터 받은 Device ID를 MySQL Database에 저장함)
- 운동프로그램이 종료 시 운동프로그램의 결과 값(스마트폰 Device ID, 점수, 운동프로그램 ID)을 C#의 `HttpWebRequest`클래스를 통하여 서버로 보냄.
- 관리도구에서 운동 측정 기능은 측정된 운동프로그램 데이터의 결과 값을 사용자의 Database에 저장하여 분석할 수 있음(D3.JS 라이브러리를 활용한 데이터 시각화). 클라이언트에서는 운동프로그램의 결과를 요청하고 서버에서는 클라이언트로부터 운동 결과 보기 요청받았을 경우, 요청받은 데이터를 MySQL Database에서 가져와 클라이언트로 전달해줌.

○ 유저관리 시스템

- 서버에서는 클라이언트로부터 Device ID를 전송받아 유저 정보(Device ID)를 별도의 등록과정 없이 게임이 종료되면서 게임기록과 함께 DB에 등록 가능
- 메뉴의 기록보기 버튼을 통하여 운동프로그램 사용자의 Device ID를 조회하여 운동 기록을 열람할 수 있음. 날짜와 시간에 따른 점수로 확인할 수 있으며 데이터 시각화를 통하여 Line chart로 결과를 받아 볼 수 있음.
- 측정 결과보기를 통하여 운동프로그램 사용자는 자신의 Device ID를 조회하여 날짜와 시간별 점수 또는 게임 종류별 운동프로그램 기록을 열람할 수 있음.

- 스마트폰용 어플리케이션 컨텐츠 개발

- 안드로이드 기반의 스마트폰 연동 앱을 개발함으로써 사용자가 운동 전후에 라도 자신의 운동 이력과 정보 등을 조회 할 수 있도록 하며, 운동프로그램 진행사항을 확인할 수 있도록 개발하고 다른 사용자들과 정보를 공유 가능하도록 개발
- 설치된 Application이 XNA Master WebServer에 접속하여 사용자 운동 기록에 관련된 보를 요청하면, WebServer는 가공된 Database의 정보를 Application에 Response함
- 개발 스펙
 - Language : C#, XNA
 - Tool : Visualstudio community 2015
 - DataBase : Mysql
 - Protocol : Json 데이터를 주고 받는 REST 방식의 HTTP를 사용
 - OS : Android



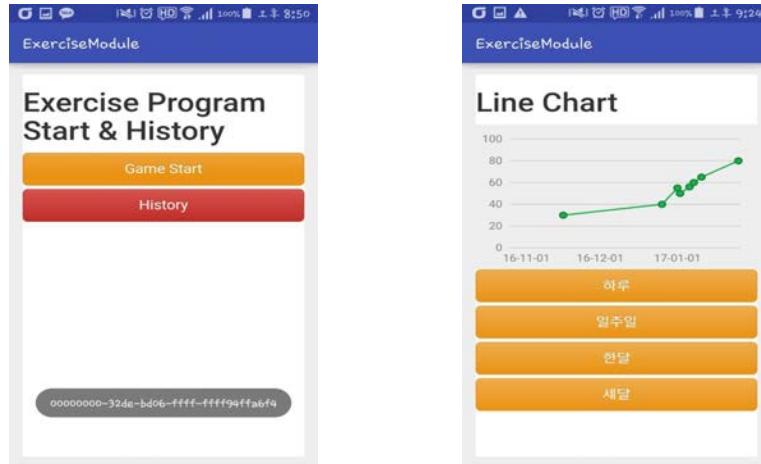
- Game Start 기능

- Javascript와 Android Webview의 Bridge를 통하여 스마트폰 디바이스의 고유번호를 추출하여 Web Application Server로 전송.
- 그 후 Web Application Server와 체험형 게임이 Socket 통신을 이용하여 고유번호를 전달하며 게임종료 후 해당 게임의 점수를 Web Application Server에 저장할 수 있도록 함
- 스마트폰 디바이스를 사용하지 않을 경우에도 게임 진행이 가능함(Mat를 봄아서 게임 진행 가능함). 단 사용자의 ID(Device ID)가 존재하지 않기 때문에 Database에 기록되지 않고 게임 종료 후 점수 확인만 가능함.

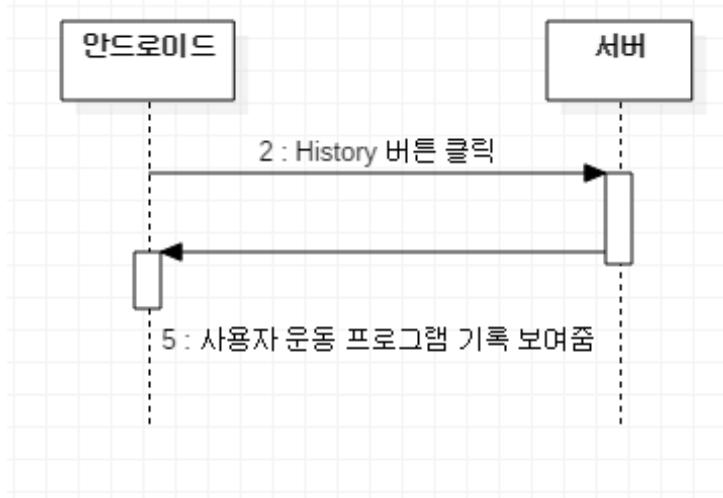
- Game Start 동작 시나리오

- GameStart 버튼을 클릭
- 게임측과 소켓통신을 시작, Connect 후에 기기의 Device ID를 게임 측에 송신

- 게임측은 유저정보(Device ID)를 수신하고 게임을 시작함
- GameStart 버튼을 누를 시 운동시작 버튼을 누르지 않아도 바로 다음 씬(Scene)인 캐릭터 선택 화면으로 넘어가게 됨.
- 게임이 종료되면 유저정보와 게임정보(게임 종류, 시간, 점수)를 Database에 추가



■ History Button Sequence 다이어그램



■ History 기능

- 사용자의 게임 기록(날짜와 시간에 따른 점수)를 Line Chart로 시각화하여 볼 수 있음.
- 점수 기록은 하루, 일주일, 한 달, 세 달 확인이 가능함.

■ History 동작 시나리오

- History 버튼 클릭
- 스프링 프레임워크로 구축된 서버에 해당 기기의 Device ID를 송신
- 해당 사용자(Device ID)의 지난 게임 기록을 볼 수 있음.

제4장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 | 연구개발목표 달성도

1 성과 목표 / 성과 지표 달성

가. 정량적 성과목표/성과지표 달성

번호	연구개발계획서상 목표	추진 실적	달성을(%)
1	실시간 운동 동작 (자세 및 균형) 평가 알고리즘 개발	한국정보처리학회 논문발표 1건	100%
2	사용자의 움직임 및 균형감각 정보를 정밀하게 실시간으로 인식하는 햄틱 중심 (haptic-centered) 스퀘어 매트 센싱 기술개발	한국정보통신학회 논문발표 1건	100%
3	비전기반 사용자 운동 동작 원본 데이터와 판별 데이터 저장 기술 개발	한국컴퓨터게임학회 논문발표 1건	100%
4	Natural User Interface 기반 체험형 운동게임을 통한 고령자의 치매예방 운동 프로그램	해외학술대회 1건	100%
5	치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 및 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술	특허출원 1건	100%
6	사용자 인지 및 운동 상태 데이터 습득 모듈 및 체험형 운동게임 기술 통합 프로토타입 프로그램	관련 S/W 등록 1건	100%

2 평가항목

가. 평가항목

연구개발 목표	평가항목	단위	개발목표치	세계최고 수준 (보유국/기 관)	연구개발 前 국내최고 수준(보 유기관)
			1차년도		
공간센서기반 카메라를 이용한 운동 동작 (자세 및 균형) 데이터 습득 기술 개발	공간센서기반 카메라 동작인식 모듈 1종 개발	EA	동작인식 습득 모듈 1종 개발 완료	동작인식 미국	동작인식 한국
	사용자 체형 보정 모듈 개발	EA	사용자 체형 보정 모듈 1종 개발 완료	미국	ETRI
	사용자 인지 및 운동 상태 데이터 습득 모듈 개발	EA	사용자 인지 및 운동 상태 데이터 습득 모듈 1종 개발 완료	-	-
공간센서기반 카메라를 이용한 운동 동작 데이터 분석 및 판별 기술 개발	전문가에 의해서 개발된 운동 동작 프로그램을 스크립트 제작	EA	운동 동작 프로그램 스크립트 제작 완료	-	-
	실시간 운동 동작과 스크립트 비교 연산을 위한 운동 자세 분석 모듈 개발	EA	운동 자세 분석 모듈 1종 개발 완료	-	-
	실시간 운동 동작 (자세 및 균형) 평가 알고리즘 개발	EA	운동 동작 자세 및 균형 수준 평가 알고리즘 보고서	-	-
햅틱 기반 스웨어 매트 센싱 기술 개발	사용자의 균형감각 및 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 햅틱 중심 (haptic-centered) 스웨어 매트 센싱 정확도	EA	스텝위치, 밸런스 인식 모듈 1종 개발 완료 사운드, LED표시 모듈 각 1종 개발 완료	-	-

	사용자의 균형감각 및 스텝 정보를 실시간으로 인식하는 햅틱 중심 (haptic-centered) 스웨어 매트 데이터 전송	EA	스웨어매트 무선전송모듈(블루투스) 1종 개발 완료	-	-
사용자 운동 데이터 기록 및 관리 모듈 개발	비전기반 사용자 운동 동작 원본 데이터와 판별 데이터 저장 모듈 개발	EA	사용자 운동 동작 원본 데이터와 판별 데이터 저장 모듈 1종 개발 완료	-	-
	사용자 운동 관련 데이터 저장 모듈 개발	EA	사용자 운동 관련 데이터 저장 모듈 1종 개발 완료	-	-
	사용자 운동 데이터 내역 조회 및 기록 모듈 개발	EA	사용자 운동 데이터 내역 조회 및 기록 모듈 1종 개발 완료	-	-
체험형 운동 게임 렌더링 기술 개발	사용자 아바타 모델링 10종 개발	EA	아바타 모델링 10종 개발 완료	-	-
	사용자 아바타 표현 모듈 1종 개발	EA	사용자 아바타 표현 모듈 1종 개발 완료	-	-
	가상현실 운동 게임 표현 모듈 1종 개발	EA	가상현실 운동 게임 표현 모듈 1종 개발 완료	-	-
	운동 데이터 가시화 모듈 1종 개발	EA	운동 데이터 가시화 모듈 1종 개발 완료	-	-
체험형 운동 게임 종합 장면 연출 프로그램 개발	체험형 운동 게임 기획서 제작	EA	체험형 운동 게임 기획서 제작 완료	-	-
	체험형 운동 게임 시스템 구성도 제작	EA	체험형 운동 게임 시스템 구성도 제작 완료	-	-
	체험형 운동게임 기술 통합 프로토타입 프로그램 제작	EA	체험형 운동게임 기술 통합 프로토타입 프로그램 개발 완료	-	-

제2절 | 관련분야 기여도

1 기술 및 학술적 기여도

가. 기술적 기여도

- 본 과제 수행을 통해 핵심 요소기술을 개발하고 치매 예방 운동 프로그램에 맞는 게임 콘텐츠를 제작하는 것이 가능함
- 치매 예방 운동 프로그램 및 게임 기능성 콘텐츠는 블루오션 시장으로 성장할 가능성이 있음.
- 본 과제에서는 동작과 스텝을 인식하는 하드웨어적인 시스템과 체험형 운동 게임 프로그램을 개발하여 게임에서 활용할 수 있는 통합 체험형 운동 게임 시스템을 만들며 무선 통신(블루투스)을 통해 게임에 적용함
- 하드웨어적인 기술개발 이외에 펌웨어 등 관련 소프트웨어적인 기술, 재활 건강에 맞는 게임기획 그리고 이에 맞는 게임 콘텐츠 등을 국내 우수 게임기술 수준으로 맞추어 진행할 예정임.
- 관련 콘텐츠 활성화 시 하드웨어적인 개발/생산 등 산업적으로 전후방 파급 효과가 우수 할 것으로 예상

나. 학술적 기여도

- 논문성과(학술대회)
 - 실시간 운동 동작 (자세 및 균형) 평가 알고리즘 개발 및 비전기반 사용자 운동 동작 원본 데이터와 판별 데이터 저장 기술 개발
 - 사용자의 움직임 및 균형감각 정보를 정밀하게 실시간으로 인식하는 햄틱 중심 (haptic-centered) 스웨어 매트 센싱 기술

다. 지적재산권 기여도

- 특허성과
 - 치매 예방 및 개선을 위한 운동 프로그램 기술 및 고령자 균형감각 증진 및 치매 예방 운동 프로그램 실험 평가 및 검증 모델 기술
- 소프트웨어등록성과
 - 사용자 인지 및 운동 상태 데이터 습득 모듈 및 체험형 운동게임 기술 통합 프로토타입 프로그램

2 경제 및 산업적 기여도

가. 경제적 기여도

- 국내 기능성 게임 시장 현황 (2012년 전자신문미래기술연구센터, 한국콘텐츠진흥원) 2012년 기능성 게임을 주도할 매출 분야는 교육이 지배적이며, 사용자들의 관심은 건강에 있으나 건강용 시장은 497억원 규모로 커지는 추세이나 아직 교육 시장의 1/4 정도임. 그러나 기능성 게임의 핵심 응용 분야로 건강 재활은 향후 기능성 게임 시장의 Killer Application의 역할을 수행한다면 이 시장을 주도할 것으로 보임.
- 전 세계 건강용 기능성 게임 시장은 한국콘텐츠진흥원 자료에 의하면 약 7 조원 (2008년기준) 정도의 시장으로 파악됨. 이 중 거의 운동용 게임 (Exergame)과 브레인 피트니스 (예: 집중력, 기억력, 시각적 공간적 처리능력 등) 게임이라는 두 카테고리들에서 나오는 수익만을 반영함. 세계 재활 건강 기능성 게임 시장은 압도적인 고속 성장이 예상되는 분야로 파악됨. 세계 기능성 게임 시장에서 미국은 전체 시장의 70% 이상을 차지하고 있음.

나. 산업적 기여도

- 고령자 대상의 운동치료 및 재활 시설이 현실적으로 매우 부족하며 이러한 시설에서 제공되는 서비스 기회는 매우 제한되어 있으며 경제적 부담도 매우 크다. 따라서 스포츠과학을 기반으로 구성된 치매예방을 위한 운동프로그램의 보급을 통해 치매예방을 위해 소비되는 사회적 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 운동자가 장기적이고 독립적으로 운동을 지속할 수 있도록 유도하여 건강증진 확산에 기여 가능함
- 고령자들의 건강관심도가 높아진 시기에 지자체 기관, 운동관련 센터, 복지시설, 가정에서 언제든지 즐겁고 쉽게 운동할 수 있는 기회를 제공함으로써 고령자들의 의료비용 절감의 효과를 얻을 수 있고, 동시에 노인기의 사회적 소외감 및 활동 저하로 인한 건강문제를 해결하기 위한 도구로 활용 가능함
- 본 연구과제의 결과물은 고령에 따른 노인의 활동제한에 대한 대처방안으로 활용될 수 있을것이며 운동에 보다 친숙하게 다가갈 수 있는 도구로 활용됨으로써, 고령자 스스로 건강에 대한 자기관리 능력을 향상시키기 위하여 활용 가능함
- 치매예방을 위해 지자체 복지기관, 요양관련 기관, 기타 운동프로그램 교육기관에서 치매 예방을 위한 프로그램으로 활용 가능함

제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 | 연구개발결과 활용계획

1 활용방안

가. 활용분야 및 활용 방법

- 사업화 아이템 : 균형감각 및 자세보정 시스템 . 치매 예방 운동시험평가장치 (청춘발판)
- 비전기반 3D 동작인식 기반과 스웨어 매트를 통한 균형감각 및 자세보정, 치매예방 목적의 기구를 대비 게임요소 목적을 모두 고려한 통합시스템
- 형태로는 상용화에 유리한 비전 방식으로 운동을 모니터링하는 방식으로 스웨어 매트 크기는 가로 80cm * 세로 210cm 정도의 크기 예상(모니터 제외)
- 예상 가격으로 초기 출시는 1,000만원 수준(으로 책정 후 양산에 따라 점차 낮추는 방식)
- 건강용 세계 게임시장은 2009년 KOCCA 자료에 의하면 약 1조원 정도의 시장으로 파악됨. 시장은 압도적인 고속 성장이 예상되며 2012년까지 현재대비 약 176%인 91억불이 될 것으로 전망됨

나. 활용상 예상 문제점 및 극복방안

- 복지시설 및 요양기관을 시범 설치 장소로 하여 성공사례 확산
- 시스템의 콘텐츠를 통해 스스로 운동을 실시하며 치매 예방 운동 훈련 보조원의 인건비를 크게 낮출 수 있는 점을 홍보 전략으로 구사
- 건강 증진 센터 등의 운동 및 인지능력 강화 운동 효과 목적 홍보
- 비전 센서를 이용하여 다양한 형태의 건강 및 재활치료 목적의 기구를 제작하여 다품종 고가 제품으로 시장 공략
- 게임 및 응용콘텐츠 업그레이드를 수시로 실시하여 정기적인 성공확산
- 게임 요소와 운동 및 인지능력 향상 요소를 모두 반영하여 조화롭게 적용시키는 문제
- 치매 예방 관련 기능성 게임의 인지도가 낮아 초기 홍보 시간 많이 소요됨
- 기술적인 한계로 동작자의 세밀한 동작인식(예, 손목꺽기 등)의 어려움이 예상됨

제2절 | 사업화 추진방안

1 사업화 전략

가. 사업화 제품

- 사업화 제품
 - 네츄럴 인터랙션 기반 무부착 3D동작인식 기반의 자세균형 및 치매예방 목적의 기구를 대비 재미요소 및 건강 목적을 모두 고려한 게임콘텐츠가 장착된 건강 증진 의료기기
- 타겟 고객
 - 의료법 개정에 따라 건강관리원에서도 치료사·보조사만으로 개업·운영이 가능하므로 건강관리원을 대상으로 예방위주의 기구로써 사업화 진행
- 제품 고도화
 - 본 연구의 산출물인 동작인식 기술은 의료기관이나 전문 운동 훈련 평가모델의 실험 데이터와 근거로 수많은 테스트가 요구되고 고도화하여 검증돼야함

나. 사업화 전략

- 사업화 전략
 - 참여기관 중 건강관리원에 시범 설치하여 성공사례 확산.
 - 보조원의 도움없이 스스로 운동을 실시하여 자세균형 및 치매예방에 도움이 되는 콘텐츠로 인건비를 크게 낮출 수 있는 점을 홍보 전략으로 구사.
 - 콘텐츠 업그레이드를 수시로 실시하여 정기적인 성능 확장.
 - 현장 시범 서비스의 피드백을 적극 수용하여 개선

다. 해외시장 진출방안

- 해외시장 진출방안
 - 현재 해외시장 역시 건강/재활 목적의 기능성 게임은 초기 시장 단계로 뚜렷한 절대 강자가 없는 상황임
 - 특히, 3차원 동작 인식 기술을 활용한 콘텐츠는 초기 단계로 의료, 건강 분야에 적용되어 출시된 제품은 없음.
 - 특히, 의료분야의 경우 유효성과 안전성을 검증하는 시간이 크게 소요되므로 개발 우위

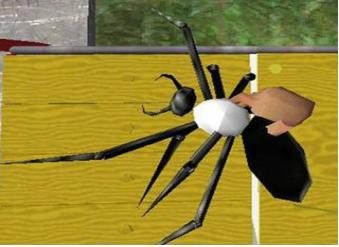
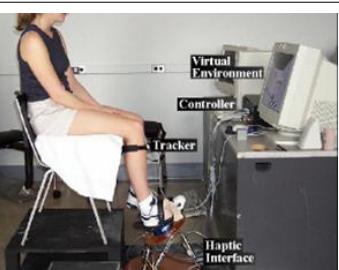
에 있다고 할 수 있음.

- 따라서 국내의 임상시험 결과를 바탕으로 국내에 우선 보급하고 해외 의료전시회에 출품할 예정임.
- 의료 전시회는 전 세계에서 가장 큰 Arab Health를 타겟으로 추진할 예정임.
- 그 외에도 일본의 KONAMI 등 해외의 기존 헬스 또는 재활 전문 유통업체와 협력으로 일본 시장 진출 추진예정.

구 분		연구개발중	연구개발 종료이후
개발기술명		고령자 균형감각 증진 및 치매 예방을 위한 Natural User Interface 기반 체험형 운동 게임(Exergame) 기술 개발	청춘 발판
국	매출목표(건)		25
내	국내매출액(백만원)		2,500
해	대상국가		일본
외	매출목표(건)		
	해외매출액(백만\$)		6.5\$
산출근거 및 평가방법			

제6장 기술개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

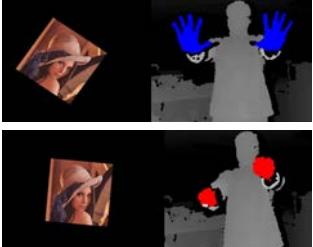
<표> 국외 가상현실을 이용한 장애 치료 및 재활 기술 현황

구분	관련사진	내용
외상 후 스트레스 장애 치료		외상 후 스트레스 장애 (PTSD) 치료를 위한 가상현실 응용 프로그램을 활용함. 전쟁터 등에서 심각한 심적 내상을 입은 경우에는 환자들에게 때로는 가혹하기도 한 집중 치료에 필요함. 가상현실(VR)시스템으로 충격을 받은 당시 상황을 재연하거나 스스로 이야기하도록 해 떠올리기 싫은 기억을 환자들이 직접 마주하도록 만들게 함. “환자들은 처음에는 몹시 힘들어하지만 당시의 감정과 기억을 재구성하면서 서서히 트라우마에서 벗어나게 된다”고 말함.
거미 공포증 치료		거미 공포증 (Spider phobia), developed by HIT lab at University of Washington VR exposure therapy for treating spider phobia
고소 공포증 치료		고소 공포증 (Acrophobia – the fear of heights), developed by GVU at Georgia Tech – VR exposure therapy that involves exposing the subject to anxiety producing stimuli while allowing the anxiety to attenuate
자폐증 치료		Astrojumper은 자폐아동을 대상으로 한 운동게임. 자폐아동 대부분이 비활동적인 생활습관을 가지고 있어서 운동을 하게 하기 어려운데 Astrojumper라는 Exergame을 개발하여 가상 현실 환경에서 날아오는 물체를 직접 몸을 움직여 피하는 게임이다. 이 게임을 사용함으로써 자폐아동들의 심신 쇠약을 감소시키고 적응력과 학습력을 증진시키고자 함.
뇌졸증 재활		Catch-the-orange 뇌졸증 환자의 Bilateral upper limb training을 위하여 가상현실 재활 게임 프로그램을 개발함. 게임 플레이어는 양손으로 바구니를 들고 나무에서 떨어지는 오랜지를 받아서 특정 지점에 가져다 놓는 방식임.
운동 재활		‘Rutgers Ankel’은 가상현실 기반의 특수 발판을 이용한 발목 재활 치료 프로그램임. 햅틱 발판을 이용해 사용자의 힘을 측정하여, 게임 시뮬레이션의 입력으로 적용시킴. 게임은 비행기 날기 연습과 배 운항 연습으로 구성되어 있음.

<표> 국내 가상현실을 이용한 장애 치료 및 재활 기술 현황

구분	관련사진	내용
서울 백병원 가상현실 치료 클리닉		서울 백병원에서는 고소공포증, 폐쇄 공포증, 광장 공포증, 대인 공포증, 강박 장애증 각종 정신과 치료에 가상현실 기술을 활용하고 있음.
서울 세브란스 병원 정신 건강 치료 병원		세브란스병원의 정신 건강 치료 병원에서는 알코올 중독 환자가 가상현실 속 대형 화면 속의 술 마시는 사람들을 보며 술을 마시고 싶은 감정을 누르는 치료 기술을 활용하고 있음.
분당 서울대병원 뇌졸중 치료		분당지점 서울대병원 재활의학과에서는 키넥트와 가상현실 기술을 사용하여 뇌졸중 치료 (Stroke Recovery)에 활용하고 있음. 사용자의 기본 정보와 재활 치료 부위를 프로그램 카메라에 인식시킨 후 환자가 작동 가능한 이동 범위 등을 세부 설정하여 재활 치료를 수행함.

<표> 키넥트를 사용한 사용자 인터랙션 기술 현황

방식	사례	특징
키넥트 양손 이미지 컨트롤		처음 손을 편 상태로 있으면 키넥트 카메라를 통해 찍히는 펴져있는 손의 이미지를 인식할 경우 이미지에 대하여 아무런 제어권이 없는 중립상태. 양 손의 주먹을 쥐는 경우 이미지를 선택하여 이미지에 대한 제어권 획득, 주먹을 쥔 상태에서 손의 위치가 양 옆으로 서로 벌어지면서 서로 멀어지면 이미지 확대, 다시 양 손을 중심으로 모으면서 양 손이 서로 가까워지면 이미지가 축소. 한 손은 위로 한 손은 아래로 내리는 경우, 2차원 평면상의 이미지가 회전됨.
키넥트 3차원 지도 탐색 컨트롤		3차원 지도탐색 프로그램에 한 손으로 상하좌우 움직이면 지도가 동시에 상하좌우로 움직임. 두 손을 뻗어 벌리면 화면이 확대되어 지도가 확대되어 가까이 볼 수 있음. 두 손을 안으로 모으면 화면이 축소되어 멀리서 바라보는 모습. 두 손을 아래위로 교차시켜 가운데로 모으면 카메라가 바라보는 방향은 같으나 카메라 위치 자유롭게 회전할 수 있어 어느 방향에서든 맵을 탐색 가능.
키넥트 구글 맵 컨트롤		구글지도에 깊이값을 활용하여, 손을 뻗지 않은 상태로 움직이면 구글맵 위에서 단순히 포인터만 움직이고 구글맵에 대한 아무런 컨트롤이 이루어지지 않음. 손을 앞으로 뻗은 상태에서는 지도 위에 손 모양의 포인터가 물체를 잡은듯한 쥐어진 모습으로 바뀌고, 이 상태에서 좌우상하로 움직이면 맵이 이동. 양 손을 뻗은 상태로 양 옆으로 벌리면 맵이 확대, 안쪽으로 다시 모으면 맵이 축소.

제7장 참고문헌

-
- [1] Y. J. Na, H. Jung, C. Wang, and S. D. Min, "Design of Game Contents for Dementia Prevention using Kinect," in Proceedings of Bio-Medical System Conference, Hoengseong-gun Gangwon-do, pp. 13-15, 2015.
 - [2] K. S. Kim, Y. J. Lee, and S. S. Oh, "Development of Analysis of a Walking Game 'Paldokangsan3' Using Kinect", Journal of Korea Game Society, vol. 14, no. 1, pp. 49-58, Jan. 2014.
 - [3] Y. Pisan, J.G. Marin, K.F. Navarro, "Improving Lives: Using Microsoft Kinect to Predict the Loss of Balance for Elderly Users under Cognitive Load," in Proceedings of the 9th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Matters of Life and Death, no. 29, Oct. 2013.
 - [4] E. Go, S. Na, M. Yoon, H. Lee, S. Kim, and M. Sung, "A Full-body-experience Game for Child Safety Education using Kinect 3D Recognition Technology" in Proceedings of 41st Annual Conference of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, pp. 1473-1475, Dec. 2014.
 - [5] B.-N.-R. Kim, Y.-T. Kwak, "Children Serious Game Using Gesture Recognition of Kinect," in Proceedings of 41st Annual Conference of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers, pp. 1453-1454, Dec. 2014.
 - [6] Y.-N. Kim, S.-J. Kim, J.-S. Lee, E.-S. Cho, "Sensible 3D Virtual Reality Rehabilitation Treatment System using Kinect and Unity3D", in Proceedings of Conference of the Institute of Electronics and Information Engineers, pp. 935-938, Nov. 2013.
 - [7] G.-F. He, J.-W. Park, S.-K. Kang, and S.-T. Jung, "Development of Gesture Recognition-Based 3D Serious Games," Journal of Korea Game Society, vol. 11, no. 6, pp. 103-114, Nov. 2011.
 - [8] J. G. Kim, S.-G. Kim, Y. H. Joo, and J. B. Park, "Human posture recognition using Kinect sensor" in Proceedings of 43rd Annual Conference of the Korean Institute of Electrical Engineers, Jeongseon-gun, Gangwon-do, pp. 1371-1372, 2012.
 - [9] H. S. Choi, "Kinect-based Motion Recognition Model for the 3D Contents Control," Journal of the Korea Contents Association, vol. 14, no. 1, pp.24-29, Jan. 2014.
 - [10] S. Cho, H. Byun, H. K. Lee, and J. Cha, "Arm Gesture Recognition for Shooting Games based on Kinect Sensor," Journal of KIISE: Software and Applications, vol. 39, no. 10, pp. 796-805, 2012.
 - [11] Z. Saenz-de-Urturi, B. G.-Z. Soto, "Kinect-Based Virtual Game for the Elderly that Detects Incorrect Body Postures in Real Time," Sensors, vol. 16, no. 5, pp. 704-719, 2016.
 - [12] M.-H. Choi, B.-K. Park, B.-Y. Koo, J-W. Chae, J-J. Kim, "Human motion analysis based on a markerless motion capture using Kinect," in Proceedings of Annual Conference of the Institute of Control, Robotics and Systems, pp. 619-623, July 2012.
 - [13] H.-J. Yun, K.-I. Kim, J.-H. Lee, H.-Y. Lee, "Development of Experience Dance Game using Kinect Motion Capture", KIPS Transactions on Software and Data Engineering, Vol.3, No.1, pp.49-56, 2014.
 - [14] K. S. Park, "Development of Kinect-based Pose Recognition Model for Exercise Game," KIPS Transactions on Computer and Communication Systems, vol. 5, no. 10, pp. 303-310, Oct. 2016.
 - [15] J. Yang, H. Li, and Y. Jia, "Go-ICP: Solving 3D Registration Efficiently and Globally Optimally," in Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Sydney, Australia, pp. 1457-1464, 2013.