

# 재활훈련 기능성 게임 콘텐츠를 이용한 Personal Training System 개발

류완석, 강한수, 김휴정, 임창주\*, 정성택  
한국산업기술대학교 컴퓨터공학과, 한국산업기술대학교 게임공학과\*  
rwsrich@kpu.ac.kr, hskang@foretek.co.kr, hjkim@foretek.co.kr,  
scjlim@kpu.ac.kr, unitaek@kpu.ac.kr

## Development of Personal Training System Using Functional Game for Rehabilitation Training

Wan-Seok Ryu, Han-Soo Kang, Hyu-Jeong Kim,  
Chang-Joo Lim\*, Sung-Taek Chung  
Dept. of Computer Engineering, Korea Polytechnic University  
Dept. of Game and Multimedia Engineering, Korea Polytechnic University\*

### 요 약

본 논문에서는 재미있는 게임을 하면서 재활 및 신체 평형 능력 향상에 이용하기 위하여 전자 장치를 장착한 밸런스 보드와 기능성 게임 콘텐츠를 개발하였다. 재미있는 게임을 이용한 재활 훈련은 환자의 재활 훈련 효과를 높일 수 있을 것이다. 퍼스널 트레이닝 시스템은 밸런스 보드에 가속도 센서를 부착하였으며, 게임 콘텐츠는 신체의 평형 정도에 따라 동작한다. 개발된 시스템을 검증하기 위하여 재활 훈련 게임 콘텐츠를 개발하였다. 제안된 콘텐츠는 간단한 재활 훈련과 신체 평형 운동에 적용할 수 있으며, 또한 여기서 제안된 인터페이스는 에뮬레이터를 통하여 여러 가지 기능의 상용 게임에 적용할 수 있다.

### ABSTRACT

In this paper, we have developed the balance board with electronic devices to use in various fields of remedial and physical balance exercise with interesting game and the functional game. Rehabilitation training using a funny game will be effective for patient's rehabilitation training. A Personal training system uses a balance board with an acceleration sensor and the game controlled by physical balance. To evaluate the operation of the developed system, we developed rehabilitation training game. The proposed game can be applicable to rehabilitation and balance training, and suggested game interface method could use a commercial game with various function through our emulator.

**Keyword** : Personal Training System, Rehabilitation, Functional Game Contents

## 1. 서 론

기능성 게임이란 게임을 매개체로 하여 특정한 목적을 주장하거나 트레이닝이 이루어지도록 하는 것을 목적으로 한다. 이러한 기능성 게임들은 주로 사회적인 문제점을 대중에게 알리거나, 교육 목적으로 활용할 수 있으며 재활 훈련과 같은 트레이닝을 위한 목적으로도 사용될 수 있는데 이러한 경우에는 환자가 특정 재활 훈련을 재미있는 게임을 통해 달성할 수 있다는 장점이 있다.

기존의 재활치료의 정의는 환자가 가정이나 학교, 직장에 복귀하여 사회생활을 하는데 도움을 주는 것으로 약물치료를 제외한 모든 치료방법을 말한다[1]. 이러한 재활치료방법을 통해 현재의 장애를 극복하고 일상생활과 사회로 복귀하여 적용할 수 있도록 하는 것이다. 재활 치료는 운동능력 강화, 통증 완화, 작업동작에 관한 훈련, 언어치료 등으로 환자, 의사, 가족이 삼위일체가 되어 오랫동안 시행해야 하는 것이다. 일반적으로 신경회복은 3~6개월 내에 가장 많이 일어나고 9~12개월까지도 완전한 회복을 기대할 수 있으며, 그 이후라도 후유장애가 없고 환자의 재활의지만 있다면 충분히 극복할 수 있는 것이 재활치료이다. 오늘날의 재활 산업은 장애인의 식사, 의복 착용 등 일상생활의 자립과 인간의 존엄성 확보의 문제로 특히 보행능력에 대한 필요성이 강조되고 있으며, 화재, 교통사고 등으로 인한 갑작스런 신체마비로 보행능력 향상이 필요한 재활치료는 당연한 것으로 이에 대한 재활 치료의 효율성을 높이기 위한 재활 시스템이 필요하다.

재활 산업뿐만 아니라 스포츠의학에서도 재활치료 및 훈련은 많이 이용되고 있으며 가장 흔한 손상 중에 하나로 발목부상을 꼽을 수 있다. 종목을 불문하고 발목 한번 빠지 않은 선수가 없을 정도로 많으며 일상생활에서도 운동을 하지 않는 일반인들의 부상이 자주 일어난다. 발목 부상으로 인한 통증은 무척 아플 뿐 아니라 이로 인하여 선수의 훈련과 경기력에 영향을 주며 일상생활에서도 많은

불편함을 초래한다. 또한 발목을 한번 다치고 나서 회복이 된다 해도 한번 다친 발목은 정상 발목보다 훨씬 더 약해지며 또 다시 손상될 위험이 매우 높다. 발목 부상을 예방하는 가장 좋은 운동으로는 신체의 균형을 잡는 재활 방법을 이용하고 있다[2]. 밸런스 보드를 활용하는 운동은 대퇴근, 비족저근, 아킬레스건등의 근육 인대의 강도, 움직임, 유연성, 그리고 탄력성 향상에 아주 효과적이다[3]. 족저근막의 근력 및 유연성 강화를 통하여 족저근과 비복근의 열상을 방지해 줄 뿐 아니라, Trigger Point의 형성과 잠재성 Trigger Point의 활성화의 예방 및 치료에 효과적인 것으로 알려져 있다[4]. 또한 다운증후군 아이들의 80%가 보행 문제를 가지고 있는데[5], 이러한 보행의 문제점을 향상시키고자 다운증후군 유아를 대상으로 근력 향상을 위한 재활을 하였을 때, 이동 능력과 평형성 그리고 특정 근육 근력이 증가되었음이 보고되었다[6].

본 연구에서는 발목 근육의 힘을 향상시킬 뿐 아니라 발과 다리의 근력도 향상시켜 스포츠손상의 위험을 줄여줄 수 있는 재활훈련용 밸런스 보드와 가속도 센서를 이용하여 밸런스 보드의 기울기를 통한 움직임을 추적할 수 있는 퍼스널 트레이닝 시스템을 구현하였다. 퍼스널 트레이닝 시스템을 이용한 균형 트레이닝 방법은 운동시간이 부족한 현대인이 실내에서 재활 및 운동이 가능하도록 구현하였다. 일반적으로 실내 운동기구를 활용한 시스템은 운동 시간의 지루함을 주며 환자나 선수의 지속적인 운동 효과를 주기 어렵다. 이러한 지루함을 제거하기 위하여 운동 기구에 IT 기능을 추가하여 보다 사용자의 운동 시간을 재미있게 할 수 있도록 게임을 비롯한 다양한 콘텐츠가 개발되고 있는 추세이다.

본 논문에서는 퍼스널 트레이닝 시스템에 전자장치와 스위치 기능을 추가하여 재활뿐 만 아니라 다양한 오락용 게임 및 교육용 게임을 통하여 재미있게 운동할 수 있도록 한 기능성 게임 콘텐츠를 구현 및 적용을 목표로 하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 스포츠 의학에서의 밸런스

스포츠 의학에서는 발목과 무릎 부상이 가장 빈번한 부상 중 하나이다. 전체 스포츠 관련 부상 중 약 77%가 하지에서 발생하며, 이들 중 무릎 부상이 21%, 발목 부상이 18% 이상을 차지하고 있다[7,8]. 또한, 부상으로 인한 발목 염좌의 통증은 매우 심할 뿐만 아니라 운동선수들은 뺨 발목으로 인하여 훈련과 경기를 제대로 소화하지 못하고 있다. 발목은 한번 다치고 나면, 재활 과정을 거쳐 회복이 되더라도 정상 발목보다 훨씬 더 약해지며, 한번 발목 부상을 경험한 사람들 중 약 80%가 재발을 경험하고 있다[9]. 이와 같은 발목 염좌의 부상을 예방하거나 재활을 위한 트레이닝으로는 신체의 균형을 유지하는 균형 유지 트레이닝 방법이 있다[8]. 이러한 균형 유지 트레이닝은 신체적 건강뿐만 아니라 정신 건강에도 도움을 주고 있다[10].

### 2.2 의족과 밸런스

재활의학 측면에서는 하체의 부상이 아닌 절단 등으로 인하여 의족을 착용하는 사람들에게도 새롭게 바뀐 몸의 균형을 유지하기 위하여 재활 훈련이 필요하다. 육체적 고통뿐만 아니라 정신적 고통까지 받고 있는 의족 환자에게 심심하고 지루한 재활 트레이닝 과정을 꾸준히 해야 하는 것은 또 다른 고통을 주는 것이다. 이와 같은 재활 트레이닝 과정이 재미있게 이루어진다면 정신적으로 많은 도움을 줄 뿐만 아니라 빠른 시간 내에 신체의 균형 유지가 이루어 질 것이다.

### 2.3 고령자와 밸런스

한국의 65세 이상 노령인구는 평균수명 연장 및 출산율 감소로 2019년 14.4%대의 고령화 사회에 진입하고 2026년에는 20%에 육박하는 초 고령 사회로 변화 할 것이라 예측 되고 있다[11]. 고령자

들은 골다공증 등의 병을 가지고 있거나, 가지고 있지 않더라도 뼈가 약한 경우가 많아 실족하면 골절 등의 상해를 입을 가능성이 매우 크며, 특히 하지 근력의 약화는 걸음걸이, 계단 오르기, 의자에서 일어서기 등 일상생활의 불편함과 낙상 등의 사고를 가져오는 원인이 되고 있다[12]. 이러한 하지 근력의 약화는 몸의 밸런스를 강화하는 훈련을 통하여 해결 될 수 있다.

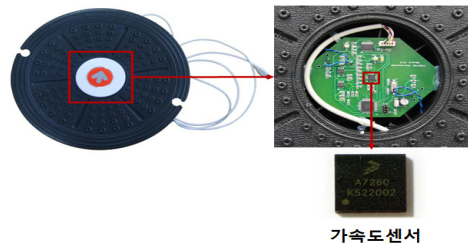
### 2.4 뇌졸중과 밸런스

뇌졸중의 경우, 국내에서 연간 약 9만 명의 환자가 발생하며(인구 10만 명당 200명), 뇌졸중 환자의 18%는 사망, 9%는 완전회복 73%가 재활이 필요하다[13,14]. 많은 뇌졸중 환자들은 병원뿐만 아니라 가정에서 운동을 통한 근력 강화 재활훈련에 노력하고 있다. 또한 근력 강화와 더불어 신체 균형 트레이닝도 병행 한다면 재활 시간이 단축 될 것이다.

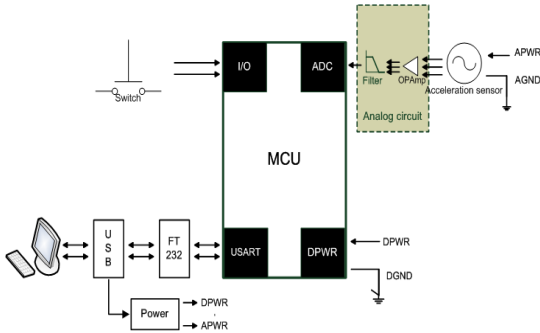
## 3. 시스템 설계 및 구현

### 3.1 하드웨어의 구현

[그림 1]은 본 논문에서 제안한 퍼스널 트레이닝 시스템 및 장착된 가속도 센서의 사진으로 보드중앙 내부에 가속도 센서를 삽입하였다. 또한 [그림 2]는 시스템 구성도를 보여주고 있다. 기존의 밸런스 보드 중앙에 가속도 센서를 부착하고 센서의 출력 값을 USB통신으로 PC와 데이터를 주고받을 수 있도록 구성하였다.



[그림 1] 밸런스 보드를 이용한 퍼스널 트레이닝 시스템 외형 및 가속도 센서



[그림 2] 퍼스널 트레이닝 시스템 구성도

본 논문에서 사용한 가속도 센서 사양은 [표 1]에서 보여주고 있다. 적용된 가속도 센서는 중력가속도(1g = 9.8 m/s<sup>2</sup>)의 1.5~6배의 가속도를 측정할 수 있으며 가속도 뿐 만아니라 기울기도 측정 가능하도록 설계되었다. 센서는 사용자의 움직임에 따라 360° 방향에 대하여 신체의 움직임 반응에 따라 기울기를 측정하고 측정값을 알 수 있도록 밸런스 보드 내부에 배치하였다. 또한 Push-Switch 버튼을 추가하여 마우스 버튼 혹은 키보드에 매핑 될 수 있도록 하여 다양한 기능이 가능하도록 하였다.

여기서 사용된 MCU는 100ms마다 가속도 및 스위치의 전기적 신호를 변화시켜 데이터를 전송함으로써 신체의 빠른 움직임에도 반응하도록 설계하였다. 가속도 센서에서 출력되는 아날로그 신호의 범위는 매우 미세하여 OP AMP를 이용하여 2배로 증폭하였으며, 이에 따른 Noise는 Low-Pass Filter를 이용하여 10Hz이하의 신호만 통과하도록 하였다. MCU의 디지털 I/O에 연결하여 가속도센서 값과 함께 USB 통신으로 PC로 전송하였다. 가속도 센서의 측정된 값은 MCU에서 분석되며 10ms단위로 측정된 센서의 기울기데이터를 각각 x, y, z 축의 기울기에 비례하는 상수 데이터로 수치화하고 100ms 단위로 전송할 수 있는 프로토콜을 구현하였다. 본 논문에서 사용한 Push-Switch의 최대 스위치 허용 주파수는 20ms이므로 Nyquist 샘플링 주파수의 정의에 의해서 10ms로 설정하였다.

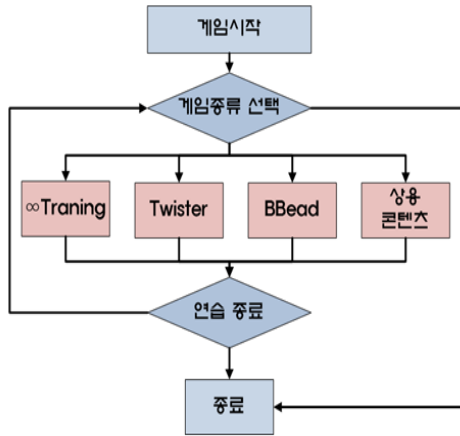
[표 1] 가속도센서 사양

가속도 센서	
Sensitivity	1.5g-6g
Low current	500uA
Voltage operation	2.2V-3.6V
Axis	3축

### 3.2 소프트웨어의 구현

모든 소프트웨어의 구현은 C++와 MFC를 사용하여 여러 가지의 기능들을 수행할 수 있는 콘텐츠를 구현하였다. 구현된 소프트웨어는 퍼스널 트레이닝 시스템과의 인터페이스를 위하여 USB 통신을 구현하였으며 100ms마다 입력된 신호들은 밸런스 보드의 최대 기울임 각도인 약 15도의 값으로 인식할 수 있도록 처음 50개의 데이터를 축적하여 중심점과 x, y축 각각의 데이터를 수집하고 현재 각도가 구현된 콘텐츠에 적합하도록 스케일링 알고리즘을 적용하였다. 이를 바탕으로 100ms마다 입력된 데이터는 각각 x, y 방향의 기울기 각도로 매핑(Mapping)함으로써 구현된 콘텐츠에 맞는 조작이 가능하도록 하였다. 본 논문에서 구현된 콘텐츠들은 가속도 센서를 이용하여 자체 제작된 퍼스널 트레이닝 시스템에 적용하였다.

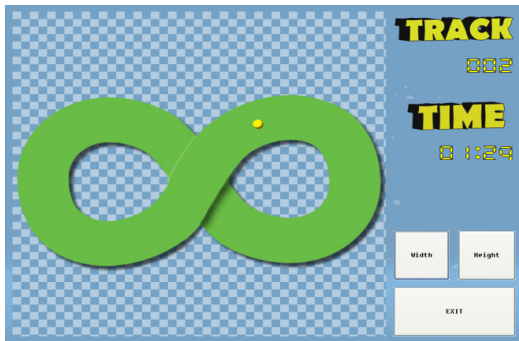
구현된 콘텐츠 종류는 [그림 3]의 소프트웨어 구성도에 나타났다. 몸의 유연성 트레이닝을 위하여 ∞ 모양의 트래킹 훈련, 일정 시간 균형 유지를 위한 Twister, 몸의 기울기 조절을 위한 구슬 넣기 BBead, 또한 상용화된 다양한 게임에 응용하기 위하여 스키이트보드 콘텐츠, 다양한 플래시 게임과의 인터페이스 등으로 이루어졌다. 또한 에뮬레이터 제작을 통해 좀 더 다양한 게임인터페이스가 가능하도록 했다. 에뮬레이터는 사용자의 인터페이스의 일종인 마우스와 키보드의 특정키를 퍼스널 트레이닝 시스템에 인터페이스 할 수 있는 기능을 제공함으로써 사용자에게 다양한 콘텐츠의 제공이 가능하게 한다.



[그림 3] 소프트웨어 구성도

### 3.2.1 퍼스널 트레이닝 콘텐츠-유연성 트레이닝을 위한 ∞ 모양 트래킹 하기

[그림 4]는 ∞모양의 트랙을 따라 움직일 수 있도록 몸의 균형을 변화시키며, 주어진 시간동안 몇 회를 반복하는 가에 따라 트레이닝의 개선 결과를 확인할 수 있는 콘텐츠이다. 이러한 반복적인 트레이닝은 몸의 유연성뿐만 아니라 발목과 다리의 근육을 향상시키는데 많은 도움이 될 것으로 보인다.

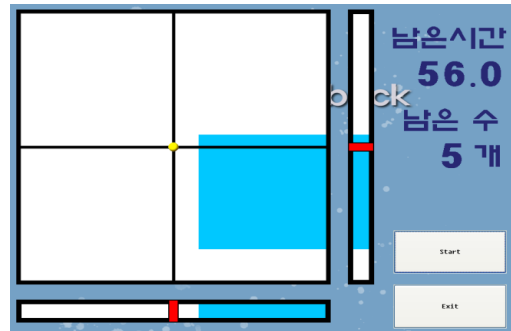


[그림 4] ∞ 모양 트래킹 하기

### 3.2.2 퍼스널 트레이닝 콘텐츠- 일정 시간 균형 유지를 위한 Twister

[그림 5]는 일정시간 주어진 사각형 내에서 몸의 균형 유지 트레이닝을 위한 콘텐츠이다. 임의의 위치에 생성되는 사각형 내에서 3초간 몸의 균형을

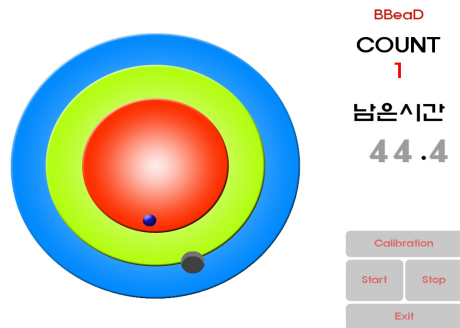
유지함으로써 사각형 크기가 작아지는 다음 단계로 넘어 갈 수 있도록 하였다. 즉, 단계가 증가 할수록 사각형 크기는 축소된다. 주어지는 단계는 1분 동안 총 5단계로 구성되어 있으며, 모든 단계가 마무리 되거나 주어진 시간이 지나면 종료 되도록 하였다. 반복적인 균형 유지 트레이닝은 하체 근력 향상에도 많은 도움이 될 것으로 보인다.



[그림 5] 일정 시간 균형 유지를 위한 콘텐츠

### 3.2.3 퍼스널 트레이닝 콘텐츠- 몸의 기울기 조절을 위한 구슬 넣기 BBead

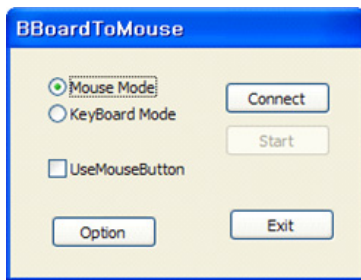
[그림 6]은 몸의 기울기 정도에 따라 각각의 중심원에 주어지는 구멍에 구슬을 넣는 콘텐츠이다. 몸의 기울기를 조절하고 구멍 위치에 따른 방향으로의 균형을 유지함으로써 여러 방향에 주어지는 구멍에 구슬을 넣을 수 있다. 이것은 몸의 기울기에 따른 균형감 유지, 방향감 등의 트레이닝에 효과적일 것으로 보인다.



[그림 6] 몸의 기울기 조절을 위한 콘텐츠

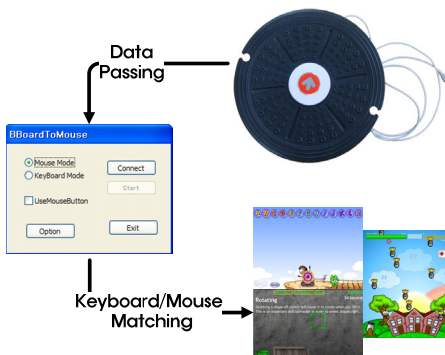
### 3.2.4 에뮬레이터의 제작

[그림 7]은 퍼스널 트레이닝 시스템을 이용하여 다양한 응용 콘텐츠에 이용하기 위해 구현된 에뮬레이터를 보여주고 있다. 마우스와 키보드의 특정 키를 매핑(Mapping)시켜 응용 콘텐츠를 조작함으로써 다양한 기능성 게임을 즐길 수 있도록 하였다. 에뮬레이터는 퍼스널 트레이닝 시스템으로부터 감지된 센서 데이터를 분석하여 각각에 맞는 방향으로의 움직임을 마우스 혹은 키보드와 매핑되는 윈도우 메시지를 발생하도록 하였다. 옵션버튼을 이용하여 다양한 키를 설정하도록 하였으며, 커넥트 버튼을 이용하여 사용자가 퍼스널 트레이닝 시스템에 접속 하여 이용할 수 있도록 하였다.



[그림 7] 응용 콘텐츠에 적용하기 위하여 제작된 에뮬레이터

상용화된 플래시 게임 적용을 위하여 마우스와 키보드에 구현된 에뮬레이터에 매핑시켰다. 이에 대한 구성도는 [그림 8]에서 나타내었다.



[그림 8] 에뮬레이터를 이용한 게임 인터페이스 구성도

### 3.2.5 응용 콘텐츠 적용 사례-스케이트 보드

[그림 9]은 퍼스널 트레이닝 시스템에 부착된 스위치를 이용하여 기존의 상용화 된 스케이트보드 콘텐츠에 적용한 예이다. 스케이트보드를 타고 지나가는 자동차를 피해 전진하는 플래시 게임으로 점프기능은 부착된 키를 이용할 수 있도록 하였다. 이와 같은 상용 콘텐츠를 본 논문에서 제작된 퍼스널 트레이닝 시스템과 쉽게 연동할 수 있다.

이것은 일반 가정에서 퍼스널 트레이닝 시스템을 이용하여 기존의 콘텐츠와 연동하여 재미있는 기능성 게임으로 활용할 수 있음을 보여주는 것이다.



[그림 9] 스케이트보드 콘텐츠

## 4. 결 론

본 논문에서 제안한 퍼스널 트레이닝 시스템은 기존 밸런스 보드에 가속도 센서와 스위치를 부착시켰다. 기존의 밸런스 보드를 이용한 지루한 재활 및 근력 운동 과정을 게임과 접목시켜 재미와 흥미를 가지도록 하였고, 다양한 응용 분야로서 교육, 재활, 그리고 운동과 게임을 병행할 수 있음을 보였다. 이와 같은 다양한 분야에 적용할 수 있는 것은 에뮬레이터를 이용한 마우스 및 키보드 기능을 추가함으로써 퍼스널활용 범위가 더욱 커졌다. 향후 일반인 대상으로 재미있게 운동할 수 있는 기능성 콘텐츠 개발과 학습 기능이 가능한 콘텐츠 개발을 통하여 퍼스널 트레이닝 시스템 및 기능성 게임의 활용범위를 극대화 할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- [1] 전세일, “척추 골절 환자의 재활치료”, Vol. 1, No. 1, pp.123-126, 1994.
- [2] 나영무, 문재호, 성연재, 이홍재, 이한수, 어은실, “기능적 족관절 불안정성 환자에서 발목 원관 훈련의 효과”, 대한스포츠의학회지, 제17권, 제2호, pp.406-421, 1999.
- [3] 이종하, “운동선수의 손상과 재활”, 코칭능력개발지, 제10권, 제4호, pp.31-40, 2008.
- [4] JumpBall, (주)제인엔제이미디어, 제1호, pp.2-3, 2008.
- [5] Margareta, M, “New aspects of a well-known syndrome (Down syndrome-Mongolism)”, European Journal of Pediatrics, Vol. 136, No. 1, pp.5-7, 1981.
- [6] Sayers, L.K, Cowden, J.E, Newton, M, Warren, B, and Eason, B, “Qualitative analysis of a pediatric strength intervention on the developmental stepping movements of infants with Down syndrome”, Adapted Physical Activity Quarterly, Vol. 13, Iss. 3, pp.247-268, 1996.
- [7] 김연수, 박상연, 강현주, 석민화, 오정우 “원반 트레이닝과 복합 트레이닝이 발목의 기능적 안정성에 미치는 영향”, 운동과학회지, 제13권, 제1호, pp.113-124, 2004.
- [8] Lynch, S.A, “Assessment of the injured ankle in the athlete” J. Athl. Train., Vol. 37, No. 4, pp.406-421, 2002.
- [9] Olmsted, L.C., Carcia, C.R., Hertel, J. Shultz, S.J., “Efficacy of the Star Excursion Balance Tests in Detecting Reach Deficits in Subjects With Chronic Ankle Instability”, J. Athl. Train., Vol. 37, No.4, pp.501-506, 2002.
- [10] Väättänen, A, Leikas, J, “Human Centred Design and Exercise Games - Users’ Experiences of a Fitness Adventure Prototype”, Springer Netherlands, Vol. 37, pp.33-47, 2009.
- [11] 진병주, “u-Healthcare 서비스의 현황과 과제”, 한국전산원, 제10호, pp.1-2, 2005.
- [12] Bohannon, R.W, “Sit to stand test for measuring performance of lower extremity muscle. Perceptual and Motor Skill”, Vol. 80, No. 1, pp.163-166, 1995.
- [13] 나경환, “생체 운동신호 감지를 이용한 재활 및 근력보조 로봇기술 개발”, 한국생산기술연구원 보고서, pp.1-3, 2008.
- [14] 김동준, 김희백, 한순자, 김기환, “뇌졸중 환자 740례에 대한 임상 관찰”, 대한내과학회지, 제11권, 제10호, pp.647-654, 1968.



류완석(Ryu, WanSeok)

광운대학교 학사, 석사  
메디슨 MRI사업부 연구원  
메디너스 선임연구원  
한국게임학회 정회원  
한국산업기술대학교 박사 수료

관심분야 : 기능성 게임, 그래픽



임창주(Lim, ChangJoo)

KAIST 학사, 석사, 박사  
KISTEP 선임연구원  
한국게임학회 정회원  
한국산업기술대학교 게임공학과 조교수

관심분야 : 게임인터페이스설계, 가상현실



강한수(Kang, HanSoo)

한국산업기술대학교 석사  
한국산업기술대학교 박사과정  
한국게임학회 정회원  
포텍마이크로시스템 CEO

관심분야 : 헬스케어, 기능성 게임



정성택(Chung, SungTaek)

KAIST 학사, 석사, 박사  
메디슨 선임연구원  
메디너스 연구소장  
한국게임학회 정회원  
한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 부교수

관심분야 : 헬스케어, 기능성 게임



김휴정(Kim, HyuJeong)

광운대학교 학사, 석사, 박사, ISOL 선임연구원  
메디슨 선임연구원, 포텍마이크로시스템 연구소장  
한국게임학회 정회원  
한국산업기술대학교 겸임교수

관심분야 : 기획, 헬스케어