

---

# 고강도의 줄넘기 운동을 지속 가능하고 즐거운 경험으로 만들기 위한 에너지 자립형 스마트 줄넘기

## Self-Powered Smart Jump-Rope to Transform an Intensive Physical Activity into Electricity-Generating Fun Experience

조종현, Jonghyun Jo\*, 여정진, Jungjin Yeo\*\*, 박혜정, Heajeong Park\*\*,  
유문호 Munho Ryu\*\*, 양윤석, Yoonseok Yang\*\*\*

---

**요약** 줄넘기 운동은 간단하면서도 매우 효과적인 운동 효과를 갖고 있지만, 높은 강도의 단조로운 운동 패턴으로 인해 지속적으로 운동을 시행하기 어려운 단점이 있다. 한편 줄넘기를 할 때 수반되는 운동에너지로부터 전기에너지를 생성하는 자가발전이 가능하며, 이전 연구에서 자가발전이 가능한 에너지 자립형 줄넘기로서 그 가능성을 확인한 바 있다. 본 연구에서는 에너지 자립형 줄넘기의 내부에 자체 생산된 전력으로 구동되는 초소형 임베디드 시스템을 내장하여, 줄넘기 운동 중의 가속도를 측정하고 스마트폰으로 무선 전송하도록 하였다. 스마트폰에서는 전용 앱을 통해 전송받은 가속도 데이터로부터 사용자의 점프를 감지하여 음악 줄넘기를 접목한 게임 콘텐츠와 실시간 연동할 수 있도록 하였다. 개발된 스마트 줄넘기 프로토타입은 사용자 테스트를 통해 줄넘기 운동의 지속적인 동기부여 방법으로써 유용함을 확인 할 수 있었으며, 축적된 운동 데이터를 기반으로 사용자에게 체계적인 피드백을 제공함으로써 줄넘기 운동의 효과를 보다 높일 수 있을 것으로 기대한다. 아울러 건전지 교체가 불필요한 에너지 자립 특성은 비용 절감과 더불어 사용성과 지속가능성 향상에도 크게 기여할 수 있을 것이다.

**Abstract** Jump-rope is a simple and effective exercise, but its intensive exercise load and monotonous pattern make it difficult to perform consistent workout. On the other hand, jumping rope accompanies large amount of kinetic energy which can be converted into electrical energy. In this study, we designed and implemented a self-powered jump-rope which can support the low-power embedded Bluetooth system inside it. The embedded system wirelessly transmits the acceleration data measured during jumping-rope exercise to a smartphone. We also developed a smartphone app which can count the number of jumps and provide real-time feedback with sound and animated graphic effects in a game context. Pilot test using the prototype smart jump-rope verified that it can be useful to motivation for the jump-rope exercise and make the exercise more effective by providing users with precise information about their exercise. We expect that the developed self-powered jump-rope will change the exercise from an intensive physical activity into electricity-generating fun experience combined with smartphone game, which maximize the benefit of the consistent jump-rope exercise.

**핵심어** : *Smart Jump-Rope, Exercise, Energy harvesting, Bluetooth, Smartphone App*

---

본 논문은 2012년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구 사업임. (NRF-2012R1A1A2008332)

\* 주저자 : 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정 e-mail : chozza1111@nate.com

\*\* 공동저자 : 전북대학교 헬스케어공학과 e-mail : hjpark914@gmail.com, yeojin85@gmail.com  
전북대학교 바이오메디컬공학부 교수 e-mail : mhryu@jbnu.ac.kr

\*\*\* 교신저자 : 전북대학교 바이오메디컬 공학부 교수 e-mail : ysyang@jbnu.ac.kr

■ 접수일 : 2014년 3월 16일 / 심사일 : 2014년 4월 2일 / 게재확정일 : 2014년 9월 29일

## 1. 서론

줄넘기 운동은 나이와 상관없이 누구나 시간과 공간에 구애 받지 않아 건강 증진 및 여러 가지 다른 운동의 기초체력 향상을 위한 보조운동으로 이용되고 있다. 줄넘기 운동은 주로 발바닥 앞부분으로 뛰는 특수한 상하운동으로 발목, 종아리, 무릎, 허리 등에 높은 자극을 주어 각 신체 기관의 기능을 강화시켜 주며, 유산소 운동으로서 지구력(심폐지구력, 전신지구력, 근지구력)향상에 매우 효과적이다.[1][2]

하지만 줄넘기 운동은 높은 운동 강도와 단조롭고 지루한 운동 패턴으로 인해 쉽게 지루함을 느끼고 흥미를 잃어버리게 되며, 그 결과 지속적인 운동을 이어가지 못하고 적절한 운동효과를 보기에 어려움이 발생하게 된다.

음악 줄넘기는 줄넘기운동의 새로운 형태로서 다소 단순하고 딱딱한 기존의 줄넘기를 응용하여 음악에 맞춰 뛰기, 춤 동작, 게임 등을 적절하게 혼합한 동작으로 줄넘기의 특성을 충분히 발휘함은 물론, 단시간 내에 체력을 향상시켜주며, 별다른 기술이나 장비 없이 누구나 어디서나 손쉽게 수행 할 수 있는 운동이다. 또한 음악의 리듬에 따라 운동 강도를 스스로 조절할 수 있으며, 상하로 뛰고 넘는 과정에서 관절에 적절한 자극을 주어 성장기 청소년의 골 밀도 형성에 도움을 주며 체력을 향상뿐만 아니라 생활습관병과 관련된 혈중지질의 농도 개선에도 긍정적 영향을 미칠 수 있다[3][4].

음악과 함께 즐길 수 있는 리듬게임은 비디오 게임, 스마트폰, PC에서 많은 인기를 누리고 있다. 특히 리듬게임 앱은 스마트폰의 보급과 함께 빠르게 성장하고 있으며 다양한 형태로 개발되어 많은 사람들의 인기를 얻고 있다.



그림 1. 다양한 형태의 리듬게임


이에 본 연구에서는 음악 줄넘기와 스마트폰 리듬 게임을 실시간으로 결합한 스마트 줄넘기를 개발하고, 이를 통해 고강도의 줄넘기 운동에 흥미를 부여하고자 하였다. 더욱이 사용자의 동작을 스마트폰과 연동하기 위해 필요한 센서 및 임베디드 무선통신 모듈을 줄넘기 활동에서 얻는 자가발전 전력으로 구동함으로써 줄넘기 운동을 통한 에너지 생산이라는 지속 가능한 사용자 경험을 구현하는 것을 목표로 하였다.

## 2. 본론

### 2.1. 자가발전이 가능한 에너지 자립형 줄넘기

#### 2.1.1. 줄넘기의 회전력을 이용한 전력 생성

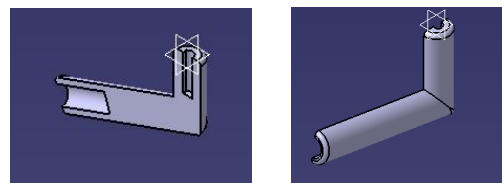
줄넘기 운동 시 사용자의 움직임을 인식하기 위해 가속도 데이터를 임베디드 시스템과 블루투스를 통해 무선으로 전송한 후 스마트폰에서 인식하여 다양한 피드백을 사용자에게 제공하도록 하였다. 이 과정에서 블루투스 통신 모듈과 임베디드 시스템은 지속적인 전원 공급이 필요하며 이에 따라 배터리를 소모하고 교체해야 하는 번거로움이 발생하게 된다. 본 연구의 에너지 자립형 줄넘기는 운동 시 줄넘기 손잡이와 줄 사이에 모터를 장착하여 줄의 회전력을 이용해 모터를 구동시킴으로써 운동에너지를 전기에너지로 변화시켜 전력을 생산 하였다. 모터는 감속기가 내장된 DC 기어드 모터를 사용함으로써 발전기로 사용되었을 때 추가적인 정류 회로가 필요하지 않고, 감속비만큼 증폭되어 더욱 큰 출력을 생성 해 낼 수 있도록 하였다. 다양한 소형 DC 기어드 모터의 출력과 운동에 미치는 부하, 줄넘기 손잡이에 장착되기 위한 크기와 무게 등을 고려하여 GM24-KTX(Yellow) 소형 감속기 방식의 모터를 선택하였다.



GM24 - KTX(Yellow)	
Rated Torque(g.cm)	250
Weight(g)	60
Height(mm)	38
Width(mm)	33.6

그림 2. 감속비 기어드 모터 및 세부 사양

한편 유연한 소재인 줄의 회전이 감속 모터의 부하를 이기지 못해 모터 축을 회전시키지 못한채 손잡이 근처에서 꼬여버리는 현상이 발생하게 된다. 이를 방지하여 줄의 회전력이 모터에 효과적으로 전달 될 수 있도록 그림 4와 같은 어댑터 구조체를 3-D 프린팅을 이용해 제작하여 장착하였다.



(a)



(b)

그림 3. (a) 3D캐드로 설계한 어댑터 도면과 (b) 제작 후 줄넘기 손잡이에 장착된 모습

### 2.1.2. 파워 컨디셔닝 (Power conditioning)

모터에서 생성된 전력은 불안정 하고 출력이 일정하지 않기 때문에 그대로 임베디드 시스템의 전원으로 사용하기에는 적합하지 않다. 에너지 하베스팅 IC회로인 CBC5300 (cymbet corporation, U.S.A)을 이용하여 그림 6의 (a)와 같이 DC-DC 변환, regulation 등 일련의 파워 컨디셔닝 과정을 거친 후 저전력 임베디드 시스템 EZ430-RF256x (Texas Instruments, U.S.A)의 전원으로 사용된다. 또한 줄넘기 운동 중에 사용자가 잠시 멈추었을 때 임베디드 시스템의 전원 공급이 중단되는 것을 방지하기 위해 그림 6의 (c)와 같이 출력부에 소형(100mAh) 리튬배터리(H401230-PCM, Power Source Energy Co., Taiwan)를 장착하여 일종의 버퍼 역할을 하도록 하였다.

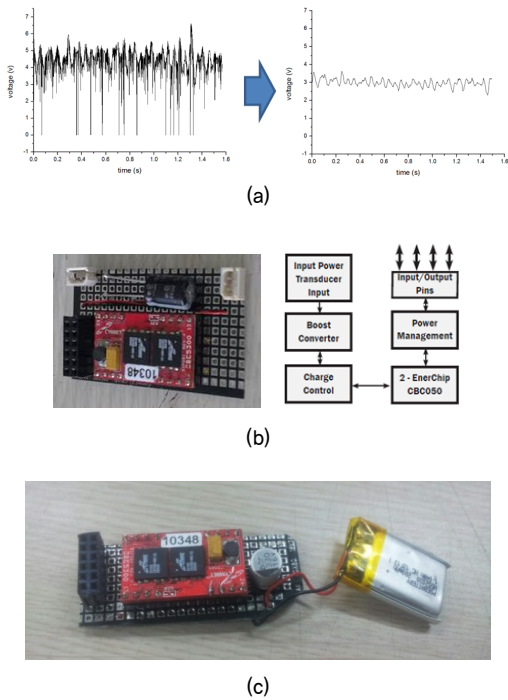


그림 4. Power conditioning 회로의 모습 (a) Power conditioning 전과 후 (b) CBC5300 IC와 기능 (c) 버퍼역할을 위해 출력부에 장착된 리튬배터리

## 2.2. 스마트 앱 연동

### 2.2.1. 스마트 폰과의 무선 연결

발전부로부터 전원을 공급받은 EZ430-RF256x은 3.2V의 낮은 전압에서도 구동이 가능하고 3축 가속도 센서와 블루투스 통신 기능을 내장하고 있어, 줄넘기 운동 중의 가속도를 측정하여 스마트폰 앱으로 전송하기에 적합하였다. 사용자의 상하 움직임에 따른 가속도를 측정하기 위해 그림 7과 같이 가속도 센서의 3축 중 Y-축 방향의 가속도 데이터를 측정하여 실시간으로 스마트폰에 전송하였다.

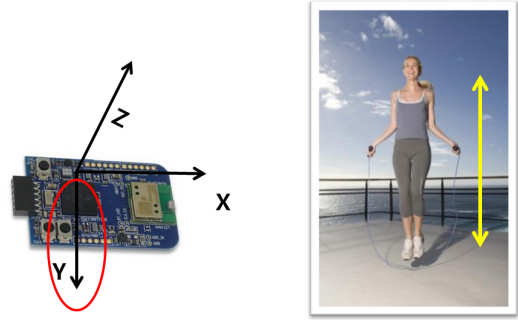


그림 5. 줄넘기 사용자의 움직임에 따른 가속도 축 데이터

### 2.2.2. 리듬 게임 앱

실제 줄넘기 운동에서 활용되어 그 효과가 입증된 음악줄넘기의 개념을 접목하여, 사용자가 줄넘기 운동을 즐거운 경험으로써 더욱 흥미를 갖고 유익하게 사용할 수 있는 스마트폰 앱 콘텐츠를 개발하였다. 그림 7은 리듬게임으로 개발된 앱 콘텐츠이다. 줄넘기와 스마트폰이 블루투스 통신으로 연결 되면 게임의 시작과 함께 재생(play back) 되는 노래의 리듬에 맞추어 원형의 객체(sprite)가 화면의 위에서 생성되어 아래로 내려오게 된다. 원형 객체가 화면 가운데 있는 스피커의 중심부를 통과하는 순간에 맞추어 사용자가 점프를 하도록 하는 게임 룰에 따라 진행 되고, 자연스럽게 노래의 리듬에 따라 줄넘기 운동을 할 수 있게 된다.

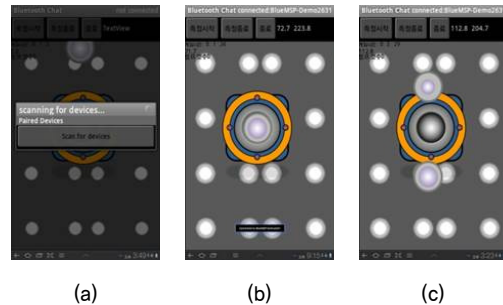


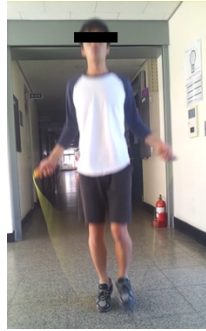
그림 6. 개발된 리듬게임 앱 콘텐츠. (a)앱이 시작되면 줄넘기와의 블루투스 연결, (b)블루투스 연결이 시작되면 음악이 시작되고 박자에 맞추어 포인트가 내려옴, (c)내려오는 포인트가 가운데 동그라미에 닿을 때 줄넘기를 점프함

앱 콘텐츠는 자바 이클립스(JAVA Eclipse), JDK(JAVA Developers'kit)와 안드로이드 SDK(Android Software Development Kit)를 이용하여 개발되었으며 개발된 앱은 Samsung Galaxy Tab 10.1을 이용하여 프로그램 호환성을 테스트 하였다. 전달된 가속도 데이터는 앱 내부에서 분석을 통해 줄넘기 횟수를 자동으로 측정하여 사용자에게 보여주도록 하였다.

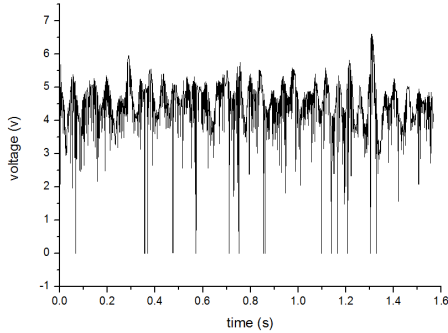
## 3. 에너지 자립형 스마트 줄넘기의 기기 성능 평가

개발된 자가 발전 줄넘기는 그림 8 (a)와 같이 사용자가 일

상적인 줄넘기 빠르기인 120회/분(rpm)의 속도로 줄넘기를 할 때 그림 8 (b)와 같은 출력을 보이며 평균 4.2V, 0.33W의 전력을 생산하는 것으로 확인된다. 특히 줄을 돌릴 때 발전기 모터로 인해 생기는 부하는 줄넘기 운동에 별다른 방해로 주지 않는 것으로 확인되었다.



(a)



(b)

그림 7. 개발된 자가발전기를 이용하여 (a)줄넘기 운동을 하는 모습과, (b)줄넘기의 출력

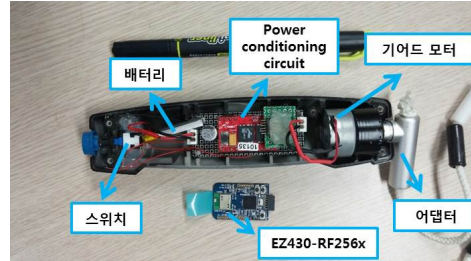
줄넘기의 출력은 그림 12-(a)와 같이 CBC5300 IC회로를 거쳐 파워컨디셔닝되며, 임베디드 시스템의 전원을 충분히 공급할 수 있음을 확인하였다.

발전기와 배터리를 포함한 스마트 줄넘기의 부품들은 줄넘기 손잡이 내부에 그림 12 (a)와 같이 배치되었으며 장치의 전원 및 작동 상태를 사용자에게 알리기 위한 LED를 추가하였다.

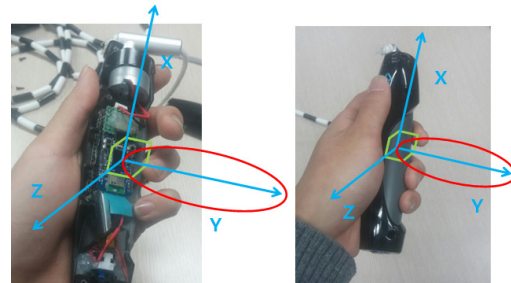
어댑터는 내구성을 고려하여 알루미늄 재질로 제작하는 한편 원통형 구조를 이용해 줄이 어댑터 뒷부분까지 통과하도록 하여 줄과의 연결을 용이하게 할 뿐 아니라, 줄 길이의 조절도 가능하도록 하였다.

또한 가속도 센서로부터 점프 중의 가속도 데이터를 효과적으로 측정할 수 있도록 그림 12의 (b)와 같은 방향으로 임베디드 회로보드를 고정하였다. 현재는 Y-축 방향의 가속도를 주로 사용하여 사용자의 점프를 감지하도록 되어 있기 때문에 사용자가 손잡이를 쥐는 위치와 방향을 적절히 유도하기 위해 그림 12 (c)와 같이 의도적인 디자인을 통해 손이 움켜지는 부위를

다른 윗부분과 다른 좀 더 거친 재질로 제작하여 줄넘기가 미끄러지지 않고 자연스럽게 사용자가 적절한 위치에서 손잡이를 쥐도록 제작하고, 엄지손가락이 위치하는 곳에 시각적인 표시를 추가하였다.



(a)



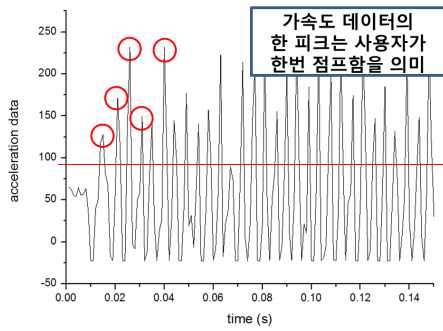
(b)



(c)

그림 8. 개발된 줄넘기 손잡이의 프로타입 (a)손잡이 내부 부품의 배치, (b)가속도계의 3축을 고려한 내부 구조 (c) 사용자의 손 위치를 고려한 줄넘기 손잡이 디자인

블루투스 통신을 통해 스마트폰으로 전송된 가속도 데이터는 그림 10(a)와 같은 형태로 나타난다. 그림 10(a)의 가속도 데이터 파형에서 하나의 피크는 사용자가 한번 점프했음을 의미한다. 이와 같이 전송된 가속도 데이터를 스마트 폰 앱에서 분석하여 그림 10의(b)에서처럼 사용자의 점프 시점과 횟수를 자동으로 감지할 수 있음을 확인하였다.



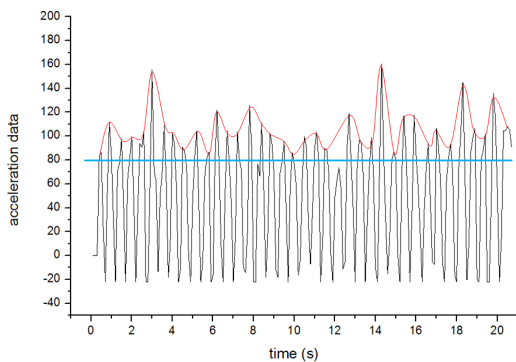
(a)



(b)

그림 9. (a)스마트폰 앱에서 측정된 가속도 데이터와 (b)스마트폰 앱에서 점프를 실시간으로 인식하여 텍스트로 표시한 모습

스마트폰 앱에서 측정된 점프 횟수의 정확도를 확인하기 위해 테스트를 시행하였다. 사용자가 20초 줄넘기 운동을 실시한 후 가속도 데이터와 스마트폰 앱에서 측정된 점프 횟수를 그림 11에 표시하였다. 실제 줄넘기 회수와 비교한 결과 다음 표 1과 같은 결과를 얻을 수 있었으며 4회 평균 98.5%의 정확도를 확인 할 수 있었다.



(a)



(b)

그림 10. (a)스마트폰 앱에서 측정된 가속도 데이터의 피크 (b)스마트폰 앱에서 측정된 점프 횟수

표 1. 가속도 데이터 파형의 피크와 스마트폰 앱에서 측정된 점프 횟수의 비교

점프 횟수 감지 테스트			
	실제 점프 횟수	앱 카운트	정확도(%)
1차	37	36	97
2차	37	37	100
3차	39	39	100
4차	38	37	97

현재 개발된 스마트폰 앱 프로토타입은 사용자의 점프 횟수를 측정할 뿐만 아니라, 운동 시행과 관련된 정보를 데이터베이스에 날짜 별로 구분하여 저장하며, 그래프 형식으로도 볼 수 있도록 하여 운동 관리를 효과적으로 할 수 있도록 하였다. 리듬 게임 앱과는 별도로, 운동 중 지루하지 않도록 배경 음악을 재생하는 기능도 추가하여 운동의 지루함을 덜 수 있도록 하였고, 음악은 자신의 스마트폰에 저장된 음악을 재생하도록 하였다. 사용자의 신장과 체중을 환경설정 창에서 입력하여 저장할 수 있도록 하여 줄넘기 운동으로 인해 변하는 신체 정보를 확인하여 운동 효과를 확인 할 수 있도록 하였다. 또한 대표적인 소셜 네트워크 서비스(Social Network Service SNS)인 카카오톡((주)카카오, South Korea)와의 연동을 통해, 기록된 운동 정보를 다른 사람들과 공유하여 함께 운동하고 공감 하는 즐거움을 경험함으로써 줄넘기 운동의 효과를 극대화 할 수 있도록 하였다.

무엇보다 운동 중에 사용한다는 특성을 고려하여, 블루투스 페어링(pairing) 및 연결(connection)을 위한 조작을 최대한 간소화하기 위해 임베디드 시스템이 내장된 줄넘기의 모델명을 등록하고 한 번의 버튼 클릭으로 바로 연결 할 수 있도록 하였다.

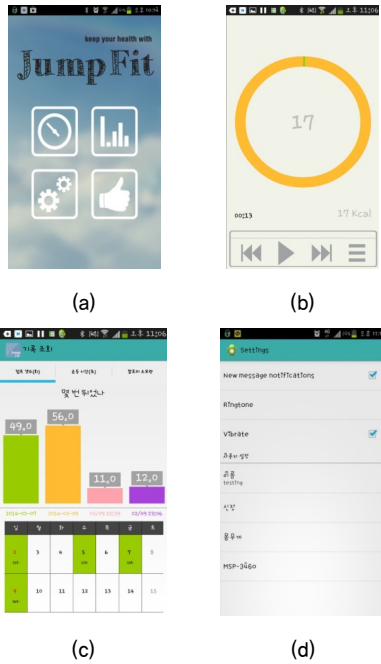


그림 11. 개발된 스마트폰 앱 시제품. (a)메인 화면, (b)운동화면, (c)운동 정보화면, (d)환경 설정 화면

## 4. 에너지 자립형 스마트 줄넘기의 사용자 평가

### 4.1 실험 방법

20~30대의 남녀 13명을 대상으로 각자의 스마트폰에 본 연구를 통해 개발된 앱 프로토타입을 설치하고 제작된 줄넘기를 이용하여 하루 10분씩 5일 동안 평가자의 아무런 지시 없이 자율 줄넘기 운동을 실시한 후 설문조사를 통하여 평가를 진행하였다. 설문지는 사용성(Usability), 유용성(Usefulness), 감성(Affect)의 요소로 이루어진 HCI 이론을 바탕으로 하였다.

설문지의 세부 구성은 참가자의 줄넘기 운동에 대한 경험과 생각에 대해 알아보기 위한 사전 기초선 조사 5문항과 개발된 줄넘기의 사용성 11문항 및 유용성에 대한 질문 8문항, 마지막으로 본 시제품에 대한 사용자의 감성적 생각을 묻는 질문 4문

표 2. HCI의 3대 요소

구분	세부내용	HCI에서의 역할
사용성	시스템을 사용하는 과정을 효율적으로 하기 위해 최소의 노력으로 시스템을 통하여 사용자가 원하는 소기의 목적을 얻기 위한 속성	사용자들이 배우기 쉽고 사용하기 편리한 시스템을 만들기 위한 역할
유용성	사용자들이 시스템을 사용하려는 목적을 효과적으로 달성할 수 있도록 하는 속성	사용자들의 이해를 바탕으로 유용한 시스템을 만드는 역할
감성	시스템을 사용하면서 사용자들에게 요구하는 요소에 대한 얼마정도를 대응 하였는가로 다양한 요소들의 합쳐진 개념	시스템 개발과정에서 가장 중요한 요소로 정서, 인상, 개성이 포함 되어야 한다. 유용성과 사용성과는 달리 다차원적이고 다방향적이므로 상대적인 충실도를 구현하는 역할

항으로 구성 하였다.[7][8][9]

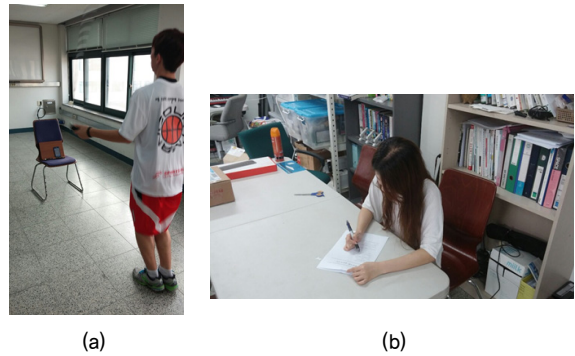


그림 12. 줄넘기 평가 진행 모습(a)과 설문지 조사 모습(b)

### 4.2 사전 기초선 조사

설문조사 결과 그림 14의 (a)와 같이 20~30대의 남성들은 운동을 자주 하고 즐기는 추세로 보였고 반면에 여성들은 운동을 많이 하지 않는 것으로 보였다. 운동을 하지 않는 이유로서는 '운동을 할 시간이 없다.'가 가장 많았으며 다음으로는 '운동을 함께 할 사람이 없다.', '운동이 하기 싫고 귀찮다.'의 답변이 있었다. 1년 사이 줄넘기 운동을 해본 경험이 있는지에 대한 질문에 그림 14의 (b)와 같이 11명의 참가자가 운동을 해본 경험이 있으며 운동기간에 대한 질문에서는 그림 14의 (c)와 같이 대부분 1달 이상을 이어가지 못하는 것을 알 수 있었다. 줄넘기 운동의 장단점에 대한 사용자의 생각을 묻는 질문에서 장점으로 '비용이 적게 든다.', '장소에 대한 구애가 적다.', '운동효과가 좋다.'등의 반응과, 단점으로 '운동 강도가 높다.', '단순 반복적인 동작으로 지루하다.'로써 대부분의 사용자가 줄넘기 운동의 장점과 단점에 대해 어느 정도 이해하고 있는 것으로 보였다.

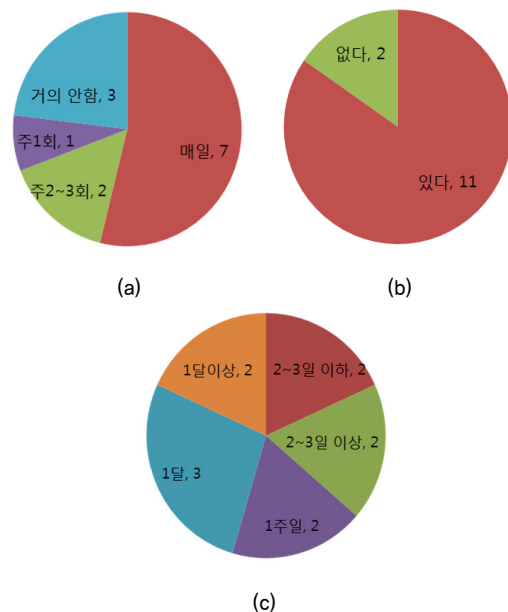


그림 13. 일주일에 얼마나 운동을 하십니까?(a) 최근 1년 사이 줄넘기 운동을 해본 경험이 있습니까?(b) 줄넘기 운동을 얼마나 하십니까?(c)

### 4.3 사용성 평가

블루투스 연결 시 불편함이 있었는지에 대한 질문에서 5명의 참가자가 불편함을 느꼈다고 답하였고 그 이유로는 '연결이 끊긴다.', '연결이 빠르게 되지 않는다.' 등의 반응을 보였다.

또한 자가발전 시 모터로부터 발생하는 부하로 인해 운동에 불편함이 있었는지에 대한 질문에서 2명의 참가자가 '발전을 위한 한쪽의 줄넘기 손잡이의 부하로 인해 양쪽 손잡이의 균형이 맞지 않아 불편하였다.'고 답하였고, 나머지 11명의 참가자가 '불편함을 느끼지 않았다.'는 반응과, '줄넘기 손잡이의 부하로 인해 오히려 팔운동이 되는 것 같아 좋았다.'는 1명의 반응이 있었다.

스마트폰 화면을 보면서 운동하는 것에 대한 불편함을 묻는 질문에서 1명의 사용자가 '화면의 시간이나 칼로리 소모량 텍스트를 키위 멀리서도 좀 더 잘 보였으면 좋겠다.'는 반응을 보였고, 그림 15와 같이 나머지 12명의 사용자가 불편함을 느끼지 않았다고 답하였다.

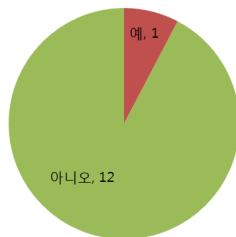


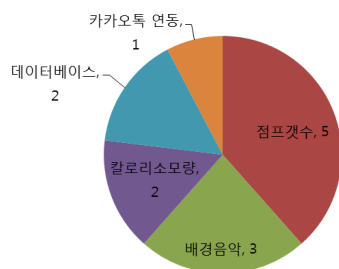
그림 14. 스마트폰의 화면을 보면서 줄넘기 운동을 하는 것에 불편함이 있었습니까?

### 4.4 유용성 평가

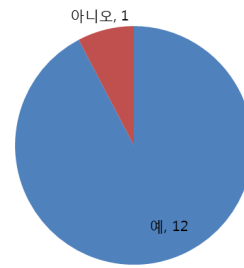
유용성 평가 항목에서 스마트폰으로 부터의 운동정보가 유익하였는지에 대한 질문에서는 13명 모든 사용자가 유익하였다는 반응을 보였다.

스마트폰 앱 에서 가장 유익하였던 기능 순위로는 그림 16의 (a)와 같이 점프갯수 카운트, 배경음악, 칼로리 소모량, DB, 카카오톡 연동 순으로 나타났다.

스마트폰으로부터의 운동정보는 운동을 지속하는데 도움이 되었는지에 대한 질문에서는 그림 16의 (b)와 같이 1명을 제외한 12명의 참가자가 도움이 되었다고 반응하였다.



(a)



(b)

그림 15. 앱의 기능 중 가장 유용했던 기능은 무엇입니까?(a) 스마트폰으로부터의 운동정보는 운동을 지속하는데 도움이 되었습니까?(b)

### 4.5 감성 평가

감성평가 항목에서는 본 결과물에 대한 사용자들의 생각과 느낀 점을 살펴보기 위한 질문으로 구성하였다. 먼저 줄넘기와 스마트폰을 함께 사용하는 것에 대한 생각을 묻는 질문에서 '별다른 기기가 아닌 누구나 가지고 있는 스마트폰을 사용하여 운동에 도움을 받을 수 있다는 점에서 편리함을 느꼈다'는 의견과 '스마트폰을 이용하여 함께 운동을 할 수 있다는 면에서 신선함을 느꼈다'는 의견이 있었다. 또한 '스마트폰으로 부터의 운동 정보가 운동에 유용하게 작용되어 운동을 더욱 효율적이고 계획적으로 할 수 있었다.'는 의견이 있었다.

스마트폰을 가지고 운동을 한다는 면에서 '자꾸 스마트폰을 의식하게 되어 운동에 방해가 된다.'는 의견과 '줄넘기 운동에 스마트폰이 굳이 필요하지 않은 것 같다.'는 소수의 의견이 있었고 나머지 응답자는 스마트폰을 이용하여 운동을 할 수 있다는 면에서 사용자들은 신기해하며 새로운 스마트폰의 이용방식에 대해 신선하다는 의견이 주를 이루었다.

개발된 줄넘기와 일반줄넘기를 비교 하였을 때 사용자의 생각을 묻는 질문에서 사용자들은 개발된 줄넘기가 일반 줄넘기보다 무겁다는 면에서 불편함을 느꼈지만 개발된 줄넘기가 운동정보가 가능하다는 면에서 일반 줄넘기보다 유익함을 높게 평가하였다.

자가발전이 가능한 줄넘기에 대한 생각을 묻는 질문에서 배터리에 대한 부담이 없다는 면에서 사용자들은 매력을 느꼈으며 '생성되는 출력량을 증가시켜 배터리 충전뿐만 아니라 다른 기능이 추가되었으면 좋겠다.'는 의견이 있었다.

### 4.6 평가 결과 요약

평가 결과 본 연구가 줄넘기 운동에 동기부여방법으로써 가능성을 확인 할 수 있었고, 스마트폰 앱 콘텐츠는 운동을 이어감에 있어 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있었다. 또한 자가발전 기능 역시 사용자에게 편리함을 줄 수 있으며 긍정적으로 작용 하는 것으로 알 수 있었다.

하지만 줄넘기 계수가 사용자에게 따라 정확하지 않고, 스마트폰과의 블루투스 연결이 불안정하다는 의견이 있었기 때문에 기술적인 보완이 필요 할 것으로 보이며, 사용자가 더욱 편리하게 사용할 수 있도록 배려하는 앱 시스템의 설계가 필요할 것으로 보인다.

현재 개발된 에너지 자립형 줄넘기는 자체 생산된 전력으로 내부의 소형 배터리를 충전하여 전원으로 사용하고 있다. 생성된 전력량과 다른 기능이 추가 되었으면 좋겠다는 사용자 평가 결과를 고려할 때 0.33W의 출력을 이용하여 임베디드 시스템의 전원 공급뿐만 아니라 따라 여분의 전력을 활용하여 그림 13과 같은 LED 점등이나 다른 전자기기의 충전도 가능하므로 자가발전 랜턴이나 야외에서의 스마트폰 충전 등 추가적인 응용 방안을 구체화할 계획이다. 특히 즐겁게 운동을 하면서 자가발전을 할 수 있다는 점에서 전기 인프라가 부족한 개발도상국에 적정 기술로 활용하는 방안도 고려하고 있다. 아이들이 즐겁게 줄넘기 운동을 하며 생산된 전기에너지로 핸드폰의 배터리도 충전하고, 해가 진 공부방에는 스탠드 불빛도 되어 주는 지속 가능한 해결 방안이 될 수 있을 것으로 기대한다.



그림 16. 자가발전 줄넘기를 이용하여 LED를 발광시켜 손전등의 형태로 개발한 프로토타입.

## 5. 결론

본 연구의 결과 사용된 DC기어드 모터와 기어드 어댑터를 이용한 자가발전의 에너지 자립형 줄넘기는 평균 4.2V와 0.33W의 전력을 생산하는 것으로 확인되었으며 생산된 전력은 power conditioning과정을 통해 임베디드 시스템의 전원으로써 사용 가능함을 확인 할 수 있었다. 또한 블루투스 통신을 통해 임베디드 시스템으로부터 스마트폰으로 전송된 가속도 데이터를 이용하여 사용자의 점프 시점과 횟수를 자동으로 감지 할 수 있었다. 또한 스마트폰 앱 콘텐츠 프로토타입 과 제작된 자가발전 줄넘기를 이용하여 사용자 테스트를 시험 평가에서 본 연구가 줄넘기 운동의 동기부여방법으로써 가능함을 확인 할 수 있었다.

개발된 임베디드 블루투스 통신이 가능한 자가 발전 줄넘기는 줄넘기 운동을 하는 사용자가 더욱 편리하게 줄넘기 운동의 피드백을 얻을 수 있으며 리듬게임 앱 콘텐츠는 사용자가 음악에 맞추어 게임을 하여 흥미를 잃지 않고 지속적인 운동을 진

행하여 줄넘기 운동의 효과를 극대화할 수 있을 것으로 기대한다. 향후 연구에서는 더욱 안정적인 블루투스 연결과 스마트폰 앱의 기술적 보안과 더불어 UI를 개선하며, 특히 화면을 보면서 운동할 때 발생 할 수 있는 시야분산이나 흔들림 문제를 해결하기 위해 음악과 소리 중심으로 진행 할 수 있는 콘텐츠를 현재 개발 중에 있다.

또한 자가발전기능을 이용한 추가적인 응용 방안을 구체화하여 사용자가 줄넘기 운동을 즐겁게 하며 유용하게 사용할 수 있는 줄넘기 어플리케이션을 개발할 계획이다.

## 참고문헌

- [1] 이청무. 성장기 여중생의 줄넘기운동 프로그램이 최대산소 섭취량, 체지방 및 골밀도에 미치는 영향 Journal of Physical Growth and Motor Development, vol.10, no.1, pp. 91-107, 2002.
- [2] Kang, M. H. The effect of physical fitness progress of elementary school students according to rope-skipping exercise program The Koreaak of Journal of Sports Science, vol.9, no.1, pp. 745-756, 2000.
- [3] 고영애. 줄넘기운동과 걷기운동을 통한 소아비만관리 프로그램 효과. Journal of Korean Academy of Community Health Nursing, vol.18, no.4, pp. 535-542, 2007.
- [4] Oh, D. J. The Effects of Music Rope-Jumping on Health Fitness and Serm Lipids in Obese Middle School Girls, Journal of Sport and Leisure Studies on, vol.30, pp.595-605, 2007.
- [5] SO, A. Ani Human Power Axial Flux Permanent Magnet Machines : Review and Comparison, In Proceedings of Energy Conversion Congress and Exposition(ECCE), IEEE, 2010.
- [6] Sazkrka, G. D. Stark, B. H. and Burrow, S. G. Review of Power Conditioning for Kinetic Energy Harvesting Systems, IEEE Transactions on Power Electronics, vol.27, pp.803-815, 2012.
- [7] Seol J. and Han J. Applying the theory of HCI Usability App game satisfaction of the key design elements, Korea Digital Design Council, vol.11, No.4, pp.469-477, 2011.
- [8] Ryokai, K., Su, P., Kim, E. and Rollins, B. EnergyBugs : nergy Harvesting Wearable for Children, In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors is Computing System, pp. 1039-1048, 2014.
- [9] 김진우, Human Computer Interaction개론, 서울 : 안그라픽스, 2005.





**조 종 현**

2008년 3월 ~ 2014년 8월 전북대학교 바이오메디컬 공학부 헬스케어정보공학 심화과정 전공 졸업(공학사). 2014년 9월 ~ 현재 전북대학교 대학원 헬스케어공학과 재학. 관심분야는 HCI, 에너지수확, 임베디드, 안

드로이드임.



**양 윤 석**

1996년 서울대학교 제어계측 공학과 학사 졸업(공학사). 1998년 연세대학교 협동과정 생체공학과 석사 졸업(공학석사). 2002년 서울대학교 공과대학 협동과정 의용생체공학 전공 박사 졸업(공학박사). 2005년 ~ 현재 전북대학교 바이오메디컬 공학부 교수.



**유 문 호**

1990년 서울대학교 제어계측 공학과 학사 졸업(공학사). 2004년 서울대학교 공과대학 협동과정 의용생체공학 전공 박사 졸업(공학박사). 2005년 ~ 현재 전북대학교 바이오메디컬 공학부 교수.



**여 정 진**

2003년 3월 ~ 2010년 2월 전북대학교 생체 정보 학사 졸업(공학사). 2010년 3월 ~ 2012년 2월 전북대학교 헬스케어 공학과 석사 졸업(공학석사). 2012년 3월 ~ 현재 전북대학교 헬스케어공학과 박사과정.



**박 혜 정**

2009년 3월 ~ 2013년 2월 전북대학교 전자 정보공학부 컴퓨터공학과 졸업(공학사). 2013년 3월 ~ 현재 전북대학교 헬스케어 공학과 석사과정.