

## 아두이노 기반 스마트 신발 모듈의 설계 및 구현

서상현<sup>1</sup> · 장시웅<sup>2\*</sup>

### Design and Implementation of a smart shoes module based on Arduino

Sang-hyun Seo<sup>1</sup> · Si-wuong Jang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Computer Science, DONG-EUI University, Busan 614-701, Korea

<sup>2\*</sup>Department of IT Convergence, DONG-EUI University, Busan 614-701, Korea

#### 요 약

음악의 속도에 따라 운동하는 방법을 제공하는 기존의 연구에서는 사용자가 직접 재생되는 음악을 변경해주어야 하는 방법이 사용되었다. 그러나 사용자가 직접 음악 재생을 조절하는 방법에서 빠른 음악을 재생하고자 했을 때 사용자가 음악을 검색하다가 운동 흐름이 끊어지는 문제점이 있다. 본 논문에서는 웨어러블 스마트 신발의 사용자로부터 걸음 수를 측정하는 모듈을 아두이노 기반으로 설계하고 안드로이드 기반의 스마트폰으로 데이터를 전송하여 정확한 걸음 수를 측정할 수 있도록 구현하였다. 그리고 GPS를 활용함으로써 걸음속도 및 이동 거리를 측정하여 보다 정확한 운동량을 측정할 수 있도록 하였다. 또한 이동거리에 따른 칼로리 소모량과 걸음 수에 따른 칼로리 소모량의 평균값을 측정해 기존의 제품보다 정확한 칼로리 소모를 측정하며, 걸음속도에 따라 음악 장르 변경 알고리즘을 적용시켜 사용자에게 운동 동기를 부여하고 동시에 운동효과를 증대시킬 수 있게 하였다.

#### ABSTRACT

In the existing studies providing a method which do exercise according to music speed, the method was used which a user changes playing musics. However, if the method which a user changes directly playing musics is used, flow of exercise can be discontinued during searching musics when anyone want to play a fast music. In this paper, we designed the module which measures the number of steps from a user of wearable smart shoes based on the Arduino, and implemented the module so that the number of steps can be measured correctly by sending data to smart phone based on Android. And it is possible to measure moving distance and pace speed by utilizing a GPS in order to get the more accurate momentum. Also, we can measure more accurate calorie consumption than existing products by measuring the mean value of the calorie consumption for moving distance and the calorie consumption for the number of steps, give motivation of exercise by applying an algorithm of changing music genre according to pace speed, and increase the exercise effect at the same time.

**키워드** : 웨어러블 디바이스, 아두이노, 압전소자, 스마트 신발, 위치 추적

**Key word** : Wearable Devices, Arduino, Piezoelectric element, Smart shoes, Location tracking

Received 02 October 2015, Revised 30 October 2015, Accepted 09 November 2015

\* Corresponding Author Si-wuong Jang(E-mail:swjang@deu.ac.kr, Tel:+82-51-890-2354)

Department of Computer Science, Dong-EUI University, Busan 614-701, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.11.2697>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.  
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

## I. 서 론

웨어러블 디바이스의 시장 규모는 2017년 1억대를 돌파, 2020년에는 1억 7,700만대로 2014년도의 10배 규모로 성장할 전망이다. 양말, 벨트, 신발, 반지, 팔찌 등 우리가 일상생활에서 착용하는 여러 곳에서 이용자의 활동 정보를 수집하고 스마트폰과 연동하여 점점 서비스가 현실화 되며 실사용자에게 판매되고 있다. 3D프린터의 보급화로 개인 맞춤 생산이 가능해지며 중소, 벤처 기업들의 다품종 소량생산이 가능해져 기업의 참여가 용이해지고 있으며 미래 성장 산업의 원동력 역할을 수행할 수 있을 것으로 예상된다[1]. 웨어러블 헬스케어 기기 제품을 이용해 음악 감상뿐만 아니라 걸음 수, 소모된 칼로리, 심장 박동수 등의 운동 중 수집된 정보를 활용하여 근거리통신(블루투스)을 이용해 스마트폰으로 측정된 결과 값을 보여 주어 운동 매니아들 사이에서 인기 아이템으로 성장하고 있다. 그러나 이러한 제품들은 주로 손목에 착용하는 팔찌 형태를 지니고 있으며 사용자는 측정된 데이터를 출력만 하는 단점이 있다[2].

본 논문에서는 정확한 걸음 수 측정을 위해 아두이노와 압전소자를 신발에 장착하고 근거리 통신으로 스마트폰과 연동하여 기존의 제품들보다 정확한 운동량을 측정할 수 있고, 사용자의 운동 페이스에 적합한 음악을 제공해 주는 스마트 신발 모듈을 설계하고 구현하였다.

## II. 관련연구 및 근거리 무선 통신 비교

본 장에서는 논문에서 제안한 시스템 구현에 필요한 음악 속도와 걸음에 관계와 관련 기술에 대해 설명한다.

### 2.1. 음악 속도에 따른 걸음 변화

걷기 패턴에서 환경적 요인 중 하나인 음악이 보행시 연령과 성별에 따라 사람들에게 어떠한 영향을 주는 지 대해서는 그림 1을 통해 알 수 있다.

성별과 연령대 별로 음악에 따른 변화 폭은 다르지만 가장 주목할 점은 느린 음악인 경우에는 음악이 없는 경우와 걸음에 대한 변화는 거의 변하지 않지만 빠른 속도의 음악을 들으며 보행할 경우 보폭, 보율(단위

시간 동안 걷는 걸음 수), 걸음 속도가 모두 증가되는 것을 알 수 있다.

그리고 운동 중 빠른 음악을 듣게 되면 심박 수가 음악을 듣지 않고 운동 했을 때 보다 높게 나타나며 심박 수가 높아짐에 따라 혈액 공급이 원활하게 되어 운동 효율이 증가하게 된다[3,4].

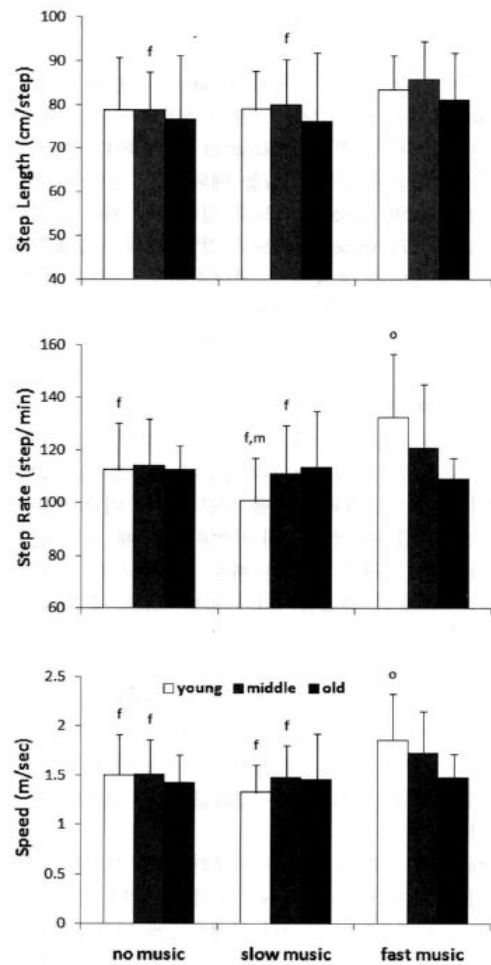


Fig. 1 The presence or absence of music in accordance with age and gender, and speed variation depending on step length, step rate and moving speed

### 2.2. 근거리 통신 비교

근거리 무선 통신은 표 1과 같이 크게 4가지로 나눌 수 있다. ZigBee 통신은 무선통신의 장점을 모두 가지고 있으나 국내에서는 지원이 미흡하여 실질적

으로 적용하여 사용하기에 매우 힘들다. UWB(Ultra Wideband)는 저전력 및 속도에서 구현이 용이하며 투과율이 높지만 타 기기에서 간섭이 종종 발생해 웨어러블 디바이스에 적용이 힘들며 WLAN은 흔히 많이 사용하는 와이파이(Wi-Fi)이며 모든면에서 월등한 면을 보여주지만 전력을 많이 사용하기 때문에 웨어러블 디바이스에는 적합하지 않다. 블루투스는 저가형 스마트폰에서 고가형 스마트폰에 이르기까지 모두 지원하는 근거리 무선통신 방식이며 웨어러블 디바이스에서 가장 널리 사용되고 있는 방식이고 걸음 수를 측정하는 간단한 데이터를 전송하기에 적합하다[5]. 따라서 본 논문에서는 블루투스를 채택하여 구현하였다.

**Table. 1** Comparison of local area wireless networks technology

	WPAN			WLAN
	ZigBee	Bluetooth	UWB	
IEEE standard	802.15.4	802.15.1	802.15.3	802.11
Frequency range	2.4GHz	2.4GHz	3.1~10.6 GHz	2.4/5GHz
Transmission distance	10m	10~30m	10m	50~100m
Transmission speed	250Kbps	1Mbps	100~500 Mbps	11~54Mbps
Generic characteristic	Low power, Low price	A LAN cable replacement	High speed, High capacity	Data transmission
Speed	low ← → high			

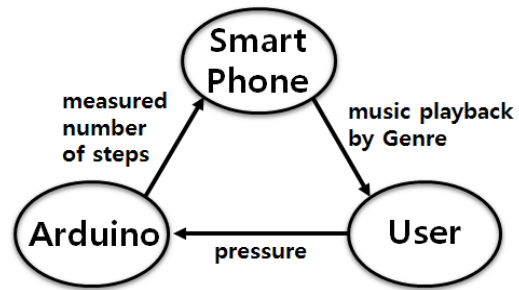
**2.3. 위치 추적 방법 비교**

스마트폰에서 위치를 추적하는 방법은 크게 네트워크 기반, 핸드셋 기반, 하이브리드로 나누어 진다.

네트워크 기반은 Operator Cell-Id 방식으로 실내 위치 추적이 가능하며 적은 비용으로 추적이 가능하다는 장점을 가지고 있지만 250~5km의 낮은 정밀도가 단점이다. 핸드셋 기반은 Cell-Id, GPS, WIFI의 3가지로 나누어 진다. Cell-Id 방식은 실내 위치 추적이 가능하며 정밀도가 250m로 아주 좋은 장점을 가지고 있으나 데이터베이스에 의존적인 단점을 가지고 있으며 GPS 방식은 미터 단위의 정밀도를 가지는 장점이 있으나 실외에서만 정확한 관측이 가능하다. 그리고 WIFI 방식은

20~40m의 정밀도를 가지며 실내 위치추적이 가능한 장점을 가지고 있다. 하이브리드 기반은 A-GPS로 불리며 GPS와 네트워크 기반을 혼합하여 GPS와 네트워크를 동시에 사용함으로써 서로의 단점을 보완 해주는 장점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 정확한 이동 속도를 측정하기 위해 하이브리드 기반 위치 추적을 활용해 사용자에게 보다 정확한 정보를 제공할 것이다[6]. 위에서 제안하는 방식을 종합하면 전체적인 시스템 구성도는 그림 2와 같이 나타낼 수 있다.



**Fig. 2** Overall system configuration

**III. 시스템 구성**

본 연구논문에서는 오픈소스 기반 저가 디바이스를 활용한 개방형 통합 플랫폼과 안드로이드 통신을 위한 연구를 진행 하였다. 실제 연구 개발한 플랫폼 구성은 그림 3과 같다.

**3.1. 모듈 구성**

아두이노 개발에서 가장 널리 사용 되는 아두이노 UNO R3 버전을 사용하였으며 비교적 저성능의 프로세서를 장착하고 있다. 하지만 단순히 걸음만 체크하기 때문에 별 다른 문제는 없었으며 가격이 저렴하며 구현이 간단하다. 걸음 걸이 데이터는 연속적으로 측정되지만 블루투스를 이용해 전송하는 데이터는 8bit 이하의 데이터이다. 따라서 고성능, 대용량 데이터의 전송이 필요하지 않다. 그리고 아두이노의 블루투스 모듈 중 저가형인 HC-06 모듈을 이용하였다. 해당 모듈은 블루투스 2.0을 사용하며 구형의 스마트폰에서도 무난하

게 사용될 수 있다.

압전 소자(Piezo Element)는 개당 가격이 100원으로 매우 저렴하며 지름이 2cm 밖에 되지 않고 높이는 종이 한 장과 비슷하여 신발 밑창에 부착하였을 때 사용자에게 불편함을 느끼게 하는 부분이 전혀 없다.

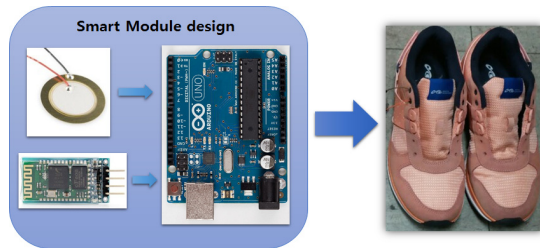


Fig. 3 Smart Shoes Configuration

#### IV. 구현 및 실험결과

##### 4.1. 알고리즘

아두이노에서는 걸음 수를 측정하고 블루투스를 통하여 스마트폰으로 데이터를 전송한다. 측정된 걸음 수를 이용해 정확한 소모 칼로리를 측정하기 위해 하이브리드 위치 추적을 사용하여 보완한다. 칼로리 소모 계산은 통상적으로 사용하는 수식을 사용하였으며, 수식 (1) 과 같이 걸음 수에 따른 소모 칼로리와 수식 (2)와 같이 이동거리에 따른 소모 칼로리를 측정해 평균의 값을 사용자에게 보여준다.

$$K = W(S \div 10000 \times 5.5) \quad (1)$$

K는 소모된 칼로리이고, W는 체중, S는 걸음수이다.

$$K = H \times M \times 62.13 \quad (2)$$

K는 소모된 칼로리이고, H는 운동계수이며 운동 계수는 (15분을 기준으로 걷기 0.9 속도 1.3 달리기 2.0), M은 이동 거리(mile) 이다. 그리고 통상적으로 성인의 보통 걸음은 3.5 미만, 빨리 걷기는 3.5이상 5.5미만, 5.5 이상은 달리는 것으로 사용되어지며 측정된 걸음 속도가 3.5 미만의 속도가 측정될 경우 발라드, 3.5이상 5.5 미만은 힙합, 5.5이상은 락 장르의 음원이 출력되게 설계하였다.

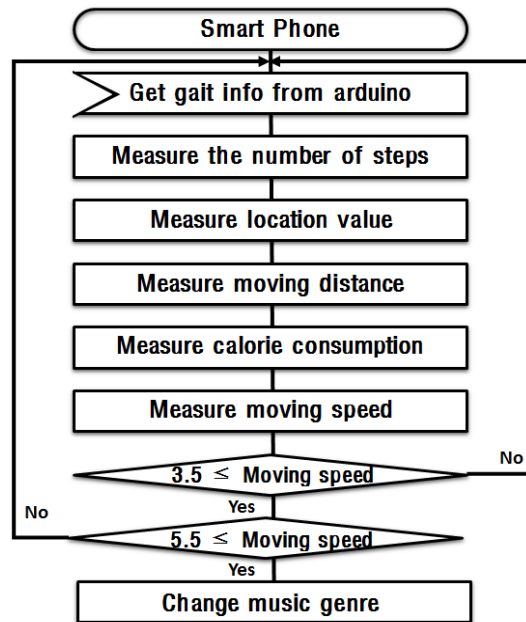


Fig. 4 An algorithm of measuring calorie consumption and of changing music genre

##### 4.2. 실험

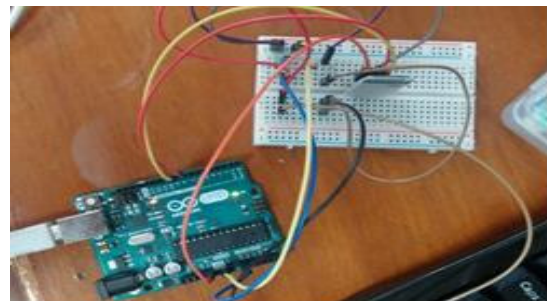


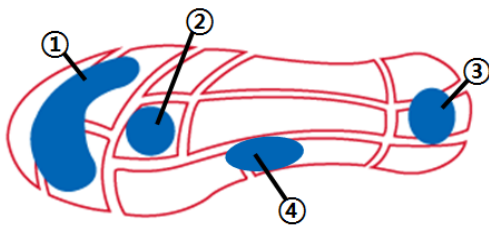
Fig. 5 Experimental environment for Arduino and Bluetooth

그림 5는 실험에 사용할 아두이노 기반 걸음 수 측정 및 블루투스 테스트를 위해 구성한 실험환경이다. 압전 소자는 아날로그 데이터를 사용하기 때문에 압력 데이터가 연속적으로 측정된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 배열을 사용하여 입력되는 데이터를 배열에 입력하고 비교하여 최대값을 측정하였으며 발의 위치마다 압력 값이 다르기 때문에 그림 6와 같이 압전 소자의 위치 4부위를 선정하여 100걸음의 압력 값 측정 실험을

시행하였고 압력 값을 100단위로 나누어 분류해 횟수를 측정 하였으며, 결과는 표 2와 같다.

**Table. 2** Comparing pressure values for each position of the piezoelectric element

	①	②	③	④
100~199				15
200~299				38
300~399				31
400~499				12
500~599	1			4
600~699	4			
700~799	11	7	2	
800~899	31	3	10	
900~999	20	23	16	
1000~1024	33	67	72	



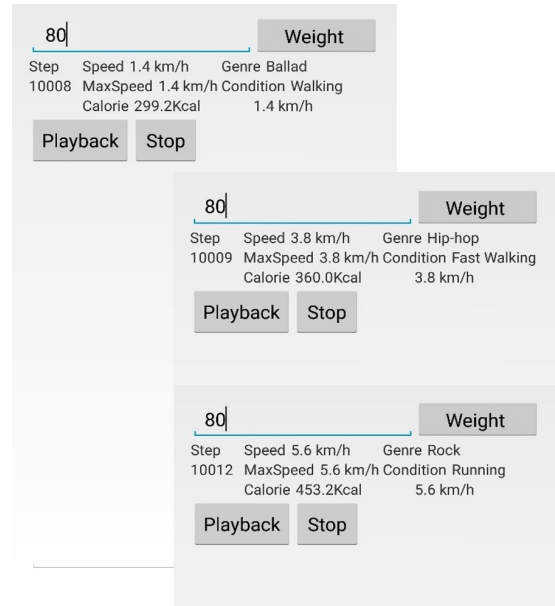
**Fig. 6** Locations of the pressure test

사용자마다 걸음 패턴이나 압력 받는 부위는 유의한 차이를 보이지만 평균적으로 사람이 걷는데 압력을 가장 많이 받는 부위는 ①, ②, ③번 부위 이며 실험 결과가 보여 주는 것처럼 상당한 압력을 받는 것을 알 수 있었다.

압전 소자는 최대 1024의 데이터를 측정할 수 있으며 표시 되는 값 이상의 압력을 받으면 압전 소자가 파손될 우려가 있다. 따라서 표 2의 결과 값을 토대로 예측 하였을 때 ④번 이외에는 파손될 우려가 있다. 따라서 본 논문에서는 ④번 위치에 부착하였다.

**4.3. 실험결과**

본 연구논문에서 제안한 아두이노 기반 스마트 신발 모듈을 실험하였으며 직접 설계한 알고리즘이 정상적으로 적용되는지 실험을 수행하였다.



**Fig. 7** Monitoring result

정확한 데이터를 측정하기 위해 10000걸음 이상의 테스트를 하여 모니터링을 실시하였다. 그림 7은 실험에 따른 결과 값을 보여주며 걸음 수와 속도에 따른 칼로리 계산 및 음악 장르 변경이 가능한 것을 보여준다.

**V. 결론**

본 논문에서는 개발에 편리한 아두이노를 활용하여 웨어러블 피트니스 모듈의 걸음 수 측정 부분을 설계하고, 스마트폰에서 하이브리드 위치 추적 방법을 적용하여 기존의 GPS만 활용한 이동거리 측정보다 정확한 시스템을 구현하였다.

구현된 시스템에서는 기존의 3축 가속도 센서를 사용한 어플리케이션 걸음 수 측정 방식보다 정확한 걸음 수를 측정하기 위해 압전소자를 사용하였으며, 측정된 걸음 수와 하이브리드 위치 추적 방식의 이동속도 측정 방식을 연계하여 기존의 웨어러블 피트니스 제품보다 정확한 운동량을 사용자에게 제공할 수 있다. 향후 제안된 시스템을 소형화 한 후 실제 제품에 적용하여 시스템의 성능과 안정성을 향상시킬 계획이다.

### ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the Human Resource Training Program for Regional Innovation and Creativity through the Ministry of Education and National Research Foundation of Korea(NRF-2015H1C1A1035898)

### REFERENCES

- [1] Han Kim, "A Study on the Development Strategy for Wearable device, Future Growth Engines," *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, vol. 2015, no. 6, pp. 626-627, Jun. 2015.
- [2] Terry, Peter C. and Karageorghis, "Psychophysical effects of music in sport and exercise: an update on theory, research and application," *Psychology Bridging the Tasman: Science, Culture and Practice*, pp. 26-30, Sep 2006.
- [3] Ji-Hyuk Kim, Jee-Eun Son, Dae-Taek Lee, "Tempo of Music Played in Inner City Park Walking Trail and Age and Sex Variations of Walking Patterns in Unrestricted Free Walkers," *Journal of The Korean Society of Living Environmental System*, vol. 15, no. 2, pp. 233-241, Jun. 2008.
- [4] Peng Zhou, Fangfang Sui, Anqiong Zhang, Fang Wang, Guohui Li, "Music therapy on heart rate variability," *Biomedical Engineering and Informatics (BMEI), 2010 3rd International Conference on*, Vol. 3, pp 965-968, Oct. 2010.
- [5] Hyeok-jung Gwon, "Study on the Patent Trend of the Near Field Communication," *Chungnam national university The Graduate School : Electronic information communication department of engineering, A Master's thesis*, Dec. 2012.
- [6] Byeong-joon Kim, Myeung-sung Lee, Seung-jin Moon, "Location based service based platform of analysis and new service models research," *Korean society for internet information*, vol. 19, pp. 105-108, 2009.



서상현(Sang-hyun Seo)

2014년 동의대학교 컴퓨터과학과 이학사  
2015년 ~ 현재 동의대학교 IT융합학과 공학석사  
※관심분야 : IT융합, 아두이노, 안드로이드, Java



장시웅(Si-Woong Jang)

1984년 부산대학교 계산통계학과 이학사  
1993년 부산대학교 전자계산학과 이학석사  
1996년 부산대학교 전자계산학과 이학박사  
1986년 ~ 1993년 대우통신(주) 종합연구소  
2004년 ~ 2005년 University of Texas at Dallas 객원교수  
1996년 ~ 현재 동의대학교 컴퓨터과학과 교수  
※관심분야 : IT융합, 차량용 네트워크, 데이터베이스