

논문 2018-2-7

스마트폰 사용자의 행동 종류를 감안한 칼로리 소모량 추정 스마트폰 앱 개발

이수림*, 김영인**†

Development of a Smartphone App for Estimating Caloric Expenditure Considering Smartphone User's Activity Types

Su-Lim Lee*, Young-In Kim**†

요 약

최근 들어 건강한 생활에 대한 관심 증가로 일상생활 속에서 소모되는 칼로리를 측정할 수 있는 기술에 대한 관심이 증가하여 칼로리 소모량을 측정하는 앱들이 활발히 개발되고 있다. 그러나 개발된 앱들은 정확성에서 높은 수준에 이르지 못하고 있다. 이러한 문제점의 주요 원인 중 하나는 신체 행동 종류에 대한 감안이 부족했기 때문이다. 본 논문에서는 인간 행동 분류 기법을 사용하여 칼로리 소모량을 측정할 수 있는 방법을 제안한다. 사용자 4명의 여섯 가지 행동을 스마트폰 가속도 센서로부터 데이터를 수집하여 10겹 교차 검증 방법으로 랜덤 포레스트 분류기를 이용하여 실험한 결과, 우수한 분류 정확도를 구하였으며, 이를 사용하여 칼로리 소모량의 추정치를 구할 수 있는 방법을 제시하였다. 제안한 기법은 이전보다 좀 더 정확한 측정을 도울 수 있으며, 장기간에 걸친 칼로리 소모 추세를 분석하는데 효과적으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract

In recent years, in order to increase the interest in healthy living there is a growing need for the techniques that can measure the calories consumed in everyday life. As a result, the apps measuring calorie consumption have been actively developed. However, the developed mobile apps have not achieved a high level of accuracy. One of the main causes of these problems is lack of consideration of the types of human activity types. We collected the data from the smartphone's accelerometer for six types of the activities from four individuals and experimented with the random forest classifier using 10-fold cross validation. We achieved good classification accuracy and proposed a method to obtain the estimated value of caloric expenditure by using it. The proposed technique will help to estimate more accurate than the previous, and would be effectively used to analyze long-term caloric expenditure trends.

한글키워드 : 칼로리 소모, 행동 분류, 스마트폰 가속도센서, 행동 종류, 성능

keywords : caloric expenditure, activity classification, smartphone's accelerometer, activity type, performance

* KB국민카드

** 부산대학교

† 교신저자: 김영인(kimyi@pusan.ac.kr)

접수일자: 2018.11.27. 심사완료: 2018.12.07.

게재확정: 2018.12.21.

1. 서 론

최근 섭취한 에너지양에 비해 소모량이 적음으

로 인한 성인병 등 관련된 질환의 발생 증가로 인하여 개개인의 칼로리 소모량을 측정할 수 있는 기술에 대한 관심이 증가하고 있다[1]. 칼로리 소모량은 신체적 특징과 신체 골격 움직임의 결과로 정의할 수 있으며[2], 사용자의 신체 특성인 신장, 몸무게 등과 행동의 종류 및 지속시간을 가지고 측정하여 구한다[3]. 그러나 기본 정보인 사용자의 신체 특성은 구하기 쉬운데 반해, 움직임의 종류 즉 신체 행동을 자동으로 인식하여 구하는 데는 어려움이 있다[4]. 주요 신체 행동으로는 걷기, 달리기, 계단 오르기, 앉아서있기, 잠자기 등 매우 다양한 행동이 있으며, 칼로리 소모량을 생활에 불편을 주지 않으면서 쉽고 편리하게 측정할 수 있는 방법에 대한 중요성은 높아지고 있다.

이와 관련하여 스마트폰 등 모바일 기기를 가지고 사용자의 칼로리 소모량을 계산하는 많은 애플리케이션이 개발되었다[1][5]. 자주 사용되는 애플리케이션들을 비교 분석하기 위하여 800여개의 관련 애플리케이션 중 상위 200개에 대한 연구가 최근에 진행되었다[1]. [1]의 연구 결과에 의하면, 개발된 애플리케이션들이 제시한 칼로리 소모량이 정확성 측면에서 미흡하였고, 사용자 행동에 대한 구분도 없었으며 과학적 근거도 대부분 부족한 것으로 실제 활용에는 한계가 있는 것으로 평가되었다. 또한, 스마트 폰을 이용해 심박동 수, 걸음 수 등 체내의 다양한 활동을 감지하여 소모 칼로리를 계산해주는 방법에 대한 연구도 이루어지고 있으나, 기대에 못 미치는 정확도를 보이고 있는 실정이다[5]. 이러한 문제점의 주요 원인 중 하나는 칼로리 소모량을 구하는 과정에 사용자 행동 종류를 감안하여 계산에 포함하지 못한 점도 있다고 판단된다[6].

최근 스마트 폰의 센서 기술을 이용한 연구 중, 기계학습 기술을 이용하여 인간 행동을 인식(HAR: Human Activity Recognition)하기 위한 연구가 활발히 진행되어 발전하고 있다[7]. 이 분

야 연구에서는 스마트 폰의 다양한 움직임을 측정할 수 있는 센서에서 수집한 데이터를 분석하여 사용자가 하고 있는 행동의 종류를 알아내는 기술이 연구되고 있으며, 그 결과 어느 정도 정확하게 행동의 종류를 측정해 낼 수 있게 되었다[7]. 따라서 이러한 신체 행동을 자동으로 인식할 수 있는 기술을 칼로리 소모량 측정에 사용한다면 이전보다 정확한 측정이 가능할 것으로 판단된다. 하지만 이에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 [6]을 확장하여 이러한 문제점을 개선할 수 있도록 스마트 폰에 탑재되어있는 가속도센서로 부터 수집한 데이터에서 특징을 추출하여 분류기로 사용자 행동 종류를 알아낸 후, 이를 감안하여 칼로리 소모량 추정치를 구할 수 있는 방안을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 데이터 수집과 특징 추출 및 개발한 애플리케이션에 대해 설명한다. 다음으로 3장에는 분류 기법의 성능 평가와 칼로리 소모량 추정치 계산 방안을 제시하며, 4장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대하여 기술한다.

2. 방법

2.1 데이터 수집

본 연구에서는 사용자의 행동 종류를 감안하여 소모된 칼로리량을 구하는 것이 중요하므로, 먼저 스마트 폰의 움직임 관련 센서 데이터를 수집하여 특징을 추출하고 분류하는 방안이 마련되어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 스마트 폰의 가속도 센서를 통해 20대 나이의 대학생 남녀 각각 2명, 즉 4명으로부터 데이터를 수집하였다. 센서 데이터 수집은 앱을 개발하여 사용하였으며, 이 앱을 실행하면 센서에서 측정한 데이터가

실시간으로 웹서버에 저장하도록 하였다. 사용자 행동으로는 보통, 느림, 빠름으로 구분한 걷기와 느림과 빠름으로 구분한 달리기 그리고 계단을 오르고 내리는 행동 즉, 6가지로 구분하여 수집하였다. 행동 종류는 걷기에서 느림은 60~70cm, 보통은 80~90cm, 빠름은 100~120cm의 보폭으로, 500m의 거리를 보통은 7분(분속 70m), 빠름은 5분(분속 100m) 정도 안에 걷는 것으로 하였다. 또한, 달리기에서 느림은 120~150cm, 빠름은 150cm 이상의 보폭으로, 1km의 거리를 느림은 10분(분속 100m), 빠름은 5분(분속 200m) 정도의 속도로 달리는 것으로 하였다.

2.2 특징 추출

가속도센서에서 데이터를 수집하는 시간 간격은 1초 간격의 윈도우 크기로 정하여 측정하였으며, 저장 시에는 처리의 편의를 위하여 2초 단위로 데이터를 저장하였다. 수집한 데이터를 기계학습의 분류 모델 구축 실험에 사용하기 위해서는 특징 값을 추출하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 [8]의 방식을 따라 R[9]을 이용하여 가속도 센서의 x, y, z축에서 구한 데이터에서 최댓값, 최솟값, 중간값, 평균값, 절댓값, 연관성을 구하였다. 수집한 데이터는 2.1절에 설명한 바와 같이 사용자 행동을 여섯 가지로 나누어 특징을 추출한 데이터를 사용하였다.

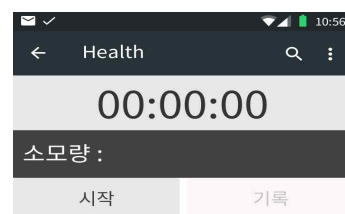
2.3 애플리케이션

본 앱에서는 스마트폰 센서에서 발생한 데이터를 수집하여 웹 서버의 데이터베이스에 실시간으로 저장하며, 특징 벡터로 평균값, 절댓값, 연관성 등을 추출하는 과정을 거친다. 여기서 웹 서버의 데이터베이스에 계속 변화하는 스마트폰 가속도센서 값을 수집하기 위하여 애플리케이션

을 만들었다. 이 애플리케이션의 시작 버튼을 누르면 실시간으로 발생하는 가속도센서 데이터로부터 분류된 행동 종류를 적용하여 칼로리 소모량을 측정한다.

그림 1은 애플리케이션이 실행되면서 나타나는 화면 예이다. 시작 버튼을 누르면 센서 이벤트 리스너 호출로 변화하는 센서 데이터가 1초 단위로 변수에 저장되고 평균값, 중간값, 절댓값이 계산된다. 계산된 데이터를 분류기에 적용하여 사용자의 상태를 분류한다. 칼로리 소모량은 최소 1분간 상태가 지속되었을 때 계산한다. 기록 버튼을 누르면 그림 2와 같이 총 소모량 추정치를 출력하고 각각의 행동 상태에 대한 소모량을 막대그래프로 나타낸다.

그림 3은 기준일로부터 일주일간의 기록을 데이터베이스에서 불러온다. 사용자의 칼로리 소모량 기록을 주 단위의 막대그래프로 보여줌으로써 사용자가 지난 일주일 동안 어느 정도의 행동과 칼로리를 소모하였는지 쉽게 파악할 수 있도록 도와준다.



HOME START MAPS

그림 1. 칼로리 소모량 측정 화면

Fig. 1. Screen shot from app showing the Calorie consumption measurement page



그림 2. 결과 측정 결과 화면 예
Fig. 2. Screen shot from app showing the result of exercise result measurement page

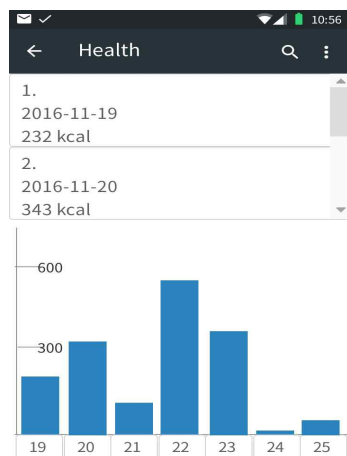


그림 3. 사용자의 1주일 운동 소모 칼로리 기록 화면 예
Fig. 3. Screen shot from app showing the record of the calorie expenditure calculation and the user activities classification

3. 성능 평가

3.1 실험 환경

본 논문에서는 사용자 행동을 구분하기 위한 분류 모델을 구축하기 위해 Weka[10]를 사용하였다. 분류 모델을 구축하기 위한 실험에 적용한 분류 기법으로는 기존 연구에서 사용자의 행동 분류에 우수한 결과를 보인 SVM(Support Vector Machine)[11]과 Random Forest[12]를 이용하였다. 실험에 사용할 분류 모델 구축을 위하여 SVM은 polynomial kernel을 사용하고, 주요 파라미터로서 complexity는 1.0, epsilon은 1.0E-12, exponent는 1.0, tolerance를 0.001을 사용하였으며, Random Forest 기법에는 maximum depth는 unlimited, 트리 개수는 10, 그리고 random seed는 6으로 하였다. 실험은 10겹 교차 검증 방법을 사용하였다.

3.2 성능 평가

각 분류 모델에 대한 실험 결과는 표 1과 같다. 표와 같이 SVM은 88.2%의 정확도로 분류를 하였고, Random Forest는 97.5%의 정확도를 보여, Random Forest가 보다 높은 정확도를 가지는 것을 알 수 있었다.

표 1. 정확도 성능 비교표

Table 1. A performance comparison table for accuracy

성능 \ 모델	SVM	Random Forest
정확도	0.882	0.975

좀 더 세밀한 성능 비교를 위하여 표 2에 성능을 행동 종류로 구분하여 제시하였다. 여기서 느리게 걷기, 보통으로 걷기, 빨리 걷기, 달리기, 빠르게 달리기, 계단 오르기, 내리기의 각각은 a, b, c, d, e, f로 표기하였다. 실험 결과, a, b, c, d, e, f 모든 상태에서 Random Forest로 구축한 모델

이 더 높은 정확도로 분류하였음을 알 수 있었다. 따라서 앱의 구현에 이를 사용하였다.

표 2. 상세한 성능 비교표

Table 2. A detailed performance comparison table

행동 분류 모델	a	b	c	d	e	f
SVM	87	94	86.6	87.6	90	77.6
Random Forest	100	100	89.4	94	100	98.6

위와 같이 행동을 분류하여, 이를 기반으로 칼로리 소모량을 구하기 위해서 [13]과 같이 신진 대사 해당치(MET: Metabolic Equivalent of Task)는 느리게 걷기 2.3, 보통 걷기 2.9, 빠르게 걷기 3.6, 달리기(느림) 7.0, 달리기(빠름) 8.0, 계단 오르고 내리기 8.0으로 하여 계산하였다. 칼로리 소모량의 추정치 계산식은 $ACT = METs * W * T$ 이며, 여기서 ACT는 활동량을 의미하며, METs는 MET의 점수이고, W는 몸무게를 kg으로 나타낸 것이며, T는 활동한 시간을 분으로 환산한 값을 의미한다[13]. 처음 앱을 시작할 때 입력한 사용자의 몸무게(W)와 분류 모델로 얻을 수 있는 운동 상태로 METs를 정하고 그 상태에 대한 시간(T)을 대입하여 칼로리 소모량의 추정치를 구하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 보다 정확하게 개개인의 칼로리 소모량을 추정하기 위하여 스마트폰의 가속도 센서 데이터를 기반으로 사용자 움직임을 구분하여 구할 수 있는 분류 기법과 이를 활용한 앱을 개발하였다. 개발한 앱은 스마트폰의 가속도 센서

를 이용하며 분류 기법은 실험에서 우수한 정확도를 보인 랜덤 포레스트 기법을 사용하였다. 실험을 통해, 제안한 기법이 6가지 행동에 따라 다르게 칼로리 소모량을 구할 수 있는 방안을 제시하였다.

그러나 본 연구의 한계점인 실험에 참여한 사용자가 소수의 20대에 국한된 점과 실제 생활 환경에서 이루어지는 사용자의 다양한 행동 종류를 모두 감안하지 못한 점을 극복할 수 있는 향후 연구가 필요하다. 또한, 관련된 주요 기존 앱과 방법들을 본 논문에서 개발한 앱과 같은 환경에서 비교 실험하는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Juliana Chen, E. Cade Janet and Margaret Allman-Farinelli, "The Most Popular Smartphone Apps for Weight Loss: A Quality Assessment," JMIR mHealth and uHealth, Vol. 3, No. 4, 2015. DOI: 10.2196/mhealth.4334
- [2] Bouchard, C., Tremblay, A., Leblanc, C., Lortie, G., Savard, R., and Theriault, G., "A method to assess energy expenditure in children and adults," The American journal of clinical nutrition, Vol. 37, No.3, pp, 461-467, 1983. <https://doi.org/10.1093/ajcn/37.3.461>
- [3] Caspersen, C. J., Powell, K. E., and Christenson, G. M., "Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research," Public health reports, Vol.100, No.2, 126. 1985. PMID: 3920711
- [4] Yun-Mi Song, Hyun-Joung Ku, Myung-Chun Lee and Seung-Bum Lee, "Methods of Estimation of Physical Activity and Energy Expenditure," Journal of Coaching Development, Vol. 7, No. 3,

- pp. 159-168, Sep. 2005. ISSN 1229-6597
- [5] Chowdhury, E. A., Western, M. J., Nightingale, T. E., Peacock, O. J., and Thompson, D., "Assessment of laboratory and daily energy expenditure estimates from consumer multi-sensor physical activity monitors," *PloS one*, Vol.12, No.2, e0171720, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171720>
- [6] Soo-Lim Lee and Young-In Kim, "Development of a Real-Time Caloric Expenditure Estimation System with Smartphone Sensors," *KIIT 2016 Summer Conference*, pp. 426-427, Jun. 2016. ISSN 2005-7334
- [7] Liu, K., Wang, Y., Chen, R., Chu, T., and Bi, J., "A Survey of Human Activity Recognition Using Smartphones," *Journal of Residuals Science & Technology*, Vol. 13, No. 8, pp. 385.1-385.10, 2016. ISSN: 2321-7782
- [8] Anguita, D., Ghio, A., Oneto, L., Parra, X., & Reyes-Ortiz, J. L. "A Public Domain Dataset for Human Activity Recognition using Smartphones," *21th European Symposium on Artificial Neural Networks, Computational Intelligence and Machine Learning*, pp. 437-442, Apr. 2013. ISBN 978-2-87419-081-0
- [9] R Core Team, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. [Accessed: Sep. 15. 2015]
- [10] Eibe Frank, Mark A. Hall, and Ian H. Witten, *The WEKA Workbench*. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques", Morgan Kaufmann, 4th Edition, 2016. ISBN 978-0-12-804291-5
- [11] Keerthi, S. S., Shevade, S. K., Bhattacharyya, C., and Murthy, K. R. K, "Improvements to Platt's SMO algorithm for SVM classifier design," *Neural computation*, Vol. 13, No. 3, pp. 637-649, 2001. <https://doi.org/10.1162/089976601300014493>
- [12] Leo Breiman, "Random forests," *Machine learning* 45.1, pp 5-32, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- [13] Dong-Oun Choi, Hang-Suck Song and Soo-Yong Kim, "The Development of u-Momentum Measurement System," *Journal of the Korea Entertainment Industry Association* Vol. 3, No. 2, pp. 29-33, Jun. 2009. ISSN 1976-6211

저 자 소 개



이수림(Su-rim Lee)

2017.8 부산대학교 IT응용공학과 졸업
2017.9-현재 KB국민카드 데이터분석팀
<주관심분야> 머신러닝, 추천시스템, 개인화시스템



김영인(Young-In Kim)

1996.2 명지대학교 컴퓨터공학과 박사
2007.8-2008.7 Univ. of Missouri 방문교수
2006.3-현재 : 부산대학교 교수
<주관심분야> 데이터베이스, 데이터마이닝