

스마트폰 vs 웨어러블, 실제 걸음 수 산출을 위한 보정계수의 발견
- 두 기기의 In-situ 활용 행태 비교를 바탕으로 -

Smartphone vs Wearable,
Finding the Correction Factor for the Actual Step Count
- Based on the In-situ User Behavior of the Two Devices -

주저자

한상규 (Han, Sang Kyu)
서울대학교 융합과학기술대학원 디지털정보융합전공

공동저자

김유정 (Kim, Yoo Jung)
서울대학교 융합과학기술대학원 디지털정보융합전공

안아주 (An, A Ju)

서울대학교 융합과학기술대학원 디지털정보융합전공

허은영 (Heo, Eun Young)

분당서울대병원 디지털헬스케어연구사업부

김정훈 (Kim, Jeong Whun)

분당서울대병원 이비인후과학교실

교신저자

이중식 (Lee, Joong Seek)
서울대학교 융합과학기술대학원 디지털정보융합전공
joonlee8@snu.ac.kr

목차

1. 서론

- 1-1. 연구의 배경
- 1-2. 연구 문제

2. 선행연구

- 2-1. 모바일 헬스케어에서 액티비티 트래커 활용
- 2-2. 액티비티 트래커 VS 실제 걸음 수
- 2-3. 스마트폰을 얼마나 휴대하는가?

3. 연구 방법

- 3-1. 설문 구성
- 3-2. 실험 설계
- 3-3. 참가자 모집
- 3-4. 데이터 분석

4. 결과

- 4-1. 기기간 걸음 수 비교
- 4-2. 스마트폰 휴대 자각정도 설문
- 4-3. 수집률 요인분석

5. 결론 및 논의

- 5-1. 연구 요약
- 5-2. 디자인 제언
- 5-3. 연구 의의 및 제한점

참고문헌

(요약)

최근 모바일 헬스케어 서비스에서 걸음 수를 활용한 건강 관리가 보편화되고 있다. 또한 다양한 액티비티 트래커를 통해 더 정확하고 간편하게 걸음 수를 측정할 수 있게 되었다. 그럼에도, 액티비티 트래커가 대중화 되지 못하고 스마트폰의 페도미터 센서를 대체 활용하는 추세이다. 그래서 본 연구에서 실제 걸음 수 대비 스마트폰이 수집한 걸음 수가 실제 얼마나 차이가 나는지, 어떤 요인이 차이를 만드는지 밝히고자 하였다. 이를 위해 21명을 대상으로 7일간 스마트폰과 웨어러블 디바이스를 동시에 활용한 걸음 수를 수집 하는 실험을 시행하였다. 그 결과, 웨어러블 대비, 스마트폰이 평균 62%의 걸음 수를 측정하는 것과 사용자별 편차가 큰 것을 발견하였다. 또한, 스마트폰 휴대 자각 정도가 높을수록 스마트폰의 측정 정확도가 높아지는 회귀모형을 도출하였다. 이를 통해 스마트폰 단독으로 걸음 수를 활용하는 헬스케어 서비스에서 실제 걸음 수와의 차이를 보정하는 계수로 활용할 수 있으리라 기대한다.

(Abstract)

In recent mobile health care service, health management using number of steps is becoming popular. In addition, a variety of activity trackers have made it possible to measure the number of steps more accurately and easily. Nevertheless, the activity tracker is not popularized, and it is a trend to use the pedometer sensor of the smartphone as an alternative. In this study, we tried to find out how much the number of steps collected by the smartphone versus the actual number of steps in actual situations, and what factors make the difference. We conducted an experiment to collect number of steps data of 21 people using the smartphone and wearable device simultaneously for 7 days. As a result, we found that the average number of steps of the smartphone is 62% compared to the actual number of steps, and that there is a large variation among users. We derived a regression model in which the accuracy of smartphone increases with the degree of awareness of smartphone. We expect that this can be used as a factor to correct the difference from the actual number of steps in the smartphone alone healthcare service.

(Keyword)

In-situ, Pedometer accuracy, Smartphone and wearable, Correction factor

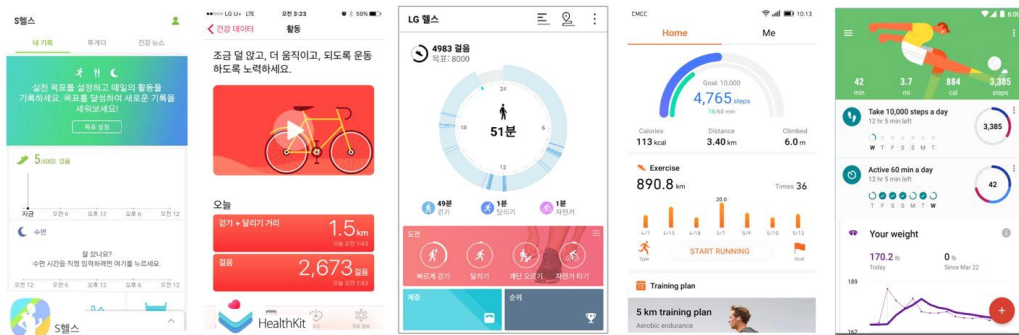
1. 서론

1-1. 연구의 배경

최근 모바일 헬스 케어 서비스에서 걸음 수(steps) 기반의 건강관리가 대중화되면서, 액티비티 트래킹을 위한 다양한 형태의 웨어러블 기기도 파생되고 있다. 이는 사용자의 걸음 수로 다이어트, 질병 예방 등을 위한 운동관리에서 치료, 재활 운동에 이르기까지 널리 활용되고 있다. 또한 페도미터(만보계)가 스마트폰에 내장되어 나오면서, 누구나 손쉽게 활용이 가능하게 되었다.

이와 관련 웨어러블 액티비티 트래커는 2016년 국내 기준 사용자가 80만여명으로 사용 인원이 제한적이고, 구매한 사람들의 사용 지속률도 6개월 이내 약 30%가 사용을 중지하는 등의 현상이 나타났다.¹⁾²⁾ 반면, 스마트폰의 보급률은 지속적으로 상승하여, 2016년 기준 국내 전체인구의 약 90%(약 4,642만명)에 육박하고 있다.

이런 상황에서도 걸음 수를 활용한 스마트폰 헬스케어 앱/서비스는 꾸준히 증가하고 있으며, 모든 스마트폰에 각기 다른 헬스케어 허브 앱이 <그림 1>과 같이 내장되어 출시되고 있는 상황이다. 이로써 대부분의 사용자가 스마트폰 단독의 건강관리 앱을 활용할 수 있게 되었다.



<그림 1> 걸음 수 기반 건강관리 스마트폰 내장 앱
좌측부터 S헬스(삼성), 헬스킷(애플), LG헬스(LG), 화웨이 헬스(화웨이) 구글피트니스(구글)

하지만, 액티비티 트래킹 전용이 아닌 스마트폰이 측정하는 걸음 수의 정확도는 의심해볼 필요가 있다. 센서의 정확도는 물론, 데이터 수집의 측면에서 스마트폰의 '휴대'와 웨어러블 디바이스의 '착용'에서 나오는 데이터의 양상이 다를 수 있다. 이는 웨어러블 디바이스가 더 높은 항시성을 가지고 실제 생활에 가까운 데이터를 제공한다고 볼 수 있다.³⁾ 이와 관련, 의료계에서도 누구보다 스마트폰을 활용한 건강관리의 필요성이 있지만⁴⁾, 수집된 데이터의 정확도와 신뢰도가 보장되지 않는다는 점에서 적극적인 활용을 조심스러워 하고 있다.⁵⁾

이러한 데이터의 정확성에 대한 문제를 해결하기 위해 실제 걸음 수와 스마트폰, 웨어러블 디바이스 비교 연구를 통해 센서의 정확도를 검증하려는 시도들이 있었으며, 그 결과 실제 활동을 추적하는데 있어 각종 기기들이 오차 범위는 다양하지만 신뢰구간 안에 정확한 걸음 수가 포함된다는 점은 검

- 1) Miyamoto, S. W., Henderson, S., Young, H. M., Pande, A., & Han, J. J. Tracking Health Data Is Not Enough: A Qualitative Exploration of the Role of Healthcare Partnerships and mHealth Technology to Promote Physical Activity and to Sustain Behavior Change. JMIR mHealth and uHealth, 2016, pp.2
- 2) 김경호, 이정환, u-Health와최근기술동향, 정보과학학회지, 2011, pp.15-23
- 3) 한동원, 박준석, 조일연, 웨어러블 컴퓨팅을 위한 서비스 인프라 구조, 대한인간공학학회지, 2005, pp.43-46
- 4) 김유진, 헬스케어 서비스를 위한 모바일 디바이스 및 어플리케이션 수용의도에 관한 탐색적 연구, 한국콘텐츠학회 논문지, 2012, pp.375-378
- 5) Piwek, L., Ellis, D. A., Andrews, S., & Joinson, A., The rise of consumer health wearables: promises and barriers, PLoS Medicine, 2016, pp.4

증된 바 있다.⁶⁾ 그러나 대부분 센서의 정확도를 실험실 환경에서 러닝머신과 각종 웨어러블 기기를 부착 및 스마트폰 휴대를 통해서 동시에 비교하는 연구로 구성되어, 실제 생활에서 스마트폰 휴대 혹은 웨어러블 디바이스를 착용하는 사용자의 행태로부터 얼마나 정확하게 측정되는지에 대한 실증적 요소는 배제되어 시행 되었다.

그래서 본 연구에서는 실제 사용 상황에서의 실제 걸음 수와 디바이스가 측정하는 걸음 수를 동시에 수집하여 분석하고자 하였다. 이를 통해, 실제 활동과 각 기기간의 정확도를 데이터적으로 접근하여 차이를 발견하고, 스마트폰 단독의 헬스케어 서비스에서 더 정확한 운동량 측정을 도울 수 있는 가이드라인을 제공하고자 한다.

1-2. 연구 문제

본 연구는 스마트폰과 웨어러블 디바이스를 동시에 활용하여 일상생활에서 자연스러운 걸음 수 데이터를 수집하여 정량적으로 비교하는 실험을 설계하였다. 이를 통해 밝히고자 한 연구문제는 다음과 같다.

연구문제1. 실제 생활에서 스마트폰과 액티비티 트래커가 측정한 걸음 수는 차이가 나타나는가?

연구문제2. 유의한 차이가 있다면, 차이를 만드는 요인은 어떤 것이 있는가?

연구문제3. 스마트폰이 측정한 걸음을 실제 걸음 수로 환산하는 보정 계수를 산출할 수 있는가?

2. 선행연구

2-1. 모바일 헬스케어에서 액티비티 트래커의 활용

2-1-1. 모바일 헬스케어 서비스 확산

모바일 헬스케어 서비스는 각종 센서 기술을 통해 다양한 신체활동의 측정, 처리, 시각화가 가능하게 되었으며, 모바일 장비의 프로세서 성능의 향상과 함께 쉽고 빠르게 확산되고 있다. 이러한 모바일 헬스케어 서비스와 관련 사용자의 기대와 수용의도에 대해서, 병원 및 의료기관 관계자 > 만성질환자 및 노인 > 건강유지에 관심많은 일반인 순으로 나오면서 건강한 사람의 체력증진, 질병예방을 위한 복지(wellness)에서부터 의료환경에서의 건강관리(healthcare)에 이르기까지 모바일 헬스케어 서비스의 광범위한 활용 가능성을 볼 수 있다.⁷⁾

또한, 다양한 웨어러블 디바이스의 출현은 <그림 2>와 같이 걸음 수, 산소포화도, 혈압, 체온 등을 비롯해서 심리사회적인 정신건강의 요소까지 측정하는 등 다양한 사용자의 데이터를 항시 측정할 수 있는 이점을 가지고 모바일 헬스케어 서비스를 더욱 발전시킬 것으로 기대되어 왔다.

2-1-2. 액티비티 트래커의 한계

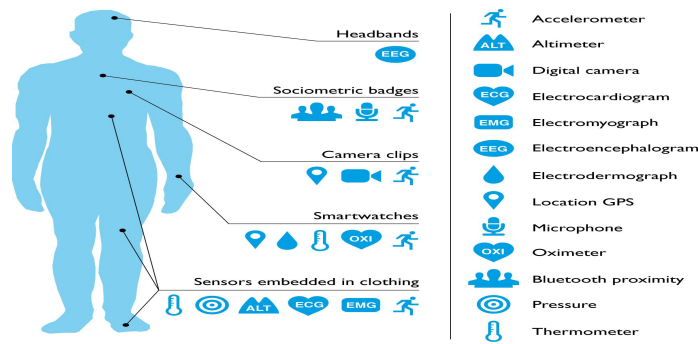
그러나, 국내 웨어러블 디바이스 가입자가 2014년 50,237명에서 2015년 363,603명으로 720%이상의 폭발적인 증가를 하면서 시장 확산에 대한 기대를 모았지만, 2016년 기준 874,976명으로 그치면서 기대에 못미친 것으로 평가받고 있다.⁸⁾ 또한, 웨어러블 디바이스 사용자들의 23%는 6개월 이상을 사용하지 않고, 35%는 1년을 넘지 않는 등 사용 지속성이 낮아지는 문제도 대두되었다.⁹⁾

6) Case, M. A., Burwick, H. A., Volpp, K. G., & Patel, M. S., Accuracy of smartphone applications and wearable devices for tracking physical activity data, JAMA, 2015, pp.625-626

7) 김유진, 헬스케어 서비스를 위한 모바일 디바이스 및 어플리케이션 수용의도에 관한 탐색적 연구, 한국콘텐츠학회 논문지, 2012, pp.375-378

8) 한국무선인터넷연합회, 대한민국 무선인터넷 산업 현황, 미래창조과학부, 2016, p.126-128

9) Dan Ledger, Inside Wearables, Endeavour Partners, 2014, p.4



〈그림 2〉 웨어러블 디바이스를 통해 측정 가능한 사용자 데이터

출처: Piwek, L., Ellis, D. A., Andrews, S., & Joinson, A., The rise of consumer health wearables: promises and barriers, PLoS Medicine, 13(2), e1001953., 2016에서 재인용

이와 관련, 웨어러블 디바이스의 사용지속성과 보급률이 낮은 원인으로 데이터의 정확도에 대한 의심이나 불신이 공통된 원인임을 볼 수 있다.¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾ 특히, Shin 등(2015)은 웨어러블 디바이스의 활용 지속성에 대한 집중적인 연구를 통해 웨어러블 디바이스를 지속적으로 사용하게 하는 요인은 ‘목표설정과 관련된 피드백’, ‘건강관리를 상기시키는 리마인드 기능’, ‘사회적 맥락에서의 비교’ 등을 도출하였고, ‘착용을 해야한다는 사실을 잊어버림’, ‘데이터의 처리와 통합 과정의 문제’, ‘정확도에 대한 의심’ 등이 사용자의 활용 지속성을 낮추는 요인들로 밝히고 있다. 데이터의 정확도에 대한 문제는 보급률과 사용지속성 양측에 영향을 미치는 까닭에, 각종 데이터를 수집하는 센서의 정확도를 검증하고 향상시키고자 하는 다양한 시도가 이루어지고 있다.

2-2. 액티비티 트래커 vs 실제 걸음 수

2-2-1 액티비티 트래커는 얼마나 정확한가?

Case 등(2015)은 실험실 환경에서 스마트폰을 포함한 다양한 액티비티 트래커가 실제 걸음 수를 신뢰구간 안에서 정확하게 측정함을 검증하였다.¹³⁾ 실험의 구성은 가슴, 손목에 착용 가능한 6개의 기기들을 착용하고, 바지 주머니에 2개의 스마트폰(갤럭시S4, 아이폰5S)을 각각 넣고 총 4개의 앱을 실행시킨 상태에서 러닝 머신을 일정속도로 500걸음 / 1500걸음을 걷는 실험으로 시행하였다. 해당 실험에서는 총 14명의 참가자를 통해 552개의 데이터를 모으고 이를 분석하였는데, 그 결과 대부분의 스마트폰 앱과 웨어러블 디바이스가 실제 측정량을 신뢰구간안에 포함하므로 걸음 수를 정확하게 측정함을 보여주었다. 세부적인 결과로 정확도의 오차범위는 가슴에 착용하는 장치는 -0.3% ~ 1.0%의 차이를 보이고, 손목은 -22.7% ~ -1.5%, 스마트폰은 -6.7% ~ 6.2%의 결과를 보였다.

그러나 해당 연구는 걷는 행위에 대한 센서 측정의 정확도를 비교하기 위해 실험실 환경에서 시행 되었으므로 실제 스마트폰 휴대 상황의 다양한 맥락에서 이루어지는 걸음 수를 얼마나 정확히 측정할 수 있는지의 문제는 검증할 수 없는 한계점이 있다.

10) Shih, P. C., Han, K., Poole, E. S., Rosson, M. B., & Carroll, J. M., Use and adoption challenges of wearable activity trackers, IConference, 2015.3, pp.5-8

11) Piwek, L., Ellis, D. A., Andrews, S., & Joinson, A., The rise of consumer health wearables: promises and barriers, PLoS Medicine, 2016, pp.4

12) Yang, R., Shin, E., Newman, M. W., & Ackerman, M. S., When fitness trackers don't'fit': end-user difficulties in the assessment of personal tracking device accuracy, International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing 2015, pp. 626-629

13) Case, M. A., Burwick, H. A., Volpp, K. G., & Patel, M. S., Accuracy of smartphone applications and wearable devices for tracking physical activity data, JAMA, 2015, pp.625-626

2-2-2 비걸음 상태에도 측정되는 false-positive 데이터 검증

Sandra 등(2017)은 액티비티 트래커 활용간 비걸음 상태에서 걷는 것으로 여겨지는 false-positive 데이터 발생 여부를 측정된 결과, 상체만을 활용하는 운동 이외에는 실 걸음수에 큰 영향을 미치지 않음을 발견하였다.¹⁴⁾ 이 연구에서는 5가지 웨어러블 기기를 착용하여 책상에서 업무, 엘리베이터, 버스여행, 실내/외 자전거타기, 운전, 노젓기 등의 걸음 수가 발생하지 않는 9가지 상황에서 5가지 웨어러블 디바이스를 착용한 채 각각의 행동을 해보며 걸음 수를 측정하는 실험을 진행하였다. 그 결과 대부분의 상황에서는 비활동 상태에서 걸음 수가 측정되지 않았는데 자전거타기, 노 젓기에서 크게는 90보 이상을 잘못 인식하는 등 오측정 되는 상황과 장비별 차이에 대해 밝히고 있다.

이는 실제 상황의 맥락을 고려하여 부정확한 데이터를 걸러 내는 활동을 구별하며 기기간 정확도를 비교하는데 의의를 가지지만, 실험실 환경을 벗어나지 못한 것과 스마트폰을 활용하지 않은 점 등은 2-2-1에서 제기된 한계점이 유사하게 존재한다. 이러한 까닭에 본 연구에서는 스마트폰을 실제 생활에서 활용간 얼마나 정확하게 걸음 수를 측정하는지 알아보려고 한다.

2-3. 스마트폰을 얼마나 휴대하는가?

김경홍(2015)은 스마트폰과 웨어러블 디바이스의 활용 행태를 ‘휴대’와 ‘착용’으로 나누어 보고 있다. 그 중 휴대는 적극적인 활용이 전제되어야 도구로서 역할을 하며, 착용은 신체에 밀접한 것만으로도 이점을 가진다고 구분하고 있다.¹⁵⁾ 즉, 휴대 행태에 따라 적극적인 활용의 정도가 달라지며 스마트폰 폐도미터로 측정되는 데이터도 달라질 수 있음을 시사한다.

이와 관련, 사용자의 스마트폰 휴대 행태의 차이에 대한 직접적인 연구는 없었으나, 스마트폰 중독과 관련된 연구에서 중독의 일면으로 스마트폰 휴대 정도의 차이에 따라 중독의 정도를 구분하는 연구를 볼 수 있다. 황하성 등(2011)은 때와 장소를 가리지 않고 수시로 정보를 검색하거나 업무를 보는 등 커뮤니케이션과 정보 검색에 대해 사용자의 공적으로나 사적으로 중단 없는 사용 행태를 휴대와 관련된 스마트폰 중독으로 정의하였다. 이와 관련, ‘의존’, ‘집착’, ‘생활장애’, ‘강박’ 4가지를 스마트폰 중독의 하위 개념으로 구성된 자가보고식 설문을 시행하였다. 그 결과, 스마트폰의 중독 현상은 사용자의 개인적 속성에 따라 다르게 나타나며 특정 인구통계학적 요인 및 미디어의 고유 특성에 따른 중독의 정도 차이와 양상을 밝혀냈다.¹⁶⁾ 이는 첫째로, 스마트폰 휴대의 정도에 대한 자가보고식 설문이 유효함과 둘째로, 이를 통해 스마트폰 중독의 정도에 대한 유의한 차이를 밝힐 수 있음을 시사한다.

이와 관련, 본 연구에서는 위의 휴대와 관련된 스마트폰 중독에 대한 자가보고식 설문과 4가지 하위 개념을 참고하여, 얼마나 스마트폰을 휴대하는지에 대한 자각 정도를 측정하고자 하였다. 이를 위해, 금단현상이나 중증의 병리적 관점의 식별을 위한 질문은 추려내고 휴대와 관련된 자각 정도를 구분하는 문항을 일부 수정하여 활용하였다.

3. 연구 방법

액티비티 트래커를 착용한 상황에서 스마트폰이 측정하는 걸음 수를 동시에 수집 / 비교 하였다. 참가자가 실제 걸음 수를 직접 세는 것은 불가능하여, 선행연구에서 보았듯 높은 센서 정확도를 가진 웨어러블 디바이스를 항상 착용하는 조건을 실 걸음수로 간주하였다. 실험 참여자는 총 21명으로,

14) O’Connell, S., Ó’Laughlin, G., & Quinlan, L. R., When a Step Is Not a Step! Specificity Analysis of Five Physical Activity Monitors, PLoS ONE, 2017, pp.6-8

15) 김경홍, 좋아 보이는 것들의 비밀, UX디자인: 제품과 서비스, 기획부터 개발까지, 길벗, 2015, p.556-557

16) 황하성, 손승혜, 최윤정, 이용자 속성 및 기능적 특성에 따른 스마트폰 중독에 관한 탐색적 연구, 한국방송학보, 2011, pp.277-313

스마트폰이나 웨어러블 디바이스 활용에 제한이 없는 인원으로 모집하였다. 실험 전 참가자들의 스마트폰의 ‘휴대’ 행태에 대한 자가보고식 설문문을 구성하여 시행하였다. 실험간 활용된 스마트폰은 참가자가 기존에 사용하던 것으로, 웨어러블 디바이스는 ‘미스핏 샤인’이라는 손목시계형 액티비티 트래커를 제공하여 7일간의 각 기기의 걸음 수 데이터 셋을 수집하였다. 수집된 걸음 수 데이터, 설문 결과, 인구통계학적 정보 등을 바탕으로 분석하는 과정을 거쳤다.

3-1. 설문 구성

실험 전 스마트폰 휴대 행태에 대한 자각을 수량화하여 분석하기 위한 7 문항의 설문문을 구성하였다. 문항은 선행연구에서 밝힌 스마트폰 중독의 하위속성인 ‘의존’, ‘집착’, ‘생활장애’, ‘강박’의 각 요소를 활용하여 스마트폰 휴대에 대한 자각 정도로 변환하여 활용하였으며, 소지에 대한 관련 핵심 질문은 7점 척도로 나머지 6가지는 5점 척도로 구성하였다. 구성한 설문 내용은 <표 1>과 같다.

설문 결과를 바탕으로 모든 문항에 대한 합산, 평균을 통해 스마트폰 휴대의 자각 정도에 대한 내적 일치도 지수를 구하였다(Cronbach’s alpha=.816, M=3.39, SD=1.03). 질문 범주에 대한 각 항목별 내적일치도를 구한 지수는 다음과 같다 : 의존(Cronbach’s alpha=.718, M=4.5, SD=1.5), 집착(Cronbach’s alpha=.674, M=3.5, SD=1.3), 생활장애(Cronbach’s alpha=.651, M=2.6, SD=1.29).

<표 1> 스마트폰 휴대 자각 정도 설문 문항 구성

구분	질문	답변 구성	평균	표준편차	신뢰도
의존	나는 스마트폰을 항상 내 몸에 지니고 다닌다.	7점 척도	5.28	1.84	.718
	나는 스마트폰을 사용하다가 잠에 든다.		3.72	1.45	
집착	나는 눈을 뜨자마자 스마트폰을 찾는다.	5점 척도	3.89	1.32	.674
	나는 화장실에 갈 때도 핸드폰을 들고 간다.		3.22	1.7	
생활장애	나는 수업, 영화관, 회의 등에서도 핸드폰을 끌 수 없다.	5점 척도	2.72	1.78	.651
	나는 친구와의 대화 도중에 핸드폰을 자주 확인한다.		2.5	1.2	
강박	나는 손에 핸드폰이 없으면 불안하다.	5점 척도	2.44	1.24	-

3-2. 실험 설계

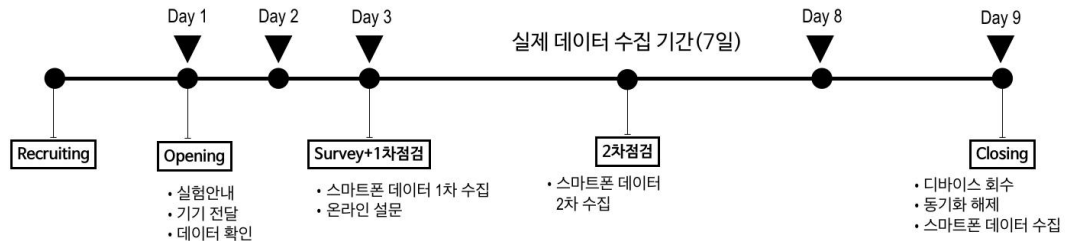
스마트폰과 웨어러블 디바이스를 사용자가 동시에 in-situ에서 활용하여 걸음 수를 측정하고 비교하는 실험을 설계하였다. 웨어러블 디바이스는 ‘미스핏 샤인’이라는 기기를 선택하였다. 그 이유는 여타 디바이스와 달리 수영, 자전거타기 등의 측정이 가능하며, 선행 연구에서 문제가 된 비활동 데이터의 측정 오류를 예방할 수 있다. 또한, 배터리 수명도 6개월 정도로 교체 없이 항시 작용이 가능하여 본 실험에 활용하였다.

미스핏의 경우 전용 스마트폰 앱과 연동하여 걸음 수 데이터를 수집하였다. 스마트폰의 경우는 운영체제별 정확도의 차이가 나타날 수 있으므로 안드로이드, iOS 기반 스마트폰 사용자 모두를 고려하여 수집하고자 하였다. 이와 관련, 안드로이드 플랫폼에서는 “S헬스” 앱을, 아이폰에서는 “헬스킷”이란 앱을 활용하여 활동량을 수집하였다.<그림 3> 각각의 앱에서 웨어러블 디바이스를 제외한 스마트폰만으로 측정한 활동량을 선택해서 보는 기능을 바탕으로 데이터 비교에 활용하였다.



<그림 3> 활용 어플리케이션 : 왼쪽부터 미스핏, 안드로이드용, 아이폰용

세부 실험 단계는 <그림 4>와 같이 5단계로 구분하여 시행하였으며, 총 9일 중 안내 및 기기회수의 2일을 제외하고 7일간 데이터를 3일, 7일차에 각각 2차례에 걸쳐 수집하였다. 2차례에 걸쳐 시행한 이유는 중간점검으로 웨어러블 디바이스와 스마트폰 데이터 동기화를 누락하지 않게 알림을 주기 위한 형태로 시행하였다.



<그림 4> 실험 세부 단계

3-3. 참가자 모집

참가자 모집은 웨어러블 디바이스 착용과 스마트폰 활용에 제한이 없는 인원으로 3일간 모집하였다. 인구통계학적 요인 분석을 위하여 성별, 연령, 직업 등을 다양하게 모집 하였으며 안드로이드와 iOS 기반 사용자의 비율을 1:1로 맞추어 모집하였다. <표 2>에서 확인할 수 있듯 실험에 지원한 인원은 총 23명이었으나 2명이 도중에 탈락하면서 남자 11명, 여자 10명으로 최종 21명을 모집하였다.

<표 2> 참가자 정보 및 설문 결과

기기	PID	성별	연령대	직업	스마트폰 휴대자각 정도	비고
안드로이드	P19	남	50대	자영업	37점	
	P01	남	30대	직장인	34점	
	P13	남	30대	기타	25점	
	P17	여	20대	기타	24점	
	P04	여	40대	주부	20점	
	P20	남	50대	직장인	20점	
	P15	여	50대	주부	19점	
	P03	남	10대	학생	16점	
	P02	여	50대	주부	15점	
	P18	여	40대	직장인	9점	
P16	남	20대	학생		데이터 제외	
iOS	P22	여	20대	학생	33점	
	P05	여	20대	학생	29점	
	P08	여	20대	학생	29점	
	P23	여	20대	학생	28점	
	P06	남	20대	학생	27점	
	P10	남	20대	학생	23점	
	P14	남	30대	직장인	22점	
	P21	여	20대	직장인	18점	
	P07	남	30대	학생		데이터 제외
P11	남	30대	직장인		데이터 제외	

3-4. 데이터 분석

실험을 통하여 (1) 미스핏 및 스마트폰이 측정한 7일치 걸음 수 데이터와 (2) 구글 시트를 활용한 인구통계학적 정보, 스마트폰 소지 자가인식 설문답변을 수집하였다. 기기별 데이터는 모두 걸음 수 (steps)단위로 수치화되어 상호 비교 분석이 가능하였다. 수집된 데이터는 R-studio를 활용하여 t-test, 상관관계 분석 등을 시행하였다. 그리고 앞서 언급했듯이 웨어러블 디바이스를 항상 착용한 것을 전제로 미스핏이 측정한 걸음 수를 실 걸음수로 정의하였다. 또한, 실 걸음 대비 스마트폰이

수집한 걸음 수의 정확도로 활동량 수집률(Activity Rate)로 정의하고 줄여서 ActRate라는 변수를 생성 후 분석에 활용하였다.

$$ActRate = \frac{\text{스마트폰 측정량}}{\text{미스핏 측정량}} * 100$$

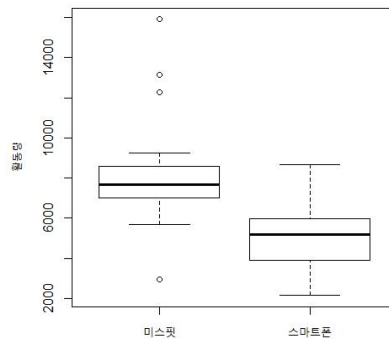
또한, 어떤 요인이 수집률의 차이를 가져오는지 알아보기 위해 수집된 인구통계학적, OS종류, 스마트폰 보유에 대한 자가인식 등의 요인별로 일원분산분석(ANOVA) 및 선형회귀분석을 실시하였다. 추가적으로 수집률과 설문조사 결과의 분포가 다양하게 나옴에 따라 결과의 객관성을 높이기 위해 Shapiro-wilk test를 통한 정규성 검정을 시행하였다.

4. 결과

4-1. 기기간 걸음 수 비교

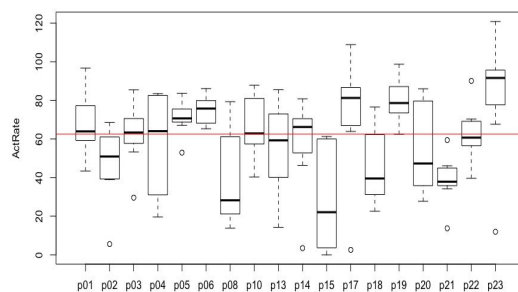
걸음 수 데이터는 21명으로부터 총 7일간 147개의 데이터 셋을 수집하였으나 그 중 미스핏 동기화 오류 및 데이터 누락이 된 3명의 데이터를 제외한 18명의 데이터를 활용하였다.

전체 참가자의 데이터 중 미스핏이 측정한 걸음 수 평균은 8,373보(±2916)와 스마트폰이 측정한 걸음 수 평균인 5,066보(±1591)를 paired t-test로 검정한 결과, 미스핏의 걸음 수 평균이 약 3,307 보가 더 높게 나오며 미스핏과 스마트폰이 측정한 걸음 수 간에 유의한 차이를 보였다.(t=4.8279, df=20, p<.001) 이는 연구문제 1의 검증에 있어, 스마트폰이 측정한 걸음 수가 실제 걸음 대비 평균 62.48%(±13.7) 정도의 유의한 차이를 가지고 있다고 볼 수있다.

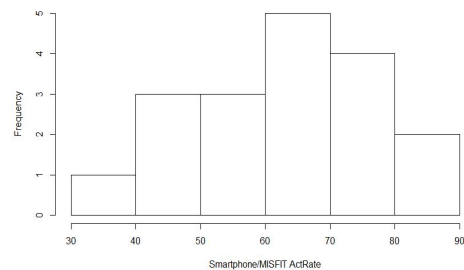


〈그림 5〉 디바이스별 평균 걸음 수 차이

그러나, 〈그림 6〉과 같이 참가자별 ActRate의 분산이 크게 나타났다. 이러한 ActRate의 분포에 대한 관련성을 찾기 위해 Shapiro-wilk test를 통한 정규성 검정 결과 〈그림 7〉과 같이 정규분포에 가까운 형태를 보였다.(w=0.9786, p=0.9344) 이는 참가자 집단이 정규성을 가지며 ActRate에 차이를 주는 상관 요인을 밝힐 수 있는 가능성을 시사한다.



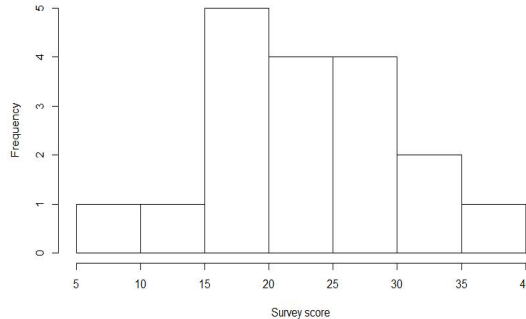
〈그림 6〉 피험자별 일 평균 ActRate 분포



〈그림 7〉 전체 ActRate 분포

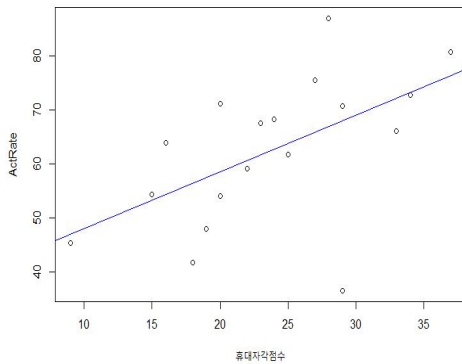
4-2. 스마트폰 휴대 자각정도 설문

21명의 설문 응답을 분석한 결과 총 37점 기준 평균 23.8점(sd=7.2, min=9, max=37)로 각 개인의 점수는 <그림 8>과 같다. 전체 설문 결과의 분포 또한 ActRate와 유사하게 정규 분포에 가깝게 나타났다.(w=0.9893, p=0.998)

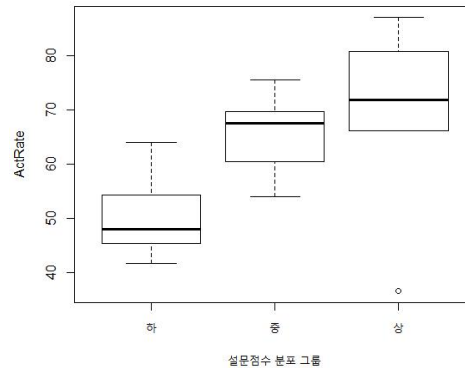


<그림 8> 소지인식 설문점수 분포

점수의 분포에 따른 ActRate의 분포 차이를 알아보기 위해 자각정도 점수 분포를 상,중,하로 각각 6명씩 3그룹을 나누어 ActRate를 비교한 결과, 상위 그룹은 수집률 평균 68.9%(±17.6), 중간 그룹은 65.34%(±7.42), 하위 그룹은 50.64%(±8.7)로 그룹간 유의한 차이를 보였다.(f(1,16)=6.767, p<.05) TukeyHSD로 그룹간 사후검증을 해본 결과 '상' 그룹의 ActRate이 '하' 그룹보다 17.8%p 정도 높은 것이 유의한 결과로 도출되었다.(p<.05)



<그림 9> 설문점수별 ActRate 산점도



<그림 10> 설문점수 분포 그룹별 ActRate

이러한 분석을 통해 스마트폰 휴대 자각 정도의 설문 결과 또한 정규성을 가지며, 수집률과 어느 정도 정(+)적 상관관계를 갖는 것은 선행연구에서 보았듯 자가보고식 설문이 중독의 정도를 밝히는 것처럼 휴대의 정도 차이를 유의하게 나뉠 수 있음을 시사한다.

4-3. 수집률 요인분석

미스핏과 스마트폰의 수집량의 유의한 차이는 확인하였지만 개인별 편차가 큰 것에 대하여 어떤 요인이 영향을 주는지 분석하고자 하였다. 수집된 정보 중 연령, 성별, 직업의 인구통계학적 요인, 운영체제, 스마트폰 소지 인식 정도까지 총 5가지 요인과 ActRate와의 관계를 살펴보고자 하였다.

먼저 각 변수간 상관관계 분석을 시행한 결과로 <표 3>과 같이 인구통계학적, 운영체제 종류에 따른 ActRate와의 상관관계는 유의하지 않았으며, 스마트폰 소지 인식 정도와 ActRate가 유의한 상관관계를 보이는 것으로 밝혀졌다. 그 외 나이에 따른 스마트폰 OS와 상관관계가 있는 것으로 나왔는데, 연령층이 낮아질수록 iOS기반 스마트폰을 많이 사용하는 경향을 볼 수 있다.

〈표 3〉 요인별 상관관계 분석

		OS	성별	나이	직업	휴대 자각	ActRate
OS	상관계수	1.000					
	유의수준(양쪽)	.					
	N	18					
성별	상관계수	.125	1.000				
	유의수준(양쪽)	.621	.				
	N	18	18				
나이	상관계수	-.603**	-.045	1.000			
	유의수준(양쪽)	.008	.858	.			
	N	18	18	18			
직업	상관계수	-.204	.045	-.011	1.000		
	유의수준(양쪽)	.417	.858	.966	.		
	N	18	18	18	18		
휴대 자각	상관계수	.324	-.183	-.203	.224	1.000	
	유의수준(양쪽)	.190	.466	.420	.372	.	
	N	18	18	18	18	18	
ActRate	상관계수	.043	-.259	-.156	.181	.583*	1.000
	유의수준(양쪽)	.865	.300	.537	.472	.011	.
	N	18	18	18	18	18	18

** . p<.01, * . p<.05

이와 같은 결과를 바탕으로, 다른 요인들은 배제하고 스마트폰 휴대 자각 정도가 ActRate에 영향을 주는 정도를 세세하게 밝히기 위해 단순 선형회귀 분석을 한 결과는 〈표 4〉와 같다.

〈표 4〉 ActRate가 스마트폰 소지인식 정도로부터 받는 영향

종속변수	독립변수	B	SE	β	t	p	R	R ²	Adj R ²	F(p)
실 걸음 대비 스마트폰 수집 비율 (ActRate)	(상수)	37.467	9.745		3.845	.001	.556	.309	.266	7.166 (p<.05)
	스마트폰 휴대자각 정도	1.052	.393	.556	2.677	.017				

회귀모형의 설명력은 .266으로 사회과학적 요인분석에서는 높은 설명력을 지니면서, F값 또한 유의한 것으로 밝혀졌다.(p<.05) 그리고 스마트폰 휴대 자각 정도가 ActRate에 영향을 미치는 것으로 나타났다.(p<.05) 분석한 회귀모형의 추정식은 다음과 같다.

$$\widehat{ActRate} = 37.467 + 1.052 \times \text{스마트폰 휴대자각 정도}$$

이를 통해 연구문제 2,3의 검증으로, 스마트폰 휴대 자각 정도가 높을수록 스마트폰을 통해 수집되는 걸음 수의 정확도가 높아지는 것을 볼 수 있다. 이는 곧, 휴대 자각 정도의 수량화를 통해 스마트폰으로 수집되는 걸음 수의 정확도 예측이 가능함을 시사한다.

5. 결론 및 논의

5-1. 연구 요약

연구의 결과와 각각의 논의점은 다음과 같이 크게 3가지로 나누어 볼 수 있다.

(1) 스마트폰이 측정한 걸음 수는 실 걸음수와 평균 62%차이를 보인다.

in-situ에서 웨어러블 디바이스를 활용한 실제 걸음 대비 스마트폰이 수집한 걸음 수 비교 결과 평균 62%의 차이가 유의한 것으로 나타났다. 이는 무엇보다 스마트폰 단독의 걸음 수를 활용하는 서비스에 있어 정확성을 재고해야함을 시사한다. 그리고 유의한 차이는 실제 걸음 수를 환산하기 위한 보정계수로써 활용 가능성을 제기할 수 있다.

(2) 개인별 스마트폰이 수집한 걸음 수의 편차가 크다.

그러나 평균 62%를 보정계수로 그대로 활용하기에는, 개인별 정확도의 차이가 크고 정규분포를 이루는 것을 발견하였다. 이를 통해 실제 걸음 수 대비 스마트폰 걸음 수의 정확도에 대한 최소 기준

으로 평균값(62%)을 활용할 수도 있지만, 더 정확한 값을 산출하기 위해 분포의 정규성을 요인 분석의 전제 조건을 삼아 추가적인 분석을 실시하였다.

(3) 스마트폰 휴대 자각정도로 실 걸음수로의 보정 계수를 발견하였다.

요인분석을 통해 스마트폰 휴대 자각정도에 따라 스마트폰의 걸음수 측정 정확도가 높아짐을 발견하였다. 이를 선형회귀 분석을 통해 수집의 정확도를 예측하는 추정식을 산출하였다. 이는 스마트폰에 측정된 걸음 수를 실 걸음수로 환산하는 보정계수로 다음과 같이 활용할 수 있다.

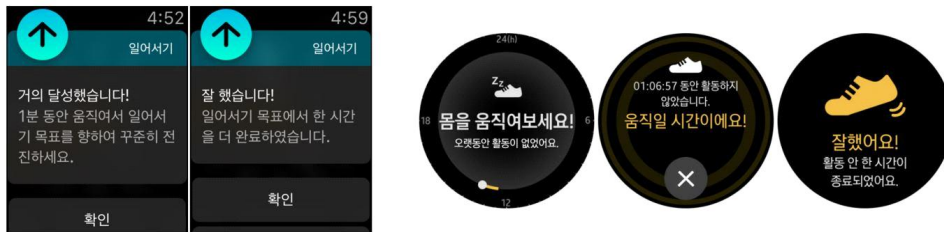
$$\text{실제 걸음수} = \frac{\text{스마트폰 측정 걸음수} \times 100}{\text{ActRate}} = \frac{\text{스마트폰 측정 걸음수} \times 100}{37.467 + 1.052 \times \text{스마트폰 휴대자각정도}}$$

5-2. 디자인 제언

이와 관련, 본 연구의 결과를 활용한 스마트폰 단독의 모바일 헬스 서비스 관련 다음과 같이 두 가지를 제언하고자 한다.

첫째, 보정계수의 적극적 활용 측면으로 스마트폰 서비스 기획 단계에서 본 연구에서 제시한 자가보고식 설문과 같이 스마트폰 휴대 행태를 파악하는 절차를 활용할 필요가 있다. 이를 통해 보정된 값을 활용하여 실제량과의 오차를 고려한 목표량을 조정하거나, 운동량 해석에 대한 개인별 기준을 제공하는 등, 데이터의 정확도 제고를 통한 개인 맞춤형 서비스의 강점을 살릴 수 있을 것이다.

둘째, 직접적인 휴대를 늘리는 방안으로 스마트폰에서도 웨어러블 디바이스가 운동을 독려하는 <그림 11>과 같은 리마인드 알람 등의 새로운 인터랙션을 착안할 필요가 있다. 이는 사용자의 고정된 행태를 넘어서, 적극적인 휴대를 독려함으로써 걸음 수 수집의 정확도를 높일 수 있을 것이다.



<그림 11> 웨어러블 디바이스의 움직임 독려 알람 : 애플워치(좌), 삼성기어S2(우)

5-3. 연구 의의 및 제한점

본 연구는 모바일 헬스케어 서비스의 발전을 저해하는 정확도에 대한 문제에 있어 스마트폰이 측정하는 걸음 수의 정확도 차이와 이를 보정하는 계수를 발견하여 근본적 문제를 해결하고자 하는데 의의가 있다. 또한 사용자의 일상에서 측정을 실시하여, in-situ에서의 실제 데이터를 활용한 현상을 분석하고자 하는 새로운 접근에 더욱 의미가 있다.

이를 통해서 추후 스마트폰 단독의 활동량 기반 헬스케어 서비스를 기획할 때 휴대에 대한 소지를 측정하여 운동량을 보정해주거나, 휴대를 종용하는 알람을 활용하여 사용자의 운동량 데이터에 대한 신뢰도를 높일 수 있으리라 기대한다.

본 연구의 제한점으로는 피험자들의 생활 맥락에서 더 많은 관련 요인들이 있을 수 있다는 것과, 결론을 일반화하기엔 참가자의 수가 다소 부족한 점이 있다. 이를 보완하기 위해 향후 연구에서는 참가자 수를 늘리고 챗봇 서비스를 활용한 실시간 맥락 수집 등의 방법으로 보완 할 예정이다. 챗봇의 활용은 데이터 수집간 활동량의 변화폭이 큰 순간에 자동화 프로그램(IFTTT, TASKER 등)과 연동하여 챗봇이 물어보는 형태로 생활 맥락에 따른 세부적인 보정계수 도출이 가능할 것이다.

참고문헌

도서

- Dan Ledger, Inside Wearables, Endeavour Partners, 2014
- 김경홍, 좋아 보이는 것들의 비밀, UX디자인: 제품과 서비스, 기획부터 개발까지, 길벗, 2015
- 한국무선인터넷연합회, 대한민국 무선인터넷 산업 현황, 미래창조과학부, 2016

논문

- Miyamoto, S. W., Henderson, S., Young, H. M., Pande, A., & Han, J. J. Tracking Health Data Is Not Enough: A Qualitative Exploration of the Role of Healthcare Partnerships and mHealth Technology to Promote Physical Activity and to Sustain Behavior Change. JMIR mHealth and uHealth, 2016
- Case, M. A., Burwick, H. A., Volpp, K. G., & Patel, M. S., Accuracy of smartphone applications and wearable devices for tracking physical activity data, JAMA, 2015
- O'Connell, S., ÓLaighin, G., & Quinlan, L. R., When a Step Is Not a Step! Specificity Analysis of Five Physical Activity Monitors, PLoS ONE, 2017
- Piwek, L., Ellis, D. A., Andrews, S., & Joinson, A., The rise of consumer health wearables: promises and barriers, PLoS Medicine, 2016
- 김경호, 이정환, u-Health와 최근 기술 동향, 정보과학회지, 2011
- 김유진, 헬스케어 서비스를 위한 모바일 디바이스 및 어플리케이션 수용의도에 관한 탐색적 연구, 한국콘텐츠학회논문지, 2012
- 한동원, 박준석, 조일연, 웨어러블 컴퓨팅을 위한 서비스 인프라 구조, 대한인간공학회지, 2005
- 황하성, 손승혜, 최윤정, 이용자 속성 및 기능적 특성에 따른 스마트폰 중독에 관한 탐색적 연구, 한국방송학보, 2011

학술대회 및 세미나

- Shih, P. C., Han, K., Poole, E. S., Rosson, M. B., & Carroll, J. M., Use and adoption challenges of wearable activity trackers, IConference, 2015.3
- Yang, R., Shin, E., Newman, M. W., & Ackerman, M. S., When fitness trackers don't fit: end-user difficulties in the assessment of personal tracking device accuracy, International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing 2015