

관성 센서에 기반한 멀티 레이블 행위 인지

허태호, 김성애, 이승룡
 경희대학교 컴퓨터공학과
 {hth, sylee}@oslab.khu.ac.kr

Multi-Label Activity Recognition based on Inertial Sensors

Taeho Hur, Sungyoung Lee
 Dept of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

관성 센서 기반 행위인지는 스마트폰과 웨어러블 밴드 등의 출현으로 보다 간편한 방법으로 행위인지가 가능해졌다. 현재 대부분의 행위인지 서비스나 연구들은 단일 행위의 결론만을 도출하고 있으나, 이러한 방식은 한 행위에서 한 가지 동작밖에 취할 수 없는 경우에는 문제가 없지만 두 가지 이상의 동작이 합쳐진 경우에 어떤 행위를 최종 결론으로 도출해야 하는지에 대한 문제점을 내포한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 세 개의 센서 기기 (스마트폰, 스마트워치, 웨어러블 센서)를 이용한 멀티 레이블 행위인지를 제안한다. 스마트폰은 신체 전반적인 움직임 탐지를 위하여 소지위치가 정해지지 않은 비고정식 센서의 보조적인 역할을 수행한다. 스마트워치는 사용자가 주로 사용하는 손의 손목, 그리고 웨어러블 센서는 사용자의 허벅지에 부착되어 각각 상하체의 움직임을 파악한다. 이후 각 기기에서 도출된 결론에 Majority Weighted Voting 기법을 적용하여 단일 혹은 멀티 레이블의 최종 행위를 도출한다.

1. 서론

행위인지는 지난 30여년간 연구가 지속되고 있는 분야로 사용자가 어떠한 행위를 행하고 있는지를 사람의 시각이 아닌 기계를 사용하여 자동으로 파악하고자 하는 연구이다. 관성 센서 기반 행위인지는 경우 과거에 다수의 센서를 사용자 신체에 부착하였으며, 이러한 방식의 장점은 신체의 중요 요소 부위마다 센서 값의 변화량을 측정할 수 있기에 비교적 높은 정확도를 얻을 수 있지만 일상생활에서 실제 사용자가 착용하고 다니기에는 어렵다는 단점이 있다. 그러나 다양한 종류의 센서가 탑재된 스마트폰과 스마트워치, 웨어러블 센서 등의 출시로 인하여 보다 더 간편하게 일상생활에서 행위인지가 가능해졌다. 특히 Fitbit, Jawbone, Misfit 등의 웨어러블 기기에서는 걷기, 뛰기, 자전거 타기 등 생활 속의 가벼운 운동을 인지할 수 있는 서비스를 제공하고 있다. 그러나 대부분의 행위인지 서비스나 연구들은 다수의 센서를 통한 패턴 인식을 토대로 한 가지 행위 결론만을 도출하고 있다. 이러한 방식은 한 행위에서 한 가지 동작밖에 취할 수 없는 경우에는 문제가 없지만 앉아서 책 읽기, 서서 물 마시기 등 두 가지 이상의 동작이 합쳐진 경우에 어떤 행위를 최종 결론으로 도출해야 하는지에 대한 문제점을 내포한다.

따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 세 개의 센서 기기 (스마트폰, 스마트워치, 웨어러블 센서)를 이용한 멀티 레이블 행위인지를 제안한다. 스마트폰은 신체 전반적인 움직임 탐지를 위하여 소지위치가 정해지지 않은 비고정식 센서 역할을 수행한다. 스마트워치는 사

용자가 주로 사용하는 손의 손목, 그리고 웨어러블 센서는 사용자의 허벅지에 부착되어 각각 상하체의 움직임을 파악한다. 이후 각 기기에서 도출된 결론에 Majority Weighted Voting 기법을 적용하여 단일 혹은 멀티 레이블의 최종 행위를 도출한다.

2. 관련 연구

멀티 레이블을 도출하기 위한 기존의 연구들은 존재하지만, 이를 행위인지에 도입하는 방법은 영상 기반 행위인지에서만 시도되었으며 관성 센서 기반 멀티 레이블 행위인지는 찾기가 어려운 실정이다. Kumar et al.은 Binary Relevance, Mean Information Gain, Maximum Information Gain, Multi-Label Gini 등의 다양한 방법을 이용하였다 [1]. Mosabbab et al.은 기존에 많이 사용되던 지도학습이 아닌 약지도학습 방법을 사용하여 non-rectangular spatio-temporal discriminative region을 로컬라이징하여 행위를 분류한다 [2].

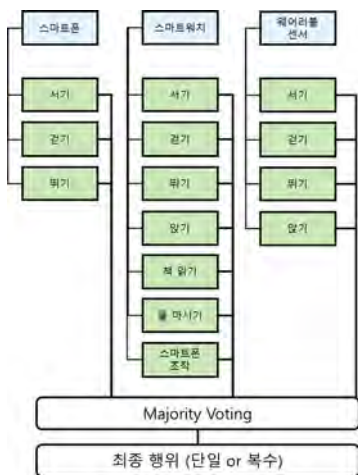
3. 멀티 레이블 행위 인지 기법

본 논문에서는 기본적인 행위인 서기, 걷기, 뛰기, 앉기를 인지하며, 복수 행위 도출을 위해 서기/앉기 상태에서 책 읽기/물 마시기/스마트폰 조작, 걷기 상태에서 스마트폰 조작을 인지 행위로 선정하였다.

먼저 웨어러블 센서는 하체 동작 인지를 위해 서기, 걷기, 뛰기, 앉기의 인지를 담당한다. 스마트워치에서는 세부 동작인 서기, 걷기, 뛰기, 앉기와 함께 책 읽기, 물 마시기,

스마트폰 조작을 인지하며, 스마트폰은 비고정식이므로 행위인지에서 보조적인 역할을 수행하여 신체 전반적인 움직임인 서기, 걷기, 뛰기만을 인지한다. 따라서 스마트폰에서는 각 축의 변화량을 살펴볼 필요 없이 3축 전체에 대한 변화량만을 살펴보면 되므로 3축의 값을 합쳐 하나의 에너지로 표현하는 Signal Vector Magnitude를 사용한다.

이후 각 기기의 행위 결과를 합쳐 Weighted Majority Voting을 이용한 최종 행위를 도출한다. 이 때 스마트폰은 비고정식이므로 신뢰성이 적어 가장 낮은 가중치를 가지며, 스마트워치는 인지하는 행위가 가장 많으며 가장 많은 변수를 지니므로 중간 정도의 가중치를, 그리고 웨어러블 센서가 가장 높은 가중치를 가지게 된다. 가중치가 동일할 경우, 예를 들어 웨어러블 센서에서 서기의 행위가 인지되지만 스마트폰과 스마트폰에서 걷기 행위가 인지될 경우 웨어러블 센서의 결과를 우선시한다. 또한 웨어러블 센서에서 걷기, 스마트워치에서 스마트폰 조작, 그리고 스마트폰에서 걷기가 도출될 경우 스마트폰의 결론은 무시되어 인지되는 행위는 서서 스마트폰 조작이 된다.



(그림 1) 제안하는 행위 인지 과정

4. 실험 환경 및 결과

총 10명의 20-30대 남성을 실험군으로 데이터가 수집되었으며, 각각의 실험군은 한 행위당 5분간 반복하여 데이터를 수집하였다. 센서 기기의 소지위치로 먼저 스마트폰은 비고정식 센서의 역할을 수행하므로 제한을 두지 않아 바지 주머니, 상의 주머니, 가방, 손 등에 위치하였다. 스마트워치는 손목에 착용되었으며, 사용자가 주로 사용하는 손에 착용되었다. 이는 어떤 행위를 행함에 있어 주손이 아닌 손의 경우에는 아무런 동작이 없어 행위 인지 데이터로서의 가치가 없기 때문이다. 웨어러블 센서는 왼쪽 허벅지 바깥 방향에 고정되었다. 데이터 수집을 위하여 간단한 안드로이드 어플리케이션을 제작하였으며 스마트워치와 웨어러블 센서는 블루투스를 통하여 스마트폰으로 연결되고, 세 기기 모두 50Hz의 주기로 가속도와 자이로 값을 저장한다.

특징 추출을 위한 데이터 윈도우 사이즈는 3초로 지정하였으며, 세 기기 모두 동일하게 Mean, Zero-crossing, Maximum, Minimum, Standard variation의 특징을 추출하였다. 행위 분류는 Weka Tool의 다양한 분류 방법을 이용하여 가장 높은 정확도를 보이는 분류기를 선정하였으며, 본 논문의 경우 K 상수가 3인 KNN 분류기가 가장 높은 정확도를 보여 이를 사용하였다. 세 기기에서 분류된 행위 결과에 Weighted Majority Voting을 적용하여 최종 행위를 도출한 오프라인 실험 결과는 다음과 같다. 여기서 정확도란 해당 행위 인지를 위한 전체 데이터에서 정확히 행위를 인지한 비율을 나타낸 것이다.

<표 1> 행위 분류 결과

행위	정확도
서기	99%
걷기	96%
뛰기	97%
앉기	81%
서서 책 읽기	78%
서서 물 마시기	83%
서서 스마트폰 조작	76%
앉아서 책 읽기	75%
앉아서 물 마시기	84%
앉아서 스마트폰 조작	72%
걸으면서 스마트폰 조작	89%

5. 결론

본 논문에서는 세 개의 센서 기기를 이용하여 복수 행위 결론을 도출하는 멀티 레이블 행위 인지를 제안하였다. 오프라인 테스트 결과는 비교적 양호하지만 온라인 테스트의 경우 멀티 레이블 행위 정확도가 보다 더 떨어지게 된다. 현재는 간단한 행위만을 선정하여 가능성을 입증하는 단계이며, 향후 다양한 행위와 보다 정확한 방법을 도입하여 연구를 진행할 예정이다.

Acknowledgement

This work (Grants No.C0395816) was supported by Business for Cooperative R&D between Industry, Academy, and Research Institute funded Korea Small and Medium Business Administration in 2016.

참고문헌

[1] Rahul Kumar, Imroj Qamar, Jaskaran Singh Viridi, "Multi-label Learning for Activity Recognition", Intelligent Environments (IE), 2015 International Conference on, 15-17 July 2015.
 [2] Ehsan Adeli Mosabbebeh, Ricardo Cabral, Fernando De la Torre, Mahmood Fathy, "Multi-label Discriminative Weakly-Supervised Human Activity Recognition and Localization", ACCV 2014, pp.241-258, 2014.