

스마트폰의 가속도계 데이터를 이용한 인간의 행동 인식에 관한 연구

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 심현보
(hyunbo110@reseat.re.kr)

1. 소개

- 인간의 행동에 대한 인식은 헬스케어, 스마트 환경과 국토 안보에서 많은 응용으로 아직 도전해볼 만한 연구 영역이다. 컴퓨터 영상 기반 기술이 폭넓은 인간의 행동 추적에 사용되었지만, 그러나 그것은 대부분 모니터링 영역에 비디오카메라의 설치 등 인프라 지원이다.
- 이 연구에서는 안드로이드 스마트폰에 내장된 단일 3축 가속도계에 의해 수집된 데이터를 사용하면서, 현실 상황에서 일상 행동의 여러 가지 형태를 인식할 수 있는 모델의 개발을 목표로한다.
- 3축 가속도계는 속도와 변위(위치의 변화량), 그리고 x, y, z축을 따라 가속도를 추정할 수 있는 센서이다. 행동에 대한 인식은 트레이닝 데이터를 인간 주체가 각각의 행동을 수행하게 하는 실험에 의하여 획득하는 감독 분류기법(연구자의 주관적인 분류기준과 외부의 참고자료에 의해 각 클래스가 결정된 후 표본자료에 따라 분류하는 방법)으로 표현된다.
- 연구의 목표는 다음과 같이 이전의 연구와 다르다. 첫째로, 이 연구에서 행동의 일부는 폭넓게 연구되지 않았다(예를 들면, 느리거나 빠른 걸음, 에어로빅댄스 등). 두 번째로, 아직 비슷한 정확도를 획득하는 것이 가능한 기존의 연구가 요구하는 것보다 적은 센서 입력을 이용하기를 원한다. 마지막으로 분류 도구와 상관없이 확실한 분류 방법을 목표 삼는다.
- 실험 모델로서 4명의 사용자가 느린 걸음, 빠른 걸음, 달리기, 계단 오

르기, 계단 내려가기, 그리고 에어로빅댄싱 등 여섯 가지 물리적 활성 패턴 중 하나를 각각 수행하는 실험을 하였다.

2. 관련 연구

- Lester 등은 가속도계와 마이크를 이용하는 제어된 환경에서 자동 신체 행동 인식 시스템을 개발했다. 하나 이상의 가속도계를 이용하는 웨이브릿(몇 개의 주기만을 갖는 파열 또는 파동열의 일부분을 말함) 기반 행동 분류 방법은 Mannini와 Sabitini에 의해 제안되었으며, 동적 모션 성분이 정확도 98.4%가 되면서, 중력 성분에서 분리되었다.
- Foerster와 Fahrenberg는 5개의 가속도계를 이용하여 31명의 대상으로부터 데이터를 수집했고, 다양한 신체 자세와 움직임을 확인하기 위해 계층적 분류 모델을 구축했다.
- Bao와 Intille의 연구에서는 2축 가속도계 5개를 의사결정 일람표, 사례 기반 학습, C4.5와 Naive Bayes 분류자를 이용하는 훈련받은 20명의 사용자에게 행동의 20가지 타입을 모니터링하기 위해 사용자의 오른쪽 엉덩이, 손목, 팔뚝(어깨부터 팔꿈치까지), 발목 그리고 넓적다리에 착용시켰다. 그 결과로 행동 간에 특징이 넓적다리에 위치한 가속도계에서 가장 강력하다는 것이 나타났다.
- Nishkam와 Nikhil은 하나의 3축 가속도계를 서있기, 걷기, 달리기, 계단 오르기, 계단 내려오기, 똑바로 앉기, 진공청소기 사용, 양치질 등 8가지 행동을 인식하기 위해 골반부 근처에 부착하였다.
- 스마트폰의 가속 데이터의 사용이 연구되고 있다. 데이터는 걷기, 조깅하기, 계단 오르기, 계단 내려오기, 앉기와 서있기 등 6가지 행동을 수행하는 안드로이드 전화기를 포켓에 넣은 29명의 사용자로 부터 수집되었다. 이는 로지스틱 회귀분석, J48과 다층 신경망 등 3개의 학습 알고리즘으로 평가 받았다.

3. 시스템 설계

- 데이터를 수집하기 위하여, 가속도 측정을 위해 안드로이드 전화기의 3축 가속도계가 이용되었다. 이 가속도계로부터의 데이터에는 x축, y축과 z축을 따라는 가속도를 포함한다.
- 29세와 33세 사이의 남자 2명과 여자 2명이 연구에 참가하기를 자원했으며 이들은 각자 휴대폰을 가지고 (1) 달리기, (2) 천천히 걷기, (3) 빨리 걷기, (4) 에어로빅댄스, (5) 계단 오르기, (6) 계단 내려가기 등 여섯 가지 행동을 수행하였다.
- 샘플링 주파수는 100Hz로 각 10ms당 하나의 샘플이며, 각각의 대상은 데이터를 180~280초 사이에 공급하였다. 전체적으로 3차원적 가속 데이터 79,573개의 샘플이 획득되었다.
- 가속도계는 AX, AY, AZ로 표시되는 x축, y축과 z축을 따라 3시계열을 생성한다. 각각 시계열은 신체 움직임과 중력 때문에 선형 가속을 결합시킨다.
- 이 연구에서는 각각 시계열의 DC 성분으로부터 AC 성분을 분리하기 위해 디지털 로우 패스 필터가 제안된다.
- 높은 주파수 성분인 AC 성분은 대부분 대상이 걸어 다니거나 뛰는 것과 같은 수행하고 있는 동적 운동과 관련된다. 다른 한편, 가속 신호의 낮은 주파수 DC 성분은 주로 중력의 영향을 받는다.
- 신체 가속 성분을 찾기 위해, 우리는 3개축을 따라 원신호로부터 저역 통과 필터링된 데이터를 제외시킨다. 저역 통과와 효과와 각각 시계열의 고역 통과 필터링은 다양한 방향으로 중력과 신체 가속 데이터를 만드는 것이다.
- 여기서는 또한 모든 방향을 가로질러 가속도 A_m 의 크기를 또 다른 시계열로 계산한다. 그러나 단지 신체 운동 가속도에만 관심이 있기 때문에 특징 해석에 사용하기 위해 AC 성분과 가속도의 크기가 선택된다.

- 윈도우 오버래핑에서, 데이터 세트는 각각 더 작은 부분 집합과 윈도우로 세분된다. 이는 그것이 충분히 달리거나, 겹거나, 춤추는 것과 같은 행동에서 사이클을 잡을 수 있기 때문에 각각의 시계열로부터 특징 추출에 대한 가속도계 데이터의 1.28초에 해당하는 128개(10ms당 한 개의 샘플이기 때문에) 샘플의 윈도우가 선택된다.
- 일정 기간의 위에 각 축의 평균은 중력 성분에 대한 좋은 추정치의 역할을 할 수 있다. 그러므로, 각각 윈도우의 평균값이 특징 중 하나로 사용된다. 또한 각각의 행동과 관련된 주기적인 신호에서 연이은 국부 피크 값 사이의 경과 시간이 측정된다.
- 표준 편차는 제안된 또 다른 특징을 파생시키기 위한 각각의 윈도우에 대해 계산된다. 또한 두 가지 이상의 특징, 즉 행동의 인식을 향상시키기 위해 다양한 축 사이에 각각의 윈도우에 대해 최대와 최소 사이에 차이 그리고 상관관계로 규정된 미니맥스 값 등의 이용이 제안된다. 이런 방식으로, 24차원 특징 벡터가 획득된다.
- 관련 특징의 각각 다른 부분 집합은 데이터에서 다양하게 숨겨진 패턴을 발견하는 것을 크게 돕는 다양한 클러스터링(유사성 등의 개념에 기초하여 데이터를 몇몇의 그룹으로 분류하는 방법)의 결과가 될 수 있다. 따라서 분류 효율과 품질을 향상시키기 위해, 더 적절한 특징을 선택하기 위해 클러스터링 방법이 이용된다.
- 이로서 Z축을 따라 평균(1특징), 미니맥스, STD 그리고 RMS를 위해 Am(3특징), x축, y축, z축을 따라 APF(3), VarAPF(1), STD를 따라 x축, y축 그리고 z축(3), x축, y축, z축을 따라 RMS(3), z축과 y축 사이의 상관관계(1), 그리고 x축, y축, z축을 따라 미니맥스(3) 등 18가지 적절한 특징이 원래의 24차원 특징 벡터에서 선택된다.

4. 분류

- 성능 평가를 위해 Weka 툴 키트에서 이용할 수 있는 다층 신경망, Random Forest(주어진 데이터로부터 여러 개의 모델을 학습한 다음, 예측 시 여러 모델의 예측 결과들을 종합해 사용하여 정확도를 높이는

기법), LMT(local mean time), SVM(support vector machine), Simple Logistic과 LogitBoost 등 모든 분류기가 사용되었다.

- 분류기는 10-fold cross validation(10개 그룹으로 나누어 교차 검증하는 방법) 방법을 특징 추출 세트에 사용하여 훈련하고 시험하였다.
- 전체적으로, 다층 신경망은 손에 위치했을 때에 89.48% 정확도와 주머니 속에 위치했을 때에 89.72% 정확도를 만들면서, 최고 성능을 제공했다. SVM이 손에 위치했을 때에 두 번째로 정확하였다. 그것의 좋은 성능은 인간의 행동 인식 태스크의 이전 연구에 의해서 지원되었다. 평가 결과는 Random Forest가 두 경우에 대해 고정밀도를 증명했다는 것을 보여줬다. 그러므로, 제안된 인식 범은 스마트폰 위치에 강하다.
- 다수의 좋은 분류기를 결합시키는 것은 정확도, 효율과 견고성을 향상시킬 수 있으며 하나의 분류기보다 강하다.
- 아이디어는 다양한 분류기가 잠재적으로 더 높은 분류 정확도를 가능하게 하면서, 분류하기 위한 패턴에 대하여 상호보완적이고 다양한 정보를 제공할 수 있다는 것이다.
- 앞장에서 분류기의 최적 세트를 선택하고, 그리고 나서 융합 방법에 의해 그것들을 결합시킨다. 다수결 투표와 확률의 평균과 같은 융합방법이 고려되었다.
- 다수결 투표 융합방법에서, 각각의 한 분류기는 그것의 예측을 위해 투표하고 대부분의 투표를 수신하는 클래스는 최종 예측이다. 확률 융합방법의 평균은 각각의 한 분류기에 대한 확률 분포의 평균을 의미한다.
- 분류기를 결합시키기 위해 이용하기로 결정한 융합방법은 그것이 제안된 행동 인식 모델을 위해 다수결 투표보다 더 좋은 결과를 제공하기 위한 실험에서 발견된 확률의 평균이다.
- 손에 전화기가 위치했을 때, 다층 신경망, LogitBoost와 SVM 분류기로 구성되는 조합은 91.15%의 최고 정밀도를 만든다. 주머니 안에 전화기가

위치했을 때, 최고 조합은 다층 신경망, Random Forest와 SimpleLogistic로 90.34% 정확도를 가진다.

5. 결론

- 본 논문에서, 단일 3축 가속도계를 이용하여 다양한 일상 행동은 91.15%까지의 인식 정확도를 얻었다.
- 데이터는 가장 보편적인 위치인 손에 들고 있는 스마트폰과 바지 주머니 안의 스마트폰에 대해 실생활 하에서 많은 대상으로부터 획득하였다. 특징의 새로운 세트가 고려되었고 다양한 분류기가 인식 성능을 평가하기 위해 이용되었다.
- 확률 방법의 평균을 이용하는 3개의 최고 분류기를 결합시킨 것이 모든 개별적 분류기를 능가하면서, 행동 인식을 위한 최고 분류기인 것으로 판명되었다.
- 이 연구에서는 제안된 인식법이 스마트폰의 위치에 관계없이 행동을 탐지할 수 있다는 것을 보여줬다.

출처 : Akram Bayat, Marc Pomplun, Duc A. Tran, "A Study on Human Activity Recognition Using Accelerometer Data from Smartphones", *Procedia Computer Science*, 34, 2014, pp.450~457

◁ 전문가 제언 ▷

- 스마트폰 가속도 센서를 이용한 사용자 행동 인식은 동일한 행위를 수행하더라도 사용자마다 가속도 데이터 패턴이 달라지는 사용자 의존성이라는 문제점을 가지고 있다. 그뿐만 아니라 스마트폰은 사용자의 주머니에 넣거나 손에 들고 있을 수 있기 때문에 위치 의존성 문제도 지니고 있다.
- 카메라와 가속도 센서와 같은 다양한 센서를 이용하여 사람의 다양한 행동을 인식하고 다양한 서비스를 제공하기 위한 연구들이 진행되고 있으나 센서들을 신체 여러 부위에 착용하는 방법은 착용 방법에 많은 불편함이 있으며 가속도 센서만을 이용한 행동 인식은 다양한 행동 인식을 보장하지 못한다. 단일 센서만을 이용하는 경우에 특정 행동에 대한 인식률은 높일 수 있으나 다중 행동은 인식을 하지 못하거나 인식률이 매우 낮을 수 있다. 몸에 부착하여 서비스를 제공하는 다중센서 하드웨어 플랫폼을 구현하여 신체에 여러 개의 센서를 부착하여 사람의 행동을 인식하는 연구도 있다.
- 우리나라에서도 새로운 웨어러블 디바이스를 이용한 라이프 케어에 대해 많은 사람들의 관심이 집중되고 있으며 다양한 행동에 대한 새로운 인식 방법의 필요성이 증가하고 있다.
- 멀티센서 기반의 행동 인식방법은 행동량과 운동량을 효과적인 측정을 통해 칼로리 계산이나 위치 추적에 활용될 수 있으며, 복잡한 행동을 인식하는 데 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 인간의 행동과 신체활동을 자동으로 인식할 수 있는 기능은 다방면으로 활용될 수 있다. 매일 매일 사용자의 신체 활동을 자동으로 체크하여 의사나 가족에게 전송해주는 앱은 환자의 의료관리나 노약자의 건강관리에 큰 도움을 줄 수 있을 것이다. 미래의 웰빙 라이프 케어를 위해 질병예방이나 어린이들의 사고 예방에 활용이 가능한 멀티센서 기반의 행동 인식 웨어러블 디바이스 개발과 함께 다양한 애플리케이션 개발에 힘을 써야 할 것이다.

이 분석물은 미래창조과학부 과학기술진흥기금, 복권기금의 지원을 받아 작성하였습니다.