

행위별 최적 주파수를 이용한 저전력 경량 행위인식

이승현, 한용구, 이영구
경희대학교 컴퓨터공학과
e-mail: {lsh83, ykhan, yklee}@khu.ac.kr

Lightweight Activity Recognition using Optimal Frequency for Each Activity

Seunghyun Lee, Yongkoo Han, Young-Koo Lee
Department of Computer Engineering, Kyung Hee University

요 약

최근 행위인식 기술은 u-헬스케어 분야를 통해서 실용화되는 단계에 이르고 있다. 실생활에 적용 단계에 있는 행위인식 시스템은 기존의 서버 및 데스크톱 환경에서 벗어나 모바일 기기를 기반으로 수행되도록 변해가고 있다. 모바일 환경에 적합한 행위인식 시스템은 행위인식 센서 및 모바일 행위인식 기기의 저전력화와 모바일 기기에 적합한 행위인식 시스템이 요구된다. 본 논문은 모바일기기 기반의 스마트 환경에 알맞은 행위인식 시스템을 위해 행위인식 알고리즘 경량화 기법 연구를 수행한다. 행위별 최적의 낮은 주파수를 사용하여 센싱에 소요되는 자원을 줄인 경량화된 행위인식 방법을 제안하고 또한 주파수 변화에 따른 윈도우간 적절한 오버랩 구간 설정 방법과 윈도우에서의 특징 검출 시 오버랩 구간의 중복 연산을 제거한 경량화된 특징 검출 방법을 제안한다. 실험 결과는 행위 별 최적의 낮은 주파수를 사용하여 전력을 줄이면서도, 서로 다른 주파수의 데이터임에도 인식률은 그대로 유지됨을 보인다.

1. 서론

센서 네트워크를 이용하여 사람의 물리적 행위를 인지하는 행위인식(activity recognition) 기술은 최근 u-헬스케어와 같은 유비쿼터스 컴퓨팅 애플리케이션을 통하여 실용화가 되고 있다. 행위 인식은 센서 데이터 수집, 데이터 특징검출, 행위 분류의 과정과 같은 높은 컴퓨팅 파워를 요구하는 복잡한 기술이기 때문에 대부분의 연구는 서버 또는 데스크톱 환경에서 수행되어 왔다[1]. 이와 같이 서버 또는 데스크톱 환경에서 진행된 연구들은 90% 이상의 행위 인식률을 보이며 많은 발전이 이루어졌다.

그러나 행위인식을 실생활에 적용하기 위해서는 사용자에게 반드시 이동성을 제공해야 하기 때문에 PDA, 스마트폰 등과 같은 모바일 환경에서의 행위 인식 연구들이 진행되고 있다[2]. 예를 들면 실내에서의 생활뿐만 아니라 실외에서 사용자의 낙상, 기절, 사고 등과 같은 응급 상황에 대처와 건강관리 등이 있다.

모바일 환경에서는 전력과 컴퓨팅 파워의 제한을 갖기 때문에 행위 인식의 정확성뿐만 아니라 경량화가 시스템의 매우 중요한 요소이다.

본 논문에서는 모바일 환경을 위한 경량화 행위 인식 프레임워크를 제안한다. 기존의 행위인식 연구들은 모든 행위에 대하여 같은 주파수의 센서 데이터를 가지고 행위인식을 시도하였기 때문에 불필요한 전력의 낭비가 발생하였다. 1)본 논문에서는 각각의 행위들을 최대한 낮은 주파수의 센서 데이터를 가지고 행위인식을 수행함으로써 전력 소비를 줄인다. 그리고 주파수 변동에 따라 행위 인식 시간에 대한 지연이 발생하는 것을 방지하기 위해 윈도우의 오버래핑 비율을 주파수에 따라 변환하는 방법과, 각 윈도우에서 특징 검출 시 오버랩 구간의 중복 연산을 회피한 경량화된 특징 추출 알고리즘을 제안한다.

2. 관련연구

2.1 행위 인식

기존의 서버 또는 데스크톱 환경의 연구들[1,3,4]은 모두 주파수에 따른 전력 소모를 고려하지 않은 고정된 주파수를 사용하였다. 그리고 최근 스마트폰 기반의 연구[2]

1) 주파수 조절을 통한 전력 소모를 줄이는 아이디어들이 제안되기는 하였지만 이를 행위인식과 연동한 알고리즘은 연구된 바가 없다.

가 진행되고 있으나 경량화에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구는 행위 별로 최적의 주파수를 찾아 행위를 인식함으로써 센서의 센싱 전력 소비를 줄이는 연구를 수행하고자 한다.

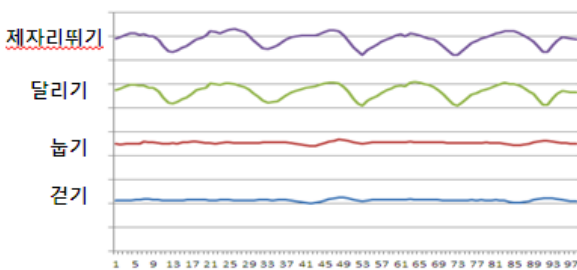
2.2 주파수 주기를 이용한 저전력화

센서 저전력 연구는 행위인식 등과 같은 센서의 센싱 동작 시에 소비전력의 낭비를 줄이기 위해 low duty cycle을 이용한 센싱 주기 스케줄링 기법과 센싱 주파수 크기를 조절하는 방법을 이용하여 센서의 소비전력을 효율적으로 사용할 수 있도록 연구가 진행되고 있다. 행위인식에서 센서의 저전력화는 오랜 시간 사람의 행위를 감지해야하는 센서의 동작 시간을 극대화할 수 있도록 하는 중요한 조건에 해당한다[5, 6]. 본 연구는 센서 레벨에서의 스케줄링을 이용한 저전력화가 아니라 행위 인식 레벨에서의 저전력화로서 기존 연구들과는 다른 연구이다.

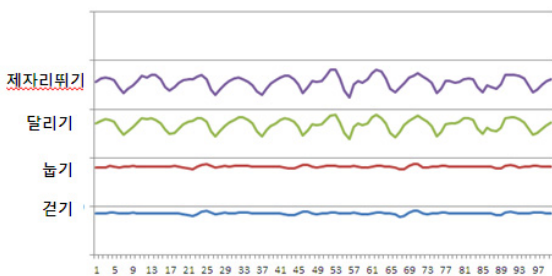
3. 행위별 주파수 연동을 이용한 저전력 행위인식

3.1 행위 별 주파수 연동 저전력 행위인식 알고리즘

본 연구는 저전력 경량 행위인식을 위해 행위별로 사용하는 주파수의 크기를 조절하여 행위인식하기 위해 사용되는 전력소모를 줄이는 방안에 대해 연구하였다. 그림 2와 3은 다른 주파수에서 각 행위 별 가속도계의 파형이다. 다른 주파수에서도 같은 행위는 고유의 파형을 갖는 것을 볼 수 있다. 그리고 80Hz에서의 달리기 행위와 40Hz에서의 걷기 행위의 파형이 다르다. 따라서 각 행위별로 다른 주파수를 이용하여 데이터를 수집하여도 정확도에는 영향을 미치지 않는다.



(그림 2) 80Hz의 행위 별 가속도 센서의 X축값



(그림 3) 40Hz의 행위 별 가속도 센서의 X축값

표 1은 실험을 통하여 얻은 각 행위에 대한 최적화된

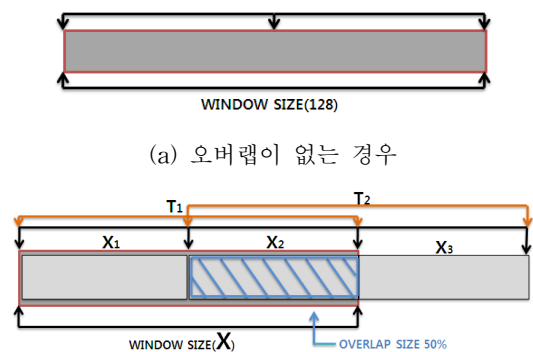
주파수를 나타내고 있다. 본 연구에서는 표 1을 기반으로 각 행위별로 분류에 최적화된 주파수를 이용하여 훈련용 데이터를 수집하여 분류기를 학습시켜 분류 모델을 수립하였다. 기존의 행위 인식 연구들은 표 1에서 모든 행위에 대하여 40Hz의 주파수를 사용하여 학습을 시키는데 반하여, 제안하는 알고리즘은 행위별로 최적화된 주파수를 이용하기 때문에 센싱을 위한 전력 소모를 줄일 수 있다.

Activity	주파수(Hz)
걷기	40 Hz
눅기	10 Hz
달리기	20 Hz
서기	10 Hz
허리 굽히기	10 Hz
인사하기	20 Hz
제자리뛰기	40 Hz

표 1 행위 별 최적화된 주파수

3.2 슬라이딩 윈도우의 중복 연산 회피 기법 연구

행위인식 과정 중 특징 추출을 위해서는 윈도우 크기의 행위 데이터가 필요하다. 제안하는 알고리즘은 주파수를 행위 별로 변동시키기 때문에, 낮은 주파수를 사용하는 행위일수록 윈도우에 행위 데이터를 채우는데 더 많은 시간을 요구하여 행위 인식의 지연을 발생시킬 수 있다. 이와 같은 문제는 윈도우의 오버래핑으로 해결하였다. 예를 들어 그림 4의 (a)는 20Hz의 주파수로 윈도우 크기를 128로 구성하였다고 가정할 때 3초 내에 행위를 인식하는 것이 불가능하다. 그러나 그림 4의 (b)와 같이 오버랩을 50%비율로 설정하면 시간 내에 행위 인식이 가능하다.



(b) 50%오버랩이 있는 경우

(그림 4) 윈도우의 오버랩 구간과 연산

그런데, 오버랩 구간이 커질수록 이웃한 윈도우 간에 공유하는 데이터가 많아지게 된다. 본 연구에서는 오버랩 구간에 대한 특징 검출의 중복 연산을 줄일 수 있는 경량화된 특징 검출 알고리즘을 제안한다. 그림 4.(b)의 예에서 T1 윈도우에서 계산한 X2를 T2 윈도우에서 재사용하기 위하여 각 윈도우의 연산을 오버래핑 구간을 기준으로 분

리하여 다음과 같이 계산하였다.

- 평균(Mean) => $(X1\text{평균}+X2\text{평균})/2 = X$ 의 평균
- 표준편차(Standard Deviation) => $\{(X1\text{변량제곱의 평균}+X2\text{변량제곱의 평균})/2\}-\{(X1\text{평균}+X2\text{평균})/2\}$ 의 제곱)의 제곱근 = X의 표준편차
- Correlation => $\{[(X1\text{변량} * Y1\text{변량})의 평균 + (X2\text{변량} * Y2\text{변량})의 평균] / 2\} - \{[(X1\text{평균} * Y1\text{평균}) + (X2\text{평균} * Y2\text{평균})] / 2\} / (X의 표준편차 * Y의 표준편차) = XY$ 의 상관관계

위 공식을 이용하면 결과적으로 특징 검출 시간과 연산량을 1/2가량 줄이는 효과를 얻을 수 있다.

4. 실험 방법

본 연구는 3축 가속도 센서를 실험자의 허리에 착용하고 실험을 진행하였다. 사용된 특징들의 종류는 X, Y, Z 축에 대해 평균, 표준편차, 상관관계와 행위 별로 주파수 값을 사용하였다. 행위 분류기는 SVM(Support Vector Machine)을 이용하였다. 실험조건은 7가지 행위를 80Hz 주파수에서 행위 데이터를 수집한 후 40Hz, 20Hz, 10Hz 주파수에 대해서는 시뮬레이션을 이용하여 실험하였다. 훈련 데이터에서 특징값을 추출하기 위한 윈도우 크기는 128로 설정하고 오버랩 비율은 주파수에 따라 각각 25%, 50%, 75%로 하였다. 실험에 사용된 행위는 걷기, 눕기, 달리기, 서기, 허리 굽히기, 인사하기, 제자리 뛰기의 총 7가지의 행위이다.

표 2은 주파수 별 행위 정확도를 나타내고 있다. 서로 다른 주파수를 사용했음에도 불구하고, 모든 행위에 대하여 인식률이 100%를 그대로 유지됨을 보여준다. 또한 모든 행위에 대하여 주파수를 40Hz로 고정하지 않고 10~40Hz로 행위 인식에 최적화된 주파수를 다양하게 사용하여 전력의 소모를 줄일 수 있었다.

표 2 행위 별 주파수 설정 및 정확도 측정

Activity	주파수(Hz)	정확도
걷기	40 Hz	100%
눕기	10 Hz	100%
달리기	20 Hz	100%
서기	10 Hz	100%
허리 굽히기	10 Hz	100%
인사하기	20 Hz	100%
제자리 뛰기	40 Hz	100%

5. 결론 및 향후 연구

현재 행위 인식은 점차 u-헬스케어 서비스 등을 통해서 보편화되는 단계에 이르고 있다. 하지만 생활화에서 행위인식 시스템을 적용하기 위해서는 센서와 모바일 디바이스의 동작시간을 장시간 행위인식을 수행할 수 있도록 보장되어야 한다. 따라서 본 연구는 행위인식 알고리즘

의 경량, 저전력화에 대한 연구를 수행하고 이를 통해서 모바일 환경에서 적용 가능한 경량 행위인식 알고리즘을 구현하고 센서 디바이스와 주파수 통신에 있어서도 저전력화를 이룰 수 있는 행위인식 알고리즘에 대한 연구를 수행하였다.

본 연구는 행위 별로 주파수를 연동시켜 센서의 저전력화를 피하고 행위 데이터의 특징 추출 연산의 연산량을 줄임으로써 행위인식 알고리즘을 경량화하는 방안을 제안하였다. 본 연구의 경량화는 행위인식 연산량 감소와 센서 소비전력 감소를 뜻하며 이를 통해서 향후 모바일 기반 경량 행위인식 알고리즘에 대한 연구 수행이 가능할 것으로 생각된다.

Acknowledgment

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (No.2010-0018941).

참고문헌

- [1] Bao, L., and Intille, S. S. "Activity recognition from userannotated acceleration data". In *Proceedings of the 2nd International Conference on Pervasive Computing*, 1-17. 2004.
- [2] Norbert Gyo" rbíró · Ákos Fábíán · Gergely Hományi, "An Activity Recognition System For Mobile Phones", *Mobile Networks and Applications*, Volume 14, issue 1, p.82-91, February 2009
- [3] Uwe Maurer, Asim Smailagic, Daniel P.Siewior, Michael Deisher, "Activity Recognition and Monitoring Using Multiple Sensors on Different body Positions" *Proceedings of the International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks(BSN'06)*, 2006
- [4] N. Ravi, N. Dandekar, P. Mysore, and M. L. Littman. "Activity Recognition from Accelerometer Data". In *Proceedings of the Seventeenth Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence (IAAI)*, 2005.
- [5] P. Lin, C. Qiao, and X. Wang, "Medium Access Control with a Dynamic Duty Cycle for Sensor Networks," *IEEE Wireless Commun. and Networking Conf.*, Vol.3, 21-25 Mar. 2004, pp.1534-1539.
- [6] U. Maurer, A. Smailagic, D. Siewiorek, and M. Deisher, "Activity recognition and monitoring using multiple sensors on different body positions," in *Proc. Of International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, 2006, pp. 113 - 116.