스마트폰에서 실시간 개인 모니터링을 위한 스마트의류 시스템

박현문[†], 전병찬^{††}, 박원기^{†††}, 박수현^{††††}, 이성철^{†††††}

요 약

본 논문은 멀티센서를 장착한 스마트의류에서 수집된 데이터를 기반으로 사용자 상황 및 행동을 추론하는 기법을 제안하고 이를 스마트폰 앱으로 구현하였다 제안된 스마트 의류는 자이로, 온도, 가속도 센서로 착용자의 건강상태와 활동 수준을 모니터링 할 수 있다. 스마트의류에 생체신호는 블루투스로 스마트폰에 전달된다. 이를 통해, 사용자는 스마트 앱에서 사용자의 상태와 활동수준에 대한 실시간 정보를 확보할 수 있다. 멀티 센서로 사용자 상황 및 행동 추론은 매우 어려우며, 외·내부 환경, 온도, 진동 등에 따라 센서의 측정값이 달라지는 잡음환경에서, 잡음을 줄이면서도 사용자 행동을 판단할 수 있는 디지털 필터와 추론 알고리즘이 요구된다. 본 논문에서는 멀티블록필터를 적용하고, 행동인지를 위한 3축 값을 하나의 대표 값으로 처리하는 SVM을 사용하였다.

Smart-clothes System for Realtime Privacy Monitoring on Smart-phones

Hyun-moon Park[†], Byung-chan Jeon^{††}, Won-ki Park^{†††},
Soo-Hyun Park^{††††}, Sung-chul Lee^{†††††}

ABSTRACT

In this paper, we propose a method to infer the user's behavior and situation through collected data from multi-sensor equipped with a smart clothing and it was implemented as a smartphone App. This smart-clothes is able to monitor wearer users' health condition and activity levels through the gyro, temp and acceleration sensor. Sensed vital signs are transmitted to a bluetooth-enabled smart-phone in the smart-clothes. Thus, users are able to have real time information about their user condition, including activities level on the smart-application. User context reasoning and behavior determine is very difficult using multi-sensor depending on the measured value of the sensor varies from environmental noise. So, the reasoning and the digital filter algorithms to determine user behavior reducing noise and are required. In this paper, we used Multi-black Filter and SVM processing behavior for 3-axis value as a representative value of one.

Key words: Smart wear(스마트 의류), smart-phone(스마트폰), Smart-app(스마트앱), Motion filter(행동필터), BAN(Body area Network) (근거리네트워크)

※ 교신저자(Corresponding Author): 박수현, 주소: 서울특별시 성북구 정릉로 77 경상관 C동 303호(136-702), 전화: 02) 910-4559, FAX: 02) 910-5085, E-mail: shpark21@kookmin.ac.kr

접수일: 2013년 5월 24일, 수정일: 2013년 6월 10일
완료일: 2013년 6월 26일

[†] 정회원, 국민대학교 BIT 대학원
(E-mail: kimagu@naver.com)

^{††} 정회원, 전자부품연구원
(E-mail: chane01@keti.re.kr)

^{†††} 정회원, 전자부품연구원
(E-mail: wkpark74@keti.re.kr)

^{††††} 평생회원, 국민대학교 BIT 대학원

^{†††††} 정회원, 전자부품연구원
(E-mail: leesc@keti.re.kr)

1. 서 론

2000년대 중반부터 많은 회사들은 사용자 휴대 플랫폼과 센서와 RF가 장착된 전용 단말기를 이용한 연구를 하였다. 초기의 Nike+, Adidas polar, Burton가 대표적이며, iPod Nano와 전용단말기로 사용자의 에너지량을 측정하는 방안을 제시하였다. 하지만 전용단말기의 무게와 크기, 정보의 부정확성, 사용시간 등의 문제로 외면을 받았다. 최근 스마트폰의 확대로 Adidas Speed_cell, PACER BUNDLE, New NIKE+ 등에서 신발, 의류 등의 제품에 초소형 디바이스를 내장하거나 탈부착하여 사용자의 특정행동을 모니터링하는 제품을 판매하고 있다. 애플의 i-OS와 구글에 안드로이드 OS의 응용프로그램으로 사용자 편의를 제공하고 있다. 응용프로그램들은 사용자 운동 정보뿐만 아니라 페이스북, 트위터 등의 소셜커뮤니티를 이용한 운동정보 공유도 제공한다[1,2]. Adidas나 리복은 자사의 스마트 신발과 마이크로 소프트웨어(MS)의 키넥트와 XBOX를 연동하여 전문 트레이닝 교육을 제공하고 있다.

하지만 조깅, 구보, 다이어트 등의 다양한 서비스 분야에 비해 낮은 레벨의 제공으로 사용자 필요성이 낮은 뿐만 아니라 단일 센서 기반의 행동 추론은 물리적 한계로 추론 오류와 측정 정보의 제약, 에러, 민감도 문제 등으로 사용자 편의성과 신뢰성에 문제를 갖는다. 가속도센서를 이용한 추론방법은 CMOS 센서 대부분이 물리적으로 등속운동에 취약성으로 오차가 장시간 누적되어 잘못된 값을 도출한다. 이러한 문제를 극복하기 위해 멀티센서를 이용한 추론연구가 진행되고 있으며, 본 연구도 다양한 센서가 장착된 스마트의류와 착용자의 행동 정보를 추론하는 안드로이드기반 응용프로그램인 BM-Safety를 개발하였다. BM-Safety는 스마트의류로부터 수신된 각기 다른 센서 정보를 신뢰성 있는 정보로 가공하고,

가공된 정보를 기반으로 사용자 편의성을 높이는 방안을 제공하고자 한다.

본 연구는 행동추론에서 신뢰성 있는 센신 정보를 수집 제공을 위한 다중 블랙 필터(Multi-Black Filter, MBF)를 적용하고, 사용자 행동에 따른 개별 센서들의 값을 지속적으로 측정된 값을 바탕으로 분석하였다. 또한 스마트용 응용프로그램을 개발함으로 사용자 편의를 높였다.

본 논문의 2장에서는 관련 연구를 소개하고 3장에서는 본 연구를 위해 설계한 스마트의류의 시스템 구조를 설명하고, 멀티 센서를 사용한 스마트의류를 다양한 사용자 환경에서 테스트하고 분석하였다. 4장은 3장의 분석을 기반으로 상황인지를 위한 스마트폰에 수집된 minDB에 정보를 실시간 분석기반에 상황인지 방안을 제안한다. 5장은 상황인지성능을 평가하고 6장에서 결론을 기술하였다.

2. 관련 연구

스마트폰의 멀티센서를 이용한 행동인지 연구가 활발하게 연구되고 있다. [3,4]는 가속도와 자이로 센서를 이용한 k-mean과 인공지능알고리즘을 이용하여 센서의 정보를 행동으로 분류하고 이를 추론하는 방안을 제시했다. 또한 Keijser[6], Ryo[7]는 단일 센서 기반 신호백터키(Support vector machine, SVM)와 k-nearest로 사용자 행동을 구분하고 인지성능을 비교했다. 단일 센서를 이용한 행동 추론은 사용자 움직임 판단에 수초이상이 요구될 뿐만 아니라 물리적 제약으로 많은 선행 학습이 요구된다. 또한, 센서의 장착한 위치에 따라 행동추론 방법과 정확도가 달라진다. 스마트폰 기반추론 방법은 고정되어 어렵고, 불연속적으로 위치하기 때문에 행동 분류가 어렵고, 인지 결과가 달라질 수 있다. 이런 문제로 [8-9]와 같이 동일종류 혹은 이중 센서 다수를 특정 위치에 장착하여 잡음과 물리적 한계를 상호 보완하고 행동인지 추론하였다. 이와 함께 측정 데이터의 신뢰성 있는 정보로 획득을 위해 센서로부터 발생하는 리플잡음과 잡음의 제거 그리고 센서의 에러 보정방안이 선행돼야 한다. 이와 관련 [10,11]은 자이로, 가속도센서를 이용한 사용자 행동 추론과 함께 센서에 민감도와 잡음을 개선을 위해 연구되었다. 시간과 분류 절차에 따른 저사향 MCU의 저장 메모리 및

그림 1. NIKE+와 Adidas Speed_cell

처리의

효율적인 사용 등의 요구되며, 칼만(kalman)[10], 중간값(media), 이동평균(moving average), 평활화(smoothing)[11] 등의 필터 알고리즘을 사용하였다. 이 필터들의 선행연구를 바탕으로 장단점을 다음과 같이 나열할 수 있다.

칼만 필터를 행동추론에서 시계열의 선형이동성으로 저 사항의 MCU에서도 실시간 디지털 필터로 유용 하다. 하지만 사용자 행동에 따른 센싱 값의 평균분산의 구분이 어렵고, 전기적 신호와 센서의 민감도에 따른 리플과 신호잡음은 칼만 필터의 측정 잡음(Measurement Noise)과 프로세서 잡음(Process Noise)에 악영향을 주어 추론의 어려움이 있다. 이동평균은 균일한 추세에서 발생한 잡음을 제거하는 장점을 있지만, 센서의 민감도를 감소시켜 일시적인 변화에 둔감하고, 실시간성이 감소되는 단점이 있다. 중간값 필터는 비연속데이터 처리에는 유리하지만, 연속된 노이즈를 제거에 취약하며, 특별히 문제가 없는 데이터가 왜곡되는 문제를 갖는다. 마지막으로 평활화 기법은 연속적인 잡음제거에 취약하며, 데이터 값의 분포가 넓어지기 때문에 사용자 인지 추론의 판별이 불분명해진다.

따라서 개별 필터의 장점을 극대화하고 단점을 보완하는 기법이 요구되며, 실제 제품과 사용화에 적용되는 듀얼칼만필터(Dual Kalman Filter)가 있다. 듀얼칼만필터는 시계열 상태값(Time State value)와 매개변수(Parameter value)의 추정을 한다. 이러한 방법은 매개변수를 초기조건의 행태로 입력하여 적용하며, 시점별로 매개변수를 실시간으로 갱신하기 때문에, 학습기간이 필요 없어도 추정할 수 있다. 특히 큰 변동성에서도 안정적인 성능을 보인다. 하지만, 짧은 시간이 요구되는 추론에서는 변동성을 반영하기 어렵고, 상대적인 추론시간이 길다. 더욱이 다른 시계열 필터에 비해 프로세서 자원을 상대적으로 많이 요구한다.

3. 시스템 설계 및 응용프로그램

3.1 시스템구조

그림 2은 본 연구에서 구현된 스마트폰, 스마트의류와 연동 시스템을 나타내었다. 전체 시스템은 안드로이드 4.0 기반에 응용프로그램(이하, Body Moni-

그림 2. 제안한 안드로이드 응용프로그램과 스마트의류 연동 시스템구조

toring Safety, BM-Safety)과 스마트의류로 구성된다. 스마트의류에 장착된 디바이스(Smart-Clothes Device)는 블루투스로 BM-Safety에 센서정보는 이벤트 상황에 따라 비주기적으로 전달한다. 스마트디바이스는 온도센서 2개와 3축 센서인 가속도센서, 자이로센서로 구성되어 측정된 사용자 움직임을 개발된 BM-Safety 앱으로 전달한다. BM-Safety는 UI와 데이터 보정부로 구성되며, 데이터 보정부는 그래프로 나타내기 이전에 스마트디바이스로부터 수신된 센서데이터를 보정, 검증하는 과정을 거친다.

그림 2의 Low pass filter는 가속도와 자이로 센서에 수집된 데이터의 잡음, 리플을 제거와 보정을 위해 제안된 융합필터(multi-fusion filter)를 적용한다. Digital Compass는 가속도, 자이로센서의 값의 2차원 벡터 변환과 가속도를 계산한다. 3축의 x,y,z의 가속도 정보인 피치(pitch), 롤(roll), 요(yaw)의 데이터를 SVM을 이용해 2차원 벡터 값으로 변환한다. 그리고 자이로센서는 각속도 값을 적분하여 위치를 표시하며, 센서 자체의 드리프트 문제로 고속 움직임에 따라서 시간에 따른 누적 오차가 발생한다. 이러한 이유로 능동적 스케일 팩터(active scale-factor)로 자이로센서의 누적값을 초기화한다.

Errors Correction은 가속도, 자이로 센서의 온도와 전원인가로 발생하는 측정값과 기준값의 오류를 보정한다. 또한, 스마트의류 디바이스로의 센서와의 연결 상태를 확인한다. Database는 가공된 센서 데이터와 저역 필터가 처리된 데이터가 저장된다. UI

Graph Engine는 Database에 저장된 온도, 가속도, 자이로센서의 정보를 그래프로 나타낸다. Context Aware Analysis는 사용자의 이동상황을 파악하고 제작된 스마트앱의 정보를 제공한다.

3.2 BM-Safety Application

개발된 BM-Safety의 Main Application UI는 아래와 같은 기능을 제공한다.

- 실시간 온도 및 자이로, 가속도 센서 정보 제공
- 분/시간 단위에 사용자 센서 수집정보 제공
- 온도차에 따른 SoS 정보 및 사용자 구난시 SoS 자동전화 제공
- 사용자 이동정보 제공
- 사용자 행동 분석

그림 3 메인화면은 스마트의류 연결(Connected)과 그래프(Graph), 분석, SoS로 구성되며, 메인화면은 센서의 위치와 장착된 센서들의 원시정보를 나타낸다. 가운데 그림은 가속도센서의 원시정보를 제공한다.

‘연결’은 스마트의류와 스마트폰과 연결하는 기능을 하며, 주변의 블루투스를 검색하여 리스트로 나타낸다. ‘분석’은 온도센서를 이용한 긴급정보를 사용자에게 제공한다.

의류에 장착된 온도센서는 사용자 목 부분과 가슴 부분에 위치해 실시간으로 정보를 수집한다. 심장 주위의 온도센서는 심장부분의 온도 정보를 수집한다. 그러나 목뒤 부분은 외부는 외기환경에 따라 반응하기 때문에 두 오차를 이용해, 사용자에게 정보를 제공할 수 있다. 예를 들어, 두 군데 온도의 정보가 20분 동안 5°C 이상 발생되거나 심장 부분의 센서 정보가 1시간 이내에 5°C 이상 차이가 발생 되면, 저체온으로

판단하여 사용자에게 진동/소리로 전달한다. 또한 이때에, 가속도와 자이로센서로 사용자 이동의 크기를 측정하여, 충격이벤트를 지속적으로 기록한다. SoS버튼은 119구조센터로 연결되어 GPS 위치를 알릴 한다. 그림 3의 지도는 의류를 착용한 사용자의 행동 이력추적과 이동정보 제공을 위해 개발되었으며, 사용된 지도는 구글사의 API를 이용했다.

그림 4의 그래프 중 가운데는 온도센서 정보를 나타낸다. 온도센서는 위치와 외기/내부 환경 온도에 영향을 받으며, 노이즈나 리플의 영향이 없다. 사용자의 동작에 따른 측정 정보를 수집하여, 단위시간의 그래프로 나타낸다. 사용자가 움직임에 따른 개별 센서의 수집 정보를 그림 3과 같이 10/30/60분 단위로 정보를 확인 및 확대 축소기능으로 그래프의 부분별 상세정보를 제공하며, 사용자 설정에 따라 원시데이터와 가공데이터를 나타낼 수 있다.

그림 4. 사용자 동작에 따른 앱 그래프

3.3 스마트의류와 스마트노드

그림 5는 개발된 노드와 스마트의류이다. 노드의 크기는 통신 주요 부위를 포함하여, 20×47.5mm의 크기로 구성되었다. ATmega328P와 1개의 7축센서, 1

그림 3. 개발한 BM-Safety 앱

그림 5. 개발한 스마트의류 및 디바이스

개의 보조 가속도센서, 그리고 2개의 온도센서, 블루투스 마스터 통신모듈로 구성된다. 블루투스 마스터 모듈은 약 100m까지 통신이 가능하지만, 파워절약을 위해 통신범위를 5m 이내(12dBm, 18mW이하)로 변경하였다.

4. 성능분석

4.1 동작에 따른 센서 데이터 분석

사용자 움직임에 따른 센서들의 물리적 특성을 추출하기 위해 멀티센서를 스마트의류에 장착하여 그 특성을 분석하였다. 도보 환경에서는 리튬폴리머 250mAh의 배터리를 장착했을 때 도보환경에서 약 560분, 자전거나 구보환경은 약 470~490분을 제공한다. 이는 노드의 센서 진동에 따라 블루투스의 전송주기가 증·감하기 때문이다.

착용자의 행동과 교통수단에 따라 측정 정보의 원시 데이터 변화를 그림 6-9로 나타냈다. 측정일 기상은 영하 1℃이다. 온도센서1, 2는 각각 의류에서 심장주변부와 목뒤에 장착된 온도센서이다. 심장주변부 센서1은 외부온도에 따라 변화는 하지만, 센서2는

그림 6. 사용자 행동에 따른 온도 그래프

그림 7. 사용자 행동에 따른 가속도센서 그래프

그림 8. 사용자 행동에 따른 자이로센서 그래프

그림 9. 각각의 알고리즘에 따른 성능 분석

외부온도에 따라 크게 변화가 하지 않는 것을 알 수 있다. 또한 다양한 사용자 환경에도 노이즈나 리플이 발생되지 않는 것을 알 수 있다. 온도센서 1은 외부환경으로 체온이 감소되지만 3-5분 이내에 체온 온도에 가깝게 유지된다. 이는 심장의 온도유지로 저체온을 방지하는 신체 메커니즘 때문이다.

하지만, 그래프 8, 9의 비교에서 사용자 동작과 대중교통에 따라 A와 B영역에 표기된 것과 노이즈와 리플이 지속적으로 발생하는 것으로 판단될 수 있다. 사용자 행동 추론에 영향을 줄 수 있다. 따라서 센서들의 잡음과 민감도에 따른 센서의 오차 원인의 성분들을 제거하고 각각에 센서의 특성을 추출하는 실시간 필터가 요구된다.

그림 7, 8의 센싱 데이터의 그래프에서 행동에 따라 특정시간 동안 개별축마다 차이가 발생하는 것을 알 수가 있다. 그림 7과 같이 행동에 구분에 어려우며, 센싱 데이터를 기반으로 행동 분류 방안이 요구된다.

4.2 디지털 필터 따른 데이터 분석

앞 장에서 실험 자료의 일부 구간에 가속도센서의 원시데이터 값을 SVM으로 변화하여 일부 구간에

나타내었다. 원시데이터를 5개 필터의 처리 결과를 나타낸 것이다. 그림에 'A 점원'으로 표기한 원시데이터(RawData)의 잡음과 리플을 5개의 방안 모두 민감도를 낮추면서, 잡음과 리플에 대한 처리가 이루어졌다. 하지만, 'B 점원'과 같이 칼만을 제외한 알고리즘은 잡음이나 리플이 아닌 원시데이터의 값이 제거되었다.

그림 10는 특정 데이터를 분리하여, 칼만 필터와 이동평균의 성능을 비교하였다. 칼만필터와 이동평균의 처리순서에 따라서 원시데이터의 성능분석이 달라진다는 것을 그림 10로 확인할 수 있으며, 데이터의 민감도를 반영하기 위해서는 칼만 필터의 전처리가 적합하다.

그림 10. 각 알고리즘의 조합에 대한 처리 결과

그림 11. 가속도, 자이로센서의 칼만필터 적용

그림 11은 가속도와 자이로센서를 칼만필터로 전처리를 수행하였다. 원시데이터에 비해서 많은 노이즈와 리플이 감소되는 것을 볼 수 있다.

4.3 멀티블록 필터에 의한 상황인지

앞서 실험으로 전처리 필터로는 칼만 필터가 앞의 4개 필터에 비해 우월한 것으로 나타났다. 따라서 그림 12와 같이 전처리 필터로 확장칼만을 사용하고, 구간별 스무딩 팩터 처리를 위해 이동평균과 중간값을 적용하였다. 이를 멀티 블록 필터로 정의하고 Low pass filter, Digital Compass, Errors Correction을 세부적으로 표현하였다.

20개의 단위 센서값을 확장 칼만 필터는 1차 잡음 제거를 한다. 본 연구에서는 20개의 단위 센서값을 처리하기 위해서는 약 2초 정도의 데이터 자료가 요구된다. 이후 중간값과 이동평균으로 초를 기준으로 데이터를 처리한다. 두 개의 필터가 서로 다른 구간값을 갖는 이유는 센서의 민감도를 보장하면서 처리속도를 증가시키기 위함이다. 이후 가속도 센서는 [6, 7] 연구를 참조하여 SVM으로 벡터값을 계산한다.

자이로 센서는 각속도와 샘플링 주기(sampling time)로 각도를 추정하며, 각속도는 현재 측정값과 센서가 측정 가능한 범위에 기준값(Base drift) 그리고 스케일 팩터(scale factor)로 구성된다. 스케일 팩터는 입력 전압과 감도 그리고 분해능(Resolution) 값으로 계산된다. 분해능은 자이로센서의 단계별 변화 값으로 제조사 보정 테이블에 정의된다. 온도와 전원인가에 따른 기준 값이 미세한 변화가 발생하며, 기준값의 변화로 오차가 지속해서 누적되면 잘못된 값을 발생한다. 따라서 이러한 오차를 방지하기 위해

그림 12. 제안된 융합필터 구조

[11]를 바탕으로 기준 값을 바로잡는 방안으로 제조사 보정 테이블과 능동적 스케일 팩터(Active scale factor)를 적용한다. 제조사 보정 테이블은 온도를 기준으로 제공하기 때문에, 내장된 센서 정보를 이용하여 테이블을 만들어 제공한다. 스케일 팩터는 디바이스에 사용되는 센서를 주기적으로 측정된 정보를 테이블로 만들어 분산과 표준편차를 제공한다.

4.4 성능분석

그림 13는 가속도센서에 3축 값을 SVM으로 계산한 원시데이터(Preprocessing)를 전처리의 칼만 필터로 1차 보정 후 중간값 필터로 가공한 데이터를 비교한 것이다. 민감도를 반영하면서도 노이즈와 리플이 제거되어 나타나는 것을 알 수 있다.

그림 14은 앞서 원시데이터를 제안된 방안으로 처리된 결과를 나타낸 것이다. 칼만 필터로 처리한 데이터와 비교했을 때, 노이즈와 리플에서 우월한 것을 알 수가 있다.

두 센서의 정보를 SVM을 이용해 벡터로 변경한 값을 $G(v_i)$, $A(v_i)$ 로 정의하면, $t, t+1$ 동안 수집된 데이터를 가속도 센서 $G(v_i)$ (1)와 자이로센서 $A(v_i)$ 를 (2)로 나타낼 수 있다.

$$G_t(v_i) = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}, \quad G_{t+1}(v_j) = \frac{\sum_{j=1}^m v_j}{m} \quad (1)$$

$$A_t(v_i) = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}, \quad A_{t+1}(v_j) = \frac{\sum_{j=1}^m v_j}{m} \quad (2)$$

이를 t 와 $t+1$ 동안 개별 센서들의 필터로 처리된 평균값을 비교하면, 사용자의 이동성을 분석할 수 있으며, 이동성을 V 라고 가정할 때 개별 센서에 대한

그림 13. 전처리 프로세스와 후처리 처리 결과

(a) 가속도센서 측정 결과

(b) 자이로센서 측정 결과

그림 14. 멀티 블럭 필터를 센서 데이터에 적용

이동성은 V_G 와 V_A 로 (3)으로 정의할 수 있다.

$$V_G = \frac{G_{t+1}(v_j)}{G_t(v_i)}, \quad V_A = \frac{A_{t+1}(v_j)}{A_t(v_i)} \quad (3)$$

이를 에 대한 이동성을 실험에 따라서 다음과 같이 이전 센서 평균값과 현재 센서 평균값을 나누어 1보다 크면 가속, 1과 같으면 등속, 1보다 작으면 감속으로 판별한다. 또한 2보다 크면 빠른 가속 상태이고, 0.3보다 작으면 급서행으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_G = \begin{cases} V_G > 2 & : \text{고속} \\ 2 > V_G > 1 + \alpha & : \text{등가속} \\ 1 + \alpha \geq V_G \geq 1 - \alpha & : \text{등속} \\ V_G < 1 + \alpha & : \text{감속} \end{cases} \quad (4)$$

$$V_A = \begin{cases} V_A > 2 & : \text{고속} \\ 2 > V_A > 1 + \beta & : \text{등가속} \\ 1 + \beta \geq V_A \geq 1 - \beta & : \text{등속} \\ V_G < 1 + \beta & : \text{감속} \end{cases} \quad (5)$$

α, β 는 소수점 단위의 오차범위

α, β 는 선행 성능측정 때문에 나오는 오차 범위의

(a) 가속도센서의 분포 그래프

(b) 자이로센서의 분포 그래프

그림 15. 두 센서의 행동 인지와 분포그래프

분산과 편차의 평균을 적용하였다. 가속도 센서와 자이로센서는 표 1과 같이 걷기, 뛰기, 계단 오르기 등의 행동에 따른 전체 에너지 성분과 축에 특성이 구분된다. 엘리베이터는 z축만 크게 변화함으로 분석

가능하다. 하지만 회전성분의 구분은 판별하기가 어려워서 자이로센서로 회전성분과 위치성분을 추론한다. 이를 이용해 사용자의 가속도센서로 위치성분인 ‘서기’를 인식하고, 엘리베이터와 같은 타기행동으로 구분한다.

표 1. 상황인식 비교 (인식율 %)

	칼만필터			멀티블럭필터		
	1분	3분	5분	1분	3분	5분
서행	72.3	91.1	96.9	89.6	98.6	99.5
도보	78.3	85.4	96.9	85.5	96.1	99.8
계단오르기	76.5	91.5	97.6	89.5	96.6	99.1
구보	84.5	88.8	97.5	90.8	98.6	99.1
엘리베이터	78.2	96.6	-	96.6	98.9	-
지하철	75.6	89.5	96.5	95.3	98.4	99.2
버스	78.4	86.7	97.1	92.8	99.5	99.5
자전거	79.0	79.9	98.5	95.1	99.1	99.1

5. 성능분석 및 평가

본 논문에서는 3장과 4장의 실험 자료를 기반으로 8가지 행동 인식과 시간에 따른 추론 비교를 하였다. 개별 동작을 약 10분간 30회 진행하여 행동인지에 대한 정확도를 %로 나타냈다. 사용자 동작에 따른 행동추론과 상황인지는 센서들의 데이터 필터 과정과 행동추론은 약 3-5초가 소요된다. 가속도센서를 이용한 사용자의 행동 인식률은 시간이 증가할수록 정확해진다. 본 연구의 멀티 필터를 이용한 추론은

96% 이상의 사용자 동작을 판별하기 위해, 칼만필터 기반은 5분의 데이터가 필요한 것으로 나타났다. 하지만 멀티필터를 적용했을 때 3분이라는 상대적으로 짧은 시간에도 행동 사용자인지가 가능하다. 1분에서는 약 90%의 사용자 동작 추론이 가능하며, 3분 이상부터는 큰 차이가 없었다. 엘리베이터와 초기 계단 오르기 그리고 서행과 도보와 같이 구분이 어려운 인자는 자이로센서와 같은 이중센서의 특성을 이용해 행동 인식률을 높일 수 있었다. 하지만 데이터 분포가 중복인 서행, 도보, 구보는 상대적으로 낮은 성추론 결과를 보였다.

6. 결 론

멀티블럭 필터는 수개월간의 테스트 분석 결과를 기반으로 개발된 구조이다. 센서의 수집된 데이터에 민감도를 반영하면서도 리플잡음, 잡음제거 그리고 입력 전압과 외부온도에 따른 기준값의 오류처리 등을 개선하였다. 가속도 센서로 수신된 잡음과 리플을 제어하면서 민감도 또한 일정하게 반영하는 것을 나타냈다. 문제점으로는 제안된 기법은 단일 필터로 처리보다 초기에 더 많은 계산시간이 요구된다. 하지만 학습기간이 필요 없어도 추정할 수 있으며, 변동성에 따라서 기민하게 대응하면서도 안정적인 성능을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] Adidas Group, "adidas micoach," <http://www.adidas.com/us/micoach/>
- [2] Nike+, "SportBand nike plus," <http://nikeplus.nike.com/plus/>
- [3] Sian Lun Lau and Klaus DAVID, "Movement Recognition using the Accelerometer in Smartphones," *Future Network and Mobile Summit*, pp. 1-3, 2010.
- [4] Zhongtang Zhao, Yiqiang CHEN, Junfa LIU, Zhiqi SHEN, Mingjie LIU., "Cross-People Mobile-Phone Based Activity Recognition," *IJCAI'11*, Vol. 3, pp. 2545-2550, 2011.
- [5] König, I., David, K. Parandian, B., "Supporting Patient Monitoring using Activity Recognition with a Smartphone," *ISWCS*, pp. 810-814, 2010.
- [6] Keijser N., "Ambulatory Motor Assessment in Parkinson's Disease," *Movement Disorders*, Vol. 21, Issue 1, pp. 34-44, 2006.
- [7] Ryo Takeda, Shigeru Tadano, Akiko Natorigawa, Masahiro Todoh, and Satoshi Yoshinari, "Gait Posture Estimation using Wearable Acceleration and Gyro Sensors," *Journal of Biomechanics*, Vol 42, No. 15, pp. 2486-2494, 2009.
- [8] Smailagic, A, Siewiorek, D.P, and Deisher, M. "Activity Recognition and Monitoring using Multiple Sensors on Different Body Positions," *Body Sensor Networks 2006*, pp. 113-116, 2006.
- [9] Zhu, C. "Realtime Recognition of Complex Human Daily Activities Using Human Motion and Location Data, Biomedical Engineering," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol. 59, Issue 9, pp. 242- 2430, 2012.
- [10] Angelo Maria Sabatini, "Kalman-Filter-Based Orientation Determination Using Inertial/Magnetic Sensors: Observability Analysis and Performance Evaluation," *Jornal of Sensors*, Vol. 11, Issue 10, pp. 9182-9206, 2011.
- [11] Shahid Ayub, Alireza Bahraminisaab, and Bahram Honary, "A Sensor Fusion Method for Smart Phone Orientation Estimation," *PGNET Conferences*, pp. 1-4, 2012.
- [12] M.N. Howell and T.J. Gordon, "Continuous Action Reinforcement Learning Automata and their Application to Adaptive Digital Filter Design," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 14, No. 5, pp. 549-561, 2002.
- [13] 전병찬, 박현문, 박원기, 이성철, "스마트웨어 프로타입 시스템을 위한 다중 센서 측정 기법연구," 대한전자공학회 하계학술대회, 제15권, pp. 1360-1363, 2012.
- [14] 정창욱, 강동중, "지능형 영상 감시 시스템에서의 은닉 마르코프 모델을 이용한 특이 행동 인식 알고리즘," 한국멀티미디어학회, 멀티미디어

학회 논문지 제11권, 제11호, pp 1491-1500, 2008.

- [15] 김영균, 김영지, 문현정, 우용태, “학습자 행동모델 기반의 적응적 하이퍼미디어 학습 시스템 설계 및 구현,” 한국멀티미디어학회논문지 제12권, 제5호, 757- 766, 2009.

박 현 문

2004년 한세대 공학사
2006년 국민대 통신공학석사
2011년 국민대 BIT 박사
2010년~2011년 전자부품연구원 박사후 연구원
관심분야: 임베디드시스템, 근거리통신, SoC설계

전 병 찬

2007년~현재 한세대 공학사 재중
2011년~현재 전자부품연구원 연구원
관심분야: 임베디드 시스템, 행동인지

박 원 기

1998년 광운대학교 전자공학과 공학사
2000년 포항공과대학교 전자전기공학과 공학석사
2012년 고려대학교 전기전자공학과 박사 수료

2000~2005년 삼성전자 반도체 총괄 DRAM 설계실 근무
2005년 3월~현재 전자부품연구원 책임연구원
관심분야: IT융합, SoC설계

박 수 현

1988년 고려대학교 컴퓨터학과 학사 졸업
1990년 고려대학교 전산학 석사 졸업
1998년 고려대학교 컴퓨터학과 박사 졸업

1990년~1999년 LG전자(주) 중앙연구소 선임연구원.
1999년~2002년 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 조교수

2002년~현재 국민대학교 경영정보학부 교수.
관심분야: 유비쿼터스 시스템, 수중음파통신

이 성 철

1993년 전북대학교 정보통신공학 학사 졸업.
1995년 전북대학교 정보통신공학 석사 졸업.
2008년 전북대학교 전자공학 박사 졸업.
1995년~현재 전자부품연구원 수석연구원.

주관심분야: IT융합, SoC설계