

논문 2006-43SP-1-8

# 모바일 디바이스에서 상황인식 컴퓨팅을 위한 사용자 활동 상태 추정

(Estimation of User Activity States for Context-Aware  
Computing in Mobile Devices)

백 종 훈\*, 윤 병 주\*\*

(Jonghun Baek and Byoung-Ju Yun)

## 요 약

모바일 단말 환경에서 상황인식 컴퓨팅 기술은 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심기술 중 하나이다. 상황인식 컴퓨팅은 사용자의 일상생활 활동에 능동적으로 반응하는 컴퓨터 응용들을 실현 가능하게 한다. 본 논문에서는 물체나 인간의 물리적인 활동 상태를 감지할 수 있는 가속도센서를 사용하여 모바일 디바이스에 적용한다. 인간의 활동 상태를 추정하기 위한 방법은 평균, 표준편차, 왜도와 같은 다양한 통계치를 분류를 위한 특징으로 활용하는 것이 몇몇 간단한 통계치만을 의존하는 기존의 방법들 보다 더 효과적일 것이다. 분류 알고리즘은 제한된 리소스를 가진 모바일 디바이스를 고려하여 기존의 신경망 대신 간단한 결정 트리를 이용하고자 한다. 유비쿼터스 컴퓨팅과 모바일 응용들을 위한 우리의 상황 검출 시스템의 실험은 기존의 방법들 보다 성능이 향상되었으며 그 결과를 제시한다.

## Abstract

Context-aware computing technology is one of the key technology of ubiquitous computing in the mobile device environment. Context recognition computing enables computer applications that automatically respond to user's everyday activity to be realized. In this paper, We use accelerometer could sense activity states of the object and apply to mobile devices. This method for estimating human motion states utilizes various statistics of accelerometer data, such as mean, standard variation, and skewness, as features for classification, and is expected to be more effective than other existing methods that rely on only a few simple statistics. Classification algorithm uses simple decision tree instead of existing neural network by considering mobile devices with limited resources. A series of experiments for testing the effectiveness of the our context detection system for mobile applications and ubiquitous computing has been performed, and its result is presented.

**Keywords :** Context-aware, ubiquitous computing, mobile device, accelerometer, physical activity

## I. 서 론

기존의 데스크 탑 컴퓨팅 응용들은 수동적이다. 즉,

응용들은 특정한 동작을 실행하기 전에 사용자가 키보드나 마우스를 통해 입력할 때 까지 기다린다. 그러나 상황인식 응용들은 특정한 시간과 장소에서 사용자의 행동을 추정하여 사용자의 의식적인 입력이 없어도 정보를 전달하거나 요청한다. 이 때 사용자의 행동을 추정하기 위해 센서를 사용한다<sup>[1]</sup>. 이러한 상황인식 기술은 유비쿼터스 환경에서 변화하는 상황을 분석하여 사용자의 의도와 관련이 있는 정보인지를 판단하고, 유용한 정보이면 상황인식 응용을 실행하기 위해 정보를 요청하

\* 학생회원, 경북대학교 정보통신학과  
(Dept. of Information and Communications  
Kyungpook National University)

\*\* 평생회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부  
(School of Electrical Engineering and Computer  
Science, Kyungpook National University)

접수일자 : 2005년7월22일, 수정완료일 : 2005년11월3일

는 이벤트 신호를 발생시키는 기술이다. 예를 들어, MIT MediaLab에서는 사무실에서 사용자의 행위와 일정, 사무실의 환경과 같은 상황 정보들을 이용하여 사무실 문에 설치된 압력 감지 장치를 이용하여 사용자를 판단하고 사용자의 행위 및 일정에 따라 능동적으로 다양한 서비스를 제공하는 프로젝트를 수행하고 있다. 그리고 Randell & Muller<sup>[2]</sup>는 Tourist Guide 프로젝트에서 사용자가 여행지의 특정한 위치에서 사용자의 활동 상태에 따라 여행지 정보와 같은 서비스를 제공하는 연구를 수행하고 있다. 이는 표 1에서 물리적인 환경에서 위치와 사용자 활동, 상황에서의 행동 및 제스처와 같은 복합적인 상황 정보를 사용하고 있다. 상황인식 컴퓨팅에서 상황의 종류는 일반적으로 표 1과 같이 분류할 수 있다<sup>[3]</sup>.

본 논문에서는 사용자의 활동 상황 중 행동이라는 상황 정보를 이용하여 Standing, Sitting, Lying back, Lying on 같은 정적인 행동과 Walking, Running, Upstairs, Downstairs 같은 동적인 행동을 구분하여 다양한 상황정보 응용들을 구현하고자 한다. 예를 들어, PDA나 휴대폰과 같은 휴대용 디바이스 상에서 동영상 서비스를 이용할 때, 사용자가 걷거나, 계단을 오르내리는 상태에서는 오디오만 제공하고, 서있거나 앉아 있을 때는 영상과 오디오를 동시에 제공하고, 뛰는 상태에서

표 1. 상황인식 컴퓨팅에서 상황 정보의 분류  
Table 1. Types of the context information in the context-aware computing

Object	Context	Context information
User	Activity	Behavior: standing, sitting, lying, walking, running, 등.
		Gesture: hand sign, kick, 등.
	Body	Fingerprint, pulse, blood pressure, body heat, voice, posture, 등.
Physical environment	Identity	Name, ID, No. of identification, national identification number, 등.
	Space	Position, direction, velocity, 등.
	Time	Date, time, 등.
Computing system	Environment	Temperature, humidity, intensity of illumination, noise, vibration, 등.
	Available resources	Battery, display, internet, system, 등.
	Available context	Resources, equipment, establishment, 등.
User-computer interaction record	Access context	User, permission information, contiguity, 등.
	Record context	User, service, time, 등.
	Obstacle context	User-service-time

는 아무런 서비스도 제공하지 않게 한다<sup>[4]</sup>. 그리고 같은 방법으로 에너지 소비를 추정하기 위해 사용한다<sup>[5]</sup>. 또한 다른 센서 기술과의 결합에 의해서, 원격지에서 노인이나 어린이들의 위치, 운동상태와 건강상태 등 모든 인체 활동을 포괄적으로 예측 가능하다. 이와 같은 다양한 서비스를 제공하기 위해서는 인간의 현재 위치와 물리적인 활동 상태와 같은 상황정보를 인지하는 기술이 중요하다.

본 논문에서 사용자의 행동을 인지하기 위해서 물체나 인간의 물리적인 활동 상태를 감지할 수 있는 가속도센서를 사용한다. 가속도센서를 이용한 인간의 운동 상태 추정을 위한 연구의 예로, Cliff Randell & Henk L. Muller<sup>[4]</sup>, Farrington 등<sup>[6]</sup>, 그리고 Schmidt 등<sup>[7]</sup> 여러 사람들이 2, 3축 가속도센서를 이용하였고, 각 운동 상태에 따른 특징 추출은 RMS와 적분을 이용하고, 활동 상태를 분류하기 위해 신경망의 역전파 알고리즘을 이용하여 구현하였다. 이들 연구에서 인간의 활동 상태 추정의 정확도는 약 85~90%였다. 몇몇 응용들에는 충분한 정확도일지는 모르지만 다른 응용분야에서는 높은 정확도를 필요로 할 것이다. 그들은 저차원 통계치만을 사용하였기 때문에 그들의 결과를 명백히 향상시킬 여지가 있다.

따라서 본 논문에서는 사용자 운동 상태 추정에 가장 적합한 통계치를 이용하고, 패턴 분류 알고리즘은 제한된 리소스를 가진 모바일 단말을 고려하여 기존의 신경망의 역전파 알고리즘 대신 simple decision tree를 이용하여 2축 가속도센서만으로도 인간의 활동 상태에 대한 패턴 분류가 가능하다는 것을 제안하고, 기존의 연구보다 더 나은 성능을 가짐을 제안한다.

II장에서는 사용자의 물리적인 활동 상태를 감지할 수 있는 가속도센서를 소개하고, III장에서는 사용자 활동 상태 추정 시스템의 구성을 제시하고, IV장에서는 인간의 활동 상태를 추정하기 위한 신호처리 방법인 특징 추출과 패턴 분류 알고리즘에 대해 살펴본다. V장에서는 지능형 운동 상태 추정 시스템의 실험 결과를 살펴본다. VI장에서는 결론 및 향후 과제를 제안한다.

## II. 센서(Sensor)

사용자의 행동 상태에 대한 상황 정보를 감지하기 위해서 센서를 필요로 한다. 이러한 목적에 이용될 수 있는 대표적인 센서로 가속도센서를 들 수 있다.

최근의 MEMS 기술의 발달로 가로 세로 1mm 크기

Context Information	Researchers
Gesture	Wilson 등 <sup>[8]</sup> , Partridge 등 <sup>[9]</sup> , Perng 등 <sup>[10]</sup> , Milner 등 <sup>[11]</sup> , Hinckley 등 <sup>[12]</sup> , Yokokohji 등 <sup>[13]</sup> .
Behavior	Baek 등 <sup>[14]</sup> , Gagaglio 등 <sup>[15]</sup> , Liu 등 <sup>[16]</sup> , Gaura 등 <sup>[17]</sup> , Sekine 등 <sup>[18]</sup> , Bouten 등 <sup>[19]</sup> .
Posture	Parsa <sup>[20]</sup> .
Vibration	Lanni 등 <sup>[21]</sup> , Takubo 등 <sup>[22]</sup> , Wendon 등 <sup>[23]</sup> , Gomery 등 <sup>[24]</sup> .
Velocity	Jinzenji 등 <sup>[25]</sup> , Baek 등 <sup>[26]</sup> , Algrain 등 <sup>[27]</sup> .

표 2. 가속도센서 응용 사례  
Table 2. Applications using the accelerometer.

의 가속도센서들이 이미 상용화 되어있다. 저렴한 가격에 비하여 이들의 감도는 5mg 이하의 가속도 측정이 가능할 정도로 우수하며, 또한 많은 경우 집적회로 내에서 디지털 인터페이스 회로와 함께 구현되어 노이즈 문제도 경감하고 있다. 표 2.에서는 상황 정보에 따른 가속도센서를 이용한 다양한 응용 예를 나타낸다.

센서는 외부로부터의 자극이나 신호를 선택적으로 감지해야 하는 본질적 기능과 감지된 원초적 신호를 유용한 전기적 신호로 변환하는 기능을 갖추고 있어야 하며, 기본적으로 우수한 감도(sensitivity), 선택도(selectivity), 안정도(stability) 및 복귀도(reversibility)를 갖추어야 한다. 이들은 센서의 특성상 필수적으로 구비해야 할 기본요건이며, 센서의 감도는 측정치의 정밀도 또는 정확도의 기초가 되므로 본 논문에서는 감도, 비용, 그리고 모바일 단말에 채용 가능성을 고려하여 Analog Devices사의 ADXL202EB-232A를 사용하여 사용자의 활동 상태를 감지하는데 사용한다.

### III. 시스템 구성(System architecture)

가속도센서 데이터는 인간의 허리에 2축 가속도센서(ADXL202EB-232A)를 부착하여 사용자의 행동에 따라 센서의 X축(수직)과 Y축(수평)에서 얻어진다. 가속도센서는 초당 125개의 X와 Y 축 가속도를 출력한다. 각각의 X와 Y축은 수직과 수평방향을 지시한다.

그림 1은 시스템의 구성과 신호처리 단계를 보여준다. 이 시스템은 가속도센서부터 출력되는 데이터를 입력으로 하는 특징 추출기(feature extractor)에서는 데이터의 통계치를 계산하고, 이 특징 벡터(feature vector)는 분류기(classifier)의 입력으로 사용한다. 분류기의 출력은 그림 1과 같은 인간의 8가지 상태 중 하나로 결정된다.

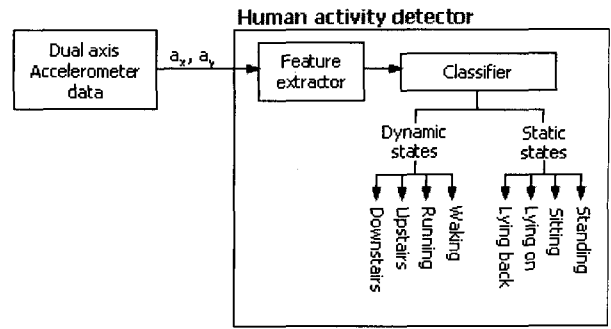


그림 1. 인간의 활동 상태 검출을 위한 시스템의 구성과 데이터 처리 과정  
Fig. 1. System architecture and data processing schema for estimating human physical activity.

### IV. 데이터 처리(Data Processing)

#### 1. 특징 추출(Feature extraction)

인간의 물리적인 활동은 지속적이기 때문에 특징 추출기는 2초(250개 샘플) 간격으로 계산한다.

정적인 상태들 사이에서의 가속도센서의 출력은 그림 2(a)와 같이 가속도센서의 방향이 서로 다르기 때문에 쉽게 구분이 가능하다. 그러나 동적인 상태들 사이에서는 가속도센서의 방향이 서로 같기 때문에 가속도 센서의 방향만으로 구분하기가 어렵다. 그림 2(b)의 아래 타원은 동적인 상태들에 대한 데이터 분포의 형성을 나타내는데, 이와 같이 동적인 상태들의 구분은 데이터분포의 모양으로 구분된다<sup>[8]</sup>.

인간의 운동 상태 추정을 위해서 가속도센서의 수평·수직 출력 데이터의 분포에 대한 특성들을 이용하여, 중심위치와 각 출력 데이터 주위에 흩어져 있는 정도 그리고 데이터 분포의 모양과 기울어진 방향과 정도를 알아보기 위해 히스토그램으로 나타내었다. 히스토그램은 데이터를 하나의 표로 요약한 것으로 서로 다른 특

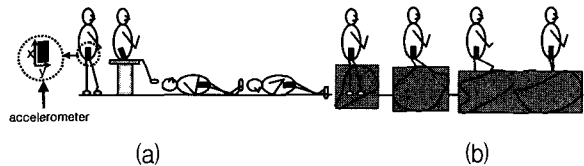


그림 2. (a) 정적인 상태에서 가속도센서의 방향 (standing, sitting, lying back, lying on), (b) 동적인 상태에서 가속도센서의 일반적인 데이터 분포 (walking, running, upstairs, downstairs)

Fig. 2. (a) Orientation of the accelerometer in the four static states (standing, sitting, lying back, and lying on), and (b) typical distribution of accelerometer data in the four dynamic states (walking, running, upstairs, and downstairs)

징값에 대한 데이터의 개수를 나타낸다.

그림 3은 히스토그램으로 본 인간의 운동 상태에 대한 가속도센서 출력 데이터의 분포이다. 이것은 가속도센서의 출력 데이터 값을 0.1g 간격으로 나누어서, 각 구간에 속해 있는 데이터들의 개수를 나타내었다. 인간의 신체를 거의 움직이지 않는 정적인 상태는 그림 3(a)(b)와 같이 가속도센서의 출력 데이터 분포가 각기 다른 특징값에 집중적으로 분포되어 분산이 거의 '0'임을 알 수 있다. 따라서 정적인 상태는 매우 쉽게 구분된다. 그림 3(c)(d)의 동적인 상태에서는 출력 데이터 값이 넓게 분포되어 있으므로, 분산으로부터 정적인 상태와 분명히 구분된다. 동적인 상태들 사이는 데이터 분포의 대칭성, 분포의 기울어진 정도와 방향, 그리고 데이터 분포의 뾰족한 정도 등이 활동 상태에 따라 다르게 관찰되었다.

휴대용 기기에 탑재되기 위해서, 고차의 통계치를 지양하여야 한다. 예를 들면, 3rd-moment인 왜도 (Skewness)는 정적인 상태와 동적인 상태를 쉽게 구분할 수 있다. 하지만 한 차원 낮은 2nd-moment인 표준편차(Standard deviation)를 사용해도 구분할 수 있기 때문에 제한된 리소스를 가진 기기에 탑재하기 위해서 고차의 통계치를 사용하지 않도록 한다. 따라서 본 논

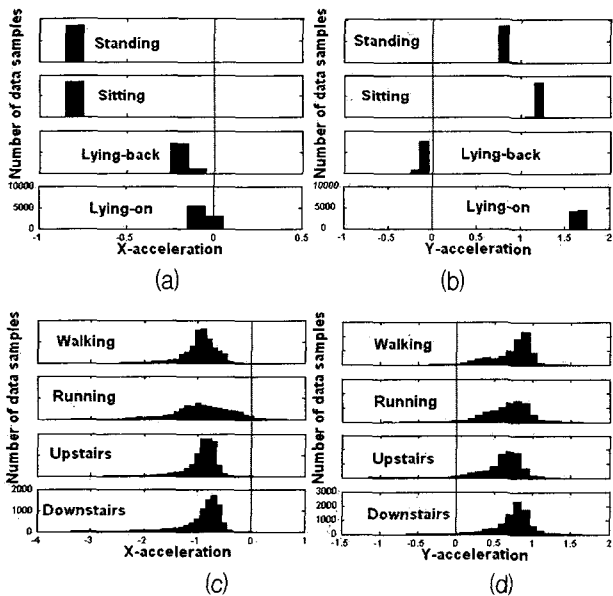


그림 3. 가속도센서 데이터의 히스토그램; (a) 정적인 상태에서 X축 가속도, (b) 정적인 상태에서 Y축 가속도, (c) 동적인 상태에서 X 축 가속도, (d) 동적인 상태에서 Y 축 가속도

Fig. 3. The histograms of the accelerometer data: (a) X- and (b) Y-axis acceleration in the four static states, (c) X- and (d) Y-axis acceleration in four dynamic states.

문에서는 실험에 의해 활동 상태를 분류하기 위해서 1st, 2nd, 그리고 3rd-moment와 같은 통계치를 이용하여 인간의 활동 상태를 구분할 수 있음을 제안한다.

가. 평균(Mean)

평균은 데이터 분포의 특성을 한 개의 수치로 나타내는 대표값이다. 그림 3의 히스토그램에서 각 구간의 중심값에 그 구간에 해당하는 데이터의 개수를 곱하여 나타낼 수 있다. 즉 히스토그램을 이용한 평균은 다음과 같이 정의된다.

$$\mu_H = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k c_i \cdot n_i \quad (1)$$

여기서,  $N$ 은 가속도센서 데이터의 총 개수,  $i$ 는 히스토그램의 각 구간의 간격,  $c_i$ 는 히스토그램의 각 구간의 중심값, 그리고  $n_i$ 는 각 구간에 해당하는 데이터의 개수이다.

그림 4에서, 정적인 상태들 사이에서 각 상태들에 따라 가속도센서의 방향이 변화하기 때문에 Y축 가속도의 평균값으로 정적인 상태들은 구분된다. 그리고

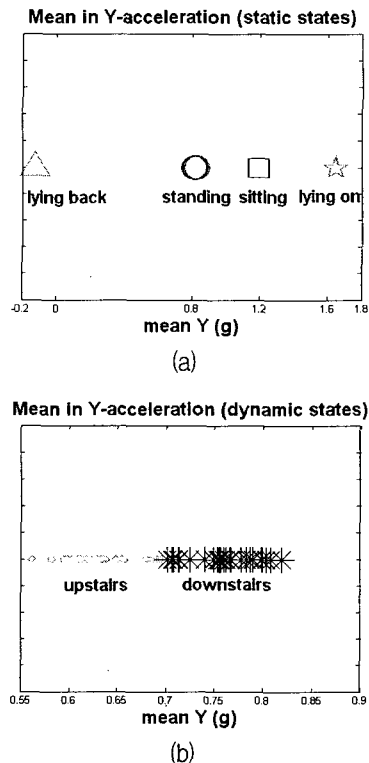


그림 4. Y축 가속도에서 평균의 분포; (a) 정적인 상태, (b) 동적인 상태

Fig. 4. Distribution of the mean in Y-axis acceleration; (a) in the static states and (b) in the dynamic states

Downstairs 상태에서는 허리에 부착되어 있는 가속도센서의 움직임이 Upstairs 상태보다 적게 발생하기 때문에 Y(수평)축 가속도의 평균값으로 구분된다.

나. 표준편차(Standard deviation)

표준편차는 인간의 운동 상태에 따라 가속도센서의 출력 데이터들의 값이 흩어져 있는 정도를 나타내는데 이용된다. 가속도센서 출력 데이터의 표준편차 값이 작을수록 변량이 평균을 중심으로 밀집된다.

각각의 가속도센서 출력 데이터와 평균과의 차를 제곱한 값들의 평균을 분산( $\sigma^2$ )이라고 한다. 가속도센서의 출력 데이터를  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ 라 하고, 이들의 평균을  $m$ 이라고 할 때 표준편차( $\sigma$ )는,

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n a_i^2 - m^2} \quad (2)$$

이다. 식 2에서 가속도센서의 출력 데이터  $a$  대신 각 출력 데이터의 중심값  $c$ 와 각 중심값에 속해있는 데이터의 개수  $n$ 으로 부터 히스토그램을 이용한 표준편차  $\sigma_H$ 를 다음과 같이 정의된다.

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^k (c_i - m)^2 \cdot n_i} \quad (3)$$

그림 5(a)에서, 정적인 상태에서 데이터들은 평균을 중심으로 밀집되므로 표준편차의 값은 거의 '0'의 값을 가지게 된다. 따라서 Y축 가속도의 표준편차에 의해서 정적인 상태와 동적인 상태가 구분된다. 그리고 Running 상태에서는 발의 충격 정도가 Walking 상태보다 많이 변화하기 때문에 X(수직)축 가속도의 표준편차에 의해 구분된다.

다. 왜도(Skewness)

왜도는 가속도센서의 출력 데이터들의 분포의 기울어진 방향과 정도를 나타낸다. 즉, 평균에 대한 분포의 비대칭 정도를 나타내는 것이다. 왜도의 계수값이 클수록 비대칭도는 커져서 가속도센서 출력 데이터의 분포가 한쪽으로 치우치게 되는데 왜도 계수가 양의 값을 가질 경우에는 오른쪽 꼬리분포가 되고, 음의 값을 가질 경우는 왼쪽 꼬리 분포가 된다. 히스토그램을 이용한 왜도는 다음과 같이 정의된다.

$$Skewness = \frac{1}{N\sigma^3} \sum_{i=1}^k (c_i - m)^3 \cdot n_i \quad (4)$$

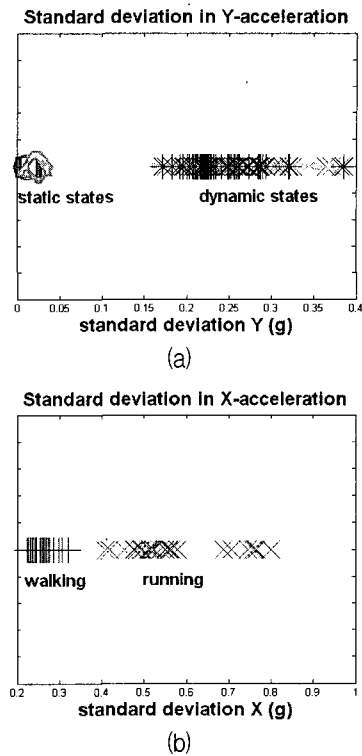


그림 5. 표준편차의 분포; (a) 전체 상태에서 Y축 가속도, (b) walking과 running 상태에서 X축 가속도  
Fig. 5. Distribution of the standard deviation, (a) Y-axis acceleration in all of the human activity states, and (b) X-axis acceleration in Walking and Running states

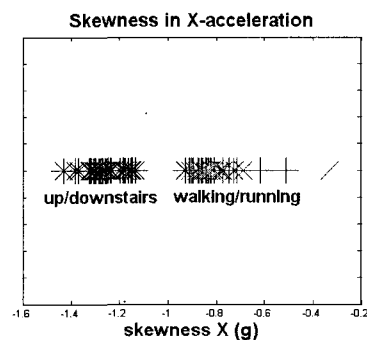


그림 6. Walking/Running 상태와 Upstairs/Downstairs상태의 X축 가속도에서 왜도의 분포  
Fig. 6. Distribution of the skewness in X-axis acceleration in the Walking/Running states and Upstairs/Downstairs states

그림 6에서, 왜도는 Walk/Running과 Up/Downstairs 상태는 각각 가속도센서 출력 데이터 분포의 비대칭성이 다르기 때문에 구분된다.

위와 같이 다양한 인간의 활동 상태를 구분하기 위하여 가속도센서의 출력 데이터를 히스토그램으로 나타내는 것은 중요하다. 이는 데이터의 전반적인 분포상태를 파악하기 쉬우므로 분포 특성에 알맞은 통계치를 사용

할 수 있기 때문이다.

본 논문에서는 위에서 살펴본 평균, 표준편차, 그리고 왜도를 특징(feature)으로 선택하여 분류기에 의해 인간의 물리적인 상태를 구분한다.

2. 분류기(Classifier)

사용자 활동 상태를 분류하기 위한 기존의 방법<sup>[27]</sup>은 신경망의 자료 분석을 위해 가장 널리 이용되는 MLP(multi-layer perceptron)이다. MLP는 계층별로 그룹화 된 뉴런들의 집합으로 구성되어 있으며, 입력 층(input layer), 은닉 층(hidden layer)과 출력 층(output layer)의 세 계층으로 구성된 feed-forward 신경망이다. 이는 훈련(training)을 통하여 학습(learning)을 한다는 점에서 기존의 학습했던 것과 다른 형태의 입력에 대해서도 적당히 반응하는 장점이 있다. 그러나 이 알고리즘은 기울기를 따라가는(gradient decent) 방법의 하나로써 다음과 같은 단점이 있다.

- 수렴에 종종 실패하고 지역 최소값(local minimum)에 봉착한다
- 학습이 완료되기까지 많은 횟수의 반복학습이 필요
- 응용분야에 따라 파라미터의 조절이 필요
- 추가 학습 시 전체적인 재학습이 필요
- 학습의 완료 시점을 예측할 수 없다

위와 같은 단점을 극복하기 위한 방법으로 은닉 층의 뉴런 수를 증가시키거나, 모멘텀 방법과 일괄 수정하는 방법, 출력 값에 제한을 두는 방법, 네트워크 복잡도를 사용하는 방법들 다양한 방법들이 제안되고 있다. 하지만 마지막 두 가지 단점은 MLP에서 피할 수가 없는 단점으로 지적되고 있다.

본 논문에서는 제한된 리소스를 가진 모바일 디바이스에 적용할 것을 고려한다면 기존의 신경망을 이용한 방법 대신 비교적 쉽게 해석하고 이로부터 유용한 정보를 얻을 수 있는 의사결정나무를 이용하고자 한다. 그림 7은 인간의 8가지 상태에서 가속도 신호를 분류하기 위한 특징들의 역할을 간략화한 것이다.

인간의 활동 상태는 정적인 상태와 동적인 상태로 분류된다. 본 논문에서는 이들을 구분하기 위해서 Y축 가속도의 표준편차를 선택했고, 각각의 정적인 상태들을 구분하기 위해서 Y축 가속도의 평균을 선택했다. 그리고 각각의 동적인 상태들을 구분하기 위해서 Y축 가속도의 평균, X축 가속도의 표준편차, 그리고 X축 가속도의 왜도와 같은 특징들(features)을 선택했다. 자연스럽게 simple decision tree를 유도하는 이러한 종류의 추

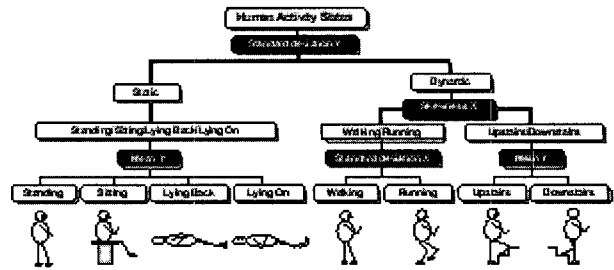


그림 7. Simple decision tree; 특징들(features)에 의해서 8가지 활동 상태 구분

Fig. 7. A simple decision tree: Classification into the eight activity states by the features

론은 명백히 효과적이다.

V. 실험

한 명의 피실험자로 부터 각각의 활동 상태에 대한 기준값을 결정하기 위해 약 1분 동안 8가지 활동 상태에서 훈련 데이터를 수집했고, 테스트 데이터 또한 1분 동안 8가지 활동 상태에 대해 가속도 데이터를 수집했다. X와 Y축 가속도 데이터는 2초 간격으로 계산된다. 표 1은 실험 결과를 나타낸다.

표 3에서, 분류의 정확도는 정적인 상태와, Walking, Running, 그리고 Downstairs 상태에서 100%였고 Upstairs 상태에서는 94%였다. 이 분류기가 Upstairs 상태를 Walking 상태로 인식한 것은 실험 장소의 계단이 지속적으로 올라가는 것이 아니라 층과 층 사이에 평평한 영역이 있기 때문이다. 이런 문제에도 불구하고 이 분류기의 정확도는 약 99%였다. 이것은 명백하게 이전 다른 연구들과 우리의 이전 연구결과<sup>[14]</sup> 보다 성능이 우수하다. 전자의 경우, 신경망과 처차원의 통계치를 사용한 인간의 활동 상태 추정의 정확도는 약 85~90%였다. 후자의 경우, 신경망과 고차원의 통계치를 사용한 경우에는 약 97.5%(표 4)였다.

향상된 성능에 대한 주된 이유는 왜도와 같은 고차의 통계치를 사용하였기 때문이다. 그리고 제한된 리소스를 가진 휴대용 기기에 적용되기 위해서 신경망 대신에 계층적 구조인 simple decision tree를 사용해도 충분히 활동 상태를 분류할 수 있다는 것을 제안한다.

VI. 결론

본 논문에서는 2축 가속도센서를 인간의 허리에 부착시켜 Standing, Sitting, Lying back, Lying on,

표 3. 제안한 기술에 의한 분류 결과; S1은 Standing, S2는 Sitting, S3는 Lying back, S4는 Lying on, S5는 Walking, S6는 Running, S7은 Upstairs, 그리고 S8은 Downstairs

Table 3. Classification results by the proposed scheme. Symbols in the table: S1 for Standing, S2 for Sitting, S3 for Lying back, S4 for Lying on, S5 for Walking, S6 for Running, S7 for Upstairs, and S8 for Downstairs

Result		Classification							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Original	S1	32	0	0	0	0	0	0	0
	S2	0	33	0	0	0	0	0	0
	S3	0	0	33	0	0	0	0	0
	S4	0	0	0	33	0	0	0	0
	S5	0	0	0	0	34	0	0	0
	S6	0	0	0	0	0	34	0	0
	S7	0	0	0	0	2	0	32	0
	S8	0	0	0	0	0	0	0	31

표 4. 우리의 이전 연구에 의한 분류 결과

Table 4. Classification results by our previous research

Result		Classification							
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Original	S1	30	0	0	0	0	0	0	0
	S2	0	30	0	0	0	0	0	0
	S3	0	0	30	0	0	0	0	0
	S4	0	0	0	30	0	0	0	0
	S5	0	0	0	0	30	0	0	0
	S6	0	0	0	0	0	30	0	0
	S7	0	0	0	0	2	0	28	0
	S8	0	0	0	0	0	3	1	26

Walking, Running, Upstairs, 그리고 Downstairs와 같은 인간의 다양한 활동 상태를 구분하였다. 인간의 활동 상태 추정은 이전 연구들에 의해 제안된 기술보다 성능이 향상된 이유는 왜도와 같은 고차의 통계치를 사용한 것이 주된 이유이다 그리고 분류기로 신경망을 사용한 이전 연구들에 비해 계층적인 구조를 가진 simple decision tree를 이용한 본 논문은 명백히 리소스가 제한되어 있는 휴대용 기기에 적합할 것이다.

현재의 연구에서는 많은 제약 조건을 가지고 있다. 첫째, 현재 실험은 인간에 의존적인 활동 상태를 검출하였고, 둘째, 같은 사람이 다양한 장소와 시간에서 실험 결과 비교해야 하고, 이 시스템이 유용하게 사용되기 위해서 다양한 사람에게 적용해야 한다. 셋째, 휴대용 기기는 항상 인간의 허리에 위치하고 흔들리지 않는다는 가정을 했다. 이러한 문제점들을 더 효과적으로 처리하기 위해 제안된 기술을 향상시켜 제한된 리소스를 가진 휴대용 기기뿐만 아니라 웨어러블 컴퓨터에 장착되어 보다 유용하게 사용되도록 연구가 진행되어야 한다.

### 참고 문헌

- [1] G. D. Abowd and E. D. Mynatt. "Charting Past, present, and future research in ubiquitous computing", *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 7(1): 29-58, 2000.
- [2] C. Randell and H. L. Muller, "The Well Mannered Wearable Computer", *Personal and Ubiquitous Computing*, pp. 31-36, 2002.
- [3] B. N. Schilit, N. Adams, and R. Want, "Context-Aware Computing Applications", *Proceedings of the 1st International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, 1994, pp. 85-90.
- [4] C. Randell and H. L. Muller, "Context Awareness by Analyzing Accelerometer Data", *The Metadata International Symposium on Wearable Computers*, pp. 175-176, 2000.
- [5] S. Masaki, T. Toshiyo, F. Toshiro, and F. Yasuhiro, "Classification of walking pattern using acceleration waveform in elderly people", *Annual EMBS International Conference, In Engineering in Medicine and Biology Society*, pp. 1356-1359, 2000.
- [6] J. Farrington, A. J. Moore, N. Tilbury, J. Chruch and P. D. Biemond, "Wearable Sensor Badge & Sensor Jacket for Context Awareness", *In Proceedings of The Third International Symposium on Wearable Computers*, pp. 107-113, 1999.
- [7] A. Schmidt, H. W. Gellersen, and M. Beigl, "Wearable Context-Awareness Component", *In Proceedings of The Third International Symposium on Wearable Computers*, pp. 176-177, 1999.
- [8] A. Wilson and S. Shafer, "XWand: UI for Intelligent Spaces", *In Proc. CHI*, pp. 545-552, ACM, 2003.
- [9] K. Partridge, S. Chatterjee, V. Sazawal, G. Borriello, and R. Want, "TiltType: Accelerometer-Supported Text Entry for Very Small Devices", *In UIST '02: In Proceedings of the 15th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, ACM Press, pp. 201-204, 2002.
- [10] J. K. Perng, B. Fisher, S. Hollar, and K. S. J. Pister, "Acceleration Sensing Glove(ASG)", *In Proceedings of The Third International Symposium on Wearable Computers*, pp. 178-179, 1999.
- [11] B. Milner, "Handwriting recognition using acceleration-based motion detection", *IEE Colloquium on Document Image Processing and Multimedia*, pp. 5/1-5/6, 1999.
- [12] K. Hinckley, J. Pierce, M. Sinclair, and E.

- Horvitz, "Sensing techniques for mobile interaction", In UIST 2000, pp. 91-100, ACM, 2000.
- [13] Y. Yokokohji, Y. Sugawara, and T. Yoshikawa, "Accurate Image Overlay on Video See-through HMDs Using Vision and Accelerometers", Virtual Reality 2000, pp. 247-254, 2000.
- [14] J. Baek, G. Lee, W. Park, and B. Yun, "Accelerometer Signal Processing for User Activity Detection", KES 2004, LNAI 3215, pp. 610-617, 2004.
- [15] V. Gagaglio and B. Merminod, "Real-Time calibration of length of steps with GPS and accelerometers", In Proceeding of GNSS, pp. 599-605, 1999.
- [16] H. H. S. Liu and G. K. S. Pang, "Accelerometer for mobile robot positioning", IEEE transactions on Industry Applications, pp. 812-818, 2001.
- [17] E. I. Gaura, R. J. Rider, N. Steele, and Naguib, "Neural-network compensation methods for capacitive micromachined accelerometers for use in telecare medicine", Information Technology in Biomedicine, pp. 248-252, 2001.
- [18] M. Sekine, Y. Abe, M. Sekimoto, Y. Higashi, T. Fujimoto, T. Tamura, and Y. Fukui, "Assessment of Gait Parameter in Hemiplegic Patients by Accelerometry", Engineering in Medicine and Biology Society, vol.3, pp. 1879-1882, 2000.
- [19] C. V. C. Bouten, K. T. M. Koekkoek, M. Verduin, R. Kodde, and J. D. Janssen, "A Triaxial Accelerometer and Portable Data Processing Unit for the Assessment of Daily Physical Activity", Biomedical Engineering, vol.44 : (3), pp. 136-147, 1997.
- [20] K. Parsa, J. Angeles, and A. K. Misra, "Pose-and-Twist Estimation of a Rigid Body Using Accelerometers", In Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol.3, pp. 2873-2878, 2001.
- [21] C. Lanni, F. Pugliese, and M. Ceccarelli, "An Experimental Validation of CaPaMan as Earthquake Simulator", IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, vol.1, pp. 153-158, 2001.
- [22] K. Takubo, T. Yanada, H. Furukawa, M. Nagata, K. Koganemaru, W. Nakayama, Y. Shimizu, Y. Araki, and A. Takahashi, "Innovative Spectral Intensity Transducer Using Three-axial Micromachining Accelerometer for Earthquake Crisis Management", Emerging Technologies and Factory Automation, vol.1, pp. 379-384, 1999.
- [23] Z. Wendong, Z. Zhaoying, M. Baohua, X. Jijun, C. Ji, W. Xiaohao, et al, "Automobile Crusher Gauge", Instrumentation and Measurement Technology Conference, vol.2, pp. 973-976, 1998.
- [24] R. Gomery and G. Leach, "Fence Vibrations", Aerospace and Electronics Systems Magazine, pp. 3-6, 2000.
- [25] A. Jinzenji, T. Sasamoto, K. Aikawa, S. Yoshida, and K. Aruga, "Acceleration Feedforward Control Against Rotational Disturbance in Hard Disk Drives", Magnetics, pp. 888-893, 2000.
- [26] Sang-Eun Baek and Seung-Hi Lee, "Vibration Rejection Control for Disk Drives by Acceleration Feedforward Control", Decision and Control, vol.5, pp. 5259-5263, 1999.
- [27] M. C. Algrain and J. Quinn, "Accelerometer based line-of-sight stabilization approach for pointing and tracking systems", Second IEEE Conference on Control Applications, Vancouver, British Columbia, Canada, pp. 159-163, 1993.

## 저 자 소 개



백 종 훈 (학생회원)  
2001년 대구대학교 전자공학과  
학사  
2003년 경북대학교 정보통신학과  
석사  
2003년 하이닉스 반도체 메모리  
연구소 연구원

2004년~현재 경북대학교 정보통신학과 박사  
<주관심분야 : HCI, 패턴인식, 웨어러블 컴퓨팅,  
머신 러닝>



윤 병 주 (평생회원)-교신저자  
1993년 경북대학교 전자공학과  
학사  
1996년 한국과학기술원 전기 및  
전자공학과 석사  
2002년 한국과학기술원 전자전산  
학과 (전기 및 전자공학  
전공) 박사

1996년~2003년 하이닉스 반도체 시스템 IC 사업  
부 선임 연구원  
2003년~2005년 경북대학교 차세대정보통신연구  
소 기금교수 (조교수 대우)  
2005년~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부  
기금교수 (조교수 대우)  
<주관심분야 : 멀티미디어 신호처리, 영상 압축,  
H.264, SVC, HCI>