

격자형 압력 센서 배치 구조를 이용한 다층 기반 누운 자세 판별 알고리즘

조민재, 홍윤식*
인천대학교 정보기술대학 컴퓨터공학부

A Multi-tier Based Lying Posture Discrimination Algorithm Using Lattice Type Pressure Sensors Allocation

Min Jae Cho, Youn-Sik Hong*
Dept. of Computer Science and Eng., Incheon National University

요약 치매 환자나 혼자 힘으로 전혀 움직이지 못하는 노인 환자는 간병 인력 부족으로 낙상 사고 및 욕창 발생 가능성이 매우 크다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 일정 주기마다 감지한 압력 세기를 기준으로 머리, 어깨, 엉덩이 등 주요 신체 부위를 판별하여 환자의 누운 자세를 판별할 수 있는 알고리즘을 제안한다. 신체적 특성에 무관하게 신체 부위 판별이 가능하도록 격자 구조로 압력 센서를 배치한 스마트 매트를 제작하였다. 스마트 매트는 7x7 배열 크기의 2개 모듈을 조합하여 구성하였다. 각 모듈은 모두 49개의 FSR-406 센서로 구성되며 독립적으로 압력을 감지한다. 각 모듈에 대해 필터를 사용한 누적 압력 합 등 압력 분포를 이용해 상체 또는 하체에 해당하는 신체 부위를 순차적으로 판별한다. 제안한 알고리즘은 머리, 어깨, 엉덩이 부위 등 계층-1에 속한 신체 부위간 포함 관계를 조사해 5가지 누운 자세를 판별할 수 있다.

Abstract Patients with dementia or elderly patients who can not move at all by themselves are at a high risk of falls and bedsore due to lack of caregivers. In this paper, to solve this problem, we propose an algorithm to determine the patient's lying postures by discriminating the main body parts such as head, shoulders, and hips based on the pressure intensity sensed at regular intervals. A smart mat with a lattice structure in which a pressure sensor is arranged so that the body part can be discriminated irrespective of the physical characteristics has been implemented. It consists of two modules of 7x7 array size. Each module consists of 49 FSR-406 sensors and independently senses pressure. For each module, the body part corresponding to the upper body or the lower body is sequentially discriminated by using a pressure distribution such as a cumulative pressure sum using a filter. The proposed algorithm can identify five lying positions by examining the inclusion relationship between body parts belonging to layer-1 such as head, shoulder, and hip area.

Keywords : Lattice Structure, Fall Accident, Bedsores, Multi-Tier, Lying Posture Discrimination

1. 서론

고령 사회에 진입한 우리나라는 노인 간호를 위한 요양(병)원이 급격히 증가하고 있다[1]. 요양(병)원에서는

매년 노인 환자의 18.2%가 낙상 사고를 당하는 것으로 보고되고 있다[2]. 또한, 혼자서는 움직이지 못하는 노인 환자의 경우 욕창[3] 발생 가능성이 크며, 욕창 방지를 위해 간호 인력이 일정 주기마다 환자의 자세를 바꿔 주어

*Corresponding Author : Youn-Sik Hong(Incheon National Univ.)

Tel: +82-32-835-8495 email: yshong@inu.ac.kr

Received March 26, 2019

Revised April 9, 2019

Accepted June 7, 2019

Published June 30, 2019

야만 한다[4].

본 논문의 연구 목적은 침대에 누워있는 노인 환자의 자세를 실시간 모니터링 하는 것이다. 환자가 침대에서 어떤 자세로 누워있는지 판별하고 낙상 위험 및 욕창 발생 가능성을 사전에 감지하여 이를 간호 인력에게 알려 줌으로써 간호 효율을 높이고자 하는 것이다.

이를 위해 침대 시트와 매트리스 사이에 압력 센서가 부착된 스마트 매트를 설치하고, 감지된 압력을 기준으로 환자의 누운 자세를 판별하는 알고리즘을 제안한다. 신체 조건에 상관없이 환자의 누운 자세를 판별할 수 있도록 스마트 매트 압력 센서를 격자 구조로 배치한다. 환자가 침대에 앉아있는 경우 하중은 엉덩이 한 곳에 집중되기 때문에 쉽게 판별할 수 있다. 따라서 환자가 침대에서 어떤 자세로 얼마나 오래 누워있는지 판별하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 누운 자세 판별을 위해 다층 알고리즘을 제안한다. 신체 부위 중 압력은 높고, 움직이는 빈도가 낮아 압력이 일정하게 유지되는 부위를 계층-1로 구분한다. 계층-1에 해당하는 신체 부위는 머리, 어깨, 엉덩이 등이다. 머리, 어깨 및 엉덩이는 누운 자세와 상관없이 일직선 형태를 유지한다(Fig. 1). 이를 기반으로 정자세(Fig. 1(a)), 좌 측위자세(Fig. 1(b)), 우 측위자세(Fig. 1(c))를 구분할 수 있다.

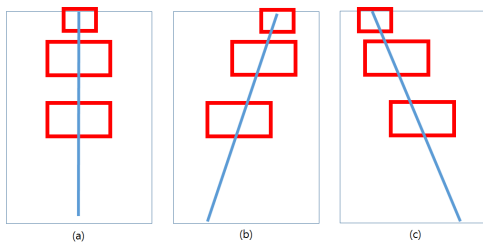


Fig. 1. Basic lying posture
(a) upright posture, (b) left posture, (c) right posture

계층-1에 해당하는 신체 부위와 다리, 손, 발 등은 압력은 낮지만 움직이는 빈도가 높다. 따라서 기본자세를 판별하고 나면 손, 발 등에 해당하는 부위를 찾아 구부려 누운 자세, 옆드려 누운 자세 등을 판별할 수 있다.

본 논문은 관련 연구에 대해 논의하고, 이어서 다층 알고리즘에 관해 설명한다. 시스템 구현 및 실험 결과를 제시하고, 이를 토대로 결론을 맺을 것이다.

2. 본론

2.1 관련 연구

2.1.1 On/Off 센서를 이용한 연구[5]

On/Off 센서를 이용하여 머리, 팔, 다리 등을 측정하는 연구이다. 수면 매트부, 수면 상태 감지정보 수신부, 수면 상태 감지 및 제어 시스템부로 구성되어 있으며, 미리 정해진 수면 자세와 비교한 후 입력 데이터와 비교하여 결과를 출력한다.

2.1.2 가속도 센서 기반 수면 정보 취득

3축 가속도 센서를 이용하여 간단한 수면 자세를 판단할 수 있으며, 분당 호흡수도 파악할 수 있다[6]. 가속도 센서를 이용하여 측정된 X, Y, Z축의 출력 전압 값을 분석하여 수면자의 자세를 판정한다.

2.1.3 압력 센서

압력 측정을 위해 하중 센서 또는 압력 센서를 사용할 수 있다. 하중 센서는 정밀 측정(측정 오차가 0.1% 미만)이 가능하지만, 두께가 두꺼워(2cm 이상) 간단히 장착하기 어렵다[7]. 반면 압력 센서는 두께가 얇아(0.2mm) 장착이 쉽고 확장에 용이하다[7].

압력센서 중 하나인 FSR (Force Sensing Resistor) 센서[8]는 압력이 가해지면, 압력에 반비례하는 저항값을 반환한다. 본 논문에서는 압력 측정을 위해 FSR-406 센서를 사용하였다. FSR 406 센서는 정사각형 모양이며, 크기는 45mmx45mm이다. FSR 센서가 감지한 압력은 디지털 값(0(ON)~1,023 (100N))으로 저장된다.

2.1.4 다층 신체 분류

FSR 센서를 사용한 신체 부위의 압력 측정 결과를 토대로 Table 1과 같이 3개 계층으로 구분할 수 있다. 계층 분류 기준은 감지한 압력과 압력 지속 시간이다. 계층-1에 해당하는 머리, 어깨, 엉덩이 부위는 기준 압력 세기가 500 이상이며, 압력 지속 시간도 5분 이상이다. 계층-1에 속한 신체 부위는 압력은 높으면서, 움직임은 상대적으로 적다. 반면 계층-3에 속한 신체 부위는 팔, 다리 등이며, 압력 세기는 500 미만이고 압력 지속 시간도 1분 미만이다.

Table 1. the threshold and the duration for each tier

tier	threshold	duration	body part
1	500>	>5 min	head, shoulder, hip
2	200~500	1~5 min	thigh, calf
3	100~499	<1 min	hand, arm

계층-1에 속한 신체 부위가 계층-2나 계층-3에 해당하는 신체 부위보다 인식에 유리하다. 또한, Fig. 1에 보인 것처럼 계층-1에 해당하는 신체 부위의 포함 관계를 조사하면 누운 자세를 구분할 수 있다.

2.3 시스템 구성

2.3.1 시스템 설계

스마트 매트는 Fig. 2와 같이 2개의 모듈로 구성된다. 각 모듈은 환자가 누운 상태에 따라 판별 가능한 신체 부위가 다르다. 환자가 Fig. 2와 같이 정자세로 누웠을 경우, 모듈 1은 머리와 어깨를 판별하며, 모듈 2는 허리, 엉덩이를 판별한다. 모듈은 독립적으로 동작하지만, 신체 부위 판별은 순서대로 진행된다. 즉, 머리를 인식하고 나서 엉덩이를 인식한다.

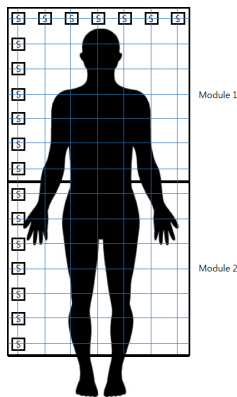


Fig. 2. The configuration of a smart mat

한 개의 모듈은 Fig. 3에 보인 것처럼 7x7 배열의 격자 구조에 배치된 총 49개의 FSR-406 센서로 구성된다. FSR-406 센서 크기는 45mmx45mm이며, 이웃한 상후 좌우 센서와의 간격은 모두 60mm로 균일하다. 따라서 한 개의 모듈이 탐색 가능한 공간은 795mmx795mm이며, 2개의 모듈을 합칠 경우 795mmx1530mm가 된다.

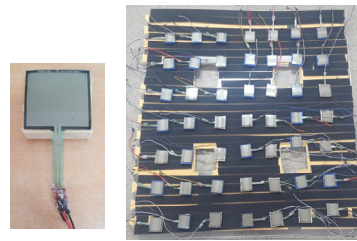


Fig. 3. FSR-406 sensor(left) and the single module

FSR-406 센서의 내구성을 높이기 위해 센서 아래에 45mmx45mmx10mm 크기의 EVA 재질 받침을 별도 제작해 설치하였다.

각 모듈당 2개씩, 총 4개의 아두이노 메가 보드를 설치하여 감지한 압력을 수집하도록 하였다. 측정 결과는 중계기 역할을 담당하는 라즈베리 파이 보드로 보내지며, 정해진 전송주기에 따라 무선 전송 모듈(WiFi 방식)을 거쳐 서버로 전송된다.

2.4 누운 자세 판정 알고리즘

2.4.1 알고리즘 개요

각 모듈별로 감지한 압력은 7x7 내부 배열에 저장된다. 한 변의 길이가 r 인 정사각형 모양의 FSR-406 센서를 셀(cell)이라고 하자. 계층-1 신체 부위를 찾기 위해 신체 특성을 고려한 필터를 적용한다. 필터는 필터에 포함된 셀들의 누적 압력 합을 구하기 위한 것이다.

2x2 필터를 적용할 경우, 필터의 누적 압력 값 $s_{i,j}$ 는 Eq. (1)과 같이 구할 수 있다. $p_{i,j}$ 는 셀(i, j)에서 감지한 압력 값이며, 0~1,023 범위의 값을 갖는다. 가중치 $w_{m,n}$ 는 판별하려는 신체 부위 특성에 따라 가변적이다.

$$s_{i,j} = \sum_{m=n=0}^{m=1,n=1} (p_{i+m,j+n} \times w_{m,n}) \quad (1)$$

Where, $w_{m,n}$ denotes weight.

검색할 행의 개수, 열의 개수가 각각 N_R, N_C 이고, 필터가 $R \times W$ 라면, 필터를 적용해 구할 수 있는 누적 압력 합은 Eq. (2)와 같다.

$$(N_R - R + 1)(N_C - W + 1) \quad (2)$$

Where, N_R and N_C denotes the number of rows and the number of columns, respectively.

정해진 검색 공간에 대해 필터를 적용해 가장 큰 값을 갖는 필터 영역을 해당 신체 부위로 판정한다. 검색 공간

은 신체 부위 특징을 고려해 적절히 제한할 수 있다.

셀 간 수평 및 수직 간격을 각각 w , h 라고 하자. 필터 크기는 행과 열에 포함된 셀의 개수가 기준이 된다. 2×2 필터를 적용할 경우 측정 가능 물리 공간은 $2(r+w) \times 2(r+h)$ 가 된다. $w=h=60\text{mm}$, $r=45\text{mm}$ 이므로, 2×2 필터를 적용했을 때 측정 가능 최대 면적은 $210\text{mm} \times 210\text{mm}$ 이다.

알고리즘의 대략적인 모식도는 Fig. 4와 같다.

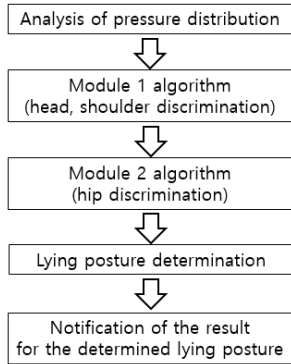


Fig. 4. lying posture discrimination algorithm

2.4.2 신체 부위 판별을 위한 압력 분포 분석

환자가 스마트 매트에 누웠을 때 수평 방향에 비해 시간에 따른 수직 방향의 압력 변화량이 작기 때문에 판별 기준으로 활용하는 데 유리하다.

사람의 신체 부위 중 어깨-허리간 길이는 310mm (여자)~ 330mm (남자)이며, 가슴너비는 270mm (여자)~ 300mm (남자)이다[9]. 따라서, 7×7 배열에 대해 상/하체의 중심부위를 찾기 위해 2×2 크기의 필터가 계층-1에 해당하는 신체 부위를 찾기에 적합하다.

2×2 필터 연산을 적용하여 생성된 6×6 행렬에서 최대 누적 압력 합을 갖는 필터 위치 f_{\max} 를 찾는다. 이어 수평 및 수직 방향 압력 분포 분석을 위해 6×6 행렬에서 행 단위, 열 단위 누적 압력 합 중 최대값을 갖는 r_{\max} 와 c_{\max} 를 각각 구한다.

2.4.3 모듈 1 알고리즘 : 머리, 어깨 판정

2×2 필터 결과로 구한 f_{\max} , r_{\max} 와 c_{\max} 를 사용해 모듈 1(Fig. 2 참조)에 환자가 누워있는 부분이 상체인지, 또는 하체인지를 판별한다. 모듈 1이 환자의 상체로 판별될 경우 계층-1에 해당하는 머리, 어깨 부위를 찾게 되며, 모듈 2에서는 하체에 속한 엉덩이 부위를 찾게 된다.

f_{\max} 에 해당하는 2×2 필터 영역이 r_{\max} 또는 c_{\max} 에 해당하는 행 또는 열과 중복되는지 조사하는 것이다. 한국인의 머리-어깨간 길이는 남자 334mm , 여자 314mm 이다. 따라서, 환자가 정자세로 누웠을 때 어깨 부위는 2~4행에 있을 가능성이 크다.

f_{\max} 영역에 r_{\max} 가 포함되고, $2 \leq r_{\max} \leq 4$ 라면, f_{\max} 가 인식한 신체 부위는 상체 중 어깨 부위로 판별한다. 또한, f_{\max} 필터 영역에 c_{\max} 도 포함된다면, 환자가 정자세로 누워있는 것으로 판별한다.

상체 중 어깨 부위를 판별했기 때문에 머리 부위를 인식해야 한다. 머리 부위를 판별하는 방법은 Fig. 5에 보인 것처럼 f_{\max} 영역을 좌우로 1셀만큼 확장한 다음 상하로 확장해서 감지한 압력이 $th_{head} \geq 500$ 이상인 셀 중 최대값을 갖는 셀을 찾는다.

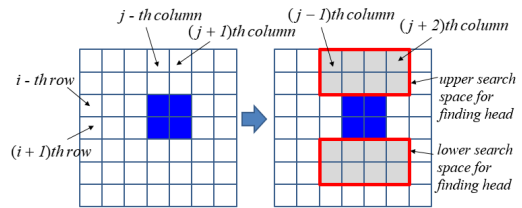


Fig. 5. Extension of search space for finding head

2.4.4 모듈 2 알고리즘 : 하체 판정

2.4.3 절의 모듈 1 알고리즘에서 상체를 인식하였다면 모듈 2에 대해서는 하체에 해당하는 엉덩이 부위를 찾는 알고리즘을 적용한다. 이와 반대로 모듈 1 알고리즘에서 하체를 인식하였다면, 모듈 2에 대해서는 전술한 상체에 해당하는 신체 부위를 찾는 알고리즘을 적용하게 된다. 모듈 1 및 모듈 2 판정 알고리즘은 순차적으로 적용된다.

일반적으로 필터를 사용하지 않고도 해당 모듈이 상체인지 하체인지를 구분하는 것이 가능하다. 하체에 비해 상체의 전체 누적 압력 합(49개 셀의 압력 합)이 크기 때문이다.

모듈 1 알고리즘에서 상체에 해당하는 신체 부위 판별에 실패했다면, 다음 단계로 하체를 판별하는 알고리즘을 적용한다. 따라서, 2×2 필터 적용 결과인 f_{\max} 영역은 허리 및 엉덩이에 해당하는 부위로 판별한다. 하체가 상체 부위 판별과 다른 점은 f_{\max} 영역과 r_{\max} 가 겹치는 행의 위치이다.

2.4.4 자세 판정 알고리즘

계층-1에 속한 머리, 어깨, 엉덩이 부위를 판별하고 나면, 해당 부위에 해당하는 셀 영역간 중복 관계를 조사해서 누운 자세를 판정할 수 있다. 3개의 신체 부위에 해당하는 셀 영역을 상하로 확장했을 때(Fig. 5 참조)에 대해, 좌우로 셀 1개 범위 이내에 있으면 정자세로 누워있는 것으로 판정한다. 만약 왼쪽 또는 오른쪽으로 셀 2개 이상 차가 나면 정자세가 아닌 것으로 판정한다.

한편, 엎드려 누운 자세는 엉덩이 부위의 압력이 뚜렷이 감소하기 때문에($th_{hip} < 500$), 이를 근거로 엎드려 누웠는가를 판별할 수 있다.

2.5 실험 결과

2.5.1 실험 대상자 특징

실험을 위해 Table 2와 같이 BMI 수치 기준으로 실험자를 선정하였다. 정상 체형(25~30), 마른 체형(<25), 및 살찐 체형(>30) 등 세 그룹의 실험자를 포함하였다.

Table 2. the physical characteristics of volunteers

ID	height(cm)	weight(kg)	BMI
A	178	115	36.3(<i>fat</i>)
B	173	81	27.0(<i>normal</i>)
C	175	63	20.5(<i>slim</i>)
D	177	68	21.7(<i>slim</i>)

2.5.2 판별 대상 누운 자세

실험자들이 취한 자세는 Fig. 6과 같이 크게 5가지 (Type A - Type E)로 구분하였다. Fig. 6(a), (b) 누운 자세는 모두 왼쪽을 향하고 있지만, 오른쪽을 향하고 누운 자세도 실험 대상에 포함하였다. Fig. 6(e)의 자유 자세는 정자세로 누운 상태에서 팔, 다리 등 계층-2, 계층-3에 해당하는 신체 부위를 자유롭게 움직인 자세이다. 따라서 Fig.6(e)의 자세는 알고리즘 적용 결과 정자세로 판정하는 것이 올바른 결과이다.

2.5.3 자세 판정 결과

먼저 본 논문에서 제안한 자세 판별 알고리즘이 계층-1에 해당하는 신체 부위, 즉 머리, 어깨, 엉덩이부위 판별 정확도를 측정하였으며, Table 3에 결과를 요약하였다. Table 3에서 X로 표시한 것은 해당 신체 부위의 위치를 정확하게 찾지 못했음을 나타낸다. 머리는 어깨나 엉덩이와 달리 위치 이동이 잦은 편이기 때문에 판별 오

류가 큰 것으로 판단된다. 머리 부위 인식률을 높이기 위한 방법은 베개를 벤 상태로 누운 자세를 측정하는 것이다. 머리 부위 위치의 판별 오류는 BMI 수치가 낮은 마른 체형의 실험자의 경우 Table 4에 보인 것처럼 최종 자세 판정 결과에도 영향을 미침을 알 수 있다.

먼저 Fig.6에 보인 것처럼 베개를 사용한 상태의 측정 결과를 살펴본다. 베개를 사용한 상태에서 측정된 압력 분포를 Fig.7에 나타냈다. 비교를 위해 베개를 사용하지 않았을 때 압력 분포도 나타냈다. 압력이 높을수록 짙은 색으로 표시하였다.

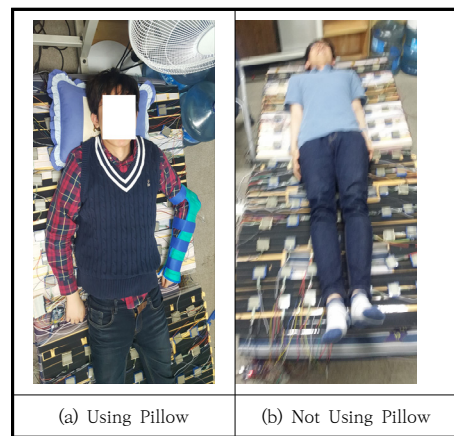


Fig. 6. Experiment with pillow

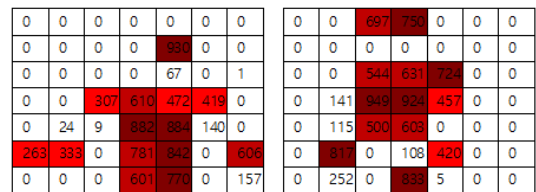


Fig. 7. The pressures distribution with pillow(left) and without pillow(right)

베개를 사용할 경우 머리가 위치한 곳에 높은 압력이 측정되지만, 베개를 사용하지 않을 경우 압력이 분산되어 측정됨을 알 수 있다.

실험에서는 1분당 1회 감지한 압력을 수집해 자세 판별을 하였다. 마른 체형의 실험자의 경우 3~5회 이상 감지한 압력 평균을 활용할 경우 자세 판정 오류를 개선할 수 있었다. 다만 판정에 걸리는 시간이 지연되는 단점이 발생했다.

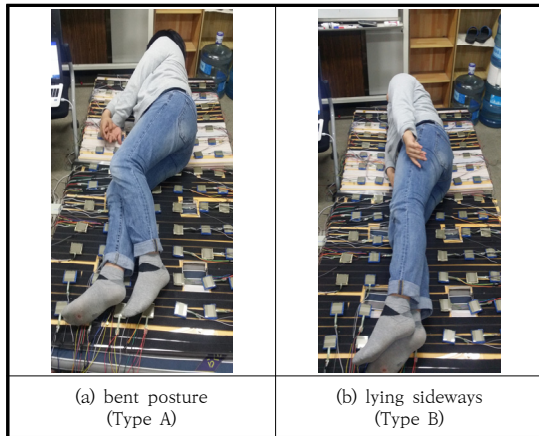


Table 3. The results of body part discrimination with respect to lying postures

ID	body part	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E
A	head	X	X	X	O	O
	shoulder	O	O	O	O	O
	hip	O	O	O	O	O
B	head	X	X	O	O	O
	shoulder	O	O	O	O	O
	hip	O	O	O	O	O
C	head	X	X	O	O	O
	shoulder	O	O	O	O	O
	hip	O	O	O	O	O
D	head	O	O	O	X	O
	shoulder	O	O	O	O	O
	hip	O	O	O	O	O

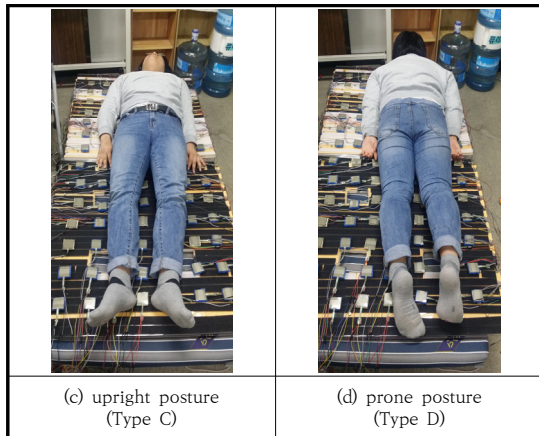


Table 4. The results of lying posture determination with respect to lying postures

ID	BMI	Type A	Type B	Type C	Type D	Type E
A	fat	Type A	Type B	Type C	Type D	Type C
B	normal	Type A	Type B	Type C	Type D	Type C
C	slim	Type C	Type C	Type C	Type D	Type C
D	slim	Type A	Type B	Type C	Type C	Type C



2.5.4 관련 연구와의 비교

본 논문에서는 실험자의 신체 부위 절대 위치를 판정하는 데 비해, 3축 가속도 센서[6] 방식은 실험자의 신체 부위의 상대 위치를 파악하여 자세를 판별한다. 즉 실험자가 3축 가속도 센서[6]를 착용하면, Table 5에 보인 것처럼 상대 위치를 전압 값으로 출력한다. 수면정보를 측정할 모습은 Fig. 9와 같다.

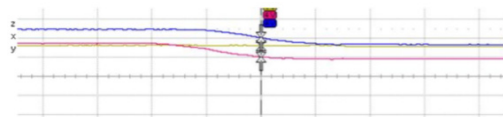


Fig. 9. Experiment Result of 3-axis acceleration sensor (right posture)[6]

Table 5. Experiment Result of 3-axis acceleration sensor[6]

Sensor	Correct value	Left value	Right value	down value
X Axis	1.57V	1.58V	1.61V	1.59V
Y Axis	1.68V	0.89V	2.49V	1.67V
Z Axis	2.47V	1.63V	1.63V	0.83V

Fig. 8. various lying postures to be discriminated

2.5.4 누적 압력 합을 이용한 몸무게 예측

2개 모듈에 감지한 누적 압력 합의 평균값을 사용해 누워있는 환자의 몸무게를 예측해 보았다. 혼자 힘으로는 움직이기조차 힘든 노인 환자의 경우 건강 상태 확인을 위해 몸무게 측정이 필요하기 때문이다.

Table 6. the estimation of weight using the average of the cumulative sum of pressures

ID	exact weight (Kg)	pressure sum(avg.)	estimated weight (Kg)
A	115	227	113.5
B	81	176	88
C	63	150	75
D	68	145	72.5

단일 변수 회귀(regression) 기법을 사용하여 몸무게를 추정해 보았다. 비만인 실험자의 경우 추정 오차가 가장 적었지만, 정상 체형 실험자가 마른 체형 실험자에 비해 오히려 몸무게 추정 오차가 컸다. 향후 환자의 키 등 일부 정보를 추가해 다중 변수 회귀 기법을 적용할 경우 오차를 줄일 수 있을 것으로 예측된다.

3. 결론

본 논문에서는 7x7 격자 구조에 FSR-406 센서를 배치한 2개의 모듈을 조합하여 스마트 매트를 제작하였다. 또한, 이 스마트 매트에 누운 환자의 자세를 판별하기 위해 계층-1에 해당하는 머리, 어깨 및 엉덩이 부위를 인식하는 알고리즘을 개발하였다. 이를 토대로 스마트 매트에 누운 5가지 자세를 판정하는 실험을 진행하였다.

BMI를 기준으로 정상 체형, 살찐 체형 및 마른 체형의 실험자를 대상으로 자세 판정 알고리즘의 정확도를 평가해 본 결과 머리 부위를 제외한 나머지 신체 부위는 자세에 상관없이 정확히 판별해 냄을 확인하였다. 머리 부위 인식률을 높이기 위해서는 베개를 이용하여 머리 부위의 이동을 제한하면 된다.

BMI 수치가 낮은 마른 체형의 실험자의 경우 다른 체형 실험자에 비해 최종 자세 판정 성능이 낮게 측정되었다. 이를 해결하기 위해서는 정확한 압력 분포를 얻는 것이 필요하며, 이를 위해 판정 시간은 다소 지연되더라도 감지한 압력 수집 횟수를 늘리는 것이 필요하다.

References

- Population and Housing Census [Internet]. Statistics Korea, 2016. Available From: <http://www.census.go.kr/> (accessed Mar. 17, 2018)
- J. Lim, M. Gu, "Fall-related Circumstances and Fall Risk Factors among Inpatients with Dementia in Long-term Care Hospital", *Journal of Korean Gerontological Nursing*, Vol.18, No.2, pp.72-83, Aug. 2016. DOI: <https://doi.org/10.17079/jkgn.2016.18.2.72>
- Pressure ulcers get new terminology and staging definitions, *National Pressure Ulcer Advisory Panel(NPUAP)*, Vol.47, Issue.3, pp.68-69, Mar. 2017. DOI: <http://doi.org/10.1097/01.NURSE.0000512498.50808.2b>
- Practice Guidelines for Pressure Ulcers [Internet]. Hospital Nurses Association. 2009. Available From: http://khna.or.kr/web/information/data/khna_guide_ebp02b.pdf(accessed Mar. 17, 2018)
- D.Kim, J. Shim, C. Jeong, S. Ju, "Suggestion of A System for Detection and Control of Sleeping Patterns", *Proceedings of Korean Society for Internet Information*, Apr. 2006.
- D. Shin, A study on measurment sleep berthing and position using Accelerometer", Master thesis, Dankook Univ. 2011.
- load cell vs. force sensor [Internet]. Availble From: <https://www.tekscan.com/resources/whitepaper/load-cell-vs-force-sensor> (accessed Dec. 12, 2018)
- FSR 406 Data Sheet [Internet]. Interlink Electronics, 2016. Available From: <https://www.trossenrobotics.com/productdocs/2010-10-26-datasheet-fsr406-layout2.pdf> (accessed May. 1, 2017)
- Korean body size survey [Internet]. Korea Agency for Technology and Standards, 2015. Available From: <http://sizekorea.kr/> (accessed Feb. 17, 2018)

조민재(Min Jae Cho)

[준회원]



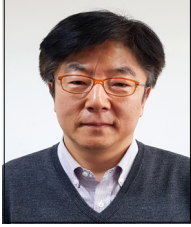
• 2018년 8월 : 인천대학교 정보기술대학원 컴퓨터공학과(공학석사)

<관심분야>

모바일 컴퓨팅, 컴퓨터 하드웨어

홍 윤 식(Youn Sik Hong)

[정회원]



- 1983년 2월 : 한양대학교 공과대학 전자공학과 (공학석사)
- 1989년 2월 : KAIST 전기및전자공학과 (공학박사)
- 1989년 3월 ~ 1991년 7월 : LG 전자(주) 우면연구소 선임연구원
- 1991년 8월 ~ 현재 : 인천대학교 컴퓨터공학부 교수

〈관심분야〉

모바일 컴퓨팅, 기계학습기반 데이터 분석 등