

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0169192

(43) 공개일자 2022년12월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/103 (2006.01) A61B 5/00 (2021.01)

G01G 19/44 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/1036 (2013.01)

A61B 5/6892 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0079299

(22) 출원일자 2021년06월18일

심사청구일자 2021년06월18일

기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

홍윤식

서울특별시 영등포구 의사당대로 127, 102동 200
5호(여의도동, 롯데캐슬엠피아어)

김태환

서울특별시 구로구 개봉로1가길 49, 401호(
개봉동, 금반석시티빌36차)

전원호

서울특별시 강서구 강서로23길 4, 302호(화곡동,
삼인빌라)

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 9 항

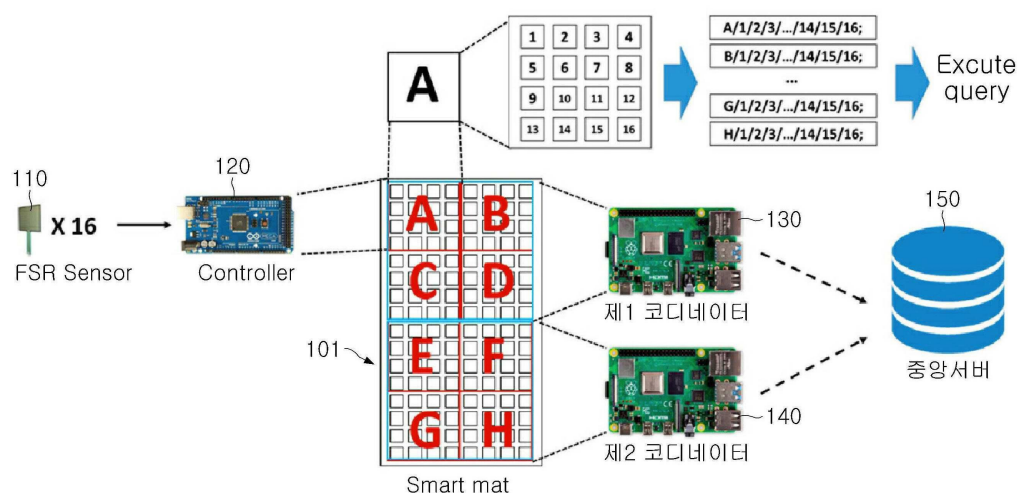
(54) 발명의 명칭 침대에 누운 상태에서 체중을 예측하는 시스템

(57) 요약

침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템은 전체 면적을 4×4 격자 영역으로 구획하여 복수개의 담당 구역으로 형성하고, 각 격자 영역에 압력을 감지하는 FSR(Forec Sensing Resistors) 센서를 복수개 설치하고, 4×4 격자 영역에서 복수의 FSR 센서를 제어하는 컨트롤러를 각 담당 구역에 배치하며, 피험자가 누워 있는 스마트 매트; 상기 각각의 컨트롤러로부터 상기 각각의 FSR 센서에서 수신한 압력값에 식별 정보를 추가하여 수신하는 코디네이터; 및 상기 코디네이터로부터 상기 각각의 FSR 센서의 각 압력값을 수신하여 독립적인 특징 벡터로 사용하고, 상기 복수개의 압력값을 누적하여 계산하고, 상기 계산한 누적 압력값과 상기 피험자의 체중을 학습 데이터로 사용하여 상기 누적 압력값에 대응하는 상기 피험자의 체중을 결과 정보로 생성하여 출력하는 신경망 처리부로 이루어진 중앙 서버를 포함한다.

대표도

100



(52) CPC특허분류

G01G 19/44 (2013.01)

A61B 2503/08 (2013.01)

A61B 2562/0247 (2013.01)

A61B 2562/0252 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

전체 면적을 4×4 격자 영역으로 구획하여 복수개의 담당 구역으로 형성하고, 각 격자 영역에 압력을 감지하는 FSR(Forec Sensing Resistors) 센서를 복수개 설치하고, 4×4 격자 영역에서 복수의 FSR 센서를 제어하는 컨트롤러를 각 담당 구역에 배치하며, 피험자가 누워 있는 스마트 매트;

상기 각각의 컨트롤러로부터 상기 각각의 FSR 센서에서 수신한 압력값에 식별 정보를 추가하여 수신하는 코디네이터; 및

상기 코디네이터로부터 상기 각각의 FSR 센서의 각 압력값을 수신하여 누적 압력값을 계산하고, 상기 피험자의 체중과 상기 계산된 누적 압력값의 상관 관계에 따라 상기 피험자의 체중을 예측하는 중앙 서버를 포함하는 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템.

청구항 2

전체 면적을 4×4 격자 영역으로 구획하여 복수개의 담당 구역으로 형성하고, 각 격자 영역에 압력을 감지하는 FSR(Forec Sensing Resistors) 센서를 복수개 설치하고, 4×4 격자 영역에서 복수의 FSR 센서를 제어하는 컨트롤러를 각 담당 구역에 배치하며, 피험자가 누워 있는 스마트 매트;

상기 각각의 컨트롤러로부터 상기 각각의 FSR 센서에서 수신한 압력값에 식별 정보를 추가하여 수신하는 코디네이터; 및

상기 코디네이터로부터 상기 각각의 FSR 센서의 각 압력값을 수신하여 독립적인 특징 벡터로 사용하고, 상기 복수개의 압력값을 누적하여 계산하고, 상기 계산한 누적 압력값과 상기 피험자의 체중을 학습 데이터로 사용하여 상기 누적 압력값에 대응하는 상기 피험자의 체중을 결과 정보로 생성하여 출력하는 신경망 처리부로 이루어진 중앙 서버를 포함하는 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 중앙 서버는 상기 학습 데이터로 상기 FSR 센서 1에서 상기 FSR 센서 128까지의 압력값(Pressure(FSR_i))을 다음의 수학적 식 1에 의해 나타내는 직렬화 처리부를 더 포함하는 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템.

[수학적 식 1]

$$weight = b + \sum_{i=1}^{128} (w_i \times Pressure(FSR_i))$$

여기서, b는 바이어스(Bias), w는 가중치로 기설정되어 있음.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 중앙 서버는 상기 코디네이터로부터 상기 각각의 FSR 센서의 각 압력값을 수신하여 누적 압력값을 계산하고, 동일한 피험자에 대하여 상기 누적 압력값의 계산을 여러 번 수행하고, 상기 복수의 누적 압력값의 평균값과 이에 해당하는 피험자의 체중을 학습 데이터로 설정하여 상기 평균값에 대응하는 상기 피험자의 체중을 결과 정보로 생성하여 출력하는 신경망 처리부를 더 포함하는 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 중앙 서버는 하기의 수학적 식 2에 의해 동일한 피험자의 3가지 다른 압력값 샘플을 계산하고, 압력값 샘플의 평균값을 계산하여 단일 데이터 세트로 사용하는 평균 누적 처리부를 더 포함하는 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템.

[수학적 식 2]

$$weight = b + 1/3 \times w \times \sum_{j=1}^3 \left(\sum_{i=1}^{128} Pressure(FSR_i^j) \right)$$

여기서, b는 바이어스(Bias), w는 가중치로 기설정되어 있고, FSR_i^j 는 동일한 피험자에 대해 i 번째 FSR 센서 (110)에 의해 j 번째 ($1 \leq j \leq 3$)의 압력값 샘플임.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 중앙 서버는 상기 계산된 평균값을 흑백의 명도로 나타낸 시각화 정보를 생성하여 디스플레이부에 출력하는 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템.

청구항 7

청구항 2에 있어서,

상기 중앙 서버는 상기 스마트 매트에 눕는 피험자의 전신을 머리, 상체, 하체, 팔, 다리의 다섯 부분으로 나누고, 신체 부위에 해당하는 압력값의 누적 합계($f_{body-part}$)를 다음의 수학적 식 3에 의해 계산하고, 5개의 신체 부위의 누적 합계를 다음의 수학적 식 4에 의해 계산하는 세분화 처리부를 더 포함하는 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템.

[수학적 식 3]

$$f_{body-part} = \sum_i pressure(FSR_i), \text{ where } FSR_i \in body-part$$

여기서, 압력값(FSR_i)은 i 번째 FSR 센서에 의해 감지된 압력값임.

[수학적 식 4]

$$weight = b + w_1 \times f_{head} + w_2 \times f_{arms} + w_3 \times f_{legs} + w_4 \times f_{upper-body} + w_5 \times f_{lower-body}$$

여기서, 여기서, fhead은 머리의 압력값, w_1 은 머리 가중치, farms은 팔의 압력값, w_2 는 팔 가중치, flegs은 다리의 압력값, w_3 은 다리 가중치, fupper-body은 상체의 압력값, w_4 는 상체 가중치, flower-body은 하체의 압력값, w_5 는 하체 가중치이고, 가중치들은 기설정되어 있음.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 중앙 서버는 하기의 수학적 식 5를 이용하여 상기 각각의 FSR 센서의 각 압력값을 수신하여 누적 압력값을 계산하는 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템.

[수학식 5]

$$weight = b + w \times \left(\sum_{i=1}^{128} Pressure(FSR_i) \right)$$

여기서, b는 바이어스(Bias), w는 가중치로 기설정되어 있음.

청구항 9

청구항 2에 있어서,

상기 중앙 서버는 상기 학습 데이터로 상기 FSR 센서 1에서 상기 FSR 센서 128까지의 압력값(Pressure(FSR_i))을 다음의 수학식 6에 의해 나타내는 직렬화 처리부;

하기의 수학식 7에 의해 동일한 피험자의 3가지 다른 압력값 샘플을 계산하고, 압력값 샘플의 평균값을 계산하여 단일 데이터 세트에 사용하는 평균 누적 처리부; 및

상기 스마트 매트에 눕는 피험자의 전신을 머리, 상체, 하체, 팔, 다리의 다섯 부분으로 나누고, 신체 부위에 해당하는 압력값의 누적 합계($f_{body-part}$)를 다음의 수학식 8에 의해 계산하고, 5개의 신체 부위의 누적 합계를 다음의 수학식 9에 의해 계산하는 세분화 처리부를 더 포함하고,

상기 중앙 서버는 상기 직렬화 처리부의 직렬화 모델, 상기 평균 누적 처리부의 평균 누적 합계 모델, 상기 세분화 처리부의 세분화 모델을 제공하고, 각 모델에 회귀 방법, 딥 신경망(DNN), 컨볼루션 신경망(CNN), 랜덤 포레스트의 4가지 기계 학습 모델을 사용하여 성능을 비교한 후, 성능 지표가 가장 좋은 모델과 기계 학습 모델을 선택하여 피험자의 체중을 예측하는 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템.

[수학식 6]

$$weight = b + \sum_{i=1}^{128} (w_i \times Pressure(FSR_i))$$

여기서, b는 바이어스(Bias), w는 가중치로 기설정되어 있음

[수학식 7]

$$weight = b + 1/3 \times w \times \sum_{j=1}^3 \left(\sum_{i=1}^{128} Pressure(FSR_i^j) \right)$$

여기서, b는 바이어스(Bias), w는 가중치로 기설정되어 있고, FSR_i^j 는 동일한 피험자에 대해 i 번째 FSR 센서 (110)에 의해 j 번째($1 \leq j \leq 3$)의 압력값 샘플임

[수학식 8]

$$f_{body-part} = \sum_i pressure(FSR_i), \text{ where } FSR_i \in body-part$$

여기서, 압력값(FSR_i)은 i 번째 FSR 센서에 의해 감지된 압력값임.

[수학식 9]

$$weight = b + w_1 \times f_{head} + w_2 \times f_{arms} + w_3 \times f_{legs} + w_4 \times f_{upper-body} + w_5 \times f_{lower-body}$$

여기서, 여기서, fhead은 머리의 압력값, w_1 은 머리 가중치, farms은 팔의 압력값, w_2 는 팔 가중치, flegs은 다리의 압력값, w_3 은 다리 가중치, fupper-body은 상체의 압력값, w_4 는 상체 가중치, flower-body은 하체의 압력값, w_5 는 하체 가중치이고, 가중치들은 기설정되어 있음.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 침대에 누운 상태에서 체중을 예측하는 시스템에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 사람이 누워 있는 상태에서 압력값에 따라 사람의 체중을 예측하는 침대에 누운 상태에서 체중을 예측하는 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 유엔 기준에는 65세 이상의 인구의 7%를 고령화 사회로 분류하고, 14%를 고령 사회로 분류한다.
- [0003] 한국은 2019년에 65세 이상의 인구 비율이 14.9%에 달하는 고령화 사회로 분류되었으며, 고령자 수가 매우 빠르게 증가하고 있다. 이러한 추세에 따라 노인 병원, 노인 요양원 등 시설의 수가 증가하고 있지만, 간호사, 간병인 등 전문 인력은 매우 부족한 실정이다.
- [0004] 60세 이후에는 평균 체중이 감소하는 경향이 있다. 최근 연구에 따르면, 노인의 낮은 체질량 지수와 체중 감소는 모두 후속 사망률의 강력한 예측 인자이다.
- [0005] 이러한 이유로 노인 병원과 노인 요양원은 환자의 건강 상태를 확인하기 위해 하루에 한 번 모든 환자의 체중을 측정하고 기록해야 한다. 그러나 스스로 움직일 수 없는 노인 환자의 경우, 일반 체중계로 체중을 측정하기가 어렵다. 따라서, 간병인은 체중을 측정하기 위해서 노인 환자를 부축하여 체중을 측정할 수 있는 장소로 이동해야 하므로 시간과 노력이 많이 소요되며, 병원에서 많은 환자를 매일 측정해야 하는 경우, 현실적으로 체중 측정을 자주 못하는 문제점이 발생한다.
- [0006] 또한, 장애가 있는 노인 환자는 휠체어에 옮겨서 체중을 측정하는 장소로 이동하거나 거동이 불편한 사람의 체중을 측정하기 위한 특별한 저울을 사용해야 하는 등 체중 측정에 어려운 문제들이 많다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 등록특허번호 제10-1880569호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 본 발명은 무의식 상태에서 최소 오차 범위 내에서 사람이 누워 있는 상태에서 압력값에 따라 사람의 체중을 예측하는 침대에 누운 상태에서 체중을 예측하는 시스템을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템은,
- [0010] 전체 면적을 4×4 격자 영역으로 구획하여 복수개의 담당 구역으로 형성하고, 각 격자 영역에 압력을 감지하는 FSR(Force Sensing Resistors) 센서를 복수개 설치하고, 4×4 격자 영역에서 복수의 FSR 센서를 제어하는 컨트롤러를 각 담당 구역에 배치하며, 피험자가 누워 있는 스마트 매트;
- [0011] 상기 각각의 컨트롤러로부터 상기 각각의 FSR 센서에서 수신한 압력값에 식별 정보를 추가하여 수신하는 코디네이터; 및
- [0012] 상기 코디네이터로부터 상기 각각의 FSR 센서의 각 압력값을 수신하여 누적 압력값을 계산하고, 상기 피험자의

체중과 상기 계산된 누적 압력값의 상관 관계에 따라 상기 피험자의 체중을 예측하는 중앙 서버를 포함한다.

- [0014] 본 발명의 특징에 따른 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템은,
- [0015] 전체 면적을 4×4 격자 영역으로 구획하여 복수개의 담당 구역으로 형성하고, 각 격자 영역에 압력을 감지하는 FSR(Forec Sensing Resistors) 센서를 복수개 설치하고, 4×4 격자 영역에서 복수의 FSR 센서를 제어하는 컨트롤러를 각 담당 구역에 배치하며, 피험자가 누워 있는 스마트 매트;
- [0016] 상기 각각의 컨트롤러로부터 상기 각각의 FSR 센서에서 수신한 압력값에 식별 정보를 추가하여 수신하는 코디네이터; 및
- [0017] 상기 코디네이터로부터 상기 각각의 FSR 센서의 각 압력값을 수신하여 독립적인 특징 벡터로 사용하고, 상기 복수개의 압력값을 누적하여 계산하고, 상기 계산한 누적 압력값과 상기 피험자의 체중을 학습 데이터로 사용하여 상기 누적 압력값에 대응하는 상기 피험자의 체중을 결과 정보로 생성하여 출력하는 신경망 처리부로 이루어진 중앙 서버를 포함한다.

발명의 효과

- [0018] 전술한 구성에 의하여, 본 발명은 침대에 누워서 사람의 체중을 예측할 수 있어 장애가 있거나 몸이 불편한 노인 환자들의 체중 측정을 편리하게 수행할 수 있어 환자의 건강 상태를 유지하는데 획기적인 도움을 받을 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 침대에 누운 상태에서 체중을 예측하는 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 중앙 서버의 내부 구성을 간략하게 나타낸 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 피험자가 스마트 매트에 누운 상태를 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 압력값에 따라 다른 색상으로 표시한 모습을 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 피험자의 체중과 누적 압력값 합계 사이의 상관 관계를 나타낸 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 동일한 피험자에서 3개의 샘플의 압력 분포에 대한 그레이 스케일 이미지를 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 세분화 모델을 적용하기 전에 압력값 분포를 나타낸 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 5개의 신체 부위를 구별한 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 평균값을 흑백의 명도로 나타낸 시각화 정보를 나타낸 도면이다.
- 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 4개의 기계 학습 모델의 성능 지표인 MAE와 RMSE를 나타낸 도면이다.
- 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 피험자의 체중과 기계 학습 모델로 예측한 체중의 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0021] 본 발명의 침대에 누운 상태에서 체중을 측정하는 시스템은 무의식 상태에서 최소 오차 범위 내에서 침대에 누워 있는 환자의 체중을 예측하는 방법을 제공한다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 침대에 누운 상태에서 체중을 예측하는 시스템의 구성을 나타낸 도면이다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 침대에 누운 상태에서 체중을 예측하는 시스템(100)은 의료용 침대인 스마트 매트(101)와, 스마트 매트(101)에 설치된 FSR(Forec Sensing Resistors) 센서(110)와, 8개의 컨트롤러(120), 제1 코디네이터(Coordinator)(130), 제2 코디네이터(Coordinator)(140) 및 중앙 서버(150)를 포함한다.
- [0024] FSR 센서(110)는 압력이 가해지면 저항값이 줄어드는 원리를 이용하여 힘이나 압력을 감지하는 센서이다. FSR

센서(110)는 너비와 높이가 모두 43.69mm인 사각형 모양의 FSR-406 센서 세트를 사용한다.

- [0025] 스마트 매트(101)는 전체 면적을 4×4 격자 영역으로 구획하여 복수개의 담당 구역으로 형성하고, 각 격자 영역에 압력을 감지하는 FSR(Forec Sensing Resistors) 센서(110)를 복수개 설치하고, 4×4 격자 영역에서 복수의 FSR 센서(110)를 제어하는 컨트롤러(120)를 각 담당 구역에 배치하며, 피험자가 누워 있는 매트이다.
- [0026] 스마트 매트(101)는 사람이 누워 있는 매트로서 16×8 격자 영역에 128개의 FSR 센서(110)가 배치되어 있다.
- [0027] 각각의 FSR 센서(110) 사이의 간격은 수직 방향으로 63mm, 수평 방향으로 80mm이다.
- [0028] 스마트 매트(101)는 전체 면적을 4×4 격자 영역으로 구획하여 A, B, C, D, E, F, G, H 담당 구역으로 형성하고, 각 격자 영역에 16개의 FSR 센서(110)를 설치하며, 4×4 격자 영역에서 복수의 FSR 센서(110)를 제어하는 컨트롤러(120)를 각 담당 구역에 배치한다.
- [0029] 각각의 컨트롤러(120)는 아두이노 메가 보드로 16개의 FSR 센서(110)를 제어하는 기능을 담당한다.
- [0030] 제1 코디네이터(130)는 A, B, C, D 담당 구역의 4개의 컨트롤러(120)와 데이터 송수신하여 각각의 컨트롤러(120)를 제어한다. 4개의 컨트롤러(120)는 USB 직렬을 통해 해당 제1 코디네이터(130)에 연결된다.
- [0031] 제2 코디네이터(140)는 E, F, G, H 담당 구역의 4개의 컨트롤러(120)와 데이터 송수신하여 각각의 컨트롤러(120)를 제어한다. 4개의 컨트롤러(120)는 USB 직렬을 통해 해당 제2 코디네이터(140)에 연결된다.
- [0032] 제1 코디네이터(130)와 제2 코디네이터(140)는 1.4 GHz 64비트 쿼드코어 프로세스와 라즈베리 PI 모델을 사용하여 구현된다.
- [0033] 각각의 컨트롤러(120)는 USB 직렬을 통해 제1 코디네이터(130)와 제2 코디네이터(140)와 연결되어 있기 때문에 제1 코디네이터(130)와 제2 코디네이터(140)에 탑재된 전원이 공급된다.
- [0034] 제1 코디네이터(130)와 제2 코디네이터(140)는 20,000mAh 용량의 배터리가 전원 공급 장치로 사용되고, 이외에 안정적인 전원 공급을 위해 전원 콘센트에 연결할 수도 있다.
- [0035] 각각의 컨트롤러(120)는 ATmega 2560과 아두이노 메가 보드를 사용하여 구현된다.
- [0036] 각각의 컨트롤러(120)는 각각의 FSR 센서(110)에서 수신한 압력값에 식별 정보를 추가하여 제1 코디네이터(130) 또는 제2 코디네이터(140)로 전송한다.
- [0037] FSR 센서(110)의 압력값은 일정한 간격(예를 들어, 2초)마다 샘플링되고, 일정 횟수에 걸쳐 연속적으로 0이면 해당 FSR 센서(110)에 오류가 발생한 것으로 판단한다.
- [0038] 제1 코디네이터(130)와 제2 코디네이터(140)는 각각의 FSR 센서(110)가 감지한 원시 데이터인 압력값을 로컬 메모리에 일시적으로 저장된다.
- [0039] 제1 코디네이터(130)와 제2 코디네이터(140)는 각각의 컨트롤러(120)가 전송한 데이터 프레임을 해당 SQL Insert 문으로 변환하여 무선 랜 통신을 통해 중앙 서버로 전송한다.
- [0041] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 중앙 서버의 내부 구성을 간략하게 나타낸 블록도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 피험자가 스마트 매트에 누운 상태를 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 압력값에 따라 다른 색상으로 표시한 모습을 나타낸 도면이고, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 피험자의 체중과 누적 압력값 합계 사이의 상관 관계를 나타낸 도면이고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 동일한 피험자에서 3개의 샘플의 압력 분포에 대한 그레이 스케일 이미지를 나타낸 도면이다.
- [0042] 본 발명의 실시예에 따른 중앙 서버(150)는 데이터베이스부(151), 서버 제어부(152), 통신부(152a), 세분화 처리부(153), 평균 누적 처리부(154), 직렬화 처리부(155), 디스플레이부(156), 신경망 처리부(157), 딥러닝 학습부(158), 판별부(159), 학습부(159a)를 포함한다.
- [0043] 서버 제어부(152)는 제1 코디네이터(130)와 제2 코디네이터(140)로부터 각각의 FSR 센서(110)가 감지한 각 압력값을 통신부(152a)을 통해 수신한다.
- [0044] 서버 제어부(152)는 SQL 문을 실행하여 각각의 FSR 센서(110)의 압력값을 데이터베이스부(151)에 저장한다.
- [0045] 서버 제어부(152)는 제1 코디네이터(130)와 제2 코디네이터(140)로부터 수신된 압력 데이터를 데이터베이스부

(151)에 삽입하는 SQL 삽입문이 터미널 애플레이터를 사용하여 로그 형식으로 표시된다.

- [0046] 서버 제어부(152)는 내장된 시각화 프로그램을 통해 압력값에 따라 노란색(약한 압력)에서 빨간색(강한 압력)까지 다른 색상을 사용하여 16×8 그리드 영역에 각각 표시하여 디스플레이부(156)를 통해 출력한다(도 4).
- [0047] 색상을 결정하는 기준 압력값은 서버 제어부(152)에서 미리 설정할 수 있고, 변경할 수도 있다.
- [0048] 서버 제어부(152)는 5초 간격으로 동일한 피험자에 대해 3개의 연속 샘플을 얻은 후, 데이터를 서로 비교하여 특이치를 제거한다.
- [0049] 서버 제어부(152)는 피험자가 스마트 매트(101)에 누워 있는 동안 샘플링한 압력값을 전처리를 통해 이상값을 제거한 후, CSV(Comma Separated Variables) 형식으로 데이터베이스부(151)에 저장한다.
- [0050] 서버 제어부(152)는 모든 압력값을 왼쪽 상단의 FSR 센서(110)의 압력값에서 시작하여 오른쪽 하단의 FSR 센서(110)의 압력값까지 한 행씩 순차적으로 데이터베이스부(151)에 저장한다.
- [0051] 도 5에 도시된 바와 같이, 피험자의 체중과 누적 압력값 합계 사이의 상관 관계를 보여준다. 피험자의 체중 범위는 56.3 내지 89.4kg이다.
- [0052] 도 6에 도시된 바와 같이, 체중이 64.8kg인 동일한 피험자에서 3개의 샘플의 압력 분포에 대한 그레이 스케일 이미지를 나타낸 것이다.
- [0053] 일반적으로 머리, 어깨, 엉덩이가 튀어 나온 부분이며, 이러한 신체 부분의 압력은 다른 부분보다 더 강하게 측정된다. 팔과 다리에서 감지되는 압력은 머리, 어깨, 엉덩이보다 약하고, 압력 분포에 명확하게 반영되지 않는다. 표 1은 체중과 누적 압력 합계의 표준 편차, 평균, 최소값 및 최대값을 나타낸다.
- [0054] 도 5와 같이, 서버 제어부(152)는 압력값이 체중 합계 사이에 상관 관계에 따라 피험자의 체중을 예측한다(기본 모델). 이러한 기본 모델은 다음의 수학적 식 1로 공식화 할 수 있다.

수학적 식 1

$$weight = b + w \times \left(\sum_{i=1}^{128} Pressure(FSR_i) \right)$$

- [0055]
- [0056] 여기서, b는 바이어스(Bias), w는 가중치로 기설정되어 있다.
- [0057] 서버 제어부(152)는 코디네이터(130, 140)로부터 각각의 FSR 센서(110)의 각 압력값을 수신하여 누적 압력값을 계산하고, 피험자의 체중과 계산된 누적 압력값의 상관 관계에 따라 피험자의 체중을 예측한다.
- [0058] 서버 제어부(152)는 세분화 모델, 평균 누적 합계 모델, 직렬화(Serialization) 모델을 이용하여 피험자의 체중을 예측할 수 있다.
- [0059] 세분화(Segmentation) 모델은 측정된 압력값에 따라 5가지 신체 부위(머리, 상체, 하체, 팔, 다리)의 압력값을 누적한 합을 체중 예측의 특징으로 사용한다.
- [0060] 평균 누적 합계 모델은 피험자 당 3회 측정된 평균 누적 압력값의 합계를 사용하여 체중을 예측한다.
- [0061] 동일한 피험자가 스마트 매트(101)에 누워 있을 때 누적 압력값 합계는 도 6에 도시된 바와 같이, 5259, 4200, 5309이고, 평균은 4949.7이며, 표준 편차는 652.5이다.
- [0062] 평균값을 학습 데이터로 사용하면, 측정 데이터의 품질이 향상되고, 데이터 세트의 크기는 1/3으로 줄어든다.
- [0063] 직렬화(Serialization) 모델은 128개의 FSR 센서(110)에서 감지된 각 압력값을 독립적인 기능으로 사용하는 모델을 구성하는 방법이다.
- [0064] 서버 제어부(152)는 하나의 속성인 압력의 누적 합을 가진 가중치의 선형 모델을 선택한다. 4개의 기계 학습 모델에 대한 성능 평가 결과를 요약하면 다음의 표 1과 같다.

표 1

Model	MAE	RMSE
DNN	6.075	7.131
Regression	6.001	7.130
Random forest	6.873	8.042
CNN	6.526	7.682

[0065]

[0066]

이러한 모델들 간에는 성능에 큰 차이가 없으며, 회귀 모델과 DNN 모델은 거의 동일한 성능을 보여주었다.

[0068]

세분화(Segmentation) 모델

[0069]

도 5는 직선 형태로 선형 회귀 모델의 결과이고, 전술한 수학적 식 1의 바이어스(Bias)와 가중치(w)는 각각 0.0087과 29.4266이다.

[0070]

FSR 센서(110)가 감지한 압력값 분포를 기반으로 스마트 매트(101)에 놓는 피험자의 전신은 머리, 상체, 하체, 팔, 다리의 다섯 부분으로 나눈다.

[0071]

상체는 어깨를 기준으로 식별하고, 하체는 복부와 엉덩이를 기준으로 식별한다. 세분화 처리부(153)는 신체 부위에 해당하는 압력값의 누적 합계($f_{body-part}$)를 다음의 수학적 식 2와 같다.

수학적 식 2

$$f_{body-part} = \sum_i pressure(FSR_i), \text{ where } FSR_i \in body-part$$

[0072]

압력값(FSR_i)은 i번째 FSR 센서(110)에 의해 감지된 압력값을 나타낸다.

[0074]

세분화 처리부(153)는 5개의 신체 부위의 누적 합계를 특징으로 사용하여 하기의 수학적 식 3으로 구성된다.

수학적 식 3

$$weight = b + w_1 \times f_{head} + w_2 \times f_{arms} + w_3 \times f_{legs} + w_4 \times f_{upper-body} + w_5 \times f_{lower-body}$$

[0075]

여기서, fhead은 머리의 압력값, w_1 은 머리 가중치, farms은 팔의 압력값, w_2 는 팔 가중치, flegs은 다리의 압력값, w_3 은 다리 가중치, fupper-body은 상체의 압력값, w_4 는 상체 가중치, flower-body은 하체의 압력값, w_5 는 하체 가중치이다. 가중치들은 기설정되어 있다.

[0077]

도 7은 세분화 모델을 적용하기 전에 압력값 분포를 나타낸다.

[0078]

도 8은 5개의 신체 부위를 구별한 결과를 나타낸다.

[0079]

도 8에서 머리, 상체, 하체, 팔, 다리는 각각 빨간색, 파란색, 주황색, 녹색 및 노란색으로 표시된다.

[0080]

서버 제어부(152)는 세분화 모델을 적용하기 전에 압력 분포를 생성하여 디스플레이부(156)를 통해 출력한다(도 7).

[0081] 서버 제어부(152)는 5개의 신체 부위의 누적 합계를 신체 부위별로 압력값에 따라 색깔을 다르게 하여 디스플레이부(156)를 통해 출력한다(도 8).

[0082] 신경망 처리부(157)는 세분화 처리부(153)에서 계산한 압력값을 수신하여 입력되면, 압력값에 대응하는 피험자의 체중 정보를 생성하여 출력할 수 있다.

[0084] 평균 누적 합계 모델

[0085] 평균 누적 처리부(153)는 하기의 수학식 4와 수학식 5를 이용하여 동일한 피험자의 3가지 다른 압력값 샘플을 계산하고, 압력값 샘플의 평균값을 계산하여 단일 데이터 세트로 사용한다.

수학식 4

$$weight = b + w \times \sum_{i=1}^{128} (1/3 \times \sum_{j=1}^3 Pressure(FSR_i^j))$$

[0086]

수학식 5

$$weight = b + 1/3 \times w \times \sum_{j=1}^3 (\sum_{i=1}^{128} Pressure(FSR_i^j))$$

[0087]

[0088] 여기서, b는 바이어스(Bias), w는 가중치로 기설정되어 있고, FSR_i^j 는 동일한 피험자에 대해 i 번째 FSR 센서(110)에 의해 j 번째($1 \leq j \leq 3$)의 압력값 샘플이다.

[0089] 서버 제어부(152)는 계산된 평균값을 흑백의 명도로 나타낸 시각화 정보를 생성하여 디스플레이부(156)에 출력한다(도 9). 도 9는 영상이 밝을수록 압력 강도가 더 강해진다. 도 9의 왼쪽은 88.4kg이고, 도 9의 오른쪽은 89.4kg이다.

[0091] 직렬화(Serialization) 모델

[0092] 직렬화 처리부(155)는 모든 FSR 센서(110)에서 감지된 압력값을 독립적인 특징 벡터로 사용한다. 특징 벡터들은 FSR 센서 1에서 FSR 센서 128까지의 압력값들을 순서대로 사용한다.

[0093] 직렬화 처리부(155)는 FSR 센서 1에서 FSR 센서 128까지의 압력값을 다음의 수학식 6에 의해 나타낼 수 있다.

수학식 6

$$weight = b + \sum_{i=1}^{128} (w_i \times Pressure(FSR_i))$$

[0094]

[0095] 따라서, FSR 센서(110)를 사용하여 감지된 128개의 압력값이 학습 데이터에 포함된다. 앞서 언급했듯이 128개의 FSR 센서(110) 중 75% 이상이 감지한 값이 0이거나, 임계값 미만이므로 기능에 실제로 반영되는 센서수는 20% 미만이다. 표 2에서 보는 바와 같이 DNN 모델을 이용하여 직렬화 방식을 구현한 결과가 가장 좋다.

표 2

Model	MAE	RMSE
DNN	4.608	5.796
Regression	10.307	14.000
Random forest	7.390	8.590
CNN	5.712	6.990

[0096]

[0097]

서버 제어부(152)는 스마트 매트(101)에 누워 있는 사람의 체중을 추정하기 위해 기본 모델, 세분화 모델, 평균 누적 합계 모델, 직렬화 모델의 방법을 제공하고, 각 모델에 회귀 방법, 딥 신경망(DNN), 컨볼루션 신경망(CNN), 랜덤 포레스트의 4가지 기계 학습 모델을 사용하여 성능을 비교한다.

[0098]

서버 제어부(152)는 성능 지표가 가장 좋은 모델과 기계 학습 모델을 선택하여 피험자의 체중을 예측할 수 있다.

[0101]

도 10에 도시된 바와 같이, 성능 지표는 공지된 MAE(Mean Absolute Error) 및 RMSE(Root Mean Squared Error)를 사용하였다. MAE는 실제 관측값과 회귀식으로 예측한 값 차이를 제곱 합이 아닌 절대값의 합을 해준 것이고, RMSE는 MSE에 루트를 씌워준 값이다.

[0102]

도 10의 (a)와 도 10의 (b)는 각각 MAE 및 RMSE를 평가 기준으로 사용한다.

[0103]

도 10과 같이, 서버 제어부(152)는 성능을 비교한 결과, DNN을 기반으로 한 직렬화 모델이 가장 좋은 성능을 나타내어 스마트 매트(101)에 누워있는 사람의 체중 예측에 적용한다.

[0104]

도 11은 피험자의 체중과 기계 학습 모델로 예측한 체중의 결과를 나타낸 도면이다.

[0105]

기본 모델, 세분화 모델, 평균 누적 합계 모델, 직렬화 모델은 신경망 처리부(157)에 의해 기계 학습 모델을 적용할 수 있다.

[0107]

신경망 처리부(157)는 딥러닝 학습부(158), 판별부(159) 및 학습부(159a)를 포함한다.

[0108]

서버 제어부(152)는 딥러닝 학습부(158), 판별부(159) 및 학습부(159a)에 전기적으로 연결되어 있다.

[0109]

제1 실시예로서, 신경망 처리부(157)는 각각의 FSR 센서(110)의 각 압력값을 수신하여 입력되면, 압력값에 대응하는 피험자의 체중 정보를 생성하여 출력할 수 있다.

[0110]

제2 실시예로서, 신경망 처리부(157)는 각각의 FSR 센서(110)의 각 압력값을 수신하여 누적 압력값을 계산하고, 계산한 누적 압력값에 대응하는 피험자의 체중 정보를 생성하여 출력할 수 있다.

[0111]

서버 제어부(152)는 각각의 FSR 센서(110)의 각 압력값과, 누적 압력값, 피험자의 체중을 딥러닝 기법으로 학습하여 각각의 압력값에 따른 피험자의 체중 데이터를 데이터베이스화하여 저장하고 있다.

[0112]

딥러닝 학습부(158)는 누적 압력값과 피험자의 체중 정보를 학습 데이터로 이용하여 신경망을 통해 학습시킬 수 있다.

[0113]

딥러닝 학습부(158)는 학습 데이터로부터 특징값을 검출할 수 있으며, 누적 압력값에 기초하여 신경망에 적용되는 연결 가중치를 조정할 수 있다. 딥러닝 학습부(158)는 신경망의 출력층에서 생성된 출력값과 학습 데이터에 대한 원하는 기대 값을 비교하여 오류를 계산하고, 오류를 줄이는 방향으로 신경망의 인식 모델에 적용되는 연결 가중치를 조정할 수 있다.

[0114]

딥러닝 학습부(158)는 미리 설정된 반복 횟수에 기초하여 신경망이 학습 데이터에 포함된 누적 압력값과 피험자

의 체중에 대한 학습을 반복적으로 수행하도록 제어할 수 있다.

- [0115] 학습된 신경망은 누적 압력값과 이에 대응하는 피험자의 체중 정보를 인식하는데 활용될 수 있다.

[0116] 딥러닝 학습부(158)는 입력층, 히든층 및 출력층으로 구성되어 임피던스값을 입력층에 입력시키고, 입력된 누적 압력값과 이에 대응하는 피험자의 체중 정보를 출력층으로 출력되도록 신경망을 학습시킬 수 있다.

[0117] 딥러닝 학습부(158)는 데이터베이스부(151)로부터 수신한 학습 데이터인 누적 압력값에서 특징값을 검출하고, 특징값을 이용하여 신경망을 학습시킬 수 있다.

[0118] 다시 말해, 딥러닝 학습부(158)는 누적 압력값으로부터 특징 벡터들을 검출하고, 검출된 특징 벡터들을 이용하여 신경망을 학습시킬 수 있다.

[0119] 판별부(159)는 딥러닝 학습부(158)로부터 신경망의 인식 모델을 수신하여 저장하고, 세분화 처리부(153), 평균 누적 처리부(154), 직렬화 처리부(155)로부터 누적 압력값을 수신하고, 신경망의 인식 모델을 이용하여 입력된 누적 압력값과 비교하여 피험자의 체중 정보를 판별한다.

[0120] 판별부(159)는 수신한 누적 압력값을 양자화하여 특징값들을 추출하고, 추출된 특징값들을 딥러닝 학습부(158)에서 학습된 학습 데이터의 특징 벡터들과 비교하여 누적 압력값과 이에 대응하는 피험자의 체중 정보를 서버 제어부(152)로 전송한다.

[0121] 학습부(159a)는 서버 제어부(152)의 제어에 따라 누적 압력값이 판별되지 않는 경우, 새로운 누적 압력값으로 신경망의 인식 모델을 이용하여 학습하도록 제어할 수 있다.

[0122] 서버 제어부(152)는 데이터베이스부(151)로부터 복수의 누적 압력값을 수신하여 신경망 처리부(157)로 전송하고, 신경망 처리부(157)로부터 출력값으로 피험자의 체중 정보를 수신한다.

[0124] 서버 제어부(152)는 학습 데이터로 FSR 센서 1에서 상기 FSR 센서 128까지의 압력값(Pressure(FSR_i))을 전술한 수학적 식 6에 의해 나타내는 직렬화 처리부(155)와,

[0125] 전술한 수학적 식 5에 의해 동일한 피험자의 3가지 다른 압력값 샘플을 계산하고, 압력값 샘플의 평균값을 계산하여 단일 데이터 세트에 사용하는 평균 누적 처리부(154)와, 스마트 매트(101)에 놓는 피험자의 전신을 머리, 상체, 하체, 팔, 다리의 다섯 부분으로 나누고, 신체 부위에 해당하는 압력값의 누적 합계($\sum \text{body-part}$)를 전술한 수학적 식 2에 의해 계산하고, 5개의 신체 부위의 누적 합계를 전술한 수학적 식 3에 의해 계산하는 세분화 처리부(153)를 포함한다.

[0127] 서버 제어부(152)는 기본 모델, 직렬화 처리부(155)의 직렬화 모델, 평균 누적 처리부(154)의 평균 누적 합계 모델, 세분화 처리부(153)의 세분화 모델을 제공하고, 각 모델에 회귀 방법, 딥 신경망(DNN), 컨볼루션 신경망(CNN), 랜덤 포레스트의 4가지 기계 학습 모델을 사용하여 성능을 비교한 후, 성능 지표가 가장 좋은 모델과 기계 학습 모델을 선택하여 피험자의 체중을 예측할 수 있다.

[0128] 이상에서 본 발명의 실시예는 장치 및/또는 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하기 위한 프로그램, 그 프로그램이 기록된 기록 매체 등을 통해 구현될 수도 있으며, 이러한 구현은 앞서 설명한 실시예의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야의 전문가라면 쉽게 구현할 수 있는 것이다.

[0129] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

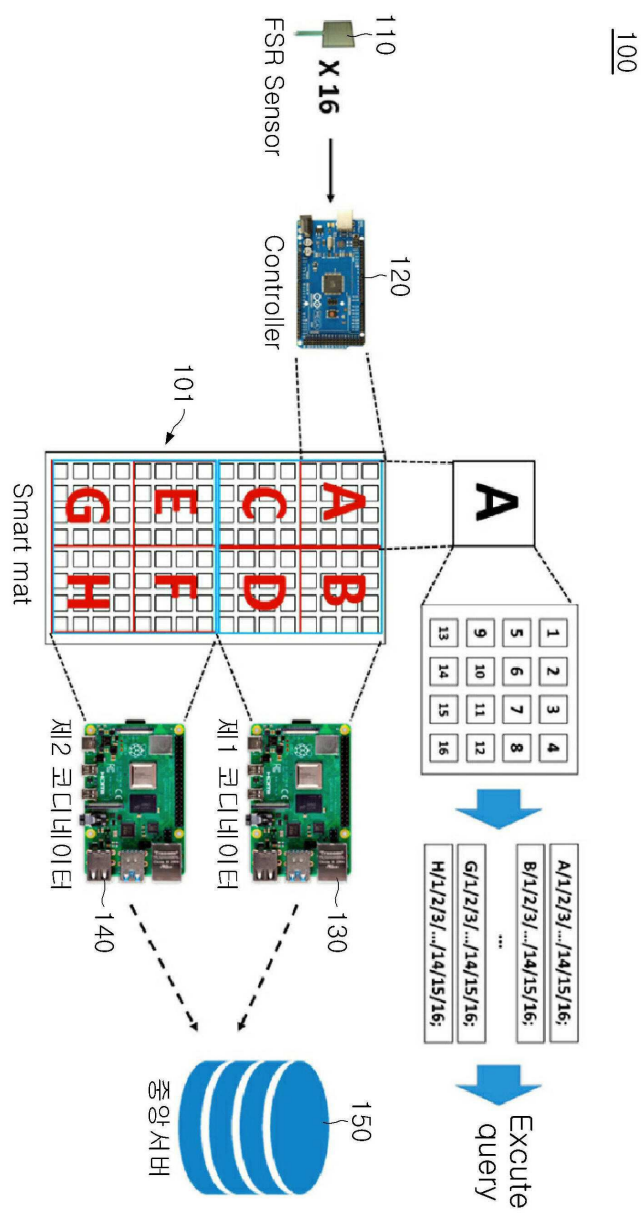
부호의 설명

- | | | |
|--------|-------------|-------------|
| [0130] | 100: 시스템 | 101: 스마트 매트 |
| | 110: FSR 센서 | 120: 컨트롤러 |

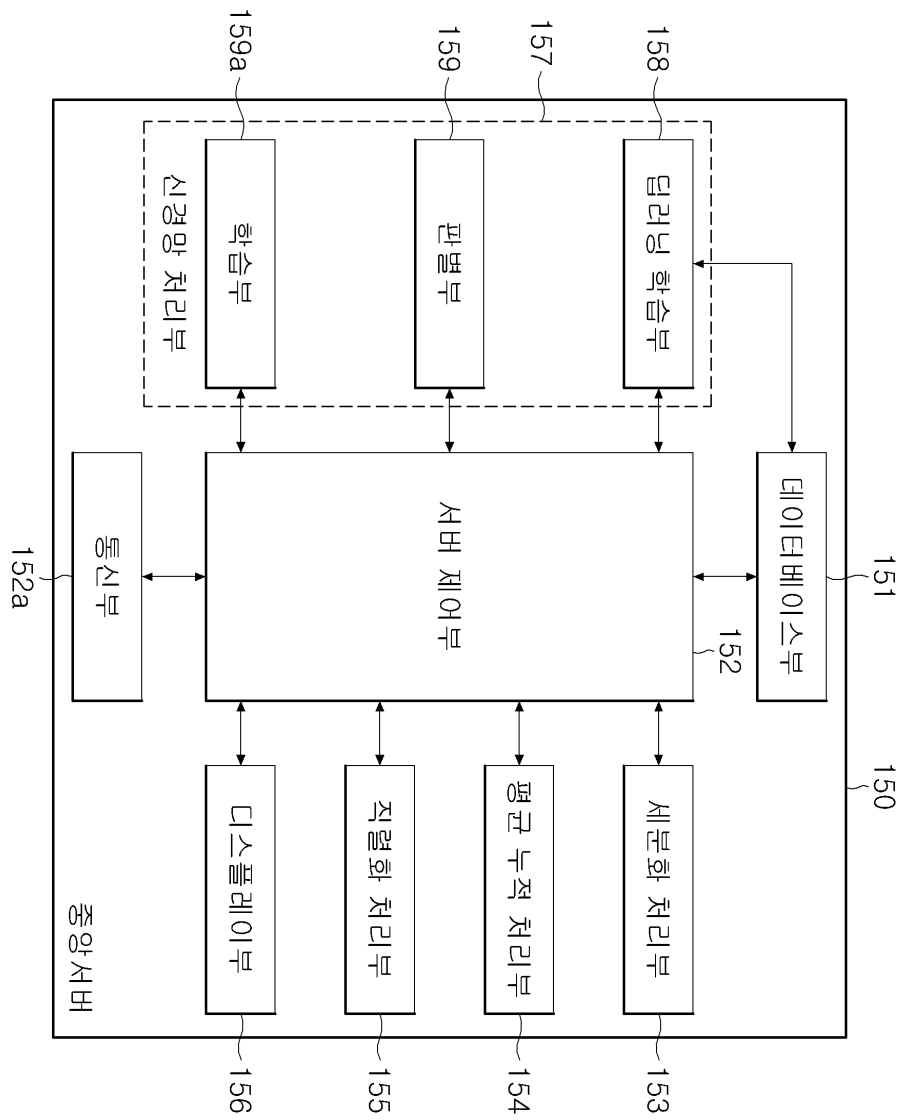
- 130: 제1 코디네이터
- 140: 제2 코디네이터
- 150: 중앙 서버
- 151: 데이터베이스부
- 152: 서버 제어부
- 152a: 통신부
- 153: 세분화 처리부
- 154: 평균 누적 처리부
- 155: 직렬화 처리부
- 156: 디스플레이부
- 157: 신경망 처리부
- 158: 딥러닝 학습부
- 159: 판별부
- 159a: 학습부

도면

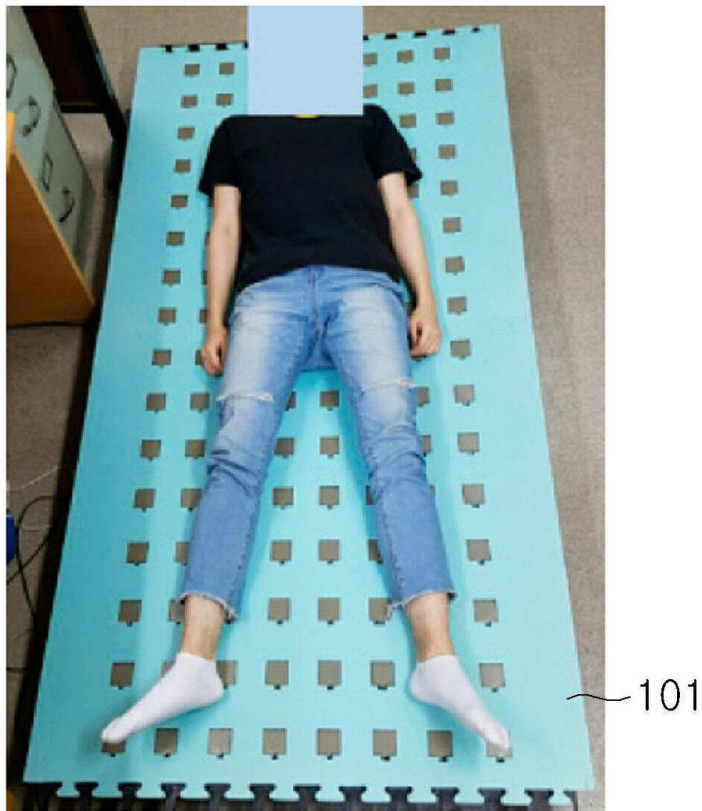
도면1



도면2



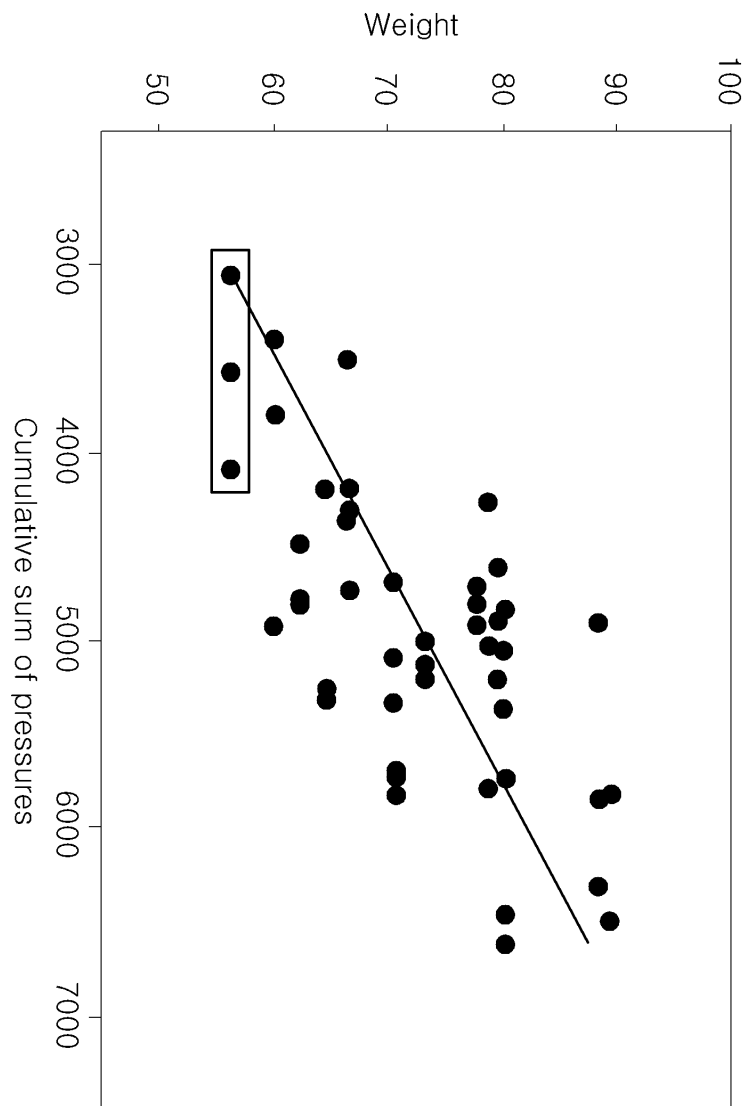
도면3



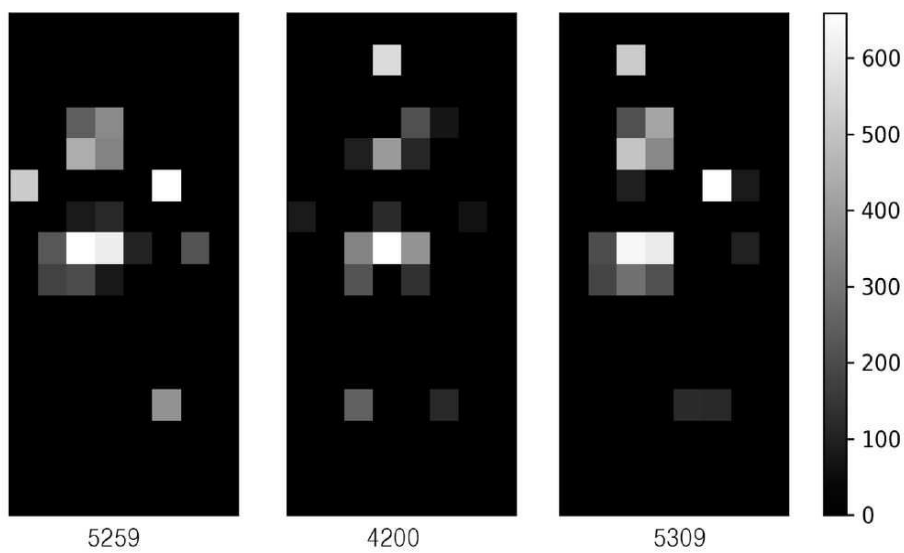
도면4



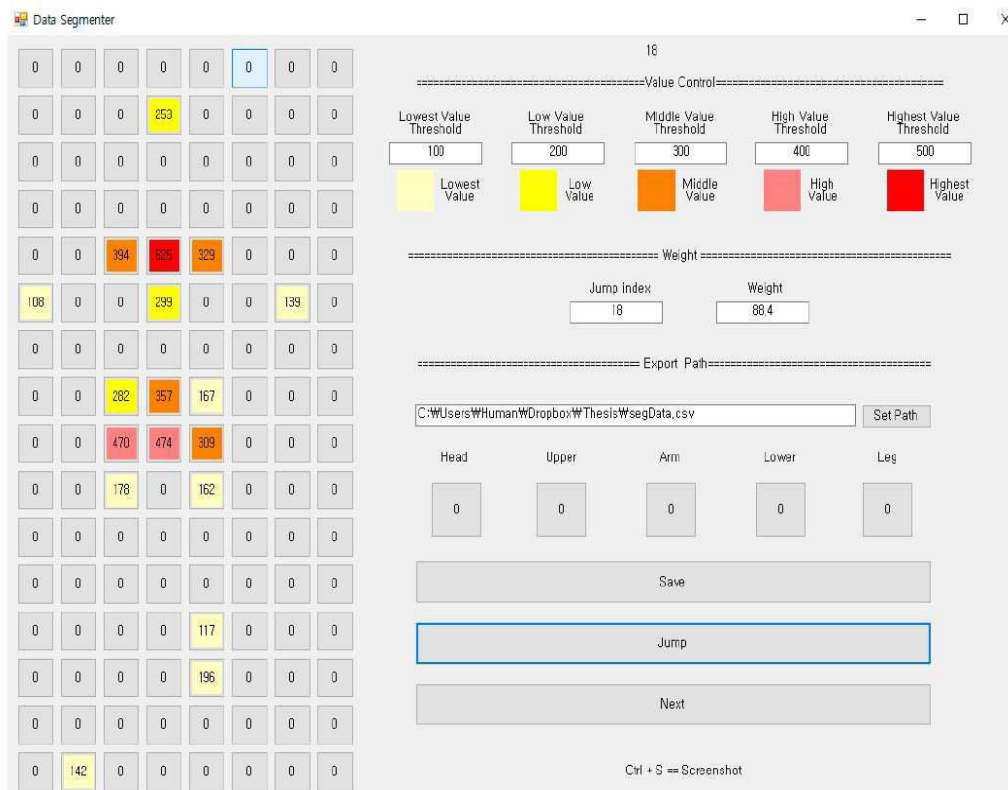
도면5



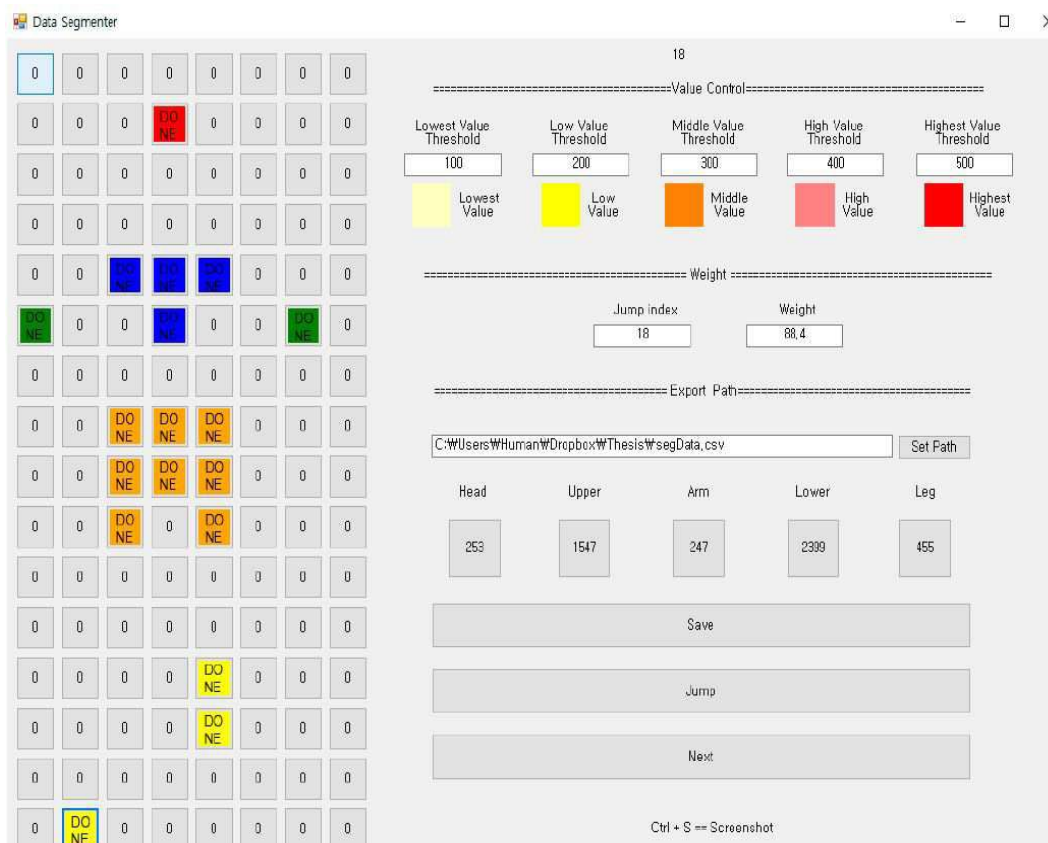
도면6



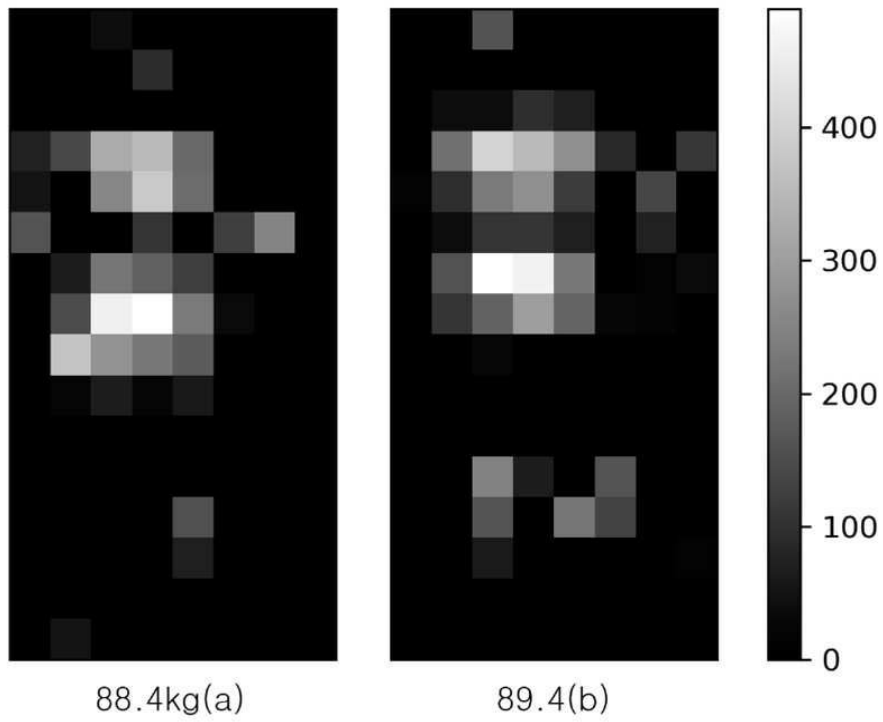
도면7



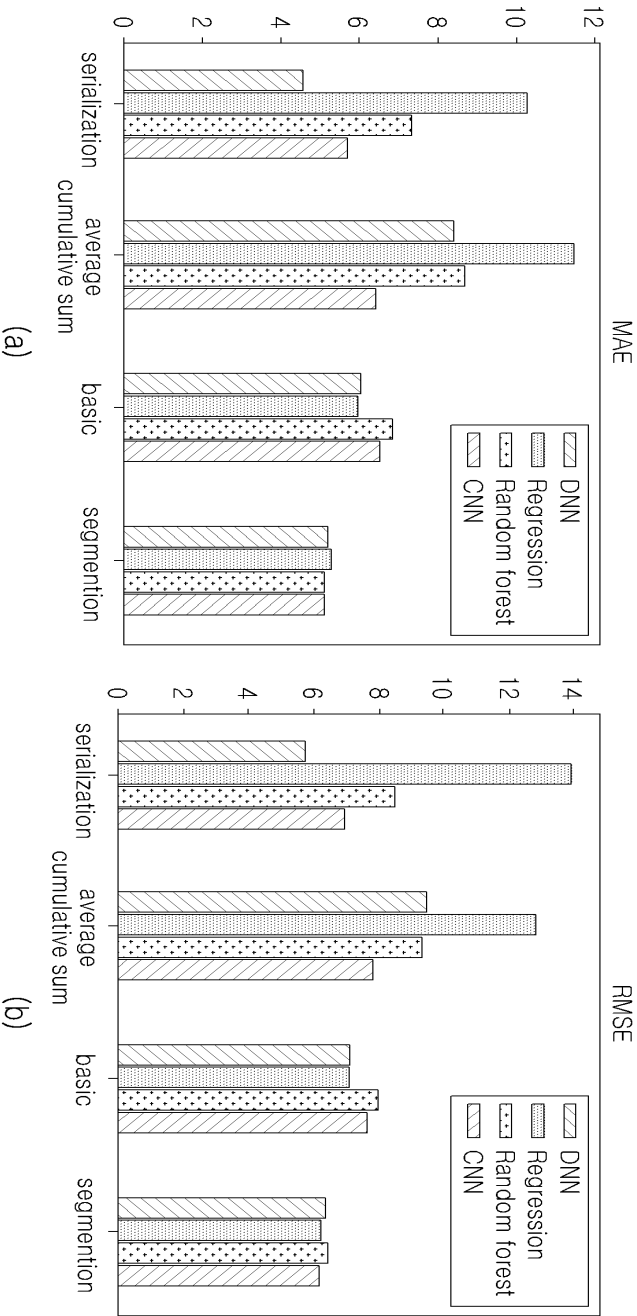
도면8



도면9



도면10



도면11

