
BioPebble: 개인화된 해석을 지원하는 돌 타입 휴대용 생체신호 측정센서

↓

BioPebble: Stone-type physiological sensing device Supporting personalized physiological signal analysis

↓

최아영, Ahyoung Choi*, 박고은, Goeun Park**, 우운택, Woontack Woo***

↓

요약 ~ 최근 건강 관리에 대한 관심이 증가하면서 착용형 생체 신호 센서, 재택형 무구속 계측 센서에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나, 측정 기술의 발전과 달리 측정 결과를 제공하는 단계에서는 심장 박동수, 체온 등의 값을 단일된 임계치 기반으로 판단하며, 분석된 결과가 사용자에게 어떤 의미를 주는지에 대한 해석은 제공하지 않고 있다. 따라서 본 논문에서는 사용하기 편한 돌 형태의 휴대용 생체신호 측정센서를 기반으로 사용자 별로 적합한 생체신호 해석 방법을 제안한다. 개인화된 생체 신호 해석을 위해 1 주일간 사용자의 시간대별 데이터를 획득하고 사용자 별 특성에 따라 모델링을 한 후, 모델에 기반하여 사용자에게 맞는 생체 신호 범위를 정하고 이를 판단하는 근거로 활용한다. 센서는 기존의 착용형 생체 신호 센서 및 이를 이용한 응용에 폭넓게 사용될 수 있다.

↓ **Abstract** ~ In these days, wearable and mobile physiological sensing devices have been studied according to the increasing interest on the healthy and wellbeing life. However, these sensing devices display just the sensing results, such as heart rate, skin temperature, and its daily records. In this work, we propose the novel type of mobile physiological sensing device which deliver the user comfortable grabbing feeling. In addition, we indicate the personalized physiological signal analysis result which be concluded by the different analysis results according to the person to person. In order to verify this sensing device, we collect the data set from 4 different users during a week and measure the physiological signal such as heart rate, hand temperature, and skin conductance. And we observe the result how the analysis results shows the difference between the users. We expect that this work can be applied in the various health care applications in the near future.

↓ **핵심어:** *Personalized physiological signal analysis, mobile physiological sensor*

본 연구는 2007 년 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2005-S-069-02, 컨텍스트 정형화 및 통합 기술 개발]

*주저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 학생 e-mail: achoi@gist.ac.kr

**공동저자 : 광주과학기술원 문화기술콘텐츠 연구소 위촉연구원, 광주대학교 산업디자인학과 학생 e-mail: ge9156@hotmail.com

***교신저자 : 광주과학기술원 정보통신공학과 교수 e-mail: wwoo@gist.ac.kr

1. 서론

최근 장기간 착용 가능한 무선의 착용형 센서의 개발, 건강 모니터링 시스템에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에 따라 착용형 생체 신호 센서, 재택형 무구속 계측 센서에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다[1]. 또한, 휴대폰 혹은 MP3 플레이어 등에서 심장 박동수, 호흡 등을 측정하는 서비스가 출시되고 있다. 그러나 대부분 원격모니터링에 기반한 일반적인 건강관리 서비스에 초점이 맞추어져 있거나 측정된 생체 신호 정보를 화면에 보여주는 정도의 서비스만을 제공하고 있다. 이러한 시스템은 대부분 사용자의 입장이 아닌 서비스 제공자의 입장에서 정보가 생성되고 관리된다.

착용형 컴퓨팅 환경은 다양한 종류의 컨텍스트를 활용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 실제로 홈 환경은 활용할 수 있는 컴퓨팅 리소스가 많으며, 미래형 홈 환경에서는 ubiquitous computing, wearable computing 의 리소스를 최대한 활용할 수 있다. 생체신호 분석에 있어도 신호 대 잡음비가 높지 않아, 신뢰성 있는 해석을 위해서는 측정환경에 대한 정보, 사용자에 대한 정보가 해석하는데 필요하다. 그러므로 다양한 사용자의 컨텍스트(사용자 프로파일, 환경정보, 활동량)를 서로 다른 환경에서 취합하여 사용자의 건강상태를 알아내고 이를 활용하면 신뢰성 있는 정보를 얻을 수 있다. 그러나 이러한 환경에서 컨텍스트를 받고 신호를 해석하기 위해서는 기존의 인식 모델과 다른 모델이 연구 되어야 한다. 컨텍스트를 해석하고 인식하는 측면에 있어서, 개인에 따라 생체신호의 분포, 범위가 모두 다른 점을 고려해야 하며, 이렇게 다른 값은 사용자 모델링으로 정리 될 수 있어야 한다.

본 논문에서는 이를 해결하기 위해 둘 타입의 휴대형 생체신호 센서를 기반으로 한 개인화된 건강 상태 인식 방법을 제안한다. 둘 타입의 휴대형 센서는 사용자의 그림감과 심미적인 기능을 최대화 하도록 디자인 되었으며, 생체신호 측정에 있어서도 안정적으로 측정하여 측정의 재현성을 높일 수 있도록 설계되었다. 제안된 개인화된 해석 방법은 서로 다른 센서와 서비스 환경에서 추출된 다양한 종류의 컨텍스트를 수집하고, 컨텍스트에 기반한 건강 판단 알고리즘을 포함한다. 특히 본 논문에서는 서로 다른 종류의 센서와 서비스간에 이음매 없는 통신을 지원하기 위해 UCAM을 활용하여 센서의 종류와 서비스의 종류에 제약 없이 해석을 할 수 있도록 하였다[2]. 착용형 컴퓨팅 환경에 적합한 개인화된 생체신호 컨텍스트 분석 기법은 기존의 컨텍스트 인식 모델에 실시간 생체 신호 분석에 필요한 통합 및 추론, 컨텍스트에 기반한 건강 판단 알고리즘이다. 이는 사용자에게 적합한 해석을 지원함으로써 분석 결과의 신뢰도, 재현성, 반복성을 높인다.

2. 둘 형태의 휴대형 생체 신호 센서 디자인

휴대형 혹은 착용형 생체신호 계측 센서에 대한 관심이 증가하면서, 손목시계 형태, 장갑형태, 가슴 띠 형태, 압

밴드 형태, 침대 혹은 변기 등에 내장된 형태의 생체 신호 계측 센서에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[3][4][5]. 그러나 밴드 형 센서나 손목시계 형 센서의 경우 착용 중 생체 신호 측정이 안정적이게 이루어지지 않는 단점이 있고, 장갑 형의 경우 센싱 하는 선을 보이지 않게 하는 장점이 있으나 디자인적으로 심미적인 형태를 띠기 어려운 제약 사항이 많다. 또한 밴드 형의 경우 심미적인 기능은 만족하나 착용시 사용자에게 불편함을 주는 경우가 많이 보고 되고 있다. 손목시계 형 센서의 경우 사용자가 착용을 해야 하므로 장시간 착용하는 경우 센서의 무게 및 센싱 지점이 피부와 닿아 사용자가 불편함을 느끼는 경우가 많다. 따라서 미래의 홈 환경을 중심으로 일상 생활 속에서 건강에 대한 지속적인 관리와 예방을 위한 생체신호센서의 디자인적 변화가 요구된다.

본 논문에서는 홈 환경에서 이동과 휴대가 편리하도록 “Human, Well-bing, simple” 3 가지 키워드로 사용자 손 안에서 측정 할 수 있는 생체신호 측정 센서를 제안한다. 건강 관리의 메타포를 사용하기 위하여 잡을 수 있는 형태 중 돌 형태의 센서를 구상하였다. 돌 형태는 건강이라는 메타포와 일치할 뿐만 아니라, 사용자가 생체 신호를 측정할 때 편안하게 측정할 수 있고, 안정적으로 센싱 할 수 있는 장점이 있다. 사용자 입장에서 측정하기 편안하며 안정적으로 측정할 수 있는 센서를 디자인 하기 위해 기존에 출시된 손에 쥘 수 있는 형태의 제품을 조사하여 고려사항을 도출하였다. 생체 신호 추출을 위해 사용된 센서 중 맥파 신호를 측정하는 PPG(PhotoPlethysmoGraphy)센서는 피부전도도 센서, 체온 센서들에 비해 센서의 특성상 몸의 끝 부분에서만 측정되기 때문에 범위를 손 안으로 제한하였으며 이의 요구사항을 충족 시킬 수 있는 형태로 살펴보았다.

초기 형태를 구상하기 위해 기존의 휴대형 제품을 살펴보았다. 손에 쥘 수 있는 휴대형 제품으로 핸드폰, mp3, 마우스, 손잡이, 조미료 통을 선정하였다. 휴대형 제품 균을 크게 재질의 종류와 느낌에 따라 Soft, Hard, Warm, Cool, 의 4 가지 구분 항목을 설정하고, Positioning map 을 작성하였다. Positioning map 을 통해 분석한 결과 4 가지 그룹으로 나눌 수 있었으며, 그 중 그룹 A(Soft-Warm)는 다른 그룹 B, C, D 와 달리 유선형제품 군들로 그림감과 손에 제품이 닿는 면이 가장 큰 제품들로 분류되었다. 따라서 본 논문에서는 손에 쥘 수 있는 타입의 형태를 구상하기 위해 Soft-Warm 의 키워드를 가지고 센서의 외형을 디자인 하였다. 그림 1 은 돌 형태의 센서에 대한 기본적인 컨셉을 선정하기 위해 사용한 Positioning map 을 나타낸다. 센서는 크게 유선형의 형태를 띠고 있으며, 센서가 부착된 부분과 전원을 인가하는 부분은 Soft 와 Warm 의 느낌을 살리기 위해 타원형으로 디자인 하였다. 또한, 전체적인 외형뿐만 아니라, 버튼과 센서도 전체적으로 원형 디자인에 어긋나지 않도록 하였다. 그러나 초기 돌 센서의 이미지와 Soft-Warm 의 이미지는 다소 상반되는 문제점이 있었으나

Soft-Warm 의 초점을 전체적인 outline 을 잡기 위한 것으로 두고 컨셉을 맞춰 나갔다.



그림 1. 센서 디자인을 위한 Positioning map

디자인 된 센서의 위치의 적합성과 사용자의 만족감을 조사하기 위해 20~30 代 남녀 각각 10 명의 사용자를 대상으로 찰흙을 이용해 질 수 있는 다양한 형태를 조합하여 1 차 조사를 실시하였다. 1 차 조사를 통해서 조이스틱의 형태, 휴대폰 형태, 동근 돌의 형태 중 돌의 형태가 가장 사용자가 사용하기 편함을 확인할 수 있었다. 2 차 조사로 찰흙보다 단단한 아이소 핑크로 dummy-mock 하여 20~30 代 남녀 각각 10 명을 대상으로 형태에 따른 편리성, 심미성과 센서의 적합한 위치를 조사하였다. 남성과 여성의 손의 크기 차이는 쥐고 있는 형태의 사이즈에 크게 구매 받지 않았기 때문에 사이즈는 기존 마우스 중 소비자들이 가장 편안하게 여기는 사이즈를 기준으로 가로 6cm 세로 10cm 두께 4cm 로 제작하였다.

센서의 위치는 남성과 여성의 크기변화가 크지 않은 손바닥 부분을 활용하였다. 또한, 손 끝에서만 측정이 가능한 PPG(PhotoPlethysmoGraphy)센서의 경우 손의 길이 차이를 최소화 하기 위해 길이 차이가 가장 적은 엄지 부분에 심장 박동수 측정을 위한 센서를 배치하였다. 피부 전도도 센서와 체온 센서의 경우 손바닥에 측정을 할 수 있도록 하였다. 피부 전도도는 표준 측정 위치로 선정된 검지와 약지 부분에 센서를 부착하여 측정할 수 있도록 하였고, 체온의 경우 손바닥의 중앙에 체온을 측정하기 좋은 위치에 두고 측정이 가능하도록 하였다. 선정된 위치는 생체 신호 분석 프로그램을 통하여 얻은 후 센싱에도 무리가 없는지 확인하였다. 맥파 신호의 경우 손을 잡고 놓았을 때 신호의 변화, 맥파의 피크 형태를 보고 신호의 안정성을 파악하였다. 피부 전도도의 경우 피부가 건조한 경우, 땀이 많이 나는 경우의 구분이 잘 되는지를 측정하였고, 체온센서의 경우 온도계와의 비교를 통해 센싱의 정확도를 확인하였다.

디자인을 구체화 하기 위하여 CAD 프로그램을 이용해 치수화된 도면을 작성한 뒤 라이노 프로그램에서 3D Modeling 하였다. 모델링 된 데이터는 CNC 기기를 이용 제품을 형상화 하는데 활용하였다. 사용자 조사와 생체 신호 센서로부터 추출되는 데이터의 안정성을 분석한 결과

그림 2 와 같은 형태의 생체 신호 센서 디자인이 도출되었다.

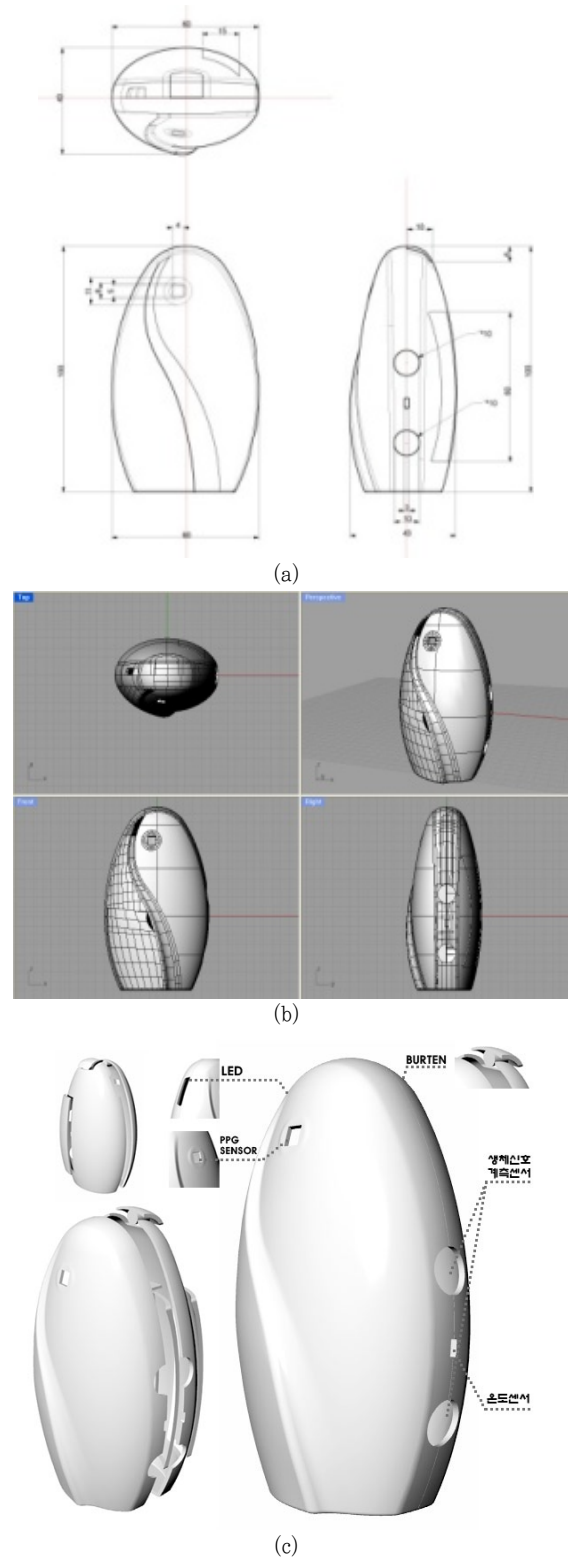


그림 2. 돌 타입의 생체 신호 센서 디자인 (a) 센서 규격 (b) 각 면의 3D 모델링 (c) 최종 3D 모델링 시안

최종적으로 도출된 센서의 형태는 돌 개념을 적용하기 위해 유선형으로 디자인 하였으며, 각 센서가 나오는 위치도 최대한 곡선의 이미지를 살리도록 디자인 하였다.

센서의 위치는 PPG(PhotoPlethysmoGraphy)센서의 경우 엄지 손가락에, 피부 전도도 센서의 경우 측정하는 전극 간 거리가 멀어야 하므로 최대한 멀리 배치하였으며, 체온 센서의 경우 손바닥의 가운데 부분에서 측정이 가능하도록 하였다. 센서의 동작 여부와 연결 여부를 알 수 있도록 하기 위해 두 가지 종류의 LED 를 사용하였으며, LED 를 왼쪽 TOP 부분에 배치하여 사용자가 센싱 여부를 확인할 수 있게 하였다. 센싱 하는 동안 전원을 켤 수 있는 버튼은 사용자가 필요할 때 건강상태를 측정할 수 있도록 마우스의 클릭하는 부분의 아이디어를 활용하여 디자인하였으며, 검지를 이용하여 누르기 쉬운 위치에 배치하였다. 센서의 재질은 생체 신호를 측정하는 동안 땀 혹은 열 등의 변화에 견고하도록 코팅을 하였고, 휴대에 용이하도록 플라스틱을 사용하여 가볍게 하였다. 색상은 “Human, Well-bing, simple” 이라는 키워드에 따라 깨끗한 이미지를 부각시키기 위해 흰색과 검은색을 사용하였으며, 포인트 색상으로 LED 에 건강을 상징하는 그린과 오렌지 색을 사용하였다.

3. 사용자에 따른 생체 신호 해석 방법

생체 신호는 신호의 크기가 약하기 때문에 외부 환경의 조건과 사용자의 조건 등에 영향을 많이 받으며, 노이즈의 영향도 크게 받는다. 특히, 최근에는 휴대폰 등의 모바일 장치에 생체 신호 센싱하는 기능을 갖는 센서가 출시되는 등 착용형, 이동형, 휴대형 생체신호 계측센서에 대한 개발이 꾸준히 진행되고 있다. 그러나 착용형 혹은 휴대형 센서를 이용하여 측정되는 생체 신호의 경우, 외부 기온과 사용자 움직임 등에 크게 변하는 특성을 가지고 있다. 따라서 단일 시점에서 건강 상태를 판단하는 경우 오진율을 높이는 근거가 될 수 있다. 예를 들어, 운동을 하고 난 후 췌장 박동수의 경우 평상시 보다 3~4 배 정도 빠르게 뛰다. 만일 사용자가 운동 직후 병원을 찾았다면, 심장에 문제가 있다고 판단할 가능성이 높다. 운동의 경우 외에도, 심장 박동수는 외부의 기온, 날씨, 사람의 심리, 카페인 섭취 등에도 민감한 반응을 보이며 이러한 차이는 사용자 마다 다르게 나타난다. 그러므로 생체 신호를 측정하고 해석하는데 있어 사용자의 정황정보와 컨텍스트 정보의 통합적인 해석은 중요하다. 본 논문에서는 사용자 별로 생체 신호의 측정 범위가 다르다는 가정하에, 실제 단일 사용자의 여러 요일 데이터를 가지고, 사용자 별 분포를 모델링 하고 이에 따라 건강상태를 다르게 판단하는 방법을 제안한다.

그림 3(a)는 일반적으로 생체 신호를 통해 건강상태를 판단할 때를 나타낸 그림이다. 생체 신호의 경우 여러 사용자의 측정치를 수집하여 통계적으로 표준 생체 신호 판단 범위 정하고 이를 기반으로 하여 판단하게 된다. 그러나 본 논문에서는 개인별 분포 특성에 기반하여 건강상태를 판단할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 그림 3 (b)는 본 논문에서 제안하는 사용자 별 분포에 의한 판단 기법을 나타낸다.

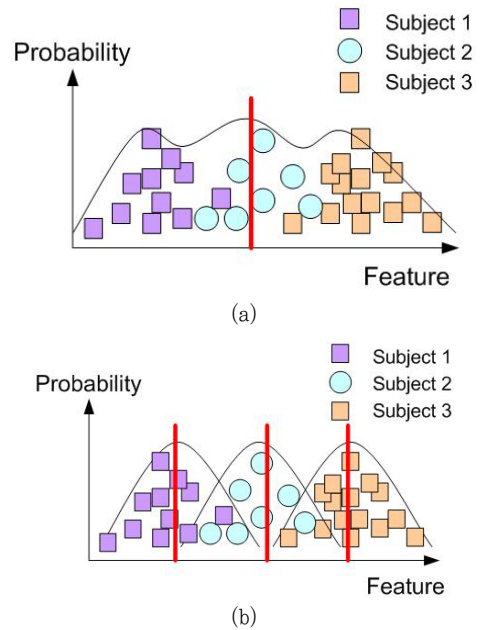


그림 3 사용자 별 생체 신호 분포도 도식화
(a)기존의 판단기법 기반 (b) 개인화된 판단 기법 기반

개인화된 판단기법을 적용하기 위해 본 논문에서는 사용자의 데이터를 모으고 이를 모델링 하였다. 사용자 별로 데이터의 분포를 구하기 위해 일주일간 사용자의 휴대형 단말기 등에 데이터를 저장하고 저장된 데이터를 기반으로 하여 정규분포로 모델링 하였다. 모델링 된 사용자의 생체 신호는 표준범위에서 벗어난 정도에 따라 가중치를 두어 표준 범위를 선정하도록 하였다. 전체 분석 단계는 그림 3과 같다.

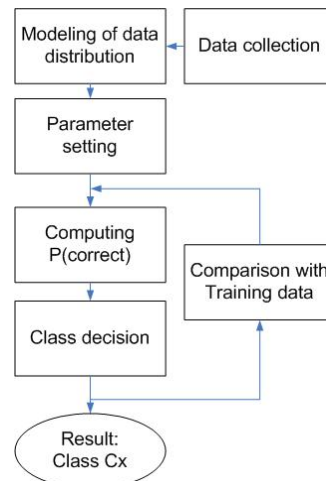


그림 4 사용자 별 생체 신호 분석 절차

사용자의 생체 신호의 상태를 표준 값을 근거로 평균, 평균 이상, 평균 이하의 3 가지 상태로 나누고, 각 상태에 대한 분포도를 구하였다. 측정된 데이터 중 outlier 는 제거하였다. 표준범위에 벗어난 정도를 판단하기 위해서 판별함수는 식 (1) 과 같이 오류 확률을 최소화 할 수 있는 규칙을 기반으로 하였다.

$$P(\text{correct}) = \sum_{k=1}^3 \int P(w_i / x) P(x) dx \quad (1)$$

단, k 는 상태를 표현한 클래스의 개수이며, C 는 클래스, x 는 측정된 데이터를 나타낸다. 위 식에서 P(correct) 값이 가장 큰 클래스가 선택이 되며, 선택된 임계치는 표준 임계치와의 비교를 통해 조정된다.

4. 실험 및 분석

생체 신호 추출을 위해 사용된 센서는 맥파 신호를 측정하기 위해 PPG (PhotoPlethysmoGraphy) 센서, 피부 전도도를 측정하기 위해 2 개의 전극을 갖는 휴대형 생체 신호 계측 센서, 체온을 측정하기 위해 체온 측정 센서를 사용하였다. 시스템의 샘플링 레이트는 100 Hz 이며, 인터페이스 사양은 블루투스 v1.1, 19200bps 의 속도로 무선으로 UMPC 에 전송된다. 두께는 약 1cm, 반지름은 3cm 이다. 전원은 사용자가 센서에 손을 올려 놓을 경우만 측정이 되도록 하기 위해 택 스위치를 사용하였다.



그림 5 생체 신호 계측 센서 하드웨어

개발된 센서는 둘 형태의 디자인으로 RP(Rapid Prototype) 장비를 활용하여 제작되었다. 색상은 검은색과 흰색이며, 한쪽은 오른손에 한쪽은 왼손에서 측정할 수 있도록 하였다. 그림 6 은 실제 제작된 센서의 모습을 나타낸다.

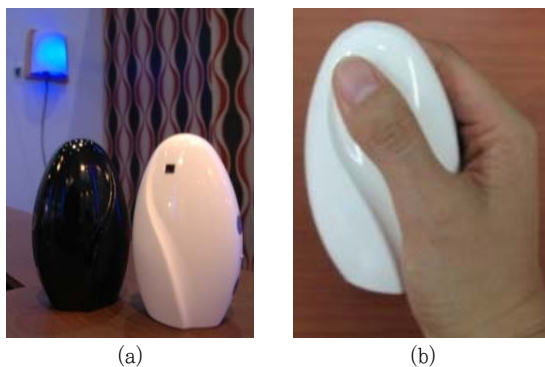


그림 6 실제 제작된 센서 (a) 제작된 센서 외형 (b) 사용자가 센서를 잡는 모습

실제로 사용자에게 따라 다른 생체 신호 값을 측정해 본 결과 사용자 별로 다른 분포를 확인할 수 있었으며, 사용자 별로 분포는 일정한 형태를 보이고 있음을 알 수 있었다. 일정한 분포는 다음과 같이 사용자 별로 데이터를 수집하여 사용자 별 상황에 따른 분포를 획득하였다. 데이터는 4 명 사용자의 일주일간 데이터를 평균 내어 사용하였으며, outlier 를 제거하였다. 실험에서 사용된 생체 신호는 심장 박동수, 피부전도도, 체온이다. 그림 7 은 생체 신호 판단 모듈을 통해 판단된 결과를 나타낸다.

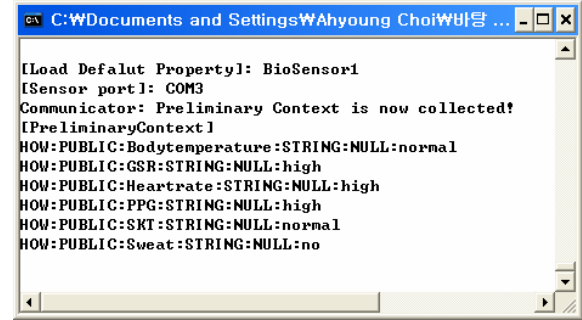


그림 7 생체 신호 판단 결과 (맥락정보 형태로 표현)

획득된 데이터는 사용자로부터 얻은 데이터에 기반하여 1 차원 축을 기반으로 분포를 나타낸다. 모든 분포는 정규 분포로 가정하고 각 값의 평균과 표준편차를 기반으로 사용자 별 데이터를 조사하였다.

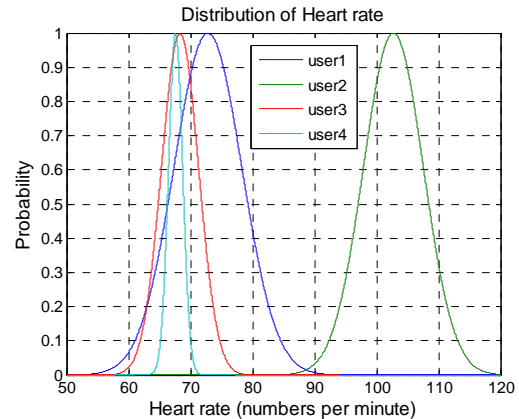


그림 8 여러 사용자의 생체 신호 데이터 분포도 (심장 박동수)

그림 8의 경우 생체 신호 중 PPG (PhotoPlethysmoGraphy) 센서에 의한 데이터의 분포를 나타낸다. 대체로 데이터 분포가 비교적 균등하고 첨도가 높은 분포를 보이며 모델로서 활용이 가능함을 확인할 수 있다. 본 실험에서 총 4명의 피험자 중 피험자1, 피험자2, 피험자 4는 표준 심장 박동수의 범위에서 크게 벗어나지 않았지만, 피험자 3의 경우 다른 피험자와 차이가 있으며 표준 심장 박동수의 범위에서도 벗어나음을 알 수 있었다. 피험자 3의 경우 설문 조사를 통해 심장과 관련한 질병 혹은 심장이 약한 정도에 대해서 설문 조사를 하였으나, 뚜렷한 병력은 없는 것으로 나타났다. 따라서 피험자 3의 경우 표준 심장 박동수의 범위를 표준 피험자 판단 범위보다 넓게 잡았다.

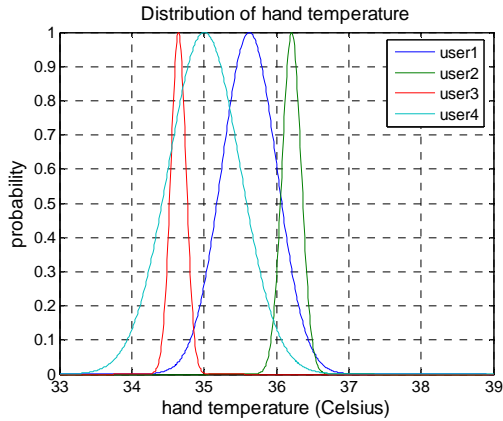


그림 9 여러 사용자의 생체 신호 데이터 분포도 (체온)

그림 9은 생체 신호 데이터 중 체온과 관련된 데이터의 분포를 나타낸다. 피험자 3과 피험자 4의 경우 34도에서 35도의 분포를 나타내고 있으므로 표준 범위에서 어긋남을 확인할 수 있었다. 그러나 이는 체온이 손 바닥에서 이루어진 점을 감안할 때 유의미한 분포로 볼 수 있다. 체온 역시 대체로 분포가 균등하며, 분포의 폭도 균등하나 사람에 따라서 차이점을 둘 수 있는 지점이 있음을 확인할 수 있었다. 피험자 2의 경우 가장 표준에 가까운 분포를 나타내었다. 체온의 판단 기준은 본 실험에서 측정된 범위를 기반으로 하였다.

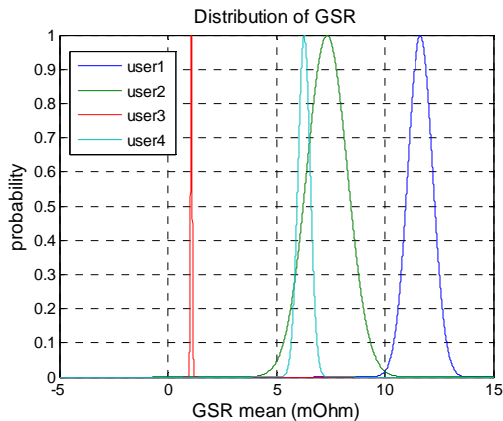


그림 10 여러 사용자의 생체 신호 데이터 분포도 (피부전도도)

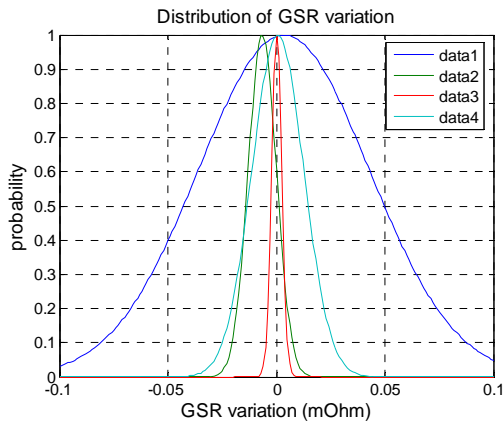


그림 11 다수 사용자의 생체 신호 데이터 분포도 (피부전도도 변화량)

그림 10 과 11 의 경우에는 피부전도도 센서를 통해서 측정한 결과를 나타낸다. 피부전도도 값의 범위는 다른 센싱 값의 범위보다 넓고 다양하게 분포되는 특징을 보임을 확인할 수 있다. 피험자 1 의 경우 피부 전도도의 변화량이 넓게 분포한 것으로 보아 일정 자극이 있었음을 시사하며, 피험자 4 의 경우도 피부 전도도의 변화량에서 반응이 일어났다고 해석할 수 있다. 그러나 피부 전도도의 경우 개별 데이터의 변화가 심하며, 센싱하는 지점에서의 접촉 상태에 따라 측정 범위가 크게 달라지므로 개인별 모델을 사용하여 해석하기에 적합하지 않았다. 따라서 피부 전도도는 평균 값이 아닌 변화량을 통해 자극의 유무와 환경의 변화를 간접적으로 파악하는데 활용하였다.

5. 결론

본 논문에서는 둘 타입의 생체신호 측정 센서를 통한 센싱과 개인화된 해석 방법을 제안하였다. 둘 형태의 센서를 통해 사용자에게 심미감을 증대 시키면서 착용시 불편함을 줄일 수 있었다. 또한 개인화된 해석은 사용자 별로 다른 모델을 통하여 개인화된 해석을 지원함으로써 현재 상황과 사용자에게 맞는 생체 신호 해석을 할 수 있도록 도와준다. 추후 연구로는 수집된 사용자데이터의 신뢰성을 검증하기 위해 표준 데이터 셋을 활용하여 사용자 별 차이 및 이에 대한 해석 방법을 검토하고, 전문가를 통해 개인화된 분포를 판단의 임계치로 삼기 위해 적절한 범위를 검토할 것이다. 본 논문에서 개발된 센서의 디자인 및 해석 방법은 핸드폰, UMPC 등의 휴대용 장비와 결합하여 사용자가 인식하지 않는 동안 사용자에게 맞게 건강상태를 측정하고 관리하는 어플리케이션에 두루 활용될 수 있다.

참고문헌

- [1] N. Oliver, F. Mangas and M. Sinclair, "HealthGear: A Real-time Wearable System, for Monitoring and Detecting Sleep Apnea," International Workshop on wearable and Implantable Body Sensor Networks, pp61-64, 2006.
- [2] 홍동표, 우은택, "wear-UCAM: 착용형 컴퓨팅을 위한 정형화된 맥락 인식 응용 모형," 한국정보과학회 논문지 (KISS), 33, paper 1, pp. 105-113, 2006.
- [3] M. Sung and C. Marci, "Wearable feedback systems for rehabilitation," Journal of neuroengineering and rehabilitation, 2005
- [4] <http://www.bodymedia.com/>
- [5] T. Tamura, T. Togawa, M. Ogawa, and M. Yoda, "Fully automated health monitoring system in the home," Med. Eng. Phys., vol. 20, no.8, pp. 573-579, 1998.