

# 컨텍스트에 기반한 사용자 적응적 생체 신호 해석 방법\*

## Context-based user adaptive physiological signal analysis

최아영, Ahyoung Choi, 우운택, Woontack Woo  
광주과학기술원 U-VR 연구실

**요약** 최근 u-healthcare 서비스 분야에서 단일 시점의 일반화된 치료가 아닌 장시간 개인의 특성이 반영된 진료와 의료 서비스에 대한 관심이 증가하고 있다. 그러나 기존의 생체 신호 해석은 임상적인 실험을 통해 얻은 표준화된 임계치를 이용해 분석하는 일관된 판단 방법이 주를 이루었다. 본 논문에서는 미래형 홈 환경에서 사용자에게 따라 다른 신호 해석을 지원하는 사용자 적응적 생체 신호 해석 방법을 제안한다. 생체 신호 해석은 사용자의 컨텍스트와 환경 컨텍스트를 통합하는 모듈과, 지식표현 기법을 적용한 개인화된 추론 모듈로 구성된다. 제안된 방법은 사용자 정황 정보를 고려하여 사용자 적응적인 생체 신호 해석을 지원하며, 환경 컨텍스트를 고려하여 환경의 변화에 영향을 최소화하는 생체 신호 해석을 지원한다. 또한 사상의학 이론을 생체신호 해석에 동적으로 적용할 수 있는 틀을 제공한다. 이는 추후 미래형 홈 환경에서 다양한 종류의 센서와 함께 개인화된 맞춤형 재택 건강관리 서비스에 활용할 수 있다.

**핵심어:** Context awareness, Wearable physiological sensor, adaptive physiological signal analysis

### 1. 서론

최근 착용형 생체 신호 계측 센서의 개발, 의료 정보 표준화 및 전산화, 시간, 장소에 제약적이지 않은 동적 네트워킹 기술 개발과 함께 원격 진단을 지원하는 개인화된 맞춤형 재택 건강관리 서비스인 u-Healthcare 서비스에 대한 관심이 급증하고 있다. 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용자 중심의 서비스가 기존의 미디어 서비스 혹은 엔터테인먼트 적인 요소에서 삶의 질 향상을 위한 사용자 중심의 서비스가 의료에 까지 확장되고 있는 추세이다. 이에 u-Healthcare 서비스에서는 장기간 사용자 모니터링에 의한 사용자 특성정보를 바탕으로 예방의 차원의 차세대 의료서비스에 대한 개념을 기반으로 한다. 그러나 생체 신호 계측의 낮은 신뢰도, 진단이 아닌 예방을 위한 생체 정보의 분석방법에 대한 표준이 없어 해석된 생체 신호를 사용하는데 문제가 있다. 또한 생체 신호 계측 결과에 영향을 미치는 환경적 요인에 대한 복합적인 분석의 부족 및 개인의 특성에 대한 고려 부족 등으로 신뢰성 있는 u-Healthcare 서비스 구축에 어려움을 겪고 있다.

생체 신호 분석의 신뢰도를 향상시키기 위해 착용형 환경에서 생체 신호의 잡음처리 및 해석에 관한 연구가 진행되어 왔다. Asada 등은 착용형 센서에서 가속도 값과 PPG 측정값의 상관도를 FIR 필터 계수에 반영하여 움직임 잡음을 보상하는 반지형의 센서를 개발하였다[1]. Picard 등은 착용형 컴퓨터를 이용해서 생체 신호를 측정 후 스트레스 분석을 하고 사용자의 피드백 정보로 활용하는 연구를 진행하였다[2]. 그러나 기존의 연구는 움직임 등의 잡음을 제거하는 일에는 효과적이거나 개인의 특성을 반영하는 사용자 적응적인

해석에 대한 고려는 하지 않았다. 또한, 계측되는 환경 정보를 고려하지 않아 외부 기온이 낮은 경우 생체 신호에 반영되는 기온 잡음을 구분하기 어렵다.

본 논문에서는 사용자와 환경 컨텍스트에 기반한 사용자 적응적 생체 신호 해석 기법을 제안한다. 생체 신호 해석은 사용자의 컨텍스트와 환경 컨텍스트를 통합하는 모듈과, 지식표현 기법을 적용한 개인화된 추론 모듈로 구성된다. 제안된 방법은 사용자 정황 정보를 고려하여 사용자 적응적인 생체 신호 해석을 지원하며, 환경 컨텍스트를 고려하여 환경의 변화에 영향을 최소화하는 생체 신호 해석을 지원한다. 또한 사상의학 이론을 생체신호 해석에 동적으로 적용할 수 있는 틀을 제공한다.

제안된 분석 방법을 통해 환경의 정황정보를 파악하여 다채널의 센서에서 추출된 정보 중 사용자와 환경에 적합한 생체 신호 정보를 분석할 수 있다. 또한 사용자 프로파일에서 추출된 사용자 정보를 통해 사용자에게 따라 다른 생체 신호 해석 방법을 적용하여, 생체 신호 단일한 분석뿐만 아니라 복합적인 정황을 고려할 수 있도록 하였다. 해석된 생체 신호의 유의성을 확인하기 위해 본 논문에서는 사용자의 스트레스를 분석하였다. 제안된 방법의 평가를 위해 실제 사용자가 스트레스를 받았다고 인지한 결과, 착용형 센서를 통해 분석된 스트레스 측정 결과와 제안된 방법을 통해 스트레스 값을 보정한 결과를 비교 분석하여, 제안된 방법의 적용 가능성을 살펴보고자 하였다. 생체 신호 계측을 통해 실험 결과로 사용자가 느끼는 건강 상태를 추론을 통해 도출한 후 사용자에게 따른 생체신호 해석이 상호 연관이 있음을 알 수 있었으며 이를 통해 사상의학에 기반한 한의학적인 틀이 사용자 중심으로 해석하는데 의미가 있음을 확인할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 관련 연구를 소개하고, 3장에서는 사용자에게 따라 다른 생체 신호 해

\* 본 연구는 정보통신부의 선도기반 기술 사업을 지원 받아 수행되었음.

석 기법을 나타낸다. 4장에서는 이의 구현과 실험을 통해 사용자 중심의 해석이 가지는 의미에 대해서 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

최근 착용형 생체 신호에 대한 관심이 급증하면서 착용형 상태의 생체 신호 분석 및 이의 유용성에 대한 연구도 활발히 진행 중이다. 착용형 생체 신호의 신뢰성을 보장하기 위해 기존의 연구에서는 주로 다채널의 생체 신호 센서를 활용하여 센서간 값의 연관성을 이용하여 보정하거나, 필터를 사용하여 버리는 방법을 사용하였다. H.Harry Asada 등은 착용형 센서에서 가속도 값과 PPG 측정값의 상관도를 FIR 필터 계수에 반영하여 움직임 잡음을 보상하는 반지형의 센서를 개발하였다[1]. 생체 신호 해석의 경우 Picard 등은 착용형 컴퓨터를 이용해서 생체 신호를 측정 후 스트레스 분석을 하고 사용자의 피드백 정보로 활용하는 연구를 진행하였다[2]. Patel 등은 일상생활을 하는 동안 건강상태 모니터링을 통해 전체 에너지 소모량, 움직임 패턴 분석, 취침 인식 등의 분석을 실시간 공간의 제약 없이 지원한다[5]. Marc Bächli 등은 daphnet 프로젝트에서 사용자의 비선형이며, 변동이 심한 생체 신호의 동적 잡음을 분석하는 연구를 진행하고 있다[6]. Benny Lo 등은 신체 영역의 근거리 네트워크를 이용해 센서 노드와 커뮤니케이션 노드의 무선 통신을 기반으로 하여 데이터 푸팅 방법과 데이터 마이닝 기법에 기반하여 다중생체 신호의 분석에 관한 연구를 진행하였다[7]. J. Herbert 등은 착용형 환경에서 환자의 건강상태 모니터링을 위해서 에이전트 플랫폼과 Agilia 를 접목했다 [8]. 이 시스템에서는 protégé 온톨로지 모델에 기반하여 과거와 현재의 컨텍스트 사이의 관계를 형성하는 고차원의 생체 신호 분석 결과를 제공하였다. Agilia는 TinyOs 기반의 무선 센서 간 동작을 지원하고, 신호의 처리를 담당하는 미들웨어이다[9].

그러나 기존의 연구는 움직임 등의 잡음을 제거하는 일에는 효과적이거나 개인의 특성을 반영하는 사용자 적응적인 해석에 대한 고려는 하지 않았다. 또한, 계속되는 환경 정보를 고려하지 않아 외부 기온이 낮은 경우 생체 신호에 반영되는 기온 잡음을 구분하기 어렵다. 이의 해결을 위해 본 논문에서는 착용형 컴퓨팅 환경에서 얻을 수 있는 컨텍스트 정보를 활용하고자 한다. 착용형 컴퓨팅 환경은 개인화된 생체 신호 수집 및 해석이 용이한 환경이며 환경, 서비스 컨텍스트 정보 수집 및 활용이 용이한 환경이다. 따라서 착용형 컴퓨팅 자원을 활용하여 신뢰성 있는 생체 신호의 해석을 하고자 한다. 사용자 중심적인 생체 신호의 분석을 위해 본 논문에서는 한의학의 사상의학 개념을 적용하였다. 차세대 건강관리의 개념은 동양의학에서 추구하는 진료의 개념과 상당히 밀접한 관련이 있다. 동양의학은 병을 진료하는 개념보다는 예방의학의 개념이 강하고, 병인을 분석하는 과정보다는 병인으로 인해 깨진 신체의 균형을 바로잡기 위한 흐름을 형성하여 추후에 비슷한 병의 침범을 막는 개념을 내포하고 있다. 또한 질병을 판단할 때 기존의 경험과 실험적 근거에 기반하여 보편 타당한 병리적 범칙의 틀에서 진단하고 치료에 있어서도 보편 타당한 방법으로 치료를 진행한다. 동양의학에서는 체질과 개인차를 명확히 구분하여 어떤 음식을 즐기는가, 얼굴빛은 어떤가, 감정, 맥박의 움직임, 신체 표면의 감각변

화, 체격, 밤낮의 시각, 기후의 춥고 더움, 습하고 건조함 등을 동시에 고려하여 적절한 치료방법을 찾아내게 된다[3]. 이 이론에 기반하여 체질기반으로 생체 신호를 해석하는 방법을 사용자의 정황 컨텍스트에 기반하여 생체 신호를 해석하는데 적용하였다.

## 3. 사용자에 따른 생체 신호 해석 기법

### 3.1 전체 시스템 흐름도

생체신호 해석의 단계는 그림1과 같다. 첫째로, 사용자의 체질 상태를 프로파일에 저장하고 저장된 프로파일에 따라 생체 신호를 사용자에게 맞게 해석할 수 있게 한다. 둘째로, 생체 신호 컨텍스트 모델에 기반하여 정형화된 컨텍스트로 변환한다. 셋째로, 컨텍스트 통합단에서 사상의학 이론에 기반하여 개인화된 생체 신호 해석에 영향을 주는 특징을 실험을 통해 추출한다. 추출된 특징을 이용하여 생체 신호를 해석하는 단에서 스트레스를 분석하고 센서로부터 추출된 컨텍스트 중 체질, 기온, 날씨, 측정 시간의 컨텍스트를 실시간으로 통합한다. 넷째로, 추론 단계에서는 사상체질 이론과 추출된 생체 신호 값이 적합한지 아닌지를 비교하고 적합성의 여부에 따라 임계치를 조정하여 생체 신호 분석 결과를 업데이트 한다.

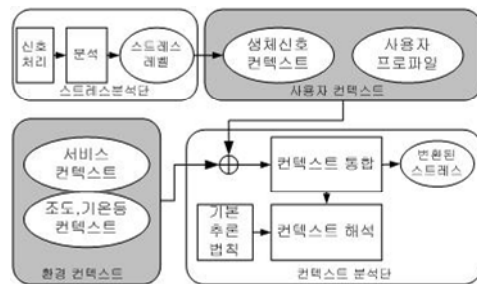


그림 1 사용자 중심적 생체 신호 해석을 위한 프로세스

스트레스 분석의 예를 통해 사용자에 따라 다른 생체 신호 해석의 결과를 검증하였다. H.K.Jo 등은 한의학적인 관점에서 스트레스를 분석하기 위해 필요한 요소들을 내인, 외인, 불내외인으로 정의하였다(H.K.Jo, 1987). 내인으로는 기쁨, 슬픔, 근심, 슬픔, 두려움 등의 감정으로 정의하였으며, 외인으로는 바람, 기온, 건조, 습윤, 열의 정도로 정의하였다. 마지막으로 불내외인으로는 영양, 피로, 외상이 있다. 그러므로 스트레스를 분석하는데 영향을 미치는 내인, 외인, 불내외인을 환경과 사용자 프로파일로부터 생성되는 컨텍스트로 그림 2와 같이 정의하고 이를 추출 하였다.

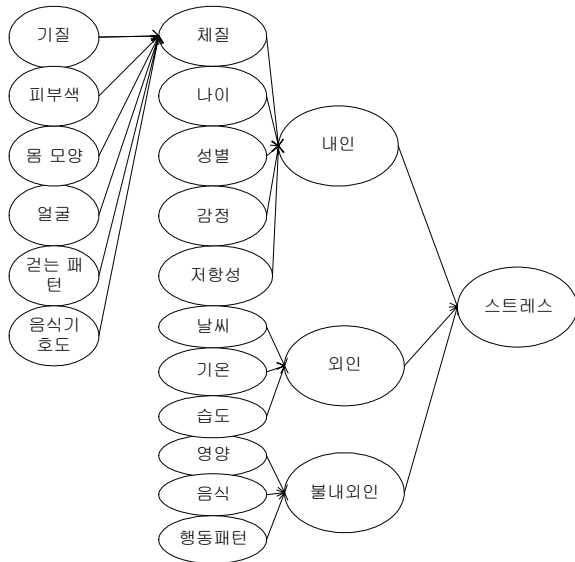


그림 2 스트레스 해석을 위한 환경, 사용자 컨텍스트

사용자 중심적인 해석을 지원하기 위해 사상체질 이론을 적용하였다. 사상체질 이론의 적용을 위해 사상체질에 영향을 미치는 요소에 대한 실험 논문을 선정하고 이를 규칙화하였다. Leblanc 등의 사상 타입 별 온도에 대한 스트레스 정도에 차이가 있음을 검증하였다(LeBlanc et al.). 소음타입(introversion and judging)과 소양 타입(Extroversion and Perceiving)의 사람의 경우 정신적으로 반대되는 특징을 가진다. 태음인의 경우 상대적으로 높은 체지방률을 가지며 상대적으로 다른 타입의 사람들에 비해 스트레스를 더 받는다. (Han Chae, 2003).

### 3.2 생체 신호 기반 컨텍스트 생성

생체 신호 기반의 컨텍스트를 표현하는 방법에는 크게 추상화 레벨에 따른 방법, 정확도 레벨에 따른 방법으로 나눌 수 있다. V. Akman 등은 컨텍스트 정보의 자세한 레벨은 추상화 레벨의 컨텍스트에 비해 더 적은 정보를 가지고 있다고 하였다 [11]. 또한 Lederer 등은 정보의 신뢰도에 따라 전달되는 컨텍스트의 가치가 결정이 될 수 있음을 실험을 통해 증명하였다 [12]. 다양한 종류의 레벨 중 추상화된 생체 신호 기반 컨텍스트의 예시는 그림 3에 나타내었다.

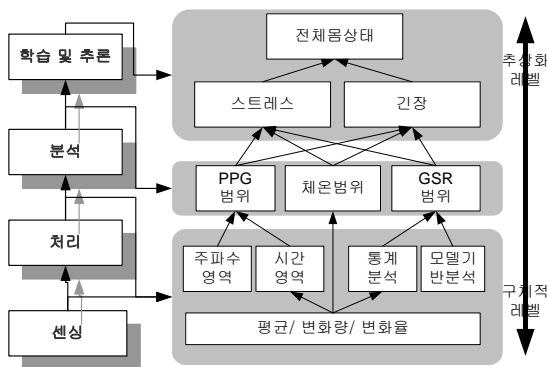


그림 3 레벨에 따른 생체 신호 컨텍스트 표현

생체 신호 기반 컨텍스트는 일반적인 생체 신호 분석 알고리즘으로부터 분석된다. 생체 신호 기반 컨텍스트는 세 채널을 통해서 연속적으로 수집되며, 각 신호는 독립적으로 처리된다. PPG 신호의 경우, 침두치 사이의 간격과 주파수 영역의 특징이 중요한 요소로 해석되므로 침두치 추출과 스펙트럼 분석과정이 추가로 진행되어야 한다. 심장 관련한 변수를 계산하기 위해 우리는 심박수, 심박 강도, 피크 간격의 변이, 피부전도도와 체온 관련해서는 평균, 평균 변화량을 전문가 레벨의 특징으로 활용하였다. 각 컨텍스트는 시간적인 통합 방법을 이용하여 일정 시간 간격에 따라 통합된다. 전체 몸 상태는 피부표면의 전도도, 체온, 심박수에 따라 분석이 된다. 각 생체 신호의 상태를 모은 후에, 각각의 신호는 컨텍스트 통합기를 통해서 통합된다. 컨텍스트 통합기는 세 개의 생체 신호와 성별, 나이 등과 같은 착용자의 일반적인 프로파일이 추가적으로 제공된다. 또한 패턴 분석을 통해 착용자의 건강 상태의 변화를 감지할 때, 착용자의 모니터링 결과 분석 단계에서는 5W1H 컨텍스트를 의료적인 측정결과를 채워 상위 단위로 보내게 된다. 추상화의 가장 큰 문제점은 신호의 ambiguity 와 uncertainty가 증가한다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 추상화의 레벨을 여러 단계로 나누었으며 각 단계마다 모호성을 계산하여 모호성의 가능성을 최대한 줄이고자 하였다. 가장 추상화된 레벨은 false alarm 과 같이 신호를 평균 범위 이상의 신호가 감지 되는 경우 이를 알리는 것이다. 본 논문에서는 추상화 레벨을 단계별로 진행함으로써 단계별로 발생할 수 있는 에러의 수를 줄일 수 있도록 하기 위해서 기본 지식 추론의 방법을 적용하였다.

### 3.3 컨텍스트 수집 및 통합

홈 환경에서 착용형 모니터링 시스템은 유선의 카메라나 마이크로 연결 된 것이 아닌 저 비용의 비침습적 착용형 센서와 데이터 통합, 분석 모듈, 관리 모듈을 요구한다. 사용자 적응적인 추론을 위해서 본 논문에서는 다양한 종류의 생체 신호의 특징 중 실험을 통해 사용자 중심의 해석에 영향을 받는 생체 신호의 특징을 선택한다. 선택된 생체 신호는 서양의학에 기반하여 분석된다. 컨텍스트 통합기는 다양한 종류의 센서와 서비스로부터 일정 시간(최소 1 분, 최대 5 분) 동안 입력 신호를 수집하고 이를 통합된 의미있는 컨텍스트로 변환하는 역할을 수행한다. 입력 신호는 각 센서에서 추출된 특징을 바탕으로 만들어진 초별 컨텍스트의 집합이며, 출력 신호는 컨텍스트의 기본 형식인 5W1H 의 각 필드-where, when, who, what, how, why- 를 모두 채운 통합 컨텍스트이다. 컨텍스트 통합은 각 필드의 성격에 맞는 통합 알고리즘에 기반하여 통합된다. 컨텍스트 통합을 위해서 다음의 조건들이 고려되어야 한다. 입력 컨텍스트는 반드시 초별 컨텍스트 혹은 최종 컨텍스트 여야 한다. 둘째, who 컨텍스트는 반드시 한번 정의되어야 한다. Why 컨텍스트를 추론하기 위해서는 4W1H 컨텍스트의 각 필드가 모두 채워져 있어야 한다. 컨텍스트 통합은 센서로부터 실시간 추출되는 신호를 최대한 유용한 신호가 나오는 구간을 기준으로 재샘플링을 하여 매 순간 들어오는 정보를 관리하고 처리하며, 다양한 종류의 초별 컨텍스트를 하나의 통합 컨텍스트로 만들어서 각 서비스단 에서 활용할 수 있도록 한다. 본 컨텍스트 통합기는 이를 위해 센서 퓨전 기술을 기반으로 구성되어

있으며 이는 이기종간 센서의 통합과 해석에 중요한 역할을 한다. 필드내 각 특징은 feature level sensor fusion methodology 를 반영하며 각 필드는 decision level fusion 방법에 기반하여 통합된다. 그림 4는 추출된 컨텍스트를 도식화하여 나타내었다.

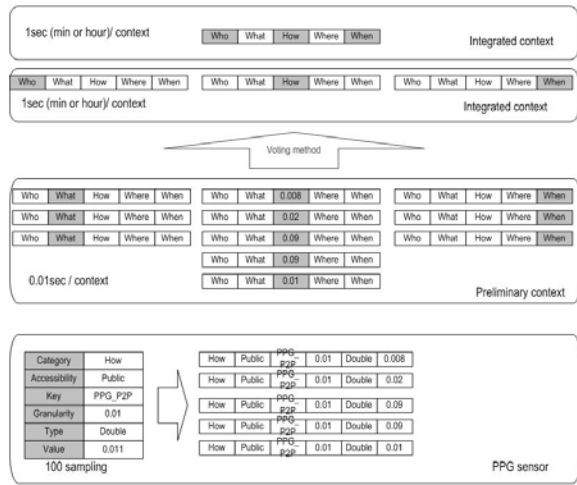


그림 4 컨텍스트 변환 및 초벌 컨텍스트 생성

### 3.4 사용자 적응적인 생체 신호 해석

사용자 적응적인 추론을 위해서 본 논문에서는 다양한 종류의 생체 신호의 특징 중 실험을 통해 사용자 중심의 해석에 영향을 받는 생체 신호의 특징을 선택한다. 선택된 생체 신호는 서양의학에 기반하여 분석하고 분석한 값에 기반하여 스트레스를 잘 받는 사람 혹은 스트레스를 잘 받지 않는 사람 등의 사용자 프로파일에 근거하여 현재 추출된 스트레스 값을 보정하게 된다.

추론 법칙으로는 사상체질과 스트레스에 관한 Lebalnac의 이론을 (1), (2)와 같이 1차 논리 (first order logic)로 표현한다[3]. 추론 결과 실제 사용자가 받는 스트레스가 측정된 스트레스 보다 높을 경우 실제 스트레스 레벨을 증가한다(1). 인식된 스트레스 레벨의 값이 실제 스트레스보다 더 큰 경우는 실제 스트레스 레벨을 감소한다(2). 단,  $Stress(v,t)$ 는 시간  $t$ 에 발생하는 실제 스트레스 값  $v$ 를 의미하며,  $MStress(v,t)$ 는 시간  $t$ 에 센서를 통해서 측정된 스트레스 값  $v$ 를 의미한다.  $PStress(v,t)$ 는 시간  $t$ 에 사용자가 인식하고 있는 스트레스 레벨  $v$ 이며,  $Temp(v,t)$ 는 시간  $t$ 에서 측정된 외부 환경 온도를 나타낸다.

$$[\exists v': MStress(v,t) < Stress(v',t)] \rightarrow Stress(v+1,t) \quad (1)$$

$$[\exists v': Stress(v,t) < PStress(v',t)] \rightarrow Stress(v-1,t) \quad (2)$$

사상체질과 스트레스, 외부 기온에 관한 Lebalnac의 이론이 적용된 예는 (3~4)와 같다. 식 (3)에서, 음 타입의 경우 생체 신호의 반응이 낮아 동일 자극에 대해 스트레스의 크기는 같이 실제보다 크다. 식 (4)는 소음인, 태양인과 같이 외향적(Extrovert)인 사람의 경우 인식된 불쾌의 수준이 낮아 더위 등을 잘 다루는 성질이 있음을 나타낸다.

$$(SoEum \vee TaeEum) \wedge MStress(v,t)$$

$$\rightarrow [\exists v': Stress(v',t) \wedge v < v'] \quad (3)$$

$$(SoYang \vee TaeEum) \wedge Stress(v,t) \wedge Hot(t)$$

$$\rightarrow [\exists v': PStress(v',t) \wedge v' < v] \quad (4)$$

생체 신호로부터 추출된 스트레스 값은 현재 사용자의 상태 및 체질에 따라 인식 스트레스와 측정 스트레스 값과의 비교를 통해 사용자의 인식과 측정상의 차이가 발생하는 경우 스트레스 값의 증가 혹은 감소를 통해서 보정된다.

### 4. 구현 및 실험

본 논문에서는 사용자의 다양한 종류의 생체 신호 중 스트레스 분석을 통해 사용자에게 따른 생체 신호 분석을 하였다. 그림 5은 서로 다른 타입과 성별에 따라 생체 신호의 측정 범위가 다른 실험결과를 보인다. 추출된 특징 중 PPG의 첨두치 간 값과 PPG의 최대값의 크기가 체질에 따른 스트레스 해석에 더 유용한 특징으로 조사되었다. 또한 성별에 따른 해석에 유용한 특징들은 PPG 보다는 ECG에서 더 큰 차이는 것을 확인할 수 있으며, ECG 중에서 최대값, 변화량, 중간값이 성별 간 큰 차이를 나타냄을 확인할 수 있다.

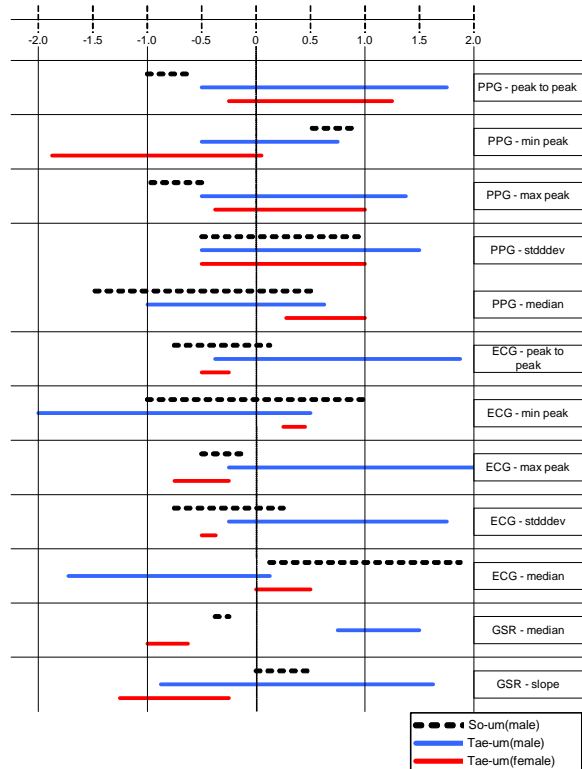


그림 5 체질별 생체 신호 계측 범위 분포도

자연스러운 건강 모니터링 시스템을 위해서 우리는 손목시계 형 다채널 센서 수집 시스템을 사용하였다. 손목시계 형 센서는 PPG 센서, GSR센서, 체온 센서를 무선 블루투스 통신 방법을 통해 프로세싱 단인 PC로 전송이 된다. 실험에서는 그림 6과 같이 사용자의 생체 신호 추출 장비로 두가지 종류의 센서를 사용하였다. 착용형 생체신호 계측 센서의 경

우 가슴 부착형, 손목시계형 등 다양한 센서 정보가 상보적으로 해석이 되는 환경에 관한 연구가 많이 이루어 지고 있으므로 본 연구에서도 이러한 환경을 구축하기 위해 두가지 종류의 센서를 활용하였다. 타입1은 PPG, 피부 전도도, 피부 체온을 측정할 수 있는 센서이며, 타입2는 PPG와 가속도 값을 측정할 수 있는 가속도 센서가 내장되어 있다. 센싱된 정보는 무선 통신 기법을 통해 착용형 플랫폼으로 전달된다.

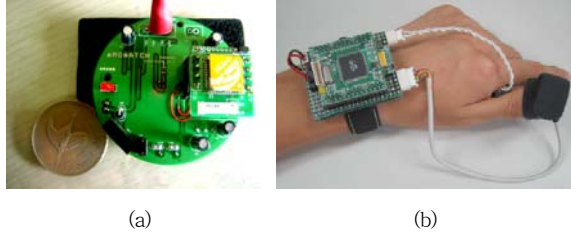


그림 6 착용형 생체 신호 센서  
(a) PPG, GSR, SKT 측정센서 (b) 가속도, PPG 측정센서

착용형 플랫폼에 전달된 생체 신호 정보는 특징 추출단을 거쳐서 적합한 특징을 선택하게 된다. 본 논문에서는 체질별 구분이 뚜렷한 특징을 중심으로 특징을 선별하였으며 선별된 특징은 3차원 공간상에서 구분이 뚜렷한 특징이 있는지 확인하는 작업을 거치게 된다. 그림 7은 3차원 공간상에서 특징을 선택하는 과정을 보여준다. 사용자 별, 특징 별 차이는 히스토그램을 통해 분석되며, 사용자와 상황에 따라 예측된 임계값에 따라 스트레스 상태를 분석하게 된다. 분석된 스트레스는 그림 9에서 생체 신호 컨텍스트로 변환이 되어 나타난다.

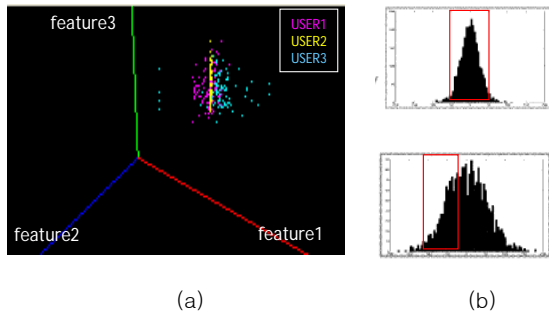


그림 7 특징 추출 및 선택 (a) 특징 추출을 위한 3축 윈도우 (b) 특징별 히스토그램 및 임계치

그림 8과 같이 영역별로 분석된 스트레스 값은 레벨로 표현되게 된다. 스트레스 레벨은 크게 5단계로 나뉘어 표현하였다. 추출된 스트레스 값은 기본적인 추론 엔진을 통해 업데이트 되는 과정을 거친다. 스트레스는 식 (1), (2)에서 추출된 스트레스 레벨은 Stress(v,t)에서 v값으로 나타난다. 생체 신호 분석 단에서 스트레스 레벨이 3으로 추출이 되면, 현재 사용자의 상태가 음 타입의 사람인지 혹은 양 타입의 사람인지, 날씨 상태가 어떤지를 확인한다. 식(4)에서와 같이 만일 사용자가 태음인이고 날씨가 추운 경우 식(2)의 법칙에 따라 스트레스 레벨은 1단계 감소하게 되며 보정된 결과는 그림 9의 컨텍스트 인스펙터 부분에 나타나게 된다.

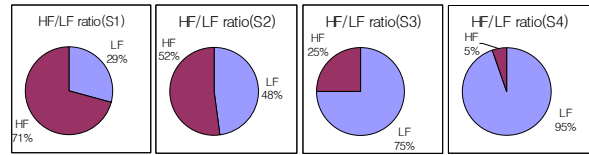


그림 8 스트레스 분석의 예시

생체 신호 획득과 스트레스 분석은 그림 9의 컨텍스트 수집 및 처리 인터페이스를 통해서 진행된다.

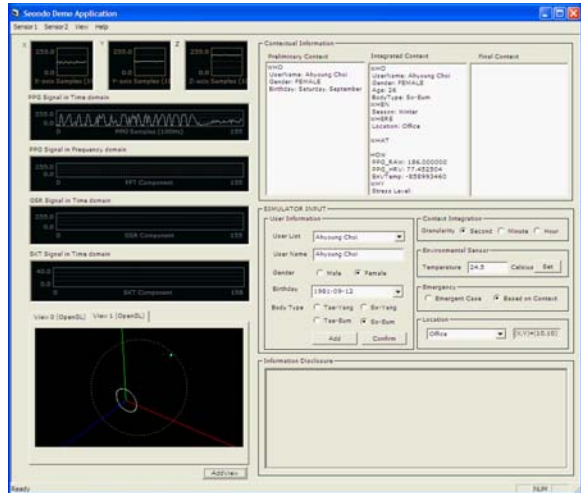


그림 9 생체 신호 컨텍스트 추출 화면

추출된 스트레스의 정확성을 분석해 보기 위해 본 논문에서는 추출된 스트레스 값과 사용자로부터 설문조사를 통해 인식된 스트레스 값을 비교하였다. 비교결과 간단한 추론을 통해 얻은 스트레스 값과 설문을 통해 인식된 스트레스 결과가 어느 정도 일치함을 아래 표와 같이 확인할 수 있었다. 참여자는 20대 중반의 남녀 5인으로 건강상의 문제는 없다. 실험에 참여한 사람들은 현재 스트레스 정도를 설문을 통해 기록을 한다. 생체 신호 수집은 5분 단위로 5회 측정하였다.

표 1 스트레스 인식 일치율 비교 (단위: 퍼센트%)

	피험자 1	피험자 2	피험자 3	피험자 4	피험자 5
초기 스트레스	60	60	40	80	80
추론된 스트레스	60	100	60	80	80
사용자 컨텍스트					
추론된 스트레스	80	80	100	80	60
환경 컨텍스트					

실제 사용자가 설문을 통해서 인지한 스트레스의 값과 실제 추론을 통해 얻은 스트레스 값과의 차이는 피험자에 따라 다르게 나타났다. 5회 측정시 초기 일치도가 60% 인 피험자 1의 경우 사용자 컨텍스트를 이용하여 스트레스를 추론한 결과 큰 차이를 보이지 않았으나 스트레스 해석에 환경적인 요소(기온)를 적용한 결과 인지한 스트레스와 추출된 스트레스 값이 다수 일치함을 확인할 수 있었다. 피험자 5의 경우 초

기 스트레스 측정치와 인식된 측정치가 크게 일치 하였고 이후 사용자 컨텍스트 혹은 환경 컨텍스트를 적용하여 해석한 결과와 비교해 보았을 때 크게 나아지지 않았다. 전반적으로 초반 스트레스 분석 결과가 좋은 경우 이후 스트레스 분석 결과와 비교해 볼 때 크게 달라지지 않음을 확인할 수 있다. 또한 사용자의 특징을 고려한 것보다 환경적인 특징을 고려한 생체 신호 해석이 신뢰성 있는 생체 신호 해석에 의미를 가질 수 있음을 확인할 수 있었다. 그러나 측정 실험데이터가 불충분한 점, 사용자의 체질 분석에 있어 모호함이 있는 점 등은 추후 실험에서 보완이 되어야 한다.

## 5. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 사용자와 환경 컨텍스트에 기반한 사용자 적응적 생체 신호 해석 기법을 제안하였다. 제안된 방법은 사용자 정황 정보를 고려하여 사용자 적응적인 생체 신호 해석을 지원하며, 환경 컨텍스트를 고려하여 환경의 변화에 영향을 최소화하는 생체 신호 해석을 지원하였다. 또한 사상의학 이론을 생체신호 해석에 동적으로 적용할 수 있는 틀을 제공한다. 실제 사용자가 설문문을 통해서 인지한 스트레스의 값과 실제 추론을 통해 얻은 스트레스 값과의 차이를 비교한 결과 생체 신호만을 이용하여 분석한 경우 보다 컨텍스트를 활용하여 추론을 한 경우 신뢰성 있는 스트레스 분석결과가 나오음을 확인할 수 있었다. 추후 연구로 제안된 방법의 추론 단계에서 한의 지식에 기반한 온톨로지를 적용하여 제안된 방법의 실생활의 적용 가능성을 검토해 본다.

## 감사의 글

논문의 지식 표현 관련한 조언을 해준 Hedda R. Schmidtke와 스트레스 분석을 위한 착용형 생체 신호를 제작 및 생체 신호 획득에 도움을 주신 최창현씨에게 감사합니다.

## 참고문헌

- [1] H. Harry Asada, Hong-Hui Jiang, and Peter Gibbs, "Active noise cancellation using MEMS accelerometers for Motion tolerant wearable bio-sensors" In IEEE Proc. of EMBC 2004, pp. 2157-1260, 2004.
- [2] Rosalind W. Picard and Charles Q.Du, "Monitoring stress and heart health with a phone and wearable computer," Motorola Offspring Journal, Volume 1, November 2002.
- [3] 이제마 원저, 홍순용, 이을호 역주, 사상의학원론, 행림출판사
- [4] J.LebLANC, M.B.Ducharme, L.Pasto, M.Thompson, "Response to thermal stress and personality," Physiol Behav 2003; 80:69-74
- [5] Patel, S.A, Slivka, W.A, Scieurba, F.C., "Validation of a Wearable Body Monitoring Device in COPD," American Journal of

- Respiratory and Critical Care Medicine (Abstract presented at ATS meeting May 2004) Am J Respir Crit Care Med. September 2004; 30:A771
- [6] <http://www.wearable.ethz.ch/263.0.html>
- [7] Benny Lo, Surapa Thiemjarus, Rachel King and Guang Zhong Yang, "Body Sensor Network - A Wireless Sensor Platform for Pervasive Healthcare Monitoring", Adjunct Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Computing (PERVASIVE 2005), pp.77-80, May 2005
- [8] J. Herbert, J. O'Donoghue, G. Ling, K. Fai and C-L. Fok "Mobile Agent Architecture Integration for a Wireless Sensor Medical Application", In proceedings of First IEEE International Workshop on Intelligent Agents in Wireless Sensor Networks (IA-WSN), December 18-22, Hong Kong (2006)
- [9] Philip levis, Sam Madden, et al, "TinyOS: An Operating System for Wireless Sensor Networks", Aarts(Eds.), Ambient Intelligence, Springer-Verlag, 2004
- [10] Surapa Thiemjarus, Benny Lo and Guang-Zhong Yang, "A Spatio-Temporal Architecture for Context-Aware Sensing", In the IEEE proceedings of the International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks 2006 pp.191-194, April 2006
- [11] V.Akman and M.Surav. "Steps toward formalizing context," AI magazine, 17(3), pp55-72, 1996
- [12] S.lederer, C.Beckmann, A.Dey, and J.Mankoff, "Managing personal information disclosure in ubiquitous computing environments," technical report IRB-TR 03-015, Intel research Berkley, 2003