

생체신호 모니터링 스마트 의류의 디자인 연구 -심전도 센싱 의류를 중심으로-

A Study on the Design of Smart Clothing for Vital sign Monitoring -Based on ECG Sensing Clothing-

조하경¹, 조현승², 구수민¹, 송하영¹, 강다혜¹, 이주현¹, 이정환³, 이영재³

연세대학교 의류환경학과¹

연세대학교 의류과학연구소²

건국대학교 의용공학부³

ABSTRACT

최근 생체 신호 센싱 기능의 의류가 연구·개발되어 왔으나, 생체 신호 측정 시 착용자의 동작에 의한 치명적인 잡음이 발생하는 문제가 지속적으로 보고되어 왔다. 이에 본 연구는 심전도 센싱 의류를 기반으로 생체 신호 측정의 정확성을 향상시키기 위하여 착용자의 동작에 의한 영향을 최소화할 수 있는 심전도 센싱 스마트 의류의 모형을 개발하고자 하였다. '일자형 절개 타입', '십자형 절개 타입', '엑스형 절개 타입', '꼭선 엑스형 절개 타입'의 총 네 가지 타입의 생체신호 센싱 스마트 의류의 시안을 설계하고 제작하였다. 디자인 시안은 민소매 형태의 남성용 티셔츠로 신축성 있는 소재를 사용하여 인체 굴곡을 따라 의복과 전극이 밀착될 수 있도록 하였으며, 트랜스미터를 이용하여 메인 컴퓨터로 데이터가 무선 전송되게 하였다.

본 연구에서는 개발된 4 가지 의류 타입을 기반으로 인체의 정지 및 동작 상태에서의 심전도 센싱 성능을 평가하기 위해 동작에 따른 전극의 변위를 측정하고, 심전도 측정 평가를 실시하여 SNR 을 분석하였다.

본 실험 결과를 반영하여 의류 디자인 시안의 수정 및 보완 과정을 거친 후, 최종적으로 동작 잡음을 최소화 하는 생체신호 센싱 스마트 의류 디자인 모형을 제시하였다.

Keyword: '생체 신호', '심전도', '스마트 의류', '동작 잡음'

1. 서론

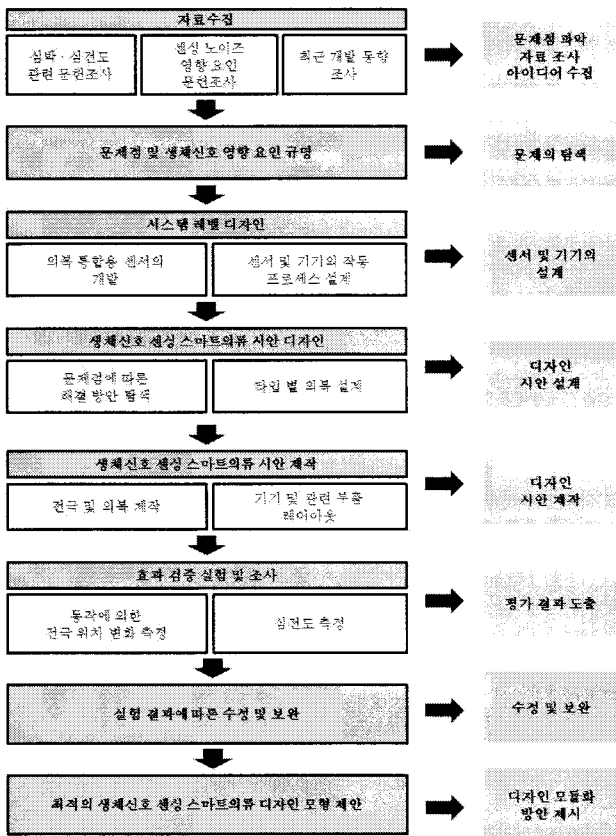
최근 세계 각국의 많은 기업체와 연구소들은 다양한 건강관리 모니터링 기능 스마트 의류를 개발하고 있으며[5],[6],[7], 그 중 심박 및 심전도 센싱 스마트 의류[8],[9],[10]는 더욱 활발히 연구·개발되고 있다. 그러나 이 의류들은 대부분 단순히 압박하고 부착하는 등의 인체의 움직임을 고려하지 않은 것이 대부분이다. 따라서 의류는 착용자의 동작으로 인해 전극의 센싱 위치가 이동하

게 되며, 생체 신호의 손실 및 왜곡 현상이 발생하게 된다. 이에 의류에 의해 측정된 생체신호 센싱 정보의 정확성과 신뢰성을 높이기 위해서는 이 동작 잡음(motion artifact)의 영향에 대한 고려가 필수적이다. 따라서, 착용자의 독립성과 활동성을 보장하고, 동작 잡음의 문제를 해결하기 위해서는 의류 및 전극의 개발과 같은 생체신호 센싱 스마트 의류의 재모듈화형 디자인 연구가 요구된다. 이에 본 연구에서는 심전도 센싱을 중심으로

의류의 구조적 구성을 재모듈화 하여 착용자의 동작에 의한 전극의 절대 위치 이동을 최소화하고 동작 잡음을 감소시킬 수 있는 최적의 생체신호 센싱 스마트 의류의 디자인 모형을 제시하고자 하였다.

2. 연구 설계

본 연구의 연구 설계는 다음과 같다(그림 1).



[그림 1] 연구 설계

3. 연구 방법

3.1 생체 신호 센싱 영향 요인 분석

본 연구에서는 생체신호 센싱과 관련하여 각 요인 별 전문 문헌 및 연구에 대한 고찰 과정을 수행하였다. 각 요인은 크게 운동적 요인, 의복적 요인, 기기적 요인으로 나뉘며 운동적 요인은 근육 변화 및 뼈와 관절의 변화로 구분되었다. 의복적 요인은 의복 구조와 의복 소재로 나뉘며 기기적 요인은 센서 특성과 전극의 특성으로 분류되었다.

동작에 따른 인체의 변화를 탐구하기 위한 의학 및 인체공학[2], 의복구조[1] 및 소재[3]와 관련하여 의류학 및 섬유학, 그리고 센서 및 기기를 위한 의용공학적 고찰[4]을 통해 생체신호 센싱에 영향을 주는 요인을 분석하였다. 이에 각각의 요인에 따른 고려 사항을 분석하여 생체신호 센싱 스마트 의류에 반영하여 설계하였다. 도출된 각 요인들은 서로 상호 관계에 있으며, 이를 종합적으로 분석하여 의류 설계에 반영하였다.

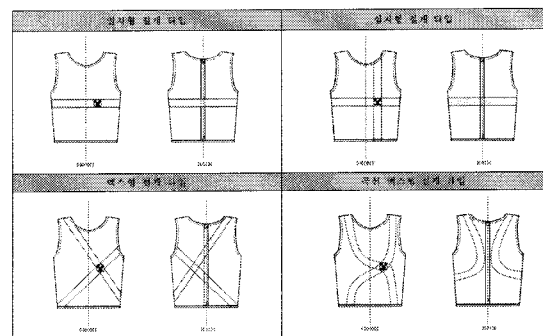
3.2 디자인 시안 설계

1) 직물 전극의 개발

심전도를 보다 정확하게 측정하기 위해, 의복 층에 의한 간섭이 적도록 전극이 피부에 직접 닿는 접촉식으로 개발하였다. 본 연구에 사용된 전극은 비신장 직물을 이용, 전극의 저항값에 대한 외부의 영향을 적게 받도록 하였다. 이 직물 위에 은사를 자수 형태로 제작하여 인체의 피부에 안정적으로 밀착될 수 있도록 하였다.

2) 디자인 시안의 개발

생체 신호 센싱 영향 요인을 고려하여 생체신호 센싱 스마트 의류에 통합하기에 적합하고 효과적인 심전도 센싱 전극을 개발하고자 하였다. 실험을 통하여 전극의 피부상 절대 위치가 네 가지 타입 중 가장 적게 이동하며 심전도 측정이 효과적으로 이루어지는 모형의 연구를 위해 개발한 전극을 이용하여 재모듈화 한 의류를 네 가지 타입으로 설계하였다(그림 2).



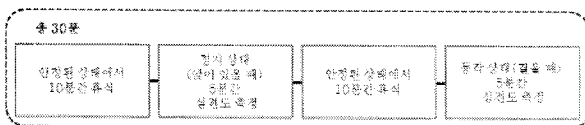
[그림 2] 절개 형태에 따른 네가지 의류 타입

3) 기기의 구성

생체신호 측정의 구동은 크게 센서부와 메인 컴퓨터로 구분하여 구성하였다. 즉, 센서부는 심전도 신호의 입력 기능을 하는 직물 전극과 신호 증폭, 필터링, 무선 송신 기능을 지니는 트랜스미터로 구성되며, MCU는 정보 수신, 연산, 출력 기능을 하도록 설계하였다.

3.3 실험 및 분석

실험은 개발된 의복 착용 후, 정지 상태와 동작 상태의 두 가지 동작에서의 심전도 신호를 측정하였다. 정지 상태의 심전도 측정을 위해 피험자로 하여금 10분간 휴식을 취하도록 하였으며, 그 다음 5분간 의자에 앉아 있도록 하였다. 정지 상태의 측정이 있는 후, 다시 10분간의 휴식을 취하게 하였으며 다시 5분간 걷도록 하였다. 각 타입별 30분의 실험 시간이 소요되었으며 총 120분 동안 심전도 측정 실험을 하였다(그림3).



[그림 3] 심전도 측정 실험 설계

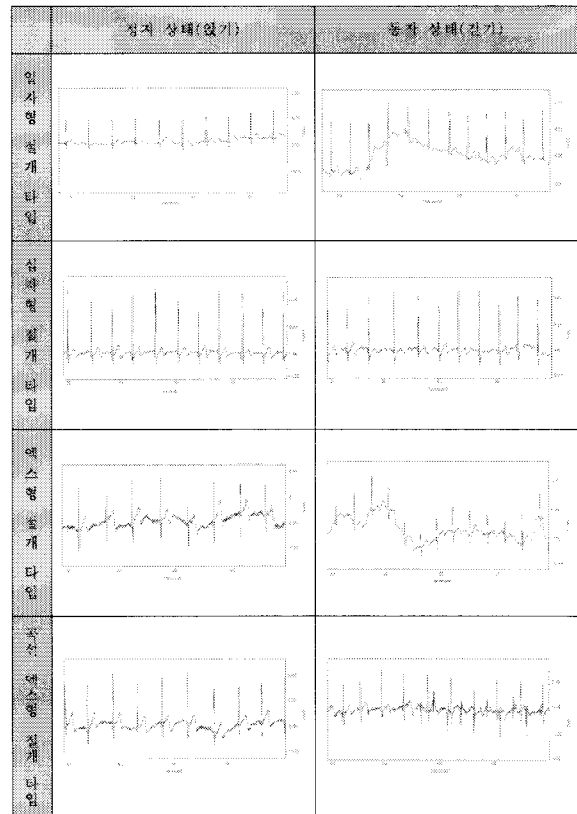
4. 결과 및 논의

4.1 심전도 파형 분석

본 연구에서는 일상생활에서 착용자의 심전도를 모니터링을 위해 각 타입별 의복 착용 후 0.5-110Hz사이의 심전도 신호를 기록하였다. 심전도 파형은 정지 상태와 동작 상태로 나누어 파형의 변화를 비교하였으며, 네 가지 타입 중 상대적으로 가장 안정된 심전도 측정이 가능한 의복 타입을 디자인 모형 설계에 반영하고자 하였다.

그 결과 십자형 절개 타입의 의복이 다른 세 가지 타입의 의복에 비해 걷는 동작 시에도 안정된 심전도 파형을 보였다. 따라서 네 가지 타입의 의복

중 십자형 절개 타입의 의복이 동작의 영향을 가장 적게 받은 것으로 나타났다.



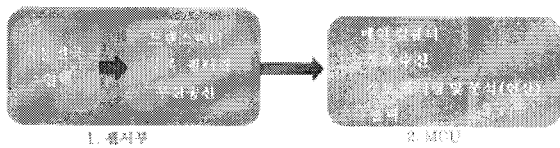
[그림 4] 의복타입별 심전도 파형 비교

4.2 디자인 시안의 수정 및 보완

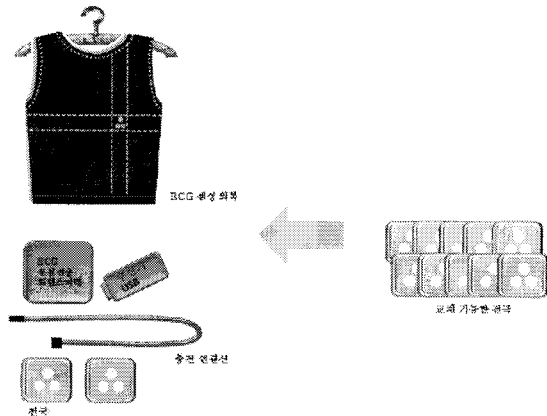
본 연구에서 개발한 네 가지 의복 시안의 동작에 따른 전극 위치 변화 및 심전도 측정 결과를 반영하여 시안을 수정 및 보완 하고, 이를 토대로 최적의 심전도 센싱 스마트 의류 디자인 모형을 개발하고자 하였다. 수정 및 보완 사항은 의복의 설계 및 디자인, 전극과 트랜스미터의 부분으로 나누어 제시하였다.

실증적 실험 평가를 통해 십자형 절개선의 적용이 동작의 영향을 최소화한다는 것을 발견한 것에 그 중요성이 있으며, 전극의 개발을 통해 피부 접촉 저항을 줄였고, 직물 타입으로 제작하여 피부 자극 및 이질감을 최소화하여 일상생활에서의 사용이 가능토록 하였다. 또한 의복과 전극, 트랜스미터의 탈부착이 용이하도록 하였고, 의복의 구멍과 전극의 끝부분에 웰딩 방식을 적용하여 마무리함

으로써 개발한 생체신호 센싱 스마트 의류의 관리성, 세탁성, 사용용이성, 경제성을 향상 시켰으며, 의복과 전극 사용의 다양한 가능성을 제시하였다. 개발한 의복은 무선 방식을 이용하여 불필요한 와이어의 사용을 최소화하였으며, 기존의 스마트 의류의 복잡한 구조적 문제를 해결하여 일상복과 같은 형태로 개발하였다. 또한, 이는 사용자로 하여금 다양한 디자인의 의복을 착용할 수 있게 함으로써, 사용자의 취향 및 계절에 맞는 다양한 디자인의 심전도 센싱 스마트 의류에 적용하여 전극을 의복 개수에 맞춰 구입할 필요 없이 하나의 전극을 가지고 사용할 수 있도록 하였다.



[그림 5] 기기의 구동 개념도



[그림 6] 생체 신호 측정 의류의 재모듈화 모형

본 연구는 심전도 중심의 생체신호 센싱 스마트 의류의 연구 및 개발 동향 분석을 통해 기존에 개발된 의류의 문제점을 제시하고, 이에 대한 고찰을 통해 생체신호 센싱에 영향을 주는 요인을 규명하였다. 또한 동작에 의한 전극의 변위 측정 및 심전도 측정을 실시한 후 수정 및 보완 과정을 거쳐, 심전도의 생체신호 센싱의 정확성을 높일 수 있는 스마트 의류의 재모듈화 방안을 제시하였는데 그 의의가 있다. 그러나, 본 연구는 성인 남

성만을 대상으로 이루어져 여성 및 다양한 연령층을 위한 최적의 생체신호 센싱 의류의 개발 연구가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

[1] 나가자와 스무무 (1999). 의복과 체형. 나미향, 김정숙 역음. 예학사.

[2] 진영수, 정연옥, 이한준, 박은경, 이혜영, 송성일, 김용환 (2006). 운동검사 처방의 이론과 실제. 홍경.

[3] Kiekens, P., and Langenhove, L. V. 2003. "Smart Clothing—A New Life". International Apparel Federation Conference, Istanbul.

[4] Lee, J. M., Pearce, F., Hibbs, D., Matthews, R., and Morrissette, C(2004). "Evaluation of a Capacitively-Coupled Non-Contact (through Clothing) Electrode or ECG Monitoring and Life Signs, Detection for the Objective Force Warfighter", Paper presented at Symposium on combat Casualty Care in Ground Based Tactical Situations: Trauma Technology and Emergency Medical Procedures, 16-18 August, St. Pete Beach, USA.

[5] <http://www.hitechprojects.com/euprojects/myheart/home.html>

[6] <http://www.hoise.com/vmw/05/articles/vmw/LV-VM-06-05-8.html>

[7] <http://www.context-project.org>

[8] <http://www.crunchwear.com/numetrex-heart-sensing-sportswear>

[9] <http://www.textronics.com>

[10] <http://www.adidas-polar.com>