

## 생체신호 측정을 위한 기능성 의류의 디자인 연구

—심전도 센싱 의류를 중심으로—

A Study on the Design of Functional Clothing for Vital sign Monitoring

—Based on ECG Sensing Clothing—

조하경\* · 송하영\*\*† · 조현승\*\* · 구수민\*\* · 이주현\*\*

Hakyung Cho\* · Hayoung Song\*\*† · Hyeonseong Cho\*\* · Sumin Goo\*\* · Joohyeon Lee\*\*

(재)한국섬유소재연구소\*

Korea High Tech Textile Research Institute\*

연세대학교 의류환경학과\*\*

Department of Textile & Clothing, Yonsei University\*\*

### Abstract

Recently, Study of functional clothing for Vital sensing is focused on reducing artifact by human motions, in order to enhance the electrocardiogram(ECG) sensing accuracy.

In this study, considering the factors for each element found from the analysis, a 3-lead electrode inside textile embroidered with silver yarn was developed, and draft designs off our types of vital-signal sensing garments, which are 'chest-belt typed' garment, 'cross-typed' garment 'x-typed' garment and 'curved x-typed' garment, were prepared. The draft designs were implemented on a sleeveless male shirt made of an elastic material so that the garment and the electrodes can remain closely attached along the contour of the human body, and the acquired data was sent to the main computer over a wireless network. In order to evaluate the effects caused by body movements and the ECG-sensing capability for each type in static and dynamic states, displacements were measured from one and two dimensional perspectives. ECG measurement evaluation was also performed for Signal-to-noise ratio(SNR) analysis. Applying the experimental results, the draft garment designs were modified and complemented to produce two types of modular approaches 'continuous-attached' and 'insertion-detached' for the ECG-sensing smart clothing.

**Keywords :** Vital-sign Monitoring, ECG-Sensing Clothing, Motion Artifact, Textile Electrode, Re-Modular

### 요약

최근 생체 신호 측정을 위한 기능성 의류는 동작 잡음에 의한 노이즈를 최대한 줄여 정확한 생체 신호를 측정 가능케 하는 것의 중요성에 대한 논의가 이루어지고 있다. 이에 본 연구는 영향 요인별 고려 사항을 반영하여 3-리드(lead)방식의 은사 자수의 직물 전극을 개발하고, '일자형 절개 타입', '십자형 절개 타입', '엑스형 절개 타입', '곡선 엑스형 절개 타입'의 총 네 가지 타입의 생체신호 센싱 스마트 의류의 시안을 설계하고 제작하였다. 디자인 시안은 민소매형태의 남성용 티셔츠로 신축성 있는 소재를 사용하여 인체 굴곡을 따라 의복과 전극이 밀착될 수 있도록 하였으며, 트랜스미터를 이용하여 메인 컴퓨터로 데이터가 무선 전송되게 하

† 교신저자 : 송하영 (연세대학교 의류환경학과)

E-mail : fabric@thirdeye.co.kr

TEL : 02-3413-1612

FAX : 02-3413-1613

였다.

각 재모듈화형 의류 타입별 인체 동작에 의한 영향과 정지 및 동작 상태에서의 심전도 센싱 성능을 평가하기 위해 동작에 따른 전극의 변위를 측정하고, 심전도 측정 평가를 실시하여 SNR을 분석하였다. 본 실험 결과를 반영하여 의류 디자인 시안의 수정 및 보완 과정을 거친 후, 최종적으로 ‘연속-부착형’, ‘삽입-분리형’의 두 가지 타입의 생체신호 센싱 스마트의류 디자인 모형의 모듈화 방안을 제시하였다.

**주제어** : 생체신호 모니터링, 심전도 센싱 의류, 동작 잡음, 직물 전극, 재모듈화

## 1. 서론

건강에 대한 관심과 라이프스타일의 변화, 고령화 사회의 예상으로 인해 건강복지에 대한 필요성이 부상하는 최근 트렌드에 따라, 건강관리 지원형 스마트 의류의 필요성 및 그 중요성이 높아지고 있다.

최근 세계 각국에서는 국가적 차원에서 다양한 건강관리 모니터링 기능 스마트 의류를 개발하고 있으며, 그 중 심박 및 심전도 센싱 스마트 의류는 더욱 활발히 연구, 개발되어 일부 의류 제품 업체를 중심으로 상용화되는 추세에 있다(조현승 외, 2005). 그러나 이 의류들은 대부분 단순히 압박하고 부착하는 등의 인체의 움직임은 고려하지 않는 것이 대부분이다. 따라서 착용자의 동작으로 인해 전극의 센싱 위치가 이동하게 되며, 생체 신호의 손실 및 왜곡 현상이 발생하게 된다. 의류를 통해 측정된 생체신호의 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 재모듈화하여 착용자의 동작에 의한 전극의 절대 위치 이동을 최소화하고 동작 잡음을 감소시킬 수 있는 최적의 생체 신호 센싱 스마트 의류의 디자인 모형을 제시하고자 하였다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 생체 신호 센싱 스마트 의류 시장전망

현대인의 건강에 대한 관심이 증가하면서, 실시간 자신의 생체신호를 측정하여 건강 상태를 파악할 수 있는 기능에 대한 관심이 증가하고 있다. 전 세계적으로

로 많은 건강관련 생체신호 센싱 스마트 의류가 개발되고 있으며, 섬유와 기술의 개발로 인해 관련 제품의 개발은 더욱 가속화되고 있다.

ParksAssociates(2006)의 헬스케어 시장 전망에 따르면 고령층을 위한 모니터링, 급성환자를 위한 모니터링 관련 분야의 시장은 20~30%의 연장성장률을 보일 것으로 예상되며, 특히 건강 모니터링 부분의 헬스케어 시장은 50% 이상의 연간 성장률을 보일 것으로 예측하고 있다.

생체신호 센싱 센서를 기반으로 한 스마트 의류는 건강을 중시하는 소비자 라이프스타일에 따라 가장 전망 있는 수요로 예측된다. 그 중 혈압, 맥박, 호흡, 체온과 같은 기본적 생체 신호 측정과 심전도를 위한 건강 개념의 스마트 의류의 수요는 증가될 것으로 분석된다(조하경 외, 2006).

생체신호 센싱 스마트 의류는 전도성 소재 및 관련 기기의 개발과 같은 관련 기술의 발달로 새로운 적용을 위한 의류 개발이 이뤄지고 있으며, 센싱 기능의 정확성을 증가시켜 정보의 신뢰성을 향상시키고자 하고 있다. 이러한 기술은 빠르게 현실화 되고 있으며, 많은 기술들이 상품에 적용되어 시장에 출시되고 있다. 앞으로 생체신호 센싱 스마트 의류는 건강에 대한 사회적 관심과 함께 급속한 발전이 이뤄질 것으로 예상된다.

### 2.2. 생체신호 센싱 스마트 의류의 개발 동향

최근 생체 신호 센싱 스마트 의류는 심전도를 중심으로 호흡, 체온 등의 다양한 신호의 측정이 가능하도록 개발되고 있다. 초기의 생체신호 센싱 스마트 의류의 개발 양상은 비직물 형태의 센서 및 관련 기기를 의류 안에 부착하는 형식으로 개발되었으나, 스마트 섬유와 같은 관련 기술의 발달로 인해 센서 및 관련 기기는 소형화·직물화되어 의류에 통합되는 양상으로 발전하고 있다.

최근의 생체신호 센싱 스마트 의류에 통합된 센서의 전극 유형은 유연성이 거의 없는 ‘비직물 전극형’(그림 1)과 전도성 직물이 이용된 ‘직물 전극형’(그림 2)으로 구분된다. 비직물 전극의 경우 젤을 사용하지 않는 건식 전극 형태로 주로 개발되었으나, 일부는 전해질을 사용하여 의복에 적용하기도 하였다. 한편, 최근에는 생체 신호 센싱 스마트 의류는 스마트 섬유와 같은 관련 기술의 발달로 인해 전극을 의류와 효과적으로 통합하기 위한 직물전극 개발 현상이 두드러지며, 실을 이용한 자수, 편직, 제직 등 다양한 형태로

제작, 적용하고 있다. 또한, 의류의 효과적인 착용을 위해 의류의 형태는 흉부에 두르는 벨트 타입, 몸에 밀착되는 신축성 있는 의류의 형태를 갖도록 개발되고 있다.

### 2.3. 전극의 위치 변화 고려 요인

#### 2.3.1. 운동적요인

인체의 움직임에 따라 근육과 뼈 및 관절은 상호작용하기 때문에, 센싱 기능을 지닌 의복의 설계시에는 동작 및 자세에 따라 많은 변화가 생기는 근육, 골격 부위를 고려하여야 한다.

#### 2.3.2. 의복적요인

의복 설계시 인체의 부위별 특징에 따라 고려해야 할 사항이 다르다. 의복 소재는 착용자에게 활동성을 제공하면서 동시에 전극을 안정적으로 고정시킬 수 있도록 신축성 있는 소재의 사용이 요구된다. 따라서 생체신호 센싱 스마트 의류 설계시 전극의 절대위치 변화의 최소화를 위해, 인체 부위의 특성에 따른 의복 구조와 신축성 있는 소재의 적절한 고려가 필요하다.

#### 2.3.3. 기기적요인

센서의 경우 사용되는 소재와 제작 방식에 따른 특징에 차이가 있으며, 그에 대한 고려가 요구된다. 또한 피부에 접촉하는 의류에 적용되는 것이므로 인체에는 무해하여야 한다. 기존 병원에서 사용되는 전극과 의류에 적용하기 위한 직물전극의 특성에는 상당한 차이가 있으며, 이에 따른 적용방법도 다르다. 따라서 의류 설계 시 인체에 적용 가능한 센서와 적용을 위한 전극특성을 고려할 필요가 있다.

## 3. 연구방법

본 연구에서는 심전도 센싱의 정확성을 높이기 위하여 인체의 동작에 의한 의복의 영향을 최소화할 수 있도록 재모듈화한 생체신호 센싱 스마트 의류를 개발하기 위한 연구 설계는 다음과 같다(그림 3).



Fraunhofer Institutes의 Sensave와 내장된 전극

그림 1. 비직물 전극과 적용 의류 사례

<p>이 이미지는 스마트 라이프 테크의 '스마트 라이프 헬스 베스트'를 착용한 사람의 상반신을 보여줍니다.</p>	<p>이 이미지는 마이하트 프로젝트의 생체신호 센싱 의류와 함께, 착용자의 상반신과 하반신을 보여줍니다.</p>
<p>smartlife Tech. 'Smartlife Health Vest'</p>	<p>Myheart Project 생체신호 센싱 의류</p>
<p>이 이미지는 아디다스의 심박 측정 의류의 패턴을 보여줍니다.</p>	<p>이 이미지는 제피어의 '바이오하네스'를 보여줍니다. 이 제품은 스마트폰과 연결하여 데이터를 전송하는 기능을 가진 웨어러블 장치입니다.</p>
<p>adidas 심박 측정 의류</p>	<p>Zephyr의 'Bioharness'</p>

그림 2. 직물 전극 적용 의류 사례

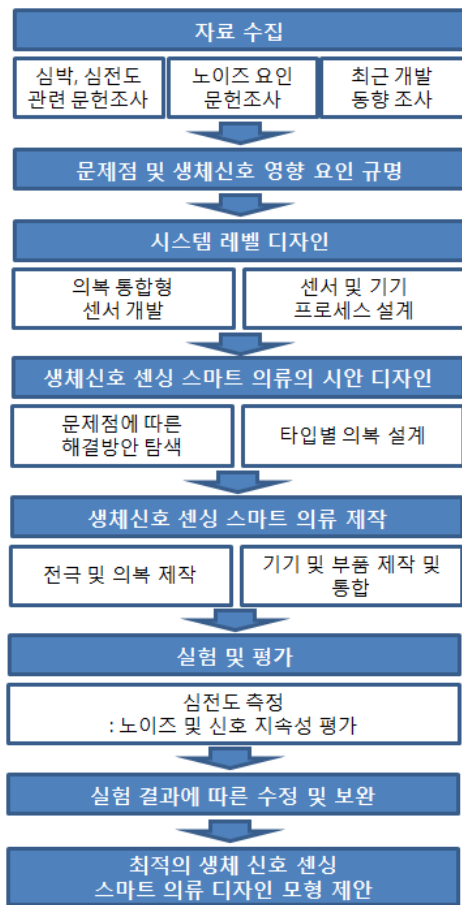


그림 3. 연구 설계

### 3.1. 생체 신호 센싱 영향요인분석

본 연구에서는 생체 신호 센싱과 관련하여 각요인별 전문문헌 및 연구에 대한 고찰과정을 수행하였다. 각 요인은 크게 운동적요인, 의복적 요인, 기기적 요인으로 나뉘며 운동적 요인은 근육 변화 및 뼈와 관절의 변화로 구분되어 심전도 센싱에 영향을 가장 적게 주는 부위를 선정하였다. 의복적 요인은 센서의 안정성 및 노이즈 최소화를 고려한 의복 구조와 의복 소재로 구성하였다. 기기적 요인은 센서 특성과 전극의 특성으로 분류되는데, 본 연구에서 사용된 섬유기반 센서 및 전극의 특성을 고려하여 의복 구성 및 알고리즘 구성에 반영하였다. 동작에 따른 인체의 변화를 탐구하기 위한 의학 및 인체공학(진영수 외, 2006), 의복구조(나가자와 스무부, 1999) 및 소재(Rubin, 2000., 조길수, 2006)와 관련하여 의류학 및 섬유학 그리고 센서 및 기기를 위한 의공학(Lee, J.M. etc., 2004)을 통해 생체 신호 센싱에 영향을 주는 요인(장세은, 2006)을 분석하였다. 이에 각각의 요인에 따

른 고려사항을 분석하여 생체신호 센싱 스마트 의류에 반영하여 설계하였다. 도출된 각 요인들은 서로 상호 관계에 있으며, 이를 종합적으로 분석하여 의류 설계에 반영하였다.

### 3.2. 디자인 시안의 설계

#### 3.2.1. 직물전극의 개발

일상생활용 의복에 적용하기 위해 직물 전극과 건식의 접촉식 전극으로 개발하였다. 전극은 3-리드(lead)방식의 4cm x4cm 로 소형화시켜 의복에 통합이 원활히 될 수 있도록 하였으며, 동작 저항과 접촉 저항을 최소화하고자 하였다(그림 4). 전극 소재로는 비신장 소재를 사용하였으며, 은 코팅 커버링 사를 이용하여 전극 부분을 제작하였다. 무선 전송 트랜스미터와의 효과적인 연결이 되도록 전극 부위에 코팅을 제거한 스냅단추를 달아 연결하였으며, 의복으로부터 탈착이 가능하도록 하여 소모시 교체 가능하도록 하였다.

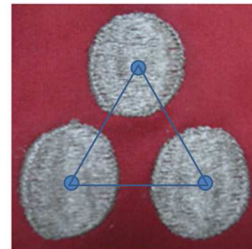


그림 4. 전극 자수의 형태 (4cm×4cm)

#### 3.2.2. 디자인 시안의 개발

생체 신호 센싱 영향 요인을 고려하여 생체 신호 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 5). 본 실험에 사용된 소재는 나일론 92%, 폴리우레탄 8%가 혼용된 소재로 스트레치성을 갖는 소재로 구성되었다.

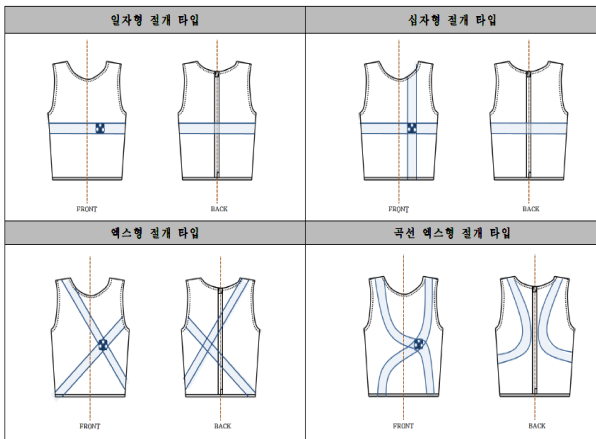


그림 5. 절개 형태에 따른 네 가지 의복 타입

### 3.3. 실험방법

#### 3.3.1. 실험 및 분석

본 실험은 본 연구에서 개발된 직물 전극 내장 생체 신호 측정 의류를 착용하고, 트랜스미터를 통해 컴퓨터에 심전도 신호가 무선으로 전달될 수 있도록 하여 정지 상태와 동작 상태의 두 가지 동작에서의 심전도의 신호 안정성 및 변화를 측정하고자 하였다.

본 실험에 참여한 피험자는 20대 남성 중 보통체형(피험자 1)과 근육이 발달한 체형(피험자 2)을 가진 남성 각 1명씩 의도적인 표집으로 구성하였다. 두 피험자 모두 비만도가 정상수준이었으며, 피험자의 신체 사이즈는 다음 표 1과 같다.

표 1. 피험자 신체 사이즈

구분	나이	키(cm)	몸무게(kg)	BMI(m <sup>2</sup> )
1	24	170	58	20.07
2	26	180	78	24.07

본 실험의 진행은 정지 상태에서의 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(그림 6).

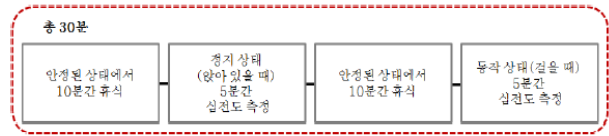


그림 6. 심전도 측정 실험 순서

#### 3.3.2. 실험 분석 방법

본 연구는 일상생활에서 착용자의 심전도를 모니터링을 위해 0.5~110Hz 사이의 심전도 신호를 기록하였다(그림 7). 수집한 심전도 신호는 균형적인 측정을 위해 밴드패스필터 방식을 사용하였다. 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.



그림 7. 센싱한 심전도 파형을 나타낸 컴퓨터 화면

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1. 실험 결과

#### 4.1.1. 네 가지 의복 타입의 심전도 파형비교

각 의복타입에 대한 심전도 파형을 비교한 결과는 다음(그림 8)과 같이 나타났다. 그 중 심자형 절개 타입의 의복은 다른 타입의 의복에 비해 동작의 영향을 적게 받아 정지 및 동작 상태에서 모두 안정적인 심전도 파형을 보였으므로, 심자형 절개 타입의 의복이 심전도 파형 비교의 결과에서는 가장 적합한 유형으로 사료된다.

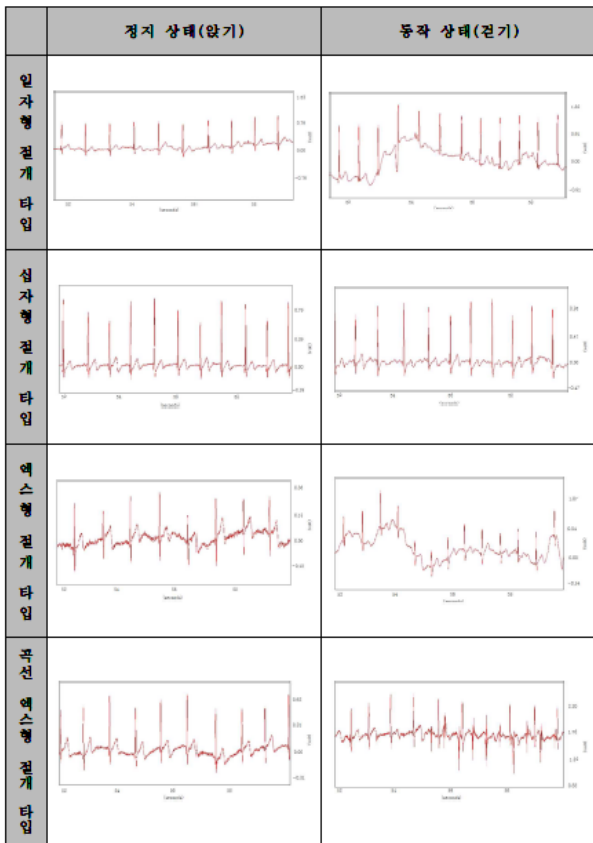


그림 8. 의류 타입별 심전도 파형 비교

#### 4.2.2. Signal-to-Noise Ratio(SNR) 분석

본 연구의 SNR은 측정된 신호대비 잡음의 신호정도를 나타내는 것으로 다음과 같은 공식을 사용하여 분석하였다.

$$SNR = 20\log(EGC_{peak-peak} / Noise_{peak-peak})$$

SNR 분석결과, 전반적으로 네가지 의복 타입은 모두 정지 상태보다 동작 상태에서 심전도 신호의 SNR이 낮게 나타났는데, 이는 동작 잡음에 의한 것으로 분석된다. 십자형 절개 타입 의복은 SNR이 28.81dB로 가장 높은 값을 얻어 가장 신호의 안정성을 나타내는 것으로 분석된다. 그 다음으로는 일자형 절개 타입 의복으로 24.44dB이었으며, 곡선 엑스형 절개타입 의복은 21.47dB였다. 가장 낮게 나타난 엑스형 절개타입 의복의 SNR은 19.66dB로 나타났다.

특히 동작시 십자형 절개타입 의복 경우가 다른 세 가지 의복 타입에 비해 SNR이 가장 큰 것으로 보아 네 가지 의복 타입 중 십자형 절개 타입 의복이 동작

에 의한 영향을 적게 받은 것으로 사료된다. 각 의복 타입별 심전도 신호의 SNR 분석결과는 다음 표 2와 같다.

표 2. 각 타입별 의복의 SNR

의복 타입	상태	SNR	
일자형 절개 타입	정지	25.1653	24.4448
	동작	23.7242	
십자형 절개 타입	정지	30.0223	28.8063
	동작	27.5903	
엑스형 절개 타입	정지	20.4838	19.6551
	동작	18.8264	
곡선 엑스형 절개 타입	정지	24.8098	21.4668
	동작	18.1238	

### 4.3. 디자인 시안의 수정 및 보완

#### 4.3.1. 생체신호 센싱 의류의 영향 요인 규명

본 연구는 생체 신호 센싱의 정확성을 위해 센싱에 영향을 미치는 운동, 의복, 기기 등의 영향요인을 규명하고 이를 디자인에 반영하였다. 운동요인은 근육 변화 및 뼈와 관절의 변화로 구성되어 의복 설계시, 큰 근육과 세부 근육의 순서로 고려, 움직임에 따른 근육에 의한 의복의 영향을 최소화하고자 하였다. 의복 요인 중 의복 구조적 측면에서는 민소매로 설계하여 팔 부위의 영향을 최소화하고, 절개 구조 방식을 고안하여 전극의 절대위치가 변하지 않도록 하고자 하였으며, 인체 굴곡을 따라 효과적으로 고정될 수 있도록 신장성 소재를 사용하였다. 또한 기기 요인은 센서 특성과 전극의 특성을 고려하였으며, 의기기적 측면에서는, 센서는 접촉식 직물 형태로 고려하였으며 전극 부분은 은사를 이용하였고, 최대한 비침습적·무구속적 센싱이 가능케 하고자 하였다.

#### 4.3.2. 생체신호 센싱 의류의 수정 및 보완

본 연구에서는 개발한 네 가지 의복 시안의 동작에 따른 전극위치 변화 및 심전도 측정 결과를 반영하여 시안을 수정 및 보완하고 이를 토대로 최적의 심전도 센싱 스마트 의류 디자인 모형을 개발하고자 하였다.

실증적 실험 평가를 통해 십자형 절개선의 적용이 동작의 영향을 최소화 한다는 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, 트랜스미트의 탈부착이 용이하도록 하였고, 의복의 구멍과 전극의 끝부분에 웰딩 방식을 적용하여 마무리함으로써 개발한 생체신호 센싱 스마트 의류의 관리성, 세탁성, 사용용이성, 경제성을 향상시켰으며, 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.

실험을 통한 최종 모형은 다음과 같이 두 가지 형태로 제시하였다.

의복 시안의 절개선 부위에 사용된 소재는 폴리에탄 8%의 나일론 소재를 사용하였다. 그러나 고정효과를 향상시키기 위해가로 방향의 절개선 부위에 고무 밴드(Elasticband)로 수정하였으며, 지퍼 부위에 가로 방향으로 여밈을 더함으로써 의복 및 전극이 인체에 기존 시안보다 안정적으로 밀착 될 수 있도록 하였다. 전극 부위를 지나가는 절개선은 다시 세분화하여 세 개의 각 전극 부위를 지나가게 함으로써 전극의 위치 고정 효과를 극대화하기 위해 세로 절개선은 2번의 절개가 더 이뤄지며 가로 방향은 1번의 절개가 추가적으로 이뤄지도록 하였다.

또한, 의복이 위로 말려 올라가는 현상을 방지하기 위해 세로 방향을 제외한 가로 방향에만 고무 밴드를 사용하였다.

1) 연속-부착형 타입

연속-부착형 타입은 가로 방향으로 두 개의 고무 밴드가 전극을 지나가도록 하였다. 이 두 개의 고무 밴드는 세 개의 세로 방향 절개선과 십자 형태로 교차하여, 전극의 은사 자수 부위 각각에 힘을 전달하게 하여 전극의 센싱 위치의 고정 효과를 높이고자 하였다. 이 때, 고무 밴드의 회복되려는 성질을 이용하기 위해 고무 밴드를 늘린 상태에서 의복에 부착하였다. 또한 의복 본판의 절개 부위에 스티치로 고정한 후 뒷부분의 가로 여밈을 추가하여 이전의 의복 시안보다 전극이 안정적으로 고정 될 수 있게 하였다.

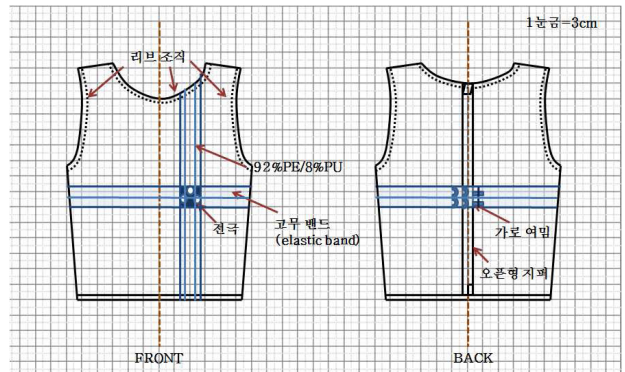


그림 9. 연속-부착형 의복 타입



그림 10. 연속-부착형 의복 타입의 연결 방식

2) 삽입-분리형 타입

삽입-분리형 타입의 경우 터널형의 고정 장치를 고안하여 동작에 의한 영향을 효과적으로 경감시키고자 하였다. 이 고정 장치는 의복의 겉면에 의복 본판과 동일한 소재이고 전면에 두 개 그리고 후면에 두 개의 총 네 개로 구성하였다. 이 고정 장치 사이로 두 개의 고무 밴드가 지나가도록 하였고, 이를 통해 착용자의 인체 사이즈에 맞게 고무 밴드를 조절할 수 있게 하였다. 또한 전극 부위와 의복 뒷부분의 여밈 한쪽 부분을 스티치로 고정하여 두 개의 고무 밴드가 의복과 완전히 분리되지 않도록 하면서, 지정한 전극 부위를 누를 수 있도록 하였다. 또한 앞의 연속-부착형 의복과 같이 가로 여밈을 추가하였다.

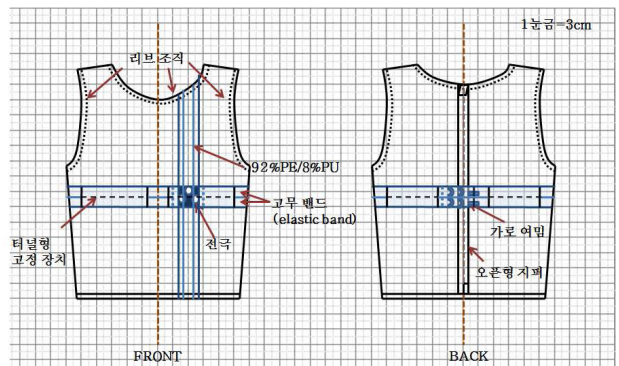


그림 11. 삽입-분리형 의복 타입



그림 12. 삽입-분리형 의복 타입의 연결 방식

## 5. 논의

본 연구는 심전도 중심의 생체 신호 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 보완과정을 거쳐, 심전도의 생체신호 센싱의 정확성을 높일 수 있는 스마트 의류의 재모듈화 방안을 제시하였는데 그 의의가 있다. 그러나, 본 연구는 성인 남성만을 대상으로 이루어져 여성 및 다양한 연령층을 위한 최적의 생체신호 센싱 의류의 개발 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

- 나가자와 스무부 (1999). *의복과 체형*. 나미향, 김정숙 역음. 예학사.
- 장세은 (2006). *소재의 신축성과 인체동작이 심전도 모니터링 의복의 성능에 미치는 영향*. 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 의류환경학과.
- 조길수 (2006). *최신의류소재*. 시그마프레스.
- 조하경, 이주현, 이충근, 이명호 (2006). *센서 기반형 스마트 의류의 디자인 개발을 위한 탐색적 연구 - 생체 신호 센서 기술에 기반한 건강관리용 의류를 중심으로 -*. 한국감성과학회지. 9(2):141-150.
- 조현승, 김용준, 김후성, 서정훈, 이선영, 이주현, 황은수 (2005). *트레킹 및 조깅을 위한 스마트스포츠 웨어의 프로토타입 개발*. 한국감성과학회지. 8(3): 213-220.
- 진영수, 정연옥, 이한준, 박은경, 이해영, 송성일, 김용환 (2006). *운동검사 처방의 이론과 실제*. 흥경.
- Aarts, E., and Marzano,S.(2003). *The New Everyday*. 010.
- Lee, J. M., Pearce, F., Hibbs, D., Matthews, R., & Morrissette,C.(2004). Evaluation of a Capacitively-Coupled Non-Contact Electride or ECG Monitotinf and Life Signs, Detection for the Objective Force Warfighter. *Paper presentated ar Symposium on combat Casualty Care in Ground Based Tactical Situations : Trauma Technology and Emergency Medical Procedures*, USA.
- Parks Associates. (2006). *Delivering Quality Healthcare to the Digital Home*. Parks Associates.
- Rubin, J. (2000a). Autonomic nervous system response patterns specificity to basic emotions. *Journal of the autonomic nervous system*, 62(1), 155-167.
- <http://www.hitechprojects.com/europrojects/myheart/home.html>
- <http://www.hoise.com/vwv/05/articles>
- <http://www.context-project.org>
- <http://www.chunchwear.com/numetrex-heart-sensing-sports-wear>
- <http://www.textronics.com>
- <http://www.adidas-polar.com>
- <http://www.terms.co.kr/SNR.htm>
- 원고접수 : 10.07.10  
수정접수 : 10.09.03  
게재확정 : 10.09.10