

## 센서 기반형 스마트 의류의 디자인 개발을 위한 탐색적 연구\*

— 생체 신호 센서 기술에 기반한 건강관리용 의류를 중심으로 —

### An Exploratory Research for Development of Design of Sensor-based Smart Clothing

— Focused on the Healthcare Clothing Based on Bio-monitoring Technology —

조하경\*\*\* · 이주현\*\* · 이충근\*\*\* · 이명호\*\*\*

Ha-Kyung Cho\*\*\*† · Joohyeon Lee\*\* · Chung-Keun Lee\*\*\* · MyoungHo Lee\*\*\*

연세대학교 의류환경학과\*\*

Dept. of Clothing & Textile, Yonsei University

연세대학교 전기전자공학과\*\*\*

Dept. of Electrical & Electronic Eng., Yonsei University

**Abstract** : Since the late 1990s, “smart clothing” has been developed in a various way to meet the need of users and to help people more friendly interact with computers through its various designs. Recently, various applications of smart clothing concept have been presented by researchers. Among the various applications, smart clothing with a health care system is most likely to gain the highest demand rate in the market. Among them, smart clothing for check-up of health status with its sensors is expected to sell better than other types of smart clothing on the market. Under this circumstance, research and development for this field have been accelerated furthermore. This research institution has invented biometric sensors suitable for the smart clothing, and has developed a design to diagnose various diseases such as cardiac disorder and respiratory diseases. The newly developed smart clothing in this study looks similar to the previous inventions, but people can feel more comfortable in it with its fabric interaction built in it. When people wear it, the health status of the wearers is diagnosed and its signals are transmitted to the connected computer so the result can be easily monitored in real time. This smart clothing is a new kind of clothing as a supporting system for preventing various cardiac disorder and respiratory diseases using its biometric sensor built-in, and is also an archetype to show how smart clothing can work on the market.

**Key words** : Smart clothing, design prototype, bio medical sensor, vital signs, healthcare

---

\* 이 연구는 2004년 연세대학교 교내 학술 연구비 지원으로 수행되었음.

† 교신저자 : 조하경(연세대학교 의류환경학과)

E-mail : passion@yonsei.ac.kr

TEL : 02-2123-4625

FAX : 02-312-2770

**요약** : 1990년대 후반 이후 스마트 의류는 인간과 컴퓨터의 상호작용, 사용자 중심의 디자인 등 다각적으로 연구, 개발되고 있다. 최근에는 보다 기능화, 감성화된 스마트 의류가 개발되기 시작하였으며, 이는 다양한 어플리케이션으로 연구, 개발되어 제시되고 있다. 그 중 센서를 기반으로 한 건강관리용 스마트 의류는 스마트 의류의 여러 유형 중 가장 예상 수요가 높은 유형으로 예측되며, 이러한 전망으로 인해 연구, 개발이 가속화되고 있는 분야이다. 이에 따라 본 연구에서는 스마트 의류에 적합한 생체 신호 센서를 도출하고, 그를 기반으로 기본적인 생체신호, 심장질환, 호흡기 질환을 측정할 수 있는 스마트 의류 디자인을 개발하였다. 즉, 본 연구에서 개발된 스마트 의류는 기존의 의류의 외관 형태는 그대로 유지하면서, 직물 신호선을 제작, 와이어의 이물감을 없애 착용성을 높였으며, 착용 시 생체신호가 컴퓨터로 무선 전송되어 이를 실시간으로 모니터링 할 수 있도록 고안되었다. 이 스마트 의류는 생체 신호 센서를 이용하여 심장질환, 호흡기 질환과 다양한 질병 예방을 보조할 수 있는 건강관리용 의류로서 센서기반 스마트 의류의 한 모형을 제시하였다.

**주제어** : 스마트 의류, 센서, 생체신호, 심장질환, 호흡기 질환

## 1. 서론

스마트 의류는 미래의 일상생활에 필요한 각종 디지털 장치와 기능을 의복 내에 통합시킨 차세대 의류로서, 신 섬유기술과 디지털 기술이 접목된 의류 제품이다[5].

이는 유비쿼터스 환경이 빠른 속도로 구축되고 있는 기술적 사회적 변화의 추세와 그 맥락을 같이하며, 소비자 수요 동향의 관점에서 볼 때에도 스마트 의류 기술은 의류제품에 대한 소비자 수요의 거시적 흐름과 일치한다.

또한 최근 스마트 의류는 라이프 스타일의 변화와 소비자 수요 동향에 발맞추어 엔터테인먼트, 비즈니스, 건강관리보조, 스포츠 등의 다양한 어플리케이션을 위해 연구 개발되고 있다. 이러한 스마트 의류의 유형 중 센서 기술을 기반으로 하는 건강관리용 스마트 의류는 시장 가능성이 가장 높은 것으로 예측되고 있으며, 이러한 전망에 따라 센서를 기반으로 하는 스마트 의류의 개발은 더욱 가속화되고 있다. 조지아 공대(Georgia Tech), 센사텍스사(Sensatex), MIT 등에서는 생체 신호를 측정하기 위한 센서 기반의 스마트 의류를 개발한 바 있으며, 다양한 센서 기반형 스마트 의류가 연구, 개발 중이다.

그러나 현재 생체 신호 측정을 위한 센서 기반형

건강관리용 스마트 의류의 국내 연구 및 개발은 미비한 상황이다.

이에 본 연구에서는 생체 신호 감지 센서를 중심으로 그 유형별 기능과 의복에서의 통합 적합성을 고찰하고, 적합한 센서들을 탐색한 후 이를 통해 의류의 효율성과 생체 신호 감지 기능을 갖춘 센서 기반형 스마트 의류의 디자인 프로토타입을 개발함으로써, 생체 신호 감지 센서기술에 기반 건강관리용 스마트 의류의 가능성을 모색하는 것을 목표로 하였다.

## 2. 이론적 배경

스마트 의류는 초기에는 PC제품을 분산 부착한 웨어러블 컴퓨터의 연구로부터 진행되어 오다가, 1990년대 후반에 들어서면서 착용자 감성을 고려해 더욱 편안하며, 의복과 유사한 외관으로 개발하려는 노력이 전개되었다. 이를 위해 각 모듈의 소형화 경량화 뿐 아니라 인간과 컴퓨터의 상호작용, 사용자 중심의 디자인에 대한 연구가 다각적으로 연구되었으며, 이에 따라 보다 진보된 유형의 스마트 의류가 최근 개발되기 시작했다[3].

## 2.1 일반 센서 기술에 기반한 스마트 의류의 개발 동향

### 2.1.1 동작감지센서를 이용한 스마트 의류

취리히 대학에서는 위치파악을 위한 센서가 내장된 디지털 자켓과 인체의 동작감지를 통해 댄스를 배울 수 있는 댄서를 위한 동작 센서 내장형의복을 개발하였다(그림 1(a)).

### 2.1.2 습도 센서를 이용한 스마트 의류

MIT에서는 물이 센서와 접촉할 경우 빛을 내고, 리듬에 따라 반짝이는 발광하는 레인코트를 개발하였다. 레인코트의 앞쪽에 실크 스크린 된 전자 발광램프가 레인코트의 뒤, 왼쪽 슬리브에 부착된 전도성 워터센서가 연결되어 있어 물이 센서에 접촉 되면 램프가 빛을 내는 원리로 되어있다[14].

### 2.1.3 멀티 센서를 이용한 스마트 의류

필립스(Philips)에서는 익스트림 스포츠의 위험 방지를 위해 GPS와 타인과의 부딪힘을 방지하는 기능의 보드복을 개발하였다(그림 1(b))[16]. 또한 극한 온도의 추위를 견딜 수 있는 탐험대원용 코트를 개발하였는데 이 의복에는 위치, 거리, 방위와 기온 등을 확인할 수 있는 센서와 고도를 측정할 수 있는 센서를 장착하였다. 패브릭에 바이오센서를 부착하여 심

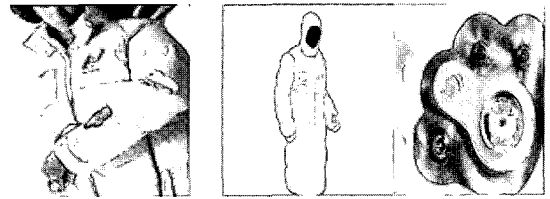


그림 2. GPS 등의 기능과 바이오센서를 이용한 탐험용 의복 장박동, 혈압, 체온의 측정이 가능한 스포츠 의복도 선보였다(그림 2).

## 2.2 생체신호 센서기술에 기반한 스마트 의류 동향

필립스(Philips)는 1999년 자동온도 조절기능과 내장된 생체 모니터링 센서를 통해 심박수를 점검하며 의복형태의 웨어러블 일렉트로닉스(Electronics)제품을 상품화하였다[16]. 또한 의류회사인 리바이스(Levis)와 공동으로 착용자의 바이탈 사인을 체크함으로써 신체적 상태를 점검하는 건강개념의 재킷을 개발하였다.

센사텍스(Sensatex)사에서는 유아의 심박수, 호흡률, 체온 등이 체크, 전송되며, 이상이 발생했을 때, 정보를 올려 유아의 돌연사를 방지하는 유아돌연사 방지복(SISD Suit)을 개발하였다(그림 3(a))[17].

비보메트릭스(VivoMetric)사의 라이프 셔츠(Life-shirt)는 개인의 건강에 대한 정확한 상태 파악이 필요한 고혈압 환자, 심장병 환자를 대상으로 한다. 이는 말초 시신경 디바이스를 통해 혈압, 혈류내 산소 함유량, EEG, ECG, 피부온을 측정할 수 있도록 구성되었다(그림 3-b)[15]. 코포노브(Corpo Nove)에서는 자켓 내부의 열 메커니즘을 이용하여 체온을 모니터링 할 수 있는 오토바이 운전자를 위한 자켓을 개발하였으며[13], 휴고 보스(Hugo Boss)사에서는 카레이싱 시 발생하는 열을 냉각할 수 있는 카레이서를 위한 의복을 선보였다. 또한 나사(NASA)에서는 심박수, 산소포화도, 혈압, 체온 등의 신호를 측정하는 라이프가드를 개발하였다[11].

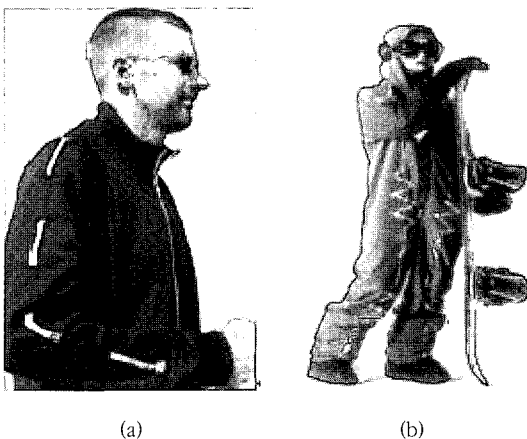


그림 1. 동작감지 센서가 장착된 의류와 GPS가 내장된 보드복

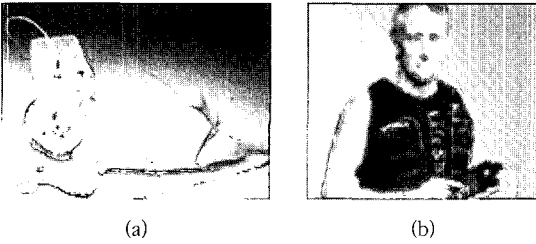


그림 3. 유아 돌연사 방지복과 라이프 셔츠

### 2.3 생체 신호 센서의 유형

센서는 물리적인 값을 전기적으로 변화시켜 생리현상을 전기적인 신호로 나타내는 기법들로 사용된다. 센서의 요건은 생체로부터 뽑아내는 에너지를 최소한으로 하고, 가능한 한 고통과 해를 최소화하도록 생체 시스템과 접속되어야 한다[2]. 생체 시스템은 측정기간 동안에 생체 활동을 정지시키고 그 일부를 분리하기가 불가능하기 때문에 많은 변수들의 측정이 측정대상과 센서 사이의 접속 시스템에 피해를 주지 않고는 이루어지기가 어렵다. 특히 생체 신호를 측정할 때, 사람이 느끼는 불안감, 공포 등은 이러한 생체 신호에 변화를 주기도 해 편안하고 안정된 환경이 요구되기도 한다.

생체 신호를 측정하는 센서는 측정부위에 따라 인체 내부, 인체 외부로 나눌 수 있는데, 여기서는 표피를 통해 측정할 수 있는 센서만을 대상으로 고찰하였다.

생체 신호를 얻는 센서는 기본적으로 직선범위, 각도, 형상 등을 계측하는 기하 센서와 운동속도, 진동을 계측하는 운동센서, 하중, 압력 등을 측정하는 압력센서, 온도 센서 등이 있다. 또한 생체 전기 현상을 통해 신호를 측정하는 것에는 심전도(ECG), 뇌전도(EEG), 신경전도(ENG),근전도(EMG), 망막 전도(ERG)등이 있다[7].

이러한 센서들은 신체에 직접 부착되어 생체 신호를 전달하지만 이들 모두가 센서기반 스마트 의류에 적합한 것은 아니다. 한 선행 연구에서는 센서기반 스마트 의류에 적합한 센서를 분류하였으며, 그들에

표 1. 센서기반 스마트의류에 적합한 센서와 어플리케이션 (K. Naemura, H. Hosaka, H. Iseki, K. Itao, 2001)

위치	측정 요인	적용 분야		
		의학	스포츠 과학	감성공학
머리	대뇌 산소도	○		
	뇌전도			○
	눈동자 움직임			○
	섬유	○		
	호흡			
	중이 온도	○		
팔	맥박	○	○	○
	동맥 산소 포화도	○		
	근전도		○	○
	혈압			○
	전열도			○
	근력음		○	
	가속도	○		
	표면 온도	○	○	
가슴	심전도	○		○
	심박율		○	○
	신체 가속	○	○	
	내부 온도	○		
	호흡			○
다리	조직 산소도		○	
	근전도		○	
	근육음		○	

따른 적합한 어플리케이션을 분류하였다(표 1)[9].

이를 기반으로 센서 기반 스마트 의류에 적합한 센서를 착용가능성, 착용시 신호 정확성, 센서의 크기 및 측정 방법 등을 고려하여 의복으로 측정이 가능한 센서들을 도출하여 본 연구에 적용하였다.

### 2.4 생체 신호와 건강

#### 2.4.1 심전도

심장이 활동을 할 때, 전기적 변동이 일어난데, 이런 전기적 변동을 심전기에 연결하여 기록한 것을 심전도라고 한다. 이를 통해 심장박동, 혈압, 맥박 등의 신호를 얻을 수 있으며, 급성심근경색, 협심증,

울혈성 심부전 등의 허혈성 심장질환, 고혈압증, 허혈성 심장병, 동맥죽상경화, 변성 및 허혈성 판막증, 폐성심, 심근증 등을 판독할 수 있다[7].

#### 2.4.2 호흡

호흡곤란 증상의 감지는 매우 주관적이어서, 힘든 호흡을 하고 있는 듯이 보이는 환자에서도 호흡 곤란을 호소하지 않는 경우가 있다. 그러나 호흡곤란 증상이 환자들에서는 빠른 시간 내에 진단과 치료가 병행되지 않으면 치명적일 경우가 많으므로 호흡곤란에 대한 신속한 진단 및 이에 따른 적절한 조치는 중요하다. 호흡 측정을 통해 과호흡, 무호흡, 빈호흡 등을 판독할 수 있다[8].

#### 2.4.3 체온

체온은 신체의 주요 내장의 온도로, 정상체온은 거드랑이 온도로 36.9°이며, 소아의 경우 성인보다 약간 높은 체온을 가지며, 노인은 약간 낮은 경향을 보인다. 체온은 생체징후의 기초요소 중 하나로 모든 질병을 파악하는 기본 요소로 작용한다.

#### 2.4.4 맥박

심장의 박동으로 인해 대동맥 속으로 급히 유입되는 혈압이 동맥에 나타나는 현상으로 정의된다. 기본적인 생체 징후를 나타내는 하나로 팔목, 경동맥, 대퇴동맥, 상완 등의 다양한 부위에서의 측정이 가능하다. 맥박의 측정을 통해 대동맥관 폐쇄부전증, 대동맥판 협착증, 동맥경화증, 바제도병 등의 증상을 판단할 수 있다.

#### 2.4.5 혈압

혈액이 혈관속을 흐르고 있을 때 혈관벽에 미치는 측압을 의미하는 것으로 정상의 경우 수축압이 40-140, 이완압이 50-90의 수치를 갖는다. 혈압의 측정을 통해 고혈압, 저혈압, 뇌졸중, 뇌출혈 등의 질병을 판단하는 자료가 된다.

### 2.5 건강관리용 스마트 의류의 수요

스마트 의류는 과학기술의 발달, 전자제품 시장의 동향, 패션시장의 동향에 대한 소비자의 새로운 수요를 충족시켜 줄 수 있으므로 그 수요의 증가가 예상된다.

기술 컨설팅 전문회사인 VDC(Venture Development Corporation)의 조사에 따르면 2004년부터 디지털 정보기기를 내장한 스마트 의류 제품의 수요가 다양한 시장에서 형성되고 연 90% 이상의 신장률로 증가하여, 2005년경부터 섬유패션 산업은 가장 중요한 역할을 하는 분야가 될 것으로 예측하고 있다. 또한 생체 신호를 모니터링하는 센서 내장형 의류가 착용감까지도 만족시킬 수 있도록 개발된다면 스마트 의류에 대한 시장 수요는 더욱 증폭될 것으로 내다보았다[12]. 센서기반의 스마트 의류 중 생체신호 측정 센서를 기반으로 한 스마트 의류는 건강을 중시하는 소비자 라이프스타일에 따라 가장 전망 있는 수요로 예측된다. 그 중 혈압, 맥박, 호흡, 체온은 생체 상태 판단의 기본이 되는 신호이며, 이러한 생체 신호들은 신체 표면에서 측정 가능한 것으로 심전도와 더불어 의복 적합성을 가진다. 이에 따라 기본적인 생체 신호 측정과 심전도를 위한 건강개념의 스마트 의류의 수요는 증가될 것으로 예측된다.

## 3. 연구방법

### 3.1 스마트 의류의 설계지침

센서 기반의 스마트 의류는 의용공학적인 측면에서 생체신호를 측정하는 센서를 의복과 통합시킨다는 측면에서 신호의 정확성, 센서의 안정성을 고려해야 한다[10]. 또한 피복인간공학적인 측면에서 센서와 피부 간의 상호 안정성을 충족시켜야 한다[4, 10]. 두 분야를 고려하여 보았을 때 센서 기반형 스마트 의류는 기존의 스마트의류와는 다른 요건을 필요로 하며, 그 요건은 다음과 같다.

- 1) 생체센서기반 스마트 의류는 센서의 측정부위가 신체에 직접 접촉되어야 하며, 움직임에도 생체신호 측정에 영향을 주지 않도록 디자인되어야 한다.
- 2) 센서가 장착된 의류의 착용시 의복 이외의 이물감을 느끼지 않도록 구성하여 생체 신호 측정이 원활하게 이루어져야 한다.
- 3) 착용자가 신호측정을 원하지 않을 경우 생체신호 측정을 중단할 수 있도록, 또한 세탁이 가능하게 하기 위해 기기의 탈부착이 고려되어야 한다.

위의 요건들을 고려하여 생체센서 기반 스마트 의류의 내외피를 디자인하였다.

### 3.2 생체신호 센서 기반형 의복 구성

선행연구와 여러 문헌을 고찰하여 스마트 의류에 적합한 센서를 도출하였다. 선정된 생체 신호센서와 의용공학적 측면을 고려하여, 본 연구에서 사용될 센서 선정, 기기를 구성하였다. 기기의 구성요소를 분석하고 그를 기반으로 내외피를 설계, 기기를 설계하였으며, 프로토타입을 제작하였다. 연구 방법은 다음과 같다(그림 4).

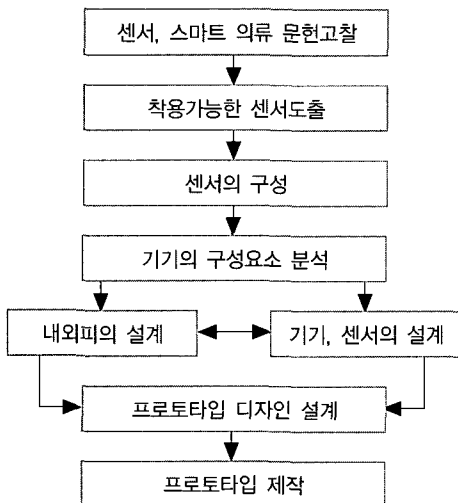


그림 4. 디자인 설계절차

## 4. 연구 결과

### 4.1 스마트 의류에 적합한 센서의 도출

본 연구에서는 생체 신호 센서에 관련된 전문 문헌 [7], 센서 기반 스마트 의류에 대한 선행연구[9, 11] 등을 대상으로 문헌연구를 수행하였다. 센서의 종류, 센서의 현재 기술들과 의복 내 센서 통합이 착용성에 미치는 영향 등을 고려하여 생체 신호감지 센서의 의복 적합성을 평가하였다.

그 결과 의복과 접목이 가능한 센서들을 분류, 이를 통해 다음과 같이 의복에 적합한 센서를 추출하였다(표 2).

표 2. 스마트 의류에 적합한 생체 신호 센서

위치	센서의 종류	측정 신호
가슴	심전도(ECG)	심장박동, 호흡, 맥박, 혈압
	호흡	호흡량, 호흡 유무
	체온	체온
	근전도(EMG)	근육의 수축, 이완, 마비
팔	SpO2	산소포화도
	혈압측정기	혈압
	혈당측정기	혈당
	근전도(EMG)	근육의 수축, 이완, 마비
다리	근전도(EMG)	근육의 수축, 이완, 마비
기타	전자기 치료기	물리적 치료

그 중 본 연구에 사용된 스마트 의류의 센서는 두 가지 기준으로 도출하였다. 의류에 내장하여야 할 만큼 항상 필요로 한 센서인 심전도, 호흡, 맥박, 혈압, 체온, 뇌전도를 추출, 그 중 의류에 적용하기 적합한 센서인 심전도, 호흡, 체온 센서를 사용하였다.

### 4.2 기기의 설계

본 연구에 사용된 센서는 심전도 센서와 체온 센서로 구성하였다. 이를 통해 심전도, 호흡량과 맥박, 체온 등의 기본적 생체 신호를 얻을 수 있도록 설계

하였다. 각 센서를 통해 얻은 생체 신호는 무선통신을 통해 메인 컴퓨터로 전송되도록 하였으며, 이들의 작동을 위해 코인 셀(coin cell) 배터리를 사용하여 구성하였다.

- 1) 심전도 : 심장주기 동안에 심근에서 발생하는 전기 신호를 기록하거나 표시하는 장치이다. 본 연구에서는 3개의 전극을 이용하여 심전도 신호를 측정하도록 하였다.
- 2) 체온센서 : 신체에 직접 접촉을 통해 체온을 측정하는 지름 1cm 크기의 체온 센서를 사용하였다.
- 3) 배터리 : 센서들의 작동과 신호의 무선전송을 위해 3.3V의 코인 셀(coin cell)배터리 2개를 사용하였다.
- 4) 무선통신 : 생체 신호를 무선으로 메인 컴퓨터에 전송하기 위해 블루투스(bluetooth) 방식을 사용하였다.

메인 보드는 심전도센서, 배터리, 무선통신으로 구성이 되어있으며, 메인보드는 3개의 심전도 전극, 체온센서 와이어와 연결이 되어 그들로부터 생체 신호를 수집하도록 설계하였다(그림 5).

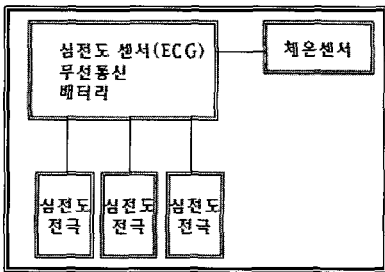


그림 5. 구성 기기 설계도

이 기기의 구성을 통해 체온, 맥박, 호흡, 혈압, 심장박동, 호흡량의 생체 신호를 얻을 수 있다. 메인 보드의 센서들을 통해 측정된 생체 신호 값은 필터링을 통해 정량화된 신호체계로 블루투스(bluetooth) 방식의 무선통신을 통해 실시간으로 메인 컴퓨터로

전송되도록 설계하였다. 메인 컴퓨터에서는 측정된 생체 신호를 확인할 수 있다.

### 4.3 건강관리용 스마트 의류의 디자인 프로토타입의 개발

본 연구는 스마트 의류의 선행연구를 기반으로 하여 센서 기반형 의복에 적합하도록 디자인을 설계, 제작하였다.

이 디자인은 내외피의 분리 및 내외피 간의 호환이 가능하게 하였으며, 기기의 탈부착을 통해 세탁이 가능하도록 구성하였다.

#### 4.3.1 디자인 시안의 구성소재

외피는 액티브 스포츠 의류로서 흡한 속건 소재인 “COOLEVER”를 사용하여 땀을 빠르게 흡수하고 외부로 발산시켜 착용자가 쾌적한 상태를 유지할 수 있도록 하였다.

내피의 소재 구성은 심전도센서의 정확한 신호 측정과 착용성을 고려해 라이크라가 혼용된 소재를 내피의 주소재로 사용하였다. 심전도(ECG)의 전극과 메인보드 간의 전기적 신호를 전달하기 위해 전도성 섬유를 사용하였으며, 기기의 보호를 위해 완충작용을 할 수 있는 폴리우레탄 소재를 기기 수납부위에 사용하였다.

#### 4.3.2 외관(외피) 디자인

외관은 일상적 스포츠 의류의 형태로, 내피와 어울리게 디자인하였다. 외피의 암홀 라인으로 이어지는 체온 센서의 와이어는 뒷목 부위의 트임을 통해 내피의 메인보드 부분과 연결이 되도록 설계하였다. 와이어는 외피의 암홀 부분에 트리밍 처리하였으며, 정확한 체온측정을 위해 센서 부분은 외피의 암홀 하단 내부에 위치하도록 하였다. 또한 체온 센서는 세탁이 가능한 것으로 구성하여, 별다른 탈부착 없이 세탁이 가능하다(그림 6).

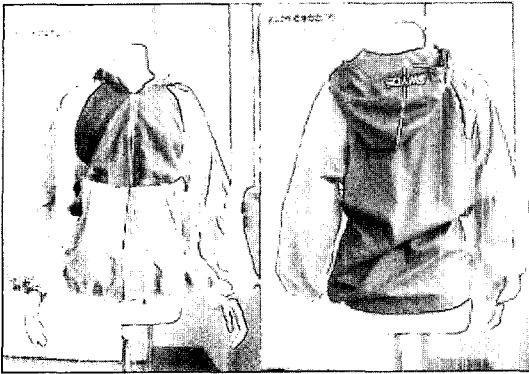


그림 6. 생체센서 기반 스마트 의류의 외피 디자인

### 4.3.3 내피

#### 1) 내피 디자인

내피는 센서의 안정된 부착과 활동성을 고려하여 피부-인간 공학적 측면에서 표피의 면적 변화를 고찰하여 디자인하였다[4].

암홀 아래부분에 부착된 체온 센서는 팔의 움직임에 따라 센서의 접촉여부가 달라질 수 있음을 고려하였다. 다양한 소매 형태를 연구한 결과 가장 활동성이 좋으며, 활동 시 센서의 움직임에 영향을 주지 않는 라글란 소매로 디자인하였다. 또한 다양한 외피와의 호환을 위해 짧은 팔의 내피로 디자인하였다(그림 7).

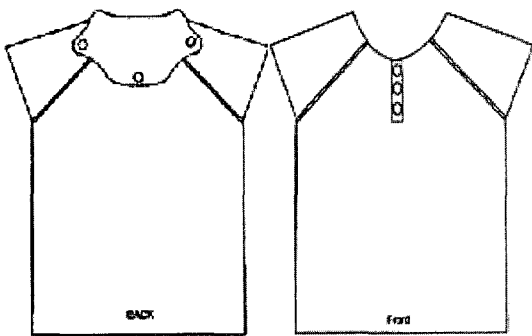


그림 7. 내피 디자인

#### 2) 기기의 위치 선정

기기의 부착위치는 카네기 멜론 대학의 연구에서 제시한 착용성 향상을 위한 웨어러블 컴퓨터 디자인

지침(그림 8)[8]을 기반으로 피부 공학적인 측면 즉, 운동시 피부의 굴곡과 신장이 적어 센서의 부착성에 영향을 주지 않는 범위를 선정하였다[4].

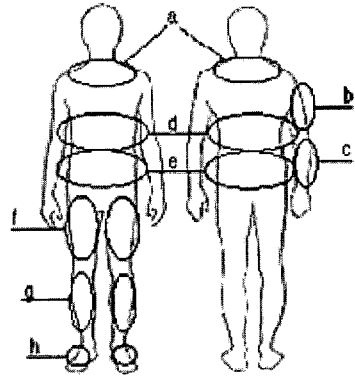


그림 8. 컴퓨팅 기기의 최적부착위치(Gemperle, 1998) a. 목의 칼라부분, b. 상완뒤편, c. 전완, d. 흉곽, e. 허리에서 엉덩이에 이르는 부분

그 결과 센서의 메인보드 부분은 동작에 불편을 주지 않는 부위인 목 뒤쪽에 부착되도록 설계하였다. 체온 센서는 체온을 가장 정확하게 잴 수 있으면서도 움직임에 영향을 적게 받는 암홀 아래 부분에 부착하였다.

심전도(ECG)전극은 의용 공학적 이론에 기초하여 가장 정확한 신호를 얻을 수 있는 3전극을 사용하였다. 전극은 서로 다른 세 부분에 부착되어야 하는데, 메인보드로부터 각 전극까지의 거리가 일정해야 보다 정확한 신호를 얻을 수 있다. 이에 따라 각 전극의 방향성, 일정거리, 안정된 부착성을 고려하여 양쪽 윗가슴, 왼쪽 등뒤의 세방향에 메인보드로부터 각각 25cm 떨어진 부위에 전극이 위치하도록 설계하였다(그림 9).

#### 3) 신호선의 선정

본 연구에서 개발한 스마트 의류는 기존의 와이어를 제거하고 직물 신호선으로 대신하였다. 직물 신호선은 직물에 전기적 신호가 통할 수 있도록 직조된 상용화된 소재를 재단 및 봉제하여 본 연구의 프로토타입에 적합한 신호선의 형태로 개발, 제작하였다.



직물 신호선의 사용으로 와이어로 인해 느껴지는 이물감을 없애 착용성이 높았다.

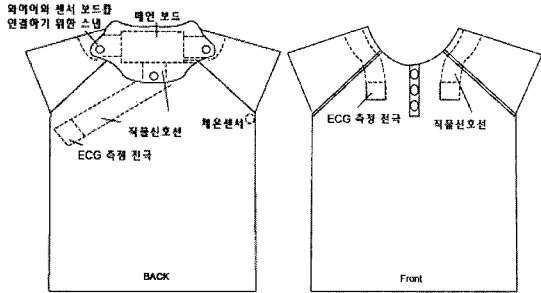


그림 9. 내피의 설계도

4) 메인보드의 수납방식 및 연결방식

메인보드는 뒷목 부분에 반주머니 타입으로 설계하여 기기의 탈부착을 가능케 하였다. 기기의 보호를 위해 뒷목주머니 안쪽에 폴리우레탄으로 홈을 만들어 기기를 넣을 수 있도록 하였다. 이는 충돌로부터 기기의 보호와 안정된 수납을 고려한 것이다(그림 10).

몸판에 부착된 직물 신호선은 내피 내부에 설계되어 내피의 메인보드와 연결되도록 하였다. 직물 신

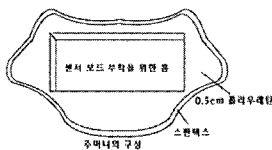


그림 10. 센서의 수납 방식과 구성

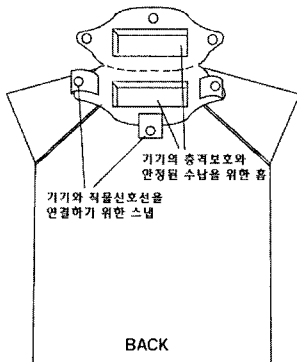


그림 10. 수납을 위한 주머니 구성과 연결방식

호선 끝 부분에는 스냅단추를 달아 메인보드와 직물 신호선이 서로 연결되도록 하였으며, 이를 통해 신호를 전달할 수 있도록 하였다(그림 11).

또한 반 주머니 형태의 수납방식은 기기의 탈부착을 가능케 하여 세탁이 가능하게 하였다.

5. 결론

본 연구에서는 센서기반 스마트 의류에 적합한 생체 신호 측정 센서를 도출하고 그를 기반으로 생체 센서 기반 스마트 의류의 가능성을 탐색하였다.

- 1) 문헌 고찰을 통해 생체 신호 측정을 위한 센서 중 의복과의 통합에 적합한 센서들을 추출하여 분류하였다.
- 2) 생체 센서를 기반으로 한 스마트 의류의 디자인 개발을 위해 피복 공학적 측면과 센서와 의류의 통합성과 그에 따른 착용성 등을 고려하여 디자인하였다.
- 3) 심장박동, 혈압, 맥박, 호흡, 체온을 측정하여 각종 심장 질환, 호흡기 질환 등의 다양한 질병을 예방, 치료할 수 있는 건강관리용 스마트 의류를 제시하였다.
- 4) 생체 신호를 측정할 수 있도록 하였으며, 측정된 신호들은 무선 통신을 통해 메인 컴퓨터에 전송, 모니터링 할 수 있어 실시간 건강 체크가 가능한 건강관리용 스마트 의류를 제시하였다.

그 결과 생체 센서 기반형 스마트 의류 디자인 프로토타입 개발은 의복의 형태에 생체 신호를 측정할 수 있게 개발함으로써 센서기반 스마트 의류의 모형을 제시하였다는 점에서 이 연구의 의의를 찾을 수 있으며 본 연구의 후속 연구로 사용성 및 착용성 평가를 통하여 센서 기반 스마트 의류의 개선된 프로토타입을 제시할 것이다.

그러나 생체 센서와 신체와의 부착성, 불안정한 신호체계, 웨어러블에 적합한 센서의 한계, 전원 공급의 한계 등은 생체 센서 기반 스마트 의류의 한계

점을 시사한다. 본 연구의 제한점을 토대로 생체 센서 기반형 스마트 의류의 후속 연구방향을 제안하면 다음과 같다.

현재 상용되는 생체 센서는 의복과의 통합이 적합한 센서가 거의 없는 실정이다. 이에 의복의 적합성 센서의 개발이 요구된다. 센서 기반형 스마트 의류의 연구는 센서와의 의류의 통합성, 그리고 그에 따른 착용성의 평가가 고려되어야 한다.

### 참고문헌

- [1] 권혁제(1996). 심전도 자동 진단 장치 구현 및 온라인 신호 해석 알고리즘에 관한 연구, 연세대학교 석사학위논문.
- [2] 박상희(1999). 생체 신호 처리 및 응용, 에드텍, 서울
- [3] 박선민(2004). 지체장애인을 위한 디지털 웨어 디자인 프로토타입 개발, 연세대학교 석사학위 논문.
- [4] 심부자(1996). 피복인간공학, 교문사, 서울.
- [5] 이주현(2004). 일상생활용 디지털 의류, 섬유기술과 산업, 8(1), 11-18.
- [6] 조길수(2005). 한국감성과학회 뉴스레터, 봄호.
- [7] 의공학교육연구회(1998). 의용계측공학, 의공학 교육연구회.
- [8] Gemperle, F., Kasabach, C., Stivorie, J., & Bauer, M., Martin, R.(1998). Design for Wearability, Digest of Papers Fourth International Symposium of Wearable Computer.
- [9] Naemura, K., Hosaka, H., Iseki, H., & Itao, K. (2001). Development of a New Wearable Multi-Channel Sensing Unit, 2001 Proceedings of the 23rd Annual EMBS International Conference,
- [10] Marie, O. M., & Sarah, E. B.(2002). Sports tech, Thames and Hudson, London.
- [11] NASA AMES ASEROBIONICS. (2004). A Wearable Vital Sign Monitoring System, Carsten Mundt.
- [12] VDC.(2003). The global Market for Wearable Computers. The Quest for Killer Applications.
- [13] [www.i-wear.com/moterbikejacket.htm](http://www.i-wear.com/moterbikejacket.htm)
- [14] [www.mit.edu](http://www.mit.edu)
- [15] [www.pdacortex.com/guidant\\_vivometrics.htm](http://www.pdacortex.com/guidant_vivometrics.htm)
- [16] [www.phllips.com](http://www.phllips.com)
- [17] [www.sensatex.com](http://www.sensatex.com)

원고접수 : 2006. 1. 18

수정접수 : 2006. 5. 7

게재확정 : 2006. 6. 12