

## 유니버설 패션에 기반한 시니어 심박측정 의류 디자인 연구

구혜란 · 전동진<sup>1)</sup> · 이주현<sup>1)†</sup>

연세대학교 의류환경학과 BK21Plus사업단  
<sup>1)</sup>연세대학교 의류환경학과

## Research on Heart Rate Sensing Clothing Design for Seniors Based on Universal Fashion

Hye Ran Koo, Dong Jin Jeon<sup>1)</sup>, and Joo Hyeon Lee<sup>1)†</sup>

BK21Plus Project, Yonsei University; Seoul, Korea

<sup>1)</sup>Dept. of Clothing and Textiles, Yonsei University; Seoul, Korea

**Abstract :** The number of elderly citizens has risen in Korea and resulted in an aging society. Correspondingly, the social interest in the aging population has escalated immensely; however, research or product development on the quality of life for seniors has shortcomings. Healthcare smart clothing is required to help the elderly with changes and weaknesses that follow aging; however, there is unfortunately insufficient amounts available. This study explores the feasibilities of smart clothing for seniors based on a universal design. Based on previous research, we analyzed the universal design theory, body shape characteristics and design requirements for seniors, and heart rate measurement method. The design is different according to body shape and body shape is different between sex, age, and body race; therefore, subjects were limited to 70-74 year old Korean males in this study. This study proposes a guideline for heart rate sensing clothing that satisfies the 'universal design' aspects as well as the functionality of heart sensing, senior's physical characteristics and needs. It has broadened the range of smart clothing, which was once limited to the younger generation and provided a foundation for the development of specialized smart clothing for seniors.

**Key words :** universal fashion (유니버설 패션), heart rate sensing clothing (심박측정 의류), elderly-friendly clothing (시니어 특화 의류), smart clothing design (스마트 의류 디자인), apparel for the elderly(시니어 의류)

### 1. 서 론

우리나라는 세계적으로도 유례가 없을 정도로 빠르게 고령화 사회로 진입하고 있다. 고령화 속도가 예상보다 빨라 2017년 노인 인구 비율이 14%가 넘는 고령사회에 진입할 예정이며, 9년 뒤엔 20%가 넘어 초고령사회 진입이 예상된다("Aging society came one year early", 2017). 이에 따라 인구의 고령화에 대한 사회적 관심이 크게 증가하고 있으나, 아직까지 고령자 삶의 질에 대한 연구나 제품에 대한 연구는 많이 이루어지지 않고 있다. 고령화는 개인적인 문제에 그치는 것이 아니라, 경제적·보건 의료적·사회적 측면 등 사회 전반적으로 영향을 끼치기 때문에("Aging society, aged society, super aged society",

2015), 시니어들(senior)의 건강한 삶은 건강한 미래 사회와 연결된 중요한 문제라고 할 수 있다.

의·식·주는 인간 생활의 기본적인 세가지 요소로, 삶의 질 향상을 위해서 반드시 만족되어야 하는 요소이다. 그러나 의·식·주에 관한 제품이나 서비스도 젊은 세대 위주로 개발되고 있으며, 시니어들을 위한 제품과 서비스는 건강체크용품, 보행용품, 침구용품, 재가간호·의료용품 및 서비스 등으로 한정되어 있다. 컨설팅 기관인 IDC는 2018년 세계 웨어러블 제품 시장 규모를 약 32조원으로 전망하면서("Worldwide wearable market to 45.6 million units in 2015", 2015), 그 중에서도 헬스케어와 피트니스 분야의 지속적인 성장을 예측하였다(Kim, 2016). 이러한 건강관련 웨어러블 제품은 일상생활 중 노화로 인해 발생하는 신체적 문제의 관리가 필요한 시니어 세대에게 가장 필요하다고 하겠으나, 현재 상용화된 웨어러블 제품은 젊은 세대 위주의 디자인이 대부분으로 시니어들을 위한 특화된 제품 및 연구는 거의 없는 실정이다. 심신이 약한 시니어, 나이가 몸이 불편한 장애인, 입산부 등 우리 사회의 신체적 약자들 누구나 쉽게 사용 가능한 건강관리용 스마트 의류의 개발이 필요한 시점이라고 할 수 있다.

†Corresponding author; Joo Hyeon Lee  
Tel. +82-2-2123-3108, Fax. +82-2-312-8554  
E-mail: ljhyeon@yonsei.ac.kr

© 2017 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

‘유니버설 디자인(universal design)’은 사회에서 소외 받는 약자들의 문제를 해결하기 위해 나온 움직임으로 장애·연령·성별에 관계없이 모두가 제품·건축·환경 서비스 등을 보다 편하고 쉽게 이용할 수 있도록 설계하고자 하는 움직임이다. 다양한 분야에서 유니버설 디자인을 적용하여 시니어들의 삶의 질 문제를 해결하고자 하는 움직임이 일어났는데 특히 건축, 주거 환경, 제품 등에서 활발히 적용되고 있다. 그러나 착용자의 개성, 미적 감각 등도 함께 고려하여 디자인해야 하는 의류 분야에서는 널리 적용되지 않았다(Kawauchi, 2001/2005; Lee, 2005; Lee & Lee, 2007).

본 연구는 시니어를 위한 유니버설 심박측정 의류 디자인의 개발에 관한 기초 연구로서, 누구나 쉽고 편하게 사용할 수 있는 보편적인 건강관리용 심박측정 스마트 의류를 개발하고자 심박측정 의류에 유니버설 디자인을 적용하여 그 가능성을 살펴보고 있다. 본 연구를 통해 ‘심박측정’이라는 기능적 측면뿐 아니라 시니어의 신체적 특성·착탈의 용이 등 시니어들의 요구를 반영하여 ‘유니버설 디자인’ 측면도 만족시키는 시니어를 위한 유니버설 심박측정 의류 디자인의 가이드라인을 제시하고자 한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 유니버설 디자인(universal design)과 유니버설 패션(universal design)

유니버설 디자인(universal design)은 1950년 고령자나 장애인 등 사회적 약자들도 살기 좋은 사회가 되기 위해 물리적·제도적 장벽을 없애자는 무장애 운동(barrier-free movement)에서 시작되어, 현재는 전체 생애주기의 일반인으로 그 대상이 확대되었다(as cited in Lee, 2005). 즉, 유니버설 디자인은 ‘모두를 위한 디자인(design for all)’으로 단순히 장애인이나 고령자 등의 신체 기능 저하로 인해 소외 받는 사람들만을 위한 디자인이 아니라 나이·성별·장애여부·신체능력·계층과 관계없이 모두에게 유용한, 사회적 통합을 위한 개념이라 할 수 있다(as cited in Lee, 2005; Moon, 2007; Tanaka & Mitera, 2002/2007).

유니버설 패션(universal fashion)은 일본 유니버설 협회에서 가장 먼저 사용된 용어로, ‘universal design’과 ‘fashion’이 합해진 즉, 일반 상품에 기능성을 추가하고, 다양한 체형과 사이즈를 고려하여 능력이나 연령에 제한 없이 사용할 수 있도록 패션성과 기능성을 갖춘 의류상품이라고 할 수 있다(as cited in Moon, 2007; as cited in Tanaka & Mitera, 2002/2007; Moon & Chung, 2008; Na et al., 2009). 유니버설 패션은 누구나 사용할 수 있는 보편성을 지니므로 연령을 불문하고 선호할 수 있는 디자인적 요소를 지녀야 하는데, 일반 의류와 디자인과 형태에서는 차이가 없으면서 기능성이 강조되어 편안한 의복으로 제시되어야 한다(as cited in Moon, 2007).

유니버설 디자인의 기본 원리는 Ronal, Mace, Behar, Null and Cherry 등 다양한 연구자들에 의해서 정립되어 왔다.

Moon(as cited in Moon, 2007)의 연구에서는 선행 연구자들의 디자인 원리를 종합하여 유니버설 패션의 다섯 가지 디자인 원리 즉, 적은 물리적인 노력, 사용상의 융통성, 안정성, 공평한 사용, 심미성을 제안하였다. 첫째, 물리적인 노력은 의복의 착탈의에 관한 원리로 의복을 입고 벗을 때 쉬워야 한다는 것이다. 둘째, 사용상의 융통성은 의복착용자에 따라 형태나 기능이 변화 가능하도록 디자인해야 한다는 것이다. 셋째, 안정성은 의복을 착용함으로써 혹시 발생할 수 있는 사고를 방지하는 등 건강을 유지할 수 있어야 한다는 것이다. 넷째, 공평한 사용성은 유니버설 패션제품을 착용하였을 때, 일반인과 외형적으로 구분이 되어서는 안 된다는 것이다. 다섯째, 심미성은 트렌드에 맞는 아름다운 디자인으로 의복에 있어 필수적인 요소라 할 수 있다.











유니버설 디자인 원리를 스마트 의류에 적용한 선행 연구를 살펴보면, Cho(2015)는 유니버설 디자인 원리에 부합되는 스마트 의류의 특성을 디지털 테크놀로지 융합성·신체적 안전성·생활의 연장성·변형의 용이성으로 정의하였다. 또한 소수에 대한 배려와 관심의 증가에 따라 유니버설 디자인을 적용한 스마트 의류 연구가 활발해질 것이라고 하였다. Lee et al.(2015)은 스마트 의류의 사용 목적과 사용자 범위를 확대하기 위하여, 의복 착용자의 특성을 반영한 스마트 의류를 개발하였다. 고령여성 치매환자를 위한 생체신호 의류 개발을 위해 고령여성의 체형을 4가지로 분류하고 고령자 신체 특성과 치매환자 행동 특성을 분석하여 이를 디자인에 반영하였는데, 체형에 따른 사이즈와 디자인·편리한 착탈의·모듈의 위치·착용감 등이 고려되어야 된다고 하였다.

### 2.2. 건강관리용 스마트 의류 시장 동향

스마트 의류(smart clothing)는 웨어러블 제품의 한 분야로 “의복의 성능을 저하시키지 않으면서도 착용자가 쾌적성을 유지할 수 있도록 의복과학, 감성과학 및 테크놀로지 등의 다학제간 연구를 통한 의복”으로 정의할 수 있다(Cho, 2006). 스마트 의류는 적용 용도에 따라 일상생활의류, 건강관리보조류, 군사용 의류시스템, 특수용도의류로 구분할 수 있으며(Lee, 2015), 이중 생체신호를 측정하여 건강모니터링을 하는 스마트 의류가 여러 유형 중 가장 수요가 높은 유형으로 예측되고 있다.

현재 Athos, Adidas, Ralph Lauren, Sensoria 등의 기업에서 생체신호측정 스마트 의류를 판매 중인데, 이 기업들은 20~40대를 주 고객으로 하는 스포츠 의류 기업으로, 대부분의 상용화된 심박측정 스마트 의류도 20~40대의 청·장년층의 스포츠 모니터링용 및 건강관리용으로 사용되고 있다. 따라서 사이즈 스펙(size spec), 디자인, 핏(fit)도 주 고객인 청·장년층의 체형과 취향에 맞게 개발되고 있다(Table 1). 대부분의 심박측정 의류는 접촉식 전극을 사용하였는데, 접촉식 전극의 특성상 전극과 피부가 닿아 있어야 하기 때문에 그 디자인도 피부에 밀착하는 형태(tight fit)로 한정되어 있다. 혈액순환이 원활하지 않고, 피부가 약한 시니어들에게 밀착되는 의류는 착용하기 적

Table 1. Characteristics of existing heart-rate sensing clothing

Design details	
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• round neckline</li> <li>• raglan long sleeve</li> <li>• pull-over</li> <li>• tight fit</li> <li>• contact-type sensor</li> </ul> <p>'Men's shirt w/core'</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• round neckline</li> <li>• raglan short sleeve</li> <li>• pull-over</li> <li>• tight fit</li> <li>• contact-type sensor</li> </ul> <p>'Sport attire that tracks your performance and becomes your personal trainer'</p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• round neckline</li> <li>• raglan short sleeve</li> <li>• pull-over</li> <li>• tight fit</li> <li>• contact-type sensor</li> </ul> <p>'Ralph Lauren's futuristic fashion: The PoloTech smart shirt'</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• V-neck</li> <li>• sleeveless</li> <li>• pull-over</li> <li>• tight fit</li> <li>• contact-type sensor</li> </ul> <p>'T-shirt sleeveless+HRM'</p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• mock neck</li> <li>• raglan long sleeve</li> <li>• pull-over</li> <li>• tight fit</li> <li>• contact-type sensor</li> </ul> <p>'Hexoskin arctic full kit'</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• round neckline</li> <li>• set-in short sleeve</li> <li>• pull-over</li> <li>• tight fit</li> <li>• contact-type sensor</li> </ul> <p>'T-shirt with integrated electronics set to monitor cardiac health'</p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• round neckline</li> <li>• set-in short sleeve</li> <li>• pull-over</li> <li>• tight fit</li> <li>• contact-type sensor</li> </ul> <p>'ClubFit apparel product brochur'</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• round neckline</li> <li>• sleeveless</li> <li>• pull-over</li> <li>• tight fit</li> <li>• contact-type sensor</li> </ul> <p>'Men's heart rate monitor sports vest'</p>
 <ul style="list-style-type: none"> <li>• round neckline</li> <li>• sleeveless</li> <li>• pull-over</li> <li>• tight fit</li> <li>• contact-type sensor</li> </ul> <p>'Adidas heart rate monitoring Techfit shirt'</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• round neckline</li> <li>• set-in short sleeve</li> <li>• pull-over</li> <li>• tight fit</li> <li>• contact-type sensor</li> </ul> <p>'Product-Smartlife'</p>

합하지 않은 형태라고 할 수 있다. 시니어 인구는 건강모니터링이 가장 필요한 연령층임에도 불구하고 아직까지 심박측정 의류 시장에는 시니어의 신체적 특성을 반영한 심박측정 스마트 의류는 거의 없다고 할 수 있다.

2.3. 시니어 의류 시장 및 연구 동향

시니어 의류에 대한 연구는 주로 체형, 사이즈, 의복구매에 관한 연구에 한정되어 진행되어 왔다(Lim & Lee, 2011). Kwen(2012)은 시니어 세대에 대한 패션 시장의 관심이 높아지고 있으나 시니어대상 패션산업에 대응하기 위한 연구는 충분히 이루어지지 않고 있다고 지적하였다. 시니어들의 의류 선호도를 조사한 연구에 따르면 시니어의 의류 선호도는 심미성, 기능성, 용도성 순이었는 데, 동시에 시니어 의류에서 개선되어야 할 점으로 기능성 및 용도성, 디자인성 및 심미성이 지적되어 시니어 소비자의 욕구가 실제 패션 시장에는 반영이 안되고 있다고 할 수 있다(as cited in Kwen, 2012).

Jung and Lee(2014)의 시니어를 위한 기능성 의류의 연구에 따르면, 상용화된 기능성 의류는 대부분 속옷이나 거동이 불편

한 시니어들을 위한 보호복 형태로 한정되어 있으며, 관련 특허도 분비물 및 배설물과 관련된 주제가 가장 많았다. 과거와는 다른 라이프 스타일의 시니어들이 만족할 수 있는 스마트 의류를 개발하기 위해서는 다양한 분야에 적용 가능한 관련 기술 개발이 요구된다고 할 수 있다. 이와 함께 트렌드가 반영되고 노화로 인한 체형변화를 커버해 줄 수 있는 등 새로운 소비계층으로 떠오르고 있는 시니어들만을 위한 감각적인 디자인의 스마트 의류개발이 필요하다고 하겠다. Lee et al.(2011), Paek and Ashdown(2009)은 시니어를 위한 발열·발광 기능 스마트 재킷을 개발하고 만족도 평가를 하여, 대부분의 평가항목에서 높은 만족도를 얻어 시니어 세대에게 스마트 의류가 일상복으로 받아들여질 수 있음을 확인하였다.

노화가 진행되면서 시니어들은 체형 변화를 겪게 되는데 이를 고려하지 않은 기성복을 착용 시 불편함을 느끼게 된다(Kim et al., 2015; Lee, 2011). 일반적으로 시니어들은 등·허리가 굽게 되는데 상의의 앞 길이는 내려가고 뒤 길이가 올라가 허리 부분이 보이게 되며 등이 꼭 끼어서 답답함을 느낀다. 또 배가 나오게 되므로 앞 허리선이 올라가고 뒤 허리선이 내

려하게 된다. 사지가 둔화되므로 의복을 입고 벗기에 어려움을 느낀다. 피부가 약하고 민감해지기 때문에 뻣뻣한 소재를 피하고 봉제술기, 부자재 사용에 유의해야 한다. Seok and Han(2011)의 연구에 따르면 시니어들은 의복 착용 시 착탈의 하는데 어려움을 호소하였다. 시니어들을 위한 스마트 의류를 디자인 시, 스마트 기능 부분과 함께 체형변화를 커버하여 시니어들이 편하게 착용할 수 있는 디자인을 고려해야 한다.

2.4. 심박측정원리

심장박동 신호를 측정하는 방식은 크게 접촉식 방식(contact type)과 비접촉식 방식(non-contact type)이 있는데, 두 방식 모두 동잡음(motion artifact)으로 인한 신호 품질 저하라는 문제를 갖고 있으며, 세계적으로도 그 해결책을 찾기 위하여 다양한 연구가 진행 중이다.

접촉식 방식은 주로 심장활동으로 인한 전기적 신호를 측정하는 것으로 전기적 저항방식과 압전방식 등이 있는데, 모두 피부와 전극이 직접 닿아야만 심박 신호가 측정된다(Lee, 2014). 접촉식 방식은 착용자의 동작 등으로 피부와 전극간의 접촉이 떨어지거나 접촉 위치가 변화하게 되면 동잡음의 원인이 되어 신호의 품질이 저하된다. 이러한 이유로 접촉식 측정 방식은 피부와 전극의 접촉점을 유지하기 위해 의복이 피부를 압박하는 형태가 대부분이다. 이러한 접촉식은 의복이 타이트할 수 밖에 없다는 디자인적 한계뿐 아니라, 시니어들의 신체건강에도 좋지 않다는 단점이 있다. 대부분의 상용화된 심박측정 의류는 이 접촉식 방식의 전극을 사용하고 있다.

반면 비접촉식 측정방식은 전극이 직접 피부에 닿지 않아도 측정이 가능하므로 고령자의 약한 피부에 부담을 주지 않고, 타이트한 핏이 아니어도 되기 때문에 의복에 적용하기 더 적합하다고 하겠다(Koo et al., 2014; Koo, 2015; Koo et al., 2017). 대표적인 비접촉식 방식은 정전용량 방식과 자계유도성 전도율 방식이 있다(as cited in Lee, 2014; Gi et al., 2015). 비접촉식 정전용량 방식은 심장의 움직임에 의해 심장과 전극 간의 거리가 변화하는 것을 측정하는 방식이다(as cited in Lee, 2014). 정전용량 방식은 유전률(permittivity)에 의해 영향을 받는데, 유전률은 인체 내부에서 그 값이 작아진다. Lee et al. (2013)은 정전용량 방식을 이용한 측정전극을 개발하였는데, PCB로 전극을 개발하고 의복 위에 밴드로 고정하여 생체신호를 측정하였다. Shin(2011)은 운전자 상태 모니터링용 비접촉식 정전용량 센서를 개발하였다. Oehler et al.(2008)과 Ueno et al.(2007)은 비접촉식 정전용량 방식으로 각각 태블릿 pc와 침대에 적용하여 비구속적으로 심박을 측정하였다. 그러나 비접촉식 정전용량 방식으로 의류에 적용하여 심박을 측정할 예는 거의 없다.

비접촉식 측정 중 자계유도성 전도율 기반 방식은 심장의 움직임으로 인한 인덕턴스(inductance) 변화로 심장 활동을 측정하는 것이다(Fig. 1). 자계유도성 전도율 방식과 관계가 있는 투자율(permeability)은 거의 1에 가까워 자기장이 인체 내부까

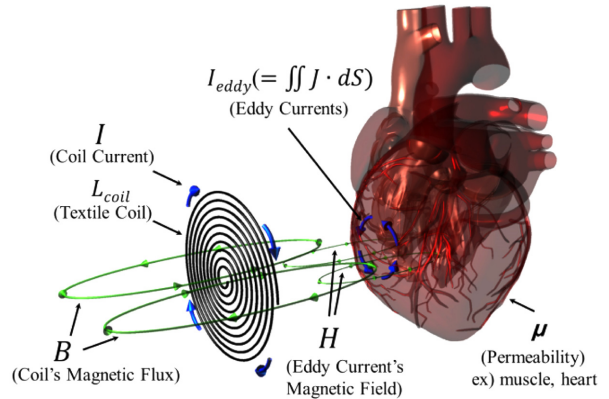


Fig. 1. The basic principle of magnetic-induced conductivity measurements (Lee, 2013).

지 왜곡 없이 만들어지는 장점이 있다(Griffiths et al., 1999; Gi et al., 2013). Fig. 1은 자계유도성 측정 방식의 원리를 설명한 것인데, 코일형(coil) 직물 전극에 전류를 흘려 보내면 전극을 중심으로 자기장이 형성되고, 이 자기장으로 인해 심장 근처에 맴돌이 전류(eddy current)가 생기게 된다. 이 전류에 의해 심장 주변에 다시 자기장이 형성되고, 형성된 자기장은 전극 주변의 자기장과 커플링(coupling)을 이루게 된다. 심장의 물리적인 움직임에 따라 커플링된 자기장도 변화하게 되는데, 이 영향으로 인한 발진 주파수의 변동으로 심박 신호를 측정하게 되는 것이다(Steffen et al., 2008). 선행연구(Jang, 2006; Koo et al., 2014; Koo et al., 2015; Koo et al., 2017)에서는 자계 유도성 전도율 방식의 코일(coil)형 직물 전극을 의복에 적용하여 심박을 측정하였는데, 코일형 직물 전극을 의복에 적용하여 생체신호를 측정하는 방식은 최근 들어 연구 개발이 되기 시작하였다.

3. 연구방법

본 연구에서는 기존 개발된 심박측정 스마트 의류를 기반으로 문제점을 도출, 유니버설 패션 원리를 적용하여 수정 보완하는 방법으로 최종 시니어를 위한 심박측정 스마트 의류의 디자인을 제시하였다.

연구의 방법으로 선행 문헌연구를 중심으로 유니버설 디자인과 유니버설 패션 원리에 대해 살펴보았다. 웹사이트와 선행 연구논문을 통해 기존 심박측정 의류의 사진 및 관련 정보를 수집하고, 이를 통하여 기존 심박측정 의류의 디자인 특성에 대해 분석하였다. 시니어의 신체적 특징 및 의복 개선점을 분석하기 위해서 관련 선행 연구논문을 활용하여 조사하였다. 본 연구에서는 보다 보편적이고 대중적으로 통용될 수 있는 시니어 세대에게 적합한 스마트 의류 디자인을 개발하기 위해서 선행 연구(as cited in Moon, 2007)의 유니버설 패션 디자인 원리를 적용하였으며, 디자인 도출 과정은 선행연구(as cited in

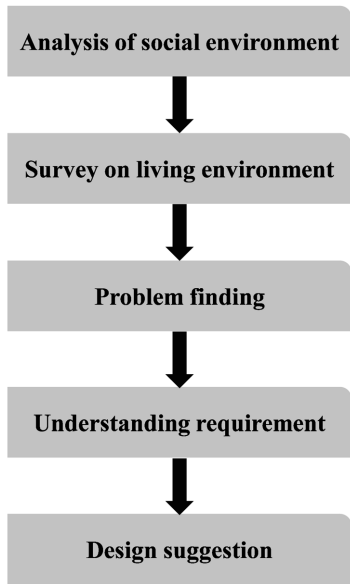


Fig. 2. The universal design process of heart-activity sensing clothing.

Tanaka & Mitera, 2002/2007)에서 제시한 유니버설 패션의 디자인 과정을 참고하였다(Fig. 2).

본 연구에서는 남녀간의 체형 차이에 따라 전극의 위치가 다르고 이에 따른 디자인이 상이하기 때문에 남성으로 연구 대상을 한정하였으며, 남성 중에서도 연령과 인종에 따라 체형이 다르므로 한국의 70~74세 남성으로 제한하였다. 측정하고자 하는 신호의 특성상 복층은 상의로 하였으며, 시니어를 위한 심박측정 의류 디자인을 위한 기초 연구로서 심박측정 성능 및 착용성 평가 등은 본 연구에서 제외하였다.

## 4. 결과 및 논의

### 4.1. 유니버설 심박측정 의류의 설계

#### 4.1.1. 심박측정 의류의 고정부와 가변부

심박측정 의류 디자인 시, 일반 의류와는 다르게 심박신호 측정을 위해 반드시 충족해야 할 조건이 있다. 본 연구에서는 유니버설 심박측정 의류(UHC: universal heart rate sensing clothing) 디자인을 위해 이러한 부분을 고정부(fixed part)라고 하고, 그 외 자유롭게 디자인할 수 있는 부분을 가변부(variable part)라고 구분하였다. UHC에서 고정부는 측정 방식, 전극 위치, 측정모듈(sensing module)이며, 그 외의 디자인적 요소는 가변부이다. 본 논문의 UHC에 적용할 측정방식은 직접 피부에 닿지 않아도 측정이 가능하여 디자인면에서 접촉식 측정방식보다 자유로운 자계유도성 비접촉식 방식을 선택하였다. UHC 디자인에 적용할 전극은 선행연구(as cited in Koo et al., 2014)에서 사용한 자계유도성 전도율 측정 방식의 비접촉식 직물 전극을 사용하였다. 이 전극은 은사를 사용하여 니트 위에 컴퓨터 자수 방식으로 제작되었으며, 가볍고 유연하여 의

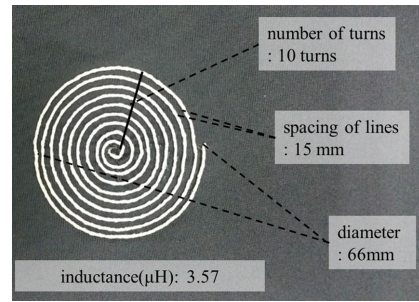


Fig. 3. The textile-based embroidered inductive coil sensor.

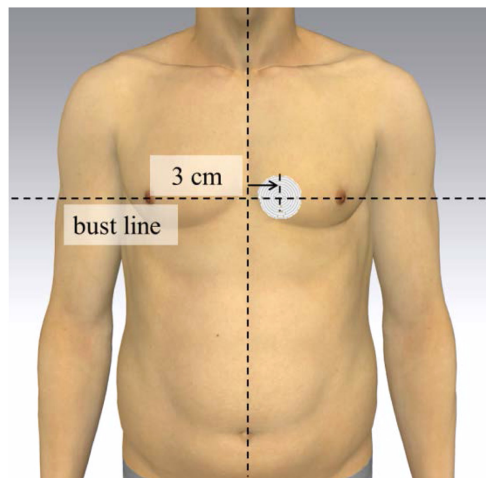


Fig. 4. The textile-electrode position on the body.

복에 적용하기 적합하다(Fig. 3).

두 번째 고정부는 전극의 위치이다. 전극의 위치는 디자인에 따라 변동될 수 없으며, 전극의 위치를 유지하면서 의복을 디자인 해야 한다. UHC에서의 직물 전극은 선행연구(as cited in Koo et al., 2014)에서 안정적인 심박신호를 획득한 위치(가슴 둘레선상에서 앞중심에서 옆술기쪽으로 3cm 떨어진 곳)에 놓았다(Fig. 4).

세 번째 고정부는 측정 모듈이다. 심박측정을 위한 기기부는 전원, 신호처리부, 블루투스로 구성되며(Fig. 5), 전원은 의복 착용자가 착용하고 동작하는데 불편하지 않도록 가볍고 작은 코인 배터리를 사용하였다. 측정 모듈은 신호선이 필요없이 직물 전극 위에 바로 연결되며, 연결에는 일반 의류에서 널리 쓰이는 스냅(snaps)을 사용하였다.

#### 4.1.2. 유니버설 패션 원리 적용 디자인

UHC의 고정부를 제외한 가변부에 선행연구(as cited in Moon, 2007)에서 제시한 유니버설 패션의 다섯 가지 원리 즉, 1) 적은 물리적인 노력(low physical effort): 의복을 착탈의 시, 쉽고 편리해야 함, 2) 사용상의 융통성(flexibility in use): 의복의 형태나 기능이 변화 가능함, 3) 안정성(safety oriental): 신

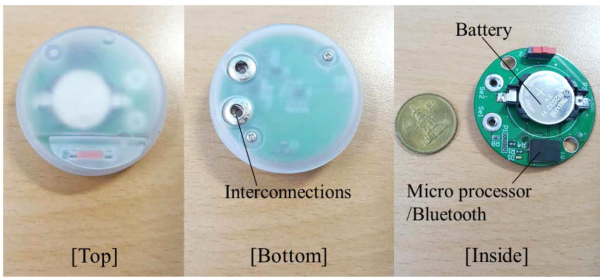


Fig. 5. The sensing module(this was provided by the laboratory affiliated with Professor Jeong-Whan Lee at the Konkuk University).

체적·정신적으로 안정함을 느낌, 4) 공평한 사용(equitable use): 취향과 체형을 만족하면서 일반인과 구별되지 않음, 5) 심미성(aesthetics): 아름다움을 적용하였다.

유니버설 패션의 다섯 가지 원리 중 첫째, ‘적은 물리적인 노력’을 만족시키기 위하여 뒤 소매는 라글란(raglan) 소매로 디자인하여 뒤 어깨와 팔 부분에 여유를 주어 착탈의를 쉽게 하였다. 편안한 착탈의를 위해 전체 실루엣은 여유가 있는 일자 핏(straight fit)이며, 사지가 둔화되는 시니어의 특성을 반영하여 쉽게 여단을 수 있도록 지퍼 여밈으로 디자인하였다. 전극의 위치를 안정화시켜 동잡음을 감소하기 위해서 전극위치 부분을 우븐 소재(cotton)를 사용하였는데, 그 외의 부분은 편안한 착용감과 용이한 착탈의를 위하여 스트레치성 소재(single jersey)를 사용하였다. 둘째, ‘사용상의 융통성’을 만족시키기 위해서는 직물 전극과 측정 모듈을 탈부착할 수 있도록 설계하여 의복착용자가 기능을 원하지 않을 때는 언제든지 제거할 수 있도록 하였다. 셋째, ‘안정성’을 위해서 시니어들은 생리기능조절이 저하되므로 목을 감싸는 셔츠 칼라를 디자인 하여 체온조절에 도움이 되도록 하였다. 또한 모든 솔기는 피부에 자극이 되지 않도록 커버 스티치(cover stitch)로 처리하였다. 넷째, ‘공평한 사용’을 충족하기 위해서, 허리가 굽은 경우 뒤 길이가 따라 올라가 허리 부분이 보이게 되는 것을 방지하기 위하여 뒷

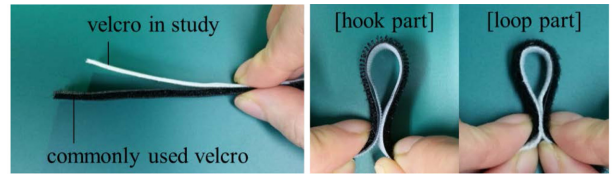


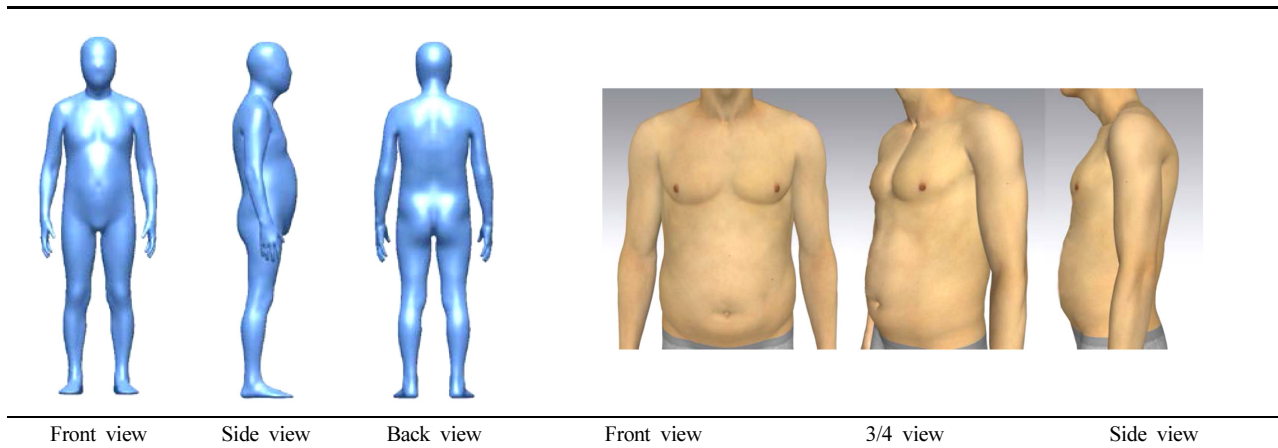
Fig. 6. Velcro tape applied to garment.

길을 앞 길이보다 더 길게 하였다. 또한 배가 나온 체형을 보완하기 위하여 옆솔기에 사이드 슬릿(slit)을 주고, 복부 부분의 앞너비가 뒷너비보다 더 여유있게 설계하였다. 다섯째, ‘심미성’을 만족하기 위해서는 노화가 진행되면서 겪게 되는 시니어들의 체형 변화를 고려하여 앞 소매는 일반 소매(set-in), 뒤 소매는 라글란 소매로 디자인하여 외적으로도 이롭도록 하였으며, 뒷 어깨와 팔 부분에 여유를 주어 등이 굽은 경우도 충분한 여유분이 있어 착용감 및 활동성을 좋게 하였다. 직물 전극 위에는 벨크로(velcro)로 탈부착할 수 있는 패치 포켓(patch pocket)을 부착하여 착용자가 직물 전극과 측정 모듈을 걸어서 드러내기 원치 않을 때 사용하도록 하였다. 패치 포켓을 부착하는데 사용한 벨크로는 일반적으로 의복에 사용되는 두껍고 딱딱한 종류가 아니라 후크(hook)는 얇고 세밀한 0.67mm 두께의 나일론, 루프(loop)는 얇은 파일(lightweight pile) 원단을 사용하여 착용시 불편함을 느끼지 않도록 하였다(Fig. 6). 포켓으로 전극과 측정 모듈을 가리는 것은 ‘심미성’과 함께 ‘공평한 사용’ 원리도 만족하는 것이다.

#### 4.2. 유니버설 심박측정 의류의 디자인 제안

디자인한 UHC가 시니어의 체형에 적합한지를 살펴보기 위하여 기술표준원의 ‘고령자 3차원 인체형상 개발 사업 결과보고서’ 데이터를 기반으로 CLO Enterprise 2.4 프로그램에서 시니어 체형의 아바타를 구현하였다. 우리나라 70~74세 남자 평균사이즈 중 상의디자인에 필요한 가슴둘레, 허리둘레, 엉덩이둘레의 치수와 목각도, 상반신체축각도 등의 자세측정방법을 참

Table 2. Standard human figure of man in his 70s (as cited in Korean agency for technology and standards, 2015) and avatar based on data



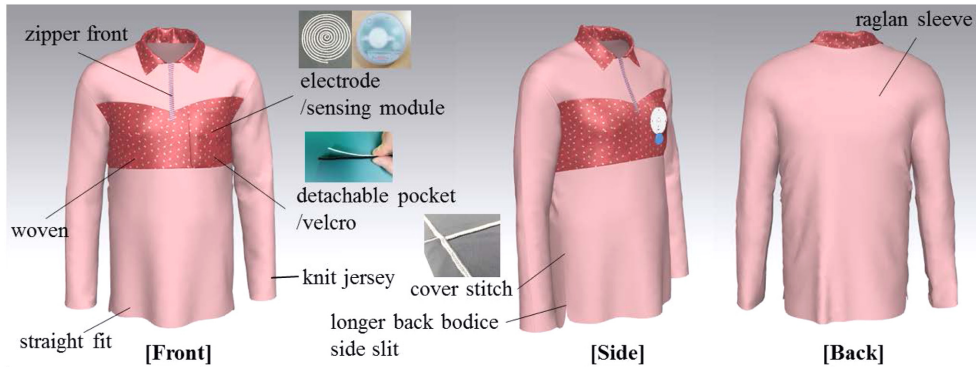


Fig. 7. Suggestion for universal designed heart-activity sensing clothing for the elderly.

고하여 구현하였는데, 우리나라 70~74세 남자 평균은 키 1624mm, 몸무게 64.8kg, 가슴둘레 966mm, 배꼽수준허리둘레 905mm, 엉덩이둘레 922mm, BMI(kg/m<sup>2</sup>) 24.6이다(Korean agency for technology and standards, 2015). 이를 기반으로 구현한 아바타는 Table 2와 같다.

‘심박측정’이라는 기능적 측면뿐 아니라 시니어의 신체적 특성·착탈의 용이 등 시니어들의 요구를 반영하며 ‘유니버설 디자인’ 측면도 만족시키는 시니어를 위한 UHC는 Fig. 7과 같다. 고정부인 심박측정 전극은 비접촉식 직물 전극으로 가슴둘레선 상에서 솔기쪽으로 3cm에 위치한다. 유니버설 원리를 적용한 가변부는 유니버설 패션의 원리를 만족하는 한 자유롭게 변형이 가능하다.

## 5. 결 론

우리 사회는 고령화의 급속화에 따라 시니어들을 위한 건강 관리용 스마트 의류가 요구되나, 현재 시니어들에 특화된 스마트 의류는 거의 없는 실정이다. 본 연구는 모두를 위한 디자인 (design for all)이라는 유니버설 디자인에 기초하여 시니어를 위한 보편적인 스마트 의류를 개발하고자 심박측정 의류에 유니버설 패션 원리를 적용해 그 가능성을 탐색해 보았다. 이를 위해 선행연구를 기반으로 유니버설 디자인 이론, 시니어들의 체형 특징 및 디자인 요구사항, 심박측정 방식 등을 조사·분석하였다. 심박측정을 위해 필수로 지켜야 하는 요소를 고정부, 그 외 자유롭게 변형이 가능한 부분을 가변부라고 구분하고 가변부에 유니버설 패션 원리를 적용하였다. 고정부에는 피부에 직접적인 접촉이 없이도 측정이 가능한 비접촉식 자체유도성 직물 전극을 사용하여 가슴둘레선 상에서 3cm 솔기쪽에 위치시키고, 의복에 사용하기 적합한 무선 소형 측정 모듈을 부착하였다. 가변부는 유니버설 패션 원리-적은 물리적인 노력, 사용상의 용통성, 안정성, 공평한 사용, 심미성-를 만족하면서 노화에 따른 시니어들의 체형 변화 등을 보완할 수 있도록 디자인하였다. 그 결과 최종 유니버설 패션 디자인 원리와 심박측정 의류의 요구 조건을 만족하는 최종 유니버설 심박측정 의류 디자인을 도출

하였다. 그 동안 젊은 세대에 한정되어 있던 스마트 의류의 착용대상 범위를 시니어 세대로 넓혔으며, 시니어 특화 스마트 의류의 개발방향의 기초를 제시하였다는데 본 연구의 의의가 있다. 본 연구의 개발방향을 기초로 시니어 특화 조강복, 등산복, 싸이클링복 등에도 적용 범위를 확대하여 시니어를 위한 스마트 의류 디자인 다양화에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구는 시니어를 위한 유니버설 심박측정 의류 디자인에 대한 기초연구로, 디자인만을 고찰했다는 한계가 있다. 후속 연구를 통해 제시한 디자인의 시제품 제작 및 디자인의 착용성 평가와 함께 심박측정 의류로서의 기능성 평가가 함께 이루어져야 할 것이다.

## 감사의 글

이 성과는 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.NRF-2016R1C1B1016042).

이 논문은 2017년도 BK21플러스 사업(연세대학교 의류환경학과)에 의하여 지원되었음.

## References

‘Adidas heart rate monitoring techfit shirt’. (n. d.). *Amazon*. Retrieved December 20, 2017, from <https://www.amazon.com/adidas-Heart-Monitoring-Techfit-Shirt/dp/B01BY2TVXY>

‘Aging society, aged society, super aged society’. (2015, January 7). *Korea Development Institute*. Retrieved February 19, 2017, from [http://eiec.kdi.re.kr/skin\\_2016/common/bddown.jsp?fidx=2923](http://eiec.kdi.re.kr/skin_2016/common/bddown.jsp?fidx=2923)

‘Aging society came one year early’. (2017, February 22). *Chosun Ilbo*. Retrieved July 13, 2017, from [http://news.chosun.com/site/data/html\\_dir/2017/02/22/2017022200221.html](http://news.chosun.com/site/data/html_dir/2017/02/22/2017022200221.html)

Cho, G. S. (2006). *최신의류소재* [The latest clothing material]. Seoul: Sigma Press.

Cho, H. S. (2015). *Development of smart wear design by applying universal design principles*. Unpublished doctoral dissertation, Dongduk Women’s University, Seoul.

- 'ClubFit apparel product brochure'. (n. d.). *ClubFit*. Retrieved December 20, 2017, from [https://static1.squarespace.com/static/5492477ee4b0e4ce2e66a425/t/5530af98e4b07c04149644e2/1429254040920/Activewear+Brochure\\_Small.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5492477ee4b0e4ce2e66a425/t/5530af98e4b07c04149644e2/1429254040920/Activewear+Brochure_Small.pdf)
- Gi, S. O., Lee, Y. J., Koo, H. R., Khang, S. A., Kim, K. N., Kang, S. J., Lee, J. H., & Lee, J. W. (2015). Application of a textile-based inductive sensor for the vital sign monitoring. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 10(1), 364-371. doi:10.5370/JEET.2015.10.1.364
- Gi, S. O., Lee, Y. J., Koo, H. R., Khang, S. A., Park, H. J., Kim, K. S., Lee, J. H., & Lee, J. W. (2013). An analysis on the effect of the shape features of the textile electrode on the non-contact type of sensing of cardiac activity based on the magnetic-induced conductivity principle. *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, 62(6), 803-810. doi:10.5370/KIEE.2013.62.6.803
- Griffiths, H., Stewart, W. R., & Gough, W. (1999). Magnetic induction tomography: A measuring system for biological tissues. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 873(1), 335-345.
- 'Hexoskin arctic full kit'. (n. d.). Retrieved December 20, 2017, from <https://www.hexoskin.com/collections/all/products/hexoskin-arctic-starter-kit-mens>
- Jang, S. (2006). *Effect of fabric elasticity and body movement on performance of electrocardiogram signal monitoring clothing*. Unpublished master's thesis, Yonsei University, Seoul.
- Jung, H. K., & Lee, J. R. (2014). Actual conditions of functional clothing development for the elderly-Based on patent analysis of functional products. *Fashion & Textile Research Journal*, 16(6), 971-978. doi:10.5805/SFTI.2014.16.6.971
- Kawauchi, Y. (2005). *유니버설디자인 [Universal design]* (C. S. Hong & S. Y. Yang, Trans.). Seoul: Sunin. (Original work published 2001)
- Kim, H. S. (2016, January 6). Column of material parts. *Semiconductor Equipment and Materials International*. Retrieved January 4, 2017, from <http://www.semi.org/ko/node/20326>
- Kim, S. A., Kang, Y. S., & Jung, M. S. (2015). Research on body discomfort and clothing inconvenience of elderly women. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association*, 17(4), 41-54.
- Koo, H. R. (2015). *Design methods for non-contact type heart activity-sensing clothing for the reduction of motion artifacts*. Unpublished doctoral dissertation, Yonsei University, Seoul.
- Koo, H. R., Lee, J. W., & Lee, J. H. (2017). Garment function module to reduce motion artifacts in heart-activity-sensing clothing based on a magnetic-induced conductivity sensing method. *Textile Research Journal*. Advance online publication. doi:10.1177/0040517517716909.
- Koo, H. R., Lee, Y. J., Gi, S. O., Khang, S. A., Lee, J. H., Lee, J. H., Lim, M.G., Park, H. J., & Lee, J. W. (2014). The effect of textile-based inductive coil sensor positions for heart rate monitoring. *Journal of Medical Systems*, 38(2), 2. doi:10.1088/0967-3334/29/7/007
- Koo, H. R., Lee, Y. J., Gi, S. O., Lee, S. P., Kim, K. N., Kang, S. J., Lee, J. W., & Lee, J. H. (2015). Effect of module design for a garment-type heart activity monitoring wearable system based on non-contact type sensing. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 39(3), 369-378. doi:10.5850/KSCT.2015.39.3.369
- Korean Agency for Technology and Standards. (2015). *고령자 3D 표준인체형상 개발 사업 결과보고서 [Report of elderly person's 3D standard human body shape development project result]*. Jincheon: Author.
- Kwen, J. (2012). A study on preference of silver fashion for clothing development for elderly. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, 18(4), 19-30.
- Lee, J. H. (2014). Presence and future of the smart fashion. *Fashion Information and Technology*, 11, 2-10.
- Lee, J. H. (2015, April 22). 2015 Wearable forum. *Chosunbiz*. Retrieved December 9, 2016, from <https://sites.google.com/a/chosunbiz.com/wearableforum/home/e-book>
- Lee, J. H., Lee, E. J., Kim, J. E., Kim, Y. L., & Cho, S. W. (2015). Wearable sensing device design for biological monitoring. *Journal of the Korean Society of Costume*, 65(1), 118-135. doi:10.7233/jksc.2015.65.1.118
- Lee, J. H., Lee, Y. J., Lim, M. G., Park, H. J., & Lee, J. W. (2013). Development of non-contact electrode for biopotential measurement using capacitive coupling. *Proceedings of the Korean Institute of Electrical Engineers, Summer Conference, Korea*, pp. 1649-1650.
- Lee, J. R., Paek, K. J., & Kim, G. Y. (2011). Development and evaluation of smart jacket for women aged fifties and sixties. *Fashion & Textile Research Journal*, 13(6), 926-933. doi:10.5805/KSCI.2011.13.6.926
- Lee, J. W. (2013). Smart wear: heart activity monitoring system using inductive sensors. *The Proceedings of KIEE*, 62(12), 21-27.
- Lee, K. S. (2011). *APPLE 세대를 위한 패션 스타일링과 의복 구성 [Fashion styling and clothing construction for APPLE age group]*. Paju: Gyomoonsa.
- Lee, Y. S. (2005). *유니버설 디자인 [Universal design]*. Seoul: Yonsei University Press.
- Lee, Y. S., & Lee, S.M. (2007). *고령친화 혁신 디자인 [Aging friendly design innovation]*. Seoul: Yonsei University Press.
- Lim, H. J., & Lee, K. H. (2011). A study on the characteristics of clothing and configuration of item in foreign adaptive-clothing for the disabled seniors. *Fashion & Textile Research Journal*, 13(1), 17-24. doi:10.5805/KSCI.2011.13.1.017
- 'Men's heart rate monitor sports vest'. (n. d.). Caballero. Retrieved December 20, 2017, from <http://caballero.com.tw/en/heart-rate-monitor-sports-vest/>
- 'Men's shirt w/core'. (n. d.). Athos. Retrieved December 20, 2017, from <https://www.liveathos.com/products/mens-upper-body-kit>
- Moon, S. J. (2007). *유니버설 패션 디자인 [Universal Fashion Design]*. Paju: KSI.
- Moon, S. J., & Chung, S. H. (2008). The development of universal fashion design for disabled women. *Journal of the Korean Society of Costume*, 58(9), 142-150.
- Na, H. S., Byun, J. Y., Mun, J. H., & Cho, Y. J. (2009). Development of vest design with Korean image for the elderly. *Journal of the Korean Society of Costume*, 59(7), 77-85.
- Oehler, M., Ling, V., Melhorn, K., & Schilling, M. (2008). A multichannel portable ECG system with capacitive sensors. *Physiological Measurement*, 29(7), 783-793. doi:10.1088/0967-3334/29/7/007
- Paek, K. J., & Ashdown, S. P. (2009). Development and analysis of smart jacket for the elderly -Focused on American women-. *Fashion & Textile Research Journal*, 11(2), 315-325.
- 'Product-Smartlife'. (n. d.). Smartlife. Retrieved December 20, 2017,



- from <https://www.smartlifeinc.com/product/>
- 'Ralph Lauren's futuristic fashion: The PoloTech smart shirt'. (2015, September 8). Forbes. Retrieved December 20, 2017, from <https://www.forbes.com/sites/hunteratkins/2015/09/08/ralph-laurens-futuristic-fashion-the-polotech-smart-shirt/#6e7efb759a5a>
- Seok, H. J., & Han, S. H. (2011). Development of clothes design for silver-generation women. *Journal of the Korean Society of Costume*, 61(1), 47-57.
- Shin, H. S. (2011). *Nonintrusive driver condition monitoring by capacitance of car seat*. Unpublished master's thesis, Pukyong National University, Busan.
- 'Sport attire that tracks your performance and becomes your personal trainer'. (n. d.). Azureazure. Retrieved December 20, 2017, from <http://www.azureazure.com/body-soul/gow-trainer>
- Steffen, M., & Leonhardt, S. (2008). Non-contact monitoring of heart and lung activity by magnetic induction measurement. *Acta Polytechnica*, 48(3), 71-78.
- Tanaka, N., & Mitera, S. (2007). 유니버설 패션 : 누구나 즐길 수 있는 옷차림의 디자인 제안 [Universal Fashion : Suggestion of wearing clothing design that anyone can enjoy] (Y. H. Kim, S. J. Park, K. W. Kim & N. H. Lee, Trans.). Seoul: Yonsei University Press. (Original work published 2002)
- 'T-shirt sleeveless+HRM'. (n. d.). Sensoria. Retrieved December 20, 2017, from <http://store.sensoriafitness.com/t-shirt-sleeveless-hrm/>
- 'T-shirt with integrated electronics set to monitor cardiac health'. (2013, February 12). Newelectronics. Retrieved December 20, 2017, from <http://www.newelectronics.co.uk/electronics-technology/t-shirt-with-integrated-electronics-set-to-monitor-cardiac-health/47848/>
- Ueno, A., Akabane, Y., Kato, T., Hoshino, H., Kataoka, S., & Ishiyama, Y. (2007). Capacitive sensing of electrocardiographic potential through cloth from the dorsal surface of the body in a supine position: A preliminary study. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 54(4), 759-766. doi: 10.1109/TBME.2006.889201
- 'Worldwide wearable market to 45.6 million units in 2015'. (2015, April 6). *International data corporation*. Retrieved February 19, 2017, from <http://www.kr.idc.asia/newsletters/newsletters.aspx?prid=188>

(Received 19 September 2017; 1st Revised 16 October 2017; 2nd Revised 27 November 2017; Accepted 15 December 2017)