

## 광섬유 기반 스마트 포토닉 스포츠 의류의 모듈화 디자인 연구

A study on the modular design of smart photonic sports clothing based on optical fiber technology

박수진\*† · 박선형\* · 이주현\*

Soojin Park\*† · Sunhyeong Park\* · Joohyeon Lee\*

연세대학교 생활과학대학 의류환경학과\*

Department of Clothing & Textiles, Yonsei University\*

### Abstract

The objectives of this study is to search for systematic modular design methods for smart photonic sports clothing based on light emitting optical fiber technology related to smart photonic clothing, and to present a variety of modular design models based on optical fiber and light emitting module assembly technology, both of which stand on the basis of body measurements. To achieve the objectives, this paper firstly reviewed the concept of smart photonic clothing and related technologies, and an examination of the concepts of modularization and its designs, as well as examples of modularization used in various fields. To decide the size and attachment point of optical fiber and light emitting modules, the study considered the close connection between modularization and body measurements. Along with body measurements, to derive the most suitable region to attach the optical fiber and light emitting modules, appropriate attachment locations for computing devices and regions which are marginally affected by body movements, were analyzed. On the basis of the results, a modular model of a sports jacket with smart photonic functions was designed and presented, with the focus on the wearer's safety and protection function, which was judged to be the most needed and appropriate function among the three functions of smart photonic clothing related to sports clothing. The results of this study is expected to be useful as basic data for future smart photonic clothing design research.

**Keywords :** smart photonic clothing, modular design, optical fiber and light emitting module, sports wear

### 요 약

본 연구의 목적은 스마트 포토닉 의류와 관련된 다양한 기술 중 광섬유 발광 기능 의류 기술을 기반으로 하여, 스마트 포토닉 스포츠 의류를 위한 모듈화 디자인의 체계적인 방안을 모색하고, 인체 치수를 기반으로 한 광섬유-발광 모듈 조합에 따른 다양한 모듈화 디자인 모형을 제시하는데 있다. 이를 위하여 본 연구에서는 모듈화의 디자인 요건을 살펴보고, 광섬유-발광 모듈의 크기와 부착 위치를 선정함에 있어서는 모듈화와 인체 치수와의 밀접한 연관성을 고려하여 연구를 진행하였다. 인체 치수와 더불어 컴퓨팅 기기의 적합한 부착 위치와 인체의 동작에 영향을 덜 받는 인체 부위를 종합적으로 고려하여 최종적으로 광섬유-발광 모듈을 부착하기에 적합한 인체상의 부위를 도출하였고, 이를 부위별 실측 치수와 함께 제시하였다. 이를 토대로 스마트 포토닉 의류의 3대 기능 중 스포츠 의류에 가장 필요하면서 적합하다고 판단되는 착용자 안전보호 기능을 중심으로, 스마트 포토닉 기능의 스포츠 의류 상의 재킷(jacket)의 모듈화 모형을 설계하여 제시하였다.

**주제어 :** 스마트 포토닉 의류, 모듈화 디자인, 광섬유-발광 모듈, 스포츠 의류

† 교신저자 : 박수진 (연세대학교 생활과학대학 의류환경학과)

E-mail : soojinpark@yonsei.ac.kr

TEL : 02-2123-4653

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 필요성 및 목적

스마트 의류의 일종인 스마트 포토닉 의류는 기기를 통해 빛을 발현하여 발광하는 기능을 지닌 의류를 총칭하는 개념이다. 스마트 포토닉 의류를 구현하기 위한 포토닉 기술로 그 동안 광섬유와 LED, EL 등의 광원을 이용한 연구가 이루어져 왔으며 이를 통해 엔터테인먼트 기능, 커뮤니케이션 기능, 안전 보호 기능 등 다양한 기능의 어플리케이션이 개발되어 왔다. 그러나 대부분의 스마트 포토닉 의류는 발광 기기부가 의류에 부착되어 있는 형태를 하고 있어 기기가 손상되거나 수명이 다 했을 경우 부분적 수리, 또는 교체가 어렵다는 한계점이 지적되어왔다.

이에 본 연구에서는 스마트 포토닉 의류의 기능 중 스포츠 의류와 가장 밀접한 연관이 있으면서 선호도가 높고 착용자에게 가장 필요할 것으로 예상되는 안전 보호 기능을 지닌 포토닉 의류를 토대로, 부분적으로 기기 교체가 가능한 가변형 모듈화 구조의 의류를 개발하여 효율적 기기 기능 탑재가 가능한 모듈화 구조 방식의 의류를 개발하는 것을 목적으로 하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 안전 보호 기능의 스마트 포토닉 의류

현대인들은 밤에도 인라인 스케이트나, 스키, 등산 등 다양한 스포츠 활동을 즐기지만, 밤에는 낮에 비해 시야가 덜 확보되기 때문에 안전성의 문제가 있다. 또한 야간 작업자, 소방관 등 특수 직업을 가진 사람들도 작업의 어려움을 느끼고 있으며, 야간 운전 시 운전자들은 충분한 가시성을 확보하지 못해 어린이들의 안전사고가 많이 발생하고 있다. 이에 LED(Light Emitting Diode)나 EL(Electro Luminescence) 등의 발광 소자를 의류와 결합하여 능동적으로 빛을 발광하도록 하는 여러 제품들이 개발되어 야간 활동으로 인한 위험 요인으로부터 착용자의 안전을 보호 할 수 있을 뿐만 아니라 활동성을 높일 수 있게 되었다.

Marmot社의 ‘Phenomenon EL’ 제품은 고어텍스(GORE-TEX) 소재의 스포츠 재킷으로 박막의 EL 패널이 후드, 어깨 부위, 양쪽 소매 부위에 각각 부착되

어 있어 안전 요원 및 야간 활동을 하는 사람에게 필요한 안전 장비로 개발되었다(그림 1).

스포츠 의류와 용품으로 유명한 O’Neill社에서 개발한 ‘NavJacket’ 제품은 GPS를 이용해 스키어가 자신의 위치나 기타 부가 정보를 쉽게 확인할 수 있도록 만든 옷으로, 조난을 당했을 때 착용자의 위치를 빠른 시간 내에 파악하여 구조할 수 있다. 또한 재킷 소매 부분에 설치된 LED 디스플레이로 현재 속도, 최신 기상 정보, 높이 등의 정보를 확인할 수 있으며 후드에는 스피커가 내장되어 있어 음성으로 안내를 들을 수 있다. 또한 휴대전화와 연동이 가능해서 휴대전화를 통해 해당 스키장 정보 등을 표시해줄 수도 있다(그림 2).

Nite Ize社에서 개발한 ‘LED Sport Vest’ 제품은 매우 가볍고 심플한 메쉬(mesh) 소재의 조끼로 야간에 바이킹이나 조깅을 할 때 착용자를 보호해 줄 수 있도록 개발되었다. 앞뒤로 LED 발광 막대가 들어있고, 앞쪽 발광 막대와 뒤쪽 발광 막대가 분리되어 있어 필요한 쪽만 켜고 끌 수 있도록 하였다(그림 3).



그림 1. Marmot 社의 ‘Phenomenon EL’



그림 2. O’Neill 社의 ‘NavJacket’



그림 3. Nite Ize 社의 ‘LED Sport Vest’

## 2.2. 모듈화 디자인

모듈화는 각각의 독립적인 작은 부분들을 조합하여 전체를 구성함으로써 재사용 및 유지 보수를 용이하게 하는 차원에서 고안된 것이다. 모듈화는 가변성과 융통성 등의 유용성을 위하여, 그 동안 건축 및 패션, 제품 디자인 등의 분야에서 다양하게 시도되어 왔다.

### 2.2.1. 건축에서의 모듈화 디자인

현재 ‘모듈 건축’이란 용어는 하나의 완성된 건축 공간을 형성하기 위한 유닛(단위; unit) 단계의 물리적 형태를 공장에서 생산하고, 현장에서는 이러한 각 유닛들의 조합으로 건축물을 만드는 방식이라는 의미로 통용된다. 즉, 모듈 건축은 공장에서 생산된 모듈러 유닛을 현장으로 운반하고 조립하여 건축물을 완성하는 건축 공법을 뜻하며 이러한 건축 방법은 건축물에 널리 활용되고 있다. 또한 유영동(2004)은 모듈러 건축을 구조 모듈(structural modules)과 비구조 모듈(non-structural modules)의 조합으로 입체 유닛(volumetric units)을 구성하는 시스템 건축이라고 정의하였고, 김홍진 등(2007)은 공장에서 생산된 박스형의 철골조 모듈 유닛을 현장에서 조립하여 건축물을 건립하는 생산 및 시공 공법이라고 정의하였다. 대표적인 모듈 건축으로 일본의 나가킨 캡슐 타워를 들 수 있다(그림 4).

이러한 자유로운 모듈의 교환에 의해 스타일을 재구성하는 독창적인 제작 방식인 모듈화 시스템은 전체의 재구성이 아닌 어느 한 부분의 교체를 통해 나머지 시스템에 영향을 미치지 않고 새로운 스타일로 재구성하는 방식이다(이건섭, 2005). 이는 각각의 모듈로 이루어진 부분들의 다양한 조합을 통해 전체를 구성할 수 있으며, 조합을 다양하게 변화시켜 새로운 스타일로의 변신이 가능하므로 다기능적이고 실용적인 특성을 지닌다.

건축에서 이용되는 모듈화 시스템에는 크게 4가지 방식이 있다. 첫째, 개폐(open and shut)방식으로 문이나 창문, 또는 벽체의 일부나 전체를 이동시켜 폐쇄적 공간을 개방적 공간으로 변화시키는 것이다. 둘째, 풀드로우(pull-draw) 방식으로 건축물 내부에 벽이나 바닥과 같은 새로운 구조를 숨겨 놓았다가 필요에 의해 이를 끄집어내어 공간을 확장, 또는 축소시키는 것이다. 셋째, 폴딩(folding) 방식으로 건축적 구조의 일부

분을 주름과 같이 구성하여 용도에 따라 이를 펼치거나 접는 것이다. 넷째, 모듈(module) 방식으로 구성 요소들을 작은 부분으로 해체하고 이를 필요에 따라 빠른 시간 내에 다양한 방식으로 결합시키는 것이다.



그림 4. 나가킨 캡슐 타워

### 2.2.2. 제품에서의 모듈화 디자인

필립스(Philips)사는 TV를 외관과 PCB 기관, 브라운관 등 몇 부분으로 나눈 다음 그것들을 표준화시켜 어떠한 TV에도 적용시킬 수 있도록 한 모듈 TV를 선보였다. 또한 Stefan Buchberger사에서 디자인한 모듈 냉장고는 레고처럼 쌓는 방식으로 냉장고를 사용한다는 컨셉 제품으로 모듈 단위로 구성되어 있기 때문에 필요한 칸 수만큼 선택해서 사용할 수 있어 공간을 절약할 수 있을 뿐만 아니라, 전기 소모도 적어 에너지를 절약할 수 있는 장점이 있다. 가구에 있어서의 모듈은 일정한 주거 공간을 최대한으로 활용하기 위해 필요한 형태로 조립하거나 변형시켜 사용할 수 있는 시스템 퍼니처의 형태로 나타나고 있다(그림 5).



그림 5. 모듈화된 냉장고와 가구

또한, 한 문구류 디자인 업체는 중성펜 디자인의 개발에 모듈화 시스템을 도입하여 ‘중성펜의 부품 모듈을 제품 개념에 맞도록 최적화시킨다’는 개발 이념을 제시하였다(그림 6). 또한 중성펜의 구조적, 기능적 분석을 바탕으로 부품 요소들을 모듈화하고, 이 모듈들을 체계적으로 조합하여 생산에 이르게 하는 전략적 방법을 구축하고자 하였다. 모듈의 조합은 기존 중성펜의 형태적 특징을 바탕으로 유선형, 평형 그리고 유

선형과 평형의 조합형으로 설정하여 조합하게 되는데, 이 때 인간공학적인 형태구조를 고려하게 된다. 펜을 잡을 때의 손의 구조는 오픈하고 있는 형태로 이러한 자연스러운 손의 구조를 방해하는 제품의 형태는 피로를 유발하게 되므로 손의 구조적인 특징을 배려하는 형태로 모듈의 조합이 이루어지도록 하여 시뮬레이션(simulation)해야 한다(조창연, 이성남, 1998).

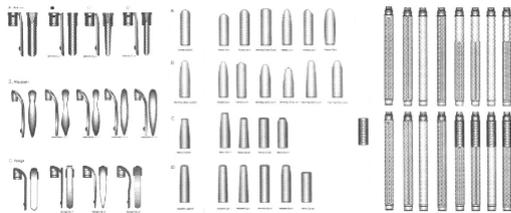


그림 6. 클립, 캡, 홀더에 대한 형태 모듈

### 2.2.3. 패션에서의 모듈화 디자인

모듈화 시스템은 전체의 재구성이 아닌 어느 한 부분의 교체를 통해 나머지 시스템에 영향을 미치지 않고 새로운 스타일로 재구성하는 방식이다. 패션 디자이너 중 이러한 모듈화 개념을 적극적으로 의복에 활용하고 있는 대표적인 디자이너인 율리 탕(Yeohlee Teng), 존 리베(John Ribbe), 갈야 로젠펠드(Galya Rosenfeld)를 그들의 패션 구성 방식에 따라 레이어링 시스템(layering system), 컴바인 시스템(combine system), 그리고 레고 시스템(lego system)으로 분류하여 이들 각각의 의복에 나타난 모듈화 특성을 고찰하였다.

율리 탕은 의복을 단일 공간으로 구성된 전체로 파악하지 않고, 부분이 결합된 보다 다층적이고 자유로운 공간 시스템으로 인지하였다. 그녀의 의복은 각각의 부분들이 분리되었으며 하나의 디자인이 여러 가지 모양으로 변화될 수 있도록 하여 유용성을 극대화시켰다. 이를 통해 다양한 조합이 가능할 뿐만 아니라 각각의 의복이 모듈과 레이어링(layering)으로 구조화되어 필요에 따라 가변적이며 유동적인 변형이 용이하도록 하였다(그림 7).



그림 7. 율리 탕(Yeohlee Teng)

존 리베는 벨크로(velcro)나 벨트(belt)를 이용한 의복의 모듈화를 지속적으로 탐구하였는데, 이를 통해 다양한 방식에 의한 의복의 구성과 착장이 가능함을 보여 주려 하였다. 그는 컬렉션에서 원피스에 격자로 부착된 벨트들을 조이거나 느슨하게 하여 실루엣과 길이, 주름 등을 자유롭게 조절할 수 있게 하는 작품을 선보였다. 또 재킷의 소매나 팬츠, 원피스를 모듈화하여 버튼과 끈을 통해 의복 구성 요소들을 결합시키거나 길이 또는 실루엣을 조절하도록 하여 의복의 각 요소들을 봉제에 의해 확정적으로 위치시키지 않고 각 부분이 유동성 있게 연결되거나 분리될 수 있도록 의복을 새로 구성하였다(그림 8).



그림 8. 존 리베(John Ribbe)

갈야 로젠펠드는 의복의 형태와 구조에서 벗어난 동일한 형태의 작은 조각들을 결합하여 의복을 제작하였다. 그녀는 의복을 제작하기 위해 ‘레고(lego)’라는 새로운 기술적 시스템을 만들었으며, 전통적인 테일러링에서 사용하던 실이나 바늘, 패턴 도구들을 사용하지 않았다. 그녀의 대표적인 작품으로는 울트라스웨이드(ultra-suade)나 펠트와 같이 밀도가 높은 직물의 조각을 하나의 유닛으로 하여 마치 퍼즐을 맞추는 방식으로 면과 면을 연결해서 하나로 결합한 모듈화 시리즈(Modular Series)와 스냅을 이용하여 직물 조각을 연결하여 제작한 스냅 시리즈(Snap Series), 315 피

트 길이의 싱글 지퍼만을 이용하여 캡 소매와 하이네크라임까지 구성한 오브제 드레스(Object un Dress) 등이 있다(그림 9).



그림 9. 갈야 로젠펠드(Galya Rosenfeld)

### 3. 연구방법

본 연구의 절차는 광섬유-발광 모듈의 유닛(unit)을 구성하고 실증적 자료 수집을 통하여 이를 적용할 위치를 선정한 후, 모듈화 방식과 디자인 방향을 모색하여 광섬유를 적용한 스마트 포토닉 스포츠 의류의 모듈화 디자인을 제시하는 것으로 하였다.

실증적 자료 수집에서 광섬유-발광 모듈을 적용할 위치를 선정함에 있어서는 20대 초반 남성의 몸통 부위 4가지 동작, 팔 부위의 5가지 동작, 다리 부위의 5가지 동작을 선정한 후, 각 부위에 기준선을 표시하고 다시 기준선을 3cm 간격으로 표시한 후, 100명의 피험자에게 각각의 동작을 취하도록 하여 표시한 간격의 변화량을 줄자로 측정하였다. 이 측정에서는 한국 기술표준원이 공시한 인체계측 방법을 따라 마틴식 계측기와 줄자를 이용하여 측정하였다.

이를 통한 계측 결과와 사이즈 코리아(Size Korea)의 20대 초반 남자의 평균 인체치수 보고서를 종합적으로 고려하여 새로운 모듈화 디자인 방안을 제시하였다.

#### 3.1. 기기 및 구성 요소

광섬유 기반 스마트 포토닉 스포츠 의류의 모듈화 디자인 모형을 개발하기 위해 필요한 기기 및 구성 요소는 광섬유 직조 원단, LED, 커넥터, PCB, 배터리이고 각각의 특성은 다음과 같다.

**광섬유 직물 :** 광섬유 직조 원단은 플라스틱 광섬유사를 일반 섬유사와 함께 직조하여 만든 원단으로 직

물과 유사한 외관과 촉감을 가지고 있어 의류에의 적용이 용이하다. 특히 광섬유사의 표면을 합성수지로 코팅 처리하여 내수성을 갖도록 한 내수성 광섬유사로 원단을 직조할 경우 일반 의복과 함께 세탁이 가능하고, 광섬유사의 절단 및 훼손을 방지하여 내구성이 향상되는 장점이 있다(홍순교, 이주현, 2007). 이러한 광섬유 직조 원단은 광섬유 기반 스마트 포토닉 스포츠 의류의 용도에 적합한 위치에 부착되어 그 기능이 발휘될 수 있도록 설계되어야 한다. 또한 발광을 위해 필요한 발광 모듈들을 필요시 탈부착 할 수 있도록 고안되어야 한다.

**광원 :** 광원으로 사용되는 LED는 크기가 작고, 휘도에 비해 전력 소비가 매우 적으면서 수명은 10만 시간 이상으로 긴 장점이 있다. 또한 충격에 강해 안정적인기 때문에 반영구적으로 사용할 수 있으며, 반도체 칩 구성원소의 배합에 따라 다양하고 다이내믹한 광원의 색상을 표현할 수 있어 그 활용도가 높다.

**커넥터 :** 커넥터는 발광 다이오드로부터 방출된 빛을 다수의 광섬유로 효율적으로 입사시킬 수 있도록 하기 위해 발광 다이오드와 광섬유 다발이 결합할 수 있도록 해주는 장치이다. 즉, 광원으로부터 방출된 빛을 광섬유의 코어층으로 적절하게 입사시켜 광손실을 최소화하기 위한 것이다. 특히 광섬유 직물의 경우에는 광섬유를 위사와 경사로서 활용하여 직조하기 때문에 많은 양의 광섬유가 사용되므로 효율성이 높은 커넥터의 사용이 요구된다.

**PCB :** PCB(Printed Circuit Board)는 광섬유 기반 스마트 포토닉 의류에서 LED의 컬러를 제어하기 위한 컨트롤러로서 전원 및 광원인 LED와 유선으로 연결하여 필요할 경우 장착시킨다.

**전원부 :** 배터리는 광섬유 기반 스마트 포토닉 스포츠 의류가 빛을 발현할 수 있도록 전류를 공급하기 위해 필요한 것으로, 다양한 종류가 사용될 수 있다. 그 중 주로 많이 사용되는 것으로는 충전형 리튬 이온 배터리와 리튬 폴리머 배터리가 있다. 스마트 포토닉 의류에 3.7V의 기전력을 가진 리튬 이온 배터리 두 개를 연결해서 깜빡임 기능으로 사용할 경우 연속해서 6시간 이상 사용할 수 있다. 이 외에도 일반적으로 흔히 사용하는 AA 사이즈의 건전지나 니켈 수소 건전지, 망간 건전지 등이 사용 가능하다.

## 4. 결과 및 논의

### 4.1. 광섬유-발광 모듈의 구성

본 연구를 위한 기기 구성의 전제 사항으로서 제시한 기기 및 구성요소들로 광섬유 모듈의 유닛(unit)을 구성하였다. 광섬유 직조 원단은 내수성 광섬유사를 일반 섬유사와 함께 직조한 것으로 의복에 부착된 형태로 존재하고, 커넥터와 LED, PCB, 배터리는 하나의 모듈로서 사용자의 필요에 따라 탈부착이 가능하도록 설계하였다(그림 10). 그리고 사용한 광섬유는 내수성 POF(Plastic Optical Fiber)로 한정하였고, 한쪽에만 광원이 있는 형태로 하였다.

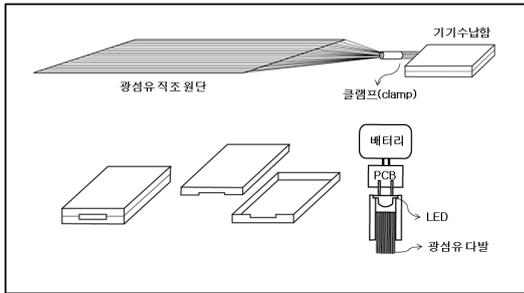


그림 10. 광섬유-발광 모듈 형태

### 4.2. 모듈화 디자인 방향

광섬유 기반 스마트 포토닉 스포츠 의류의 모형 개발을 위한 기기를 구성함과 더불어 본 연구에서는 선행 연구를 토대로 하여 광섬유 발광 모듈 부착 위치의 제한점을 살펴보고, 인체치수를 고려하여 그 크기를 결정하였다. 또한 모듈화 방식중 가변형 구조를 포함한 콤바인 시스템(Combine System)을 활용하였다.

### 4.3. 발광 모듈의 인체상 부착 적합 위치 도출

#### 4.3.1. 디지털 기기의 부착 적합 위치

스마트 포토닉 스포츠 의류에 모듈화된 광섬유를 적용시키기 위해서는 모듈의 부착 위치 선정이 이루어져야 한다. 이를 위해서는 기능에 따른 부착 위치를 고려하기 이전에 인체의 특성과 치수를 반영한 모듈 위치의 선정이 우선되어야 한다.

이에 관련된 고전적 연구로서 Gemperle(1998) 등은

디지털 기기의 물리적 특성과 착용자와의 상호작용을 중심으로 13가지의 착용성 향상을 위한 디자인 가이드라인을 제시하고, 그 기준을 통해 착용자의 신체 동작을 방해하지 않으면서 비교적 넓은 체표면적을 가진 부분을 분류하여 제시하였다. 이는 목의 칼라부분, 상완 뒷부분, 대퇴부, 정강이, 발등, 흉곽, 하완, 허리에서 엉덩이에 이르는 부위의 총 8부위이다(그림 11).

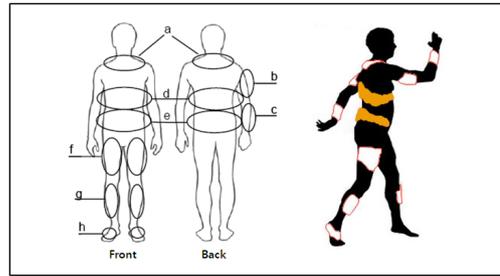


그림 11. 디지털 기기의 적합한 부착 위치

또한 본 연구에서는 인체에 디지털 기기를 부착할 위치를 선정하기 위한 신체의 움직임에 따른 인체 부위별 체표면의 신장 정도를 측정하고, 동작에 따른 체표면의 변화를 데이터화하여 신장 정도가 20% 이상인 부위와 20% 미만인 부위로 구분하였다(그림 12). 체표면이 20% 이상 신장된 부위는 인체의 동작에 영향을 많이 받기 때문에 기기를 부착하기에 적합하지 않은 부위이고 20% 미만인 부위는 인체의 동작에 영향을 덜 받기 때문에 기기를 부착하기에 적합한 부위이다.

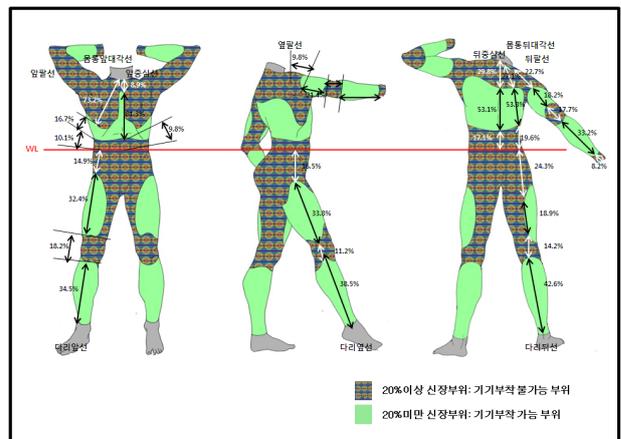


그림 12. 인체의 기기부착 가능 백분율 범위

본 연구에서는 위에서 살펴본 Gemperle(1998)의 연구에서 제시된 디지털 기기의 부착 가능 위치(그림

11)와 동작에 따른 체표면 변화에 따른 디지털 기기의 부착 가능 위치(그림 12)를 교차 분석한 결과, 이 두 위치가 중복되는 부위가 본 연구의 발광 모듈을 부착하기에 가장 적합한 위치로 도출되었고, 이는 앞·뒤의 흉곽부위와 하완부위, 상완 뒷부분, 대퇴부, 정강이 부위로 나타났다(그림 13). 또한 본 연구의 대상인 스포츠 의류 상의 재킷(jacket)에 적용할 위치는 앞뒤의 흉곽부위와 하완부위, 상완 뒷부분이며, 이는 그림 13에 점선으로 표시된 영역 내의 부위에 해당한다.

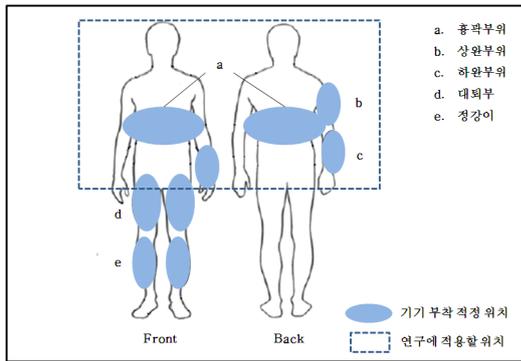


그림 13. 발광 모듈 부착 적합 위치

#### 4.3.2. 스포츠 재킷을 위한 광섬유-발광 모듈의 부착 적합 위치

앞서 이론적 고찰에서 살펴보았듯이 모듈화는 인체 치수와 밀접한 관련이 있다. 그러므로 본 연구에서는 인체치수를 고려하여 기기부착 가능 영역과 영역별 크기를 도출하여 광섬유 모듈의 크기를 결정하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 연구의 실증적 측정 결과와 사이즈 코리아(Size Korea)의 2003년도 5차 인체치수조사 보고서를 바탕으로 스마트 포토닉 스포츠 의류의 상의 재킷(jacket)에 부착할 광섬유-발광 모듈 사이즈를 다음과 같이 제안하였다.

본 연구에서는 평균치를 중심으로 모집단의 하위 16%를 제외한 총 84%를 충족시킬 수 있는 부위별 표준 모듈 사이즈를 제안하였다. 이를 위하여 해당 인체 사이즈 영역의 최소 사이즈 내, 즉 모집단의 84% 순위에 해당하는 인체 사이즈를 발광 표준 모듈 크기 결정의 기준으로 삼았는데, 이는 다양한 인체 사이즈에 따라 각기 다른 크기의 발광 모듈을 부착해야 하는 문제를 방지하기 위함이었다.

다시 말해, 광섬유-발광 모듈이 부착될 모든 부위의 인체 치수는 가장 작은 사이즈(하위 16% 이내에 해

당)를 기준으로 삼고, 이를 토대로 하여 광섬유-발광 모듈의 크기를 정하였는데, 이는 표준화된 모듈 사이즈를 도출하기 위한 것이었다. 이를 위해 20~24세 남성의 목뒤등뼈위겨드랑수준길이, 등길이, 위팔길이, 팔길이, 가슴너비의 평균값과 표준편차를 조사하였고, 그 결과는 표 1과 같다. 이 인체 치수들을 바탕으로 본 연구에서 광섬유 모듈을 적용할 스마트 포토닉 스포츠 의류의 상의 재킷(jacket)에 기기를 부착하기에 적절한 위치인 앞뒤의 흉곽부위와 하완부위, 상완 뒷부분을 도식화에 표시하였고, 그 범위를 백분율로 함께 제시하였고 그 결과는 그림 14와 같다.

표 1. 20~24세 남자의 평균 인체치수(2003)

측정항목	평균(cm)	표준편차
목뒤등뼈위 겨드랑수준길이 (Scye depth)	19.1	2.04
등길이 (Waist Back Length)	41.9	3.04
위팔길이 (Upper Arm Length)	33.8	1.63
팔길이 (Arm Length)	68.3	2.70
가슴너비 (Chest Breadth)	31.3	2.22
위팔둘레 (Upper Arm Circumference)	29.8	2.62
손목둘레 (Wrist Circumference)	16.4	0.88

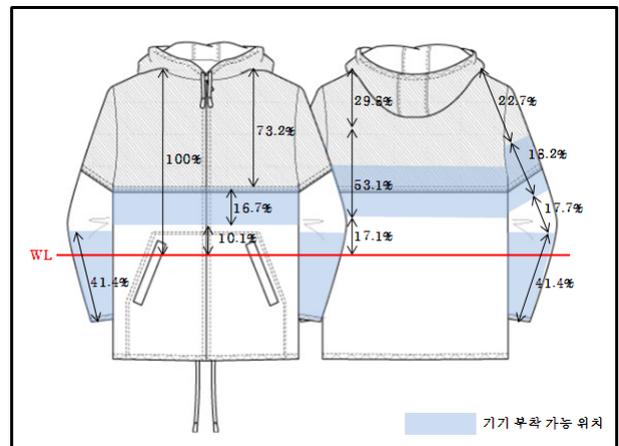


그림 14. 스포츠 의류 재킷의 기기부착 가능 백분율 범위

#### 4.4. 광섬유-발광 모듈의 크기

모듈의 크기 및 모듈화는 인체치수와 밀접한 관련이 있다는 이론적 배경을 토대로 하여, 본 연구에서는 앞서 도출된 광섬유-발광 모듈의 적절한 부착 위치를 토대로 스포츠 의류 상의 재킷(jacket)의 아웃 레이어(out layer)와 이너 레이어(inner layer)에 위치할 광섬유-발광 모듈의 크기를 패턴상에 표시하였고, 이는 하위 16%에 해당하는 최소 사이즈를 기준으로 하였다. 이는 디자인 원리 중 상위 한계 원리(upper limits for the principles of design)를 적용한 것이다.

**소매를 위한 모듈 크기 :** 안전보호 기능에 따라 소매 부위에 적용한 광섬유 모듈의 위치는 상완부위와 하완부위이다. 각 부위에 위치한 광섬유-발광 모듈의 크기는 앞에서 제시한 사이즈 코리아(Size Korea)의 2003년도 5차 인체치수 보고서 중 20~24세 남자의 평균 인체치수를 바탕으로 하였고, 여기에 동작에 따른 체표면 변화 map에 의한 인체 기기부착 가능 부위별 치수를 백분율로 나타낸 자료를 참고하였다. 또한 평균치를 중심으로 모집단의 상하 42%씩에 해당하는 총 84%를 충족시킬 수 있는 부위별 표준 모듈 사이즈를 제안하기 위해 해당 인체 사이즈 영역의 최소 사이즈 내, 즉 모집단의 84% 순위에 해당하는 인체 사이즈를 발광 표준 모듈 크기 결정의 기준으로 삼았다(그림 15).

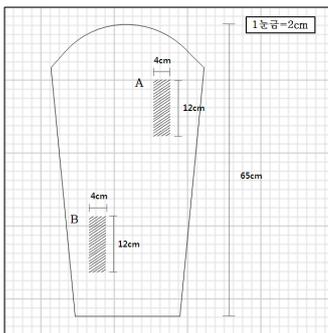


그림 15. 소매부위 부착 위치 및 크기

**몸통부의 모듈 크기 :** 몸통 앞면에 적용한 광섬유-발광 모듈의 위치는 흉곽부위로, 지퍼 부분을 중심으로 하여 양 옆으로 광섬유-발광 모듈을 위치시킨 것(그림 16)이고, 몸통 뒷면에 적용한 광섬유-발광 모듈의 위치 역시 흉곽부위로, 몸통 뒷면에 중심선을 기준으로 하여 중앙에 광섬유-발광 모듈을 위치시킨 것(그림

17)이다.

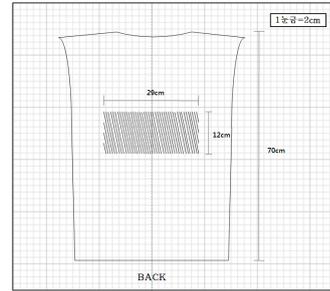


그림 16.. 몸통 뒷면 부착 위치 및 크기

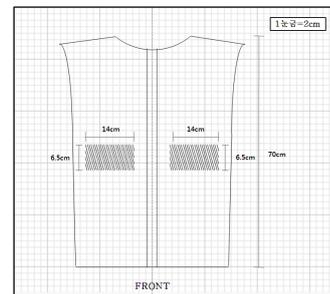


그림 17. 몸통 앞면 부착 위치 및 크기

#### 4.5. 안전보호 기능 스포츠 재킷을 위한 광섬유-발광 모듈의 부착 적합 위치

본 연구에서는 스마트 포토닉 스포츠 의류의 전형적 상의 재킷(jacket) 유형에 안전 보호 기능을 내장시키기 위해 광섬유 모듈을 최대한 눈에 잘 띄면서도 인체의 동작에 방해가 되지 않는 위치에 부착시켜, 야간활동에 의한 사고를 미연에 방지하는 동시에 활동성을 높일 수 있도록 설계하였다.

이를 위해 앞서 살펴보았던 광섬유-발광 모듈을 부착하기에 적합한 위치와 크기를 모두 참고한 후, 이를 안전보호 기능에 따른 발광 모듈 부착 위치와 종합하여 최종 부착 위치를 선정하였고, 컴바인 시스템(Combine System)을 통해 가변성을 부여하였으며 기능에 따른 재킷 상의 가변 위치는 다음과 같다.

##### 1) Type A: 흉부 안전보호 기능형

이 재킷은 앞면 흉곽 부위의 지퍼 양옆과 뒷면 흉곽부위의 중앙에 패널 타입(panel type)의 광섬유-발광 모듈이 부착되는 디자인이다. 기기 부착 위치는 앞면의 경우 어깨에서 허리라인의 73.2%되는 지점으로부터 아래로 16.7%의 범위까지로 하였고, 뒷면의 경우 어깨에서 허리라인의 29.8%되는 지점으로부터 아래

로 53.1%되는 구역 내에 포함되도록 하였다(그림 18).

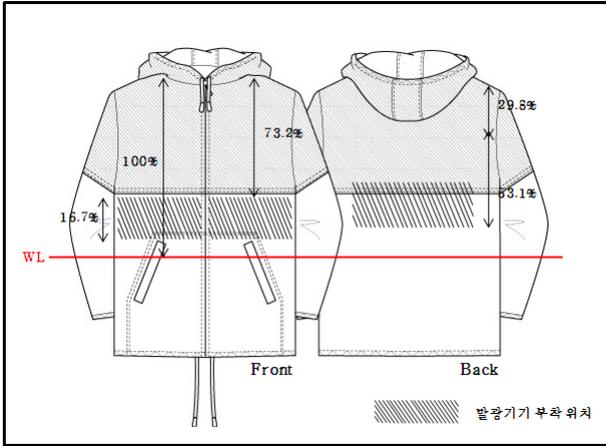


그림 18. 디자인 Type A의 도식화

**2) Type B: 흉부+상완+하완 안전보호 기능형**

이 재킷은 하완 앞부분과 상완 뒷부분에는 밴드 타입(band type)의 광섬유-발광 모듈이 부착되고, 뒷면 흉곽부위의 중앙에는 패널 타입(panel type)의 광섬유 모듈이 부착되는 디자인이다. 기기 부착 위치는 하완 앞부분의 경우 아래로부터 41.4%되는 구역 내에 포함되도록 하였고, 상완 뒷부분의 경우 목 옆점에서 22.7%되는 지점으로부터 아래로 18.2%되는 구역 내에 포함되도록 하였다. 그리고 뒷면의 경우 어깨에서 허리라인의 29.8%되는 지점으로부터 아래로 53.1%되는 구역 내에 포함되도록 하였다(그림 19).

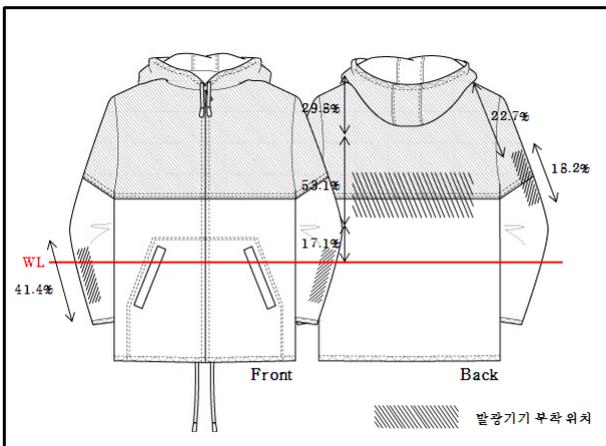


그림 19. 디자인 Type B의 도식화

**4.6. 스포츠 재킷의 모듈화 디자인 방향 제시**

앞의 연구 결과 다양한 의복 디자인에 적용시키기

위해서는 의복을 모듈화 하는 것이 선행되어야 한다. 즉, 광섬유 부착 위치에 따라 아웃 레이어(out layer)와 이너 레이어(inner layer)의 패턴이 함께 분할되어 광섬유가 부착되거나 모듈화된 기기부가 수납될 공간을 확보하는 것이 필요하다. 그리하여 본 연구에서는 소매 부위와 앞뒤의 몸통 부위에 광섬유-발광 모듈이 적용될 위치에 따라 의복을 새로운 모듈화 구조로 만들고, 그 개념도를 그림 20에 제시하였다. 이 모듈화된 의복 부분들은 디자이너의 요구에 따라 다양하게 조합이 가능하도록 고안되었다.

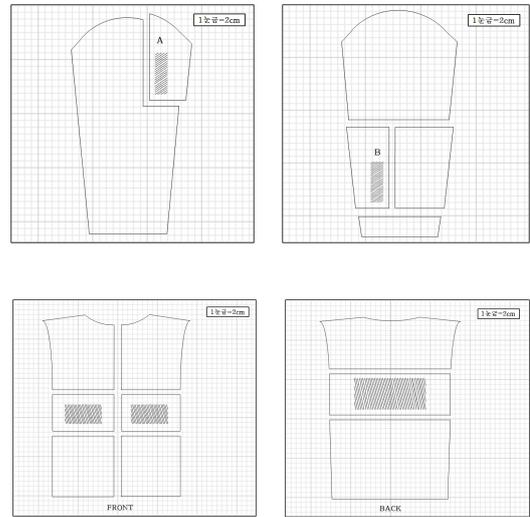


그림 20. 의복 모듈화의 개념도

**5. 결론**

본 연구에서는 스마트 포토닉 의류의 개념을 고찰하였고, 그와 관련된 다양한 포토닉 기술 및 적용 사례를 조사하였다. 그리고 스마트 포토닉 의류의 모듈화 방안을 모색하기 위해 다양한 분야에서의 모듈화에 대한 선행 연구를 고찰하였다. 이를 바탕으로 포토닉 기술의 일종인 광섬유 기술을 모듈화 하여 의복에 적용하기 위한 특성 및 한계점을 분석하였다. 또한 모듈화의 가변성을 바탕으로 인체치수를 기반으로 한 모듈의 부착 적합 영역의 위치와 기기 모듈의 최대 크기를 도출하여 의복 모듈화의 방향을 제시하였다.

현재 스마트 포토닉 의류의 개발이 스포츠 의류를 중심으로 비교적 활발하게 이루어지고 있지만, 이를 인체 치수를 기반으로 한 모듈화 디자인과 관련하여 연구된 사례는 거의 없었다.

따라서 본 연구에서는 광섬유 기술에 기초한 스마

트 포토닉 스포츠 의류의 모듈화 모형의 디자인 방안을 제시함으로써 효율적인 디자인 설계와 후속 연구 및 개발에 기초 자료로 쓰일 수 있도록 하였다. 그리고 광섬유-발광 모듈의 부착 위치에 따라 여러 조합이 가능하도록 하여 디자이너의 요구에 의해 다양한 형태로 제시될 수 있을 것으로 예상된다.

또한 본 연구의 결과는 인체 치수를 기반으로 한 광섬유-발광 모듈의 표준 크기, 광섬유-발광 모듈 위치의 여러 조합에 따른 다양한 설계 모형들을 제시함으로써 디자이너와 착용자가 원하는 디자인과 사용 목적에 적합하게 적용할 수 있도록 하였다는 점에서 의의가 있다.

한편, 본 연구에서는 광섬유-발광 모듈의 크기와 의복에의 부착 위치를 선정하는 과정에서 전체의 84%에 해당하는 20대 초반의 남성 인체 치수만을 고려하였기 때문에 그 결과를 일반화하기에는 한계가 있으므로 보다 다양한 연령층을 대상으로 한 연구가 필요할 것이다.

#### 참고문헌

- 류재호 (2008). 일본의 메타볼리즘 건축운동에 있어서 메타몰포시스 개념의 철학적 의미에 관한 연구. 24(12), 대한건축학회, 161-168.
- 원고접수 : 09.08.25
- 수정접수 : 09.11.17
- 게재확정 : 09.11.30
- 조길수 (2004). 최신의류소재. 시그마프레스(서울)
- 강형식, 황의천 (2008). LED 조명 기술. 도서출판 태영문화사(서울)
- 박선형, 이주현 (2001). 웨어러블 컴퓨터 개념을 기반으로 한 디지털 패션상품의 디자인 가능성 탐색 I, 5(3), 패션 비즈니스 학회, 111-128.
- 김유경 (2008). 스키·보드용 스마트 재킷 프로토타입 개발에 관한 연구. 14(3), 한국디자인문화학회, 138-150.
- 조하경, 이주현 (2008). 센서 기반형 스마트 의류의 디자인을 위한 사요성 평가 척도 개발. 10(4), 한국 의류산업학회, 473-478.
- 양희영 (2008). 20세기후반 이후 패션 구성 방식에 나타난 모듈러 시스템-올리 탱, 존 리베, 갈야 로젠펠드의 작품을 중심으로-. 32(5), 한국의류학회, 788-799.
- 김희정, 정진국 (2001). 유니테 다비타시용 내부공간에 적용된 르 코르뷔지에의 모듈러의 효과와 의미에 관한 연구. 21(1), 대한건축학회, 345-348.
- 조창연, 이성남 (1998). 디자인에 있어서 모듈러 시스템 구축의 유효성에 관한 연구. 1, 한국디자인학회, 29-39.