

# Wearable Visual-MIMO 시스템을 활용한 인터랙티브 스마트 패션 개발 - 모듈형 스트랩 및 키링 타입 -

김 윤 희\* · 김 기 두

국민대학교 융합디자인테크놀로지 조교수\*  
국민대학교 전자공학부 교수

## 요 약

최근에는 빛을 디자인 소재로 활용하려는 시장의 수요와 요구에 맞춰 IT와 패션이 유기적으로 결합되는 LED를 활용한 스마트 패션의 연구들이 진행되고 있다. 스마트 패션이란 최첨단 IT 기술을 융합한 고부가가치 패션 제품으로 사용자가 컴퓨터라는 거부감이 없도록 기술을 장식화하여 개인의 개성을 표현하고, 사용자의 목적과 상황에 따라 특별한 기능을 수행하도록 패셔너블하게 디자인된 것이다. 이에 본 연구의 목적은 전문화 및 체계화되어가는 스마트 패션 시장에서 LED 커뮤니케이션에 응용 가능성이 있는 Wearable Visual-MIMO 기술을 기반으로 기능성과 심미성을 동시에 만족시키는 사용자 중심의 특화성 있는 인터랙티브 스마트 패션을 개발하는데 목적이 있다. 사용자에게 의해서 다양한 기능 선택 및 TPO에 적합한 디자인 변형이 가능한 커스터마이징 스마트 패션의 플랫폼 개발이다. 이를 위해서 첫째, 기능적 측면에서는 블루투스 플랫폼을 활용하여 사용자의 상황 및 목적에 따라 스스로 적합한 기능을 선택할 수 있다. 둘째, 심미적 측면에서는 다양한 색상을 기호에 따라 변경 가능하고 모듈의 탈·부착 방식을 적용하여 착용자 스스로 스타일이나 개성에 맞는 다양한 형태로 변화가 가능한 모듈형 스트랩과 키링 형태의 커스터마이징 가능한 인터랙티브 스마트 패션 개발을 진행하였다. LED 커뮤니케이션 기술은 인간의 감성을 표현하는 감성지향 디자인으로 발전 가능하며 기능성, 심미성, 상호작용, 유희성의 4가지 요소를 만족시킬 수 있는 스마트 패션 시장의 핵심 산업이라 할 수 있다. 본 연구의 Wearable Visual-MIMO 시스템을 활용한 스마트 패션은 유기적이며 정보 흐름이 쌍방향성에 초점이 맞춰지는 새로운 시도와 디자인의 표현 영역을 확장할 수 있는 요소로 활용가치가 높다. 또한 모듈형과 탈·부착성을 적용한 커스터마이징 스마트 패션의 가능성을 제시하였다는 점에서 연구의 의의가 있다.

주제어 : 스마트 패션, 비주얼 미모, 발광다이오드, 인터랙티브, 커스터마이징

본 연구는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.  
(NRF-2015R1A5A7037615)

\*교신저자: 김윤희, [shell62@kookmin.ac.kr](mailto:shell62@kookmin.ac.kr)

접수일: 2019년 1월 30일, 수정논문접수일: 2019년 2월 19일, 게재확정일: 2019년 3월 5일

## I. 서론

### 1. 연구 배경 및 목적

사용자들의 다양해진 니즈(needs)와 원즈(wants)는 컴퓨팅 패러다임의 변화와 혁신을 가져왔다. 또한 발전해 가는 무선 통신 기술과 초소형화, 초경량화 되어가는 디지털 기기들의 결합은 데스크톱(desktop) 환경에서만 사용해야 한다는 물리적 환경의 제약을 벗어나게 하여 언제 어디서나 다양한 정보와 서로의 감성을 교류할 수 있는 스마트 패션(smart fashion) 패러다임 시대로 발전하게 되었다.

스마트 패션이란 최첨단 IT 기술을 융합한 고부가가치 패션 제품으로 사용자가 컴퓨터라는 거부감이 없도록 기술을 장식화하여 개인의 개성을 표현하고, 사용자의 목적과 상황에 따라 특별한 기능을 수행하도록 패서너블하게 디자인된 것이라고 정의할 수 있다. 현재 스마트 패션 제품들은 기술과 패션의 융합으로 창의적인 새로움을 추구하는 니즈와 변화되고 있는 소비자의 라이프 스타일에 적합한 감성 중심의 고부가가치산업으로 발전하고 있다. 특히 섬유 및 비 섬유 기반의 발광체를 패션 제품과 결합하여 엔터테인먼트, 커뮤니케이션, 안전보호 등 다양한 인터랙티브(interactive) 스마트 패션으로 개발되고 있다.

그러나 선행되고 있는 빛을 활용한 스마트 패션 연구는 초기 단계로 흥미와 심미성에 대한 연구가 대부분이다. 이는 대중의 이해와 공감대를 바탕으로 하는 사회적 인프라를 구축하지 못하고 있다. 이에 본 연구에서는 사용자 스스로 T.P.O(time, place, occasion)에 따라 원하는 기능과 디자인을 탈·부착하여 사용하는 커스터마이즈(customize) 시스템을 제시하고자 한다. LED 기반의 Wearable Visual-MIMO (multiple input multiple output) 시스템을 활용한 스트랩(strap) 및 키링(keyring)을 통해 상호 간의 정보를 공유하며 기능성과 동시에 심미성을 표현함으로써 스마트 패션의

새로운 접근 방식을 제시하는데 본 연구의 의의가 있다. 현재 스마트 패션은 사용자 감성과 디자인 중심으로 소비자 트렌드가 변화하고 있으므로, 이러한 측면에서 빛을 통한 감성적 디자인 요소와 기능성을 충족시킬 수 있는 인간 친화성이 강화된 스마트 패션의 제품화 전략이 필요한 시점이다.

그러므로 본 연구에서는 Wearable Visual-MIMO의 LED 빛을 통한 커뮤니케이션을 통해 기능성과 심미성을 동시에 만족시키는 사용자 중심으로 특화된 인터랙티브 스마트 패션을 개발하는데 목적이 있다.

### 2. 연구 방법 및 내용

본 연구는 전자공학과 패션디자인의 학제간 융합 연구팀을 구성하고, Wearable Visual-MIMO 시스템을 활용하여 사용자 간의 인터랙션이 가능한 스마트 패션을 제시하고자 한다. 이를 위한 연구의 내용 및 방법은 첫째, 빛을 활용한 인터랙티브 스마트 패션의 이론적 고찰을 통해 스마트 패션에 쓰이는 발광체 재료 특성과 LED를 활용한 인터랙티브 스마트 패션의 기능성과 심미성 측면으로 특징을 분석하였다. 둘째, 스마트 패션에 응용 가능한 Wearable Visual-MIMO 시스템의 기술 특성을 추출하고 이를 정보 시각화를 위한 기능성과 심미성의 요소로 활용하였다. 셋째, 시나리오 기반의 사용자 상황을 설계하고, 사용자의 상황 및 목적에 따라 기능과 디자인을 커스터마이징 가능하도록 탈부착 스트랩과 키링 형태의 시스템을 제시하였다.

## II. 빛을 활용한 인터랙티브 스마트 패션

### 1. 스마트 패션에 쓰이는 발광체 재료 특성 고찰

빛이란 전자기파 또는 광채 등을 일컫는 것으로

시각적인 정보를 인지하게 하며 반사, 간섭, 투과, 흡수 등의 특성을 지니고 있다(Lee, 2015). 빛을 활용한 스마트 패션의 재료는 섬유 기반(textile based)의 발광체와 비 섬유 기반(non-textile based)의 발광체로 분류할 수 있으며, 발광체의 특성 및 이를 활용한 스마트 패션의 재료 특성을 분석하면 다음과 같다.

### 1) 섬유 기반의 발광체

#### (1) PLEC(polymer light-emitting electrochemical cell)

PLEC 재료는 플렉서블(flexible)하며 무게가 가볍기 때문에 옷처럼 섬유로 직조 가능하고 어떤 방향에서 보더라도 동일한 밝기를 제공한다는 장점이 있다. 또한 섬유, 실 등에서 광범위하게 사용되는 딥 코팅(dip-coating) 기법을 PLEC 제조에 적용함으로써 필름을 롤에 그대로 감아 가공하는 고속, 저비용의 롤투롤(roll to roll) 공법이 적용 가능하다. <Figure 1>, <Figure 2>는 PLEC 섬유와 옷감 형태로 직조한 사례로 직경 1mm 정도의 매우 얇은 금속 와이어에 산화아연 나노 입자 발광 고분자 탄소 나노 튜브를 코팅하여 고분자 발광 전기화학 셀 섬유를 새롭게 개발한 사례이다. 이 섬유는 통전하면 사방 면이 파란색 또는 노란색으로 발광하고 서로 꼬여 천 형태로 가공하는데 필요한 굴곡성도 갖추고 있다. 또한 비교적 간단한 액체 과정을 통해 제작 가능하기 때문에, 생산 규모의 확대에도 유연하게 대응하는 것이 가능하며, 작은 볼트의 전압으로도 충분하게 발광 가능하다(Zhang et al., 2015).

#### (2) 광섬유(optical fiber)

광통신용으로 사용되었던 광섬유는 직경이 머리카락 정도(약 0.1mm)로 매우 가는 단섬유(mono fiber)로서, 많은 종류의 섬유를 묶는 케이블 형태로 이용이 가능하고 광원과 결합하면 빛을 이용한 발광 효과를 직물에 부여하는 데에 효용성이 크다

(Song & Jo, 2013). 광섬유의 구조는 빛이 진행하는 코어부, 코어부 내부에서의 지속적인 빛의 진행을 유도하는 클래딩부로 구성되어 있고 광섬유의 매질에 따라 석영계 유리, 다성분의 유리로 제작되는 유리 광섬유(GOF, glass optical fiber), 플라스틱 코어와 클래딩으로 사용하는 플라스틱 광섬유(POF, plastic optical fiber)로 분류한다(Song & Cho, 2013). <Figure 3>과 같이 광섬유의 클래딩 부분 표면에 에칭(etching)을 하거나, 광섬유를 넣어 직물을 제작한 후 형성되는 미세한 굴곡부를 통해 균일하게 빛이 방출될 수 있도록 조절하는 기술을 적용하여 광섬유 직물의 측면 발광 효과를 발현할 수 있다(Song & Cho, 2013). 기존의 광섬유의 경우는 에칭에 기인하는 내구성의 저하로 인해 직물화가 어려울 뿐만 아니라 내수성도 결여되어 세탁 및 유지 관리에서 한계가 지적되고 있으므로 이에 대한 다각적인 연구들이 진행되고 있는 가운데, 최근 에칭된 광섬유사의 표면에 합성수지를 코팅 처리 하여 에칭 광섬유사의 내구성을 향상 시키고자 하는 연구가 진행되고 있다(Song & Cho, 2013). 광섬유의 대표적인 패션 응용 사례인 <Figure 4>는 2016년 미국 뉴욕 메트로폴리탄 뮤지엄에서 열린 ‘멧 갈라(MET Gala)’ 행사에 배우 클레어 데인즈(Claire Danes)가 선보인 광섬유 드레스이다. 디자이너 잭 포즌(Zac Posen)과 애플(Apple)이 지원 제작에 참여했으며 패션잡지사 『바자(Bazaar)』는 ‘패션과 기술의 완벽한 조합’이라고 평가하였다.

### 2) 비 섬유(non-textile) 기반의 발광체

#### (1) LED(light emitting diodes)

비 섬유 기반의 방법 중에 광원으로 사용되는 LED는 크기가 작고, 휘도에 비해 전력 소비가 매우 적으면서 수명은 10만 시간 이상으로 긴 장점이 있다(Park et al., 2009). <Figure 5>의 스트랩 형태 LED는 충격에 강해 반영구적으로 사용할 수 있으며, 반도체 칩 구성원소의 배합에 따라 다양

하고 다이나믹한 광원의 색상을 표현할 수 있어 그 활용도가 높다(Park et al., 2009). 이러한 장점을 활용하여 저전력 유연 디스플레이, 인체 내 삽입형 광유전학 치료, 체외부착 피부치료, 섬유일체형 의류, 반도체 장비, 자율주행 센서 및 빅데이터 서비스용 광원 등과 같이 다양한 응용제품에서 기존 대비 수 배에서 수 십배 작은 크기의 LED를 새롭게 적용하려는 시도가 진행되고 있다(Kim et al. 2016). LED를 패션에 활용한 사례는 매우 다양하며 <Figure 6>은 후세인 살라안(Hussein Chalayan)의 2007년 S/S 기후 관련 컬렉션에 소개된 LED 드레스로 옷 내부에 15,600개의 LED의 조합과 스와로브스키(Swarovski) 크리스탈 디스플레이로 구성되어 있다.

#### (2) 마이크로 LED(light emitting diodes)

마이크로 LED는 일반적으로 10~100 $\mu$ m 수준으로 제작되는 LED를 말한다. Al, Ga, N, P, As, In 등의 무기물 재료로 사파이어 또는 실리콘 기판 위에 박막 성장을 통하여 제작되는 LED는 굴곡 시 파손되는 단점을 가지고 있다. <Figure 7>과 같이 크기를 매우 작게 하거나 유연한 기판에 옮겨 붙임으로써 접거나 휘 수 있는 디스플레이 회소에서 수  $\mu$ m 이하의 능수동 소자를 집적화하는 인체 삽입형 치료 부품까지 실현이 가능하다. 마이크로 LED를 적용하기 위해 각 산업분야의 연구개발은 활발하게 이루어지고 있으나, 아직 도입기로 신규 제품에 대한 표준과 기술규격이 명확하지 않은 상태이다. 또한 선진국 대비 국내 수준은 초기단계에 머물고 있어 기술 개발 가속화가 필요한 실정에 있다(Kim et al. 2016). <Figure 8>은 소메야 다카오(染谷隆夫) 도쿄(東京)대학 교수 연구팀의 응용 사례로서 신축성이 있어 피부에 직접 붙일 수 있는 1mm 두께의 스킨 디스플레이이다. 고무로 되어 있는 이 디스플레이에는 소형 발광 다이오드인 마이크로 LED가 내장돼 있다. 최대 세로 6cm, 가로

10cm의 화면에 간단한 마크나 동영상을 표시할 수 있다.

#### (3) OLED(organic light emitting diodes) 디스플레이

<Figure 9>의 OLED 디스플레이는 높은 색 대비, 빠른 응답속도, 넓은 시야각, 높은 색 재현성, 전력의 효율성 등 여러 장점으로 인해서 점차 사용이 증가하고 있는 추세이다(Lee et al., 2016). 그러나 최근에는 메신저, 동영상, 게임 등의 디스플레이 기반 애플리케이션 사용의 증가로 사용자와의 지속적인 상호작용이 필요하므로 OLED 디스플레이의 소모 전력은 여전히 전체 웨어러블 기기의 소모 전력 중에서 가장 큰 비중을 차지한다는 단점이 있다(Lee et al., 2016). <Figure 10>의 사례는 영국의 폴리 포토닉스(Poly Photonix)에서 제작한 폴리머 기반의 OLED 드레스로 가레스 퓨(Gareth Pugh)가 슈퍼 플렉시블 OLED 패널과 태양 전지를 사용하여 디자인하였다. OLED 디스플레이는 모바일에 주로 사용되고 있지만 향후 독창적인 스마트 패션에 적용 가능성을 보여주는 대표적 사례이다.

#### (4) EL(electro-luminescence)

14가지 정도의 색상 표현과 두께가 얇고 곡면 상태로 발광이 가능하며, 또한 <Figure 11>과 같은 EL 패널 타입은 다양한 크기와 모양으로 채단 및 디자인이 가능한 특성이 있다. EL의 전기적 특성은 소비전력이 적고 열 발생이 없다는 점과 기구적으로 진동과 충격에 강하다는 장점이 있다. 이러한 장점을 활용한 디스플레이 백라이트 및 광고용사인(sign) 광원 그리고 계기 표시장치, 팬시용품 등 매우 광범위한 영역의 응용분야에서 사용되고 있다(Kim & Kim, 2016). 스마트 패션의 대표적인 사례는 <Figure 12>로 마모트(Marmot)의 'Phenomenon EL' 제품이다. 이는 고어텍스(goretex) 소재의 스포츠 재킷으로 박막의 EL 패널이 후드, 어깨 부위, 양쪽 소매 부위에 각각 부착되어 있어 안전 요원 및

야간 활동을 하는 사람에게 필요한 안전 장비로 개발되었다(Park et al., 2009).

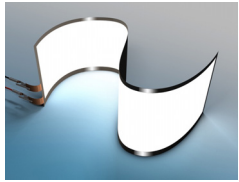
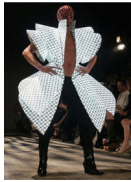


빛을 활용한 스마트 패션의 재료 특성을 섬유

기반의 발광체와 비 섬유 기반의 발광체로 분석한 결과를 정리하면 <Table 1>과 같다.

Table 1. 빛을 활용한 스마트 패션의 재료 특성.

		빛을 활용한 스마트 패션의 재료 특성		재료 사례	응용 사례
		장점	단점		
섬유 기반의 발광체	PLEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 옷감 형태로 직조 가능</li> <li>• 초경량</li> <li>• 저비용의 토폴로 공법</li> <li>• 생산 규모 확대 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 안정화 및 다양한 산업군 활용 방안 모색 필요</li> </ul>	 <p>Figure 1. Prototype glowing fiber. From Saxena, (2015). <a href="https://arstechnica.com">https://arstechnica.com</a></p>	 <p>Figure 2. Textile under bending and twisting. From Interactive Smart Fashion. (n.d.). <a href="https://www.semanticscholar.org">https://www.semanticscholar.org</a></p>
	광섬유	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 직물과 유사한 외관과 촉감</li> <li>• 옷감 형태로 직조 가능</li> <li>• 초경량</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LED 광원을 통해 발광</li> <li>• 측면 발광에 대한 기술 개발 필요</li> <li>• 낮은 휘도</li> <li>• 방향에 따른 밝기가 다름</li> </ul>	 <p>Figure 3. Optical fiber. From LED End Glow Optical Fiber Cable. (n.d.). <a href="https://www.indiamart.com">https://www.indiamart.com</a></p>	 <p>Figure 4. luminous fiber optic dress. From The Fiber Optic Dress. (n.d.). <a href="https://www.thisiswhyimbroke.com">https://www.thisiswhyimbroke.com</a></p>
비 섬유 기반의 발광체	LED	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 초경량, 초소화</li> <li>• 고휘도</li> <li>• 저전력 기반으로 반영구적 사용 가능</li> <li>• 다양한 색상 구현 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RGB 컬러 표현에 따라 LED 크기가 커짐</li> <li>• 굴곡 시 파손</li> </ul>	 <p>Figure 5. LED. From Adafruit dotStar digital LED strip. (n.d.). <a href="https://www.adafruit.com">https://www.adafruit.com</a></p>	 <p>Figure 6. LED dress. From fashion technology. (2019). <a href="https://www.pinterest.co.kr">https://www.pinterest.co.kr</a></p>
	Micro LED	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 스킨 패치 형태 및 플렉서블 디스플레이 구현 가능</li> <li>• 다양한 산업군에 적용 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 도입기로 신규 제품에 대한 표준 및 기술규격이 명확하지 않음</li> </ul>	 <p>Figure 7. Micro LED. From TV micro-LED Samsung. (n.d.). <a href="https://www.bing.com">https://www.bing.com</a></p>	 <p>Figure 8. Skin display. From "Japanese Researchers Develop Ultrathin". (n.d.). <a href="https://www.ntech.t.u-tokyo.ac.jp">https://www.ntech.t.u-tokyo.ac.jp</a></p>

Table 1. 빛을 활용한 스마트 패션의 재료 특성.

		빛을 활용한 스마트 패션의 재료 특성		재료 사례	응용 사례
		장점	단점		
비 섬유 기반의 발광체	OLED	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 얇고, 휘어진 디스플레이 구현 가능</li> <li>• 화면크기 제한 없음</li> <li>• 높은 색 대비, 빠른 응답속도, 넓은 시야각, 높은 색 재현성, 전력의 효율성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 외부 충격과 심한 굴곡 시 파손</li> </ul>	 <p>Figure 9. OLED. From "Barrier tape solutions". (n.d.). <a href="https://www.tesa.com">https://www.tesa.com</a></p>	 <p>Figure 10. OLED dress. From Moumita. (2009). <a href="https://www.gadgether.com">https://www.gadgether.com</a></p>
	EL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 두께가 얇고 곡면 태로 발광 가능</li> <li>• 크기 및 모양 제한 가능</li> <li>• 저전력 소비</li> <li>• 열발생 없음</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 색상 표현의 한계점</li> <li>• 낮은 휘도</li> </ul>	 <p>Figure 11. EL. From electroluminescent panel. (n.d.). <a href="https://www.adafruit.com">https://www.adafruit.com</a></p>	 <p>Figure 12. Phenomenon EL. From "Marmot Collaboration". (n.d.). <a href="http://www.k2news.com">http://www.k2news.com</a></p>

## 2. LED를 활용한 인터랙티브 스마트 패션의 유형별 특징

### 1) 인터랙티브 스마트 패션의 정의

인터랙티브는 ‘서로, 상호 간, 사이’의 뜻을 의미하는 인터(inter-)와 ‘활동적’의 뜻을 가지고 있는 액티브(active)의 합성어로, 상호작용이라는 의미를 지닌다(Lim et al., 2016). 패션 분야에서도 디지털 기술과의 결합으로 새로운 커뮤니케이션의 경험을 시도하고 있으며, 인터랙티브 패션을 통한 착용자의 움직임, 외부로부터의 소리, 타인과의 커뮤니케이션 등을 데이터화하여 개성을 표현하거나 자유자재로 영상이나 음악 등으로 메시지를 전달하는 매개체로 패션을 활용하고 있다. 즉, 인터랙티브 스마트 패션은 기능성과 심미성이 결합되어 서로 영향을 주고 변화를 일으키는 일련의 행위를 뜻하는 상호작용에 목적을 두고 있다(Lim et al., 2016).

### 2) LED를 활용한 인터랙티브 스마트 패션 유형

앞서 고찰한 것처럼 빛을 시각적으로 표현하는

스마트 패션의 재료 표현 도구는 매우 다양하다. 이중 LED는 다른 소자에 비해 소형 소자로 선, 면, 공간 디자인의 조형 요소를 자유롭게 표현할 수 있으며 빛을 통한 커뮤니케이션을 가시화시킬 수 있는 장점이 있다. 특히 LED는 작은 크기, 높은 휘도를 통한 정보 전달, 저전력 소비, 긴 수명, 저비용 등의 장점이 있어서 심미성뿐만 아니라 커뮤니케이션 수단으로 사용하기에 가장 적절하다. 이에 본 연구에서는 앞서 제시한 섬유 기반의 발광체와 비 섬유 기반의 발광체 중 기능성과 심미성을 동시에 만족시키며, 기술에 대한 표준 및 기술 규격이 명확하고 초경량, 초소화, 고휘도, 저전력 기반의 반영구성, 다양한 색상 구현이라는 장점이 있는 LED를 활용한 커뮤니케이션 기반의 인터랙티브 스마트 패션 개발을 추진하고자 한다.

스마트 패션의 유형은 국내외 개발 동향에서 살펴보면 사용 용도에 따라 ‘일상생활용’, ‘스포츠용’, ‘엔터테인먼트 스마트’, ‘네트워크용’, ‘건강관리용’의 다섯 가지로 분류하였다. 또한 IPRsearch Center(2018)의 조사에 따르면 디지털 의류 기술

로드맵의 제시로 디지털 의류의 용도에 따라 ‘헬스케어용 디지털 의류’, ‘안전/보안용 디지털 의류’, ‘human-machine interactive 디지털 의류’ 세 가지로 분류하였다. 본 연구에서는 이러한 분류 기준을 바탕으로 LED 빛을 활용한 스마트 패션 유형을 사용자와 사용자, 사용자와 환경의 상호작용에 따라 다양한 정보와 재미를 패션에 표현하는 인포테인먼트, 인간 기능의 확장으로 정보 전달 및 서로 간의 상호작용이 가능한 커뮤니케이션, 야간 활동으로 인한 위험 요인으로부터 사용자의 안전을 보호할 수 있는 안전보호의 3가지 콘텐츠로 분류하였다. 이를 기능성과 심미성 측면으로 범주화하고 유형별 특징적 요소를 추출하였으며 정리하면 <Table 2>와 같다. 먼저 인포테인먼트의 대표적인 사례인 <Figure 13>은 필립스(Philips)

『lumalive textile garments』의 루마리브(lumalive) 옷감으로 제작된 티셔츠로 유연성 있는 LED를 직물 내로 삽입하고, 동적인 메시지, 그래픽, 다중 컬러를 사용자의 기호에 따라 변경할 수 있도록 제공하고 있다. <Figure 14>는 큐트서킷(Cutecircuit)의 『Galaxy Dress』로 24,000개의 LED로 이루어져 있으며, 사용된 2x2mm 크기의 LED는 종이처럼 얇고 평탄(flat)하다. 또한 전자소자 기술의 집약체로서 쉽게 과열되지도 않고 배터리 소모도 적은 드레스이다. 커뮤니케이션의 대표적인 사례인 <Figure 15>는 청각장애인을 위한 인터랙티브 스마트 패션으로 『The Sound Shirt』이다. 오케스트라 팀인 ‘Junge Symphoniker Hamburg’와 큐트서킷이 협업하여 청각장애인들을 위한 오케스트라 콘서트를 개최하였는데 베이스, 첼로, 타악기 등에서 퍼

Table 2. LED를 활용한 인터랙티브 스마트 패션의 유형.

	기능성	심미성		
	인포테인먼트	인포테인먼트		
커뮤니케이션 기능성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 퍼블로지</li> <li>• 정보 전달</li> <li>• 상호작용성</li> <li>• 사용자 맞춤형 기능 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가시적 심미성</li> <li>• 감성 및 개성적 디자인</li> <li>• 사용자 스토리텔링</li> <li>• 사용자 참여적 디자인</li> <li>• 사용자 맞춤형 디자인 설정</li> <li>• 가변성</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 인간 기능의 확장</li> <li>• 정보 전달</li> <li>• 상호작용성</li> <li>• 사용자 맞춤형 기능 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가시적 심미성</li> <li>• 감성 및 개성적 디자인</li> <li>• 사용자 스토리텔링</li> <li>• 사용자 참여적 디자인</li> <li>• 사용자 맞춤형 디자인 설정</li> <li>• 가변성</li> </ul>		
안전보호	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정보 전달</li> <li>• 개인 안전보호</li> <li>• 상호작용성</li> <li>• 사용자 맞춤형 기능 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가시적 심미성</li> <li>• 감성 및 개성적 디자인</li> <li>• 사용자 참여적 디자인</li> <li>• 사용자 맞춤형 디자인 설정</li> <li>• 가변성</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정보 전달</li> <li>• 개인 안전보호</li> <li>• 상호작용성</li> <li>• 사용자 맞춤형 기능 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가시적 심미성</li> <li>• 감성 및 개성적 디자인</li> <li>• 사용자 참여적 디자인</li> <li>• 사용자 맞춤형 디자인 설정</li> <li>• 가변성</li> </ul>		

저 나오는 사운드를 감지할 수 있는 음량 센서를 통해 의상에 내장된 진동 및 LED로 오케스트라 연주를 느끼도록 하는 시스템이다. 음량 센서에 반응하여 LED의 발광 패턴 및 색상을 변화시키는 인터랙션은 그 응용 및 사용의 범위가 센서의 종류 및 주변 환경에 따라 한정된다는 단점이 있지만, 청각장애인을 위한 인터랙티브 스마트 의류로 접근한 대표적 센서 기반 사례이다. <Figure 16>은 스마트폰의 상태를 사용자에게 가시적으로 알려주는 반지 형태의 『링리(ringly)』라는 웨어러블 디바이스이다. 사용자가 지정한 5가지 스마트폰 애플리케이션의 알람을 5가지 LED 색상과 4가지 진동 패턴으로 각기 설정할 수 있다. 이외에도 스마트폰을 통해 사용자의 심박, 이동거리, 걸음 수, 수면 패턴 등을 체크할 수 있는 다양한 웨어러블 디바이스들이 출시되고 있다. 안전 보호의 대표적인 사례인 <Figure 17>은 의상의 전면과 후면에 방향 지시등의 LED가 있어 사고를 방지할 수 있는 시스템이다. <Figure 18>은 스포츠 의류 및 용품으로 유명한 오닐(O'Neill)에서 개발한 『NavJacket』으로 GPS를 이용해 스키어(skier)가 자신의 위치 정보를 쉽게 확인할 수 있으며, 조난을 당했을 때 착용자의 위치를 빠른 시간 내에 파악하여 구조하는데 도움이 되는 시스템이다(Lee, 2009). 재킷 소매 부분의 LED 디스플레이는 현재 속도, 최신 기상 정보, 높이 등의 정보를 확인할 수 있으며 후드에는 스피커가 내장되어 있어 음성으로 안내를 들을 수 있다. 또한 스마트폰과 연동이 가능해서 스키장 정보 등을 표시해줄 수도 있다.

### 3) LED를 활용한 인터랙티브 스마트 패션의 특징

대부분의 인터랙티브 스마트 패션이 센서를 내장하고 있으므로 장치의 동작 상태 등을 가시적이고 직관적으로 피드백 줄 수 있는 LED는 매우 필수적이라 할 수 있다. 그러나 현재 스마트 패션에

서 LED의 활용은 심미적 이질감이 있다는 이유에서 사용자에게 거부감이 있다. 즉, LED의 발광 패턴 및 색상 등으로 빛이 만들어내는 시각적인 효과만으로는 일상적인 스마트 패션에 접목되기에는 한계가 있다. 따라서 점차 전문화 및 체계화되어 가는 스마트 패션 시장에서 LED를 활용한 연구 방향은 기능적 측면과 심미적 측면으로 발전 가능성 모색되고 있다. 첫째, 기능적 측면에서는 사용자의 상황 및 목적에 따라 스스로 적합한 기능을 선택할 수 있다. 둘째, 심미적 측면에서는 다양한 색상 및 패턴 등을 기호에 따라 선택 가능하다. 그러므로 두 가지 측면을 동시에 갖춘 인터랙티브 스마트 패션 개발의 필요성이 대두되고 있다. 다음은 기능적 측면과 심미적 측면의 특징과 필요요소를 분석하였다.

#### (1) 기능적 측면의 특징

기능적 측면에서 LED 빛을 이용한 인터랙션 방법은 3가지 특징으로 분류할 수 있다. 심미적 효과를 위한 단순 발광, 웨어러블 디바이스에 내장된 센서의 출력에 반응하는 발광, 마지막으로 스마트폰 등과 같은 별도의 장치와 연결되어 웨어러블 디바이스 외부 장치의 상태를 알리기 위한 발광이다. 이를 통한 종합적인 분석 결과 기능적 측면의 특징은 첫째, 기능과 감성 두 가지 요소를 만족시키는 기술의 장식화 특성으로 유희성의 퍼즐로지이다. 둘째, 스마트폰 앱을 통해 사용자 스스로 기능을 맞춤화할 수 있는 커스터마이즈 시스템 특징이다. 셋째, 시각적 특성이 강한 LED 빛과 색상을 통한 직관적인 정보 전달의 요소라는 3가지 유형별 공통요소가 특징으로 도출되었다.

#### (2) 심미적 측면의 특징

심미적 측면의 특징은 첫째, 텍스트 혹은 문양 등을 사용자가 원하는 목적에 따라 실시간 변경이 가능하고 이를 통해 사용자와의 지속적인 인터랙



선이 가능한 가변성이다. 둘째, 빛을 통한 심미적 요소를 활용하여 규격화된 기성품에서 탈피한 희소성 측면에서의 감성 및 개성적 디자인의 특징이다. 셋째, 기능뿐만 아니라 심미적 요소인 빛을 디자인하는 사용자 맞춤형이다. 넷째, 사용자 참여적 디자인 측면에서 각자의 스토리를 갖게 하므로 디지털 스토리텔링이라는 4가지 유형별 공통요소로 특징이 분석되었다.

### III. Wearable Visual-MIMO 시스템을 활용한 인터랙티브 커스터마이징 시스템

#### 1. Wearable Visual-MIMO 시스템

##### 1) Wearable Visual-MIMO의 정의

Visual-MIMO 시스템은 LED 배열과 카메라 간에 데이터를 주고받는 통신 시스템이다. LED 배열은 다중 안테나를 갖는 송신기의 역할을 하며, 카메라 이미지 센서는 각 픽셀이 하나의 수신기가 되어 다중 수신기의 역할을 한다. LED의 발광 색상 및 밝기에 상관없이 안정적인 통신이 가능하고 다중 LED와 다수의 픽셀을 포함하는 카메라 이미지 센서 사이의 무선통신이 가능하다.

최근 LEA(LED array)와 카메라 간의 통신을 뜻하는 Visual-MIMO에 대한 연구가 급속도로 진행되고 있으며, Visual-MIMO는 송수신기가 이미 우리 주변에 구축되어있고 친숙한 장비라는 점에서 비용 및 인프라 구축 측면에서 많은 이점을 가지고 있다. 최근 LED 조명 기기들은 발전을 거듭하여 풀 컬러에 근접한 다양한 색상의 빛을 발할 수 있으며 사람의 감정이나 주변 환경 요인에 따라서 조명 색상이 변환되기도 한다. 그러나 조명의 색상 변화는 통신의 또 다른 제약 사항이 되기도 하므로 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위

해 조명 색상을 훼손하지 않고(color-independent) 통신이 가능한 GCM(generalized color modulation) 기반의 Visual-MIMO 시스템을 활용하였다.

#### 2) Wearable Visual-MIMO 시스템의 적용 기술 특성

##### (1) Visible Light Communication(VLC)

일반적으로 VLC는 LED의 가시광선을 눈에 보이지 않는 속도로 점멸시켜 정보를 보내는 기술을 말한다(Kim et al., 2016). LED는 정보를 전달하는 송신기의 역할을 하고 응용에 따라 다르지만 수신기로는 PD(photo detector)와 카메라 이미지 센서를 활용하였다. 예를 들면, LED의 켜진 상태를 디지털 비트 '1'로 설정하고 꺼진 상태를 디지털 비트 '0'으로 할당하여 LED를 통해 데이터를 전송하면 수신단에서 센서가 받아들이는 빛의 세기의 변화를 감지하고 판단하여 수신되는 데이터가 '1'인지 '0'인지 결정하는 방식이다. 최근에는 기술의 발전으로 스마트폰 카메라가 내장되어 있어 카메라 이미지 센서를 수신기로 사용하는 많은 연구들이 진행되고 있다. LED 소자 자체가 저전력, 친환경의 장점과 스마트폰의 카메라 등 기존의 인프라를 최대한 활용할 수 있다는 점은 VLC를 스마트 패션의 LED에 접목하기에도 상당한 이점이 될 수 있다. 스마트 패션에 내장된 LED를 제어할 수 있는 통신 모듈과 적절한 스마트폰 애플리케이션만 추가된다면 LED를 새로운 인터랙션의 수단으로 활용 가능하고 사용자 또한 손쉽게 인터랙션을 경험할 수 있을 것이다. 또한 일반적인 근거리 무선통신과 마찬가지로 사용자가 전달하고 싶은 정보를 선택하고 제어할 수 있기 때문에 사용자 중심의 능동적인 응용이 가능해진다. 이처럼 LED가 스마트 패션에서 인터랙션의 수단으로 사용된다면 궁극적으로는 디자인 분야의 소재로서 LED의 가치를 높일 수 있다.

## (2) Generalized Color Modulation(GCM)

VLC에서 데이터를 전송하는 실질적인 매체인 LED 빛은 가시적인 특성이 있기 때문에 패션디자인 측면에서 신중하게 고려되어야만 한다. 기존 대부분의 VLC 시스템은 조명 역할을 하는 백색광을 기반으로 개발되었기 때문에 그 기술 그대로 의상에 적용된다면 문제점이 발생 가능하다. 스마트 패션에서 주로 사용되는 RGB LED는 발광하는 색상과 밝기, 두 가지 요소로 조절될 수 있다. 또한 발광 색상과 밝기는 디자인에 따라 다양하게 달라질 수 있기 때문에 디자인에서 요구하는 색상과 밝기에 맞추었을 때도 정상적인 통신이 가능해야 한다.

이에 본 연구에서는 스마트 패션에 VLC 기술을 접목하는데 최적화되어 있는 변조 방법을 다음과 같이 설정하였다. 즉, LED 빛의 요구되는 색상을 의미하는 타깃 색상은 시간에 따라 변화되는 상황을 고려해야 하므로, 본 연구에서는 이러한 환경에 적합한 VLC 시스템을 위한 GCM이라는 색 공간 기반의 변조 기법을 활용하였다. 다른 변조 방법들 대비 GCM의 가장 두드러진 특징은 조명 색상을 훼손하지 않는 것이다. GCM은 여러 색상을 결합함으로써 색재현율(color gamut) 내의 어떠한 색상이든지 생성할 수 있다. 따라서 GCM을 통해 통신하는 도중에도 LED의 본래 색상과 밝기를 유지하는 VLC 기법을 도출하였다. <Figure 19>

는 GCM 기법의 색 공간 기반 성좌도 예시와 송수신단 프로토타입이다. GCM은 데이터 심벌을 표현하기 위해 색 공간에서 성좌도를 구성하며, 색 공간에서 각각의 성좌점은 해당하는 색상과 매치되고 있다. 타깃 색상은 LED가 입력 데이터에 따라서 실제로 발광하는 색상을 나타내고, 여러 개의 심벌 색상들이 무작위로 빠르게 바뀔 때 사람의 눈에 인지되는 색상을 나타낸다. GCM 방법은 CIE1931 색 공간 내에서 송신 심벌의 수 및 색상을 선택하고 각 색상에 디지털 비트를 할당한다. 일반적으로 다수의 심벌이 LED를 통해 빠른 속도로 랜덤하게 발광할 경우, 사람의 눈은 LED의 색상을 다수 심벌의 타깃 색상으로 인지한다.

## (3) System Description: Transmitter(LEDs) &amp; Receiver(camera)

Visual-MIMO 시스템은 송신기로 다중 RGB LED를 사용하고 수신기로 다수의 픽셀을 포함하는 카메라 이미지센서를 사용한다. 송신기와 수신기의 상호 동작 과정을 ‘인터넷 홈페이지 링크’로 예를 들어 설명하면 <Figure 20>과 같다.

## ① Transmitter(LEDs)

- Information selection: 먼저, 사용자는 스마트폰 블루투스 플랫폼 애플리케이션을 통해 전송하고 싶은 데이터를 선택한다. 해당 프로토타입에서는

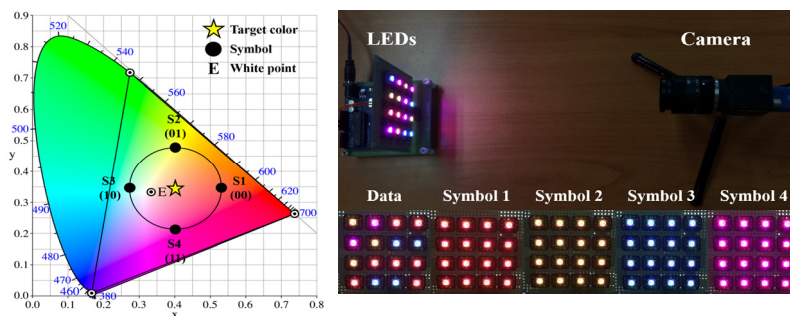


Figure 19. GCM 성좌도 예시와 Color-independent VLC 시스템 개발.  
Captured by author. (November 12, 2018).

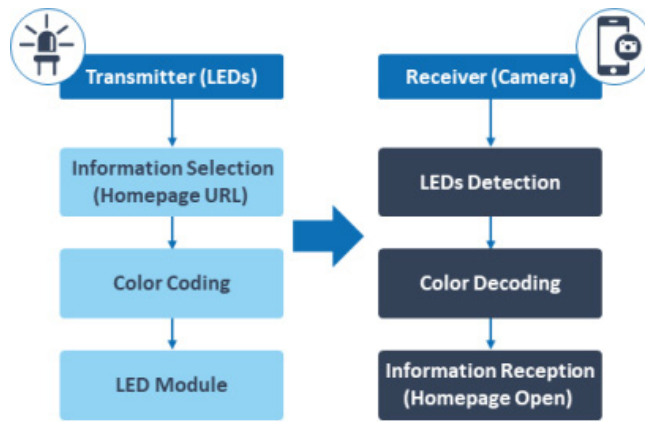


Figure 20. Transmitter (LEDs) &amp; Receiver (Camera). Captured by author. (November 15, 2018).

Color-independent Visual-MIMO 시스템에 인터넷 홈페이지 URL 주소를 데이터로 설정하였지만, 데이터는 스마트 패션 콘텐츠에 따라 매우 다양하게 선택 가능하다.

- Color coding: 선택된 데이터(URL 주소)는 Visual-MIMO 시스템 통신 규격에 맞도록 디지털 비트화되기 위해 GCM 기법을 이용하여 색상 정보로 변환된다.

- LED module: 변환된 색상 정보를 다수의 LED에 순차적으로 매핑(mapping)하여 빠르게 발광시킨다.

## ② Receiver(camera)

- LEDs detection: 스마트폰 애플리케이션의 카메라를 통해 캡처된 이미지에서 영상처리 알고리즘을 통해 발광하는 LED를 검출한다.

- Color decoding: 영상에서 검출된 LED의 크기 및 기하 형태를 분석하여 각각의 LED 위치를 자세히 측정하고 각각의 LED 색상을 분석 및 판단하여 색상 정보로 변환한다.

- Information reception: 변환된 색상 정보를 GCM 기법을 통하여 디지털 비트로 변환하여 데이터를 복원한다. 스마트폰 애플리케이션은 복원된 데이터를 사용하여 해당 홈페이지를 연다.

## 2. 모듈형 스트랩 및 키링 형태의 인터랙티브 커스터마이징 시스템

본 연구에서는 Wearable Visual-MIMO 시스템을 활용하여 서로 정보를 교환할 수 있는 인터랙션 시나리오와 탈부착 모듈형 스트랩과 키링 형태를 제시하였다. 또한 사용자의 기호에 따라 모듈을 탈·부착하고 다른 의류와 호환이 가능한 커스터마이징 형태의 모듈러 시스템을 제시하였다. 이는 기존의 스마트 패션의 단점인 사용성, 다목적성, 경제성, 세탁성 등에 도움을 줄 수 있으며, 각 사용자에게 적합한 모듈화된 다양한 플랫폼을 구현하게 해줌으로써 개별적인 사용자 경험 디자인이 실현 가능하다. 이를 위해 기능적 측면과 디자인 측면으로 범주화하여 추출한 필요 요소에 따라 적용 방안을 분석하였다. LED 커뮤니케이션을 통한 인터랙티브 스마트 패션의 적용 방안은 기능적 측면과 디자인 측면으로 분류하였으며 이를 <Table 3>과 같이 정리하였다.

### 1) 기능적 측면

사용자가 원하는 기능과 디자인을 목적에 따라 실시간으로 바꿀 수 있다는 장점이 있으며, 모듈형 스트랩과 키링은 사용자와의 지속적인 인터랙

Table 3. Wearable Visual-MIMO 시스템을 활용한 인터랙티브 스마트 패션의 필요 요소.

부문	요소	적용 방안
기능적 측면	사용성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 카메라라는 직관적 인터페이스로 사용 용이</li> <li>• 시각적 커뮤니케이션: LEA와 카메라 간의 통신을 통해 사용자 수신 정보를 상대방에게 전달함</li> <li>• 사용과 관리가 간편하고 거부감이 없음</li> <li>• 인터랙션: 사용자와 사용자 간의 정보 전달, 사용자가 스마트폰 앱을 통해 기능을 커스터마이징 가능하도록 설계</li> </ul>
	탈·부착성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 의복 및 패션에 스트랩과 키링의 탈·부착성</li> <li>• 사용자 기호에 따라 원하는 위치 선정</li> <li>• 탈·부착성을 통해 유지 보수 및 세탁성의 편리성</li> <li>• 다목적성, 다기능성 및 호환성</li> </ul>
	합목적성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자의 상황과 목적을 고려한 특화된 기능성</li> <li>• 사용자의 기호에 따라 모듈을 탈·부착할 수 있도록 설계</li> </ul>
	경제성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 다른 스마트 패션과 호환 가능하도록 설계하여 경제성 고려</li> <li>• 모듈을 탈·부착할 수 있도록 설계</li> </ul>
디자인 측면	사용성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술의 장식화</li> <li>• 사용 시 컴퓨터 기기라는 느낌이 없도록 설계</li> <li>• LED 광원을 통한 시각적 장식화</li> </ul>
	탈·부착성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 모듈의 탈·부착과 호환성을 심미성 측면에서 접근</li> <li>• 부자재를 통해 탈·부착성 구현</li> <li>• 스트랩과 키링에 모듈을 내장하여 탈·부착성 부여</li> </ul>
	조형성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 의복과 모듈의 일체성을 충족시키는 조형 요소별 특징을 분석</li> <li>• 일상에 착용 가능하며 컴퓨터 기기라는 거부감 없는 디자인</li> <li>• 기본 패션의 메타포를 활용한 아이템 적용 및 디테일 변화</li> </ul>
	착용성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 구조적 디자인 설계</li> <li>• 신체의 움직임이 비교적 적은 착용 부위에 적합한 구조적 디자인 설계</li> </ul>

선이 가능하다. 기능적 측면은 사용성, 탈·부착성, 합목적성, 경제성으로 필요 요소를 도출하였으며, 하드웨어 모듈의 구성 및 설계로는 <Figure 21>과 같이 메인보드와 블루투스, 충전식 리튬이온 배터리, LED로 구성되었다. 시스템 구조는 <Figure 22>와 같으며 스트랩과 키링의 LED를 스마트폰 앱과 연동된 카메라로 촬영하면 사용자가 미리 설정해 놓은 정보를 읽어 올 수 있는 기능을 가지고 있다. 정보는 사용자가 원하는 기능에 따라 스마트폰 애플리케이션을 통해 설정이 변경 가능하고 데이터는 블루투스를 통해 스트랩과 키링에 전송되는 시스템이다.

## 2) 디자인 측면

디자인 측면에서는 사용성, 탈·부착성, 조형성, 착용성으로 각 4가지 필요 요소를 도출하여 기능

및 디자인을 설계하였다. 모듈형 스트랩 및 키링은 사용자 스스로 탈·부착 가능한 스마트 패션 LED 모듈로써 스냅을 이용해서 탈·부착 가능하고, 다른 의상에 호환 가능하도록 설계하여 다목적·다기능성이다. 모듈형 키링 타입은 링을 활용해서 끼우는 방식으로 사용자의 기호에 따라 모듈을 탈·부착할 수 있게 설계하였다. 기능성과 함께 LED 광원을 통한 기술의 시각적 장식화이며, 사용자의 기호성에 따라 가방 혹은 의류에 키링 형태로 디테일의 변화를 줄 수 있는 모듈이다.

Visual-MIMO 시스템을 활용한 모듈형 스트랩과 키링 형태의 인터랙티브 스마트 패션 설계 특성과 디자인을 정리하면 <Table 4>와 같다.

Table 4. Wearable Visual-MIMO 시스템을 활용한 설계 특성과 디자인.

	스트랩 형태	키링 형태
Function	스마트폰 앱 카메라로 스트랩 또는 키링의 LED를 촬영하면 사용자가 미리 선택한 정보 전달	
Composition of modules	 <p>Figure 21. 모듈의 구성 및 설계. Captured by author. (February 13, 2019).</p>	 <p>Figure 22. 시스템 구조. Captured by author. (February 13, 2019).</p>
Interaction scenario	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 밤에 가벼운 산책을 나간 후 우연히 지인을 만난다.</li> <li>2. 상대방이 안부를 물으며 블로그 주소를 물었다.</li> <li>3. 상대방 스마트폰 카메라로 Wearable Visual-MIMO의 스트랩 또는 키링 형태의 LED 모듈을 촬영하게 한다.</li> <li>4. 상대방 스마트폰에 자동으로 블로그 주소가 전송되며 화면이 뜬다.</li> </ol>	
Prototype design & Customize design	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 사용자가 원하는 체결 부위 선택 가능 (아일렛(eyelet)을 통해 원하는 부위에 체결 가능)</li> <li>• 사용자가 원하는 체결 부위 및 아이템으로 선택 가능 (가방의 키링 등)</li> </ul>	
	<p>A</p>  <p>Figure 23. 스트랩 디자인. Photographed by author. (January 13, 2019).</p>	 <p>Figure 24. 키링 디자인. Photographed by author. (January 13, 2019).</p>
	<p>B</p>  <p>Figure 25. 스트랩 디자인. Photographed by author. (January 13, 2019).</p>	 <p>Figure 26. 키링 디자인. Photographed by author. (January 13, 2019).</p>

Smartphone App		
	Figure 27. 스트랩 디자인. Photographed by author. (January 13, 2019).	Figure 28. 키링 디자인. Photographed by author. (January 13, 2019).
		
	Figure 29. 스트랩 디자인 도식화. Captured by author. (February 13, 2019).	Figure 30. 키링 디자인 도식화. Captured by author. (February 13, 2019).

#### IV. 결론 및 제언

IT와 결합한 LED의 뉴미디어적 특성으로 감성적, 시각적, 유희적 인터랙션 디자인에 활용되면서 고부가가치 IT 패션 상품으로 새로운 시장이 형성되고 있다. 이에 본 연구에서는 Wearable Visual-MIMO 시스템을 기반으로 사용자의 상황 및 목적에 따라 스스로 적합한 기능을 선택할 수 있고, 다양한 색상을 기호에 따라 변경 가능한 시제품을 개발하였다. 모듈의 탈·부착 방식을 적용하여 착용자 스스로 스타일이나 개성에 맞게 아이템 변경이 가능하도록 스트랩과 키링 형태로 제작하였다. 이에 따라 본 연구를 통해 도출된 결론은 다음과 같다.

첫째, 스마트 패션에 쓰이는 발광체 재료 특성을 섬유 기반의 발광체와 비 섬유 기반의 발광체로 분류하였고, 이를 통해 심미적 가치 외에도 환

경친화성, 긴 수명, 저비용, 고효율이라는 장점이 있는 LED의 활용 가능성을 도출하였다.

둘째, LED를 활용한 인터랙티브 스마트 패션의 특징을 고찰한 결과 기능적 측면의 특징은 유희성의 퍼플로지, 커스터마이즈 시스템, 직관적인 정보 전달이라는 3가지 유형별 공통 요소가 도출되었다. 또한 심미적 측면의 특징에는 가변성 요소, 감성 및 개성적 디자인의 요소, 사용자 맞춤형 요소, 디지털 스토리텔링이라는 4가지 유형별 공통 요소로 분석되었다. 즉, 사용자 스스로 원하는 기능과 디자인을 탈·부착하여 사용할 수 있는 커스터마이즈 스마트 패션디자인을 제시하였다. 셋째, 스마트 패션에 응용 가능한 Wearable Visual-MIMO 시스템에는 VLC 시스템을 위한 GCM이라는 색 공간 기반의 변조 기법을 적용하여 정보 시각화를 위한 기능성과 심미성의 요소로 활용하였다. 넷째, 사용자의 상황 및 목적에 따라 기능과 디자인을 커스

터마이즈 가능하도록 탈부착 스트랩과 키링 형태의 시스템을 제시하였으며 기능 및 조作的 재미를 더하여 사용자의 감성을 자극하는 유희성이 있는 디자인을 연출하였다.

본 연구의 결과인 Wearable Visual-MIMO 시스템을 활용한 스마트 패션은 유기적이며 정보 흐름이 쌍방향성에 초점이 맞춰지는 새로운 시도와 디자인의 표현 영역을 확장할 수 있는 요소로 활용 가치가 높다. 또한 모듈형과 탈·부착성을 적용한 커스터마이즈 스마트 패션의 가능성을 제시하였다는 점에서 연구의 의의가 있다. 이에 후속 연구에서는 사용자 맞춤형 콘텐츠가 적용된 스마트폰 애플리케이션을 개발하여 좀 더 다양한 연령대가 사용 목적에 따라 기능을 선택할 수 있는 플랫폼을 구축할 예정이다.

## References

- Adafruit dotStar digital LED strip. (n.d.). *adafruit*. Retrieved February 13, 2019, from <https://www.adafruit.com/product/2239?length=1>
- Barrier tape solutions for lateral OLED encapsulation. (n.d.). *tesa*. Retrieved February 15, 2019, from <https://www.tesa.com/en-sg/industry/electronics/applications/encapsulation>
- Dillet, R. (2016). With Lumenus smart cycling apparel, you can leave your boring cycling jacket at home. *TechCrunch*. Retrieved February 15, 2019, <https://techcrunch.com/2016/05/09/with-lumenus-smart-cycling-apparel-you-can-leave-your-boring-cycling-jacket-at-home/?renderMode=ie11>
- Electroluminescent panel. (n.d.). *adafruit*. Retrieved February 20, 2019, from <https://www.adafruit.com/product/414>
- Fashion technology. (2019, March 28). *Pinterest*. Retrieved April 13, 2019, from <https://www.pinterest.co.kr/pin/58335757646933778/>
- Hanlon, M. (2006, September 2). Philips shows production-ready Lumalive textile garments. *New Atlas*. Retrieved February 25, 2019, from <https://newatlas.com/go/6074/>
- Interactive Smart Fashion Using-Oriented Visible Light Communication. (n.d.). *Semantic Scholar*. Retrieved February 13, 2019, from <https://www.semanticscholar.org/paper/Interactive-Smart-Fashion-Using-User-Oriented-Light-Kim-Kim/20e14d914ced6e3078f71a35596605c0214f774/figure/0>
- IPResearch Center. (2018). *산업융섬유 고기능소재 가공기술 개발 동향과 지능형 전자섬유 스마트의류 기술 개발 및 글로벌 기업 동향 2018* [Development trend of high-tech materials for industrial fibers and intelligent electronic fiber smart clothing technology development and global company trend 2018]. Industry Policy Research: Seoul.
- Japanese Researchers Develop Ultrathin, Highly Elastic Skin Display. (n.d.). *Someya Group Organic Transistor Lab*. Retrieved February 15, 2019, from [http://www.nitech.u-tokyo.ac.jp/en/press/press\\_for\\_media/6\\_AAAS\\_20180217/index.html](http://www.nitech.u-tokyo.ac.jp/en/press/press_for_media/6_AAAS_20180217/index.html)
- Kim, J. E., & Kim, J. W. (2016). Color-space-based Visual-MIMO for V2X communication. *Sensors*, 16(4), 1-10. doi:10.3390/s16040591
- Kim, W. Y., Zin, H. C., Kim, J. C., Noh, D. S., & Seo, D. H. (2016). A study on 3-D indoor localization based on visible-light communication considering the inclination and azimuth of the receiver. *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, 40(7), 647-654. doi:10.3390/s16040591
- Lee, I. Y. (2015). Fashion design development using the space-time expression characteristics of light. *Journal of the Korean Society of Fashion Design*, 15(1), 15-30.
- Lee, J. Y., Lee, E. Y., & Kim, Y. G. (2016). Human visual system-aware optimal power-saving color transformation for mobile OLED devices. *Journal of Computing Science and Engineering*, 43(1), 126-134. doi:10.5626/JOK.2016.43.1.126
- Lee, S. Y. (2009). Inverter design and control for driving electroluminescence sheet. *Transactions of the Korean Institute of Power Electronics*, 14(5), 355-364.
- Lee, T. (2017, March 27). Sensor shirt helps deaf people 'feel music'. *T.EVO News*. Retrieved February 25, 2019, <https://www.tevonews.com/functional-apparel-news/810-sensor-shirt-helps-deaf-people-feel-music>
- LED End Glow Optical Fiber Cable. (n.d.). *IndiaMART*. Retrieved February 13, 2019, from <https://www.indiamart.com/proddetail/end-glow-optical-fiber-cable-9241694248.html>
- Lim M. J., Kim, Y. H., & Lee, J. G. (2016). A study on the development of interactive smart clothing for non-verbal communication between people with hearing impairment. *International Journal of Costume and Fashion*, 66(2), 61-75.
- Marmot Collaboration Lights Up Wearable Technology. (n.d.). *EverestNews.com*. Retrieved February 20, 2019, from <http://www.k2news.com/stories004sec4002/marmot11182003.htm>
- Moumita. (2009, December 15). Dress Up This Christmas With PolyPhotonix OLED Dress Design. *GedgetHer*. Retrieved February 20, 2019, from <http://gadgether.com/oled-dress-design/>
- Park, S. J., Park, S. H., & Lee, J. H. (2009). A study on the modular design of smart photonic sports clothing based on optical fiber technology. *Science of Emotion &*

- Sensibility*, 14(5), 393-402.
- Ringly Luxe. (n.d.). *RINGLY*. Retrieved February 13, 2019, from <https://ringly.com/products/smart-ring>
- Saxena, S. (2015, March 25). *Ars Technica*. Organic LEDs, carbon nanotubes may light up future fabrics. *Nature photonics*. Retrieved February 13, 2019, from <https://arstechnica.com/science/2015/03/organic-leds-carbon-nanotubes-may-light-up-future-fabrics/>
- Song, H. Y., & Cho, H. K. (2013). A Study on Car-seat Woven fabric of Optic fiber for Illuminating to multicolor. *Journal of Korea Society of Color Studies*, 27(1), 37-47. doi:10.17289/jkscs.27.1.201302.37
- The Fiber Optic Dress. (n.d.). *ThisIsWhyImBroke*. Retrieved February 13, 2019, from <https://www.thisiswhyimbroke.com/the-fiber-optic-dress/>
- "The Galaxy Dress". (n.d.). *CUTECIRCUIT*. Retrieved February 25, 2019, <http://cutecircuit.com/media/galaxy-dress/>
- TV micro-LED Samsung. (n.d.). *bing*. Retrieved February 13, 2019, from [https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&id=B6934E408799EF00F3EE5C61967AB2C7D4A66D1&thid=OIP.H7DuF8ylcjT7OFisuw19egHaDn&mediaurl=http%3A%2F%2Fwww.avcesar.com%2Fsource%2Factualites%2F00%2F00%2F5B%2F29%2Ftv-micro-led-samsung-150-381-cm-devoile-au-ces-las-vegas-2018\\_1150453.jpg&exph=936&expw=1920&q=Micro+LED&selectedindex=9&ajaxhist=0&vt=0](https://www.bing.com/images/search?view=detailV2&id=B6934E408799EF00F3EE5C61967AB2C7D4A66D1&thid=OIP.H7DuF8ylcjT7OFisuw19egHaDn&mediaurl=http%3A%2F%2Fwww.avcesar.com%2Fsource%2Factualites%2F00%2F00%2F5B%2F29%2Ftv-micro-led-samsung-150-381-cm-devoile-au-ces-las-vegas-2018_1150453.jpg&exph=936&expw=1920&q=Micro+LED&selectedindex=9&ajaxhist=0&vt=0)
- Won, G. (2008, March 6). A unique jacket 'NavJacket' supporting GPS function. *AVING USA*. Retrieved February 15, 2019, [http://us.aving.net/news/view.php?mn\\_name=exhi&articleId=75738&sp\\_num=137](http://us.aving.net/news/view.php?mn_name=exhi&articleId=75738&sp_num=137)
- Zhang, Z., Guo, K., Li, Y., Li, X., Guan, G., Li, H., Luo, Y., Zhao, F., Zhang, Q., Wei, B., Pei, Q., & Peng, H. (2015). A colour-tunable, weavable fibre-shaped polymer light-emitting electrochemical cell. *Nature Photonics*, 9(4), 233-238. doi:10.1038/nphoton.2015.37



# Development of Interactive Smart Fashion based on Wearable Visual-MIMO System

## - The Case of Modular Strap and Keyring Types -

Kim, Youn Hee<sup>+</sup> • Kim, Ki Doo

Assistant Professor, Dept. of Convergence Design and Technology, Kookmin University<sup>+</sup>

Professor, Dept. of Electronic Engineering, Kookmin University

### Abstract

In recent years, research has been conducted on LED-based smart fashion to combine IT and fashion organically to meet the needs and demands of the market trying to utilize light as a design material. Smart fashion creates high value fashion products incorporating state-of-the-art information technology. Such fashion products turn technology into accessories so that users can express their individuality without having resistance to a computer. They are also designed in a fashionable way to perform special functions according to the goals and situations of the users. The purpose of this study is to develop specialized user-centric interactive smart fashion to satisfy both functionality and aesthetics based on wearable visual-MIMO technologies applicable to LED communication in the smart fashion market which has become increasingly specialized and systematic. In addition, the purpose of this study is to develop a platform for customized smart fashion that will allow users to choose from various functions and change a design fit for TPO. For this purpose, the study first focused on functional aspects to make use of a Bluetooth platform so that users could choose proper functions themselves according to given situations and goals. In aesthetic aspects, secondly, the investigator developed interactive smart fashion that would allow users to change their fashion in various forms based on their own style and individuality by applying detachable modules whose colors could change in various ways according to their tastes, working on module-type straps, keyrings, and customizable units in their true forms. LED communication technologies will be able to develop into sensitivity-oriented design to express human emotions and make a core business in the smart fashion market to meet the four elements of functionality, aesthetics, interactivity, and playfulness. The development of human-friendly wearable devices that provide customized services can lead to the creation of new industries that organically combine IT and high value-added fashion.

Key words : smart fashion, Visual-MIMO, LED, interactive, customize

