

릴리패드와 조도센서를 활용한 교통사고대비 인클루시브 안전조끼 디자인 개발 연구

나 윤 희 · 당 준 효 · 한 루 이 · 김 속 진⁺

세종대학교 패션디자인학과 박사수료 · 세종대학교 패션디자인학과 박사과정 ·
세종대학교 패션디자인학과 박사과정 · 세종대학교 패션디자인학과 교수⁺

Research on the Development of Inclusive Safety Vest Design for Traffic Accidents using LilyPad and a Light Sensor

Yoonhee Na · Chunxiao Tang · Rui Han · Sookjin Kim⁺

Ph.D. Candidate, Dept. of Fashion Design, Sejong University

Doctoral Course, Dept. of Fashion Design, Sejong University

Doctoral Course, Dept. of Fashion Design, Sejong University

Professor, Dept. of Fashion Design, Sejong University⁺

(received date: 2021. 3. 3, revised date: 2021. 3. 17, accepted date: 2021. 3. 29)

ABSTRACT

Preventing accidents during various traffic accidents and night activities requires an inclusive LED safety vest design with the concept of safety design and inclusive design. In this study, we intend to develop an inclusive LED safety vest using a wearable computer, Arduino LilyPad, and a light sensor. In addition, when developing a fashion design with a wearable computer function, the design principles and characteristics to be considered based on the concept of safety design and inclusive design were identified and a guideline for producing a wearable computer design was proposed. By applying the inclusive LED safety vest manufacturing process and guidelines derived from the theoretical background, a wearable computer hardware device called LilyPad and an illumination (light) sensor that detects the driver's environment can be used to light the surrounding environment without a separate LED control device. The function is set such that the LED light comes on according to the brightness of the device and an inclusive LED safety vest that can be worn by anyone of any age is designed and manufactured. Through this process, the concept of safety design and inclusive design is intended to be helpful as basic data that can be applied to fashion design and wearable computer design. We hope that the various causes for which the inclusive LED safety vest was the main focus will help prevent traffic accidents and accidents that occur at night, and for this purpose, research on the commercialization of the wearable computer design developed as follow-up research should be continued.

Key words: inclusive design(포괄적인 디자인), light sensor(조도센서), LilyPad(릴리패드),
safety design(안전 디자인), safety vest(안전조끼), traffic safety(교통안전)

I. 서론

최근 많은 사람들이 일상생활 속에서 자동차, 오토바이, 자전거, 전동 키포드, 전동 휠 등 다양한 이동 수단을 사용하고 있다. 이에 따라 각 이동 수단에 맞는 안전 법규와 규칙을 지켜야 하지만 미 준수로 인해 교통사고도 많이 발생하고 있다. 도로교통공단의 2019년 교통사고 통계분석에 따르면 원동기장치자전거, 사륜오토바이 포함한 이륜차 사고는 최근 10년간 연평균 사망자 수는 감소 추세이나 사고 건수는 전년대비 18.7% 증가했다고 한다. 또 자전거 사고 관련해서는 최근 10년간 연평균 사고 건수가 증가 추세로 2019년도에는 전년대비 사고 건수 18.1%, 부상자 수는 19.4% 증가한 반면, 사망자 수는 13.2% 감소했다. 이처럼 오토바이, 자전거 사용자가 늘면서 이와 관련된 교통사고 발생률도 증가하고 있다. 그리고 자동차 사고 역시 증가하고 있으며, 1차 사고 발생으로 인한 2차 사고 발생률도 증가하고 있다. 2차 사고는 최초로 발생한 교통사고로 인해 정차된 차량을 뒤에서 주행하던 차가 충돌한 사고와 최초 교통사고가 발생한 이후 수습하고 있는 선행 사고의 관련 사람을 충돌하는 사고 등을 말한다(Oeo, Kim, & Lee, 2013). 2차 교통사고 관련 뉴스가 늘어나고 있으며, 이와 관련된 규범과 예방 규칙이 만들어지고 있지만 여전히 교통사고는 증가하고 있다. 이런 교통사고는 주간보다 야간에 사고 발생률 및 치사율이 높은 것으로 나타나고 있다 (Taas.koroad.or.kr, n.d.).

이처럼 다양한 원인의 교통사고와 안전 불감증으로 생기는 사고들을 겪어오면서 대형 사고뿐만 아니라 일상생활에서 발생하는 사고를 사전에 예방하는 것이 인적으로나 경제적으로 중요하다. 이것을 인지하기 시작하였다(Jung, 2019). 이에 따라 다양한 요인으로 발생하는 교통사고 및 야간 활동 시 생기는 사고를 예방할 수 있는 패션디자인이 필요하다. 이런 안전 관련 의상이나 제품을

디자인할 때 안전을 최우선으로 하는 안전 디자인 개념과 원칙을 고려해야 한다. 이에 안전디자인을 기반으로 한 제품, 공간, 건축, 공공 디자인이 많이 연구되고 있다. 더불어 최근 모든 사람은 평등하고, 모든 사람은 평등한 권리가 있다는 사회 인식이 변화하면서 유니버설 디자인, 인클루시브 디자인 등의 개념이 많은 디자인에 적용되고 있다. 유니버설 디자인과 인클루시브 디자인 개념은 사람을 배려하는 디자인을 목적으로 하는 것으로 유사한 개념이지만 사용자 범위에서 차이가 있다. 유니버설 디자인은 노약자, 장애인, 아동 등 취약계층을 위한 디자인이라면, 인클루시브 디자인은 모두를 위한 디자인 또는 범용 디자인으로 취약계층을 포함한 모두가 사용 가능한 디자인을 말한다 (Baik & Hwang, 2017). 인클루시브 디자인이 유니버설 디자인보다 더 포괄적인 개념으로 안전 디자인과 함께 제품 및 환경, 서비스 등 다양하게 적용할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 다양한 교통사고 및 야간에 발생하는 사고 등을 예방하기 위해 웨어러블 컴퓨터인 아두이노 릴리패드와 조도센서를 활용하여 인클루시브 LED 안전조끼를 개발하고자 한다. 이론적 배경으로 안전디자인과 인클루시브 디자인 개념과 디자인 원칙, 특성을 확인하고, 안전디자인과 인클루시브 디자인, 패션디자인의 프로세스를 비교 분석하여 웨어러블 컴퓨터 디자인의 제작에 적용할 수 있는 프로세스를 정리하였다. 그리고 정리한 제작 가이드라인을 기준으로 실제 인클루시브 LED 안전 조끼를 제작하고자 한다. 이 과정을 통해 안전 디자인과 인클루시브 디자인 개념을 패션디자인 및 웨어러블 컴퓨터 디자인에 적용 가능성을 확인하고자 한다. 더불어 본 연구의 결과물인 인클루시브 LED 안전조끼로 인해 다양한 상황의 교통사고 예방하고, 모든 사람에게 활용 가능한 인클루시브 패션디자인의 개발 연구에 도움이 되고자 한다.

연구 방법 및 범위는 우선 이론적 배경으로 안

전디자인과 인클루시브 디자인의 개념을 선행 연구와 문헌을 통해 고찰한다. 그리고 선행연구의 결과를 토대로 안전디자인, 인클루시브 디자인, 패션디자인의 프로세스를 비교 분석하여 웨어러블 컴퓨터 디자인의 제작 가이드라인을 정리하였다. 정리한 제작 가이드라인을 기준으로 시판 중인 교통안전 관련 의상 및 소품의 현황을 분석하여, 인클루시브 LED 안전조끼 디자인 개발 시 필요한 형태 디자인, 기능, 소재, 컬러의 요소를 확인했다. 이를 토대로 인클루시브 LED 안전조끼 디자인을 제시하였다. 또한 이 연구는 현재의 조끼와 유사한 한국 전통 배자를 모티브로 하여, 인클루시브 LED 안전 조끼의 형태 디자인에 한국 복식의 요소를 적용하고자 하였다. 그리고 LED 안전조끼의 기능을 위해 릴리페드와 조도센서, LED를 이용하여 주, 야간에 활용 가능한 기능과 효과를 디자인 하였다. 마지막으로 프로토타입의 인클루시브 LED 안전조끼를 제작하고, 착의 평가를 하여 제작 의도와 목적에 적합한지를 확인하였다.

II. 이론적 배경

1. 안전디자인과 인클루시브 디자인의 개념

1) 안전 디자인의 개념

안전디자인(Safety Design)이란 개념은 국내에서는 2009년 국회 안전디자인포럼 창립식에서 처음 나타났으며, 2010년 행정안전부에서 공공디자인 엑스포를 개최하여 안전디자인 분야를 전시하며 산업체 및 공공기관에서 안전디자인의 관심이 증가하였다. 이에 행정안전부에서 안전디자인은 “제품·시설·공간 등에 설계·제조·건축·운영 등의 형태로 적용되어 전 기능의 안전 달성도를 높이고, 타 기능과의 상승적 융합을 통해 사회 안전 수준을 향상시키는 것”이라고 정의하였다(Yoon, 2013). 그리고 국외 사례로 호주 정부의 ASCC (Australian Safety and Compensation Council)의

안전디자인 지침서를 소개하였다. 호주의 안전디자인 지침서에서 안전디자인이란 “제품의 라이프 사이클 동안의 위험 요소를 제거하거나 최소화하기 위해 초기 디자인 과정에서 위험 발견과 위험 통제 조치를 통합하는 과정”이라 설명하였다(Shin & Jung, 2015). 그리고 Choi(2016)에서는 안전디자인의 개념을 “사용자의 삶의 질을 향상시키기 위해 생활환경 전 분야에, 안전기능과 디자인을 결합한 커뮤니케이션 서비스”라고 정의하였다. 이를 바탕으로 안전 디자인이란 우리 생활 속 모든 제품, 시설, 공간, 서비스 등에서 안전을 최우선으로 하고, 사용자의 안전을 기본 권리로 보장하며, 항상 안전하게 유지할 수 있는 디자인과 안전한 공간, 제품을 개발하는 디자인 과정을 통합한 것이라 할 수 있다.

과거 우리 사회에서는 안전을 우선하는 것은 산업 현장이나 의약품, 구조·구급품 등 특수한 장소에서 사용하는 제품이나, 특수한 목적으로 활용되는 것들에 한하여 안전성이 강조되었다. 그러나 최근에는 일상생활에서 일어나는 범죄, 화재, 자연재난, 교통사고 등 사회 전반적인 부분에서 안전성을 강조하며 안전디자인이 필요로 되고, 적용되는 사례가 증가하고 있다. 2009년 안전디자인 포럼에서 발표된 안전디자인의 영역은 재해/재난, 방재 디자인, 소방방재 디자인, 생활안전 디자인, 치안/예방 디자인, 구급/구난, 매체, 정책으로 나누어 소개하였으며, 일상생활에 밀접한 교통, 생활, 식품, 의약품, 스포츠, 풍수해 방재 디자인, 환경 오염 방재 디자인, 사고 방재 디자인, 전쟁/테러 방지 디자인까지 영역이 광범위하다(Yoon, 2013).

안전디자인 관련 선행 연구는 안전디자인의 개념 정리 및 도시와 공공장소의 안전디자인 사례 분석(Yoon, 2013; Shin & Jung, 2015; Jeon, 2020), 철도에 적용한 안전디자인 연구(Kim, Kim, & Park, 2015), 비상구 및 피난유도 관련 색채 안전디자인 관련 연구(Choi, Park, & Jeong, 2014; Choi, 2016; Choi, 2017), 어린이 관련 펜스

안전디자인 연구(Choi & Chung, 2020) 등 다양한 부분에서 연구되고 있다. 그러나 안전복 디자인 및 안전 관련 패션디자인 개발 중 안전디자인 개념과 디자인 특성을 적용한 연구는 선행되지 않았다.

본 연구에서 개발하고자 하는 인클루시브 LED 안전조끼는 안전디자인 영역 중 생활안전 디자인 및 치안/예방 디자인에 포함된다. 따라서 본 연구에서는 안전디자인의 개념을 바탕으로 한 프로세스를 살펴보고 웨어러블 컴퓨터 디자인 제작에 적용하여 인클루시브 LED 안전조끼 디자인을 개발하고자 한다.

2) 인클루시브 디자인의 개념

안전과 관련된 제품 또는 시설물들은 모든 사람이 평등하게 사용해야 한다. 이에 최근 각광 받고 있는 배려하는 디자인이 필요한 것이다. 사람을 배려하는 디자인 개념은 가장 보편적인 유니버설 디자인(Universal Design), 인클루시브 디자인(Inclusive Design), 접근 가능한 디자인(Accessible Design), 무장애 디자인(Barrier-free Design), 초 세대 디자인(Trans-generational Design), 에르고 디자인(Ergo Design), 북유럽 디자인(Nordic Design) 등 사용자의 대상과 범위, 관점이 조금씩 다른 방향으로 다양하게 있다(Lee & Na, 2012).

이 중 인클루시브 디자인의 개념을 명확하게 하기 위해서는 배려하는 디자인 개념들의 근원부터 파악해야 한다. 디자인에 기능을 접목하기 시작하면서 사용자의 경험을 중요시하게 되고, 그로 인해 장애를 가진 사용자의 경험에 관심을 가지며 장애가 있는 사람과 없는 사람의 경계를 극복할 수 있도록 무장애 디자인 개념이 생기고, 연령에 관계없이 사용할 수 있는 DesignAge 개념이 등장하였다(Choi, 2017). 북미에서는 무장애 디자인 개념이 유니버설 디자인으로 발전하였고, 우리나라에서는 미국의 영향을 받아 유니버설 디자인 개념을 적용한 디자인에 더욱 집중하고 있다. 그에 반

해 유럽에서는 DesignAge 개념을 기반으로 인클루시브 디자인으로 발전하였다(Choi, 2017). 특히 인클루시브 디자인은 영국 대학을 중심으로 전개되었는데, 2000~2004년까지 왕립예술 학교(Royal college of Art)와 케임브리지 대학의 엔지니어링 디자인 센터 그리고 디자인 카운실(Design Council)이 지원하는 Central St Martin's이 합작하여 모든 사람들을 위한 인클루시브 디자인이라는 주제로 다양한 프로젝트를 진행하였다(Baik & Hwang, 2017). 이를 바탕으로 인클루시브 디자인에 대한 관심이 증가하였으며, '신체적 장애의 유무나 성별, 연령, 국적, 문화적 배경에 관계없이 누구나 손쉽게 사용하고 접근할 수 있는 디자인'이라는 인클루시브 디자인의 개념으로 발전되었다고 할 수 있다(Choi & Eun, 2012).

인클루시브 디자인과 유니버설 디자인 개념은 인간 중심의 디자인으로 장애의 유무와 상관없이 사람을 배려하는 상품개발을 지향하는 것으로 둘을 혼동하기 쉽다. 정확한 인클루시브 디자인의 차별적 특성을 확인하기 위해서는 유니버설 디자인과 비교를 통해 정의할 수 있다(Kim, 2015). 유니버설 디자인은 북미에서 발생한 개념으로 장애인이나 노약자도 편하게 사용할 수 있는 디자인을 목표로 한다면, 인클루시브 디자인은 유럽에서 발생한 개념으로 장애가 있거나, 없거나 사용자가 누구인지에 관계없이 모두에게 사용이 편리한 배려가 있는 제품 및 환경을 제공하는 것이다(Moon, 2013). 더 나아가 다양한 인구의 취향, 생각과 인식을 반영한 디자인을 제공하여 상업적 성공까지 거두는 것을 목표로 하고 있다(Song, 2011). 그리고 Kim(2015)의 연구에서는 인클루시브 디자인과 유니버설 디자인 개념은 관점에 차이가 있다고 하였다. 유니버설 디자인은 '모든 사람을 위한'이란 이상적 가치에 초점을 두어 개선 방향을 위한 기술적 진보에 중점을 두는 디자인이라면, 인클루시브 디자인은 '가능한 많은 사람'이라는 현실적 가치를 지향하여 경제적 성과를 배제할 수 없는 현

실을 반영한 사용 친화적 디자인으로 차별이 되고 하였다.

종합적으로 살펴본 결과, 인클루시브 디자인은 많은 사용자를 포용하고, 모든 상황, 사용자의 감성을 포괄할 수 있으며, 접근성이 좋은 친화적 디자인으로 이해할 수 있겠다.

2. 안전디자인, 인클루시브 디자인의 특성을 적용한 웨어러블 컴퓨터 디자인 가이드라인

앞서 살펴본 안전디자인과 인클루시브 디자인의 개념을 바탕으로 각각의 디자인 특성과 프로세스의 선행연구를 고찰하여 기존의 프로세스를 본 연구에서 개발하고자 하는 인클루시브 LED 안전조끼 디자인의 제작에 적용할 수 있도록 정리하였다. 안전디자인의 특성은 한국 안전디자인 연구소 (Korea Safety Design Lab)에서 제시한 내용을

기준으로 하였으며, 인클루시브 디자인의 특성은 영국의 건축과 구축 환경 위원회(CABE)에서 제시한 내용을 기준으로 하였다. 이에 <Table 1>에서 안전디자인과 인클루시브 디자인의 특성을 비교하여 공통된 키워드인 안전성, 포괄적/포용성, 필요성/기능성, 편리성, 현실성, 접근성 총 6개를 도출하였다. 그리고 <Table 2>에서 선행연구에서 나타난 안전디자인과 인클루시브 디자인, 패션디자인의 프로세스를 비교하였다. 3개의 프로세스를 비교한 결과 안전디자인, 인클루시브 디자인, 패션디자인의 프로세스가 모두 순환구조로 마지막 평가 단계를 통해 다시 처음의 문제 또는 목표를 검토하도록 구성되어 있었다. 이에 안전디자인과 인클루시브 디자인의 공통된 6개의 특성과 비슷한 구조의 프로세스를 기반으로 웨어러블 컴퓨터 디자인 개발 시 고려해야 하는 가이드라인을 <Table 3>으로 정리하였다.

<Table 1> Characteristics and Common Keyword of Safety Design and Inclusive Design

Characteristics of Safety Design		Characteristics of Inclusive Design		Keyword
Prevention	A design that appeals to the senses such as sight, hearing, and smell is necessary so that the user can sense danger	Inclusive	Everyone should be able to tolerate it safely, easily and with dignity.	
Easy to use	Needs ready-to-use designs in case of unforeseen accidents	Responsive	Considering what people need and want.	
Accessibility	Accessible design is required so that all users can easily check and use	Flexible	It should be recognized that very different people can use it in different ways.	
Consideration	Equal and considerate design is necessary so that everyone does not feel discrimination or anxiety.	Convenient	Anyone should be able to use it without much effort or help from a helper.	
function support	Safety comes first, but requires a design that meets the purpose of the function	Accommodating	Everyone should not be bound by age, gender or mobility.	
Observation & management	A design is needed to find solutions by steadily observing various dangerous situations.	Welcoming	Obstacles that could have been excluded by certain people must be removed.	
		Realistic	There should be a broader solution than a single solution that evens out everyone.	

(Lee & Choi, 2014; Choi & Eun, 2012)

웨어러블 컴퓨터 디자인 개발의 프로세스 및 가이드라인은 첫째, 문제 인식이다. 이는 공통 키워드 필요성과 기능성에 해당하는 것으로 웨어러블 컴퓨터 디자인이 필요한 이유와 대상, 기능을 파악한다. 둘째, 정보 수집 및 분석이다. 이는 키

워드 현실성에 해당하는 것으로 문제 인식에서 파악하여 문제를 해결하기 위해 필요한 디자인의 경쟁사 제품, 관련 시장(가격), 필요한 패션디자인의 특성 등 관련 정보를 수집하고 분석한다. 셋째, 아이디어 및 디자인 제시이다. 이는 키워드 포괄적/

<Table 2> Process Comparison Between Safety Design, Inclusive Design and Fashion Design

Safety Design Process	Inclusive Design Process	Fashion Design Process
Raising a problem: It is necessary to identify the characteristics of the object to be designed and the cause of basic safety factors.	1. Manage: What should we do next? - Review progress and plan the next steps - Refine the product goals - Build a business case to demonstrate the product's potential for profitability - Ensure that all project partners share a common understanding	1. Acceptance: The step of observing and accepting the problem from various angles as a concept definition process to find a problem
Analysis: Data management is necessary by detecting risk factors as closely as possible.	2. Explore: What are the needs? - Create a stakeholder map of the people involved with the product - Observe users to uncover what they really want and need - Generate personas to summarise the key users	2. Analysis: The step of clarifying the problem, recognizing the goal, and analyzing all possible data
Verification: Safety design guidelines are required to determine whether a solution to risk factors is appropriate.	- Describe how the product would be used, using user journeys - Capture a list of all the needs that the design solution should satisfy	3. Ideation: Steps to develop ideas by exploring intuitive solutions
Design: Design is necessary so that users can intuitively prevent risks through design and enable quick accident response in case of an accident.	3. Create: How can the needs be met? - Stimulating a range of ideas - Developing concepts by combining ideas together into complete solutions that could satisfy the needs - Making prototypes to demonstrate the concept	4. convergence: The step of critically analyzing the proposed idea and selecting the best one
Evaluation: It is necessary to evaluate whether appropriate procedures and check items are checked throughout the safety design process, and appropriate solutions.	4. Evaluate: How well are the needs met? - Review the criteria that will be used in the evaluation - Test with experts / Test with users - Estimate the number of people who will be excluded from using the product due to the demands it places on the user's sensory, motor and cognitive capabilities - Present the evidence from these evaluation activities, to drive the objective choice of the lead concept	5. Implementation: Developing an action plan by calculating a final solution
Maintenance: From the introduction of the result, it is necessary to maintain and manage the manager as the subject, and if it is damaged, it moves to the stage of raising the problem again.		6. Evaluation: Steps to implement the solution and verify and evaluate the solution through previous steps

(Lee & Choi, 2014; Inclusive design process, n.d.; Oh & Lee, 2007)

〈Table 3〉 Wearable Computer Design Guidelines Applying the Characteristics of Safety Design and Inclusive Design

Process	Keyword	Wearable Computer Design Guidelines
Problem recognition	Necessity/ Functional	Understand the reasons, targets, and functions of wearable computer design.
Information collection and analysis	Reality	By identifying the necessity, relevant information such as competitors' products, related markets (prices), and required characteristics of fashion design are collected and analyzed.
Presenting ideas and designs	Inclusive	Based on the previously identified information, ideas related to size and color are presented so that as many users as possible can wear it.
	convenience	We present a fashion design that considers the dressing method, material, and management method so that anyone can wear it easily and comfortably.
Prototyping	Accessibility	Samples are made so that anyone can easily access them, and they are used to provide a variety of users. At this time, the problem that occurs is identified and corrected to complete a final design that suits each user.
Evaluation	Safety	Whether the wearable computer design produced by necessity is suitable for that need, whether it is safe when using the function, etc., evaluate through the user's wear and complete the correction.

(Table by researchers, 2020)

포용성, 편리성에 해당하는 것으로 앞서 파악한 정보를 바탕으로 가능한 많은 사용자가 입을 수 있도록 사이즈, 컬러 관련 아이디어를 제시하고, 누구나 쉽고 편하게 입을 수 있도록 착의방법, 소재, 관리 방법 등을 고려한 디자인을 제시한다. 넷째, 프로토타입 제작이다. 이는 접근성에 해당하는 것으로 누구나 쉽게 접할 수 있도록 샘플을 제작하여 다양한 사용자에게 가봉을 한다. 이때 발생하는 문제점을 파악하고, 수정하여 각 사용자에게 모두 어울리는 최종 디자인을 완성한다. 마지막으로 평가이다. 이는 안정성에 해당하는 것으로 문제 인식에서 파악한 필요의 해결책이 맞는지, 기능을 사용 시 안전한지 등 사용자의 착의를 통해 평가하고, 수정 보완한다.




3. LED 교통안전 제품 관련 선행 연구 및 현황

본 연구에서 개발하고자 하는 인클루시브 LED

안전조끼는 다양한 교통사고 대비 및 야간 활동 시 사고에 대비를 위한 것으로 이와 관련된 교통 안전 관련 선행연구와 제품 현황을 분석하였다. 우선 LED 교통안전 제품 관련 선행연구를 살펴 보면, 기존 제작된 안전조끼의 재귀반사 테이프와 LED의 가시성을 실험한 연구(Lee, 2010), 교통관련은 아니지만 구멍조끼의 재귀반사 종류와 LED의 가시성을 평가한 연구(Kang & Lee, 2017), 교통경찰용 다기능 안전조끼의 현황을 조사한 연구(Han & Jeon, 2012) 등이 있으며, 웨어러블 컴퓨터, LED, 재귀반사 테이프 등을 이용한 교통관련 의상 제작 연구(Kim, 2010; Lyeo, 2015; Ahn, 2016; Kim & Kim, 2016; Park & Kim, 2020; Jutia, Rivas, Karhula, & Pantsar-Syvaniemi, 2014)에 관한 선행 논문은 다양하게 있었다. 그리고 의상 외에도 차량 교통사고 대비 스마트 삼각대 관련 연구(Kim, 2018) 등 교통안전 용품 개발 연구도 있었다. 그러나 안전디자인 및 인클루시브 디자인 개념을 적용하여 제품 및 의상을 디자인하는

<Table 4> Analysis of the Status of LED Traffic Safety Related Clothing

Image	Necessity	Functional	Reality	Inclusive	Convenience	Safety
 <p><Fig. 1> Riding Bag Vest (Maniashopp.com, n.d.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Night activities such as running, cycling and walking 	<ul style="list-style-type: none"> LED signal mode(button) to left, right, forward, stop, emergency signal USB rechargeable 	<ul style="list-style-type: none"> £60 	<ul style="list-style-type: none"> One size adjustable 	<ul style="list-style-type: none"> Nylon Buckle fastening 	<ul style="list-style-type: none"> Green, Orange LED Manual available
 <p><Fig. 2> LED Motorcycle & Cycling Vest (Kwiksafety.com, n.d.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Motorcycle, cycling 	<ul style="list-style-type: none"> Push button on/off USB rechargeable 	<ul style="list-style-type: none"> \$ 50 	<ul style="list-style-type: none"> S ~ M/ L ~ XL 2XL ~ 3XL 	<ul style="list-style-type: none"> Polyester Retro-reflective tape zipper 	<ul style="list-style-type: none"> White LED in front Red LED on the back
 <p><Fig. 3> Safeways LED Running Vest (Nacycles.com, n.d.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Night activities such as running, cycling and walking 	<ul style="list-style-type: none"> 3 lighting modes Battery required 	<ul style="list-style-type: none"> \$ 30 	<ul style="list-style-type: none"> S M 	<ul style="list-style-type: none"> Poly mesh Retro-reflective tape Snap button 	<ul style="list-style-type: none"> Red LED Manual available
 <p><Fig. 4> ANSI Class 2 Vest with LED Lights and X Reflective Back (Majhoods.com, n.d.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> work place Fire fighting Night activities 	<ul style="list-style-type: none"> Power button in front pocket 3 lighting modes Uses 3 AA batteries 	<ul style="list-style-type: none"> \$ 60 	<ul style="list-style-type: none"> One size adjustable 	<ul style="list-style-type: none"> Poly mesh Retro-reflective tape zipper 	<ul style="list-style-type: none"> White LED ANSI 2 certified Manual available
 <p><Fig. 5> Amphipod Xinglet Optic Beam Vest (Rei.com, n.d.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Night activities such as running, cycling and walking 	<ul style="list-style-type: none"> Push button on/off USB Monochrome, flashing 2 modes USB rechargeable 	<ul style="list-style-type: none"> \$ 60 	<ul style="list-style-type: none"> One size adjustable 	<ul style="list-style-type: none"> Polyester Retro-reflective tape zipper 	<ul style="list-style-type: none"> Green LED Tube Manual available

Image	Necessity	Functional	Reality	Inclusive	Convenience	Safety
 <p>〈Fig. 6〉 Safety Vest With ID Panel (Buysuperiorled.com, n.d.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Firefighting, police, EMS, security, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • ID panel allows you to input desired text • Rechargeable power 	<ul style="list-style-type: none"> • \$ 79 	<ul style="list-style-type: none"> • S~L • XL~3XL • 4XL~6XL 	<ul style="list-style-type: none"> • Polyester and PVC • Retro-reflective tape • zipper 	<ul style="list-style-type: none"> • Red LED strap • ANSI 2 certified
 <p>〈Fig. 7〉 LED Reflective Running Vest (Innovagoods.com, n.d.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Night activities such as running, cycling and walking 	<ul style="list-style-type: none"> • Power button • Fixed, flashing, quick turn directions 3 modes • Battery (CR2032) operation 	<ul style="list-style-type: none"> • \$ 29 	<ul style="list-style-type: none"> • One size adjustable 	<ul style="list-style-type: none"> • Polyester and PVC • Retro-reflective tape • Buckle fastening 	<ul style="list-style-type: none"> • Red LED in front • Green LED on the back • Manual in 24 languages
 <p>〈Fig. 8〉 LED vest (Smartstore.naver.com, n.d.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Night work and activities 	<ul style="list-style-type: none"> • Power button • Battery required 	<ul style="list-style-type: none"> • ₩ 19,500 	<ul style="list-style-type: none"> • One size 	<ul style="list-style-type: none"> • Poly mesh • Retro-reflective tape • Velcro 	<ul style="list-style-type: none"> • White, red LED

(Table by researchers, 2020)

연구는 아직 없었다. 이에 안전디자인, 인클루시브 디자인의 특성 중 공통으로 도출된 6개의 키워드를 분석 기준으로 현재 판매 중인 LED 교통안전 의상을 분석하여 인클루시브 LED 안전조끼 제작 시 형태, 소재, 컬러, 기능 등을 참고하고자 하였다.

6개 키워드 중 필요성과 기능성은 하나의 요인으로 묶어 놓았지만, 분석 부분에서는 따로 분리하였고, 실제 제품이 판매되고 있는 것 중점으로 분석하는 것으로 접근성은 제외하였다. 그래서 교통안전 관련 제품 분석은 필요성 부분에서는 사용하는 대상을 중점으로 분석하고, 기능성에서는

LED의 조작과 전원 방식, 현실성에서는 가격, 포괄적/포용성에서는 사이즈, 편리성에서는 착의 방법과 소재, 안전성에서는 LED의 컬러, 사용설명서의 유무를 중점으로 분석하였다. 그리고 본 연구에서 개발하고자 하는 것이 LED 안전조끼이므로 현재 판매되고 있는 교통안전용품 중 LED가 부착된 교통안전 의상을 중점적으로 분석하여 〈Table 4〉로 정리하였다.

현재 판매되고 있는 LED 교통안전 의상〈Fig. 1-8〉은 LED 부착으로 인해 야간 활동하는 사용자를 대상으로 한 조끼 스타일이 대부분이었다.

LED 조작용은 모두 전원 버튼을 이용하여 사용자가 조작용을 해야 LED에 불이 들어오도록 하였고, LED 전원은 내장형 배터리를 충전하거나 라튬 배터리를 교체하는 방식이었다. 그리고 대부분 원 사이즈로 사이즈 조절이 가능하도록 하였으며, 다양한 사이즈를 제공하는 것도 있었다. 소재는 모두 폴리에스테르를 사용하여 가벼움을 강조하였고, 재귀반사 테이프를 사용하여 야간의 가시성을 더욱 높였다. 컬러는 형광 연두색 또는 노란색이 많았다. LED의 컬러는 빨간색, 초록색, 흰색 순으로 사용되었으며, 그 외의 컬러는 사용되지 않았다. 그리고 대부분 사용설명서를 제공하여 안전의

주의 사항을 설명했지만, 간혹 설명서가 없는 것도 있었다. 시판 중인 LED 교통안전 용품을 분석한 결과를 바탕으로 인클루시브 LED 안전조끼의 형태, 소재, 컬러, 기능을 디자인하였다.

III. 인클루시브 LED 안전조끼 디자인 개발

앞서 이론적 배경에서 살펴 본 안전디자인, 인클루시브 디자인, 패션디자인의 프로세스를 정리하여 웨어러블 컴퓨터 디자인 제작 가이드라인에 적용하였다. 문제 인식, 정보 수집 및 분석, 아이

<Table 5> Manufacturing Guidelines for Wearable Computer Design and Manufacturing Process of Inclusive LED Safety Vest

Process (Keyword)	Guidelines for Wearable Computer Design	Manufacturing Process of Inclusive LED Safety Vest
1. Problem recognition (Necessity/Functional)	Understand the reasons, targets, and functions of wearable computer design.	To prevent traffic accidents of various causes and accidents that occur during night activities Needs clothes with good night visibility
2. Information collection and analysis(Reality)	By identifying the necessity, relevant information such as competitors' products, related markets (prices), and required characteristics of fashion design are collected and analyzed.	Analysis of the status of currently sold LED safety vests (user, LED power supply method, price, wearing method, used LED color, etc.)
3. Presenting ideas and designs (Inclusive/convenience)	Based on the previously identified information, ideas related to size and color are presented so that as many users as possible can wear it.	Suggestion of shape design, material, and color applying traditional baeja that can embrace the emotions of various people Development of LED function considering visibility and user convenience at night
4. Prototyping (Accessibility)	We present a fashion design that considers the dressing method, material, and management method so that anyone can wear it easily and comfortably.	Developing patterns so that various people can exist in one size Selecting an Arduino lily pad material that is easy to wash and the LED color to use Arrangement of LED, lily pad, and illuminance sensor and make connection circuit diagram Real prototype production
5. Evaluation (Safety)	Samples are made so that anyone can easily access them, and they are used to provide a variety of users. At this time, the problem that occurs is identified and corrected to complete a final design that suits each user.	By evaluating the wearing of the actually produced inclusive LED safety vest, check whether it is suitable for solving the problem identified in the problem recognition stage, and confirming corrections and supplements

(Table by researchers, 2020)

디어 및 디자인 제시, 프로토타입 제작, 평가 5단계의 프로세스를 인클루시브 LED 안전조끼 디자인에 적용했을 때 어떤 내용으로 진행되는지를 <Table 5>와 같이 정리하였다.

1. 인클루시브 LED 안전조끼의 디자인 발상

1) 디자인 콘셉트 및 모티브 : 한국 전통 배자의 특징

인클루시브 LED 안전조끼의 디자인 콘셉트는 사용자의 정서적 안정을 위해 한국 전통 복식의 디자인 요소를 응용하고자 하였다. 옛 선조들은 의복을 착용함에 있어서 인간의 몸과 마음과 정서적 소양을 총체적으로 나타내는 도구로써 가치가 있다고 하였다(Park & Shim, 2016). 이처럼 한국 전통 복식인 한복에는 우리 선조의 지혜와 정서가 담겨 있는 것으로 우리에게 친숙하며, 심적으로 안정을 주는 부분이 있으며, 최근 한국적 이미지를 선호하는 젊은 사용자의 감성을 자극할 부분이 있다 사료된다. 특히 전통 배자의 경우 안정된 비례, 간결한 디자인, 모피와 비단, 명주와 모시 같은 전혀 안 어울릴 것 만 같은 다양한 소재를 서로 어울리게 디자인한 조화, 걸감과 안감의 배색 등 현대의상에 적용했을 때 사람들의 감성을 자극할 수 있는 요소가 많이 있다(Lee & Cho, 2009). 이에 한국 전통 배자의 종류와 특징을 분석하여 인클루시브 LED 안전조끼 디자인에 적용할 디자인 요소를 확인하였다.

배자란 소매가 짧거나 없으며 길이가 짧아 포나 짧은 상의 위에 덧입고, 앞여밈이 겹쳐지지 않고 마주 댄 옷의 총칭으로 조선시대의 방령, 답호, 전복, 쾌자, 배자 모두 포함이 된다(Lee & Cho, 2009). 우리가 흔히 알고 있는 배자는 조선 후기부터 주로 입었던 것이다. <Fig. 9-11>은 인클루시브 LED 안전조끼 디자인에 참고한 전통 배자이다.

2) 인클루시브 LED 안전조끼의 디자인 제시 (형태, 컬러, 소재)

인클루시브 LED 안전조끼의 형태는 전통 배자의 특징 중 광복 이후 짧은 배자의 스타일로 하였으며, 앞면과 뒷면을 연결하는 옆 부분을 <Fig. 9>와같이 얇은 고무줄로 여러 줄 연결하였다<Fig. 16>. 여밈은 전통 배자의 여밈 대신 한복 저고리의 여밈을 추가하였는데, 이는 여밈을 통해 체구가 작은 여성부터 체구가 큰 남성까지 사용할 수 있도록 함이다. 그리고 광복 이후의 배자처럼 앞면보다 뒷면을 조금 길게 하여 뒷면에 LED의 배치가 용이하도록 하였다.

인클루시브 LED 안전조끼는 일상복을 입고 위에 입는 옷이지만, 걸면의 소재는 아웃도어에서 사용하는 투습, 발수, 방수 기능이 있는 원단을 사용하였다<Fig. 12>. 긴장했을 때 발생하는 땀을 배출하고, 비, 눈이 올 때 방수가 되어 쾌적한 환경을 유지할 수 있도록 하였다. 그리고 형태 유지를



<Fig. 9> Baeja of the Middle Joseon
Gyeonggi Museum
(Emuseum.go.kr, n.d.-a)



<Fig. 10> Baeja of Gangneung
Ojukheon City Museum
(Emuseum.go.kr, n.d.-b)



<Fig. 11> Baeja
Seok Juseon Memorial Museum
(Museum.dankook.ac.kr, n.d.)

위해 안감으로 옥스퍼드 원단을 사용하여 땀 흡수가 되도록 하였고, 기능성 원단 한 종류만 사용하였을 때 떨어지는 보온성을 방지하였다(Fig. 13). <Fig. 10>과 <Fig. 11>에서 보면 전통 배자의 암홀, 밑단에 검은색 원단을 사용하여 선 장식을 하였다. 이를 응용해 LED 안전조끼의 깃과 암홀, 밑단에 재귀반사 원단을 바이어스 방향으로 재단하여 시접을 정리하고, 장식의 효과를 주었다(Fig. 14, 15). 재귀반사 원단의 사용은 LED가 고장 났을 때의 가시성을 대비를 위한 것이고, 안전조끼 선행 연구 중 가시성 평가한 연구에서 재귀반사 원단과 LED를 같이 사용했을 때 가시성이 가장 좋다고 하여 본 연구에서도 같이 사용하도록 하였다(Lee, 2010).

컬러는 팬톤(Pantone)에서 제시한 2021년 트렌드 컬러인 노란색과 회색을 메인 컬러로 사용하였

다. 기능성 원단을 노란색으로 사용하여, 일상생활에서 회색으로 보이는 재귀반사 원단과 어우러지도록 하였다. 그리고 노란색의 경우 어두운 곳에서 빛이 약하게 있을 때 다른 색에 비해 가시성이 좋은 색이기도 하여 메인 컬러로 선정하였다(Choi et al., 2014). 이와 같은 내용을 <Table 6>으로 정리하였다.

2. 인클루시브 LED 안전 조끼의 기능 개발

앞서 살펴본 현재 판매 중인 LED 안전조끼는 대부분 전원 버튼을 통해 LED를 조작할 수 있도록 되어 있었다. 간단한 켜고, 끄기 기능 또는 방향 전환을 할 수 있는 조작 버튼이 있어 사용자가 상황에 따라 손으로 직접 조작해야 하는 부분이 있었다. 만약 사용자가 손을 쓸 수 없을 때나 사

<Table 6> Inclusive LED Safety Vest Design

Schematic Drawing (Front / Back / Side)				
Colors & Fabrics				
<Fig. 12> Functional Outdoor (Rami Single) Fabric	<Fig. 13>Oxford Functional Fabric	<Fig. 14> Retro-reflective Fabric (normally)	<Fig. 15> Retro-reflective Fabric (shining)	<Fig. 16> RubberBand 6mm

(Table by researchers, 2020)

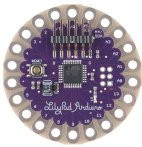
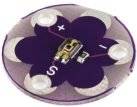
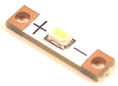


용이 불편한 상황에서는 조작이 불가능할 수도 있으며, 조작하다 다른 위험이 발생할 수도 있다. 이를 방지하기 위해 본 연구의 인클루시브 LED 안전조끼에는 손으로 조작이 필요 없는 LED 안전조끼를 개발하고자 하였다. 이에 웨어러블 컴퓨터인 아두이노 릴리패드와 주변 환경의 밝기를 체크할 수 있는 조도센서를 사용하였다.

아두이노 릴리패드는 옷에 부착할 수 있는 작은 컴퓨터로 컴퓨터 공학 전공이 아니더라도 누구나 쉽게 사용하여 웨어러블 기기를 만들 수 있는 마이크로 컨트롤 보드이다. 이는 아두이노에서 제공하는 소프트웨어를 활용하여 원하는 기능을 프로그래밍(코딩) 할 수 있고, 다양한 코딩 소스가 오픈되어 있어 다른 사람이 제공한 소스를 응용하여 개발하는 웨어러블 기기의 기능에 맞게 변경 가능하다(Cha, 2017). 그리고 아두이노 릴리패드는 전용 센서, LED, 전원 장치가 따로 있지만, 원하는 기능에 맞춰 호환 가능한 센서, LCD 디스플레이 등 사용이 가능하다. 본 연구에서 사용한 릴리패드는 세탁이 가능하여 웨어러블 컴퓨터 기능을 가진 의상을 제작할 때 매우 용이하다. 인클루

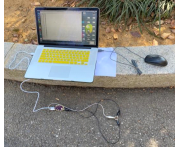


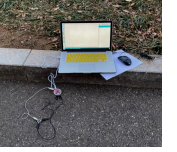
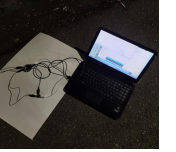
시브 LED 안전조끼 제작 시 사용한 웨어러블 컴퓨터 재료 릴리패드(Fig. 17), 조도센서(Fig. 18), LED(Fig. 19), 전도성 실(Fig. 20), 배터리(Fig. 21)의 특성과 종류를 <Table 7>로 정리하였다.

인클루시브 LED 안전조끼의 기능은 사용자 주변의 밝고, 어두움을 조도 센서로 감지하여 조도의 값에 따라 LED 빛이 천천히 깜박이거나 빨리 깜박이도록 아두이노 릴리패드를 코딩해 사용자가 손으로 작동하지 않아도 LED에 빛이 점등, 점멸 되도록 하는 것이다. 이를 위해 우선 환경에 따라 변하는 조도센서의 값을 확인하였다. 인클루시브 LED 안전조끼는 대부분 실외에서 사용되는 것을 고려하여 오전 7시, 오후 3시(해 있는 곳, 그늘진 곳), 저녁 6시, 밤 10시의 실외 조도 값을 테스트 하였다. 테스트는 조도센서를 컨트롤할 수 있는 릴리패드와 컴퓨터를 연결하고, 릴리패드와 조도센서를 악어 클립으로 연결하였다. 컴퓨터와 릴리패드 연결되어 있으므로 따로 전력 공급을 위한 배터리는 연결하지 않았다. 그 결과 해가 있을 때는 조도센서의 값이 1000 이상으로 높게 나왔으며, 밤에 가로등 불도 없이 어두울 때는 조도센서

<Table 7> Materials of Inclusive LED Safety Vest

Designation	LilyPad	Sensor	Display	Thread	Battery
Image	 <Fig. 17> LilyPad Arduino 328 Main Board (Sparkfun.com, n.d.-a)	 <Fig. 18> LilyPad Light Sensor (Sparkfun.com, n.d.-b)	 <Fig. 19> LED Module (Kitschool.com, n.d.)	 <Fig. 20> Conductive Thread (Sparkfun.com, n.d.-c)	 <Fig. 21> Auxiliary battery (Taken by authors)
Information	- This board will run from 2V to 5V - 14 Digital I/O pins - 6 Analog pins - ATmega328	Breakout board with an ALS-PT19 light sensor built in Outputs voltage 0V ~3.3V	- Operating voltage 3V - Operating current 10mA	- 12UM Stainless steel fiber Resistance (Ω/m) : 27	Rated input and output DC 5V 2.0A 10,000mAh

<Table 8> Light Sensor Value Test

Test Time	7 am	3pm (When bright)	3pm (When dark)	6pm	10 o'clock at night
Connection look					
Sensor value	860	1015	390	120	6

(Table by researchers, 2020)

의 값이 6으로 나오는 것을 확인할 수 있었다 <Table 8>. 이를 참고하여 평균값인 500을 기준으로 500 이상 일 때는 LED가 0.5초 간격으로 깜박이고, 500이하이면 0.1초 간격으로 깜박이도록 하여 총 2가지의 LED 기능을 설정하였다.


3. 인클루시브 LED 안전 조끼의 프로토타입 제작

인클루시브 LED 안전조끼의 프로토타입은 5단계의 과정을 걸쳐서 제작하였다. 첫 번째 과정은 한 사이즈로 다양한 사람이 입을 수 있도록 패턴을 개발하였다. 인클루시브 LED 안전조끼는 하나의 사이즈로 옆선의 고무줄과 앞의 여러 개의 스냅 단추로 사이즈 조절이 가능하게 디자인하여 XL 사이즈의 남성부터 S 사이즈의 여성까지 여러 번의 가봉을 걸쳐서 최적의 패턴을 개발하였다

<Table 9>.

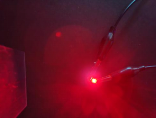
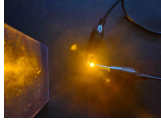

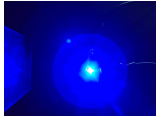

두 번째 과정은 사용할 LED의 컬러 선정을 위해 LED 조도(Lux)를 테스트하였다. 아두이노 릴리패드 전용 LED는 단색(흰색, 파란색, 빨간색, 초록색, 노란색)으로 된 것도 있고, RGB 컬러의 LED도 있다. RGB 컬러의 LED는 크기가 단색 LED에 비해 커서 본 연구에서는 사용하지 않았다. 그래서 어두울 때와 가시성이 가장 좋은 것을 사용하기 위해 다섯 개의 단색 LED의 조도(Lux)를 조도 측정 어플리케이션을 이용하여 테스트하였다. 사용한 핸드폰은 삼성 갤럭시 S20 플러스 기종으로 안드로이드 용 “Lux Light Meter & Tools”이란 어플리케이션을 사용하였다. 5가지 모두 동일한 조건으로 LED와 핸드폰의 간격을 5인치 떨어진 곳에서 측정하여 <Table 10>과 같이 정리하였다. 테스트 결과 흰색 LED가 603 Lux로 가장 높게 측정되어 인클루시브 LED 안전조끼를

<Table 9> Step 1: The Inclusive LED Safety Vest Pattern Development

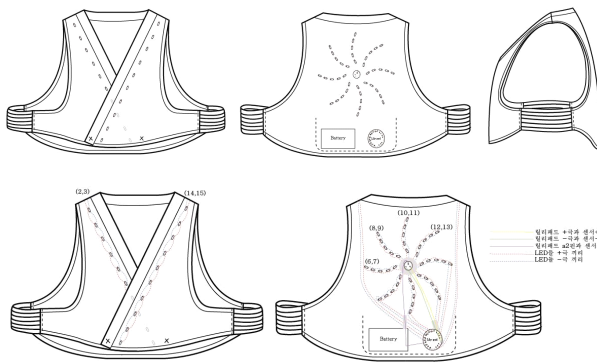
	Front	Side-1	Side-2	Back
Woman (L)				

(Table by researchers, 2021)

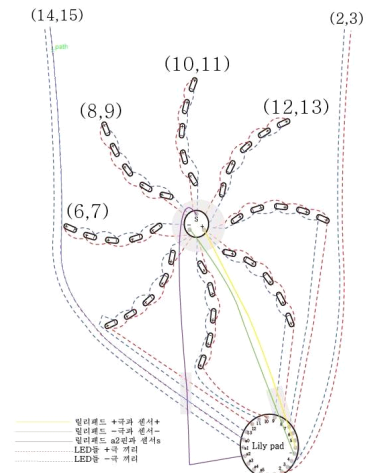
<Table 10> Step 2: Monochrome LED Illuminance Test

Red	Yellow	Green	Blue	White
				
8.0 Lux [lx] 0.76 Foot-candle (FC)	10.0 Lux [lx] 0.93 Foot-candle (FC)	15.0 Lux [lx] 1.39 Foot-candle (FC)	14.0 Lux [lx] 1.30 Foot-candle (FC)	603.0 Lux [lx] 56.02 Foot-candle (FC)

(Table by researchers, 2020)



<Fig. 22> Step 3: LED, LilyPad, Light Sensor Connection Schematic



<Fig. 23> Step 3: LED, LilyPad, Light Sensor Connection Schematic

```

20201228 | 아두이노 1.8.13 (Windows Store 1.8.42.0)
파일 편집 스케치 툴 도움말
20201228
const byte rowPinNo[6] = {2, 6, 8, 10, 12, 14};
const byte colPinNo[6] = {3, 7, 9, 11, 13, 15};
const int brightnessPin = A2;
typedef struct {
  byte rowPinNo, colPinNo;
} Cell;

// Cells
const Cell cells_All[4] =
{
  {8, 9}, {12, 13}, {2, 3},
  {14, 15},
};
const Cell cells_Allb[2] =
{
  {6, 7}, {10, 11}
};

20201228$
// Main
void setup()
{
  // Serial init
  Serial.begin(9600);
  cellsInit();
}
void loop()
{
  int bVal = brightnessCheck();
  Serial.println(bVal);
  if (bVal < 500)
  {
    cellsWork(cells_All, sizeof(cells_All) / sizeof(Cell), HIGH);
    delay(100);
    cellsWork(cells_All, sizeof(cells_All) / sizeof(Cell), LOW);
    delay(100);
  }
  else if (bVal > 500)
  {
    cellsWork(cells_Allb, sizeof(cells_Allb) / sizeof(Cell), HIGH);
    delay(500);
    cellsWork(cells_Allb, sizeof(cells_Allb) / sizeof(Cell), LOW);
    delay(500);
  }
}

20201228$
else if (bVal > 500)
{
  cellsWork(cells_All, sizeof(cells_All) / sizeof(Cell), HIGH);
  delay(500);
  cellsWork(cells_All, sizeof(cells_All) / sizeof(Cell), LOW);
  delay(500);
}
if (bVal < 500)
{
  cellsWork(cells_Allb, sizeof(cells_Allb) / sizeof(Cell), HIGH);
  delay(100);
  cellsWork(cells_Allb, sizeof(cells_Allb) / sizeof(Cell), LOW);
  delay(100);
}
else if (bVal > 500)
{
  cellsWork(cells_Allb, sizeof(cells_Allb) / sizeof(Cell), HIGH);
  delay(500);
  cellsWork(cells_Allb, sizeof(cells_Allb) / sizeof(Cell), LOW);
  delay(500);
}
}
    
```

<Fig. 24> Step 4: Programming (coding) Source for the Inclusive LED Safety Vest Function

(Table by researchers, 2021)

제작할 때 흰색 LED를 사용하였다.

세 번째 과정은 LED와 릴리패드, 조도센서의 배치를 위한 연결 회로도를 작성하였다. 흰색 LED를 사용하여 인클루시브 LED 안전조끼의 기능을 효과적으로 보여줄 수 있으며, 심미적으로 사용자의 감성을 자극할 수 있도록 LED 배치를 <Fig. 22>와 같이 배치하였다. 릴리패드와 조도센서, 배터리의 배치도 최대한 사용자의 편의와 외관의 심미적인 부분을 고려하였다. 이에 앞면에는 깃 라인을 따라서 LED를 10개씩 배치하고, 뒤에는 조도센서를 중심으로 LED를 바람개비처럼 배치하였다. 릴리패드와 배터리는 안쪽에 주머니를 만들어 외관상 안 보이도록 하였다. 그리고 LED와 릴리패드, 조도센서를 연결하는 회로도를 미리 작성하였다(Fig. 23). 이를 통해 전도성 실로 손바느질하여 연결되는 아두이노 릴리패드와 조도센서, LED 선들이 서로 합선되는 곳을 미리 파악하여 합선되는 부분의 실과 실 사이에 전류가 통하지 않는 테이프 및 스티커를 붙여 서로 합선되는 것을 방지하도록 하였다. 연결 회로도 작성 시 릴리패드의 센서를 연결하는 a2 핀과 +극, -극을 빼고 모두 LED를 연결하였다. LED 10개를 병렬로 +극끼리 연결하고, -극끼리 연결하여 하나의 그룹으로 묶었다. 그리고 한 그룹의 LED +극은 릴리패드의 2번에 연결하였으며, 동일한 LED의 -극은 릴리패드의 3번에 연결하는 식으로 총 6개의 그룹

으로 나중에 프로그래밍(코딩)했을 때 6개의 그룹을 따로따로 컨트롤하도록 연결하였다.

네 번째 과정은 LED 기능을 위한 릴리패드 프로그래밍(코딩)을 하였다. <Fig. 24>는 인클루시브 LED 안전조끼의 기능을 위해 아두이노에서 제공하는 소프트웨어로 LED 효과를 프로그래밍(코딩)한 것이다. 10개의 LED를 그룹화하여 따로 컨트롤할 수 있도록 연결해 뒷면의 바람개비 모양이 진짜 바람에 의해 돌아가듯이 연출하였다. 조도 값 500을 기준으로 500 이상이면 0.5초 간격으로 돌아가고, 500 이하이면 0.1초 간격으로 돌아가도록 프로그래밍(코딩)하였다.

마지막으로 실제 원단으로 베이스 조끼를 제작하며, 중간에 LED와 릴리패드의 연결 회로도를 참고하여 LED와 릴리패드, 조도센서를 전도성 실로 손바느질하여 연결하였다. 연결이 끝난 후 걸감과 안감을 연결하여 손바느질이 안 보이도록 마무리하여 프로토타입의 인클루시브 LED 안전조끼를 제작하였다(Table 11).

4. 인클루시브 LED 안전 조끼의 착의 평가

완성된 인클루시브 LED 안전조끼의 착의 실험 및 평가를 진행하였다. 착의 실험은 성인 여성이 인클루시브 LED 안전조끼를 착용하고, 해가 있는 오전 10시와 해가 없는 밤 10시에 1m, 5m, 10m

<Table 11> Step 5: Complete the Inclusive LED Safety Vest Prototype

When there is no flash			When there is a flash	
Front	Side	Back	Front	Back
				

<Table 12> Inclusive LED Safety Vest Wearing Experiment

	1m	5m	10m
AM 10			
PM 10			

(Table by researchers, 2021)

떨어진 곳에서 플래시를 켜진 상태로 사진을 찍어 예비 사용자들이 인지하는 주관적 관점으로 비교하였다<Table 12>. 착의 평가는 웨어러블 컴퓨터 디자인을 연구하는 대학원생 5명이 1m, 5m, 10m에서 찍은 사진을 보며 토론을 진행하였다. 토론 결과 낮에는 노란 원단 컬러와 반짝이는 LED 빛으로 인해 인클루시브 LED 안전조끼를 입은 사람을 인지하는 것이 가능하며, 특히 낮에 10m 이상 거리가 있을 때는 LED나 채귀반사보다는 노란색 원단 컬러로 구별이 된다고 하여, LED의 밝기 및 효과를 추후 수정해야 한다는 의견이 있었다. 야간에는 LED 빛과 채귀반사의 빛으로 조끼를 입은 사람을 인지할 수 있지만, 채귀반사는 가로등 불빛 아래에서는 반사 빛이 약해 LED 빛으로 인지가 더욱 효과적이라는 의견이 있었다. 그리고 본 연구의 착의 실험에서 조도센서와 LED를 잘 보여주기 위해 사용자가 머리카락을 묶었는데, 이와 관련하여 추후 머리카락이 긴 여성이 착용하였을 때 디자인 변경이 되어야 한다는 의견도 있었다. 이상과 같이 실외에서 사용하는 인클루시브 LED 안전조끼의 가시성을 확인하여 야간뿐만

아니라 낮에도 사고를 예방할 수 있는 안전이 확보되는지 확인하였고, 이를 통해 인클루시브 LED 안전조끼의 주목적이었던 다양한 원인의 교통사고와 야간 활동 때 발생하는 사고를 예방하는 것에 적합하다는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

본 연구는 최근 다양한 이동 수단을 사용할 때 발생하는 사고 또는 주, 야간에 차량 고장 또는 1차 교통사고 후 조치하는 운전자 보호, 야간에 활동하며 발생하는 사고 등을 예방할 수 있는 인클루시브 LED 안전조끼 디자인을 개발하고자 하였다. 인클루시브 LED 안전조끼는 안전디자인 영역에 포함되는 것으로 안전디자인과 인클루시브 디자인의 개념, 디자인 특성을 적용할 필요가 있어 이론적 배경으로 안전디자인과 인클루시브 디자인의 개념과 특성, 프로세스를 살펴보았다. 이론적 배경에서 정리한 프로세스를 바탕으로 인클루시브 LED 안전조끼의 제작 가이드라인을 정리하였고, 정리한 제작 프로세스를 기준으로 웨어러블 컴퓨터

터 하드웨어인 릴리패드와 조도센서 사용해 별도의 LED 제어 장치가 필요 없고, 남녀노소 누구나 착용 가능한 인클루시브 LED 안전조끼를 제작하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

안전디자인은 안전을 최우선으로 하는 디자인 개념으로 안전성과 기능성, 심미성을 모두 고려하여 디자인을 해야 하며, 안정성을 우선으로 하는 디자인으로 모든 사람을 배려해야 한다. 이에 인클루시브 디자인은 인간 중심적, 배려하는 디자인 개념 중 하나로 유니버설 디자인과 같은 맥락이지만 다양한 상황과 모든 사용자를 포괄할 수 있는 디자인을 말한다. 이런 안전디자인과 인클루시브 디자인 개념을 바탕으로 각각의 디자인 특성과 프로세스를 비교하여 공통된 키워드 안전성, 포괄적/포용성, 필요성/기능성, 편리성, 현실성, 접근성 총 6개를 도출하였고, 이를 기반으로 인클루시브 LED 안전조끼 제작의 프로세스(문제 인식, 정보 수집 및 분석, 아이디어 및 디자인 제시, 프로토타입 제작, 평가)와 프로세스 과정 별 가이드라인을 정리하였다.

현재 제작되고 판매되는 LED 안전조끼에 대한 현황을 6개의 키워드로 나눠 비교 분석하였다. 국내에서 판매되는 안전조끼는 빛에 반사되는 원단 또는 밴드를 사용한 것이 대부분이다. 일부 LED가 부착된 조끼도 있었으나 눈이 띄지 않는 LED의 배치와 LED 크기, 배터리로 인해 무겁다는 단점이 있었다. 그리고 국외에서는 자전거를 타는 사람 또는 마라토너들을 위한 LED로 방향 표시가 되는 안전조끼가 개발되었다. 그러나 이 조끼는 사용자가 별도의 버튼을 사용하여 LED의 불빛을 제어해야 하는 불편함이 있었다.

이론적 배경의 선행연구를 통해 정리한 인클루시브 LED 안전조끼 제작 프로세스와 가이드라인을 적용하여 인클루시브 LED 안전조끼를 디자인하고, 제작하였다. 릴리패드라는 웨어러블 컴퓨터 하드웨어와 운전자의 환경을 감지하는 조도(빛)센서를 사용해 별도의 LED 제어 장치가 없이 주

변 환경의 빛의 밝기에 따라 LED 빛이 들어오도록 기능을 설정하고, 남녀노소 누구나 착용 가능하도록 디자인하였다.

인클루시브 LED 안전조끼는 다양한 상황의 사고예방으로 입는 것으로 사용자의 안정감을 위해 한국 전통 복식 중 배자의 디자인 요소를 응용하여 디자인하였다. 기본 소재는 야외에서 어느 날씨에 구애받지 않아야 한다는 점을 기준으로 통풍과 방수이 기능성 아웃도어 원단과 옥스퍼드 원단을 사용하고, 원단의 컬러는 밤에 LED 불빛이 있을 때와 낮에 LED 불빛이 없을 때 모두 눈에 잘 띄는 노란색으로 선정하였다. 그리고 반사광 기능이 있는 재귀반사 원단 사용하여 깃, 암홀, 밑단 등 바이어스 마감 처리해 LED 불빛이 고장 났을 때를 대비하도록 하였다. 그리고 이론적 배경에서 시판 중인 LED 안전조끼의 불편사항을 확인한 결과를 보완하기 위해 아두이노 릴리패드와 조도센서를 사용하여 사용자가 별다른 LED의 조작 없이 LED 빛이 점등, 점멸 되도록 기능을 추가하였다.

이에 실제 인클루시브 LED 안전조끼의 프로토타입을 5단계의 과정을 걸쳐 제작하였다. 첫 번째, 한 사이즈로 다양한 사용자에게 적용 가능한 패턴 개발을 하여 앞여밈은 스냅 단추로 본인의 사이즈에 맞게 여밀 수 있도록 하였으며, 앞판과 뒤판을 연결하는 옆면을 사이즈 조절 가능한 고무줄로 디자인하였다. 여러 번의 가봉을 통해 남성, 여성 모두 착용 가능한 조끼를 디자인하였지만, 어린이를 위한 사이즈는 추후 추가해야 할 것이다. 두 번째, 안전조끼에 사용되는 LED의 컬러 선정을 위해 단색 LED들의 조도 테스트를 하여 흰색 LED를 사용하였다. 세 번째, LED와 릴리패드, 조도센서의 연결을 위해 미리 LED이 배치와 연결 회로도를 작성하여 전도성 실로 연결하였을 때 합선되는 부분을 미리 확인하고 실과 실 사이에 테이프를 붙이거나 다른 원단을 덧붙이는 방식으로 합선을 방지하였다. 그리고 LED와 릴리패드, 조

도센서 연결 시 주의 사항을 미리 체크하여 LED 효과 기능에 문제 발생하지 않도록 하였다. 네 번째, 연결 회로도를 기반으로 아두이노에서 제공하는 소프트웨어를 이용해 인클루시브 LED 안전조끼의 LED 효과를 위한 프로그래밍(코딩)을 하였다. 조도센서의 값 500을 기준으로 500 이상이면 LED 빛이 0.5초 간격으로 깜박이고, 500 이하이면 LED 빛이 0.1초 간격으로 빠르게 깜박이도록 하였다. 기준이 되는 조도 값 500은 오전 7시, 낮 3시(해 있을 때, 그늘질 때), 저녁 6시, 밤 10시 실외의 조도 값을 테스트하여 평균값으로 정한 것이다. 마지막으로 실제 원단과 LED, 릴리패드, 조도센서를 사용하여 프로토타입을 완성하였다.

완성된 프로토타입의 인클루시브 LED 안전조끼는 실외에서 착의 실험 후 대학원생 5명이 토론을 진행하여 가시성 및 안정성을 평가하였다. 낮에는 노란 원단으로 가시성이 확보되었지만, LED 빛의 가시성을 보강해야 한다는 것을 확인하였고, 밤에는 LED 빛과 채귀반사의 빛으로 10m 이상 일 때도 안전조끼를 입은 사람이 인지가 되어 가시성이 우수한 것을 확인하였다. 가시성의 확보는 안정성과 연관된 것으로, 이 결과를 통해 가시성이 우수한 인클루시브 LED 안전조끼가 주목적이었던 야간 활동의 교통사고 예방에 도움이 되는 할 수 있다.

따라서 본 연구는 안전디자인과 인클루시브 디자인 개념과 디자인 특성을 적용한 웨어러블 컴퓨터 디자인 개발의 기초자료로서 의의가 있다고 사료된다. 또한 안전디자인과 인클루시브디자인 개념이 적용된 패션디자인 또는 웨어러블컴퓨터 디자인 제품의 상용화를 위한 후속 연구가 지속적으로 이뤄져야 할 것이다. 후속 연구에서는 배자를 응용한 디자인의 사용자 만족도 조사, 그리고 인클루시브 LED 안전조끼의 세탁 후 오작동 테스트, 머리카락이 긴 여성이 착용 시 작동 테스트 등 다양한 상황에서 인클루시브 LED 안전조끼를 착용하고, 다양한 사용자에게 착장 평가를 진행해

야 할 것이다. 이번만 아니라 웨어러블 컴퓨터 디자인의 상용화를 위해 안전디자인과 인클루시브 디자인의 개념이 적용되는 프로세스를 더욱 체계적으로 연구해야 할 것이다.

References

- Ahn, S. W. (2016). Design and implementation of smart LED bicycle helmet using arduino. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 20(6), 1148-1153. doi:10.6109/jkiice.2016.20.6.1148
- Baik, E. & Hwang, S. Y. (2017). A case study of furniture design applied inclusive design. *Journal of the Korea Furniture Society*, 28(1), 1-15.
- Buysuperiorled.com. (n.d.). Safety Vest With ID Panel. Retrieved from <http://mail.buysuperiorled.com/fire.html>
- Cha, J. G. (2017). A study on the development of coding education program based on arduino. *Smart Media*, 6(4), 72-78.
- Choi, J. S., Park, D. R., & Jeong, K. H. (2014). A study on safety design colors of evacuation guidance sign in case of fire: Focused on exit light. *Journal of Korea Society of Color Studies*, 28(3), 39-47.
- Choi, J. S. (2016). A study on safety design of emergency stairs that utilize handrail: Focusing on intelligent escape guide line. *Journal of the Korean Society Design Culture*, 22(1), 423-433.
- Choi, J. S. (2017). A study on color safety design for the wall of emergency staircase : Focused on the multi-complex. *Journal of the Korean Society Design Culture*, 23(4), 821-831.
- Choi, J. S. & Chung, K. H. (2020). A study on the safety design of school zone fence: Focused on 2nd new city elementary schools. *Journal of the Korean Society Design Culture*, 26(2), 594-602.
- Choi, S. H. & Eun, D. S. (2012). A case study on inclusive design in subway space of nanakuma line in fukuoka. *Journal of Korea Design Knowledge Society*, 16, 120-129.
- Choi, S. S. (2017, December 29). Considerate design: Inluent design [ebook]. *Brunch book*. Retrieved from <https://brunch.co.kr/@sooshinchoi/5>
- Emuseum.go.kr. (n.d.-a). Baeja of the Middle Joseon Gyeonggi Museum. Retrieved from <http://www.emuseum.go.kr/headerSearch?category=&rows=20&pageNum=1&radioSearchCheck=unifiedSearch&headerSearch=&keyword=%EB%B0%B0%EC%9E%90&keywordHistory=%EB%B0%B0%EC%9E%90>

- Emuseum.go.kr. (n.d.-b). Baeja of Gangneung Ojukheon City Museum. Retrieved from <http://www.emuseum.go.kr/headerSearch?category=&rows=20&pageNum=1&radioSearchCheck=unifiedSearch&headerSearch=&keyword=%EB%B0%B0%EC%9E%90&keywordHistory=%EB%B0%B0%EC%9E%90>
- Han, H. J. & Jeon, E. K. (2012). An analysis of the demands for the improvement of versatile safety vests for traffic police officers. *Journal Korean Society of Fashion and Textile Industry*, 14(1), 100-108. doi:10.5805/KSCI.2012.14.1.100
- Inclusive design process. (n.d). Retrieved from http://www.inclusivedesign toolkit.com/GS__overview/overview.html
- Innovagoods.com. (n.d.). LED Reflective Running Vest. Retrieved from <https://www.innovagoods.com/en/product/innovagoods-led-reflective-running-vest/>
- Jung, J. C. (2019). *A study on the improvement of the safety design of public buildings through universal design: User safety and satisfaction aspects* (Unpublished doctoral dissertation). Kyonggi University, Republic of Korea.
- Jeon, S. Y. (2020). A study on the effective design of pedestrian safety goods for walking school bus: Focused on availability heuristic and color perception. *Journal of Korea Society of Design Trend*, 25(4), 195-206. doi:10.21326/ksdt.2020.25.4.018
- Jutila, M., Rivas, H., Karhula, P., & Pantsar-Syvanemi, S. (2014). Implementation of a wearable sensor vest for the safety and well-being of children. *Procedia Computer Science*, 32, 888-893. doi:10.1016/j.procs.2014.05.507
- Kang, M. Y. & Lee, S. H. (2017). Visibility evaluation of various retro-reflective fabric types and LED position on safety life jacket. *Journal of Korean Society of Clothing and Textiles*, 41(2), 352-361. doi:10.5850/JKSCT.2017.41.2.352
- Kim, D. H., Kim, S. G., & Park, M. K. (2015). A study on the safety design through accident cause analysis in the urban railway station. *Journal of Korea Safety Management & Science*, 17(1), 85-92. doi:10.12812/ksms.2015.17.1.85
- Kim, J. E. & Kim, S. J. (2016). A study of the development for a turn-signal helmet cover design utilizing arduino. *The Journal of Korean Institute of Next Generation Computing*, 12(6), 71-81.
- Kim, M. H. (2010). A study for developing the prototype of LED-safety vest. *The Research Journal of the Costume Culture*, 18(3), 488-498. doi:10.29049/rjcc.2010.18.3.488
- Kim, T. S. (2015). Characteristic of inclusive design and its meaning in the future society. *Archives of Design Research*, 28(2), 139-153. doi:10.15187/adr.2015.05.28.2.139
- Kim, T. K. (2018). A study on smart warning triangle. *Journal of Korea Internet of Things Society*, 4(1), 37-41. doi:10.20465/KIOTS.2018.4.1.037
- kitschool.com. (n.d.). LED Module. Retrieved from http://kitschool.com/product/detail.html?product_no=15&NaPm=ct%3Dkmr8od5%7Cci%3Dcheckout%7Ctr%3Dmyz%7Ctrx%3D%7Chk%3D02ef23a102c7b23e14e722fe6e8db70a22773dd3
- Kwiksafety.com. (n.d.). LED Motorcycle & Cycling Vest. Retrieved from https://www.kwiksafety.com/products/led-lights-outdoor-safety-vest?utm_source=pinterest&utm_medium=social
- Lee, E. H. & Cho, H. S. (2009). Historical review of Korean traditional Baeja, and an exploration of its modernization. *Journal of Korean Society of Costume*, 59(9), 115-130.
- Lee, H. Y. (2010). Evaluation of the functionality and visibility of commercial high-visibility clothing for nighttime usage. *Korean Journal of Human Ecology*, 19(6), 1053-1062.
- Lee, K. D. & Choi, J. S. (2014). *Safety design* [안전 디자인]. Seoul, Republic of Korea: Seowoo Publications.
- Lee, K. H. & Na, E. M. (2012). A study on fashion design applying the principle of considerate design. *Journal of the Korean Society of Costume*, 62(2), 78-86. doi:10.7233/jksc.2012.62.2.078
- Lyeo, H. G. (2015). A study on the development of traffic safety supplies through light-emitting character: Focusing on the jacket design of the bike user. *Journal of Basic Design and Art*, 16(2), 297-309.
- Majhoods.com. (n.d.). ANSI Class 2 Vest with LED Lights and X Reflective Back. Retrieved from <https://majhoods.com/product/ansi-class-2-vest-with-led-lights-and-x-reflective-back/>
- Maniashopp.com. (n.d.). Riding Bag Vest. Retrieved from <https://maniashopp.com/led-wireless-vest-turn-sign-al/>
- Moon, B. I. (2013). *A study on inclusive design guidelines utilizing the appropriate technology: Focused on the BOP(Bottom of Pyramid) market* (Unpublished master's thesis). Kookmin University, Republic of Korea.
- Museum.dankook.ac.kr. (n.d.). Baeja Seok Juseon Memorial Museum. Retrieved from https://museum.dankook.ac.kr/web/museum/-15?p_p_id=Relic_WAR_museumportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1
- Nacycles.com. (n.d.). Safeways LED Running Vest. Retrieved from http://nacycles.com/store/index.php?route=product/product&filter_name=LED+Vest+&filter_description=true&product_id=1544
- Oeo, G. Y., Kim, D. G., & Lee, Y. H. (2013). The characteristics of secondary crashes occurred on

- expressways in korea. *International Journal of Highway Engineering*, 15(2), 139-147. doi:10.7855/IJHE.2013.15.2.139
- Oh, N. R. & Lee, S. H. (2007). A study on creative fashion design processes. *Journal of Fashion Business*, 11(2), 129-144.
- Park, M. H. & Shim, S. B. (2016). Modern fashion design development using morphological characteristics of hanbok. *Journal of Korean Society of Costume*, 66(2), 134-147. doi:10.723/jksc.2016.6.2.134
- Park, S. E. & Kim, Y. H. (2020). A study on the development of smart athleisure fashion design for night riding. *Journal of the Korea Convergence Society*, 11(8), 115-122. doi:10.15207/JKCS.2020.11.8.115
- Rei.com. (n.d.). Amphipod Xinglet Optic Bean Vest. Retrieved from <https://www.rei.com/product/161778/amphipod-xinglet-optic-beam-usb-rechargeable-flashing-reflective-vest>
- Shin, S. Y. & Jung, K. S. (2015). A study on getting the basic principles to apply safety design in public space: Focused on the analysis of public space design guidelines of 4 cities in domestic. *Journal of the Korean Society of Design Culture*, 21(1), 279-291.
- Smartstore.naver.com. (n.d.). LED Vest. Retrieved from <https://smartstore.naver.com/safetymro/products/4944852012>
- Song, E. (2011). *Convenience-oriented design of a cruise ship by applying the inclusive design concept* (Unpublished master's thesis). Ulsan University, Republic of Korea.
- Sparkfun.com. (n.d.-a). LilyPad Arduino 328 Main Board. Retrieved from <https://www.sparkfun.com/products/13342>
- Sparkfun.com. (n.d.-b). LilyPad Light Sensor. Retrieved from <https://www.sparkfun.com/products/14629>
- Sparkfun.com. (n.d.-c). Conductive Thread. Retrieved from <https://www.sparkfun.com/products/13814>
- Taas.koroad.or.kr. (n.d.). Retrieved from http://taas.koroad.or.kr/sta/acs/exs/typical.do?menuId=WEB_KMP_OVT_UAS_TAT
- Yoon, J. Y. (2013). A research on building safety design: Focused on analysis of subway station in seoul. *Journal of the Korean Society Design Culture*, 19(3), 501-510.