

패션비즈니스 제25권 4호

ISSN 1229-3350(Print)  
ISSN 2288-1867(Online)

J. fash. bus. Vol. 25,  
No. 4:125-140, Sept. 2021  
[https://doi.org/  
10.12940/jfb.2021.25.4.125](https://doi.org/10.12940/jfb.2021.25.4.125)

Corresponding author

Hyewon Lee  
Tel : +82-2-3290-2320  
E-mail : [ceci.hw@gmail.com](mailto:ceci.hw@gmail.com)

## 플렉시블 디스플레이가 이용된 웨어러블 패션 제품 개발 및 상용화 동향에 관한 연구

이혜원<sup>†</sup>

고려대학교, 가정교육과

## A Study on the Development and Commercialization Trends of Wearable Fashion Products Using Flexible Displays

Lee, Hyewon<sup>†</sup>

Dept. Home Economics Education, Korea University, Korea

### Keywords

flexible display,  
wearable fashion product,  
flexible organic light-emitting  
diodes fashion,  
flexible liquid crystal display  
fashion,  
e-paper fashion  
플렉시블 디스플레이,  
웨어러블 패션 제품,  
플렉시블 유기발광다이오드 패션,  
플렉시블 액정표시장치 패션,  
전자종이 패션

### Abstract

Recently, flexible displays have been used as part of fashion beyond the concept of parts for electronic products. The flexible display applied to wearable fashion products flexibly bends according to the wearing position of the human body and, at the same time, decorates the fashion product more splendidly through the screen on which images or videos are displayed. Flexible displays, which are used for clothes and accessories, combine analogue fashion sensibility with digital screens to create a new level of convergence product design and expand the range of fashion design and fashion materials. This study aims to analyze the trends of the development and commercialization of fashion products that use flexible displays. As a research method, theoretical research and empirical research through case analysis were conducted in parallel. First, as a theoretical study, the morphological and technical characteristics of flexible displays were examined. Through theoretical studies, the effect of the characteristics of flexible displays on the development of wearable fashion products was investigated. Second, as an empirical case study, the design of wearable fashion products using flexible displays over the past 10 years and the characteristics of the displays used in the products were analyzed. Based on the characteristics analyzed, the product design, display and product integration methods and the commercialization stages of wearable fashion products using flexible displays were analyzed.

## I. 서론

5차 산업혁명시대를 대비하여 웨어러블 제품들은 인텔리전트 어패럴(intelligence appeal)을 넘어서서 커뮤니케이티브 클로딩(communicative clothing)개념으로 발전하고 있다. 최근 개발되는 웨어러블 제품들은 사용자가 인식하지 않을 때에도 스스로 판단하고 결정하여 사용자에게 유리한 피드백을 가져다주며, 외부환경과의 커뮤니케이션을 위해서 적극적으로 능동적인 액추에이팅 기능을 수행한다(Lee, Suh, & Roh, 2017). 시각적 액추에이팅은 웨어러블 제품들이 가장 많이 가지는 기능이며, 불빛이나 화면을 통해 사용자뿐 아니라 타인에게까지 필요한 신호 및 정보를 빠르게 전달한다. 플렉시블 디스플레이(flexible display)는 화면을 통해 정지된 이미지, 움직이는 영상, 그리고 텍스트까지 나타낼 수 있다. 또한 화면의 사용자 마음대로 구부러지고 휘어질 수 있다는 형태적 특징으로 인해 최근 웨어러블 패션 제품들에 이용되어 오고 있다. 그 예로 루이비통(Louis Vuitton)은 2020년 크루즈 컬렉션(cruise collection)을 통해 로열(Royole)사와 함께 협력하여 제작한 플렉시블 유기발광다이오드(OLED, Organic Light Emitting Diodes) 디스플레이 가방들을 공개하였다. 루이비통은 스마트폰과 가방사이의 경계를 허무는 목적으로 제품을 제작하였고 브랜드의 상징과 움직이는 이미지의 결합을 꾀하였다고 하였다(Gunseli, 2019). 2018년 소니(Sony)는 뉴발란스(New Balance)와 함께 전자종이 디스플레이를 이용한 운동화(e-paper sneaker)를 개발하고 이를 IFA 2018에서 공개하였다(Sony unveils its new products at IFA 2018, 2018). 이 운동화는 옆 로고 부분과 밑창부분에 전자종이 패널이 삽입되어 있고, 주기적으로 색상과 패턴이 바뀐다. 소니(Sony)의 자회사인 페스(FES)는 전자 종이 디스플레이를 이용한 시계를 비롯하여 보우 타이, 안경, 신발 등의 다양한 전자 종이 패션 제품을 이미 소개한 바 있다(Lee, 2014). 플렉시블 디스플레이가 이용된 웨어러블 패션 제품들은 복잡하고 다기능화 되어 있는 다른 스마트 기기들에 비해 디자인 기능이 특화되어 있다. 디스플레이는 제품의 종류에 따라 자유자재로 휘어져 원단과 비슷한 형태적 특징을 가지면서도 영상이 재생되는 화면들의 이용으로 제품 디자인 기능을 극대화시킨다. 디스플레이는 스마트 어플리케이션과 연동되어 다양한 이미지를 나타낼 수 있고, 하나의 제품으로 여러가지 스타일을 사용자 마음대로 바꿀 수 있다. 또한 디스플레이는 제품의 잠재적 소비자인 주변 타인의 시선을 적극적으로 끌어들일 수 있는데 디스플레이에 비춰지는 강력한 이미지와 가독성이 있는 텍스트를 통해,

브랜드를 간접 경험시킬 수 있어 홍보에도 효과적이다.

플렉시블 디스플레이는 오늘날 디지털 시대에 새로운 패션 디자인 및 패션 소재로 적극적으로 사용될 것으로 전망된다. 날이 진화하고 있는 플렉시블 디스플레이 기술에 맞추어 패션 분야는 기술과의 단순 통합이 아니라 자연스러운 융합 및 일체화 방법, 그리고 효과적인 디자인에 대해 고민해야 한다. 제품 개발자는 플렉시블 디스플레이의 기술적 특징을 전문적으로 이해해야 할 필요성이 있으며 웨어러블 패션 제품으로 이용시 영향을 미치는 여러 요인에 대해 통합적으로 고려해야 한다. 본 연구자는 향후 플렉시블 디스플레이가 이용된 패션 제품의 선행 개발 사례들을 기술적으로 심도 있게 분석하고자 하며 이를 통해 성공적인 제품 개발 및 상용화에 도움을 주고자 한다. 본 연구의 목적은 플렉시블 디스플레이를 이용한 웨어러블 패션 제품의 사례들의 분석을 통한 개발 및 상용화 동향을 분석하는 것이며 이를 통해 향후 제품개발자들에게 도움이 되는 제품 개발 방향성을 제시한다.

본 연구 목적의 수행을 위해 먼저 선행연구들, 다양한 문헌자료, 그리고 개발 사례들을 바탕으로 플렉시블 디스플레이의 기술적 특성을 이론적으로 살펴본다. 두번째, 지금까지 공개되고 출시된 플렉시블 디스플레이가 이용된 웨어러블 패션 제품의 사례들을 바탕으로 개발 및 상용화 동향을 분석한다. 사례분석을 위해, 플렉시블 디스플레이가 제품으로 상용화 되기 시작한 시점인 2010년을 시작으로 현재 2021년까지 발표된 제품들을 수집한다. 제품 수집 방법으로는 선행연구(Lee et al., 2017)를 참고하여 동일한 키워드들을 중심으로 1차 검색을 실시하였다. 글로벌 검색엔진인 구글(www.google.com)을 중심으로 최근 11년간 출시되어 발표된 제품을 중심으로, 웨어러블 패션(wearable fashion), 스마트 의류(smart wear), 스마트 액추에이팅(smart actuating), 웨어러블 디바이스(wearable device), 웨어러블 컴퓨터(wearable computer), 웨어러블 테크놀로지(wearable technology), 스마트 어플리케이션(smart application), 사물인터넷(internet of things), 사용자 인터페이스(user interface) 9개 키워드를 중심으로 첫번째 검색을 실시한 후, 검색결과를 바탕으로 플렉시블 디스플레이, 플렉시블 유기발광다이오드 패션(flexible OLED fashion), 플렉시블 액정표시장치 패션(flexible LCD fashion), 전자종이 패션(e-paper fashion)을 키워드로 2차 검색하였다. 최종 선택된 제품들의 분석은 제품 부분과 디스플레이 부분으로 나누어 실시되었다. 제품 부분으로 제품의 유형, 공개 년도, 제품 기능, 디스플레이 부분을 제외한 소재, 디스플레이 부분을 제외한 유언

성, 상용화단계, 그리고 제품 가격으로 분류되었고 디스플레이 부분은 디스플레이 유형, 디스플레이의 커버 윈도우의 소재, 유연성, 디스플레이가 제품을 덮고 있는 비율, 그리고 디스플레이 되는 이미지의 종류로 분류되었다.

## II. 이론적 배경

### 1. 플렉시블 디스플레이의 특성

#### 1) 플렉시블 디스플레이의 형태적 특성

플렉시블 디스플레이는 휘거나 구부러지는 등 유연성을 가장 큰 특징으로 가지는 디스플레이이며, 유형별로 휘어지는 정도가 다르다. 화면의 휘어지는 방향 및 각도는 웨어러블 제품에 이용되었을 때 중요한 요소로 작용하며 제품 전체의 디자인에 영향을 미친다. 플렉시블 디스플레이는 화면의 휘는 정도에 따라서 5단계로 발전해왔다(The era of seeing through an innovative display, 2020; Flexible OLED principle and future, 2017). 제일 처음 단계는 부서지지 않고 한 방향으로 구부러지는 커브드(curved) 형태(Figure 1), 이후 앞뒤로 휘어지는 밴더블(bendable)(Figure 2), 두루마리처럼 말 수 있는 롤러블(rollable)(Figure 3), 종이처럼 접을 수 있는 폴더블(foldable)(Figure 4), 마지막 크기 변형이 가능한 스트레처블(stretchable) 형태(Figure 5)로까지 발전해오고 있다(Table 1). 첫번째 단계인 휘어진 형태로 고정되어 변형이 불가능한 커브드 형태 디스플레이는 주로 시계, 핸드폰, TV, 그리고 모니터 분야에 상용화 되어 있으며, 곡률은 각 제품군 사용자의 시야각과 시청거리에 적합하게 설계되어 있다. 밴더블 형태 디스플레이는 커브드 형태보다 더 많은 방향으로 구부러지고 휘어지는 특징을 가지고 있어서 커브드 형태보다 웨어러블 기기 적용에 더 적합하다. 밴더블

형태의 디스플레이는 현재 패션을 포함한 다양한 웨어러블 제품에 사용되고 있다. 롤러블과 폴더블 형태 플렉시블 디스플레이는 자유롭게 말거나 접을 수 있는 등 공간의 활용성이 크게 향상된다. 밴더블 형태보다 의류, 조명, 자동차 등 다양한 분야, 다양한 형태로 융합 및 응용 가능하다. 롤러블 형태의 디스플레이는 현재 TV 화면으로 시도되고 있으며 30R(radius circle, 패널을 반지름 30mm으로 말아도 화면구동에 문제가 없는 수준)까지 재현되었다. 폴더블 형태의 디스플레이는 휴대폰 화면에 적용되어 상용화되어 있다. 스트레처블 단계의 디스플레이는 상용화 제품은 거의 없으며 개발 중이다.

#### 2) 플렉시블 디스플레이의 기술적 특성

플렉시블 디스플레이는 유리를 기판 재료로 사용하는 리지드(rigid) 디스플레이와 달리 유연한 플라스틱 소재가 사용된다. 플렉시블 디스플레이는 유기발광다이오드(OLED, Organic Light Emitting Diodes), 액정표시장치(LCD, Liquid Crystal Display), 그리고 전자종이(e-paper) 등으로 구현될 수 있다. 플렉시블 디스플레이의 구현 방식별로 디스플레이 구조가 다르며 디스플레이의 구조로 인해 최종 유연성의 차이, 제작가능한 화면의 크기, 화면에 나타낼 수 있는 이미지의 종류, 디스플레이가 이용된 제품의 전체 크기 및 두께가 달라진다(Kim, Yun, Han, & Park, 2002; Kim, Kwon, Han, Kim, Choi, Kang, & Park, 2016; Lee, Han, Lee, Baek, & Park, 2019; Sohn, Moon, Choi, Kim, & Park, 2017).

Table 2는 플렉시블 디스플레이의 종류에 따른 구조적, 기술적 특징을 정리한 표이다. 먼저 플렉시블 OLED는 기판을 받치는 베이스 필름(base film), 유리 기판과 유리 커버 윈도우(cover window) 등이 유연한 플라스틱으로 바뀌

Table 1. Classification According to the Form of Flexible Display

Form	Curved	Bendable	Rollable	Foldable	Stretchable
Pictures					
	Figure 1. Curved screen (news.samsung.com)	Figure 2. Bendable screen (news.samsung.com)	Figure 3. Rollable screen (www.lg.com)	Figure 4. Foldable screen (www.samsung.com)	Figure 5. Stretchable screen (news.samsungdisplay.com)

Table 2. Structural and Technical Characteristics According to Flexible Display Types

	Flexible OLED	Flexible LCD	E-paper
Structural characteristic (The composition layers)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cover plastic window</li> <li>• Polarizer</li> <li>• Encapsulation film</li> <li>• TFT Backplane</li> <li>• Polyimide substrate</li> <li>• Base Film of Plastic</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cover plastic window</li> <li>• Polarizer</li> <li>• Plastic substrate</li> <li>• Color Filter</li> <li>• Liquid crystal</li> <li>• Plastic substrate</li> <li>• Polarizer</li> <li>• Backlight</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Top transparent electrode</li> <li>• Black/White microcapsule</li> <li>• Bottom electrode</li> </ul>
Technical characteristic	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fully flexible display possible</li> <li>• No auxiliary light source required</li> <li>• Sensitive to moisture and oxygen</li> <li>• Complicated driving method</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Simple driving method and manufacturing method</li> <li>• Not sensitive to moisture and oxygen</li> <li>• Fully flexible display implementation</li> <li>• Low power consumption(bistable)</li> <li>• Light weight</li> <li>• Similar texture and contrast to paper</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difficulty in implementing a complete flexible display</li> <li>• Need to develop auxiliary light source</li> <li>• Difficult to implement color gamut</li> <li>• Difficult to implement video due to slow response speed</li> </ul>

면서 휘어짐 각도의 제한이 없어 완전한 플렉시블 구현이 가능하다. 플렉시블 OLED는 유리 대신, 일종의 플라스틱 소재로 유연성을 갖추면서도 열에 강해 유리처럼 그 위에 박막 트랜지스터(thin-film transistor, TFT)와 유기물을 쌓을 수 있는 폴리이미드(polyimide, PI) 소재를 박막봉지(thin film encapsulation, TFE)에 사용한다(Chun, Heo, & You, 2008). 플렉시블 OLED는 LCD와 달리 보조광원(backlight)이 필요하지 않고 스스로 발광하는 유기물이 사용되므로 디스플레이의 패널의 두께가 얇아질 수 있다. 하지만 공정 난이도가 LCD 구동방식 대비 높아 생산가격에 영향을 미치며, 사용되는 유기 발광 물질이 공기와 수분에 민감한 단점이 있다.

플렉시블 LCD는 액정을 제어하는 박막 트랜지스터와 컬러필터(color filter)층 형성을 위해 보통 유리를 사용하는데, 이로 인해 구부림 각도에 한계가 있다(Kim et al., 2002). 휘어짐 각도를 크게 하기 위해 기판과 박막 트랜지스터를 유리에서 플라스틱으로 바꾸어 플렉시블하게 바꾸기도 하는데, 유리에서 플라스틱으로의 소재 변경에 따른 생기는 공정 온도 조절로 인해, 접히거나 뒤틀림과 같은 플렉시블 구현은 사실상 어렵다(Allen, 2005; Chun et al., 2008; Li, Chiu, Huang, Lu, Lai, Huang, & Sugiura, 2015). 플렉시블

LCD는 OLED 방식보다 비교적 구동 및 제조방법이 단순하여 제작공정과정에 필요한 비용이 OLED에 비해 상대적으로 적으며, 수분과 산소에 민감하지 않는 특징을 가져 스마트 폰이나 모니터 제품에 상용화되었다. 그러나 구조적인 특성상 완전한 유연성 구현이 힘들며 보조광원이 필요하여 OLED 보다 두껍게 제작된다.

전자종이는 OLED나 LCD 같은 직시형 디스플레이와는 달리, 주변의 빛을 패널이 반사시켜 화상을 표시하는 반사형 디스플레이의 종류이다(Chun et al., 2008; Hertel & Penczek, 2020). 해상도가 높고, 시야각이 넓으며, 색 입자 사이 대조비에 의한 가독성이 우수한 장점을 가진다. 전자종이는 다른 패널에 비해 배터리의 수명이 길고, 이로 인해 전체 원가 절감 및 경량화가 상대적으로 쉽다. 전원이 차단된 후에도 화상이 유지되는 데, 화상 유지에 에너지 소모가 크지 않아 전력 손실이 적다. 또한 전자종이는 기존의 종이처럼 넓은 면적에서 구현이 가능하고 유리기판이나 백라이트, 그리고 편광판을 사용하지 않아서 종이와 비슷한 두께와 무게를 구현할 수 있다. 하지만 응답속도가 느리고 컬러의 구현이 어렵다(Qin, Chen, Lin, Hung, Shieh, & Huang, 2018. Wang, Liu, Wang, Su, Wang, Zeng, Deng, Shieh, & Yang, 2017).

3) 플렉시블 디스플레이와 웨어러블 패션 제품과의 관계  
 플렉시블 디스플레이는 비주얼 액추에이팅 기능을 수행하는 웨어러블 제품의 화면으로 삽입된다. 액추에이팅은 스마트 제품이 사용자 관련 정보를 센싱(sensing)후 피드백(feedback)을 위하여 정보를 전달하는 기능이며, 액추에이팅 피드백의 종류로는 빛이나 화면 표시, 소리 발생, 진동 발생 등이 있다. 액추에이팅 기능이 발휘되는 목적의 긴급한 정도에 따라 보통 두 개, 혹은 세 개의 액추에이션 종류가 혼합되어 복합적으로 사용된다(Lee et al., 2017). 스마트 제품의 사용목적에 따라 피드백의 종류, 각 종류별 중요도, 혼합 종류가 다르며, 보통은 시각적인 출력방법을 이용한 피드백을 기본으로 한다. 시각적인 피드백은 주로 사용자의 즉각 반응이 불필요한 수동적인 액추에이션 제품군에서 사용되며 사용자 혹은 외부 환경 모니터링 용도로 주로 사용되는데 최근에는 화면을 이용한 디자인 표현 기능이 증대되면서 ‘스마트’ 기능보다 ‘패션’ 성이 더 중요한 제품들도 개발되고 있다(Park, 2019).

웨어러블 디바이스 제품들은 착용성 증대를 위해, 화면이 착용되는 인체에 맞게 모양이 구부러짐과 동시에 각기 다른 사용자의 인체부위에 적합하도록 유연성까지 갖춰지는 추세이다. 그동안 웨어러블 디바이스를 구성하는 디스플레이 패널은 스마트 기능을 정상적으로 수행해야 함을 1순위로 목표하므로, 패널 구성 물질을 변형시키는 외부 공기 및 수분, 충격 등에 보호하기 위해 유리기판을 사용하는 딱딱한 디스플레이, 혹은 LED 소자 자체를 비주얼 액추에이션 기능 디스플레이 패널로 주로 사용해왔다(Lee et al., 2017). 하지만 기술의 발달과 더불어, 디바이스의 유연성과 착용성에 대한 사용자 니즈의 증대(Song, 2018)로 딱딱한 패널들은 플렉시블한 패널 형태로 점차 바뀌고, 플렉시블한 패널들은 종래의 딱딱한 패널의 물리적 기능을 최대한 따라가기 위한 개발의 움직임이 지속되고 있다.

플렉시블 디스플레이가 이용된 웨어러블 패션 제품들은 플렉시블 디스플레이의 기술적 특징에 영향을 많이 받는다. 제품 전체의 유연성뿐만 아니라 전체 디자인, 세탁성, 그리고 가격적인 면에도 직접적인 영향을 미친다. 유연성의 경우, 플렉시블 OLED와 전자종이를 이용한 웨어러블 제품들은 플렉시블 LCD를 이용한 제품들보다 우수한 유연성과 착용성을 가질 것으로 예상된다. 우수한 유연성은 제작 가능한 제품의 형태를 다양하게 하고 인체 착용위치 선정도 자유로울 것이다. 디스플레이는 종류에 따라 제품 전체를 덮는 디스플레이부터 일부분만 덮는 디스플레이까지 다양하게 사용되며, 화면에 나타낼 수 있는 이미지의 종류 또한 달라진다.

즉, 플렉시블 OLED와 플렉시블 LCD는 움직이는 영상 재현이 가능하지만 전자종이는 단순 이미지 구현만 가능하고 플렉시블 LCD는 제작 가능 두께로 인해 움직임이 많은 부위에 크게 착용되기에 한계가 있다. 전자종이를 이용한 웨어러블 제품의 경우, 상대적으로 짧은 시간에 많은 이미지를 구현하지 않아도 되는 제품에 적합하고 화면이 꺼진 후에도 잔상이 남아있어 아날로그 감성이 필요한 제품 디자인에 이용될 수 있다. 세탁과 관련하여, 플렉시블 OLED는 수분과 산소에 민감한 특성으로 인해 제품 세탁이 필요할 때에는 패널을 따로 분리시켜야 하는 번거로움을 가진다. 제품 전체 세탁이 가능하도록 플렉시블 OLED에 유리 커버나 플라스틱 커버를 따로 씌우기도 하지만 이 과정이 삽입되면 완전한 유연성은 재현하기 어렵다. 그러므로 자주 세탁이 필요한 제품이 아닌 잠깐의 연출을 위한 제품에 이용되기에 적합하다. 마지막 가격은 보다 복잡한 공정 기술이 필요한 플렉시블 OLED가 사용된 제품이 가장 비쌀 것으로 예상된다. 디스플레이 종류별로 필요한 전력공급을 위한 배터리도 고려되어야 하는데 배터리의 크기 및 두께, 무게, 방수정도, 용량 등 또한 전체 제품의 디자인에 영향을 미친다.

### III. 플렉시블 디스플레이가 이용된 웨어러블 패션 제품

#### 1. 플렉시블 디스플레이가 이용된 웨어러블 패션제품 사례 분석

플렉시블 디스플레이가 이용된 웨어러블 패션 제품의 사례 분석을 위해 서론에서 언급한 연구방법인 키워드 검색이 2차례 실시되었다. 첫번째 9개의 키워드 검색을 통해 웨어러블 스마트 제품들이 수집되었다. 1차 키워드를 통해서만 단순 LED나 딱딱한 디스플레이가 삽입되어 있는, 비주얼 액추에이팅 기능을 기반으로 하는 웨어러블 스마트 제품들이 검색되었다. 본 연구에서는 ‘플렉시블 디스플레이’가 사용된 웨어러블 패션 제품 분석을 위해 1차 키워드를 통해 검색된 제품들을 중심으로, 플렉시블 디스플레이와 관련한 4개의 키워드를 기반으로 한 2차 키워드 검색을 실시하였다. 그 결과 최종 23개 제품이 선택되었다. 선택된 제품들은 실제 프로토타입 제품으로 제작되고 공개된 것들이며 디자인만 공개된 가상 제품들은 제외되었다. 분석은 제품 부분과 디스플레이 부분으로 나누어 실시되었다. 제품 부분으로 전체 제품 유형을 비롯하여 공개 년도, 기능, 디스플레이 부분을 제외한 소재와 유연성, 상용화 단계, 그리고 제품 가격으로 분류되었다. 제품 공개 년도는 제품을 소개하는 내용이 처음

공개된 기사의 연도를 참고하였으며, 디스플레이를 제외한 소재와 유연성은 제품 전체에서 디스플레이 패널 부분을 제외한 주변 장치를 대상으로 하였다. 디스플레이 부분은 디스플레이 유형, 커버 윈도우 소재, 유연성, 디스플레이가 제품을 덮고 있는 비율, 그리고 디스플레이 되는 이미지의 종류로 분류되었다. 상세한 소재 설명 및 제품 전체의 크기는 개발자가 공개적으로 제공한 정보나 기사의 내용 및 사진을 참고하였다. Table 3는 플렉시블 디스플레이가 이용된 웨어러블 패션 제품 사례들을 나타낸 표이다. 손목 밴드형 제품들이 가장 많이 수집되었고, 이후 신발, 모자, 옷, 가방 순이었다.

플렉시블 디스플레이의 초기 이용 제품에 해당하는 후타바(Futaba)(Figure. 6)와 이모펄스(EmoPulse)(Figure 7)의 웨어러블 위치는 2013년 공개된 제품으로, 손을 자유롭게 하는 착용형 스마트 폰 컨셉으로 개발되었으며 손목을 비교적 두껍고 넓게 감싸는 형태를 가지고 있다. 디스플레이 패널을 제외한 제품의 소재는 딱딱한 플라스틱이며 기본적인 스마트 알람 기능을 가진다. 디스플레이 패널은 플렉시블 OLED를 사용하였으나 패널 보호를 위한 유리 커버가 사용되어 제품 전체 유연성은 높지 않다. 디스플레이 패널은 손목의 반 이상을 덮었으며 컬러 영상 이미지를 나타낼 수 있다. 소니의 스마트 밴드 SWR30(Figure 8)은 스마트 알람 기능과 함께 사용자의 활동 추적기능을 가지고 있었으며 전자종이 패널을 이용하여 전체 제품 소재 또한 부드러운 실리콘 소재로서 이전 타사 제품들에 비해 유연성이 높은 제품이었다. 그러나 디스플레이 커버는 딱딱한 플라스틱 소재로 되어 있어 디스플레이의 휘어짐은 고정되어 있었다. 같은 해, 소니의 FES팀은 전자종이를 이용한 완전히 유연한 시계를 제작해 발표하였다(Figure 9). 이 시계는 SWR30과는 달리 사용자의 활동 추적 기능은 없으나, 시계 본연의 기능에 충실하면서 위치 페이스 부분부터 스트랩까지 프레임 전체를 그래픽 패턴으로 채울 수 있다. 사용자는 전용 어플리케이션을 통해 다양한 분위기의 패턴을 다운로드하여 적용할 수 있다. 타르고 아크(Targo Arc)의 스마트 팔찌(Figure 10)는 FES위치보다도 더 디자인 기능을 가진다. 시계 기능 없이 패턴 디자인 변경으로 인한 다양한 스타일 연출이 주된 사용 목적이다. 고급스러운 액세서리의 느낌을 위해 디스플레이를 감싸는 프레임은 금속으로 제작되었다. 레노보(Lenovo)의 VB10(Figure 11)은 Figure 8과 Figure 9의 소니 제품들과 유사한 스마트 밴드이다. 이 밴드의 디스플레이는 전자종이가 사용되었으나 패널의 보호 및 방수처리를 위해 유리커버로 씌워졌으며 디스플레이는 휘어짐 그대로 딱딱하게 고정

되었고 패널 주위는 금속 및 딱딱한 플라스틱으로 마감되었다. 스트랩은 가죽부터 실리콘까지 다양하게 선택 가능하였다. 폴리이라(Polyera)의 스마트 밴드(Figure 12)는 전자종이를 이용하고 실리콘 마감과 스트랩으로 완전한 유연함을 가지는 제품이었다. 스마트 알람 기능과 패턴 뷰어(pattern viewer) 기능 전환할 수 있으며 제품 전체를 덮는 디스플레이를 가지고 있었다. 플렉센에이블(FlexEnable)의 스마트 워치(Figure 13)는 플렉시블 LCD가 이용된 제품이다. LCD 화면의 사용으로 디스플레이 화면은 다채로운 시각적 액추에이션이 가능했으며 보다 넓은 화면으로 스마트폰을 대신하는 기능을 수행하였다. 그러나 배터리 및 보조 광원 필요성으로 인해 디스플레이가 두꺼웠으며, 금속 마감으로 인해 무게가 상당히 나갈 것으로 추정한다. 위딩스(Withings)의 고(Go) 팔찌(Figure 14)는 전자종이 시계이면서 사용자 활동 트래킹 기능을 가진다. 동그란 디스플레이는 실리콘 소재의 팔찌 프레임과 고리 프레임으로 바뀌 끼질 수 있다. 삼성의 기어핏 2 프로(Gear Fit2 Pro)(Figure 15)는 플렉시블 LCD가 사용된 스마트 워치다. 스마트 알람 기능을 비롯하여 사용자 활동을 추정하고 분석하는 기능을 가진다. 플렉시블 LCD 디스플레이를 사용하여 화면의 다채로운 색 재현이 가능하지만 디스플레이 패널 부분이 위치한 위치 페이스 부분은 스트랩보다 두께감을 가지고 유리커버의 사용으로 디스플레이 휘어짐이 고정되어 있다. 센트럴 스탠다드 타이밍(Central Standard Timing)의 CSR-01 팔찌(Figure 16)는 시계이면서 패턴 뷰어 기능을 가진다. 전자종이를 이용하였고 디스플레이 패널은 금속으로 둘러싸 액세서리 느낌을 더 강조 시켰다. 글리고(GLIGO)의 원(One) (Figure 17)은 시침과 분침 바늘이 있는 아날로그적인 시계를 스마트 기능이 있는 위치 페이스를 결합하였다. 시계바늘이 돌아감과 별개로 배경화면에 여러가지 알람 기능을 선택적으로 나타내도록 설정할 수 있으며, 사용자의 활동 체크까지 가능하다. 전자종이 특유의 아날로그적인 감성을 시계바늘과 함께 결합한 점에서 다른 제품과 차별이 되어 있었다. 화면은 아날로그 손목시계 느낌과 최대한 비슷하게 디스플레이의 금속소재 마감 및 유리커버를 씌웠고 스트랩은 금속부터 부드러운 실리콘 소재까지 다양하였다. 누비아(Nubia) 알파(a) 시계(Figure 18)는 플렉시블 OLED 화면이 손목의 반 이상 둘러져서 감싸는 형태를 지니고 있다. 디스플레이의 유연성을 위해 유리커버를 사용하지 않아 방수기능은 없으며 화면의 과한 굽힘 제어를 위해 휘어짐은 고정되어 있다. 스마트폰과 유사한 기능을 가지고 있다.

손목 밴드 형 외에 제품유형으로는 신발, 옷과 모자, 안

경, 그리고 가방 순으로 제작이 시도되고 있었다. 밴드형이 아닌 제품들은 스마트 알림 기능 없이 모두 패턴 뷰어 기능을 가진 디자인이었다. 소니는 FES 위치를 2014년 처음 공개하면서 다른 종류의 약세서리 즉 신발(Figure 19), 보우 타이(Figure 23), 안경(Figure 27)에도 전자종이 패널을 이용한 디자인 아이디어를 공개하고 이를 기반으로 제작한 프로토타입 제품들을 소개하였다. 현재 이 제품들은 시제품화 되지 않았다. 이슈 테크놀로지(Ishuu Technologies)의 볼보리 스마트 슈즈(Volvorii smart shoe)(Figure 20)는 구두의 양 옆면에 전자종이가 이용되었으며 다양한 패턴으로 바꿀 수 있다. 이 회사는 앞서 소니와 비슷하게 전자종이를 이용한 가방 및 안경 디자인도 사이트를 통해 공개하였으나 프로토타입 제작은 이루어지지 않았다. 쉬프트웨어(Shiftwear)의 스니커즈(sneakers)(Figure 21)는 플렉시블 OLED를 이용하여 보다 화려한 색상의 영상을 운동화 끈을 제외한 제품 전체에 나타나도록 하였다. 운동화 화면에 나타날 수 있는 이미지는 2D부터 3D까지 다이내믹하게 변하는 화려한 영상들이었다. 뉴발란스(New balance)는 소니의 FES 팀과 전자종이를 이용한 테크 슈즈(Tech shoes)를 발표하였다(Figure 22). 운동화 옆면의 로고 부분과 밑창에 흑백 이미지가 나

타나고 걸을 때마다 이미지가 변환된다.

팔찌와 신발 다음으로 개발된 제품은 모자와 옷 형태였으며 안경과 가방 제품도 개발되었다. 제로 웨어러블스(Zero Wearables)의 에이치엘엔(HLN) 모자(Figure 24)는 모자 앞 크라운(crown) 부분에 전자종이 패널이 삽입되어 흑백의 로고 및 텍스트, 이미지 등을 나타낼 수 있다. 로열(Royole)사의 플렉시블 OLED 패널(Figure 25)은 모자와 옷에 삽입하여 사용할 수 있다. 모자에서는 앞 크라운 부분에, 옷은 티셔츠의 가슴부분에 패널이 삽입될 수 있는 주머니가 있다. 로열의 플렉시블 OLED 패널은 2020년 루이비통과 협업하여 가방제품을 제작하였다(Figure 28). 루이비통은 2020년 크루즈 컬렉션을 통해 다양한 모양의 가방에 플렉시블 OLED 패널을 이용하였다. 루이비통은 로열의 디스플레이를 이용하여 컬렉션에 어울리는 미래적인 영상 이미지를 비롯하여 루이비통의 다양한 가방 디자인 사진이 나타나는 인터넷 페이지를 가방 표면에 나타나도록 하였다. 웨어터알비엘(weartrbl)의 전자종이 티셔츠(Figure 26)는 옷과 패널의 분리형이 아닌 일체형으로 제작되었으며 금속사로 만든 유연한 테이프 디스플레이 프레임에 마감하여 제작하였다. 방수나 세탁가능성은 제시되지 않았다.

Table 3. Wearable Fashion Products with Flexible Displays

Types	Product						Display panel					
	Pictures (Product name)	Release year	Function	Materials excluding display	Flexibility excluding display	commercialization stage (Price)	Types	integration method in product	Cover window materials	Flexibility	Coverage	Displayed images
Wrist band	 Figure 6. Futaba's Wristwatch (www.oled-info.com)	2013	• Smart notification service	Rigid plastic	Rigid type	Prototype (undecided)	Flexible OLED	Undetachable	Glass cover	Rigid	1/2 of the wrist	Color video image
	 Figure 7. EmoPulse's Smart watch (www.oled-info.com)	2013	• Smart notification service	Rigid plastic	Rigid	Prototype (undecided)	Flexible OLED	Undetachable	Glass cover	Rigid	3/4 of the wrist	Color video image

Table 3. Continued

Types	Product						Display panel					
	Pictures (Product name)	Release year	Function	Materials excludin g display	Flexibility excludin g display	commercializ ation stage (Price)	Types	integration method in product	Cover window materials	Flexib ility	Cover age	Display ed images
Wrist band	 <b>Figure 8. Sony's smartband SWR30</b> (www.wearable.co m)	2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart notification service</li> <li>• Users' activity tracker</li> </ul>	Elastomer	Flexible	Stopped selling	E-paper	Undetachable	Rigid plastic cover	Rigid	Watch face	Black & white picture
	 <b>Figure 9. Sony's FES watch</b> (www.forbes.com)	2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Watch</li> <li>• Pattern viewer</li> </ul>	Elastomer	Flexible	On sale (₩520,000)	E-paper	Undetachable	Flexible plastic cover	Flexible	Entire wrist	Black & white picture
	 <b>Figure 10. LIBER8Tech's Targo Arc bracelet</b> (www.facebook.co m)	2014	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pattern viewer</li> </ul>	Metal	Rigid	Stopped selling	E-paper	Detachable	Flexible plastic cover	Flexible	Entire wrist	Black & white picture
	 <b>Figure 11. Lenovo's VB10</b> (www.wearable.co m)	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart notification service</li> <li>• Users' activity tracker</li> </ul>	Metal, rigid plastic, Elastomer	Flexible	Stopped selling	E-paper	Detachable	Glass cover	Rigid	Watch face	Black & white picture
	 <b>Figure 12. Polyera's E ink smart band</b> (www.oled-info.co m)	2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart notification service</li> <li>• Pattern viewer</li> </ul>	Elastomer	Flexible	Prototype (undecided)	E-paper	Undetachable	Flexible plastic cover	Flexible	Entire wrist	Black & white picture
	 <b>Figure 13. FlexEnable's smart watch</b> (www.flexenable.c om)	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart notification service</li> </ul>	Metal	Rigid	Prototype (undecided)	Flexible LCD	Undetachable	Glass cover	Rigid	1/2 of the wrist	Color video image

Table 3. Continued

Types	Product						Display panel					
	Pictures (Product name)	Release year	Function	Materials excluding display	Flexibility excluding display	commercialization stage (Price)	Types	integration method in product	Cover window materials	Flexibility	Coverage	Displayed images
Wrist band	 Figure 14. Withings' Go (www.wareable.com)	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Watch</li> <li>• Activity tracker</li> </ul>	Elastomer	Flexible	Stopped selling	E-paper	Detachable	Flexible plastic cover	Flexible	Watch face	Black & white picture
	 Figure 15. Samsung's Gear Fit2 Pro (www.samsung.com)	2016	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart notification service</li> <li>• Users' activity tracker</li> </ul>	Elastomer	Flexible	On sale (₩131,300)	Flexible LCD	Undetachable	Glass cover	Rigid	Watch face	Color video image
	 Figure 16. Central Standard Timing's CST-01 (www.kickstarter.com)	2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Watch</li> <li>• Pattern viewer</li> </ul>	Metal	Rigid	Prototype (undecided)	E-paper	Undetachable	Flexible plastic cover	Flexible	Entire wrist	Black & white picture
	 Figure 17. GLIGO's Watch One (www.igligo.com)	2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart notification service</li> <li>• Users' activity tracker</li> </ul>	Elastomer, Metal	Flexible	Stopped selling	E-paper	Detachable	Glass cover	Rigid	Watch face	Black & white picture
	 Figure 18. Nubia's (www.indianexpress.com)	2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart notification service</li> <li>• Users' activity tracker</li> </ul>	Metal, rigid plastic	Flexible	On sale (₩281,000)	Flexible OLED	Undetachable	Flexible plastic cover	Flexible	1/2 of the wrist	Color video image

Table 3. Continued

Types	Product						Display panel					
	Pictures (Product name)	Release year	Function	Materials excluding display	Flexibility excluding display	commercialization stage (Price)	Types	integration method in product	Cover window materials	Flexibility	Coverage	Displayed images
Shoes	 Figure 19, Sony's FES Accessories (www.digitaltoday.co.kr)	2014	• Pattern viewer	Fabric	Flexible	Prototype (undecided)	E-paper	Undetachable	Unknown	Unknown	Front cap's ribbon	Black & white picture
	 Figure 20, Ishuu Technologies' Volvorii smart Shoe (www.wearable.com)	2015	• Pattern viewer	Fabric	Flexible	Prototype (undecided)	E-paper	Undetachable	Flexible plastic cover	Flexible	Side skin	Black & white picture
	 Figure 21, Shiftwear's sneakers (www.engadget.com)	2015	• Pattern viewer	Fabric	Flexible	Prototype (undecided)	OLED	Undetachable	Flexible plastic cover	Flexible	All side of the shoe	Color video image
	 Figure 22, Sony FES & New Balance's Tech shoes (www.engadget.com)	2018	• Pattern viewer	Fabric	Flexible	Prototype (undecided)	E-paper	Undetachable	Flexible plastic cover	Flexible	Side skin, and insole of the shoe	Black & white picture
Clothes & Hat	 Figure 23, Sony's FES Accessories (www.digitaltoday.co.kr)	2014	• Pattern viewer	Fabric	Flexible	Prototype (undecided)	E-paper	Detachable	Unknown	Unknown	Bow-tie	Black & white picture

Table 3. Continued

Types	Product						Display panel					
	Pictures (Product name)	Release year	Function	Materials excluding display	Flexibility excluding display	commercialization stage (Price)	Types	integration method in product	Cover window materials	Flexibility	Coverage	Displayed images
Clothes & Hat	 <b>Figure 24. Zero Wearables' HLN Hat</b> (www.indiegogo.com)	n.d.	• Pattern viewer	Fabric	Flexible	Prototype (undecided)	E-paper	Undetachable	Flexible plastic cover	Flexible	Front crown	Black & white picture
	 <b>Figure 25. Royole's flexible shirts</b> (global.royole.com)	2018	• Pattern viewer	Fabric	Flexible	Prototype (undecided)	OLED	Detachable	Flexible plastic cover	Flexible	Chest, front crown	Color video image
	 <b>Figure 26. Wearabl's TRBL</b> (www.techcrunch.com)	2019	• Pattern viewer	Fabric	Flexible	On sale (€350)	E-paper	Undetachable	Flexible plastic cover	Flexible	Chest	Black & white picture
Glass	 <b>Figure 27. Sony's FES accessories</b> (www.digitaltoday.co.kr)	2014	• Pattern viewer	Rigid plastic	Rigid	Prototype (undecided)	E-paper	Undetachable	Unknown	Unknown	Temple	3 color picture
Bag	 <b>Figure 28. Louis Vuitton's OLED bag</b> (www.vogue.com)	2019	• Pattern viewer	Fabric	Flexible	Prototype (undecided)	OLED	Undetachable	Flexible plastic cover	Flexible	Side	Color video image

## 2. 개발 및 상용화 동향 분석

### 1) 제품 디자인

플렉시블 디스플레이가 이용된 가장 많은 웨어러블 패션 제품 형태는 손목 밴드 타입이었으며, 대부분 기본 시계기능을 포함하여 스마트 알람 서비스 기능, 사용자의 활동 추적 및 분석 기능들이 있었다. 종래의 스마트 워치 기능을 그대로 수행하면서 유연성을 높인 제품들이 많았으며, 스마트 기능이 없이 시계 및 패틴 뷰어 기능만을 가진 제품들도 있었다. 초기 모델들은 착용하는 스마트 폰의 개념으로 개발되었으나, 밴드 안에 많은 스마트기능을 삽입하려 했던 시도는 가볍게 착용되어야 하는 손목 밴드 개념과는 멀어 기능축소를 야기시켰다. 즉, 기능이 많으면 많을수록 필요한 전력으로 인한 배터리로 인해 무거워지고 두꺼워져 착용이 불편하기 때문이다. 그래서 착용가능한 스마트 폰 컨셉은 더 이상 웨어러블 패션 제품으로는 추가 개발되지 않았고, 대신 시계와 액세서리형 팔찌 형태로 기능이 분화 및 구체화되었다. 신발 형태 제품은 구두부터 운동화, 로고 및 장식부분까지 플렉시블 디스플레이가 이용되었다. 모자와 옷은 상대방의 시선 주목을 위해 앞 크라운 부분과 가슴부분 넓게 디스플레이 패널이 삽입되었고 안경 다리 부분과 가방 바디(body) 부분에 이용되었다.

손목 밴드형 제품들의 디스플레이는 사용자에게 피드백을 받기 위한 사용자 중심 정보 및 이미지가 나타난 반면, 나머지 형태의 제품 디스플레이들은 사용자 보다 타인의 관심을 끌기 위한 이미지 영상을 내보내는 경향이 있었다. 즉, 모자, 티셔츠, 가방 등에 나타난 이미지는 착용한 사용자보다 타인의 시선을 중시하여 브랜드 제품들이 나와있는 인터넷 페이지나 광고, 로고 등을 나타내어 제품 주변의 잠재적 소비자를 끌어오는 홍보역할을 하였다. 실제로 로열사는 개발한 디스플레이 패널을 심판들의 조끼 앞·뒤면에 삽입하여 광고를 내보내고 스포츠 경기의 라이브 방송 때 사용할 계획을 유튜브를 통해 발표하였다(Royole corporation, 2020) 해당 제품은 아직 실제 이용되지 않은 프로토타입 제품이며 실제 상용화 이용시에 굉장한 홍보 효과가 있을 것으로 예상된다.

플렉시블 디스플레이는 종류에 따라 화면에 나타낼 수 있는 이미지의 종류가 달라지므로 제품에 사용되었을 때 제품 전체의 분위기와 사용목적이 달라졌다. 플렉시블 OLED 와 플렉시블 LCD는 다채로운 컬러 영상 구현이 가능하기 때문에 다채롭고 화려한 시각 효과가 나타나야 하는 스마트 워치, 모자, 티셔츠, 가방 제품들에서 많이 발견되었다. 플렉시

블 OLED와 LCD는 이미지 모션을 이용하여 제품의 사용자 뿐 아니라 제품 주변의 타인까지 화면으로 시선을 유도하고 관심을 끌었으며 광고 및 홍보 효과까지 기대할 수 있었다. 전자종이는 상대적으로 구조적, 기술적 특성상 흑백의 두가지, 혹은 한 컬러가 더해진 세가지 색상만이 재현되고 정지된 이미지의 변환만 가능하여 장기간 한가지 패턴을 나타내야 하는 액세서리에 적용되었다. 전자종이에 나타나는 이미지는 종이나 직물의 질감과 유사한 아날로그적인 감성이 두드러졌으며 이를 이용한 워치 페이스 스크린, 팔찌 스트랩 패턴, 신발 패턴과 모자 로고디자인의 화면으로 이용되었다.

### 2) 디스플레이와 제품의 통합 방법

플렉시블 디스플레이들은 제품에 다양한 방법으로 통합 및 이용되었다. 통합방법은 일체형과 분리형으로 나누어 볼 수 있었다. 통합방법은 제품 전체의 유연성과 제품 세탁 가능여부에 영향을 미쳤다. 먼저 디스플레이가 일체형으로 들어간 제품의 경우, 디스플레이의 커버가 방수가 되는 재질로 씌워졌을 때 세탁이 가능하였다. 디스플레이가 제품과 분리되는 경우, 디스플레이 부분을 제외한 나머지 부분만 세탁이 가능하였다. 손목 밴드형의 경우 4개의 제품을 제외하고 모두 일체형이었다. 분리 가능한 제품들은 스트랩과 디스플레이 부분이 분리 가능하였다. 손목 밴드형 외 제품들은 2개의 제품을 제외한 나머지 제품들은 일체형이었다. 일체형일 경우 디스플레이 패널 부분의 손상 우려로 세탁이 거의 불가하며 세탁이 필요하거나 수분접촉이 우려되는 제품은 디스플레이 부분을 방수가 되는 딱딱한 플라스틱 커버나 유리 재질의 커버로 덮었다. 이런 경우는 완전한 유연성은 재현되지 않았다. 손목 밴드형의 경우, 인체의 굴곡이 큰 손목 부위에 접합하도록 화면을 구부린 채 딱딱하게 고정되어 제작된 경우와, 제품의 유연성을 더 강조하여 손목에 자연스럽게 휘감기는 경우로 나뉘었다. 딱딱하게 디스플레이가 고정된 경우 디스플레이와 제품의 통합은 금속이나 플라스틱 소재로 연결되는 경향이 나타났으며, 유연성을 강조한 제품들은 디스플레이 패널을 따로 분리시키거나 유연한 금속사나 실리콘 커버, 패션 소재와 연결되었다.

### 3) 제품 상용화 단계

플렉시블 디스플레이는 2013년을 시작으로 여러 개발자들에 의해 다양하게 개발되어 제품에 이용되었으나, 제품 형태 및 사용 목적, 성능, 디자인, 가격 경쟁력 등의 조건을 만족하는 웨어러블 플렉시블 디스플레이 제품만이 현재까지 개발을 이어오고 있었다. 제품 공개 및 출시와 더불어 상용화가

마무리된 제품은 많지 않았다. 플렉시블 디스플레이의 개발 초기 단계에서는 웨어러블 제품에 전자종이 기술이 주로 이용되었으나 전자종이의 화면 색 구현에 대한 한계와 초고해상도 및 동영상 구현 등에 대한 소비자 요구에 의해 플렉시블 OLED 및 플렉시블 LCD의 필요성이 증대하면서 관련된 제품들의 개발이 늘어났다(Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes, 2015). 본 연구에서 수집된 플렉시블 디스플레이가 이용된 웨어러블 패션 제품들 중 상용화가 완료되어 실제로 판매로 연결되었던 사례는 9개 제품들이었으며 이중 5개는 현재 판매 중단 상태였다. 나머지 제품들은 프로토타입까지 제작되었으나 판매로 이어지지 않았다. 판매된 적이 있는 9개 상품 중 7개가 전자종이가 사용된 제품이었으며 2개는 플렉시블 OLED가 이용된 제품들이다. 현재 판매되고 있는 제품들의 가격은 10 ~50만원대로 다양하였다. 프로토타입 제작 단계에 그친 제품들의 대부분은 박람회나 온라인사이트를 통해 발표되었으나, 기술 및 제품 제작에 대한 비용 지원을 목표로 하는 펀딩을 시도했던 제품들이 확인되었다. 제품들의 판매 중단 사유 및 추가 개발이 이루어지지 않은 이유에 대해 개발자들은 공식적으로 발표하지는 않았으나 현재 판매가 되고 있는 상품들과 브랜드들과 비교해보았을 때, 플렉시블 디스플레이의 도입 이전 다른 종류의 웨어러블 제품이나 리지드 타입의 유사 제품 개발에 대한 경험을 가지고 있는 대형 전자제품 회사의 제품들이 기술 개발, 제품 상용화, 판매의 유지에 유리한 조건이었을 것으로 추정한다. 플렉시블 디스플레이를 개발하고 생산하는 국내외 업계 현황과 관련 보고서(Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes, 2015)에 따르면 플렉시블 OLED와 플렉시블 LCD는 국내의 경우 대기업이 패널 및 소자 제작에 중점을 두고, 일부 중소기업이 소재 및 장비개발 연구를 진행중이라 하였다. 해외의 경우, 많은 미국, 유럽, 일본을 중심으로 플렉시블 디스플레이가 개발되고 있으며 특히 전자종이의 경우, E-ink사가 시장을 선도하고 패널의 상업화를 주도하고 있었다. 플렉시블 디스플레이 기술과 웨어러블 패션 제품의 결합은 첨단 전자 디스플레이 전자 패널을 유연하게, 높은 착용성으로, 그리고 패셔너블하게 만들어야 하는, 다양하고 복잡한 과정이 있어 단계별 개발에 많은 시행착오가 있을 것으로 추정한다. 제품개발이 완료되더라도 날마다 진화하는 플렉시블 디스플레이 기술로 인해 개선 제품 개발이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

#### IV. 결론

플렉시블 디스플레이는 종래의 전자제품의 부품에서 벗어나 패션 디자인과 패션 소재 분야의 범위를 새롭게 확장시켜 패션과 기술 융합의 연결고리가 되어 오고 있다. 플렉시블 디스플레이의 형태적인 특성은 웨어러블 패션 제품으로의 이용을 용이하게 하였으며, 기술적인 특성은 새로운 차원의 패션·기술 융합 제품을 이끌어냈다. 본 연구에서는 앞으로의 웨어러블 패션 제품으로의 이용이 많아질 것으로 기대하는 플렉시블 디스플레이에 대하여 먼저 그 특징을 이론적으로 살펴보고, 플렉시블 디스플레이의 패션제품으로의 적용 가능성에 대해, 실증적 사례연구를 통해 심도있게 논의하였다.

플렉시블 디스플레이는 화면이 구부러지고 휘어질 수 있어 패션 제품으로 이용되었을 때 우수한 착용성을 지님과 동시에 시선을 유도하는 이미지 화면을 제품 표면에 나타낼 수 있다는 기술적 장점을 가지고 있었다. 플렉시블 디스플레이는 제작 공정상의 이유로 완전한 유연성의 재현과 제작 가능 두께, 개발 비용, 그리고 화면에 나타낼 수 있는 이미지에 차이가 있었으며, 이 부분은 웨어러블 패션 제품 제작에 영향을 미쳤다. 플렉시블 디스플레이는 다양한 크기와 모양으로 웨어러블 패션 제품으로 이용되었다. 손목 밴드형부터 신발, 옷, 모자, 안경 부분까지 이용되었으며, 제품의 기능에 따라 이용되는 디스플레이의 종류 또한 달랐다. 플렉시블 OLED와 플렉시블 LCD가 이용된 제품들은 전자종이를 사용한 제품보다 화려한 영상 표현으로 인한 디자인, 스마트 알람 서비스 등의 기능을 수행하였다. 전자종이를 이용한 제품들은 종이와 비슷한 재질과 질감을 가진 디스플레이의 특성을 살려 아날로그적인 정지된 패턴 및 이미지를 표현하는 목적으로 사용되었다. 디스플레이들은 제품과의 일체, 혹은 분리되었고 이에 따라 제품 전체의 세탁 가능여부가 결정되었다. 또한 디스플레이의 커버 마감은 제품을 수분이나 공기로부터 보호하여 기능하게 하는데 도움을 주는 반면 유연성과 착용성 향상에는 반대되는 통합 방법이었다. 플렉시블 디스플레이를 이용한 제품들의 상용화 성공사례들은 많지 않았다. 개발 시도와 프로토타입 제작은 많이 발견되었으나 기술상의 이유로 판매로까지 이어진 경우는 드물었다. 플렉시블 디스플레이의 기술 진화로 인한 웨어러블 패션 제품 개선 및 추가 연구에 대한 어려움이 영향을 미쳤을 것으로 예상된다.

본 연구는 2010년 이후 2021년까지 출시된 플렉시블 디스플레이를 이용한 웨어러블 스마트 제품들을 대상으로 분석했으며 공개된 제품만을 연구대상으로 하였다는 점에 연구

의 한계가 있다. 많은 브랜드들이 플렉시블 디스플레이를 이용한 웨어러블 패션 제품에 대한 디자인 공개 혹은 특허 등록이 나날이 늘고 있지만 제품화, 상용화 단계까지 성공한 사례는 많지 않았다. 플렉시블 디스플레이가 사용된 웨어러블 패션 제품은 리지드 디스플레이를 사용한 제품들에 비해 개발이 상대적으로 늦게 시작되었고 플렉시블 디스플레이 패널 개발의 복잡성 및 개발 비용의 한계 등 개발자들이 극복해야 할 많은 어려움이 있지만, 플렉시블 디스플레이의 패션 제품으로의 이용 사례는 점차 늘고 있으며 디스플레이 발전 속도에 발맞추어 앞으로의 많은 웨어러블 패션 제품이 빠르게 출시되고 상용화 될 것으로 예상하는 바이다.

본 연구는 앞으로의 패션 분야로의 이용빈도가 늘어날 것으로 예상되는 플렉시블 디스플레이와 이를 이용한 웨어러블 패션 제품을 분석하여 최근 개발 및 상용화 동향을 살펴보는 실증 연구로서 전자기술과 패션을 융합하는 관련 산업에 기초자료가 될 수 있고 향후 관련 제품 개발자들의 설계방안에 도움을 줄 수 있다는 점에 의의가 있다. 플렉시블 디스플레이의 웨어러블 패션 제품으로의 적절한 이용을 위해서, 개발자들은 플렉시블 디스플레이의 기술적인 이해는 물론, 패션성을 가지기 위한 다양한 디자인 요소들을 잘 파악해야 할 필요가 있다. 개발자들은 제품의 유형 및 기능, 그리고 사용자에 따라 플렉시블 디스플레이의 종류를 심도 있게 고민하고 선택하여 사용해야 할 것이며, 차후 지속적으로 상용화, 제품화 유지를 위한 끊임없는 연구가 필요할 것이다. 개발자들은 앞서 선행 개발 제품들의 상용화 실패 이유로 제기되었던 여러 부분들, 즉 사용자 니즈의 파악 부족, 패널 기술 이해 부족, 제품화 지속을 위한 금전적인 지원 부족, 우수한 패널 개발 기술을 가진 브랜드들과의 협력 등의 문제를 해결해야 할 것이다.

본 연구가 플렉시블 디스플레이를 이용하여 제품을 개발하고자 하는 연구자들에게 플렉시블 디스플레이의 형태적·기술적 특성에 대한 이론적 이해에 도움을 주고, 분석된 선행 제품 개발 사례들을 바탕으로 성공적인 제품 개발 연구가 진행되는데 도움이 되기를 바란다. 성공적인 제품을 위해서는 플렉시블 디스플레이는 첨단 디지털 기술과 영상으로, 패션 제품은 브랜드 상징, 공예, 그리고 아날로그적 감성으로서 어느 한 분야로의 흡수가 아닌 두 분야의 장점이 부각되는 방향으로 융합되어야 함을 제언한다.

## Reference

- Allen, K. J. (2005). Reel to real: Prospects for flexible displays. *Proceedings of the IEEE*, 93(8), 1394-1399. doi: 10.1109/JPROC.2005.851511
- Bendable screen. (2018, July 25). Retrieved March 4, 2021, from <https://news.samsung.com/us/samsung-displays-unbreakable-panel-certified-underwriters-laboratories>
- Central Standard Timing's CST-01. (2017, May 20). Retrieved December 29, 2020, from <https://www.kickstarter.com/projects/1655017763/cst-01-the-worlds-thinnest-watch/faqs>
- Chun, H. W., Heo, P. S., & You, I. K. (2008). A Study on the Technology and Development of Flexible Display. *Electronics and Telecommunications Trends*, 23(5), 153-163.
- Curved screen. (2013, October 9). Retrieved August 29, 2020, from <https://news.samsung.com/global/galaxy-round-in-the-office-editorial>
- EmoPulse's Smart watch. (2013, June 20). Retrieved March 21, 2020, from <https://www.oled-info.com/emopulse-seeks-produce-flexible-oled-smart-watch>
- Foldable screen. (n.d.). Retrieved 4 March, 2021, from <https://www.samsung.com/us/mobile/galaxy-z-flip/buy/?link=galaxy-z-flip-5g>
- FlexEnable's smart watch. (2016 February 29). Retrieved March 10, 2021, from <https://www.flexenable.com/blog/organic-lcd-technology-paving-the-way-to-flexible-displays>
- Flexible OLED principle and future. (2017, October 18). [디스플레이 뜯어보기] @ 플렉시블 OLED 원리와 미래 [Flexible OLED principle and future]. Samsungdisplay newsroom. Retrieved December 12, 2020, from <https://news.samsungdisplay.com/11544>
- Futaba's Wristwatch. (2013 October 27). Retrieved March 21, 2020, from <https://www.oled-info.com/futaba-oled-roadmap-unveiled-starts-producing-formable-pmoled-panels>
- GliGo's Watch One. (n.d.). Retrieved January 7, 2021, from <http://www.igligo.com/index.php?m=content&c=index&f=show&catid=7&l=1&contentid=29/>
- Gunseli, Y. (2019, May 16). Louis Vuitton premieres "cutting-edge" bags with flexible screens. *Dezeen*. Retrieved March 3, 2021, from <https://www.>

- dezeen.com/2019/05/16/louis-vuitton-oled-screen-bags /
- Hertel, D., & Penczek, J. (2020). Evaluating display reflections in reflective displays and beyond. *Information Display*, 36(2), 14–24. doi: 10.1002/msid.1099
- Ishuu Technologies' Volvorii smart Shoe. (March 16, 2015). Retrieved March 10, 2021, from <https://www.wearable.com/fashion/volvorii-smart-shoe-has-customisable-e-paper-panels-and-wireless-charging-944>
- Kim, J. C., Yun, T. H., Han, G. Y., & Park, W. S. (2002). 반사형 LCD의 기술 동향 [Technology trend of reflective LCD]. *Information Display*, 3(1), 2–9.
- Kim, W., Kwon, S., Han, Y. C., Kim, E., Choi, K. C., Kang, S. H., & Park, B. C. (2016). Reliable actual fabric-based organic light-emitting diodes: toward a wearable display. *Advanced Electronic Materials*, 2(11), 1600220. doi: 10.1002/aelm.201600220
- Lee, H., Suh, S., & Roh, J. S. (2017). Analysis on the characteristics and product trend of wearable smart actuator. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 41(6), 1022–1038. doi: 10.5850/JKSCT.2017.41.6.1022
- Lee, J. K. (2014, December 3). '카멜레온 변신'...소니, 전자종이로 만든 웨어러블 ['Chameleon Transformation'... Sony to create wearables made of e-paper]. *Digitaltoday*, Retrieved November 22, 2020, from <https://www.digitaltoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=55420>
- Lee, S., Han, J. H., Lee, S. H., Baek, G. H., & Park, J. S. (2019). Review of organic/inorganic thin film encapsulation by atomic layer deposition for a flexible OLED display. *Jom*, 71(1), 197–211. doi: 10.1007/s11837-018-3150-3
- Lenovo's VB10. (2015, January 29). Retrieved March 10, 2021, from <https://www.wearable.com/fitness-trackers/lenovo-vibe-band-vb10-specs-price-release-date-665>
- Li, W. Y., Chiu, P. H., Huang, T. H., Lu, J. K., Lai, Y. H., Huang, Y. S., Chuang, C. T., Yeh, C. N., & Sugiura, N. (2015, June). 9.3: The first flexible liquid crystal display applied for wearable smart device. In *SD Symposium Digest of Technical Papers* (Vol. 46, No. 1, pp. 98–101). doi: 10.1002/sdtp.10294
- LIBER8Tech's Targo Arc bracelet. (2014, November 1). Retrieved May 20, 2021, from <https://www.facebook.com/watch/?extid=SEO----&v=1556798197869215>
- Louis Vuitton's OLED bag. (2019, May 9). Retrieved May 20, 2021, from <https://www.vogue.com/article/louis-vuitton-wants-to-turn-your-bag-into-a-tv>
- Nubia's α. (2018, September 1). Retrieved March 1, 2020, from <https://indianexpress.com/article/technology/mobile-tabs/ifa-2018-nubia-alpha-concept-phone-smartband-design-5335072/>
- Park, Y. (2019). The different analysis of the preference and benefits sought of smart clothing based on demographic characteristics, *Journal of Fashion Business*, 23(1), 1–13. doi: 10.12940/jfb.2019.23.1.1
- Polyera's E ink smart watch. (2015, August 20). Retrieved March 12, 2021, from <https://www.oled-info.com/polyera-announces-flexible-e-ink-smart-band-based-their-otft-backplanes>
- Qin, Z., Chen, Y. W., Lin, F. C., Hung, C. M., Shieh, H. P. D., & Huang, Y. P. (2018). Ambient-light-adaptive image quality enhancement for full-color e-paper displays using a saturation-based tone-mapping method. *Journal of the Society for Information Display*, 26(3), 153–163. doi: 10.1002/jsid.645
- Rollable screen. (n.d.). Retrieved March 4, 2021, from <https://www.lg.com/global/lg-signature/rollable-oled-tv-t>
- Royole's flexible shirts. (n.d.). Retrieved January 7, 2021, from <https://global.royole.com/us/flexible-shirt>
- Royole corporation (2020 July 14). FIBA 3x3 Tournament with the World's First Royole Wearable OLED Display Advertising in Live Sport [Video] Youtube. Retrieved July 1, 2021, from <https://www.youtube.com/watch?v=HLI1T54DNt0>
- Samsung's Gear Fit2 Pro. (n.d.). Retrieved January 7, 2021, from <https://www.samsung.com/in/microsite/gear-fit2-pro/>
- Commercialization Promotion Agency for R&D Outcomes. (2015, March). *플렉서블 디스플레이 기술*

- 빛 시장동향 [Flexible display technology and market trends]. Retrieved July 1, 2021, from <https://www.itfind.or.kr/admin/getFile2.htm?identifier=02-001-180112-000007>
- Shiftwear's sneakers. (2015, November 29). Retrieved March 4, 2021, from <https://www.engadget.com/2015-11-28-shiftwear-e-paper-sneakers.html>
- Song, H. (2018). Study on the Tendency of Interest of Wearable Textile Products according to College Students' Fashion Life Style. *Journal of Fashion Business*, 22(1), 41-55. doi: 10.12940/jfb.2018.22.1.41
- Sohn, Y., Moon, G., Choi, K., Kim, Y., & Park, K. (2017). Effects of TFT mobility variation in the threshold voltage compensation circuit of the OLED display. *Journal of Information Display*, 18(1), 25-30. doi: 10.1080/15980316.2016.1259128
- Sony's FES accessories. (2014, December 3). Retrieved November 22, 2020, from <https://www.digitaltoday.co.kr/news/articleView.html?idxno=55420>
- Sony's FES watch. (2014, November 28). Retrieved January 7, 2021, from <https://www.forbes.com/sites/ianmorris/2014/11/28/sonys-amazing-new-fes-watch-is-now-official-uses-e-paper-display-and-strap/?sh=42b3c1371496>
- Sony's smartband SWR30. (2014, November 19). Retrieved March 10, 2021, from <https://www.wearable.com/fitness-trackers/sony-smartband-talk-review>
- Sony FES and New Balance's Tech shoes. (2018, August 31). Retrieved July 21, 2021, from <https://www.engadget.com/2018-08-31-fes-sony-new-balance-sneakers.html>
- Sony unveils its new products at IFA 2018. (August 30, 2018). Sony. Retrieved August 8, 2020, from <https://www.sony.com/en/SonyInfo/News/Press/201808/18-067E/>
- Stretchable screen. (2019, May 22). Retrieved July 21, 2021, from <http://news.samsungdisplay.com/19148?s>
- The era of seeing through an innovative display. (2020, April). 혁신하는 디스플레이로 바라보는 시대 [The era of seeing through an innovative display]. *Etri Webzine*. Retrieved March 12, 2021, from <https://www.etri.re.kr/webzine/20200410/sub01.html>
- Wang, L., Liu, G. S., Wang, Y. C., Su, J., Wang, X. D., Zeng, X., Deng, S. Z., Shieh, H. P. D., & Yang, B. R. (2017). Transfer printing for fabrication of flexible RGB color e-paper. *Journal of the Society for Information Display*, 25(6), 384-390. doi: 10.1002/jsid.562
- Weartrbl's TRBL. (2019, February 22). Retrieved March 1, 2020, from <https://techcrunch.com/2019/02/21/weartrbl-lets-you-express-yourself-with-a-connected-t-shirt>
- Withings' Go. (2016, May 6). Retrieved August 29, 2020, from <https://www.wearable.com/fitness-trackers/withings-go-review>
- Zero Wearables's HLN Hat. (2016, March 18). Retrieved July 2, 2021, from <https://www.indiegogo.com/projects/zero-wearables-customize-your-hat#>

---

Received (August 15, 2021)

Revised (September 9, 2021)

Accepted (September 14, 2021)