

사운드 스펙트로그램과 심층신경망 기법을 사용한 패셔너블한 웨어러블 제품 디자인을 위한 테크놀로지

김 영 언 · 김 이 경 · 박 구 만*

서울과학기술대학교 NID 융합대학원 정보통신미디어공학전공 박사과정
서울과학기술대학교 NID 융합대학원 정보통신미디어공학전공 겸임교수
서울과학기술대학교 NID 융합대학원 정보통신미디어공학전공 교수*

요 약

디지털 문화가 보급되면서 다양한 문화 양식과 사조를 공유하게 되었고, 새로운 장르의 스타일을 창조하는 경향을 낳았다. 이러한 현상으로 패션과 기술이 융합된 디자인 개발도 폭넓게 전개되고 있다. 기존의 창작과 미에 중점을 둔 스타일과는 다른 새로운 장르인 패션이 가미된 웨어러블 제품은 차세대 상품으로 많은 기대와 관심 속에 시장 도입이 되었다. 그러나 최근 웨어러블 제품의 시장 동향은 성장 없이 혼돈 속에 있으며, 기술적 기능만을 중시한 상품 도입이 여러 부진 원인중의 하나로 분석되고 있다. 시장을 활성화하기 위한 방안의 하나로 웨어러블 제품은 외부로 드러나는 착용형의 상품이므로, 사용자의 정체성을 표현할 패션이라는 요소가 융합되고 자동 반응하는, 독자적인 가치를 갖는 디자인을 구현해야 한다. 본 논문에서는 패션과 인공지능 기술을 융합하여 웨어러블 제품에 장착된 디스플레이가 사용자가 자각하지 않은 상태에서 주위 환경에 따라 자동으로 반응하여 사전 디자인에 따라서 패셔너블하게 디스플레이 되도록, 패션이 가미되어 디자인된 디스플레이를 갖는, 패션과 인공지능이 융합하여 자동으로 반응하는 웨어러블 제품에 사용할 테크놀로지를 제안한다. 사운드 스펙트로그램으로 주위환경에서 입력된 소리의 특징을 추출하고 DNN의 Keras 기법으로 특성을 분류하여 레이블링한 후, 자동으로 반응하여 설정된 패션에 맞게 음향을 패션영상으로 변환하여 패셔너블하게 디스플레이 하도록 하는 것이다. 제안된 실험 시스템으로 채집된 소리 샘플을 실험한 결과 -10 dB이내의 노이즈 환경에서 우수한 인식률을 나타내어 웨어러블 제품의 주위 환경에서 채집 가능한 소리를 인식하는 것이 가능함을 확인하였다. 사용자의 사전 디자인에 따라 디스플레이가 자동 반응하여 사용자의 아이덴티티를 표현할 패셔너블한 웨어러블 제품의 디자인에 사용할 음향-패션영상 변환 맵을 제안하였다. 실험에서 분류된 레이블로 음향을 패션영상으로 변환하여 패셔너블하게 디스플레이 하는 것이 가능함을 검증하였다.

주제어 : 웨어러블 제품, 자동 반응 테크놀로지, 사운드 스펙트로그램, 심층신경망, 패션 디스플레이

*교신저자: 박구만, gmpark@seoultech.ac.kr

접수일: 2018년 4월 24일, 수정논문접수일: 2018년 5월 16일, 게재확정일: 2018년 6월 11일

I. 서론

1. 연구 목적

디지털 문화가 보급되면서 대중들은 다양한 문화양식과 사조를 한 시대에 공유하게 되었고 이것은 영역간의 경계를 무너뜨려 새로운 장르의 스타일을 창조하는 경향을 낳았다. 이러한 현상은 디자인 분야에서 다기능을 실행하거나 다양한 스타일을 하나로 융합시킨 형태를 가진 ‘하이브리드 디자인’ 개발로 폭넓게 전개되고 있다. 패션분야도 위와 같은 현상으로 다양한 형상을 띠며 기존의 창작과 미에 관점을 둔 스타일과는 다른 새로운 실험적인 패션의 개발 형태로 진행되고 있다. 또한 테크놀로지의 발달로 현대인의 생활은 기존에는 상상할 수 없었던 규모로 확대되어, 현대 디자인에서 테크놀로지는 디자인에 영향을 미치거나 돕는 단순한 도구가 아닌 디자인을 결정하는 매우 중요한 요소가 되었으며, 예술과 디자인에서 미를 결정하는 요소가 되었다(Yoon & Kang, 2010). 이와 같은 흐름 속에서 패션과 테크놀로지의 융합으로 웨어러블 제품이라는 새로운 시장이 형성되었고 군사, 의료 목적 외에 피트니스, 엔터테인먼트, 헬스케어, 의류, 장신구 등 산업 전 분야에서 활용 가능성을 보이고 있다(Yang & Kim, 2015).

웨어러블 제품은 초기에 피트니스용 스마트 밴드나 위치와 같이 스마트폰에 이은 차세대 기술상품으로 도입되어 기대를 모으고 있다. 2013년 1700만개의 출하를 시작으로 2020년에 1억 8700만개의 시장으로 연간 약 34% 성장이 될 것으로 시장조사기관인 트랙티카(Tractica)는 예측하고 있다(Consulate General of the Republic of Korea in Los Angeles, 2017). 그러나 웨어러블 제품의 초기 시장은 지난 몇 분기동안 약간의 부진을 겪고 있으며, 시장조사기관 카날리스에 따르면 2017년 3분기의 세계 웨어러블 제품의 출하량은 1730만대로 2016년 같은 기간의

1765만대에 비하여 2%가 줄어들었다(Kim, 2017). 시장의 부진에 대한 요인으로 작은 화면, 특수기능 미비, 독립성 부족, 실용성 부족, 불편한 입력장치, 배터리 제약 및 패션성 부족 등으로 분석되고 있다(Okko, 2017).

웨어러블 제품은 스마트 폰처럼 누구나 사용하는 제품이 아니기 때문에 스마트 인터페이스 기능이나 기술적 요인만으로 사용자를 만족시키기 힘든 제품이다. 즉, 웨어러블 제품은 항상 외부로 드러나는 제품특징을 갖고 있으므로 사용자의 정체성을 표현할 패션이라는 요소와 테크놀로지를 융합하는 것이 매우 중요하다(Yang & Kim, 2015). 패션과 테크놀로지의 융합에 의한 새로운 디자인과 기능에 의하여 기존 장르를 탈피하고 영역을 확장하는 디지털 시대의 흐름에 부응하는 새로운 패러다임의 니즈가 있다.

시장의 확대에 어려움을 겪고 있는 웨어러블 제품은 활성화를 위하여 인공지능 같은 테크놀로지가 적용된 패션 상품으로 도입되어야 한다. 즉, 스마트 폰과 같은 기존 제품의 보조적 역할을 하는 제품이 아닌, 대체 불가능한 웨어러블 제품으로 독자적인 가치를 갖는 패션 상품으로 도입되어야 한다(Han & Han, 2014). 결론적으로 스마트 기기, 액세서리나 의상 같은 웨어러블 제품은 지속적인 성장을 위하여 기술적 집약과 동시에 예술적 감각이 있는 패션과 융합하는 패셔너블한 디자인이 반드시 필요하다. 예로 미래의 패션, 농치지 말아야 할 웨어러블 트렌드 10선의 3번째에 있는 작품, 『Don't just stand there』는 홀로그램 가죽으로 만든 드레스가 소리에 반응하여 빛을 내는 작품(Esther, 2017a)처럼, 소리를 듣고 반응하여 불을 켜는 테크놀로지를 채용한 작품도 있다. 그러나 1차원적인 작품으로 소리를 듣고 반응하여 불을 켜는 단계에서 진일보하여, 패션과 차세대 웨어러블 테크놀로지를 융합하여 자동으로 소리에 감응하고 소리의 특징을 인지하여 이에 상응하도록 디스플레이

레이 하는 기술적인 업그레이드가 요구된다. 또, 웨어러블 제품들은 사회에 적응하는 사회성뿐 만 아니라 안전성 및 확장성도 구비하여, 다양한 인터페이스를 통하여 웨어러블 제품을 사용하는 중에도 사용자가 다른 행동을 할 수 있어야 한다. 즉, 주변 환경의 변화하는 정보를 스스로 인지하여 설정에 따라서 제품 스스로 주변 음향 환경을 인식하고 자동적으로 반응하는 테크놀로지가 필요하다.

본 논문에서는 주위 음향 환경을 인식하고 센싱하는 테크놀로지와 실험에 필요한 음향 샘플을 채집하고 분석하는 테크놀로지 및 사운드 스펙트로그램(spectrogram)과 DNN(Deep Neural Networks)의 Keras 기법을 사용하여 특징을 추출하고 분류하여 레이블링하는 테크놀로지를 제안하고 검증한다. 그리고 생성된 레이블링 값에 의하여 음향을 패션 영상으로 실시간으로 변환하여 사용자의 아이덴티티를 표현할 변환 맵 테크놀로지 등과 같은 차세대 웨어러블 제품에서 자동 반응에 필요한 테크놀로지들을 제안하고 확인한다. 또 차세대 웨어러블 제품의 디스플레이에 패션이 가미된 사용자의 사전 디자인에 따라서 패셔너블하게 동작하는 차세대 웨어러블 기기에 장착되는 패션 디스플레이를 제시하고 그래픽으로 구현한다. 제안한 실험 시스템으로 주위 음향에 자동 반응하여 주변 소리를 인식하는 것이 가능함을 확인한다. ‘차세대 웨어러블 제품’은 ‘패셔너블한 웨어러블 제품’으로 제품의 디자인과 디스플레이의 영상 디자인이 기술 위주가 아닌 패션이 가미되어 디자인된 제품을 의미한다.

2. 연구방법 및 범위

본 연구의 목적을 수행하기 위하여 패션과 테크놀로지가 융합된 디자인에 대한 현상을 분석한다. 또 차세대 웨어러블 제품 시장의 특성과 니즈

에 부응하기 위하여, 웨어러블 제품이 우리가 입는 의상과 큰 다름없이 웨어러블 제품에 장착된 디스플레이가 사용자가 자각하지 않은 상태에서 (Han & Han, 2014) 주위 환경에 따라서 자동적으로 반응하고, 음향-패션영상으로 변환하여 패션이 가미되어 디자인된 디스플레이가 되도록 한다. 사운드 스펙트로그램과 DNN의 Keras 기법을 사용하여, 주위 음향 환경을 센싱하고 인식한다. 사전에 사용자가 디자인한 패션과 자동적으로 반응하는 테크놀로지를 융합한 패션이 가미되어 디자인된 디스플레이로 사용자의 아이덴티티를 표현할 수 있는 차세대 웨어러블 제품의 실험 시스템을 구성한다. 사용자 주변의 음향이나 대화하는 상대방의 소리를 인지하여 사운드 스펙트로그램으로 입력된 음향의 특징을 추출한다. 음향샘플은 50 dB~60 dB의 웨어러블 제품이 사용되는 환경에서 녹음하거나 프리사운드(<https://freesound.org>)에서 다운받아 사용한다. DNN의 Keras 기법으로 추출된 특징을 분류하여 웨어러블 제품이 스스로 음향 환경을 인식하여 환경에 조화되도록, 웨어러블 제품에 장착된 디스플레이를 설정된 디자인 패턴에 맞게 자동으로 제어하여 패셔너블하게 디스플레이 할 수 있도록 한다.

II장은 패션과 테크놀로지가 융합되어 외부조건에 반응하는 반응성 웨어러블 제품에 대한 선행연구를 조사, 분석하고 비교 평가한다. 웨어러블 샘플에 대한 자료는 Shin(2009), Esther(2017a), Esther(2017b), 폰아레나(<https://www.phonearena.com>), 언크레이트(<https://uncrate.com>)에서 인용하였다.

또 웨어러블 제품의 주위 음향 환경을 탐사하여 음향 샘플을 수집하고, 수집된 음향 샘플의 특징을 추출하는 방법과 추출된 특징을 분류하고 레이블링하는 방법을 제안한다. 음향을 패션영상으로 변환하여 패셔너블하게 디스플레이 하는 차세대 웨어러블 제품을 디자인하기 위한 음향-패션영상 변환 디자인 맵을 제시한다. III장은 웨어러블

제품에서 인공지능 기술과 패션을 융합하는 실험 시스템을 구성하고, 웨어러블 제품과 유사한 환경에서 채집하여 녹음한 소리 샘플을 사용하여 실험한 후, 결과를 고찰한다. 또 레이블에 따라서 음향을 패션영상으로 변환하기 위한 디자인 맵의 변환 방법을 제안하고 확인한다. 끝으로 IV장은 결론과 향후 지속적으로 전개될 패션과 테크놀로지가 융합된 웨어러블 제품의 연구 방향을 제시한다.

II. 반응성 웨어러블 제품의 현황과 차세대 제품의 구현방법

1. 패션으로 본 반응성 웨어러블 제품의 현황

1968년 이반 서덜랜드(Ivan Sutherland)에 의하여 웨어러블 컴퓨터의 개념이 최초로 도입되기 시작한 이후 웨어러블 제품에 패션과 테크놀로지가 다양하게 접목되고 있다(Gang & Kim, 2011). 이러한 융합기술은 복장, 치장이나 장식의류 등의 패션 상품에 광범위하게 적용되어 착용감, 미적가치 및 편안함에 영향을 미치고 있다(Kim, 2008; Yoon & Kang, 2010).

사비네 세이무어(Sabine Seymour)의 저서 『Fashionable Technology: 2008』 디자인 패션, 과학 그리고 테크놀로지의 만남』은 오넬스(O'neils)의 MP3 재킷과 토이 피아노 셔츠 같은 다양한 일렉트로닉 의류와 프란체스카 로젤라(Francesca Rosella)의 허그 셔츠 같은 인터랙티브한 의류 및 마이크로 비(Micro Be)의 와인 드레스 같은 사이언티픽한 의류 등의 패션과 테크놀로지가 융합된 웨어러블 테크놀로지의 사례들을 잘 소개하고 있다. 한 예로 리카르도 나시멘토(Ricardo Nascimento), 에브루 쿠어박(Ebru Kurbak)과 파비아나 시즈에(Fabiana Sizue)가 공동 제작한 고주파 신호에 반응하여 깃털을 내부에서 조정하여 깃털을 <Figure 1>의 좌, 우와 같이 상하로 움직이도록 고안한 깃털 달린 모자



Figure 1. 『Taiknam Hat』 by Ricardo Nascimento.
From Shin, (2009).
<http://www.designdb.com>



Figure 2. 『Dress』 by Amy Winters.
From Esther, (2017a).
<https://brunch.co.kr>

『Taiknam Hat』(Shin, 2009)과 같이 패션과 테크놀로지가 융합된 작품도 있다.

패션 시장에서 웨어러블 제품에 반응하는 기능을 사용하는 반응성 의류도 발표되었다. LED 테크놀로지와 패션이 결합한 작품 중의 하나로 레인보우 윈터스(Rainbow Winters)의 대표 디자이너이며, 주위환경에 반응하는 반응성 의류를 만드는 것으로 알려진 아미 윈터스(Amy Winters)의 작품 중에 홀로그램 가족으로 만든 『Dress』라는 작품이 있다(Figure 2). 디자이너는 이를 시각화 된 음악(visual music)이라고 표현하는 이 작품은 음량을 키우면 소리에 반응하여 빛을 내는 작품이다. 새로운 시각에서 디자인된 패션 작품으로 소리를 듣고 반응하여 불을 켜는 작품이며, 소리를 센싱하여 반응하는 패션과 테크놀로지가 결합한 1차원적인 작품이다(Esther, 2017a). <Figure 2>처럼 좌우가 동일한



Figure 3. Lighting dress and LED circuit board by Moon Berlin.
From Esther. (2017b).
<https://brunch.co.kr>

작품이나 LED를 On/Off하여 서로 다른 작품처럼 보여주고 있다.

그리고 럭셔리 의류를 만드는 문 베를린(Moon Berlin)은 디자인을 돋보이게 할 수 있는 패션화 기술에 중점을 두고 있다. 부드러운 회로로 이루어진 LED가 의상 속에 부착된 고무와 유사한 재질의 물질에 결합된 전자회로와 연결되어 패션 디자인에 LED 테크놀로지를 접목하는 작품도 있다(Figure 3). 오른쪽 그림처럼 의상에 프렉시블(flexible)한 LED 전자회로를 부착하여 스위치 작동에 의하여 LED를 On/Off하는 작품으로, 이 작품 역시 1차원적으로 패션과 테크놀로지가 결합한 디자인이다(Esther, 2017a). 이와 같이 기존에 발표된 작품들은 소리에 감응하거나 스위치 조작에 의하여 직접 디스플레이하는 웨어러블 작품으로 소리의 특징을 분류하지 않는 수동적인 방법을 사용하고 있는 작품이다.

2. 테크놀로지로 본 반응성 웨어러블 제품의 현황

페블(Pebble)은 2012년 애플워치보다 먼저 1세대 스마트 워치를 처음 공개하고 출시했다. 초기의 발매 제품들은 기능 및 스마트 기술에 초점을 맞춘 제품들로 발매 후 몇 년 만에 모두 시장에서 철수 하였다. 웨어러블 기능은 충분히 어필하지만 스마트 폰이 제공하는 기능을 훨씬 뛰어넘는 제품은 아니라는 분석이고, 디자인 부문에서도 기능에 중점을 둔 제품으로 인식되었다. 이어서 삼성 등



Figure 4. Smart watch made by Pebble.
From PEBBLE TIME SMARTWATCH. (n.d.).
<https://uncrate.com>



Figure 5. Smart watch made by Samsung and Apple.
From Kostadinov. (2018).
<https://www.phonearena.com>

에서 2세대 3세대 4세대 제품들이 출시되고 있다(Yang & Kim, 2014). 기어(Gear) S에 비하여 S2나 S3은 패션 부문에서 점차 진보를 이루었으며, 삼성 기어 S4나 애플의 S4의 경우는 많은 부분에서 새롭게 패션이 가미된 것을 알 수 있다. <Figure 4>와 <Figure 5>는 스마트 워치의 세대에 따른 디자인의 변화를 보여주고 있다. <Figure 4>가 페블의 1세대 제품이고 <Figure 5>가 삼성 S4와 애플의 S4에 대한 디자인이다. 초기 페블 제품의 경우, 기능위주의 기술상품으로 도입되어 디자인 측면에서는 패션을 많이 고려하지 않은 제품임을 알 수 있다. S4 디자인은 초기 제품에 비하여 패션에 대한 융합에 많은 배려를 하여 디자인 한 제품이다. 그러나 S4 도 목소리 같은 단일 음성에 대한 인식은 가능하나 사용자 주변의 일반적인 소리에 감응하고 특성을 추출하여 분류하고 스스로 반응하여 디스플레이를 변화시키는 테크놀로지는 탑재되지 않았다. 다음 버전에서 자동 반응 등 새로운 테크놀

로지의 도입이 예상된다.






향후 패셔너블한 웨어러블 제품의 테크놀로지의 활용은 그저 티셔츠나 청바지에 어떤 센서를 붙이는 정도에 그치지 않는다. 커넥터와 USB, 태양열 전지판으로 모듈화된 미래의 웨어러블 테크놀로지는 마치 퍼즐을 맞추듯 상대방의 옷과 연결되어 데이터 교환을 할 수 있을 뿐 아니라, 자동으로 반응하여 디스플레이를 조절하거나 감정 교류까지 하는 등(Shin, 2009) 다양한 방식으로 진행이 될 것이다.

<Table 1>에 패션으로 본 반응성 웨어러블 제품 3종과 테크놀로지로 본 반응성 웨어러블 제품 2종을 대표 사례로 선정하고 기술적 특성과 효과를 비교분석하였다. 선정 조건은 반응성 제품이며, 모터, LED나 OLED 디스플레이를 사용하는 제품 중에서 고려하였다. 즉 패션 제품에 가까운 제품 3종과 테크놀로지 제품에 가까운 제품 2종을 선정하였다. 삼성과 애플은 시장을 리드하는 회사로 선정하였다. 선정된 패션과 테크놀로지가 융합된 각 웨어러블 제품에 대하여, 적용한 기술, 효과, 입력, 출력 및 전력소비에 대하여 정리하였다(Ha &

Kim, 2014). 의류나 작품에 적용된 LED 라이팅 방법으로 소비전력이나 와이어링(wiring)을 고려하여 사용자의 작동이나 신호를 들어서 한 개의 LED나 복수의 LED를 사용하여 불을 켜고 끄는 방법을 사용하고 있으며, 통신 방법도 단일방향 통신을 사용하고 있다. 웨어러블 제품의 디스플레이는 LED나 OLED 디스플레이가 사용되고 있다. 스마트 위치는 외부에 노출되게 착용하여 사용하는 제품임에도 불구하고 사용자 개개인의 개성이나 특성을 나타낼 수 없는 동등한 기능과 동일한 디자인으로 사용되도록 제작되어 있다. 스마트 위치 관점에서 소비전력은 현재도 많이 소비하고 있어서 장시간 사용에 어려움이 있다. 다른 한편으로, 통신방법을 단일방향에서 양방향으로 통신을 하거나, 사전에 사용자가 디자인한 패턴을 탑재한 OLED 디스플레이 같은 패션이 가미되어 디자인된 디스플레이를 사용하기 위한 차세대 웨어러블 테크놀로지의 구현시 전력소비는 매우 중요한 요소이다. ‘반응성 웨어러블 제품’은 자체조작이나 외부입력에 의하여 반응하는 제품을 의미한다.

현재 출시되거나 활용되고 있는 패션과 테크놀

Table 1. Characteristics of fashionable wearable products.

Art Name	Taiknam	Visual Music	Moon's Dress	Samsung S4	Apple S4
Image	 Figure 1. 『Taiknam Hat』.	 Figure 2. 『Dress』.	 Figure 3. Lighting dress and LED circuit board.	 Figure 5. Smart watch made by Samsung and Apple.	 Figure 5. Smart watch made by Samsung and Apple.
Author	Ricardo Nascimento	Amy Winters	Moon Berlin	Samsung	Apple
Effect	Moving a Feather	LED Lightings	LED Lightings	Watch + Smart + Fit	Watch + Smart + Fit
Technology	RF Receiving	LED on/off	Light on/off	Watch + IT + Display	Watch + IT + Display
Input	Antenna	Microphone	Switch	Bluetooth/ RF	Bluetooth/ RF
Output	Moving Motor	LED Lighting	LED Lighting	OLED Display	OLED Display
Power Consumption	Medium	Low	Low	High	High

로지가 결합된 제품들은 단순히 센싱하여 반응을 전달하는 방식을 사용하는 1차원적인 제품들이다. 차세대 웨어러블 제품은 사용자의 주변 환경을 스스로 센싱하여 상황에 맞게 자동적으로 반응하여야 한다. 사용자에게 의하여 사전에 디자인된 패턴을 디스플레이할 수 있는 차세대 테크놀로지를 적용한 작품으로 사용자만의 개성과 특성을 나타낼 수 있어서 한층 멋스러움을 보여줄 수 있는 디자인이 되어야 할 것이다. 이러한 흐름의 일환으로 시장에서는 소리를 스스로 감응하고 인지한 후, 인식된 결과에 따라서 특징에 맞게 자동적으로 디스플레이 하는 패셔너블한 차세대 웨어러블 제품의 출현을 기대하고 있다.

3. 차세대 웨어러블 제품에 사용할 자동 반응 테크놀로지의 구현

본 장에서는 사용자 주변의 음향을 스스로 감응하고 인식하여 자동적으로 웨어러블 제품의 디스플레이를 제어하여 설정된 패션영상으로 디스플레이 하는 패션과 인공지능 테크놀로지를 결합한 차세대 웨어러블 제품의 디자인에 필요한 테크놀로지를 구현하는 방법을 제안한다. 웨어러블 제품이 사용되는 음향 환경과 수집 방법에 대하여 설명하고, 수집된 음향으로부터 특징을 추출하고 분류하여 분류된 특징에 맞게 연계하여 웨어러블 제품의 디스플레이를 디자인된 패션에 맞게 자동적으로 제어하여 동작시키는 방법에 대하여 기술한다. 패셔너블한 웨어러블 제품도 기본적으로 사용자가 입거나 몸에 부착하는 방법으로 사용하는 것으로서 기본적인 음향 환경은 사용자가 위치하고 있는 상태의 음향 환경과 유사하다. 상대방과 일대일이나 일대 다수의 상황, 공공장소에서의 상황, 피트니스 센터와 같은 상황 및 자연 환경 등 다양한 경우를 가상할 수 있다. 일대일의 경우는 상대방이 남성이나 여성이 될 수 있으며, 일대 다수의

경우는 상대방이 2명 이상으로 고려할 수 있고, 공연장에서는 관중들의 환호와 박수 소리도 있다. 또, 많은 사람이 모인 로드나 기계적인 소음도 있는 운동 장소와 교외의 자연환경에 위치할 수도 있다. 따라서 패셔너블한 웨어러블 제품이 사용되는 음향환경도 이와 유사하며, 이러한 환경 조건을 가정하여 유추할 수 있다. 많은 종류의 소리를 선정하여 분류 클래스를 확대하여 실험할 수 있으나, 기술적으로는 동일한 방법을 사용하고 클래스를 늘리는 범위만 다르다. 그러므로 본 연구에서는 웨어러블 제품을 착용하고 사용빈도가 높은 장소로 대화 장면, 사람이 모이는 공연장, 스마트 워치처럼 착용하고 운동하는 피트니스 센터 및 착용하고 보행하는 도로의 환경과 같은 4 종류의 소리를 선택하고 각각의 샘플을 수집하여 III장의 실험에 사용한다.

웨어러블 제품에 입력된 소리가 학습된 소리샘플 중 어느 소리 샘플에 가장 유사한지를 인식하기 위하여 특징추출과 특징분류가 필요하다. 특징을 추출하기 위한 방법으로 사운드를 스펙트럼으로 변환하는 사운드 스펙트로그램 방식을 사용한다. 사운드 스펙트로그램으로 입력된 소리의 주파수, 진폭과 음색에서 스펙트럼 화하여 추출된 특징에서 각 샘플의 특징을 분류하고, 스코어링 하는 방법으로는 DNN의 Keras 기법을 사용한다. Keras 기법은 현재 수십만 명의 사용자가 있으며 구글(Google), 넷플릭스(Netflix), 우버(Uber), 옐프(Yelp)와 스퀘어(Square) 등의 많은 회사들이 사용하고 있다. 텐서플로우(TensorFlow)와 함께 가장 많이 사용하는 프레임 중의 하나로 파이썬을 위한 딥러닝 프레임인 Keras는 MIT 라이선스의 허락 하에 배포되었다. 파이썬은 버전 2.7부터 여러 버전이 있으며, 본 논문에서는 버전 3.6을 사용한다. 특징 분류에서 얻어진 스코어를 이용하여 설정된 음향-패션영상 변환 디자인 맵에 맞도록 레이블링한다. 생성된 레이블 값으로 음향-패션영상 변환

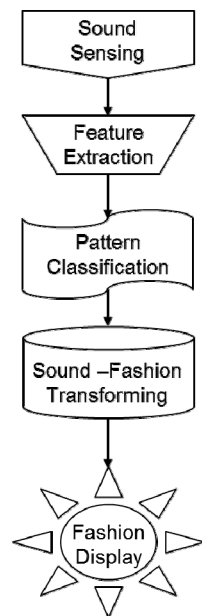


Figure 6. Flow chart from sound sample sensing to fashion display.

(sound-fashion transforming) 디자인 맵에 의하여 패션영상으로 변환한 후 웨어러블 제품에 장착된 패션 디스플레이 장치로 출력한다. 소리 입력부터 디스플레이까지의 구조를 단계별로 설명하고, 실험에 사용할 소리 샘플의 특성에 대하여 기술한다. 특징추출과 분류는 <Figure 6>과 같이 사운드 센싱(sound sensing), 특징 추출(feature extraction), 패턴분류(pattern classification), 음향-패션영상 변환(sound-fashion transforming) 및 패션 디스플레이(fashion display)로 구성된다. 음향환경에 따른 각 소리를 인간이 귀로 인식하는 것과 같이 마이크로폰으로 가청 주파수 범위의 소리를 수집한다. 수집한 소리를 디지털로 변환하여 스펙트럼으로 변환할 수 있는 사운드 스펙트로그램 기법을 사용하여 특징을 추출하고, 이 결과를 패턴 분류로 전달한다. 패턴분류에서는 특징 추출된 데이터를 DNN의 Keras 기법에 의하여 분석 처리한 후 입력된 소리에 상응하게 분류된 결과를 레이블링하여 음향-패션영상 변환으로 출력한다. 음향-패션영상 변환

에서는 이 레이블 결과에 따라서 사전에 디자인된 패턴을 사용하여 실시간으로 패션영상으로 변환한 후 디스플레이에서 영상 출력한다. 패션영상은 사용자에게 의하여 사전에 패션이 가미되어 디자인된 영상을 의미하며 시스템에 저장하여 사용한다.

입력된 소리를 단계별로 처리한 후, 이에 상응하게 분류, 인식하고 패션영상으로 변환하여 디스플레이하는 단계별 구체적인 역할은 다음과 같다. 첫째, 소리 센싱 단계는 음향환경에서 발생하는 소리를 손상 없이 수집할 수 있도록 마이크로폰을 사용하여 채집한 후, 전기 신호로 변환한다. 웨어러블 제품도 사용 시에 많은 노이즈 소스(source)에 노출되기 때문에 신호의 간섭과 노이즈를 제거하기 위한 노치 필터(notch filter)를 사용한다(Lee & Jeong, 2016). 대역 밖의 잡음을 억제하기 위한 저역 필터와 고역 필터를 써서 설정한 대역만 통과할 수 있도록 밴드패스 필터를 사용한다. 둘째, 변환된 전기신호를 진폭의 크기, 주파수 높이 및 음색을 사운드 스펙트로그램에 의하여 시간 축에서 주파수 축으로 스펙트럼 변환하여 특징을 추출한다. 셋째, 특징 추출된 데이터를 DNN의 Keras 기법으로 분석하여 분류하고, 특정 소리로 인식할 수 있도록 분류결과를 레이블링하여 출력한다. 넷째, 분류되어 출력된 레이블 값을 기반으로, 음향환경에 맞게 사전에 패션이 가미될 수 있도록 설계된 음향-패션영상 변환 디자인 맵에 의하여 소리신호에 따른 레이블 값을 영상신호로 변환하여 웨어러블 제품에 구비된 패션 디스플레이로 출력한다. 패션 디스플레이는 사전에 사용자에게 의하여 패션이 가미되어 디자인된 칼라패턴을 디스플레이할 수 있는 OLED 디스플레이를 의미한다.

패턴 분류의 구체적인 방법은 입력된 소리를 사운드 스펙트로그램으로 특징을 추출한 후, 분류하기 위하여 DNN의 Keras 기법을 사용한다. Keras에서는 밀집하게 연결된 신경망 레이어를 사용하는 덴스(dense), 렐루(Relu: rectified linear unit function)를 사

용하는 액티베이션(activation), 드롭아웃(dropout) 및 마지막 단계에서 소프트맥스(softmax)를 사용한 액티베이션과 모델 컴파일(model. Compile), 모델 피트(model. Fit)로 트레이닝하여 가중치(weights) 값을 생성하여 저장한다. 저장된 가중치 값을 사용하여 테스트하고 분류한 후, 샘플을 인식하기 위한 스코어링을 한다. <Figure 7>과 같이 학습용과 실험용으로 구분하여 사운드 스펙트로그램으로 특징을 추출한 데이터를 갖고 통계적으로 축적한 각각의 벡터의 생성으로 특징을 분류하여 스코어링(scoring)한다. 스코어링 결과로 패턴을 분류하여 레이블링한다. 레이블에 따라서 음향-패션영상 변환 디자인 맵에서 실시간으로 영상으로 변환하여 디스플레이 장치를 통하여 패셔너블하게 디스플레이 한다. 패션영상은 <Figure 12>이나 <Figure 13>의 그래픽 디자인 예처럼 사전에 패턴을 가미하여 칼라패턴으로 디자인된 영상 이미지를 의미한다. 샘플 분류를 위한 클래스는 다양한

숫자로 선정할 수 있으나 트레이닝을 위한 각각의 많은 수의 음향샘플 수집과 트레이닝 실험 시간의 제한으로 본 연구에서는 4 종류의 샘플로 하며 반복실험은 100회를 행한다.

4. 음향-패션영상의 변환 디자인 맵

음향(레이블)을 패션영상으로 변환하는 디자인 맵은 <Figure 7>에서 패턴 분류되어 출력된 레이블 값에 매칭되도록 디스플레이의 화면을 칼라, 패턴, 동화 및 정지화로 다양하게, 패션을 가미하여 디자인할 수 있다.

<Figure 8>은 변환 디자인 맵의 구현 방법을 설명하기 위한 한 예이며, 분류된 값에 따라서 칼라 패턴을 디자인한다. 사용자가 사전에 패셔너블하게 디자인하여 시스템에 저장하여 사용할 수 있다. 웨어러블 위치의 경우는 내장된 OLED 디스플레이

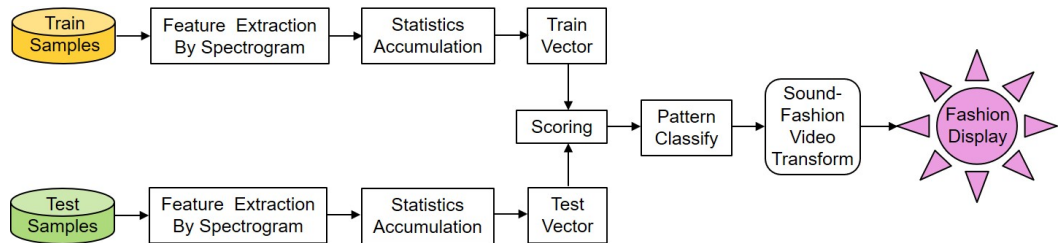


Figure 7. Structure of feature extraction, classification and sound-fashion transformation.



Figure 8. Design map for sound(label) - fashion-video transformation.

의 전체 화면이나 화면 외곽의 어느 한 부분을 패서너블하게 디자인된 패턴으로 디스플레이 한다. 웨어러블 스마트 가방 같은 경우는 가방에 부착되는 프렉시블 OLED 디스플레이의 전체화면이나 화면의 일정 부분을 패서너블하게 디자인하여 사용한다. 음향-패션영상의 변환방법을 설명하기 위하여 디자인 가이드의 예를 들면, <Figure 8>과 같이 패턴 분류의 레이블 값이 1로 분류되면 전체 디스플레이를 빨강색으로 디스플레이하고, 2로 분류되면 녹색에 칼라 도트가 있는 패턴으로 디스플레이한다. 또 3으로 분류되면 노란 색에 스트라이프 무늬가 들어가는 디스플레이를, 그리고 4로 분류되면 핑크에 애완동물이나 다른 사진을 오버랩 하여 디스플레이가 되도록 디자인하며, 5로 분류되면 폴카도트로 디자인하여 패서너블하게 디스플레이 할 수 있다. 이와 같이 분류된 샘플의 클래스에 설정된 레이블에 따라서 사용자가 다양한 방식으로 패서너블하게 디자인하여 디스플레이할 수 있다.

III. 실험 시스템의 구현 및 실험 결과

1. 실험용 시스템의 구성

본 장에서는 실험에 사용한 차세대 반응성 웨어러블 제품에 필요한 테크놀로지 검증에 위한 토털 시스템의 구현에 대하여 설명하고 실험한 결과와 그 내용을 분석한다. <Figure 9>는 입력된 소리 샘플에 대한 음향입력, 특징추출, 특징분류, 음향-패션영상 변환 및 패션이 가미되어 디자인된 디스플레이로 구성된 실험에 사용한 시스템 구조도이다. 실험에서 대상으로 선택한 웨어러블 제품은 OLED 디스플레이를 사용하기 유리한 구조로 되어 있고, 매일 매일 디자인이 다른 제품을 사용하고 싶은 제품 중에서 OLED 디스플레이를 사용하고 접근하기 쉬운 스마트 워치와 넓은 평면으로 프렉시블 OLED 디스플레이를 설치하기 유리한

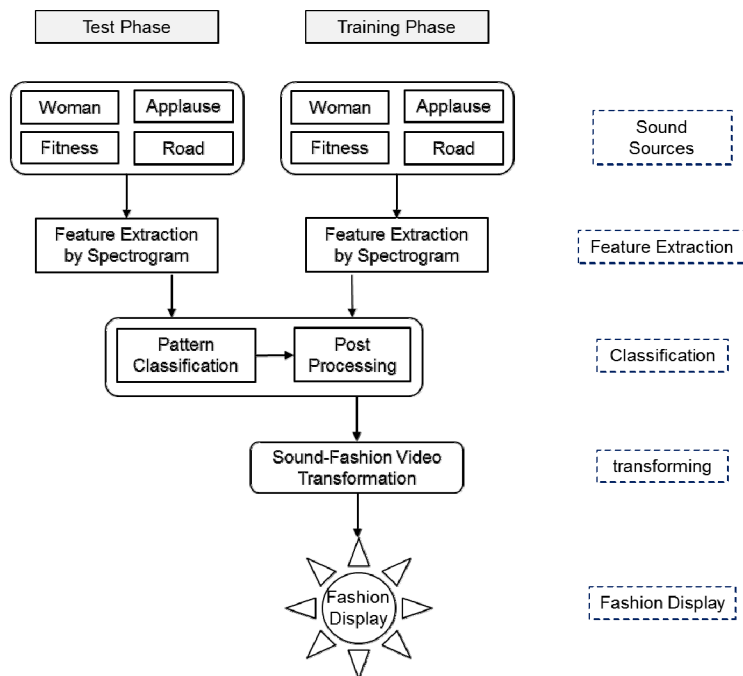


Figure 9. Total system structure of a self-reacted wearable product.

스마트 백으로 선정하였다. 선정된 제품뿐 만 아니라 OLED 디스플레이를 사용하거나, 사용할 웨어러블 제품은 어느 제품이나 자동적으로 인식하고 반응하는 실험에 사용한 테크놀로지를 응용할 수 있다. 입력 소리는 웨어러블 제품이 사용되는 음향 환경에서 채집하여 녹음된 4 종류의 소리 샘플을 사용한다. 소리 샘플은 학습용과 실험용으로 사용되며, 전체 샘플의 90%를 트레이닝용으로 사용하고 9%를 평가용으로, 나머지 1%를 테스트용으로 사용한다.

실험용 시스템은 학습블록 및 실험블록으로 구분된다. 실험용 소리 샘플은 실험용 스펙트로그램 블록으로 입력되고, 학습용 소리 샘플은 학습용 스펙트로그램 블록으로 입력된다. 스펙트로그램 블록에서 입력된 소리 샘플을 스펙트럼 화하여 특징을 추출하고, 추출된 특징은 매트릭스화 하여 패턴분류 블록으로 입력된다. 패턴분류 블록에서

특징에 따라 분류된 결과는 전처리(post processing) 후 레이블링하여 음향-패션영상 변환 블록으로 출력한다. 패션영상으로 변환된 영상출력은 패션 디스플레이에 의하여 사용자의 사전 디자인 형태로 다양하게 디스플레이 된다.

2. 실험용 소리샘플 및 특성

본 실험에서는 웨어러블 제품이 사용되는 환경과 대등한 음향환경에서 녹음된 각각의 소리를 인식하여 레이블에 따라 패션영상으로 변환 후 패션 디스플레이로 디스플레이하는 방법에 대하여 검증한다. 실험에 사용한 소리들은 50 dB~60 dB의 웨어러블 제품의 사용자 환경에서 녹음된 소리를 사용한다. 실험에 사용된 모든 소리는 모노(mono) 채널로 녹음한 후, 디지털화하여 .wav 파일로 변환하여 사용한다. 실험에 사용한 소리는 보통 상태의

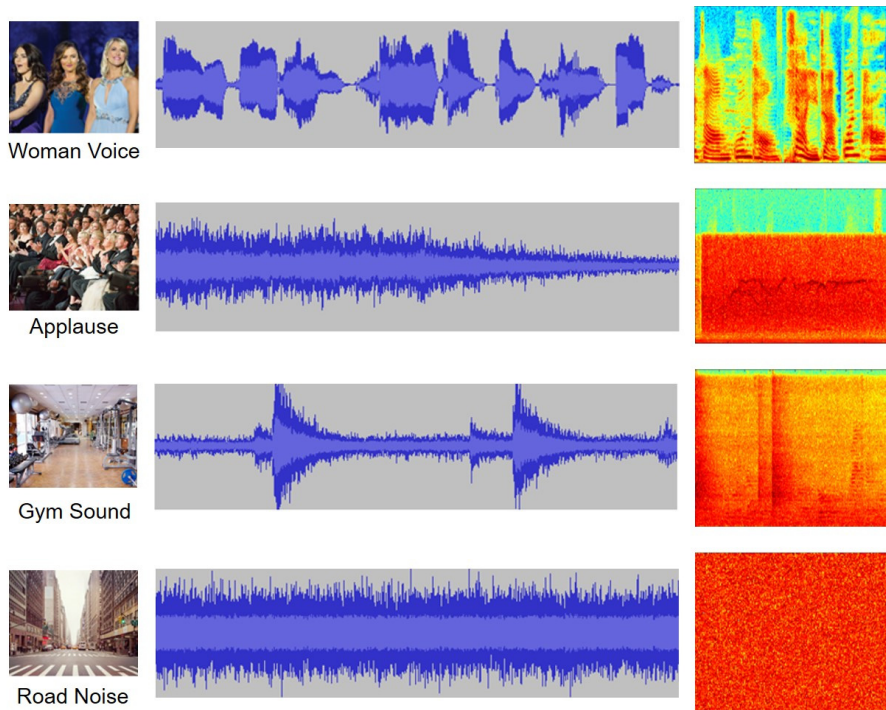


Figure 10. Waveform and spectrogram of woman's voice, applause, gym sound and road noise.

여자 목소리, 박수 소리, 운동 센터의 소리 및 로드 노이즈 샘플이다. 각각의 조건에서 녹음된 소리의 특징을 추출하기 위하여 사운드 스펙트로그램으로 각 소리 샘플의 종합 주파수 특성에 의한 스펙트럼을 분석한다. <Figure 10>과 같이 소리 샘플마다 서로 다른 특성을 갖고 있으며, 독자적인 스펙트럼 패턴으로 변환된다. 위에서부터 여자 목소리, 박수 소리, 운동센터의 소리 및 로드 노이즈의 종합 주파수 특성과 사운드 스펙트로그램으로 변환한 스펙트럼 패턴이다. X축은 채집된 소리의 시간 관계를, Y축에는 녹음된 소리의 진폭과 샘플링 주파수에 기반을 둔 종합 주파수 특성을 나타내며, 스펙트럼은 색의 칼라 및 농도로 소리의 특성을 나타낸다.

3. 실험 결과 및 분석

실험은 패서너블한 웨어러블 제품의 주위환경에서 녹음된 소리신호를 입력시켜서 사전에 트레이닝된 가중치 값을 사용하여 입력된 소리신호를 인지하고 그 결과를 레이블링하여 출력하면 레이블에 맞게 음

향-패션영상에서 변환하여 패서너블하게 디스플레이 할 수 있도록 구분하는 레이블의 출력을 검증하였다. 입력된 각각의 소리신호를 설정된 노이즈와 함께 신호 당 100회씩 실험하는 방법을 사용하였다. 규정된 레이블로 출력되는 ‘인식(detection)’과 규정된 레이블로 출력되지 않거나 다르게 출력하는 ‘오류(error)’를 실험한 결과는 <Table 2>와 같다. -20 dB과 -10 dB의 노이즈 상태에서는 여자 목소리가 100%, 박수소리가 100%, 짐의 소리가 100%이고 로드 노이즈도 100%로 분류되어 인식되었으며 4가지 설정된 소리신호로 총 400회 실험한 결과는 평균 100%의 인식률로 충분히 각각의 소리를 인식함을 검증할 수 있었다. 그러나 <Table 3>과 같이 0 dB의 노이즈 상태에서는 여자 목소리 등 일부 신호에서는 70%까지 인식률이 급격히 떨어지기 시작하였으며, 10 dB의 노이즈 상태부터는 거의 인식이 불가능한 상태까지 인식률이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 따라서 패서너블한 웨어러블 제품을 사용할 때 주위의 음향환경이 노이즈가 매우 큰 곳에서는 인식하지 못하거나 오류가 발생할 수 있음을 알 수 있다.

<Figure 11>은 <Table 2>와 <Table 3>의 결과와

Table 2. Sound classification experiment result at -20 dB / -10 dB noise.

Sound Input	Signal to Noise Ratio (dB)	Detection (Times)	Error (Times)	Total (Times)	Rate of Detection (%)
Woman Voice	20 / 10	100 / 100	0 / 0	100 / 100	100 / 100
Applause	20 / 10	100 / 100	0 / 0	100 / 100	100 / 100
Gym Sound	20 / 10	100 / 100	0 / 0	100 / 100	100 / 100
Road Noise	20 / 10	100 / 100	0 / 0	100 / 100	100 / 100
Overall	20 / 10	400 / 400	0 / 0	400 / 400	100 / 100

Table 3. Sound classification experiment result at 0 dB / 10 dB noise.

Sound Input	Signal to Noise Ratio (dB)	Detection (Times)	Error (Times)	Total (Times)	Rate of Detection (%)
Woman Voice	0 / -10	21 / 0	9 / 22	30 / 22	70 / 0
Applause	0 / -10	19 / 4	3 / 26	22 / 30	86 / 13
Gym Sound	0 / -10	22 / 8	1 / 14	23 / 22	95 / 36
Road Noise	0 / -10	25 / 26	0 / 0	25 / 26	100 / 100
Overall	0 / -10	87 / 38	13 / 62	100 / 100	87 / 38

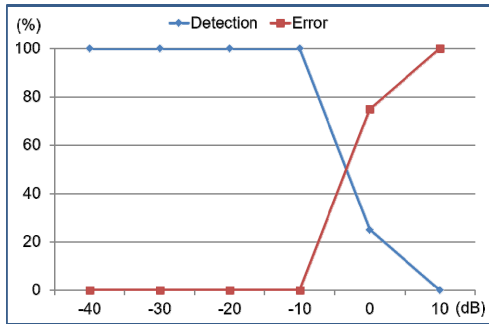


Figure 11. Comparison of recognition and error rate according to overlapping intensity of noise.

같이 노이즈 신호가 인식률에 미치는 영향을 직접 비교, 분석하기 위하여 꺾은 선 그래프로 변환한 도형이며, 노이즈 강도에 따른 인식률과 오류율의 변화를 표시하였다. <Figure 11>에서와 같이 패셔너블한 웨어러블 제품의 주변 노이즈가 -10 dB까지는 인식률에 변화가 거의 없으나 -10 dB에서 +10 dB로 주변 노이즈가 증가할수록 인식률이 급격히 감소한다.

4. 패션 디스플레이의 구현

<Figure 9>의 시스템으로 실험하여 <Table 2>, <Table 3>과 같은 인식결과를 얻었다. 출력되는 분류 값에 의하여, 패셔너블한 웨어러블 제품에 장착된 패션 디스플레이가 분류된 입력 소리의 레이블에 따라서 스스로 설정된 디자인에 맞게 변화되어 동작하는 상태의 패션 디스플레이의 이미지 예를 그래픽으로 처리하여 <Figure 12>와 <Figure 13>과 같이 도시하였다. <Figure 7>의 패턴분류에 의하여 생성된 레이블은 <Figure 8>의 음향(레이블)-패션영상 변환 디자인 맵에 의하여 패션영상으로 시스템에서 자동 변환한다. 시스템에서 레이블 값이 입력되면 레이블에 매칭되는 패션영상을 실시간으로 출력하는 방법이다. 사용자에게 의하여 컴퓨터 그래픽 등으로 패션을 가미하여 디자인된 영상 파일을 레이블에 매칭하여 시스템에 저장한



Figure 12. Fashionable display images of self-reacted smart watches.



Figure 13. Fashionable display images of self-reacting smart bags.

후, 변환 시에 사용한다. 패션영상으로 변환은 레이블 값의 변동에 의하여 자동으로 실시간으로 변환되어 패션 디스플레이를 통하여 디스플레이 한다. 이와 같이 레이블에 따라서 디스플레이 장치의 화면 전체나 부분을 패션영상으로 디자인하여 패셔너블하게 디스플레이 할 수 있음을 알 수 있으며, <Figure 12>는 OLED 디스플레이를 사용한 스마트 워치의 화면을 다양한 패턴으로 디자인한 패턴영상에 따라서 디스플레이하는 그래픽 이미지의 한 예이다.

<Figure 13>은 플렉시블 OLED 디스플레이를 사용하기 유리한 구조로 되어 있는 스마트 백의 디스플레이를 서로 다른 칼라와 모양으로 디자인한 패턴영상에 따라서 디스플레이하는 그래픽 이미지의 한 예이다. 이미지는 디자인 구상에 따라서 칼라 패턴, 동화상이나 정지화상으로 디스플레이 화

면 전체나 부분을 제어하여 패서너블하게 표현할 수 있다. <Figure 12>와 <Figure 13>에 예시된 그래픽 이미지는 색상 값을 특정하지 않고 그래픽으로 처리한 이미지이다. 실제 제품 설계 시에는 전문 디자이너의 패션 콘셉트가 가미된 정교한 디자인이 필요하며, 컴퓨터 그래픽으로 칼라나 디자인을 특정하여 제작한 영상 파일을 시스템에 저장 후 사용할 수 있다. OLED 디스플레이를 투명으로 사용하면 평상시에는 보통처럼 보이다가 디스플레이가 On되면 디자인된 영상이 보이도록 할 수도 있다. 또 자동으로 반응하는 표시판을 구현할 수도 있다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

디지털 문화가 보급되면서 영역간의 경계를 무너뜨려 새로운 장르의 스타일을 창조하는 경향으로 디자인 분야에서 다기능을 실행하거나 다양한 스타일을 하나로 융합시킨 형태를 가진 패션과 테크놀로지가 융합된 디자인이 폭넓게 전개되고 있다(Yoon & Kang, 2010). 패션분야도 다양한 형상을 띠며 기존의 창작과 미에 중점을 둔 스타일과는 다른 반응성 의류와 같은 새로운 실험적인 의류의 개발 형태로 활발히 진행되고 있다(Esther, 2017a). 이러한 현상에 부응하고, 다양한 시장을 창출하면서 시장규모도 확대일로에 있는 패서너블한 웨어러블 제품 시장의 특성과 니즈에 대응이 필요하다.

본 논문에서는 센서의 부착에 의한 반응성 웨어러블 제품처럼 단순하게 반응하는 기존의 제품에서 진일보하여 웨어러블 제품에 장착된 디스플레이가 사용자의 의식과 관계없이 주변 환경을 스스로 인식하여 환경에 따라 패서너블하게 디스플레이 하는, 자동으로 반응하는 차세대 웨어러블 제품에 사용할 테크놀로지에 대한 연구를 진행하

였다. 웨어러블 제품이 사용되는 장소와 같은 음향 환경에서 채집된 소리 샘플이 입력되면, 사용자의 자각 없이 자동적으로 반응하여 사운드 스펙트로그램으로 특징을 추출하였다. DNN의 Keras 기법으로 추출된 특징을 분류하여 채집되어 입력된 소리를 인식하는 방법과, 인식되어 분류된 레이블 값에 따라서 음향-패션영상으로 변환하여 패서너블하게 디스플레이 하는 시스템을 구현하고 실험하여 평가하였다. III장의 실험 결과와 같이 소리신호가 입력되면 -10 dB 이내의 노이즈 환경에서는 충분히 신뢰할 수 있는 인식률을 나타내어, 패서너블 웨어러블 제품의 주위환경에서 채집되어 입력되는 소리 샘플도 인식 가능함을 검증하였다.

그러나 사용자 주변의 노이즈가 소리신호보다 큰 음향환경에서 사용하려면 시스템의 분해, 인지능력을 향상시키는 노력이 필요하다. 소리 샘플로 여자 목소리, 박수, 피트니스센터 소리 및 로드 노이즈와 같은 다양한 소리를 사용한 실험으로 가정 가능한 소리는 우수하게 인식하여 분류할 수 있음을 확인하였다. 또 분류된 레이블로 음향을 패션 영상으로 변환하여 패서너블하게 디스플레이 하는 방법이 기술적으로 가능함을 확인하였으며, 향후 패션이 가미되어 디자인된 디스플레이를 실물의 웨어러블 제품에 직접 장착하여 차세대 웨어러블 제품으로 디자인할 수 있다.

후속 연구에서는 실험한 4 종류의 소리 샘플만 아니라 특정되지 않은 일반적인 소리 샘플의 특징을 추출하여 분류하고 인식이 가능하도록 사운드 스펙트로그램의 성능을 향상시키고, 인공지능의 분류특성을 강화할 필요가 있다. 다양하게 디자인된 변환 맵을 패서너블하게 디스플레이 하는 차세대 웨어러블 제품에 대한 연구도 필요하다. 또한 투명한 OLED 디스플레이 제품을 사용하여, 외부 소리에 반응하여 On되면 디자인된 영상이 보이도록 하거나, 자동으로 반응하는 표시판을 구현하는 연구도 필요하다. OLED 디스플레이는 공정이 반

Technology Based on Sound Spectrogram and Deep Neural Networks to Design Fashionable Wearable Products

Kim, Young Eon · Kim, Yi Kyung · Park, Gooman^{*}

Doctoral course, Department of Information Technology & Media Engineering, Graduate School of NID Fusion, Seoul National University of Science and Technology

Concurrent Professor, Department of Information Technology & Media Engineering, Graduate School of NID Fusion, Seoul National University of Science and Technology

Professor, Department of Information Technology & Media Engineering, Graduate School of NID Fusion, Seoul National University of Science and Technology^{*}

Abstract

As digital culture became popular, various cultural styles and customs were shared. This has created a tendency to create new genre styles. As a result of this phenomenon, The development of the design which fuses fashion and technology is widely spread. Wearable products in new genres have been introduced into the market with much expectation. However, market of wearable products is in chaos. The introduction of products with an emphasis on technical functions has been analyzed as one of the reasons for the sluggishness. One of the ways to revitalize the market, due to the characteristic of wearable products, worn as an outer wear, amalgamation of the fashion element, which expresses an identity of a user, and the unique value of design that enables the automatic reaction of artificial intelligence should be implemented. This paper proposes a technological system with a transformation map from sound to graphic image that can be used for designing auto-responsive and fashionable wearable products that amalgamate fashion and artificial intelligence in the stylishly designed display. The display will automatically react to environmental changes and show predefined fashionable display designs without users' awareness. After the sound spectrogram extracts the characteristics of sound input from the surrounding environment to classify and label them through Keras method of DNN, it automatically reacts to covert the sound input into stylish graphic images and display them fashionably according to the user's preset design. The result of the experiment with the proposed sound system has proved that the system is capable of recognizing and characterizing the sound inputs around the wearable products when the noise level of the environment is under - 10 dB. The experiment has verified that inputted sound can be transformed into a graphic image according to classified labels and it is successfully put on display.

Key words : wearable product, auto responsive technology, sound spectrogram, DNN, fashion display