

디지털 의복

조길수[†] · 김주영¹ · 김화연¹ · 이명은¹ · 이 선¹

1. 서 언

사람들은 전자우편으로 의사소통을 하고, 인터넷으로 정보를 얻으며, 가상공간을 통해 자신이 하고 싶은 일을 한다. 이와 같은 디지털 혁명은 시간과 공간을 초월하여 기존의 체제를 바꿀 뿐 아니라 중국에 가서는 모든 것을 주문 생산하고 정보를 극단적으로 개인화 시킬 전망이다. 모든 서비스는 아주 작은 인구집단을 겨냥한 내로우 캐스팅(narrow casting)을 하는 방향으로 나아가며, '디지털 개인'까지 척도가 세분화되고 있다[1].

이러한 극단적 개인화는 휴대폰과 워크맨, 컴퓨터 통신이라는 사적 공간이 탄생함으로써 심화되고 있다[2]. 또한 컴퓨터가 극단적으로 발달함에 따라 컴퓨터끼리의 정보교류 뿐 아니라 인간과의 정보교류가 이루어 질 것이다. 가전기기에 붙은 초소형 컴퓨터들이 자체의 상태를 인간에게 알릴 수 있고, 사람들은 활성화 텍을 붙이고 다님으로써 그의 소재지에 따라 연락이 바로 가능하도록 할 수 있을 것이다[1].

다른 디지털 기기와 마찬가지로 컴퓨터는 신속하고 편리한 정보의 습득이라는 욕구를 충족시켜주기 위해서 기능 개선과 함께 소형화, 경량화의 방향으로 발전해 가고 있다. 사용자들은 더 이상 고정된 장소에서만 사용하는 것이 아닌 언제 어디서든 사용할 수 있는 컴퓨터를 원한다. 그러면서 컴퓨터는 수십 개의 진공관으로 구성된 초기 형태에서 퍼스널 컴퓨터(Personal Computer)로, 그리고 랩탑(laptop) 컴퓨터와 PDA(Personal Digital Assistant)를 거쳐 이제는 의복에까지 부착되기에 이르렀다. 즉, 컴퓨터와 의

복의 결합이라는 새로운 개념의 의복인 웨어러블 컴퓨터(Wearable Computer)가 등장하였고, 이는 하루가 다르게 발전하고 있다.

웨어러블 컴퓨터의 발전은 미래의 의복이 디지털 의복(Digital Clothing)이라는 이름으로 급속한 변화를 맞이할 것을 예고한다. 디지털 의복은 웨어러블 컴퓨터가 보다 의복에 가깝게 발전한 형태로, 의복과 컴퓨터와의 완벽한 결합을 지향한다. 지금까지의 PC(Personal Computer)는 데스크 탑(desk top)의 형태로는 한 장소에서만 사용이 가능하며, 랩탑 컴퓨터의 경우 이동은 가능하지만 이것 역시 정지한 상태에서만 사용할 수 있다. 또 웨어러블 컴퓨터는 언제 어디서나 사용이 가능하기는 하지만, 컴퓨터를 의복에 단순히 부착해 놓은 것으로 실용화에는 다소 거부감이 있는 형태이다. 따라서 진정한 의미의 PC이며, 미래의 의복이라고 불릴 수 있는 것은 디지털 의복에 이르러서야 가능한 것이라고 할 수 있다.

사실 많은 업체와 학계에서 스마트 의복이라는 이름으로 의복에 디지털 기술을 접목하여 의복의 기능을 한 차원 높인 시도가 이루어지고 있다. 아울러 머지 않은 미래에는 디지털 의복의 사용으로 의복이 기본적인 컴퓨터의 기능을 수행하게 될 것이다. 디지털 의복의 착용은 의복의 기능을 높여 인간 생활 전반에 편의를 도모하는 한편, 인간의 건강과 복지, 심미적 욕구의 만족도 한 차원 높여줄 것이다.

최근 의류 산업의 추세는 인간의 감성적 요구를 충족시키기 위한 다양한 기능성 소재와 의복의 개발에 중점을 두고 있다. 따라서 디지털 의복의 연구는 소형화, 경량화, 무선의사 소통의 기

Digital Clothing / Gil-soo Cho[†], Joo-young Kim¹, Hwa-yeon Kim¹, Myung-eun Lee¹, and Sun Lee¹

[†]연세대학교 생활과학대학 의류환경학과 교수 (120-749) 서울 서대문구 신촌동 134, Phone: 02)361-3104, Fax: 02)312-5229, e-mail: gscho@yonsei.ac.kr

¹연세대학교 생활과학대학 의류환경학과

술 등과 같은 기술적인 면뿐만 아니라 이런 의류 산업의 추세를 반영하여 보다 착용성을 향상시키는 방향으로 진행되어야 할 것이다. 즉, 어디까지나 '의복'이라는 점에 초점이 맞추어져서 연구되어야 한다는 것이다. 현대생활의 필수적인 요소이며 앞으로 발전 가능성과 실용화 가능성이 큰 디지털 의복에 대해서, 이것이 갖추어야 할 조건과 현재까지의 역사와 현황, 그리고 디지털 의복의 실용화를 위해 이루어지고 있는 연구들에 대해서 알아보려고 한다.

2. 디지털 의복의 요건

2.1. 디지털 의복의 구성요소

컴퓨터란 프로그램 실행을 제공하는 명령에 의존하는 시스템으로 네 가지 기본 구성요소가 필요하다. ① 디지털 정보의 저장, 회수, 실행이 가능한 컴퓨터 단위 ② 정보를 볼 수 있는 출력장치 ③ 정보로의 접근을 가능하게 하는 입력장치 ④ 무선 네트워크가 그것이다. 여기에서 말하는 컴퓨터 단위는 중앙처리장치(CPU)와 마더보드(Motherboard), 하드 드라이브, 기억장치(Memory), 그리고 정보와 데이터를 실행하고 출력하는데 필요한 모든 구성요소를 포함한다. 디지털 의복은 이들 구성요소를 포함하여 HMD(Head-Mounted Display), 키보드 등이 드러나지 않도록 의복 구성요소에 부착되거나 혼합되어 착용 가능하도록 설계된다[3]. Figure 1은 디지털 의복의 구성요소를 보

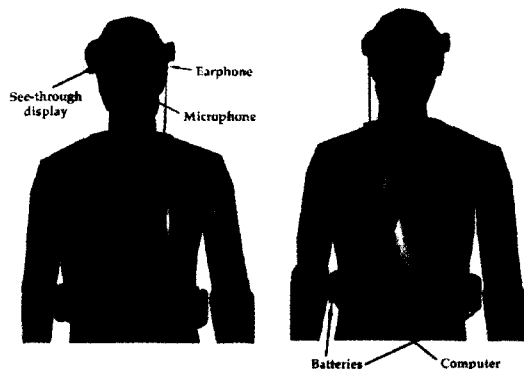


Figure 1. Front and back view of wearable computer components.

여주고 있다. 그림에서 구성요소로는 Earphone, Microphone, See-through display, Batteries, Computer가 나와 있는 것을 볼 수 있다.

일상적으로 사용되는 지금의 퍼스널 컴퓨터는 책상에 앉아서야 사용이 가능했다. 이로써 사실상 '퍼스널'이라는 이름에 맞는 기능을 수행하기는 커녕 사용자의 하루 일과의 극히 작은 부분만을 차지한다. 작고 기능이 좋다는 노트북 또한 정지한 상태에서만 사용할 수 있다는 제한이 있다. 그러나 디지털 의복은 이러한 기본적인 장치가 LAN(Local Area Network)이나 WAN(Wide Area Network)에 무선으로 연결되어 있기 때문에 사용자가 어떤 환경에 있든지 언제, 어디서나 원하는 정보를 접할 수 있다. 그러므로 디지털 의복을 착용한 사용자는 걷고 있거나 다른 활동을 하면서도 동시에 컴퓨터로부터 정보를 얻고 실행시킬 수 있다. 결국 디지털 의복은 착용자에 의해 통제되면서 상호작용이 가능하기 때문에 퍼스널이라는 용어에 가장 근접한 컴퓨터라고 볼 수 있다[5].

디지털 의복은 컴퓨터의 기능을 수행하는 미래 의복이다. 그러므로 디지털 의복이 갖추어야 할 요건은 크게 컴퓨터로서의 기능과 의복으로서의 기능으로 나누어 살펴볼 수 있다.

2.2. 컴퓨터로서 디지털 의복이 갖추어야 할 요건

디지털 의복은 착용자와 컴퓨터의 상호작용을 통해 착용자의 자기 표현과 자기 실현을 이룰 수 있고 나아가 자기 결정까지 내릴 수 있는 새로운 형태의 사회적 상호작용의 실행을 가능하게 할 것이다. 이를 위해서 디지털 의복은 유대모닉(Eudaemonic), 이그지스텐셜(Existential), 콘스탄트(Constant)의 세가지 기본적인 기준을 만족해야 한다 [6]

디지털 의복 요건의 첫째는 유대모닉 공간을 이루는 것이다. 유대모닉이란 단어는 아리스토텔레스 철학에서 이성의 통제하에 적극적으로 생활한 결과로 얻어지는 행복을 지칭하는 뜻에서 유래하였다. 이는 디지털 의복의 착용이 무엇을 의미하는가를 잘 나타내준다. 랩탑 컴퓨터와 같은 컴퓨터 시스템은 단순히 기계로서 작용하

로 사용자와 컴퓨터는 별개의 공간으로 존재한다. 반면 디지털 의복을 착용한 착용자는 디지털 장치들을 자기 자신이 가진 기능의 연장으로 인식하고 사용한다. 이로서 디지털 의복은 착용자가 이를 자신의 신체 혹은 정신 기능의 한 부분으로 지각함으로써 유대모니한 환경을 제공한다. 즉, 유대모니한 공간의 실현으로 디지털 의복 착용자는 주위의 환경을 이전보다 효율적으로 제어하고 이용할 수 있어 보다 넓은 환경 영역을 차지하게 된다.

두번째로 디지털 의복은 이그지스텐셜 미디어의 형태를 갖추어야 한다. 여기에서 이그지스텐셜이란 컴퓨터 단위들이 착용자에 의해 제어될 수 있는 통제성을 의미한다. 이러한 통제를 위해 컴퓨터의 구성요소들은 신체의 연장선상으로 인식되는 공간 내에 존재해야 한다. 다시 말해 디지털 장치들은 드러나지 않게 의복에 숨겨져 있되 착용자가 제어할 수 있는 한도 내에서 존재해야 한다. 또한 이그지스텐셜 미디어는 착용자와의 상호작용을 통해 필요한 기능을 자기 결정으로 수행하므로 일일이 명령을 내리거나 의식하지 않아도 디지털 의복의 기능을 수행한다. 이 과정은 디지털 의복 착용자의 완전한 통제하에서 이루어지므로 타인에게 침해받지 않는 고유한 사적 영역을 구성해준다.

마지막으로 디지털 의복은 콘스턴트해야 한다. 디지털 의복에서 콘스턴트란 착용자가 디지털 의복을 사용하는 데 있어서 조작상의 불변성과 상호작용의 불변성 모두를 지칭한다. 조작상의 불변성이란 디지털 의복이 어떤 환경에서라도 작동되어야 함을 의미한다. 심지어 착용자가 잠자고 있는 상태에서도 디지털 의복은 착용자가 인식하지 못할 뿐, 주위 환경을 지각하여 작동된다. 다시 말해 디지털 의복은 어떤 환경에서건 자체적으로 운영되는 조작상의 불변성을 지닌다. 상호작용의 불변성은 하나 혹은 그 이상의 스크린과 같은 출력 장치가 항상 착용자에게 보여져야 한다는 것이다. 컴퓨터가 출력하는 정보는 신속하게 HMD에 나타나야 한다. 즉 디지털 의복과 착용자 사이의 상호 작용이 동시에 이루어지도록 작동되어야 함을 의미한다.

2.3. 의복으로서 디지털 의복이 갖추어야 할 요건

디지털 의복의 디자인은 인간이 왜 의복을 착용하는가 하는 문제의 고찰에서부터 시작되어야 한다. 인간이 의복을 입는 이유는 크게 세 가지 관점에서 살펴볼 수 있는데, 이는 생리학적, 사회심리학적, 문화적 측면이다[3]. 그러므로, 디지털 의복은 이러한 관점이 모두 고려되어야 한다. 디지털 의복에 대한 '의복'적 측면에서의 고찰은 'wearable computer'(Cho *et al.*, 1998)에서 구체적으로 살펴볼 수 있다.

디지털 의복이 갖추어야 할 의복으로서의 기본 요소는 한마디로, 의복의 유용성(serviceability)의 측면에서 검토되어야 한다고 할 수 있는데, 여기에서 말하는 유용성에는 쾌적성, 안전성, 내구성, 관리의 편의성, 심미성 등이 모두 포함된다.

우선, 쾌적성에는 온열 생리적 쾌적성과 신경생리적 쾌적성, 생체 역학적 쾌적성 등이 포함되는데, 구체적으로 이러한 것들은 디지털 의복 소재의 온열감이나 촉감, 신축성 등에 달려있다. 디지털 의복의 표면은 인체의 열이나 습기의 이동을 막지 않도록 하면서, 피부를 찌르거나 자극을 주지도 않아야 한다.

안전성 측면에서는 정전기를 일으키지 않도록 해야 하며, 전자파의 해로운 영향도 없어야 한다. 또한 그 동안 편평한 바닥에 놓고 사용하던 컴퓨터와는 달리, 착용한 상태에서 잦은 이동과 움직임의 영향에 견딜 수 있는 내구성도 필히 고려되어야 한다. 그밖에도 편안하게 착용, 활동할 수 있도록 하는 형태의 디자인이 요구되며, 착용자가 피로를 느끼지 못하도록 의복 하중의 분산이 이루어져야 할 것이다.

디지털 의복은 언더웨어(underwear)처럼 항상 착용하고 있으면서도 그 착용을 인식하지 않을 수 있어야 한다. 따라서 장시간의 착용과 사용에 아무런 부담이 없도록 여러 가지 의복적 요소가 검토되어야 할 것이다.

3. 디지털 의복의 역사와 현황

3.1. 디지털 의복의 역사

디지털 의복의 시초는 놀랍게도 1268년에 쓰

여진 기록에 근거한 안경으로 보고 있다. 13세기 이전에도 중국과 유럽에서는 이미 안경을 착용하고 있었다는 사실을 감안하면, 디지털 의복의 역사는 매우 오래되었고 인류의 발전과 함께 진행되어 왔다는 것을 알 수 있다. 즉, 복잡한 현대의 기계들을 사용하고 있는 우리에게는 단순한 도구인 안경이나 현재의 최첨단 디지털 시계와 비교하면 정확도나 기능이 떨어지던 시계 같은 것들은 우리의 오감과 지능을 보완해주고 살아가는데 필수적인 요소들로 발전해온 것이다.

1900년대에 들어서 디지털 의복의 연구와 발전은 가속화되었다. 1960년대에 들어서서 에드 도르프(Ed Thorp)와 클라우드 쉐논(Claude Shannon)은 4개의 버튼을 가진 담뱃갑 크기의 아날로그 컴퓨터를 개발하였고, 1966년 매사추세츠 공과대학(MIT)의 이반 서덜랜드(Ivan Sutherland)는 HMD의 시초가 되는 시쓰루 디스플레이(see-through display; 그래픽을 외부환경에 투사가 가능하도록 하는 장치)를 발명하였다[7]. HMD는 최근 활발한 연구가 되고 있는 부분으로 다양한 형태와 기능을 가진 새로운 모델들이 많은 연구자들에 의해 개발되고 있다. Figure 2는 HMD의 최신 모델은 초기형태와 최신 모델을 보여주고 있다. 최신 모델은 일반 안경에 매우 작은 칩을 부착한 형태임을 알 수 있다.

또한 디지털 의복은 군사적 목적을 위하여 많은 연구가 이루어져왔는데, 1967년 벨 헬리콥터사(Bell Helicopter Company)는 군용 헬리콥터 조종사의 야간 이착륙을 돕기 위해 적외선 카메라가 부착된 HMD를 만들었다 [9]. 최근에는 스마트 의복으로서 군복의 기능을 한 차원 높여 위

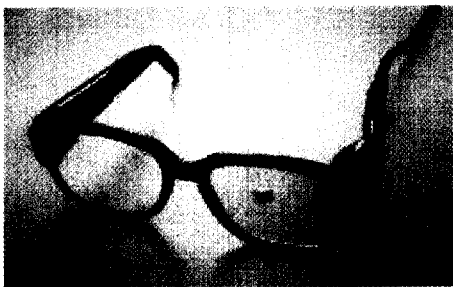


Figure 2. The Newest HMD.

치 탐색에서부터 본부와 송수신을 하고 상황분석까지 모두 해낼 수 있는 고기능 군복이 연구되고 있다. 또한 이러한 군복은 착용자의 땀흡수와 신진대사의 원활한 작용 등의 다양한 인체 생리학적 편안함을 제공한다.

70년대에는 정상인을 위한 것들뿐만 아니라 장애인들에게도 관심을 돌려 손으로 이미지를 감지할 수 있는 판을 부착한 조끼가 맹인을 위해 제작되었고, 센서가 부착된 신발과 소니사의 워크맨과 같은 발명품들이 당시 일대 센세이션을 일으키며 등장하였다. 이때까지 연구된 디지털 의복의 형태는 지엽적인 기능으로 사용되는 '기계'일 뿐 미래형 '의복'으로 볼 수는 없었다. 80년대에는 스티브 만(Steve Mann)의 등장으로 디지털 의복은 좀더 구체화되고 미래지향적으로 변모하였다. 그는 고등학교 시절부터 배낭에 부착하는 컴퓨터(back-pack mounted computer)를 디자인하고, 자신이 직접 만든 디지털 의복을 입고 다니기도 하는 등 현실적인 웨어러블 컴퓨터를 만들기 위한 시도를 계속하였다. 1986년 스티브 로버츠(Steve Roberts)는 자전거에 탄 채로 이메일을 보내고, 타이핑도 할 수 있는 'WinnebikoII'를 만들었다[10].

90년대에 들어 디지털 의복에 있어서 여러 부속품들의 초경량화는 더욱 가속화되었다. 과학자들은 컴퓨터의 형태를 알아채지 못할 정도로 작게 만들고, 보통 우리가 입는 의복과 외형상 차이가 없도록 만드는데 중점을 두고 연구를 하였다. 1990년에 IBM과 콜롬비아 대학은 노트북을 만들었고, 덩 플랫(Dung Platt)은 신발 상자 크기의 286에 기초한 'Bip-PC'를 개발하였는데 이는 키보드를 벨트에 부착한 것이다. 1994년 Zerox EuroPARC의 마이크 래밍(Mike Laming)과 마이크 플린(Mike Flynn)은 'Forget-Me-Not'이라는 디지털 의복을 개발하였는데, 이것의 주요 기능은 여러 정보와 행동들을 기록하여 인간 능력의 한계를 보완하는 것이다. 예를 들어, 전화를 받고 있는 동안 누가 방안에 들어왔는지와 같은 것들을 기록으로 남기는 등, 동시에 수행할 수 없는 여러 일들을 대신 해주는 것이다. 그리고 에드가 마티스(Edgar Matias)는 키보드를 팔에 붙인 손목컴퓨터를 만들었고, 스

티브 만(Steve Mann)은 헤드마운티드 카메라를 통해 웹으로 이미지를 전송하기 시작하였다[9].

이와 같이 90년대에 여러 과학자들은 컴퓨터를 의복에 부착하려는 다양한 시도를 하면서 기술적 문제의 해결뿐만 아니라 의복으로서의 기능과 착용의 편리성도 중요하게 여기기 시작하였다. 도구, 기계라고 인식되던 디지털 의복은 점차 의복으로서의 기능이 부각되면서 스마트 의복이라고 불리지는 것들이 등장하였는데, 이것들은 기록이나 전송과 같은 사무적인 용도 및 쾌적성을 충족시킨다. 예를 들면 인체의 건강상태를 측정 할 수 있는 스마트 티셔츠(smart T-shirt), 소방복 내의 열을 감지하고 경고를 보내주는 센서를 부착한 스마트 코트(smart coat) 및 방한의 온도, 습도 등의 환경 상태를 쾌적한 상태로 조절해주는 센서를 부착한 스마트 언더웨어 등이 있다.

3.2. 디지털 의복의 현황

과학과 공학이 눈부시게 발전하면서 컴퓨터에 대한 개념도 바뀌게 되어 컴퓨터의 배경화를 의미하는 유비쿼투스 컴퓨팅(ubiquitous computing)의 개념이 등장하였다. 이것은 한 사람당 한 대의 컴퓨터를 사용하던 개인 PC의 시대에서 한 사람을 위해 여러 대의 컴퓨터를 가동시키는 시대로의 변화를 의미한다. 그리고 이러한 개념은 디지털 의복의 중요성을 더욱 부각시키기 시작하였다.

한편 디지털 의복에 관한 연구를 하는 사람들은 서로의 연구를 보완하고 새로운 정보를 공유할 필요성을 깨닫기 시작하였다. 그래서 1996년에는 DARPA(Defense Advanced Research Projects Agency)의 후원하에 산업체, 대학, 군대의 미래 연구진들이 모여서 "Wearable in 2005" 워크숍을 개최하였다[11]. 또한 카네기 멜론 대학(CMU), 매사추세츠 공대(MIT) 및 조지아 공대(Georgia Tech) 내의 디지털 의복 연구진들은 자신들의 연구와 학술교류 및 실험을 위하여 1997년 제1회 'IEEE International Symposium'을 개최하여 수많은 논문을 발표였다. 1999년도에 개최된 세 번째 심포지엄에서는 참가하는 학자나 산업체 관련 사람들이 기하급수적으로 늘어나 전

세계적으로 디지털 의복에 대한 관심이 급속도로 증가하고 있다는 것을 입증해 주었다[12].

현재 매우 많은 곳에서 디지털 의복의 연구가 진행되고 있는데 이들은 각자의 목적에 따라 다양한 종류의 연구들을 하고 있으며 점차 현실화 되어가고 있는 중이다. 아직 디지털 의복이라 부를 만큼 의복의 형태에 접근하지는 못했지만 이미 지난 해 10월 일본 IBM과 올림포스사에서 옷처럼 몸에 간단히 부착해 사용할 수 있는 웨어러블 컴퓨터를 시판하였다. 또한 12월에는 미국 사이버넛(xybernaut)사가 자체 개발한 디지털 의복의 인터넷 판매를 시작한다고 밝히기도 했다. 현재 시판되고 있는 제품은 최하 6백만원 정도의 가격으로 아직 일반인들에게는 부담스러운 가격이지만, 급속한 가격하락이 이루어지는 컴퓨터의 특성을 감안할 때 빠른 시일 내에 실용화가 될 것이다[13]. 이외에도 나사는 우주복을 중심으로 연구를 하고 있으며, 각국의 군대에서는 미래전에 대비한 군복을 개발하고 실용화하고 있는 단계이다. Figure 3은 착용자가 움직이거나 춤을 출 때, 그 동작이 감지되어 음악으로 전환되는 디지털의복의 한 예이다. 실버오겐자(Silver Or-



Figure 3. An example of digital Clothing: As the wearer walks or dances, her motions are turned into music.

ganza)로 만들어진 의복의 스트라이프(stripe)가 센서로 작동하여 음악을 제공하게 된다. 동작을 멈추면 자연히 음악도 멈추게 된다. 이와 같이 창의적이고 다양한 디지털 의복의 등장은 디지털 의복의 발전에 있어서 무한한 가능성을 보여 준다. 이렇듯 21세기에는 더 많은 분야에서 활용할 수 있는 발전된 디지털 의복이 등장할 것이고, 의생활에 있어서 컴퓨터의 기능은 의복이 갖추어야 할 기본적인 기능 중의 하나로 자리잡아 갈 것이다.

얼마 전부터 다가오는 21세기를 맞아 사이버 패션이라는 새로운 패션 경향이 대두하고 있다. 이는 앞으로 웨어러블 컴퓨터가 의복에 어떻게 접목될 수 있는가의 가능성을 보여준다. 지금까지 의류분야의 사이버 패션 예측은 광택이 나는 소재의 사용이라든가 이어폰, 마이크 같은 액세서리 아이템으로 표현되었다. 실제로 웨어러블 컴퓨터가 디지털 의복으로서 상용화되면 그러한 액세서리가 단순히 미적인 감각만을 표현하는 것이 아니라 실제 사용 가능한 컴퓨터 아이템이 된다. 현재는 의복에 포터블 디지털 기술(portable digital technology)을 결합하는 여러 가지 방법이 연구되고 있으며, 더불어 이들 연구는 사용자가 불편 없이 웨어러블 컴퓨터를 사용할 수 있게 하는데 역점을 두고 있다. 그러므로 디지털 의복의 관점에서 의복을 디자인하는 데 가장 중요한 사항이 무엇인가를 알아보고, 이들 구성요소를 디지털 의복의 디자인에 접목시키도록 한 연구를 살펴보도록 하겠다.

4. 디지털 의복의 실용화

4.1. 착용성(Wearability)을 위한 디자인 연구

카네기 멜론 대학교(Carnegie Mellon University)의 연구팀은 '착용성을 위한 디자인(Design for Wearability)'이라는 연구를 통해서 동적인 인체 데이터를 측정하고, 이를 통해 인체 어느 부위에 위치해야 인간이 불편 없이 디지털 의복을 사용할 수 있는가를 알아보는 포터블 디지털 기술(portable digital technology)을 연구하였다 [15]. 디지털 의복은 일반 의복에 비해 착용한 상

태에서 신체를 움직여 사용할 수 있도록 디자인 되어야 하므로, 인체 동작에 따른 동적인 인체 데이터와 그로 인한 인체 주위 공간 측정 데이터 시스템의 구축이 필요하다. 그러나 이전까지는 이런 연구가 미비했기 때문에 실용화된 디지털 의복은 주로 안경, 이어폰, 시계 등의 액세서리에 집중되어 있다. 따라서 이 연구가 디지털 의복의 발전에 있어 중요한 의미를 가진다고 하겠다.

이 연구에서는 'pods'라 불리는 3차원 형태의 장치를 통해 디지털 의복의 아이템이 인체의 움직임에 방해를 주지 않으면서도 견고하게 부착될 수 있는 인체 부위를 찾고 인체와 디지털 의복 사이의 상호작용이 원활하게 이루어지도록 하는데 연구의 목표를 둔다. 이를 위해 우선 디지털 의복의 디자인에 필요한 가이드라인을 제시하고 이에 따라 동적인 인체 요소에 대한 데이터를 측정했다. 이 연구에서 제시한 디지털 의복의 디자인에 필요한 가이드라인은 13가지로 우선 기본적으로 고려되어야 할 6개와 부차적인 7개의 가이드라인으로 구성된다(Table 1). 각각의 가이드라인을 살펴보면 다음과 같다.

첫째는 디지털 의복의 아이템을 인체 어느 부위에 위치시킬 것인가이다. 이를 위해 연구에서는 디지털 의복의 아이템을 착용하기에 적당한 인체의 8 부위 -목둘레 칼라 부분, 상완 뒷부분, 전완, 흉곽 뒤와 옆, 앞부분, 허리와 엉덩이, 대퇴

Table 1. Guidelines for wearability

Primary Guidelines

1. Placement (where on the body it should go)
2. Form Language (defining the shape)
3. Human Movement (consider the dynamic structure)
4. Proxemics (human perception of space)
5. Sizing (for body size diversity)
6. Attachment (fixing forms to the body)

Secondary Guidelines

1. Containment (considering what's inside the form)
2. Weight (as its spread across the human body)
3. Accessibility (physical access to the forms)
4. Sensory Interaction (for passive or active input)
5. Thermal (issues of heat next to the body)
6. Aesthetics (perceptual appropriateness)
7. Long-term Use (effects on the body and mind)



Figure 4. Eight Areas of the most unobtrusive for wearable objects.

부, 정강이, 발등-를 설정했다(Figure 4). 이들 부위는 비교적 넓은 표면적을 갖고 있어 아이템을 장착했을 때 견고하게 고정될 수 있고 인체 동작에 방해를 주지 않는다.

두번째는 형태성으로 이는 인체의 형태를 따라야 한다는 점이 전제가 된다. 인체는 곡선 부위가 많으므로 아이템들 또한 유선적으로 울퉁불퉁하면서 유연한 형태를 지녀야 한다. 세번째로 인체 동작을 고려해야 한다. 인체가 행하는 단순한 움직임에도 수많은 근육과 관절의 형태가 변화해야 한다. 그러므로 디지털 의복의 디자인에는 관절의 작은 변화 하나도 고려되어야 하는 것이다. 때로는 근육이나 관절의 움직임을 오히려 디지털 의복의 아이템에 활용하는 방안도 모색할 수 있다.

네번째는 인간 공학적 측면에서 인체의 공간 지각 능력이다. 실제 인체는 오라(Aura)라고 불리는 자신만의 공간을 갖고 있다. 오라는 인체를 둘러싼 공간으로서 뇌가 자신의 신체부위라고 지각하는 부위이다. 다섯 번째는 신체의 다양한 사이즈 변동이며, 여섯 번째는 아이템들을 인체에 고정할 수 있는 부착성이다. 특히 이 경우는 다양한 소재의 개발을 통해 이루어질 수 있다고 본다.

그 외에 부차적으로 생각해야 할 일곱 가지 가이드라인은 다음과 같다. 첫째는 디지털 의복의 아이템을 구성하는 성분으로 무엇이 좋은가이다. 이 경우 물과 같은 형태 변화 물질이 신체 움직임을 방해하지 않아 적합하다. 둘째는 의복의 무게에 관련된 것인데, 전체의 무게는 가벼울수록 좋다. 셋째 디지털 의복은 쉽게 접근하여 사용할 수 있도록 디자인되어야 한다. 넷째 착용자의 신체 감각과의 상호작용이 단순하고 직관적으로 일어날 수 있도록 디자인되어야 한다. 다섯째 이들 아이템으로 인해 발생되거나 집중되는 열이 인체의 호흡을 방해하지 않아야 한다. 여섯째 문화와 상황에 따라 변화하는 심미적인 측면도 고려해서, 형태와 재료, 질감, 색상 등을 디자인해야 한다. 일곱째 장시간 사용할 때에도 신체에 해를 가하지 않고, 민감한 사람들도 안심하고 사용할 수 있어야 한다.

이 연구는 위의 가이드라인을 바탕으로 디지털 의복의 디자인에 있어서 기능적 요소뿐만 아니라 착용성(wearability) 요구를 디자인 프로세서의 초기 단계에서부터 구체적으로 적용할 수 있도록 하고 있다. 또한 디지털 의복의 기술상의 제약과 사용자들의 기능적, 심미적 요구 사이에 조화를 이룰 수 있게 도와주고 있다.

4.2. 디지털 직물(Digital fabric)의 개발

디지털 의복이 완성된 의복의 형태를 갖추기 위해서는 컴퓨터의 하드웨어적인 요소가 단순히 의복에 부착되는 형태가 아니라, 디지털 회로가 직물의 표면이나 내부에 걸어서 드러나지 않게 융합되어야 한다. 매사추세츠 공대 미디어 연구소(MIT Media Laboratory)의 포스트(Post, E, R.)와 오스(Orth, M)의 "Smart Fabric or Wearable Clothing"이라는 에세이(1999)와 Cho *et al*의 논문 "Wearable Computer"(1998)를 살펴보면 의복과 전자회로를 결합시키는 기술에 관해 대략적으로 이해할 수 있다.

의복과 전자 회로의 결합은 금속사(metallic yarn)의 제작에서부터 시작된다. 금속사는 금속과 섬유를 결합시켜 실의 형태로 만들어낸 것을 말하는 것으로, 이제까지는 주로 장식적인 용도

로 사용하여 왔으나 금속사의 특성을 이용하면 전자기 회로를 설계할 수도 있다. 금속사는 금속의 성질인 전도성과 섬유의 성질인 방적성, 인장강도, 내열성 등을 동시에 가질 수 있다는 장점을 가지고 있다.

금속사를 제작하는 방법으로 복합섬유(conjugate)를 제작하는 방법과 피복사(covered yarn)를 제작하는 방법이 있다. 우선 복합섬유는 고분자 상태에서 금속과 섬유를 결합시켜 얻는다. 이를 위해서 섬유와 금속의 혼합 용융액을 방사하여 실을 만들거나 또는 컴퓨터 칩(computer chips)을 섬유 용융액의 쉬트(sheet) 형태에 결합시킨 다음, 이 얇은 쉬트를 일정한 굵기로 잘게 쪼개어 실을 만드는 방법이 가능하다.

피복사를 제작하는 방법은 실 속에 금, 은, 알루미늄 등의 금속을 심은 후에, 다시 실로 감싸서(wrapped) 고정시키는 것이다. 예를 들어 견사 속에 얇은 구리박을 심어 피복사 형태의 금속사를 만들어 볼 수 있는데, 이 실은 구리의 전도성을 지니면서 동시에 견의 우수한 인장강도와 내열성을 가지게 되는 것이다[3].

금속사를 직물에 적용하는 방법에도 여러 가지가 있다. 가장 대표적인 형태는 일반 실과 금속사를 각각 날실과 씨실로 이용하여 직물을 제작하는 방법이다. 이와 같은 방법으로 제작된 직물의 예가 실크 오간자(silk organza)이다(Figure 5). 이 직물은 유연성이 우수하여 뭉쳤다가 펼치고, 부착했다가 떼어내는 것이 가능하다. 또한 마지막에 절연층 코팅만 해주면 접했을 때 전도체끼리 서로 접촉하는 경우 없이 회로를 구성할 수 있다.



Figure 5. Micrograph of silk organza.

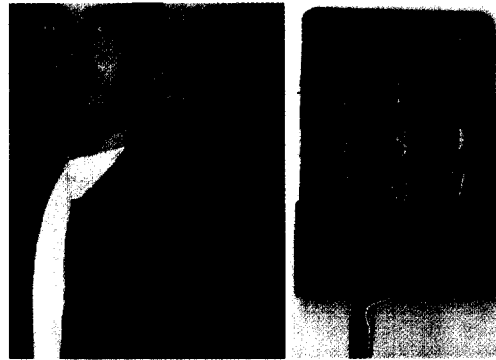


Figure 6. Music Man, Jean jacket which incorporates a fabric keypad.

전도성 직물을 구체적으로 디지털 의복에 이용하는 방법을 컴퓨터 기기 중에서도 회로가 간단한 편에 속하는 입력장치(keyboard)를 예로 살펴보면 다음과 같다. 입력장치의 원리는 스위치를 이용하는 것과 같다. 하나의 버튼을 누름으로써 그 버튼에 해당하는 전기적 신호가 컴퓨터의 메인보드(mainboard)에 전달되고, 이를 통해 정보가 컴퓨터에 입력되는 것이다. 디지털 의복의 입력장치로는 패브릭 키보드(fabric keyboard)가 사용된다. 패브릭 키보드는 우리가 흔히 보는 버튼이 있는 형태가 아니라, 표면의 촉각을 감지하여 이를 입력시키는 '입력장치'이다.

패브릭 키보드를 만드는 방법 중 한 가지는, 전도성 직물과 비전도성 직물을 켈트를 하듯이 이어 붙이는 것이다. 즉, 한 장은 전도성 직물이 세로로 배열되도록 하고 다른 한 장은 가로로 배열되도록 만든 다음 두 장을 겹친다. 이때, 부드럽고 폭신폭신한 절연물질을 두 장의 직물 사이에 넣어주어 압력이 가해질 때만 두 직물이 접촉하여 전기가 흐르도록 하는 것이다. 이 때 켈트 대신, 자수나 실크스크린을 이용하여 전도성 섬유를 배열할 수도 있다.

다른 한 가지 방법은 한 장의 직물만으로 패브릭 키보드를 만드는 방법이다. 이는 직물 위에 자수나 실크스크린을 이용하여 전극(electrode)을 부착하는 것이다. 이 전극이 부착된 부분에 압력이 가해지면 전극의 총용량(total capacitance)이 증가하게 되고, 이의 감지를 통하여

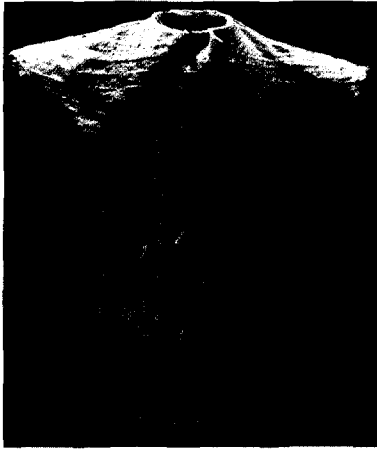


Figure 7. 스마트 셔츠 (GTWM: Georgia Tech Wearable Motherboard).

정보가 입력되는 것이다. 이것은 압력의 차이에 따른 신호를 감지하는 것이기 때문에 의복에 이용할 경우, 의복이 신체 각 부분에 잘 맞는지를 측정하는 기술로 응용될 수도 있다. 이들이 제시하는 패브릭 키보드(fabric keyboard)는 모두 일반 직물처럼 유연하고(뭉쳐질 수 있다) 세탁이 가능하다[19].

이 패브릭 키보드가 실용화된 것이 바로 스마트 셔츠(smart shirt)이다(Figure 7). 이것은 POF(Plastic Optical Fiber)를 이용하여 만든 셔츠로서, 호흡과 맥박 등 인체의 각종 바이탈 사인(vital sign)을 측정할 수 있는 의복이다. 조지아 공대(Georgia Tech)의 연구에 따르면, 실제로 아무런 불편함이 없이 쉽게 입고 벗을 수 있고 세탁 시에도 기능의 저하가 나타나지 않으며, 착용자의 신체 사이즈에 따라 맞춤형 제작도 가능하다고 한다. 미국에서는 이 스마트 셔츠를 실제로 군인이나 소방수, 아기, 노인 등을 위해 상용화하려고 한다. 스마트 셔츠는 제작 과정에서 특별한 재단과 봉제의 단계를 거치지 않고, 하나의 실로 짜여졌다는 점에서 섬유공학기술(textile engineering) 분야에의 기여도 인정되고 있다.

5. 결 언

최근 컴퓨터 공학 분야는 비약적인 발전을 거

듭하면서 급속히 변화하고 있다. 반도체 집적 기술의 발전, 음성 및 제스처를 인식하는 장치를 기반으로 한 컴퓨터 입력 방식의 변화, 극소화된 출력 장치의 출현, 그리고 이동 통신 기술의 발전 등 실제로 컴퓨터 장비를 최소화하는 기술은 더 이상 진보할 수 없을 정도로까지 발전되었다. 디지털 의복은 이러한 최첨단 기술의 통합체이며, 미래 지향형 컴퓨터 발전의 한 흐름으로 볼 수 있다. 따라서 디지털 의복에 대한 요구는 전세계 어디에서나 부정할 수 없으며, 디지털 의복의 연구와 개발은 무시할 수 없는 중요한 분야이다.

디지털 의복 연구는 여러 분야에서 다양하게 이루어지고 있는 반면 통합적으로 연계되어 이루어지지 못한 실정이다. 그러므로 디지털 의복 개발은 컴퓨터 공학뿐만 아니라 섬유공학, 의류과학, 산업디자인 및 인간공학 등과의 공동 연구 과제로 추진되어야 할 것이다. 이들과의 연계 없이는 디지털 의복이 미래 의복으로서 실용화되고 확산되기 어렵기 때문이다. 즉, 미래의 컴퓨터 기능은 디지털 의복의 기능 속에 통합되므로 디지털 의복 연구는 단순히 컴퓨터에 관한 연구에만 머무르지 않고, 디지털 의복을 착용하는 인간에 대한 연구까지 함께 이루어져야 한다. 컴퓨터가 의복의 형태를 취하게 될 경우, 이제까지 책상 위에, 또는 무릎 위에 얹어놓고 이용하던 때와는 모든 것이 달라질 것이기 때문이다.

외국의 경우, 비록 오랜 기간은 아니지만 디지털 의복에 대한 연구가 매사추세츠 공대(MIT), 카네기 멜론 대학(CMU) 등 유명 대학과 보잉사, DARPA 등에서 실제 현실에 적용할 수 있을 정도의 수준으로 이루어지고 있다. 그러나 우리나라의 경우, 학계는 물론 기업 중에서도 이에 대해 관심을 갖고 연구를 시작한 예를 찾아보기 힘들다. 따라서 국내에서도 미래 의복 발전 방향의 큰 조류에 동참하기 위해서는 지금부터라도 학계와 연구 기관, 기업 등에서 관심을 가지고 디지털 의복에 대한 연구를 시작해야 할 때이다.

특히 디지털 의복을 누구나 편리하게 사용할 수 있는 형태로 발전시키기 위해서는 의류 분야에서 활발한 연구가 이루어져야 한다. 단순히 컴퓨터를 최소화하여 신체에 분산시켜 부착하는

것이 디지털 의복이 지향하는 바는 아니기 때문이다. 앞서서도 언급하였듯이 디지털 의복이 지향하는 바는 착용자에게 유대모닉한 환경을 제공해주는 이그지스텐셜 미디어의 완성된 형태이므로 의류 분야 또한 이러한 관점에서 디지털 의복을 연구해야 한다.

또한 착용자는 디지털 의복을 통해 정보를 교환, 저장할 수 있을 뿐만 아니라 신체 상태를 파악하고 환경에 적응할 수 있게 된다. 그리고 더 나아가 자신이 원하는 능력을 선택하여 발휘할 수 있는 자유를 누릴 수 있게 된다. 그렇게 되면 의복은 더 이상 신체 보호나 신분 상징과 같은 기존의 기능을 수행하는 수준에 머무를 수 없으며, 미래형 의복으로서 디지털 의복은 다양한 기능이 가미되어 인간 능력의 연장 차원으로 영역을 넓히게 될 것이다. 의복을 구성하는 섬유와 조직 면에서도 silk organza, fabric keyboard, 스마트 셔츠 등 지금까지 개발된 것들과는 전혀 다른 방식과 기술로 만들어진 새로운 것들이 나타날 것이며, 이러한 기술의 발전은 급속도로 이루어질 것이다.

이 글을 통해서 섬유 및 의류 분야에서 디지털 의복에 관한 연구의 필요성과 중요성에 대한 관심과 인지가 높아지길 바라며, 활발한 연구가 진행되기를 기대한다.

참고문헌

1. N. Negroponte, "Being Digital", New York,

Knopf, 1995.
 2. 최혜실외 9인, "디지털시대의 문화예술", 문학과 지성사, pp.128-129, 1999.
 3. G. Cho, W. Barfield, and K. Baird, *Fiber Technology and Industry*, 2(4), 490(1998).
 4. <http://wearables.gatech.edu>
 5. S. Mann, What is a wearable computer, May 12, 1998, ICWC-98, <http://wearcomp.org/wearcompdef.html>
 6. S. Mann, The Wearable Computer and Wearcam, *Personal Technologies*, Vol. 1, No. 1, March, 1997.
 7. <http://www.sun.com/960710/feature3/alice.html>
 8. <http://www.microopticalcorp.com>
 9. <http://wearables.www.media.mit.edu>
 10. <http://www.microship.com>
 11. <http://www.darpa.mil/mto>
 12. <http://iswc.gatech.edu/wearcon97/default.htm>
 13. <http://www.xybernaut.com>
 14. <http://www.businessweek.com/1997/42/b3549064.htm>
 15. F. Gemperle, C. Kasabuch, J. Stivoric, M. Bauer, and R. Martin, "2nd International Symposium on Wearable Computers", pp.116-122, IEEE Computer Society, Oct. 19-20, 1998.
 16. <http://panopticon.edrc.cmu.edu/design/wearability/front.html>
 17. <http://www.media.mit.edu/~rehmi/cloth>
 18. <http://www.media.mit.edu/~morth/jacket.html>
 19. E. R. Post and M. Orth, "1st International Symposium on Wearable Computers", IEEE Computer Society, 1997.
 20. <http://vishwa.tfe.gatech.edu/gtwm/gtwm.html>