

미국 스마트섬유 시장에 대한 이해

유화숙¹⁾ · 박광희²⁾ · 김문영²⁾

1) 울산대학교 의류학전공
2) 계명대학교 패션마케팅학과

1. 서 론

스마트섬유는 스스로 생각하여 대응할 수 있는 섬유로 묘사될 수 있는데, 이는 추운 곳에서는 착용자를 따뜻하게 하고 더운 곳에서는 시원하게 해주며 색을 바꾸거나 전자기기 작동을 통해 우리의 일상생활에 즐거움과 편리함을 가져다 줄 수 있다 는 것을 의미한다. 그러므로 이제 스마트섬유는 섬유산업의 미래로 여겨지고 있으며 이에 선진국들은 스마트섬유의 개발과 생산에 노력을 집중하고 있다. 코넬대학의 Suzanne Loker 교수도 미국의류산업의 가치를 증가시키기 위해서는 스마트의류에 힘을 쏟아야 한다고 하였다(Lang, 2003).

다른 나라에 비해 특히 미국은 스마트섬유에 역점을 두고 정부차원에서 스마트섬유 산업을 발전시키기 위해 노력하고 있는데, 그 이유는 방위산업에서의 중요성 때문이다. 즉 색을 변화시켜 변장효과를 극대화시키는 군복이나 극한추위에 입는 방한용 군인외투 등에서 스마트섬유가 사용되기 때문이다. 또한 최근에는 방위산업 관계자들이 기업과의 협동 또는 제휴가 활센 더 나은 결과를 가져올 수 있다는 것을 깨닫기 시작해 다양한 산업센터들과 지식을 공유하려는 움직임이 일고 있어 스마트섬유에 대한 관심이 더욱 높아지고 있다.

스마트섬유가 적용될 수 있는 분야는 상당히 넓으며, 단지 의복에만 국한되는 것은 아니다. 예를 들어 바이오 메디칼 부분에서 인공혈관 또는 장기개발 등에서 스마트섬유는 대단히 크게 부각되고 있다. 더구나 수익성이 높을 것으로 예상되어 기업들의 스마트섬유시장 선점을 위한 노력이 계속되고 있다. 현재 우리나라도 스마트섬유의 중요성을 인식하여 산업자원부에서 스마트섬유산업을 적극 육성하고 있으며 여러 대학, 기업 및 연구소들도 활발히 연구를 진행하고 있다.

매년 100억불 이상의 무역수지 흑자를 기록하였던 섬유산업 ('87~'02)은 2000년대 이후 수출액이 계속 감소세에 있으며, 그런 견지에서 한국섬유산업은 미래 섬유산업의 견인차 역할을 할 그 무엇인가를 찾아야 할 시기에 와 있다고 할 수 있다. 그러한 역할을 스마트섬유가 할 것으로 생각한다. 이러한 상황을 고려해 볼 때 시장에서의 우리의 입지를 공고히 하기 위해 다른 나라의 현황을 파악해 보는 것이 필요하다고 본다. 더군다나 미국은 우리의 가장 중요한 섬유시장의 한 곳이므로 미국 스마트섬유시장에 대한 정보는 섬유산업의 미래에 큰 영향을

미칠 것으로 생각된다. 따라서 본 보는 현재 새롭게 출현하는 미국 스마트섬유시장에 대한 정보를 제공하기 위해 스마트섬유를 간략하게 설명하고, 스마트시장의 규모, 시장세분화와 상업적 잠재력을 갖는 시장 세그먼트를 확인하며, 스마트섬유시장이 갖고 있는 잠재력을 실현시키기 위해 극복해야 하는 과제들을 알아보고 미래 시장의 트렌트를 예측해보고자 한다.

2. 스마트 섬유 소개

2.1. 스마트섬유와 스마트의류의 정의와 범위

스마트섬유는 역학적, 열적, 화학적, 전기적, 자기적 또는 다른 원인으로부터의 자극 또는 환경조건을 지각하고 반응하며, 그것들에 대해 스스로 조절하여 적용할 수 있는 물질(재료)과 구조로 정의된다(Zhang-Tao, 2001a, 2001b, 2001c; Langenhoue-Hertleer, 2004). 스마트섬유는 고정된 특성들을 갖는 것이 아니라, 어떤 메카니즘에 반응하고 그 자신의 통제성을 갖고 작동되는 능동성을 갖는다.

미국에서 스마트섬유와 관련되어 사용되는 용어는 smart clothing/garments, smart fabrics and interactive textiles, intelligent textiles/garments, wearable computers, interactive electronic textiles, e-textiles 등으로 상당히 많다. 이 용어들이 의미하는 바는 약간씩 차이가 있으며 스마트섬유가 적용되는 범위가 상당히 넓어 이 용어들은 그 적용범위를 모두 만족스럽게 정의하지 못하고 있다. 그러나 이 용어들은 '지능(intelligence)'과 '상호작용적인(interactive)'이라는 개념을 공통적으로 갖고 있다.

이에 반해 우리나라에서는 스마트섬유, 스마트직물 또는 스마트의류 등의 용어를 사용하고, 환경조건이나 자극을 감지하고 반응하여 스스로 적용할 수 있는 섬유를 스마트 섬유라고 정의하여(산업자원부, 2004) 정의에서는 크게 다르지 않으나, 그 범위는 정부가 섬유산업 발전을 위해 육성하려는 고부가가치 섬유를 상당부분 포함시켜 미국과는 차이가 있다.

또한, 미국과 우리나라에서 스마트섬유의 의미를 갖고 사용되는 용어에서도 약간의 차이가 있다. 우리는 스마트성을 갖는 섬유제품을 총칭하고 제품의 기본 재료 물질이 섬유(fiber)라는 의미에서 '섬유'라는 용어를 사용한다면 미국에서는 스마트성을 갖는 제품을 만들기 위한 기본 재료를 '텍스타일(textile)'로

보고 스마트섬유와 관련된 용어에 ‘텍스타일’이라는 용어를 주로 사용하고 있다. 미국의 섬유산업구조를 보면 우리와 달리 일반 의류제품보다는 산업용제품에 초점을 두고 있어 의류를 포함한 산업용제품에서의 기본물질 또는 기본판(substrate)으로써의 의미에 강조를 두어 ‘텍스타일’이라는 용어를 주로 사용하는 듯 하다. 스마트섬유 관련 산업이나 제품 뿐만 아니라 연구 분야에서도 통합된 지능능력이 있는 물질재료로 ‘스마트/인터랙티브 텍스타일(smart/interactive textiles)’이라는 용어를 주로 사용하고 있으며 대체로 의복보다는 텍스타일에 무게를 두고 스마트섬유산업을 논의하고 있다.

따라서 우리나라에서 사용하는 스마트섬유를 스마트성을 갖는 섬유제품을 총칭하는 개념으로 이해한다면 이에 가장 잘 부합되는 미국 용어로는 인텔리전스와 상호작용능력을 갖는 섬유제품을 총칭하는 개념으로 그 적용범위가 상당히 광범위한 ‘스마트/인터랙티브 텍스타일’일 것이다. 따라서 본 보에서는 용어의 통일을 위해 스마트섬유라는 용어를 사용하고 있으나 이 용어는 미국에서 주로 사용하는 스마트/인터랙티브 텍스타일이라는 용어를 뜻한다는 것을 밝혀둔다.

스마트섬유는 한 가지 이상의 고기능성을 갖고 있으면서 내외부 자극을 감지하고 그에 대해 반응할 수 있으므로 이와 같은 섬유로 만들어진 스마트의류(smart clothing)도 그와 같은 기능을 갖는다고 할 수 있다. 이는 미래의 주된 의복품목이 될 것이고, 그 의복에 많은 전자기기들이 통합될 것으로 추측된다. 즉, 스마트의류는 전기장치와 텍스타일의 복합물이 될 것이다.

또한 인텔리전트의류(intelligent clothing)로서 스마트의류의 개념을 정의하는 경우도 있는데, 그 경우 인텔리전트의류란 무선통신이 가능한 모바일 멀티미디어 기술과 의복에 통합된 이동 가능한 컴퓨터의 복합물로 정의된다(“Intelligent Textiles”, 2005). 인텔리전트의류는 사람들이 어디 있든 간에 어떤 기능이나 작업을 멀리서 통제할 수도 있고, 인터넷 등을 통해 세계적인 정보에 접근하고 싶을 때는 다른 사람들과 컴퓨터시스템을 통해 통신할 수 있도록 해줄 것이다.

2.2. 스마트섬유 종류

스마트섬유는 인텔리전스 정도와 반응방식에 의해 구분될 수 있는데, Zhang과 Tao(2001a, 2001b, 2001c)는 인텔리전스의 정도에 따라 스마트섬유를 수동적 스마트텍스타일, 능동적 스마트텍스타일, 매우 스마트한 텍스타일로 분류하였고 곤잘레스 교수는 반응방식에 따라 스마트섬유를 크게 4종류로 나누었다(Gonzalez, 2005). 수동적 스마트재료(환경조건이나 자극을 감지만 하는 것), 능동적 스마트재료(환경이나 자극을 감지하고 반응하는 것), 매우 스마트한 재료(자극을 감지하고 반응하고 그에 따라 스스로 적응하는 것), 인텔리전트 재료(미리 프로그램된 방식이나 매뉴얼에 있는 기능을 수행하기 위해 반응하거나 활성화 하는 것)로 나누었다.

위와 같은 분류들을 종합하여 스마트섬유를 기능적 활성도에 따라 수동적 스마트섬유, 능동적 스마트섬유, 울트라스마트

섬유로 분류할 수 있을 것이다.

수동적 스마트섬유(passive smart fiber) : 수동적 스마트섬유는 제 1세대 스마트섬유로 단지 외부자극이나 환경을 지각하는 섬유를 말한다. 광섬유가 들어있는 직물과 전도성 직물이 그 좋은 예이다. 광섬유는 감지기능과 신호전달 기능을 동시에 갖는다. 따라서 광섬유센서는 인장, 온도, 농도, 압력, 전류, 자기장 및 환경특성 등을 측정하는데 사용된다(Jones, 1998). 이 센서는 전투시 군인의 안전을 위협하는 화학적, 생물학적 독성 물질을 감지할 수도 있으며, pH를 감지하는 센서도 개발되어 군복에 넣어 짜여지기도 했다(El-Sherif et al., 2000). 조지아텍에서 개발된 스마트셔츠도 광섬유센서를 이용하여 심박수, 체온 등을 재계 되어 있어 외부자극을 광섬유센서를 이용하여 측정한다는 의미에서 수동적스마트의류로 볼 수 있다(그림 1a).

또한, 스테인레스 스틸 필라멘트, 전도성고분자섬유, 금속을 피복한 아라미드섬유등 많은 전기전도성 섬유/직물은 외부자극을 감지하는 직물센서를 만들 수 있다. 이처럼 외부자극을 감지하는 전도성섬유와 압력을 전기적 신호로 바꾸는 압전직물을 이용해 직물 키보드(fabric keyboard)가 만들어진 것이다(그림 1b).

그 외에도 극세섬유에 자외선 흡수물질을 처리하여 수동적으로 자외선을 흡수반사하는 능력을 갖는 자외선 보호복도 수동적 스마트의류의 한 예로 볼 수 있다(HaerriHaenzi, 2002). 이러한 개념을 이용하여, ‘Fun In The Sun Solar Wear’사는 자외선차단능력을 갖는 Dupont사의 LYCRA로 자외선차단지수가 50이상인 유아용과 아동용의복을 개발하여 판매하고 있다(그림 2).

능동적 스마트섬유(active smart fiber) : 제2세대 스마트섬유이고 센서와 작용기 둘 다 갖고 있는 경우로 자극을 감지하면 작용기가 직접 또는 중앙통제장치로부터 감지된 신호에 따라 움직인다. 이 예로는 형상기억직물, 카멜레온직물, 축열/발열직물 등이 있다.

형상기억직물은 둘이상의 온도에서 안정된 물질인 형상기억물질로 처리되어 온도가 다르면 다른 형태를 가질 수 있다. 의복에 사용된 예로는 Defence Clothing & Textiles Agency가

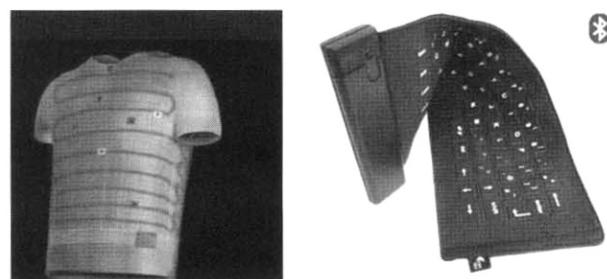


그림 1. 조지아텍의 스마트 셔츠(a)와 직물 키보드(b)

(자료 출처:(a) www.sensatex.com/, (b) www.elektex.com/consumer%20products/1-keyboard.htm)



그림 2. 아동용 자외선 차단 shirt short set와 one-piece-rash-guard
(자료출처: www.funinthesunwear.com/miva/merchant.mvc?Screen=SFNT&Store_Code=FIS)

방한/방서 레저웨어에 인터라이너로 형상기억고분자필름을 사용함으로써 온도가 올라가면 형상이 변화하여 직물간에 공기층을 더 크게 형성하여 절연능력을 갖도록 한 경우가 있다.

카멜레온 직물은 3~4mm 지름의 마이크로캡슐에 열민감성 염료를 담아 이를 수지에 혼입시켜 직물에 코팅한 것으로, 마이크로캡슐속에는 소색제, 색채성분(색결정)과 발색제(색의 농도 결정)가 있는데 실온에서는 색채성분과 발색제가 결합하여 발색하지만 온도가 높아지면 소색제가 작용하여 색채성분과 발색제를 분리시켜 색이 없어지고 회색 된다. 미국 Detco사는 이러한 특성을 갖는 감온변색잉크를 사용해서 온도가 증가하면 프린트된 무늬의 색이 변하는 T-셔츠를 판매하고 있다.

스마트섬유 중 가장 크게 주목받고 있는 것이 상변환물질(PCM)을 이용한 축열/발열직물이다(그림 3). 마이크로캡슐 PCM은 인체가 많은 열을 내면 그 열을 PCM이 흡수하여 액화되고 그 대신 착용자는 시원하게 되며, 인체가 열을 내지 않고 쉬는 동안에는 갖고 있던 열이 방출되어 착용자를 따뜻하게 만든다. 이를 상품화한 대표적인 회사로 미국 콜로라도에 있는 Outlast[®]를 들 수 있는데, 그들은 Outlast Adaptive Comfort[®]라는 기술과 ‘Outlast Thremocules’라는 PCM을 200개 이상의 회사, 50개 이상의 제품에서 사용하고 있다고 발표하였다.

울트라 스마트섬유 : 제3세대 스마트텍스타일로써 환경조건이나 자극에 대해 스스로 지각하고 반응하며 스스로 그 조건에 맞게 조치를 취할 수 있다. 이처럼 매우 스마트한 섬유의 생산

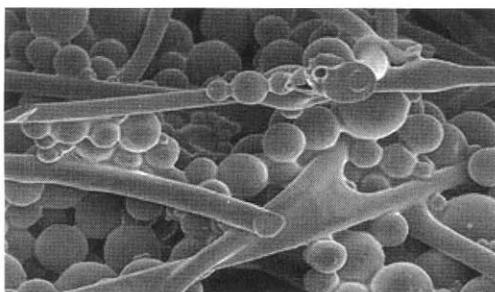


그림 3. PCM 마이크로캡슐이 섬유에 붙어 있는 모양
(자료출처: www.comfortemp.com/htm_english/index2.htm)

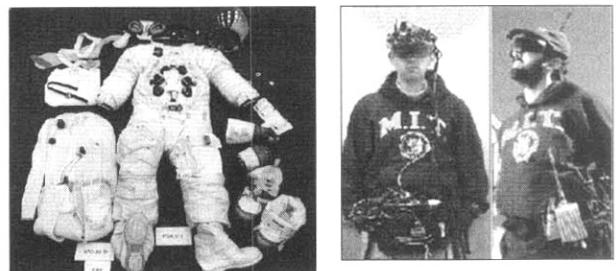


그림 4. 아폴로 우주복(a)과 웨어러블 컴퓨터를 착용한 Steve Mann(b)
(자료출처: (a) www.daviddarling.info/encyclopedia/S/spacesuit.html
(b) Meoli & Plumlee, 2002)

은 섬유기술이 구조역학, 센서와 작용기 기술, 통신, 인공지능과 같은 다른 분야와 성공적으로 결합되어야 가능한 것이다. 특히 울트라 스마트 의복은 의복 안에 전기시스템을 넣어줌으로써 전자장치를 일상생활의 한 부분으로 만들 것이다.

아폴로우주복(Apollo A7LB spacesuit)은 많은 전자장치가 내장되어 있고 우주인의 생명과 작업을 가능하게 하는 ‘첨단장비’이며, 보통 의복의 기능을 훨씬 뛰어넘는 것이었므로 최초의 울트라 스마트의복의 한 예로 볼 수 있다(그림 4a). 그 이후 컴퓨터기능이 있는 전자장비를 들고 다니기 위해 몸에 부착하거나 매는 형태를 취하기 시작하면서 ‘웨어러블 컴퓨터’라는 용어가 사용되기 시작했다. 웨어러블 컴퓨터는 사용자에 의해 조작적, 상호작용적으로 통제되고 사용자 개인공간의 일부가 되는 도구로써 정의할 수 있다(MeoliPlumlee, 2002). MIT대학의 스티브만교수는 웨어러블 컴퓨팅 분야의 선구자로 1980년대 초기부터 웨어러블 디바이스를 만들었으며, 초기 웨어러블 컴퓨팅 시스템은 허리와 머리에 매달고 차는 디스플레이와 카메라였다(Mann, 1996)(그림 4b).

그러나 초기의 웨어러블 컴퓨터는 복잡하고 불편해서 일상 생활에서 사용하기는 어려웠다. 이후 웨어러블 컴퓨터는 더 발전하여 완전히 의복에 전자장치가 통합된 형태를 띠기 시작했다. 1997년 MIT의 Tod Machover 교수팀은 리바이스 자켓을 이용하여 직물 키페드, 신디사이저, 증폭스피커, 배터리를 갖고 있어 입는 음악악기라고 볼 수 있는 뮤지컬 자켓을 개발했다고 발표하였다(그림 5). 울트라 스마트의복의 결정체라 볼 수 있는 웨어러블 컴퓨터는 좀 더 많은 기능을 갖고 일상생활에서 사용할 수 있는 형태로 발전 중에 있으며, 이를 만들고자 보잉컴퓨터사, 하니웰사, 카네기멜론대학, 버지니아텍대학이 개발 중에 있다.

3. 스마트섬유 시장

3.1. 시장의 규모

스마트섬유는 새롭게 떠오르는 분야로 새로운 아이디어와 신제품들이 발표되고 있으나 그것이 상업적 제품으로서 충분한



그림 5. MIT의 뮤지컬 자켓

(자료출처: http://www.ifmachines.com/design_musical-jacket.html)

가치가 있는지 파악되지 않은 경우도 있으며 아직은 연구실 수준의 제품에 그치는 경우도 많다. 이처럼 신제품들이 하나둘씩 시장에 나타나기 시작하고 있지만 아직은 그 영향력을 알 수 없으며 상업적 가능성도 입증되지 않아 스마트섬유 시장을 예측하는 것은 대단히 어려운 일이다.

미국에는 기술자문과 기술관련 시장동향 보고서를 내는 회사들이 여럿 있는데 그중의 한 곳인 VDC(Venture Development Corporation)는 2002년에 스마트섬유 세계 선적량에 대한 예측치를 발표하였다(Shea, 2002). 그들은 스마트섬유를 기본으로 하는 제품의 상업적 선적은 2002년부터 시작될 것으로 예상했고 전 세계의 선적량을 금액으로 환산하면, 2002년에 250만 달러이고 2005년에는 2640만 달러, 2006년에는 4740만 달러가 될 것으로 예측했다. 2003년 11월 VDC는 광범위한 전화인터뷰와 스마트섬유제품의 공급자와 최종사용자에게 인터넷을 통해 설문조사를 한 결과를 발표하였다(Barnard, 2003). 그 결과에서 2003년 세계 스마트 섬유 연 소비는 3억3천만 달리이며, 그 중 가장 큰 지배적인 시장은 방위산업으로 2003년에 연 소비의 10%(새 제품을 개발하기 위한 개발 연구비와 상업적인 제품구입을 포함)에 육박하였다고 하였다. 또한 2008년에는 대략 1년 소비가 5억2천만 달러일 것으로 예측했으며 방위산업이 여전히 가장 큰 적용분야로 연소비의 10%를 차지할 것으로 예상하였다. 그 이후에도 VDC는 계속해서 스마트섬유와 관련된 보고서를 발표했는데, 2004년 8월에 발표한 보고서에 따르면("Wearable Electronic", 2005), 스마트섬유의 세계 시장은 2004년 8월 현재 3억 달리이며, 연성장을 19%로 잡았을 때 2008년에는 7억2천만 달러로 예상된다고 하였다. 연소비의 10% 정도는 방위산업 부문에서 소비될 듯 하다고 하였다.

Burr & Krans(2006)도 스마트직물이 19%씩 연평균 성장하여 2008년에는 7억2천만 달러에 도달할 것이라고 하였다. 아직 걸음마 단계이긴 하지만 방위산업분야, 의료와 스포츠분야에서의 성장 잠재력이 높다고 하였다. 특히 증가된 건강에 대한 관심과 지출 때문에 심박수, 체온, 다른 생체학적 모니터링을 위해 스포츠와 의료장비에도 스마트섬유가 적용되고 있다고 하였다.

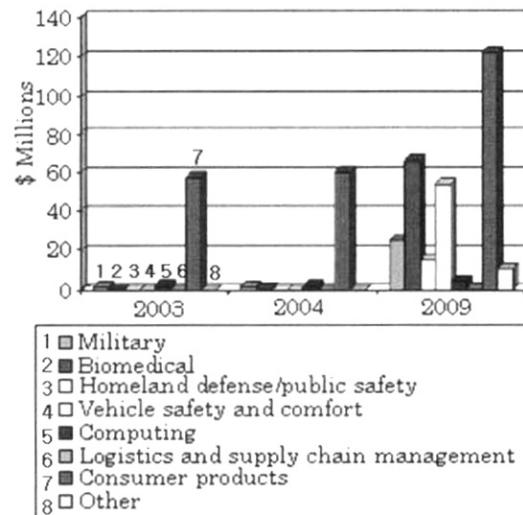


그림 6. 시장세분화에 따른 스마트 섬유의 미국시장 규모

(자료출처: www.bccresearch.com/avm/AVM050A.asp).

McWilliams(2004)가 작성한 미국시장에 대한 보고서에 따르면 스마트섬유의 미국 시장 규모는 2004년에는 6천4백4십만 달러로 추정되고 연평균성장률을 36%로 잡았을 때 2009년에는 2억9천9백3십만 달러가 될 것으로 추정하였다. 즉 세계시장의 성장률에 비해 훨씬 더 높은 성장률을 가질 것으로 예측하였으며 시장세분화에 따른 시장분석 결과 소비자관련제품 시장이 가장 크다고 하였다. 즉, 현재는 빛에 의해 색상이 변하는 T-shirts와 수영복과 같은 기술수준이 낮은 품목을 포함하는 소비재가 미국 스마트 섬유시장의 대부분을 차지하고 있으며 상변환제품과 전도성직물이 시장의 나머지를 차지하고 생체 의료분야, 방위 산업분야, 자동차 안전과 폐적성 관련 상품 분야는 아직 비중은 작지만 빠르게 성장하고 있다고 하였다. 이 가운데 전도성직물은 매년 2배로 증가하고 있으며 형상기억제품은 상업적인 물량을 갖고 시장에 진입하고 있는 중이라고 하였다(그림 6).

시장에 따른 평가는 학자마다 달라서 Byrt(2005)는 보수적인 입장에서 소수 몇 회사만이 스마트섬유제품 판매에서 이득을 내고 있고 현재 스마트의류(smart clothing)를 위한 시장이 존재한다고 인정하기는 어렵다고 하였다. 진정한 성장은 5~10년이 지나야 나타날 것이고, VDC와 같은 회사의 리서치노트에서도 스마트 직물의 폭 넓은 용도 전개는 15년이 걸릴 것이라고 하였다고 보고하였다.

위에서 본 바와 같이 스마트섬유 시장 규모를 논하기에는 아직 이론 감이 없지않다. 즉, 미래시장을 어떤 시각에서 보느냐에 따라 시장 규모가 크게 차이가 나고 있는 것이 사실이다(그림 7). 기술조사 회사들이 끊임없이 관련 보고서를 내고 있고 시장규모, 기업간 거래 추정치나 예측치등의 자료를 발표하지만 그 자료의 신뢰성이나 정확성은 낮다고 볼 수 있다. 그러나

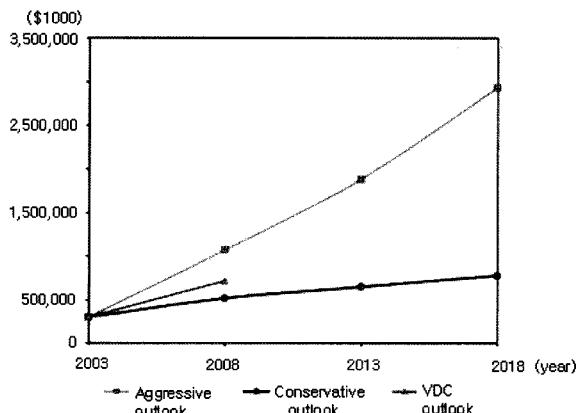


그림 7. 세계 스마트섬유 소비 증가율 로드맵
(자료출처 : Burr&Krans, 2006).

이러한 자료들을 통해 분명히 알 수 있는 것은 스마트섬유 시장의 성장률은 상당히 클 것이라는 것이다.

3.2. 시장세분화

스마트섬유시장은 2004년 3억 달러 정도로 추정되었으며 성장 예상치는 다음 10년 동안의 시장세분화에 의해 크게 달라질 것으로 생각된다. VDC(Venture Development Corporation)는 스마트섬유 시장을 수직적으로 세분하여 소비자/소매업자시장, 산업/상업부문시장, 의학적/응급반응/공중보건분야, 운송분야, 정부/방위산업분야로 분류하였다(Barnard, 2004). 소비자/소매업자시장에는 스포츠웨어, 캐주얼/패션웨어, 액세사리, 소비자전자제품 등이 해당된다. 산업/상업부문시장에는 산업 장비, 내구재, 상업/주거 건설재, 제조관련물품 등이 있고 의학적/응급반응/공중보건 분야에는 물리학적 모니터링 시스템, 환자추적장치, 의료시설에서 필요한 공급물품 등이 속한다(표 1).

스마트섬유의 적용분야에 따라서도 시장을 세분화할 수 있다. 첫째, 컴퓨팅과 통신분야로 컴퓨팅분야는 인풋/아웃풋 디바이스, 키пад, PDA 등에 사용될 수 있을 것이고 통신분야의 경우에는 무선전화, GPS, PAN과 관련된 분야에 사용된다고 볼 수 있다. 둘째 위치와 관련된 분야로 사람, 아이들, 노인위치를 모니터링한다거나, 유괴나 감옥탈옥수의 위치추적, 또는 애완동

물이나 동물들의 이송이나 이동경로추적을 하는 곳에 사용할 수도 있고 제조/어셈블리 라인, 이송중인 물품목록관리, 도난방지 및 안전관리 등에 사용될 수 있다. 셋째, 활성화와 반응에 관련된 분야로 온도조절과 에너지 관리(열에너지 생산과 축적, 연료전지기술), 환경관리(화학적/생물학적 보호, 전자기/고주파 열차폐), 운동관련분야(인공근육기술, 상변화물질) 등이 이에 속한다. 마지막으로 센서와 모니터관련 분야로 생체역학적 모니터링(백박, 호흡, 혈압, 체온), 방향성 운동과 공간(오리엔테이션, 위치변화), 환경적 감지(생물학적, 화학적 요소들, 빛, pH, 압력), 물품의 상태(음식의 유통기한 관리, 빛에 대한 노출, 온도, 시간)에 관련된 분야가 이에 속할 것이다. McWilliams (2004)도 스마트섬유 적용분야에 따라 시장을 세분화했는데, 방위산업분야, 바이오메디칼분야, 공중안전관련분야, 자동차안전과 편리성분야, 컴퓨팅분야, 물류와 공급망관리분야, 소비자분야, 기타로 분류하였다.

위와 같은 결과들을 보면 우리나라의 경우 스마트섬유의 적용범위를 크게 4분야(스포츠/레저섬유, 메디칼/헬스케어섬유, 환경용섬유, 디지털섬유)로 나누었던 것에 비해 시장이 상당히 세분화 되어 있는 것을 알 수 있으며 이를 통해 스마트섬유를 다양하게 여러 분야에서 다각도로 적용시켜 볼 것이라는 것을 알 수 있다.

3.3. 가장 빨리 성장할 분야

스마트섬유의 성장잠재력은 클 것으로 예측되나 가장 성장이 빠를 것으로 예측되는 분야를 찾는 것이 시장선점을 위해 기업에게는 중요한 문제이다. 그러므로 성장가능성이 높은 분야를 알아야 하는데, VDC는 스마트섬유 중에서 가장 빠른 성장을 이를 분야로 헬스케어/의료용, 스포츠와 아웃도어활동을 위한 의복, 방위산업분야라고 하였다(Shea, 2002). Meoli(2002)는 스마트섬유 관련 전문가들을 인터뷰하여 스마트섬유에 대해 조사하였다. 그는 웨어러블 디바이스를 만들기 위해서는 전도성 물질이 중요하다고 보고 전도성직물/실/잉크를 비롯하여 광섬유, 금속섬유 등을 관련 기술로 보고 그 중 가장 잠재력이 큰 기술을 찾고자 하였으나 이들 간에 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다고 하였다. 이러한 텍스타일이 적용될 분야로, 통신, 엔터테인먼트, 교육, 건강/안전분야로 나누어 가장 성장

표 1. 스마트섬유시장의 수직적 세분화

스마트섬유시장의 수직적 세분화	소비자/소매업자시장 산업/상업부문 시장 운송분야 정부/방위산업분야	스포츠웨어, 캐주얼/패션웨어, 액세사리(장갑, 모자, 스카프등), 소비자전자제품(모바일폰, PDA, MP3플레이어, 게임), 기타 산업장비(여과지, 통신장비등), 내구재(텐트, 전열담요등), 상업/주거 건설재(인테리어가구, 안전관리시스템, 구조보강재등), 제조분야 생물학적 모니터링시스템(심박수, 호흡, 혈당등 측정), 환자추적장치(환자관리, 임상시설), 의료시설 물품(밴드, 환자복, 담요, 침구) 자동차내장재, 하중감지안전벨트, 대중교통/개인운전자를 위한 인식정도 모니터링, 도로표지판 방한용전투복, 부상감지전투복, 경찰복
------------------	---	--

성이 높은 분야를 조사한 결과, 헬스모니터링과 피드백이 초기에는 가장 큰 시장일 것이라고 하였다. 향후 5, 10년 이후에 가장 잠재력이 있는 분야는 매스 마켓이나 니치 마켓 모두에서 헬스/안전분야인 것으로 나타났다.

Burr & Krans(2006)는 헬스와 의료산업이 큰 시장이기는 하지만 초기 가장 큰 시장은 방위산업군이 될 것이라고 하였으며 액체군복(liquid armor), 의복에 내장된 무선멀티미디어디바이스 등이 그 예가 될 것이라고 하였다. 다른 적용범위로는 단기간 동안에는 자동차 내장재와 안전표지판 등이 주요 시장이 될 것이라고 하였다.

이러한 결과들을 종합해볼 때 미국시장에서 가장 성장이 빠른 분야는 헬스케어/의료용 분야일 것으로 예측된다. 그러나 사용자들은 제품에 의해 제공되는 기능성외에도 기본적으로 착용성, 쾌적성과 생체를 모니터링해주는 기능 등을 모두 갖출 것으로 기대할 것이므로 본래의 기능성외에도 이들 제품에서의 착용성, 쾌적성과 같은 특성에 대한 세심한 고려가 필요할 것이다.

3.4. 스마트섬유의 발전 장애요소와 중요요소

스마트섬유가 급속히 발전하고 있지만 이러한 발전을 위해서 극복해야 할 기술적인 면들이 있다. 스마트섬유제품을 만들기 위해 사용되는 기술에 영향을 미칠 수 있는 요소들에 대해 Meoli(2002)는 금속섬유의 경우에는 유연한 접속방법을 의복제조기술과 접목해야 하는 것, 적용시킬 때의 적합성, 연결회로를 만드는 것, 내세탁성이 스마트섬유제품을 만들기 위해 요구되는 기술이라고 하였다. 또한 광섬유의 경우에는 광센서를 의복에 통합시키는 방법, 빛이 섬유에 도달하고 광신호를 받는데 드는 비용, 연결회로를 만드는 것이 제품개발에 영향을 미칠 것이라고 하였으며, 전도성실/전도성물질코팅의 경우에는 연결 회로, 내세탁성, 고분자간의 상용성(compatibility)이 기술사용에 중요한 영향을 미칠 것이라고 하였다.

스마트섬유기술을 사용한 제품의 소비자 시장수용성에 영향을 미치는 중요 요소로는 기능성과 신뢰성, 가격, 착용쾌적성과 패션, 내구성, 다양성과 확장성, 제품수명 등을 들 수 있으며 시장에서 이러한 텍스타일 제품이 성공하기 위해서는 제품의 특성이 영향을 미치는데, 관리취급이 가장 큰 영향을 미치고 그 다음이 가격 그리고 신제품과 신기능이 너무 빨리 출시하여 사는 것에 대한 부담감이 클 것이므로 호환성과 업그레이딩 가능성 순으로 영향을 미친다고 하였다. 또한 이러한 제품들이 시장에 들어와 대중적으로 사용되면 문제들이 발생할 수 있는데, 이 때 수반되는 문제들에는 안전성문제, 사생활보호 문제, 그와 관련되어 발생할 수 있는 도덕적인 문제들이 있으며 이것들에 대한 세심한 주의가 필요하다고 하였다.

Burr & Krans(2006)도 스마트섬유가 의류산업과 전자기기산업에서 주요한 위치를 차지하기 위해서는 몇몇 문제들이 극복되어야 하며 센서, 작용기, 유연한 전력공급장치, 플라스틱 전기기기와 광기전성(photovoltaic) 등에서 많은 점들이 개선되어

야 한다고 하였다. 더 나아가 스마트섬유 제품을 시장에 내놓기 위해서는 소비자 기술 교육이 필요하며 오랫동안 사용될 수 있는 유용한 제품어야 하고 다른 대안적인 제품이나 기술보다 더 우수한 기능성을 갖고 있어야 하며 이러한 제품이 판매되기 위한 강력하고 효율적인 마케팅이 이루어져야 할 것이라고 하였다.

4. 미래 스마트섬유 시장 트렌드

미래는 지식을 바탕으로 한 사회가 될 것이며, 그러한 사회에서는 일상 생활환경에서의 인텔리전스 통합을 요구할 것이다. 의복은 개인적이고 인체에 가장 근접한 것으로 만약 의복이 인텔리전스 특징을 갖는다면 외부환경에 대한 보호막으로, 그리고 좋은 의도를 갖게 하는 이상의 기능을 우리에게 제공하게 될 것이다.

텍스타일 기술과 물질과학에서의 진보는 전도성직물분야에서 새로운 상품을 만들게 하였다. 전자파차폐와 정전기 전하방전을 통해 전기전도성직물의 중요성을 우리는 이미 알고 있다. ‘electronic’이 의미하는 것은 텍스타일이 정보를 교환할 수 있다는 뜻이다. 텍스타일이 자동적으로 데이터를 저장하고, 분석하고, 전달하고, 디스플레이할 수 있게 되면 인텔리전트 하이테크 의복인 스마트의류의 새 차원이 시작되는 것이다.

고흡수성 기저귀나 인공기관에서부터 우주정거장의 건설자재까지 섬유들은 여러 분야에 적용되어 전통적인 일반직물들을 대체하고 있다. 발열/축열섬유 또는 직물들은 스키복, 신발, 헬멧에 사용되고 있으며 광섬유센서를 갖는 직물과 복합재들은 교량과 건물들을 모니터하는데 사용되고 있고 센서 및 마더보드를 탑재한 의복은 상처를 파악하여 착용자의 건강정보를 전송한다. 또한, GPS, 모바일폰기술 등도 착용자의 위치를 기리켜 주기 위해 의복에 통합되고 있으며 생체조직, 기관도 생분해섬유로부터 만들어진 텍스타일 지지대로부터 성장하고 있고, 나노섬유의 경우에는 매우 높은 에너지 흡수능력을 갖고 방오, 빛반사와 같은 다른 기능들을 갖는다. 텍스타일은 이전의 섬유들이 갖고 있던 한계를 극복하고 그 기능성 너머로 다양한 방식에서 통합되고, 수정되고 다시 만들어지고 있다. 예를 들어 전도성 폴리머가 스마트섬유에 사용되면 통기성 좋은 바람막이 잠바가, 빛방울을 감지하면 레인코트로 변할 수도 있고, 스위치를 한번 눌러 색을 변하게 만든다거나 의복일부가 웨어러블 컴퓨터용 마이크로프로세서로 작동할 수도 있을 것이라고 예측된다. 단지 예측을 넘어 러시아대학에서는 세계 최초로 단원자두께의 직물이 나왔다는 보고도 있다(Radical Fabric, 2004).

이러한 계속되는 발전은 우리의 미래에 대해 훨씬 더 좋은 것들을 약속한다. 그렇다면 스마트섬유에서 미래발전의 결과로 무엇을, 무슨 능력을 우리가 기대할 수 있을 것인가?

첫째, 스마트섬유들은 나노 크기와 테라 크기를 갖게 될 것이고 복잡성, 인지력을 갖고 전체론적인 입장에서 발전될 것이다. 테라스케일 또는 나노스케일은 인간이 만든 대부분의 디바

이스사이즈를 1/1000 정도 작은 크기로 만들 수 있게 하고 분자를 쉽게 배열할 수 있게 해주며, 암, 전염병 등을 제거하고 막힌 동맥을 뚫기 위해 인간의 체세포보다 더 작은 의료용 나노로봇을 만들 수도 있을 것이다.

둘째, 전기적으로 네트워킹하는 인텔리전트 의복은 유연하고 전도성있는, 실같은 전기센서와 빙데리 섬유에 의해 제작될 것이다. 이러한 스마트의류 혼자 충분한 컴퓨터로서의 역할을 할 것이다. 일례로 맹인용 상황감지셔츠는 접근하는 물체에 대한 경고를 하기위해 진동모터를 갖은 채 제작될 수도 있고, 화학 공장 노동자는 액이 새어나오는 것을 감지하는 오버올을 입을 수도 있을 것이다. 즉 올트라 스마트섬유가 실현되어 이를 일상생활에서 사용할 것이며 의복은 의복으로서 보다는 컴퓨터로서의 개념으로 보아야 할 만큼 '전자장비'로서의 개념을 갖게 될 것이다.

셋째, 그와 같은 최첨단 직물을 개발하고 만드는 비용 때문에 당분간은 패션업계에서 스마트의복을 개발, 적용하기는 어려울 것으로 보인다. 따라서 스마트섬유의 주된 적용은 상당한 비용을 감당할 수 있는 의료, 군사, 산업분야가 될 것이다.

넷째, 앞으로 의복은 현재의 수동적 보호자라는 역할에서부터 라이프스타일과 관련된 활동의 통합요소로서 그 역할이 바뀌게 될 것이다. 패션은 중요한 채로 남겠지만 요점은 기능성으로 강하게 전이될 것이다. Levis ICD+자켓과 같이 전자기기를 옷 안에 내장해 놓은 웨어러블 일렉트로닉 제품이 이미 만들어졌고, 듀폰, MIT, Georgia Tech, Virginia Tech과 같은 그룹들은 통신, 컴퓨팅과 오락적 목적의 액세사리를 위한 플랫폼으로서 의복을 사용할 것을 제안하고 있으며 착용자의 생리적 기능을 모니터하는 프로젝트에 이미 참여하고 있다.

5. 결론 및 제언

가까운 미래에 스마트섬유 제품이 시장에 대거 진입할 것이고 잠재력과 시장성이 크다는 판단 하에 전 세계가 스마트섬유 시장에서의 입지를 굳건히 하기 위해 노력하고 있으며 우리나라와 미국도 예외는 아니다. 미국은 우리의 가장 중요한 섬유 교역국 중 하나일 뿐만 아니라 스마트섬유 연구가 다른 국가들에 비해 앞서 있기에 미국의 스마트섬유 시장을 알아보는 것은 우리에게 큰 도움이 될 것이다. 미국의 스마트섬유시장에 대해 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 미국 스마트섬유 시장에 대한 의견은 미국학자나 관계자들 간에도 아직은 의견 일치가 안 되고 있으며 그 규모나 범위를 정확하게 규정하기는 어려울 것으로 보인다. 스마트섬유 제품들이 시장에 나오기는 하나 아직은 상업적 가능성이 확인되지 않아 스마트섬유 시장은 초기 형성단계라 할 수 있다. 또한, 출시된 몇몇 스마트섬유 제품들은 가격, 기능성, 관리취급성 또는 착용성 등의 문제들로 인해 소비자들의 큰 호응을 받고 있다고는 보기 어렵다.

둘째, 가장 성장이 빠를 것으로 여겨지는 분야는 헬스케어분

야이며 이 이외에도 스포츠와 아웃도어활동의복, 방위산업 분야도 큰 발전이 있을 것으로 기대된다.

셋째, 미국의 스마트 섬유 성장률이 세계 스마트섬유 성장률에 비해 높을 것으로 예측되고 있으며 이러한 것들을 볼 때 앞으로도 계속 미국의 스마트섬유는 다른 나라에 비해 빨리 발전할 것이라고 생각된다.

넷째, 미국의 섬유산업이 산업용소재에 중점을 두고 있어 스마트섬유 개발도 스마트의류뿐만 아니라 다양한 적용분야를 찾으려는 경향이 있는 것을 알 수 있다.

다섯째, 기술적인 문제 외에도 건강과 안전에 대한 잠재적 위험성에 대해서도 관계자들이 신경을 쓰고 있으며 수반되는 사생활침해와 도덕성에 대한 문제도 제기되고 있다.

이러한 미국 스마트섬유 시장에 한국섬유업체가 진입하여 그 시장에서 경쟁력을 갖기 위한 방안을 제시하면 다음과 같다.

첫째, 제품측면에서 미국은 섬유산업구조가 그렇듯이 산업용 스마트섬유 제조 및 개발에 역점을 두고 있는 반면 우리는 의류용에 중점을 둔다. 물론 우리도 산업용으로의 구조개편이 되어야 하나 이미 갖고 있는 장점들을 이용해 전환기를 잘 견뎌내는 것도 중요하다고 본다. 이제까지 우리는 의복의 기능성을 높이기 위해 고기능성 소재개발에 중점을 두어왔다. 따라서 그 기술노하우를 이용하여 의복에서 스마트섬유를 이용한 품목을 개발해야 할 것이다. 기술개발도 중요하나 개발된 기술을 어디에 적용시키느냐는 상업적 성공의 열쇠이다. 그러므로 고부가 가치를 낼 수 있는 품목을 찾아보고 그 아이템에 사용될 기술을 찾아야 할 것이다.

둘째, 미국 스마트섬유 발전에서의 중요요소와 장애요소가 무엇이 있는지 알아보았다. 이러한 문제들은 곧 우리가 당면하게 될 문제이기에 시장을 선점하기 위해서는 이 문제점들에 대한 해결책을 찾도록 노력해야 할 것이다. 따라서 적극적으로 시장에 대한 정보를 얻어 문제점을 파악하며 취득한 정보를 서로 공유하는 자세를 가져야 할 것이다.

셋째, 미국시장에서 가장 성장 가능성이 높은 분야는 헬스케어 분야이며 아웃도어웨어나 스포츠웨어, 방위산업분야의 성장 가능성이 다른 분야에 비해 높다고 예측되었다. 그러나 지금 당장 섬유업계에서 헬스케어 제품을 개발하기는 어렵기 때문에 중단기적으로 스포츠/아웃도어 웨어에 중점을 두어 제품을 개발하고, 장기적으로 헬스케어 분야에 적용시킬 방법을 모색해야 할 것으로 생각된다. 특히 우리나라의 경우 스포츠웨어 분야에서 고기능성 직물 개발사례가 많아 이를 바탕으로 연구개발을 한다면 가까운 미래에 좋은 제품이 나올 것으로 기대된다.

넷째, 기업, 정부, 학계가 함께 의견을 교환하는 네트워크가 필요하며 기업간의 전략적 제휴관계가 필요하다. 스마트섬유의 경우 새로운 분야이며 한 분야에서 접근하는 것보다 다양한 분야에서 접근할 경우 경쟁력 있는 신제품을 얻을 수 있다. 기업가, 기술자, 학자마다 문제 해결 방식이 다양하므로 다양한 접근방식도 나오게 되므로 여러 분야의 연구자가 공동으로 연구하는 것이 필요하다. 섬유기계제조자, 고기능성직물과 일반직물

업자, 디자이너, 의복생산자와 분배자가 한데 모인다면 완전한 섬유제품 공급망이 이루어질 것이다. 이는 이전에는 없었던 시너지효과도 가져오고 다른 각도에서 그리고 다른 필요조건들로부터 제품을 분석하여 더 나은 제품을 만들 수도 있을 것이다. 또한 이러한 네트워킹은 연구개발을 수행하기 어려운 중소기업들로 이루어진 섬유산업의 경쟁력을 강화시킬 것이다.

감사의 글 : 이 논문은 2005년도 지역산업기초기술개발사업 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- 산업자원부 (2004) 산업기술로드맵 -스마트섬유-. 산업자원부, 서울.
- Barnard, R. (2003) Smart fabric and interactive textiles: Global market opportunity assessment, a strategic resource for senior managers interested in maximizing growth and profitability. Retrieved November 17, 2005 from www.vdc-corp.com/components/white/03/03sfit.pdf.
- Barnard, R. (2004) Several attractive opportunities for smart fabrics and interactive textiles(SFIT) in commercial and industrial markets, Retrieved November 1, 2005 from www.vdc-corp.com/Documents/pressrelease/04_sfif_pr2.pdf.
- Burr, S. and Krans, M. (2006) Developing the technology, applications and markets for interactive textiles: Smart fabrics, Retrieved May 21, 2006 from www.environmental-expert.com/events/smart2006/Smart%20Fabrics%202006.pdf.
- Byrt, F. (2005) Clothes get wired at digital-edge design shops. *Wall Street Journal on line*, B4.
- El-Sherif, M.A., Yuan, J.M. and MacDiarmid, A. (2000) Fibre optic sensors and smart fabrics. *Journal of Intelligent Materials Systems and Structures*, 11(5), 351-359.
- Gonzalez, J.A. (2005) Smart and interactive textiles : Advances in technology. Retrieved October 21, 2005 from www.ualberta.ca/~jag3/smart_textiles/index.htm
- Haerri, H.P. and Haenzi, D. (2002) UV absorbers for sun protective fabrics. *International Textile Bulletin*, 5, 65-68.
- Intelligent textiles: Smart clothing (2005) Retrieved November 11, 2005 from www.tut.fi/units/ms/teva/projects/intelligenttextiles/upper8.htm
- Lang, S. (2003) CU student's smart jacket is body friendly. *Cornell Chronicle*, 34(18).
- Langenhove, V.L. and Hertleer, C. (2004) Smart clothing: a new life. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 16(1/2), 63-72.
- Mann, S. (1996) Smart clothing: Wearable multimedia and personal imaging to restore the balance between people and their environments. *roceedings (ACM) Multimedia* 96, 11, 163-174.
- McWilliams, A. (2004) GB -309 smart & interactive textiles. Retrieved September 15, 2005 from www.bccresearch.com/plastics/GB309.html
- Meoli, D. (2002) Interactive electronic textiles: Technologies, applications, opportunities, and market potential. North Carolina State University, Unpublished Master Thesis.
- Meoli, D. and Plumlee, T.M. (2002) Interactive electronic textile development. *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, 2(2), 1-12.
- Radical fabric is one atom thick (2004) Retrieved October 20, 2005 from news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3944651.stm
- Shea, T. (2002) "Smart fabric" or interactive textile products market seen on the horizon. Venture Development Corporation report, Retrieved September 15, 2005 from www.vdc-corp.com/industrial/press/03/pr03-02.html
- Wearable electronic smart textiles news events (2005) Retrieved November 13, 2005 from www.smarttextiles.info/news_events_old.htm
- Zhang, X. and Tao, X. (2001a) Smart textiles: Passive smart. *Textile Asia*, June, 45-49.
- Zhang, X. and Tao, X. (2001b) Smart textiles: Active smart. *Textile Asia*, July, 49-52.
- Zhang, X. and Tao, X. (2001c) Smart textiles: Very smart. *Textile Asia*, August, 35-37.

유화숙(Hwa-Sook Yoo)



연세대학교 대학원(석사)
연세대학교 대학원(박사)
현재 :울산대학교 의류학전공 교수
Tel. +82-52-259-2735
Fax +82-52-259-2888
E-mail : uhwas@ulsan.ac.kr

박광희(Kwang-Hee Park)



연세대학교 대학원(석사)
Purdue Univ. Dept. of Consumer Science & Retailing (Ph.D.)
현재: 계명대학교 패션마케팅학과 교수
Tel. +82-53-620-2223
Fax +82-53-620-2225
E-mail: kwanghee@kmu.ac.kr

김문영(Mun-Young Kim)



Domus Academy (석사)
인하대학교 대학원(박사)
현재: 계명대학교 패션마케팅학과 교수
Tel. +82-53-620-2230
Fax +82-53-620-2225
E-mail: munyoung@kmu.ac.kr