

# 최근 디지털 섬유제품 개발동향

손 성 군

디엔에프

## 1. 서 론

모든 상품에 있어서의 기능성은 인본주의에 입각해서 판단되고 창조된다. 갈수록 편리함과 편안함, 안락감과 쾌적함을 추구하는 등 소비심리는 갈수록 감성화 되어가고 있고, 이러한 소비심리를 충족시키기 위한 제조기술 또한 첨단화 되어가고 있다. 섬유산업에 있어서도 21세기 신 섬유로 다양한 기술들이 제안되고 있고 매일 새로운 기술들이 창조되고 있다. 신체를 가리고 외부 환경으로부터 몸을 보호한다는 단순 기능적인 차원을 넘어 입어서 쾌적함과 안락함을 느낄 수 있는 감성기능의 의류개발이 줄을 잇고 있고 주위 환경을 감지 대응함으로써 자발적인 변화기능을 갖는 정보형 섬유도 등장하고 있다. 구체적인 예로 태양 에너지로 전기를 발생시키는 의복, 운동을 하다가 부상 위험이 있으면 경적을 울리는 섬유, 그리고 심장박동과 생리적인 건강을 모니터링 할 수 있는 시트 등 섬유를 혁신시키는 최첨단 화학물질, 즉 지능형 고분자에 대한 관심도 점차 높아지고 있다.

## 2. 디지털 섬유의 개념

디지털 섬유제품이란 섬유패션기술을 주(主)기술로 하고 디지털 하드웨어 기술 및 소프트웨어 응용 기술을 종(從)기술로 하는 퓨전(fusion) 기술에 의해 창출되는 스마트(smart) 기능의 섬유제품을 말한다.

예를 들어 현재의 휴대전화 기능과 같이, 미래 일상생활에 있어서 언제 어디에서나 필요한 디지털 기능과 그 소요장치들을 의복내부에 통합시키면서도 의류제품 고유의 인간친화성을 유지하는 신종(新種) 의류 등의 새로운 섬유패션 제품을 창출하는 기술이다. 이는 섬유패션 기술과 디지털 관련 기술과의 접목에 의하여 하이테크 기능성 스마트 섬유제품을 구성하는 기획/디자인, 제조, 공정, 마케팅에 이르는 제품화 기술들을 포괄한다.

디지털 섬유제품은 각종 전자장치를 장착한 단순 가전기능을 갖고 있는 전자섬유(e-Textile)와 전기를 운반하고 인장에 대응하며 전도도를 바꾸고 그것을 통과하는 전류 변화를 측정하는 등 수많은 상호 정보를 주고 받을 수 있고 다양한 응용분야를 가진 정보형 스마트 섬유(i-Textile)로 분류할 수 있다[1].

그러나 이러한 기술을 구사하기 위해서는 선행연구과제로 인텔리전트 재료개발이 우선되어야 한다. 인간의 감각과 섬유제품과의 정보전달 및 평가에 관한 기초연구가 바로 이것으로, 이를 기반으로 한 쾌적·건강·복지의류 및 로봇용 소자의 새로운 분야를 개척할 필요가 있다. 한편 새로운 복합소재에 대한 연구도 필요하다. 분자복합과 접합, 혼합, 상분리, 경사복합 등 새로운 복합화기술에 관한 기초 연구를 통해 신섬유소재 개발 등 다음의 선행연구개발이 뒤따라야 할 것이다.

(1) 촉감 발현기구 해명

(2) 운동을 포함한 인체 데이터 정량화 및 쾌적

의류 설계 응용

- (3) 생리반응에 의한 의복의 착용감 평가시스템 개발
- (4) 직물의 역학적 평가시스템 개발
- (5) 의복과 인체의 체온조절행동에 관한 연구
- (6) 인체구조·기능특성과 의복과의 상호작용에 관한 연구
- (7) 합성섬유의 고강도·고탄성화를 위한 분자배향, 결정 및 비결정 구조제어기술 개발
- (8) 고강도·고탄성 섬유재료와 환경응답성재료의 복합화에 관한 연구
- (9) 뒤엀킨 분자의 용융연신, 고배합, 결정화 방법 등 용융구조제어에 관한 연구
- (10) 섬유의 표면과 구조제어기술 개발
- (11) 유기/무기 나노화이버 재료 개발
- (12) 섬유의 정보수집 및 동조화 메커니즘에 관한 연구

2.1. e-Textile

각종 섬유제품에 전기나 전자장치를 부착함으로써 이들 장치의 기능을 이용하는 기능성 섬유제품을 의미한다. 최근은 그 기능이 좀더 첨단화되어 컴퓨터가 내장된 의류개발로 이어지고 있고, 정보형 스마트 섬유와의 결합으로 이제는 i-Textile과 e-Textile 섬유의 기능을 결합한 첨단 디지털 섬유제품도 개발되고 있어 점차 그 경계가 없어지고 있으며, 최근은 언제 어디서나 네트워크가 가능할 수 있는 ubiquitous 개념의 wearable computer가 미래사회의 화두가 될 것으로 예상하고 있다.

e-Textile은 예를 들면, 초창기 젖은 기저귀에 의한 피부발진을 사전에 예방할 목적으로 기저귀에 장착함으로써 소변에 의해 기저귀가 젖게 되면 전해질인 소변에 의해 전류가 흘러 부자를 울리게 하는 기능의 기초제품을 시작으로, 최근은 MP3 기능 의류와 TV 셔츠, 그리고 전자자수직물 등 첨단 컴퓨터 장치들을 장착한 디지털 섬유제품군이 여기에 속한다.

2.2. i-Textile

i-Textile은 정보형 섬유(지능적 섬유 : intelligent 섬유)로 스마트 섬유로도 불리어지고 있으며 향후 연구개발의 주요 테마가 되고 있다. 정보형 섬유에 대한 아이디어는 심장의 심근자동에서 힌트를 얻었다는 이야기도 있다. 심장부의 심근은 두 개의 분자로 되어 있어, 이 두 개의 분자는 자극을 받음으로서 각각 응답하게 된다. 각각의 분자가 결합체로 되어 하나의 리듬에 이끌려 들어가 동조하게 됨으로써 심장부를 움직이게 하는 것이다.

섬유에 있어서도 intelligent화를 위해서는 이와 유사한 특성을 고려하지 않으면 안된다. 즉 자극을 가함으로써 동조시킬 수 있도록 한다는 것으로, 이 자극으로 각각의 고분자들이 하나의 목적 하에 동작 가능한 동조화가 가능하게 되면 이를 전기로 변환시키는 기술이 연구 대상이 된다.

지능적 섬유의 이용 특성에 대해서는, 우선 섬유 자체의 분자구조에서 센서기능이 움직이는 집합체를 형성할 수 있도록 한 것으로 이 기능을 분류하면, 전자파에 대한 방호성을 발휘하거나 액체에 대한 처리작용, 인간의 육체에 친숙한 보조조직 등 응용할 수 있는 범위는 넓다.

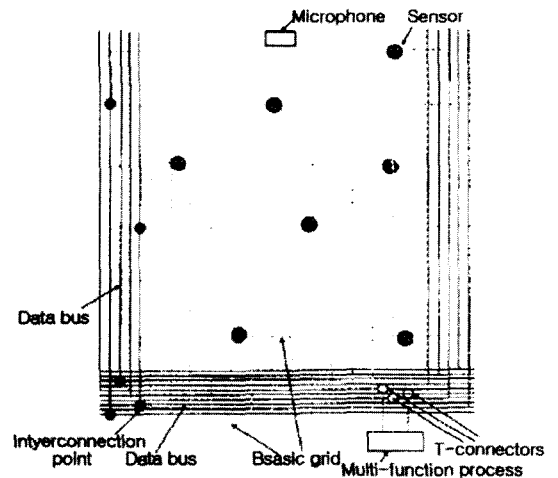


Figure 1. Smart shirt의 구조[2].

### 3. 디지털 섬유제품의 기술현황

#### 3.1. 신 섬유 개발 : 소극적 섬유에서 상호 작용성 섬유로의 전환[3]

디지털 섬유제품의 개발은 각 요소기술의 개발이 우선되어야 한다는 관점에서 궁극적으로는 섬유 자체에 지능을 부여한다는 차원에서 연구개발이 이루어지고 있다. 즉 섬유에의 전자적 특성과 컴퓨터 기능 부여가 그것인데, 이러한 의복으로 미 국방성 Advanced Research Projects Agency에서 최초로 투자하여 Georgia 공대에서 개발한 smart shirt를 예로 들 수 있다. 즉 감지하고 모니터링하고 정보처리 기능이 통합된 의복을 만들어 쾌적한 이동정보 인프라를 구축하는 것이다. 이것은 섬유와 센서 및 무선기술을 통합한 진보된 반응형 섬유로 알려진 새로운 섬유의 개발에 근거한다. 곧 전자섬유인 e-Textile은 섬유에 전자적 요소를 통합한 새로운 직물구조를 나타내지만 상호 작용성이라는 중요인자를 포함하지는 못한다는 문제가 있다. i-Textile의 경우 직물 자체가 전자특성과 컴퓨터 기능을 가진 실질적인 직물 컴퓨터로 상호작용하고 능동적인 특성을 갖는 것과는 대조를 이루고 있지만, 디지털 섬유제품의 궁극적인 목표는 역시 i-Textile 기능에 있다 할 수 있다.

#### 3.2. Smart shirt 기술 현황

##### 3.2.1. Smart shirt의 구조

smart shirt의 구조는 심장박동, 호흡비율, 심전도, 체온 및 산소 농도계와 같은 생명과 관계된 vital 신호들을 표시해 주는 센서와 연결된 유연하고 입을 수 있는 구조로 되어 있다. 센서는 smart shirt에 연결되며, 센서로부터의 정보는 유연한 데이터 버스를 통해 smart shirt 컨트롤러인 다기능 프로세서에 전해진다. 컨트롤러는 신호를 bluetooth와 같은 무선으로 의사, 병원, 응급실 등으로 보낸다. 또한 버스는 외부로부터 전달되는 전기신호, 열에너지 및 소리 등을 센서로 전달한다. 여러 센서가 통합되어

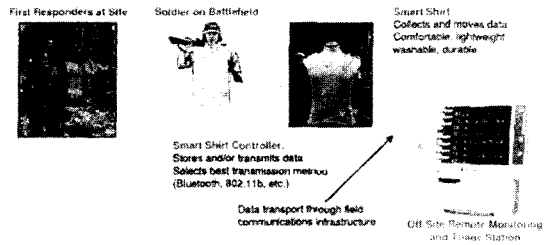


Figure 2. 전장에서 Smart shirt[2].

smart shirt의 능동적인 정보전달 구조가 만들어지는데, 예를 들어 산소농도 또는 해로운 가스를 감지하는 센서는 소방관의 smart shirt에 적용될 수 있고, 소방관의 생체정보를 계속해서 보내어 지휘부에서 소방관의 상태를 확인하고 필요한 경우에 철수명령과 적절한 정보를 제공할 수 있도록 하는 것이 주 목적이다.

##### 3.2.2. 재료와 생산기술

적절한 재료는 weighted prioritization matrix 기술에 근거하여 선택하고 이 기준에 기초하여 생산 방법을 결정한다. 예를 들면, 전투에서 총알관통을 감지해 주는 smart shirt는 광섬유를 사용한다. 관통은 광섬유회로가 전달되면서 감지되고 총에 맞은 신체변화 정보가 무선으로 응급실에 전달되어 위생병이 돌볼 수 있다. 이 시스템은 전장에서 많이 이용될 것으로 보인다. 그 이유는 위생병이 살릴 수 있는 병사에게 집중할 수 있기 때문이다. 가중평가에서는 상대적인 중요성을 표시하는데, 광전도는 관통을 감지할 수 있는 제일 중요한 것이기 때문에 최대 가중치를 주고(20%), 전자교란에 대한 저항(15%), 신호약화에 대한 저항(15%) 등의 가중에 의해 결정한다. 평가기준에서 재료는 각 경우의 총중 정도에 따라 할당하는데, 그 범위는 0~4이다. 보다 큰 가중치( $\sum \text{weight} \times \text{score}$ )를 갖는 재료를 선택하면 효과적인 smart shirt를 제조할 가능성이 높다.

또 smart shirt의 새로운 제작, 편성 및 지수기술이 개발되었다. 광섬유의 물리적인 손실과 신호손실의 최소화 및 보호기능을 달성하기 위해 광섬유

를 내부에 넣고 코팅하여 smart shirt를 제조하는 방법이 그것으로, 연속적 의복을 만들기 위해 플라스틱 광섬유를 적층하는 기술이 요구되기 때문에 기존의 자르고 꿰매는 작업은 이용되지 않는다. toray에서 현재 피복된 광학섬유를 생산해 smart shirt에 이용하고 있다. 여기서는 요구되는 기능이 발현되면서도 외관이나 촉감이 변하지 않는다는 것이 중요하다.

### 3.2.3. Smart shirt의 응용

smart shirt는 초기에 전쟁터에서 병사를 관찰한 목적으로 개발되었지만, 그동안 많은 연구가 진행되어 개인의 이동정보처리에도 이용되기에 이르렀다. 개인의 이동정보처리는 개인의 요구를 모니터링 해주는 센서의 통합과 정보가 무선으로 전달될 수 있음을 의미한다. 이 때 smart shirt는 감지하고 모니터링하며 정보를 처리하는 기기를 통합하는 편리한 구조를 하고 있다. smart shirt의 중요한 장점은, 한번에 체계적으로 인간의 생체상태를 보여준다는 것이다. 인간의 신체 상태정보는 smart shirt controller에서 smart shirt에 연결되어 있는 다양한 센서에 의해 수집되고 여기서 계산된 신체신호는 무선으로 Figure 1과 같이 적당한 통신수단을 이용해 정보가 전달된다. 수집된 데이터는 모니터링되고 관리시스템에서 이 데이터를 판단하여 사람의 상태에 맞게 응답한다. 따라서 smart shirt는 군사용, 공공안전불, 건강 모니터링, 스포츠/레저, 우주용 등 다양한 응용분야를 가지고 있다.

### 3.2.4. Smart shirt의 미래

smart shirt 기술은 감지하고 느끼고 생각하며 사용자의 상태, 자극, 환경에 기초한 반응을 나타내는 i-textile 시대를 선도할 것으로 보인다. smart shirt로부터 생체신호 데이터의 흐름을 측정하여 적절한 의학적 치료를 제공함으로써 개인의 건강을 증진시키는 실시간 피드백을 할 수 있다. 머지않아 MEMS(Micro electro mechanical system) 기술 발

전은 약물을 전달하는 시스템을 포함하는 피드백 시스템을 smart shirt에 통합할 수 있게 해 줄 것이다.

## 4. 디지털 섬유제품 시장동향

### 4.1. 디지털 섬유제품 시장동향

디지털 섬유제품 시장은 2004년 현재 형성단계에 있으며 전 세계 시장규모는 극히 미미하다. 아직 국내의 수출입과 생산은 진행되고 있지 않으나 최근의 전 세계 섬유패션 시장에서의 동향은 디지털 섬유제품에 대한 중요한 시사점을 나타내 주고 있다.

우선 소비자 수요동향 관점에서 볼 때 본 기술은 섬유패션제품에 대한 소비자 수요의 거시적 흐름(mega stream)과 맥락이 합치되어 있으며, 20세기 이후 현재에 이르기까지 수많은 유행 변화에도 불구하고 전 세계 소비자들이 변함 없이 추구해 온 섬유패션제품의 속성은 기능성이었고, 그 후 1990년대부터 이 기능성은 섬유패션제품이 갖는 고부가가치의 새로운 키워드로 자리 잡아 가고 있다. 또한 섬유패션 제품의 기능성에 대한 소비자의 수요가 고감도화 될수록, 또한 디지털 기능의 사용이 생활화 될수록 소비자 수요들은 소재에 내재된 기능에만 만족하지 않게 되어 보다 현실적인 기능의 섬유패션제품을 원하게 될 것으로 예상된다. 따라서 디지털 섬유제품 시장은 머지않아 본격적으로 형성되어 전 세계적으로 급속히 확산되어갈 것으로 보고 있으며, 이로써 디지털 섬유제품은 미래수요에 부응하는 강력한 제품군이 될 것으로 전망되고 있다.

이에 부응하는 세계시장의 주요 동향으로는, 1999년 이래 섬유패션 분야에서는 유럽의 Levis사, Nike사, Hugo Boss사, Munich 디자인스쿨, 미국의 Burton Snowboard사, Sensatex사, Scottvest사 등과 같은 스포츠/레저웨어 제조업체들이 중심이 되어, 전자제품 분야의 Infeneon technology사 및 Philips사 등과의 협업 하에 MP3 player, 휴대전화기, CD player, 의복내 온도조절기, 생체신호 감지 센서 등이 내장

Table 1. 디지털 섬유제품 시장규모[4,5]

구분	1999년	2000년	2001년	2002년	2003년
물량(천개)	0.0	0.0	0.0	885	2,090
금액(백만불)	0.0	0.0	0.0	2.5	5.9
구분	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
물량(천개)	4,990	9,340	16,800	33,600	67,100
금액(백만불)	14.1	26.4	47.4	94.8	189.5

된 intelligent 기능 의류의 초기 모형을 개발하였으며, 이후 더 발달된 모형 개발을 계속하고 있다. 반면, 일반 정장 및 캐주얼웨어와 같은 일상생활용 섬유패션제품 존을 겨냥한 intelligent 기능 섬유제품의 모형 개발은 저조한 편이다.

#### 4.2. 디지털 섬유제품 시장의 방향성

세계적인 기술 컨설팅 전문회사인 Venture Development Cooperation(2002)은 2004년부터 디지털 섬유 제품들에 대한 수요가 다양한 시장에서 형성되어 연 90%이상(최고 108.9%)의 급속한 신장율을 기록해, 2006년도 경에는 47.5백만 달러의 시장규모가 형성될 것이며, 2005년경부터는 이 분야가 섬유패션 산업에서 중요한 역할을 담당하는 산업분야가 될 것이라 예측하였다.

디지털 섬유제품 시장의 방향에 대한 첫 번째 키워드는 미래 소비자 라이프스타일에 부응하는 intelligent 기능의 디지털섬유제품 구현이고, 두 번째 키워드는 디지털섬유제품 시장의 미분화로 분석하고 있으며[6], 이들 각각에 대해 다음과 같이 예측할 수 있다.

**미래 소비자 라이프스타일에 부응하는 Intelligent 기능의 디지털섬유제품 구현** : 2010년경에 이르러 성인의 40%, 10대의 75%의 인구가 디지털 기기를 착용 또는 부착하고 일상생활을 할 것으로 예측되고 있으며, 미래의 중요한 라이프스타일을 표현하는 지표로는 지능화된 일상생활의 향유, 엔터테인먼트 활동의 생활화, 건강에 대한 관심, 문화화된 테크놀로지의 향유 등이 예측되고 있다[7]. 또 이러한 미래 라이프스타일에 부응하기 위해서는 지능화된

기능을 내장하면서도 엔터테인먼트 및 건강 등의 생활문화 컨셉에 초점을 맞춘 디지털 섬유제품을 개발하는 것이 중요한 요소라 할 수 있다.

**디지털섬유제품 시장의 미분화** : 현재까지는 세계적으로 주요한 스포츠/레저 웨어 제조업체들이 중심이 되어, 일부 전자제품 분야의 회사 및 연구소들과의 협업 하에 MP3 player, 휴대전화기, CD player, 의복내 온도조절기, 생체신호 감지 센서 등이 내장된 디지털 의류의 초기 모형을 개발해 왔으며, 현재 더 발달된 모형 개발을 계속하고 있으나, 일반 정장 및 캐주얼웨어와 같은 일상생활용 디지털섬유제품의 모형 개발은 저조한 편이다. 이러한 최근 개발 동향을 볼 때, 디지털섬유제품의 세계 시장이 형성되는 초기에는 스포츠/레저 웨어 제조업체들이 초기 시장을 석권할 가능성이 높으므로 이에 대비하기 위해서는 스포츠/레저웨어형 디지털 섬유제품군을 개발해야 할 것이며, 또한 이 시장이 미분화되기 시작하면 상대적으로 개발이 뒤늦은 일상생활용 섬유제품(예: 정장 및 캐주얼웨어)형 디지털 섬유제품 존(zone)은 상대적 틈새시장이 될 것으로 예측되므로 이 유형군의 모형과 제품을 개발하는 것도 매우 중요하다고 판단된다.

#### 5. 디지털 섬유제품 개발동향

디지털 섬유제품에 대한 연구가 시작된 때는 지능형 고분자에 대한 연구가 활발히 진행되면서부터인 1970년대이다. 그 당시 미국과 일본의 연구원들은 플라스틱이 전기 전도체가 될 수 있다는 사실을 발견하지 못했으나, 의복과 같은 제품을 만드는데

이러한 지능형 고분자를 이용하기 시작한 것은 불과 5년 정도의 역사 밖에 되지 않는다[8].

이 후 각 분야에서 용도별로 많은 연구가 진행되어 제품화를 서두르고 있으며, 각각의 기능발현 수단으로는, 특수 지능형의 고분자를 이용하는 방법 등 재료에 의한 방법과 마이크로 캡슐 등을 이용하는 가공에 의한 방법, 그리고 재료의 구조 변경에 의한 방법 등 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 그러나 이들 모두 용도에 따라 그 기능을 달리하고 있기 때문에 여기서는 각각을 용도별로 분류해 정리하였다.

### 5.1. 보호기능 디지털 섬유제품

작용시 인체를 보호하거나 방어하는 기능의 섬유를 말한다. 주로 군사용이나 소방용 또는 스포츠용에서 그 기능을 찾아 볼 수 있다.

최초의 디지털 섬유제품 시제품으로는 무릎 보호대가 있다. 무릎의 위험한 움직임을 인지하면서 섬유가 인장될 때 보호대에 섞여 있는 고분자 촉발자의 전하가 변하면서 부저가 울리게 되며, 이 때 운동선수는 자신의 잘못된 습관과 무릎 쪽 십자형 인대의 손상 위험성을 인식하게 된다. 이 보호대는 2001년 11월 시즌 전 기룡 풋볼 클럽에 의해서 시험됐으며 이 보호대의 능력은 매우 높은 것으로 확인되었다. 이로써 보호대의 유도작용이 테니스 선수의 팔꿈치, 육상선수의 아킬레스건, 스키선수의 무릎 등 여러 가지 스포츠에서 부상을 감소시킬 수 있을 것으로 기대하고 있다.

엘라이드 시그널사가 폴리에스터-카프로락톤 공중합체로부터 최초의 스마트섬유를 개발하고 이를 사용한 안전벨트를 개발해 특허를 등록하고 상품화에 성공한 것이 최초라는 의견이 있다[9]. 이 안전벨트는 안전-감금 시스템(safety-restraint system)의 비용절감을 가져오는 새로운 안전벨트용 섬유(상품명 Securur)로 smart response fiber(지적 반응섬유)를 사용하였으며, 충돌시 에어백과 연계해 체구가 작은 여인과 어린이를 포함한 거의 모든 탑승자들의

의 감금효과 향상으로 부상위험에서 지킬 수 있어 정압 수축띠(constant-force retractor : CFRs)의 기계적 하중제한장치를 대체할 수 있을 것으로 전하고 있다. 이 안전벨트는 자동차 충돌사고시 3단계에 걸쳐서 반응하게 되는데, 먼저 충격시 탑승자를 제 위치에 잡아두고 그 다음 탑승자에게 가해진 힘을 제한하기 위해 이완시켜 에어백 축소 보완으로 탑승자 신체의 급격한 흔들림을 완충한 후 마지막으로 섬유의 강도(strength)를 복원해 탑승자가 계기판이나 운전대 또는 앞 유리창에 부딪치는 것을 방지하게 된다.

압전성 섬유로 제조된 스마트 복합재 개발사례가 있다. 독일의 프라운호퍼 규산염 연구소(Fraunhofer Institute for Silicate Research : ISC)는 미래의 스마트복합재에 사용할 수 있는 새로운 유형의 압전성 강화섬유를 개발 중에 있다고 발표하였다[10]. 압전소재는 납과 지르코늄, 산화티탄(piezoelectric lead Zirconate titanate : PZT)으로 구성되어 있어 초음파 변환기나 센서, 작동기 등에 이미 널리 이용하고 있는데, ISC는 이 압전소재를 줄-겉 공정을 이용함으로써 고순도의 균일하고 정확한 조성을 갖는 박막의 PZT극을 개발하였으며, microassembly, 미세접착, 전극화 기술 등을 이용해 조직들을 일렬로 연결함으로써 PZT 섬유를 생산하는데 성공하였다. 이 혼합물질은 활성적이고 수동적인 layer 들의 덩어리로 구성되어 있으며 센서와 작동기 두 가지 모두의 성질을 보유하고 있어서 운송기구나 비행기, 열차 등에 적용이 가능하고, 그밖에 위성안테나와 NMR과 X선 단층촬영기기의 노이즈 감소에도 기여할 것으로 보인다.

그밖에 변색성 섬유로 만든 직물은 군의 위장복이나 구조원용 의복 및 사냥복 등 군사와 상업적인 용도로 그 응용성은 다양하다. 최근 색조절성 섬유를 만드는 일반적인 접근 방법은 전기변색(electrochromism)과 전자발광(electro luminescence)을 이용하는 것으로 이런 전략에 따라 동적인 색-반응성 카멜레온 섬유를 개발하고 있다[11]. 예를 들면, Kuhn

은 직물의 전도성 고분자 코팅법을 개발하였고, Milliken & Co. 연구진은 습식 방식에 의해 우수한 전기전도성을 갖는 유연한 폴리아닐린 섬유를 개발하였다. 최근 폴리아닐린 중공섬유 막이 연구되고 있는데, 이 중공섬유 막은 이온성 전하캐리어를 전기변색성 코팅으로 이동시키는데 사용할 수 있으며, 이온성 전하캐리어는 색상을 나타내게 하거나 없애기 위한 dopant로서 작용한다. 전기변색성 및 발광형 고분자 합성은 특히 지난 5년간 많이 연구되어 Reynolds 등은 설계된 색상을 내는 전기변색성 재료의 개발과 특성화에 성공했고, 넓은 bandgap을 갖는 유도체를 합성하여 광범위한 색상 응답성을 달성하였다. 또 Clemson 대학에서는 넓은 범위의 방출파장을 갖는 전기변색과 발광용으로 bis(3-4, ethylenedioxy thiophene)을 기초로 한 물질(BEDOT-Q)을 제조하였다. Friend 등은 고분자 발광 다이오드(PLEDs)의 방출층을 고분자를 이용하여 만들었고, Vardeny와 Clemson 대학에서는 microring lasers와 섬유를 기초로 한 전기적으로 여기된 LEDs 장치를 개발하였다. 카멜레온 섬유의 실현을 위해서는 재료의 변색특성 및 빛 방출시의 화학변화의 이해가 필요하다. 특히 중요한 것은 화학결합 구조와 유기물질의 여기과정을 이해하는 것이며, 부가적으로  $\pi$ -conjugated 재료에서 물질-구조 관계를 조절하면 섬유의 동적 카멜레온 효과를 달성할 수 있다.

결론적으로 재료의 특성, 섬유기재의 적절한 조합이 카멜레온 섬유의 성공을 결정하게 되는데, 최근 합성기술의 발달과 고분자를 기반으로 하는 광학장치의 혁신은 스마트 변색성섬유/직물 시스템의 시대가 곧 도래할 것을 예시해 준다.

## 5.2. 가전기능 디지털 섬유제품

섬유제품에 MP3 기능이나 첨단 컴퓨터가 내장된 섬유제품으로 전자섬유인 e-Textile과 i-Textile을 의미한다. 앞서 언급했듯이 유비쿼터스 개념의 wearable computer가 디지털 섬유제품의 최종 목적이라 할 정도로 최근 많은 관심이 모아지고 있다.

미국의 Vocera Communication은 의료분야 분석 장비에 영향을 주지 않는 휴대전화나 원거리 가정 보안시스템(원거리 보안시스템 가동, 조명 점멸, 온도조절 등)에 이용할 수 있는 wearable 무선 LAN을 개발하였다[11]. 근거리 데이터 전송 802.11 b 네트워크 기능을 전화네트워크와 융합해 의복에 4인치 장방형 크기의 통화용 버저를 사용한 간이 음성 통화시스템으로, 버저를 핸드프리로 조작 가능하도록 되어 있다.

섬유직물에 실리콘 전자회로 삽입에 의한 체열발전기를 개발한 사례도 있다[12]. 독일의 Infineon Technology는 의복내·외의 온도차, 즉 체온과 외기 온도차를 이용한 체열발전으로, 여기서 얻어진 전기를 압전성 변환기로 전력을 변환시켜 신호발신이 가능한 전원을 얻도록 되어 있다. 현재 소형, 경량화가 진행되어 실용화를 눈앞에 두고 있다.

리바이스의 데님 자켓으로부터 착상해 개발한 MIT의 미디어 음악자켓이 있다[11]. 전도성 직물 키패드, 전도성 직물 버스, 배터리 팩, 스피커, 소형화된 MIDI 신디사이저로 구성되어 있는데, 직물 키패드를 누르면 직물버스를 통해 MIDI 신디사이저로 전달되고 음이 만들어지며, MIDI 신디사이저는 직물 버스 위의 스피커로 음악을 내보낸다. 직물 키패드와 버스는 자켓을 무겁고 뻣뻣하고 불편하게 만드는 전선 등의 부품을 대체하고 있어 착용감이 좋으며, 조작이 쉽다는 장점이 있다.

역시 독일의 Infineon Technology가 MP3 player 자켓을 개발해 선보였다[13]. 섬유제품에 마이크로 칩을 직접 삽입할 수 있는 wearable electronics 기술을 응용한 제품으로, 저소비전력의 고집적 칩과 미세한 센서를 특수 방법으로 밀봉한 후 이것을 도전성 소재로 짠 직물에 삽입하는 방법을 이용하였다. 일상적으로 착용하고 세탁도 불필요하며, 내구성과 방수성, 착용시의 쾌적성을 부여한 제품으로 소개하고 있다. 이 제품은 오디오 모듈과 배터리/멀티미디어 카드(MMC)모듈, 이어폰/마이크로폰, 기록되는 센서키보드의 4개 유닛으로 구성되어 있으

며, 그밖에 음성으로 재생, 정지 조장이 가능한 보이스 콘트롤 기능을 겸하고 있다.

업무용 wearable internet appliance를 개발한 사례도 있다. 일본의 日立(히다찌)製作所 벤처 회사는 head mount display 방식을 채용한 업무용 wearable internet appliance WIA-100NB를 개발하였다고 발표하였다[14]. 핸드프리로 설계되었으며, PHS와 무선 LAN을 이용한 인터넷 및 인트라넷을 이용해 반도체 크린룸과 기계실 등에서의 업무 효율화를 꾀했다. 제품은 포인팅 장치와 광센서로 구성되어 있으며, head mount display에 표시되는 커서를 이용, 어떤 자세에서도 PC 처럼 동작이 가능하도록 되어 있다.

통신이 가능한 군복을 개발한 사례도 있다. 미국 국방성에서는 열과 전기 전도도를 생성하고 음성, 데이터, 심지어 영상정보도 전송할 수 있는 능동직물 또는 e-Texture를 시험 중에 있다고 발표하였다[15]. e-Texture는 정밀기계에서 사용한 금속실과 유사한 금속사로 직물은 얇은 스트립 속에 꼬여져 들어 있다. 제조 기법에 대해서는 기밀사항으로 알려져 있는데, 이 섬유로 만든 군복은 걸어 다니는 네트워크 컴퓨터라 할 수 있다. 휴대용 USB 케이블은 얇고 평평하며 유연해 휴대형 컴퓨터나 GPS, 카메라, 센서, 무선송신기 등을 가지고 다니는 군인들을 대상으로 사용할 예정에 있으며, 국방성에 의해 계획된 전쟁지역 네트워크에 포함되어 있어 모든 군인들의 개인망 구성에 도움을 줄 것으로 기대하고 있다.

### 5.3. 의료용 디지털 섬유제품

세계 인구 증가와 고령화 사회로의 변화가 가속되면서 점차 건강한 삶을 추구하려는 경향이 강하게 일고 있어 건강관련 제품수요가 큰 폭으로 증가하고 있다. 이에 따라 디지털 섬유제품도 이와 연관된 기술연구에 심혈을 기울이고 있고 각종 관련 상품이 봇물처럼 쏟아지고 있다.

의료용 디지털 섬유제품은, 일반 건강 기능성 제

품을 착용함으로써 건강을 증진시키거나 자연치유 기능을 부여하는 등의 직접적인 건강관리 방법을 채용하는 것과는 달리 초기에는 주로 인체의 현 상태를 모니터링함으로써 치료활동이나 생산활동에 도움을 줄 수 있는 시스템 개발에 주력하였으나, 최근에 와서는 환자의 상태를 점검하고 적절한 약물을 투여할 수 있는 지능형 디지털 섬유제품의 연구 개발도 활발히 진행되고 있다.

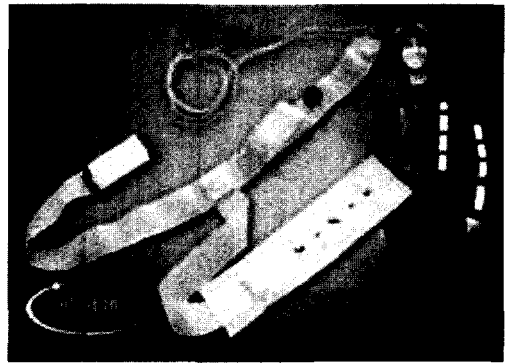


Figure 3. Infineon의 MP3 player 제품구성.

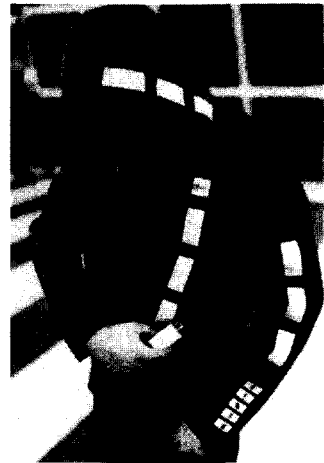


Figure 4. Infineon Technology이 MP3 Player 차켓.

한편 국가적인 차원에서의 국민 건강증진 프로젝트를 추진하고, 이와 연관된 분야에서의 연구개발을 촉진하는 사업이 진행되고 있다. 최근 미국이나 일본, 유럽 선진국을 중심으로 전개되고 있는 e-Health



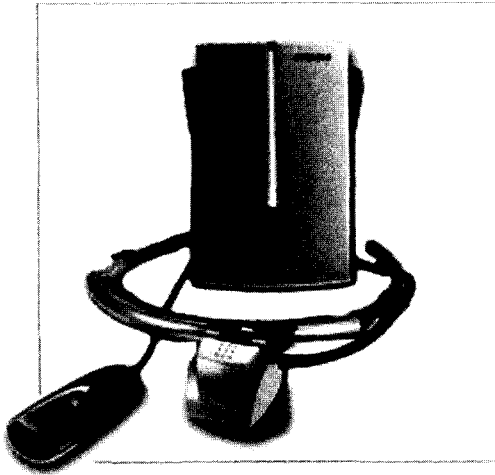


Figure 5. 日立제작소의 Wearable internet appliance.

프로젝트가 그것으로, 우리나라도 2003년 9월에 (사)한국 e-Health 발전협회가 발족되면서 본격적인 연구활동은 전개하고 있다.

### 5.3.1. e-Health 사업 개요[16]

기존 의료시스템에 인터넷이나 모바일 등 정보통신기술을 활용하여 의료보건 정보, 지식, 서비스, 제품을 소비자(개인, 의료기관, 기업)에게 제공 및 소비자의 건강상태를 언제 어디서나 파악하게 할 수 있는 새로운 패러다임의 의료서비스를 의미한다. e-Health 사업은 원격진료, 의료정보 교환, 전자의료기기, 의료전자상거래 등 다양한 요소들로 구성되는 하나의 범 국가적인 사업이다.

이 사업의 적용 분야는 생명보험, 군 의료, 의료기기, 병원, 약국, 의료정보통신, 안전, 건강보조기기, 네트워크 서비스, 원격의료진료, 이동통신기기, 건강반도체, 건강식품기기 유통, 국가간 전자상거래, 가전, 공공보건복지 등 전 산업에 확대되고 있다.

이 사업 전개시의 기대효과는 Table 2와 같다.

### 5.3.2. 의료용 디지털 섬유제품 개발동향

인체 상태를 감지해 향기를 분사시킴으로써 향수 치료에 이용할 수 있는 향수셔츠도 영국의 임페리

얼 대학에서 개발중이라고 발표하였다[17]. 이 셔츠는 인체상태에 반응토록 설계된 전자센서가 장착되었으며 적절한 순간에 옷 안쪽에 숨어 있는 향수 통에서 옷의 끝 쪽에 있는 것이나 소매로 향수를 분출시킨다. 옷에 액체를 흘려보내는 기술은 이미 미국의 NASA에서 우주복 냉각 시스템에 이용하고 있어 그리 어려운 기술이 아니기 때문에 섬유 내의 미세한 섬유관이 들어 있는 순환시스템 형태로 개발이 진행되고 있으며, 2005년에는 시중에 판매가 가능할 것으로 예상하고 있다.

의료분야에서 디지털 섬유제품 개발의 시초는 미국 조지아 공과대학이 미국 해군의 재정지원을 받아 Sensa Tex사와 공동으로 개발한 “georgia tech wearable motherboard”라는 스마트 셔츠라는 의견이 있다[17,18]. 이 의류는 신체의 상태를 감지할 수 있는 전도 필라멘트가 흰색의 가벼운 셔츠 속에 들어가 있으며, 엉덩이에 붙어 있는 호출기 크기의 컴퓨터 피드백장치와 무선으로 주고받기 때문에 심장 박동과 체온, 맥박 등을 측정하는 이 의학용 티셔츠는 군사용을 시작으로 유아용으로도 사용을 추진하고 있다. 군사용의 경우 총을 맞을 경우 상처부위에 대한 정보를 지원팀에게 전송하게 되며, 유아용의 경우 유아들이 제대로 숨을 쉬는지를 확인함으로써 돌연사를 예방하게 된다. 이 의류에는 감지기와 통신장치들을 섬유 속에 직접 짜여져 들어가기 때문에 의복에 추가적으로 전극이나 두꺼운 케이블을 연결할 필요가 없다.

### 5.3.3. 산업용 디지털 섬유제품

독일의 Infineon Technology가 화재경보와 침입자 감지 감시 및 긴급 피난통로를 표시해 주는 생각하는 카펫(smart carpet)을 개발하였다[19]. 센서와 마이크로 칩을 카펫에 일정한 간격으로 심어 이 칩과 교신하면서 자기조직화를 행하도록 하였다. 접촉을 감지하는 정전용량식 센서 IC와 표시용 LED가 장착되어 있으며, 칩끼리는 무선으로 접속해 인접칩과의 교신에 의해 소프트웨어 알고리즘에 따라

Table 2. e-Health 사업 기대효과

	2003년	2004년
가 정	의복 - 체온유지 및 항균피복 개념 도입 단계 주택 - 건물내 기류흐름을 조절하는 시스템 도입단계 - 화상진료를 위한 인프라 구축	의복 - 세균, 바이러스 등 미생물 차단 - 최적의 체온습도 상시 유지 가능 주택 - 기류, 온도 및 습도 자동조절장치 상용 - 실시간 분비물 및 활력징후 감시 - 심인성 발작시 무선전화기를 통한 진료정보 자동전송 - 바이오센서를 이용한 유해인자 경보장치 만성질환관리 - 주치의와 화상면담 시스템 - 재택 의료기기 통합제어 - 상시 환자감시장치 및 진단영상기기를 통한 자료전송 및 지시전달시스템
병 원	질병의 치료 - 질병발생 후 대규모 역학조사를 통해 원인 밝혀내고 병리생태규명 진료 - 완치가가능한 질병은 일부 전염성 질환을 제외하면 거의 없음 - 정기적인 선별검사를 통한 정기 진단은 일부 가능 - 환자보다 의료진의 편이위주의 외래진료 시스템(환자불편 감소)	질병의 치료 - 유전자치료 및 인공장기기술 발전 - 완치되는 질병이 늘어날 것임 외래환자진료(OPD Unit) - 바이오 센서를 이용한 종합계측기기 도입 - 이동형 화상통신을 통한 협진 입원환자진료(In Patient Unit) - 지능형 디지털 환자감시 시스템 - 임상 의사결정지원 시스템 수술방(OP Unit) - 치료용 미세 잠수함 - 실시간 수술 시뮬레이터 - 인공지능형 마취기 - 수술용 로봇 상용화 지원 시스템(support system) - 통합의료정보망 구축 - 완전이식형 인공장기 - 올리고칩의 분석자동화

자신의 위치를 확인하는 등 전체를 조직화한다. 부분적으로 칩이 파괴되어도 경로를 자동적으로 탐색해 통신을 유지하기 때문에 형태나 크기에 따라 제한이 가능하며, 화재경보나 침입자 감지감시 및 긴급시 통로표지도 가능하다. 2005년도에 실용화를 목표로 현재 연구개발을 계속하고 있다.

5.3.4. 패션 등 기타 기능의 디지털 섬유제품

광섬유를 이용한 TV 티셔츠도 개발되어 관심을 끌었다. 프랑스 Telecom에서는 플라스틱 광섬유를 가지고 TV 스크린과 같이 영상을 보여줄 수 있는

섬유직물을 개발하였다[20]. 이 옷은 배터리로 전력을 공급받는 광섬유직물로 되어 있으며 이 옷을 입고 휴대폰을 통해 컴퓨터화 된 데이터베이스를 다 운반아 의복 전체를 새롭게 보이게 할 수도 있다. 또 소방관과 경찰복의 안전이나 경계에 관한 정보도 표시할 수 있다. 각 플라스틱 섬유사는 단지 한 방향으로 배열될 수 있는 한 줄의 픽셀만 제공하며, 이 한 줄의 스위치를 켜 때 일부 빛나지 않거나 빛나는 영역을 가지도록 직조된다. 그러나 미리 직조된 패턴은 바꿀 수 없으며, 몇 개의 다른 이미지를 지원하는 스크린을 위해 서로 다른 직조용 실이 한

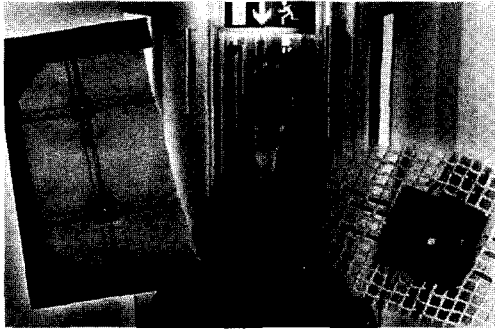


Figure 6. Infineon의 Smart carpet.

줄의 픽셀 내에 서로 다른 배열을 하고 있는 밝고 어두운 조각에 공급된다. 이것은 플라스틱섬유사의 두께가 0.25 mm로 가늘어 제한적이지는 않지만 지금까지 8×8 픽셀을 가지는 저해상도로 아직 TV를 볼 정도의 수준은 아니나, 패션 디자이너들에게 새로운 지평을 열어주기에 충분할 것으로 기대하고 있다.

수치 제어된 제직기술로 전도성 섬유를 제작한 전자자수는 컴퓨터직물로 발전시킬 수 있다[21]. 센서와 사용자 인터페이스를 직물 기재에 도입하여 유연성있는 다층구조를 구성할 수 있다. 예로서 전자테이블보는 인터페이스로서 작용하는 전도성 직물전극을 통해 할당된 coaster tag을 위치시켜 컴퓨터와 상호작용하게 되며, 태그는 RF identification device(RFID)로 되어 있고, 사용자가 직물전극 위에 태그를 놓으면 테이블 보 내의 판독장치가 그것을 읽고, 컴퓨터가 발광디스플레이와 키패드를 통해 사용자와 교신하게 되어 있다.

## 6. 결론 : 디지털 섬유제품의 향후 과제

미래의 디지털 섬유제품은 intelligent 기능을 갖춘 신종 섬유제품이라는 점 외에, 착용편의성(의류의 경우), 심미성 및 패션성, 쾌적성 등 섬유제품의 고유 장점을 유지 또는 강화시켜 가면서도 디지털 기능이라는 새로운 기능을 인간 및 환경 친화적으로 제품에 부여하는 방향으로 기술이 발전해 나갈 것으로 예측된다.

우선 디자인/설계 및 제조 기술을 보면, 착용자 또는 사용자로 하여금 거부감을 주지 않으면서도 편리하게 디지털 기능을 사용하게 하는, 혁신적인 모듈형 섬유제품의 디자인/설계 및 제조와 공정 관리 기술이 발달되어야 할 것이다.

또 전도성 및 기타 고기능성을 지닌 새로운 섬유소재 제조 기술분야에서는 문자, 음성, 영상 등의 멀티모달(multi-modal)형 디지털 신호를 효율적으로 전달하면서도 인체에 무해하며 인체를 보호해주고 기타 고기능성을 고루 갖춘 전도성 신 섬유소재가 지속적으로 요구될 것으로 예측된다.

전도성 섬유소재에 있어서 전자 매체의 섬유상 접합은 필연적인 것으로, 섬유의 물성을 최소화 하는 접합 기법이 개발되어 왔으며, 신체 신호를 수집할 수 있는 센서의 신체에의 밀착 정도와 신체 위치에 따른 신호수집의 효율성이 크게 달라지기 때문에 인체 치수와 형태에 맞는 일체형 무봉제 의류 제품이 개발되고 있다.

또한 전도성 섬유소재는 일반 세탁 방법으로 세탁이 가능해야 실용화가 가능해 질 것으로 생각되며, 해외에서는 실제 세탁 가능한 전도성 섬유소재가 연구되고 있다.

한편 인체 노이즈 문제도 디지털 섬유제품 발전에 저해요인이 되고 있다. 전도성 섬유소재로 구성된 intelligent 기능 섬유제품을 착용하는 경우 착용자의 인체에서 발산되는 땀이나 동작에 의한 흔들림 등은 의류에



Figure 7. TV 셔츠. 내장된 디지털 장치 기능의 신호처리에 있어 노이즈로서 작용하는 것으로 보고되고 있다. 따라서 인체에 의한 노이즈를 극소화할 수 있는 전도성 섬유소재 및 디자인/설계 기술의 연구개발이 필요한 것으로 지적되고 있다.



**Figure 8.** TV 터치스크린의 구성: 각 플라스틱 섬유사는 단지 한 방향으로 배열될 수 있는 한 줄의 픽셀만 제공하며 정해진 패턴은 변경할 수 없음.

그밖에 디지털 기기분야에서는 기기의 무선화가 일반적인 추세이나, 모든 용도에 있어 무선화가 적용되지는 않을 전망이다. 따라서 디지털 섬유제품의 전도성 섬유소재는 무선화가 용이하지 않은 디지털 기기 및 기능(예: 대용량의 신호 송수신 등)을 중심으로 하여 전도성 섬유소재 기술은 발전되어 갈 것으로 전망된다.

디지털 기기의 섬유제품 접목에 있어서의 향후 기술전개방향을 고려해 보면, 의류나 기타 섬유제품에 내장(embedding) 또는 부착하기에 적합한 소형화, 경량화, 저전력화, 유연화(flexible)된 새로운 디지털 기기들이 개발될 것으로 전망되며, 미래에는 다양한 디지털 기기들이 무선화 및 ubiquitous화 되어갈 전망이므로, 섬유제품 내에 비교적 용이하게 내장될 수 있는 디지털 기기들의 범위는 지속적으로 확산될 것으로 보인다.

### 참고문헌

1. 첨단직물(Advanced fabrics), KOSEN Export review 2004. www.kosen21.org
2. MRS Bulletin 2003. 8 p.589~p.590.
3. 첨단직물(Advanced fabrics), 이승구(충남대), KOSEN Export review 2004.

4. VDC(Venture Development Corporation, 2002) 자료
5. 2004년 이후는 VDC(2002) 자료를 근거로 매년 99.9% 성장률로 산출됨.
6. 산업기술 로드맵-스마트섬유 Digital 분과(2004. 5), 한국산업기술재단/산업자원부.
7. Brainreserve, 2002.
8. <http://www.wired.com/news/technology/0,1282,50904,00.html>
9. [http://biz.yahoo.com/bw/990706/va\\_allieds\\_1.html](http://biz.yahoo.com/bw/990706/va_allieds_1.html)
10. Dec. 2000 : <http://www.laboratorynetwork.com>
11. ZDNN(Japan Digital networks. 2003. 6. 25)=  
[http://www.zdnet.co.jp/news/0302/12/nebt\\_37.html](http://www.zdnet.co.jp/news/0302/12/nebt_37.html)
12. ZDNN(Japan Digital networks=<http://www.zdnet.co.jp/news>)
13. ZDNN(Japan Digital networks=[http://www.itmedia.co.jp/news/0205/01/e\\_wear.html](http://www.itmedia.co.jp/news/0205/01/e_wear.html))
14. <https://value-shop.hitachi.co.jp/cgi-bin/webpcgi.exe>
15. [http://abcnews.go.com/sections/scitech/TechTV/techtv\\_activefabri\(2002.03\)](http://abcnews.go.com/sections/scitech/TechTV/techtv_activefabri(2002.03)).
16. (사)한국 e-Health 발전협의회 창립총회 기념 심포지엄 배포자료(2003.9. 18).
17. NewYork Times : 11. June. 2000.
18. Journal of Metals : June. 2001.
19. ZDNN(Japan Digital networks 2003. 5. 8=<http://www.zdnet.co.jp/news>)
20. <http://www.nature.com/nsu/020520/020520-4.html>
21. 국가기술지도(NTRM), 2002 ; Gartner group, 2002).

### 저자 프로필



### 손성군

1986. 전북대 화학과 졸(학사)  
 1986. 3-1992. 9. 유니온 물산(주), (주)소명산업 근무  
 1992. 10-1996. 9. 한국염색기술정보사 근무  
 1996. 10-2002.6. (주)거품엔필텍 근무  
 2002. 10-현재. 디엔에프 대표 (411-721) 경기도 고양시 일산구 백석동 백송마을 806동 1503호  
 전화: 031)908-8643, Fax: 031)908-8644  
 e-mail: sohnsk@hanafos.com