

# 3차원 인체계측 기술의 개요 및 응용분야

김성민 · 전남대학교 응용화학공학부 섬유공학전공

## 1. 서론

20세기 후반부터 본격화되기 시작한 IT(information technology) 혁명은 21세기에 들어 모든 산업 분야에 중대한 영향을 끼치고 있다. 초기에는 전기, 전자, 컴퓨터 분야에 국한되어있던 IT 기술의 응용분야는 이제 산업을 넘어서 생활과 문화 분야에 이르기까지 거의 관련되어있지 않는 분야가 없을 정도로 넓혀져 있는 것이 사실이다. 인간 공학 분야에서도 이는 예외일 수 없는데, 대표적인 응용분야로 인체계측의 자동화를 들 수 있다. 지난 수백 년 동안 인체를 계측하는 방법에는 줄자와 각종 게이지를 이용하여 수작업으로 계측하는 방법 외에 다른 대안이 없었다. 그러나 이 방법은 시간과 비용이 많이 들며 계측자의 숙련도와 작업표준에 따라 많은 오차를 유발할 여지가 있으며, 피계측자에게 상당한 부담을 주는 방법이기 때문에 대규모 인체 계측이 필요한 산업 표준화나 각종 최종 소비자용품 설계 단계에 응용하기에는 어려운 방법이었다. 그러던 중 이 분야에 비접촉 계측 방법이 쓰이게 되면서 비로소 인체의 3차원 형상데이터를 쉽게 얻을 수 있게 되어 수많은 잠재적 응용분야의 개발이 이루어지게 되었다. 비접촉 3차원 계측은 기계부품의 설계 및 생산단계에서 레이저 광선이나 각종 간섭현상 등을 이용해서 실제 자로 재지 않고 복잡한 형상의 부품의 크기를 측정하기 위해 개발된 방법으로 작업자의 숙련도와 관계없이 일정한 정밀도와 재현성을 얻을 수 있는 방법이다. 처음에는 아주 작은 물체의 측정에만 사용되던 이 기술은 IT 기술의 발달로 인해 점차 대형 물체를 높은 정밀도로 측정할 수 있게 개량되었고, 결국 인체 전체의 데이터를 오차 1 mm 내외의 정밀도로 계측할 수 있는 수준의 계측기가 만들어지게 되었다. 물론 처음 개발된 인체 계측장비는 수억 원대에 이르는 고가와 크기, 관리 등의 여러 가지 문제로 응용분야에 제한되어 있었지만 여러 회사에서 개발이 되면서 점차 소형화, 저가화 되어 보다 많은 응용분야에 쉽게 인체의 형상데이터를 공급할 수 있게 되었다[1]. 본 고에서는 현재 상용화되어 있는 비접촉방식 3차원

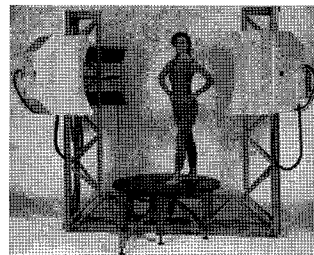
인체 계측기의 종류 및 작동 원리 등에 대해 알아보고, 3차원 인체 형상데이터가 어떤 분야에 응용되고 있는지 또한, 향후 발전 방향은 어떤 것인지 등에 대해서 알아보려고 한다.

## 2. 3차원 인체 계측 기술의 개요

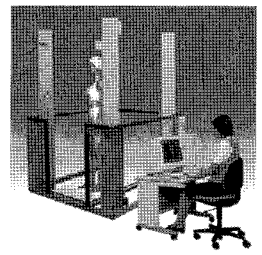
비접촉 방식으로 인체를 계측하는 방법은 지금까지 여러 가지가 개발되어 있다. 대표적인 것으로는 레이저 광원을 이용하는 방법, 백색 광원을 이용하는 방법, 간섭 현상을 이용하는 방법, 적외선 센서를 이용하는 방법, 그리고 마이크로웨이브를 이용하는 방법 등이 있다. 각각의 원리를 간단히 살펴보면 다음과 같다.

### 2.1. 레이저 광원을 이용한 계측 방법

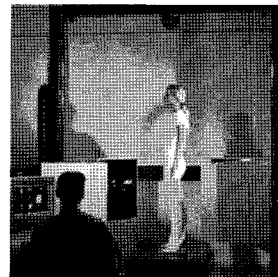
이 방법은 3차원 비접촉 계측 기술 중 가장 먼저 상용화된 방법으로, 레이저 광선(slit beam)을 인체에 비추는 다음 인체



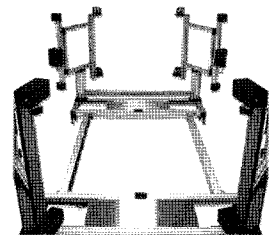
WB4 (CyberWare)



ABL (Hamamatsu)



Vitus Pro (Vitronics)



Voxelan (Hamano)

Figure 1. 레이저 광원을 이용한 계측기.

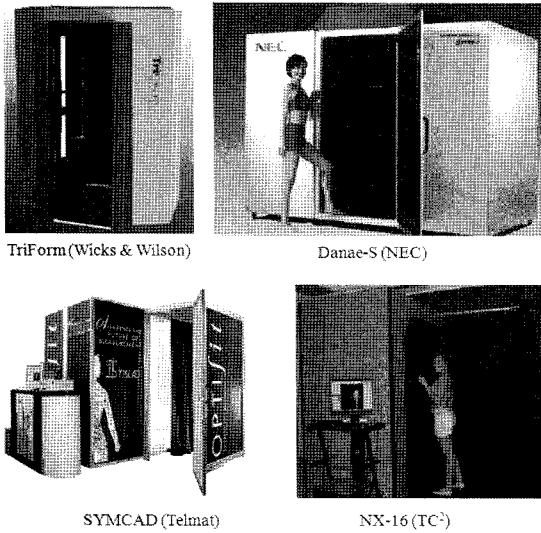


Figure 2. 백색광원을 이용한 계측기.

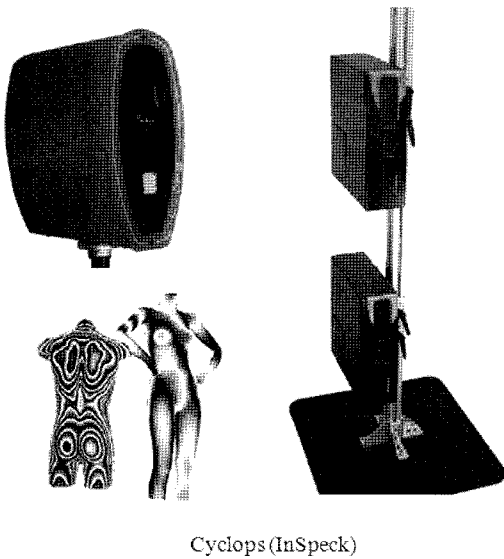


Figure 3. 간섭현상을 이용한 계측기.

표면을 따라서 굴곡된 광선의 형상을 CCD 카메라로 촬영하고 이를 분석하여 3차원 표면형상을 재구성하는 방법이다. 움직이지 않는 작은 물체를 측정하는 경우에는 카메라 1대를 회전시키면서 측정하면 되지만 인체의 경우에는 오랜 시간동안 움직이지 않고 가만히 있기 힘들며 시선 방향에 따라서 겨드랑이나 다리사이처럼 카메라에 보이지 않는 부분이 있기 때문에 2~4개 정도의 카메라로 동시에 촬영하게 된다. 또한, 한 번에 측정할 수 있는 범위가 좁기 때문에 레이저 광원과 카메라를 인체의 수직 방향을 따라서 이동시키면서 측정하는 것이 일반적이다. 상용화된 인체 계측기 중 이 방식을 사용한 장치로는 CyberWare의 WB4/WBX(미국), Hamamatsu의

ABL/BLS(일본), Vitronics의 Vitus Pro/Smart(독일), Hamano의 Voxelan(일본) 등이 있다[2].

## 2.2. 백색 광원을 이용하는 방법

백색광 투사 방식은 광원 앞에 격자를 설치한 뒤 물체에 투영된 격자의 그림자를 카메라로 촬영 분석하여 표면좌표를 구하는 방식으로, 각각의 격자의 그림자가 레이저 슬릿빔의 역할을 하는 것으로 생각할 수 있다. 백색광 방식은 면단위의 측정이 이루어지기 때문에 레이저와 같이 측정부를 이동할 필요가 없으며 여러 대의 측정기를 적절히 배치하면 복잡한 형상도 측정할 수 있다. 이 방식을 이용한 계측기는 Wicks & Wilson의 TriForm Body Scanner(영국), NEC의 Danae-S(일본), Telmat의 SYMCAD(프랑스), TC2의 NX16(미국) 등이 있다[2].

## 2.3. 광학적 간섭 현상을 이용하는 방법

이 방법은 간격이 일정한 평행선 패턴을 물체에 투영한 다음 물체 표면의 요철에 의해 왜곡된 패턴을 동일한 격자를 통해 관측할 때 생기는 모와레(moire)무늬를 분석하여 표면의 형상을 측정하는 것이다. 이 방법을 이용한 계측기로는 InSpeck의 Cyclops(캐나다) 등이 있다[3].

## 2.4. 마이크로 웨이브를 이용하는 방법

이 방법은 가장 최근에 개발된 방법으로 다른 방법과는 달리 옷을 입은 채로 측정할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이 방법은 마이크로 웨이브를 이용하는데, 마이크로 웨이브가 인체 피부와 같이 수분이 있는 물체에서만 반사되는 현상을 이용하여 아무리 두꺼운 옷을 입고 있어도 이를 투과하여 피부의 형상만을 측정하므로 탈의에 대한 피계측자의 부담을 줄일 수 있다. 다른 장치들은 인체 표면의 각 점의 좌표를 직



Figure 4. 마이크로웨이브를 이용한 계측기.

Table 1. 상용화된 인체 계측기의 성능

제품명(제조사)	측정방식	측정영역(L*W*H cm)	측정시간(초)	해상도(수평, 수직 mm)
WB4(CyberWare, 미국)	레이저	120*120*200	15~40	5, 2.5
ABL(Hamamatsu, 일본)	레이저	60*100*200	16	1, 2.5
Vitus Pro(Vitronics, 독일)	레이저	100*100*210	8~20	1, 2.5
Voxelan(Hamano, 일본)	레이저	60*75*200	10~32	0.8, 0.8
TriForm(Wicks & Wilson, 영국)	백색광	70*70*195	12	1.5, 1.5
Danae-S(NEC, 일본)	백색광	60*100*190	1.9	4, 4
SYMCAD(Telmat, 프랑스)	백색광	Whole Body	2.5	N/A
NX16(TC <sup>2</sup> , 미국)	백색광	110*100*200	10	1, 3
Cyclops(InSpeck, 캐나다)	르와레	95*100*150	0.7	0.9, 0.9
VFR(Intellifit, 미국)	Microwave	Whole body	20	N/A

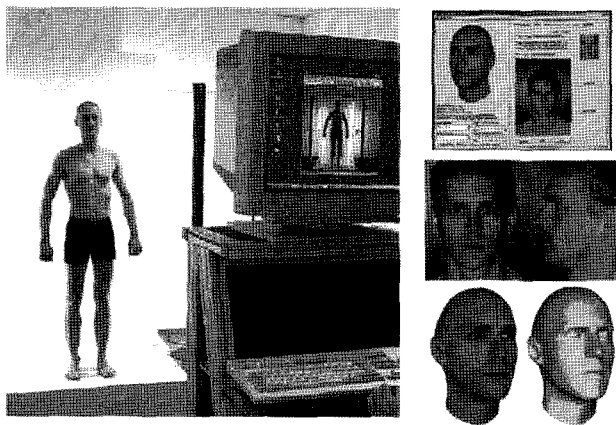


Figure 5. 이미지 프로세싱과 모델링을 이용하는 방법.

접 측정하지만, 이 장치는 아직까지는 정확한 표면 형상이 아닌 인체 형상의 일종의 확률분포 형태의 데이터로부터 필요한 치수만을 계측하는데 쓰이고 있으며 다른 방법에 비해 치수의 정확도는 조금 떨어지는 편이다. 상용화된 시스템은 Intellifit의 VFR(미국)이 있다[4].

### 2.5. 이미지 프로세싱과 모델링을 이용하는 방법

이 방법은 3차원적으로 인체를 계측하는 것은 아니지만 3차원적인 모델을 얻을 수 있으므로 넓은 의미에서의 3차원 계측이라 할 수 있다. 이 방법에서는 먼저 인체 전체나 머리, 손, 발 등의 일부분의 완벽한 3차원 모델을 만들어 놓은 후 2차원으로 촬영된 인체의 사진으로부터 각종 치수나 피부 무늬 등을 추출하여 모델과 합성하게 된다. 다른 계측 장치에서 얻어지는 데이터에는 시선 방향 등의 영향으로 다소간의 손실이 존재하지만 이 방법을 통해서는 결함이 없는 매우 사실적이고 부드러운 형상의 모델을 얻을 수 있다[5].

이와 같이 현재 다양한 원리를 이용한 다양한 3차원 인체 계측기가 개발되어 상용화되어 있다. 각 계측기들의 기본적

Table 2. 3차원 인체 계측기 개발업체 현황

	레이저 방식	백색광방식	기타	합계
북미	7	7	5	19
유럽	0	22	7	29
아시아	4	3	0	7
합계	11	32	12	55

인 성능 사양은 Table 1에 보인 바와 같다[2].

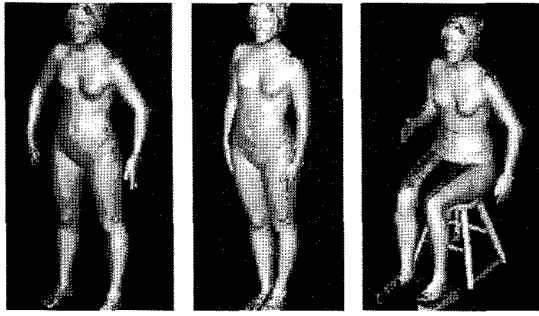
2007년 현재 세계적으로 3차원 계측기를 연구 개발 중인 업체의 현황은 Table 2에 보인 바와 같다[5].

대부분의 계측기에서 얻어지는 데이터는 인체 측정이나 의복 설계 등에 필요한 해상도라든가 오차범위는 기본적으로 만족시키고 있기 때문에 어떤 시스템을 사용해도 무방하다고 할 수 있다. 다만 용도에 따라 '전신을 측정하는가, 아니면 머리카나 손발 등 일부를 측정하는가' 라든가, 측정 해상도 및 정확도의 정도, 계측 시간, 계측 환경, 소프트웨어 등을 고려하는 것이 중요하다고 할 수 있겠다. 살펴본 바와 같이 3차원 인체 계측기는 여러 업체에서 여러 가지 원리를 가지는 장치가 개발되고 있으며 그 기술은 거의 성숙단계에 이르렀다고 보인다. 따라서 본 고에서는 인체 계측기 자체의 기술 동향보다는 이와 같은 시스템으로 계측된 데이터의 활용 동향에 초점을 맞추고자 하였다.

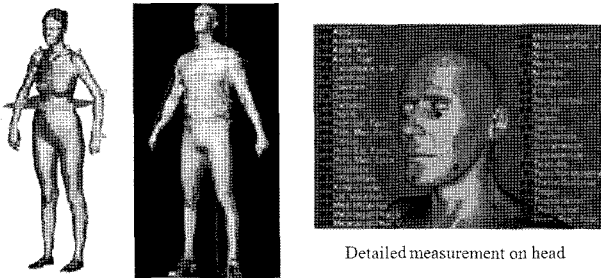
## 3. 의복 디자인 분야 응용

### 3.1. 인체 계측

3차원 인체 계측의 대표적인 활용 분야는 대규모 인체계측 사업을 들 수 있다. 각종 산업 표준의 설정을 위해서는 다양한 성별 연령별로 수많은 사람을 계측하여 통계 분석을 해야 하는데 기존에는 수작업으로 계측을 해야 했기 때문에 작업자의 숙련도에 따라 작업시간이나 정밀도에 큰 편차가 불가피했다. 그러나 3차원 인체 계측기를 이용하면 한 사람당 수



Measurement of various posture



Automatic measurement

Detailed measurement on head

Figure 6. 인체 계측에의 활용.

십 초 정도면 정확하고 재현성 있는 계측이 가능하기 때문에 대규모 인체 계측이 손쉽게 되었고, 이를 통해 각종 산업 표준을 설정하는 것이 쉽게 되었다. Figure 6은 인체계측 분야에서의 3차원 계측기의 활용 예를 보이고 있다. 국내에서도 2004년에 SizeKorea 사업을 통해 CyberWare의 WB4 계측기를 이용하여 약 2만여 명을 대상으로 국민표준체위 조사를 실시하였으며 그 데이터를 인터넷을 통해 공개하여 각종 산업에 활용하고 있으며 지속적으로 활용분야를 개척하고 있다[6].

### 3.2. 인체 모델링

3차원 인체계측 기술의 개발 초기에는 주로 인체의 정량적 데이터 계측에 중점을 두었는데 점차 응용범위가 넓어지면서 보다 완벽한 형태의 인체 모형이 필요하게 되었다. 이를 위해 계측 데이터로부터 필요한 치수나 형상을 추출한 뒤 미리 모델링해둔 인체 형상과 적절히 합성하여 크기와 자세를 자유롭게 조절할 수 있는 인체 모형(parametric body)을 만들게 되었다. 이러한 모델은 측정된 데이터로부터 다른 사이즈나 자세로의 변형이 용이하기 때문에 각종 인체공학적 분석이나 의복 착용 시뮬레이션 등에 널리 사용될 수 있다[7]. Figure 7은 파라메트릭 바디 모델링 기법의 예를 보이고 있다.

### 3.3. 맞춤 의복 제작

피팅성이 좋은 의복을 제작하기 위해서는 3차원 인체 계측

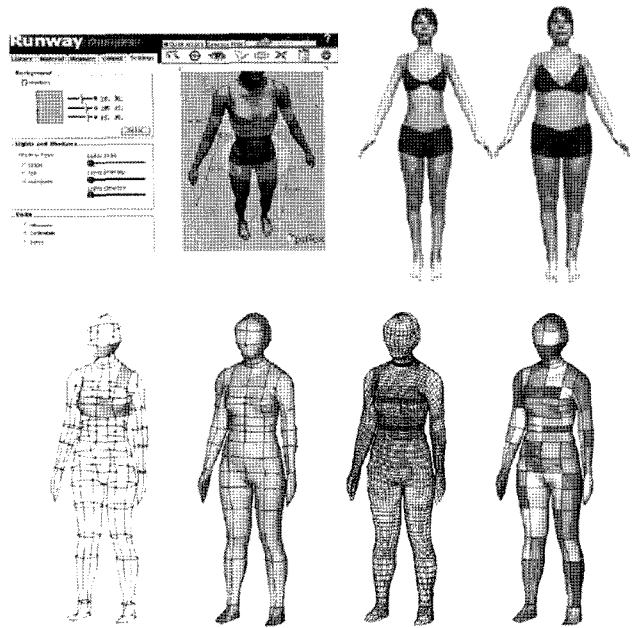


Figure 7. 파라메트릭 바디 모델링.

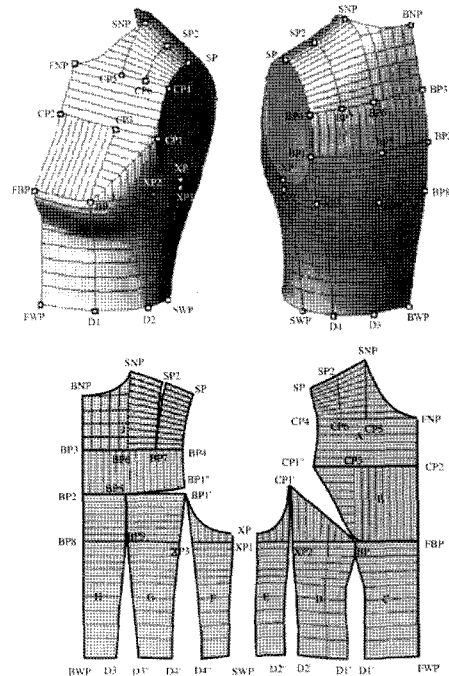


Figure 8. 맞춤 의복패턴의 제작.

이 필수적이다. 초기에는 마틴 계측기 등을 이용해 수작업으로 계측한 인체의 3차원 데이터를 이용해서 전통적인 2차원 패턴을 제작한 뒤 이를 이용해 의복을 만드는 방법이 쓰였는데 이는 인체의 치수만을 반영할 뿐 인체 표면의 다양한 형상을 충실히 반영하기 어렵다는 문제를 가지고 있었다. 3차

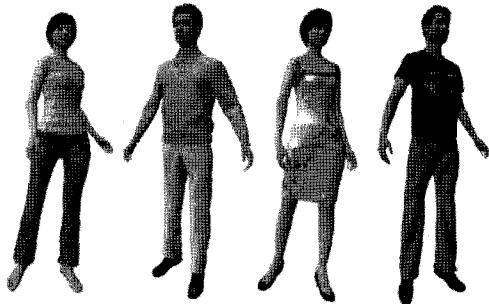
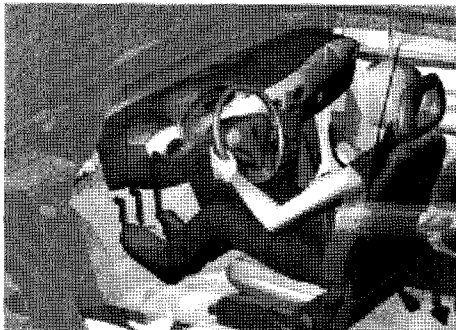
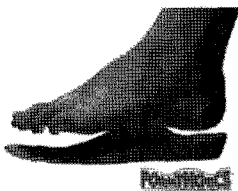


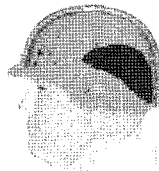
Figure 9. 드레이프 시뮬레이션.



Car interior design



Shoes insole



Helmet

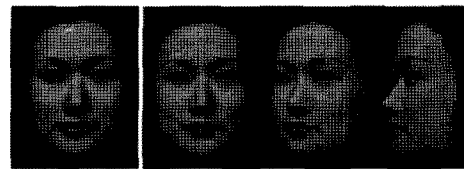
Figure 10. 인간공학분야의 응용.

원 계측기를 이용하면 인체 표면의 모든 부분의 정확한 형상을 이용해서 패턴을 만들 수 있기 때문에 보다 인체의 형상에 적합한 패턴을 설계할 수 있다. 즉, Figure 8에 보인 바와 같이 인체 상반신의 복잡한 형상을 나타내는 바디스 패턴을 제도법이 없이 모든 치수에 맞게 제작하는 것이 가능하다[8].

또한, 이렇게 만들어진 의복 패턴을 파라메트릭 바디 모델



Virtual hair styling



Virtual makeup

Figure 11. 미용관련 응용.

과 합성하여 가상 드레이프 시뮬레이션을 해볼 수 있다. 이러한 시스템은 현재 몇 가지가 상용화되어 쓰이고 있으며 실제 의복을 만들지 않고 의복 착용형태를 예측할 수 있게 하여주므로 의복 설계 기간 및 비용을 단축할 수 있으며 인터넷 쇼핑몰 등에서 고객이 옷을 입어보지 않고 쉽게 피팅성이나 디자인을 확인할 수 있는 방법을 제시하고 있다[9].

#### 4. 기타 응용분야

인체의 3차원 데이터는 의복디자인 이외의 분야에서도 널리 이용되고 있으며 대표적인 것으로는 다음 분야가 있다.

##### 4.1. 인간공학

인체의 3차원 데이터는 인간공학적인 각종 제품 설계 등에 유용하게 쓰일 수 있다. 자동차의 인테리어 디자인이라든가, 신발 밑창 등등 개개인의 3차원 데이터의 활용분야는 무궁무진하다고 할 수 있다. Figure 10은 몇 가지 응용 예를 보이고 있다[10].

##### 4.2. 미용관련

얼굴을 포함한 머리 부분의 정밀한 계측데이터는 Figure 11에 보인 바와 같이 가상 헤어스타일링이나 메이크업 시뮬레이션 등에 사용되고 있다[10].

##### 4.3. 엔터테인먼트

기타 응용 분야로는 엔터테인먼트 응용을 들 수 있다. 이는 인체 계측 및 동작 분석을 이용한 게임 캐릭터에의 응용 등을 들 수 있는데 넓은 의미에서 이는 파라메트릭 바디의 응용 분야라 할 수 있다.



## 5. 결론

3차원 인체 계측 기술은 지속적으로 성장하고 있으며 선진국을 중심으로 그 활용이 날로 증가하고 있다. 이러한 기술의 발전으로 기계의 가격도 지속적으로 내려가고 있으며 인체의 3차원 데이터를 얻는 것도 점점 쉬워지고 있다. 이에 따라 연구의 초점도 점차 스캐닝기술 자체보다는 스캔된 데이터의 활용으로 자연스럽게 이동하고 있으며 그 중요성도 날로 커지고 있다. 3차원 인체 데이터는 인체계측사업, 의복패턴 디자인, 각종 생활용품의 디자인은 물론 인간공학과 엔터테인먼트 분야에까지 그 활용분야가 다양하기 때문에 산업적 파급효과가 매우 크다고 할 수 있다. 고정밀, 고속의 스캐너를 개발하는 데는 많은 기계, 전자, 광학적 기술의 집약이 필요하기 때문에 투자가 부족한 국내 현실에서 선진국의 기술력을 따라잡는 데는 어려움이 있으나, 데이터를 활용하는 소프트웨어의 개발에는 국내 기술도 충분한 경쟁력을 가지고 있기 때문에 앞으로 이러한 분야에 대한 연구에 집중한다면 미래 3차원 데이터 활용 분야에 있어서 국제적인 경쟁 우위를 차지할 수 있을 것으로 기대된다.

## 참고문헌

1. 박창규, 김성민, 섬유기술과 산업, **8**(1), pp.30-41, 2004.
2. 아이너스기술, 3차원 인체형상 계측기의 정밀도 및 신뢰도 개발 최종보고서, 산업자원부, 2002.
3. <http://www.inspeck.com>
4. <http://www.intellifit.com>
5. Beraldin J., Remondino F., and Shortis M.R., "3D Body Scanning Technology for Fashion and Apparel Industry", *Proc. of SPIE-IS&T Electronic Imaging*, Vol. 6491, 2007.
6. <http://sizekorea.kats.go.kr/>
7. 남윤자, 최경미, 박선미, 섬유기술과 산업, **10**(3), pp.251-258, 2006.
8. Yang Y. and Zhang W, Weiyuan, "Prototype Garment Pattern flattening based on individual 3D Virtual Dummy", *International Journal of Clothing Science and Technology*, **19**(6), pp.334-348, 2007.
9. <http://www.ifashionmall.co.kr>
10. Nicola D'Apuzzo, "Digitization of the Human Body in the Present-Day", White-Paper for Stylingcard AG, 2004.

### • 김 성 민

1996. 2. 서울대학교 섬유고분자공학과 졸업  
 1998. 2. 서울대학교 섬유고분자공학과(공학석사)  
 2002. 8. 서울대학교 재료공학부(공학박사)  
 2003. 8-현재. 전남대학교 응용화학공학부 섬유공학전공 조교수  
 전화 : 062-530-1771, Fax : 062-530-1779  
 e-mail : smkim71@jnu.ac.kr