

## 3차원 영상처리기술의 섬유·의류 산업에의 응용

최상현·박창규<sup>1</sup>·이대훈<sup>2</sup>

### 1. 서 론

최근에 들어 3차원 영상처리를 이용한 컴퓨터 시뮬레이션은 새로운 제품의 디자인, 엔지니어링, 제조 계획 등에서 점차 그 활용의 빈도가 더해지고 있다. 이러한 과정에서 공통적으로 요구되는 것은 실존하는 물체를 소위 “전자 원형(electronic prototyping)” 환경에서 생성시키고, 이를 새로운 제품의 일부로서 재사용하거나 새로운 요구조건에 맞도록 설계를 변경, 개선시키는 과정이다[1].

빠르면서도 정확한 3차원 좌표 획득 장치들이 개발되면서 이러한 개발 경향이 가속화되었으며 응용분야는 다음과 같다.

- 역공학(reverse engineering) : 현존하는 객체로 시작하여, 컴퓨터 모델로 재구성하고, 이를 분석하고 설계를 변경하는 일련의 과정.
- 형상분석(shape analysis) : 3차원 객체의 형상을 분석하여 형변형을 예측하는 기능.
- 3차원 가상 세계 구현(3D virtual worlds) : 실제 객체요소 혹은 모퉁(mock-ups)으로부터 객체의 특성, 활동, 공간 등을 구성하여 신속하게 객체를 표현하는 기술.
- 3차원 팩스(3D fax) : 3차원 객체를 스캔(scan)한 디지털 데이터를 네트워크 전산망이나 전화선을 이용해 전송하고, 이를 재표현하고, 신속한 시제품제조 기술(stereo-lithography)을 이용하여 실제와 똑같은 복사품을 제조하는 기술.
- 맞춤 모델링(taylor-fit modelling) : 3차원

인체 혹은 해당 객체의 계측을 이용하거나 직접 주문제작을 가능하게 하는 기술.

이러한 3차원 화상처리 기술은 객체의 위상적인 특징(topological characteristics)을 적절하게 표현해야 하며, 기하학적(geometrically)으로도 정확해야 한다. 또한 부드러운 처리(smoothness), 연속평면(curvature continuous surface)의 표현, 그리고 모서리(corner)와 변(edge) 등을 뾰족한 부분의 정확한 처리 등을 기본 기술로 한다.

아직까지의 3차원 화상처리 기술은 현실세계와는 차이가 있는 이론적인 접근방식과 실제 응용이 가능한 실제적인 접근방식간에 많은 차이를 보이고 있으나,  $10^{-2}$  mm의 해상도로 1초당  $10^5$  포인트까지 측정할 수 있는 급속한 측정장치 및 하드웨어의 발달은 그 차이를 점차 좁혀 나가고 있다. 결국 3차원 화상처리 기술의 가장 어려운 적용분야의 하나인 섬유·의류산업에의 현실적 적용은 점차 가까이 다가오고 있다[1].

본 지에서는 3차원 데이터를 어떻게 수집하고, 어떻게 컴퓨터 모델로 표현하고, 이를 어떻게 섬유·의류산업에서 적용할 것인지에 대하여 간단히 살펴보고자 한다.

### 2. 3D 측정기술

3차원 객체의 데이터를 측정하기 위한 방법으로는 전통적인 3차원 계측방법으로 접촉식(touch probe) 측정장치가 있으며, 최근 들어 비접촉식인 모와레 스캐너(Moire scanner), 광학(optical)

Application of 3-D Image Processing Technology into Textile and Apparel Industry/Sang Hyun Choi, Chang Kyu Park<sup>1</sup>, and Dae Hoon Lee<sup>2</sup>

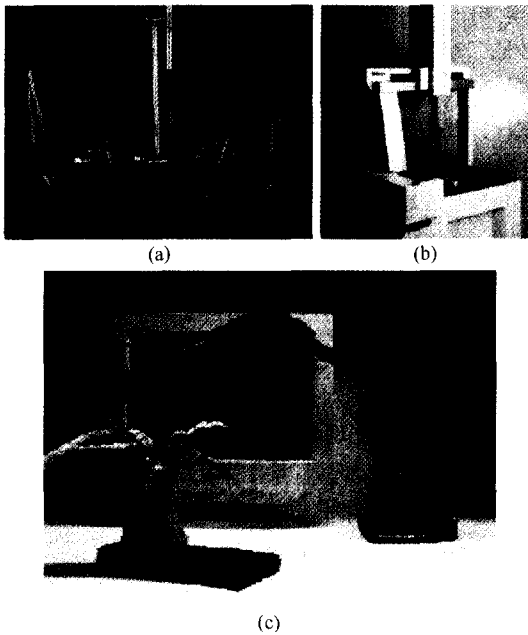
(주)디엔엠 테크놀로지 부사장, (135-010) 서울 강남구 논현동 98 동익빌딩 402호, Phone: 02)515-1386, Fax: 515-1389, e-mail: csh@dnmco.com

<sup>1</sup>전남대학교 섬유공학과, <sup>2</sup>한국생산기술연구원

혹은 레이저(laser) 스캐너, 그리고 음향(acoustic or ultrasonic) 등을 이용한 방식들이 널리 이용되고 있다[1]. 이들 장치를 이용하면 3차원 인체나 객체의 디지털 계측 데이터를 얻을 수 있으며, 실이나 천의 3차원 표면, 의류나 각종 산업용 섬유제품의 외관 등의 정확한 데이터를 측정할 수 있다. 이는 섬유제품의 디자인 개발·수정을 위한 섬유·의류용 CAD/CAM이나 품질 관리를 위한 장비로 활용할 수 있다.

### 2.1. 접촉식 스캐너(Touch probe scanner)

접촉식 스캐너는 3차원 판토프래프(pantograph)에 장착되고 다중 관절(joints)로 이루어져 있으며, 보통 수동으로 움직인다. 각 관절에는 광학 혹은 전기적 센서가 부착되어 있어 탐침(touch probe)의 위치를 XYZ의 3차원 좌표로 변환한다(Figure 1(c)). 최근에는 로봇팔(robot arm)에 위치한 탐침에 압력센서를 부착하여 자동으로 조작되도록 만들어진 제품도 있다(Figure 1(b)).



**Figure 1.** Touch probe scanner; (a) mechanical touch probe, (b) a computer controlled coordinate measurement machine, (c) operation.

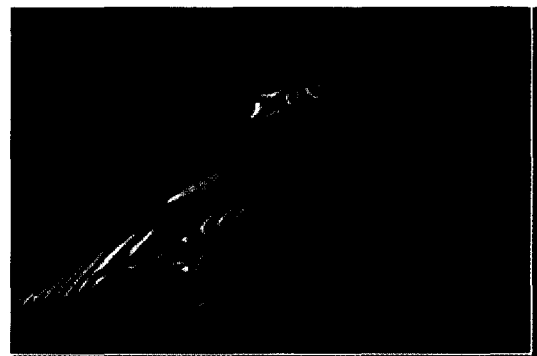
섬유기술과 산업, 제 5 권 제 1/2 호, 2001년

접촉식 스캐너는 비교적 저렴하고 조작성이 용이하며 원하는 위치를 직접 접촉에 의해 얻을 수 있으나 시간이 많이 걸리고 재현성이 낮은 단점이 있다. Figure 1에 접촉식 스캐너의 작업사진의 예를 보인다.

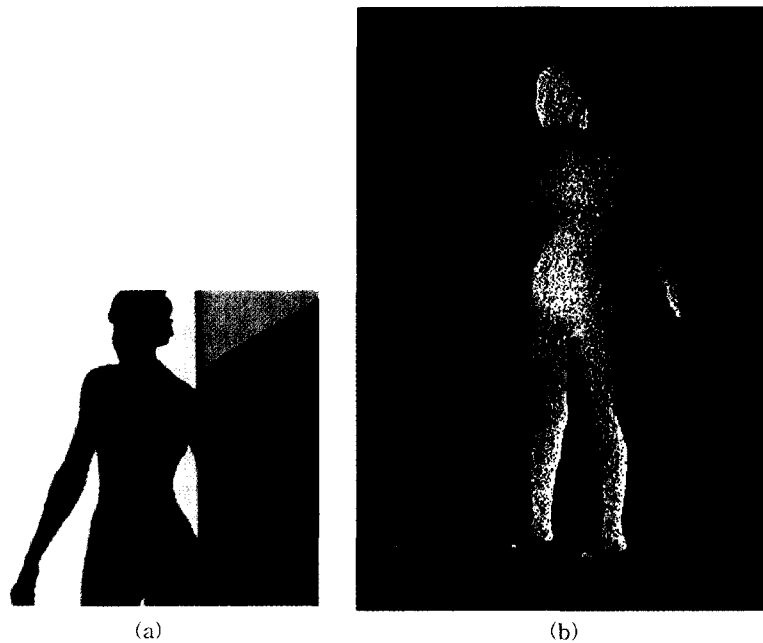
### 2.2. 비접촉식 스캐너(Non-contact type scanner)

우선 브와레 스캐너는 서로 다른 두 개의 광원에서 나온 빛을 회절 격자로 만들고 이를 카메라로 읽어들이어 브와레 패턴을 분석하고 이로부터 공간상의 좌표를 얻어내는 방식이다(Figure 2). 이 방식은 좁은 영역의 측정에는 유리하나 측정 정밀도가 레이저 빔(laser beam) 방식에 비해 떨어지는 단점이 있다. 브와레 측정도 섬유·의류산업에서 인체측정, 의복의 표면측정 등에 많이 사용되고 있으나 미세한 표면 측정에는 어려움이 있으며, 색상의 영향을 받는 단점이 있다.

이에 반해 광학식 레이저 스캐너는 측정대상인 물체의 표면에 점이나 띠 모양의 레이저빔을 조사하고 한 개 혹은 여러 개의 영상 센서를 통해 여러 각도에서 점이나 프로파일의 모양을 측정한다. 측정된 신호는 디지털 신호로 변환되어 삼각법(triangulation)에 의해 위치 정보로 바뀐다. 측정 영역 내에서 3차원 좌표를 얻기 위해 측정 대상 혹은 영상 센서를 서보 모터를 사용하여 이동시키는데 이동장치의 기계적 정밀도가 측정정밀도에 중요한 영향을 미친다. 이러한 방식의 스캐너의 일



**Figure 2.** Moire scanned image (F16).



**Figure 3.** Laser scanned image; (a) slit laser beam scan, (b) point cloud.

반적인 공간 해상도는 100~500이며 샘플링 속도는 대략 15,000 points/sec이다. 고정된 헤드를 갖는 레이저 스캐너는 측정 영역이 플랫폼(platform)의 이송 영역에 좌우되므로 최근 제품들은 레이저 헤드를 판토타그래프에 설치하여 스프레이 페인트(spray paint)처럼 레이저를 조사하여 비교적 넓은 영역을 측정하는 것도 있다. Figure 3에 보이는 바와 같이 광학식 레이저 스캐너는 최근에 들어 3차원 인체계측이나 직물, 의류의 외관 검사에 사용되고 있다.

아울러 최근의 여러 스캐너들은 부가적인 비디오 카메라(video camera or CCD)와 결합하여 표면의 색상정보를 얻을 수도 있다(Figure 4). 원통과 같은 비교적 단순한 형태를 측정하는 경우는 단 1회의 측정으로도 측정대상의 전체 표면에 대한 정상적인 격자를 얻어낼 수 있다. 측정 점들은 3각형 메쉬(mesh)의 형태로 이루어지며 이러한 3각형 메쉬는 수백만개의 삼각형 혹은 다각형으로 이루어져 있어 표면을 단순하게 얻을 수 있다. 그러나 측정 대상이 복잡한 경우(예를 들면 구멍이나 접힌 부분이 존재하는 경우)는 측



**Figure 4.** Color image (CyberWare).

정 헤드가 이들 표면을 전부 측정해야 하므로 1회 이상의 측정이 필요하며 모든 측정 결과를 하

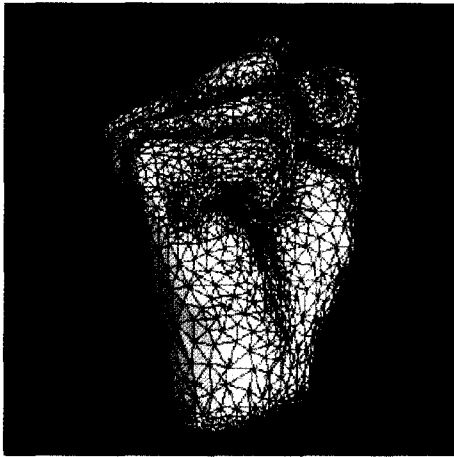


Figure 5. Triangular mesh.

나의 메쉬로 통합시켜주어야 한다. 아직까지 이러한 경우의 측정법은 완벽한 신뢰를 얻고 있지 못하는데, 이는 스캐닝 장비의 정밀도 제한 때문에 여러 회의 측정치를 서로 겹쳐서 하나의 메쉬로 만드는 작업이 언제나 정확하게 일치하지 않기 때문이다. Figure 5에 측정결과와 3각형 메쉬형성 결과를 보이고 있다.

광원을 레이저가 아닌 특수한 방식을 쓰는 경우도 있는데 소위 흑백스캔(gray scan)이라고 불리는 B/W(black / white) 스캔방식이 대표적이다. 이 방법은 측정영역에 B/W 광원을 조사하고 경계면의 형상을 광학 센서로 읽은 후 측정 후 B/W 광원을 2개로 나누어 또 다른 B/W 광원을 조사(2<sup>n</sup>)함으로써 측정 영역 전체에 대한 정보를 얻는다. 광원 및 이의 조작은 레이저 스캐너와 다르나 측정원리는 동일하다.

이밖에 레이저빔을 이용한 방식 중에 스테레오 비전(stereo vision)에 의한 방식이 있는데, 이 방식은 두 개의 카메라를 정해진 각도에 설치하고 기준 판에 대해 카메라를 캘리브레이션(calibration)한 후, 격자 모양의 레이저빔의 패턴을 조사하고 측정 대상을 움직이면서 카메라에 들어오는 화상을 분석하여 3차원으로 재구성하여 좌표를 얻어내는 방식이다. 주로 고해상도가 요구되지 않는 객체에 대하여 활용되고 있다.

음향을 사용한 측정에서는 주로 초음파가 사용

된다. 초음파 장치는 보통 네가지 주요부분-초음파 렌즈, 시편대, 전기적 장치, 컴퓨터로 구성된다. 신호발생기에서 생성된 고주파 파열음 또는 펄스(pulse) 신호는 렌즈의 트랜스듀서(transducer)에서 평면파로 변환된다. 이 평면파는 렌즈의 곡면에서 굴절되어 커플링 액체에서 초점을 향하여 집중된다. 이 전파경로에 놓인 시편으로부터 반사된 음파는 다시 렌즈를 거쳐 트랜스듀서로 돌아간다. 이때 컴퓨터는 측정장치를 조정하는 한편 돌아온 신호를 저장하고 영상표현이나 신호 분석에 이용된다. 영상의 해상도는 사용되는 신호의 중심주파수와 렌즈 개구수치(NA: numerical aperture)에 따라 결정되는데, 가령 현미경 용도로 사용되는 경우는 200 MHz에서 약 5  $\mu$ m 정도이다. 현재 사용되는 주파수 범위는 대략 10 MHz부터 2 GHz까지이다. 해상도를 향상시키기 위해 주파수를 증가시키면 탄성파의 투과 깊이가 제한되므로 활용대상에 따라

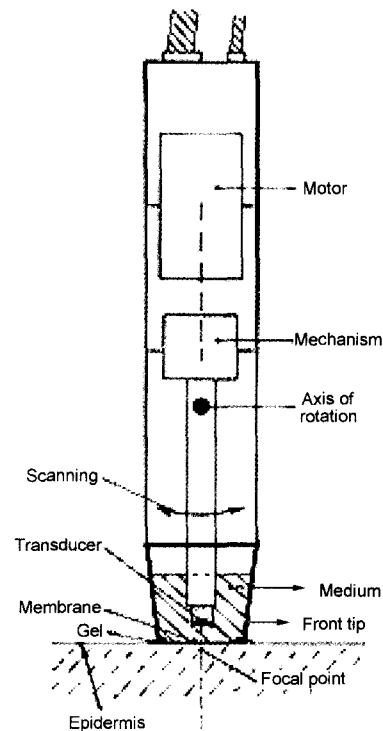
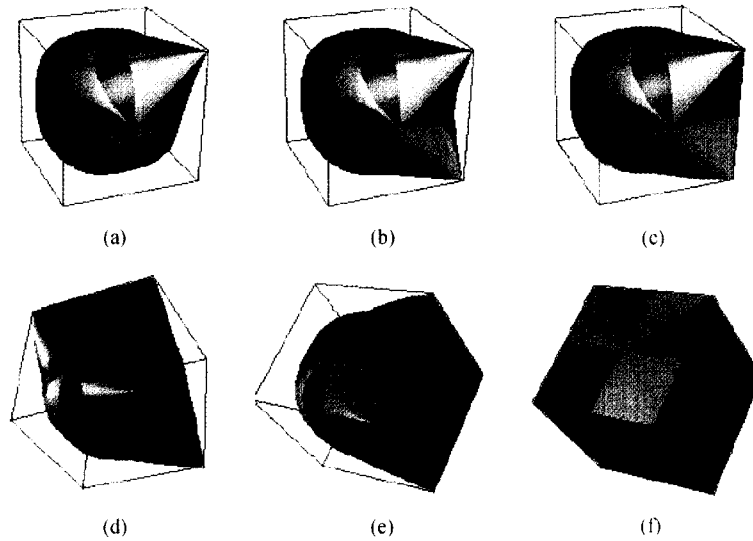


Figure 6. Configuration of an ultrasonic measurement system.



**Figure 7.** Modelling with singular A-patches; (a) interpolating a vertex with a singular point, (b) interpolating two vertices, (c) interpolating an edge with a singular edge on the surface, (d) interpolating two edges, (e) interpolating a face of a cube, (f) the A-patch surface degenerates into the cube.

최적의 주파수를 선정한다. *Figure 6*에 초음파 3차원 계측기의 원리를 보이고 있다.

### 3. 3D 화상의 처리 기법

3차원 화상의 처리를 위해서 주로 사용되는 기술은 크게 다음의 4가지로 나눌 수 있다.

- 수치해석 및 근사(numerical analysis and approximation)
- 기하학적 모델링(geometric modelling)
- 컴퓨터 그래픽스(computer graphics)
- 컴퓨터 비전(computer vision)

불분명한 경계와 형상정보를 갖는 3차원 측정의 계측치들을 원래의 객체와 동일하거나 유사한 형상으로 재형성(reconstruction)하기 위해서는 객체의 위상학적 상(genus)을 찾아내지 않으면 안된다. 이를 위한 3차원 화상처리 기법은 다음의 세가지 유형으로 나눌 수 있다.

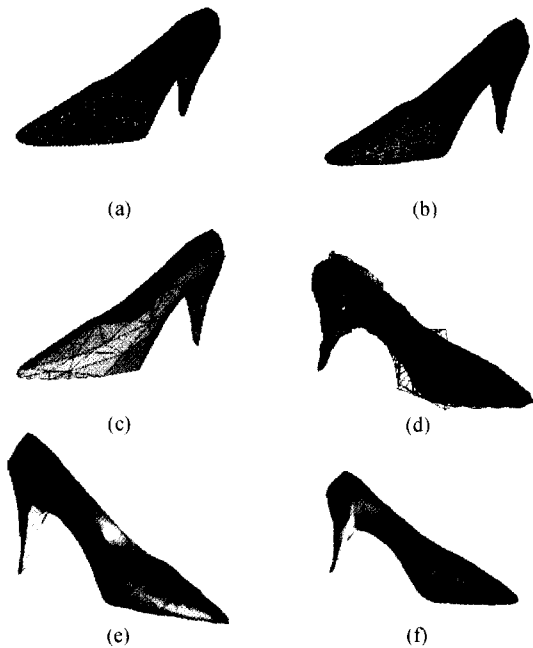
#### 3.1. 피스와이즈 - 리니어 재구성(Piecewise-linear reconstruction)

주어진 3차원 객체의 측정점들의 정보를 이용

해 3차원 객체를 다각형 (주로 삼각형)의 표면으로 분할하고, 근사(interpolation)시키는 방법으로 컴퓨터 기하학(computational geometry) 기술이 주로 응용된다[1]. 이때 최소의 표면면적 혹은 최소의 둘레(perimeter)를 갖는 다각형으로 표면을 표현하는 기술 등이 사용되며, *Figure 7*에서 보이는 바와 같이 주어진 점들로 구성되는 볼록껍질(convex hull)로 시작하여, 모든 점들을 객체의 내부에 위치시키기 위해 점차 초기의 다각형으로 이루어진 표면을 수축시키는 과정을 통하여 재구성된다[2]. 이밖에도 Choi[3], Veltkamp[4], Edelsbrunner[5] 등에 의해서도 여러 이론적인 고찰이 보고된 바 있다. 이러한 기술은 섬유 · 의류분야의 소재, 제품 등의 외관평가를 위한 시스템에 널리 이용되는 기술이다.

#### 3.2. 표면피팅(Surface fitting)

표면피팅은 피스와이즈 폴리노미얼(piecewise polynomial), 파라메트릭(parametric), 또는 임플리시트(implicit) 표면으로 측정점을 근사하는 기술이다[1]. CAGD(computer aided geometric design)과 수치해석 기술을 이용하여, 측정

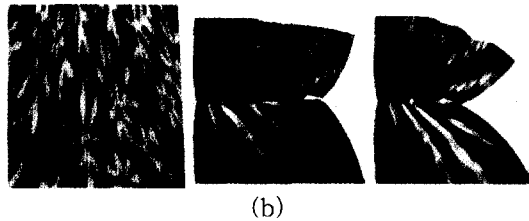
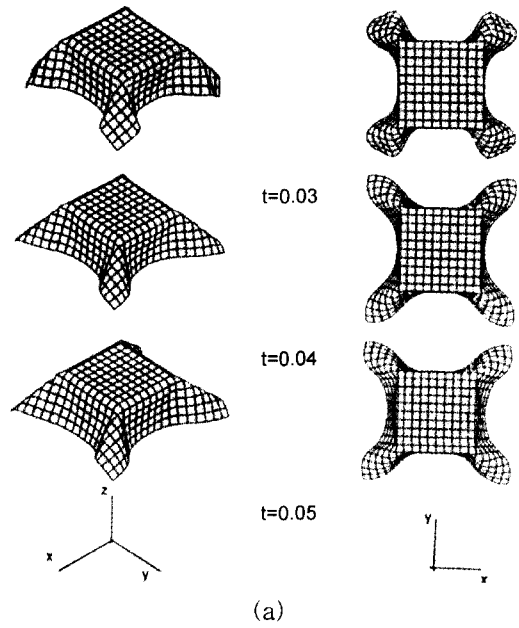


**Figure 8.** Example of a shoe surface fitting; (a) the scanned points, (b) the selected  $\alpha$ -solid, (c) and (d) the triangular mesh, (e) polynomial algebraic patches, (f) final result.

된 객체의 표면을 패치(patch)로 재구성한다. 이때 각각의 패치는 대수식(algebraic equation)이나 NURB(non-uniform relational B-spline) 방정식 등으로 표현된다. 이에 대한 연구는 Shimitt[6], Moore[7], Eck[8] 등에 의해 보고되었다. 이러한 기술은 정확한 3차원 표면의 정보를 필요로 하는 경우, 즉 인체치수의 계측을 목적으로 한다면, 측정된 점들의 데이터로부터 3차원상의 정확한 곡선의 길이를 추출한다던가 하는 등의 응용에 사용된다. Figure 8에 예를 보이고 있다[1].

### 3.3. 피지컬리 베이스드 모델링(Physically-based modelling)

이 기술은 컴퓨터 비전 분야에서 주로 개발되어 활용되는 기술로, 3차원 객체의 표면이 변형(deformed)하는 대상으로 간주하고, 객체에 주어진 외력(forces)이나 내부작용(internal reaction)에 의해 변형하는 형상을 표현하는 기술이다[1].



**Figure 9.** Example of physically-based modelling; (a) simulating fabric drape with different thickness values, (b) fabric deformation after sewing.

FEM(finite element method)와 같은 기법이 응용되며, 각 측정점을 연결하는 간단한 솔리드 모델(solid model)들을 가상의 스프링(spring)이나 댐퍼(damper)와 요소로 연결시켜, 변형된 형상을 계산한다. Terzopoulos [9], Pentland[10] 등의 의해 보고된 바 있으며, 특히 연속체(continuum material)의 3차원 영상 표현에 주로 사용한다. 최근에 들어 천이나 섬유소재를 연속체로 가정한 연구들이 진행되고 있다[11]. Figure 9에 그 예를 보이고 있다[12].

## 4. 섬유 · 의류산업에의 응용

위에서 언급한 3차원 화상의 측정 및 처리방법

은 기계, 건축분야에서 뿐만 아니라 최근에 들어 섬유·의류산업에까지 광범위하게 적용되고 있다. 그러나 섬유 및 의류가 다루는 재료의 특이성 때문에 상용화된 시스템의 등장은 타 산업에 비해 비교적 늦은 편이다. 3차원 화상처리를 어렵게 하는 섬유소재가 갖는 특이성은 다음과 같다.

- 불균제성(irregularity)
- 대변형(large deformation)
- 초경박 3차원 구조(3D structure with small thickness)
- 접촉점을 갖는 비연속체(non-continuum materials with contact points)
- 점탄성적 성질(visco-elastic properties)
- 객체의 유연성(flexible objects or body)
- 표면에서의 광원의 분산(dispersion of light reflection on surface)
- 색채 혹은 다양한 무늬(colors or various patterns)

위와 같은 어려운 환경하에서도 섬유·의류산업에서의 3차원 화상처리 기술의 응용은 점차적으로 확산되어가고 있는 추세이다. 섬유·의류산업에서의 3차원 화상처리 기술의 응용을 크게 (1) 섬유소재 및 제품의 외관 측정 및 평가, (2) 섬유·의류용 3D CAD 시스템, (3) 전자상거래 및 웹 응용의 세부야로 나누어 살펴보고자 한다.

#### 4.1. 섬유소재 및 제품의 외관 측정 및 평가

위 절에서 언급한 3차원 화상처리 기술은 최근 들어 고가가치 제품의 생산기술이 중요시되면서 섬유소재나 제품의 외관평가 기술에 적용되고 있다. 실의 외관평가의 경우에 있어서는 대부분 2차원적으로 그림자로 투영된 화상으로 처리하는 예가 많다. 예를 들어, 실의 굵기(linear density)나 균제도(evenness)의 측정, 실의 잔털량(hairiness)의 측정 등이 그 좋은 예이다. 물론 이들 데이터를 다시 3차원으로 재형성하는 경우도 있으나, 아직 큰 실효성을 거두고 있지는 못하다.

천의 경우, 3차원 영상으로 처리하는 외관에는 드레이프성, 구김, 세탁 후 잔주름, 필링 등이 있

다[13]. 어떠한 경우여라도 해당 외관에 맞는 정밀도와 측정면적을 고려하면 최적의 센서와 측정방식을 선정할 수 있다. 예를 들어, 드레이프의 경우 일반적인 디지털 카메라만으로도 충분히 원하는 정밀도의 화상을 얻을 수 있으며, 구김의 경우 레이저 센서나 슬릿 레이저빔과 CCD 같은 광학식 레이저 스캐너 혹은 모아레 장비로 측정이 가능하다. 세탁 후 잔주름이나 필링 같은 미세 외관성질은 해상도가 좋은 CCD를 사용하거나 고해상도를 지원하는 흑백스캐너 장비를 활용하지 않으면 안된다.

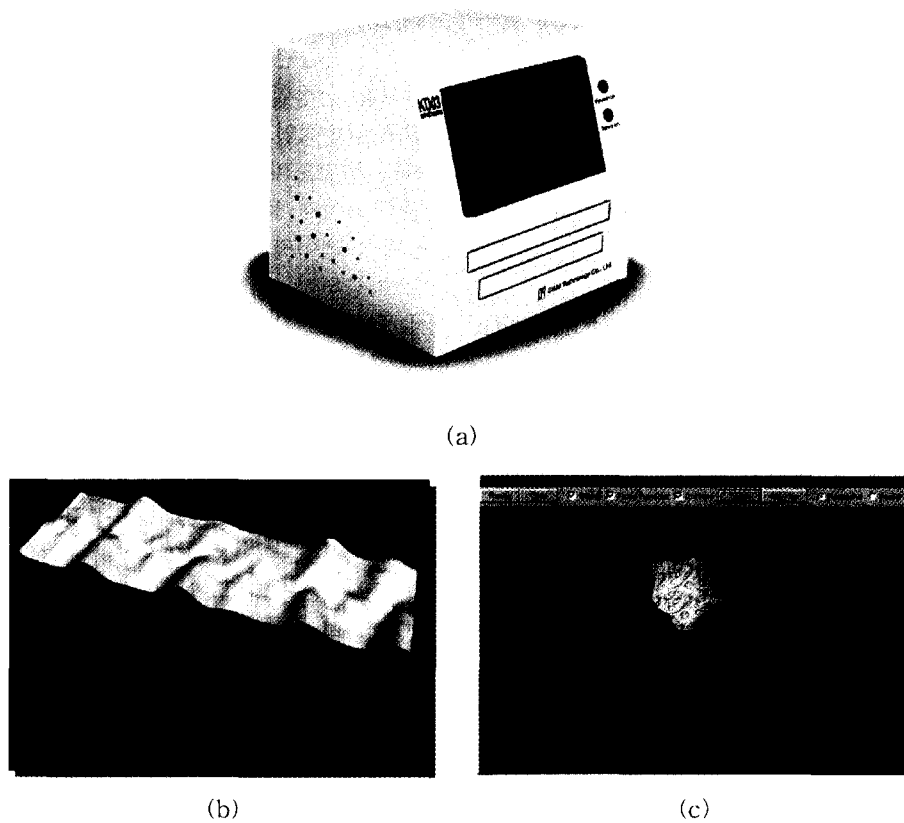
제품의 경우, 봉제품의 심퍼커링(seam puckering)의 3차원 화상처리 기술을 이용한 객관적 평가장치 등이 있으며, 역시 구김과 같은 측정장비의 사용으로 가능하다. 이러한 제품검사를 위한 3차원 화상처리 기술은 주로 위의 3.1.절에서 언급한 피스와의-리니어 재구성의 기법을 활용하며, 기준면으로부터의 높이에 대한 각종 통계치, FFT(fast Fourier transformation) 혹은 웨이블릿(wavelet) 분석 등의 주파수 해석 기술, 인공신경망이나 퍼지로지 등의 인공지능과 접목하여 정량적 형상의 평가와 객관적 등급평가를 가능하게 한다.

이러한 3차원 화상처리 기술을 이용한 측정장비는 이미 본사의 기술진을 포함한 순수 국내 연구진의 연구에 의해서도 상용화된 바 있다[13, 14, 15, 16]. Figure 10에 본사가 한국생산기술연구원과 공동으로 개발한 3차원 직물외관 측정 시스템을 보이고 있다.

아직까지 의복의 형태를 직접 외관평가 하는 기술은 상용화되고 있지 않으나, 의복을 입어보지 않고 착용한 상태를 모니터를 통하여 본다면, 구두, 핸드백, 헬멧 등의 대변형이 없는 제품의 경우 3차원 측정을 통하여 최종 제품의 외관 검사를 하기도 한다.

#### 4.2. 섬유·의류용 3D CAD 시스템

3차원 섬유·의류용(3D textile and apparel) CAD 시스템의 경우, 가장 활발히 3차원 화상처리 기술이 적용되는 분야이다[17, 18, 19, 20,



**Figure 10.** 3D Fabric appearance tester; (a) 3D laser scanner, (b) seam pucker analyzer, (c) drapage analyzer.

21]. *Figure 11*에 3차원 화상기법이 어패럴 CAD에 적용되는 경우에 있어서의 봉제품의 설계 사이클을 보이고 있다[22]. 패턴의 제작을 지원하는 CAD 시스템과 소재의 특성을 반영하는 3차원 착용엔진을 축으로 가상공간에서 재설계를 하거나 제작·주문·발송을 통합하는 환경이다. *Figure 12*는 실제 응용사례를 보인다.

실이나 직·편물, 자수 등의 분야에 주로 이용되는 분야는 아직까지는 주로 2.5차원에서 이루어지는 텍스처 매핑(texture mapping) 기술은 엄밀히 표현하자면 3차원 응용 기술은 아님에도 불구하고, 실제 현장에서 쉽게 사용할 수 있는 기술에 속한다. 이는 *Figure 13*에서 보는 바와 같이 객체의 2차원 화상 위에 2차원 격자를 만든 후 그 각각의 격자를 3차원 효과를 내기 위

해 변형하여 마치 3차원과 유사한 효과를 구현하고자 하는 것이다[15]. 이와 같은 2.5차원의 텍스처 매핑기술은 의류뿐만 아니라 가구, 침구류, 장식품 등에도 활용된다.

최근 들어 3차원 화상기술의 발달하면서 실제 3D 시뮬레이션을 상용화한 시스템이 등장하기 시작하였는데, 의복의 경우는 브래지어 등의 내의류같이 간단하고 몸에 밀착된 형태의 의복에만 제한적으로 사용되며, 자동차용 시트, 의자커버 등의 역시 피착용 객체와 섬유제품간에 밀착된 형태의 경우에만 사용 가능하다. *Figure 13*에 어패럴 캐드 시스템 보급업체중의 하나인 Lectra 시스템의 자동차용 시트커버의 3차원 화상처리를 보이고 있다[23].

게임용 프로그램에서 등장인물들의 착용의상 시



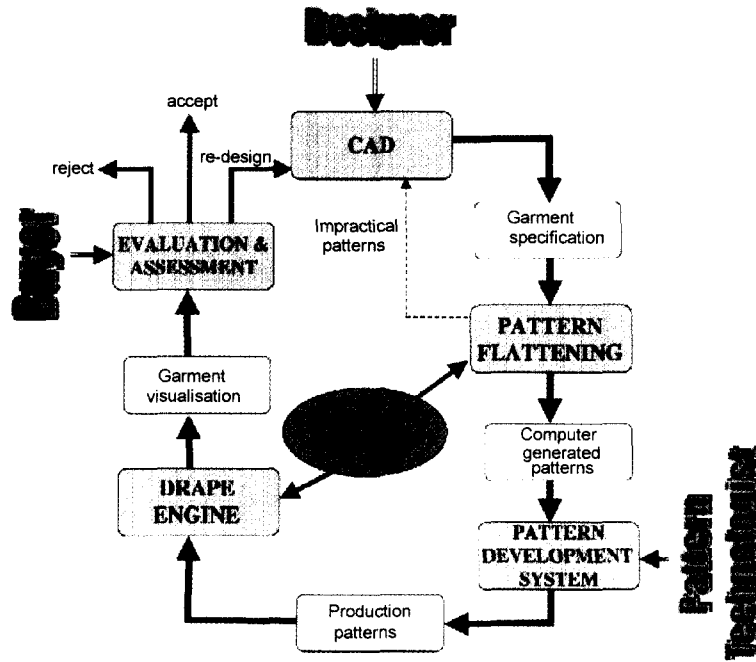


Figure 11. Garment design cycle proposed by J. McCatney, et al.

물레이션의 경우 아직은 전적으로 애니메이션 기법을 활용한 것이지만, 일부 소재의 특성을 반영한 3차원 화상기법을 이용한 시뮬레이션 기법들도 속속 등장하고 있다. 이들 대개는 앞에서 소개한 피스वाई즈-리니어 재구성 기법 혹은 표면 피팅기술을 응용한 것이다. Figure 14는 객체의 움직임에 따라 변화하는 의복의 변화를 천의 물성을 반영한 3차원 화상처리 기술로 처리하여 미리 DB로 저장해 놓은 후, 실행시 화상 데이터를 불러서 표현하는 애니메이션 기법을 적절하게 혼합한 형태이다[24, 25]. 이는 실동작 처리의 시간을 줄이고, 실제와 유사하게 표현할 수 있다는 장점이 있다.

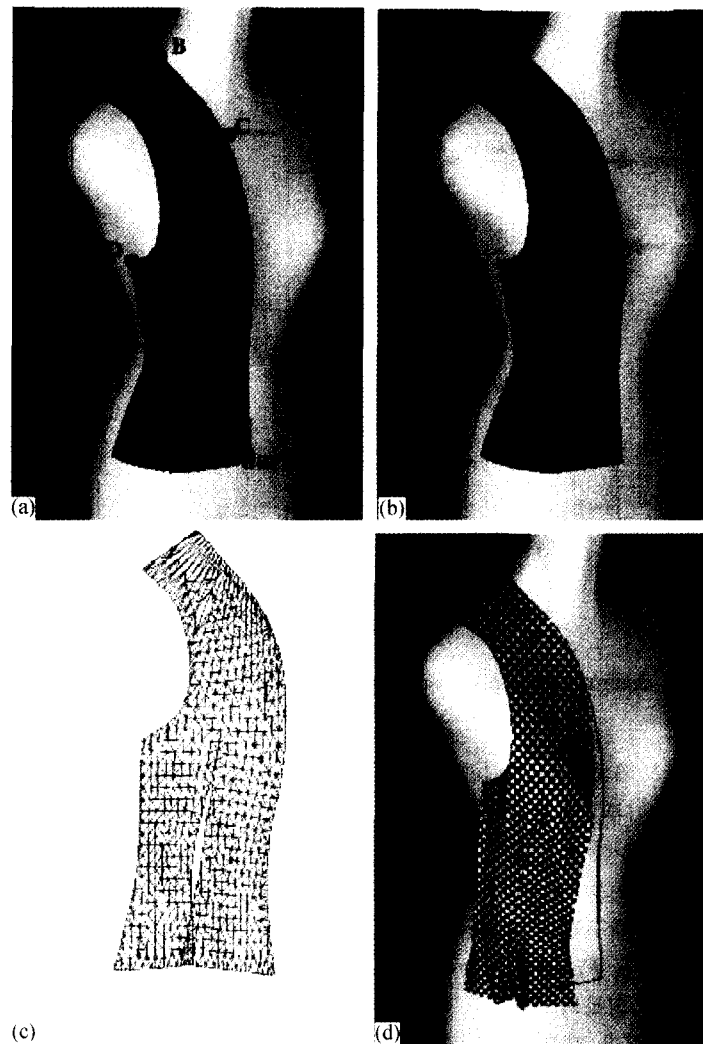
이 밖에도 3차원 인체계측을 비접촉식 측정기로 자동 계측하여 활용하는 시스템의 등장이 활발해지고 있다. 아직까지는 측정된 인체의 측정점들을 3차원 표면으로 재구성하여 원하는 부위별 치수를 구하는 단계에 머무르고 있지만, 추후 3차원 어패럴 캐드 시스템과의 접목을 통하여 인체계측-패턴생성-맞춤에 이르는 전공정이 자동으

로 가상공간에서 이루어질 전망이다. 이미 부분적으로는 일본의 Ashai 시스템이나 Toray사의 경우 기능을 구현하고 있다. 이에 발 맞추어 국내에서도 3차원 스캐너의 개발 등은 시작품이 개발되어 있는 수준이고, 특히 본사에서 개발한 3차원 맞춤시스템의 경우 세계적인 수준을 자랑하고 있다. Figure 15에 독일의 Tecmath사의 3차원 인체 계측장비를 보인다[26].

#### 4.3. 기타(웹 혹은 Made-to Measure 응용)

이밖에도 이러한 3차원 화상처리 기술의 웹상에서의 구현기술이 급속히 발달함에 따라 그 응용범위가 과거의 오프라인 솔루션에서 가상공간 혹은 웹상에서 온라인으로 구현이 가능하게 되었다.

아직까지 통신속도의 제한과 전송용량의 제한은 3차원 화상의 동적거동이나 변화를 실시간으로 가능한 수준은 아니지만, 정적인 3차원 화상의 처리나 시뮬레이션은 이미 활발하게 웹 솔루션의 형태로 상용화되고 있다. 더욱이 화상이나 동영상 전송하기 위한 데이터의 압축기술 또한 급속한 속



**Figure 12.** 3D mapping by J. McCatney, *et al.*; (a) stylised 3D garment pattern panel design, (b) garment panel triangulation, (c) 2D flattening of panel, (d) 3D drape of panel.

도로 발전하고 있어 머지않아 거의 모든 응용 소프트웨어는 웹기반으로 작성될 전망이다.

Figure 16에서 보이는 바와 같이 가상전시장 (virtual display mall)을 이용해서 구매자 혹은 사용자가 원하는 제품을 고른 후 색상이나 디자인을 선택하게 하고, 가상공간에서 임의로 연출이 가능한 패션쇼를 DIY(do it yourself)를 통해 실행해 보인다면, Figure 17에서와 같이 사용자가 자신의 치수를 웹상에서 입력하면, 웹 솔루션은 이

를 받아 3차원 인체를 생성시킨 후 표준체형과 비교하여 고객의 체형관리나 맞춤복을 관리하는 등의 일들이 이미 상용화된 바 있다[15, 27].

또한 의복의 경우 Made-to-Measure 방식의 새로운 시장이 형성되고 있어 3차원 화상처리 기술은 활발히 이 분야에서 적용될 전망이다[24]. 이미 일본의 경우 여성 속옷이나 체형보정용 의류분야에 있어서 개인의 3차원 인체계측치와 의복 패턴을 조합하여 활용하는 사례가 보고되고 있다.

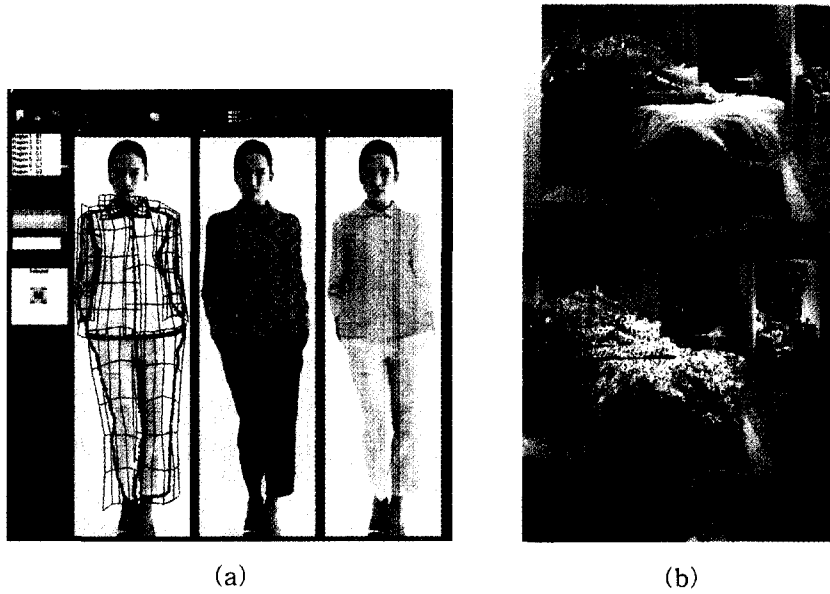


Figure 13. 2.5D texture mapping; (a) grid operation, (b) application to bed and cover.

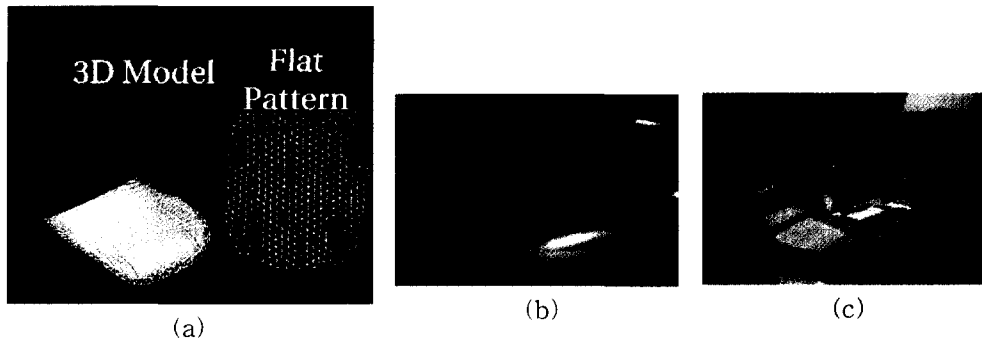


Figure 14. 3D car sheet modelling by Lectra System Co.

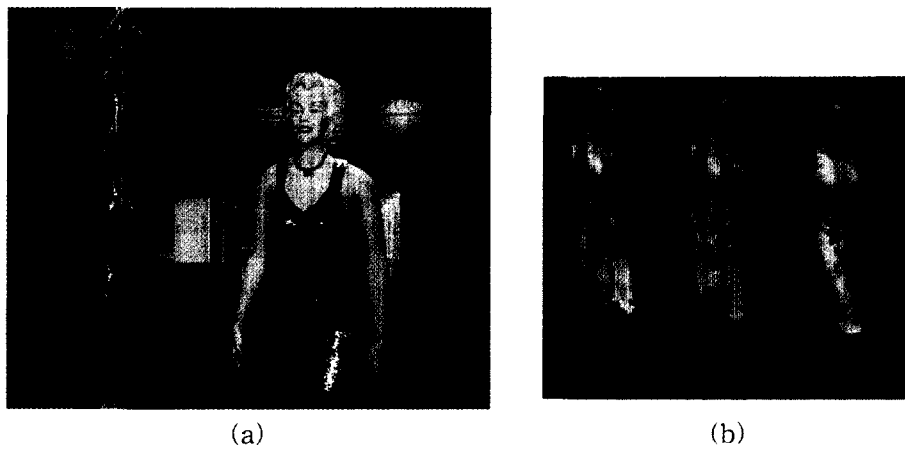


Figure 15. Dynamic virtual wearing simulation; (a) using VLNET(virtual life system), (b) using DressingSim of Toyobo.

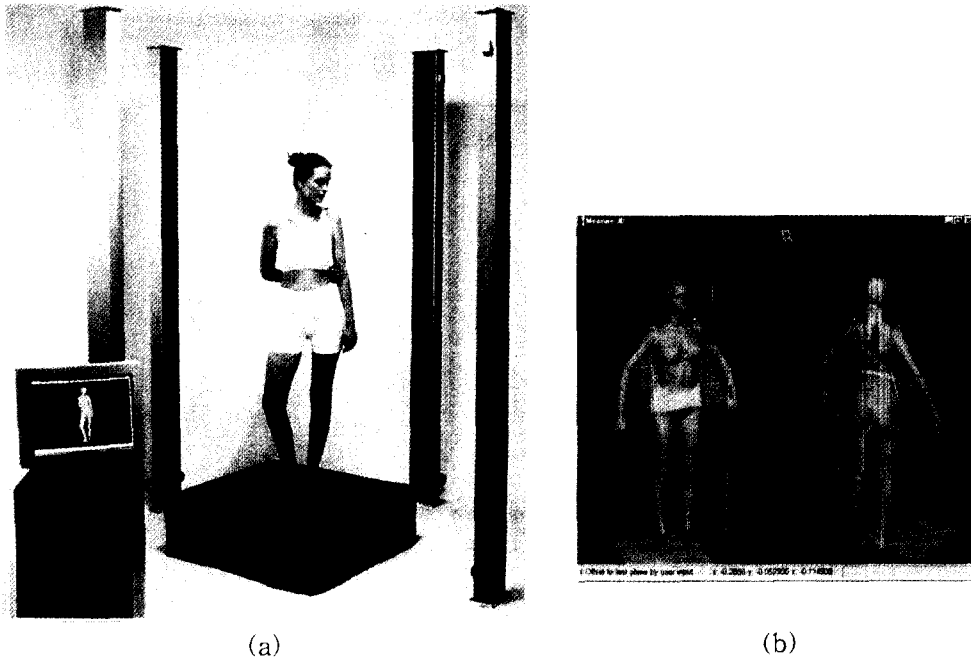


Figure 16. 3D Body scanning and measuring system of Tecmath; (a) scanning system, (b) measuring program.



Figure 17. Virtual display mall.

5. 맺음말

본지를 통하여 간단하게나마 3차원 화상의 처리를 위한 기술들을 하드웨어적인 측면과 소프트웨어적인 측면을 들어 정리하고, 이를 토대로 한

섬유기술과 산업, 제 5 권 제 1/2 호, 2001년

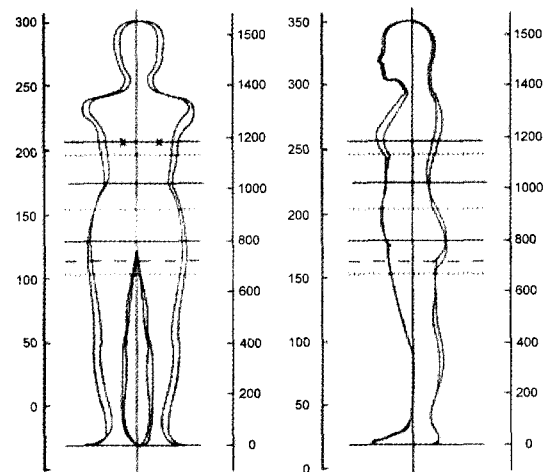


Figure 18. Body clinic system of Vivian.

섬유 · 의류산업에 대한 적용을 사례를 들어 설명하였다. 앞으로 3차원 계측장비와 3차원 화상 처리기법의 급속한 발전은 섬유 · 의류분야에 있어서도 그 적용영역이 무한히 늘어날 것이다. 이미 선진국의 경우 많은 섬유 · 의류분야의 3차원

응용장치가 이미 상용화되었음에도 불구하고 고무적인 것은 본사를 포함하여 몇몇의 기술력 있는 업체와 학교·연구소 등에서 세계적인 응용 기술을 토대로 세계시장으로의 진출을 활발히 전개하고 있다는 것이다.

세계 최초로 국내 연구진에 의해서 개발된 직물의 외관 평가장치나 봉제품의 3차원 심퍼커링 측정장치, 드레이프 분석장치 등은 세계시장으로 진출이 이미 진행되어 있으며, 3차원 화상처리 기술을 토대로 한 원단의 전자상거래용 3차원 솔루션의 개발 등이 상용화되었다. 앞으로도 섬유·의류산업 분야에 있어서 많은 3차원 화상처리의 응용기술이 국내 우수한 연구진에 의해 상용화되어 세계시장에 진출할 것으로 보인다.

### 참고문헌

1. F. Bernardini, C. Bajaj, J. Chen, and D. Schikore, *Int. J. on Comp. Geom. and Appl.*, **9**(4&5), 327(1999).
2. J. O'Rourke, "In Proc. of the Int'l Joint Conf. on Artificial Intelligence", p. 664, 1981.
3. B. K. Choi, H. Y. Shin, Y. I. Yoon, and J. W. Lee, *Computer Aided Design*, **20**(5), 239(1988).
4. R. C. Veltkamap, Ph.D Thesis, Center for Mathematics and Computer Science, Amsterdam, 1992.
5. H. Edelsbrunner, D. G. Kirkpatrick, and R. Seidel, *IEEE Trans. Inform. Theory*, IT-29, 551(1983).
6. F. Shimitt, B. A. Barsky, and W. Du, *Computer Graphics*, **20**(4), 179(1986).
7. D. Moore and J. Warren, "Proc. of the 24th Annual Hawaii Int'l Conf. on System Science", Vol. 1, 1991.
8. M. Eck, T. DeRose, and T. Duchamp, "In Computer Graphics Proc. of SIGGRAPH 96", p. 173, 1995.
9. D. Terzopoulos, A. Witkin, and M. Kass, *Artificial Intelligence*, **36**, 91(1988).
10. A. Pentland and S. E. Scharoff, *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, **13**(7), 715(1991).
11. W. R. Yu, T. J. Kang, and K. S. Jung, *J. Text. Inst.*, **91**(2), 285(2000).
12. B. Chen and M. Govindaraj, *Text. Res. J.*, **66**(1), 17(1996).
13. 이대훈, 박창규, 김의화, "최근 섬유계측시스템의 활용동향", 한국섬유공학회, p. 39, 1997.
14. 이대훈외, "봉제공정의 품질관리", 한국생산기술연구원 의류기술지원센터, 1997.
15. <http://www.dnmco.com>
16. C. K. Park and T. J. Kang, *Text. Res. J.*, **67**(7), 494(1997).
17. Z. Stjepanovic, *Int'l J. Clo. Sci. Tech.*, **7**(2/3), 81(1995).
18. M. J. Morse, *Computing & Control Eng. J.*, June, 100(1993).
19. J. P. Turner, *Int'l J. Clo. Sci. Tech.*, **6**(4), 28 (1994).
20. S. Gray, *IEEE Spectrum*, Feb., 19(1998).
21. C. H. M. Hardaker and G. J. W. Fozzard, *Int'l J. Clo. Sci. Tech.*, **10**(2), 114(1998).
22. J. McCartney, K. K. Hinds, B. L. Seow, and D. Gong, *J. of Materials Processing Technology*, **107**, 31(2000).
23. <http://www.lectra.com>
24. [http://miralabwww.unige.ch/research/research\\_areas/Rcloth.html](http://miralabwww.unige.ch/research/research_areas/Rcloth.html)
25. <http://www.dressingsim.com/en/dsmayama-ke/makingdressanim.html>
26. [http://www.hs.tecmath.de/english/index\\_eng.html](http://www.hs.tecmath.de/english/index_eng.html)
27. <http://www.vivi-en.co.kr>