Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.20, No.3, pp.77-88, December 2001

인체측정용 3차원 스캐너 제작

Development of Three Dimensional Scanner for Anthropometric Measurement

김 민 효**, 남 윤 자***

ABSTRACT

A three dimensional body scanner for anthropometric measurement has been developed. In this study, the slit laser beam projection method followed by digital image processing was used to provide accurate spatial data with the typical optical triangulation method to overcome the many difficulties in traditional inaccurate and time-consuming tactic measurement method using rulers and gauges. Compared with other commercialized scanners, this system can obtain a relatively wide range of data at a much lower cost by the specially designed scanning process such as the simultaneous acquisition of vertical and horizontal body cross-section profiles.

Keywords: 3D scanner, Anthropometric measurement, Laser, Optical triangulation

* 본 논문은 2001년 두뇌 한국 21 사업과 서울대학교 생활과학대학 생활과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었음.
** 서울대학교 의류학과 의복인간공학 연구실
주소 : 151-742 , 서울시 관악구 신림동 산 65-1
전화 : 02-880-8768
E-mail : kmh004@dreamwiz.com
*** 서울대학교 의류학과

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

인체측정이란 일정의 기구를 사용하여 인체의 크기나 형태적 특징을 수량적으로 파악하는 작업을 말한다. 인체측정을 통해 얻어진 데이터는 인간공학적 산업설계의 기초자료로서 의복, 신발류, 가구류 및 일상용품과 공구류를 비롯한 개인용 장구에 대한 기준과 표준체격 및 체형분류의 기초자료를 제공해준다. 또한 각 개인의 측정데이터는 체형교정, 재활시스템에 관련된 임상의학 분야나 특수기능복, 맞춤복 제작 등에 있어 필수요소라고 할 수 있다. 기존의 인체측정작업에 있어서는 주로 줄자 및 마틴 계측기가 측정수단으로 활용되어 왔으나 최근에는 측정시간 단축 및 오차를 줄이기 위하여 3차원 스캐너를 활용한 측정법들이 많이 연구되고 있다.

3차원 스캐너를 통하여 인체를 측정할 때는 다음과 같은 몇 가지 고려사항들이 있다. 대부분의 스캐너들은 카메라가 고정되어 있고 물체가 회전하거나 이동하여 스캔되고 스캔속도가 그다지 중요하지 않다. 하지만 인체측정용 스캐너는 인체를 고정자세를 유지한 채 카메라가 움직여야 하며 또한 피험자가 장시간 호흡을 멈춘 채 고정자세를 유지하기가 힘들기 때문에 가능한 스캔시간을 짧게 해야 한다. 또한 피험자는 인체 구간부의 정확한 형상을 얻기 위하여 양팔을 30도 정도 아래로 벌린 채 스캔하는 것이 보통이며 이 때 구간부에 대한 정확한 단면 형상을 얻을 수 있어야 한다.

인체측정을 위한 비접촉식 3차원 스캐너는 모아레, 레이저, 스테레오비젼, 공간부호화법 등 그 방식에 따라 현재 다양한 제품들이 상용화되어 있으나 인체 전신 측정용으로 개발된 제품은 현재 세계적으로 3가지 모델 정도만이 상용화되어 있다. 인체측정에 있어서 인체의 360도 전 방향이 아닌 한 면에 대한 데이터만 얻는 경우는 스캔시간이 짧은 모아레나 공간부호화 방식이 물체 및 카메라의 이동이 필요없어 속도면에서는 레이저방식보다 적합하다(최이배,1998). 이들 방식은 데이터의 정밀도에 따라 다르나 한 면 전체에 걸쳐 모아레 무늬를 형성시키거나 격자의 그림자를 투영시킨 후 보통 3-4초만에 데이터를 얻어내는 경우가 대부분이다(Perrin and Thomas, 1979; Reid et al., 1986). 하지만 인체의 360도 전 방향에 대한 데이터를 얻는 경우는 대부분 레이저 방식을 사용하고 있다.

레이저방식에서는 다시 레이저의 배치방향에 따라 수직 및 수평방식으로 나눌 수 있다. 레이저를 수직으로 배치한 경우는 사지가 달려있지 않은 인대나 얼굴스캔에 적합하며 카메라 및 레이저가 피사체 주위를 회전하는 방식을 취하고 있다. 이러한 방식으로 인체 구간부의 단면형상을 얻으려면 팔을 올리고 스캔을 해야 하는데 이 경우 근육의 움직임에 따른 가슴부위 형상의 변형이 심하여 자연스러운 가슴부위의 단면형상을 얻거나 둘레를 재는 것이 불가능하다. 레이저를 수평으로 한 경우는 사지가 달린 인체의 전신 데이타를 얻는데 적합하며 카메라와 레이저를 네 방향 또는 여섯 방향에 위치시킨 후 상하 이동방식을 취하고 있어 피험자가 팔을 아래로 약간 벌린 상태에서 스캔하면 인체 구간부에 대인간신뢰

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

도분석을 위한 수행영향인자의 선정한 단면형상을 정확히 얻을 수 있다. 하지만 레이저를 수평으로 배치한 인체 전신 스캐너 모델은 레이저를 수직으로 배치하고 회전식을 취하는 모델에 비해 가격이 최소 4배 이상 비싸게 판매되고 있다. 이들에 대한 대표적인 모델로는 미국 Cyberware사의 PS 및 WB4를 들 수 있다.

본 연구에서 제작한 스캐너는 기존의 스캐너들과는 달리 레이저를 수직, 수평 두 개를 동시에 배치하고 회전방식을 취함으로써 카메라 한 대 만으로도 수직윤곽선은 물론이고 수평단면까지 얻을 수 있도록 하여 저렴한 비용으로 인체측정에서 필요로 하는 데이터를 얻을 수 있도록 하였다.

2. 시스템 구성

본 연구에서 제작한 스캐너는 모터로 구동되는 회전대, CCD카메라, 엔코더, 이미지캡쳐 보드, 카운터 보드, 슬릿 레이저, 보정판으로 그림 1과 같이 구성하였고 회전중심을 향하는 레이저와 CCD 카메라가 일정각도(약 25도-30도)를 이루면서 회전대의 회전시에 함께 회전하면서 일정 각도마다 이미지를 캡쳐하여 3차원 윤곽선을 얻을 수 있도록 하였다. 스캐너의 최대 회전속도는 이미지 캡쳐보드의 성능을 고려하여 1회전에 24초로 맞추었으며 카메라 헤더를 2개 장착하여 180도 회전만으로 전체스캔이 되도록 하여 스캔시간을 단축할 수 있도록 하였다.

1회전으로 수직단면윤곽선은 최대 720개까지 얻을 수 있고 수평단면은 전신측정기와 동일한 방식을 취하고 있으며 1회전으로 팔을 30도 정도 아래로 벌린 상태에서 한 개의 수평단면을 얻을 수 있도록 하였다.

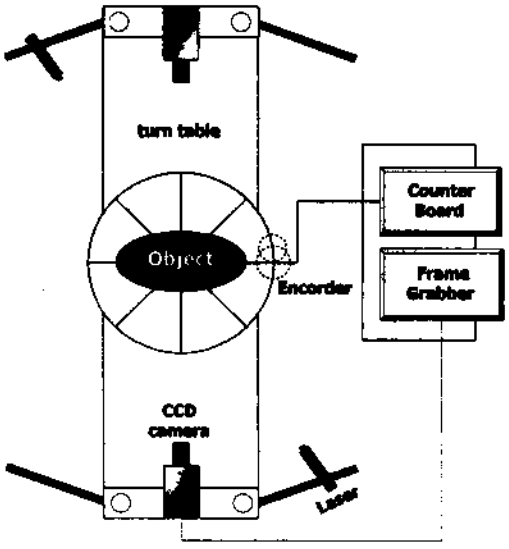

그림 1. 시스템 구성도

3. 데이터 추출과정

3.1. 캘리브레이션

비접촉식 3차원 스캐너는 레이저 뿐 아니라 스테레오비젼, 모아레, 공간부호화법 등 대부분 이미지상의 임의의 한 점과 실제 공간상의 점간의 대응관계를 규정하는 캘리브레이션 과정을 포함하고 있다(Sobel, 1974; Wallace et al., 1998).

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

본 연구에서의 캘리브레이션은 CCD 카메라에 포착된 이미지상의 영상점과 공간상의 실제점 사이의 대응관계를 찾기 위한 일련의 정보, 즉 슬릿 레이저빔이 형성하는 공간상의 평면식과 CCD카메라에 포착된 이미지의 보정정보를 얻는 과정을 말한다.

3.1.1. 이미지 보정

CCD 카메라에 잡힌 이미지를 관찰하면 그림 2에서 보는 바와 같이 직선이 곡선으로 휘어져 보이는 왜곡현상이 나타나는데 이것은 카메라의 중심을 벗어날수록, 물체와 카메라의 거리가 가까울수록 심하게 나타난다.

카메라 보정에는 보통 Tsai의 방식이 많이 사용되나 본 연구에서는 보정의 효율성을 높이기 위하여 두 보정판을 이용하는 방식을 취하였다(Tsai, 1986; Martins et al., 1981;박현구, 1994). 보정기구로서 일정한 간격으로 원형마크를 새긴 보정판을 만들고 카메라영상에 잡힌 보정판 위의 원형마크의 왜곡정도를 분석하여 통계적 기법을 사용하여 이미지 왜곡을 보정하는데 사용하였다.

이미지 왜곡을 바로잡기 위한 보정판 위의 패턴은 인식의 정확성 및 편의성을 고려하여 반지름 10mm , 중심간격 27mm의 원형으로 하였다. 이러한 무늬에 의하여 카메라에 잡힌 영상의 전체영역을 바둑판처럼 세부영역으로 나누고 각 영역별로 보정의 정도를 달리 하였다.

하지만 원형마크를 지나치게 조밀하게 하면 한 개의 마크에 할당되는 픽셀수가 적어 인식도가 떨어지고 원형의 왜곡정도 파악이 부정확해지므로 측정거리에 따라 적절한 크기로 조절하는 것이 좋다.

보정판 사이즈는 보정가능 영역을 결정하며 이에 따라 스캔영역이 결정된다. 보정판 사이즈는 가급적 거리별로 카메라 인식영역 전체를 포함할 정도로 충분히 큰 것이 좋다.

보정방법은 다음과 같다. 먼저 보정판을 회전대의 중심에서 Z축방향인 CCD카메라 방향으로 일정한 두 간격(0mm,100mm)에 위치시킨 다음 CCD카메라에 잡힌 두 이미지를 이미지프로세싱하여 보정판상의 원형마크들의 중심을 연결하면 그림 4와 같은 왜곡된 격자를 얻게 된다(Robert and Schalkoff, 1989).

이러한 왜곡을 바로잡기 위하여 그림 3에서 보는 바와 같이 격자의 각 셀마다 셀을 형성하는 4개의 점과 그 셀에 대응되는 실제 보정판상의 4개의 점간에 최소자승법을 이용한 직선회귀식을 설정함으로써 셀 내부의 임의의 점에 대하여 보정판상의 실제좌표의 근사치를 얻을 수 있게 하였다. 임의의 점 P가 속하는 셀을 찾는 방법은 백터외적을 이용하여 식 1의 4가지 조건을 만족하는지 여부로써 판단할 수 있다.

$$\begin{aligned}
\overrightarrow{P_1P_2} \times \overrightarrow{P_1P} \le 0 \\
\overrightarrow{P_1P_3} \times \overrightarrow{P_1P} \le 0 \\
\overrightarrow{P_4P_2} \times \overrightarrow{P_4P} \le 0 \\
\overrightarrow{P_4P_3} \times \overrightarrow{P_4P} \le 0
\end{aligned} \qquad (1)$$

회귀식은 식3과 같은 행렬식을 이용하여 구할 수 있다. 왜곡된 격자상의 임의의 셀을 구성하는 4개의 점 P_1, P_2, P_3, P_4 의 점과 여기에 대응되는 보정판 위의 4개의 점을

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

WP_1, WP_2, WP_3, WP_4라 하고 이들의 x, y 성분 각각에 대하여 회귀식을 구하고자 할 때 회귀식을 $a+bx=y$ 라 두면 x 성분의 회귀식에서는 x는 P의 x성분, y는 WP의 x 성분이 되고 y 성분의 회귀식에서는 x는 P의 y 성분, y는 WP의 y 성분이 된다. 따라서 x, y값에 P와 WP의 해당 성분을 차례로 대입하면 식2와 같이 되고 이것을 식3과 같이 행렬식으로 표현하여 회귀식 계수 a, b를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} a+b\,x_1 &= y_1 \\ a+b\,x_2 &= y_2 \\ a+b\,x_3 &= y_3 \\ a+b\,x_4 &= y_4 \end{aligned} \quad (2)$$

$$X\,A = Y, \quad X^T X A = X^T Y \quad (3)$$

$$X = \begin{bmatrix} 1 & x_1 \\ 1 & x_2 \\ 1 & x_3 \\ 1 & x_4 \end{bmatrix}, \; Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix},$$

$$A = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}$$

이러한 보정과정을 거치면 그림4와 같이 보정판 격자의 왜곡을 바로잡을 수 있다. 이때의 보정오차는 카메라 렌즈의 중심에서 벗어나는 부위일수록 크지게 된다. 본 연구과정에서 테스트한 보정오차, 즉 실제 보정판상의 좌표와 보정과정을 거쳐서 얻은 좌표와의 x, y성분별 차이를 보면 카메라 중심부위의 보정오차는 $0.01mm$ 이하였고 카메라 중심에서 가장 먼 최외각 모서리부분은 $0.5mm$ 정도의 오차가 발생하였다. 이것은 스캔하여 추출한 3차원 데이터 중에서 회전중심과 카메라 중심에서 멀어질수록 좌표의 정확도가 떨어지게 되는 원인이 된다.

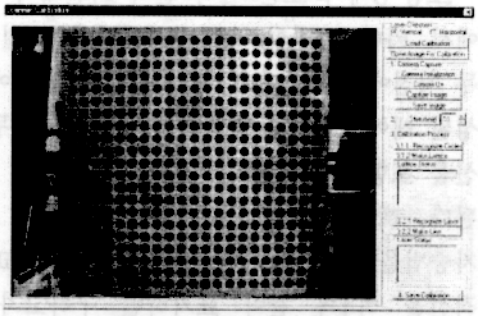

그림 2. 보정판 이미지

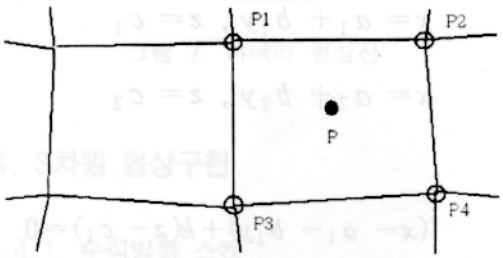

그림 3. 왜곡된 보정판 격자셀

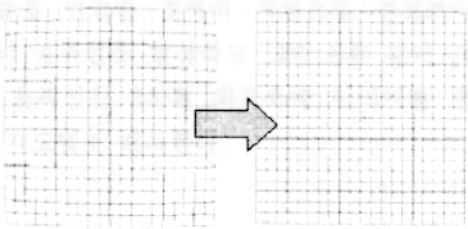

그림 4. 이미지 보정

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

3.1.2. 레이저 평면식

슬릿 레이저는 빛을 부채꼴 모양으로 발산하기 때문에 공간상에서 하나의 평면을 형성하며 이 평면식은 두 보정판을 이용하여 구할 수 있다.

그림 5에서 보는 바와 같이 회전대의 중심에서 카메라 방향으로 일정간격만큼 떨어진 두 지점에 보정판을 배치하고 각 보정판에 형성된 레이저라인의 직선식을 얻으면 이 두 직선을 포함하는 평면의 방정식을 얻을 수 있게 된다. 레이저라인을 형성하는 픽셀들로 최소자승법을 이용하여 직선회귀식을 구하고 두 직선을 식4와 같이 표기하면 구하고자하는 평면의 식은 식5와 같이 표현된다.

$$x = a_1 + b_1 y\,,\ z = c_1$$
$$x = a_2 + b_2 y\,,\ z = c_2 \qquad (4)$$

$$(x - a_1 - b_1 y) + k(z - c_1) = 0$$
$$k = \frac{a_1 + b_1 - a_2 - b_2}{c_2 - c_1} \qquad (5)$$

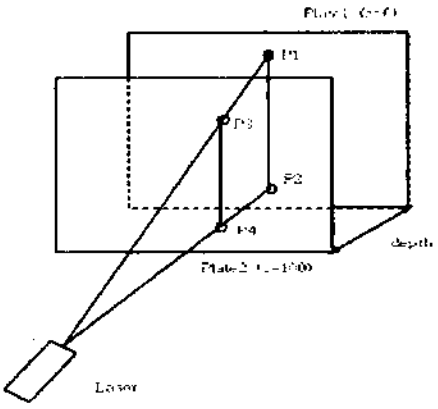

그림 5. 레이저 평면

3.2. 레이저라인의 이미지좌표 추출

카메라가 회전하는 과정에서 일정한 각도별로 얻은 이미지는 그림 6과 같은 형상을 취하며 레이저라인의 중심좌표를 얻는 방법으로는 식5와 같이 레이저라인의 좌우로 인접한 9개의 픽셀들에 대한 가중평균을 사용하였다.

픽셀좌표 : $P_i\ (x_i, y_i)$

픽셀에 대한 밝기강도값 : C_i

레이저중심 :

$$M(x,y) = \sum_{n=1}^{n=9} \frac{P_i \times C_i}{C_i} \qquad (5)$$

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

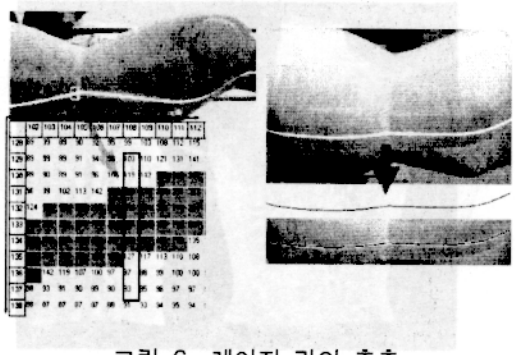

그림 6. 레이저 라인 추출

3.3. 3차원 좌표 계산

이미지상의 레이저라인을 따라 얻은 2차원 이미지좌표들을 3차원 좌표로 전환하는 방법에는 그림 7에서 보는 바와 같이 카메라의 영상선과 레이저 평면의 교점을 계산하는 광삼각법을 사용하였다(박현구,1994).

카메라 영상선이란 피사체 표면상의 한 점과 카메라 초점을 연결한 선으로서 마치 눈의 시선과 같다고 볼 수 있다. 이러한 영상선은 캘리브레이션 과정에서 얻은 두 보정판의 보정정보를 이용하여 얻을 수 있다. 피사체 표면상의 임의의 점 P에 대한 영상선이 두 보정판과 만나는 점 P_1, P_2를 얻고 캘리브레이션 정보를 통하여 P_1, P_2의 실제좌표를 얻은 후 이 두 좌표에 의하여 식 6과 같은 직선식을 얻을 수 있다. 이 직선식이 2차원 레이저라인 중심픽셀좌표에 대한 카메라 영상선의 식이며 이렇게 얻은 영상선의 식과 식5의 레이저 평면식의 교점을 계산함으로써 2차원 픽셀좌표에 대응하는 3차원 좌표를 얻을 수 있다.

$$P_1(x_1, y_1, z_1),\quad P_2(x_2, y_2, z_2)$$

$$V(a,b,c)=(x_2-x_1,\ y_2-y_1,\ z_2-z_1)$$

$$\frac{x-x_1}{a}=\frac{y-y_1}{b}=\frac{z-z_1}{c} \qquad (6)$$

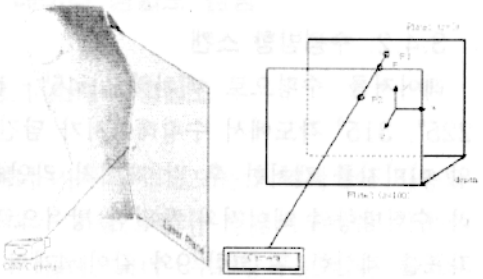

그림 7. 카메라 영상선

3.4. 3차원 형상구현

3.4.1. 수직방향 스캔

레이저를 수직으로 배치하고 일정각도별로 레이저가 담긴 이미지를 캡쳐한 후 각 레이저라인을 따라 3차원 좌표를 계산한다. 이러한 좌표들을 인접한 것끼리 직선으로 연결하여 하나의 윤곽선을 형성하고 그림 8과 같이 각각의 윤곽선을 3차원 좌표축에 이미지를 캡쳐한 각도별로 배치한다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

그림 8. 수직라인 형상구현

3.4.2. 수평방향 스캔

레이저를 수평으로 배치하고 45°, 135°, 225°, 315° 각도에서 수평레이저가 담긴 4개의 이미지를 캡처한 후 각 레이저 라인을 따라 수직방향의 레이저와 동일한 방식으로 3D 좌표를 계산한 후 그림 9와 같이 4개의 부분 윤곽선을 하나의 단면윤곽선으로 합친다.

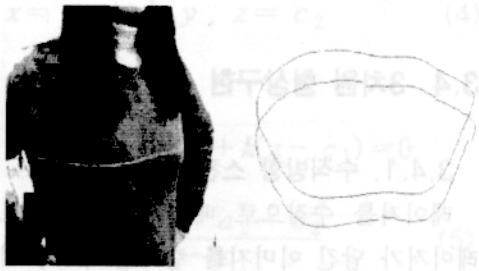

그림 9. 수평라인 형상구현

4. 결과 및 고찰

4.1. 스캔 결과

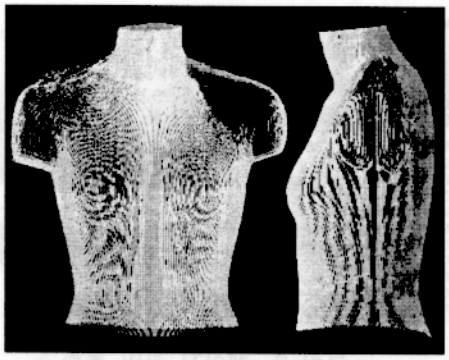

그림 10. 스캔결과 (인대)

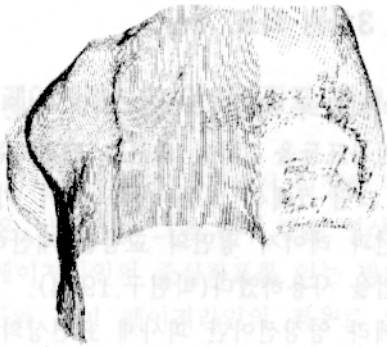

그림 11. 스캔결과(인체 180도)

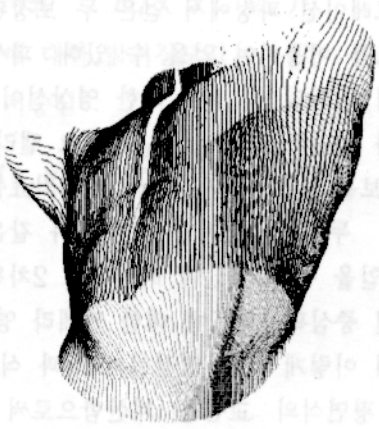

그림 12. 스캔결과(인체 360도)

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

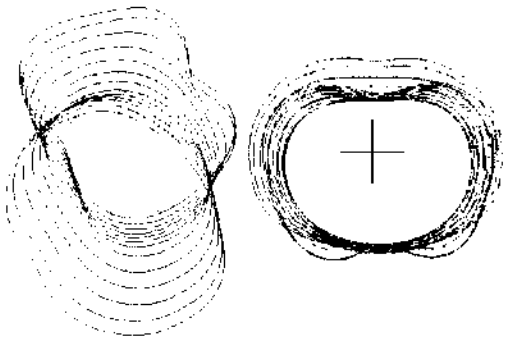

그림 13. 스캔결과 (수평단면중합)

스캔 결과를 보면 그림 10과 같이 어깨부위의 일부 데이터가 끊기는 점을 관찰할 수 있는데 이것은 카메라의 영상선이 피사체의 표면굴곡에 가려서 해당 부분의 레이저 라인을 포착하지 못한 경우이다. 이런 경우는 카메라의 위치를 상하로 이동하여 해당 부위를 각각 스캔한 후 하나로 합성하여 완전한 형상을 얻을 수 있다. 인체의 경우 스캔시간 동안 인체의 움직임으로 인하여 그림 12와 같이 스캔 시작 부위와 끝 부위가 맞지 않는 문제점이 발생하였다. 이 문제의 해결책으로는 스캔시간의 단축뿐이며 본 연구에서 제작한 스캐너에서는 좌우에 두 대의 카메라를 부착하여 180도 회전만으로 전체 스캔이 가능하게 함으로써 시간을 절반으로 단축할 수 있게 하였다. 또한 인체의 경우 팔을 내린 상태에서는 레이저 수직스캔의 경우 그림 11과 같이 몸통의 옆부분이 팔에 가려서 나오지 않는 문제점이 있다. 이와 같은 경우는 수평 레이저를 사용하여 그림 13과 같은 수평단면을 얻음으로써 해결할 수 있다.

4.2. 데이터 정밀도 검증

4.2.1 스캐너 정밀도

스캐너 자체의 정밀도는 의복제작에 사용되는 인대의 가슴, 허리, 엉덩이부위를 기준으로 하여 둘레, 너비, 두께항목을 마틴 계측기로 측정한 값과 비교하였다. 캘리브레이션 상태가 미치는 영향을 보기 위하여 스캐너 중심으로부터 떨어진 보정판 거리별로 캘리브레이션하였으며 인대를 스캔한 후 얻은 수평 단면 윤곽선을 uniform nonrational B-spline을 사용하여 인터폴레이션 한 후 선적분을 하여 둘레를 계산하였다(KunWoo Lee,1997).

표 3. 인체 스캔 측정오차 (*mm*)

		남성상반신		
		실측	스캔치	실측-스캔치
가 슴	둘레	897	908.631	-11.631
	너비	345	349.133	-4.133
	두께	196	209.661	-13.661
허 리	둘레	725	742.755	-17.755
	너비	265	264.277	0.723
	두께	185	193.267	-8.267

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

표 1. 반복 스캔에 의한 측정오차 (*mm*)

		1회	2회	3회	4회	5회	6회	평균	표준편차	Max - Min
둘레	B	855.376	857.376	856.515	857.730	856.102	856.359	856.576	0.859	2.354
	W	658.066	658.735	658.864	657.583	659.310	659.068	658.604	0.653	1.727
	H	917.313	918.156	918.688	918.335	918.626	918.599	918.286	0.518	1.375
너비	B	285.328	285.858	285.697	286.087	285.339	285.415	285.621	0.312	0.759
	W	229.194	229.703	229.539	229.288	229.643	229.601	229.495	0.206	0.509
	H	319.697	320.409	320.576	318.759	320.078	320.184	319.951	0.657	1.817
두께	B	214.955	214.880	214.971	215.187	215.082	214.744	214.970	0.154	0.443
	W	177.873	178.735	178.864	177.747	178.571	178.304	178.349	0.459	1.117
	H	237.202	237.547	237.156	236.690	238.017	236.791	237.234	0.492	1.327

표 2. 캘리브레이션 거리별 측정오차 (실측치-스캔치,*mm*)

측정부위 \ calibration거리		*50*	*100*	*150*	*200*	*250*
허리단면도	둘레	-0.748	0.601	-0.583	-1.924	-2.877
	너비	-2.256	-1.828	-2.288	-2.391	-3.120
	두께	-3.801	-3.138	-3.747	-3.372	-4.319
가슴단면도	둘레	1.897	-0.679	-1.730	-1.136	-1.719
	너비	-1.655	-2.442	-3.587	-3.059	-3.425
	두께	-3.932	-2.232	-3.187	-2.865	-3.112
엉덩이단면도	둘레	1.261	0.056	-1.335	-0.842	-1.256
	너비	-0.548	-0.413	-1.759	-0.904	-1.926
	두께	-0.910	-1.409	-1.190	0.717	-1.035

4.2.2 인체측정 정밀도

인체측정에 대한 정밀도는 남성인체를 스캔하여 가슴 및 허리부위의 둘레, 너비, 두께항목을 측정한 값과 Martin계측기로 직접 측정한 값을 비교하였다.

4.3. 정밀도 테스트 결과

표 1은 동일한 물체를 대상으로 반복 스캔했을 때 발생하는 오차를 보여주고 있다. 반복스캔에 의한 표준편차는 0.5*mm* 전후로서 비교적 정확한 것으로 파악된다.

인대스캔을 통하여 검증한 실측치에 대한 스캔 데이타의 오차는 표 2에서 보는 바와 같이 2*mm*정도의 오차를 보였다. 이 값을 스캐너 자체의 정밀도로 볼 수 있다.

인체측정의 정밀도는 표 3에서 보는 바와

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

같이 호흡의 영향을 거의 받지 않는 너비항목의 경우 인대를 스캔했을 때와 유사한 차이를 보였다. 하지만 호흡의 영향이 큰 둘레나 두께항목은 마틴 계측기로 실측한 값과 10*mm* 이상의 차이를 보였다. 이것은 실측 싯점과 스캔 싯점에서 피험자의 호흡상태가 달랐기 때문에 발생하는 오차로 볼 수 있다. 하지만 3차원 스캔으로 인체측정을 하면 수작업 인체측정시 줄자에 가해지는 장력에 의한 오차가 포함되지 않는다는 장점이 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 인체측정 및 의복패턴 연구에 유용하게 쓰일 수 있는 3차원 스캐너를 개발하였다. 본 연구에서 개발한 스캐너는 카메라 회전방식을 취하면서 최소 한 대의 카메라 및 슬릿 레이저빔 2개만을 사용하여 수직윤곽선 및 수평 단면 형상을 동시에 얻어낼 수 있어 이들을 얻기 위한 고가의 스캐너에 비하여 저렴한 제작비용으로 인체측정에 필요한 데이터를 얻어낼 수 있고 카메라 두대를 사용하여 스캔속도를 절반으로 단축시킬 수 있는 점을 특징으로 하고 있다. 본 연구에서 제작한 스캐너는 산업용보다는 연구지원용으로 제작한 것으로서 인체의 단면형상 추출을 위한 기존의 방식인 석고법이나 슬라이딩게이지 방식을 대체하여 인간공학 전반에 걸쳐 인체의 정확한 단면 형상 데이터를 필요로 하는 분야에서 많이 활용될 수 있을 것으로 기대되며 데이터 추출 알고리즘은 다른 용도의 스캐너 개발에도 응용할 수 있을 것으로 본다.

인체 측정용 스캐너 개발 측면에서 향후 해결해야 될 과제로서는 현재의 상용 스캐너들도 아직 해결하지 못하고 있는 한계점들로서 인체의 떨림을 최소화할 수 있도록 5초 이내로 스캔시간을 단축하고, 전체 스캔시 손,발 등 세부적인 부위에 대해서도 정확한 데이터 획득이 가능해야 하며 겨드랑이, 살 부위 등 현재의 스캐너 구조로는 데이터를 얻어낼 수 없는 부위들에 대한 해결책이 모색되어야 할 것이다. 또한 스캔한 인체 데이터의 활용측면에서는 다양한 측정부위를 자동으로 인식하는 3차원 형상인식에 대한 많은 연구들이 선행되어야 할 것으로 본다.

참고 문헌

박현구, "슬릿광을 이용한 3차원 자유곡면 형상의 비접촉식 자동측정 및 검사," 한국과학기술원 박사학위논문, 대전, 1994.

최이배, "위상천이 모아레포토그라피를 이용한 3차원물체의 미세형상측정," 한국과학기술원, 대전, 1998.

KunWoo Lee, Principle of CAD/CAM/CAE Systems: Addison Wesley: California, 1997.

J.C. Perrin and A. Thomas, "Electric processing of moire fringes : application to moire topography and comparision with photogrammetry", Appl. Opt., Vol.18, 563~574, 1979.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

G.T. Reid, R.C. Rixon, S.J. Marshall and H. Stewart, "Automatic on-line measurements of three-dimensional shape by shadow casting moire topography," Wear,Vol.109, 297~304, 1986.

A.M. Wallace, G. Zhang and Y. Gallaher, "Scan calibration or compensation in a depth imaging system," Pattern Recognition Letters (19)7, 605-612, 1998.

I. Sobel, "On calibrating computer controlled camera for perceiving 3-D scenes," Artificial Intelligence, Vol.5, 185-198, 1974.

R.Y. Tsai, "An efficient and accurate camera calibration technique for 3D machine vision," Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 364~374, 1986.

H.A. Martins, J.R. Birk and R.B. Kelley, "Camera models based on data from two calibration planes," Computer Graphics and Image Processing, Vol.17, 173~180, 1981.

Robert J. and Schalkoff, Digital Image Processing And Computer Vision: John Wiley&Sons: Singapore, 1998.

저자 소개

◈ **남윤자**(Yunja Nam)
서울대학교 의류학과 학사
서울대학교 대학원 석사,박사
카톨릭대 부교수
오와이오 주립대학 교환교수
현재 서울대학교 의류학과 부교수
주 관심분야: 인체체형, 의복패턴설계 및 디자인

◈ **김민효**(Minhyo Kim)
서울대학교 의류학과 학사
서울대학교 대학원 석사졸업
현재 서울대학교 대학원 박사과정
주 관심분야: 3차원 인체체형 분석, 의복착용 시뮬레이션, 의류 전자상거래

논문접수일 (Date Received): 2001/3/20
논문게재승인일(Date Accepted): 2001/11/26

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.