

디지털 영상 처리 방법을 이용한 3차원 비접촉 인체 계측 기술의 자동화 연구

최세환, 권영하, 허유, 장승호

경희대학교 공과대학 섬유공학과

1. 서 론

인간이 사용하기에 편리하고 효율적인 제품을 만들고자 하는 생각이 일반화 되면서, 제품이 기성화되고 대량 생산됨에 따라, 인체 계측은 제품 생산을 위한 필수적인 공업 자료로 인식되고 있다. 특히 의복 산업이 다품종, 소량 생산 체제로 바뀌고 Quick Response System의 도입이 되고 있는 현 산업 구조의 변화 속에서 자동화된 3차원 인체 계측 기술은 반드시 필요한 요소 기술이다. 대부분의 인체 측정 자료를 얻는 방법은 측정 기기를 사람몸에 직접 접촉시켜, 측정하는 직접 측정으로 측정하는 방법은 간편하지만 피측정자에게 거부감을 주고 인위적인 오차가 상존하며, 자료의 방대함으로 자료 획득 비율이 낮아 측정의 한계가 있다. 또한 인체 형상의 특징을 정확히 표현하지 못하고 있으므로, 인체 형상 정보를 요구하는 여러 제품들의 인간 공학적 설계를 위한 충분한 정보를 제공하여 주지 못하는 단점이 있다. 따라서 보다 자세한 인체 형상 정보를 위해 더욱 발전된 인체 계측 개념이 필요하게 되었다.

그래서 보다 과학적이고 신뢰할 수 있으며 짧은 시간 안에 많은 정보를 얻고 저장할 수 있도록 디지털 영상 처리를 이용하여 3차원으로 인체를 계측하는 방법을 연구하였다. 더우기 모든 공정이 computer로 자동화 되어 있으며 측정된 정보를 보는 각도에 따라 3차원 영상으로 재현시키는 software도 함께 개발하였다.

특히 본 연구에서는 CCD camera와 피계측자간의 거리를 길게 유지하여야 하는 기존의 방법과는 다르게 초점거리가 16 mm인 lens 대신 4.8 mm인 광각 lens를 사용하여 좁은 공간에서도 측정이 가능하도록 장치를 구성하였다. 그리고 광각 lens를 사용하는 경우에 나타나는 lens의 왜울(abberation)을 보정하여 측정값의 정확도를 유지하도록 새로운 보정 방법을 연구하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험 장치

본 연구의 비접촉 측정을 위한 계측 장치는 Fig. 1과 같이 laser 투영장치, computer vision 시스템, 회전 원판으로 구성되어 있다. Laser 투영장치는 laser와 cylindrical lens를 이용하여 slit 광을 만들고 회전원판 위의 피계측자에 비추어 하나의 선으로 굴곡을 나타내는 광학 장치로 구성되었다. Laser는 5 mW He-Ne laser를 사용하였으며 cylindrical lens는 점광원인 laser광을 수직방향으로 퍼뜨려 직선광원으로 바꾼다. Computer vision 시스템은 CCD camera, Image board, Computer로 구성된다. Image board는 피계측자의 표면에 반사되어 나타난 slit 광을 CCD camera로 capture하고 Computer로서 본 실험을 제어하도록 하였다. 또한 CCD camera의 lens는 초점거리 16 mm인 일반 lens와 1.4 mm인 광각 lens를 사용하였다. 회전 원판은 0에서 2 rpm사이의 속도로 회전하며 상이 기록되는 간격은 computer에 내장되어 있는 clock을 이용하여 조정하였다.

2.2 계측 원리 및 실험 방법

위의 장치들을 통하여 3차원 정보가 얻어지는 과정은 다음과 같다. 회전 원판의 회전축을 3차원 좌표계의 y축으로 하고 Fig.2에서 회전축을 향하여 ϕ 의 입사각을 갖는 수직광을 투영하면 피계측자의 표면에 반사되어 굴곡이 나타난다. 회전 원판을 일정 속도로 회전시켜 일정 시간마다 CCD camera로 영상을 얻어 computer에 저장하였으며 threshold와 thinning 과정을 거쳐 수직광의 좌표값들을 기록한다. 이때의 좌표값은 (S_x, S_y) 의 2차원 정보이고 $r = x/\sin\phi$ 이다. 이때 회전원판의 회전각을 θ 라고 하면 점 P의 3차원 좌표 $P(x, y, z) = (r\cos\theta, y, r\sin\theta)$ 가 된다.

같은 방법으로 화면상의 다른 모든 점들도 3차원 좌표값을 구할 수 있다. 이로서 회전 원판이 1회전시 피계측자의 3차원 형상 정보가 얻어지게 된다. 이를 drawing하고 회전 알고리즘을 적용하여 3차원 형상의 재현이 가능하였고 원하는 위치에서 보는 각도에 따라 영상을 표현할 수 있도록 하였다. 3차원 형상으로 재현하고 x축을 중심으로 회전되는 변환식은 다음과 같이 표현할 수 있다. y축을 중심으로 회전하는 변환식도

같은 방법으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{array}{cc}
 \text{x축을 중심으로 회전} & \text{y축을 중심으로 회전} \\
 \left[\begin{array}{ccc|c} 0 & 0 & 1 & x \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha & y \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha & z \end{array} \right] & \left[\begin{array}{ccc|c} x & & & \\ y & = & \left[\begin{array}{ccc|c} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha & x \\ 0 & 0 & 1 & y \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha & z \end{array} \right] & \\ \left[\begin{array}{ccc|c} x & & & \\ y & = & \left[\begin{array}{ccc|c} x \cos \alpha + z \sin \alpha & & & \\ y & & & \\ -x \sin \alpha + z \cos \alpha & & & \end{array} \right] & \\ \end{array} \right.
 \end{array}$$

그리고 영상을 좁은 공간에서도 얻을 수 있도록 광각 lens를 사용할 경우 lens의 왜곡을 보정하기 위해 새로운 보정 방법을 연구하였다. 정확한 보정을 위해서 간격이 30mm인 격자를 제작하고, 광각 lens가 장착된 CCD camera로 영상을 얻어 나타나는 왜곡된 상을 본래의 직선 격자로 변환시키는 변환 방정식을 구하여 영상의 각점에 대입하는 software를 구성하였다. Fig.3에서와 같이 격자의 가로 직선 ①과 세로 직선 ②를 구하여 x,y축에 대칭인 직선식 ②를 (x₂, y₂)(x₁, y₁) 좌표값들을 이용하여 least square 방법으로 얻는다. 얻어진 직선식들은 3차 함수로 다음과 같이 표현된다. 여기에서 a,b,c,d는 least square 방법으로 얻어진 상수로서 왜곡된 정도에 따라 각 구간마다 다르게 나타난다.

$$\begin{aligned}
 X &= ay^3 + by^2 + cy + d \\
 Y &= ax^3 + bx^2 + cx + d
 \end{aligned}$$

윗 식을 통해 얻어진 X, Y는 광각 lens의 왜곡으로 인해 직선 격자로부터 왜곡되어진 정도를 나타낸다. 따라서, 새롭게 보정된 x, y 좌표는 보정된 x 좌표 = origin의 x₁ + 보정된 값 X, 보정된 y 좌표 = origin의 y₁ + 보정된 값 Y 로 표현되어질 수 있다.

3. 실험 결과

지금까지 논의된 장치와 원리를 이용하여 원뿔과 venus석고상의 3차원 형상을 재현하였다. Fig. 4는 원뿔과 venus상의 재현과 x축 중심으로의 회전된 상을 나타내고 있다. 원뿔을 x축 중심으로 90° 회전시켜 단면이 원의 형태로 나온 것을 미루어 보아 회전 알고리즘이 정확하다는 것이 확인되었다. Fig.5는 원뿔과 venus상의 재현으로 y축을 중심으로 회전된 상을 표현하였다. 원뿔과 y축 중심으로 회전시켜 측면의 형태가 삼각형으로 나타나고 있음을 확인하였다. Fig.6는 광각 lens를 사용할 때 보정 알고리즘을 이용하여 격자의 왜곡된 곡선이 직선 형태로 보정된 것을 보여주고있다. 또한 x축을 중심으로 90° 회전시켜 격자의 일그러짐의 정도가 1/2이하로 감소하였음을 확인하였다.

4. 결 론

1. 본 연구에서는 디지털 영상 처리 방법을 이용한 3차원 비접촉 인체 계측 기술의 자동화로 3차원 형상을 3%이내의 오차를 가지고 측정하였다.
2. 측정된 3차원 영상을 표현하고자 하는 각도에 따라 재현할 수 있도록 software를 구성하였다.
3. 광각 lens를 사용하여 측정공간을 1/3이하로 줄일 수 있었다.
4. 광각 lens의 왜곡에 의한 상의 찌그러짐을 보정하는 새로운 알고리즘을 개발하였다.

참 고 문 헌

1. R.A.Jarvis, *IEEE Trans. Pattern Anal.Machine Intell.*, PAMI-5, 122(1983)
2. P.J.Best and R.C.Jain, *ACM Comput. Surv.*, 17, 75(1985)
3. Y. Shirai, *Pattern Recognition.*, 4, 243(1972)
4. C.K.Wu and D.Q.Wang, *Comput.Vision Graphics Image Process.*, 28, 126(1984)

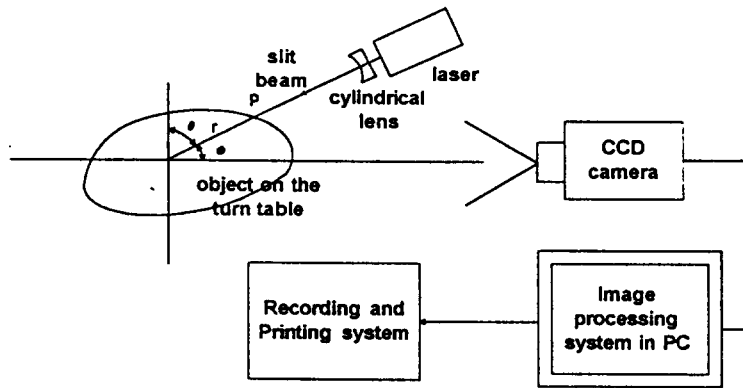


Fig. 1. Constitution of 3-D measuring system.

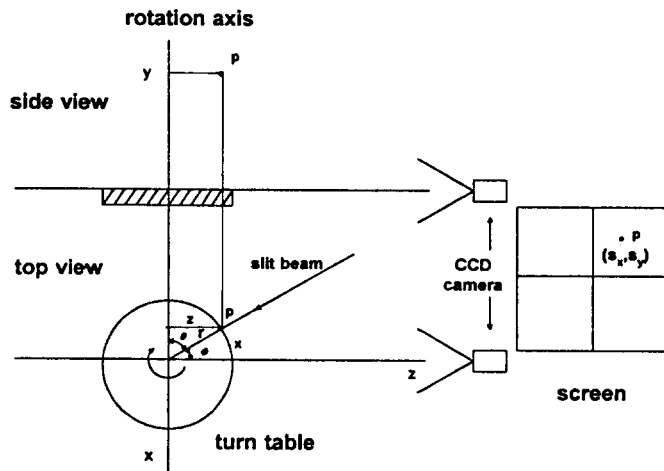


Fig. 2. Transformation from the global coordinate to the screen coordinate.

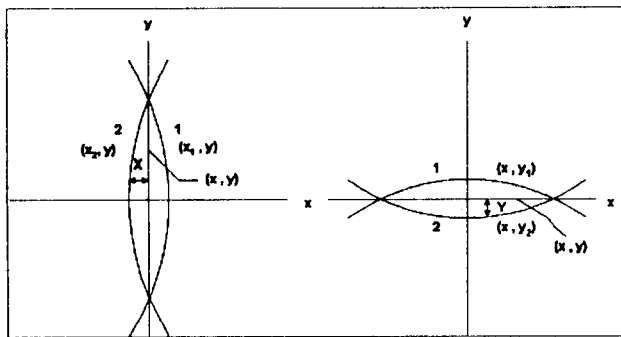
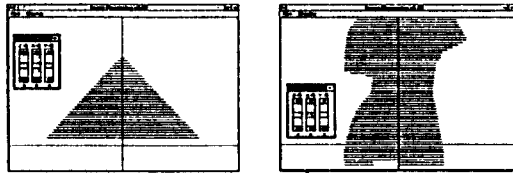
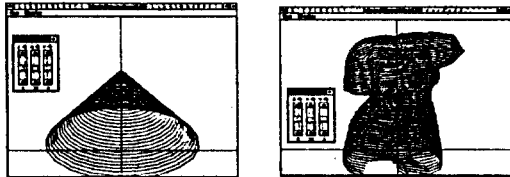


Fig. 3. Correction method for the distorted line from the wide-angle lens

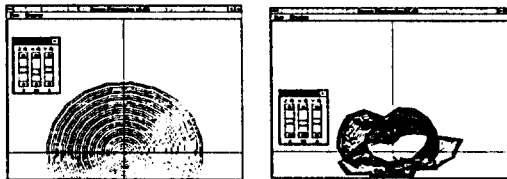
원뿔과 비너스상의 X축 중심으로의 회전



회전하지 않은 영상 (정면에 평행무상)



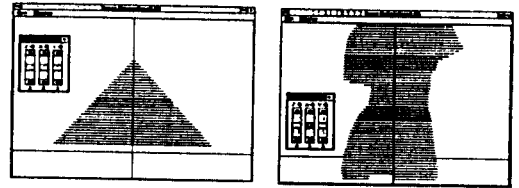
X 축 방향으로 30도 회전한 영상



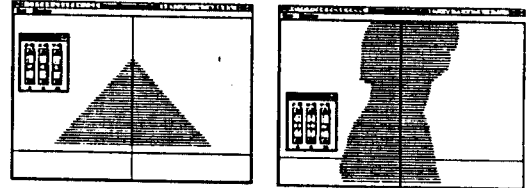
X 축 방향으로 90도 회전한 영상

Fig. 4. The 3-D measured images of the rotated cone and Venus about X-axis

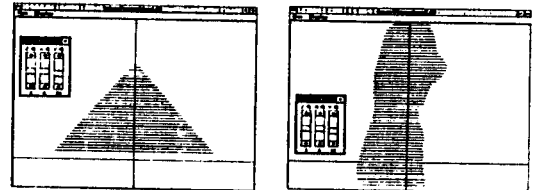
원뿔과 비너스상의 Y축 중심으로의 회전



회전하지 않은 영상 (정면에 평행무상)



Y축 방향으로 30도 회전한 영상



Y축 방향으로 90도 회전한 영상

Fig. 5. The side views of the rotated cone and Venus images about Y-axis.

고정전후의 원통형 물체의 단면상의 변화

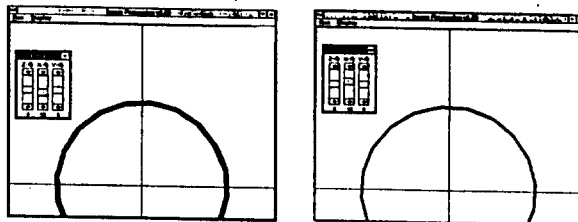
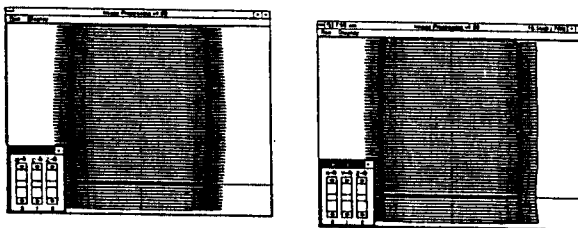


Fig. 6. Side view and top view image of cylinder on the screen.
(a) before correction (b) after correction