

영상 처리를 이용한 인체의 3차원 재현과 둘레 및 곡선 길이 측정

최세환, 권영하, 허유, 장승호, 이창희

경희대학교 공과대학 섬유공학과

1. 서 론

인체측정은 산업 설계의 기본이 되는 신체 치수 및 특성에 관한 지표를 산출하는 작업으로 인간이 인체 측정치에 관심을 갖고 응용하기 시작한 것은 오래 전이다. 근래 산업이 고도로 발달되면서 각종 설계가 인간의 편의성과 기능을 최대화시키는 방향으로 이루어지고 있으며 이러한 추세에 따라 보다 과학적이고 신뢰할 수 있는 인체측정 자료의 필요성이 증대되고 있다. 따라서 본 연구는 자료획득 비율이 낮고 인위적인 오차가 존재하는 기존의 직접 측정 방법이 아닌 보다 과학적이고 신뢰할 수 있으며 짧은 시간 안에 디지털 영상 처리를 이용하여 3차원으로 인체를 계측하는 방법을 연구하였다. 즉, 인체측정에 필요한 3차원 형상의 재현과 함께 측정된 정보를 이용하여 각도에 따른 영상을 나타내었고 원하는 높이의 단면 모양을 확인할 수 있도록 하였다.

또한 피계측자의 3차원 형상의 재현과 함께 본 연구에서는 표면의 곡면을 따라 비접촉 방식으로 둘레값을 측정하고 표면 위에 존재하는 임의의 두 점을 지정하였을 때 굴곡에 따라 인체의 곡선 부위의 길이값을 계측할 수 있는 software를 개발하였고 그에 따른 program의 유효성을 확인하였다. 이 모든 공정을 디지털 영상 처리 기술을 이용하여 자동화함은 물론 이용자의 편의를 위하여 program을 구성하였다.

2. 실험 방법

본 연구의 비접촉 측정을 위한 계측 장치는 Fig. 1과 같이 laser 투영장치, computer vision 시스템, 회전원판으로 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 집광원인 laser광을 수직방향으로 퍼뜨려 직선광원으로 바꾼다. Computer vision 시스템은 CCD camera, image board, computer로 구성된다. 피계측자의 표면에 반사되어 나타난 slit 광은 CCD camera로 capture되고 image board로 data화하여 computer의 주 memory에 저장되며 처리되도록 하였다. CCD camera는 초점거리 16 mm인 일반렌즈를 사용하였다. 회전 원판은 0에서 2 rpm사이의 속도로 회전하며 상이 기록되는 간격은 computer에 내장되어 있는 clock을 이용하여 조정하였다.

위의 장치들을 통하여 3차원 정보가 얻어지는 과정은 다음과 같다. 회전 원판의 회전축을

3차원 좌표계의 y축으로 하고 회전축을 향하여 \emptyset 의 입사각을 갖는 수직광을 투영하면 피계측자의 표면에 반사되어 굴곡이 나타난다. 회전원판을 일정한 속도로 회전시키면서 일정 시간마다 CCD camera로 영상을 얻어 computer에 저장하였으며 threshold와 thinning 과정을 거쳐 수직광의 좌표 값들을 기록한다. 이때의 좌표 값은 (S_x, S_y) 의 2차원 정보이고 $r = x/\sin\emptyset$ 이다. 이때 회전 원판의 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 좌표 값을 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 구성할 수 있도록 하였다. 또한 임의의 높이에서 피계측자의 단면의 모양을 확인하고 인체의 둘레 및 표면 위의 곡선 길이를 측정할 수 있도록 하였다. Fig. 2는 기술한 방법에 대한 인체 계측의 흐름도이다.

3. 둘레 및 곡선 길이 측정 원리

피계측자의 둘레 값을 측정하기 위한 방법은 다음과 같다. 회전 원판이 1회전시 재현된 3차원 형상은 40개의 수직 slit 광으로 표현되며 3차원 좌표 값은 slit 광 위의 모든 점들로 이루어진다. 따라서 3차원 형상의 정보가 되는 이 좌표를 이용하여 피계측자의 둘레를 구할 수 있다. 즉, 회전축인 y축을 중심으로 같은 높이에 있는 40개의 slit을 연결하여 단면을 재현하고 각 slit에 존재하는 3차원 좌표 값들을 공간상의 거리를 측정할 수 있는 일반식에 적용하여 둘레를 구한다. 또한 임의의 높이에서의 둘레 값뿐만 아니라 인체의 어깨 길이와 같은 사선 방향으로의 곡선 길이를 측정하는 software를 구성하였다. Fig. 3과 같이 화면상에 재현된 피계측자의 표면 위에 존재하는 임의의 두 점을 사선 방향으로 지정하였을 때 굴곡에 따른 피계측자의 곡선 부위의 길이 값을 계측할 수 있었다. 3차원 정보인 40개의 slit 중 뒷면에 해당하는 20개의 slit 만을 화면에 나타내고 원하는 구간에 대각선 방향으로 직선을 그었을 때 나타나는 slit과 직선간의 교점을 추출하여 이를 3차원 좌표 값으로 표시하고 공간상의 거리를 구할 수 있는 식을 적용하여 굴곡에 따른 곡면 위의 두 점간의 사선 방향으로의 길이 값을 구하였다. Slit 광과 사선 방향으로의 직선에 대한 교점(intersecting point)은 다음과 같은 방법으로 결정하였다. Fig. 4에서 화면상에 임의로 지정된 양 끝점을 (mx_1, my_1) , (mx_2, my_2) 로 가정하여 이 두 점을 연결한 직선의 방정식을 구한다. 화면상에 나타나는 직선은 실수형에서 정수형으로 바뀌어 pixel로 나타나기 때문에 pixel y값에 대응하는 x는 기울기에 따라 여러 개의 pixel이 나타날 수 있다. 즉 기울기가 1인 경우에는 하나의 y 좌표에 오직 하나의 x값이 대응되고 기울기가 0.5인 경우에는 두 개의 x값이 대응된다. 그런데 인체의 곡선 측정에서는 기울기가 0.5 이하로 가정하여 동일한 y pixel에 여러 개의 x pixel이 대응하게 된다. y를 증가시키면서 사선에 위치한 x pixel을 구하고 그중에 실험으로 얻어진 slit과 만나는 x pixel을 교점으로 결정한다.

한편 서로 다른 y값을 갖는 두 점을 지정하였을 때 존재하는 시작점과 끝점은 항상 slit 광 위의 교점이 아니므로 두 점의 3차원 좌표는 실험으로 얻어질 수가 없다. 그러나 Fig. 5와 같이 화면상에 지정된 두 점 (x, y) 좌표는 pixel의 위치에 따라 결정될 수 있고 굴곡의

정도 z값은 y값과 같은 위치의 slit 상에 존재하는 x값과 z값을 이용하여 다음과 같은 식으로 구하였다.

$$z = z_2 - \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} (z_2 - z_1)$$

위와 같이 3차원 형상으로 재현된 화면상에서 임의로 시작점과 끝점을 지정하고 교점과 굴곡의 정도인 z 값을 구하는 방법을 이용하여 두 점간의 측정 표면 위의 곡선 길이를 결정할 수 있다.

4. 실험 결과

지금까지 논의된 장치와 원리를 이용하여 원뿔과 venus 석고상의 3차원 형상을 재현하였다. Fig. 6는 원뿔과 venus상의 재현과 x축 중심으로의 회전된 상을 나타내고 있다. 원뿔을 x축 중심으로 90° 회전시켜 단면이 원의 형태로 나타났으므로 회전 알고리즘이 정확하다는 것이 확인되었다. Fig. 7은 원통형 물체의 3차원 형상 재현과 임의의 높이에서의 단면 모양, 단면의 둘레 값을 나타내고 있다. 원통 둘레의 수학적 계산값과 실험상의 측정값은 오차가 2% 이내로 나타났으며 program의 유효성을 확인하였다. Fig. 8은 원통형 물체의 표면 위에 두 점을 연결하는 직선을 그었을 때 slit 과 직선간의 교점을 추적하여 3차원 좌표로 나타내었고 굴곡을 따라 교점들의 공간상의 거리를 구하였다.

5. 결 론

1. 디지털 영상 처리 방법을 이용하여 CCD camera의 image로부터 3차원 형상 자료를 얻는 정보 처리의 전 과정을 자동화하였다.
2. 인체의 3차원 형상을 재현하고 보는 각도에 따라 형상을 구성할 수 있도록 하였다.
3. 인체의 둘레와 굴곡에 따라 표면의 곡선 길이를 측정하는 software를 개발하였다.
4. 3차원 형상으로부터 얻어진 둘레와 곡선의 길이는 2% 이내의 오차를 가짐을 확인하였다.

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)
5. G.J.Agin and T.O.Binford, *IEEE Trans. Compt.*, C-25, 439(1976)
6. E.J.Lovesey, *Applied Ergonomics.*, 5, 36(1974)

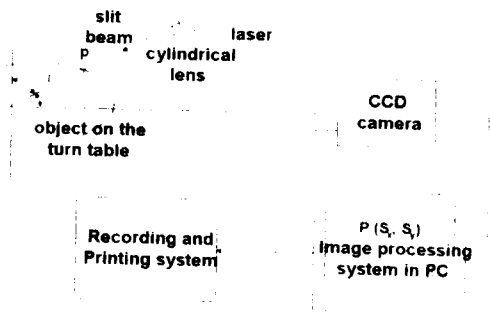


Fig. 1. Constitution of 3-D measuring system

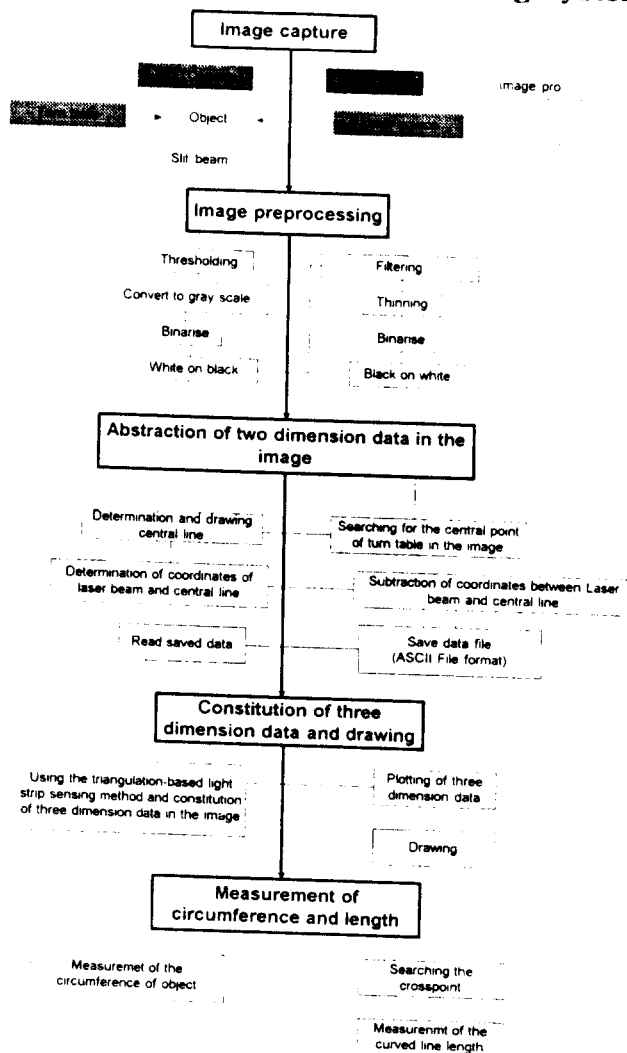


Fig. 2. The flow chart of 3-D measuring method

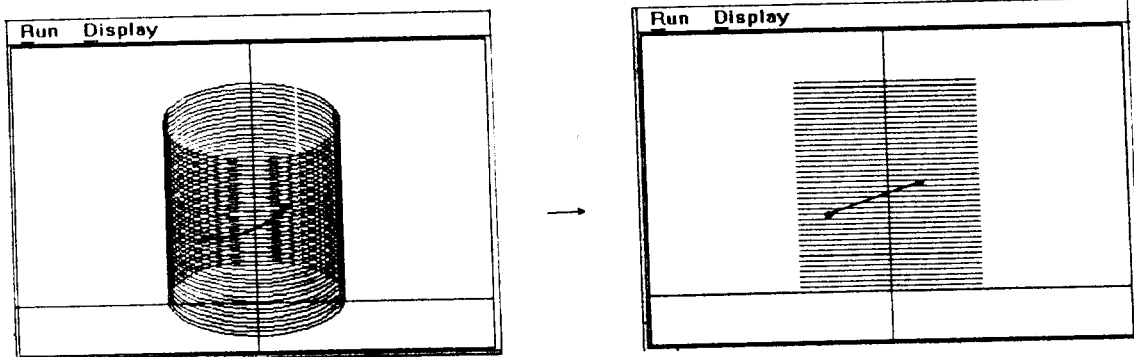


Fig. 3. Curved line on surface of the presented cylinder

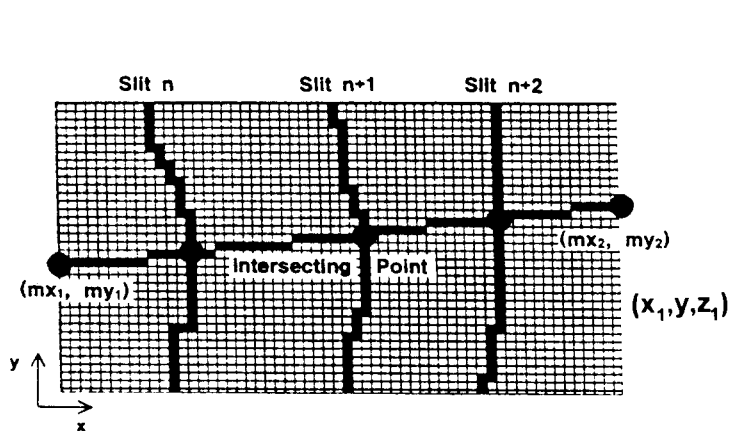


Fig. 4. Slits intercepted by oblique line between points (mx_1, my_1) and (mx_2, my_2)

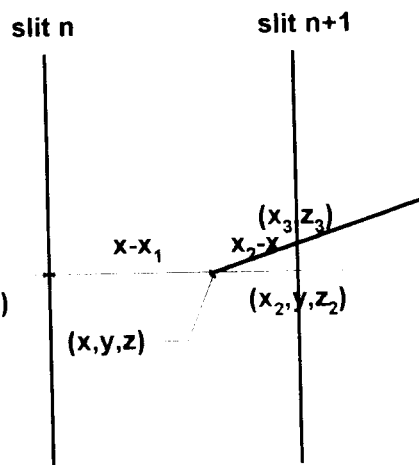
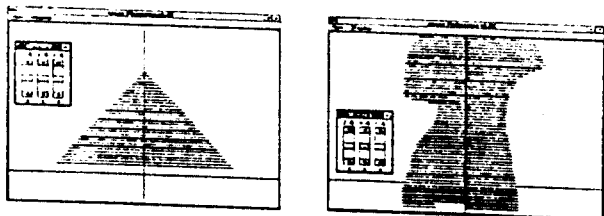
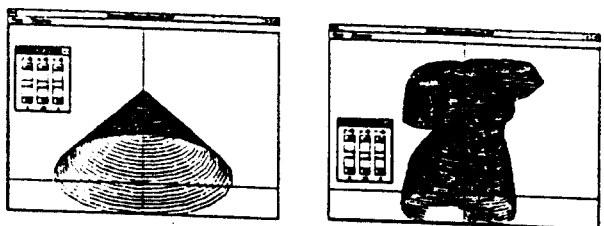


Fig. 5. Measurement of depth information of z

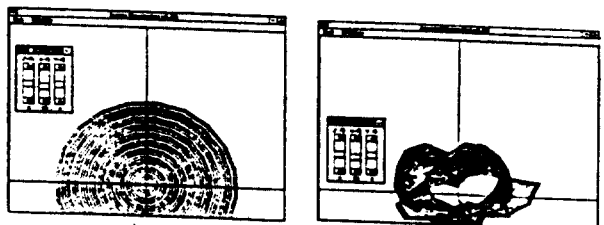
원뿔과 비너스상의 X축 중심으로의 회전



회전하지 않은 영상 (정면에 평행투상)



X 축 방향으로 30도 회전한 영상



X 축 방향으로 90도 회전한 영상

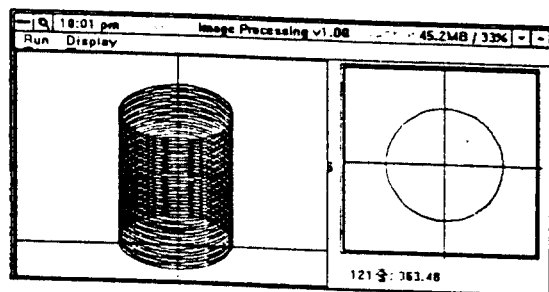


Fig. 7. Presentation of 3-D image and section of cylinder

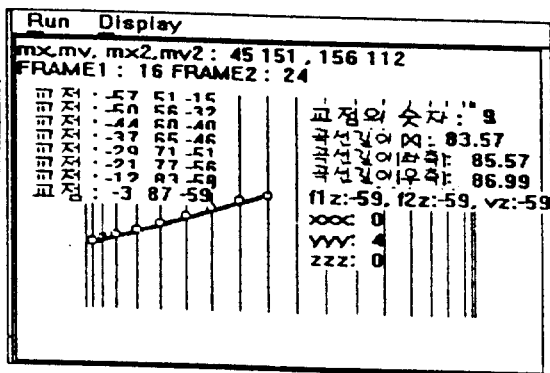


Fig. 8. Measurement of oblique line on the cylinder

Fig. 6. The 3-D measured images of the rotated cone and Venus about X-axis