

투영공간변환을 이용한 레이저 기반

3차원 전신스캐너의 영상 추출

Applying projective spatial transformation to extract

3D shape image from 3D whole body laser scanner

오병선*, 김종성**, 김성득**

*(주)포디컬쳐, **안동대학교 정보전자공학교육과

jongkim@andong.ac.kr

1. 서론

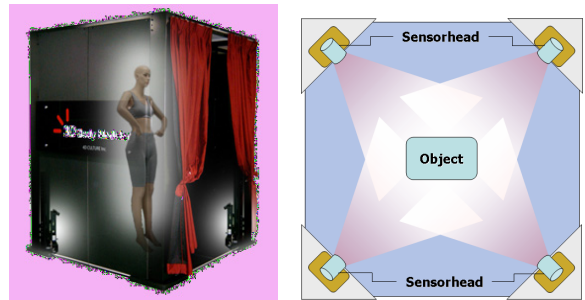
본 논문에서는 레이저 기반 3차원 전신스캐너에서 3차원 형상추출기술로써 보다 효율적이고 신뢰성 높은 투영공간변환(Projective Spatial Transformation)⁽¹⁾기법을 적용하여, 제품 신뢰도에 얼마나 기여를 하는가를 논하였다.

본 연구에서 사용된 3차원 전신스캐너는 카메라와 레이저주사장치로 구성된 4대의 레이저 센서 헤드로 구성된다. 그리고 본 논문에서는 이런 구조의 3차원 정보취득 장치의 실세계 공간좌표(World coordinate) 또는 슬릿-빔 레이저로 생성되는 레이저 평면과 카메라의 2차원 영상좌표(Image coordinate)간의 관계를 투영공간변환으로 풀이했다. 공간좌표 또는 레이저 평면에서 영상으로의 투영관계의 역을 구함으로써 실좌표 추출을 위한 8개 파라미터를 유도하였고, 8개의 파라미터를 이용한 실좌표 추출식을 정리하였다.

3차원 전신스캐너의 모든 3차원 레이저 센서 헤드에 대하여 투영공간변환을 이용한 3차원형상추출기술을 적용하고, 실험을 위해 동일 대상에 대한 3차원 스캔을 실시하였다. 그리고 기존의 3차원 스캔 영상과 실험을 통해 얻어진 3차원 스캔영상을 비교/분석함에 따라 투영공간변환을 이용한 3차원 형상추출기술이 3차원 전신스캐너의 신뢰성의 개선에 미치는 정도를 평가하였다.

2. 레이저 기반 3차원 전신 스캐너

본 논문에서 사용된 3차원 전신스캐너는 [그림 1]과 같이 4대의 레이저 기반 3차원 레이저 센서 헤드를 정방형 구조로 배치한 형태를 띄고 있다. 각 센서 헤드는 한-방향에서 독립적으로 3차원 스캔을 수행하고, 각 방향에서 추출된 3차원 스캔 데이터를 소프트웨어적으로 정렬 및 병합하여 완벽한 3차원 전신데이터를 생성하게 된다.



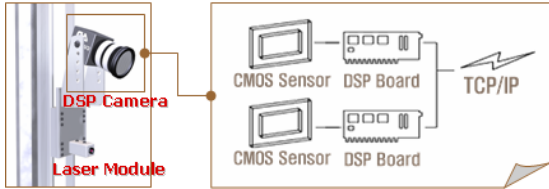
(a) 3차원 전신스캐너

(b) 구조

[그림 1] 레이저 기반 3차원 전신스캐너 및 그 구조

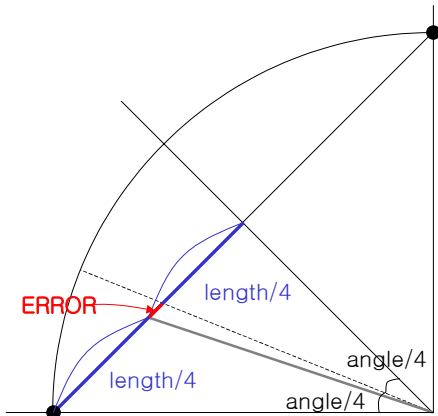
본 논문에서 사용한 3차원 형상추출용 카메라는 일반적인 카메라가 아니라 레이저 윤곽선을 초고속으로 추출할 수 있는 (주)포디컬쳐에서 독자 개발한 3차원 레이저 스캐너 전용 DSP 카메라이다. DSP 카메라는 레이저 프로파일을 추출하는데 필요한 임베디드 시스템을 내장하고 있어 필터 사용시는 6초 이내에 인체 전신을 스캔할 수 있으

며 DSP 카메라의 인터페이스는 TCP/IP 방식이어서 범용성이 뛰어나고 속도 및 안정성이 우수한 장점이 있다.



[그림 2] (주)포디컬처의 3차원 정보취득 장치

3차원 전신스캐너를 사용하여 형상을 추출하는 한가지 방법은 카메라 영상에 맺힌 레이저 윤곽선 최대거리를 각 축의 화소수로 나누어 각 픽셀의 실제거리를 유도하는 방법이다.



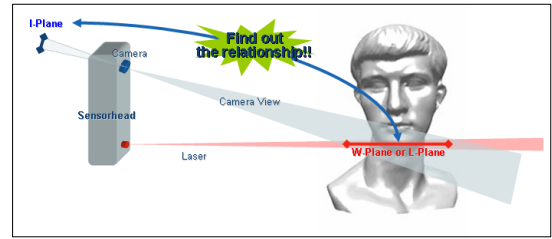
[그림 3] 현 3차원 형상추출 방법의 오류

그런데 이 방법은 [그림 3]과 같이, 실좌표와 이미지 평면상의 좌표의 차이에 기인한 비선형적인 오차가 발생하고 있다. 본 논문에서는 투영공간변환(Projective Spatial Transformation)을 이용하여 보다 정확한 3차원 형상을 추출하는 방법에 대해 기술하였다.

3. 투영공간변환

[그림 4]에서 보는 것과 같이, 3차원 레이저 센서헤드의 레이저 모듈에 의해 생성된 평면에서 카메라의 영상평면으로의 투영변환이 발생하게 되는데, 이 투영변환의 역행렬을 구함으로써, 실좌표를 추출할 수 있다. 레이저 모듈에 의해 생성된 평면은 3차원이 아닌 2차원 공간으로 구성되므로, 이 과정은 투영공간변환에 의해서 풀이될

수 있다.

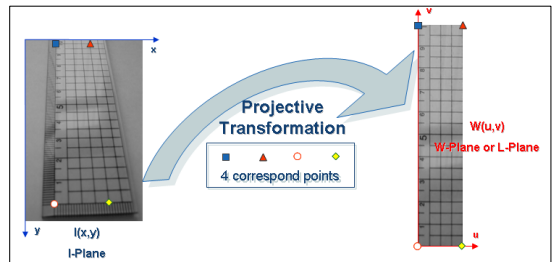


[그림 4] 센서헤드와 실좌표 추출원리

레이저평면에서 영상평면으로의 변환은 다음 식과 같으며, I_p 는 이미지 평면을 W_p 는 레이저평면을 나타내며, P 는 투영변환행렬을 나타낸다.

$$I_p = P \cdot W_p$$

아래 [그림 5]는 투영공간변환의 원리와 예를 설명한 그림이다. 그림에서 보는 것과 같이 투영공간변환행렬을 구하기 위해서는 적어도 4개의 제어점을 필요로 한다.⁽¹⁾



[그림 5] 투영공간변환의 원리

따라서,

$$W_p = P^{-1} \cdot I_p$$

으로 주어진다. 행렬 W_p 는 레이저 평면에서 영상평면으로의 투영변환을 나타내므로, 이 변환의 역행렬을 구하면 실좌표 추출을 위한 파라미터를 유도할 수 있다.

$$Param = W_p^{-1}, \text{ Param is a matrix } (3 \times 3)$$

$$Param = \begin{bmatrix} A & D & G \\ B & E & H \\ C & F & I \end{bmatrix}, \text{ Assume } I=1$$

라고 한다면, 실좌표는

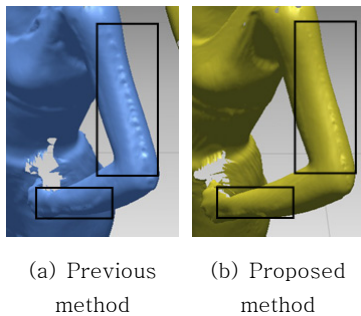
$$W_x = \frac{(A \times x + B \times y + C)}{(G \times x + H \times y + I)}$$

$$W_y = -\frac{(D \times x + E \times y + F)}{(G \times x + H \times y + I)}$$

로 유도된다.

3. 실험 및 평가

기존 추출방법과 본 논문에서 제안한 방법과의 비교를 위해, (주)포디컬처의 3차원 전신스캐너 3D Body Modeler를 이용하여 동일한 마네킹에 대해 각각의 방법에 따라 3차원 스캔을 실시하였다. 그리고 두개의 3차원 데이터를 3차원 스캔 데이터 전용 소프트웨어인 GSI Studio와 Rapid-Form을 이용하여 Registration, Merging 등의 실험을 수행하였다. 다음은 각 방법에 의한 3차원 형상 데이터의 차이점을 나타낸 것이다.



[그림 6] Distortion of registration

[그림 6]을 보면, 기존의 방법보다 투영변환에 의한 방법에서 Registration 왜곡이 적게 발생한 것을 볼 수 있다. 이는 실좌표 추출의 정확도가 향상됨에 따라 상호 데이터 간 Registration 정확도를 향상시키고 왜곡을 감소시킨데 기인한 것으로 판단된다.

5. 결론

3차원 스캐너 분야에서 3차원 형상추출기술은 제품의 성능을 좌우하는 대단히 중요한 요소로서 제품의 신뢰성 및 정확도와 직접적인 영향을 미친다. 이러한 측면에서 볼 때, 본 논문에서 언급한 투영공간변환을 이용한 3차원 형상추출기술을 적용할 경우 보다 정확한 3차원 영상 추출이 가능하다. 하지만, 3차원 스캔 데이터의 정렬/병합 과정에서 왜곡은 여전히 문제가 되고 있으며 반복적인 실험을 통해서 정확도를 개선할 수 있는

연구가 필요하다. 한편 본 논문에서 언급한 투영 공간변환 기법의 경우 제어점의 개수를 늘림에 따라 registration 및 merging시에 정확도를 향상시킬 수 있는 것으로 나타나 현재 이에 대한 보다 체계적인 연구가 진행 중에 있으며 카메라 렌즈를 보정하는 방안도 함께 연구 중이다^{(2)~(4)}.

[※ 이 논문은 지방대학혁신역량강화사업(NURI) 사업의 일환으로 바이오정보기기분야 인력양성사업단의 일부 지원으로 연구되었음.]

6. 참고문헌

1. A. Criminisi, I. Reid, and A. Zisserman "A Plane Measuring Device," BMVC97 Proceedings, (1997).
2. Heikkilä, J. and Silvén, O. "A four-step camera calibration procedure with implicit image correction," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, San Juan, Puerto Rico, pp. 1106-1112, (1997).
3. J. Heikkilä, "Geometric camera calibration using circular control points," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 10, pp. 1066-1077, (2000).
4. Z. Zhang, "A flexible new technique for camera calibration," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 11, pp. 1330-1334, (2000).