

## 3차원 형상 스캔의 측정방법 개선에 관한 연구

김태호\*, 김민주\*, 이승수\*, 박정보\*\*, 전언찬\*\*

### A Study on Improvement in a Method of Three Dimensional Configuration Scan Measurement

T. H. Kim\*, M. J. Kim\*, S. S. Lee\*, J. B. Park\*\*, E. C. Jeon\*\*\*

#### Abstract

This study is on the precision of the optical scanner which is suitable for shape modeling and non-contact equipment, comparing with a razer scanner. The optical scanner not only has all merits that non-contact methods have but also improve a veil phenomenon which is a razer scanner's demerits. However, the optical scanner has not been used extensively because the measurements are not very precise and there are not the definite methods of measurement. Hence, this study is to find out how parameters such as camera's high, angle, luminous intensity, distance to object, and so on have an influence on measuring using the optical scanner and to establish the methods of measuring precision.

**Key Words:** RE(Reverse engineering), Chroma-keying, Geometry

#### 1. 서 론

현대사회는 소비자의 기호와 기업 이윤이 접목되어 상품의 라이프사이클이 점점 짧아지고 있다. 이와 같은 추세는 CAD(Computer aided design), CAM(Computer aided manufacturing), 그리고 CAI(Computer aided inspection)부분의 급속한 발전과 더불어 역설계(Reverse engineering)분야의 발전이 뒷받침하고 있기 때문에 가능한 상황이며, 이와 같이 각 분야의 급속한 성장은 향후에도 지속적으로 이루어질 것이다.<sup>1,2,3)</sup>

형상역공학에 의해 만들어진 디지털 모델은 CAD/CAM 시스템에서 활용 가능한 표준포맷인 IGES 또는 STEP로 출력되거나 급속성형(Rapid prototyping)을 위한 STL파일 생성에 이용되기도 한다. 그리고 머시닝 센터에서의 가공을 위한 NC-code 생성에도 이용된다.<sup>4,5,6)</sup> 이러한 형상역공

학이 최근 제조업 분야에서 각광받는 이유는 소비자들의 요구수준이 다양화함으로써 다품종 소량생산이 주를 이루고, 유행주기의 단축으로 인해 제품의 개발에서 제조까지의 전 공정에 걸리는 시간을 단축할 필요성이 대두되기 때문이다.

형상역공학에 사용되는 모델링 데이터 구축을 위한 측정에는 접촉식 방법과 비접촉식 방법이 있는데 둘 다 장단점을 가지고 있다. 접촉식의 경우는 정밀한 데이터를 얻기에는 용이하나 작업 시간이 상당히 소요된다는 단점 때문에 OMM(On machine measurement)과 같이 임의의 물체를 신속하게 측정하거나 최근 유행하는 자동차 보닛과 같은 넓은 면적의 곡면 스캔에는 부적당하다. 그리고 비접촉식의 대표적 장비인 레이저는 3차원 형상을 얻는데 소요되는 시간이 짧고, 무른 재질이라든지 넓은 면적의 곡면을 스캔할 수 있다는 장점이 있지만 투과성이 있는 파트나 가림현상(Self-occlusion)이 발생하는 단점이 있다.<sup>7)</sup>

또 다른 비접촉식 장비인 광학식 스캐너는 레이저 스캐너에 비해 저가이고 형상모델링에 적합하다. 그리고 레이저 스캐너의 단점인 가림현상을 효과적으로 개선할 뿐만 아니라 비접촉식이 가

\* 동아대학교 대학원 기계공학과  
\*\* 삼척대학교 기계공학과  
\*\*\* 동아대학교 기계·산업시스템공학부

지는 장점들을 모두 가지고 있다. 하지만 정밀도가 낮고 명확한 측정방법이 정립되어 있지 않기 때문에 그 동안 정밀도를 요하는 측정에는 사용되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 광학식 스캐너를 이용한 측정에 매개변수인 카메라의 높이, 조도, 그리고 물체와의 거리 및 카메라의 각도 등이 어떠한 영향을 미치는지를 밝혀내어 정밀도를 개선하는 측정방법을 정립하고자 한다.

## 2 광학식 스캐너를 이용한 형상 데이터 추출과정

본 연구에 사용된 실험장비인 광학식 스캐너는 독일의 Dimension-3D System사에서 개발한 3D 스캔스테이션(Scanstation)이며, Fig. 1에 실험장비를 캘리브레이션 하는 장면을 나타내었다. 그리고 실험장비는 물체를 회전원판 위에 설치한 상태에서 디지털 카메라를 이용하여 물체의 위치 좌표, 즉 기하학적 데이터를 얻는 장치이다. Table 1에 스캔스테이션의 제원을 나타내었다.



Fig. 1 Photograph of calibration using 3D scanstation

Table 1 Specification of 3D scanstation

Item		Value
Dimensions closed (apparatus)	Width	68 cm
	Length	84 cm
	Height	130 cm
Resolution	3D	1280×1280×1280 pixel
	2D	2048×2048 pixel
Object dimensions	Height	Up to 80 cm
	Radius	Up to 50 cm
Object weight(max)		50 kg
Accuracy		Up to 0.5% of total object size

실험장비로 사용된 스캔스테이션을 이용한 작업순서를 Fig. 2에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 눈금을 인식하여 격자간 간격으로 캘리브레이션하는 과정을 거친다.

이를 통해 스캔하고자 하는 물체의 크기에 대

한 정보를 미리 컴퓨터에 설정하고, 각도별 2D 사진 촬영을 통해 스캔하고자 하는 물체의 형상을 컴퓨터로 전송한다. 이후 작업은 측정대상의 색깔을 인식하여 경계를 추출하기 위해 배경색을 제거하는 크로마킹(Chroma keying)을 거쳐 수학적 계산을 통해 기하학적 모델을 생성하는 지오메트리(Geometry)를 통해 2차원 모델을 3차원적으로 결합한다. 그리고 완성된 모델에 촬영된 이미지 및 색상을 입히는 매핑(Mapping)작업을 통해 완벽한 3D 형상을 생성할 수 있다. 크로마킹작업에서 주의할 점은 배경색과 유사 혹은 동일한 계열의 색상이 작업물체에 삽입되어 있는 경우 그 영역이 크로마킹 작업후 투명색으로 채워지기 때문에 스캔작업 후 물체를 생성할 때 원하지 않은 형상으로 변해버리는 오류를 가진다. 따라서 측정대상 물체의 색상선택에 주의해야 한다.

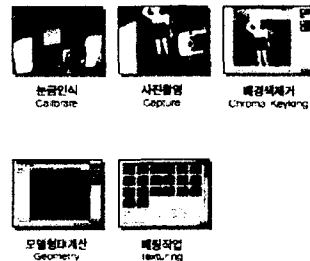
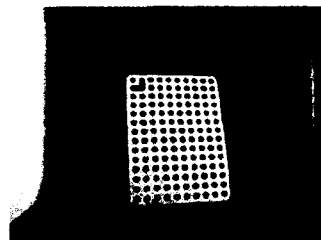


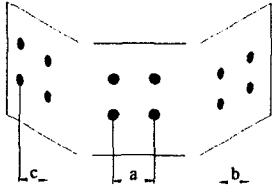
Fig. 2 Processing of 3D scanning

### 2. 1 스캔스테이션의 캘리브레이션

Fig. 3은 캘리브레이션의 원리를 나타낸 것으로 (b)에서 보는 것과 같이 사진으로 찍혀지는 물체의 형상은 2D이기 때문에 임의의 중심을 가지고 회전할 경우는 캘리브레이션용 기준판에 설정된 각 점의 거리를 인식시키는 작업이 필요하다. 그리고 공간좌표의 개념으로 스캔의 제한공간까지도 캘리브레이션 작업을 통해 이루어진다.



(a) calibration plate



(b) distance of points at rotation

Fig. 3 Principle of calibration

### 2. 2 크로마킹(chroma-keying)

Fig. 4는 카메라에 잡힌 모델과 크로마킹 작업을 나타낸 것이다. 그림과 같이 크로마킹은 특정한 색을 배경에서 빼주어 대상물체의 경계를 명확히 하는 작업이다. 이는 텔레비전 및 영화에서 사용되는 화상합성과 동일한 기술이다. 예를 들어 아나운서가 아무것도 없는 배경에서 촬영하고, 따로 촬영된 배경을 결합할 때 사용되는 기술이다. 대상물의 표면 상태에 대해 특별히 민감하다. 크로마킹 작업시 크롭으로 된 부품들처럼 매우 빛나는 물체들은 너무 많은 난반사를 발생시켜 노이즈나 불필요한 데이터의 노드(node)군을 생성하는 경향이 있다. 그 반대도 마찬가지이다. 평평한 검은 표면은 충분한 데이터를 얻을 수 없을 정도로 많은 빛을 흡수하게 된다. 따라서 만약 표면을 처리할 수 있으면, 빛나거나 어두운 표면은 검은 분필 분말 또는 페인트를 뿌려 광학 스캐너에 더 적합한 흐릿한 회색 광택이 나도록 하는 과정이 필요하다.



(a) capture image



(b) chroma-keying

Fig. 4 Principle of chroma-keying

### 2. 3 지오메트리(Geometry)

지오메트리는 촬영된 2D 이미지를 토대로 3D 모양의 모델로 기하학적인 변환을 의미한다. Fig. 5는 지오메트리의 원리를 나타낸 것으로 촬영된 각각의 이미지의 경계선을 추출하여 회전에 따른 경계선의 이음으로 2D 이미지를 3D 서페이스(surface) 모델로 만든다. 이때 생성되는 서페이스의 구성은 3DFACE 형태의 삼각형 폴리곤이다.

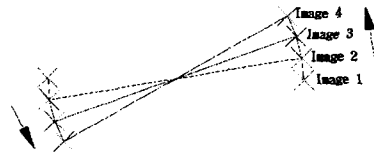


Fig. 5 Principle of geometry

Fig. 6은 지오메트리가 완성되어가는 과정을 나타낸 그림으로 각도별로 촬영된 2D 이미지가 3D 서페이스 모델로 변환되는 것을 볼 수 있다.

그리고 지오메트리 작업을 수행한 결과를 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7의 (a)는 지오메트리 작업을 수행한 결과를 윗면에서 본 형상을 나타내었고, Fig. 7의 (b)는 STL파일 형식으로 저장된 물체의 모양을 나타내었다.

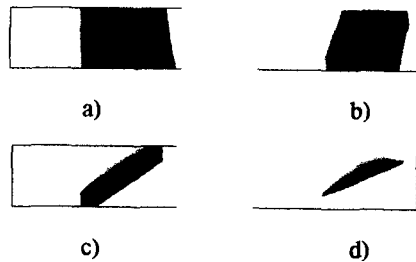
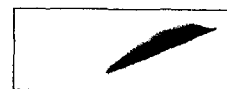


Fig. 6 Process of geometry



(a) Top-view of geometry



(b) appearance of STL file format  
Fig. 7 Result of geometry

### 3. 매개변수의 영향 측정방법 및 실험장치

#### 3. 1 스캔 정밀도 측정방법

매개변수가 스캔 정밀도에 미치는 영향을 파악하기 위한 실험순서를 Fig. 8에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 우선 촬영 매개변수인 광원의 조도와 디지털 카메라의 촬영각도, 그리고 대상물체와 카메라의 거리 및 카메라의 높이를 조정 후 스캔작업을 통해 촬영 데이터를 추출한다. 그리고 대상물체의 실 측정치인 X, Y 및 Z축 길이와 추출된 데이터에 의해 모델링된 물체의 길이를 비교하여 변수들을 하나씩 고정시켜 나가는 작업을 반복한다. 이러한 일련의 작업을 통해 스캔 정밀도에 미치는 매개변수들의 영향 및 스캔 정밀도 개선을 위한 올바른 측정방법을 정립하고자 한다. 실 측정치 및 모델링된 물체의 길이 값들은 5회 반복 측정하여 그 평균을 구하였다.

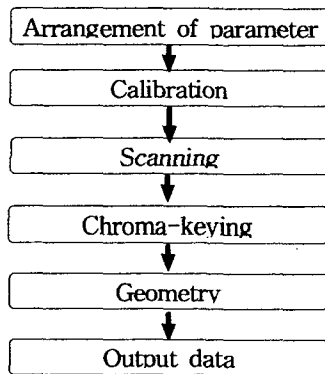


Fig. 8 Flowchart of experiment

#### 3. 2 실험 장치

매개변수가 스캔 정밀도에 미치는 영향을 측정하기 위한 실험장치를 Fig. 9에 나타내었다. 스캔 스테이션에서 제공하는 장비이외에 조도의 영향

을 살펴보기 위해 1kW의 방송용 조명 2개를 디지털 카메라 뒤쪽에서 투사하는 형태로 세팅을 하고, 디지털 카메라와 조명 사이에는 광원의 세기를 중화시킬 수 있는 스크린을 설치하였다. 그리고 크로마키 작업을 원활히 하기 위해 파란색 배경과 대치되는 빨간색 무광택 스프레이를 이용하여 대상물체를 도색하였다.

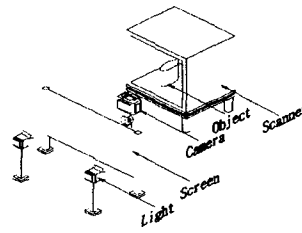


Fig. 9 Schematic diagram

#### 3. 3 대상물체의 제원

본 실험에 사용된 프로펠러 날개의 제원을 Fig. 10에 나타내었다. 높이 방향을 Z축, 가로방향을 Y축, 그리고 세로 방향을 X축으로 잡고 그 길이를 정반에서 하이트 게이지를 이용하여 5회 반복 측정-평균한 결과 Z축 길이 113.48mm, X축 길이 47.90mm, 그리고 Y축 길이 102.85mm를 얻었다.



Fig. 10 Specification of model for scanning

### 4. 실험 결과 및 고찰

#### 4. 1 카메라 높이에 의한 형상측정 데이터

매개변수가 카메라 높이, 카메라와 대상물체의 거리, 그리고 카메라의 각도 및 조도 등으로 여러 개이므로 순차적으로 고정하는 방식을 적용하였다. 먼저 카메라의 높이가 스캔 정밀도에 미치는 영향을 측정하였고, Fig. 11에 카메라 높이를

59cm부터 71cm까지 2cm단위로 바꾸어 가면서 스캔한 물체들과 그 측정치를 나타내었다.

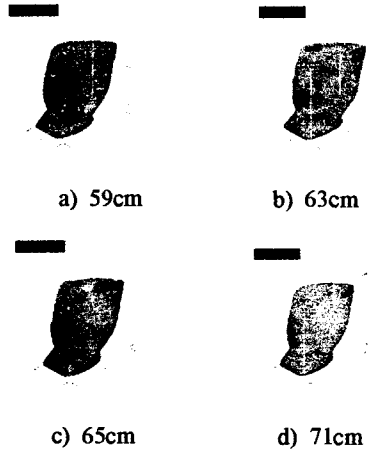


Fig. 11 Measurement value of 3D model for scanning

카메라 높이가 미치는 스캔 정밀도의 경향을 파악하기 위하여 Fig. 12에 카메라 높이에 따른 측정 값들의 변화를 나타내었다.

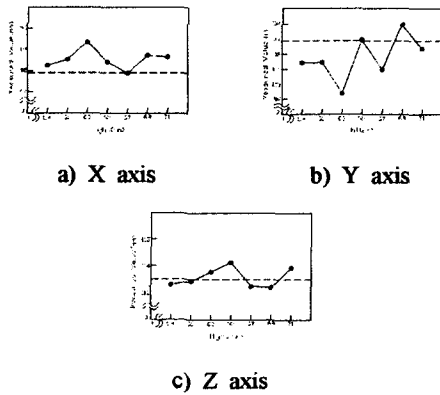


Fig. 12 Measurement value by camera height

X축, Y축 및 Z축의 정밀도 차이를 살펴 본 결과 기준이 되는 실제 측정치 데이터에 가장 근접하는 것은 카메라 높이 67cm일 때임을 알 수 있다. 따라서 카메라 높이를 67cm로 고정하고, 다른 매개변수들이 스캔 정밀도에 미치는 영향을 살펴보았다.

#### 4. 2 카메라와 물체사이의 거리에 의한 형상 데이터

카메라의 높이를 67cm로 고정하고 카메라와

물체사이의 거리를 55cm에서 75cm까지 5cm단위로 증가시키면서 모델의 정밀도를 측정된 결과를 Fig. 13에 나타내었다.

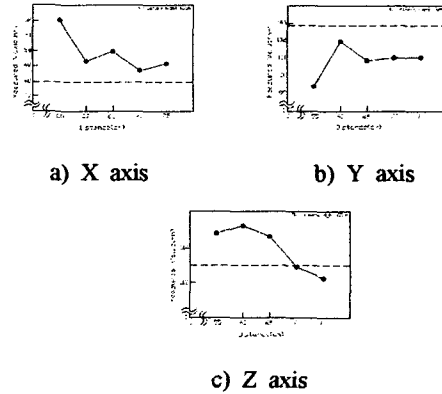
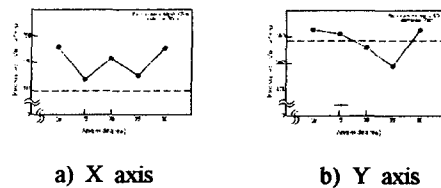


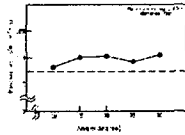
Fig. 13 Measurement value distribution by distance of camera and object

X축, Y축 및 Z축의 정밀도 차이를 살펴 본 결과 기준이 되는 실제 측정치 데이터에 가장 근접하는 것은 카메라와 대상물체의 거리가 70cm일 때임을 알 수 있다. 따라서 카메라 높이를 67cm로 고정하고, 카메라와 대상물체의 거리를 70cm로 고정한다음 다른 매개변수들이 스캔 정밀도에 미치는 영향을 살펴보았다.

#### 4. 3 각도의 변화에 의한 형상변화

카메라의 높이를 67cm, 카메라와 물체사이의 거리를 70cm로 고정한 다음 카메라의 각도를  $-10^\circ$ 에서  $10^\circ$ 까지  $5^\circ$ 씩 증가시키면서 모델의 정밀도를 측정된 결과를 Fig. 14에 나타내었다. X축, Y축 및 Z축의 정밀도 차이를 살펴 본 결과 기준이 되는 실제 측정치 데이터에 가장 근접하는 것은 카메라의 각도가  $-5^\circ$ 일 때임을 알 수 있다. 따라서 카메라 높이를 67cm, 카메라와 대상물체의 거리를 70cm, 그리고 카메라의 각도를  $-5^\circ$ 로 고정한 다음 다른 매개변수들이 스캔 정밀도에 미치는 영향을 살펴보았다.





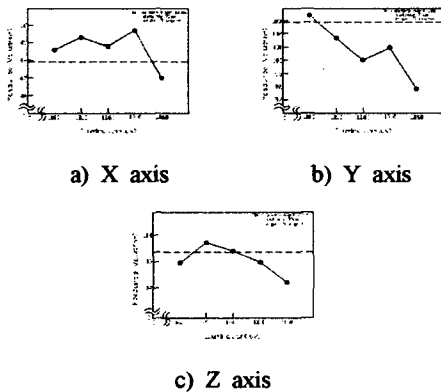
c) Z axis

Fig. 14 Measurement value distribution by angle transform of camera

#### 4. 4 조도의 변화에 의한 형상

카메라의 높이를 67cm, 카메라와 물체사이의 거리를 70cm, 그리고 카메라의 각도를  $-5^\circ$  로 고정한 다음 조도를 1160 lux부터 1360 lux까지 50 lux씩 증가시키면서 모델의 정밀도를 측정 한 결과를 Fig. 15에 나타내었다.

X축, Y축 및 Z축의 정밀도 차이를 살펴 본 결과 기준이 되는 실제 측정치 데이터에 가장 근접하는 것은 1160 lux일 때임을 알 수 있다. 따라서 카메라 높이를 67cm, 카메라와 대상물체의 거리를 70cm, 그리고 카메라의 각도를  $-5^\circ$  및 조도 1160 lux로 스캔하는 것이 스캔 정밀도를 좋게 하는 방법임을 알 수 있다.



a) X axis

b) Y axis

c) Z axis

Fig. 15 Measurement value distribution by intensity of illumination transform

#### 5. 결론

스캔시 발생하는 매개변수가 스캔 정밀도에 미치는 영향을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 스캔시 발생하는 매개변수인 카메라의 높이, 카메라와 대상물체간의 거리, 그리고 카메라의

각도 및 조도 등이 스캔 정밀도에 영향을 끼침을 증명하였다.

2) 여러 개의 변수가 있을 때 하나씩 고정시켜 나가는 방법을 적용한 결과 광학식 스캐너의 스캔 정밀도를 높일 수 있었다.

3) 일반적으로 사용되는 광학식 스캐너를 보완하는 실험장비를 구성하였다.

그리고 이와 같은 결론을 토대로 향후 연구과제는 홀형상을 포함하고 있는 물체의 3차원 스캔과 임펠러나 스크류와 같은 자유곡면을 포함한 물체의 스캔 및 스캔된 데이터를 토대로 한 가공 데이터 추출을 할 계획이다.

#### 참 고 문 헌

- 1) Vail, N. K., Wilke, W., Bieder, H., and Junemann, G., "Interfacing Reverse Engineering Data to Rapid Prototyping", Solid Freeform Fabrication Symposium, pp. 481~490, 1996
- 2) R. Ippolito, L. Iuliano, and Politecnio di Torino, Benchmarking of Rapid Prototyping Techniques in Terms of Dimensional Accuracy and Surface Finish", Annals of the CIRP, Vol. 44, pp. 157~160, 1996
- 3) 박희재, 안우정, 김왕도, CAD/CAI 통합에 기초한 박형 단면을 가지는 항공기 터빈 블레이드의 정밀측정기술 개발", 대한기계학회 논문집 (A) Vol. 20, No. 6, pp. 1743~1752, 1996
- 4) Anil K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing", Prentice Hall, 1989
- 5) Bernardini F., Bajaj C., "Automatic Reconstruction of 3D CAD Models from Digital Scans", International Journal of Computational Geometry and Applications, Vol. 9, No. 4, pp. 327-370, 1999
- 6) Robert N. Yancey, Dennis S. Eliassen, S. Trent Neel, James H. Stanley, "Reverse Engineering Using Computed Tomography", Proceedings of the Fifth International Conference on Rapid Prototyping, Dayton, Ohio, pp. 141-149, 1994
- 7) 손석배, 박현풍, 이관행, 전산역설계를 위한 측정계획 수립 알고리즘 개발", 한국정밀공학회 논문집, pp. 410~413, 1999