

# 3D 스캐닝 데이터를 이용한 단면 형상 가시화 시스템

이병훈<sup>†</sup>, 박상호<sup>\*</sup>

## Cross Section Visualizing System Using 3D Scanning Data

Byeonghoon Lee, Sangho Park

**Key Words:** Reverse Engineering(역설계), 3D Scanning(3D 스캐닝), Mesh Generation(메쉬 생성), Visualizing Cross Section(단면 가시화)

### Abstract

Reverse Engineering has wasted high cost and much of time because there were few softwares for supporting post-process of 3D scanning efficiently. However today Reverse Engineering is attracted by various researchers on a count of its practical use and gradually improved quality. Accordingly, many industries induce the technology of Reverse Engineering. For keeping with this general trend, the algorithms of generating meshes from 3D scanning data and visualizing their cross section are suggested in this research. It is expected that output data from the algorithms can be used in inspecting errors between product designs and their final products, and in finding a way to improve quality by considering ideal model data.

### 1. 서 론

산업이 첨단화됨에 따라서 더불어 발전하는 분야 중 역설계(Reverse Engineering) 분야는 기존의 설계 후 생산 프로세스에서 해결하지 못하는 다양한 문제들을 해결하는데 사용되어 왔으며 디지털 복제라는 명칭으로 일컬어져 왔다. 근래 들어 관심이 주목되고 있는 이러한 디지털 복제는 3차원 스캐닝 및 이로부터 얻어진 데이터를 가공하여 실물에 대한 정보를 컴퓨터에서 이용 가능한 디지털화 된 데이터로 전환하는 일련의 과정으로서 주로 실물의 형상 정보를 디지털 데이터화하는 과정을 칭할 때 사용된다<sup>[1]</sup>.

본 논문에서는 이러한 디지털 복제의 응용분야

인 3D 스캐닝 데이터 활용에 관한 내용으로서 디지털화 된 데이터를 가지고 여러 가지 정보를 습득하는 과정에 대해 알아보려고 한다. 구체적인 활용 데이터로서는 3D 스캐닝을 통해 얻어진 데이터를 메쉬 생성 알고리즘을 통해 유한 요소로 재구성하며 이렇게 메쉬를 활용하여 단면 형상 정보를 습득하는 방법을 구현하고자 한다. 이때 테스트 형상으로서 인체 데이터, 지형지물, 기계부품 등이 활용될 수 있으며 각각의 테스트 모델에 따라서 다양한 정보들을 추출할 수 있는 알고리즘을 구현한다. 그러한 정보들로서는 각각 신체 부위별 둘레, 등고선, 단면 외곽 형상 등을 포함할 수 있다. 이와 같이 3D 스캐닝 데이터를 활용하여 일련의 과정을 거침으로서 기존 모델의 문제점 및 개선방안을 고려할 수 있도록 토대를 마련하고자 한다.

### 2. 연구동향 및 활용분야

#### 2.1 연구 동향

역설계에 관한 관심이 증대되면서 더불어 발전

<sup>†</sup> 충남대학교 기계설계공학과

E-mail : lbh256@empal.com

TEL : (042)821-7626 FAX : (042)822-7366

<sup>\*</sup> 충남대학교 기계설계공학과

한 것이 3D 스캐닝에 관한 기술이다. 효과적인 역설계를 위해서는 대상 물체의 기하학적 정보를 올바르게 추출하여 이를 활용할 수 있어야 하기 때문에 다양한 3차원 형상 측정 기술 및 장비들이 개발되고 있다. 이러한 장비들중 현재 형상 역설계에서 사용되고 있는 대표적인 3차원 형상 측정 방법은 Fig.1과 같은 삼차원 좌표측정기(CMM)에서 접촉식 프로브를 이용하는 방법이다. 이밖에도 점광원을 이용한 삼차원 형상측정, Line 광을 이용한 삼차원 형상 측정, 공간 부호화를 이용한 3차원 형상측정, 모아레를 이용한 3차원 형상 측정, PMP(Phase Measuring Profilometry)법을 이용한 형상측정법 등이 있다.

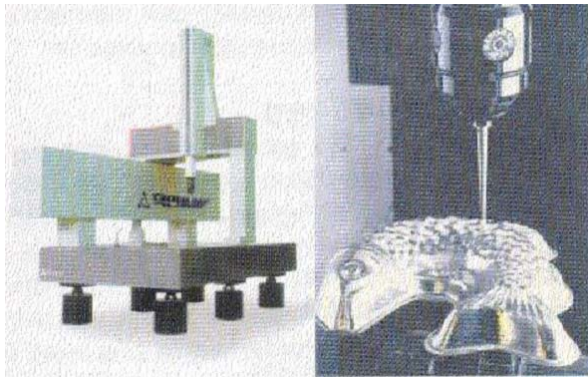


Fig.1 3D Shape measurement using contact probe

## 2.2 활용 분야

### 2.2.1 제조 분야

제조업은 디지털 복제가 가장 먼저 적용된 분야 중 하나로서, 현재 디지털 복제 관련 산업의 70% 이상이 제조업에서 적용되고 있다. 제조업에 있어서 주요 용도는 디자인 품평을 거친 시작품에 대한 CAD화 작업, 경쟁사 제품에 대한 CAD 데이터 확보, CAD 데이터가 분실된 제품에 대한 CAD 데이터 복원 등에 주로 사용되고 있으며, 근래 들어 고정밀 스캐너가 개발되면서 제품에 대한 품질 검사 및 금형 검사 분야에도 점차 확산 되고 있다.

### 2.2.2 의료 분야

의료 분야는 제조업에 이어 디지털 복제가 가장 활발히 적용되고 있는 분야이며, 향후 5년 내에 의료 분야에 있어서 디지털 복제 시장이 제조업을 능가할 것으로 추측된다고 전문가들은 예상

한다. Fig.2는 구강악 악면 수술에 있어서의 적용 사례를 보여준다. CT 촬영으로부터 얻어낸 점군 데이터로부터 Geomagic Studio를 이용하여 3차원 CAD 모델을 구축한다. 3차원 곡면 모델이 구축되면 이를 이용한 모의 수술이 진행되며, CAD를 이용하여 환자에게 가장 적합한 인공 보철물을 설계한다. 이와 같은 컴퓨터 가상 수술 및 설계를 이용하여 수술의 정확도를 획기적으로 개선하는 것이 가능하며, 또한 환자의 고통을 최소화할 수 있다.

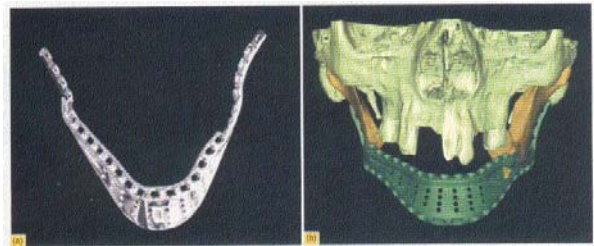


Fig.2 Supporting material design using reverse engineering

## 3. 3D 스캐닝 데이터로부터 메쉬 생성

3D 스캐닝 데이터는 3D 스캐너의 종류만큼이나 출력되는 방식도 다양하다. 규칙적인 포인트 정렬방식과 불규칙적으로 출력되는 Cloud data로 크게 분류할 수 있으며 규칙적으로 출력되는 방식 중에서도 데이터 파일의 형식이 다르기 때문에 3D 스캐닝 데이터를 유한 요소로 바꾸는 알고리즘을 구현하는데는 한계점이 따르게 된다. 현재 불규칙적으로 출력되는 Cloud 스캔 데이터를 유한 요소로 재구성 하는데는 Delaunay 알고리즘이 널리 사용하고 있다. 그러나 이러한 알고리즘 역시 다양한 포맷으로 출력되는 3D 스캐닝 데이터를 처리하는데 있어서 다양한 파일 형식에 따른 추가적인 알고리즘을 필요로 한다. 본 연구에서 사용하는 알고리즘은 규칙적으로 정렬되는 스캐닝 데이터를 활용하여 유한 요소로 재구성하는 방법을 사용하였다. 이를 위하여 Fig.3에서 보여지는 Intek Plus사의 Phase-Shifting Projection Moire 3D 스캐너를 사용하여 출력된 데이터를 활용하였다. Table 1은 이 스캐너의 재원을 나타낸다.



**Fig.3** Phase-Shifting Projection Moire(Intek Plus, Co. Ltd.)

**Table 1** Phase-Shifting Projection Moire(Intek Plus, Co. Ltd.) Spec.

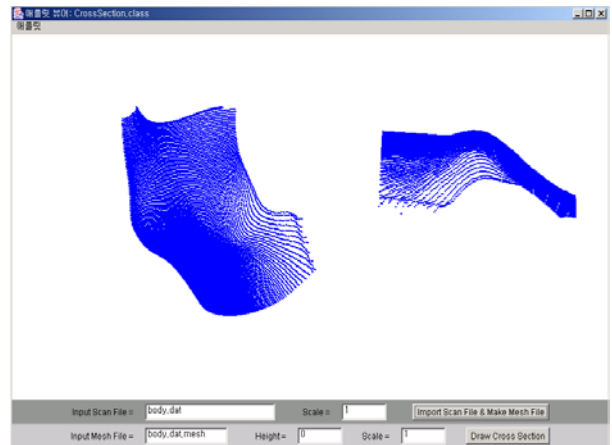
재원	Spec.
측정 범위	46cm x 58cm x 27cm
카메라	TM-7CN CCD 카메라
광 원	300W의 할로겐 램프
격 자	100 μ m피치 직선격자
측정 불확실성	0.12mm
측정 재현성	0.09mm
캘리브레이션	N-Plane 3D calibration

이러한 스캐너를 통해서 확보한 3D 스캐닝 데이터는 **Fig.4**와 같으며 데이터의 내용은 x, y 위치의 index와 노이즈(noise), x, y, z의 좌표 값으로 구성된다. 이때 n fruit값으로 출력되는 노이즈는 스캐닝 과정에서 발생하는 불필요한 좌표점을 의미하는데 0이외의 값을 갖는 좌표는 노이즈가 발생하였음을 나타낸다. 따라서 유한 요소로 재구성하는 과정에서 노이즈 값이 0이 아닌 좌표점에 대해서는 node로서는 활용할 수 있으나 element 구성 과정에서 제외를 함으로서 올바른 데이터만을 추출할 수 있다. 이러한 데이터는 순차적인 스캐닝 방식을 사용하는 이유로 좌표점을 가시화 시키게 되면 **Fig.5**와 같은 형상으로 나타낼 수 있다<sup>[2]</sup>.

이와 같은 스캐닝 데이터에서 노이즈 점들을 제외하고 실제 메쉬를 생성하기 위하여 사용되는 좌표점들만을 추출하여 가시화 시키게 되면 **Fig.5**와 같은 형상으로 나타낼 수 있다.

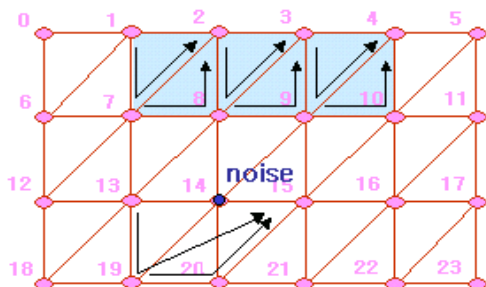
i	j	n fruit	x	y	z
0	0	0	1	0	0.8
2	0	0	4	2	0.7
4	0	0	6	8	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
0	2	2			
2	2	0			
4	2	1			
⋮	⋮	⋮			
⋮	⋮	⋮			
화면상의 좌표 값		noise	실제 좌표 값		

**Fig.4** 3D scanning data contents



**Fig.5** Visualizing native 3D scanning data

메쉬 생성에 대한 기본적인 알고리즘은 **Fig. 6**을 통하여 유추해 낼 수 있다. 하나의 메쉬는 3개의 좌표점을 갖는 삼각 메쉬로 구성할 수 있으며 구성 방법은 반시계 방향으로 1-7-2, 7-8-2, 2-8-3, 8-9-3 과 같은 과정을 거치면서 메쉬를 생성해 나간다. 이때 **Fig.6**에서 보는 바와 같이 14번째 좌표점이 노이즈 값을 나타내게 되면 15번째 좌표점이 14번째 좌표점을 대신하여 새로운 메쉬를 구성하게 된다. 이와 같은 과정을 통해서 구현한 알고리즘의 가시화 결과는 **Fig.7**과 같다<sup>[3]</sup>.



**Fig.6** Mesh generation from scanning data

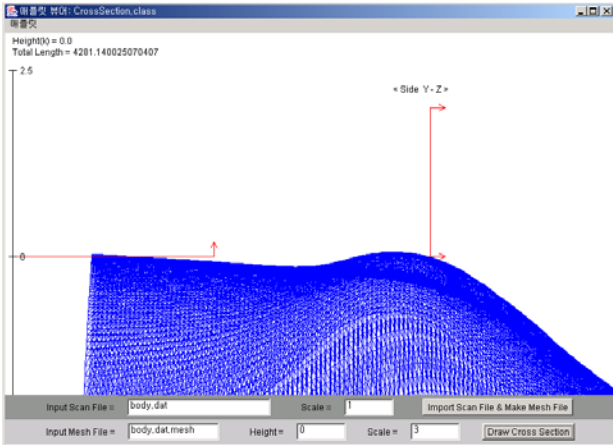


Fig.7 Visualizing mesh generation

#### 4. 단면 형상 알고리즘

3D 스캐닝 데이터는 실물에 대한 3차원의 점 좌표들로 구성되어 있다. 따라서 이러한 점들을 통해서 그 형상에 대한 다양한 정보를 습득할 수 있는데 이와 같은 데이터를 앞서 제시한 메쉬 생성 알고리즘을 통해 유한요소적인 모델로 변환하여 주게 되면 그 활용범위가 더욱 넓어진다. 이와 같은 전체 시스템 구성도는 Fig.8과 같이 표현할 수 있다.

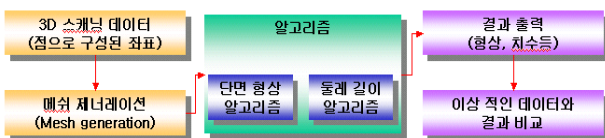


Fig.8 System process

다음 Fig.9는 인체 형상에 대한 3D 스캐닝 데이터를 유한 요소적 데이터로 변환 한 것을 나타낸다. 유한 요소적 데이터는 element와 node로 구성되어 있는 데이터로서 단면 알고리즘에 적용하는데 있어서 효율적으로 좌표점을 구성할 수 있게 해주기 때문에 유한 요소적 데이터로 변환하여 주는 것이 바람직하다. 이렇게 변환된 데이터는 본 연구에서 해당 부분별 단면 형상 및 둘레 길이 등을 구하는 알고리즘에 적용하는 입력 파일로서 사용된다. 이와 같은 데이터를 이용하여 Fig.10과 같이 각 element와 node로 이루어진 형상을 재현하고 원하는 위치에서의 둘레 형상 및

길이를 구하는 알고리즘을 구현 한다.

#interface model type = Abaqus			
#post V1.0			
#produced by			
#summary data			
node#	T11 : x	node#	T22 / T33 / 0 : layer#
1	-0.41265	2.5025	0.3373
2	-0.39765	2.1575	0.4673
3	-0.47265	2.2675	0.2173
4	-0.14765	2.4675	0.6675
5	-0.17265	2.0525	0.6475
6	-0.14765	2.2775	0.7775
7	0.00237	2.0525	0.6675
8	-0.01763	2.2675	0.7075
9	0.11735	2.2025	0.4973
10	0.11735	2.3425	0.5775

#element, type=3			
1	2	1	3
2	1	2	4
3	4	2	5
4	4	5	6
5	7	6	5
6	6	7	8
7	9	6	7
8	9	10	6
9	9	11	10
10	9	12	11

Fig.9 Changed data by mesh generation algorithm

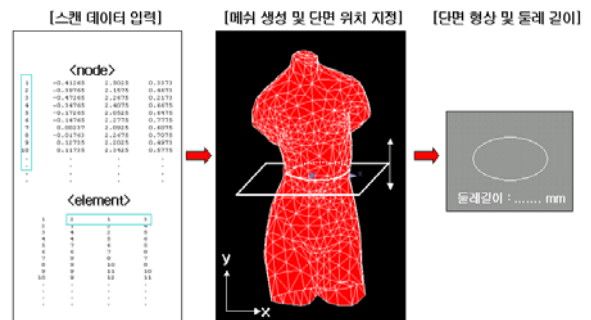


Fig.10 Process of cross section shape algorithm

단면 형상을 구현하는 기본적인 방법은 Fig.11과 같이 메쉬로 이루어진 평면과 임의의 평면의 교선을 유도함으로써 구할 수 있다. 스캐닝 데이터는 점들의 좌표로 구성되어 있기 때문에 단면 형상을 구하기 위해서는 유한 요소적인 모델로 재구성 할 필요가 있다. 따라서 메쉬 생성 알고리즘으로부터 메쉬가 생성되면 해당 메쉬와 메쉬를 가로 지르는 평면과의 교선은 단면 형상을 결정 짓는 방법으로 사용 된다<sup>[4,5]</sup>.

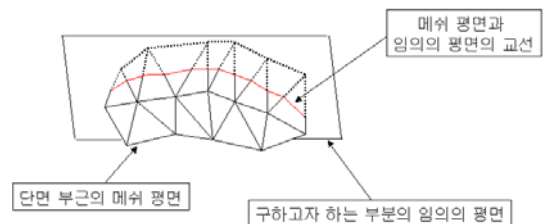


Fig.11 Process of cross section acquisition

이때 메쉬와 단면 평면과의 교차점을 계산하는 알고리즘은 Fig.12에서 나타나듯이 하나의 메쉬 평면에 대하여 단면 절단 평면을 대체하는 직선 L과의 교차점(k0, k1)을 계산함으로써 한 메쉬 평면을 지나는 선분을 구할 수 있다. 이와 같은 방식으로 전체 element수만큼, 즉 메쉬의 개수만큼 반복함으로써 해당 부위의 메쉬 평면을 지나는 선분을 모두 구하고 이 선분들을 연결하여 둘레 형상을 최종적으로 구한다. 메쉬와 직선 L의 교차점을 구하는 식은 식(1)과 식(2), 식(3)을 연립함으로써 쉽게 얻어진다<sup>[6]</sup>.

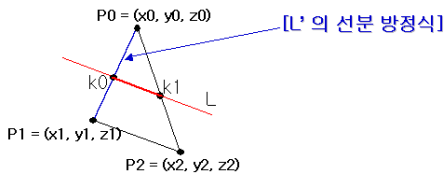


Fig.12 Calculation cross point between mesh and plane

$$\frac{x - x0}{x1 - x0} = \frac{y - y0}{y1 - y0} = \frac{z - z0}{z1 - z0} \quad (1)$$

$$x = \frac{(y - y0)(x1 - x0)}{(y1 - y0)} + x0, \quad (2)$$

$$z = \frac{(x - x0)(z1 - z0)}{(x1 - x0)} + z0 \quad (3)$$

$$Ax + By + Cz + D = 0 \rightarrow y = k \quad (3)$$

그런데 직선 L이 메쉬 평면을 지나는 종류는 다양하기 때문에 위 식(1), 식(2), 식(3)은 각각 P0, P1, P2중 어떤 좌표점 사이를 지나는지에 따라서 다르게 적용된다. 즉 가장 기본적으로 메쉬 평면을 지날 수 있는 경우의 수는 Fig.13과 같이 두 점을 지나는 경우와 하나의 선분과 교차 하는 경우, 그리고 하나의 점만을 지나는 경우로 볼 때 크게 3종류이지만 각 메쉬별로 시계방향, 반시계방향을 고려하고, 각 p0, p1, p2가 각각 서로 다른 두 점에 비해 절단면 보다 위에 있는지의 여부에 따라서 교점의 좌표가 달라진다. 따라서 교점 좌표가 생길 수 있는 경우의 수는 그만큼 다양하고 많아지게 된다. 이처럼 각각의 메쉬에 대하여 교점을 구하는 방법은 여러 개의 메쉬 집

합이 순차적으로 정렬되었을 때에만 적용할 수 있는 알고리즘과는 달리 불규칙 적으로 생성된 메쉬 집합에서도 유용하게 쓰일 수 있기 때문에 그만큼 활용도가 높을 것이라 판단된다. 이러한 방법을 통하여 Fig.14, Fig.15에서는 메쉬가 생성된 인체 모형 및 임의의 기계적 부품에 대한 각 부위별 단면 형상을 가시화 한 것을 나타낸다<sup>[7,8]</sup>.

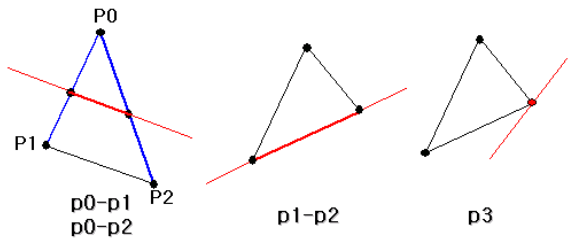


Fig.13 Various case in cross point

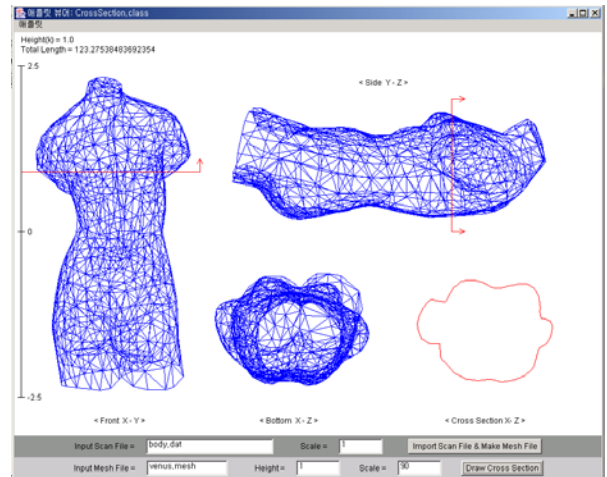


Fig.14 Visualizing of cross section in human body

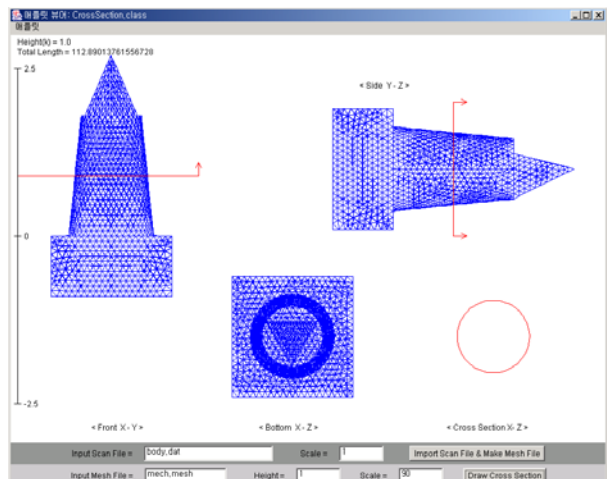


Fig.15 Visualizing of cross section in mechanical part

## 5. 단면의 둘레 계산

단면의 둘레를 계산 하는 방법은 위에서 구한 하나의 메쉬 평면에서 결정되는 선분 길이의 총 합으로 구할 수 있다. 즉 단면 평면이 지나는 부분에 속한 메쉬 평면과 단면 평면의 교선은 둘레 형상을 이루는 동시에 둘레 길이를 구할 수 있도록 해주는 알고리즘으로 사용할 수 있다. 따라서 단면 평면이 지나는 메쉬 평면의 개수만큼 반복하여 선분 길이의 총 합을 구하면 전체 둘레 길이를 대략적으로 구할 수 있게 되며 이러한 계산은 식(4)와 같이 각 교점들 간의 좌표점 거리 계산 공식을 통해서 구할 수 있다.

$$\sum_{i=0}^N M = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \quad (4)$$

## 6. 결 론

기존의 설계 방식으로 구현하기 힘든 생산 과정에 있어서 역설계 방식의 도입은 다양한 문제들을 해결해 주고 있다. 특히 설계 정보에 따른 생산품의 품질성 검사를 위하여 역설계 과정을 거쳐 생산품과 도면과의 검증작업을 실시하는 기업들이 점차 늘어가고 있는 추세이다. 뿐만 아니라 이러한 역설계 방식의 응용분야는 제조, 의료 분야를 막론하고 문화재 복원과 같은 특수 분야에도 접목되고 있다. 따라서 이러한 역설계 기법을 적용하여 본 연구에서는 3D 스캐닝 데이터를 통해 유한 요소적 모델로 변형하였고 이러한 데이터를 이용하여 인체, 또는 기계적인 모델에 대한 모델의 단면 정보를 획득하였다. 이러한 단면 정보는 모델에 대한 생산 또는 검증과정에 이용될 수 있을 뿐만 아니라 가장 이상적인 표준 모델과의 비교를 통해서 앞으로 개선해야할 사항들에 대한 정보를 얻어 낼 수도 있을 것이다.

3D 스캐닝 데이터의 활용도가 점차 늘어감에 따라서 스캐닝 데이터를 효율적으로 이용할 수 있는 기술 또한 점차적으로 발전할 것으로 추측된다. 따라서 본 연구의 결과 역시 이러한 흐름에 맞추어 다양한 연구 분야에 활용할 수 있는 알고리즘을 제시하였고, 향후 지속적인 연구를 통해 그 응용 범위가 확대될 것으로 판단된다.

## 후 기

이 논문은 2003학년도 충남대학교 자체연구비 지원에 의하여 연구되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

## 참고문헌

- (1) Brooks O. Jacobs, 2001. "The Present and Future of Reverse Engineering", CAD & Graphics, pp.50-69.
- (2) H. Woo, E. Kang, Semyung Wang, Kwan H. Lee, 2002, "A new segmentation method for point cloud data", International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol.42, pp.167-178.
- (3) Y.H. Chen, C.T. Ng, 1997, "Integrated Reverse Engineering and Rapid Prototyping", Computers ind. Engng, Vol.33, pp.481-484.
- (4) Liang-Chia Chen, Grier C I Lin, 1997, "An integrated reverse engineering approach to reconstructng free-form surfaces", Computer Integrated Manufacturing systems, Vol.10, No.1, pp.49-60.
- (5) Charlie C.L. Wang, Terry K.K. Chang, Matthew M.F. Yuen, 2003, "From laser-scanned data to feature human model : a system based on fuzzy logic concept", Computer-Aided Design, Vol.35, pp.241-253.
- (6) L.Y. Zhang, R.R. Zhou, L.S. Zhou, 2003, "Model reconstruction from cloud data", Journalof Materials Processing Technology, Vol.138, pp.494-498.
- (7) Alan C. Lin, Shou-Yee Lin, Tse-Hao Fang, 1998, "Automated sequence arrangement of 3D point data for surface fitting in reverse engineering", computers in Industry, Vol.35, pp.149-173.
- (8) Shuh-Ren Liang, Alan C. Lin, 2002, "Probe-radius compensation for 3D data points in reverse engineering", Computers in Industry, Vol.48, pp.241-251.