

단속형 가변적층쾌속조형공정을 이용한 3 차원 스캔데이터로부터 3 차원 시작품의 쾌속 제작

이상호*(KAIST 대학원), 안동규(KAIST 대학원), 김효찬(KAIST 대학원),
양동열(KAIST), 박두섭(전북대 대학원), 채희창(전북대)

Rapid Manufacturing of 3D Prototype from 3D scan data using VLM-ST

S. H. Lee(Graduate School, KAIST), D. G. Ahn(Graduate School, KAIST), H. C. Kim(Graduate School,
KAIST), D. Y. Yang(KAIST), D. S. Park(Graduate School, CBNU), H. C. Chae(CBNU)

ABSTRACT

The reverse engineering (RE) technology can quickly generate 3D point cloud data of an object by capturing the surface of a model using a 3D scanner. In the rapid prototyping (RP) technology, prototypes are rapidly produced from 3D CAD models in a layer-by-layer additive basis. In this paper, a physical human head shape is duplicated using a new RP process, the Transfer-type Variable Lamination Manufacturing process using expandable polystyrene foam sheet (VLM-ST), after the point cloud data of a human head shape measured from 3D SNX scanner are converted to STL file. From the duplicated human head shape, it has been shown that the VLM-ST process in connection with the 3D scanner is a fast and efficient process in that shapes with free surface, such as the human head shape, can be duplicated with ease. Considering the measurement time and the shape duplication time, the use of 3D SNX scanner and the VLM-ST process is expected to reduce the lead-time for the development of new products in comparison with the other existing RE-RP connected manufacturing systems.

Key Words : Reverse Engineering (역공학), rapid prototyping (RP), 3D scan data (3 차원 스캔 데이터), 3D scanner (3 차원 스캐너), USL data (단위형상층 데이터), VLM-Slicer, VLM-ST(단속형 가변적층쾌속조형공정)

1. 서론

현대 산업 사회는 급격한 산업 발전과 소비자의 다양한 기호에 따라 제품의 모델이 다양화되고 형상이 복잡해 지고 있다. 또한 국내외 시장에서 제품의 개발기간과 시작품 제작 기간의 단축이 요구되고 있으며, 이에 따른 시장 도입시기 및 제품 개발의 납기 단축이 중요한 문제로 대두 되었다. 따라서 제품의 다양성과 시작기간의 단축에 부응할 수 있는 시작 및 금형 제작 방법의 기술 혁신이 필요하게 되었으며 제품 설계 및 개발의 동시 공학적 추구가 필수적이다. 이러한 시장의 요구를 만족시키고, 고품질의 신제품을 빠른 시간에 개발하기 위해 역공학기술(Reverse Engineering Technology)과 쾌속조형기술(Rapid Prototyping Technology) [1]이 도입되었다.

역공학기술 [2-5]은 기존의 제품으로부터 3 차원 측정틀을 통해서 측정 데이터(point cloud data)를 얻은 후 이로부터 CAD/CAM 에 이용 가능한 3 차원 CAD 모델을 생성하는 것이다. 이러한 역공학 기술은 CAD 데이터가 없는 부품과 동일한 물건이 필요한 경우, 기존에 3 차원 CAD 데이터가 없이 제작된 제품을 개조하여 새로운 제품을 개발하고자 할 경우에 필요로 하며, 신제품 개발, 금형 및 제품의 검사 또는 복제, 의료 분야에서 인공관절 및 치아제작, 수술 준비에 필요한 모형 제작, 애니메이션 캐릭터 또는 3 차원 입체 아바타 생성 등의 분야에 활용되고 있다.

쾌속 조형 기술은 제품의 3 차원 CAD 데이터로부터 얻어진 얇은 층을 순차적으로 적층하여 비교적 빠른 시간 내에 3 차원 형상의 시작품을 만들 수 있는 기술이다. 쾌속 조형 기술은 다음과 같은

단계로 3 차원 형상을 제작한다.

(1) 제작하려는 제품을 3 차원 CAD 모델러를 이용하여 모델링하고, 3D CAD 모델의 표면을 삼각형 망으로 근사화한 STL 파일로 변환한다.

(2) STL 파일을 적층 두께 간격으로 슬라이싱하여 2 차원 단면(slice) 데이터를 얻는다.

(3) 이 슬라이스 데이터를 사용하여 여러 가지 방법으로 각 층마다 얇은 층을 만들고 이것을 순차적으로 적층해 감으로써 CAD 데이터와 같은 3 차원입체형상을 얻는다.

사람의 두상과 같은 형상은 자유표면형상이기 때문에 3 차원 CAD 모델링을 하기에는 상당한 어려움이 뒤따른다. 이러한 자유 표면 형상은 역공학 기술인 3D 스캐닝 방식을 이용하면 쉽게 3D CAD 모델을 얻을 수 있다. 본 연구에서는 두상과 같은 자유 표면 형상을 보다 신속하고 효율적으로 복제할 수 있는 방법으로 신개념의 가변 적층 쾌속 조형 공정을 3D 스캐너와 연계하여 활용하고자 한다.

2. 3D 스캔 데이터 생성

2.1 3D 스캐닝

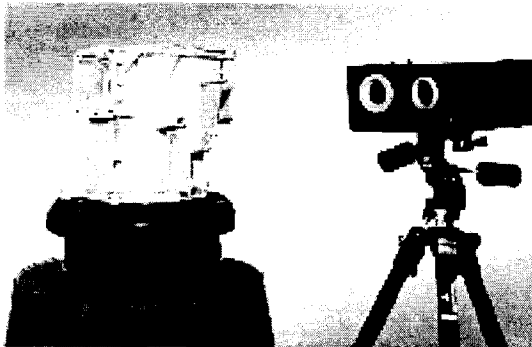


Fig. 1 SNX-2002 Scanner (Rotary table system)

Table 1 Comparison of laser scanner and SNX-2002

	Laser Scanner	SNX-2002
Scanning time	Long.	Short (0.7 sec)
Light source	Laser	Halogen lamp (Natural light)
Stability	Weak	Available in human body & cultural assets
Noise	Many.	Small
Object color	Mainly white	Less effect to object color

본 연구에서는 Fig. 1 에 보여진 것과 같이 ㈜솔루션닉스¹⁹⁾에서 개발한 할로겐 램프를 광원으로 사용하는 3 차원 스캐너인 SNX-2002 를 두상 모형

의 3 차원 측정 데이터를 얻는데 사용하였다. 두상 모형을 회전테이블 위에 올려놓고 회전시켜서 별도의 수작업 없이 여러 각도의 데이터를 측정하여 손쉽게 360 도 'Full model' 형상을 얻을 수 있다.

Table 1 은 SNX-2002 와 기존의 레이저 스캐너와 비교한 것을 보여 준다. 본 연구에 사용된 3D 스캐너의 최대 측정 영역은 320 mm×240 mm×150 mm 이고, 측정 정밀도는 ± 100 μm 이다.

Fig. 2 는 SNX-2002 3D 스캐너를 이용하여 두상 모형을 측정한 데이터를 나타낸다.

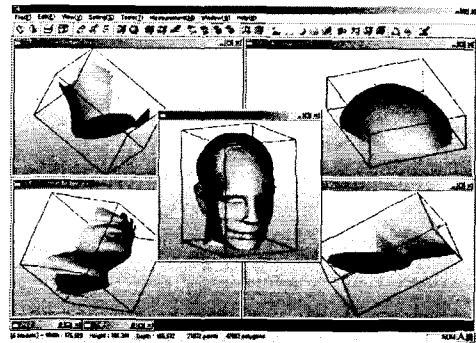


Fig. 2 3D scanning and registering

측정한 데이터는 영상의 잡음(Noise)으로 인해 간혹 데이터의 일부가 튀는 경우가 있는데, 이 튀는 점들을 제거하는 작업(despiking), 경계의 모서리의 길이가 특정 길이보다 큰 경우, 그 모서리를 포함하는 삼각형을 지우는 작업 (cleaning), 모델을 나누어 측정 후 조각들을 일치시켜서 다시 원래 모델을 완성하는 작업(registration)이 이루어 진다.

그리고 나서 Fig. 3 과 같이 완전한 3D CAD 모델을 얻기 위해서 끊어지거나 겹친 부분을 하나로 이어주는 작업(merging), 측정이 안된 부분을 보간 방법으로 메우는 홀을 메우는 작업(hole filling)이 수행 된다.

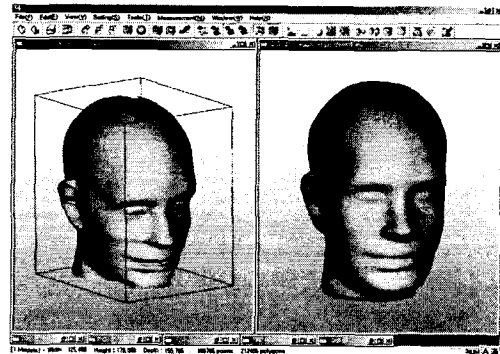


Fig. 3 Merging

2.2 STL 파일 변환

SNX scanner 는 3D CAD 모델의 기하학적 형상을 삼각형 격자로 근사화한 STL 파일포맷(ASCII 형식과 Binary 형식)으로 측정 데이터를 변환하는 기능을 지원한다. Fig. 4 는 앞서 측정된 3D 스캔 데이터를 STL 파일로 변환한 것을 보여준다.

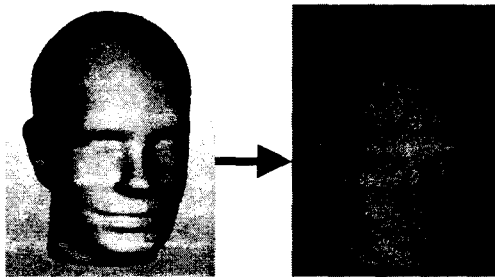


Fig. 4 Conversion to STL file from 3D scan data

Table 2 Decimation

	Before Decimation	After Decimation
Facets	193,692	61,976

STL 파일로 변환할 때, 모델 점 데이터의 수를 줄이는 작업(decimation)을 수행하여 측정된 형상이 잘 표현되는 범위 내에서 Table 2 와 같이 패싯의 수를 감소시켰다.

3. VLM-Slicer 를 이용한 USL 데이터의 생성

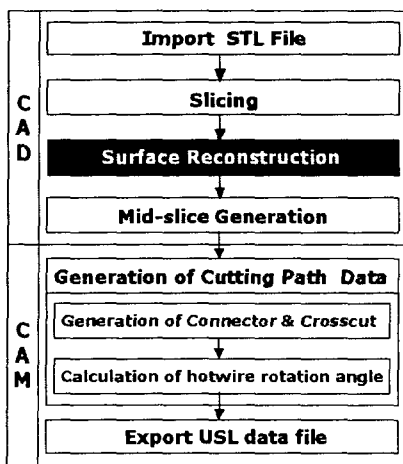


Fig. 5 Flowchart of VLM-Slicer

VLM-Slicer [7]가 선형 열선 절단기의 절단 경로 데이터를 생성하는 절차는 Fig. 5 에 나타낸 흐름도

와 같이 크게 5 가지 단계로 이루어진다[12].

Fig. 6 은 VLM-Slicer 를 사용하여 측정된 두상 데이터로부터 얻어진 STL 파일을 읽어 들어서 단속형 가변 적층 패속 조형 공정(VLM-ST)의 선형 열선 절단기의 절단 경로 데이터인 단위형상층(USL) 데이터를 생성한 것을 보여준다. 스캐닝 데이터로부터 변환된 STL 파일로부터 중간단면을 생성한 후에 적층 기준형상을 부가한 후, 열선 절단기의 회전각을 계산하여 Fig. 6 과 같은 각 점의 좌표값(x, y) 과 측면 경사각(θ_x, θ_y)을 가지는 최종 USL 데이터를 생성하였다. VLM-Slicer 에 의해서 생성된 단위 형상 층의 수는 48 층이고, 이때 각 층의 두께는 4 mm 이다.

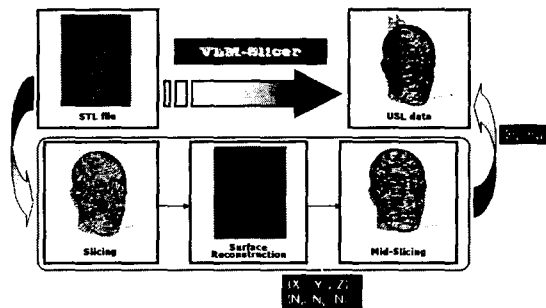


Fig. 6 USL data generation of scanned head data

4. VLM-ST 를 이용한 3 차원 형상 제작

앞서 기술한 바와 같이 측정 데이터로부터 절단 경로 데이터가 생성되면 VLM-ST 장치 [8, 9, 10]를 이용하여 Fig. 7 과 같이 실제 형상을 제작할 수 있다. VLM-ST 공정에서는 USL 데이터에 따라 선형 열선 절단기로 각각의 단위 형상층을 절단하고 파일럿 핀과 적층 기준 형상을 이용하여 완전한 형상을 적층한 다음, 표면 거칠기를 향상 시키기 위해서 후처리를 하여 최종 제품을 완성한다.

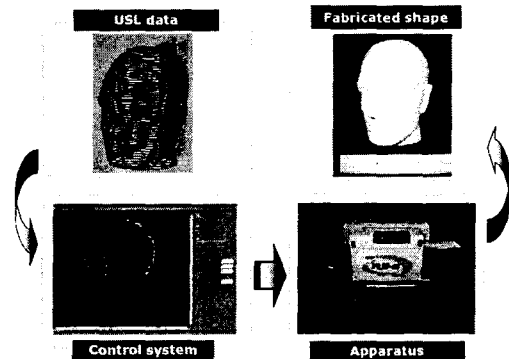


Fig. 7 Fabrication process of human head shape

Table 3 에 원래 물체와 측정 데이터로부터 변환된 STL 데이터, 그리고 복제된 두상 '형상'에 대해서 그 형상을 포함하는 'bounding box'의 체적을 나타내었다.

Table 3 Comparison of original part and duplicated part

	Bounding Box Volume
Original part	124.87 mm×163.22 mm×188.26 mm
Measured STL	123.62 mm×161.95 mm×188.62 mm
Duplicated part	122.99 mm×161.29 mm×188.00 mm

Table 4 는 VLM-ST 장치를 이용하여 실제 형상을 제작하는데 걸린 전체 시간을 기존의 상용화된 패속조형공정인 LOM 공정과 비교하여 나타내었다.

Table 4 Comparison of total build time for the human head shape

40 mm/sec	Build time (min)			
	Cutting	Building	Post-processing	Total
LOM	2,125		120	2,325
VLM-ST	29	24	30	84

Fig. 8 은 LOM 과 VLM-ST 공정으로 제작된 두상 형상을 보여준다.



(a) LOM (b) VLM-ST
Fig. 8 Comparison of fabricated results for the human head shape

5. 결론

본 연구에서는 3D 스캐너로부터 측정된 데이터를 STL 파일로 변환한 다음, 단속형 가변 적층 패속 조형 공정용 CAD/CAM 시스템인 VLM-Slicer 를 이용하여 절단 경로 데이터(USL data)를 생성하고, 이 데이터로부터 VLM-ST 장치를 이용하여 실제 형상을 복제하였다. 이러한 연구를 통해서 두상과 같은 자유 표면 형상을 보다 신속하고 효율적으로 복제할 수 있는 방법으로 신개념의 가변 적층 패속 조형 공정을 3D 스캐너와 연계하여 활용가능함을 보였다. 그리고, 형상 측정 시간과 형상 복제 시간을 고려할 때, 종래의 RE-RP 연계 생산 시스템에 비해서 본 연구에서 사용한 3D SNX scanner 와 VLM-ST 공정을 이용하는 것이 다양한 제품의 개발기간과 시작품 제작 기간을 단축시키고, 이에 따

른 시장 도입시기 및 제품 개발의 납기 단축에 부응할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 과학기술부 국가중점사업인 주문적응형 패속제품개발시스템 사업단의 “가변 용착/적층에 의한 직접식 패속 조형 공정 및 응용 기술 개발” 연구 결과의 일부이며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. P. F. Jacobs, Stereolithography and other RP&M Technologies from Rapid Prototyping to Rapid Tooling, ASME Press, 1996.
2. 우혁제, 이관행, “리버스 엔지니어링으로 생성된 데이터를 이용한 패속 조형 기술 연구,” 한국정밀공학회지, 제 16 권, 제 1 호, pp. 95-107, 1999.
3. 최영, 박진표, “삼차원 디지털자를 이용한 역설계 시스템,” 한국정밀공학회지, 제 16 권, 제 4 호, pp. 102-109, 1999.
4. 최병규, “형상역공학을 위한 정밀모델링 기술의 현황,” 패속시작기술연구회 98 년도 춘계학술대회, pp. 80-85, 1998.
5. 김승우, 최이배, 오정택, “이중파장 위상천이영사식모아레를 이용한 3 차원형상측정,” 패속시작기술연구회 98 년도 춘계학술대회, pp. 93-97, 1998.
6. <http://www.solutionix.com>
7. 이상호, 안동규, 양동열, “VLM-S 용 선형열선절단기의 회전각 계산,” 한국정밀공학회지, 제 19 권, 제 2 호, pp. 87-94, 2002.
8. “선형 열절단 시스템을 이용한 단속적 재료 공급식 가변적층 패속조형 공정 및 장치,” 국내 특허, 특허 출원 번호 제 2001-0040212 호, 2001.
9. 안동규, 이상호, 최홍석, 양동열, 박승교, “단속형 재료공급식 가변 적층 패속조형공정 및 장치 개발에 관한 연구,” 한국정밀공학회지, 제 19 권, 제 2 호, pp. 95-105, 2002.
10. D. G. Ahn, S. H. Lee, D. Y. Yang, “Investigation into thermal characteristics of linear hotwire cutting system for variable lamination manufacturing (VLM) process by using expandable polystyrene foam,” International Journal of Machine Tools & Manufacture, Vol. 42, No. 4, pp. 427-439, 2002