

# OPTO-Top 패턴주사기에 의한 자동차부품의 3차원모델링 3D Modelling of Moblie Part Using OPTO-Top Pattern Scanner

한승희<sup>1)</sup> · 오원진<sup>2)</sup> · 배연성<sup>3)</sup>  
Han,Seung Hee · Oh, Won Jin · Bae, Yeon Sung

<sup>1)</sup>천안공업대학 토목과 교수(E-mail:shehan@cntc.ac.kr)  
<sup>2)</sup>충청대학 토지정보관리과 부교수(E-mail:wjoh@ok.ac.kr)  
<sup>3)</sup>충청대학 건설환경시스템 부교수(E-mail:baeys@ok.ac.kr)

### Abstract

Effective 3 dimensional modelling is to be essential work for design of construction, mechanic and industrial part. Especially, it makes possible for reverse design. It need rapidity, accuracy, reality. Data acquisition method for modelling are contact 3dimensional measurement system, LASER scanner, Pattern scanner, and digital photogrammetry. This study introduce to 3 dimensional modelling methods and analysis of these method. We tried to 3D modelling of automobile part using OPTO-Top pattern scanner which system have rapidity and accuracy, and compared effectiveness of each method. The 3D display web environment was made.

keyword : 3 dimensional modelling, reverse design, Laser scanner, pattern scanner

## 1. 서론

동시공학설계의 한 부분인 역공학설계(Reverse Engineering)는 산업현장에서부터 건축, 건설분야, 인터넷 등으로 그 사용영역을 넓혀가고 있으며 새로운 테놀로지의 영역으로 각광을 받고 있다.

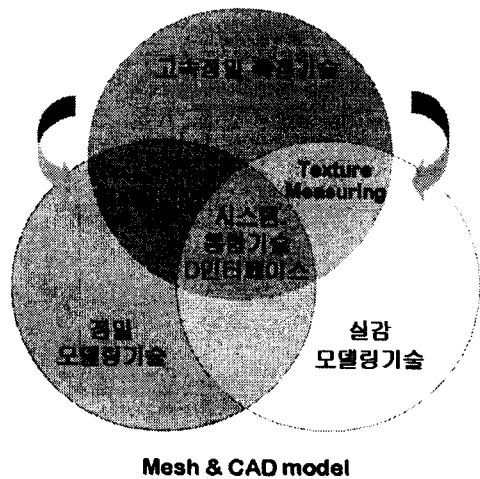


그림 1. 모델링기술의 구성

측정방식은 접촉식과 비접촉식으로 나눌 수 있으며 비접촉식은 주로 광학적인 원리로 측정된다. 접촉식 방법에는 CMM(Coordinate Measurement Machine)이 있으며 비접촉식 방법에는 광학적 스캐너와 사진측량에 의한 방법이 있다. 인체, 흉상, 부조, 엔지니어링, 영상, 애니메이션, 산업디자인, 캐릭터, 의료, 교육, 복제, 문화재복원 등에 활용이 가능하며 측정속도와 정확도향상에 관한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 비접촉식 optical scanner인 OPTO-TOP을 이용하여 대상물의 3D모델을 구축하고 Web 상에서 서비스 할 수 있는 환경을 구축하고자 한다. 향후 수치사진측량과의 정확도 및 효율성을 비교하고자 한다.

## 2. 3차원 모델링기법

### 2.1 H/W

CMM 기법은 다분히 기계적인 방법으로 기계부품의 검사 등에 많이 쓰이는 방법이고 스캐닝기법에는

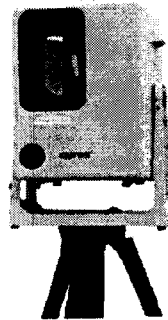
point, line, area 단위로 스캐닝한다. Point 단위의 스캐닝은 레이저를 이용한 반사광법방식으로 송출부에서 보낸 접촉광이 물체에 부딪혀 돌아와서 수광부에 있는 PSD의 착상위치를 이용하여 그 거리를 알아내는 방식이다. 이 기법은 전기적인 간섭을 받지 않기 때문에 내잡음성이 좋으며 레이저의 과장을 짧게 하면 더욱 높은 정확도로 측정할 수 있다. 정확도는 10-20 $\mu$ m 정도이며 측정점 이동을 위한 기구부가 필요하고 측정시간이 과다하게 소요된다는 단점이 있다. 대형의 구조물측량용은 주로 지상 구조물, 플랜트, 도로단면 측량에 사용된다. 대단히 신속한 속도로 스캐닝을 실시하며 손쉽게 3D 모델을 구축할 수 있다. 예를 들어 높이 3층, 길이 100여미터 되는 건물을 1cm 간격으로 스캐닝한다고 할 때 불과 1-2시간이내에 작업을 끝낼 수 있다.

표 1. 3차원 모델링 방법의 종류 및 효율성

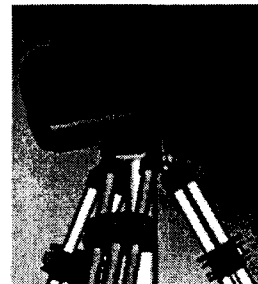
	CMM	Optical scanner			Photogrammetry	
		point	line	area	point	area
매체	touch probe	LASER	LASER	Light	light	light
Accuracy	1/1000in	10 $\mu$ m	80 $\mu$ m ~ 1m m	10 $\mu$ m	10-20 $\mu$ m	10-20 $\mu$ m more
3D획득	3D coord.	3D coord.	3D coord.	3D coord.	3D coord.	3D coord.



(a)Cyrax HDS3000



(b)Cryax HDS2500



(c)MENSIS-S10

그림 2. 최근 사용되고 있는 Large scale scanner

Line단위의 스캐닝기법에는 slit-beam을 사용하는 방법이 가장 일반적인데 그림에서와 같이 슬릿 레이저를 주사하고 렌즈를 통해 CCD에 그 영상을 기록함으로써 측정된다. 조밀한 데이터를 얻기 위해서는 슬릿의 미세이동장치가 필요하며 정확도는 80 $\mu$ m~1mm정도이다. 역시 대상물이 소형일 경우에 적용할 수 있는 방식이다.

Area단위의 스캐닝기법에는 공간코드화법, 모아레기법, 위상차측정법(PMP)이 있다. 최근에 역설계나 모델링 기법에서 마이크로미터 단위의 정확도와 신속한 데이터획득으로 각광을 받고 있는 방법은 공간

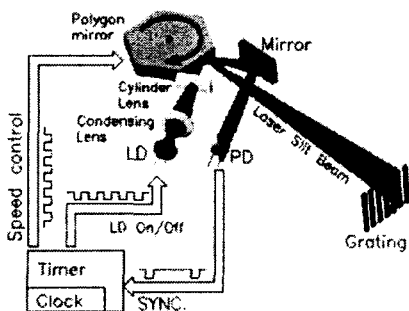


그림 3. 위상측정법의 내부개념도

코드화법이다. 측정대상에 패턴을 투사하고 카메라로 물체에 투영된 패턴을 촬영하고 이를 분석하여 3차원 데이터를 획득하는 시스템이다. 이밖에 영사식모아레 방법은 한 쌍의 같은 피치를 가지는 동일한 직선격자가 각각 투영격자와 기준격자로 사용된다. 광원에 의해 조명되어진 투영격자는 투영렌즈에 의해 측정 대상물체에 투영되게 되고 투영된 직선형태의 격자는 물체의 높낮이에 따라서 휘어지게 되는데 이 변형된 격자를 결상렌즈에 의해 기준격자 상에 결상된다. 위상측정법은 모아레 방법에서 광학계를 대폭간소화한 방법으로 고속으로 회전하고 있는 회전다면경에 레이저다이오드를

이용한 슬릿광을 영사하여 측정영역을 스캐닝하는 방식이다.

## 2.2 S/W

기존의 리버스 엔지니어링용 어플리케이션은 일반적인 곡면 모델링기능에 충실하면서 측정점처리를 위한 특화된 기능들을 요구하고 있다. 구체적으로 기존 리버스엔지니어링 모델방식의 전형적인 작업흐름은 그림5에서 도시한 바와 같으며 다음의 작업순서를 따른다. 폴리곤 중심작업의 독특한 특징 중의 하나는 측정점들로부터 폴리곤을 형성하고 폴리곤으로부터 곡선 및 곡면을 생성하도록 기능이 구현되어 있다는 것이다. 폴리곤 모델은 곡면표현에 비해서 상대적으로 항상변형이 어렵고 2차곡면에 대한 표현이 불가능하고, 또한 데이터의 양이 방대해 지는 문제가 있다. 그러나 폴리곤 데이터의 품질이 충분히 좋다면 반드시 곡면모델이 필요한 것은 아니라고 할 수 있다. 폴리곤 중심의 리버스엔지니어링의 주요 장점은 다음과 같다.

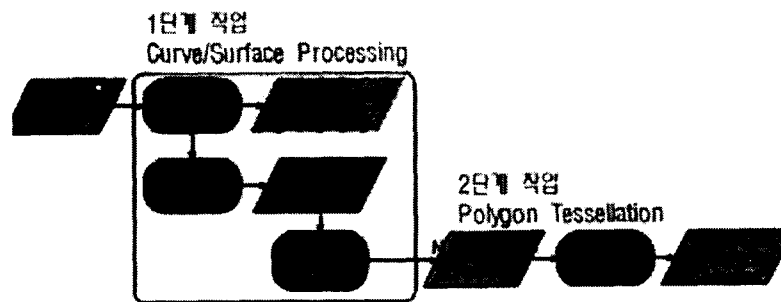


그림 4. 기존 리버스엔지니어링 작업프로세스

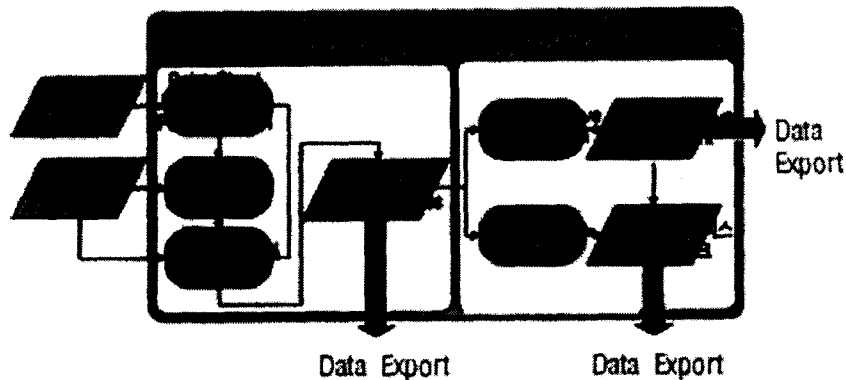


그림 5. 폴리곤 중심 작업프로세스

NURBS(Non Uniform Rational B-Spline) 또는 CAD 데이터 없이 폴리곤 데이터로도 충분히 실용적인 결과를 얻을 수가 있다. 기존 리버스 엔지니어링 방식의 경우는 폴리곤 데이터만이 필요한 경우에도 곡면을 모델링 해야 하기 때문에 작업효율이 떨어지는 문제가 있다고 볼 수 있다. 폴리곤 최적화, 모델링 및 비정합데이터 수정기능을 활용하면 측정적후의 기하 또는 위상학적으로 비정합데이터를 포함하는 초기모델을 국소미분 가능 폴리곤으로 수월히 수정할 수가 있다. 따라서 최근의 3차원 모델링 작업은 폴리곤 중심으로 가고 있다고 말할 수 있다.

### (1) 측정점으로부터 곡면을 획득하는 방법

Point cloud로부터 직접 곡면으로 피팅하는 방식으로 작업은 간단하지만 결과곡면의 품질을 보장할 수 없다는 단점이 있다.

## (2) Cloud에서 단면곡선, 경계곡선을 생성하고 생성된 곡선을 이용하여 곡면을 생성하는 방식

가장 보편적인 방법으로 곡면의 품질을 작업자가 조정하면서 원하는 곡면의 모델을 생성할 수가 있다. 그러나 이 방법은 작업자의 충분한 경험을 필요 하며 작업자의 곡선 및 곡면의 기하학적인 지식 및 사용하는 어플리케이션의 활용 능숙도에 따라서 상당한 품질의 차이가 발생한다.

## (3) 폴리곤에서 직접곡면을 생성하는 방식

최근에 실현된 방법으로써 (1),(2)번재의 작업장점을 얻을 수 있는 방법이다. 곡면의 품질을 작업자가 원하는 수준으로 조정할 수가 있으면서 숙련도에 의존하는 정도를 낮출 수 있는 방법이다. 또한 작업시간 역시 곡선 모델링과정이 생략되기 때문에 획기적으로 단축시킬 수가 있다는 장점이 있다. 따라서 이 방법이 폴리곤 모델에서 NURBS곡면을 획득하는 가장 효율적인 방법이라고 할 수 있다. 다음은 폴리곤 모델상에서 NURBS곡면을 획득하는 순서를 보여주고 있다.

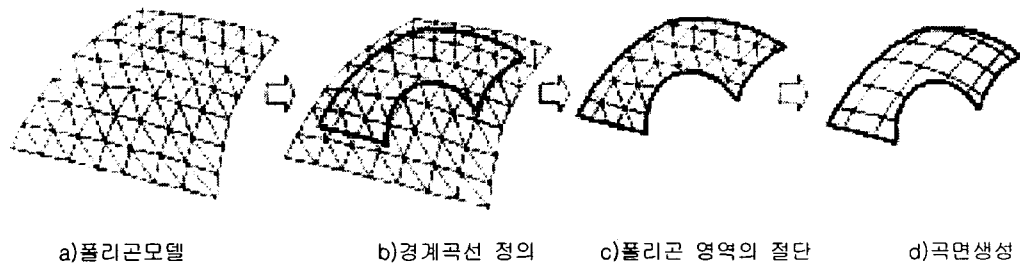


그림 6. NURBS 곡면의 획득

## 3. 연구내용

### 3.1 OPTO-Top scanner의 측정원리

본 연구에서는 자동차 부품인 범퍼를 OPTO-Top 스캐너를 이용 공간코드화법으로 3차원 데이터를 획득하고 Rapidform을 이용하여 표면처리를 수행함으로써 3차원모델링의 효율성을 평가하고자 한다. 또한 웹상에서 모델을 3차원 적으로 돌려볼 수 있는 환경을 만들고자 한다.

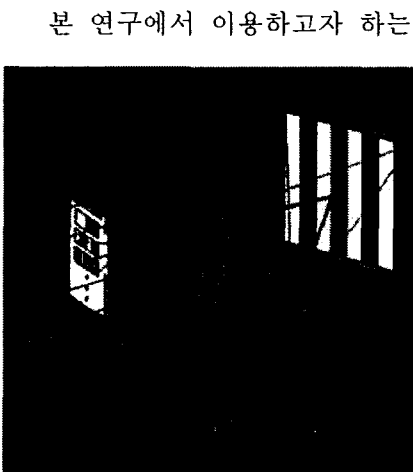


그림 7. 패턴주사기의 기하학

본 연구에서 이용하고자 하는 3차원 센서는 MPT(Miniature Projection Technique), greyscale, 위상차 방법이 조합된 것이다. 강한 광원을 이용하여 줄무늬광선(회절)대상물에 투영하고 측정되어 진다. 깊이 정보는 삼각측량법에 의해 얻어진다. 투사되어지는 격자들은 보통웨이퍼위에 찍혀 진다. 그것에 의해 격자의 위상오차는  $0.5\mu\text{m}$  보다 작게 된다. 다양한 격자가 투영기내에서 이동하며 실시간 비디오내에 전해지게 된다. 이동은 주기적인 격자에 대해 아주 고정밀도로 수직방향으로 수행된다. 연속의 첫 번째는 그레이코드를 평가하고 두 번째 부분은 위상차를 분석한다. 그러므로 조합된 그레이코드와 위상차는 분리된 위상이동 장치와 어떠한 추가적인 장치나 calibration 없이 실현될 수 있다. MPT 투영장치는 격자의 연속성뿐만아니라 웨이퍼의 구조나 크기에 의해 다른 버전으로 구분된다. 표준은 9개의 그레이코드패턴과 4개의 위상이동 격자 64또는 128 라인쌍을 이용한다. 도량학적인 영상

처리는 줄무늬 투영기법뿐만 아니라 사진측량과 입체측정은 영상처리를 third dimension으로 확장시켰다. 3차원 좌표측정은 projector와 CCD camera가 일정한 기선자(base-line bar)상에 고정되어 있고 일정한 수렴각으로 고정되게 된다. 결국 패턴상의 일정한 점은 삼각측량법으로 3차원 좌표를 계산할 수 있다.

### 3.2 실험

패턴식 스캐너의 제한조건이라면 표면이 빛을 흡수하지 말아야 한다는 점과 금속표면처럼 광택이 있는 대상물은 데이터획득이 용이치 않다는 점이다. 따라서 백색의 범퍼를 준비하여 그림 8과 같이 대상물을 위치시켰다.

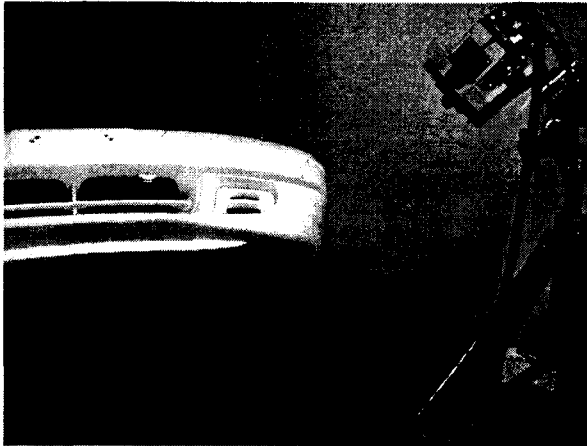


그림 8. 스캐닝을 위한 대상물준비광경

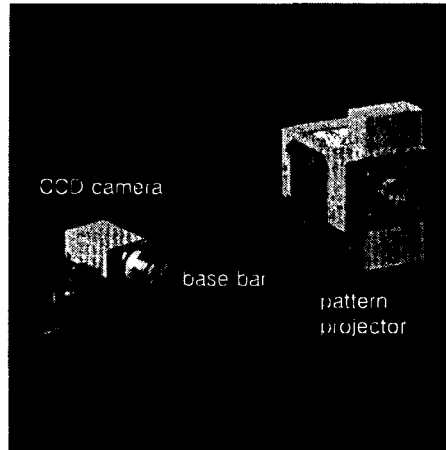


그림 9. OPTO-Top scanner

그림 9에서 보는 것처럼 스캐너의 구성은 기선 bar위에 패턴주사장치와 CCD카메라가 장치된 것이다. 부속장치로는 빔발생장치, 레이저발생장치, 컴퓨터내의 frame grabber가 있다. S/W는 주사된 패턴을 영상처리하여 3차원 포인트좌표를 획득하는 OPTPcat과 좌표로부터 모델링할 수 있는 Rapidform으로 구성되어 있다. 기선길이에 따라 수렴각과 피복면적이 결정되며 대상물에 따라 기선길이가 결정되면 시스템 검정을 실시한다. 그림10은 대상물에 패턴을 주사한 모습이다. 이 패턴의 라인간격은 1/2씩 감소하며 최소 1mm까지 주사된다. 3차원 모델링 구축의 과정을 위해 범퍼 중의 안개등 부분을 별도로 스캐닝하여 모델링하였다.

스캐너 앞에 대상물이 놓여지면 카메라와 같이 초점을 맞추어야 하는데 패턴주사기와 CCD 카메라에 부착되어 있는 레이저빔을 이용한다.

1)스캐닝하기에 적절한 광량을 조절한다. 대상물에 다양한 색깔의 무늬가 존재할 경우가 가장 좋다.



그림 10. 모델링샘플 부분

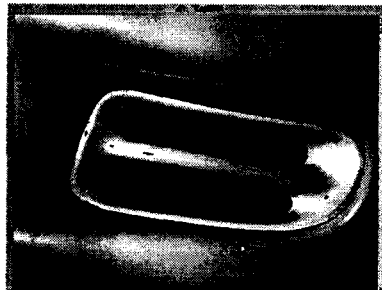


그림 11. 3데이터의 획득영역



그림 12. 투영기의 광량조절

2)레이저 포인트를 이용하여 적절한 거리를 맞춘 뒤 다양한 격자간격의 슬릿을 대상물에 주사하며 영상을 획득하였다.

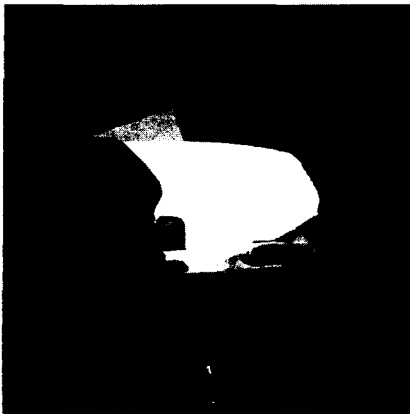


그림 13. 스캐닝 영역준비

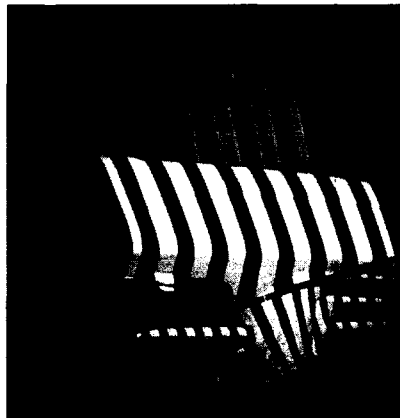
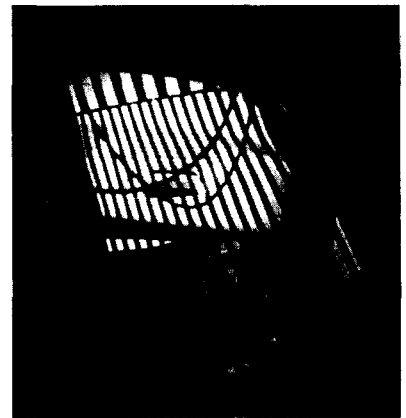


그림 14. 대상물위에 주사된 패턴



3)S/W OPTOcat에서는 투영된 슬릿과 위상차를 삼각측량법에 의해 3차원 포인트데이터를 산출하게 된다. 이렇게 해서 얻어진 포인트 클라우드가 얻어진다.

4)스캐닝된 3차원 포인트데이터는 다음 작업과정에 의해 NURBS 표면을 완성하였다.

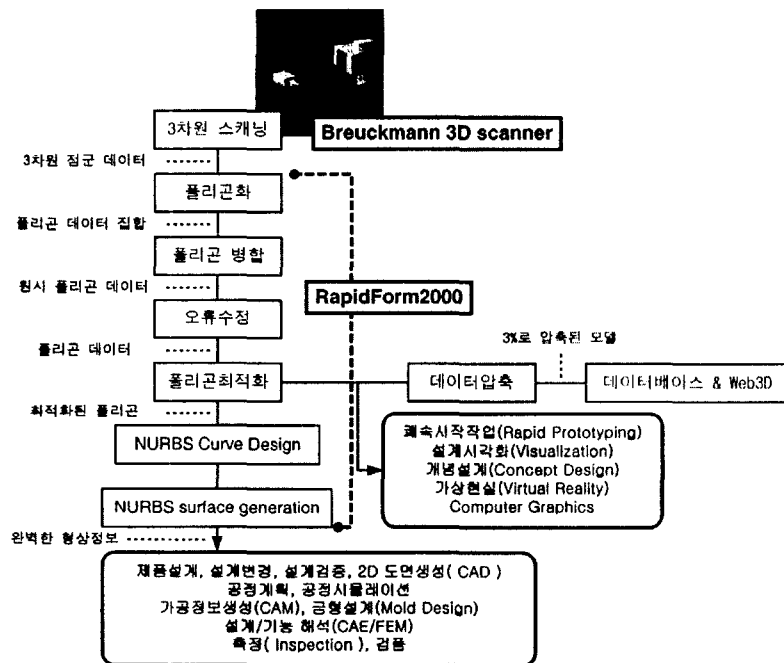


그림 15. 3차원 모델링 작업공정

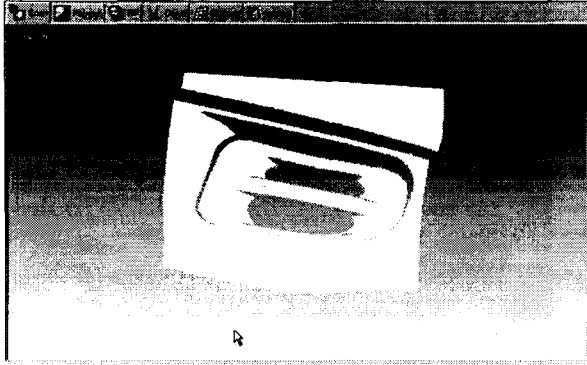


그림 16. Rapidform에 입력된 point cloud

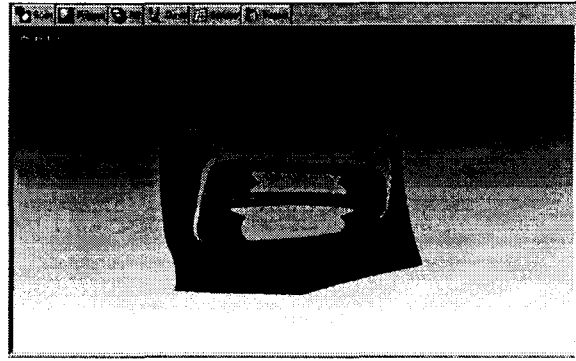


그림 17. 폴리곤(TIN)형성

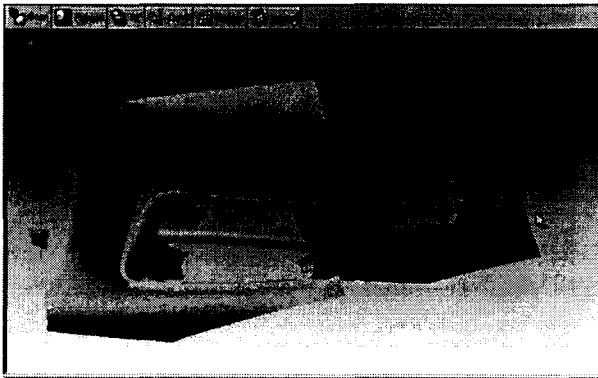


그림 18. 다른 방향에서 각각 획득된 폴리곤모델

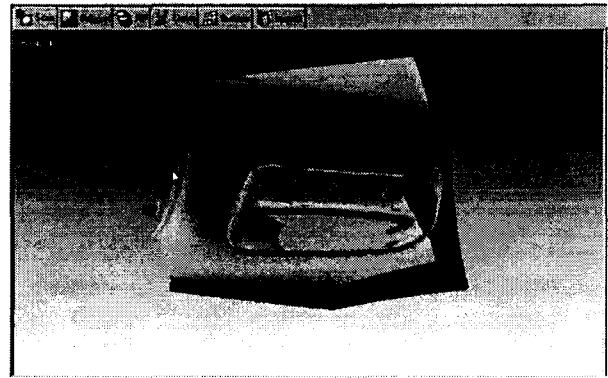


그림 19. 합성된 폴리곤 모델

5)그림 16은 획득된 3차원 포인트데이터 군이며 그림 17은 이를 폴리곤화 한것이다. shadow영역이 없게 하기 위해 모든 부분이 투영되도록 스캐닝계획을 세워 데이터를 획득하였다. 그림 18은 각각 다른 방향에서 스캐닝 한 결과이며 이를 병합하는 과정이다.(그림 19) 이때 3점의 tie point가 필요하다.

병합된 폴리곤들은 오류 수정을 거쳤으며 폴리곤 최적화를 하였다. 이 과정은 벡터라이징에서 라인의 단순화 작업과 같은 맥락으로 폴리곤의 밀도를 최적화시키는 과정이라 할 수 있다. 이 과정이 끝나면 Web 상에서 user가 3차원 방향으로 디스플레이 할 수 있는 Web3D를 만들 수 있다. 이어서 NURBS Curve design과정을 거쳤다. 이과정은 하나의 패치자체가 곡면을 갖는 것으로 모델자체를 가볍게 함으로써 응용을 편리하게 해준다. 예를 들어 Web 상에서 서비스하고자 할때 수십만개의 폴리곤을 가지고 갈수는 없을 것이기 때문이다. 추가적으로 획득된 3D data 는 dxf file로 변환하여 후속적인 작업이 가능하다. 그림 20은 AutoCAD상에서의 TIN을 보인 것이며 그림 21은 이를 렌더링한 것이다.



그림 20. AutoCAD상에 디스플레이된 폴리곤

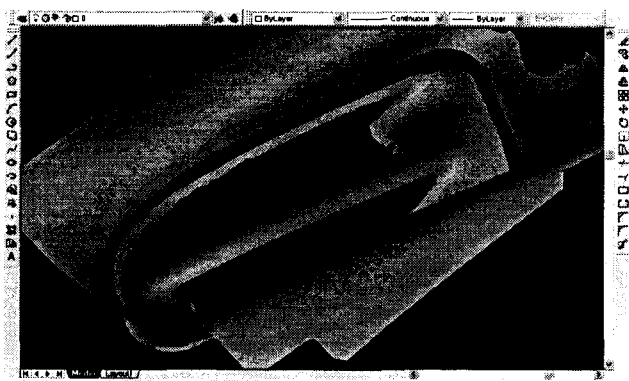


그림 21. 렌더링된 모습

전체적인 대상물은 6-7회의 스캐닝을 거쳐 폴리곤을 병합하였으며 최종 모델을 얻었다.

사진측량은 지도제작을 위한 항공사진측량, 지상구조물을 대상으로 한 지상사진측량, 소형의 대상물을 위한 초 근접사진측량을 이용하여 왔다. 이제는 최근 빠르게 발전하고 있는 대·소형 스캐너에 의한 3차원 측량기법을 돌아보고 상호 보완적인 역할을 해야 할 때가 왔다고 생각한다.

## Acknowledgement

자료를 제공해준 Breuckmann사의 Erik과 실험을 도와주신 천안공업대학 산학협력단 김충환선생님께 감사의 말씀 드립니다.

## 4. 결론

1. 현대 제조 산업에 있어서 쾌속 조형(R.P ;Rapid Prototyping)이 제품의 경쟁력에 지대한 영향을 미치고 있다. 이를 위해서는 제품의 정확한 3차원 모델링기법이 요구되며 신속, 정확한 면에서 공간 코드화법으로 대상물 전체의 데이터를 한번에 획득할 수 있었다.

2. 사진측량은 지도제작을 위한 항공사진측량, 지상구조물을 대상으로 한 지상사진측량, 소형의 대상물을 위한 초 근접사진측량을 이용하여 왔다. 이제는 최근 빠르게 발전하고 있는 대·소형 스캐너에 의한 3차원 측량기법을 조명하고 상호 보완적인 역할을 모색해야 할 때가 왔다고 생각한다.

3. 최근 역설계공학(Reverse Engineering)이 두드러지게 발전하고 있으며 이에 맞추어 스캐너 및 RP장비가 빠르게 보급되고 있다. 이에 수치사진측량의 보완적인 역할을 찾아내고 개발하여 경쟁력을 갖추어야 할 것이다.

## 참고문헌

- CAD & Graphics (1999), 리버스엔지니어링 방식의 3차원 스캐닝 솔루션, pp.206-207.  
3D ARTISAN (2000), RapidForm을 이용한 실물을 NURBS로 모델링하기.  
아이너스 Co.(2004), INUS education tool.  
Breuckmann, Germany(2004), Manual of OPTO-Top.  
H.B Jung, K. Kim(2000), A New Parameterisation Method for NURBS Surface Interpolation , Int. J Adv Manuf Technol. 16:784-790.  
J.J Lee, N.I Cho, J.W Kim(2002), Watermarking for 3D NURBS Graphic Data , 0-7803-7714-1/02 , IEEE  
S.H Bae, B.K Cho, NURBS Surface Fitting Using Orthogonal Coordinate Transform.