

Full 3D 자동 측정 시스템 개발

장민호, 유희욱 | (주)솔루션닉스

1. 서 론

1.1 기술개발의 목적 및 중요성

최근 들어 영화, 게임, 교육용 자료 및 광고 등이 대부분 디지털 콘텐츠의 대상이 되어 가고 있으며 기술적인 관점에서도 더욱 실감성 있는 모델 생성에 대한 관심이 고조되고 있으며, 그에 따라 원본을 그대로 복사하는 3차원 복제 기술이 큰 주목을 받고 있다. 정밀한 3차원 복사 기술은 신제품 개발 과정에서 이루어지는 프로토타입 (prototype) 제작, 자동차의 클레이 모델로부터 얻어지는 역설계(reverse engineering) 분야와 같이 이미 실용화되어 있는 산업분야도 있으며 의료, 애니메이션, 문화재복원 등과 같이 기술이 도입되기 시작하는 분야도 있다. 이와 같은 3 차원 복사의 가장 핵심기술은 물체의 외관을 정밀 측정하는 스캐닝 기술이라 할 수 있다.

기존에는 정밀 측정을 위해서 접촉식(contact) 측정기를 주로 사용되어 왔으나 측정시간이 많이 소요 되고 또 측정물에 스타일러스를 접촉시킬 수 없는 경우가 크게 증가하여, 비접촉식 (non-contact)으로 측정하면서도 정밀한 데이터를 얻어낼 수 있는 스캐너가 크게 요구되고 있다.

비접촉식 정밀 스캐너는 광학기술과 제어기술 같은 하드웨어 기반기술에 측정데이터를 최적의 형태로 편집/변환시켜주는 DGP (Digital Geometry Processing) 소프트웨어 기술이 근간이 된다. 이미 세계 각 국에서는 이와 같은 하드웨어 및 소프트웨어 기술을 개발하고 발전시키기 위한 투자 활동을 벌이고 있다. 또한 경제 산업적 측면에서도 현재 비접촉식 정밀 3차원 스캐너의 활용 분야인 엔지니어링 및 그래픽, 의료 시장이 세계적으로 급성장하고 있으며, 품질 및 기본 설계 등 가장 기본적인 단계에서 시간과 비용을 절감할 수 있는 기반 기술이 될 수 있을 뿐 아니라 현재 선진국과의 격차가 크지 않기 때문에 연구개발 및 투자 여건에 따라 우리나라가 새로운 산업 기반이 될 수 있는 세계 일류의 기술을 보유할 수 있게 된다. 따라서 국가적인 차원에서 중장기적인 시각으로 발전하는 기술에 대하여 지속적인 연구 계획과 투자가 필요하다.

1.2 개발 목표

(주)솔루션닉스는 3차원 스캐너를 개발 판매하고 3차원 정보를 획득하려는 요구에 대한 솔루션을 제공하는 대표적인 회사로 이 분야에 많은 노하우를 축적하고 있고 3차원 데이터를 획득할 때 대부분의

오차가 어떤 과정에서 생기는지를 잘 알고 있다.

그 중에서 비접촉식 정밀 스캐너를 이용하여 삼차원 데이터를 획득할 때 생기는 레지스터링 오차를 줄이고 이 과정을 자동화함으로써 산업용 및 오피스용 측정대상물을 자동으로 편리하게 측정할 수 있는 기술을 개발하고자 한다.

2. 3차원 스캐너를 이용한 Full 3D Scan 작업

2.1 3차원 스캐너의 기본 측정 프로세스

3차원 스캐너를 이용하여 물체의 3차원 정보를 획득하는 프로세스는 아래 그림과 같다.

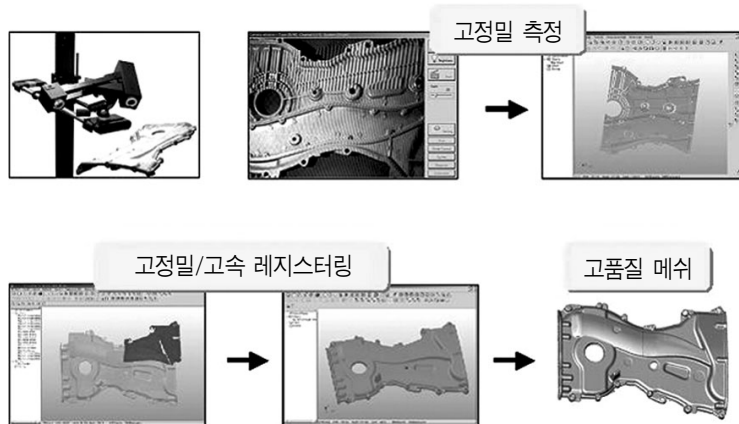


그림 1. 스캔과정

각 단계의 그림에서 박스 안에 있는 글자들은 각 프로세스에서 중요시 되고 필요한 부분으로 증기거 점과제를 통하여 개선시켜야되는 부분을 강조하고 있다.

2.2 3차원 측정데이터의 오차발생

3차원 스캐너를 이용하여 측정된 데이터는 스캐너가 측정 가능한 영역 만큼만을 획득할 수 있다. 보통 측정대상물은 스캐너의 영역보다 크기 때문에 3차원 측정은 측정대상물의 전체형상을 고려하여 각 부분을 빠짐없이 측정하여야 한다.

이렇게 측정된 측정대상물의 각 부분에 해당하는 측정데이터는 서로 다른 좌표축에 있게 되는데 이러한 측정데이터의 좌표축을 정렬시켜주는 작업을 레지스터링(Registering)이라 한다.

측정대상물의 특징형상이 뚜렷한 기계부품일 경우는 레지스터링 작업을 마친 물체의 정밀도 오차가 크게 발생하지 않는다. 그러나 측정대상물이 크고 특징형상이 없는 물체일수록 레지스터링이나 머지작업을 수행하는 모델링작업시 많은 시간소요와 정밀도 오차가 발생하게 되는데 이는 레지스터링 작업시 필요한 대응점이 측정된 데이터의 중첩되는 형상정보를 이용하여 이루어지기 때문이다.

23 대응점 문제 해결을 위한 기존방식

23.1 하드웨어적인 레지스터링

하드웨어를 이용하여 레지스터링하는 대표적인 방법으로는 로터리테이블(Rotary Table)이 있다. 로터리테이블을 이용하는 방법은 로터리테이블 위에 측정대상물을 놓고 일정한 각도로 로터리테이블을 움직이면서 측정하는 방식이다. 로터리테이블이 캘리브레이션되어 있으므로 측정대상물이 움직인 각도를 고려하여 측정대상물이 자동으로 레지스터링된다.



그림 2. 로터리테이블 이용한 레지스터링

그러나 이런 하드웨어적으로 레지스터링하는 방식 또한 로터리테이블의 캘리브레이션 정밀도에 의하여 오차가 발생하고 측정되지 않는 부분을 측정하기 위하여 셋팅되어 있는 3차원 스캐너를 이동하면 캘리브레이션 정보가 어긋나 다시 캘리브레이션을 수행해야하는 문제가 발생한다.

23.2 접착식 마커를 사용한 레지스터링

로터리 테이블을 사용한 방법을 보완하기 위하여 측정대상물에 마커를 부착하는 방법이 있다. 크기가 큰 물체를 측정할 때 특징형상이 없으면 레지스터링 오차가 더욱 커지게 됨으로 임의의 특징형상을 갖는 마커를 이용하는 방법이다.

이러한 접착식 마커는 로터리테이블에 비하여 보다 큰 측정대상물 측정이 가능하고 3차원 스캐너를 보다 자유롭게 움직이면서 측정할 수 있다는 장점이 있다.

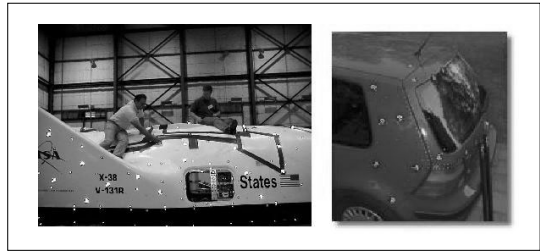


그림 3. 접착식 마커이용

그러나 대형물체에 접착식 마커를 3차원 스캐너의 측정영역을 고려하면서 부착해야하고 마커가 있는 부분은 측정대상물의 실제 측정데이터가 아니므로 측정이 완료된 후에 마커를 제거하고 다시 측정해야 하는 번거로움이 있다.

3. 광학식 마커(Optical Marker)

3.1 개념

광학식 마커는 위에서 언급한 레지스터링 오차를 줄이기 위한 하드웨어적인 방법의 단점을 보완하기 위하여 고안되었다.

사용자가 수작업으로 일일이 부착해야하는 접착식 마커와 달리 레이저 광원을 측정대상물에 고루 분포되도록 투사한 후에 기존의 방식과 똑같이 측정을 하면 특징형상이 없는 대형 물체를 손쉽게 측정할 수 있다. 또한 광학식 마커를 이용하면 측정과 동시에 레지스터링이 자동으로 수행되므로 모델링 시간을 절약할 수 있고 접착식 마커와 달리 측정대상물의 형상을 획득하는데 아무 문제가 없어서 번거롭지

않고 빠르고 정확한 측정이 가능하다.

〈광학식 마크의 개념도〉

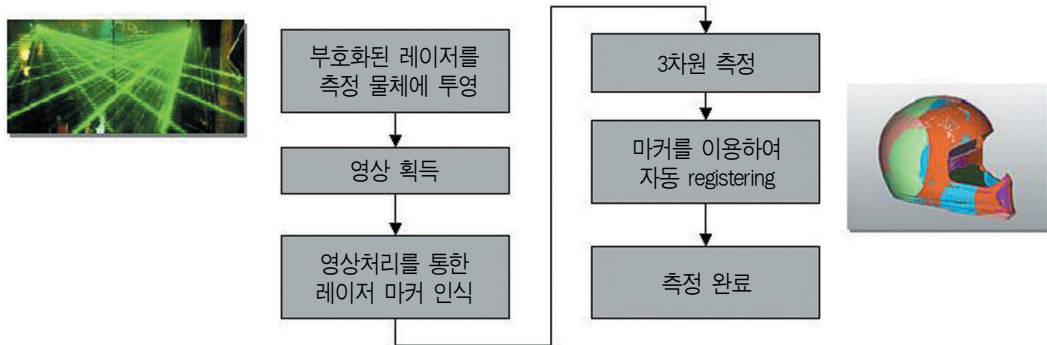


그림 4. 광학식 마커 개념 및 측정순서도

3.2 광학식 마커의 동작 및 측정데이터

아래 그림은 프로토타입으로 제작해본 옵티컬마커를 이용하여 자동차 펜더(fender)부분의 패널을 측정하는 모습이다. 옵티컬마커를 패널로부터 2M정도 떨어진 거리에 위치시키고 옵티컬마커의 레이저포인트들을 패널에 골고루 분포시킨 후에 스캐너의 측정동작을 수행하면 레이저가 이진코드로 점멸되면 측정을 한다.

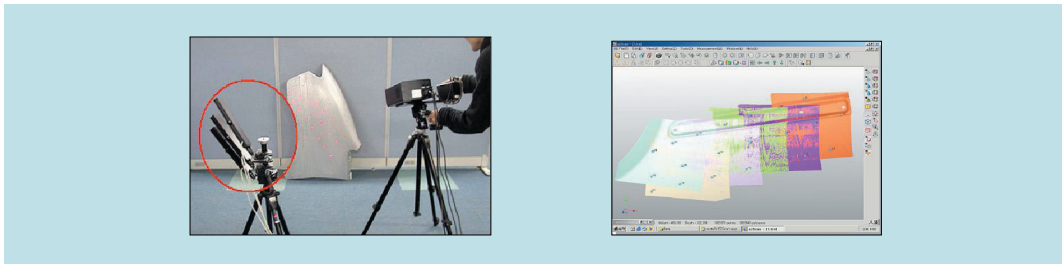


그림 5. 옵티컬마커 프로토타입

그림 6. 측정 데이터

우선 레이저포인트들이 점멸하면서 아이디를 얻고 그 다음 스캐너가 측정을 하면 측정데이터와 레이저포인트의 아이디가 획득된다.

레이저포인트들은 각각 고유의 아이디를 가지고 있으므로 옵티컬마커를 셋팅한 후에는 스캐너를 이동하면서 자유롭게 측정하면 된다.

이를 이용하여 측정한 결과이다. 옵티컬마커의 자동레지스터링 기능과 측정편리성을 검증하였다.

3.3 자동 레지스터링의 이론

자동 레지스터링은 3차원 측정 데이터의 형상을 기반으로 하여, 데이터를 정렬하는 방법으로 인접한

데이터 사이의 형상 관계를 가지고 정렬을 수행한다.

예를 들어 소정의 점군 데이터 A를 특정의 점군 데이터 B의 좌표계에 맞추고자 하는 경우, A를 강제 이동 및 회전변환 함으로써, B의 좌표계에 맞춘다.

자동 레지스터링에 사용되는 변환행렬을 다음과 같다.

$$f(\mathbf{Q}) = \frac{1}{N_p} \sum_{i=0}^{N_p} \|x_i - (R(\mathbf{Q}_R)p_i + \mathbf{Q}_T)\|^2$$

$$\mathbf{Q}(\sum_{px}) = \begin{bmatrix} tr(\sum_{px}) & \\ \Delta & \sum_{px} + \sum_{px}^T - tr(\sum_{px})I_3 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Q}_T = \mu_x - R(\mathbf{Q}_R)\mu_p \quad (\text{Eigen Vector})$$

$$\text{Result} \rightarrow \begin{bmatrix} q_0^2 + q_1^2 - q_2^2 - q_3^2 & 2(q_1q_2 - q_0q_3) & 2(q_1q_3 + q_0q_2) & q_4 \\ 2(q_2q_1 + q_0q_3) & q_0^2 - q_1^2 + q_2^2 - q_3^2 & 2(q_2q_3 - q_0q_1) & q_5 \\ 2(q_3q_1 - q_0q_2) & 2(q_3q_2 + q_0q_1) & q_0^2 - q_1^2 - q_2^2 + q_3^2 & q_6 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4. 광학식 마커의 개발

4.1 설계

모델은 자유도를 줄이고 양쪽에서 레이저 모듈을 지지하여서 안정성을 높였고 각 모듈의 각도 조절을 편리하게 할 수 있도록 측면에 틸팅고정나사를 두었고 모듈간의 움직임이 없도록 하였다.

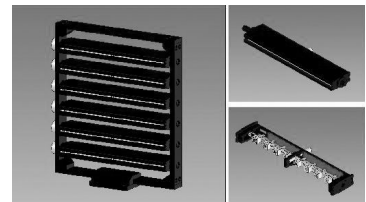


그림 7. 옵티컬마커 설계

4.2 제작된 옵티컬마커

개선된 설계를 반영하여 최종 완성된 옵티컬마커의 모습이다. 레이저 모듈의 최종 6개가 장착되어 있고 각 모듈마다 레이저포인터가 8개씩 들어가 있다.

각 모듈의 뒤에는 모듈을 제어하는 시리얼 케이블(cable)이 연결된다.

이 시리얼 케이블은 옵티컬마커를 제어하는 컨트롤러(controller)를 거쳐서 컴퓨터와 연결되게 된다.



그림 8. 완성된 옵티컬마커

4.3 컨트롤러(Controller)

컴퓨터에서 신호를 받아 옵티컬마커를 제어하는 컨트롤러이다. 제작된 컨트롤러는 옵티컬마커의 각 모듈을 이진코드로 점등시켜서 각각의 레이저포인터마다 고유의 아이디(ID)를 부여할 수 있도록 제어하는 기능을 갖추고 있다.

표 1. 옵티컬마커 스펙

항 목	내 용	비 고
전 원	입력:AC220	AC110V 지원
제 어 포 트	6포트	
통 신 방 신	RS-232C	
특 징 기 능	각 레이저마다 고유ID획득 레이저포인트 점멸제어	

아래그림은 3차원 스캐너까지 활용한 전체시스템에서 컨트롤러인 Optical Marker Board의 위치이다. Optical Marker Board는 최대 8개 까지 확장할 수 있도록 개발되었다.

4.4 시스템 구조도

옵티컬마커 시스템의 전체적인 시스템 구성도는 다음과 같다.

RS-232C통신은 Bluetooth를 이용하여 유선뿐 만 아니라 무선도 가능하도록 개발하였다.

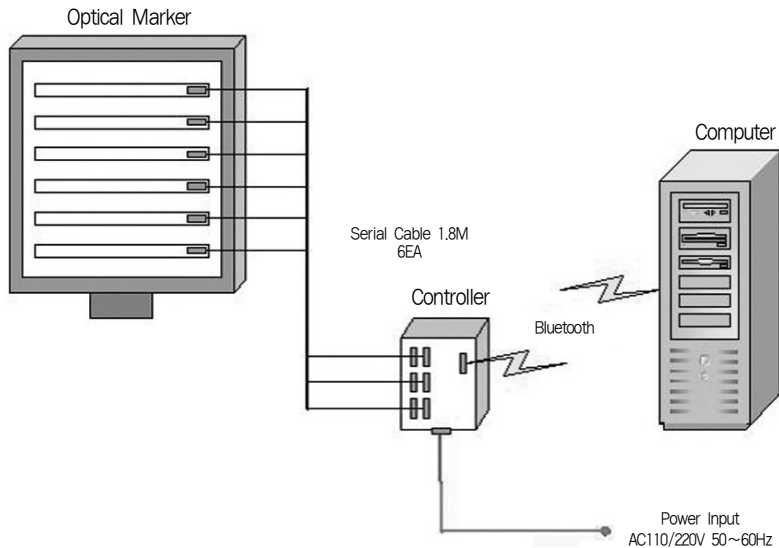


그림 9. 구조도

5. 결론

5.1 정밀도 검증 실험

완성된 옵티컬마커의 측정정밀도를 검증하기 위하여 자동차의 금형을 측정하였다. 자동차 금형은 캐드 데이터를 가지고 있으므로 금형을 측정데이터와 캐드모델을 비교하면 옵티컬마커의 정밀도를 비교할 수 있다.

5.1.1 실험결과

옵티컬마커를 개선시킨 후에 다시 동일한 측정대상물을 측정하여서 정밀도를 비교해 보았다. 실험결과 옵티컬마커는 접착식 마커와 달리 편리하고 신속하게 데이터를 획득할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

금형의 주위에 부분적으로 회색이 아닌 다른 색이 보이는 것은 금형에 사상작업을 가한 부분으로 이를 통하여 사상작업에 대한 확인이 가능함을 알 수 있었다.

사상작업 자동차 금형제작시 수작업이 가해진 곳으로 이 부분에 대한 측정과 분석은 막대한 자동차 생산비를 절감하는데 큰 역할을 한다.

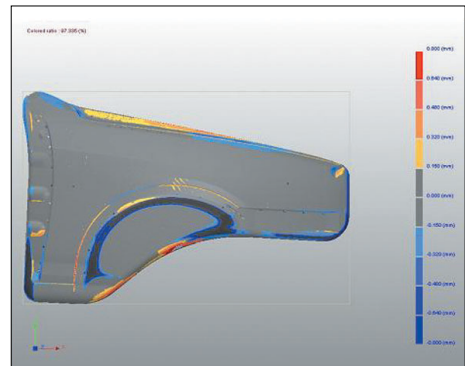


그림 10. 캐드와 정밀도 비교

5.2 향후계획

3차원 측정의 편리성과 신속함을 강조하고 있는 광학식 마커는 그 목적인 측정 업무의 편리성 향상 즉 자동화에 두고 있는 관계로 많은 필드 테스트를 통한 실제 업무에 있어서의 편리성 향상, 즉 생산성의 증가 가능성에 대한 보다 많은 테스트와 검증이 필요할 것이다. 또한, 기본 매쉬 생성 기능 역시 사용자와의 인터페이스에 연관되어 있으며 많은 측정 물체의 형상과 크기에 직접적인 연관을 가지고 있기 때문에 보다 많은 검증을 통해서 안정화 작업이 필요할 것이다.

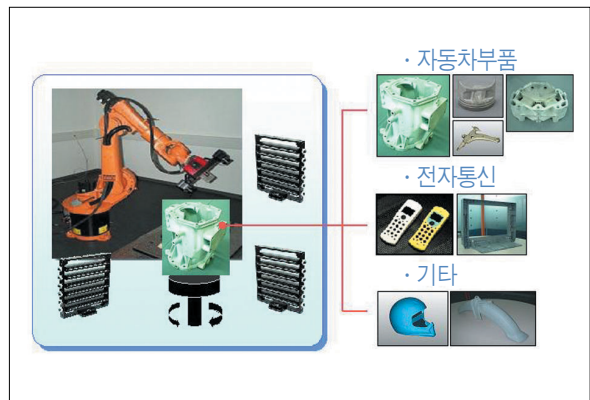


그림 11. 1단계 완성모습

중기거점과제를 통하여 로봇이나 직교좌표 로봇을 통하여 측정 자동화와 시스템 통합을 이루어서 1단계가 완료되면 그림 11과 같은 산업체의 다양한 측정대상물을 자동으로, 정밀하게 측정할 수 있을 것으로 기대된다.

향후에는 현재까지 개발된 것들의 테스트와 실제적인 검증을 통한 안정화를 통하여 최적의 솔루션 개

발을 실현할 계획이다.



장 민 호

- (주)솔루션닉스 대표이사
- 관심분야 : 삼차원 스캐너, Machine Vision, 컴퓨터그래픽스, VR
- E-mail : minho@solutionix.com



유 희 욱

- (주)솔루션닉스 선임연구원
- 관심분야 : Robotics, CAD/CAM, Mechatronics
- E-mail : ryuwin74@solutionix.com