

3 차원 스캐너의 레지스터링 문제 해결을 위한 광학식 마커 설계

손용훈*(연세대 대학원 기계공학과), 양현석(연세대학교 기계공학과)

The Design of Optical Marker for Auto-registering of 3D scan data

Y. W. Son(Mecha. Eng. Dept. YSU), H. S. Yang(Mecha. Eng. Dept. YSU)

ABSTRACT

This paper proposes OPTICAL MARKER for registering process - one of the 3D measurement process ; scan - registering - merging - measurement. If the registering work is carried out manually, it can be accompanied with much time and many errors. Because the patterned marker make registering process automatic, many firms use it now. But the physical shape of existing markers is the source of the data loss caused by hiding surface, and the marker arrangement is the source of the time loss. The optical marker proposed in this paper has marker generator, organized a large number of binary coded control laser diode, separate from 3D scan object. So, it does not take much time for the marker disposition, and it is not the origin of the data loss, and the binary coded laser information make the auto-registering possible.

Key Words : 3D scan(3 차원 측정), Optical Marker(광학식 마커), Registering(좌표정렬), Binary code(이진화 코드)

1. 서론

근래에 이르러, 많은 부분에서, 3 차원 툴이, 2 차원 툴을 대체해 나가고 있다. 특히, 2 차원 설계용 툴이, 점점 3 차원 설계용 툴로 대체되어 감에 따라, 입체적인 설계가 가능해져, 설계가 보다 복잡해지는 것을 피할 수 없게 되었다. 그로 인해, 기존의 2 차원 측정기를 가지고는, 입체적으로 설계된 형상을 제대로 측정할 수 없게 되어 가고 있다. 이런, 입체적인 형상을 측정하기 위해서는, 3 차원 모델링이 필수적이며, 이를 위해서는 3 차원 측정 장비가 필요하다. 또한, 의료, 게임 등, 많은 부분에서, 더 이상 2 차원으로는 사용자의 욕구를 만족시킬 수 없기에, 3 차원 모델을 사용하려고 하고 있으며, 이 경우에도, 3 차원 모델링은 필수적이다.

일반적으로, 3 차원 측정 장치를 이용한 측정 과정은, 다음 4 가지 과정으로 나눌 수 있다. Scan, Registering, Merging, Measurement 의 4 가지 과정이 바로 그것이다. Scan 과정은, 3 차원 측정기를 이용하여, 측정 대상물의 원하는 부분의 데이터를 얻어내는 과정이며, Registering 과정은, scan 과

정을 통해 얻은 데이터의 좌표계를 하나로 정렬하는 과정이고, Merging 과정은, scan 과 registering 을 통해서, 정렬이 끝난 데이터들을, 하나의 모델로 묶는 과정을 말하며, measurement 과정은, scan 에서부터, merging 의 과정으로 얻은, 3 차원 모델에서 원하는 부분의 측정이 실제로 이루어지는 단계를 말한다.

이 4 가지 과정에서, 가장 많은 시간과 오차를 동반하는 과정이, 바로 registering 과정이며, 이 과정이 필요한 이유는, 좌표계의 원점이 3 차원 측정기에 위치하는, 3 차원 측정기의 일반적인 특성에 기인한다.

일반적으로, 3 차원 측정 장치는, 측정 대상물을 측정할 때, 3 차원 측정장치가 볼 수 있는 영역에 대해서, 그 표면의 데이터만을 얻을 수 있기 때문에, 3 차원 측정 장치가 볼 수 없는, 물체의 다른 영역을 측정하기 위해서는, 측정 대상물을 이동시키거나, 측정장비 자체를 이동시켜, 측정하고자 하는 부분을 볼 수 있도록 위치시키는 작업이 필요하게 된다. 이 때, 3 차원 측정 장비는, 일반적으로 좌표의 원점이 측정 장비의 영상 획득 장치에 일치하게 되므로, 각각의 측정 데이터는 각기 다른

좌표계를 가지게 되어, 각 좌표계 간의 상관관계를 알아야만, 원하는 측정 대상물의 완전한 3 차원 데이터를 얻을 수 있게 된다. 이것을 registering 이라고 하며, 현재 3 차원 측정 과정에서, 가장 많은 시간과 오차를 수반하고 있다. 본 연구는, 바로 이 registering 과정을 다루고자 한다.

2. 광학식 마커

2.1 Registering 문제 해결 방안

registering 문제의 해결 방안은, 크게 두 가지로 나뉘볼 수 있다. 하나는 측정 대상에 기준을 두는 것이며, 다른 하나는, 측정기에 기준을 두는 것이다. 측정 대상에 기준을 두는 방법은, 인접한 부분의 일치점을 알려주어, 인접한 데이터의 어느 부분이 같은 부분인지 인식하여, registering 을 수행하는 방법이며, 일반적으로 마커나 타겟을 측정 대상물에 부착하여 사용하게 된다. 측정기에 기준을 두는 방법은, 3 차원 측정기의 기준 좌표가 일반적으로 측정기에 있다는 것을 이용한 것으로, 측정기에 마커나 타겟을 부착하여, 측정기의 이동량을 직접 측정 한 뒤, 그것으로 데이터 간의 관계를 찾아내는 방법을 말한다.

본 연구에서는, registering 과정에서 사용되고 있는 마커의 개선에 주안점을 두고 있다. 그 이유는, 마커의 개선만으로도, registering 과정을 획기적으로 개선하는 것이 가능할 것이라는 판단과, 기본적으로 측정 대상에 기준을 두는 방식이므로, 3 차원 측정기와 별도로 개선이 가능하기 때문이다. 또한, 마커는, 여러 가지 3 차원 측정 주변 기기들 (ex. rotary table)과도 연동하여 사용하는 것이 가능하다는 장점도 지니고 있다.

2.1.1 측정 대상에 기준을 두는 방법

측정 대상에 기준을 두어, 레지스터링을 수행하는 방식은, 보통 마커나 타겟을 사용하게 되는데, 마커나 타겟이라 불리는 기준을, 측정 대상 또는 그 주위에 두어, 이것을 기준점으로 삼아, 측정 데이터를 정렬하는 것을 기본으로 하고 있다. 일반적으로, 작업의 자동화를 위해, 마커에는 영상처리로 인식이 가능한 패턴이 있으며, 이 패턴의 종류를 다양하고, 쉽게 인식이 가능하도록 하기 위해서, 마커의 크기를 크게 할 필요가 있는데, 그 경우, 마커에 가려진 부분의 데이터 손실이 유발될 수 있다는 단점을 지니게 된다. 또한, 다른 주변 장치 없이, 마커만을 사용하게 되는 경우, 레지스터링의 양이 많아질수록, 오차가 누적되는 단점을 지닌다.

2.1.2 측정기에 기준을 두는 방법

측정기 기준의 방법이 가지고 있는 기본적인 단점은, registering 오차의 증폭 가능성이다. 일반적으로 비접촉식 3 차원 측정기는, 측정기와 측정 대상 사이에, 어느 정도 거리가 있는데, 측정기의 이동을 측정하는 경우, 측정기의 이동량이 약간만 다르게 측정된다고 하면, 측정기와 측정 대상 사이의 거리가, 오차 증폭의 역할을 수행하게 되어, registering 오차가 증폭될 수 있는 단점을 지닌다.

2.2 광학식 마커의 장점

광학식 마커의 경우, 물리적인 형상을 가지고 있지 않으므로, 기존 마커의 단점인, 데이터의 손실 문제가 일어나지 않는다.

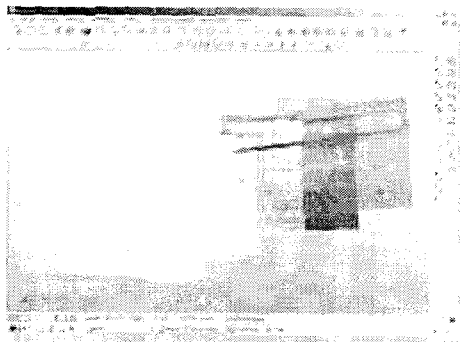


Fig. 1 example of optical marker ID

그리고, 이진화 코드를 사용하여 제어함으로써, 많은 수의 마커도 자동으로 인식하는 것이 가능하다. Table 1 에 그 예가 제시되어 있다. 표에서 보는 바와 같이, 이진화 코드 제어를 사용하는 경우, 4 장의 이미지를 가지고, 16 개의 마커에 ID 를 부과하여 제어하는 것이 가능해진다.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

Table 1 example of Binary code

또한, 마커 발생기가 측정 대상의 외부에, 독립적으로 존재하기 때문에, 측정 대상물에 직접 부착해야 하는, 기존 마커에 비해, 배치 시간이 현저하게 줄어들 수 있다.

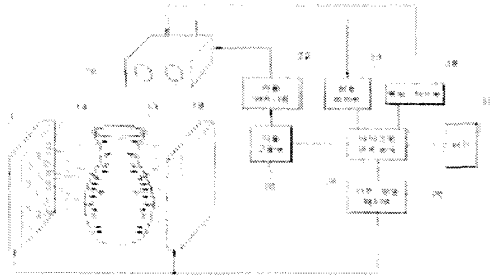


Fig. 2 the structure of optical marker system

3. 실험

3.1 실험 내용

이 실험은, 시제품을 제작하여, 앞에서 언급한, 광학식 마커의 장점으로 언급된 것들을 검증하고, 그 이후, 새로 광학식 마커의 정밀도를 검증/개선하는 것을 목표로 하고 있다.

3.1.1 시제품 테스트

이미 앞에서 제시한, Fig. 1 의 이미지가 시제품 테스트의 결과로, 광학식 마커의 장점으로 언급한, 데이터 손실 방지, 자동 정렬 기능 등을 확인하는 것이 가능했으며, 앞서 말한 바와 같이, 정밀도를 검증하는 테스트는 수행하지 않았다.

3.1.2 정밀도 검증 테스트

광학식 마커를 이용한 3 차원 측정에서의 정밀도를 검증하기 위해서, 측정 대상으로 자동차 금형을 선택했다. 자동차 금형은, CAD 데이터를 가지고 있으며, 인위적으로 수정한 부분을 제외한 나머지 부분에서의 데이터는 CAD 와 같다고 가정할 수 있기 때문이다.

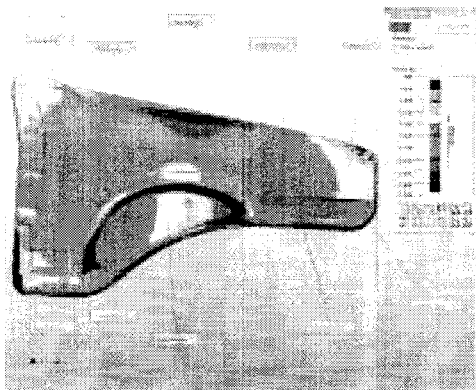


Fig. 3 Difference between CAD and scan data of first test

Fig. 3 은, 테스트 결과를 보여주는 그림이다. 최대 허용 오차 범위에 비교적 많은 부분이 들어오며, 인위적으로 수정한 부분의 경향이 비교적 비슷하게 일치하기는 하지만, 그 수치를 신뢰하기는 어려운 상태임을 확인할 수 있었다.

3.2 실험 결과 분석/개선

오차가 커질 수 있는 원인으로 생각할 수 있는 것은, 크게 두 가지라고 할 수 있다. 첫번째는 마커로 사용하고 있는, 광학적 표시(레이저 포인터)의 상태 불량이고, 두번째는 전체적인 알고리즘의 문제이다.



Fig. 4 Threshold image of laser pointer(before/after improvement)

Fig. 4 에서 살펴볼 수 있는 바와 같이, 이번 실험에서 마커로 사용한 레이저 포인터의 이미지는, 왼쪽 그림과 같이 상당히 크게 맺혀 있으며, 바라보는 방향에 따라 다르게 보이기도 했다. 이로 인해, 마커의 위치가 다르게 찾아지는 경우가 발생하여, 레지스터링의 오차를 유발하는 것을 막기 위해, 레이저 포인터의 밝기를 조정하고, 편광 필터를 사용하여, 레이저 포인터의 상태를 개선하였다.(Fig. 4 우측) 한편, 이번 테스트에서, 마커의 위치는 초기 위치 설정에 지나지 않았으며, 레지스터링은 주변과 겹치는 영역의 데이터를 가지고 수행하는 방법을 사용했는데, 이 알고리즘은 마커를 아무리 정확하게 찾는다 해도, 주변의 데이터를 가지고 레지스터링을 수행하게 되므로, 개선효과가 미비하게 된다. 그래서, 마커의 좌표만을 가지고 레지스터링을 수행하도록 알고리즘을 수정하도록 했다. 즉, 마커로 얻어진 포인트 정보만을 이용하여, 정렬 작업을 수행함으로써, 보다 정확한 마커의 좌표를 찾게 될 경우, 이 효과를 레지스터링 결과에 반영하도록 하며, 주변의 많은 포인트가 아닌, 마커의 위치만을 이용하여 레지스터링을 수행하므로, 보다 빠른 속도의 작업이 가능하게 하는 것에 그 목적이 있다. 또한, 마커의 위치를 단순히 binary thresholding 한 이미지를 사용한 것이 아니라, 이미지의 밝기 정보를 이용하여, 보다 밝은 중심을 찾도록 알고리즘을 개선하였다.

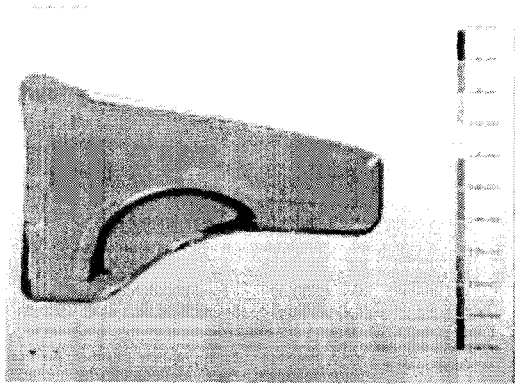


Fig. 5 Difference between CAD and scan data of second test

Fig. 5 는, 개선된 시스템을 사용하여 실시한 실험의 결과를 보여주고 있다. 대부분의 영역이 허용 오차 범위 내에 들어오고 있음을 알 수 있으며, 그림에서 수정된 부분으로 표기된 부분은, 실제 경향과 비슷함을 확인하는 것이 가능했다. 수치적으로도 확인할 수 있듯이, 개선된 시스템의 정밀도 향상을 확인할 수 있다.

4. 결론

기존 마커 시스템의 단점을 해결하기 위하여, 본 연구에서 제시한 광학식 마커는, 예상한 바와 같이, 기존 마커의 단점을 해결하는 것이 가능함을 보여 주고 있다. 특히, 자동 ID 인식을 통한, 자동 데이터 정렬 기능은, 3 차원 측정 과정에 있어, 가장 많은 시간을 차지하고 있는 레지스터링 과정의 소요 시간을 획기적으로 줄여주는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 정밀도에 있어서도, 기존에 사용하는 마커에 비해, 결코 뒤떨어지지 않음을 확인할 수 있었다.

하지만, 광학식이라는 점 때문에, 마커로 인식되는 부분의 데이터를 손상시키지 않는다는 장점을 지닌 반면, 측정 대상의 표면 상태나 주변 환경에 의해 영향을 받을 수 있다는 점은 고려해야 할 사항이며, 기존 마커에서도 가지고 있는, 오차 누적의 문제는, 여전히 해결해야 할 숙제로 남아 있다. 추후, 이 오차 누적 문제의 해결에 관한 연구를 수행할 계획이다.

후 기

본 연구가 진행되는 동안, 많은 지원과 성원을 해준, ㈜솔루션너스 장민호 박사님과 연구원들에게 감사의 말씀을 드립니다.

그리고, 제가 이 연구를 할 수 있도록, 배려해주신 연세대학교 정밀제어 실험실원들에게도 감사의 말씀을 드립니다.

참고문헌

1. Paul J. Besl, Member, IEEE, and Neil D. McKay, "A Method for Registration of 3-D Shapes." The Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 14, No. 2, February 1992
2. -----, "Closed-form solution of absolute orientation using unit quaternions," J. Opt. Soc. Amer. A vol. 4, no. 4, pp. 629 - 642, Apr. 1987