

## 3차원 전 형상 측정을 위한 고정구의 개발

최창원, 임현종\*, 박병현, 김세나 (순천대), 박미나(순천대원),  
이응기(순천대학교 기계자동차공학부)

### Development of a fixture for 3D Laser Scanning

Chang-Won Choi, Hyun-Jong Eom, Se-Na Kim, Byung-Hyun Park, Mi-Na Park, Eung-Ki Lee  
(School of Mechanical and Automotive Engineering Sunchon National University)

#### Abstract

More complex geometric shapes, including freeform surfaces, are adopted for the design of products to emphasize styling or aesthetics. Modeling of these products is extremely difficult, and often impossible. Reverse engineering is an emerging technology that can resolve this problem by generating CAD models from the physical mockups or prototype models. The laser scanner is often used to acquire the surface information of the part, but is limited in its measuring direction, which is fixed only along the z-axis. A Designed fixture of new shape to supplement these problems in this paper. The new fixture using several joints and a tooling ball holder is designed considering the convenience of the part set-up and the accuracy of the registration. The location of the tooling balls can be arranged to avoid the occlusion of the part and to minimize the registration error. The new fixture is applied to an object part having freeform surfaces to verify the effectiveness of the proposed design.

**Key Words** : Reverse engineering (역공학), Measuring Fixture (측정용 고정구), 3D Laser scanning (3차원 레이저 측정)

### 1. 서론

최근 산업의 발달과 고객의 다양한 요구로 인하여 자동차, 가전제품, 및 전자 기기 등의 공업 제품들은 과거에 비하여 매우 복잡하고 부드러운 곡면으로 이루어진 형상을 많이 포함하고 있다. 또한 제품의 수명 역시 매우 짧아져 신속한 설계가 요구되어지고 있다. 이러한 현실의 요구에 부응하기 위하여 제조 분야에서는 전산 역공학(reverse engineering)을 이용하고 있다[1]. 이에 따라 3차원 형상 측정은 많은 발전이 이루어졌다. 3차원 측정 장비의 관점에서 크게 두 가지로 나눌 수 있겠다. 첫째는 장비의 성능 측면에서 장비의 측정 속도 향상과, 둘째는 측정 시 사용되는 고정구의 다양한 개발로 인한 측정 기법의 발전을 들 수 있다.

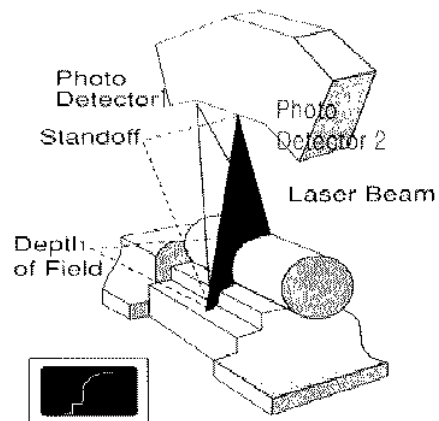


Fig.1 Slit beam laser scanner

장비의 성능 향상과 다양한 고정구 개발은 3차원 스캐닝의 측정 정밀도 향상과 작업시간의 단축의 결과를 가져 왔다. 하지만 고정구 형상의 한계로 인하여 복잡한 파트의 완벽한 3차원 데이터를 획득하는 데에는 어려움이 발견되고 있다.

개발되어 있는 고정구들은 모델을 고정시키기 위하여 모델의 한 부분 이상을 과도하게 고정 시킴으로써 고정부의 데이터를 얻을 수 없는 경향이 있으며, 이로 인하여 고정구가 측정 대상의 형상 일부를 가림으로 인하여 복잡한 모델의 3차원 전(全) 형상 측정이 곤란하였다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 어느 방향에서도 측정이 가능하도록 다면체 형상을 지닌 고정구를 제시하고자 한다.

## 2. 전 형상 측정용 고정구

### 2.1 전 형상 측정용 고정구의 기본 구조

제안하고자 하는 고정구의 기본 설계 방안은 측정 대상의 전 형상을 고정구의 위치 변경과 병행함으로써 측정 시간을 단축시키는 것과 동시에 전 형상의 3차원 데이터를 획득하는 것을 목적으로 한다.

본 연구에서 사용한 3차원 레이저스캐너(Fig.1)는 각각의 툴링볼(tolling ball)을 측정하여 볼을 공간상에서의 참조 위치로 활용한다. 그 다음 레이저 스캐너를 이용하여 측정 대상의 각 부분을 측정한다. 그리고 획득된 각 부분의 데이터를 결합하여 전체 형상으로 구성한다. 이를 위하여 툴링볼의 공간상 적절 한 배치를 통해 측정하고자 하는 부분들의 일부를 가리는 현상이 없도록 하였다[4].

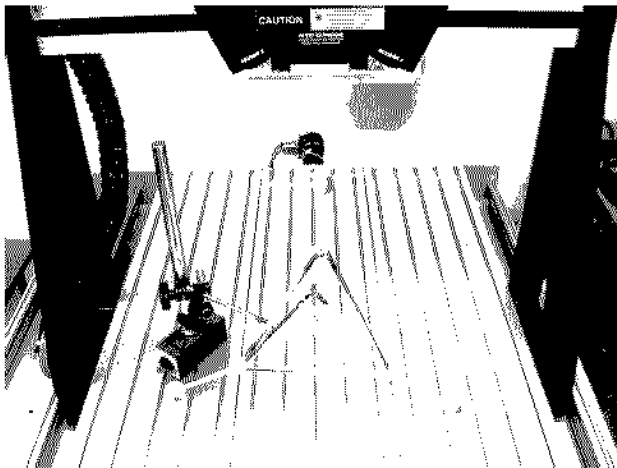


Fig.2 Tetrahedral structure model of a fixture

측정하고자 하는 대상의 전 형상 3차원 측정이 가능하기 위해서는 측정 대상을 고정구에 고정시키고 측정 시 어느 면으로 회전하더라도 고정구가 물체를 가리지 않고 측정이 가능한 형상이어야 한다. 이러한 조건을 만족시키는 전 형상 측정용 고정구의 기본모델로는 가장 간단한 입체형상으로서 사면체 구조를 선정하였다. (Fig.2)

사면체 구조를 갖는 고정구의 각 모서리에는 원할한 툴링볼 측정과 측정용 레이저 프로브(probe)와의 충돌을 방지할 수 있도록 툴링볼 홀더를 장착하였고 홀더 끝에는 툴링볼을 부착하였다. 이와 같이 장착된 4개의 툴링볼은 사면체 구조의 고정구를 이용한 측정에서 획득된 여러 부분의 측정 데이터의 결합시 이용되는 기준 좌표로 활용되었다. Fig.2는 전 형상 측정을 위한 고정구의 기본 구조인 사면체 구조로 제작한 고정구를 이용하여 측정하는 모습이다.

### 2.2 기본 구조의 고정구를 이용한 측정

측정 실험을 위하여 Fig.3과 같이 컴퓨터용 마우스를 사용하였다. 마우스를 고정구에 부착할 때 작업자가 측정대상의 형상을 고려하여 측정물의 형상에 영향을 적게 주는 부분을 선택하여 보다 가는 구조물로 강력을 이용하여 고정구에 지지하였다. 이렇게 함으로써 고정 장치로 인한 가림 현상을 최소화하였다. Fig.3은 사면체 구조의 고정구를 사용하여 컴퓨터용 마우스를 측정하는 모습이다.



Fig.3 Measuring procedure

측정 후 측정물의 서로 다른 면과 함께 측정된 툴링볼들의 상대 위치를 면 결합의 기준 위치로 사용하게 된다. 결합 오차를 최소화하기 위하여 툴링볼의 기준 위치 계산에 최소 자승법을 적용하여 기준점을 계산하였다. 최소 자승법을 적용하여 툴링볼 표면에서의 측정데이터를  $(x_i, y_i, z_i), i=1,2,\dots,num$  ( $num>3$ )로부터 툴링볼의 중심좌표를 계산한다. 여기

서 num은 툽링볼의 표면에서 측정된 측정 점의 개수이다. 툽링볼의 중심 좌표가 (a, b, c), 반지름 r로 가정할 때, 툽링볼의 표면을 표현하는 식은 식(1)과 같은 구의 방정식으로 표현될 수 있다.

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 + (z-c)^2 = r^2 \quad (1)$$

툽링볼의 중심점 (a, b, c) 계산을 위하여 에너지 함수 E를 식(2)와 같이 가정한다.

$$E(a, b, c, r) = \sum_{i=1}^{num} (L_i - r)^2 \quad (2)$$

여기서,  $L_i = \sqrt{(x_i - a)^2 + (y_i - b)^2 + (z_i - c)^2}$

에너지 함수 E를 미지수인 r, a, b, c에 대하여 식(3)과 같이 편미분함으로써 오차 함수를 최소화할 수 있다.

$$\begin{aligned} r &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{num} L_i \\ a &= \frac{1}{num} \sum_{i=1}^{num} x_i + r \frac{1}{num} \sum_{i=1}^{num} \frac{\partial L_i}{\partial a} \\ b &= \frac{1}{num} \sum_{i=1}^{num} y_i + r \frac{1}{num} \sum_{i=1}^{num} \frac{\partial L_i}{\partial b} \\ c &= \frac{1}{num} \sum_{i=1}^{num} z_i + r \frac{1}{num} \sum_{i=1}^{num} \frac{\partial L_i}{\partial c} \end{aligned} \quad (3)$$

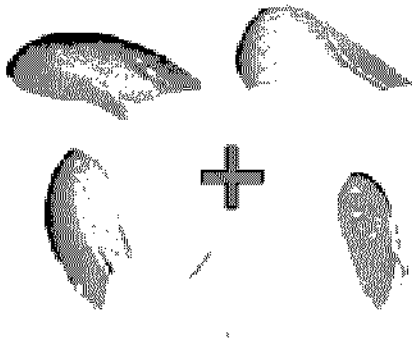


Fig.4 Scanned data from each direction of the PC mouse



Fig.5 Integrated 3-dimensional shape data of the PC mouse

식 (3)으로부터 수치해석적인 방법과 반복계산으로 식 (2)의 에너지 함수 E를 최소화 시키는 미지수를 계산하였다. 얻어진 툽링볼의 중심점들은 측정된 각 면의 결합을 위한 기준 좌표로 활용된다.

Fig.3에서 도시된 바와 같이 마우스 형상의 측정에서 먼저 사면체의 각 면을 기준으로 4면을 측정 한 후 데이터가 부족한 부분을 추가 측정하여 각각의 측정 데이터를 획득하였다. 측정된 각 면들을 결합함으로써 하나의 전 형상 3차원 데이터를 완성하였다. Fig.4 와 Fig.5는 측정 형상의 각 면의 3차원 데이터들을 결합하여 전 형상 데이터로 통합하는 과정을 설명하는 그림이다. 그림에서 보이는 바와 같이 전 형상 3차원 데이터로 구성할 수 있었다.

### 3. 다 면 구조의 측정용 고정구

기본적인 구조로 선정된 사면체 구조는 간단한 구조로서 복잡한 형상 측정의 경우 가능한 측정 방향 및 측정면의 수 제한으로 인하여 적용에의 한계를 갖는다. 본 연구에서는 측정물의 형태가 복잡한 경우에 사용자가 원하는 측정 방향 및 측정 횟수에 대응할 수 있도록 능동적으로 측정 형상을 변형할 수 있는 보다 많은 면의 측정이 가능한 다 면 구조의 고정구를 제안하고자 한다. 복잡한 임의 형상의 측정 대상에 측정자가 고정구의 각 부분의 길이를 조절할 수 있는 것은 물론, 조립, 분해 가능한 구조로 다면체 구조의 고정구를 능동적으로 제작, 적용할 수 있도록 하였다. 이를 위하여 조립이 가능하도록 지지대, 툽링볼 등을 좌탈이 가능한 연결부를 설계, 제작하였다. 제작된 조립형 고정구의 부품을 조합하여 다양한 형태의 고정구를 제작할 수 있다.

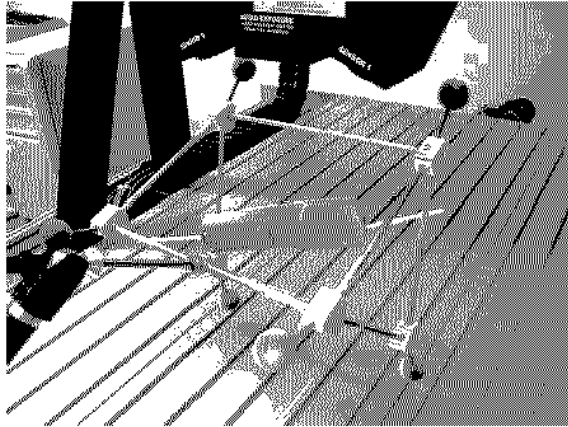


Fig.6 Fixture of polyhedral structure

본 연구에서 조립 예로 6개의 연결부를 갖는 삼각기둥 형상의 고정구를 제작, 측정 실험을 수행하였다. 틀링볼은 각 모서리마다 장착하여 총 6개를 부착하였다. 고정구는 측정 대상물의 크기, 형상에 적합하도록 길이 및 형상 조절이 가능하다.

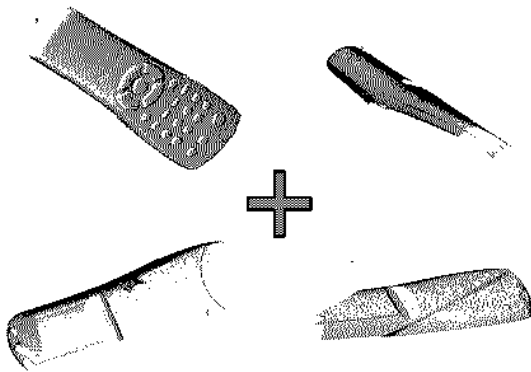


Fig.7 Scanned data from each direction of an object

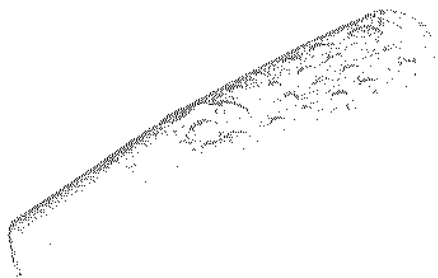


Fig.8 3-dimensional wrapped data with polyhedral measuring fixture

Fig.6은 조립식 다면 구조의 고정구를 사용하여 전자제품의 리모콘을 측정하는 측정 예이다. 개발된 고정구를 이용하여 획득된 형상 데이터들을 결합함으로써 3차원 전 형상 데이터를 완성하였다. Fig.7과 Fig.8에 조립식 다면 구조 측정용 고정구를 이용하여 측정한 각각의 측정 데이터 및 결합하는 과정, 결합된 전 형상 데이터를 도시하였다.

#### 4. 결론

본 연구에서 이용한 3차원 고정구를 이용하여 3차원 전 형상을 측정하기 위한 방안을 제시하였다.

전 형상 측정이 가능한 새로운 고정구를 개발하였다. 개발된 고정구는 형상을 여러 방향에서 측정할 수 있으며, 공간상에 배치된 틀링볼을 참조하여 3차원 전 형상 데이터로 결합할 수 있도록 고안되었다. 복잡한 형상에 대응하기 위하여 측정물의 형상 및 크기를 고려하여 길이 및 형상을 조절할 수 있도록 분해, 조립이 가능한 구조의 고정구를 개발하였다.

개발된 구조의 고정구를 사용한 측정 실험을 실시하였으며, 여러 측정 방향으로부터 획득된 측정 데이터를 결합하여 3차원 전 형상 측정 데이터를 완성할 수 있음을 보여 주었다.

#### 후 기

이 논문은 2004년도 지역 대학 혁신역량 강화 사업(NURI)에 의하여 지원되었음.

#### 참고 문헌

1. 손석배, 박현풍, 이관행, "전산역설계를 위한 측정 계획 수립 알고리즘 개발", 한국정밀공학회 춘계 학술대회, pp.410-413, 1999.
2. 손석배, 박현풍, 이관행, "전산역설계를 위한 측정 계획 수립 알고리즘 개발", 한국정밀공학회 춘계 학술대회, pp.410-413, 1999.
3. Minyang Yang, Eung-ki Lee, "Segmentation of measured point data using a parametric quadric surface approximation", Computer-Aided Design, Vol 31, pp.449-457, 1999.
4. 김용환, 윤정호, 이관행, "리버스 엔지니어링 체계 확립을 위한 측정 및 레지스트레이션 방법 개발", 한국 CAD/CAM 학회, pp.249-256, 1998.
5. David F. Rogers and J. Alan Adams, "Mathematical elements for computer graphics", pp.115-117, 1989.
6. 김승만, 이관행, "3 차원 비접촉식 측정용 fixture 개발에 관한연구", 한국정밀공학회 춘계학술대회, pp.303-306, 2000.