한국정밀공학회지 제 18 권 제 5 호 (2001 년 5 월)
Journal of the Korean Society of Precision Engineering, Vol. 18, No. 5, May 2001.

◆특집◆ 정밀공학 관련 벤처기업 소개

3차원 측정장치를 이용한 맞춤신발 및 가발제작 시스템

박상근*, 이병규**

System Integration of Custom Shoe & Wig using 3D Scanning Technology

Sang Kun Park*, Byoung Kyu Lee**

Key Words : 3D Scanning (3차원 측정), Custom shoe (맞춤 신발), Custom wig (맞춤가발), Computer Vision(컴퓨터비전)

1. 서론

3D 비전(vision)을 이용한 형상복원(3D shape reconstruction) 은 대상물에 대한 하나 또는 일련의 영상정보로부터 물체의 정확한 3 차원 기하학적 정보를 얻어내고 대상물의 특성을 정량적으로 결정하는 것이다. 3D 비전(Vision)을 이용한 3 차원 형상 측정은 현재 역엔지니어링(Reverse Engineering) 분야에 광범위하게 이용되고 있다. 자동차 제작에 있어서 디자인 시안인 Clay 모델로부터 형상데이터를 추출하거나, 기존 제품의 형상을 측정하여 제품의 설계도면을 제작하는 것등을 그 예로 들 수 있다.

형상복원 기술은 역엔지니어링뿐만 아니라 개인의 체형에 따라 소비자의 만족도가 바뀌는 제품의 개발에도 효과적으로 이용될 수 있다. 인체에 걸치는 옷, 헬멧, 신발 등의 제품개발에 있어서, 소비자들의 체형에 대한 자료획득과 이 자료의 통계적 처리를 통해 표준 체형을 결정하는 것은 대단히 중요한 일이다.

* K&I Technology 연구개발 책임
** K&I Technology 연구원
Tel. 02-878-7545, Fax. 02-888-7446
Email knitech@knitech.co.kr
3 차원측정기술 및 CAD SW 설계기술을 활용하여 맞춤/주문형 신발 및 가발시스템 등 인체측정기술개발에 중점을 두고 연구 중

3 차원 형상 복원 기술은 체형 측정에 있어서 기존에 광범위하게 이용되고 있는 치수 측정을 형상측정으로 대체함으로써 단순한 수량으로 표현될 수 없는 많은 정보를 빠른 시간 내에 획득할 수 있도록 해주며, 체형에 대한 정보가 CAD 모델로 존재함으로 통계처리에 소요되는 시간과 노력이 절감되는 효과를 기대할 수 있다.

또한 의류나 신발 등의 인체와 관련된 상품은 앞으로의 생활 수준의 향상과 소비자의 다양한 개성 및 욕구의 충족이라는 측면에서 고객에 의한 온라인 설계와 그 설계를 이용하여 제조하는 주문자 생산 시스템을 적용하기에 매우 적합하다. 즉석에서 주문자의 요구를 수용하여 제품을 설계하고 제작하기 위해서는 컴퓨터를 이용한 CAD/CAM 기술의 적절한 활용이 필요하며, 이를 위해서는 개인 체형의 CAD 모델을 생성해주는 형상 복원기술이 필수적이다.

본고에서는 K&I Technology 가 자체 개발한 3 차원 측정기를 이용한 맞춤 신발 및 가발 제작 시스템에 대해 소개하고자 한다.

2. 맞춤신발 시스템에의 응용

2.1 개발 배경

특히 신발산업에 있어서는 주문형 신발제작시스템의 구축을 위한 노력이 꾸준히 진행되어 왔으며 이를 위한 효율적인 발 측정 장치의 필요성도 점차 커지고 있다. 신발의

형태는 신발의 내면을 이루는 화형(靴型,Last)에 의해 결정되는데, 표준화형으로는 평발 등 개인의 신체적 특징을 반영한 제품을 생산하기 어렵다. 따라서 주문형 신발 제작을 위해서는 개인을 발 형상을 측정한 형상정보를 이용하여 새로운 화형을 제작하여야 한다. 뿐만 아니라, 국내 신발산업의 경우 외국의 기업에서 화형의 모델만을 받아서, 정확한 노하우 없이 경험에 의해 화형을 제작해왔기 때문에 국내에서 이용되고 있는 대부분의 화형들은 한국인의 표준 체형을 적절히 반영하지 못하고 있다. 한국인의 체형을 반영한 표준화형을 결정하기 위해서는 광범위하고 체계적으로 정리된 발 형상 데이터베이스가 필요하며, 이를 구축함에 있어서 3 차원 발 형상 측정장치는 가장 효과적인 수단으로 이용될 수 있다.

국내 신발 산업계에서도 화형 설계 및 발 측정에 3 차원 측정기를 이용하려는 시도가 꾸준히 이루어져 왔으나, 모두 외국의 장비에 의존하고 있고, 한 장비에서 발과 화형을 모두 측정하기 어려운 경우가 많으며, 측정 후 CAD 모델 생성을 위해 사용자의 수작업이 많이 추가되어야 하는 등의 이유로 적용에 어려움을 겪고 있다. 따라서 국내 신발업계의 요구에 대응하고, 주문형 신발 제작 시스템의 구성 요소로서 사용하기 위한 발 및 화형의 3 차원 측정장치 개발이 요구되어 왔다.

2.2 시스템의 구성

2.2.1 하드웨어의 구성

일반적인 3 차원 측정기의 경우 점 데이터 또는 삼각형 패치 형태로 3 차원 형상을 표현한다. 이 경우 데이터 양이 방대하므로, 데이터 양을 줄이는 작업(decimation), 서로 다른 위치에서 측정한 데이터들을 병합하는 작업(registration)등의 후처리에 많은 시간과 노력이 필요하다. 또한 측정기에서 얻어진 데이터를 이용하여 화형 설계, 패턴 생성 등의 후공정 수행하기 위해서는 NURBS 등의 곡면모델로 데이터를 변환해야 할 필요성이 있다. K&I Technology 가 개발한 시스템은 발의 형상을 단면단위로 측정하고 이를 이용해 발의 NURBS 곡면을 생성하여 줌으로써, 데이터의 양을 줄이고 측정결과를 후공정에서 효율적으로 이용할 수 있도록 하였다.

측정기는 4 개의 측정 유닛(unit)과 측정 유닛(unit)을 발 길이 방향으로 이송시키는 이송부, 그리고 이들을 제어하는 제어부로 이루어진다. 전체적인 시스템 구성은 Fig. 2 에 나타나 있다.

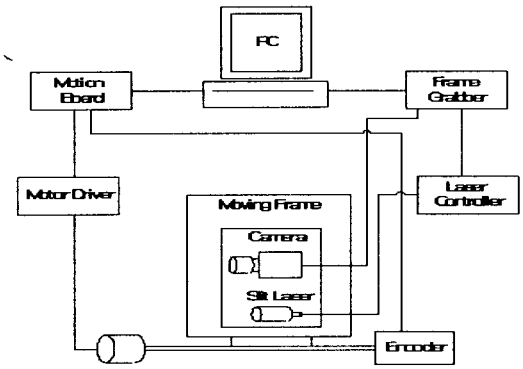

Fig. 1 하드웨어 구성도

측정 유닛(unit)은 발목 부분을 포함하여 발의 전체 단면의 영상을 획득할 수 있도록 Fig. 3 과 같이 유리판을 중심위로 위쪽에 2 개, 아래쪽에 2 개가 설치된다. 이송부는 측정 유닛(unit)을 발 길이방향으로 이동시키는 역할을 수행한다. 제어부는 측정 유닛(unit)의 영상 획득과 이송부의 운동을 프로그램내에서 제어 및 감시할 수 있도록 한다.

다음 사진은 완성된 발 및 화형 3 차원 측정기의 모습이다.

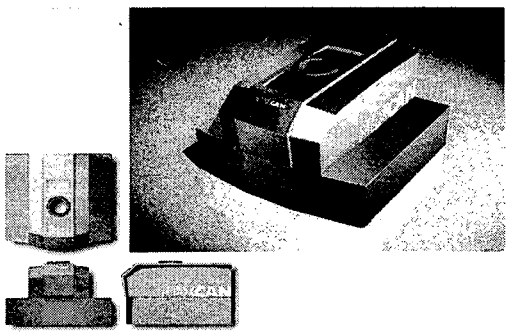

Fig. 2 K&I Technology 가 개발한 3 차원측정기

2.2.2 소프트웨어의 구성

신발 설계, 제작 기술 중에서 가장 핵심이 되는 것은 구두골(Shoelast) 설계 기술이다. 구두골은 신발의 내부 공간과 일치하는 형상의

목형으로 신발의 외형을 결정할 뿐만이 아니라, 제작 공정에서도 중요하게 사용된다.

현재 구두골의 설계 및 제작은 숙련자의 경험과 수작업에 많이 의존하기 때문에 관련 기술의 축적과 보급이 어렵고, 그만큼 기술 수준이 낙후되어 있다.또한 현재 신발 제작에 사용되고 있는 구두골은 평균적인 발 형상에 기초한 표준 구두골로 발의 기형등 각 개인의 특징 형상을 반영하지 못함으로써 착화시 통증 및 피로를 유발할 수 있다.

따라서, 구두골의 설계 및 제조, 생산 과정에 CAD/CAM 기술을 적용하여 각 개인의 신체적 특징을 반영한 구두골을 만드는 것은 편안함을 부여하고 발의 통증을 완화에 필수불가결한 기술이다.

구두골 설계 프로그램은 아직 국내에서 개발된 사례가 없으며 외국에서는 영국 Clarks 사의 Shoemaster Design/Custom/Last Maker 와 영국 USM 사의 Crispin-Dynamics System 의 ShoeDesign 이 신발 전용 개념의 하드웨어 및 소프트웨어를 개발하여 공급하는 세계적인 업체로서 세계시장을 분점하고 있다. 이들 소프트웨어는 주로 라스트 스타일링을 위한 기능을 제공하고 있으나 제품이 비싼 단점이 있다. 이밖에 솔리드 모델링 시스템인 I-DEAS, UniGraphics, Pro/Engineer 등이 신발 관련 모델링 시스템으로서 신발산업에 끼어 들고 있다. 대부분의 이들 업체들은 그들의 CAD/CAM 기술을 신발 설계 및 제조 산업에 적용시켜 그들 제품의 기술적 우수성을 통한 사업 기반 확보를 사업 전략으로 가지고 있다.

enFOOT(K&I Technology 가 개발한 디자인 전용 소프트웨어)은 Parameter 를 매개로 한 Grading 과 Modification 을 구현하여 맞춤신발 디자인 및 표준구두골 디자인이 가능하도록 고안된 소프트웨어이다.

2.2.2.1 형상데이터의 형상

측정을 통해서 얻어진 발 및 구두골의 3 차원 좌표는 점군(point cloud)형태이므로 이 데이터는 다음과 같은 과정을 거쳐 CAD/CAM 에서 유용한 데이터형태인 곡면데이터(surface data)로 바뀌어진다.

- 각 단면군(section cloud)들로부터 발 의 단면형상을 나타내는 4 개의 B-Spline Curve 를 생성 (발바닥 방향(좌/우), 발등 방향 (좌/우))
- 4 개의 곡선(curve)를 분할/합성 (split/composite)하여 하나의 발 단면을 나타내는 B-Spline Curve 생성
- Section Curve 들을 Lofting 하여 곡면데이터(Surface Data) 생성

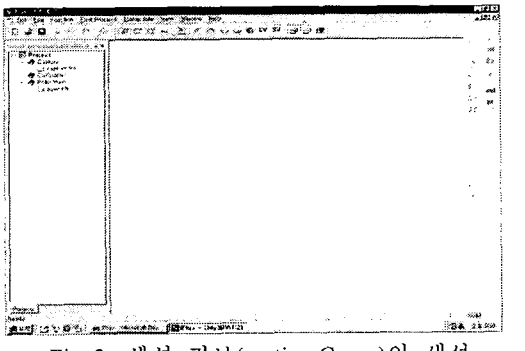

Fig. 3 섹션 커브(section Curve)의 생성

2.2.2.2 맞춤구두골 Surface 의 생성

맞춤구두골(Customized Shoelast)은 각 개인의 발의 특징형상을 반영하여야 한다. 이를 위해 enFOOT 발과 표준 구두골의 곡면(Surface)를 혼합하여 구두골이 발의 형상을 반영하도록 하고, 이 곡면의 국부변형(Local Modification)을 통해, 발의 주요 측정부위의 데이터와 구두골의 주요 치수 사이의 관계라는 구속조건을 만족시키는 새로운 곡면(Surface)을 생성한다.

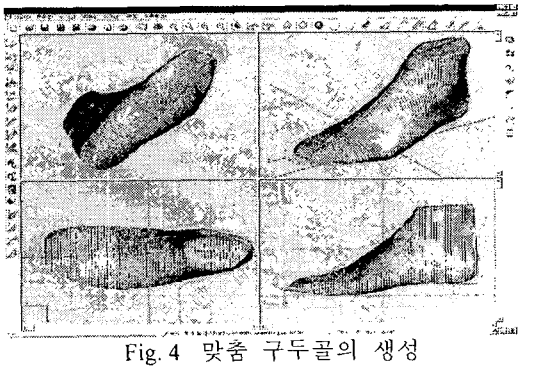

Fig. 4 맞춤 구두골의 생성

3. 맞춤가발 시스템에의 응용

3.1 개발 배경

종래의 맞춤가발 제작은 고객이 자신이

위치한 지역의 가발 회사(지사 또는 본사)를 방문하여 본인의 모발 상태 및 두피 상태를 검사하고, 검사 결과 및 상담 결과에 따라 원하는 형태의 가발을 선택함으로서 시작된다.이 때, 가발 회사의 디자이너는 가발 제작을 의뢰한 고객의 머리 형태 및 탈모 형태에 따라 본(wig base)을 제작한다.완성된 가발의 본은 가발 제작 서비스를 제공하는 본사를 거쳐서 가발을 제작할 수 있는 가발 공장으로 우송된다.가발 회사(지사 또는 본사)에서 제작되는 가발 본은 유동성 있는 형태의 합성 수지로 제작되는 것이 일반적이기 때문에, 우송 과정에서 파손되거나 형태가 변형될 수 있다. 이와 같이, 우송 과정에서 가발의 본이 변형되면, 고객의 머리 형태에 맞지 않는 가발이 제작될 수 있고, 그에 따라 고객은 처음부터 다시 가발 제작을 의뢰하여야 한다.

또한, 종래의 가발 과정 과정에 의하면, 가발의 본이 지사로부터 본사까지 우송되는 기간과 본사에서 가발 공장까지 우송되는 기간과 완성된 가발이 가발 제작을 의뢰한 고객에게 도달되는 기간이 많이 소요되는 문제점이 있었다.이러한 문제점은 사람마다 머리의 형태 및 탈모 상태가 다르기 때문에, 가발 제작을 위한 본을 만들기 위하여 가발 디자이너의 수작업이 요구되기 때문이다.

K&I Technology의 맞춤가발시스템은 이러한 문제점을 해결하고자 개발되었으며, 컴퓨터 비전을 이용하여 가발 제작을 의뢰한 고객의 두피 상태 및 탈모 상태를 촬영하고, 촬영된 데이터에 가발 제작을 지시하는 내용을 첨부하여 전송함으로써, 용이하게 가발을 제작할 수 있는 방법 및 시스템에 관한 것이다.

3.2 시스템의 구성

3.2.1 하드웨어의 구성

컴퓨터 비전을 이용한 가발 제작 시스템은 컴퓨터 비전을 이용하여 가발 제작을 의뢰한 고객의 두피 상태 및 탈모 상태를 촬영하기 위한 비전 시스템과, 상기 비전 시스템을 통하여 촬영된 데이터를 이용하여 고객의 두상 데이터를 형성하고, 고객의 두상 데이터에 가발 제작을 위한 스케치 데이터를 첨부하여 가발 제작을 위한 작업 지시 데이터를 형성하여 네트워크를 통하여 가발 공장으로 전송하는 가발 디자인 시스템과, 상기 가발 디자인 시스템으로부터 전송된 작업 지시 데이터에 따라 고객의 머리에 부착될 가발을 가공 및 제 및 제작하는 밀링 시스템으로 구성되어 있다.

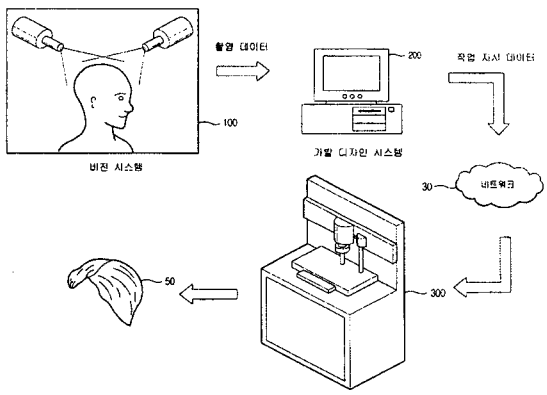

Fig. 5 시스템 구성

3.2.2 소프트웨어의 구성

소프트웨어는 두상 측정부와 가발 설계부로 구성되어있다. 측정원리는 구조화된 조명을 이용하여 정형화된 공간부호를 생성하고 공간부호로부터 카메라와 패턴프로젝터 사이의 대응점을 찾아내어 3 차원 포인트를 생성하는 방식이다. 3 차원 포인트는 기하학적 위상을 갖는 메쉬 구조로 변형되어 설계 소프트웨어의 입력으로 사용된다.

설계소프트웨어는 3 차원데이터 병합, 평활화, 잡음제거, 3 차원 가발선 스케치, 가발형상 생성, 가공경로 생성 등의 기능을 갖는다. 고객의 가발 영역에 따라 전, 후, 좌, 우에서 촬영한 데이터를 병합하여 하나의 데이터 메쉬 구조로 데이터를 생성한다. 생성된 두상 데이터에 두피 상태, 가발영역에 따라 가발의 외부경계선, 내부경계선, 가르마선, 기타선 등을 스케치한다. 스케치가 완료되면 외부경계선 내부 영역을 두상데이터로부터 추출하여 가발 형상 데이터를 생성한다. 가발 형상 데이터로부터 가공경로를 계산한 후 형상과 가공경로 데이터를 네트워크를 통해 가발 공장으로 전송한다.

K&I Technology 는 개발완료된 맞춤신발/가발용 HW 및 SW 를 활용하여 국내외

시장을 대상으로 가시적인 수익모델을 구축중이며,
나아가 인체 및 3 차원 정밀측정 원천기술을
기반으로 한 사업다각화를 전개할 예정이다.