

◆특집◆ 쾌속 제품 개발

쾌속 제품 개발을 위한 측정 시스템

이관행*, 손석배**, 박현풍**

Measurement Systems for Rapid Product Development

Kwan H. Lee*, Seokbae Son**, and Hyunpung Park**

Key Words : Rapid Product Development(쾌속 제품 개발), Reverse Engineering(전산 역설계), Computer Aided Inspection(컴퓨터 원용 검사), Integrated Measuring System(통합측정 시스템)

1. 서론

산업의 급격한 발달과 함께 제품의 life cycle 이 빠른 속도로 단축되어가고 있다. 이러한 현상은 자동차, 가전, 통신 등 산업체 전분야에서 나타나는 현상으로서, 신제품의 조기 출하는 시장 선점을 위한 필수 조건이 되어가고 있다. 따라서 다양하고 우수한 성능의 제품으로 세계시장에서 경쟁력을 확보하는 것은 짧은 시간 안에 고품질의 제품을 개발할 수 있는냐에 달려 있다.

일반적으로 기업에서 신제품을 개발하는 데에는 많은 시행착오와 시제품 수정을 거치게 되는데, 이러한 과정은 시간과 비용의 소모가 매우 크다. 쾌속 제품 개발(Rapid Product Development)기술은 기존의 제품 개발 프로세스의 대안으로서, 제품 개발 기간을 획기적으로 단축시키는데 기여할 수 있는 일련의 핵심 기술들을 일컫는다. Fig. 1 은 쾌속 제품 개발의 개념을 보여주고 있다. 쾌속 제품 개발의 주요 기술은 지능형 설계, 전산 역설계 및 검사, 가상 시작, 쾌속 시작, 해석 기술 등이 포함

되며, 이러한 각각의 기술들은 웹(web) 기반의 분산 제조 환경하에서 상호 연계하여 제품을 개발하게 된다.

본 논문에서는 이러한 쾌속 제품 개발의 요소 기술들 가운데에서 자유 형상 제품의 신속한 설계 기술로서 큰 관심을 모으고 있는 전산 역설계 기술과 함께 이와 관련된 제품 측정 기술을 중심으로 소개하고자 한다. 먼저 전산 역설계 기술의 개념과 함께 전산 역설계 프로세스 내에서 측정 기술이 차지하는 비중을 살펴보고, 다양한 종류의 측정 기술들을 소개한다. 또한 이러한 측정 작업들을 자동화하기 위해서 필요한 요소들을 소프트웨어와 하드웨어의 관점에서 살펴보았다. 마지막으로, 각각의 측정 장비의 장점들을 취합하여 측정 효율성을 극대화할 수 있는 통합측정 시스템에 대해 소개하고자 한다.

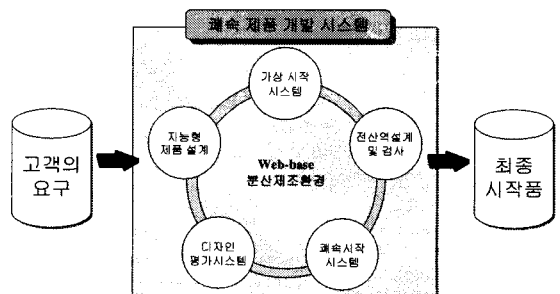


Fig. 1 Environment of rapid product development

* 광주과학기술원 기전공학과 부교수

** 광주과학기술원 기전공학과 대학원

Tel. 062-970-2386, Fax. 062-970-2384

Email lee@kyebek.kjist.ac.kr

Rapid Prototyping, Reverse Engineering, Automated Inspection, Medical Application 등에 관심을 가지고 연구하고 있다.

2. 전산 역설계 기반의 쾌속 제품 개발

쾌속 제품 개발의 핵심 기술들은 크게 지능형 설계, 전산 역설계 및 검사, 쾌속 시작, 해석 기술, virtual prototyping 기술 등으로 나눌 수 있다. 이들 가운데 지능형 설계와 전산 역설계는 제품 설계 기술에 해당하는데, 지능형 설계는 전문 설계 지식을 데이터 베이스화하고 제품의 기능성 분석을 통해 설계자의 interaction 을 최소화하는 설계 기술이며, 전산 역설계는 제품을 먼저 제작한 후 이로부터 설계 데이터를 생성해내는 기술이다^[1]. 제품의 특성에 따라 정형화된 형상들로 이루어진 경우 및 설계 전문 지식이 잘 정의될 수 있는 대상에 대해서는 지능형 설계가 유용하다. 반면에, 자동차 외관과 같이 심미적 자유 곡면을 포함하는 제품의 경우는 제품을 직접 설계하는 것이 어려우므로 제품을 수작업 및 여러 가지 제작 기술로 만든 후 이로부터 설계데이터를 재생성해내는 것이 효율적이며, 따라서 전산 역설계 기술이 중요한 역할을 담당하게 된다. 본 장에서는 전산 역설계 기술의 개략적인 내용을 살펴보고 측정 기술의 역할과 다양한 측정 기술에 대해 소개하려고 한다.

2.1 쾌속 제품 개발에 있어서 측정의 역할

전산 역설계 기술은 앞서 설명한 바와 같이 설계에서 제품으로 진행되는 기존의 프로세스와는 반대로 실제 제품으로부터 설계데이터를 생성하는 역순의 공정을 가진다. 따라서 일반적인 전산 역설계 프로세스는 Fig. 2 와 같이 형상데이터 획득, 데이터 전처리, 곡면모델 생성의 순서를 가진다. 이외에도 점데이터 처리 후에 곡면을 만들지 않고 직접 점데이터로부터 STL 또는 NC 코드를 생성

하여 응용분야에 사용하는 경우도 있다.

제품의 곡면 모델을 만들기 위해서는 먼저 측정 장비를 이용하여 제품의 형상 데이터를 획득해야 한다. 대부분의 경우 이들 데이터는 3 차원 공간상의 점데이터의 형태를 가진다. 측정 장비의 특성으로 인하여 점데이터의 양이나 노이즈 포함 정도가 다르므로, filtering/smoothing/reduction 등의 점데이터 처리 작업을 수행하여 곡면 생성을 위한 준비 데이터를 생성한다. 이렇게 처리된 형상 데이터를 기반으로 하여 제품의 형상 및 설계 의도를 종합하여 적합한 방식으로 곡면을 생성한다. 이와 같이 전산 역설계 프로세스는 제품의 형상 데이터를 기반으로 이루어지므로, 쾌속 제품 개발을 위해서는 정확한 데이터를 빠른 시간 안에 획득하는 것이 무엇보다 중요하다.

2.2 측정 기술 및 응용

현재 사용되는 측정 기술들은 Fig. 3 에서 보는 바와 같이 여러 가지가 있으며, 이들 측정 기술들은 일반적으로 대상 물체와의 접촉 여부에 따라 접촉식과 비접촉식 측정 기술로 분류할 수 있다. 접촉식 측정 기술은 측정 프로브와 제품과의 접촉을 통해 점데이터를 획득하는 방식인데, 산업체에서 많이 사용되어져 온 CMM(Coordinate Measuring Machine)이 그 대표적인 예이다. 접촉식 방식은 비접촉식에 비해 데이터의 정밀도가 높은 반면에 측정 속도가 느리다는 단점이 있다.

비접촉식 기술은 제품과의 접촉 없이 형상 데이터를 얻는 것으로서, 일반적으로 많이 사용되고 있는 기술로서 active stereo, 레이저 스캐너, 모아레, CT(Computed Tomography) 등이 있다. Active stereo 는 두 대의 잘 셋업된 CCD 카메라를 이용하여 두

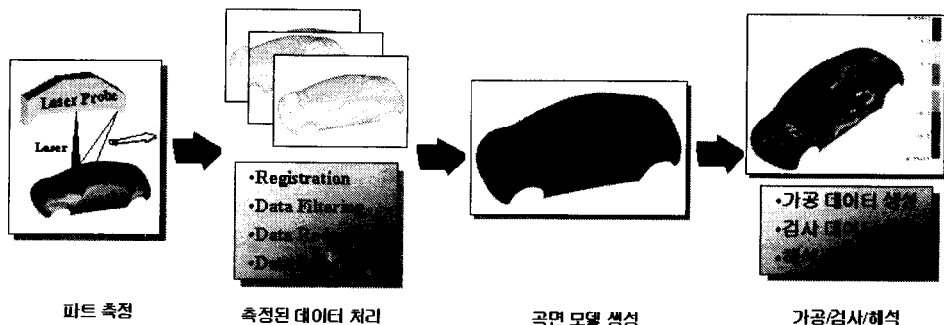


Fig. 2 Reverse engineering process

장의 영상을 얻어서 이미지 처리 및 기하학적인 계산과정을 거쳐 3 차원 데이터를 얻는 방식이다. 이 방식은 다른 방식에 비해 정밀도가 약간 낮은 것으로 알려져 있다.

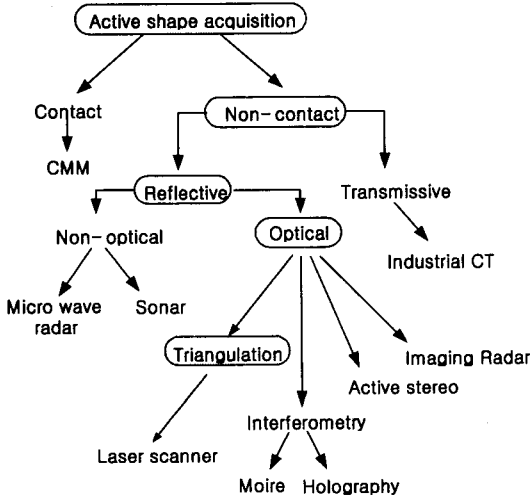


Fig. 3 Types of measuring systems [2]

레이저 스캐닝 기술은 레이저광을 물체에 주사하여 반사된 결과를 CCD 카메라로 받아들여 이미지 처리 및 삼각법을 통해 데이터를 얻는다^[3]. 최근 레이저 기술의 발달과 더불어 정밀도가 향상되어 산업체 보급률이 높아지고 있는 실정이다. 레이저 스캐닝 방식은 곡면 모델링 작업에 쓰일 수 있는 정밀도를 가지면서도 많은 양의 데이터를 빠른 시간 안에 얻을 수 있는 장점이 있다.

모아레 방식은 격자 모양의 패턴을 제품에 주사하여 무늬의 변화 형태로부터 형상데이터를 얻는 기술로서 현재 한국과학기술원의 정밀측정 연구실에서 활발히 연구중이다. 모아레 방식의 특징은 잘 정렬된 데이터를 빠른 시간 안에 얻을 수 있다는 점이다^[4]. 데이터의 정밀도 향상이 빠르게 이루어지고 있으므로 레이저 스캐닝과 함께 전산 역설계의 주된 측정 기술로 사용될 것으로 기대된다.

지금까지 설명한 측정 기술들은 주로 물체의 외관 형상만을 대상으로 하는 것에 비해, CT는 x-ray를 사용하므로 물체를 파괴하지 않고도 물체의 내부형상에 대한 데이터를 얻을 수 있다^[5]. 이 기술은 주로 의료계에서 많이 사용되어 왔는데, 현재는 산업체에서도 사용이 시도되고 있다. 그러나

아직은 데이터의 정밀도가 낮고 고가이어서 산업체 보급률이 낮은 실정이다.

CMM과 같은 접촉식 측정 장비는 정확한 데이터를 상대적으로 느린 속도로 얻게 되므로 많은 점데이터가 필요하지 않은 특정 형상으로 구성된 제품들에 사용되거나, 곡면 모델링 전략이 정확히 수립되어 곡면 생성에 필요한 부위만을 측정할 때에 주로 사용된다. 비접촉식 측정 기술은 다량의 데이터를 빠른 시간 안에 얻을 수 있으므로 자유 곡면 형상을 측정하기에 효율적이며, 제품과 접촉하지 않기 때문에 접촉식 기술과는 달리 부드러운 재질을 가진 제품의 측정도 가능하다. 일반적으로 다량의 점데이터가 얻어지므로, 앞서 언급한 바와 같이 filtering/smoothing/reduction 등의 점데이터 처리 작업을 필요로 한다.

3. 측정자동화 기술

3.1 측정 자동화를 위한 소프트웨어 시스템

자동 측정시스템을 구현하기 위해서는 다양한 소프트웨어 모듈이 필요하다. 주어진 CAD 모델을 분석하기 위한 CAD 모델 분석 모듈, 최적의 장비를 결정하기 위한 측정장비 선정 모듈, 측정데이터의 사용목적과 장비에 맞는 측정영역/점 결정 모듈, 측정경로 및 기계코드 생성 모듈, 여러 방향에서 측정된 데이터를 한 좌표계로 일치시키기 위한 레지스트레이션 모듈 및 데이터처리 모듈 등이 여기에 포함된다.

3.1.1 CAD 모델 분석 모듈

정확한 측정계획의 생성은 주어진 파트의 분석으로부터 출발한다. CAD 모델 분석 모듈은 주어진 모듈의 각 곡면으로부터 곡률, 법선벡터, 에지 정보, 공차, 크기, 데이텀 등의 정보를 추출하고, 곡면의 복잡성을 정량화함으로써 측정점의 결정, 장비선정, 경로계획 등에 정보를 제공한다. 최근 여러 연구에서 더욱 정확한 측정계획의 수립을 위해서 곡면의 1차 및 2차 미분값, 특징형상 정보, 곡률반경, 투영된 형상 등을 이용하고 있다^[6,7]. 다음 Fig. 4는 본 연구실에서 상용 CAD 시스템의 open architecture와 Visual Basic을 이용하여 개발한 곡면의 정보를 자동으로 얻는 시스템의 예를 보여 주고 있다. 본 시스템에서는 CAD 모델에 포함되어 있지 않은 재질, 사용목적, 측정항목 등도 쉽게 입력할 수 있도록 하였다.

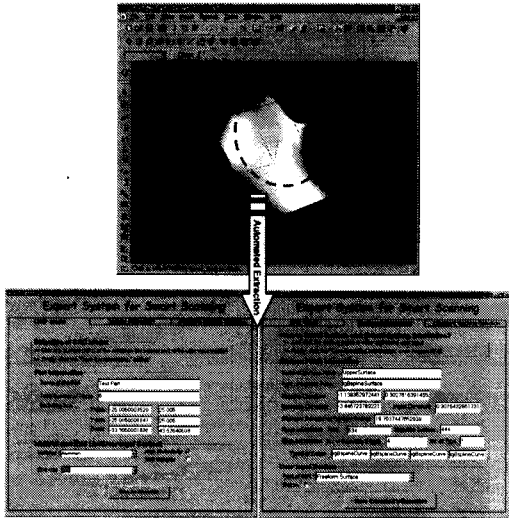


Fig. 4 Extraction of part information

3.1.2 측정장비 결정 모듈

측정할 대상 파트가 복잡한 외부형상, 내부형상, 다양한 재료 등으로 만들어져 있을 경우 일반적으로 하나의 측정장비만으로 전체를 측정하기가 힘들고, 한 종류라고 하더라도 수십 종의 유사 장비 가운데에서 최적의 장비를 선정하는 것은 쉽지가 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 측정장비 결정 모듈은 필요하며, 경제적이면서도 최상의 점데이터를 얻는데 관건이 된다. 일반적으로 파트의 형상 복잡도, 파트의 재질 및 크기, 측정장비의 정밀도, 접근성, 측정데이터의 사용목적, 측정시간, 측정비용 등을 고려하여 장비를 결정하게 된다. 또한 여러 종류의 측정기를 동시에 사용하기 위해서는 공통적으로 사용될 수 있는 고정구의 설계도 중요하다.

하나의 파트에 여러 장비를 이용하는 통합측정과 관련된 연구는 이미 수행된 바 있다^[8].

3.1.3 측정 영역/점 결정 모듈

측정점의 결정은 한번에 넓은 면적을 측정할 수 있는 레이저 스트라이프 스캐너, 비전 시스템, 모아래 측정기보다는 한번에 한 점씩 얻는 접촉식 CMM이나 점 레이저 스캐너의 경우에 더욱 중요하다. 제품의 검사나 곡면 모델의 재생성 등 점데이터의 사용목적과 파트형상에 따라서 꼭 필요한 최소의 점을 얻는 것은 측정시간과 비용의 측면에서 이점이 있다.

기존의 연구에서는 통계적인 관점에서 Hammersley 방법(Fig. 5), 특징형상을 이용한 방법, 랜덤 추출, uniform 추출 등의 방법들이 기본 형상들(primitives)을 위주로 구현되었으며^[9,10,11], 자유곡면의 경우에는 실시간으로 측정점을 이용해 만든 곡면과 nominal CAD 곡면의 에러를 비교하면서 추가적으로 측정점을 찾는 방법이 소개되었다^[12]. 이러한 경우 형상의 변화가 큰 부분에서 상대적으로 많은 점을 측정하게 된다.

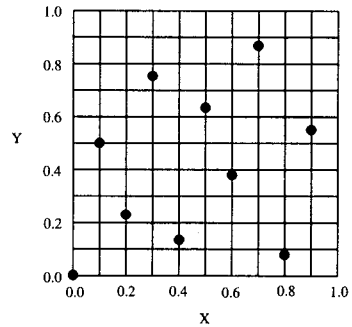


Fig. 5 Hammersley method for a plane(10 points)

3.1.4 측정경로 및 기계코드 생성 모듈

한번에 넓은 영역을 측정하는 모아래 측정기나 사람의 손으로 측정하는 다관절 측정기를 제외한 CNC 형의 측정기의 자동화를 위해서는 측정경로를 생성하는 것이 필수적이다. 측정경로의 생성을 위해서는 우선 결정된 측정영역 또는 점에 대해서 대상 장비의 접근성 및 가림현상 등을 고려하여야 한다. 또한, 경우에 따라서는 프로브의 종류, 스타일러스 길이, 팁의 크기 등을 바꾸어 가면서 각각의 점에 대한 측정방향을 찾아야 한다^[13]. 측정기가 연속적으로 움직이면서 각각의 점을 모두 포함하는 최단거리의 측정경로를 생성하는 일은 대량 생산의 경우 중요하다.

뿐만 아니라, 측정 단계에서 측정기가 각 구간을 움직이는 동안 파트나 고정구와 충돌하지 않도록 측정경로를 생성하여야 한다. 측정 작업의 품질과 안전성을 확보하기 위하여 로봇 시뮬레이션 기법을 이용하여 소프트웨어상에서 측정결과 및 측정경로를 미리 검증할 수 있는 모듈이 개발된 바 있다^[14,15].

생성된 측정경로를 측정기에 다운로드하여 작업을 수행하기 위해서는 측정계획 소프트웨어상의 좌표계와 실제 측정기의 좌표계를 일치시키기 위

한 병진 및 회전 변환작업이 수행되어야 한다(3.2 절 참조). 그리고 측정기가 인식할 수 있는 고유 파일 형식 또는 DMIS, G 코드 등으로 변환해주는 작업이 필요하다^[13].

3.1.5 자동 레지스트레이션 및 점데이터 처리 모듈

전산 역설계 방식을 통한 검사나 모델링에서는 여러 방향에서 측정된 데이터를 하나의 좌표계 상으로 일치시키는 작업이 필요하며, 이를 레지스트레이션이라고 한다^[16]. 파트를 측정하는데 있어서 측정기가 충분한 자유도를 가지지 못한 경우에는 레지스트레이션을 위해서 파트 자체의 특징형상을 이용하거나 별도의 특징 형상을 부착하는 것이 일반적인 방법이며, 주로 금속재질 또는 플라스틱으로 만들어진 구형상의 정밀한 툴링볼을 이용한다. 다음 Fig. 6은 툴링볼을 이용한 레지스트레이션 방법을 보여주고 있다. 그림의 윗부분에서는 각각의 파트 곡면이 툴링볼과 함께 다른 셋업에서 측정된 데이터를 보여주고 있으며, 아래에서는 공통되는 툴링볼을 일치시켜줌으로써 곡면이 하나의 좌표계로 이동된 것을 보여준다. 이 작업은 일반적으로 많은 시간이 소요되므로 자동화 소프트웨어가 필요하다. 또한 좌표 정보를 얻을 수 있는 다축 전동 테이블(motorized rotory table)을 사용함으로써 점데이터의 레지스트레이션을 자동으로 수행할 수 있다(3.2 절 참조).

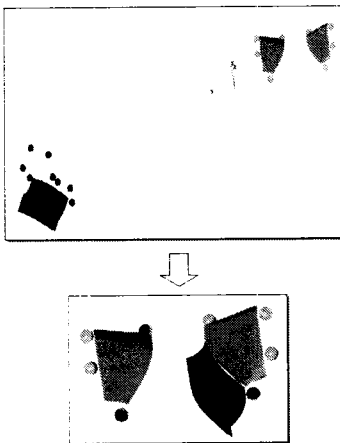


Fig. 6 Registration example of winding frame using tooling balls

CMM 과 같이 접촉식 프로브를 사용하는 경우에는 정밀도가 높을 뿐만 아니라 필요한 점만을 얻기 때문에 점데이터 처리의 필요성이 많지 않다.

그러나 레이저 스캐너와 같은 장비를 이용할 경우에는 보통 수만에서 수십만의 점데이터가 얻어지고, 광학식 측정법을 사용함으로써 측정데이터의 에러가 상대적으로 크기 때문에 점데이터의 수와 에러를 줄이는 모듈이 필요하다. 많이 사용되는 방법으로는 uniform filtering, median filtering, space sampling, angular deviation 방법, chordal deviation 방법, 2D 및 3D grid 방법 등이 있다^[17,18].

3.2 측정 자동화를 위한 하드웨어 시스템

측정 작업에 있어서 데이터 획득뿐만 아니라 파트 셋업 및 여러 방향에서 측정된 데이터의 통합에 많은 시간이 소요된다. 따라서, 측정 프로세스를 자동화 하기 위해서는 앞서 설명한 측정 계획 자동 생성 소프트웨어와 함께 파트의 셋업을 지원하는 고정구 및 로터리 테이블 등의 하드웨어의 개발도 함께 이루어져야 한다.

자동으로 수립된 측정 계획에 따라 파트를 정확히 셋업하기 위해서는 두 가지 방법을 사용할 수 있다. 첫 번째 방법은 임의의 방향으로 파트를 위치시킨 뒤 파트의 일부를 측정하여 현재 파트의 방향성(orientation)을 알아내는 방법이다. 이렇게 파트의 현재 방향성을 알아내는 방법을 localization 이라고 하는데, 측정된 데이터와 CAD 모델을 비교하여 회전 및 병진 이동 행렬을 계산하여 방향성을 결정한다^[19,20]. 파트의 현재 방향성을 알면, 간단한 행렬변환을 통해 얼마만큼 파트를 회전시켜야 하는 지를 알 수 있으므로 원하는 방향으로 위치시킬 수 있다. 두 번째 방법은 로터리 테이블의 좌표계와 제품의 좌표계 관계를 명확히 계산할 수 있는 고정구를 제작하여 이 고정구에 제품을 고정시킨 후 앞의 단계와 마찬가지로 원하는 방향으로 파트를 위치시키는 것이다. 위에서 설명한 어느 경우이든 로터리 테이블의 작동 범위가 제한되어 있으므로 이를 고려하여 측정 계획을 수립하는 것이 가장 바람직하다^[21].

3.1.5 절에서 언급한 바와 같이 레지스트레이션을 자동화하기 위해서는 다축 전동 테이블의 사용이 효과적이다. 본 연구실에서는 이를 측정 자동화 연구에 이용하여 그 효용성을 보였다^[13]. 파트를 임의의 방향으로 위치시키기 위해서는 측정 시스템이 전체적으로 6 자유도를 가지는 것이 바람직하다. 따라서 측정 장비의 자유도를 보충하여 6 자유도를 갖출 수 있는 로터리 테이블이 필요하다.

전동식 로터리 테이블의 경우 각 축의 회전 각도를 구동 소프트웨어에서 조절이 가능하므로 원하는 방향으로 자동으로 위치시키기에는 아주 좋은 장치라고 할 수 있다. 또한 파트의 방향을 바꾸는데 사용된 각 축의 회전변환을 역변환하면 특징 형상을 사용하지 않고도 점데이터의 레지스트레이션을 소프트웨어적으로 간단히 해결할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 측정 장비에 따라서 정밀도가 부합되는 로터리 테이블을 선정하여야 한다. Fig. 7은 본 연구실에서 측정 자동화 연구에 사용한 2축 전동식 로터리 테이블을 보여주고 있다. 사용된 측정 장비가 4자유도를 가지므로 2축 로터리 테이블을 장착하여 6자유도를 구현하였으며, 로터리 테이블을 측정 장비에 위치시키고 앞에서 언급한 파트 셋업 문제를 해결하여 자동 측정을 수행하였다^[13].

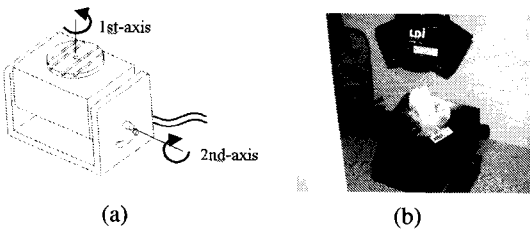


Fig. 7 Motorized rotary table with 2 DOF (a) basic mechanism (b) automated measuring with motorized rotary table

4. 통합측정 시스템

본 절에서는 앞서 설명한 다양한 모듈들을 이용하는 통합측정 시스템에 대해서 설명하고자 한다. 먼저 본 논문에서 제안하는 통합측정 시스템의 정의는, 측정하고자 하는 대상 파트가 복잡하고 다양한 종류의 형상, 재질 또는 기능성을 가지고 있을 때 이를 효율적으로 측정하기 위해서 서로 다른 측정장비를 동시에 사용할 수 있도록 한 측정시스템을 말한다. 이러한 시스템에서는 접촉식 센서, 비전센서, 레이저 센서, 산업용 CT 등 다양한 측정 장비가 활용될 수 있다^[8].

간단한 예를 들면, Fig. 8과 같은 파트의 경우를 보면 평면, 복잡한 자유곡면, 깊은 홈, 슬롯으로 구성되어 있다. 평면의 경우 바닥면은 에지가 모두 직선이고 옆면은 직선 에지와 곡선 에지를

모두 포함하고 있다. 이 경우 측정을 하는 목적이 검사인지 전산 역설계인지에 따라서 어느 정도 차이는 있겠지만 CMM과 레이저 스캐너를 이용해서 측정을 한다고 하면, 바닥, 옆면, 슬롯, 깊은 홈 등의 경우는 CMM이 일반적으로 측정이 용이하고 윗면의 자유곡면 부분과 곡선 에지 영역은 레이저 스캐너를 사용하는 것이 효율적이다.

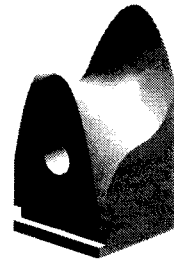


Fig. 8 An example of machined part

이와 같이 파트 측정에 있어 불가능 형상을 줄이고 효율성을 높이기 위한 노력들이 진행되어 오고 있다. Shen^[22] 등은 기존의 CMM 측정기, 자동 프로브, 3차원 비전 시스템을 통합하여 고정밀도 데이터를 빠른 시간에 얻을 수 있는 시스템을 제안하였다. 여기에 사용된 비전 시스템은 약 100 μ m 정도의 정밀도를 갖는다. 이 연구에서는 CAD 모델이 없는 경우에 비전센서를 이용하여 파트의 3차원 데이터를 얻고 측정 특징형상을 자동으로 추출한다. 이렇게 추출된 특징형상 정보는 정밀 CMM 프로브가 움직여야 하는 방향, 위치, 측정점 등의 정보를 얻는데 이용된다. 또한 비전 시스템을 이용함으로써 파트의 localization 문제를 자동으로 해결할 수 있도록 함으로써 측정 효율을 높였다. 그리고 측정속도에 있어서도 많은 향상이 있었다. 하지만 이러한 시스템의 단점으로는 비전센서의 정밀도가 접촉식 프로브 보다 현저하게 낮기 때문에 파트 localization의 정밀도가 충분히 확보되기 힘들고, 여러 방향에서 파트를 정확하게 측정하지 않고서는 가림현상으로 인하여 모든 특징형상을 찾기가 어렵다.

이와 유사한 연구가 미국 NIST의 Nashman^[23] 등에 의해서 수행되었는데, 역시 비전 시스템과 CMM을 통합하여 측정의 효율을 높이고자 하였다. 우선 비전 시스템을 이용하여 파트를 측정한다음 측정 특징 형상을 추출하고, 이로부터 CMM의 측정계획을 수립하도록 하였다. 이 연구에서는

CMM의 제어, 데이터 획득 등 측정에 필요한 제어 시스템을 독자적으로 구축하였다.

앞서 소개한 연구가 센서의 통합을 통해서 하나의 센서가 다른 측정 프로브를 보조하도록 되어 있는 반면, 본 연구실에서 제안하는 통합측정 시스템은 Fig. 9와 같이 하나의 파트를 여러 개의 장비로 측정하는 개념을 가진다¹⁸⁾.

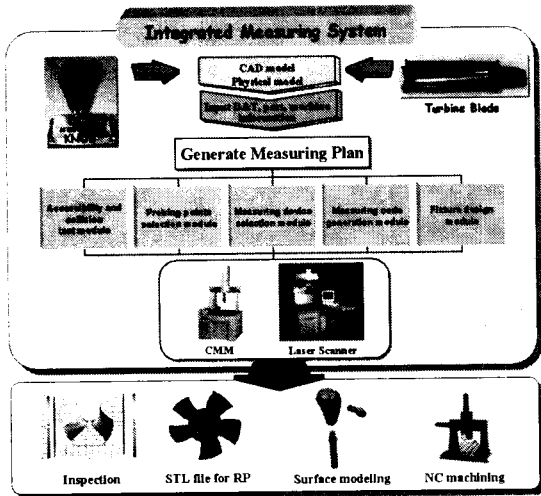


Fig. 9 Schematic diagram of an integrated measuring system

본 시스템에서는 우선 입력받은 CAD 모델을 곡률, 법선벡터, facet 근사, 곡면 종류, 에지, 정밀도, 데이텀 등의 측면에서 분석하고, 사용 가능한 장비의 파라미터, 데이터의 사용목적 등을 종합적으로 고려하여 파트를 이루는 각 면에 가장 적합한 측정장비를 선정한다. 이렇게 측정장비가 선정된 후에는 측정영역 또는 점을 결정하고 접근성, 충돌 등을 고려하여 최적의 측정경로를 생성한다. 또한 측정계획에 맞는 고정구의 형태도 제안한다. 이렇게 생성된 측정계획과 측정용 고정구를 이용하여 실제 측정작업을 수행하게 되며, 이때는 DMIS 또는 G 코드 등을 이용하여 자동측정이 가능하도록 한다. 측정된 점데이터는 노이즈 제거 및 점데이터 감소의 과정을 거쳐서 검사 및 전산 역설계의 입력 데이터로 제공된다.

이러한 통합측정에서는 각 파트의 면에 대해서 사용 목적에 알맞은 고정밀도의 점데이터를 획득할 수 있고, 측정이 불가능한 부분을 최소화할 뿐만 아니라 작업자가 직관적으로 판단하기 힘든 경우에도 대응할 수 있도록 한 것이 특징이다. 이렇게 획득된 측정데이터는 검사, 패속 제품 개발을 위한 입력 파일, 곡면 모델링, 가공 등에서 이용되어질 수 있다.

이와 같이 측정의 자동화는 여러 단계의 작업

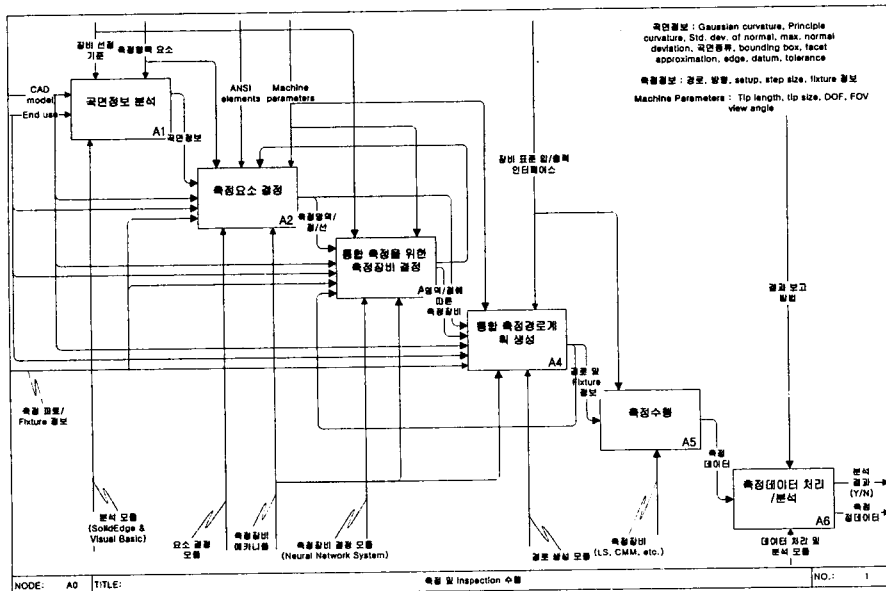


Fig. 10 IDEFO model of an integrated measuring system

들로 이루어져 있고 많은 데이터를 필요로 한다. 통합측정 시스템을 위한 일련의 측정작업의 순서, 입·출력 정보, 요구되는 시스템 자원 등을 분석적으로 IDEFO 모델링 기법을 이용하여 표현하면 Fig. 10 과 같다.

5. 결론

본 논문에서는 전산 역설계 및 검사작업에서 큰 비중을 차지하고 있는 측정에 대해서 알아보았다. 우선 제품의 생산프로세스에서 측정이 차지하는 부분과, 현재 제조 현장에 적용되고 있는 다양한 측정기의 종류에 대해서 살펴보았다. 그리고 측정작업의 자동화를 위한 CAD 모델 분석 모듈, 측정장비 선정 모듈, 측정 영역/점 결정 모듈, 측정경로 및 기계코드 생성 모듈, 레지스트레이션 모듈 및 데이터처리 모듈 등의 소프트웨어 모듈과 자동 위치 결정을 위한 전동 로터리테이블, 전용 치구 및 고정구 등의 하드웨어 시스템에 대해서도 기술하였다. 마지막으로 측정파트에 따른 효율과 정밀도를 높이기 위한 통합측정시스템의 개념, 특징, 적용분야, 관련기술 등에 대해서도 설명하였다.

측정기술은 제품의 시작단계와 최종검사 단계에서 중요하게 적용되는 기술이며 적용대상에 따라서 다양한 측정장비 및 방법이 요구되는 만큼 고정밀도와 고효율성을 실현하기 위하여 실제 생산현장과의 협력을 통한 연구가 절실히 요구된다.

참고문헌

1. T. Várady, R. R. Martin and J. Cox, "Reverse engineering of geometric models — an introduction," *Computer-Aided Design*, Vol. 29, No. 4, pp. 255-268, 1997.
2. B. L. Curless, "New methods for surface reconstruction from range images," Ph. D. Dissertation, Stanford University, 1997.
3. F. Funtowicz and E. Zussman, "Automatic scanning process planing using a stripe sensor," *Transaction of NAMRI/SME*, Vol. XXVII, pp. 239-244, 1999.
4. 박윤창, "모아레 현상의 원리와 응용," *한국정밀공학회지*, Vol. 17, No. 6, pp. 25-31, 2000.
5. 류재현, 이관행, "CT 이미지를 이용한 곡면모델 생성에 관한 연구," *한국정밀공학회 추계학술대회 논문집*, pp. 353-356, 1999.
6. I. Ainsworth, M. Ristic, and D. Brujic, "CAD-based measurement path planning for freeform shapes using contact probes," *International journal of advanced manufacturing technology*, Vol. 16, pp. 23~31, 2000.
7. T. M. Sobh, J. Owen, C. Jaynes, M. Dekh II, and T. C. Henderson, "Industrial inspection and reverse engineering," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 61, No. 3, pp. 468~474, 1995.
8. 손석배, 박현풍, 이관행, "통합측정시스템 구축을 위한 기반 연구," *한국정밀공학회 추계학술대회 논문집*, pp. 436~439, 1999.
9. G. Lee, J. Mou, and Y. Shen, "Sampling strategy design for dimensional measurement of geometric features using coordinate measuring machine," *International journal of machine tools and manufacture*, Vol. 37, No. 7, pp. 917~934, 1997.
10. T. C. Woo, R. Liang, C. C. Hsieh, and N. K. Lee, "Efficient sampling for surface measurement," *Journal of manufacturing systems*, Vol. 14, No. 5, pp. 345~354, 1995.
11. T. C. Woo and R. Liang, "Dimensional measurement of surfaces and their sampling," *Computer Aided Design*, Vol. 25, No. 4, pp. 233~239, 1993.
12. J. H. Cho, J. A. Rice, and K. Kim, "Real-time inspection strategy for dimensional accuracy of sculptured surfaces in coordinate measuring machine," *Transactions of NAMRI/SME*, Vol. XXVII, pp. 293~298, 1999.
13. 손석배, 박현풍, 이관행, "레이저 스캐너를 이용한 자유곡면의 자동 측정시스템 개발," *한국정밀공학회 춘계학술대회 논문집*, pp. 311~315, 2000.
14. H. T. Yau and C. H. Menq, "Automated CMM path planning for dimensional inspection of dies and molds having complex surfaces," *International journal of machine tools and manufacture*, Vol. 35, No. 6, pp. 861~876, 1995.
15. A. Bernard and M. Véron, "Analysis and validation of 3D laser sensor scanning process," *Annals of the CIRP*, Vol. 48, 1999.
16. H. Yau, C. Chen, and R. G. Wilhelm, "Registration and integration of multiple laser scanned data for reverse engineering of complex 3D models," *Int. J. of*

- Production Research, Vol. 38, No. 2, pp. 269-285, 2000.
17. *Surfacer 9.0 User's Guide*, Imageware, 1998.
 18. 우혁제, 석태훈, 이관행, “전산 역설계를 위한 점데이터 감소방법 연구,” 한국정밀공학회 추계학술대회 논문집, pp. 428~431, 1999.
 19. J. Qu and R. Sarma, “Least square curve and surface localization for shape conformance checking,” Transactions of NAMRI/SME, Vol. XXVII, pp. 275-280, 1999.
 20. X. Huang and P. Gu, “CAD-model based inspection of sculptured surfaces with datums,” Int. J. Production Research, Vol. 36, No. 5, pp. 1351-1367, 1998.
 21. J. Kang and S. Suh, “Machinability and Set-up orientation for five-axis numerically controlled machining of free surfaces,” Int. J. of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 13, pp. 311-325, 1997.
 22. Shen, J. Huang, and C. Menq, “Multiple-sensor integration for rapid and high-precision coordinate metrology,” Proceedings of the IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, pp. 908~915, 1999.
 23. M. Nashman, W. Rippey, T. H. Hong, and M. Herman, “An integrated vision touch-probe system for dimensional inspection tasks,” NIST report, 1995.