

CNC 삼차원측정기 개발사례

김 승 우

한국과학기술원 생산공학과 교수



● 1955년생
● 연삭공학 및 공작기계 시스템을 전공하였으며, 초정밀 측정 및 가공시스템분야에 관심을 가지고 있다.

1. 머리말

삼차원측정기는 공식적인 영문으로는 CMM (coordinate measuring machine)으로 명칭되는 기계류 부품의 치수를 측정하기 위한 정밀 기계시스템이다. 측정의 기본원리는 그림 1에 보인바와 같은 변위센서를 부착한 세개의 측정축을 갖는 기계구조물 내에서 측정물과의 접촉을 감지할 수 있는 프로브를 이동시키면서 측정물 표면상의 임의의 점의 삼차원 좌표값을 측정한다. 접촉 프로브를 이송하기 위한 측정축의 구동은 수동 또는 수치제어에 의한 자동 방식으로 행한다. 측정축상의 변위센서로는 광학적 선형스케일(linear scale)이나 레이저간섭계(laser interferometer)를, 그리고 접촉프로브로는 접촉력감지계가 주로 활용되고 있다. 이들 변위센서들은 선형스케일의 경우 $0.1 \mu\text{m}$, 레이저간섭계는 $0.005 \mu\text{m}$ 의 최소 측정분해능을 갖는다. 측정축을 포함한 구조물은 장기적 시간에 대한 변형의 안정성을 고려하여 천연화강암이 주로 사용되고 있으며 최근에는 인조화강암이나 특수 복합재료들도 사용되고 있다. 또한 측정축의 안내면은 구동정밀도를 고려하여 공기베어링을 사용하며, 삼차원 측정기의 전체적인 정밀도는 1000 mm의 측정범위에서 수 μm 를 유지시키고 있다.

이러한 삼차원측정기는 1970년도 유럽에서 개발되어 기술적 발전을 거듭해 오고 있다. 처

음에는 주로 기계부품의 치수와 기하학적 정밀도에 대한 단순 측정만이 주 기능이었으나 최근에는 수치제어기술과 컴퓨터 응용기술이 기계류 부품생산에 폭넓게 도입됨에 따라 삼차원 측정기의 기능도 다양화 되고있다. 그림 2는 본 연구에서 제안되고 있는 컴퓨터 원용 통합 생산시스템(CIM)내에서 삼차원측정기의 연계 활용 방안을 보여준다. 이러한 기능의 다양화는 컴퓨터를 응용한 소프트웨어 개발과 직결되고 있으며 삼차원측정기의 발전기술이 단순 정밀하드웨어만이 아닌 메카트로닉스 시스템기술과 맥을 같이 하고 있다. 현재 삼차원측정기는 관련 기술의 미흡으로 국산화가 이루어지지 않아 유럽과 일본 제품을 수입해 사용하고 있으나, 최근 국내에서 금형과 정밀기계류의 정밀 가공이 급격히 증가하고 있어 삼차원측정기의 국내개발의 필요성이 대두되어 오고 있는 실정이다.

본 글에서 기술되는 삼차원측정기 개발 연구는 이제까지 한국과학기술원 공작기계시스템연구실 내에서 수행되었던 석·박사과정 학생들의 개별적인 학술 연구결과를 종합화하고 이를 국내의 산업기술로 전환시키는 효율적인 방법의 하나로 추진하게 되었다. 석·박사과정들이 연구개발의 주축이 되고 있는 만큼 학생들 스스로 제품개발의 전과정을 스스로 습득하게함으로써 포괄적인 지식을 습득하게하는 교육적인 측면에도 중점이 되어졌다. 측정기 전반의 시스템설계에서부터 시제품의 제작에 이르기까

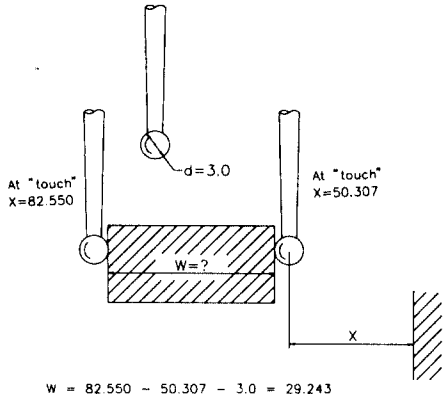


그림 1 삼차원 측정기에서의 치수 측정원리

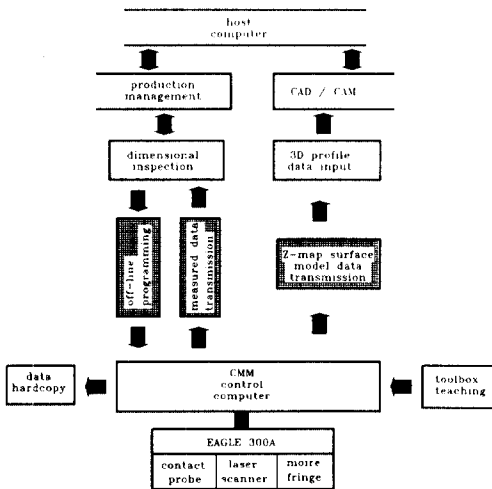


그림 2 EAGLE 300A 삼차원측정기와 CIM 시스템의 통합

지 전과정은 학생들 스스로 그룹프로젝트의 형태로 추진되었으며, 가공 및 조립의 현장실무적 업무는 관련기업의 협조를 얻어 추진되었다. 일차적인 시제품을 완성하기까지 소요된 시간은 1990년 3월부터 9월까지 7개월이었으며 현재에도 제품의 성능을 향상시키기 위한 제반 연구를 수행중에 있다.

삼차원측정기의 개발에 소요되는 기술은 메카트로닉스 전반에 걸친 포괄적이고 전문적인 기계시스템 기술을 필요로 하였다. 전체 연구

개발중 중점을 두어 추진된 분야를 요약하면 다음과 같다.

(1) 시스템 총합 설계

측정기 구조물의 설계, 각 측정축의 구동시스템 최적설계, 컴퓨터 응용 제어/측정 시스템 설계

(2) 기계 메카니즘 세부설계 및 조립

구조물 및 구동시스템의 세부설계, 공기베어링의 설계, 기계부품의 정밀설계/가공/조립

(3) 컴퓨터제어 접속 전자하드웨어

IBM PC (XT, AT)용 접속 하드웨어 설계/제작, 제어용 기본제어 알고리즘/소프트웨어, 기계 I/O접속을 위한 전장부 설계/제작

(4) 컴퓨터 원용 측정 소프트웨어

측정/제어 소프트웨어 총괄구조 설계, 제어 기본 모듈의 매크로언어(macro language) 개발, 측정자료의 그래픽 표시기능

(5) 삼차원 측정기의 정밀도 보정시스템

보정 알고리즘, 측정 소프트웨어

2. 삼차원측정기

본 연구개발에서 목표로 한 삼차원측정기는 측정물의 단순한 삼차원 좌표 측정 뿐 아니라 측정업무의 자동화와 더 나아가 대단위 생산자동화 시스템에 측정기능을 직접적으로 연계시킬 수 있는 기능을 부여하는데 중점이 주어졌다. 이를 위해서는 측정기의 동작 자체가 마이크로컴퓨터를 제어기로 하여 완전히 통제되며 다음과 같은 방법의 측정기능을 수행할 수 있도록 되어 있다.

(1) 수동측정

조이스틱(joy stick)과 제어기의 모니터상의 측정메뉴를 이용해 작업자가 직접 측정기를 구동하여 측정하는 기능. 작업자가 원할 경우 일련의 측정동작은 자동적으로 기억되어 교시(teaching)방식에 의한 자동측정으로 연계될 수 있음.

(2) 자동측정

작업자가 측정에 필요한 측정축의 구동을 일

련의 매크로언어를 이용해 프로그램한 후 직접 제어기에 입력하여 자동으로 측정하는 기능.

(3) 오프라인 자동측정

자동측정기능의 확장으로 CAD의 데이터베이스와 직접연계되어 자동으로 측정축의 구동 프로그램을 창생하여 자동으로 측정하는 기능.

이러한 측정기능은 다양한 용도의 측정업무를 가능케 하며 이들중 대표적인 업무를 소개하면 다음과 같다.

- (1) 표준방식의 치수 및 기하학적 정밀도 측정 단일 부품의 표준 측정 업무
- (2) 자유곡면의 삼차원 형상측정

CAD 또는 CAE와 연계되어 삼차원 자유곡면으로 구성된 물체의 형상 데이터 자동 입력 업무.

(3) 생산자동화 관련 공정중 자동 반복측정

생산관리와 연계되어 체계화된 품질관리 업무의 수행.

삼차원측정기의 제품에 관련되어 있는 기술은 전형적 정밀 메카트로닉스 관련 기술로 본 연구에서 개발된 삼차원 측정기는 다음과 같은 기능을 갖도록 설계 제작되어 있다.

- (1) 접촉식 변위계와 비접촉식 광학 변위계를 선택적으로 사용하여 다양한 용도의 삼차원 측정을 구현.
- (2) 마이크로 컴퓨터 제어에 의한 자동 프로그래밍 방식과 수동 학습방식에 의한 측정작업 및 측정 결과 처리의 기능.
- (3) 공기 베어링과 벨트 및 마찰 구동장치에 의한 초정밀 위치제어 구동.
- (4) 삼차원 측정 결과에 대한 사용자와의 대화방식에 의한 그래픽 표시기능.
- (5) CAD/CAM 생산방식을 위한 측정의 입출력 연계.

3. 개발제품의 구성

그림 3은 시제품으로 개발 완료된 삼차원 측정기의 완제품을 보여준다. 전체적으로는 측정기 몸체 구조물과 마이크로컴퓨터 제어기로 구

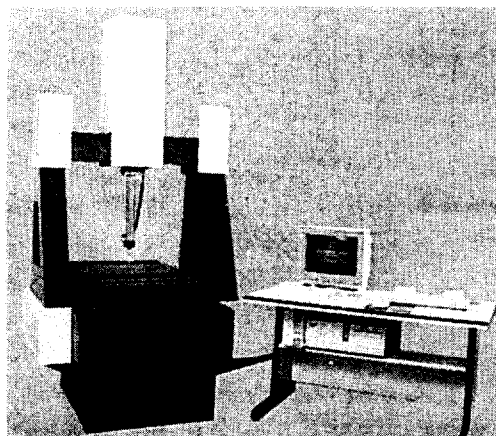


그림 3 본 연구에서 개발된 삼차원측정기

표 1 각 구동축의 주요 사양

	X 축	Y 축	Z 축
총행정	450 mm	400 mm	300 mm
안내면	공기베어링	공기베어링	공기베어링
구동모터	스텝모터	스텝모터	직류모터
구동방식	강벨트구동	강벨트구동	마찰구동
위치검출기	선형스케일	선형스케일	선형스케일
비 고	측정물이송	측정물이송	프로브이송

성되어 있다. 구조물은 교각형(bridge type)의 삼축으로 X축은 측정물을 지지 이송하며 Y와 Z축은 접촉감지계를 이송한다. 각 축의 주요 설계사양은 표 1에 요약되어 있다. 구조물은 정적/동적 변형에 대한 최대 강성을 갖는 교각형으로 설계되었으며 재료는 장기적 시간 안정성을 고려하여 자연화강암을 사용하여 제조되었다. 접촉감지계는 접촉감지센서나 레이저변위계를 용도에 따라 교체하여 사용할 수 있도록 되어 있다. 제어기는 측정 시스템 전체를 총괄 통제하며 측정데이터를 자동 연산처리하는 기능을 수행한다.

그림 4는 Y축의 공압베어링과 화강암 안내면을 보여준다. 구동원은 스텝 모터로 하모닉 감속기를 거쳐 강벨트에 의해 몸체에 동력전달

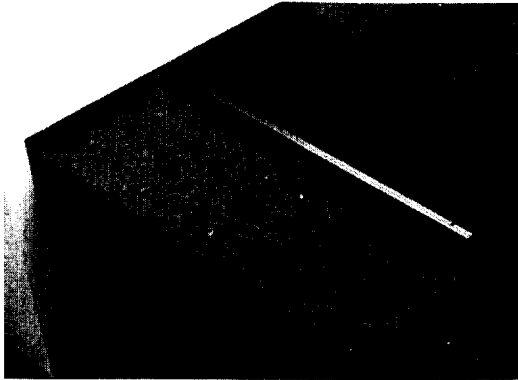


그림 4 Y축 구조

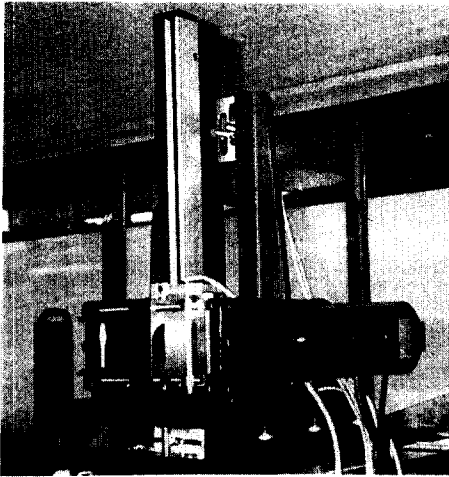


그림 5 Z축 구조

을 구현한다. 위치제어는 마이크로컴퓨터에 의해 이산제어 방식으로 구동되며 위치결정과 측정을 위한 위치검출은 광학 선형스케일에 의해 수행된다. 그림 5는 Z축에 부착된 측정봉을 보여준다. 공압베어링에 의해 안내되어 수직상하 방향으로 이송되며 직류모터를 구동원으로 하여 하모닉 감속기를 통해 강물러의 압착에 의한 마찰구동 방식에 의해 측정봉이 이송된다. 측정봉의 위치는 선형스케일에 의해 검출되며 레이저변위계를 사용하는 경우 추적제어가 가능하도록 되어 있다.

그림 6은 광삼각법에 의한 비접촉방식의 변위측정기를 보여준다. 레이저 다이오드를 광원

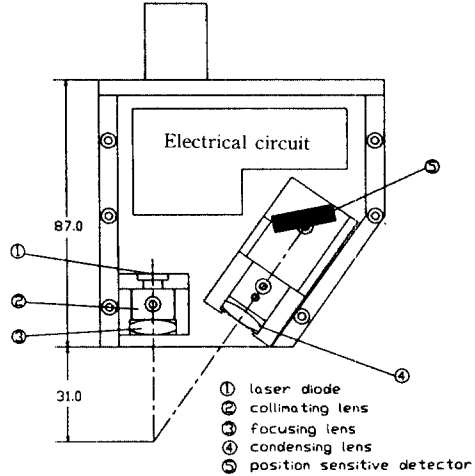


그림 6 광삼각법을 이용한 레이저 변위계의 구조

으로 측정대상물의 물체표면에 광점을 형성한 후 물체의 높이의 변화에 따라 광점이 이동하면 이의 위치 변화량은 광분할기와 변위측정소자에 의해 감지된다. 광변위계의 출력신호는 제어기의 마이크로컴퓨터에 입력되어 추적제어의 위치신호로 사용된다.

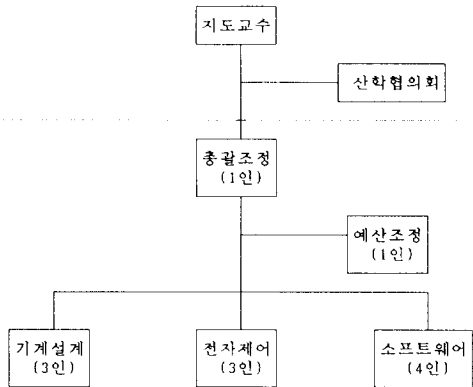
제어기는 IBM AT를 근간으로 각 축의 수치제어 구동과 측정작업을 위한 전자 접속장치들로 구성된다. 측정에 필요한 응용소프트웨어는 C-언어를 이용하여 구성되었다. 입출력 주변기기로는 그래픽 터미널, 키보드, 마우스, 프린터, 플롯터를 사용할 수 있다.

4. 그룹프로젝트 수행

총 인원은 표 2에 보인 바와 같이 총 11명(박사과정 5명, 석사과정 6명)의 학생 연구진으로 구성되었다. 연구진은 총괄조정관하에 기계설계, 전자제어, 응용소프트웨어의 세 분과로 나누어지고 각 분과는 분과장을 중심으로 3~4명으로 구성되었다.

구조물의 설계는 기존 삼차원측정기들의 설계 자료를 수집하여 분류한 후 각각의 장단점을 중점적으로 검토하여 교각형으로 결정한 후 이에 대한 세부적인 설계작업을 추진하였다.

표 2 그룹프로젝트 인원구성



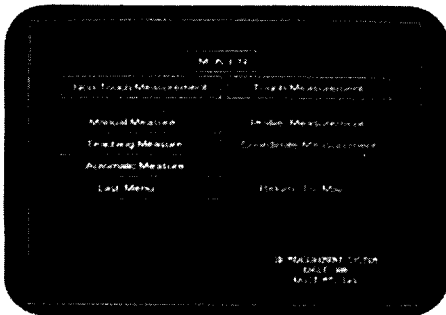
구조물의 설계에서 고려된 사항을 기술하면 :

- (1) 측정물과 기계자중에 의한 정적 강성
- (2) 모터로부터 발생하는 열에 의한 비틀림 강성
- (3) 외부 진동력에 대한 동적 강성

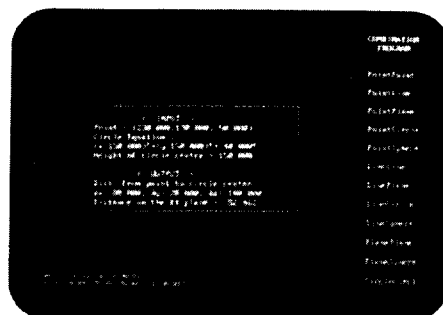
(4) 가공 및 조립에 대한 난이도
 (5) 기존의 특허에 대한 저촉 여부

각 구동축의 설계는 초안정 구동을 실현하기 위해 공압베어링과 동력전달계에 주력하여 추진되었다. 공압베어링은 기존의 문헌조사를 통해 기본모듈의 설계를 마친 후 이에 대한 컴퓨터 수치해석을 실시하여 이론적인 검증을 실시하였다. 그 후 실제 베어링의 가공과 조립에 대한 생산기술적인 문제점을 고려하여 최종적인 공압베어링 설계를 완성하였다. 또한 모터와 구동테이블간의 동력전달 장치로 강벨트와 마찰구동에 대한 세부적인 문제점을 검토한 후 각 구동축에 최적의 시스템을 설계하였다. 기계에 대한 조립 및 세부도면은 모두 AutoCAD를 이용해 완성하였다.

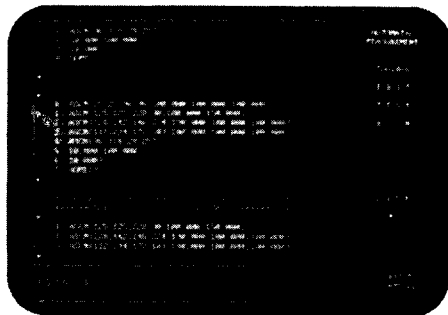
삼차원측정기의 제어를 위한 하드웨어는 IBM PC/AT 마이크로컴퓨터를 중심으로 구성



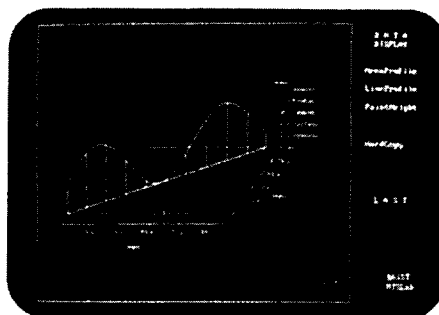
측정의 Main Menu



측정된 요소의 DATA 표시



자동 측정을 위한 프로그램 편집



비접촉 측정

그림 7 측정 소프트웨어의 구성

되었다. 각종 기계부에 장착된 모터, 선형스케일과 근접스위치들은 IBM-BUS와 접속되어 마이크로컴퓨터의 CPU와 직접적으로 연결하기 위한 제반 접속회로들을 설계제작하였다. 또한 수동작동을 위한 조이스틱의 접속을 위한 회로도 직접 설계제작되었다. 실제적으로 추진된 세부내용을 요약하면

- (1) 총괄 제어부의 시스템 설계
- (2) 직류모터 구동을 위한 PWM 제어회로 설계
- (3) 선형스케일과의 접속회로 설계
- (4) 광학변위계를 이용한 추적제어 시스템설계
- (5) 조이스틱 구동회로 설계

모든 회로의 설계 및 시제품 기관의 설계제작 업무는 학생 스스로 수행하였으며 기관제작을 위한 아트웍작업은 산학협동으로 추진되었다. 또한 구동 및 제어를 위해 어셈블러를 이용한 소프트웨어 모듈의 제작도 전자제어 연구팀에 의해 완성되었다.

측정에 필요한 소프트웨어는 MS-C 6.0 언어를 이용해 작성되었다. 측정의 방법은 조이스틱을 이용한 수동모드와 마크로 프로그램에 의한 자동모드로 대별된다. 또한 수동작업의 일련의 과정은 교시(teaching)에 의해 자동으로 반복 수행되는 기능도 마련되었다. 측정작업의 단순화를 위해 소프트웨어는 작업자와 대화방식에 의해 진행되며 이를 위해 마우스를 사용할 수 있도록 하였다. 또한 각종 측정에 소요되는 작업을 모듈화하여 작업자로 하여금 측정시 컴퓨터 작동업무를 최소화하였다. 그림 7은 작성된 소프트웨어의 주요 기능을 표시한다. 모든 소프트웨어의 작성은 학생들 스스로 그룹작업에 의해 추진되었다. 세부업무 내용을 요약하면

- (1) 소프트웨어의 총괄시스템 설계
- (2) 모듈화된 세부 프로그램 작성
- (3) 총괄 시스템 총합화 및 성능 검사

5. 맺음말

최근: 국내의 공과대학은 대학원 중심의 석박

사과정의 교육을 강화하여야 하는 시대적인 요구에 당면하고 있다. 이는 국내의 산업계가 요구하는 인재양성이라는 목표와 더불어 산업이 필요로 하는 기반기술의 국내선도라는 사명을 동시에 충족해야하는 문제를 갖고 있다. 이를 위해서는 대학에서 수행하는 교육과 연구가 산업계의 수요와 직결되어야 하며 이를 효율적으로 수행하기 위한 구체적이고 실질적인 교육 및 연구체계의 확립이 무엇보다 시급한 상황이다.

효율적인 산학연계적인 교육과 연구방법은 전공분야에 따라 여러 형태를 가질 수 있는 만큼 하나의 일반적인 방법을 규정하기는 대단히 어렵다. 그룹프로젝트는 기계공학분야에서 기전복합시스템의 제품개발에는 대단히 유용한 교육방법이라 결론된다. 주요 이유를 열거하면

- (1) 학생들 스스로 산업계의 제품개발과정을 습득하게 함으로써 단체 연구활동에 대한 경험을 체득하게 되며
- (2) 기전복합시스템에 요구되는 기계설계에서부터 가공조립 그리고 전자 관련 하드웨어 및 소프트웨어의 포괄적인 기술 습득이 가능하고
- (3) 개별적인 학생들의 학술연구 결과를 종합화하여 산업계가 요구하는 제품기술로의 효율적인 이전이 가능하다.

단, 그룹프로젝트를 수행함에 있어 정규교과과정을 이수하고 있는 학생들이 연구활동에 주축이 되어야 한다는 사실을 감안할 때 다음과 같은 주의가 요구된다.

- (1) 연구분야의 주제가 학생들의 학술적인 지식활용을 위해 충분한 난이도를 갖고 있어 단순노동적인 연구업무가 최대한 억제되어야 하며
- (2) 연구개발의 목표가 성공적인 확실성이 보장되어 학생들의 연구 업무 수행에 충분한 동기부여가 가능해야 하며
- (3) 가급적 1년 이내 6개월 정도에 단시간적인 연구수행이 가능하여야 한다.

본 연구개발이 성공적으로 수행될 수 있기까지 기술적이고 재정적인 지원을 아끼지 않은 진영정기(주)와 인텍시스템(주)에 감사드린다.