# 금형의 자동 계측시스템을 위한 측정 모듈설계 및 시뮬레이션 소프트웨어 개발

김옥삼*, 구본권**

# Development of Simulation Software and Design of Measuring Modules for Automatic Measuring System of Moulds

Ok-Sam Kim* and Bon-Kwon Koo**

Abstract

On-machine automatic measuring system of Numerically Control(NC) machines permit computer control of basic material cutting processes of moulds. A part of mould designed within a CAD/CAM system can be manufactured by generation of tool paths by the measuring systems. Since the three-dimensional geometry by AutoCAD of the part is contained in the data base, the manufacturing specialist, combined with the appropriate software simulation, can not only create the commands to drive the virtual measuring and standardization of measuring modules but also can check for mistakes by viewing the computer graphics simulation of the tool cutting sequence.

**Key Words :** Design of Measuring Module(측정모듈 설계), Mould(금형), Automatic Measuring S/W(자동계측 소프트웨어), CAD/CAM(캐드캠)

## 1. 서 론

금형 산업에서 계측기술은 고정밀화와 고속화가 중요한 과제이다. 3차원 측정기는 속도향상을 도모하기 위한 부품의 경량화, 장비의 신뢰성 제고와 더불어 초심자도 용이하고 능률적으로 조작할 수 있는 소프트웨어 개발이 시급하다.[1] 플라스틱 성형품과 같이 의장성이 중요시되는 제품은 대부분 자유곡면의 복합체[2),3)]로 구성되어 있기 때문에 이를 생산할 수 있는 사출금형의 캐비티(cavity), 코어(core)부 또한 복합 자유곡면을 갖고 있다.[4] 금형의 최적설계 및 가공을 위한 CAD/CAM 시스템은 제작의 납기단축에 크게 기여하고 있다. 이에 관련하여 Barnhill[5]은 곡선표면에 대하여 컴퓨터의 도움을 받은 형상설계를 하였고, 컴퓨터 그래픽스로 물체의 방향을 접근하는 기법을 Kansey[6] 등이 개발하였다. 또한 형상 간섭의 문제해결을 위한 효과적인 접근은 Bruce[7]가 모색하였고, Fujimura[8] 등은 솔리드 모델링에 새로운 개념의 알고리즘을 연구하였다.

* 여수대학교 기계공학과(kos@yosu.ac.kr)
** 서울산업대학교 금형설계학과

그러나 금형은 공작기계에서 가공완료 후 측정장치에 옮겨져 이루어지므로, 수정가공이 필요한 경우, 많은 비능률적인 요소들을 내포[9],[10]하고 있다. 특히 1톤 이상의 무게에 $1m^3$ 사방을 초과하는 큰 사이즈 금형의 경우, 한번 기계에서 분리시키면 다시 장착하는데 많은 시간을 허비하게 되므로 CNC(Computer Numerical Control) 공작기계 상에서 계측하는 것은 능률적이다. 따라서 금형의 형상가공 공정에서 접촉식 또는 비접촉식 센서를 설치하여 공작물을 기계에서 분리시키지 않고 직접 가공된 형상을 자동계측 할 수 있는 시스템이 필요하다. 금형 제작에서 가공기계 상에서 이루어지는 온-머신 계측 시스템 (on-machine measuring system)은 금형의 생산성 향상, 납기의 단축 및 가격 경쟁력 제고에 효과적인 수단이 될 것이다.

본 연구는 공작기계의 위치와 반복정밀도 향상, 금형 가공곡면의 치수나 형상의 고정밀화와 더불어 현장 신뢰성을 가지고 측정과 평가를 도모할 수 있는 온-머신 자동 측정모듈(measuring module)을 제안하고자 한다. 아울러 측정모듈 설계 및 컴퓨터 상에서 금형 계측을 자동으로 할 수 있는 시뮬레이션 소프트웨어(simulation software) 및 DNC(direct numerical control)기능을 통한 데이터의 입출력 통신(Input/Output communication) 기법을 개발하기 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 자동 계측시스템 개발

### 2.1 자동 측정시스템의 개요

개발 대상인 금형의 자동 계측시스템에 대한 개요를 Fig. 1에 도시하였다. 그림과 같이 Auto-CAD로부터 미리 설계된 CAD 데이터를 활용하여, 계측하고자 하는 측정모듈을 선정하였다. 관련 데이터를 입력하면 프루브(probe)의 이동경로를 자동으로 결정할 수 있으며 작성된 프루브 이동경로와 형상데이터를 함께 나타냄으로서 간섭체크 등이 가능하였다. 메인 메뉴에 전송된 CAD 데이터와 CAT(Computer Aided Testing) 데이터 즉, 프루브의 이동경로를 통하여 NC-코드를 생성시키고, 발생된 NC 데이터는 CNC 공작기계의 프로세서에 전송한다.[11] 파일(file)단위로 전송된 NC 데이터를 이용하여 CNC공작기계에서 자동으로 계측하고, 측정 데이터는 다시 컴퓨터로 피드백(feedback)하게 한다.

### 2.2 AutoLisp을 이용한 AutoCAD상에서의 프루브 이동경로 생성

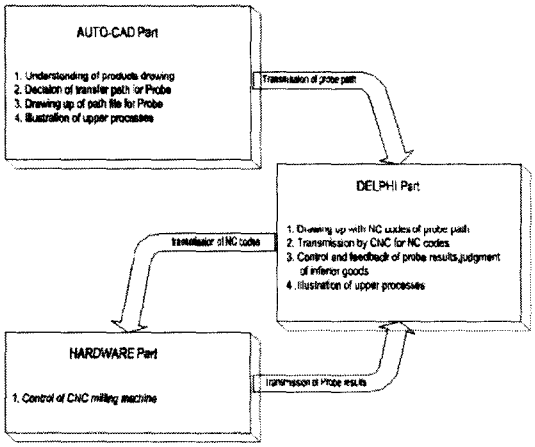



**Fig. 1 Structure of automatic measuring system for moulds**

**Table 1 Data extraction from Autolisp**

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0 | Entity Type | 39 | Entity Thickness |
| -1 | Entity Name(Primary) | 40 | Radius |
| -3 | Extended Entity Data Flag | 62 | Color |
| 6 | Linetype Name | 210 | X of Extension Point |
| 10 | X Y Z Point(Center Point) | 220 | Y of Extension Point |
| 30 | Z of Corner point | 230 | Z of Extension Point |
| 38 | Entity Elevation | | |

도면요소의 데이터 추출루틴(extraction routine)은 Table 1에 있다. 각 모듈은 최종적으로 프루브가 이동하는 경로를 생성하게 되는데, 직선으로 보간하기 때문에 꺾이는 지점의 좌표들을 파일에 메모리한다.

### 2.3 형상정보의 추출을 위한 모듈 구조

형상정보의 추출을 위한 모듈 구조는 Fig. 2와 같이 크게 4개의 모듈과 두 개 이상의 부 모듈(sub module)로 이루어져 있다. 추출 모듈은 CAD데이터와 실제 데이터(real data)의 측정좌표만을 비교하였다. 실제 현장에서 도면에 따른 가공정보의 측정 및 검사 시스템으로 사용하기 위해서는 편향 데이터(deviation data)와 기준 데이터의 비교분석이 확실하게 구분되지 않기 때문에 형상정보를 명확하게 추출하는 측정시스템을 구축하였다.

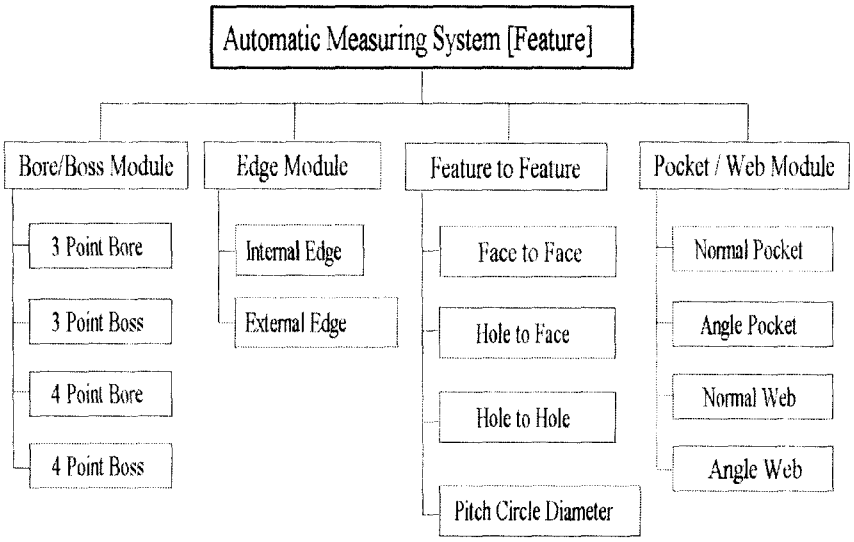



**Fig. 2 Module structures of shape extraction**

## 3. 모듈별 프루브 경로생성 알고리즘

### 3.1 진원도(circularity) 측정 모듈(내원, 외원)

원통의 진원도 측정 모듈은 사용자가 프로그램을 실행하여 대상(원통)을 선택하고 대화상자에 필요한 값들을 입력하면, 그 원통을 측정하기 위한 프루브 이동경로를 생성시켜 주는 프로그램이며 흐름도는 Fig. 3과 같다.

CAD데이터를 가지고 있는 파일을 선택하여 필요한 자료들이 입력되면, 프로그램은 원의 중심점과 Z평면에서 프루브의 시작점을 정의하였다. 측정 포인트는 360도를 등분한 후 0°도를 초기값으로 하여, 반복 실행문 안에서 등분된 각만큼 계속 합산하면서 프루브의 이동경로를 지정하였다. 측정점에 대하여 프루브는 항상 원통의 중심점을 향하고 원통면에 대하여 수직으로 접근시켰다. 측정 포인트의 높이를 결정하는 것은 원통의 높이와 두께이며, AutoCAD작업시 두께가 음(-)의 값을 가지는 경우도 있기 때문에 여기에서는 두께를 절대값으로 변환하여 처리하였다.

하나의 모듈에서 내원(inner circle)과 외원(outer circle)을 모두 처리하기 위해, 대화상자에서 내원과 외원을 옵션으로 설정하였다. 외원의 진원도를 측정하기 위해서 프루브는 원주 밖으로 벗어났다가 측정 높이에서 접근해야 한다. 이때 원주 밖으로 벗어나는 양은 반지름을 기준으로 하여 1/5만큼 벗어나도록 작성하였다. 내원과 외원의 진원

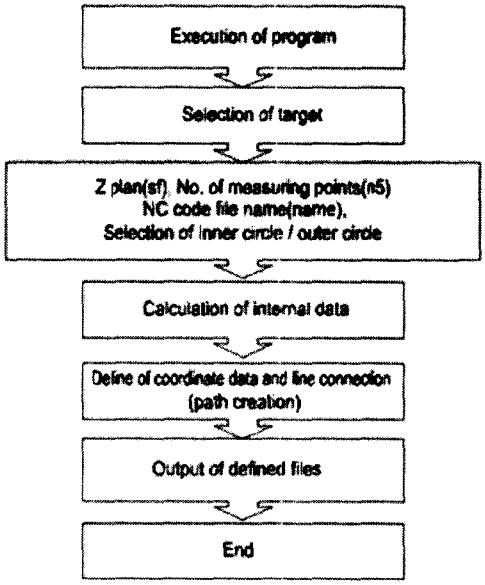



**Fig. 3 Flow diagram for circularity measurement**

도 측정을 위한 입력파일을 Fig. 4와 같이 높이방향은 200 ㎜이고 측정점은 8개를 선택하였다. NC-코드의 파일 확장자는 .txt이며, 내원과 외원 가운데 내원을 먼저 측정하였다.

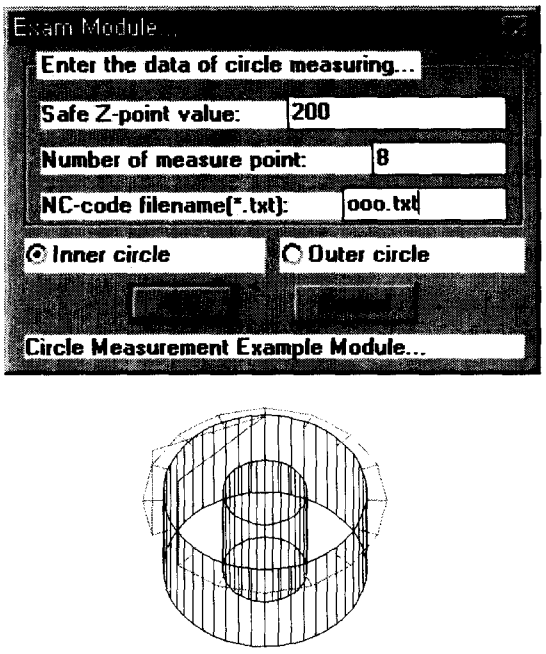
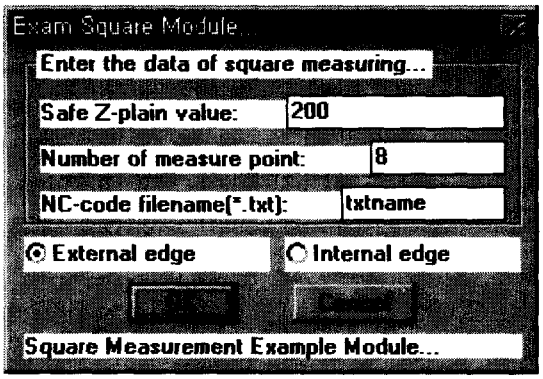





*Fig. 4 Input datas and measuring paths for circularity measurement*



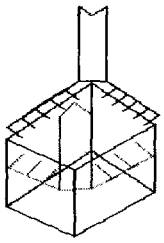



**Fig. 5 Input datas and measuring paths for straightness and perpendicularity**

### 3.2 직육면체의 직각도(perpendicularity) 측정경로 생성모듈

대화상자에서 필요한 데이터와 옵션이 입력되면, 프로그램은 두 개의 면이 이루는 각을 측정하기 위한 프루브 이동경로를 생성한다. 두 개의 면이 선택되면 먼저 그 교점을 찾고, 첫 번째로 선택한 면은 시작점이며 교점은 끝점이 된다. 두 번째 선택된 면에서는 교점을 시작점으로, 나머지 한 점을 끝점으로 다시 정의하게 된다. 시작점과 끝점의 재 정의가 완료되면 각각 시작점과 끝점으로 그 각도를 정의한다. 정의된 각을 토대로 90°를 더하거나 빼주면, 프루브는 항상 그 면에 대하여 수직으로 접근하게 된다. 이를 위해서 대상을 선택할 때 주의할 점은 대상의 선택이 시계방향으로 이루어져야 한다는 것이다.

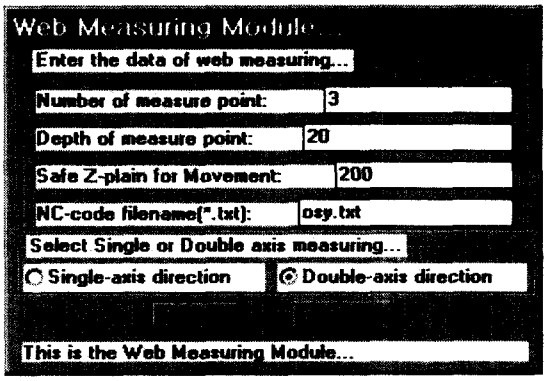
또한 내각(internal edge)과 외각(external edge)에 대한 옵션처리는 진원도 측정모듈에서와 같은 방식으로 내각과 외각을 표시하는 변수의 값을 조건분기로 처리하였다. Fig. 5는 직육면체의 진직도(straightness) 및 직각도를 측정하기 위한 입력데이터와 프루브 경로를 도시한 것이다. 직육면체의 직각도를 측정하기 위한 데이터는 높이 200㎜, 측정점 8개소이며 외각을 선택한 후 OK 보턴을 클릭하여 입력한 결과이다.

### 3.3 웹(web)의 둘레 및 넓이측정 모듈

웹의 측정경로 생성모듈은 웹의 수평 단면이 직사각형이라는 전제 하에서, 측정에 필요한 도면 정보들을 추출하고 프루브의 경로를 생성하였다. 한 면에서 프루브가 면에 접촉하는 점들의 위치는 측정포인트 수로 입력된 값이다. Fig. 6은 웹의 둘레 및 넓이를 측정하기 위한 입력데이터와 프루브 이동경로를 도시한 것이다. 웹의 측정은 3개소, 측정점의 깊이는 20㎜이며 높이방향의 이동은 200㎜였다. NC-코드의 확장자는 .txt이며 면에서 필요한 데이터를 추출하기 위해 이중축(double axis)을 선택하였다.

### 3.4 포켓(pocket)의 둘레 및 넓이측정 모듈

웹과 마찬가지로 마주보는 두 면을 선택하고 나머지 두 면은 포켓 단면이 직사각형이라는 가정 하에 대화상자를 통해 측정 포인트 수와 측정깊이를 입력받아, 각각의 프루브 이동좌표들을 정의하였다. 웹과 달리 포켓은 이동에 간



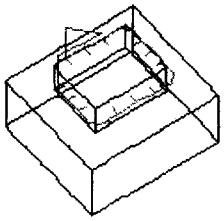
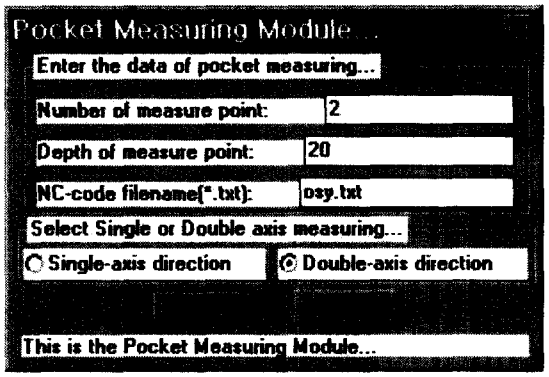



Fig. 6 Input datas and measuring paths for web measurement



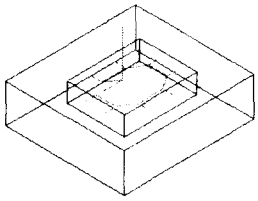
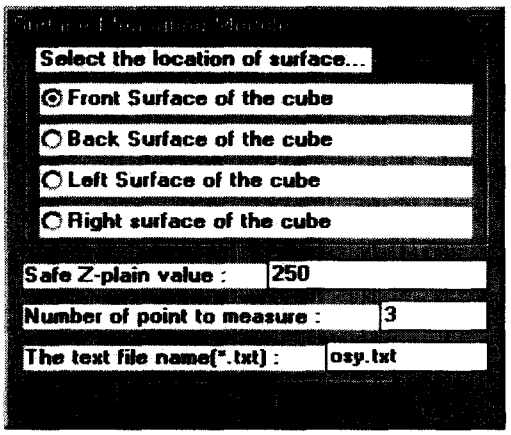



Fig. 7 Input datas and measuring paths for pocket measurement



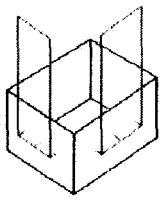



Fig. 8 Input datas and measuring paths for flatness measurement

섭이 없기 때문에 Z평면 값은 대화상자에서 제외시켰다. 또한 포켓의 측정도 웹과 마찬가지로 두 가지의 경우를 고려하여 옵션을 설정하였다. 시작점에서 측정 높이로 접근한 후, 첫 번째 측정 포인트에 곧바로 접근하도록 측정경로를 정의하였다. Fig. 7은 포켓의 둘레 및 넓이를 측정하기 위한 입력데이터 및 측정경로를 도시한 것이다. 포켓을 측정하기 위해 측정점은 2개소, 측정점 깊이는 20㎜, 이중축을 선택한 후 OK를 클릭하였다.

### 3.5 평면도(flatness) 측정을 위한 경로의 생성 모듈

측정 가능한 면은 바닥 기준에 대해 수직면들이며, 선택된 면은 내부적으로 위치와 각도에 따라 항상 수직으로 접근하도록 프루브 이동경로가 설계되었다. 면의 위치는 육면체를 기준으로 선택하게 되어있는데, 만약 면이 45° 정도 기울어져 있다면 대화상자에서 프론트나 좌측 또는 우측 면을 선택하여 측정한다.

프루브의 이동은 정의된 시작점에서, 등분된 첫 번째 측정포인트 위로 이동하여 측정높이로 접근한다. 그 후 반복문(repeat)으로 처리되어 각 포인트들을 정의하고 마지막 측정이 끝나면, 처음 높이로 돌아와 시작점으로 복귀한다.

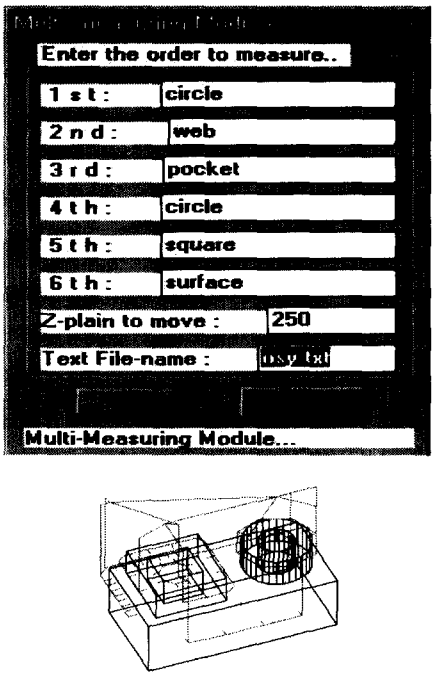



**Fig. 9 Measuring paths and input datas for measurement of mixed modules**

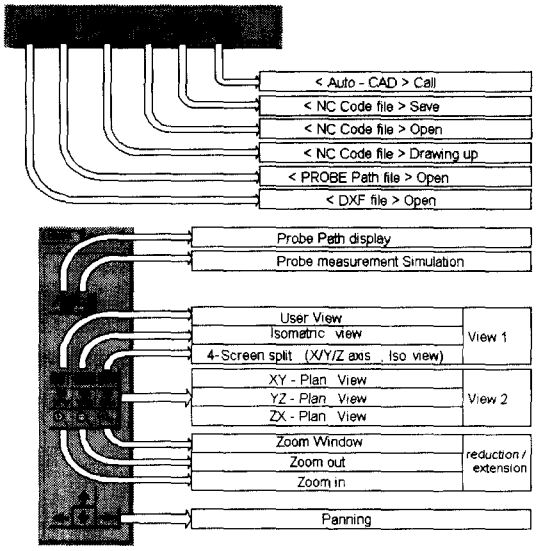



**Fig. 10 Tool bars and icons of main menu**

Fig. 8은 면의 평면도 측정을 위한 입력데이터 및 측정경로를 도시한 것으로서 면의 위치는 프론트, 백, 레프트 및 라이트 가운데 프론트를 선택하였고, 높이방향의 평면은 250㎜정도 떨어져 있다. 측정점은 3개소이며 파일명은 osy.txt로 저장하였다.

### 3.6 혼합된 모듈들의 측정

이미 작성된 진원도, 직각도, 웹의 경로, 포켓 및 면의 평면도를 측정하는 기본 모듈은 여러 형상에 대한 측정작업을 통합함으로써 효율적인 측정을 이룰 수 있다. Fig. 9는 여러 모듈들이 혼합된 경우의 입력데이터 및 측정경로를 도시한 것이다. 현재 사용하는 알고리즘은, 측정할 대상을 순서대로 선택한 후 측정경로를 생성하며, 6개의 공간으로 나누어 순차적으로 지정할 수 있는 다면적 측정시스템으로 구축하였다.

## 4. 프로그램 개발 결과 및 고찰

개발한 메인 메뉴의 툴바(tool bar)와 아이콘(icon)에 대한 설명을 Fig. 10에 나타냈다. AutoCAD로부터 생성된 형상데이터 파일은 DXF파일 포맷으로 입력되며, 프루브의 이동경로 생성파일은 PRB파일로 설정된다. 드로우(draw)페이지에서 프루브 경로의 디스플레이<Probe path display>를 누르면, 메모리에 있던 경로가 모니터 상에 나타난다. 프루브 측정 시뮬레이션<Probe measurement simulation> 보턴을 클릭하면, 프루브의 측정경로를 출력한다. DNC 페이지에서 직렬포트의 환경을 적절히 설정한 다음, NC-코드 파일의 <Open>을 누르면 전체적인 작업 공정시간과 더불어 작업중인 단계가 디스플레이 된다. 다시 <Save>를 누르면 RS-232C를 통하여 CNC 머신으로 NC데이터가 보내진다. 부가적인 기능으로 드로우 페이지의 각종 뷰(view) 버튼을 이용하여 사용자가 원하는 크기나 위치에 도면정보를 관찰하면서 작업진행 현황을 파악할 수 있고, 툴바의 아이콘을 이용하여 NC-코드를 호출하여 수정하거나 AutoCAD에서 원하는 작업을 수행 할 수도 있다.

Fig. 11은 드로우 페이지에서 작성된 프루브 움직임을 시뮬레이션하고, 그 경로를 실제적으로 CNC 밀링머신에 보내는 과정이다. 오른쪽 상단의 <draw Dnc>를 클릭하면 먼저 초기화의 과정을 거치는데, 컴포트(com port)를 지정하고 송수신 속도(buad rate)를 조절한 다음 <Open>버튼을 누르면 기본적인 직렬포트의 초기화가 종료된다. 이 그림은 직렬포트는 2번(com 2)을 지정하고 통신속도는

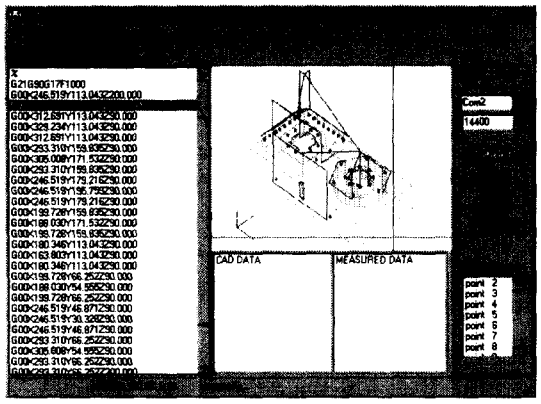



**Fig. 11 Simulation procedure of measuring paths**

14,400 bps를 선택한 것이다. 초기화가 끝나면 실제적으로 생성된 데이터를 보내야 하는데, <Send>버튼을 누르면 1번 포인트부터 마지막 포인트까지 프루브를 제어하는 NC-코드가, 직렬포트를 통하여 나가는 모양을 아래 부분의 대화상자를 통하여 확인할 수 있다. 현재는 G00 X312.691 Y113.043 Z200.00의 위치에서 측정점 1의 데이터를 추출한 후 com2를 통해 1초당 14,400byte의 정보를 처리하고 있는 상황이다.

## 5. 결 론

컴퓨터의 도움을 받는 수치제어 공작기계에 접촉식 또는 비접촉식 센서를 부착하여 공작물을 가공기계에서 분리하지 않고 직접 측정하는 자동 계측시스템 개발은, 금형의 제작 납기절약 및 측정시간 단축 등 다양한 측면에서 절실하게 필요하다. 본 연구를 통하여 금형의 자동계측을 위한 진원도, 직각도, 웹의 경로, 포켓 및 면의 평면도 등의 기본 측정 모듈을 최적설계하고, 프로그램화하여 측정의 자동화와 시뮬레이션이 용이하게 이루어질 수 있었다. 또한 컴퓨터 모니터 상에서 설계 데이터와 가공 후 측정된 데이터를 현장에서 비교함으로서, 가공상의 에러 또는 공작기계나 공구가 가지고 있는 편차 등의 문제점들을 사전에 분석하고 보정할 수 있는 기회로 활용할 수 있다.

이러한 결과들은 향후 CNC와 DNC 공작기계의 인터페이스(interface)를 통하여 전용 공작기계에서 직접 자동계측 할 수 있는 대형시스템 개발에 자료를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

(1) B. Arvinth, "An automated interface between CAD and CAM, based on feature technology, solid modeling and freeform surface modeling", M. S. thesis, Clemson Univ., 1990.

(2) T. W. Sederberg, D. C. Anderson and R. N. Goldman, "Implicit representation of parametric curves and surfaces", Computer-Aided Geometric and Image Processing 28(1), pp. 72~84, 1984.

(3) R. N. Goldman, T. W. Sederberg and D. C. Anderson, "Vector elimination : A technique for the implicitization, inversion and intersection of planar parametric rational polynomial curves", Computer-Aided Geometric Design 1(4) pp. 327~356, 1984.

(4) D. Shuey, D. Bailey and T. Morrissey, PHIGS "A Standard, dynamic, interactive graphics interface", IEEE Computer Graphics and Application 6 (8), pp. 50~57, 1986.

(5) R. E. Barnhill, "Surface in Computer Aided Geometric Design : A Survey with New Results", Computer-Aided Geometric Design 2(1) pp. 1~17, 1985.

(6) K. Kansey and P. Wisskirchen, "An object-oriented approach towards a new API for Computer graphics". Document ISO/TEC JTC1 SC24 WGI N94, 1984.

(7) R. Tilove Bruce, "Set Membership Classification : A Unified Approach to Geometric Intersection Problems", IEEE Transaction on Computers 29 (10), pp. 874~883, 1980.

(8) K. Fujimura, H. Toriya and K. Yamaguchi, "Octree Algorithms for Solid Modeling", In Computer Graphics-Theory and Applications, T. Kunii, ed. New York: Spring-Verlag, 1983.

(9) 김경돈, 정성종, "기준물을 이용한 NC공작기계의 오차규명 및 보상제어", 한국공작기계학회지, 제9권, 제2호, pp. 102~111, 2000.

(10) 조성만 외 4명, "금형면 자동다듬질 장치의 D/B구축을 위한 실험적 연구", 한국공작기계학회지, 제9권, 제2호, pp. 80~86, 2000.

(11) John K. Krouse, "Selecting a graphics input device for CAD/CAM", Machine Design 55 (23), pp. 74~80, 1983.