

# COMPUTER-AIDED TESTING의 기술추세



김 선 호 (생산시스템실 선임연구원)

- '79 서울대학교 공과대학 산업공학 학사
- '79-'84 국방과학연구소 연구원
- '85-'86 미국 Pennsylvania State Univ. 산업공학 석사
- '86-'89 미국 Pennsylvania State Univ. 생산공학 박사
- '89- 현재 한국기계연구소 선임연구원

## 1. 측정 자동화의 필요성

최근 제품의 다양화, 고도화, life cycle의 단기화 등으로 인하여 기계부품의 생산공장에서는 FA화가 급격히 추진되고 있으며, computer에 의한 설계, 생산지원 시스템인 CAD/CAM, 다품종소량생산을 목표로 한 FMS등을 통해 자동화, 생력화가 진전되고 있다. 최근에는 검사공정의 중요성이 인식되어 단순히 제품이 설계에서 주어진 Spec을 만족하고 있는지를 판단할 뿐만 아니라 그 정보가 설계, 가공공정으로 feedback되는 기능이 요구되고 있다.

그동안 측정은 작업자가 손으로 probe를 손으로 이동시키는 manual 방식, 손 대신 joystick을 사용하는 방식으로 이루어졌으나 오늘날에는 CNC 방식으로 발전되어 검사공정의 자동화가 가능해졌으며 설계, 가공, 검사공정의 통합화가 실현되어가고 있다. (여기서의 측정 및 검사는 가공품의 Dimension 및 Geometry에 대한 것을 말한다.) CNC에 의한 정밀 측정과 computer에 의한 측정 data처리방식이 결합된 측정자동화를 Computer-Aided Testing(CAT)라고 한다.

## 2. 측정자동화시의 측정방법

이러한 측정자동화가 이루어질 경우 측정작업을 1/5~1/10로 줄일 수 있는 것으로 알려져 있다. 그림 1에서 보는 바와 같이 off line teaching에 의한 측정자동화를 실현할 경우 측정시간이 단축될 수 있다. [8]. 일반적으로 수작업에 의한

측정은① 측정 위치의 검토,② 측정계획의 작성,③ 측정 programming,④ Test run,⑤ 측정,⑥ 측정 결과 해석,⑦ 제 조건의 수정지시의 순서를 따르게 된다. CMM과 CAD system이 결합된 CAT System을 이용할 경우 다음과 같은 순서를 따르게 된다(그림 2참조[5].)

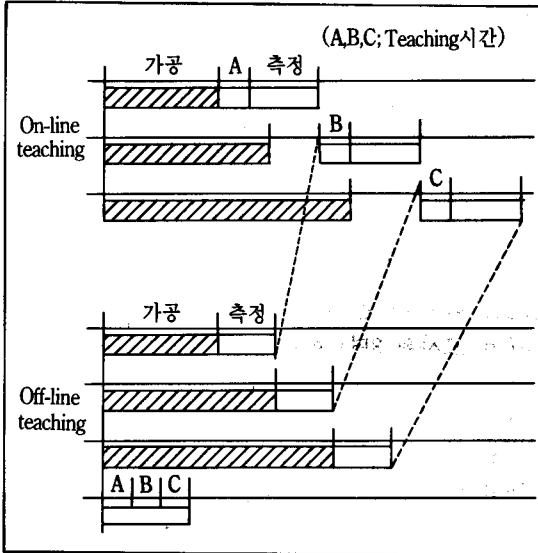


그림 1) On-line teaching과 off-line teaching

- (1) 측정물의 CAD model을 선택
  - 형상 및 측정위치 검토
- (2) 측정 planning, probe combination, fixture 및 clamp 방법 결정
  - probe의 형상, 종류, 크기, 방향, extension shaft의 필요성 등을 검토
  - fixture류 검토
  - 선택한 probe를 구성하여 각 위치에서의 측정 가능성 검토
- (3) CNC 자동측정 programming
  - 측정요소(점, 원, 원호, 타원, 원통, 평면, 구, 자유곡선)의 지정은 tablet이나 화면상의 menu에서 선택하거나 요소명을 직접 입력하는 방법이 있다.
  - probing 위치 지정은 좌표값 입력, 화면상에서 지정, 지정한 측정요소내에서의 자동 발생 방법들이 있다.
- (4) 측정시의 probe이동 simulation

- probe path를 display
  - collision check
- (5) post processing
    - CAD상의 data에서 CMM의 control data로 변환하는 것으로서 CAD상에서 직접 변환하는 방법과, CAD의 고유 data를 표준화된 중간 format으로 변환하여 이것을 CMM으로 보내 CMM이 다시 고유의 control data로 변환하는 방법이 있다.
  - (6) CNC 자동측정 program의 선택
  - (7) CNC 자동측정
  - (8) 측정결과의 전송-CAD system으로 전송
  - (9) 측정결과의 해석-도면, 가공방법의 수정을 위한 해석
  - (10) 모든 조건의 수정

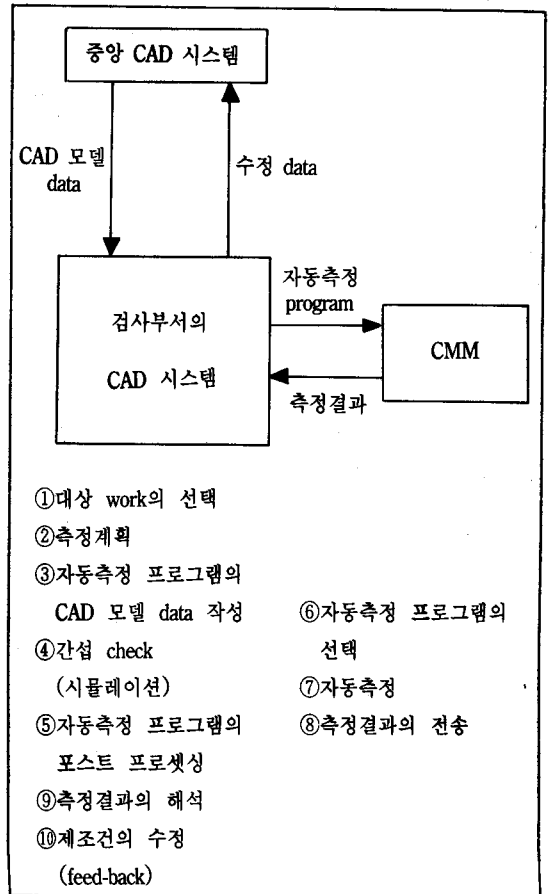


그림 2) CMM과 CAD 시스템이 결합된 CAT 시스템에 의한 측정방법

- ①대상 work의 선택
- ②측정계획
- ③자동측정 프로그램의 CAD 모델 data 작성
- ④간접 check (시뮬레이션)
- ⑤자동측정 프로그램의 포트 프로셋싱
- ⑥자동측정 프로그램의 선택
- ⑦자동측정
- ⑧측정결과의 전송
- ⑨측정결과의 해석
- ⑩제조건의 수정 (feed-back)

### 3. CAT의 자동화 추세

CMM을 자동화하는데는 측정 table에 놓여진 측정대상물이 어떤 것이고 어디에 어떠한 형태로 놓여져 있는가를 인식해야 하며, 그 후 probe를 움직이는 명령을 생성하는 것이 필요하다. 측정대상물의 형태와 위치는 작업자에 의해 판단되고 측정항목이나 순서도 작업자의 측정지식을 이용해 결정하게 된다. 그러므로 CMM의 자동화는 숙련된 작업자의 지식이나 경험을 도입하는 것에 크게 영향을 받게 된다.

CNC 측정장치를 이용할 경우 이러한 측정작업은 미리 측정물을 측정물 table상에 놓고 도면을 보면서 측정점이나 probe의 이동경로를 CNC 장치에 teaching하여 이 순서를 file에 저장하여 사용한다. 실제의 측정은 이 file을 호출해 CNC 장치를 playback하는 것이다. 이러한 teaching 방식으로는 다품종소량의 측정물에 대해서는 teaching 작업이 증가해 가동율이 저하된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 CAD data를

이용한 off-line teaching이 추진되고 있다 [3,11,13]. 이것은 설계, 가공에 이용되는 CAD/CAM과 결합하여 CMM data를 기초로 하여 실제 CMM을 사용하지 않고 CMM의 측정용 program을 생성하는 것이다. 부품의 geometric model에서 측정 probe의 path를 자동생성하는 방식이 많이 연구되고 있으며 이 방식에서는 geometric model에서 측정항목과 측정점을 지시하면 자동적으로 CMM의 probe path를 결정함과 동시에 측정 data를 처리해 출력하게 된다. 이와 더불어 probe와 부품과의 collision도 검출하게 된다.

off-line teaching에는 solid model이 바람직하지만 2-D CAD에 drafting information 이 기록되고 있으므로 2-D CAD의 data를 solid model의 입력 data로 이용하려는 경향이 있다. 이 방식은 2-D CAD로 묘사된 3면도에서 solid model을 생성하고 이 model을 이용하여 off-line teaching하는 것이다 [19].

또한 작업자의 경험에 의해 결정되어지는 측정순서를 자동결정하기 위해 expert system을 이

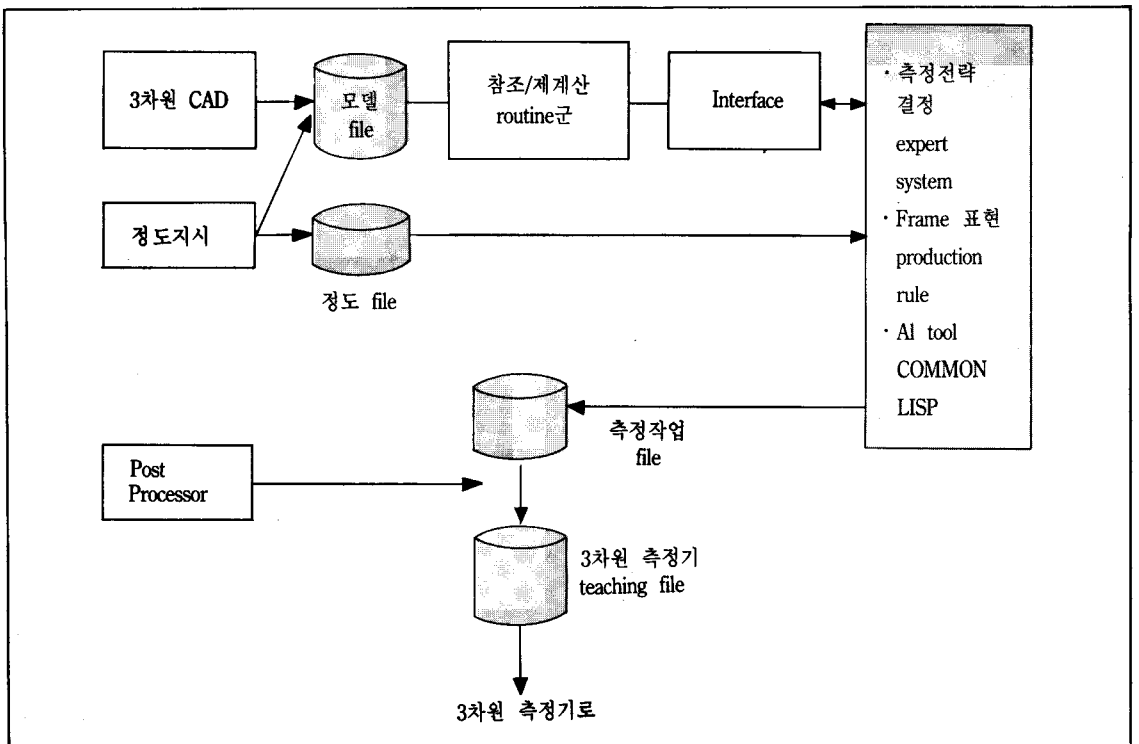


그림 3) CMM의 측정전략 결정 expert system의 구조

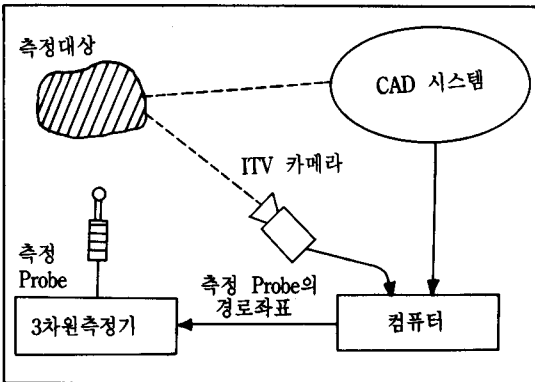


그림 4) CAD와 vision에 의한 off-line teaching의 개념

용하기도 한다. expert system은 작업자가 지시한 측정내용이나 tolerance, 측정대상요소, geometry data에서 측정계획을 추론하는 데에 이용되고 있으며 그 시스템의 structure는 그림 3과 같다[9]. 이 expert system은 frame과 production rule에 의해 knowledge를 표현하고 있다. frame에 의한 knowledge representation은 tolerance, geometric feature, 측정요소, 측정환경에 대해 이용되고 있으며 production rule은 전략의사결정을 위한 knowledge로 이용되고 있다. 이 expert system에 의해 측정방법이 정해지면 그 data를 이용해 측정점이 자동으로 생성된다. 이때 생성된 측정점, 측정경로는 probe의 자세를 고려해서 결정된다. 측정경로는 측정면 내에서의 경로(측정요소내의 경로)와 면과 면을 연결하는 경로(측정요소간 경로)가 있다.

이외에도 vision을 이용하여 형상의 image를 solid model로 전환시키거나 pattern matching에 의해 측정물을 인식한 후 이에 맞는 측정 programming을 하는 시도도 이루어지고 있다[6,9,12]. 측정물이 CMM의 table에 놓이면 ITV camera에 의해 그 측정물의 화상을 받아들여 3D 형상을 인식하고 측정 probe path가 생성되어 자동측정을 하게 된다.

그림4는 화상에 의한 형상 data input 개념을 CAD data input 개념과 비교한 것이다. 화상처리에 의한 자동측정은 3단계로 구분된다. 1단계에서는 초기입력된 화상 data를 처리해 측정물의 edge로 구성되는 형상을 생성한다. 2단계에서는 edge를 이용해 vertex를 생성하고 edge와 vertex간의 관

계를 고려하여 측정물의 3D 형상을 인식한다. 3 단계에서는 3D 형상 data로부터 측정 probe path를 생성하며 자동측정하여 평가한다. 일반적으로 vision을 이용한 측정은 측정물의 형상이 복잡할 경우 비효율적이다. 형상인식용으로 보다는 측정물의 위치 산정용으로 사용하는 것이 더 바람직하다.

측정물의 평가치가 설계치를 만족하지 않을 경우 그 측정결과를 검토해 가공공정의 적합성이나 가공오차의 원인을 추정하고 그에 따른 오차보정을 위해 CAM system으로 정보의 feedback이 가능한 CAD/CAM/CAT 통합 system이 제기되고 있다. 이러한 통합시스템이 그림 5에 요약되어 있다[4,9]. CAD에서 만들어진 형상 model을 이용하여 CAM에서는 가공면의 생성, 기준면 지정, 가공순서 결정, 각 가공면마다의 공구선택, 공구 경로 생성이 이루어지고 있다. 이때 CAT 부분을 위한 측정면 model이 생성될 수 있도록 연구되고 있다. CAT system은 이 측정면 model 작성부, probe path생성부, 실제 model 생성부, 측정항목 검증부, 가공오차 원인 추정부에서 특징이 있으며, 실제 model과 측정면 model의 비교로 불합격 항목이 나오면 부적절한 가공공정과, 가공오차의 요인을 순차적으로 추론해 출력한다.

#### 4. CAD와 CMM의 Interface

CAD와 CMM간의 data 교환은 독일의 VDA format과 미국의 DMIS (Dimensional Measurement Interface Specification) format에 의해 이루어진다. VDA format은 독일의 자동차 연합회가 주로 자동차 body의 CAD data와 CMM data를 교환하기 위해서 만든 format이다[5,7]. DMIS는 80년대에 미국의 CAM-I에서 만든 것으로서 이미 version 3이 개발되었다. DMIS는 측정 program을 CMM으로 보내주고 측정결과를 CAD system으로 보내주는 기능을 한다. 이를 위해서 CAD system과 각종 측정장비는 자체의 data를 DMIS format으로 변환시켜주는 pre-processor와, MDIS format을 자체의 data format으로 변환하여 주는 post-processor가 필요하다.



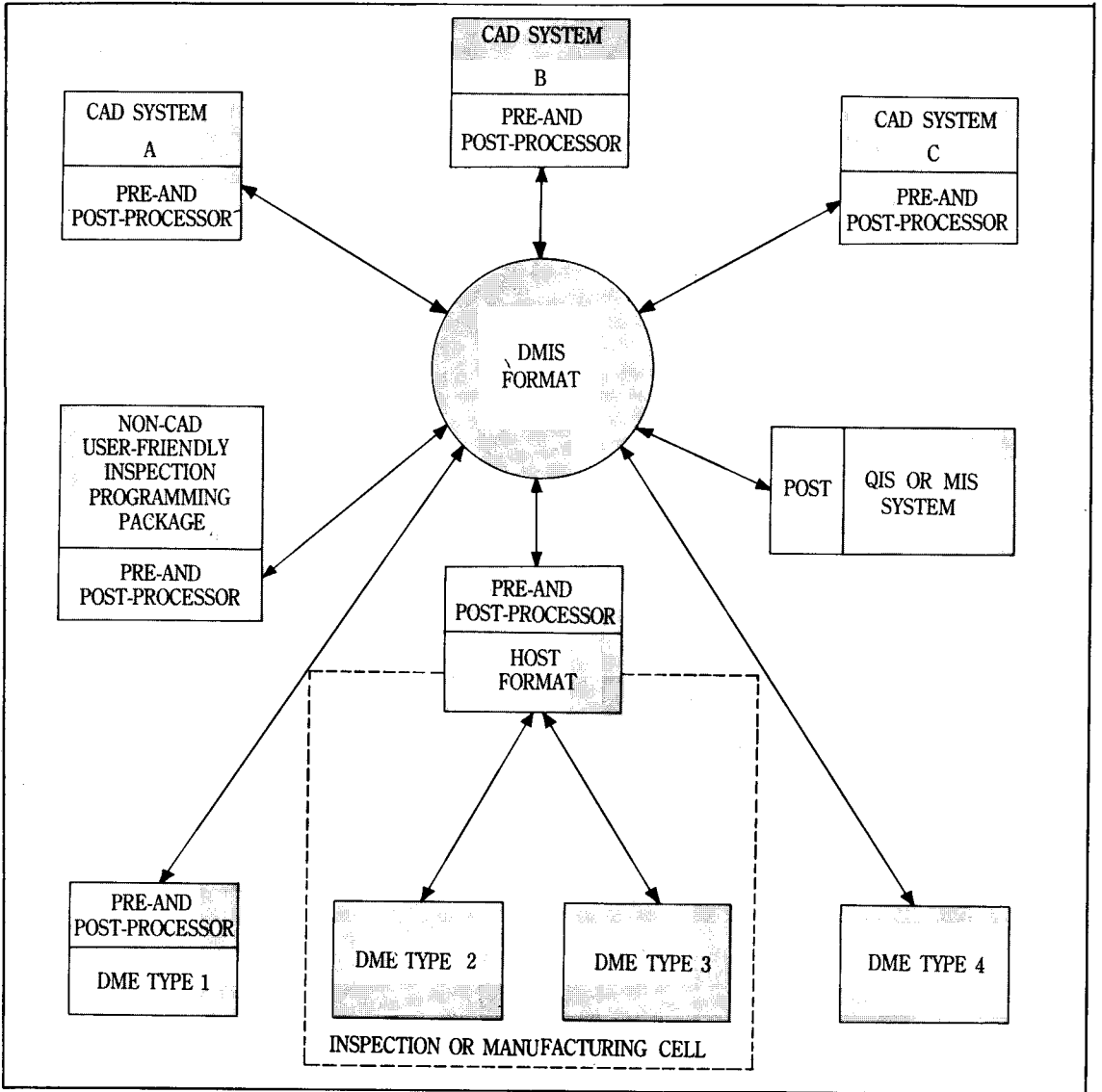


그림 6) DMIS ENVIRONMENT

에는 설치되어 있지 않다. 가공 후에 바로 현장에서 측정이 되어야 측정의 자동화가 실현되었다고 말할 수 있다. 외국의 경우, 가공 현장에 설치되는 CMM도 실용화되어 있어 생산성 향상에 큰 몫을 하고 있으며 최근에는 FMS 라인에 설치된 경우도 있다[10]. 이러한 경우에는 측정부품을 일정 위치로 이동시키는 rotary table, pallet changer 등이 필요하며 여러 부품에 대응하기 위해 probe 자동교환장치도 필요하게 된다[13]. CMM은 온도,

진동, 먼지등에 의해 정도가 변화하므로 이에 대한 보완 설비가 필요한 것으로 예상된다.

참고문헌

[1] Cowling, G.J., Mullineux, G., "Toward an Intelligent CAD-CMM Interface," Engineering with Computers 5, pp133-141, 1989.  
 [2] Dimensional Measuring Interface Specification, Ve-

- rsion 2.1, CAM-I report R-89-DMIS-01, 1989.
- [3] Fenkner, Klaus, "Computer-aided inspection planning as part of a CAQ system in operation," Ball and Roller Engineering, Industrial Engineering (FAG)28, pp12-18, 1989.
- [4] Kanai S., Kawamura, R., Kishinami, T., Saito, K., "The Computer-Aided Testing and Diagnostic Systems of the Manufacturing Process by Using the Coordinate Measuring Machine," Transactions of the 17th NAMRI of SME, pp311-318, 1989.
- [5] Keiji Ueda, "CAD-3차원측정기간의 상호 data 교환의 유효성," 기계와 공구(Japan), pp25-32, August 1988.
- [6] Oyama Eimei, Tachi Susumu, "Model-Based Image Measurement System," 일본기계학회 논문집(C편), V56, N521, pp109-115, 1990.
- [7] Satoshi Matsumoto, "CIM에의 참여를 위한 Leitz QUINDOS," 기계와 공구(Japan), pp33-37, August 1988.
- [8] Soichi Kadowaki, "계측지원 System MCAT와 자유곡면 측정평가 System MSURF," 기계와 공구(Japan), pp51-58, August 1988.
- [9] Yoshimi Takeuchi, "3차원측정기와 CAD/CAM," 기계와 공구 (Japan), pp18-24, August 1988.
- [10] 首藤和男, "FA에서의 3차원측정기 시스템," Machinist(Japan), pp63-67, August 1990.
- [11] 佐佐木豊春, "3차원측정기의 Off-line Teaching System," Machinist(Japan), pp63-67, August 1990.
- [12] 竹内芳美, 清水弘幸, 向居郁夫, "CAD와 화상 data를 병용한 3차원 측정기의 자동측정," 일본정밀공학회지 V56/1, pp128-133, 1990.
- [13] 中谷忠雄, "최근의 3차원측정기," 기계의 연구(Japan), V41,N1, pp23-27, 1989.