

# 생산정보의 통합 활용을 위한 특징형상 및 데이터베이스 설계

노형민, 이충수

한국과학기술연구원 기전연구부

## 1. 서 론

NC 기술, CAD/CAM 기술, 로보트 기술, CIM 기술 등의 분야에서 각 요소 기술의 발달로, 생산 자동화를 추구하는 시스템 기술이 지난 40여년 사이에 크게 발전하여 생산 시스템에 큰 변화를 가져 오고 있다. 이러한 변화에는 생산 공정에서의 소재 혹은 공정 기술의 발전도 있지만, 무엇보다도 생산정보 처리 기술 발전이 크게 기여하고 있다. 즉, 생산정보를 ‘bit’라고 하는 정보 전달 기본 매체의 조합으로 표현하여 NC 콘트롤러, 워크스테이션, 로보트 등의 자동화 기기들을 장시간 반복하여도 신속, 정확히 움직이게 할 수 있는 기술이 발달했기 때문이다. 이에 따라 생산 시스템 내에 많이 이용되고 있는 자동화 기기 사이의 생산정보의 원활한 교환 기술이 점차 필요해지고 있다. 따라서 생산정보 처리 기술을 생산 자동화 기술의 중요 기술로 인식하여 연구할 필요가 있다.

서로 다른 자동화 기기 사이에서 동일한 생산정보는 동일하게 인식하여 처리할 수 있도록 표준 체계를 작성하려는 노력이 국내외에서 ‘STEP’ 활동을 통하여 진행되고 있다. 특히 CAD/CAM 분야에서는 응용 프로그램에 대한 이러한 목적의 생산정보 처리 기술의 개발을 시급히 요구하고 있다. 예를 들면 설계자가 부품 설계에 사용하였던 기하 정보를 생산 공정설계자도 동일하게 필요로 하고 있으므로, 가공 부위에 대한 기하학적 생산정보를 공정설계와 연계할 수 있도록 표현할 수 있는 특징형상(feature)에 대한 연구가 진행되고 있다. 한편 생산정보 관리 측면에서도 생산정보 통합 활용을 위한 데이터베이스 설계 기술이 필요하다. 즉 제품 수주시 한번 입력되었던 정보는 설계, 공정설계, 일정계획, 가공 및 조립 등 일련의 생산 활동에서 동일한 정보로 이용될 수 있어야 하고 또한 그 역의 경우도 마찬가지로 동

일하게 이용되어야 한다.

본 고에서는 이러한 생산정보 처리 기술 중에서, 컴퓨터 이용 설계와 공정설계 (CAPP) 분야에서의 생산정보 통합 활용에 필요한 특징형상과 부품 관련 생산정보 통합 활용에 필요한 데이터베이스 설계라는 두 가지 경우에 국한하여 생산정보를 통합 활용하려는 연구 결과를 정리한다. 즉 밀링 가공 공정을 대상으로 ‘지적 공정설계 기술 개발’ 과제[1]를 통해 얻은 50개의 특징형상과, ‘S사 금형공장 생산관리 시스템 개발’ 과제[2]를 통해 얻은 데이터베이스 설계 방법론을 정리한다. 비록 특징형상 만큼 데이터베이스 설계 방법이 정리되어 있지 않고 CAD/CAPP 통합 및 생산관리 시스템 구축이라는 일부 예에 불과하나, 새로운 연구 분야인 생산정보 통합 기술의 정립에 도움이 되기를 기대한다.

## 2. 특징형상 도출

특징형상은 CAD 모델로부터 설계된 부품의 기하형상 특징을 자동 인식하려는 목적으로 1980년대 초부터 연구가 시작되었으나, 아직 일반적으로 응용이 가능한 인식 방법은 개발되지 않고 있다. 오히려 응용 분야에 따라 필요한 특징형상을 분류/정의하여 CAD 모델로부터 자동 인식된 기하형상에 가공기술 정보를 첨부하여 공정설계를 자동화하고 있는 추세이다. 따라서 응용 분야에 따라 가공기계, 공구, 작업방법 등을 결정하는데 필요한 기하형상 및 가공기술 정보를 체계적으로 정리함으로써, 필요한 생산정보를 포함시킬 수 있는 특징형상을 적절히 정의하는 기술이 중요하다.

기존의 특징형상 분류에 관한 연구를 살펴보면, Butterfield 등[3]은 특징형상을 박판 특징형상, 비회전 특징형상, 회전 특징형상으로 분류하여, 이 중 비회전 특징형상을 함몰형과 돌출형으로 분류하였으며 회전 특징형상을 동심형과

비동심형으로 분류하였다. Gindy[4]는 공구의 외부 접근 방향의 수, 경계 형태-개방형 또는 폐쇄형, 공구의 출구 상태-관통 또는 비관통 등에 따라 특징형상을 boss, pocket, hole, slot 등의 9가지로 분류하였다. Gandhi 등[5]은 같은 파라미터를 갖는 특징형상을 같은 그룹으로 정의하여, 특징형상을 등금, 모남, 굴곡 등의 5가지로 분류하였다. Lauwers 등[6]은 방전가공에 대한 특징형상을 함몰/돌출 여부, 각 주형/회전형 여부, 관통/비관통 여부에 따라 20여 종류로 분류하였다. 상기의 연구들은 단순한 형태의 기하형상에 대해서는 정확히 분류되어 있으나, 복잡한 기하형상과 기하형상 간 위상관계에 대해서는 연구되어 있지 않았으므로 가공순서, 가공조건, 작업시간 등의 공정설계를 수행할 수 없었다.

본 장에서는 더욱 정밀한 공정설계 수행에 필요한 기하형상 및 가공기술 정보를 체계화하고, 그 정보를 포함시킬 수 있는 특징형상을 분류하여 공정설계에 응용한 사례를 정리하고자 한다.

## 2.1 생산정보의 체계화

사출금형[7,8]과 공작기계[1] 부품을 대상으로 숙련 공정설계자와 인터뷰했던 경험 및 공정설계 시스템 개발 경험을 도대로 공정설계 항목 결정시 필요한 정보를 그림 1과 같이 분석/정리하였다. 그림 1을 보면, 공정설계 항목 중 작업방법을 결정하기 위해서 특징형상의 종류, 위상관계, 크기 등의 정보가 필요함을 알 수 있다. 분석/정리한 필요 정보들의 특성을 살펴보면 모든 특징형상들의 공통적 성질인 부품에 관련된 정보, 부품을 구성하는 기하형상에 관련된 정보, 특징형상의 공차에 관련된 정보로 분류할 수 있다. 이를 각각 부품 서술 정보, 기하학적 정보, 가공 기술적 정보로 분류하였다.

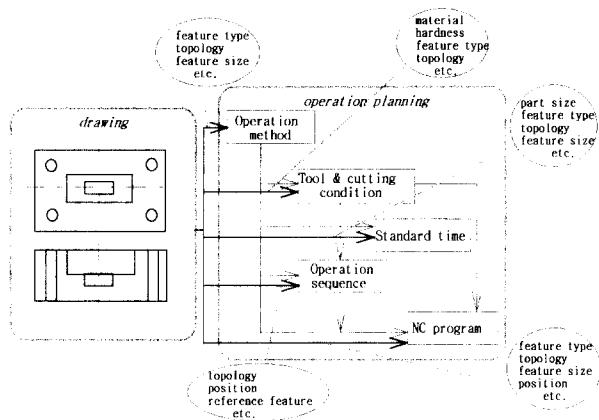


그림 1. 공정계획 수행을 위해 필요한 도면 정보.

### 2.1.1 부품 서술 정보

부품 서술 정보는 부품명, 도면 번호, 재질, 경도, 소재 형상, 부품 크기 등을 포함한다. 소재 형상은 환봉, 육각봉, 사각봉, 판재, 주물에 의하여 형성된 형상으로 분류하였다. 이

중 부품명과 도면번호는 관리정보 또는 과거에 계획된 정보 검색에 이용되며, 재질, 경도, 소재 형상, 부품 크기 등은 공정설계 항목 결정에 이용될 수 있다.

### 2.1.2 기하학적 정보

기하학적 정보는 특징형상의 종류, 위상관계, 위치 및 크기 등을 포함한다. 이와 같이 가공부위의 형상, 위상관계, 위치, 크기 등으로 표현된 정보는 공정설계 수행시, 단순한 형태인 특징형상뿐만 아니라 단순한 형태가 여러개 복합된 특징형상에 대해서도 위상관계에 의하여 가공부위에 대한 기하학적 정보를 명확히 제시할 수 있다.

### 2.1.3 가공 기술적 정보

가공 기술적 정보는 치수공차(dimension tolerance), 거칠기(roughness), 기하공차(geometric tolerance) 및 기준면 등을 포함한다. 치수공차와 거칠기는 하나의 특징형상 공차를 표현하며, 기하공차는 두 특징형상간의 가공 기준 관계를 표현한다. 기하공차는 기준면의 유무에 따라, 기준면이 필요 없는 공차(진직도, 평면도, 진원도, 원통도), 기준면이 있어도 되고 없어도 되는 공차(선의 윤곽도, 면의 윤곽도), 기준면이 반드시 필요한 공차(평행도, 직각도, 경사도, 위치도, 동축도, 동심도, 대칭도) 등으로 분류한다. 이렇게 정의된 가공 기술적 정보는 가공시 필요한 공차뿐만 아니라 공정순서 및 작업순서 결정시 선행관계로 이용할 수 있는 기준면에 관한 정보도 제공할 수 있다.

## 2.2 특징형상의 분류

절삭가공의 대표적 형태인 공작기계 부품의 설계 도면에 나타나 있는 가공부위 형태를 분석한 결과, 자주 나타나는 단순한 형태, 단순한 형태들이 조합된 복합 형태, 그리고 정의하기 힘든 복잡한 형태가 있어 이를 각각 기본 특징형상, 복합 특징형상, 기타 특징형상으로 분류하였다. 기본 특징형상은 그림 2의 (a)와 같이 함몰/돌출 여부, 개방/폐쇄 여부, 관통/비관통 여부, 공구 진입 모서리의 수, 모서리의 인접/비인접 여부에 따라 Pocket, Hole, Step, Slot, Island, Surface 등 6종류로 분류하였다. 이 기본 특징형상들은 Pocket 14개, Hole 12개, Step 10개, Slot 8개, Island 4개, Surface 2개 등의 총 50개로 세분화하여[1,9], 이 중 Pocket의 세부 형상 및 크기 인자를 그림 3과 같이 정리하였다. 복합 특징형상은 기본 특징형상간의 위상관계로 표현하였으며, 위상관계는 Parent/Child형, Brother형, Parent/Child형과 Brother형의 혼합형의 3가지 형으로 분류하였다. Parent/Child형은 그림 2의 (b)와 같이 기본 특징형상이 상하로 결합된 형태이며, Brother형은 그림 2의 (c)와 같이 전후좌우로 결합된 형태이다. Parent/Child형과 Brother형의 혼합형은 그림 2의 (d)와 같이 Parent/Child형과 Brother

형이 동시에 나타난 형태이다. 이 위상관계는 공정순서 및 작업순서 결정시에 선행관계로 작용한다. 기타 특징형상은 기본 특징형상으로는 표현할 수 없는 복잡한 형태로 그림 2의 (e)와 같은 형태이다. 기타 특징형상의 공정설계는 대화형으로 수행한다.

이렇게 분류/정의한 특징형상은 부품 서술 정보, 기하학적 정보, 가공 기술적 정보를 포함할 수 있으며, 공정설계 수행시 필요한 정보를 제공해 준다.

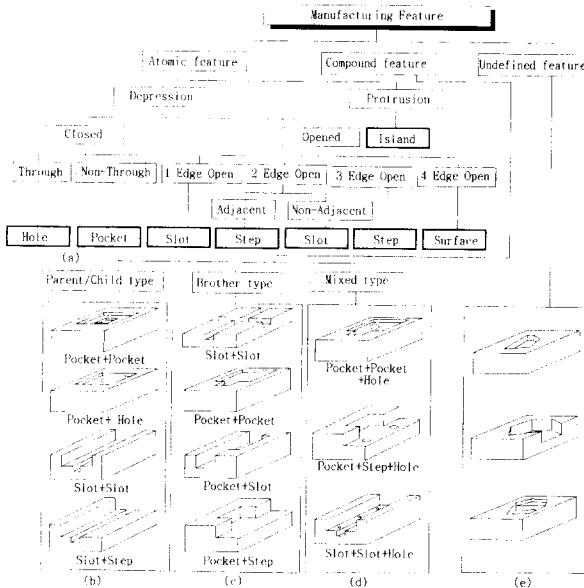


그림 2. 특징형상의 분류.

### 2.3 공정설계 응용

특징형상 정보를 이용하여 개발한 밀링 공정설계 모듈(Mill-CAPP)은 주변의 CAD(I/MDS) 모듈[10] 및 CAM(I/MILL) 모듈[11], IIM(item information manager) 모듈, 공정분석 모듈, 최적 절삭조건 모듈과 연계되어, 생산정보의 흐름을 그림 4와 같이 정리할 수 있다[1].

I/MDS는 상용화된 설계 소프트웨어로 도면을 작성 또는 수정하는 역할을 하며, IIM 모듈은 공정설계를 수행하기 전에 부품별로 부품 서술 정보를 결정하고 Mill-CAPP을 기동하는 메인 메뉴 역할을 한다. 공정분석 모듈은 부품의 공정, 공정순서, 기계 등을 결정하며, 최적 절삭조건 모듈은 Mill-CAPP에서 결정한 작업내용별로 특징형상 정보와 절삭 데이터를 이용하여 공구, 홀더, 절삭조건을 결정한다. I/MILL은 상용화된 NC 소프트웨어로 Mill-CAPP 및 최적 절삭조건 모듈에서 결정한 기계, 작업내용, 공구, 절삭조건 등을 이용하여 NC 프로그램을 생성한다. 이러한 환경에서 Mill-CAPP은 IIM의 메뉴 및 설계 도면으로부터 2절에서 분류한 생산정보의 형태로 특징형상 정보를 추출한 후, 공정분석 모듈, 최적 절삭조건 모듈 및 I/MILL 모듈과의 연계를 통하여 공정, 기계, 치공구, 공정순서, 작업방법, 공구 및

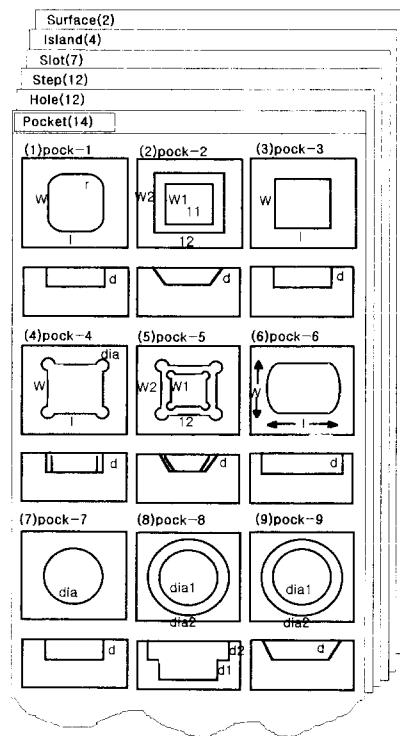


그림 3. 기본 특징형상 pocket의 형태 및 크기 인자.

절삭조건, 공수, 작업순서, NC 프로그램 등을 선택 혹은 계산할 수 있었다.

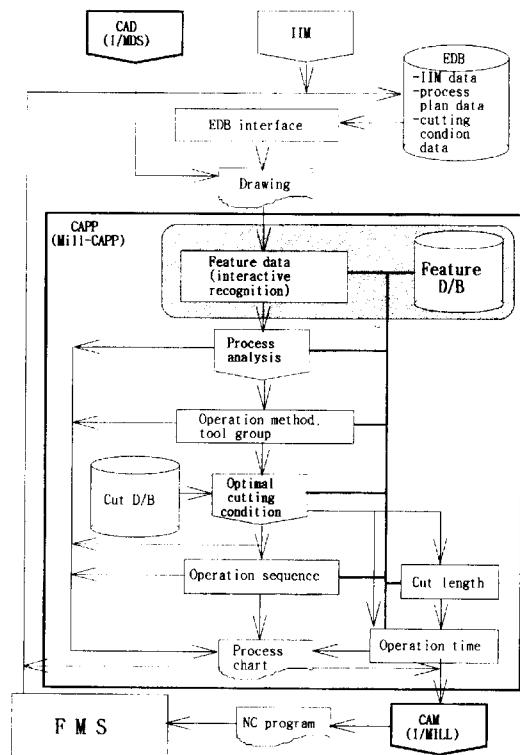


그림 4. Mill-CAPP의 정보흐름.

### 3. 데이터베이스 설계

1980년대 말부터 CIM 기술 개발을 위해 데이터베이스의 중요성이 강조되어 왔으나, 그 데이터베이스 설계 방법에 대한 연구 사례는 찾기가 어렵다. 이는 실제적인 CIM 시스템 구축이 없었거나, 데이터베이스 설계에 특별한 기술이 필요 없었거나, 혹은 공개적으로 알리기 어려운 경험적 기술이었거나 등의 이유가 있었을 것으로 이해된다. 따라서 작은 연구 내용이라도 체계적 추진을 위한 경험 공유가 필요하다. S사 금형공장 생산관리 시스템의 데이터베이스 설계를 통해서 얻은 경험[2]과 연구[12]를 통하여, 여러 부서에서 발생하는 생산정보의 entity–attribute 사이의 관계를 체계화하는 방법을 다음과 같이 정리하고자 한다.

#### 3.1 업무분석

생산관리 시스템 구축을 위해서는 현재의 업무흐름과 문제점 그리고 개선 방안 등을 파악하는 업무분석이 중요하다. 업무분석 초기부터 적용함으로써 시스템의 구조 분석에 가장 효과적인 모델링 기법으로 IDEF가 있다. IDEF는 관계형 데이터 모델링(relational data modeling)을 위한 미국 공군 ICAM 프로젝트에서 개발된 그래픽 언어로써, 제조 시스템이나 환경에 적용될 프로세스와 그러한 프로세스와 관계되는 정보와 개체를 구조적, 도형적으로 표현하기 위해 사용된다[13].

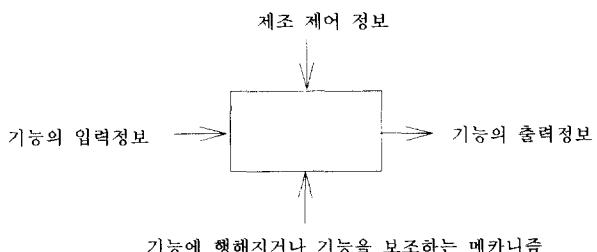


그림 5. IDEF 다이어그램의 기본 구조.

IDEF 모델은 다이어그램, 텍스트, 그리고 용어들로 구성되어 있는데, 그림 5에서 보는 바와 같이 시스템의 기능들은 박스(box)로 그리고 기능에서 사용된 정보는 화살표로 표현되어 있다. 화살표가 기능의 순서를 결정하는 것은 아니며, 박스의 제한조건만 정의한다. 또한 하나의 기능이 어떤 상태에 도달할 때까지 계속되어야 할 경우, 다른 기능의 출력이 그 기능의 입력 혹은 조건이 되어 피드백(feedback)을 형성할 수도 있다. IDEF 모델은 다이어그램들로 이루어져 있는데 이 다이어그램은 복잡한 시스템을 조금 덜 복잡한 여러개의 서브 시스템으로 나눈다. 첫 다이어그램은 가장 상위의 표현으로서 시스템의 주요 기능을 박스로 표현하며, 각 박스의 상세한 표현은 또 다른 다이어그램에서 여러 박스들로 표현된다. 이런 과정이 반복되면서 시스템이 계층적 다이어그램으로 표현된 단계로 분해된다.

S사 금형 생산관리 시스템은 수주관리, 부품설계, 공정설

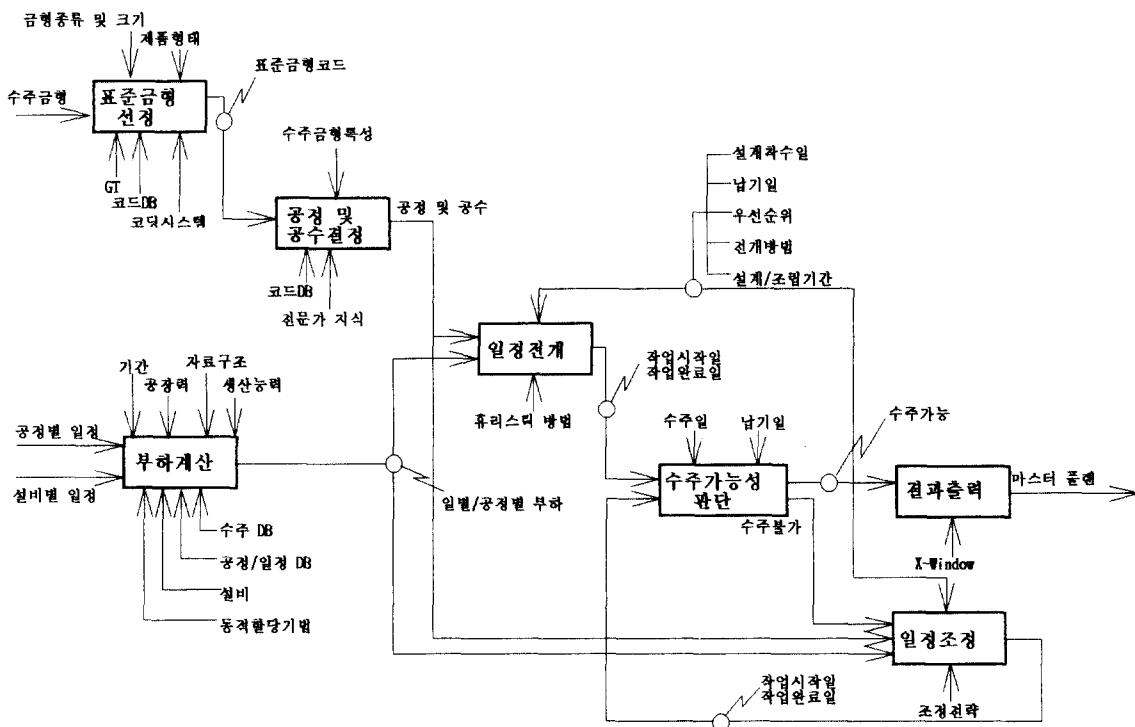


그림 6. IDEF를 이용한 수주 시뮬레이션의 업무분석.

계, 일정계획, 현황 모니터링 등의 기능을 가지며, 그림 6은 수주관리 중 수주 시뮬레이션을 IDEF 모델로 표현한 하나의 다이어그램을 보이고 있다.

### 3.2 E-R diagram

E-R 다이어그램은 1970년대 중반 처음 제안되었으며, 기능이 아닌 정보를 중심으로 생산 시스템을 표현하는 모델링 방법으로, 개체(entity)와 관계(relationship)로 생산정보를 표현하는 관계형 방법이다[14]. E-R 다이어그램은 개체, 속성(attributes), 키(key), 관계(relationship), E-R 연결선(예를들면, 1:1, 1:M, N:M 등) 등과 같은 간단한 기호로 생산 시스템의 정보를 표현한다. 초기의 E-R 표현이 여러 가지 종류의 새로운 E-R 표현으로 확장되어 왔으므로 전 세계적인 표준은 없으며, 그림 7은 그 중의 하나를 기준으로 각 기호들을 정리한다.

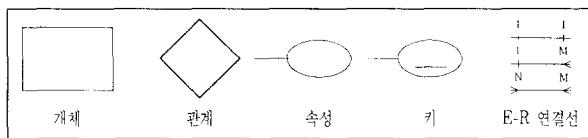


그림 7. E-R 다이어그램의 기본 부호.

S사 생산관리 시스템에서는 IDEF를 이용한 업무분석 모델링에서 나타난 입.출력 자료를 중심으로 자료간의 관계와 제한조건 등을 E-R 다이어그램으로 모델링함으로써, IDEF보다는 데이터베이스에 더욱 가까운 형태로 모델링 할 수

있었다. E-R 다이어그램의 모델링 예제는 그림 8에 나타나 있는데, ‘금형세트’, ‘부품’, ‘공정’ 등을 개체로 정의하고 개체간의 관계를 표현하였으며, 각 개체의 속성도 표시하였다. 다만 속성 중 중요하다고 생각되는 일부만을 표시하였으며, 속성 앞쪽에 '\*' 표시가 있는 것은 여러개의 속성을 묶어 하나의 단어로 축약표시 한 것이다. 밑줄이 있는 속성은 개체의 키를 나타낸다.

S사 금형공장의 생산관리 시스템에서는 E-R 다이어그램 모델링 결과에 데이터의 제한조건을 첨가하여 ORACLE DDL(data definition language)를 작성하였다. 작성된 DDL 문을 실행시킴으로 데이터베이스의 각 개체(entity)들이 생성되었으며, C 프로그램상에서 C언어와 DML(data manipulation language)를 사용하여 자료를 읽거나 추가, 삭제 등의 조작을 하였다.

본 절에서 소개한 S사 금형공장의 생산관리 시스템에서는 정보 모델링 도구로 IDEF와 E-R 다이어그램을 이용하였으며, 이 외에 NIAM, DAPLEX, EXPRESS(EXPRESS-G, EXPRESS-I) 등[15]의 정보 모델링 도구를 이용할 수 있다.

## 4. 정리

그 중요성이 점차 증가하고 있는 생산정보의 처리 기술, 즉 생산정보 통합 기술의 향상을 위하여 CAD/CAM 분야에서의 특징형상 도출과 데이터베이스 설계 기술을 정리하였다.

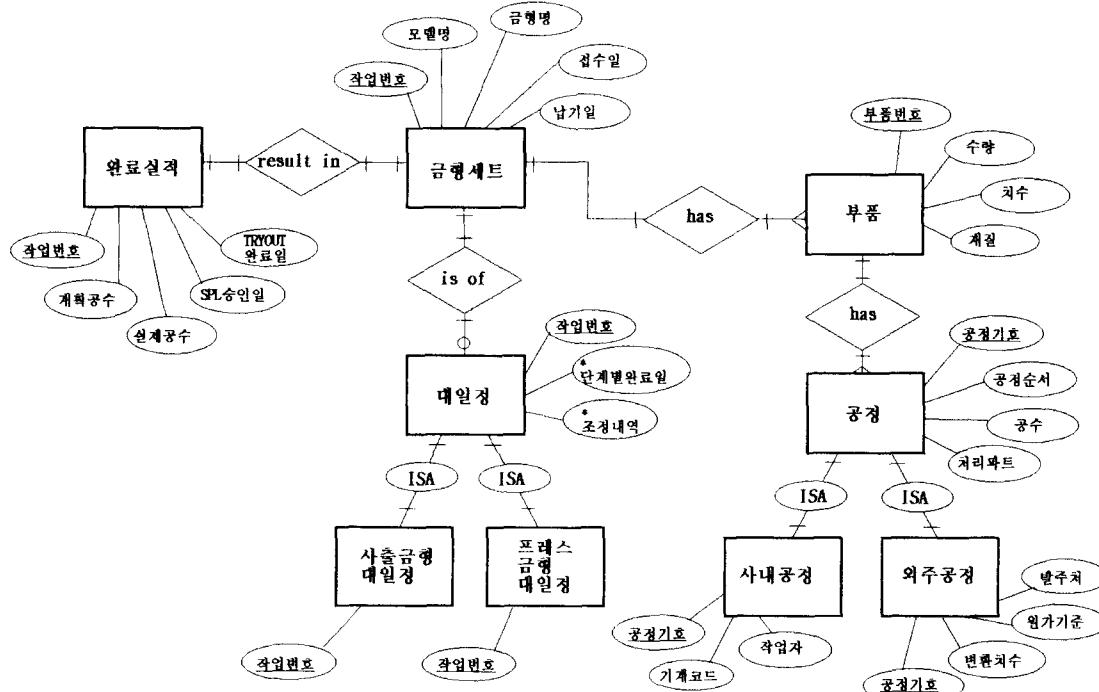


그림 8. E-R 다이어그램을 이용한 개체 및 속성의 관계 표현 예.

특징형상 : 설계도면으로부터 작업방법, 공구 및 가공조건, 가공시간, 가공순서, NC 프로그램 등을 자동으로 결정하기 위하여

- 부품 도면상의 밀링 가공 부위 형상을 50개의 가공 특징형상으로 분류/정의하여 각 특징형상별 크기 인자를 정의하였으며,
- 특징형상 사이의 위치 관계를 parent/child type, brother type, mixed type 으로 정의하여,
- 특징형상별 가공 정밀도 정보를 입력하는 체계를 구축한 결과, Mill-CAPP 시스템이 현장에서 공작기계 부품의 밀링 공정설계 기능을 수행할 수 있었다.

데이터베이스 설계 : 수주관리, 부품설계, 공정설계, 일정계획, 현황 모니터링 등의 금형 생산 업무에 필요한 생산정보를 입·출력하는 생산관리 시스템 구축을 위하여

- IDEF 기법을 이용하여 생산 업무를 분석하고,
- E-R diagram을 이용하여 entity 와 attribute 사이의 관계를 설계하고,
- ORACLE DDL(data definition language)을 이용하여 데이터베이스를 구축함으로써, 복잡한 금형생산 업무에 필요한 생산관리 시스템을 합리적으로 구축할 수 있었다.

제안된 두 경우를 통하여 생산정보 통합 기술의 일부를 소개하였으며, 앞으로 CAD/CAM 분야뿐만 아니라 다른 분야에서도 생산정보 통합 기술의 세부 개발 내용 정립에 도움이 되기를 기대한다.

### 참고문헌

- [1] 노형민 외, “지적공정계획기술 개발에 관한 연구 – 밀링 공정 모듈 개발(III)”, 한국과학기술연구원, 통일 중공업, 1995.
- [2] 노형민 외, “삼성전자 금형생산 CIM 기술개발”, 한국 과학기술연구원, 1994.
- [3] Butterfield, W. R., Green, M. K., Scott, D. C., and

Stocker, W. J., “Part features for process planning”, CAM-I Inc., 1985.

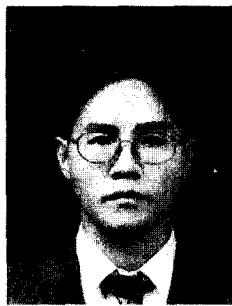
- [4] Gindy, N. N. Z., “A hierarchical structure for form features”, International Journal of Production Research, vol. 27, no. Dec., 1989.
- [5] Gandhi, A., and Myklebust, A., “A natural language approach to feature based modeling”, Mobil Research and Development Corporation, 1989.
- [6] Lauwers, B., and Kruth, J. P., “Computer aided process planning for EDM operations”, Journal of Manufacturing Systems, vol. 13, no. 5, 1994.
- [7] 노형민, 이진환, “사출금형의 CAD/CAPP 통합을 위한 가공형상 데이터베이스”, 대한기계학회지, 제16권 (2), 1992.
- [8] 이충수, 노형민, “특징형상을 이용한 사출금형 표준 가공공수 계산”, 대한기계학회지 제18권(1), 1994.
- [9] Rho, H. M., and Lee, C. S., “Manufacturing features applied to the milling operation planning”, CIRP Workshop, Tokyo Univ., 1996.
- [10] ‘ Intergraph/Mechanical Drawing System (I/MDS ) Operator Training Guide ’, Intergraph, 1992
- [11] ‘ Intergraph / 2.5 – Axis Milling Option ( I/MILL ) Reference Manual ’, Intergraph, 1992.
- [12] 노형민 외, “생산정보 통합화 기술 개발(II)”, 한국과 학기술연구원, 1996.
- [13] Peter, R., Modeling Languages Compared : EXPRESS, IDEF1X, NIAM, OMT, and Shlaer-mellor, Rensselaer Design Research Center, March, 1991.
- [14] McFadden, Fred R. and Hoffer, Jeffrey A., “Database management”, The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1991.
- [15] Doglas, S. and Peter, W., “Information modeling the express way”, Oxford University Press, 1994.

### 저자 소개



#### 노형민

1977년 서울대 기계설계학과 학사  
1979년 한국과학기술원 생산공학과 석사  
1985년 미국 Pennsylvania 주립대 산업공학과 박사  
현재 한국과학기술연구원 기전연구부 CAD/CAM팀 책임연구원  
관심분야 공정설계 자동화, 생산정보통합화 기술.



#### 이충수

1987년 한양대 산업공학과 학사  
1989년 한양대 산업공학과 석사  
현재 한국과학기술연구원 기전연구부 CAD/CAM팀 연구원  
관심분야 공정설계 자동화, 생산정보통합화 기술.