

STEP을 이용한 생산 시스템의 제품 데이터 교환

· 고광욱* · 유상봉* · 서효원**

Exchange of Product Data among Manufacturing Systems using STEP

K. W. Ko · S. B. Yoo · H. W. Suh

(요 약)

ISO (International Standard Organization)에서는 산업전반에 걸친 다양한 제품의 설계, 해석, 생산, 그리고 관리에 필요한 모든 제품정보를 정의하는 STEP (Standard for the Exchange of Product model data) 표준을 1983년부터 추진하고 있으나, 이를 지원하는 상용 프로그램들은 아직 초기 단계에 있어 이들을 활용하여 시스템 통합을 구현할 수 없다. 본 연구에서는 현재 STEP에서 부분적으로 정의되어 있는 형상, 형상 특징, 공차, 프로세스, 그리고 제품 관리 정보 등을 통합하여, CAD, CAPP, 그리고 MRP 시스템 간에 정보를 교환하는 프로토타입을 개발하였다. EXPRESS로 표현된 통합 정보 모델은 STEP의 공통자원에 새로운 엔티티와 속성을 추가하여 구성하였고, IGES 화일 변환기, STEP 화일 에디터, 그리고 데이터베이스 인터페이스를 통하여 통합 정보를 저장하고 교환한다.

주요어 : STEP, 제품정보 표준, 시스템 통합, CAD, CAPP, MRP

1. 서론

기계화 또는 자동화를 통하여 생산 시스템은 그동안 생산성 측면에서 급속한 발전을 이루었으나, 제품의 다양화와 생명 주기의 단축으로 인하여 기존의 순차적인 설계 및 생산 방법으로는 적기에 필요한 제품을 개발 또는 생산할 수 없게 되었다. 제품의 개발과 생산 주기를 최대한 단축하는 동시에 제품의 질을 유지시키기 위하여 설계 데이터의 교환과 효과적인 프로세스 관리의 필요성이 인식되고 있으며, 이러한 생산 시스템의 변화는 CIM (Computer Integrated Manufacturing), IMS (Intelligent Manufacturing System),

CE (Concurrent Engineering), PDM (Product Data Management), BPR (Business Process Reengineering) 등의 분야에서 활발히 연구되고 있다 [7][8]. 이러한 연구들은 각각 컴퓨터 네트워크, 지식 표현, 변화 관리 (Change Management), 프로세스 관리, 최적화 등의 서로 다른 기술을 중점적으로 연구하고 있으며, 제품 데이터의 표현과 교환을 공통적으로 필요로 한다.

기존의 CAD 시스템들은 제품의 형상을 정의하기 위하여 Wire Frame 모델, Surface 모델, Solid 모델 등의 기하학적 모델링 기술을 중심으로 연구되어졌으나 [6], 설계와 생산 시스템의 통합을 위하여 형상 특징, 공차, 공정, 제품 구성 등을 포함한 종합적인 제품 정

* 인하대학교 자동화공학과

** 생산기술연구원

보 모델이 필요하게 되었다. ISO (International Standard Organization)에서는 산업전반에 걸친 제품의 설계, 해석, 생산, 그리고 관리에 필요한 모든 제품정보를 정의하는 STEP (Standard for the Exchange of Product model data) 표준을 1983년부터 추진하고 있다. STEP은 광범위한 응용분야에 필요한 정보모델을 체계적으로 개발하기 위하여 이를 공동자원 (General Resource : Part 41 - 99)과 응용자원 (Application Resource : Part 101 - 199)으로 분리하여 개발하고 있고 현재 Geometric and topological representation [24], Representation Structure [25] 등 많은 부분의 공통자원이 개발되어 있다. 이러한 공통자원을 이용하여 구성한 특정한 응용분야에서 사용될 정보모델이 응용자원이며, Draughting [28], Finite element analysis [29] 등이 개발되어 있다.

공동자원과 응용자원에서 필요한 부분을 이용하고 활용분야의 정보호환과 인증시험용 테스트 데이터 등을 첨가하여 응용 프로토콜 (Application Protocol)을 생성한다. 해당 분야의 응용프로그램들은 이러한 응용 프로토콜에 따라 입출력 모듈을 개발하여 타 시스템과 데이터를 교환할 수 있다. 현재 STEP에서는 파트 201 (Explicit draughting), 파트 202 (Associative draughting), 파트 203 (Configuration controlled design), 파트 214 (Core data for automotive design processes) 등을 개발하였고, CATIA, Computervision, Intergraph, SDRC, STEP Tools 등의 13개 상용 프로그램들이 이를 지원하고 있다 [18]. STEP은 이외에도 전자, 조선, 건축 등과 같은 새로운 응용분야에 대하여도 응용프로토콜의 개발을 진행하고 있으며, 응용 프로토콜의 대상이 세분화 되어 있어 서로 다른 응용프로토콜을 이용하는 프로그램간의 정보교환도 고려하고 있다.

STEP을 지원하는 상용 프로그램들은 아직 초기 단계에 있어 이들을 활용하여 시스템 통합을 구현할 수 없다. 본 연구에서는 현재 STEP에서 부분적으로 정의되어 있는 형상, 형상 특징, 공차, 프로세스, 그리고 제품 관리 정보 등을 통합하여, CAD, CAPP, 그리고 MRP 시스템 간에 정보를 교환하는 프로토타입을 개발하였다. EXPRESS로 표현된 통합 정보 모델은 STEP의 공동자원에 새로운 엔티티와 속성을 추가하

여 구성하였다. 이때 추가된 엔티티와 속성은 STEP의 공동자원에 정의되지 않은 정보를 나타내고 이들을 상호 연결하는 역할을 한다. 통합 시스템의 프로토타입에서는 IGES 화일로 부터 변환된 설계의 형상 데이터에 NIST (National Institute of Standards and Technology)에서 개발한 Data Probe [13]를 이용하여 형상 특징, 공차, 그리고 제품 관리 정보를 입력한다. 이러한 통합 정보는 STEP 화일 또는 SDAI (STEP Data Access Interface) [22]를 통하여 데이터베이스 시스템에 저장되고, CAPP 또는 MRP 시스템과 화일을 통하여 데이터를 교환한다. 본 연구에서 개발한 통합 정보 모델은 STEP에서 응용프로토콜로 개발되지 않은 부분으로, CAD, CAPP, 그리고 MRP 시스템간의 정보교환이 전체 생산 시스템의 통합에서 차지하는 큰 비중을 고려하여 국제 표준으로의 개발이 필요하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 STEP과 정보 모델링 언어인 EXPRESS를 소개하고, 3장에서는 전체 시스템 통합 프로토타입의 구조와 포함된 생산 시스템을 설명한다. 4장에서는 통합 정보 모델을 EXPRESS-G를 이용하여 상위 레벨부터 하위 레벨로 설명한다. 5장에서는 로드레스 실린더의 설계 데이터를 이용하여 CAD, CAPP, 그리고 MRP 시스템간의 데이터 교환의 예를 든다. 6장은 결론과 향후 연구 과제를 포함한다.

2. STEP과 EXPRESS의 개요

2.1. STEP

STEP은 제품 데이터, 즉 제품의 생산에 관계되는 데이터를 컴퓨터가 인식 가능한 형태로 완전하고 명백하게 표현하고 교환하기 위한 국제 표준이며, 그 목적은 제품의 전 생애 주기(Life Cycle)에 걸쳐서 제품 데이터를 표현할 수 있는 중립적인 메카니즘을 제공하는 것이다. STEP에 속해있는 각 국제 표준들은 파트 (Part)라고 불리며 이들은 크게 표현 방법(Description Method), 정보 모델(Information Model), 응용 프로토콜(Application Protocol), 구현 방법(Implementa-

tion Methods), 그리고 적합성 테스트 방법(Conformance Testing Methodology)으로 분류된다.

표현 방법은 각 파트에서 정의한 정보의 형태를 일관성 있게 표시하기 위한 방법으로 EXPRESS, EXPRESS-G, 그리고 EXPRESS-I [20]를 포함한다. 이러한 표현 방법들은 STEP 프로젝트를 위하여 독립된 파트로 개발 되었으며, 다른 모든 STEP 프로젝트에서 정보 모델링 언어로 사용된다. 구현 방법은 데이터의 저장과 인출에 관한 표준으로, 여기에는 화일 포맷에 관한 표준과 화일 시스템 및 데이터베이스 시스템 등과 같은 저장 시스템과의 인터페이스 표준이 포함되어 있다. 정보 모델은 STEP에서 사용할 기본적인 정보 요소를 정의한다. 예를 들어, 형상 과 위상 표현, 제품 구조, 재료, 시각적 표현, 공차, 형상 특징 등을 나타내기 위한 정보가 정의되어 있다. 이러한 기본적인 정보모델은 특정한 응용분야에 따라 재구성되어 응용프로토콜이 된다. 실제 응용프로그램이 사용하는 정보모델은 이러한 응용프로토콜 중의 하나이다. 특정한 응용프로토콜을 사용하는 STEP 응용프로그램의 적합성을 인증하는 절차와 방법은 적합성 테스트 방법에 속한 파트들에 정의된다.

2.2. EXPRESS (정보 모델링 언어)

EXPRESS는 STEP을 위하여 개발된 정보 모델링 언어로서 객체지향 개념의 도입으로 공학 분야의 복잡한 정보 구조를 쉽게 모델링 할 수 있고 데이터의 무결성(integrity)을 확인하기 위한 제약조건을 정의할 수도 있다. 또한 기본적인 산술 또는 논리 연산자와 프로그램 제어문으로 구성된 프로시저(procedure)나 함수(function)를 엔티티의 정의나 제약조건에 포함시킬 수 있다. 이러한 제약조건은 실제 데이터에 적용되어 정보의 결함을 데이터 생성시에 찾아냄으로써 부분적인 오류가 타 시스템으로 확산 되는것을 방지할 수 있다. EXPRESS로 정의된 간단한 정보모델의 예는 다음과 같다.

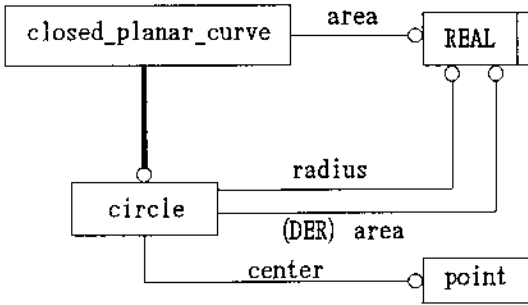
```
ENTITY closed_planar_curve;
    area: REAL;
END_ENTITY;
ENTITY circle
SUBTYPE OF (closed_planar_curve);
    center: point;
    radius: REAL;
DERIVE
    area: REAL := PI * radius ** 2;
END_ENTITY;
```

위 정보 모델은 두가지 엔티티, closed_planar_curve와 circle을 정의한다. 여기서 엔티티 circle은 엔티티 closed_planar_curve의 서브타입으로 정의 되었는데 이것은 circle이 closed_planar_curve의 특별한 경우이기 때문이다. 엔티티 closed_planar_curve는 속성으로 area를 갖고 있다. 엔티티 circle은 슈퍼타입으로부터 속성 area를 계승받고 추가적으로 center와 radius를 속성으로 정의 하였다. 엔티티 circle의 정의에서 속성 area는 radius 값을 이용하여 계산할 수 있으므로 DERIVE로 선언되어 있고 사용자는 area 값을 입력할 필요가 없다.

2.3. EXPRESS-G (그래픽 EXPRESS)

EXPRESS-G는 EXPRESS의 그래픽 표현이다. EXPRESS로 정의된 모든 데이터 타입, 속성, 그리고 슈퍼타입-서브타입 관계 등을 그림으로 표시하여 정보의 모델링과 이해를 돕는다. EXPRESS의 프로시저, 함수, 그리고 제약조건은 그림으로 표시하기 곤란하므로 EXPRESS-G에 포함되지 않는다. EXPRESS-G에서 모든 엔티티 타입은 사각형 박스로 표현되고 엔티티 이름을 그 박스 안에 쓴다. 엔티티의 종류가 단순 데이터 타입, 또는 ENUMERATION 타입인 경우에는 박스의 오른쪽에 세로 줄을 갖고 SELECT 타입인 경우에는 왼쪽에 세로 줄을 갖는다. 엔티티와 그 엔티티에 소속된 속성은 실선으로 연결되고, 이 실선은 속성을 나타내는 끝 부분에 작은 원을 갖는다. 어떤 속성이 유도된 것임을 나타내기 위해서는 해당되는 실선위에 (DER)로 표시한다. 엔티티의 슈퍼타입과 서

브타입 관계를 나타내기 위하여 굵은 실선을 사용하며, 서브타입 쪽에 작은 원을 갖는다. 어떤 엔터티에 제약조건이 정의된 경우 그 엔터티를 *로 표시한다. 앞에서 예로 든 간단한 EXPRESS 모델은 <그림 1>과 같이 EXPRESS-G로 표시된다.



(그림 1) EXPRESS-G의 예

2.4. EXPRESS-I (인스턴스 언어)

EXPRESS-I는 EXPRESS로 정의된 정보모델을 이용하여 정의되는 인스턴스들을 표현하는 언어이다. STEP 데이터는 보통 파트 21에 정의된 화일 양식에 따라 작성되고 다른 응용프로그램에 전달된다. 그러나 이러한 화일에 저장된 데이터는 일반 사용자가 읽기에는 적절하지 않다. 이러한 이유에서, EXPRESS-I에서는 객체의 ID (Identifier)로서 숫자 뿐만 아니라 임의의 문자를 사용할 수 있고 속성의 이름을 속성값과 함께 적는다. 이러한 EXPRESS-I는 응용프로그램을 인증하는데 필요한 테스트 케이스를 기술하는데 유용하게 사용된다. 다음은 앞에서 EXPRESS로 정의된 엔터티 `closed_planar_curve`와 `circle`의 몇가지 인스턴스를 EXPRESS-I로 작성한 것이다. 여기서 엔터티 `point`의 인스턴스인 `Point1`과 `Point2`의 속성값은 생략되어 있다.

```

Closed_planar_curve1 = closed_planar_curve {
    area --> 10.0; };

Circle1 = circle {
    center --> @Point1;
    radius --> 5.0;
    area <-- 78.5; };
  
```

```

Circle2 = circle {
    center --> @Point2;
    radius --> 10.0;
    area <-- 314.2; };
  
```

3. STEP을 이용한 시스템 통합 프로토타입

3.1. 전체 구조

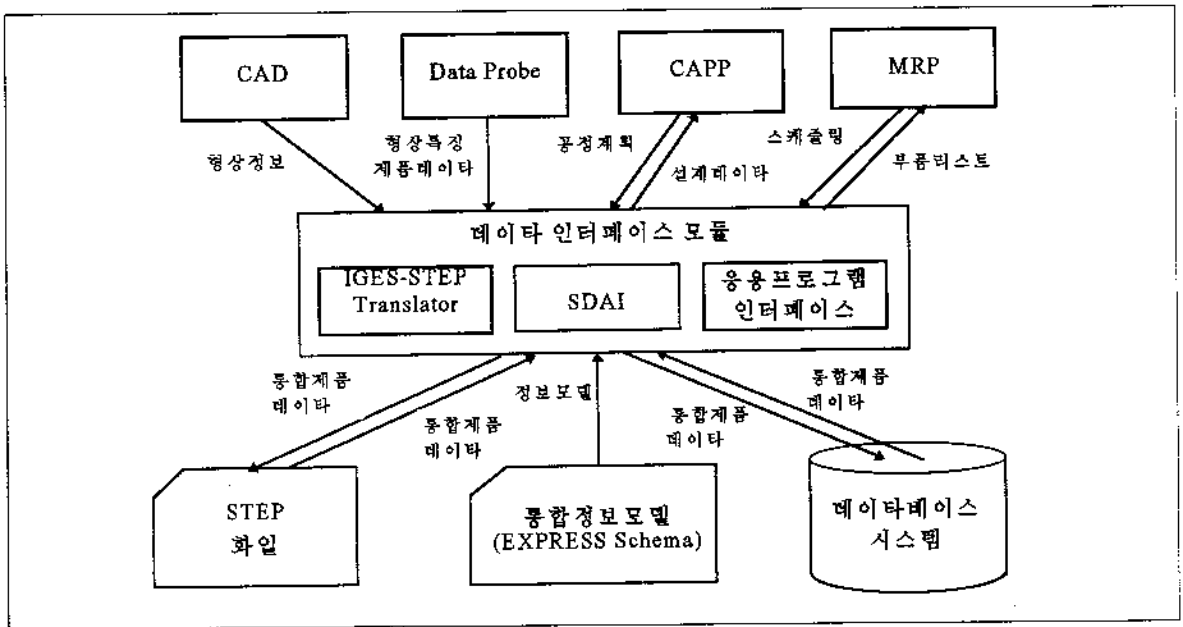
본 연구에서 구현한 시스템 통합 프로토타입은 데이터 인터페이스 모듈을 중심으로 구성되어 있으며 전체구조는 <그림 2>와 같다.

<그림 2>에서 도시된 바와 같이 데이터 인터페이스 모듈은 SDAI(STEP Data Interface), IGES-STEP 변환기, 그리고 응용 프로그램 인터페이스로 구성되며 응용 프로그램과 데이터베이스 또는 STEP 화일 시스템을 상호 연결하는 기능을 수행한다. 본 프로토타입에서는 제품에 관한 정보를 CAD 시스템과 NIST(National Institute of Standards and Technology, USA)에서 개발한 Data Probe를 통하여 입력하고, 입력된 제품 데이터는 STEP 화일 또는 데이터베이스 시스템에 저장된다. 제품 정보는 STEP 데이터 인터페이스와 응용 프로그램 인터페이스를 통하여 다른 CAD 시스템, CAPP 시스템 또는 MRP 시스템 등에 전달된다.

프로토타입은 SUN OS와 X 윈도우 상에서 C 및 C++ 언어, 그리고 Fedex[15], Fedex+[15], Data Probe[13], SCL(STEP Class Library)[9] 등 NIST에서 개발한 툴들을 사용하여 개발하였다. 데이터베이스는 관계형 시스템인 ORACLE[11]을 이용하고 있다.

3.2. CAD 시스템

본 통합 정보모델에서 접촉하고자 하는 CAD 시스템은 SDRC(Structural Dynamics Research Corporation)사의 I-DEAS Solid Modeling[16]이며 이 시스템의 주요한 기능은 Solid Modeling, Drafting, Finite Element Modeling, Pearl Database 등으로 구성되는데 대부분의 중요한 작업은 Solid Modeling에서 이루어지며, 여기에는 Solid 형상모델을 정의하는 Object Modeling,



(그림 2) 시스템 통합 프로토타입의 구조

Feature Definition, Tolerance Analysis, NC Tool Path 생성을 위한 NC Setup, 그리고 다양한 정보를 제공하기 위한 I-DEAS 자체의 데이터베이스인 Pearl Database 관리기능 등이 포함된다. 본 연구에서는 I-DEAS로부터 생성되는 데이터 중 형상정보를 IGES version 5.0 화일을 이용하여 통합 제품 데이터의 형상정보로 변환한다.

3.3. CAPP 시스템

CAPP(Computer Aided Process Planning) 시스템은 일반적인 공정계획 과정에서 발생하는 일관성의 결여, 오차 발생 여지, 다수의 대체안 처리에서 오는 반복 작업 등의 문제점을 해결하기 위하여 공정설계 기능을 전산화한 것으로 품질향상 및 납기 기간의 단축을 기할 수 있으며, 실 가공시간 보다 더 많은 시간이 소요되는 셋업 및 공구교환 등에 의한 시간을 최소화 함으로써 고가 장비의 활용 극대화를 통한 생산 합리화를 이룰 수 있다.

본 통합 정보모델과 접속하는 CAPP 시스템은 연세대학교, 기아기공, 그리고 생산기술 연구원에서 공동

으로 개발한 자동 공정계획 전문가 시스템[31]으로 공정계획 추론기관과 설비 및 필요한 여러가지 기술 정보를 포함하는 제조 데이터베이스로 구성되어 있으며 대상으로 하는 부품 및 설계 정보나 기타 여러가지 상황에 좌우되는 정보에 의거하여 4단계의 공정계획 과정을 수행한다.

1) 설계 정보의 입력 : 도면으로부터 가공부위를 선정하여 분류된 형상특징으로 설계 정보를 입력한다. 즉, 부품 정보, 가공부위를 나타내는 형상특징 정보, 그리고 형상특징 간의 공차관계를 기술한다.

2) 국부적 공정계획 : 형상특징의 입력이 끝난 후 각 형상특징에 대해 가공공정을 선정한다. 이때 기준값으로 사용되는 선정 기준값은 시스템 변수로 지정함으로써 사용자가 상황에 따라서 변경할 수 있다.

3) 공정 분석 : 결정된 공정에 대해 공정간 우선순위와 공차 관계를 포함한 공정목록을 작성하며 요구 물량, 제품당 소요 가공시간인 cycle time, 가공기의 수를 결정한다.

4) 전체적 공정계획 : 우선순위 제한조건과 공차 제한조건을 위배하지 않으면서 각 셋업에 공정을 분배하고 공정순서를 결정하여 최종적으로 공정도를 생

성한다.

3.4. MRP 시스템

MRP(Material Requirements Planning)는 최종 생산품을 위한 원재료와 구매 구성부품들, 제조과정 중에 있는 재고, 최종 제품, 유지보수를 위한 부품, 수리를 위한 부품, 그리고 절삭 공구 및 고정구 등의 각종 재고를 관리하는 절차를 말하며 이를 전산화 함으로써 그 효율을 극대화한 것이 MRP 시스템이다. 본 프로토타입에 사용한 MRP 시스템은 삼성데이터시스템에서 개발한 HiLo-2000[17]이며, 본 연구에서는 BOM 데이터를 입력 받아 Schedule 정보를 출력하는 역할을 한다.

4. 통합 정보모델의 구조

통합 정보모델에서 처리 대상물을 product로 표현하며, product는 그 속성으로서 product_description, mrp 그리고 component_parts 등을 가진다. <그림 3>은 이러한 정보모델 중에서 product와 관련된 상위 레벨 부분만을 EXPRESS-G를 이용하여 표현한 것이다.

속성 product_description은 제품의 묘사에 관한 정보를 표현하기 위하여 사용하며 이 속성은 엔티티 product_description_model을 참조한다. 속성 mrp는 제품의 MRP 정보를 표현하기 위한 속성이며 엔티티 MRP_model을 참조하는데 이 엔티티는 BOM 정보를 나타내기 위한 속성 bom과 부품의 스케줄링에 관한 정보를 표현하기 위한 속성 schedule을 가진다. 속성 component_parts는 제품을 구성하는 부품들에 관한 정보를 표현하기 위한 것이며 본 정보모델의 핵심 엔티티인 part의 집합으로 표현된다. part는 속성으로 part_description, geometric_model, part_features, part_tolerances, 그리고 process_planning 등을 가진다.

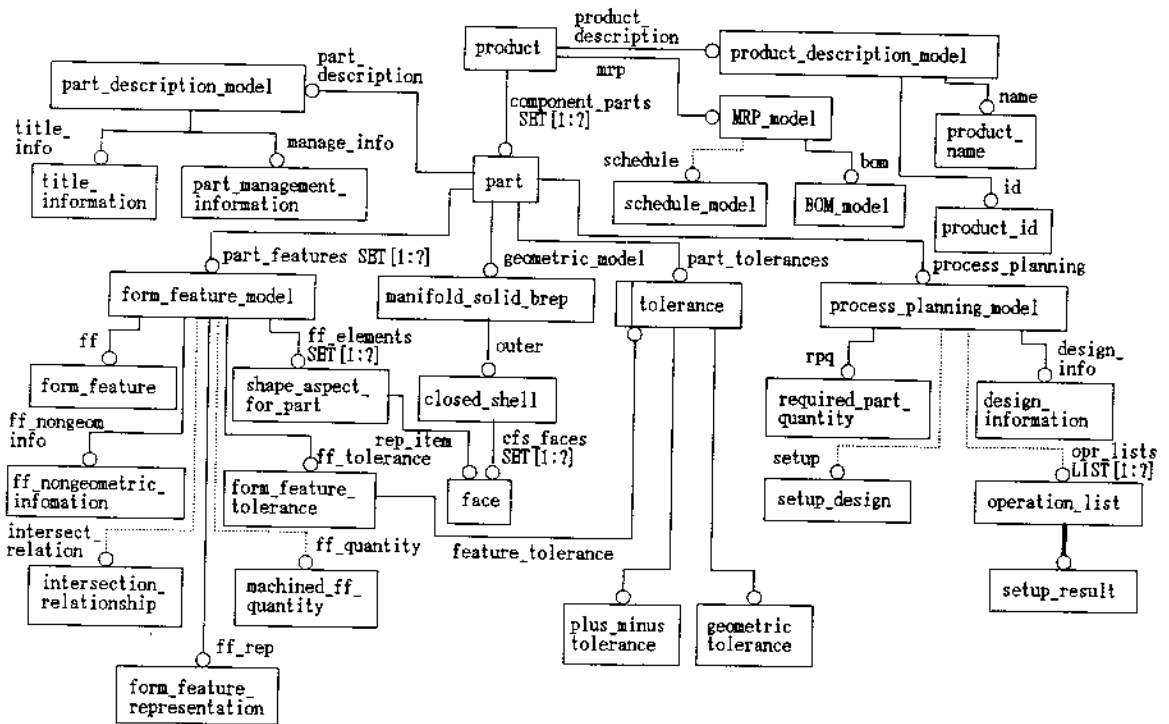
Part의 부품 전반에 관한 정보는 part_description_model이라는 엔티티를 통하여 표현하는데 이 엔티티는 속성 part_description에 의해 참조되며, 도면에 나타나는 표제란 정보를 나타내기 위한 title_info와 부품의 관리 정보를 나타내기 위한 part_manage_info를

속성으로 가진다.

Part의 형상정보(Geometry와 Topology)는 STEP의 파트 42[24]에서 정의된 solid model 중에서 manifold_solid_brep을 이용하였다. 이는 여러가지 solid model 중에서 B-rep(Boundary representation)을 사용하는 것이 대상물인 part의 형상과 그것에 연관된 형상특징과 공차 사이의 관계를 표현하는데 있어서 가장 적절하기 때문이다. 여기서 정의된 manifold_solid_brep은 outer 라는 속성을 가지며 이것은 solid의 외부 경계를 정의하는 엔티티인 closed_shell 을 참조한다. Closed_shell은 연결된 face들에 의해 구성되므로 이 엔티티는 속성으로 cfs_faces를 가지며 face들의 집합으로 표현된다.

엔티티 part는 다수의 형상특징을 가질 수 있으며 이러한 형상특징들을 효과적으로 표현하기 위하여 엔티티 form_feature_model로 구성되고 속성 part_features에 의해 참조된다. 이 엔티티에 의하여 정의되는 형상특징 정보는 공정 계획 시스템의 입력 정보가 된다. Form_feature_model은 형상특징의 타입을 나타내기 위하여 ff라는 속성을 가진다. 형상특징은 다수의 face들로 구성되는데 이러한 face 정보를 참조하기 위하여 속성 ff_elements를 사용하며 엔티티 shape_aspect_for_part를 통하여 형상정보모델과 연결된다. 형상특징 사이의 공차 관계는 속성 ff_tolerance를 사용하여 표현하는데 이것은 엔티티 tolerance를 참조한다. 그리고 형상특징의 구체적인 형상을 표현하기 위하여 속성 ff_rep를 가지며 형상특징의 비기하학적 정보(예를 들어, 면취, 가공여유, 표면조도 등)를 표현하기 위하여 속성 ff_nongeom_info를 가진다. 그 밖에 똑 같은 형상특징이 다수 존재할 경우에 가공 갯수를 나타내기 위하여 속성 ff_quantity와 형상특징들 간의 포함관계(예를 들어, hole이 포함된 surface_feature)나 인접관계를 기술하기 위하여 속성 intersect_relation 등을 선택적인 속성으로 가진다. <그림 4>에서 도시된 바와같이 이러한 선택적인 속성들은 점선으로서 그 관계를 표시하였다.

Part는 다수의 공차들을 가질 수 있는데, 각 공차는 STEP의 geometric_tolerance와 plus_minus_tolerance 중 하나가 된다. STEP의 파트 47[26]에서는 공차의



〈그림 3〉 part 중심의 통합 정보모델의 상위 레벨 표현

대상을 shape_aspect로 규정하고 있으나 여기서는 엔티티 shape_aspect_for_part가 형상 정보모델인 manifold_solid_brep의 face 엔티티를 참조함으로써 공차정보와 형상정보가 연결되도록 하였다.

Part의 공정계획 정보모델인 process_planning_model 엔티티는 접속하고자 하는 CAPP 시스템에 사용자가 입력해야 할 사항들을 여러가지 속성으로 분류하여 표현하였다. 부품의 설계정보를 표현하기 위하여 속성 design_info를 사용하며 가공 요구 물량을 지정하기 위하여 속성 rpq를 사용한다. CAPP 시스템의 공정분석 단계에서 가공기의 수가 결정되면 결정된 가공기의 수 만큼 셋업의 수가 결정되는데, 이 정보모델에서는 setup이라는 선택형 속성을 사용하여 각 셋업의 디자인 시에 필요한 정보들을 표현하도록 하였다. CAPP 시스템의 공정계획 결과인 공정목록 및 셋업결과는 엔티티 operation_list_model 또는 setup_result의 리스트로 표현되며 선택형 속성인 opr_lists에 의해 참조된다.

4.1. 부품 정보모델

엔티티 part의 부품 전반에 관한 정보는 엔티티 part_description_model을 사용하여 표현하며 이 엔티티는 그 속성으로 부품 도면에 표시되는 표제란 정보를 나타내기 위한 속성인 title_info와 부품의 관리정보를 나타내기 위한 속성인 manage_info를 가진다. 〈그림 4〉는 이러한 part_description_model을 구성하고 있는 엔티티들과 그 엔티티들이 지니고 있는 속성들 사이의 상호관계를 EXPRESS-G로 표현한 것이다.

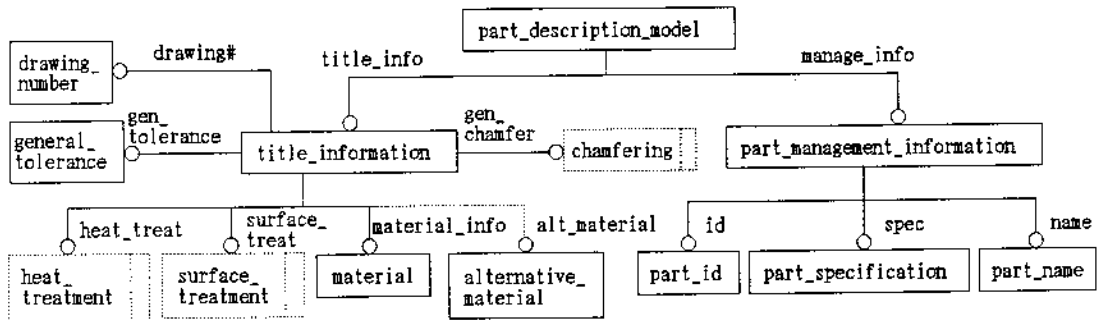
속성 title_info는 엔티티 title_information을 참조하며 이 엔티티는 drawing#, heat_treat, surface_treat, material_info, alt_material, gen_tolerance, gen_chamfer 등을 속성으로 가진다. Drawing#는 부품의 도면번호를 묘사하기 위한 속성으로 drawing_number라는 타입으로 표현된다. Heat_treat는 부품의 열처리 정보를 묘사하기 위한 속성이며 heat_treatment라는 열거형 타입으로 표현되고, 이 열거형 타입은 구성 요소로 Tempering, Annealing, Normalizing, Quenching, None 등을 가지고

있다. 이러한 열거형 타입은 <그림 4>에서와 같이 점선 박스와 그 내부의 오른쪽에 점선을 표시함으로써 나타낸다. Surface_treat는 부품의 표면처리 정보를 묘사하기 위한 속성으로서 열거형 타입인 surface_treatment를 참조하고, 이 열거형 타입의 구성요소로는 Carburizing, Nitridizing, Cyandiding, None 등이 있다. Material은 부품의 재질을 묘사하기 위한 속성이며 타입 material로 표현된다. Alt_material은 대체 재질을 나타내기 위한 선택형 속성이며 타입 alternative_material로 표현된다. Gen_tolerance는 부품의 일반 공차를 기술하기 위한 속성으로 타입 general_tolerance로서 표현된다. Gen_chamfer는 부품의 일반 면취를 기술하기 위한 속성이며 구성요소로서 C1, C2, C3, C4, C5 및 None 등을 갖는 열거형 타입인 chamfering을 참조한다.

4.2. 형상 정보모델

<그림 5>는 통합모델 중 형상정보모델에 사용되는 엔티티들과 그 엔티티들에 속해 있는 속성들 사이의 상호 연관성을 EXPRESS-G로 나타낸 것이다. 엔티티 manifold_solid_brep은 닫힌 2-manifold 곡면에 의해 경계지워지는 유한적이며 연결된 volume의 표현이다. 이 모델에 의하면 표현 가능한 volume의 종류에 대하여 전혀 제약을 받지 않는다. 또한 엔티티 manifold_solid_brep은 서브타입으로 faceted_brep와 brep_with_voids를 가지며, brep_with_voids는 속성으로 하나 이상의 closed_shell의 집합으로 정의된 voids를 갖고 있어 내부의 빈공간을 표현할 수 있다.

<그림 5>에 도시된 바와 같이 manifold_solid_brep의 outer와 voids 속성에 참조되는 closed_shell은 solid



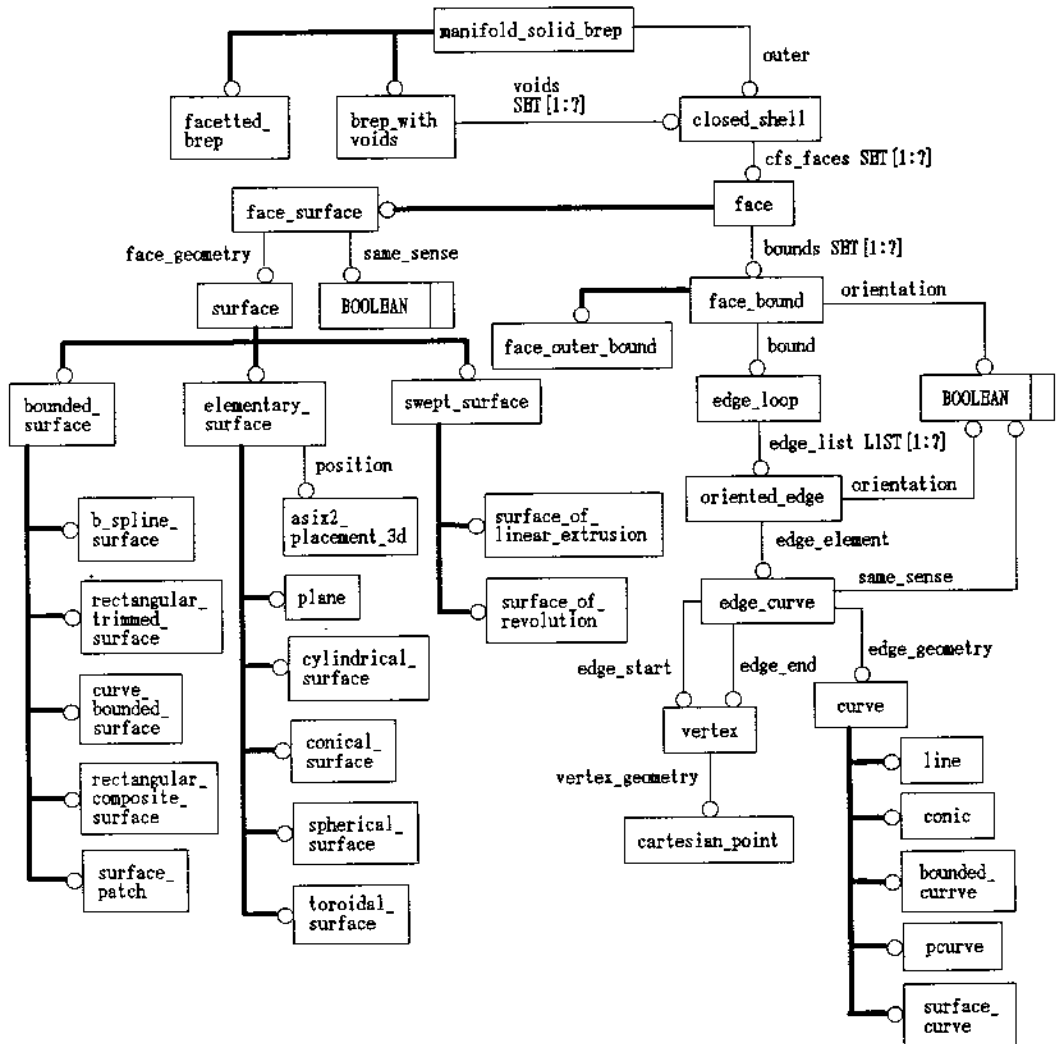
(그림 4) 부품정보모델의 EXPRESS-G 표현

속성 manage_info는 엔티티 part_management_information을 참조하며 이 엔티티는 그 속성으로 id, name, spec 등을 가지고 있다. 속성 id는 유일성을 지닌 속성이며 엔티티 part_id를 사용하여 부품을 서로 구별할 수 있는 식별자를 기술하게 된다. 속성 name은 부품의 명칭을 나타내기 위한 것으로 엔티티 part_name으로 표현된다. 또한, 속성 spec은 부품의 규격정보를 나타내기 위하여 사용하는 속성이며 part_specification이라는 엔티티로 표현된다.

의 경계를 정의하며 연결된 face들에 의해 구성된다. 이러한 face는 face_bound 엔티티로 정의되는 루프들의 집합에 의해 경계 지워진다. 경계루프들 중에서 적어도 하나는 face의 outer boundary 정보이어야만 한다. 본 정보모델에서는 face_bound 엔티티의 bound 속성이 참조하는 경계루프 정보를 표현하기 위하여 edge_loop 엔티티를 사용하고 있다. Edge_loop는 edge들의 리스트로 표현되며 edge는 edge_curve 엔티티를 참조하게 된다. Edge_curve 엔티티는 속성으로 edge_start와 edge_end 및 edge_geometry 등을 가지고 있다. Edge_start와 edge_end 속성은 vertex 엔티티를 참조하고 vertex는 cartesian_point 엔티티에 의해 실제적인

3차원의 점으로 표현된다. 그리고 edge_geometry 속성은 curve 엔티티를 참조하게 되는데 curve는 다양한 서브타입들을 가짐으로써 여러가지 edge의 표현을 가능하게 한다. Curve의 서브타입들로 line, conic, bounded_curve, pcurve, surface_curve 등이 정의되어 있다.

있다. 이 엔티티는 속성으로 face_geometry를 가지고 있는데 이 속성에 의해 다양한 곡면 정보가 face의 내부 형상을 정의하기 위하여 사용된다. 본 정보모델에서 지원하는 곡면의 종류는 그림에서 도시된 바와 같이 크게 elementary_surface, bounded_surface, 그리고 swept



<그림 5> 형상정보모델의 EXPRESS-G 표현

이상에서와 같이 경계루프들의 집합에 의한 표현방법 외에 face의 내부 형상을 정의하기 위해 geometry 정보인 곡면(surface)을 사용할 수가 있다. 이를 위하여 face의 subtype으로 face_surface 엔티티가 정의되어

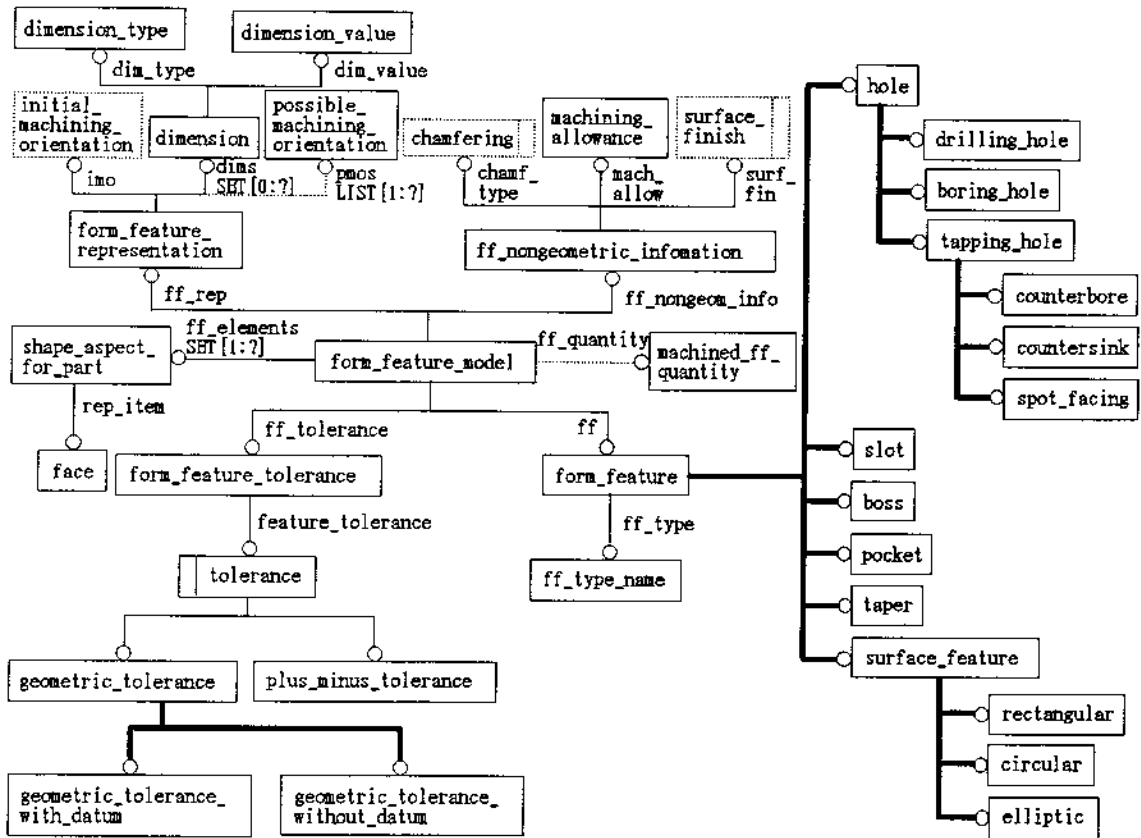
_surface가 있다.

4.3. 형상특징 정보모델

Part의 형상특징들을 묘사하기 위하여 구성된 엔티티인 form_feature_model은 형상특징에 관한 정보들을 정의함으로써 공정계획 시스템의 입력정보를 제공하게 된다. 이러한 form_feature_model을 구성하고 있는 엔티티들과 그 엔티티들의 속성들 간의 연관성을 <그림 6>에서 EXPRESS-G로 표현하였다.

은 형상특징이 다수 존재할 경우에 가공 갯수를 표현하기 위한 속성인 quantity 등을 가진다. 이 속성들 중 quantity는 경우에 따라서 선택적으로 기술할 수 있는 선택형 속성이다.

속성 ff는 엔티티 form-feature를 참조하며 이 엔티티는 속성으로 형상특징의 타입을 기술하기 위한 ff_type을 가지면서 <그림 6>에 표시된 것과 같이 hole, slot, boss, pocket, taper, surface 등의 서브타입으로 분



<그림 6> 형상특징 정보모델의 EXPRESS-G 표현

엔티티 form_feature_model은 그 속성으로서 형상특징의 타입을 표현하기 위한 속성인 ff, 형상특징들 간의 공차 관계를 표현하기 위한 속성인 ff_tolerance, 형상특징을 구성하는 요소들을 표현하기 위한 속성인 ff_elements, 형상특징의 구체적인 형상을 표현하기 위한 속성인 ff_rep, 형상특징의 비기하학적인 정보를 표현하기 위한 속성인 ff_nongeom_info, 그리고 똑 같

류된다. Hole과 surface는 다시 여러 가지 서브타입으로 분류되는데 hole의 서브타입으로는 drilling_hole, boring_hole, tapping_hole 등이 있으며 여기서 tapping_hole은 또 다시 counterbore, countersink, spot_facing 등으로 분류된다. 한편, surface는 rectangular, circular, elliptic 등의 서브타입으로 나누어진다. 이와 같은 form_feature 엔티티의 서브타입 분류는 적용되는 응용대

상에 따라 확장이 가능하다.

속성 `ff_tolerance`는 선택형 타입인 `tolerance`를 참조하게 되는데 이 타입에 의하여 형상특징이 `hole`이나 `shaft`인 경우에는 `plus_minus_tolerance` 중에서 `limits_and_fits` 엔티티를 사용하여 IT 공차를 나타낼 수 있으며, 그 외의 경우에는 `geometric_tolerance`를 참조하도록 구성하였다. 공차정보의 표현에 관한 상세한 내용은 4.4절 공차 정보모델에서 기술한다.

속성 `ff_elements`는 형상특징을 구성하고 있는 요소들을 나타내기 위한 속성이며 엔티티 `shape_aspect_for_part`의 집합으로 이루어진다. 엔티티 `shape_aspect_for_part`는 속성 `rep_item`으로 형상정보인 `face` 엔티티를 참조한다.

속성 `ff_rep`는 엔티티 `form_feature_representation`을 참조하며, 이 엔티티는 `imo`, `dims`, `pms` 등을 속성으로 가진다. 속성 `imo`는 가공기와 고정구에 의존한 형상특징의 초기 가공 방향을 나타내기 위한 속성으로서 엔티티 `initial_machining_orientation`를 참조하며 이 엔티티는 열거형 타입인 `orientation`를 참조한다. `Orientation`의 구성요소로는 `P_Z`, `N_Z`, `P_X`, `N_X`, `P_Y`, `N_Y` 등이 있다. 속성 `dims`는 형상특징의 크기를 나타내기 위한 속성이며 엔티티 `dimension`의 집합으로 구성된다. `Dimension`은 다시 측정치의 타입을 기술하기 위하여 속성 `dim_type`과 측정치의 값을 기술하기 위하여 속성 `dim_value`를 가지며 이들은 각각 타입 `dimension_type`과 `dimension_value`로서 표현된다. 그리고 속성 `pms`는 가공기와 고정구에 의존한 형상특징의 가공 가능 방향을 나타내기 위한 선택형 속성으로서 엔티티 `possible_machining_orientation`를 참조하며 이 엔티티는 열거형 타입인 `orientation`를 참조한다.

속성 `ff_nongeom_info`는 엔티티 `ff_nongeometric_information`를 참조하며, 이 엔티티는 속성으로서 `chamf_type`, `mach_allow`, `surf_fin` 등을 가진다. 속성 `chamf_type`은 형상특징의 면취정도를 나타내기 위한 것으로 열거형 타입인 `chamfering`을 참조하게 되는데 이 열거형 타입의 구성요소로는 `C1`, `C2`, `C3`, `C4`, `C5`, `None` 등이 있다. 속성 `mach_allow`는 형상특징의 가공여유를 지정하기 위한 것으로 타입 `machining_allowance`로 표현된다. 그리고 속성 `surf_fin`은 형상특징의 표면조

도를 표현하기 위한 것이며 `Grade1`, `Grade2`, `Grade3`, `Grade4` 등의 구성요소로 이루어진 열거형 타입인 `surface_finish`를 참조한다. 선택형 속성인 `ff_quantity`는 가공되는 형상특징 중에서 똑 같은 것이 다수 존재할 경우에만 그 가공 갯수를 표현하기 위하여 사용하며 타입 `machined_ff_quantity`로 표현된다.

4.4. 공차 정보모델

공차정보는 STEP의 파트47[26]에 정의되어 있는 `plus_minus_tolerance`와 `geometric_tolerance`의 엔티티들을 포함한다. <그림 7>은 공차 정보모델에서 사용되는 엔티티들 및 그 속성들 사이의 연관성을 EXPRESS-G로 표현한 것이다. `Plus_minus_tolerance`는 부여되는 치수의 허용오차 범위를 정의하는 공차이며, 적용 대상과 치수를 나타내는 `toleranced_dimension`과 허용오차 범위를 나타내는 `range`를 속성으로 갖는다. 또한 속성 `range`로 인하여 `plus_minus_tolerance`는 <그림 7>에 도시된 바와 같이 다음의 두 가지 방법으로 기술될 수 있다.

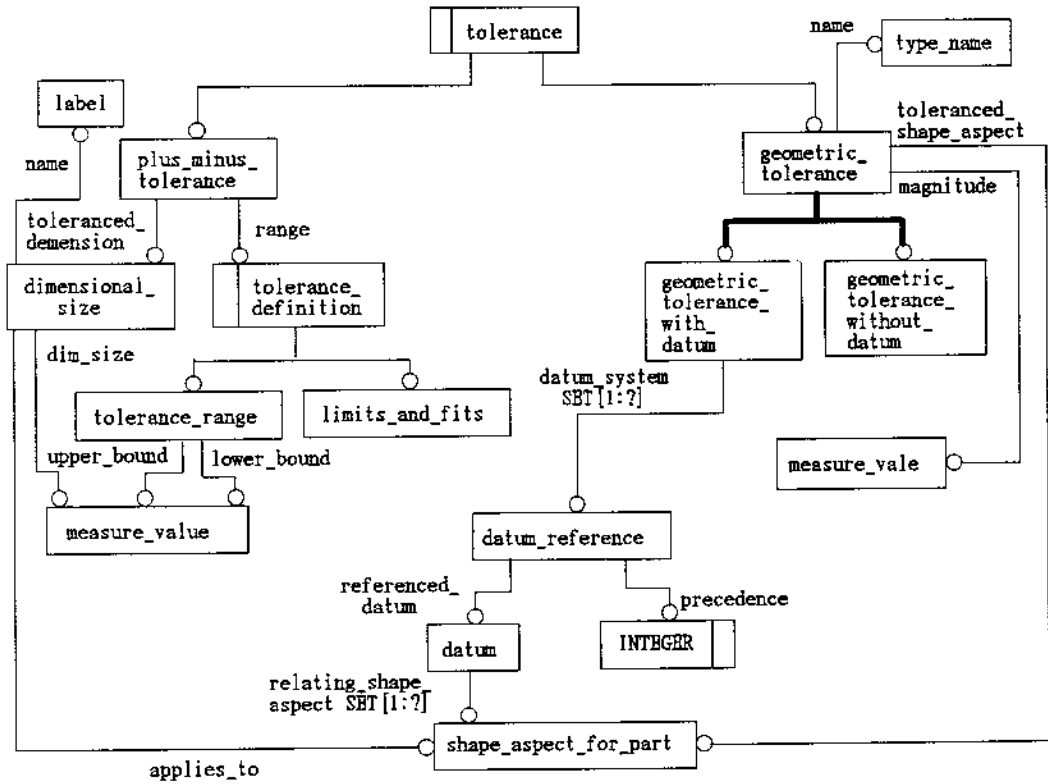
- 1) 최대 허용치인 `upper_bound`와 최소 허용치인 `lower_bound`에 의한 기술
- 2) `limits`와 `fits`에 의한 기술(`hole`이나 `shaft`에 적용됨)

`Geometric_tolerance`는 가공되는 제품형상의 기하학적 특성에 대한 허용오차 범위를 정의하는 공차이며, 적용 대상을 나타내는 `toleranced_shape_aspect`, 공차의 크기를 나타내는 `magnitude`, 그리고 공차의 타입을 나타내는 `name` 등을 속성으로 갖는다. 또한 `geometric_tolerance`는 다음과 같은 두 종류의 서브타입들을 가지며 이들을 통해서 다양한 공차들을 정의할 수 있다.

1) `Geometric_tolerance_with_datum` : 하나 이상의 datum을 참조한다. `Symmetry`, `runout`, `perpendicularity`, `parallelism`, `concentricity`, `angularity`, `position` 등이 여기에 속한다.

2) `Geometric_tolerance_without_datum` : Datum을 참조하지 않는 공차들이다. `Straightness`, `profile`, `flatness`, `cylindricity`, `circularity` 등이 여기에 속한다.

통합 정보모델에서 공차 정보모델이 사용되는 경우



〈그림 7〉 공차 정보모델의 EXPRESS-G 표현

는 다음과 같다. 형상특징의 정보를 묘사하는 엔티티인 form_feature_model에서 형상특징의 공차정보를 표현하기 위한 속성 ff_tolerance는 선택형 타입인 tolerance를 참조하게 되는데 이 타입에 의하여 형상특징이 hole이나 shaft인 경우에는 plus_minus_tolerance 중에서 limits_and_fits 엔티티를 사용하여 IT 공차를 나타낼 수 있으며, 그 외의 경우에는 geometric_tolerance를 참조하도록 구성하였다. 엔티티 limits_and_fits는 그 속성으로서 grade, deviation, fitting 등을 가지며, 속성 grade는 열거형 타입인 tolerance_grades를 참조한다. Tolerance_grades의 구성요소로는 IT0, IT1, IT2, IT3, IT4, IT5, IT6, IT7, IT8, IT9, IT10, IT11, IT12, IT13, IT14, IT15, IT16, IT17, IT18 등이 있다. 속성 deviation은 열거형 타입인 fit_deviation을 참조하는데 이 타입의 구성요소로는 A, B, C, D, E, F, G, H, J,

K, M, N, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z 등이 있다. 그리고 속성 fitting은 구성요소가 hole과 shaft인 열거형 타입 fitting을 참조한다. 다음으로 엔티티 geometric_tolerance는 기준이 되는 형상특징인 데이텀의 존재 유무에 따라 geometric_tolerance_with_datum과 geometric_tolerance_without_datum으로 분류된다. 이 두 엔티티는 공차의 타입을 지정하기 위한 속성인 name, toleranced_shape_aspect, 그리고 magnitude를 수퍼타입 엔티티인 geometric_tolerance로부터 계승받는다. 특히 geometric_tolerance_with_datum은 참조되는 형상특징을 표현하기 위한 속성인 datum_systems를 가지며, 이 속성은 datum_reference 엔티티의 집합으로 표현된다. 엔티티 datum_reference는 속성으로 referenced_datum과 precedence를 가지고 속성referenced_datum는 엔티티 datum을 참조한다. 한편, 엔티티 datum은 속성으로

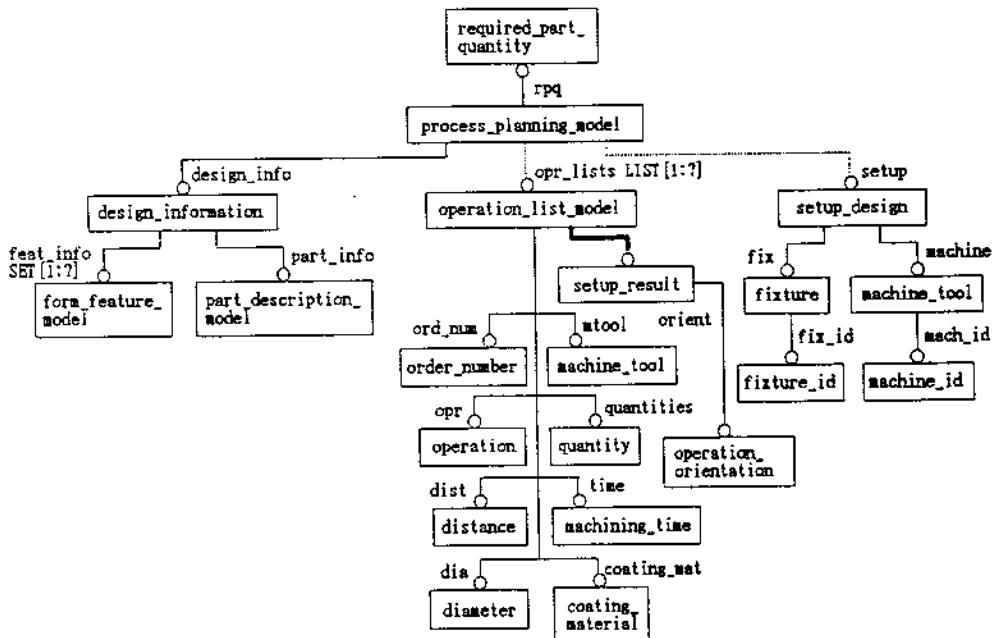
datum을 구성하는 face들을 나타내기 위한 속성인 relating_shape_aspect를 가지며 엔티티 shape_aspect_for_part를 참조한다.

4.5. 공정계획 정보모델

Part의 공정계획에 사용되는 정보모델을 구성하기 위한 엔티티인 process_planning_model은 접속하고자 하는 CAPP 시스템에 사용자가 직접 입력해야 할 항목들과 CAPP 시스템의 수행 결과를 다양한 속성으로 분류하여 표현하였으며 이 엔티티는 속성으로 rpq, setup, design_info 그리고 opr_lists를 가진다. <그림 8>은 이러한 process_planning_model을 구성하고 있는 엔티티들과 그 엔티티들이 가지고 있는 속성들 사이의 상호 연관성을 EXPRESS-G를 이용하여 표현한 것이다.

이 엔티티는 속성으로 fix, machine 등을 가진다. 속성 fix는 고정구를 기술하기 위한 것으로 엔티티 fixture를 참조한다. Fixture는 고정구를 서로 구별하는데 사용하는 유일한 식별자를 표현하기 위하여 fix_id를 속성으로 가진다. 속성 machine은 가공기를 나타내기 위한 속성으로 엔티티 machine_tool을 참조하고 이 엔티티는 식별자를 나타내기 위한 속성인 mach_id를 가진다.

속성 design_info는 part의 설계정보를 나타내기 위한 속성이며 엔티티 design_information을 참조한다. 엔티티 design_information은 속성으로 공정계획에 사용되는 형상특징에 관한 정보를 표현하기 위한 속성인 feat_info와 부품 전체에 관한 정보를 표현하기 위한 속성인 part_info를 가지는데 속성 feat_info는 엔티티 form_feature_model의 집합으로 표현되고 속성 part_info는 엔티티 part_description_model을 참조한다. 속성



<그림 8> 공정계획 정보모델의 EXPRESS-G 표현

속성 setup은 CAPP 시스템의 전체적 공정 단계에서 각 셋업의 설계시 필요한 정보들을 나타내기 위한 선택형 속성이며 엔티티인 setup_design을 참조하는데

rpq는 가공하고자 하는 부품의 요구 물량을 지정하기 위한 것이며 타입 required_part_quantity로 나타낸다. 속성 opr_lists는 CAPP 시스템의 수행 결과를 표현

하기 위한 선택형 속성이며 operation_list_model 엔티티의 리스트로 표현되며 이 엔티티는 속성으로 작업 순번을 나타내기 위한 속성인 ord_num, 가공기를 나타내기 위한 속성인 mtool, 공정을 나타내기 위한 속성인 opr, 가공 요구물량을 나타내기 위한 속성인 quantities, 가공거리를 표현하기 위한 속성인 dist, 가공시간을 나타내기 위한 속성인 time, 가공공구의 직경을 나타내기 위한 속성인 dia, 그리고 코팅 재질을 나타내기 위한 속성인 coating_mat를 가진다. 한편 엔티티 operation_list_model은 서브타입으로 엔티티 setup_result를 가지며 이 엔티티는 자신만의 속성으로 가공방향을 나타내기 위한 속성인 orient를 가진다.

4.6. MRP 정보모델

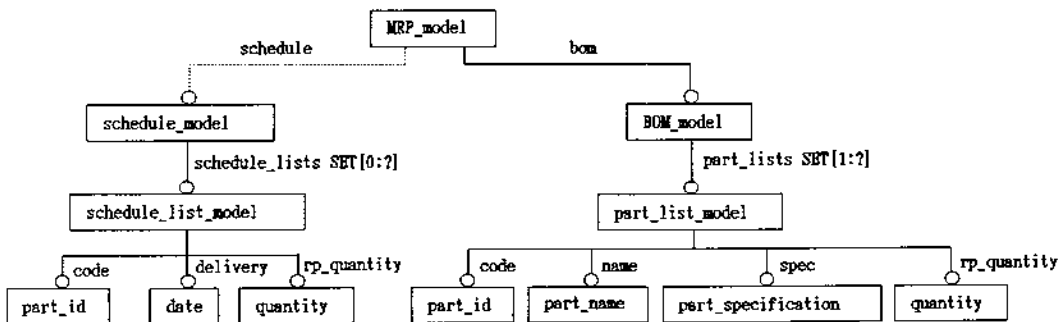
Product의 MRP 정보모델을 구성하는 엔티티인 MRP_model은 제품의 BOM 정보를 나타내기 위한 속성인 bom과 제품의 스케줄 정보를 나타내기 위한 선택형 속성인 schedule을 가진다. 속성 bom은 엔티티 BOM_model을 참조하고 선택형 속성인 schedule은 엔티티 schedule_model을 참조한다. <그림 9>는 이러한 MRP_model을 구성하고 있는 엔티티들과 그 엔티티들에 소속된 속성들 사이의 상호 관계를 EXPRESS-G로 표현한 것이다.

하기 위하여 code, name, rp_quantity, spec 등의 속성들로 구성된 엔티티인 part_list_model의 집합으로 표현된다. 속성 code는 부품의 코드를 나타내기 위한 속성이며 엔티티 part_id를 참조한다. 속성 name은 부품의 명칭을 나타내기 위한 것이며 엔티티 part_name을 참조한다. 속성 rp_quantity는 부품의 요구 물량을 나타내기 위한 것이며 타입 quantity로 표현된다. 속성 spec은 부품의 규격을 나타내기 위한 속성이며 엔티티 part_specification을 참조하게 된다.

Schedule_model은 MRP 시스템의 결과를 표현하기 위한 엔티티이며 이 엔티티는 속성으로 schedule_lists를 가지며 이것은 부품의 스케줄링에 관한 정보를 표현하기 위하여 code, delivery, rp_quantity 등의 속성들을 가지는 엔티티인 schedule_list_model의 집합으로 표현된다. 속성 code는 부품의 코드를 나타내는 속성이며 엔티티 part_id를 참조한다. 속성 delivery는 주문한 부품의 납기일을 나타내는 속성이며 타입 date로 표현된다. 속성 rp_quantity는 주문한 부품의 양을 나타내는 속성이며 타입 quantity로 표현된다.

5. 정보 교환의 예

본 연구에서 개발한 통합 제품 정보모델을 <그림 10>과 같은 로드레스 실린더에 대하여 적용함으로써

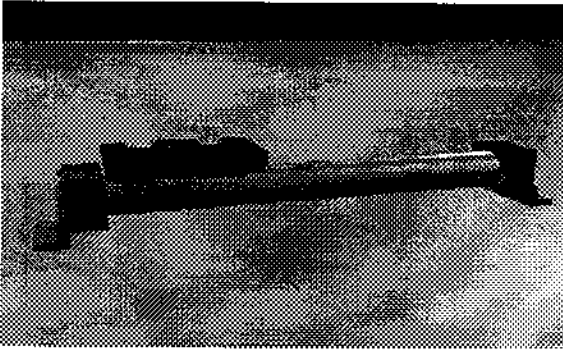


<그림 9> MRP 정보모델의 EXPRESS-G 표현

BOM_model은 속성으로 part_lists를 가지며 이것은 제품을 구성하는 부품들의 목록에 관한 정보를 표현

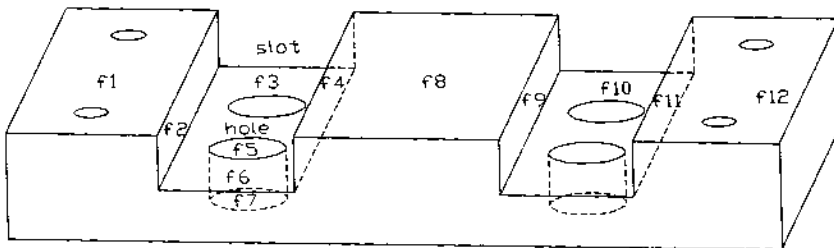
제품정보 교환의 예를 제시한다. 이 제품은 다수의 부품들(즉, 테이블, 테이블 베이스, 쿠션실린더, 볼트 등)

로 구성되어 있으며 각 부품정보(예를들어, 부품식별자, 부품명, 부품규격 등)는 프로토타입에서 MRP 시스템에 의하여 사용된다.



〈그림 10〉 로드레스 실린더

로드레스 실린더의 여러 부품 중 〈그림 11〉의 테이블에 대하여 앞에서 설명한 상세한 제품정보를 정의한다. 정의된 제품정보는 CAPP 시스템에 입력되고, CAPP 시스템에 의하여 공정정보가 생성된다.



〈그림 11〉 로드레스 실린더의 테이블

Product 로드레스 실린더는 속성 product_description, mrp, component_parts를 가지며, Component_parts는 구성 부품들인 테이블, 테이블베이스, 쿠션실린더, 마그네트, 피스톤, 요크, 카바, 볼트 등을 나타내는 part의 집합으로 표현된다. Product의 id는 SCL-00이고 name은 Rodless Cylinder이다.

```
product1 = product {
```

```
product_description --> @proddml;
mrp --> @MRPm1;
component_parts --> {@part1,@part2,@part3,@
part4,@part5,@part6,@part7,@part8}; };
proddml = product_description_model {
id --> SCL-00;
name --> Rodless Cylinder; };
```

MRP 정보모델의 속성은 bom과 schedule이며 이것들은 각각 part_list_model과 schedule_list_model의 집합으로 표현된다. 여기에서는 하나의 부품, 즉 테이블에 관한 정보만 표시하였다.

```
MRPm1 = MRP_model {
bom --> @BOMm1;
schedule --> @sml; };
BOMm1 = BOM_model {
part_lists --> { @plm1 }; };
plm1 = part_list_model {
code --> @partid1;
name --> @partname1
```

```
spec --> @partspec1;
rp_quantity --> 1; };
sml = schedule_model {
schedule_lists --> { @slm1 }; };
slm1 = schedule_list_model {
code --> @partid1;
date --> 94/05/20;
```

```
rp_quantity --> 1; };
```

Part의 형상특징중 <그림 11>에 도시된 좌측의 slot과 그 slot 내의 hole을 대상으로 예를 들었다. 공차는 slot에 대해서는 `geometric_tolerance_with_datum`인 `parallelism`을 hole에 대해서는 `plus_minus_tolerance`를 적용하였다. Part의 id는 IA9506003이고 name은 Table이며 규격은 SCLKW-1254-02이다. 도면번호는 IN-HAKKW007, 열처리는 Normalizing, 표면 처리는 None, 재질은 알루미늄 합금, 일반공차는 0.05, 일반면취는 C1인 경우이며 다음과 같이 입력된다.

```
part1 = part {
  part_description --> @partdm1;
  part_features --> { @slot1, @hole1 };
  geometric_model --> @msb1;
  part_tolerances --> { @pt1, @pt2 };
  process_planning --> @ppm1; };
partdm1 = part_description_model {
  title_info --> @til;
  manage_info --> @pmil; };
til = title_information {
  drawing# --> INHAKKW007;
  heat_treat --> .NORMALIZING.;
  surface_treat --> .NONE.;
  material_info --> Alluminum Alloy;
  gen_tolerance --> 0.05;
  gen_chamfer --> .C1. ; };
pmil = part_management_information {
  id --> @partid1;
  name --> @partname1;
  spec --> @partspec1; };
partid1 = part_id {
  pid --> IA9506003; };
partname1 = part_name {
  pname --> Table; };
partspec = part_specification {
  pspec --> SCLKW-1254-02; };
```

Slot은 구성요소로 <그림 11>의 face들 중에서 f2, f3, f4를 가지며 공차는 `geometric_tolerance_with_datum`

중에서 `parallelism`이 적용되고 두개의 hole을 그 내부에 포함하고 있다. 그리고 hole은 f5, f6, f7 등의 face들을 가지며 공차는 `plus_minus_tolerance` 중에서 `limit_and_fits`, 즉 IT 공차가 적용된다. Face에 관한 정보는 I-DEAS에서 출력되는 IGES 화일로부터 추출되며 자세한 데이터는 생략하였다. 한편, `tolerance`가 `manifold_solid_brep`의 face를 참조할 수 있게 하기 위하여 `shape_aspect_for_part`를 이용하였다.

```
slot1 = form_feature_model {
  ff --> @feat_slot1;
  ff_elements --> { @safp2, @safp3, @safp4 };
  ff_tolerance --> @ff_toll;
  ff_rep --> @ffr1;
  ff_nonggeom_info --> @nonggeom_infol;
  ff_quantity --> 2; };
feat_slot1 = slot {
  ff_type --> Slot;
  SUBOF form_feature; };
safp2 = shape_aspect_for_part {
  rep_item --> @f2; };
safp3 = shape_aspect_for_part {
  rep_item --> @f3; };
safp4 = shape_aspect_for_part {
  rep_item --> @f4; };
ff_toll = form_feature_tolerance {
  feature_tolerance --> @pt1; };
pt1 = geometric_tolerance_with_datum {
  toleranced_shape_aspect --> @safp4;
  name --> parallelism;
  magnitude --> 0.01;
  datum_system --> { @drl };
  SUBOF geometric_tolerance; };
drl = datum_reference {
  referenced_datum --> @d1;
  preference --> 1; };
d1 = datum {
  relating_shape_aspect --> { @safp2 }; };
ffr1 = form_feature_representation {
```



```

imo --> @orient1.;
pmos --> { @orient2, @orient3 };
dims --> { @dim1, @dim2, @dim3 }; };
orient1 = initial_machining_orientation {
  i_orient --> .N_Z.; };
orient2 = possible_machining_orientation {
  p_orient --> .P_X.; };
orient3 = possible_machining_orientation {
  p_orient --> .P_Z.; };
dim1 = dimension {
  dim_type --> length;
  dim_value --> 1000; };
dim2 = dimension {
  dim_type --> width;
  dim_value --> 400; };
dim3 = dimension {
  dim_type --> height;
  dim_value --> 25; };
nongeom_info1 = ff_nongeometric_information {
  chamf_type --> .C1.;
  mach_allow --> 5.000;
  surf_fin --> .GRADE3.; };
hole1 = form_feature_model {
  ff --> @feat_hole1;
  ff_elements --> { @safp5, @safp6, @safp7 };
  ff_tolerance --> @ff_tol2;
  ff_rep --> @ffr2;
  ff_nongeom_info --> @nongeom_info2;
  ff_quantity --> 4; };
feat_hole1 = hole {
  ff_type --> Hole;
  SUBOF form_feature; };
safp5 = shape_aspect_for_part {
  rep_item --> @f5; };
safp6 = shape_aspect_for_part {
  rep_item --> @f6; };
safp7 = shape_aspect_for_part {
  rep_item --> @f7; };
ff_tol2 = form_feature_tolerance {

```

```

  feature_tolerance --> @pt2; };
pt2 = plus_minus_tolerance {
  toleranced_dimension --> @ds1;
  range --> @it_tol1; };
ds1 = dimensional_size {
  applies_to --> safp5;
  name --> diameter;
  dim_size --> 12; };
it_tol1 = limit_and_fits {
  grade --> .IT7.;
  fitting --> .HOLE.;
  deviation --> .H.; };
ffr2 = form_feature_representation {
  imo --> @orient4;
  pmos --> { @orient5, @orient6 };
  dims --> { @dim4, @dim5 }; };
orient4 = initial_machining_orientation {
  i_orient --> .N_Z.; };
orient5 = possible_machining_orientation {
  p_orient --> .P_X.; };
orient6 = possible_machining_orientation {
  p_orient --> .P_Z.; };
dim4 = dimension {
  dim_type --> diameter;
  dim_value --> 12; };
dim5 = dimension {
  dim_type --> height;
  dim_value --> 25; };
nongeom_info2 = ff_nongeometric_information {
  chamf_type --> .C3.;
  mach_allow --> 5.000;
  surf_fin --> .GRADE3.; };
msb1 = manifold_solid_brep {
  outer --> @cs1; };
cs1 = closed_shell {
  cfs_faces --> { @f1, @f2, @f3, @f4, @f5, @f6,
  @f7, @f8, @f9, @f10, @f11, @f12 }; };

```

다음은 slot과 hole에 대하여 CAPP 시스템이 생성

한 공정정보이다. Olm1과 olm2는 slot을 가공하기 위한 공정정보의 예들이며, olm1과 olm2에 포함된 정보는 slot을 가공하는데 사용되는 공구는 Tool_2와 Tool_3, 공정은 Face_milling_r과 Face_milling_f, 수량은 2개, 가공거리는 3590.0, 가공시간은 3.205와 2.869, 공구직경은 125.000, 그리고 공구 코팅재질은 CARBIDE와 DIAMOND임을 나타낸다.

```
ppml = process_planning_model {
  rpq --> 1;
  design_info --> @dil;
  opr_lists --> [ @olm1, @olm2 ]; };
dil = design_information {
  feat_info --> { @slot1, @hole1 };
  part_info --> @pdml; };
olm1 = operation_list_model {
  SUPEROF setup_result;
  ord_num --> #1;
  mtool --> Tool_2;
  opr --> Face_milling_r;
  quantities --> 2;
  dist --> 3590.0;
  time --> 3.205;
  tool_dia --> 125.000
  coating_mat --> CARBIDE; };
olm2 = operation_list_model {
  ord_num --> #2;
  mtool --> Tool_3;
  opr --> Face_milling_f;
  quantities --> 2;
  dist --> 3590.0;
  time --> 2.869;
  tool_dia --> 125.000;
  coating_mat --> DIAMOND; };
```

이상에서 생성한 제품정보는 데이터베이스 시스템 또는 STEP 파일로 저장되며, <그림 12>는 STEP 파일로 저장된 예이다.

6. 결론

산업 전반에 걸친 제품의 설계, 해석, 생산, 그리고 관리에 필요한 모든 제품정보를 표준화하기 위하여 STEP이 추진되고 있으나, 이를 지원하는 상용 프로그램들이 아직 초기 단계에 있어 이들을 시스템 통합에 직접 활용할 수 없다. 그러나 STEP의 공통자원에 형상, 형상 특징, 공차, 프로세스, 그리고 제품 관리 등을 표현하는데 필요한 기본적인 정보 모델이 포함되어 있고, EXPRESS 정보 모델링 언어, STEP 화일 포맷, 데이터베이스 인터페이스 표준 등의 표준이 이미 개발되어 있어서 이들을 활용하여 통합 시스템을 개발할 수 있다.

본 연구에서는 STEP 표준을 활용하여 CAD, CAPP, 그리고 MRP 시스템을 대상으로 통합 정보 모델과 시스템 통합을 위한 프로토타입을 개발하였다. 통합 정보 모델은 제품의 형상, 형상 특징, 공차, 프로세스, BOM, 그리고 생산 계획 등의 정보를 유기적으로 구성하여 생성된 설계 정보를 CAPP 와 MRP 시스템이 효과적으로 사용할 수 있게 하였다. 특히 형상 특징은 형상 (즉, face)과 공차를 속성으로 가지고 있으며, 각 형상특징에 대하여 CAPP 시스템에 의하여 생성된 프로세스는 작업 공구와 고정구를 포함한다. 이러한 통합 정보는 STEP 화일 또는 SDAI를 통하여 데이터베이스 시스템에 저장되고, CAPP 또는 MRP 시스템과 화일을 통하여 데이터를 교환한다.

본 연구에서 개발한 통합 정보 모델은 프로토타입에서 사용한 특정 시스템들을 대상으로 하였기 때문에, 다른 CAD, CAPP, 또는 MRP 시스템을 통합 시스템에 포함 시키기 위해서는 수정이 필요하다. 이것은 본 연구에 포함된 3차원 형상, 형상 특징, 그리고 공차 등의 정보 모델에 대한 산업 표준이 아직 없기 때문이며, ISO 등의 국제 기구를 통하여 표준화 작업이 필요하다. 또한 전체 생산 시스템의 통합을 위하여 CAE, CAM, 그리고 PDM 시스템과의 데이터 교환을 위한 정보 모델의 확장을 위하여 FEM, NC 프로그램, 제품개발 프로세스 등의 관련 정보를 포함하여야 한다.

```

STEP_WORKING_SESSION;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION($,$);
FILE_NAME($,'1995-05-14 22:25:07,$,$,$,$,$);
FILE_SCHEMA($);
ENDSEC;
DATA;
#1=PRODUCT(#2,#3,(#4));
#2=PRODUCT_DESCRIPTION_MODEL('SCL-00',Rodless Cylinder);
#3=MRP_MODEL(#5,#61);
#4=PART(#6,(#7,#8),#9,(#10,#11),#12);
#5=BOM_MODEL((#56));
#6=PART_DESCRIPTION_MODEL(#13,#14);
#7=FORM_FEATURE_MODEL(#15,(#16,#17,#18),#19,#20,#21,2);
#8=FORM_FEATURE_MODEL(#22,(#23,#24,#25),#26,#27,#28,4);
#9=MANIFOLD_SOLID_BREP(#29);
#10=PLUS_MINUS_TOLERANCE(#42,#43);
#11=GEOMETRIC_TOLERANCE_WITH_DATUM(#18,parallelism,0.01,(#44));
#12=PROCESS_PLANNING_MODEL(1,$,#62,(#50,#51));
#13=TITLE_INFORMATION('INHAKKW007',NORMALIZING,,NONE,'Aluminum Alloy,$,0.05,.Cl.);
#14=PART_MANAGEMENT_INFORMATION(#58,#59,#60);
#15=SLOT('Slot');
#16=SHAPE_ASPECT_FOR_PART(#31);
#17=SHAPE_ASPECT_FOR_PART(#32);
#18=SHAPE_ASPECT_FOR_PART(#33);
#19=FORM_FEATURE_TOLERANCE(#11);
#20=FORM_FEATURE_REPRESENTATION(#53,(#54,#55),(#37,#38,#39));
#21=FF_NONGEOMETRIC_INFORMATION('C1',.5.000,GRADE3);
#22=HOLE('Hole');
#23=SHAPE_ASPECT_FOR_PART(#34);
#24=SHAPE_ASPECT_FOR_PART(#35);
#25=SHAPE_ASPECT_FOR_PART(#36);
#26=FORM_FEATURE_TOLERANCE(#10);
#27=FORM_FEATURE_REPRESENTATION(#65,(#66,#67),(#40,#41));
#28=FF_NONGEOMETRIC_INFORMATION('C3',.5.000,GRADE3);
#29=CLOSED_SHELL((#30,#31,#32,#33,#34,#35,#36));
#30=FACE($);
#31=FACE($);
#32=FACE($);
#33=FACE($);
#34=FACE($);
#35=FACE($);
#36=FACE($);
#37=DIMENSION('length',1000);
#38=DIMENSION('width',400);
#39=DIMENSION('height',25);
#40=DIMENSION('diameter',12);
#41=DIMENSION('height',25);
#42=DIMENSIONAL_SIZE(#23,'diameter',12);
#43=LIMITS_AND_FITS('IT7,,HOLE,,H);
#44=DATUM_REFERENCE(#45,1);
#45=DATUM((#16));
#50=OPERATION_LIST_MODEL('#1',Tool 2',Face_milling_r',1,3590,3.205,125,'CARBIDE);
#51=OPERATION_LIST_MODEL('#2',Tool 3',Face_milling_f',1,3590,2.869,125,'DIAMOND);
#53=INITIAL_MACHINING_ORIENTATION('N Z);
#54=POSSIBLE_MACHINING_ORIENTATION('P X);
#55=POSSIBLE_MACHINING_ORIENTATION('P Z);
#56=PART_LIST_MODEL(#58,#59,#60,1);
#58=PART_ID('IA9506003');
#59=PART_NAME('Table');
#60=PART_SPECIFICATION('SCLKW-1254-02);
#61=SCHEDULE_MODEL((#64));
#62=DESIGN_INFORMATION((#7,#8),#6);
#64=SCHEDULE_LIST_MODEL(#58,'94/05/20',1);
#65=INITIAL_MACHINING_ORIENTATION('N Z);
#66=POSSIBLE_MACHINING_ORIENTATION('P X);
#67=POSSIBLE_MACHINING_ORIENTATION('P Z);
ENDSEC;
END-STEP_WORKING_SESSION;

```

(그림 12) STEP 화일로 저장된 제품 정보의 일부

【참고문헌】

- [1] P. Chen, The Entity-Relationship Model - Towards a Unified View of Data, *ACM TODS*, 1(1), March 1976.
- [2] C.J. Date, *A Guide to the SQL Standard*, Addison-Wesley, 5th edition, 1990.
- [3] T. Divoux, et. al., Using EXPRESS: to Define MMS Manufacturing Communication, in P. Wilson, editor, *EUG94 - 4th International EXPRESS User Group Conference*, Greenville, South Carolina, October 1994.
- [4] M. Eberl, Integrated system for furniture manufacturing, *Proceedings of International Conference on Data and Knowledge Systems for Manufacturing and Engineering*, Hong Kong, May, 1994, pp. 383-388.
- [5] AFWAL/MLTC, Wright-Patterson AFB, OH., *Integrated Information Support System (IISS). Vol. V: Common Data Model Subsystem, Part 4: Information Modeling Manual - IDEF1X*, 1985, Report Number: AFWAL-TR-86-4006, Volume V.
- [6] H. Mantyla, *Solid Modeling*, Computer Science Press, 1988.
- [7] Martin Hardwick, Blair R. Downie, Mike Kutcher, and David L. Spooner, Concurrent Engineering with Delta Files, *IEEE*, 1995, pp.62 - 68.
- [8] F.H. Mitchell, Jr, *CIM systems : An introduction to computer-integrated manufacturing*, Prentice Hall, 1991.
- [9] Michael McLay, Katherine Morris, *The NIST STEP Class Library*, NISTIR 4411, NIST, 1990.
- [10] G.M. Jijssen and T.A. Halpin, *Conceptual Schema and Relational Database Design: A Fact Oriented Approach*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989.
- [11] Oracle Corporation, *SQL Language Reference Manual*, 1990.
- [12] L. Qiao, et. al., A PDES/STEP-based product data preparation procedure for computer-aided processing planning, *Computers in Industry*, 1993, pp. 11 - 22.
- [13] David A. Sauder, *Data Probe Users Guide*, NISTIR 5141, National Institute of Standards and Technology, 1993.
- [14] F. Schoenefeld and C. Bohm, Using EXPRESS Database Technology for Accessing NCBI Genomic Data, in P. Wilson, editor, *EUG93 - Third International EXPRESS User Group Conference*, Berlin, Germany, October 1993.
- [15] Stephan Clark, Don Libes, *Fed-X: The NIST Express Translator*, NISTIR 4822, NIST, 1992.
- [16] Structural Dynamics Research Corporation (SDRC), *Users Guide - Solid Modeling*, 1991.
- [17] 삼성데이터시스템, HiLo-2000 시스템 사용자 매뉴얼, 1994.
- [18] Brad Smith, *SC4 News Brief #95-6*, NIST, April 1995.
- [19] J. Shah, P. Sreevalsan, and A. Mathew, Survey of CAD/feature-based process planning and NC programming techniques, *Computer-Aided Engineering Journal*, February 1991, pp. 25 - 33.
- [20] ISO TC184/SC4/WG5/N65, *STEP Part 11: EXPRESS Language Reference Manual*, July 1, 1994.
- [21] ISO TC184/SC4, *STEP Part 21: Clear text encoding of the exchange structure*, 1993.
- [22] ISO TC184/SC4/WG7/N350, *STEP Part 22: Standard Data Access Interface*, 1993.
- [23] ISO TC184/SC4/N139 (WG4/N64), *STEP Part 41: Integrated Generic Resources: Fundamentals of product description and support*, August 15, 1992.
- [24] ISO TC184/SC4/N141 (WG3/N169), *STEP Part 42: Integrated Generic Resources: Geometric and topological representation*, August 15, 1992.
- [25] ISO TC184/SC4/WG4 N60, *STEP Part 43:*

Integrated Generic Resources: Representation structures, August 15, 1992.

- [26] ISO TC184/SC4/WG3/N257 (Committee Draft), *STEP Part 47: Integrated Generic Resources: Shape variation tolerances*, September 10, 1993.
- [27] ISO TC184/SC4, *STEP Part 48: Integrated Generic Resources: Form features*, January, 1992.
- [28] ISO TC184/SC4, *STEP Part 10x: Application Resources: Draughting*, December, 1993.
- [29] ISO TC184/SC4, *STEP Part 10y: Application Resources: Finite element analysis*, March, 1993.
- [30] J. Vuoskoski, et. al., Using EXPRESS in High Energy Physics Research Environment, in P. Wilson, editor, *EUG94 - 4th International EXPRESS User Group Conference*, Greenville, South Carolina, October 1994.
- [31] 연세대학교, 생산기술연구원, 기아기공, 자동공정계획에 대한 전문가시스템 개발, 1994.



유상봉

1982년 서울대학교 제어계측공학과 졸업(학사)
 1986년 Arizona 주립대학(Tucson, AZ)전기 및 컴퓨터공학과 졸업(석사)
 1990년 Purdue 대학 (West Lafayette, IN)전기 및 컴퓨터공학과 졸업(박사)
 1989년 AT&T Bell 연구소 (Holmdel, NJ)연구원
 1990년~1992년 삼성전자 컴퓨터부문 선임연구원
 1992년~현재 인하대학교 자동화공학과 조교수
 관심분야: 공학 데이터베이스, 객체 및 지식베이스, 시스템 통합, PDM, CIM등임



고광욱

1993년 인하대학교 자동화공학과 졸업(학사)
 1993~1994 삼성전자(주) 자동화팀 근무
 1994~현재 인하대학교 자동화공학과 석사과정
 관심분야: 시스템통합, CIM, CE, 공학 데이터베이스



서효원

1991년 웨스트버지니아대학교 산업공학과(박사)
 1983~1987 대우중공업 중앙연구소 주임연구원
 1992~현재 생산기술연구원 수석연구원
 관심분야: CE, CIM