

STEP AP224 에 표현된 특징형상 정보의 솔리드 모델 복원에 관한 연구

김야일*(성균관대학교 대학원), 강무진(성균관대학교 기계공학부)

A study on the Restoration of Feature Information in STEP AP224 to Solid model

Yail Kim(Graduate School, SKKU), Mujin Kang(Mechanical Eng. Dept., SKKU)

ABSTRACT

Feature restoration is that restore feature to 3D solid model using the feature information in STEP AP224. Feature is very important in CAPP, but feature information is defined very complicated in STEP AP224. This paper recommends the algorithm of extraction the feature information in physical STEP AP224 file. This program import STEP AP224 file, parse the geometric and topological information, the tolerance data, and feature information line-by-line. After importation and parsing store data into database. Feature restoration module analyze database including feature information, extract feature information. e.g. feature type, feature's parameter, etc., analyze the relationship and then restore feature to 3D solid model

Key Words STEP, Feature(특징형상), Feature Restoration(특징형상 복원)

1. 서론

지금까지 CAD 를 이용한 제품 설계에서 STEP 을 이용하여 제품 정보의 교환 및 공유하려는 연구가 국내외에서 활발히 진행되었다. STEP 은 제품 데이터의 교환에 관한 국제 표준(ISO-10303)이고, 다양한 응용분야에서 모든 데이터가 중복 없이 사용될 수 있도록 고도로 정규화 되어 있다^[1]. 이러한 STEP 의 연구 초기에는 IGES 와 같은 형상 정보의 교환을 위한 중립포맷으로의 연구가 주를 이루었지만, 근래에는 CAD 와 CAPP 를 연계하려는 방향으로의 연구^[2], 인터넷에서의 STEP 모델의 가시화^[3], STEP 을 이용한 RP(Rapid Prototyping)^[4] 그리고 STEP-NC 에 대한 연구^[5,6] 등이 진행되고 있다

STEP AP224(Mechanical Product Definition for Process Planning Using Machining Features)에는 기계 가공에 필요한 특징형상정보 및 공차정보가 포함되어 있어 공정계획등에 유용하게 이용될 수 있다. Fig. 1 과 같은 STEP AP224 를 이용한 CAD 와 CAPP 의 연계를 하고자 하는 시스템의 후 단계로 특징형상 정보가 포함된 STEP AP224 파일을 공정계획에 이용하려면, 특징형상을 복원하는 과정이 필요하다. 본 연구에서는, CAPP 를 구현하기 위해 STEP AP224 파

일에 표현된 특징형상의 정보를 추출하여, 특징형상을 3D Solid 모델로 복원하는 프로그램을 소개하고자 한다.

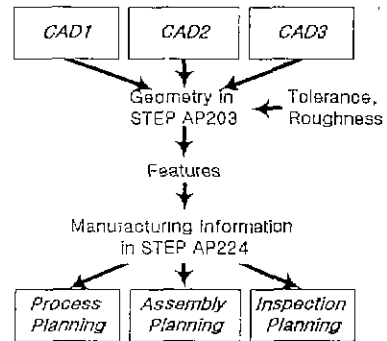


Fig. 1 Information flow between CAD and CAPP

2. STEP 에서의 특징형상 정보 표현

STEP AP224 도 다른 AP(Application Protocol)와 마찬가지로 부품의 형상정보는 Integrated generic resource 중의 하나인 part 42(Geometric and Topological Representation)를 이용하여 정의된다. 하지만, STEP AP224 에서 특징형상 정보는 Fig. 2^[7],

Fig 3 에서 보는 것처럼, characterized_object 로 정의된다. 이 characterized_object 는 property_definition, shape_aspect 등과 관련됨으로써, 특징형상의 전체적인 속성이 정의된다 이러한 관련성은 Fig.4 의 #335, #336, #337 처럼 표현된다 즉, characterized_object 의 id 가 property_definition 과 product_definition_shape 의 파라미터로 주어짐으로써, Fig. 2 의 관계를 표현하고 있다. 그리고, 특징형상은 Fig.3 에서 보는 것처럼 pocket, round_hole, slot, step 등의 subtype 이 있으며, Fig. 3 은 실제 물리적인 STEP AP224 파일에서 Fig 4 의 #335 처럼 표현된다.

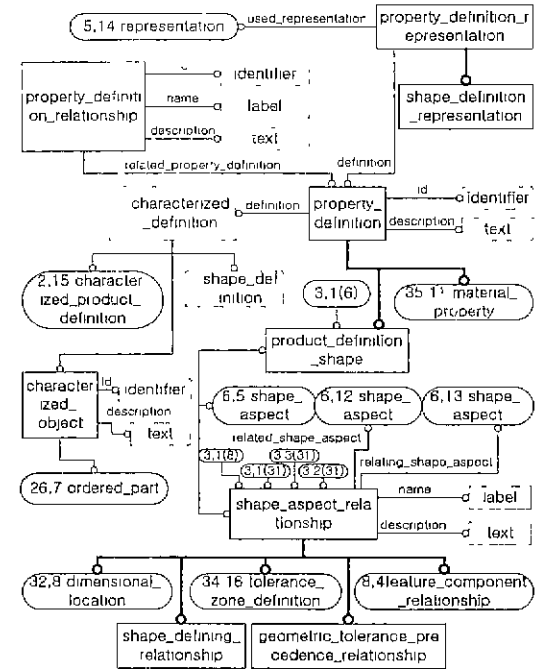


Fig. 2 EXPRESS-G for property_definition in STEP AP224

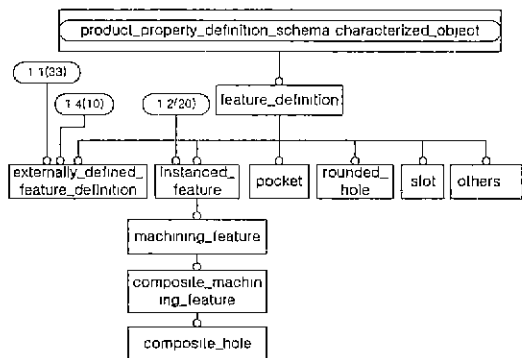


Fig. 3 EXPRESS-G for characterized_object in STEP AP224

STEP AP224 에서의 특징형상은 속성으로 정의될 뿐, 기하형상은 구체적으로 표현되지 않는다 하지만, Pocket 은 길이, 폭, 깊이, corner radius, bottom radius 등의 속성을 정의하고, round_hole 은 지름, 깊이 등의 속성을 정의함으로써 내체적인 형상은 정의된다. 그러나, 이 정보만으로는 특징형상이 부품의 어떤 면과 관련이 있는지는 표현할 수가 없다. 그래서 STEP AP224 에서는 Fig. 4 의 #342 번처럼 shape_representation 을 사용하여, 특징형상의 방향과 특징형상이 부품과 관련되는 면의 id 를 표현하고 있다 Fig. 4 의 shape_representation 의 2 번째 파라미터인 #323 은 advanced_face 의 id 이다. 그리고, Fig. 4 의 #343 의 shape_definition_representation 을 사용하여, shape_representation 과 property_definition 의 관계를 나타냄으로써, 특징형상과 관련되는 면과 방향이 정의된다

```
#335=(characterized_object('')feature_definition()instantiated_feature()machining_feature()round_hole()shape_aspect('',#334,T)),
#336=property_definition('',#335),
#337=product_definition_shape('',#335),
#338=cartesian_point('',5000,5000,10000),
#339=direction('',(0,0,0,-1)),
#340=direction('',(-1,0,0,0)),
#341=axis2_placement_3d('orientation',#338,#339,#340),
#342=shape_representation('(#341,#323),#137),
#343=shape_definition_representation(#336,#342),
#344=shape_representation_with_parameters('',(#341),#137),
#345=shape_definition_representation(#336,#344);
...
#352=(length_measure_with_unit()measure_representation_item()measure_with_unit(length_measure(1.5),#131)qualified_representation_item((#349,#350,#351))representation_item('diameter'));
#353=shape_representation_with_parameters('',(#341,#352),#137),
...
#369=feature_component_definition('',),
#370=product_definition_shape('',#369),
#371=hole_bottom('bottom condition','through',#370,F),
#372=shape_aspect('',bottom condition occurrence,#337,T),
#373=feature_component_relationship('','hole bottom usage',#371,#372);
```

Fig. 4 A definition of feature in physical STEP AP224 file

특징형상과 관련하여, 또 하나 정의되어야 하는 속성은 pocket, hole 등의 bottom condition, slot 의 end condition 등이다 이러한 속성은 Fig. 5 에서 보듯 shape_aspect 와 관련이 있다. 실제 STEP 파일에서는 Fig. 4 에서 보는 것처럼 특징형상의 component 로서 #371 의 hole_bottom 이 정의되고, #372 의 shape_aspect 는 characterized_object 와 관련 있는 product_definition_shape 의 id 를 파라미터로 가짐으로써, 특징형상과 관련됨을 표현한다

이 shape_aspect 와 hole_bottom 은 #373 의 feature_component_relationship 에 파라미터로 주어지. 관련성이 정의되어. 전체적으로 특징형상의 bottom condition 이 정의된다

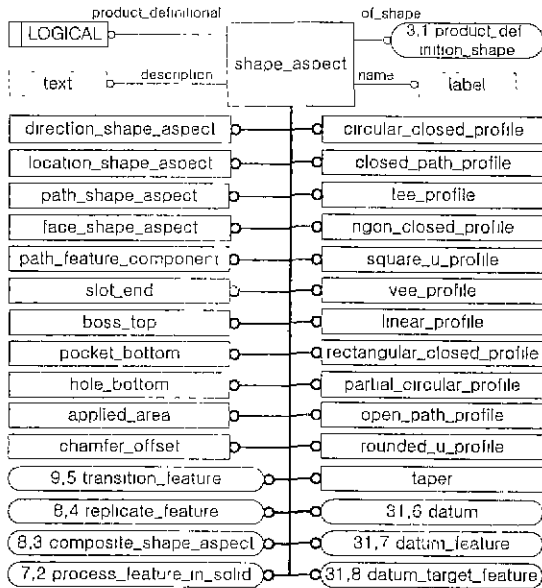


Fig. 5 EXPRESS-G for shape aspect in STEP AP224

본 연구에서는 Fig 4 에서 보는 것과 같은 STEP AP224 파일로부터 characterized_object 를 검색하고, property definition, characterized object, shape aspect 와의 관계를 분석하여 특징형상 정보를 분석한다.

3. 특징형상 정보의 저장 및 복원

STEP AP224 에 정의된 많은 정보를 다루기 위해, 본 연구에서는 Spooner 와 Hardwick 이 제안한 것을 응용하여, STEP 의 기하정보 및 특징형상정보를 DB 에 넣은 후, 그 정보를 검색하여 특징형상 정보를 추출, 복원하는 방법을 택하였다^[8]. 특징형상을 저장하는 DB 의 Table 은 크게 형상정보를 저장하는 Part Table 과 공차 및 특징형상 정보를 저장하는 Reference Table 로 구성된다. Reference Table 의 특징형상이 참조하는 면(featured face)의 자세한 정보는 Part Table 에서 찾도록 해, 자료의 중복을 피했다. Solid 모델의 형상정보를 저장하는 CSolid_data class 의 자료구조는 Fig 6 과 같이 tree 의 전위순회(preorder traversal)방식을 응용하여 정의하였다

이러한 tree 구조의 전위순회 방식으로 Solid data 를 저장하는 것은 Solid 의 위상 (Topology) 정보를 저장하기 위한 것이지만, 모든 entity 의 상세 정보, 예를 들면, edge 의 id, 형태(line, circle 등등), 시작점

의 좌표, vertex 의 id, 좌표 등을 각 node 에 저장한다면, 자료가 중복 저장되게 된다. 그래서, CSolid_data class 와는 별도로 Solid 의 위상 (Topology) 정보만을 기억하는 CEntityTree class 를 정의하였다.

이 CEntityTree class 는 단지 전체 solid 모델의 위상정보를 기억하기 위해, entity id 와 각 entity 들의 sense 만을 기억하고, 그것의 자세한 정보는 CSolid_data class 를 참조하도록 하였다. 각 entity 의 sense 라는 것은 STEP 에서 advanced_face, face_bound, oriented_edge 등의 속성으로 주어지는 것으로, 참(true)과 거짓(false)값만을 가질 수 있다. edge 를 예로 들어 설명하겠다. Solid 모델에서 하나의 edge 는 두개의 면에 의해 공유된다. 이 edge 의 시작점, 끝점, 형상, 위치 좌표등과 같은 상세정보를 각각 2 번 정의하지 않고, 한번만 정의하고, 각 면에서 참조할 때, 그 면에 속한 edge 의 방향이 원래 edge 의 방향과 일치하면, 참(true), 아니면, 거짓(false)을 갖도록 하기위해 CEntityTree class 에서 sense 를 정의하였다. STEP 에서 edge 는 edge_curve 로 형상정보가 설정되고, oriented_edge 가 edge_curve 를 참조하고, 각 loop 에서의 sense 값을 가짐으로써 정의된다.

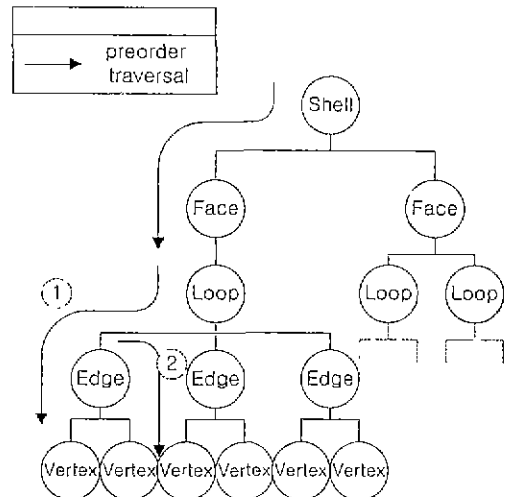


Fig. 6 The scheme of DB & CSolid_data class

특징형상 정보의 저장 DB 는 RDBMS 인 MS-Access 를 이용하였다. 그러나, STEP 파일의 정보가 저장되는 Access DB 에서의 Data 는 중복된다. 각 entity 의 id 와 sense 만을 저장하는 CEntityNode 와는 달리, DB 의 각각의 레코드는 모든 entity 정보가 저장된다. 이 DB 의 자료저장에서 또 하나의 문제점은 B-Spline 의 정의 문제다. 자료구조에서는 B-Spline 의 정보는 CSolid_data class 안에 독립된 class 로 존재하고, 정점의 수 및 knot multiplicity 등이 포

인터를 이용하여 정의된다. 하지만, Access DB 에서는 B-Spline 의 가변적인 정점의 수에 맞추어, 필드를 동적으로 정의할 수 없다는 문제가 있다. 또한 필드의 개수를 제한할 수도 없다 그래서, Fig. 7 과 같이 그 Edge 의 Subtype 필드를 B-Spline 으로 설정하고, B-Spline 의 정점, knot, knot multiplicity 등을 Edge 의 하위 속성으로 정의하여 정보를 저장하는 것이 필요하다.

Sel	Part	Type	SubType	RefID1	RefID2	RefID3	Ver	Deg	IsC	IsH	Val1	Val2
46	33	EDGE	BSPLINE	1	0	0	0	3	0	0	0	0
75	40	CTRL_POINT		0	-1	0.02	5	0	0	0	0	0
76	40	CTRL_POINT		0	0.59	1.73	5	0	0	0	0	0
77	40	CTRL_POINT		0	1.76	-0.9	5	0	0	0	0	0
78	40	CTRL_POINT		0	-0.7	-2	5	0	0	0	0	0
79	40	CTRL_POINT		0	-2.5	-1.1	5	0	0	0	0	0
80	40	KNOT_MULT.		0	0	0	0	0	0	0	0	4
81	40	KNOT_MULT.		0	0	0	0	0	0	0	0	1
82	40	KNOT_MULT.		0	0	0	0	0	0	0	0	4
83	40	KNOT		0	0	0	0	0	0	0	0	0
84	40	KNOT		0	0	0	0	0	0	0	0	0.5
85	40	KNOT		0	0	0	0	0	0	0	0	0
86	40	KNOT		0	0	0	0	0	0	0	0	0
83	40	VERTEX		0	-1	0.02	5	0	0	0	0	0
82	40	VERTEX		0	-2.5	-1.1	5	0	0	0	0	0

Fig. 7 Store B-Spline data into MS-Access DB.

Fig 8 은 물리적 STEP AP203, AP224 파일을 읽어 들여, line-by-line 으로 파싱하여 CSolid_data class 구조의 instance 에 저장하고, 기하정보, 위상정보, 공차 및 특징형상 정보를 Parasolid 모델로 변환하여 형상을 Display 하는 특징형상의 저장 및 복원 mechanism 을 보여준다

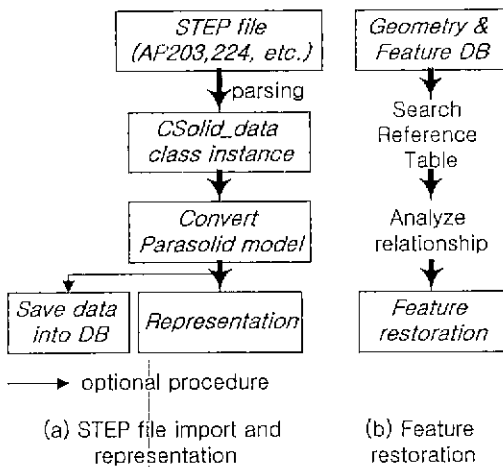


Fig. 8 The mechanism of feature restoration

STEP AP203 인 경우는 DB 의 Part Table 에 형상 정보만을 저장하고, AP224 파일은 형상정보뿐만 아니라, Reference Table 에 공차 및 특징형상 정보를 저장한다.

STEP 파일의 기하형상을 표현하기 위해 Fig. 9 와 같은 순서로 파싱하여, 형상정보를 분석하였다.

먼저 advanced_brep_shape_representation 키워드를 검색하여, 그것의 2 번째 파라미터인 manifold_solid_brep 의 id list 를 각각 검색하는 구조로 되어 있다. Fig. 9 에서 첫번째 파라미터인 name 또는 description 은 표시하지 않았다.

키워드가 advanced_face 및 edge_curve 인 경우는 각각의 entity 를 분석하는 sub-procedure 를 호출하여 정보를 추출한다. 또한 파라미터가 2 개 이상의 list 형태로 주어지면, 그 list 의 개수만큼 반복하는 routine 을 행한다.

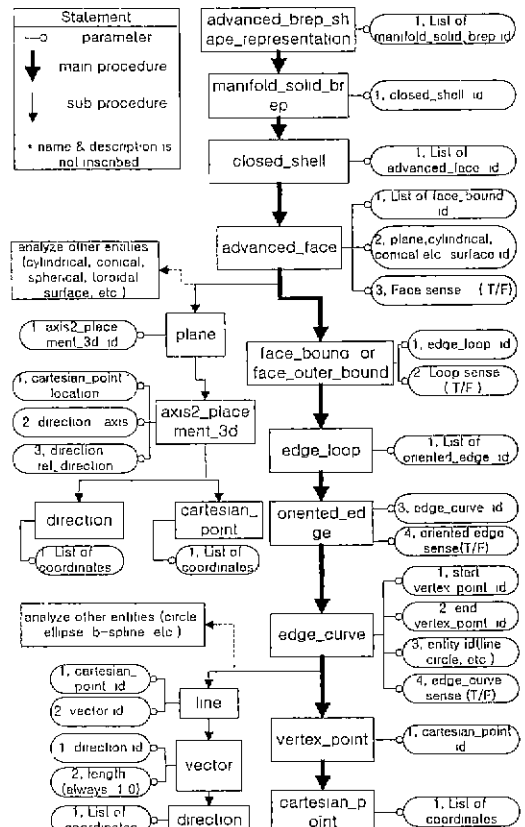


Fig. 9 Parsing sequence in STEP file

이렇게 하여 추출된, 형상 및 특징형상 정보는 Import 모듈에서 MS-Access DB 에 Fig. 10 처럼 저장된다. DB 는 STEP AP224 파일을 분석하여, 특징형상의 정보를 저장하기 위해, SelID, ParentsID, Type, SubType, RefID1, RefID2, RefID3 등의 필드를 정의하였다. 추출된 정보는 각각의 키워드 별로 DB 에 저장된다

특징형상 복원 시에는 특징형상이 저장된 DB 의 Reference Table 의 정보를 검색하고, shape_aspect 와 characterized_object 등의 관계를 분석하여 특징형상을 Parasolid 모델로 생성, 복원하였다.

Seq	Part	Feature	Type	Sub-Type	Name	Val	Value	X	Y	Z
326	0	0	CHARACTERIZED_OBJECT	ROUND_HOLE		0	0	0	0	0
326	336	0	PROPERTY_DEFINITION			0	0	0	0	0
327	336	0	PRODUCT_DEFINITION_SHAPE			0	0	0	0	0
341	341	336	AXIS_PLACEMENT_ID		orientation	0	0	0	0	0
339	341	0	CARTESIAN_POINT			0	5	5	100	
339	341	0	DIRECTION			0	0	0	0	-1
323	323	0	ADVANCED_FACE	featured shape		0	0	-1	0	0
342	29	341	SHAPE_REPRESENTATION			0	3	2	0	0
342	336	342	SHAPE_DEFINITION_REPRESENT			0	0	0	0	0
344	29	341	SHAPE_REPRESENTATION_WITH			0	0	0	0	0
345	336	344	SHAPE_DEFINITION_REPRESENT			3	0	0	0	0
346	0	0	FEATURE_COMPONENT_DEFINITION			0	0	0	0	0
347	345	0	PRODUCT_DEFINITION_SHAPE			0	0	0	0	0
340	347	0	CIRCULAR_CLOSED_PATH	circ.ular pat		0	0	0	0	0
352	0	0	LENGTH_MEASURE_WITH_UNIT	diameter		15	0	0	0	0
353	29	341	SHAPE_REPRESENTATION_WITH			0	0	0	0	0
354	348	0	PROPERTY_DEFINITION			0	0	0	0	0
355	354	0	SHAPE_DEFINITION_PRESENT			0	0	0	0	0
356	0	0	FEATURE_COMPONENT_DEFINITION			0	0	0	0	0
357	356	0	PRODUCT_DEFINITION_SHAPE			0	0	0	0	0
350	357	0	PATH_FEATURE_COMPONENT	linear	linear part	0	0	0	0	0
358	0	0	LENGTH_MEASURE_WITH_UNIT	distance		19	3	2	0	0
360	29	341	SHAPE_REPRESENTATION_WITH			0	0	0	0	0
361	360	0	PROPERTY_DEFINITION			0	0	0	0	0
362	361	360	SHAPE_DEFINITION_REPRESENT			3	0	0	0	0
363	29	339	DIRECTION_SHAPE_DEFINITION			3	0	0	0	0
364	361	363	PROPERTY_DEFINITION_REPRESENT			0	0	0	0	0
365	337	0	SHAPE_ASPECT	diameter occu	diameter	0	0	0	0	0
366	348	365	SHAPE_DEFINITION_RELATIONSHIP	profile usage	diameter	0	0	0	0	0
367	337	0	SHAPE_ASPECT	hole depth occ	hole depth occ	0	0	0	0	0
368	360	367	SHAPE_DEFINITION_RELATIONSHIP	path feature of hole depth	path feature of hole depth	0	0	0	0	0
369	0	0	FEATURE_COMPONENT_DEFINITION			0	0	0	0	0
370	369	0	PRODUCT_DEFINITION_SHAPE			0	0	0	0	0
371	370	0	HOLE_BOTTOM	through	bottom com	0	0	0	0	0

Fig. 10 Store feature information into DB

4. 구현

본 연구에서 구현한 프로그램의 전체적인 구조 및 DLL(Dynamic Linked Library)의 관계는 Fig 11 과 같다. C++에서의 component 개념인 DLL 을 이용하여, 모든 모듈을 독립 DLL 로 구현하였다 그리고, 물리적인 DB 위에 YSolid.dll 의 CSolid_data class 는 3D Solid 모델의 자료구조를 제공하고, STEP_DB.dll 및 class 는 프로그램과 DB 의 연결을 담당한다. Y1STEP.dll 의 CSTEP_Reader class 는 STEP 파일을 파싱하고 CSolid_data class 구조로 저장하는 것을 담당하고, CTree_to_PS class 는 CSolid_data class 를 Parasolid model 로 변환하는 기능을 한다.

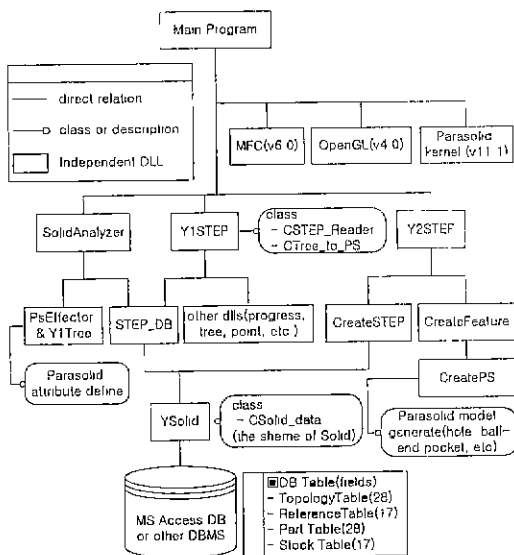


Fig. 11 The whole structure and relationship of DLLs.

Fig 12 는 round hole 1 개의 특징형상을 포함하고 있는 STEP AP224 파일을 읽어 들여서, 3D 모델로 Display 하고, 그것의 기하정보 및 위상정보를 트리 구조로 나타내었다. Fig. 13 은 특징형상을 복원하고, 특징형상의 기하정보, 위상 정보 등을 트리 구조로 보여주고 있다

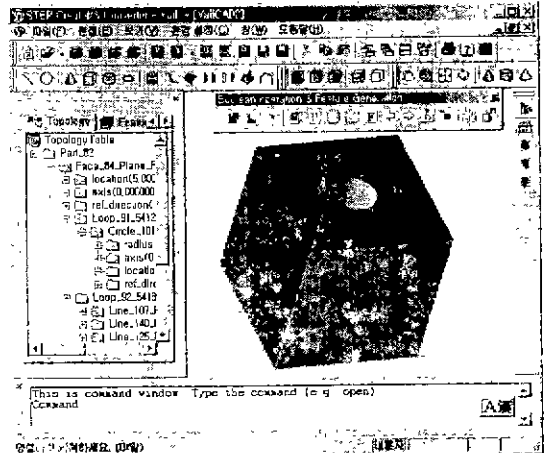


Fig. 12 Representation the geometry of STEP AP224 file

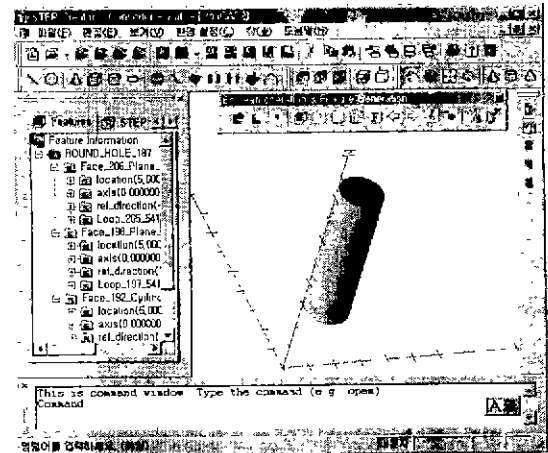


Fig. 13 Restoration of feature information in STEP AP224

5. 결론 및 추후 연구과제

본 연구에서는 특징형상 정보가 포함된 STEP AP224 파일을 읽어 들여서 부품의 기하형상을 3 차원으로 모델링하고, 특징형상 정보를 추출하고, 이 정보를 이용하여 특징형상을 3D Solid 모델로 복원하였다. 이 복원된 특징형상의 Solid 모델로부터, 특징형상의 Volume, 가공면의 면적 등의 정보를 추출이 가능하다. 나아가 공정계획 및 공구 경로 생성시에도 특징형상이 이용될 수 있다.

또한, STEP 파일의 advanced brep_shape_representation 만을 검색하는 방식을 취했지만, faceted_brep_shape_representation 으로의 확장이 필요하다. 그리고, 특징형상이 hole, pocket 등 여러 개 정의된 STEP 파일을 테스트 해보고, 또한 IF²(Integrated Incremental Feature Finder)^[9]와 같은 특징형상 인식 모듈을 현 시스템과 연결하고, 이 특징형상 정보를 이용하여, 특징형상 정보까지 포함하는 STEP AP224 파일의 생성으로의 확장이 필요하다

이 같은 연구를 통하여, Fig. 14^[10], Fig 15^[10] 처럼 STEP 의 여러 Manufacturing Protocol, 즉, STEP AP213 (Numerical control (NC) process plans for machined parts), STEP AP219(Manage dimensional inspection of solid parts or assemblies), STEP AP224 그리고, STEP-NC 즉 ISO 14649(Data Model for Computerized Numerical Controllers (CNC))의 통합을 꾀하는 것이다. 이러한 통합을 통해서, 궁극적으로는 Fig. 16^[10]과 같이 설계단계에서 shop floor 단계까지 연결하는 교량역할을 하는 시스템을 개발할 수 있으리라 본다.

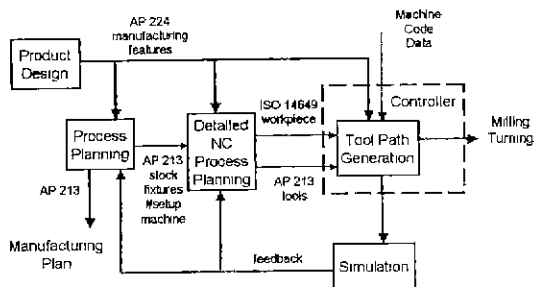


Fig. 14 Integrate STEP AP 213 with STEP AP 224 and ISO 14649

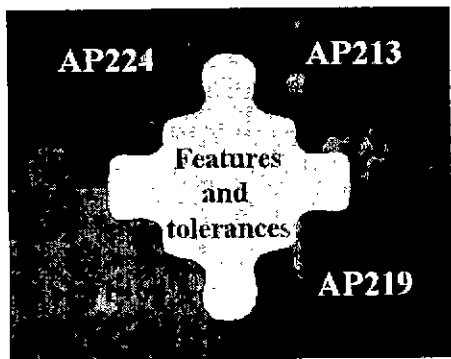


Fig. 15 Need to be harmonized to work together in manufacturing arena.

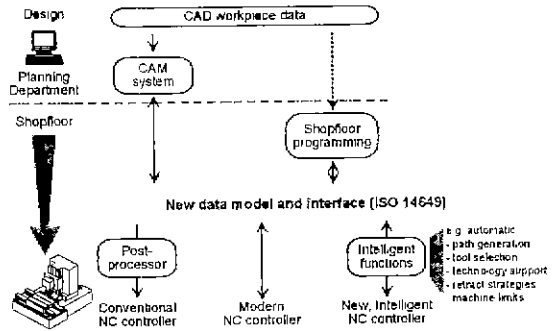


Fig. 16 Use cases for ISO 14649

6. 참고 문헌

1. 강석호, 김민수, 김영호, "STEP 표준과 Web 을 이용한 RPD 환경 구축", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 5 권 제 1 호, pp.23-32, 20001
2. 문종걸, "공정계획을 위한 가공특징형상의 STEP 표현에 관한 연구", 성균관대학교 석사학위 논문, 2000년 2월.
3. 함진호, 김준환, 한순홍, "인터넷에서의 STEP 모델의 스테레오 가시화", 한국 CAD/CAM 학회 학술발표회 논문집, pp.123-127, 2000.
4. 이병열, 지해성, "STEP 을 이용한 신속조형용 설계정보의 변환체계", 한국 CAD/CAM 학회 논문집, 제 6 권 제 1 호, pp.48-58, 2001
5. 서석환, 조현보, 홍희동, 조정훈, "STEP-NC 기술 현황과 전망", 한국 정밀공학회지 제 17 권 제 5 호, pp.8-14, 2000.
6. 김선호, 김동훈, "STEP-NC 를 기반으로 하는 생산 시스템", 한국 정밀공학회지 제 17 권 제 5 호, pp.41-50, 2000
7. ISO TC184/SC4, "STEP Part 224 : Mechanical Product Definition for Process Planning Using Machining Features", 1996.
8. Spooner, D.L and Hardwick, M., "Using views for product data exchange", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol 17, No 5, pp 58-65 September-October, 1997.
9. JungHyun Han, "3D Geometric Reasoning Algorithms for Feature Recognition", Ph.D. Dissertation, Computer Science Dept., Univ. of Southern California, Los Angeles, 1996.
10. SCRA, "STEP AP224 : AP224 Presentations - Manufacturing Application Protocols", http://isg.scra.org/products/step_ap224.html 2001