

## STEP-Compliant CNC를 위한 STEP-NC Repository 구축

김준환\*, 천상욱\*\*, 한순홍\*\*\*

### STEP-NC Repository for STEP-Compliant CNC

Kim, J. H.\*, Cheon, S. U.\*\* and Han, S. H. \*\*\*

#### ABSTRACT

In a design-to-manufacturing environment, the product data is shared by various CAD/CAM/CAE systems with little integration or substantial data redundancy. The main purpose of this paper is to build a database containing all the features required for STEP-NC machining and to show how a STEP-NC repository can support the complete process for machining. A STEP-NC database schema has been constructed and several query functions have been built for the purpose of implementing the retrieving system of a STEP-NC database. The EXPRESS data model of ISO 14649 has been mapped to the database data definition language of the Oracle database. To apply the STEP-NC database to an industry example, the ISO 14649 part program has been stored into the STEP-NC database. To implement example scenarios, the sample query interface has been built.

**Keywords :** STEP-NC, Database, Repository, STEP-Compliant CNC

#### 1. 서 론

STEP-NC는 ISO 14649의 다른 말로, 협의의 의미로는 ISO 14649 표준 자체를, 광의의 의미로는 ISO 14649 표준을 따르는 CNC 제어기를 말한다. STEP-NC 기술은 ISO 6983을 대체하는 공작기계 제어기의 새로운 인터페이스 표준인 ISO 14649를 제정하고 이를 지원하는 공작기계 제어기를 개발하는 기술이다<sup>[1]</sup>. 본 논문에서는 표준을 나타낼 때는 ISO 14649, 제어기를 나타낼 때는 STEP-NC로 표기한다. 표준 제정은 ISO를 중심으로 활발히 이루어지고 있고, 표준에 기반한 제어기(STEP-Compliant CNC)는 독일, 미국 및 한국을 중심으로 기반 기술 연구 및 시제품 개발이 이루어지고 있다. 본 연구는 STEP-Compliant CNC 개발을 위한 기반 기술에 관한 연구이다.

STEP-NC 기술은 가공특징형상, 가공절차, 가공방법, 절삭공구, 가공기술, 형상정보와 같은 공작물을 자동 가공하기 위한 모든 가공정보를 고수준의 언어로

표현하고, 이를 CNC 제어기가 해석하여 처리하는 기술이다. 가공형상 정의는 ISO 10303(STEP), 절삭공구 정의는 ISO 13399(절삭공구 국제표준)과 같은 국제표준을 사용한다. STEP-Compliant CNC는 공작기계와 이러한 고수준의 STEP-NC 데이터를 읽고 공정의 의미를 해석한 후 작업자의 수동 조작 없이 공작물을 자동 가공하는 것을 지원하는 CNC를 의미한다.

현재 설계업체와 가공업체의 관계는 설계업체에서는 가공품의 3D CAD 정보만 가공업체에 전달하고, 가공업체에서는 보유하고 있는 공작기계, CAM 소프트웨어, 가공 know-how를 이용하여 공작물을 가공하는 형태이다. 이와 달리, STEP-Compliant CNC는 설계업체에서 3D CAD 정보를 포함하여 주요한 가공정보가 포함된 STEP-NC 데이터를 가공업체에 전달하고, 가공업체에서는 보유 공작기계에 따라 가공 know-how를 반영하는 정도의 약간의 정보 수정 후 가공품을 가공하는 것을 가능하게 한다. 이러한 시나리오는 관련된 모든 제조업체가 신뢰성 있는 STEP-NC 데이터를 즉각적으로 공유하는 것을 필요로 한다. 곧, 공급망에서 제품에 대한 설계와 제조 데이터를 공유할 수 있는 데이터베이스가 필요하다. 또한, STEP-NC 데이터 모델에 기반한 STEP-Compliant CNC는 진정한 지능형 CNC를 가능하게 할 것이며, 이를 위하여

\*한국과학기술원  
\*\*한국과학기술원  
\*\*\*한국과학기술원  
- 논문투고일: 2002. 04. 03  
- 심사완료일: 2003. 01. 17



기본적인 기능인 데이터의 저장(store), 검색(retrieve), 질의(query), 갱신(update)과, STEP-Compliant CNC 및 STEP-NC 응용 프로그램과 STEP Repository간에 SQL을 이용한 데이터 전송이 있다. 또한, 인터넷에 기반한 e-Manufacturing의 실현을 위해, STEP-Compliant CNC와 STEP Repository간에 SOAP 프로토콜을 이용한 XML 데이터 전송 등에 관한 기능도 필요하다.

**2.2 STEP-Compliant CNC의 운용**

STEP-Compliant CNC는 파트 프로그램 단위 또는 워킹스텝(workingstep - 가공특징형상과 해당 가공오퍼레이션으로 이루어짐) 단위로 데이터를 검색한다. 이를 위해, STEP-Repository에는 STEP-NC 데이터가 STEP AP 203 데이터, ISO 14649 파트 프로그램, 공구경로 데이터로 그룹핑되어 저장된다.

데이터를 파트 프로그램 단위로 처리할 경우, 다음과 같이 운용된다; (i) STEP-Compliant CNC가 파트 프로그램 전체를 가져와서, (ii) STEP-Compliant CNC가 파트 프로그램을 워킹스텝 단위로 해석하여 워킹스텝 단위로 가공한다. (iii) 워킹스텝에 해당하는 공구 경로가 STEP-NC Repository에 존재할 경우, 그것을 검색하여 사용하고, (iv) 존재하지 않을 경우, TPG에서 공구 경로를 생성, STEP-NC Repository에 저장하고 가공한다.

데이터를 워킹스텝 단위로 처리할 경우, 다음과 같이 운용된다; (i) STEP-Compliant CNC가 다음에 처리할 워킹스텝을 STEP-NC Repository에 질의한다. 워킹스텝에 대응하는 공구경로가 STEP-NC Repository에 (ii) 존재할 경우, STEP-NC Repository는 공구경로를 STEP-Compliant CNC에 전송하고, (iii) 존재하지 않을 경우, STEP-Compliant CNC는 워킹스텝 가공을 위한 최적의 절삭 조건을 STEP-NC Repository에 질의하고, STEP Repository가 가공 지식 데이터를 참조하여 최적 절삭 조건을 전송하면, TPG가 공구경로를 생성하여 STEP-NC Repository에 저장한다. (iv) STEP-Compliant CNC가 공구 경로를 따라 가공하고, (i)-(iii)을 반복한다.

**3. STEP-NC 스키마**

**3.1 ISO 14649 스키마 매핑 관련 사항**

본 연구는 ISO 14649의 Part 10, Part 11과 Part 111의 스키마를 대상으로 구현하였다. Part 10, 11, 111의 UoF(Unit of Functionality)와 해당 엔티티는 Fig. 2와 같다.

STEP과 ISO 14649 데이터 모델은 EXPRESS 언어를 통해 기술된다. EXPRESS 언어는 정보 모델을 정확하게 정의하는 것을 용이하게 해주지만 데이터베이스 구현과 관련된 데이터 구조를 명시하지 않는다. 그러므로, STEP 데이터베이스를 구축하기 위해서는 EXPRESS 정보 모델을 구현하고자 하는 데이터베이스 시스템의 데이터 모델로 바꾸어 주는 작업이 반드시 필요하다. 이는 Fig. 3의 논리설계(Logical Design)에 해당하는 것으로, EXPRESS 정보 모델을 특정 데이터베이스의 데이터 정의 언어(DDL: Data Definition Language)로 매핑하는 것이다. 특정 도메인에서의 STEP 데이터베이스 구축 단계는, 해당 응용 프로토콜을 개념 스키마(conceptual design)로 하여 개념 설계(conceptual design)를 한 후, 논리 설계(logical design), 물리 설계(physical design) 단계로 이루어진다. Fig. 3에 데이터베이스 설계 단계에 따른 STEP 데이터베이스 설계 단계가 나타나 있다. STEP-NC 스키마도 EXPRESS 언어로 기술되어 있으므로, 같은 방법론이 적용될 수 있다. 이 때, STEP관련 응용 프로그램의 경우, AIM 스키마와 ARM 스키마 중 어떤 것을 따

	UOFs (# of AO)	Application Object
Part 10	Project (2)	project_person_and_address
	Workpiece (6)	descriptive_parameter numeric_parameter, workpiece manufacturing_feature property_parameter, material.
	Features (91)	boss, pocket, round_hole, slot, step.
	Executable (54)	tool_body, executable, setup, workingstep machining_tool, machining_workingstep, workplan machine_functions, three_axis, machining_operation, tool_direction, operation, toolpath_list, technology
	Operation (8)	
	Toolpath (15)	ap_lift_path_angle cutter_contact_trajectory connector trajectory, curve_with_normal_vector ..
Part 11	Milling Process Operations(65)	boring bottom_and_side_milling drilling center_milling freeform_operation side_milling, reaming tapping
	Milling Cutting Tools (32)	drill threading_tool, endmill, tool_dimension facemill

Fig. 2. ISO 14649의 UoF.

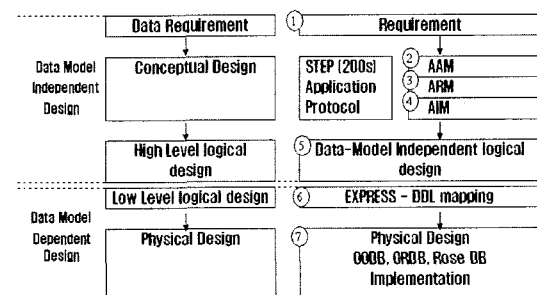


Fig. 3. STEP 데이터베이스의 설계 과정.

라 데이터베이스를 설계할 것인가를 결정하는 것이 중요하다. 제품 전주기에 걸친 데이터 관리의 입장에서는 AIM 모델이 요구되지만, 특정 영역에서는 ARM 모델이 요구되기도 한다. 여러 도메인에서 사용될 수 있도록 표준화되어 있어서 복잡하고 어려운 AIM 모델에 비해, ARM 모델은 특정 도메인에서 사용되는 용어로 표현되어 있어서 이해하기 쉽기 때문이다. 본 연구는 ISO 14649의 ARM 모델을 대상으로 STEP-NC Repository를 구축하였다.

### 3.2 주요 엔티티

주요 엔티티로는 가공특징형상을 나타내는 machining\_feature, 가공 오퍼레이션을 나타내는 machining\_operation이 ISO 14649 Part 10에 정의되어 있다. Part 10의 이러한 엔티티들은 NC 가공에 필요한 공통적인 공정 정보만을 속성으로 가지고 있고, 밀링 가공이나 선반 가공 등의 각각의 가공 공정에 필요한 구체적인 공정 정보들은 Part 11, 12와 Part 111에 정의되어 있다. 곧, Part 11, 12, 111의 엔티티들은 Part 10의 엔티티를 상속받아서 정의되어지고, 데이터베이스 스키마 생성은 이를 고려하여 이루어진다.

스키마는 가공특징형상, 가공절차, 가공방법, 절삭공구, 가공기술, 형상정보 엔티티로 구성되는데, 주요 엔티티 사이의 관계는 다음과 같다. Machining\_feature가 여러 개의 machining\_operation를 속성으로 갖고, 다시 machining\_operation이 machining\_tool, machining\_strategy, machine\_functions, machining\_technology를 속성으로 갖는다. 곧, 가공특징형상은 여러 번의 가공 오퍼레이션을 통해 가공되고, 각각의 가공 오퍼레이션 별로 절삭공구, 가공전략, 가공기술, 절삭조건을 지정하게 된다.

## 4. 데이터베이스 구현

### 4.1 EXPRESS에서 DDL로 매핑

구현을 위한 데이터베이스로는 관계형 데이터베이스 Oracle과 객체지향형 데이터베이스 ObjectStore를 사용하였다. EXPRESS 스키마로는 ISO 14649 FDIS 버전의 Part 10, 11, 111의 EXPRESS 파일을 사용하였다.

EXPRESS 엔티티는 객체형 데이터베이스에서는 객체(object), 관계형 데이터베이스에서는 관계(relation)로 매핑되고, 엔티티가 가지는 속성(attribute) 관계의 하나의 열(column)으로 매핑된다. Fig. 4는 상속관계를 가진 엔티티의 DDL로의 매핑을 보여준다. 각 엔

티티에 해당하는 관계를 만들고, 상속되는 속성들은 superentity에 저장한다.

데이터베이스의 구축 순서는 다음과 같다; (i) 데이터베이스에 저장하고자 하는 STEP 스키마에 해당되는 EXPRESS 파일을 준비한다. (ii) EXPRESS를 참조하여 DDL을 생성한다. 관계형 데이터베이스에서의 DDL은 SQL파일 형태로 작성할 수 있다. (iii) 데이터베이스에 메타 스키마에 해당하는 테이블을 생성한다. (iv) 질의 인터페이스(query interface)를 작성한다. (v) 해당 데이터베이스 시스템에서 제공하는 언어 바인딩을 이용하여, 업로드와 다운로드 코드를 작성한다.

Fig. 5는 정보가 실제로 테이블에 저장된 예이다. Subentity인 closed\_pocket의 속성 중에서 boss\_id, slope 등은 superentity에 저장되고, feature\_boundary\_id만 closed\_pocket 테이블에 저장된다. 검색할 때는 identifier가 같음을 이용한다. 집합(aggregation) 타입은 listof\_ 접두사가 붙은 관계로써 표현한다. Fig. 6에서 workplan 엔티티는 executable의 리스트를 가지고 있고, workplan과 executable은 각각 하나의 엔티티이므로 하나의 관계로 매핑되고, workplan 테이블

```

ENTITY pocket
  SUBTYPE OF (manufacturing_feature);
  its_boss: SET [0:1] OF boss;
  slope: OPTIONAL plane_angle_measure;
  bottom_condition: pocket_bottom_condition;
END_ENTITY;

ENTITY closed_pocket
  SUBTYPE OF (pocket);
  feature_boundary: bounded_curve;
END_ENTITY;

CREATE TABLE pocket (
  pocket_id integer NOT NULL REFERENCES OID_MAPPING(OID_KEY),
  its_boss_id integer,
  slope double precision,
  bottom_condition_id integer);

CREATE TABLE closed_pocket (
  closed_pocket_id integer NOT NULL REFERENCES OID_MAPPING(OID_KEY),
  feature_boundary_id integer);
    
```

Fig. 4. 상속 관계를 가진 엔티티 매핑.

OID_MAPPING	OID_KEY	ENTITY_NAME
	100	3D_POINT

POCKET	pocket_id	its_boss_id	slope	bottom_condition_id
	100	1	2.0	3

CLOSED_POCKET	closed_pocket_id	feature_boundary_id
	100	1

Fig. 5. 관계형 데이터베이스에 저장된 STEP-NC 정보

```

ENTITY workplan
  its_elements: LIST[0..?] OF executable;
END_ENTITY;

CREATE TABLE workplan (
  workplan_id integer NOT NULL REFERENCES OID_MAPPING(OID_KEY),
  its_elements_id integer);

CREATE TABLE listofexecutable (
  listofexecutable_id integer NOT NULL REFERENCES
  OID_MAPPING(OID_KEY),
  executable_id integer,
  executable_index integer);

CREATE TABLE executable (
  executable_id integer NOT NULL REFERENCES OID_MAPPING(OID_KEY),
  its_id varchar(100));
  
```

Fig. 6. 집합(agggregation) 타입의 매핑.

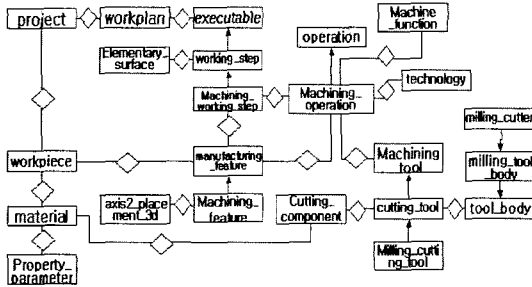


Fig. 7. ER 다이어그램

에서는 LIST를 저장하기 위한 listofexecutable 테이블을 참조하여 executable 정보를 조회한다.

Fig. 7은 데이터베이스 스키마의 일부를 ER 다이어그램으로 나타낸 것이다.

4.2 STEP-NC Repository를 이용한 작업 시나리오

일반적인 설계에서 가공에 이르는 프로세스는 CAD 시스템에서 설계를 하고, CAM 시스템에서 공정계획 및 가공경로를 생성하고, CNC 시스템에서 가공을 하는 것이다. STEP-NC 데이터를 이용한 가공에서는 가공특징형상 인식이 중요하고, 이는 현재의 일반적인 설계-가공 프로세스에서 가공특징형상 시스템이 추가로 필요함을 의미한다. 곧, CAD, 특징형상인식, CAPP, CAM, CNC 시스템이 STEP-NC Repository에 STEP-NC 데이터를 저장하고 검색하게 된다. 이러한 시스템들은 독립적으로 존재할 수도 있고, 하나의 시스템으로 통합되어 있을 수도 있다. 다음은 각 시스템 단위에서 구상한 STEP-NC Repository의 사용 시나리오이다.

- ① CAD 시스템에서 STEP AP 203 데이터를 생성하고, STEP-NC Repository에 저장한다.
- ② 특징형상인식 시스템이 STEP-Repository의 STEP AP 203 데이터로부터 가공특징형상을 인식하고

결과를 STEP-NC Repository에 저장한다.

- ③ CAPP 시스템이 STEP-NC Repository의 STEP AP 203 데이터와 가공특징형상 데이터를 이용하여 가공공정계획을 수립하고, 결과인 ISO 14649 파트 프로그램을 STEP-NC Repository에 저장한다. 이 공정계획은 비선형공정계획을 포함할 수 있다.
- ④ STEP-Compliant CNC가 STEP-NC Repository에서 ISO 14649 파트 프로그램을 가져온다. 비선형공정계획의 경우, STEP-Compliant CNC가 판단하여 공정을 선택한다.
- ⑤ STEP-Compliant CNC가 선택한 공정에 대한 가공특징형상과 가공 오퍼레이션 정보를 CAM 시스템에 전송하고, CAM 시스템은 STEP-NC Repository에 있는 가공지식 데이터를 참조하여 가공공구경로를 생성하여 STEP-NC Repository에 저장한다.
- ⑥ STEP-Compliant CNC가 STEP-NC Repository에 있는 가공공구경로를 NCK(NC kernel)에 전송하여 가공한다.

이와 같이, STEP-NC Repository를 사용에 따른 장점; (i) 각 프로세스에서 사용되는 시스템들이 공유하는 데이터를 체계적으로 관리하고, (ii) 각 프로세스의 시스템들이 일관(consistent)된 데이터를 사용하고, (iii) ISO 14649 파트 프로그램을 전체 또는 워킹스텝 단위로 처리할 수 있는 것이다.

4.3 STEP-NC Repository 내용의 저장

Fig. 8과 같이, ISO 14649 파트 프로그램은 STEP

```

#700=PROJECT("","#701.(#1).$.$.");
#701=WORKPLAN(" (#800.#801.#802.#803.#804.#805.#806.#807.#808
#800=MACHINING_WORKINGSTEP(" #2012.#101.#900.$);
#2012=PLANE(" #2011);
#101=GENERAL_OUTSIDE_PROFILE('Outside Profile',#1.(#
#1=WORKPIECE(" #15.0.01 $.$. ());
#15=MATERIAL('ST-50',STEEL, (#30));
#30=PROPERTY_PARAMETER('E=200000N/M2');
#900=BOTTOM_AND_SIDE_ROUGH_MILLING($.$.'$.$. $.$.;
#1000=MILLING_CUTTING_TOOL(" #1100.#1300).18
#1100=ENDMILL(#1200.2.,RIGHT, $.$.);
#1200=TOOL_DIMENSION(6.000000,$.$.10.$.$);
#1300=CUTTING_COMPONENT(0.000000,#5.$.$.$;
#5=MATERIAL('TICN',TICN ());
#1400=MILLING_TECHNOLOGY(250.,TCP, $.$.500.$,1
#1500=MILLING_MACHINE_FUNCTIONS(T, $.$.T,.;
#1700=PLUNGE_RAMP($.0);
#1701=PLUNGE_RAMP($.0);
#1600=CONTOUR_PARALLEL(0.5,T,.,CW,.,CLIMB.);
#2026=AXIS2_PLACEMENT_3D(" #2023.#2024.#2025);
#2031=PLANE(" #2027);
#301=GENERAL_PROFILE(" #2037);
#900=BOTTOM_AND_SIDE_ROUGH_MILLING($.$.'$.$. $.$;#10
  
```

Fig. 8. 트리구조로 표현된 ISO 14649파트 프로그램.

Part 21의 물리파일(physical file)로 되어 있다. STEP Part 21 물리 파일을 데이터베이스에 저장할 때, 파일의 정보가 데이터베이스로 적절하게 저장되었는지 판단하기 위해서 인스턴스의 구조를 파악할 필요가 있다. STEP 스키마는 데이터베이스 사용을 고려해서 설계되었기 때문에, 파일의 인스턴스 구조와 데이터베이스 저장구조는 유사하다. Fig. 8에서 가공 오퍼레이션 #900은 #101과 #800에서 참조된다. 곧, machining\_feature 테이블과 machining\_workingstep 테이블에서 가공방법을 알 수 있다.

#### 4.4 STEP-NC Repository의 질의 인터페이스

4.2절에서 기술한 시나리오의 구현에 필요한 질의의 예제로써, STEP-NC Repository에서 정보를 검색하는 인터페이스를 구성하면 아래와 같다. 이는 각 UoF에 해당하는 정보를 검색하기 위한 인터페이스들의 예를 관계형 데이터베이스에서 사용하는 고수준 질의어인 SQL로 표현한 것이다.

- 형상질의(해당 워킹스텝에서 가공할 가공특징형상에 관한 정보를 가져온다)

```
select its_feature_id
from machining_workingstep;
```

- 현재 워킹스텝에서 사용하는 절삭공구 질의

```
select its_tool_id
from bottom_and_side_milling,
machining_operation
where its_operations_id =
bottom_and_side_milling_id ;
```

- 공구경로 질의

```
select its_list_id
from operation, toolpath_list;
where its_tool_path_id = toolpath_list_id;
```

- 가공특징형상의 가공방법 질의

```
select its_operations_id
from manufacturing_feature, closed_pocket
where closed_pocket_id =
manufacturing_feature_id;
```

- 현재 워킹스텝의 가공방법 질의(its\_id 속성에 해당 operation에 관한 정보를 저장한다고 가정한다. 그렇지 않은 경우에는 OID\_KEY를 이용하여 검색할 수 있다)

```
select machining_operation_its_id
from machining_workingstep, machining_operation
where its_operation_id =
machining_operation_id;
```

- 가공정보 질의

```
select axial_cutting_depth_id,
radial_cutting_depth_id
from bottom_and_side_milling, machining_operation
where its_operation_id =
bottom_and_side_milling_id;
```

## 5. 결 론

본 논문에서는 ISO 14649의 ARM스키마를 기반으로 한 STEP-NC Repository구축 및 활용 방안에 대하여 연구하였다. STEP-NC Repository가 구현되었으며, 가상의 시나리오를 통해 실험되었다. 기존 연구가 ISO 10303의 AIM 스키마를 기반으로 하여 STEP 데이터베이스 구축하고, ISO 14649 AIM 스키마를 기반으로 STEP-NC를 포함한 STEP 데이터를 저장하는 Repository를 개발한 것에 비해, 본 연구는 STEP-NC 도메인에서 다루기 쉬운 ISO 14649 ARM 스키마에 기반한 STEP-NC Repository를 개발하였다. ISO 14649 표준이 아직 제정 중이므로, 개정에 따른 변화를 반영하는 한편, STEP-Compliant CNC와의 연동을 통한 실제 검증, 그리고 지능형 CNC구현을 위한 기능 추가 등을 보완할 필요가 있다.

## 참고문헌

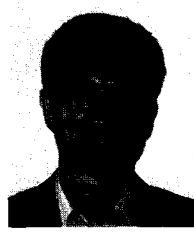
1. ISO 14649, "Data model for Computerized Numerical Controllers (Draft version 10 beta)," ISO/TC184/SC1/WG7, March 1999.
2. Suh, S. H. and Cheon, S. U., "A framework for intelligent CNC and data model," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 19, pp.727-735, 2002.
3. T. Krebs, and H. Luehrsen, "STEP Databases as Integration Platform for Concurrent Engineering", Proc. 2nd International Conf. on Concurrent Engineering (McLean, Virginia, August 23-25), Johnstown, PA: Concurrent Technologies Co., pp. 131-142. 1995.
4. D. Loffredo 1998 "Efficient Database Implementation of EXPRESS Information Models," RPI, Ph.D. Thesis, 1998.
5. Susan D Urban, Kalyan Ayyaswamy, Ling FU,

- Jami J. Shah, "Integrated product data environment: data sharing across diverse engineering applications," *Int. J. CIM*, Vol. 12, No. 6, 525-540, 1999.
6. Thu-Hua Liu, Amy J. C. Trappey, and Chii-Shi Lin, "Development of SDAI-Based Common Access Interface for Object-Oriented DBMS," *Concurrent Engineering: Research and Applications*, Vol. 8, No. 1, March 2000.
  7. Jami J. Shah, "Synthesis of Consolidated Data Schema for Engineering Analysis from Multiple STEP Application Protocols," *Computer-Aided Design*, 1998.
  8. 김준환, 한순홍, "STEP 데이터베이스를 Native Storage로 가지는 3차원 선체 CAD에서 형상 모델링 커널과 데이터베이스 간의 인터페이스," 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제7권, 제3호, pp. 202-209, 2002.
  9. [www.steptools.com/products/strepo](http://www.steptools.com/products/strepo).
  10. [www.mel.nist.gov/msidlibrary/doc/lubel96c/node11.html](http://www.mel.nist.gov/msidlibrary/doc/lubel96c/node11.html).
  11. 서석환, 홍희동, 조정훈, 조현보, "STEP-NC 기술: 현황과 전망," 한국정밀공학회지, 제17권, 제5호, 2000.
  12. 한주영, 장병열, 조현보, 서석환, "STEP-NC 구현을 위한 "ISO 14649의 역할 및 발전 방향," 한국정밀공학회지, 제17권, 제5호, 2000.
  13. 서석환, "STEP-NC 기술소개," 제3차 STEP-NC 기술세미나, 2001.
  14. Suh, S. H., Lee, B. E., Chung, D. H. and Cheon, S. U., "Architecture and implementation of a shop-floor programming system for STEP-compliant CNC," *Computer-Aided Design*, In Press.
  15. Suh, S. H., Cheon, S. U. and Cho, C. H., "Intelligent STEP-NC Controller," 국제특허, PCT/KR02/01054.
  16. 서석환, 천상욱, 이병인, "STEP-NC용 SFP시스템의 구조 및 STEP-NC용 파트프로그램 생성방법," 국내특허 2001-88899.
  17. 조정훈, 서석환, "STEP-NC의 피쳐 기반 공구경로 생성 및 갱신," 한국 CAD/CAM학회 논문집, 제4권, 4호, pp. 295-311, 1999.



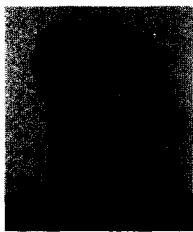
### 김 준 환

1995년 한국과학기술원 정밀공학과 학사  
 1998년 한국과학기술원 기계공학과 석사  
 1998년~현재 한국과학기술원 기계공학과 박사과정  
 관심분야: CAD 모델 표준(STEP), CAD 데이터베이스, 네트워크 CAD



### 한 순 홍

1977년 서울대 조선공학과 학사  
 1979년 서울대 조선공학과 석사  
 1985년 영국 Newcastle대 석사  
 1990년 미국 Michigan대 박사  
 1979년~1992년 해사기술연구소(현재 기계연구원)  
 1993년~1995년 한국과학기술원 자동화 및 설계공학과  
 1996년~현재 한국과학기술원 기계공학과 교수  
 관심분야: CAD 모델 표준(STEP), Intelligent CAD, 설계전문가 시스템, 형상모델링 커널



### 천 상 욱

1994년 한국과학기술원 산업공학과 학사  
 1994년~1999년 (주)큐빅테크  
 2002년 포항공과대학교 산업공학과 석사  
 2002년~현재 한국과학기술원 기계공학과 박사과정  
 관심분야: 형상모델링, Intelligent CAD, STEP-NC