STEP-NC 밀링 데이터 모델 및 파트 프로그래밍
STEP-NC milling data model and part programming

이병언, 정대혁, 서석환
포항공과대학교 산업공학과 STEP-NC/e-Manufacturing 연구실

Abstract

STEP-NC 는 기존의 G-code 를 대체할 새로운 CNC 인터페이스 언어로써 현재 밀링 공정에 대해서는 국제 표준 단계에 있으며 조만간 기존의 G-code 를 대체할 것으로 기대된다. 그러므로 국내에서도 CAD-CAM 업체, CNC maker, 공작기계 제작 업체, 사용자 등 생산 환경 전반에 걸쳐 이에 대한 대응이 시급하다. 본 논문에서는 국내에서의 STEP-NC 의 promotion 을 위해 1) STEP-NC data model 을 분석하고, 2) 파트 프로그램의 작성 방법을 자세히 설명하고, 3) STEP AP203 CAD 파일로부터 STEP-NC 파트 프로그램을 생성하는 과정을 Korea STEP-NC 시스템을 통해서 설명하였다.

Key Words: ISO 14649, ISO 10303, STEP-NC, STEP-compliant CNC, EXPRESS

1. 서론

NC technology와 Internet을 비롯한 information technology의 발전은 지난 20세기 후반부터 생산 환경의 급격한 변화를 가져왔다. 먼저 NC technology 분야에서는 하드웨어 기술과 제어 기술의 발전으로 고속가공, 고정밀 가공, 다축 가공 등을 가능하게 하였다. 그리고 information technology 분야에서의 최근 몇 년간의 급속한 발전은 manufacturing 환경에도 큰 영향을 끼쳐 분산 환경에서의 협업 생산 등이 가능하게 되었다. 이처럼 NC technology 분야와 information technology 분야의 발전은 manufacturing process 분야에서만 이루어지던 CAD-CAM-CNC를 ERP, SCM, CRM 등 상위의 생산정보 시스템과 연결하여 제품의 설계에서부터 생산, 판매, 유통, 폐기에 이르는 전 과정을 통합한 e-manufacturing이라는 새로운 개념의 생산 환경을 가져왔다.

이러한 e-manufacturing 환경에서는 CAD-CAM-CNC chain에서 각 시스템에서 만들어지는 정보가 구김 없이 서로 호환되는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 CAD 분야에서는 STEP (ISO 10303: STandard for the Exchange of the Product model data)이 새로운 국제 표준으로 등장해 상위 시스템간의 제품 정보의 교환을 가능하게 하였고, CNC 분야에서는 STEP-NC(ISO 14649)가 새로이 제정되어 기존의 G-code를 대체할 것이다.

이에 맞추어 STEP-NC에 관한 연구도 선진제국을 중심으로 많은 연구가 이루어 지고 있다. 한국에서는 본 연구실이 이 분야 기술의 국가지정 연구실로서 지난 수년간 중점 연구를 수행하여 많은 연구 결과를 내고 있다. 본 논문에서는 STEP-NC 기술의 국내 보급 차원에서 STEP-NC 기술의 가장 근간이 되는 STEP-NC 데이터 모델 및 이를 이용한 파트프로그래밍 방식을 설명하고, STEP-NC 기술적 파급효과 및 인프라 구축에 관하여 고찰한다. 구체적으로, 본 논문은 밀링가공을 중심으로 기술하며, 참고문헌 [8]은 선반가공 및 XML을 이용한 파트 프로그래밍 방식을 다룬다.

2. STEP-NC (ISO 14649) 데이터 모델

ISO 14649 로 규격화된 STEP-NC 데이터 모델은 ISO TC184/SC1/WG7 이 주도하여 제정되고 있는 CAD-CAM-CNC 체인을 관통하는 새로운 CNC interface 언어이다. 기존의 G-code (ISO 6983)가 단순한 축의 움직임만을 지령하고 있는 반면 STEP-NC 는 가공하고자 하는 파트의 형상 정보, 공정 계획 정보, 공구 정보 등 다양한 정보를 가지고 있다. 현재 STEP-NC 는 밀링 가공에 관해서는 2003 년 4 월, 국제 표준

으로 인증되었으며, 선반 가공에 대해서는 현재 DIS (Draft for International Standard) version 에 있고 EDM 의 경우는 CD (Committee Draft) version 에 있지만 조만간 국제 표준으로 채택될 것이 확실하다.

ISO 14649 의 각 part 정보가 모델링 되는 과정은 먼저 가공 전문가들이 제조 공정에서 일어나는 activity 들을 분석하여 IDEF0 modeling 을 이용해 Application Activity Model (AAM)을 정의한다. 이를 통해 제조 공정에서의 입력과 출력 정보 및 각 activity 에 필요한 정보들이 정의되면 EXPRESS 에서 정의한 문법에 따라 EXPRESS schema 로 정의 되는데 이를 Application Reference Model (ARM) 이라고 한다. EXPRESS 는 STEP 의 각 분야에서의 data semantics 와 structure 를 정의하기 위해 사용되는 information modeling language 로써 ISO 10303 Part 11 이라는 국제 표준으로 정의되어 있다[1]. EXPRESS 는 크게 entity, type, function, rule 이라는 기본 단위로써 정의된다. 한편, text 로 표현된 EXPRESS 정보는 Figure 1 에서와 같이 EXPRESS-G 로 graphical 하게 표현할 수도 있다. EXPRESS-G 는 EXPRESS 의 기본 정보 중 Entity 와 type 정보만을 표현할 수 밖에 없지만, EXPRESS 의 구조를 쉽게 알아볼 수 있는 장점이 있어 스키마의 구조를 설명하는데 많이 이용된다.

2.1 STEP-NC 밀링 데이터 모델

ISO 14649 data model 은 ISO 10303 (Acronym; STEP)에 기반하여 밀링, 선반, EDM 등의 제조 공정에 필요한 특징형상 정보, 공정계획 정보, 가공 정보, 공구 정보, 형상 정보 등을 정의하고 있다. ISO 14649 는 아래의 Figure 1 에서와 같이 크게 1) task description, 2) technology description, 3) tool description, 4) geometry description 의 4 가지 종류의 데이터 모델들로 구성되어 있다.

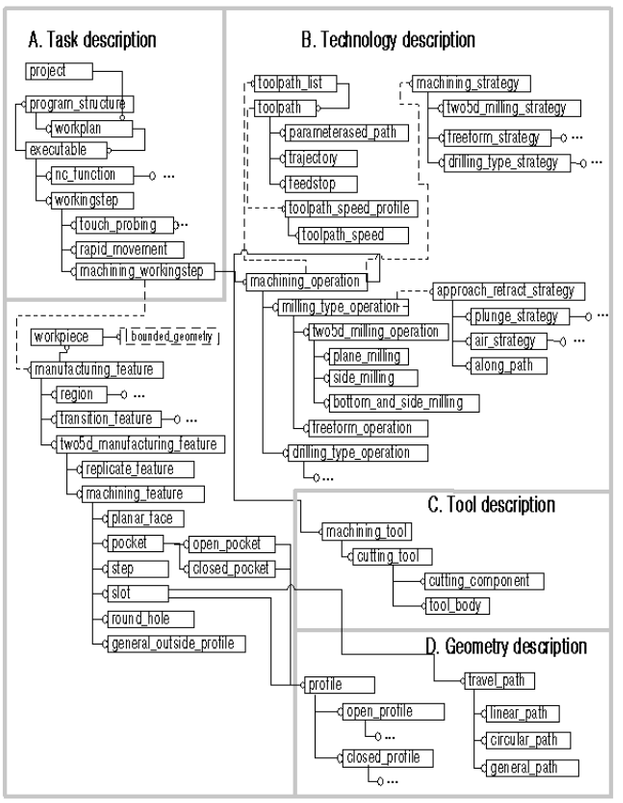


Figure 1. EXPRESS-G representation of overall schema of ISO 14649

Task description 은 part program 의 시작을 알리는 project, 가공의 기본 단위인 machining_workingstep, 그리고 machining_workingstep 을 group 화 한 workplan 등을 통해 전체적인 가공 순서를 정의한다. Task description 정보는 밀링, 선반, EDM 등 모든 가공에서 기본적으로 필요로 하는 정보들로써 이처럼 모든 작업에서 공통으로 필요로 하는 정보들은 ISO 14649 part10: General Process Data 에 정의된다 [2].

Technology description 은 각각의 machining_workingstep 에서 가공해야할 가공 특징형상과 수행할 operation 정보를 기술한다. 가공 특징형상에는 크게 3D 자유 곡면을 나타내는 region 과 pocket, slot, step, hole, 등 2.5D 특징 형상이 정의되어 있다.

한편 operation 정보는 drilling type operation 과 milling type operation 등의 가공 방법과 가공 전략, feed, spindle 등의 technology 정보, coolant, chip removal 등의 machine_function 정보를 포함한다. 이러한 정보는 ISO 14649 part11: Milling Process Data 에 정의된다[2].

Tool description 은 각 공정을 수행하는데 필요한 공구 정보를 정의하는 것으로 이것은 ISO 14649 part 111: Tools for Milling machine tool 에 정의된다[4].

Geometry description 은 가공 특징형상을 정의하는데 필요한 geometry 정보를 기술한 것으로 profile, path 등과 같이 parametric 하게 정의할 수도 있고, face, edge, 등의 topology 정보와 surface, curve 등의 기하 정보로 정의할 수도 있다.

3. STEP-NC 밀링 파트프로그래밍

앞서 설명한 데이터 모델은 STEP-NC 파트프로그램을 작성하는 정보요소가 되며, STEP-NC 파트프로그램은 이들 정보요소를 물리 파일 (ISO 10303 Part 21 로 규격화 됨 [5]) 로 표현한 것이다. Figure 2 는 part program 의 전체적인 구조를 나타내고 있다.

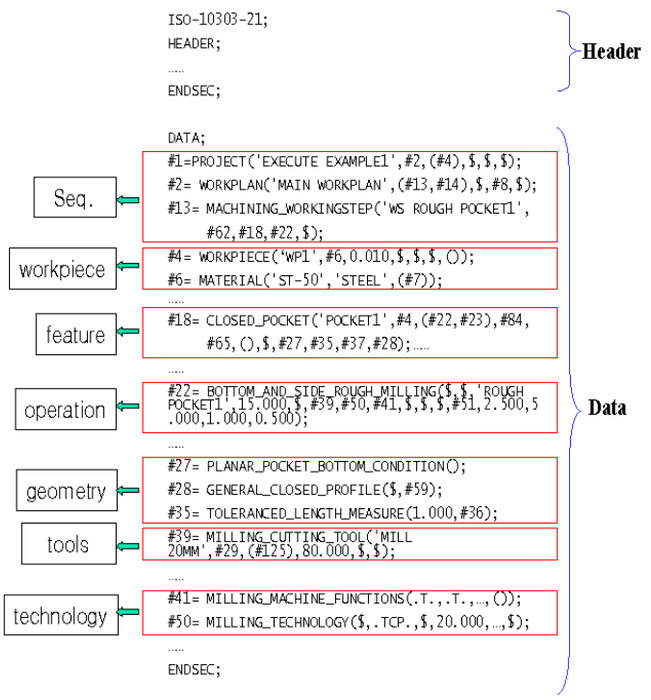


Figure 2. STEP-NC part program 구조

part program 은 크게 header 부분과 data 부분으로 나누어지며 header 부분에서는 저자, 스키마 정보, 버전 정보 등 part program 자체에 대한 설명이 있고, 모든 가공에 대한 정보는 data 부분에 정의된다. Data 부분의 정보는 크게 파트 프로그램을 구성하는 특징 형상 (feature), 공정 (operation), 가공 조건 (technology), 공구 (tools), 공정의 실행 순서 (seq.), 소재 (workpiece), 형상 정보 (geometry)로 구성되어 있다.

이하에서는 파트 프로그램을 구성하는 이들 정보를 작성하는 방식을 Figure 3 (이 형상은 ISO 14649 Part 11 에 수록된 형상 임)의 예제형상을 대상으로 자세히 설명한다.

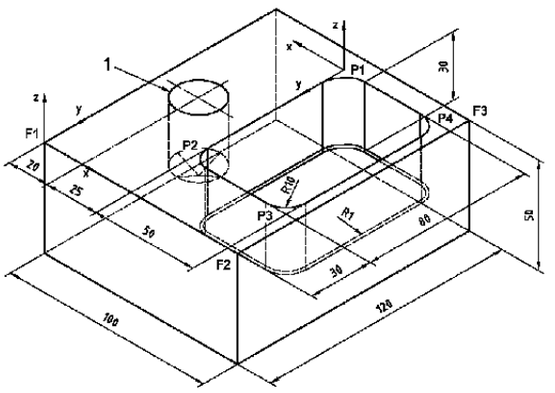


Figure 3. Simple example 형상 [3]

3.1 특징 형상 정보의 작성

STEP-NC 에서 특징 형상은 작업 단위인 workingstep 으로 제거해야 할 볼륨을 의미한다. 기존의 G-code 에서의 가공 방법에서는 단순히 X, Y, Z 축의 위치만을 지령함으로써 가공이 끝나야지 어떠한 형상을 가공했는지를 알 수가 있다. 그러나 STEP-NC 에서는 가공해야할 볼륨을 특징형상으로 정의하고 있기 때문에 사용자나 CNC 시스템은 어떠한 형상을 가공하는 지에 대한 정보를 미리 알 수가 있고 operation 을 이용해 이를 가공할 공구 경로를 생성할 수가 있다.

STEP-NC 에서 특징 형상은 크게 자유 곡면과 2.5D 형상으로 나뉘어지며 2.5D 특징 형상에는 pocket, slot, step, round_hole, thread 등이 정의되어 있다. 각각의 특징 형상은 그 형상을 정의하기 위한 정보로 구성되는데 예를 들면 closed_pocket 의 경우 Figure 4 와 같이 포켓의 외곽 모양 (feature_boundary)과 깊이 (depth), 바닥면의 형태 (bottom_condition)로써 정의하며, 부가적으로 옆면과 바닥면의 fillet (orthogonal_radius, planar_radius)정보를 정의할 수 있다.

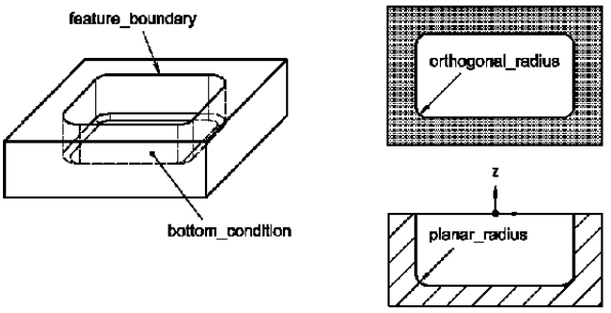


Figure 4. Closed_profile 정보

Figure 3 의 형상은 상단 부위의 평면(PLANAR_FACE) 과 포켓(CLOSED_POCKET), 구멍 (ROUND_HOLE)으로 구성되어 있다. Figure 5 는 이들 feature 에 해당하는 부분을 파트 프로그램으로 작성한 것으로, 특히 closed_pocket 정보를 구체적으로 작성한 것이다. 파트 프로그램에서 포켓의 바닥 모양은 평면 바닥(PLANAR_POCKET_BOTTOM_CONDITION)으로 정의하고 있고, 옆면과 바닥면의 fillet 을 각각 10.0, 1.0 으로 정의하고 있다.

```
#16= PLANAR_FACE('PLANAR FACE1',#4,(#19),#77,#63,#24,#25,$,());
#17= ROUND_HOLE('HOLE1 D=22MM',#4,(#20,#21),#81,#64,#58,$,#26);
#18= CLOSED_POCKET('POCKET1',#4,(#22,#23),#84,#65,(),$,#27,#35,#37,#28);
#22= BOTTOM_AND_SIDE_ROUGH_MILLING($,$,'ROUGH
POCKET1',15.000,$,#39,#50,#41,$,$,$,#51,2.500,5.000,1.000,0.500);
#23= BOTTOM_AND_SIDE_FINISH_MILLING($,$,'FINISH
POCKET1',15.000,$,#39,#52,#41,$,$,$,#53,2.000,10.000,$,$);
#27= PLANAR_POCKET_BOTTOM_CONDITION();
#28= GENERAL_CLOSED_PROFILE($,#59);
#35= TOLERANCED_LENGTH_MEASURE(1.000,#36);
#37= TOLERANCED_LENGTH_MEASURE(10.000,#38);
#65= ELEMENTARY_SURFACE('DEPTH SURFACE FOR POCKET1',#94);
#84= AXIS2_PLACEMENT_3D('POCKET1',#115,#116,#117);
```

Figure 5. closed_pocket 정보 작성 예

3.2 공정 정보의 작성

operation은 주어진 특징 형상을 가공하기 위한 방법을 정의한 것으로 여기에는 가공 종류, 가공 전략, 접근/후퇴 전략, 가공 조건, 기계 동작, 필요 공구 등 가공 방법에 대한 모든 것을 정의한다. 이는 기존의 G-code가 단순히 직선 가공(G01), 원호 가공(G02, 03), 급속 이송(G00) 등만으로 가공을 정의하는 것에 비해 구체적이고 자세한 정보를 다루고 있다. STEP-NC 파트 프로그램에서는 가공 방법으로써 크게 평면 가공 (plane_milling), 측면 가공 (side_milling), 바닥 및 측면 가공 (bottom_and_side_milling) 등의 가공 방법과 이에 대한 황삭, 정삭 등의 밀링 타입 가공과 drilling, boring, reaming 등 드릴링 가공 타입을 정의하고 있으며 각 가공 방식마다 필요로 하는 정보를 정의하고 있다.

Figure 6은 Figure 5의 closed_pocket을 가공하기 위한 operation으로서 바닥면과 측면에 대한 밀링 가공을 정의하는 bottom_and_side_rough_milling entity(#22)를 이용하여 가공하는 것을 작성한 것이다. bottom_and_side_rough_milling operation에 포함되는 정보는 axial 및 radial 방향으로의 가공 깊이(각각 2.5, 5.0), 바닥면과 측면의 정삭 여유량(각각 0.5, 1.0), 가공 시작점(start_point)과 진입 여유량(overcut_length) 등을 정의한다.

```
#22= BOTTOM_AND_SIDE_ROUGH_MILLING($,$,'ROUGH
POCKET1',15.000,$,#39,#50,#41,$,$,$,#51,2.500,5.000,1.000,0.500);
#39= MILLING_CUTTING_TOOL('MILL 20MM',#29,(#125),80.000,$,$);
#50= MILLING_TECHNOLOGY($,.TCP.,$,20.000,5.0,.F.,.F.,.F.,$);
#41= MILLING_MACHINE_FUNCTIONS(.T.,$,$,.F.,$,(),.T.,$,$,());
#51= CONTOUR_BIDIRECTIONAL($,$,$,$,$,$);
```

Figure 6. operation 정보 작성 예

3.2.1 가공 전략 정보의 작성

한편 각 operation에서 어떤 방법으로 가공할지에 대한 가공 전략은 machining_strategy에 의해 정의가 된다. 밀링 가공에서는 가공 전략으로 unidirectional, bidirectional, contour, contour_bidirectional, contour_parallel 등 다양한 가공 전략을 정의할 수 있다. Figure 6에서 가공 전략은 contour_ bidirectional (#51)을 사용하고 있는데 진행 방향과 이동 방향, feedrate 등을 정의할 수 있다. 값들이 생략된 경우는 CNC에서 자체적으로 결정하여 진행 방향과 이동 방향을 결정하게 된다. Figure 7은 contour_bidirectional에 의한 가공 전략을 설명한 그림이다.

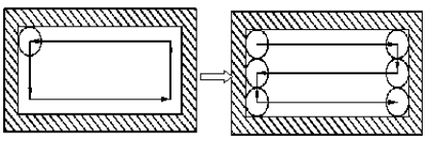


Figure 7. contour_bidirectional 가공 전략 예

3.2.2 가공 조건 정보의 작성

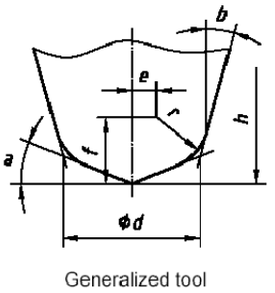
한편 이송량(feed), spindle 회전수 등과 같은 가공 조건 정보는 milling_technology entity를 이용해 정의한다. 이송량은 feedrate나 federate_per_tooth 중의 하나로써 feed를 정의하며 spindle 이나 cut_speed 중 하나로써 spindle 회전수를 정의한다. 그리고 spindle과 feed의 동기화, spindle 및 feed의 override 등에 대한 부가적인 정보도 정의된다. Figure 6에서는 feed_per_tooth로써 feed를 정의하고 cut_speed로써 spindle 회전수를 정의하고 있으며 다른 부가적인 정보는 주지 않았다. 이러한 정보는 기존의 G-code에서는 단순히 F, S를 이용해 feed와 spindle 회전수 밖에 정의하지 못하는 것에 비해 많은 정보를 정의하고 있다.

그리고 가공 도중 수행되는 기계동작은 milling_machine_function을 통해 정의한다. 예를 들면 coolant를 사용할 것인지, air pressure를 사용할 것인지, chip removal 기능을 사용할 것인지 등에 대한 기계 동작을 정의할 수 있다. Figure 6에서는 coolant와 chip removal 기능을 사용하기로 정의하고 있다.

3.3 공구 정보의 작성

기존의 G-code 방식에서는 공구는 단순히 turret에서의 공구의 index를 이용해 T코드를 통해 지령하고 있다. 이렇게 할 경우 사용자나 CNC는 사용되는 공구의 종류 및 형상을 알 수 없이 단순히 turret에서의 지령된 위치만 알 수 있다. 반면 STEP-NC에서는 공구의 종류와 공구의 형상 정보를 모두 포함하고 있기 때문에 사용자는 공구의 종류와 형상 정보를 모두 가지고 있기 때문에 이를 이용해 공구 경로를 자체적으로 생성할 수 있다. 이는 흔히 말하는 공구 catalogue 정보와는 다른 것으로 (ISO 14649 Part 111로 규격화된) STEP-NC에서의 공구 정보는 공구 경로 생성에 반드시 필요한 정보만을 정의하고 있는 requirement information 이다.

STEP-NC에서 공구는 크게 밀링 공구 타입과 드릴링 공구 타입으로 나뉘어 지며 각 타입마다 다양한 밀링 공구 정보가 있다. Tool_dimension은 각 공구의 치수 정보를 설명하기 위한 것으로 Figure 8의 첫 번째 그림과 같은 정보들이 정의되어 있다.



d: diameter
r: edge_radius
e: edge_center_horizontal
f: edge_center_vertical h:
a: tool_tip_half_angle
b: tool_circumference_angle
h: cutting_edge_length

Figure 8. Tool dimension 정보와 tapered_endmill 형상 정보

Figure 6의 operation에서 공구 정보를 정의한 부분은 Figure 9와 같다. 여기서는 날이 4개인 tapered_endmill 공구를 사용하고 있으며 공구의 직경 20.0이고 edge_radius가 1.5이며, tool의 총 길이가 80.0임을 알 수 있다. Figure 9의 두번째 그림은 tapered_endmill의 예를 나타내고 있다.

```
#39= MILLING_CUTTING_TOOL('MILL 20MM',#29,(#125),80.000,$,$);
#29= TAPERED_ENDMILL(#30,4,$,.F.,$,$);
#30= MILLING_TOOL_DIMENSION(20.000,$,$,$,1.500,$,$);
#125= CUTTING_COMPONENT(80.000,$,$,$);
```

Figure 9. 공구 정보 작성과 사용된 공구 예

3.4 가공 순서 정보의 작성

STEP-NC 파트프로그램은 workingstep 이라는 작업 단위로 가공작업을 할당 한다. 이는 기존의 G-code 방식에서 1 block 으로 정의된 축 동작문에 해당된다고 볼 수 있으나, 구성 내용은 전혀 다르다. workingstep 의 정보요소는 그 작업단위에서 제거해야 할 볼륨 (feature), 이에 사용되는 작업타입 (operation), 사용되는 공구 (tool)등 모든 정보요소를 다 포함한다. 가공 순서는 program_structure 라는 entity 를 이용하여 지정하는데, 순차적인 직선형 공정계획 (workplan) 뿐 만 아니라 무순서 실행 (non_sequential)등 비선형 공정계획도 지정할 수 있다. (주: 비선형 공정계획은 STEP-NC 만이 갖는 강력한 강력한 방식으로서 최적화, 지능화

를 CNC 제어기를 구현 수단이 된다. 자세한 것은 참고문헌 [7]에 기술되어 있다.)

Figure 10 은 Figure 3 의 예제형상을 가공하기 위한 파트 프로그램에서 순서를 지정한 부분을 보이는데, 파트 프로그램은 project 라는 entity 로 시작된다. 파트 프로그램의 가공 순서는 project 정보 요소 중 workplan(#2)을 통해 정의되고 가공에 사용되는 소재 정보는 workpieces(#4)에 의해 정의된다. 소재 정보의 작성은 3.5 절에서 기술되어 있다. 여기서 workplan 은 5 개의 workingstep 을 순차적으로 수행하도록 정의 되었는데, 상단 부위(PLANAR FACE)의 정삭가공(#10)을 제일 먼저 수행하고, 구멍 부위 (HOLE1)의 드릴가공(#11), 리밍가공(#12)을 각각 수행하고, 마지막으로 포켓 (POCKET1)의 황삭(#13) 및 정삭가공(#14)을 하도록 순서를 주고 있다.

```
#1=PROJECT('EXECUTE EXAMLPLE 1',#2,(#4),$,$,$);
#2= WORKPLAN('MAIN WORKPLAN',(#10,#11,#12,#13,#14),$,#8,$);
#8= SETUP('SETUP1',#71,#62,(#9));
#10= MACHINING_WORKINGSTEP('WS FINISH PLANAR FACE1',#62,#16,#19,$);
#11= MACHINING_WORKINGSTEP('WS DRILL HOLE1',#62,#17,#20,$);
#12= MACHINING_WORKINGSTEP('WS REAM HOLE1',#62,#17,#21,$);
#13= MACHINING_WORKINGSTEP('WS ROUGH POCKET1',#62,#18,#22,$);
#14= MACHINING_WORKINGSTEP('WS FINISH POCKET1',#62,#18,#23,$);
#62= ELEMENTARY_SURFACE('SECURITY PLANE',#73);
```

Figure 10. 가공 순서 정보 작성 예

3.5 가공 소재 정보의 작성

STEP-NC 파트 프로그램에서 소재정보는 workpiece 라는 entity 에 의해서 정의 된다. 기존의 G-code 에서는 소재 정보를 직접 표현하지 못하고, 단지 소재의 형상과 재질을 감안하여 가공 조건을 설정하지만, STEP-NC 파트 프로그램에서는 소재의 초기 형상과 가공 후 최종 형상, 재질 그리고 소재의 체결 위치 등 소재에 관련된 상세한 정보를 정의할 수 있다. Figure 11 은 Figure 3 의 예제 형상에 사용될 소재정보를 작성한 것이다. 여기서 소재의 재질을 'ST-50'이란 steel 이 사용되고, 초기 형상은 block 형태로써 크기는 100.0 X 120.0 X 50.0 으로 정의하였다.

```
#4= WORKPIECE('SIMPLE WORKPIECE',#6,0.010,$,$,#8,(#66,#67,#68,#69));
#6= MATERIAL('ST-50','STEEL',(#7));
#8=BLOCK('WORKPIECE SHAPE',#70,100.0, 120.0, 50.0);
#66= CARTESIAN_POINT('CLAMPING_POSITION1',(0.000,20.000,25.000));
#67= CARTESIAN_POINT('CLAMPING_POSITION2',(100.000,20.000,25.000));
#68= CARTESIAN_POINT('CLAMPING_POSITION3',(0.000,100.000,25.000));
#69= CARTESIAN_POINT('CLAMPING_POSITION4',(100.000,100.000,25.000));
```

Figure 11. workpiece 정보 작성 예

4. 컴퓨터 지원 파트 프로그래밍 시스템

지금까지 살펴본 것과 같이 STEP-NC 파트 프로그램은 다양하고 방대한 정보를 다루고 있기 때문에 이를 사람이 직접 생성하고 해석하는 것은 불가능하다. 그렇기 때문에 STEP-NC 파트 프로그램은 컴퓨터 지원 소프트웨어를 통해 생성이 되고 해석이 되어야 한다. 현재 STEP-NC 파트 프로그램을 생성하는 시스템은 2000년 9월 독일에서 처음으로 proto type 시스템이 개발되었고, 2000년 11월 미국에서, 2001년 5월 한국에서 본 연구팀에 의해 개발되었다. 아직까지 상용으로 나온 제품은 없으며 미국의 STEPTools사에 의해 freeware로 ST-Plan이란 제품이 개발되었다. 여기서는 본 연구팀에 의해 자체 기술로 개발된 Korea STEP-NC 시스템[6]을 통해 CAD 정보로부터 STEP-NC 파트 프로그램을 생성하는 과정을 소개한다.

Korea STEP-NC 시스템에서 파트 프로그램의 생성은 PosSFP 모듈을 통해서 생성된다. PosSFP 모듈에서 파트 프로그램은 다음과 같은 순서에 의해 생성된다.

1) 가공하고자 하는 파트에 대한 CAD 파일을 STEP AP203 형식으로 읽어들여 이를 해석하고 가시화 한다.

2) 해석된 위상 및 기하 정보를 이용해 ISO 14649 data model 에서 정의하는 가공 특징 형상을 자동화된 알고리즘에 의해 인식한다.

3) 그리고 사용자는 시스템의 interface 를 통해 각 특징 형상에 대해 가공할 operation 의 종류와 가공 전략, 공구, 가공 조건 등을 설정하여 machining_workingstep 을 생성한다.

4) 사용자는 interface 를 통해 각 machining_workingstep 의 가공 순서를 결정한다.

5) 최종적으로 파트 프로그램을 생성한다.

Figure 12 은 PosSFP 시스템에서 이러한 과정을 거치는 것을 각 단계마다 화면을 capture 해서 보여준 것이다.

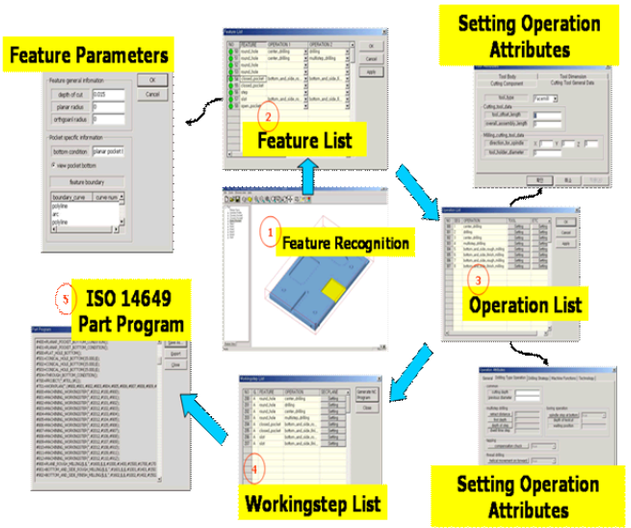


Figure 12. PosSFP 에서의 STEP-NC 파트 프로그램 생성 과정

아래의 Figure 13 은 Figure 3 의 예제 형상에 대해 PosSFP 시스템을 통해 생성된 파트 프로그램을 보여준다. Figure 13 의 파트 프로그램에서 네모 박스 부분은 가공 순서에 관한 정보 부분을 나타내고 있는데, 각 entity 의 고유 index 값만 다를 뿐, 전체적인 가공 순서는 Figure 10 의 가공 순서와 동일함을 알 수 있다.

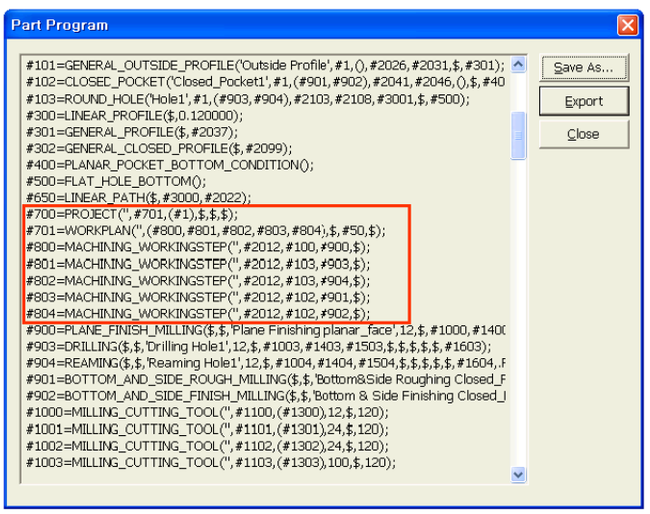


Figure 13. PosSFP 시스템을 통해 생성된 파트 프로그램 예

5. 맺음말

본 논문에서는 ISO 14649 data model 의 구조와 내용을 분석하고, 실제 파트 프로그램의 작성 예를 통해 어떻게 파트 프로그램을 해석해야 되는지를 분석하였다. 또한 컴퓨터 지원 시스템을 통해 CAD file 로부터 ISO 14649 파트 프로그램을 생성하는 방법을 Korea STEP-NC 시스템을 통해 설명하였다.

본문에서 파트 프로그램을 통해서 설명했듯이, STEP-NC 파트 프로그램은 G-code 에 비해 상당히 많은 정보와 장점을 가지고 있다. 참고로, 아래의 Table 1 은 G-code 와 STEP-NC 파트 프로그램을 여러 측면에서 비교한 것이다.

Table 1. STEP-NC 파트 프로그램과 G-code 의 비교

	G-code	STEP-NC
가공 순서	1 block 단위의 선형적인 가공 순서	Workingstep 작업 단위와 program_structure 를 이용하여 선형 및 비선형 공정계획지원
가공 볼륨	축의 X, Y, Z 좌표로써 표현(형상 정보는 없음)	특징 형상을 이용하여 볼륨의 형상 및 특징 등을 정의할 수 있음
가공 방법	급속 이송(G00), 직선 가공(G01), 원호 가공(G02, G03)	평면 가공, 측면 가공, 바닥 및 측면 가공 등 밀링 가공과 드릴링, 보링, 리밍 등의 드릴링 가공 방법 정의
가공 전략	없음	밀링과 드릴링 타입의 다양한 가공 전략 정의
가공 조건	S, F, M 코드	feed(feedrate, feedrate_per_tooth), spindle 회전수(spindle, cut_speed), feed 와 spindle 의 동기화, feed override 등의 정보, coolant, chip removal 등의 기계 동작 정보
공구	T 코드 (공구의 turret 위치 지정)	밀링 및 드릴링 공구 종류, 공구 형상 정보

특히 G-code 는 공구 경로 그 자체임에 반해 STEP-NC 는 직접적으로 공구 경로를 포함하고 있는 것이 아니라 공구 경로를 생성하기 위한 형상 정보, 가공 방법, 가공 조건, 가공 전략, 공구 정보 등을 제공하고 있다. 그러므로

주어진 정보를 이용해 각각의 CNC 에 맞는 최적화된 공구 경로를 생성하고, 이상상황 발생시 자율적인 대처 등이 가능하다.

또한 최근에는 인터넷 환경에서의 정보 교환은 대부분 XML 을 통해서 이루어 지고 있는데, 기존의 G-code 는 XML 로 변환하기가 불가능하기 때문에 G-code 를 이용해서는 e-Manufacturing 환경에서 정보의 교환은 불가능하다. 그러나 STEP-NC 정보의 XML 로의 변환은 이미 STEP part 28 에서 정의되고 있고 XML 을 이용한 생산 환경의 변화에 대한 연구도 수행되고 있다. STEP-NC 와 XML 에 대한 자세한 내용은 참고 문헌 [8]에 기술되어 있다.

향후 수년 이내에 STEP-NC 는 현재의 G-code 를 대체할 것이 확실시 되는 바 국내에서도 향후 STEP-NC 는 수년 이내에 현재의 G-code 를 대체할 것이 확실시 되고 있으며, 국내에서도 STEP-NC 파트 프로그램을 이용해 가공을 할 수 있는 기술의 개발과 새로운 방식을 수용할 수 있는 생산 환경의 infra 구축이 시급하다.

6. 참고 문헌

[1] ISO, ISO 10303 Part 11: Description methods: The EXPRESS language, 1994

[2] ISO, ISO 14649 Part 10: General process data, 2003

[3] ISO, ISO 14649 Part 11Process data for milling, 2003

[4] ISO, ISO 14649 Part 111: Tool for milling machine tools. 2003

[5] ISO, ISO 10303 Part 21: Implementation methods: Clear text encoding of the exchange structure, 2002

[6] S. H. Suh, J. H. Cho, D. H. Chung, B. E. Lee, S. U. Cheon, H. D. Hong, H. S. Lee, “Developing an Integrated STEP-compliant CNC prototype.” J. of Manufacturing Systems, Vol. 21, No. 5, pp. 350-362, March 2002.

[7] S.H. Suh, J.H. Cho, H.D. Hong, "On the architecture of intelligent STEP-compliant CNC", Int'l J. of CIM, Vol 15, No 2, Jan 2002, 168-177

[8] 정대혁, 이병언, 서석환, “Turning STEP-NC data model and part programming,” 2004 춘계 IE/MS 학술대회 프로시딩, May 21, 2004.