

전문가 시스템을 이용한 부품 분류 및 코딩

박 양 병*

an Expert System for Part Classification and Coding

Yang-Byung Park

Abstract

This paper discusses an expert system to generate part codes and construct part families, ESPCC, for the group technology application. The ESPCC, that is developed by using VP-Expert rule-based expert system development tool, embodies the specific knowledge of human experts to determine part codes consistent with the OPITZ classification and coding system. The ESPCC is implemented on an IBM compatible personal computers running MS-DOS.

1. 서 론

그룹테크놀로지(Group Technology ; GT)란 제조와 형상, 치수, 원자재의 유사성을 기본으로 하여 부품들을 여러 그룹으로 한데 모아 취급함으로써 "제조", 및 "생산계획 및 통제"의 효율을 향상시키고자 하는 일종의 철학이다. GT는 고전적 의미의 생산성 향상은 물론 최근에는 컴퓨터 총합 생산시스템(Computer Integrated Manufacturing System) 구축을 위한 기본적인 철학으로 인식되고 있는데, 이것은 GT의 적용으로 여러 상이한 부품들과 가공에 필요한 기계들을 그룹으로 묶을 수 있게 되어 다품종소량 생산형태가 중품종 중량 생산형태로

변환이 가능하기 때문이다. 이에 따라 컴퓨터지원 설계(CAD), 컴퓨터지원 공정설계(CAPP), 유연 생산시스템(FMS) 등의 실현이 용이하게 된다.

GT의 적용상 가장 중요하고도 난해한 문제는 부품들을 그룹으로 묶는 것이다[1]. 다시 말해서 부품 패밀리(part family) 구성 문제이다. 부품 패밀리 구성방법으로는 여러 방법 중에서 부품설계와 제조에 관한 속성을 토대로 한 분류 및 코딩(classification and coding) 방법을 주로 사용하고 있다. 그러나 이 방법은 매우 시간 소모적이며, 또한 훈련된 전문가에 의해 방대한 데이터 분석을 필요로 하는 문제점을 내포하고 있다. 그림 1에 나타난 바와 같이, 부품의 분류 및 코딩은 CAD/CAM의

* 경희대학교 공과대학 산업공학과.

총합적 접근을 가능하게 해주는 중요한 열쇠가 된다 [2].

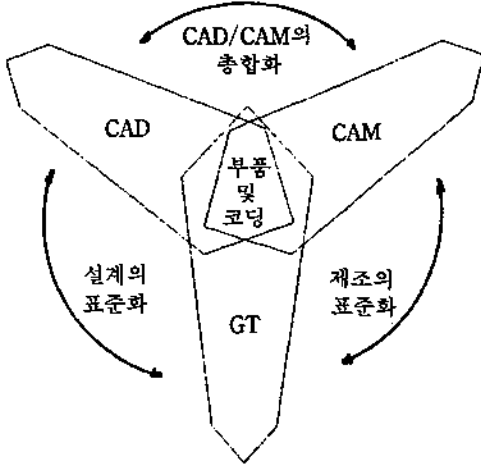


그림 1. CAD, GT, CAM

그동안 부품의 분류 및 코딩을 위해서 많은 시스템이 개발되어 왔다. 대표적으로 OPITZ, MICLASS, KK-3 시스템 등을 들 수 있다. 그러나 GT 적용의 특성상 부품의 분류 및 코딩 시스템은 반드시 대상 생산시스템의 특성에 맞도록 설계되어야 하므로, 이들 기존의 시스템 중 어느 한 시스템이 항상 최적이라고 말할 수 없다. 다만 이들 시스템을 기본으로 필요에 따라 수정, 보완을 하거나, 또는 독자적으로 새로운 시스템을 개발하여야 한다.

이와 같은 부품 분류 및 코딩 시스템의 개발과 적용상의 문제점을 어느 정도 해결할 수 있는 방법으로 전문가 시스템(expert system)의 적용을 고려할 수 있다. 전문가 시스템이란 특정 문제 영역에 대한 지식기반 시스템(knowledge based system)과 추론 및 의사 결정과정을 모델화한 프로그램이라고 간단히 정의할 수 있는데, 지식의 추가와 수정이 매우 용이하다. 전문가 시스템의 주요 구성요소로는 지식베이스(knowledge base)와 추론기관(inference engine)이 있다. 지식베이스는

문제영역에 직접 관련된 지식을 모아 놓은 것으로서 사실과 규칙으로 구성되어 있다. 추론기관은 지식 베이스를 이용하여 문제를 해결하기 위하여 논리적으로 프로그램을 제어하는 수단이다. 그림 2는 전문가 시스템의 구성요소와 상호관계를 나타내고 있다. 그림 2에서 지원소프트웨어는 DOS하에서 실행될 수 있는 소프트웨어를 의미하는 것으로서, 예컨대, dBASEIII+, 1-2-3 Worksheet, AUTOCAD, C, FORTRAN 프로그램 등을 들 수 있다. 전문가 시스템에 대한 자세한 이론은 [3], [4], [5] 등의 참고문헌을 통해 습득할 수 있다.

본 논문에서는 VP-Expert라는 전문가 시스템 개발언어(전문가 시스템 셸), OPITZ 코딩 및 분류 시스템, 그리고 dBASEIII+지원소프트웨어를 이용하여 개발된 부품 분류 및 코딩을 위한 전문가 시스템, an Expert System for Part Classification and Coding(ESPPC)을 소개한다.

VP-Expert 전문가 시스템 개발도구[6]는 1987년 Paperback Software International 회사가 소개한 프로그래밍 언어로서, 규칙을 이용한 지식표현 방법과 후방향 추론방법(backward inference chaining)을 사용하고 있다. 이 언어는 영문 형태의 규칙구축을 따르고 자체적으로 편집기능(editor)을 보유하고 있기 때문에, 사용하기가 매우 용이하다. 또한 VP-Expert는 데이터베이스, 워크시트, 또는 ASCII 텍스트 파일과의 데이터 교환이 가능하며, 외부의 DOS 프로그램을 실행할 수 있는 능력을 보유하고 있다.

OPITZ 시스템[7]은 서독 Aachen 대학의 OPITZ 교수에 의해 개발된 부품 분류 및 코딩 시스템으로서, 현재 가장 널리 활용되고 있는 시스템 중 하나이다. OPITZ 시스템은 기본적으로 9자리 숫자로 형성되어 있으며, 부품의 설계 및 제조에 관한 속성을 토대로 한다. 또한 이 시스템은 트리구조를 이용하는 단계적 코딩 방법(hierarchical code)을 따르고 있다. 즉, 각 자리의 수치가 의미하는 정보는 앞자리 수치에 좌우한다. dBASEIII+[8]는

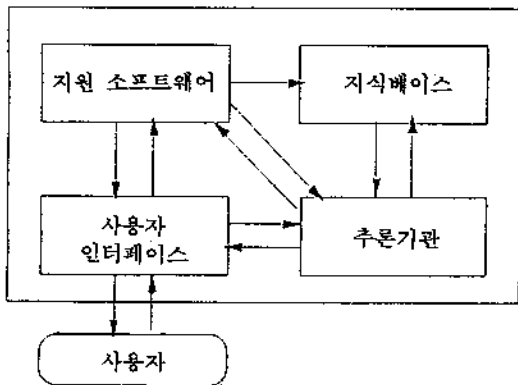


그림 2. 전문가 시스템 구성

1985년 Ashton-Tate사에 의해 개발되어 소개된 데이터베이스 소프트웨어로서, 전 세계적으로 널리 활용되고 있다.

ESPCC의 주요기능은 사용자의 순차적인 메뉴 선택 또는 응답을 통하여 주어진 부품의 코드를 결정하는 것이다. 진단과정(consultation process)에서 불확실한 정보에 대한 반영이 가능하며, 한정된 의미의 학습능력을 보유하고 있다. 또한 ESPCC는 데이터베이스에 기록되어 있는 부품들중 사용자에게 의해 지정된 부품과 유사한 부품들을 탐색하여 부품 페밀리를 구성하고, 이들에 대한 모든 정보를 제공하여 준다. 특히 ESPCC는 추후 CAD 시스템 도입과 함께 구축되어지는 새로운 데이터베이스와의 결합이 용이하도록 설계되어 있다. ESPCC는 전문가 시스템을 이용한 부품 분류 및 코딩 시스템을 개발하는데 참고할 수 있는 하나의 표본 시스템으로서, 전문가가 아닌 일반인도 쉽게, 빠르게 그리고 정확하게 부품의 코딩과 분류작업을 수행할 수 있게 해주는 데 그 의의를 찾을 수 있다.

2. ESPCC

2-1. ESPCC의 개요

ESPCC는 OPITZ 시스템을 이용하여 부품의 분류

및 코딩작업을 수행하는 진단프로그램 (consultation program)이다. 여기서 OPITZ 시스템은 부품의 분류 및 코딩을 위한 전문지식으로 간주된다. ESPCC는 대상 부품의 설계 및 제조에 관련된 속성을 사용자로부터 질문을 통하여 수집한 다음, 이들 특정 사실들을 규칙들의 집합인 지식과 대응시켜 사용자에게 부품의 코드 또는 페밀리를 결론으로 제공한다. 사용자는 결론이 도출되기까지의 추론 과정으로부터 완전히 자유로울 수가 있으며, 단지 단순한 사실 제공자의 역할만 수행하면 된다. 사용자는 진단과정에서 필요한 경우 주어진 질문이 결론의 도출에 어떠한 의미를 갖는지 설명을 요구할 수도 있다. ESPCC는 진단과정에서 사용자가 메뉴에 따른 질문에 대한 응답을 할 때마다 응답의 유효성을 나타내는 신뢰수준을 반영할 수 있게 한다. 이에 따라 도출된 결론, 즉 부품의 코드는 고유의 신뢰수준을 갖게 된다. ESPCC의 개략적 구성이 그림 3에 나타나 있다.

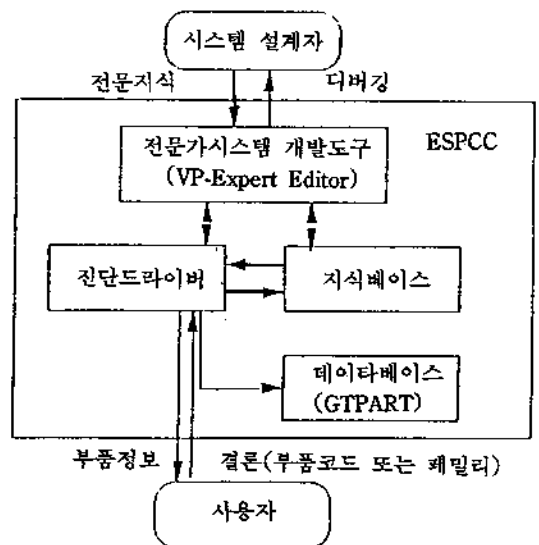


그림 3. ESPCC 구성

ESPCC는 그림 3에서 나타난 바와 같이 3가지 주요 구성요소로써 이루어져 있다.

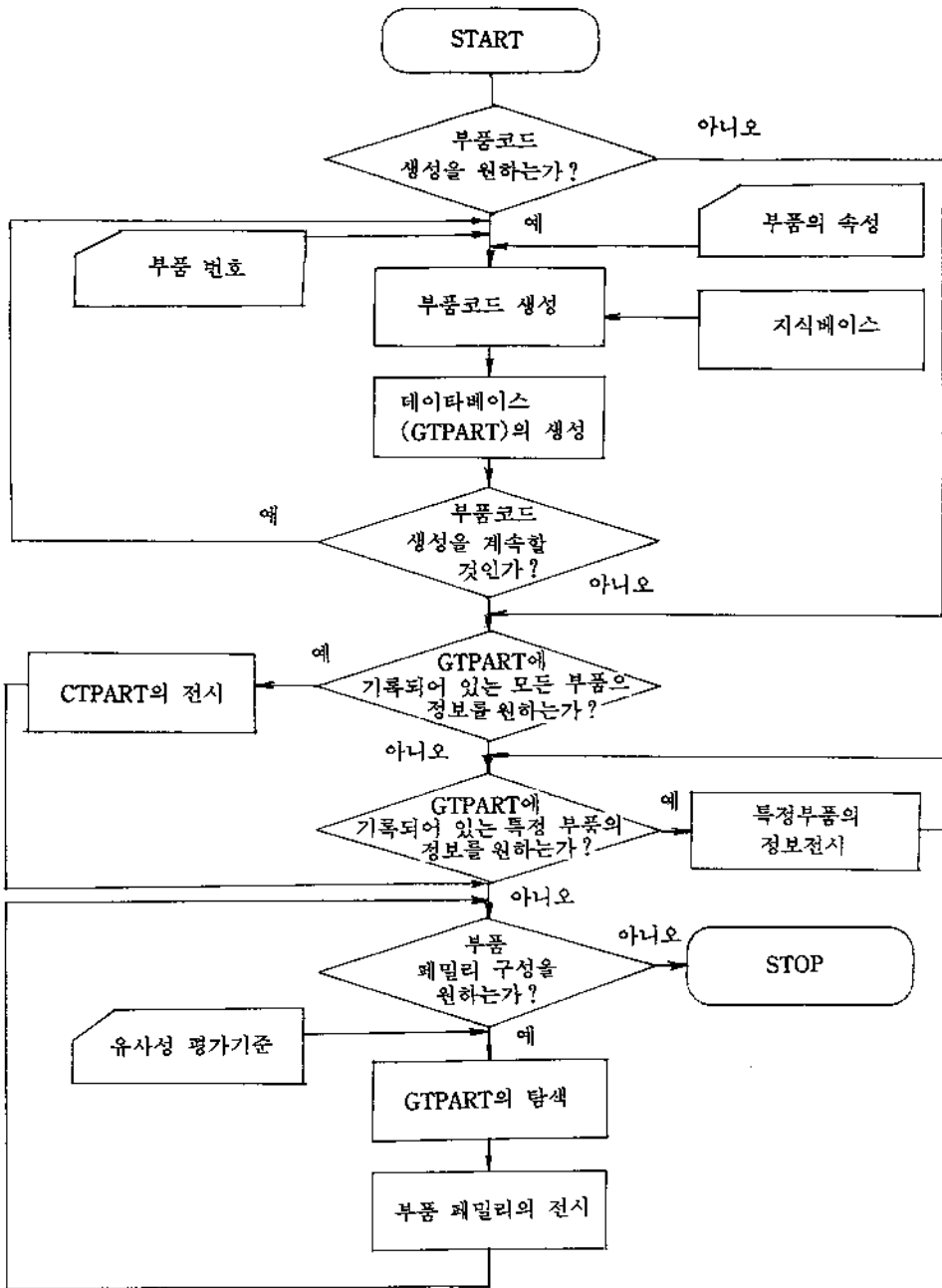


그림 4. ESPCC의 진행과정

첫째, 부품 코드의 결정 기준이 되는 부품의 설계 및 제조에 관한 일반적인 지식이 포함되어 있는

지식베이스, OPITZ 시스템 대신 기존의 다른 또는 독창적으로 개발된 시스템을 지식베이스로 사용할

수 있다. 지식베이스의 구축 또는 수정, 보완은 VP-Expert Editor를 이용한다.

둘째, 사용자와의 인터페이스와 진단 결과 얻어진 부품들의 모든 정보를 기록하는 데이터베이스. ESPCC는 dBASEIII+를 데이터베이스 지원 소프트웨어로 사용하고 있으며, VP-Expert 고유 명령들을 이용하여 데이터베이스의 저장 및 불출 작업을 수행한다.

셋째, 문제해결 과정을 수행하는 진단 드라이버 (또는 추론기관). 진단 드라이버는 새로운 지식을 추론하기 위해 규칙을 어떻게 적용해야 할 것인가 그리고 규칙들을 적용하는 순서를 결정하는 역할을 수행한다. VP-Expert 자체에 내재되어 있으므로 사용자는 진단 드라이버에 의해 제시된 질문에 응답만 하면 된다.

ESPCC의 확장연구 분야로서 AUTOCAD와 같은 CAD 시스템의 결합을 고려할 수 있다. 이것은 부품의 분류 및 코딩이 부품의 설계요소에 대한 속성을 일부 기본으로 하고 있기 때문이다. 즉, CAD 시스템에 따른 또 하나의 데이터베이스를 구축하여 부품코드를 생성하는데 필요한 정보를 곧 바로 이 데이터베이스로부터 불출할 수 있도록 하는 것이다. 사용자는 진단 드라이버가 CAD 데이터베이스로부터 직접 얻을 수 없는 정보만을 제공하도록 질문을 받게 될 것이며, 이에 따라 사용자와 전문가 시스템과의 인터페이스는 극소화 될 수 있다.

ESPCC의 구체적인 진행과정을 흐름도로 나타

내면 그림 4와 같다.

2-2. 지식베이스의 표현

ESPCC의 지식베이스는 규칙들의 집합으로서, ACTIONS 블록, ASK문 등으로 구성되어 있다. 지식의 주체가 되는 규칙의 기본 형태는

IF<조건> THEN<결론> [[CNF<신뢰수준>]] ;

을 따른다. 조건은 AND 또는 OR을 이용하여 1개 이상으로써 구성될 수 있다. 결론도 복수으로써 이루어질 수 있다. 규칙의 IF 조건이 현 상태의 사실들에 의해 만족되면 결론 부분이 수행된다. 결론의 수행은 지식베이스에 새로운 사실을 추가하기도 한다. ESPCC 지식베이스의 모든 규칙들은 100% 신뢰수준을 가진다.

ESPCC에서 부품 코딩을 위한 지식베이스는 모두 9개 영역의 규칙들로서 구축되어 있다. 각 영역의 규칙들은 부품코드의 한자리 수치를 결정하게 된다. 진단과정을 거치면서 결정된 수치들은 순서대로 결합되어 마지막에 완성된 코드로서 사용자에게 알려진다. OPITZ 시스템은 단계적인 코딩 방법을 따르기 때문에, 두번째 자리 이후의 수치결정은 첫번째 자리의 수치에 좌우된다. 참고로 첫번째와 다섯번째 자리의 수치를 결정하는 규칙 일부를 아래에 소개한다.

RULE1

```
IF PART_CLASS=ROTATIONAL_PART AND L/D <=0.5 THEN DIGIT1=0
    BECAUSE "to define the first code digit for a particular part, it's necessary to know what the part class is and what the ratio of length/diameter is."
;
```

RULE 19

```
IF DIGIT1=0 OR DIGIT1=1 OR DIGIT1=2 AND
    GEAR_TEETH=NO AND AUX_HOL_TE=RADIAL_NO_ON_PIT_CIR
THEN DIGIT5=0
    BECAUSE "to define the fifth code digit for a particular part when its first code digit is 0, 1 or 2, it's necessary to know what the conditions of auxiliary holes and gear teeth are."
;
```

각 규칙의 맨 뒤에 포함되어 있는 BECAUSE문은 선택사항으로서, 진단과정에서 사용자에게 규칙에 관련된 질문의 이유(WHY?)를 설명해 주는 역할을 수행한다. 지식베이스내의 규칙들은 임의의 순서로 구축되어질 수 있다. 그러나 규칙들의 배열순서는 추론기관이 지식베이스를 탐색할 때 그 경로에 영향을 미치게 되어 프로그램 실행속도를 결정하므로, 가능하면 규칙들은 추론기관의 탐색경로를 고려하여 순서대로 구축되어질 필요가 있다. ACTIONS 블록은 진단의 목표변수들(goal variables)과 그들의 진단순서를 정의한다. 또한 데이터베이스에 관련된 작업들을 정의하는 절(clause)들을 포함한다. ASK문에 대해서는 다음에 언급하기로 한다.

2-3. 추론 방법

ESPCC는 1:1 대응과 후방향 추론방법을 이용한다. 즉, 추론기관은 먼저 지식베이스내 ACTIONS 블록에서 도출해야 할 목표변수를 결정하고 이 변수의 값을 구하기 위해 필요한 규칙들을 거꾸로 찾아나간다. 만약 지식베이스의 탐색결과 관련된 규칙에서 조건의 1:1 대응에 필요한 변수값이 결정될 수 없다면, 추론기관은 ASK문과 CHOICES 문을 이용하여 사용자에게 질문과 함께 선택메뉴(선택사항임)를 제공한다. 추론기관은 사용자로부터의 응답입력을 가지고 1:1 대응을 찾아 목표변수의 값을 도출한 후 추론을 마친다. ESPCC의 추론과정을 예를 들어 논리적으로 표현하면 그림 5와 같다.

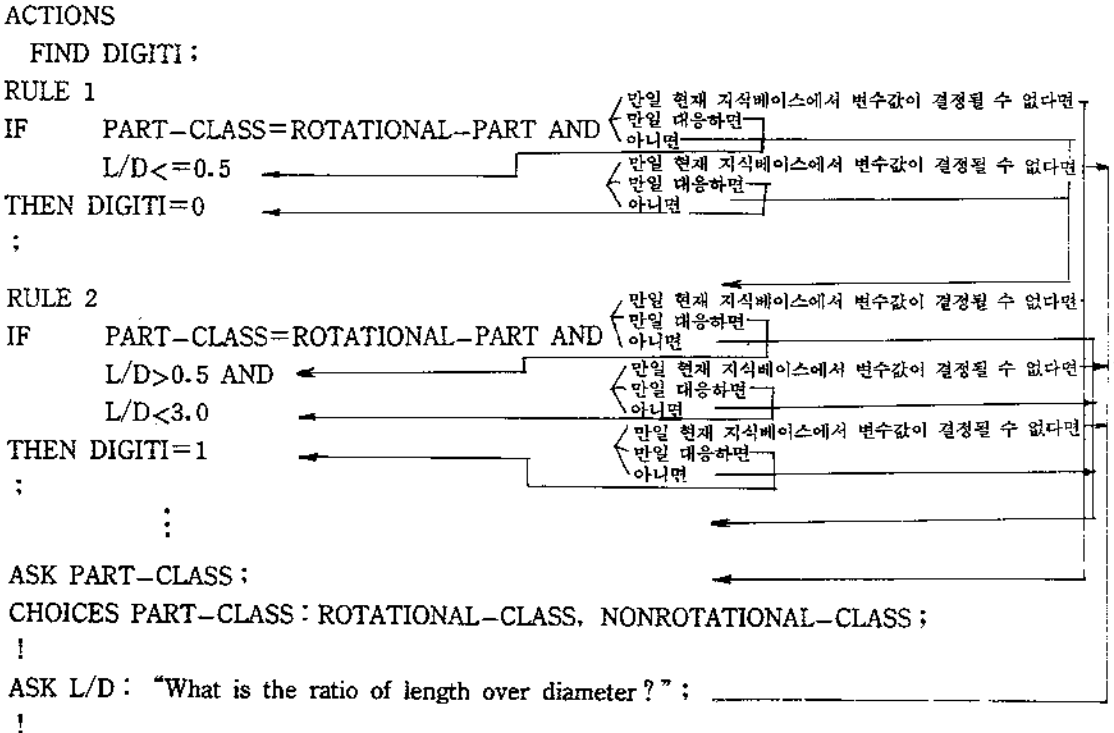


그림 5. ESPCC 추론 과정의 예

2-4. 데이터베이스의 이용

dBASEIII+소프트웨어를 이용한 ESPCC의 데이터베이스 GTPART는 진단을 거친 모든 부품의 속성과 코드에 대한 정보를 보관하고 있다. 따라서 ESPCC 진단드라이버는 사용자의 요구에 따라 데이터베이스로부터 특정 부품에 대한 정보를 불출할 수 있다.

부품의 유사성에 근거한 부품 페밀리의 구성은 데이터베이스를 탐색하여 이루어진다. 유사성의 기준이 되는 부품의 속성은 사용자에게 의해 지정되는데, 속성을 나타내는 수치수는 제한되지 않는다.

데이터베이스를 이용한 ESPCC의 주요기능으로는 부품 페밀리 구성이외에도 지식베이스의 데이터 변경 및 추가, 유사한 부품에 대한 부품코드의 직접생성을 들 수 있다. 특히 이들 기능에 비추어, Barr and Feigenbaum[9]에 의해 정의된 학습능력

의 의미와는 거리가 있지만, 한정된 의미로써 ESPCC는 경험으로부터의 학습능력을 보유하고 있다고 말할 수 있다.

3. 예 제

ESPCC를 이용하여 코드를 생성하고자 하는 부품의 설계(부품 번호 : 0006)가 그림 6에 묘사되어

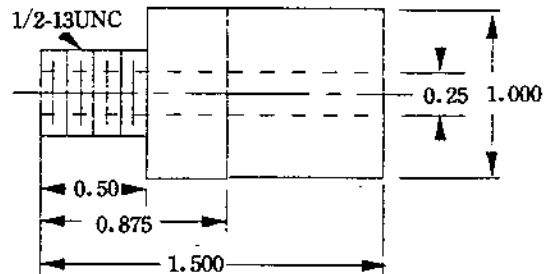


그림 6. 예제에 사용된 부품의 설계

KBS : GTEXPERT

```

+++++
This expert system generates part codes using the Opitz
coding system and classifies the parts into groups based on the
geometrical similarities.----- NAME: ESPCC (An Expert System for
Part Classification and Coding)
+++++

(Press any key to begin the consultation. !!!)

What is the part number whose code you want to define
based on the goemetric similarities ?
(Type a question mark if, instead, you want to end the consultation)

0006 ?

To which class does the part belong ?

ROTATIONAL_PART          NONROTATIONAL_PART

What is the ratio of length over diameter ?

1.5 ?

What is the external shap of the part ?
    
```

```
SMOOTH|N_SHAP                1_STEP|SMOOTH|N_SHAPE
1_STEP|SMOOTH|THREAD ✓       1_STEP|SMOOTH|GROOVE
```

What is the interal shap of the part ?

```
N_HOLE                1_STEP|SMOOTH|N_SHAPE ✓
1_STEP|SMOOTH|THREAD  1_STEP|SMOOTH|GROOVE
```

What is the form of the plane surface machining of the part ?

```
N_SURFACE_MACHINING ✓  PLANE|CURVE_IN_1_DIR
EXT_PLANE_SUR_ON_CIR  EXT_GROOVE|SLOT
```

Does the part have gear teeth ?

yes no ✓

What are the conditions of auxiliary holes and gear teeth ?

```
N_AUXILIARY_HOLE ✓  AXIAL_NOT_ON_PIT_CIR
AXIAL_ON_PIT_CIR   RADIAL_NO_ON_PIT_CIR
```

The code of a given part is as follow.

1 2 1 0 0

(Press any key to contonue !!!)

What is the part number whose code you want to define based on the geometric similarities ?
(Type a question mark if, instead, you want to end the consultation)

? ¶

** PART CLASSIFICATION CODES **

PART NO	CODE
0001	1 2 3 0 1
0002	1 2 0 0 0
0003	2 0 1 1 3
0004	0 2 3 1 3
0005	1 2 1 2 1
0006	1 2 1 0 0

? ¶

What is the part number whose code you want to retrieve from the data base ?
(Type a question mark if, instead, you want to end the consultation.)

0001	0002	0003
0004	0005	0006

? ¶


```

Do you want to know all the similair part members from
the data base to a given part ?
(Type a question mark if, instead, you want to end the consultation.)

yes      no

How many code digits do you want to consider in grouping
part ?
(Type a question mark if, instead, you want to end the consultation.)

2 ?
What is the first digit code to consider ?

1 ?
What is the second code digit to consider ?

2 ?

** SIMILAR PARTS (GROUP MEMBERS) **

0001      12301
0002      12000
0005      12121
0006      12100

Do you want to know all the similair part members from
the data base to a given part ?
(Type a question mark if, instead, you want to end the consultation.)

yes      no

? ?

The whole consultation of this expert system(ESPCC) has
been completed !!!
    
```

그림 7. ESPCC 실행 예

있다. 이 예제에서 ESPCC는 사용자로부터 부품에 대한 모든 속성을 제공받게 되며, 결론적으로 부품코드 "12100"을 생성한다. 실제 9자리 코드를 생성할 수 있으나, 여기서는 간단히 5개 코드만을 생성토록 하였다.

이 예제는 Groover[10]의 예제 18.1을 약간 변형시킨 것이다. ESPCC의 진단과정이 그림 7에 나타나 있다. 이 진단과정은 ESPCC를 IBM 호환 PC/AT에서 실행한 결과 얻어진 것이다.

그림 7에 나타난 바와 같이, ESPCC의 다양한 기능을 구체적으로 보여주기 위해 데이터베이스에 5개의 부품(부품 번호 : 0001-0005)에 대한 정보를 미리 기록해 두었다. 그리고 편의상 부품의 정보는 부품번호와 부품코드만을 인쇄하도록 하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 GT 적용에 따른 부품의 분류 및

코딩을 위한 전문가 시스템 ESPCC의 개발을 소개하였다. ESPCC는 OPITZ 시스템의 전문지식을 규칙으로 표현하여 부품 코딩의 기본으로 사용하였다. 그러나 적용대상 생산시스템의 특성에 맞추어 OPITZ 시스템 대신 기존의 다른 시스템이나 독창적으로 개발된 시스템으로써 지식베이스를 구축할 수 있다. ESPCC는 VP-Expert 전문가 시스템 개발도구로써 구축되었으며, MS-DOS 하에서 IBM 호환 PC를 이용하여 실행되었다.

ESPCC의 주요기능으로는 부품의 코드생성, 유사 부품 패밀리 구성, 유사한 부품에 대한 부품코드의 직접생성 등을 들 수 있다. ESPCC에 의한 부품 코딩작업은 기본적으로 OPITZ 시스템과 같은 기능을 수행하지만, 다음과 같은 3가지 독특한 성질을 가지고 있다.

첫째, 응답의 신뢰수준으로 표현되는 부품속성에 대한 불확실한 지식이 부품코드 도출과정에 반영될 수 있다.

둘째, 부품코드 도출과정에서 사용자에게 발생할 수 있는 의문점에 대해 전문가 수준의 설명이 제공될 수 있다.

셋째, 데이터베이스를 이용한 한정된 의미의 학습능력을 보유하고 있기 때문에, 유사한 부품에 대한 부품코드의 직접 생성이 가능하다.

결론적으로, ESPCC는 전문가 시스템을 이용한 부품 분류 및 코딩 시스템을 개발하는데 참고할 수 있는 하나의 표본 시스템으로서, 전문가가 아닌 일반인도 쉽게, 빠르게, 그리고 정확하게 부품의 코딩과 분류작업을 수행할 수 있게 해 주는 장점을 가지고 있다. 추후 연구결과 ESPCC에 CAD 시스템이 결합되어 진다면, 사용자와 전문가 시스템의 인터페이스는 극소화되어 ESPCC의 기대효과는 더욱 상승될 수 있을 것이며, 또한 ESPCC는

CAD/CAM의 연결매체로서 그 중요성이 크게 부각되어 질 것이다.

참고문헌

- [1] Gallagher, C. C. and W. A. Knight, Group Technology Production Methods in Manufacture, Ellis Horwood Limited, England, 1986.
- [2] 함인용, Computer Integrated Manufacturing을 위한 Group Technology의 적용, Workshop Seminar 강의자료, 1984.
- [3] Luger, G. F. and W. A. Stubblefield, Artificial Intelligence and Design of Expert Systems, Benjamin/Cummings Publishing Co, Inc., CA, 1989.
- [4] Rolston, D. W., Artificial Intelligence and Expert Systems Development, McGraw-Hill, Inc., U. S. A., 1988.
- [5] Parsaye, K. and M. Chignell, Expert Systems for Experts, John Wiley & Sons, Inc., 1988.
- [6] VP-Expert, Paperback Software International, 1987.
- [7] Opitz, H., A Classification to Describe Workpieces, Pergamon Press, Oxford, 1970.
- [8] 손경업, 알기 쉬운 dBASEIII plus, 세화, 1987.
- [9] Barr, A and E. A. Feigenbaum, The Handbook of Artificial Intelligence, Vol. 2, William Kaufmann, Inc., Los Altos, CA, 1982.
- [10] Groover, M. P., Automation, Production Systems, and Computer-Aided Manufacturing, Prentice-Hall, Inc., 1980.