

〈技術論文〉

## NC파트 프로그래밍을 위한 전문가시스템

정 선 환\*

(1994년 4월 28일 접수)

### An Expert System for NC Part Programming (ESPP-1)

Seon-Hwan Cheong

**Key Words :** Expert System(전문가시스템), NC Part Programming(NC파트 프로그래밍), Knowledge Base(지식베이스), Inference Engine(추론기관), Rule Base(규칙 베이스), Artificial Inteligence(AI : 인공지능)

#### Abstract

An expert system for NC part programming of NC lathe(ESPP-1) is developed as a part of Computer-Adied Manufacturing system. Conventional computer-assisted part programming system essentially requires an NC part programmer who is an expert in NC part programming. But the developed ESSP-1 can allow an inexperienced person to make an excellent NC data for the NC Lathe without any problem, since the system has a knowledge base composed of EIA and ISO NC code, feed rate, spindle speed, machining coordinates selection, and tool selection etc., which were directly evoked from some skilled NC part programmers, and referenced some machining handbooks. This paper discusses the algorithm of the expert system for NC part programming of the NC lathe(ESPP-1) and the performance comparisons between the developed expert system and the conventional system.

#### 1. 서 론

현대는 분야별로 전문화된 시대이므로 특정분야에서 발생하는 복잡한 문제를 해결해 줄 수 있는 많은 전문가들(experts)을 필요로 하고 있다. 그러나 편리함을 추구하는 현대인의 생활심리는 특정분야에서 장기간에 걸쳐 지식과 경험이 축적되어야 하는 전문가의 길을 기피하는 경향이 심화되고 있기 때문에 특정문제 영역에서 활동하는 전문가의 수는 실제로 부족한 형편이다.

전문가시스템(expert system)은 특정한 분야의 전문지식과 경험을 컴퓨터 프로그래밍화하여, 전문가

가 어떤 문제를 해결하는 것과 같은 일을 할 수 있도록 구성된 컴퓨터 시스템으로서, 전문가의 일을 대신하게 할수있다.<sup>(1)</sup>

이것은 지난 10여년간 인공지능(artificial intelligence)관련 연구자들에 의해 연구 개발 되었으며, 현재 사회 각분야에 걸쳐 널리 응용되고 있다.

NC파트 프로그램(NC part program)은 NC 공작기계를 운전하는데 필요한 것으로써, NC 코드를 사용하여 직접 프로그래밍하는 수동방식과 컴퓨터에 의하여 NC 데이터를 생성하는 자동방식이 있다. 이들 방식중 현재 CAD/CAM 기술의 발전에 따라 자동방식이 많이 사용되고 있는 추세이나, 현재 단계에서 CAD/CAM 시스템은 높은 비용이 투자되고, 사용에 관한 많은 전문지식과 경험을 필요로 하기 때문에, 비전문가에게는 사용하기가 어

\*정회원, 금오공과대학교 생산기계공학과

럽고, 또한 잘 사용하게 되기까지는 장시간의 교육과 경험을 필요하게 된다.<sup>(2)</sup>

본 연구는 이러한 문제점을 해결하고자 NC파트 프로그래머(NC part programmer)가 가지고 있는 전문지식과 경험을 수합하여 이들을 규칙화하고, 이것을 토대로 비전문가라고 할지라도 PC상에서 쉽고 빠르게 NC 데이터를 생성할 수 있는 NC 파트프로그래밍용 전문가시스템 ESPP-1을 개발하였다.

이 분야는 국내에서 처음 시도되었으며, 1차적으로 NC 선반작업만을 대상으로 하였다.

## 2. NC파트 프로그래밍과 전문가시스템

NC 데이터를 생성하는데 있어서 종래의 방식과 전문가시스템에 의한 방식을 비교하면 Figs. 1, 2와 같다.

Fig. 1은 종래의 자동파트 프로그래밍방식으로, NC파트 프로그래머(NC파트 프로그래밍 전문가)가 도면을 보면서 전용의 파트 프로그램을 작성한후, 자동 프로그래밍장치(computer-assisted part programming system)에 입력하면, 컴퓨터의 주처리장치(main processor)에서 CL 데이터(cutter-

location data)가 계산되고, 후처리장치(post processor)에서 사용하고자 하는 NC공작기에 알맞는 형태의 NC 데이터가 생성된다.

전용의 NC파트 프로그래밍 언어(예 : APT, FAPT, KAPT, CS-CAM 등)는 대부분 도형정의, 운동정의, 기술정보정의 및 보조정의로 구성되어 있다. 따라서 좋은 NC 데이터를 얻기 위해서는 이에 관한 많은 전문적인 지식과 경험을 가지고 있는 파트 프로그래머가 필요하게 된다.<sup>(3)</sup>

이에 대하여 Fig. 2는 NC 파트프로그래밍을 위한 전문가시스템 ESPP-1의 구성을 나타낸 것으로서, 전문가가 가지고 있는 절삭가공에 관한 전문적인 지식과 경험, 즉 EIA, ISO NC 코드, 이송률, 주축회전수, 좌표계 선정, 공구선정 등에 관한 지식과 경험을 추출하기도 하고, 또 기계가공 편람을 이용하여 지식베이스(knowledge base)를 구축해 놓고, C언어로 작성한 추론기관(inference engine)에 의해 지식베이스내에 저장되어 있는 규칙들(production rules)을 추론함으로써, 파트 프로그래밍 전문가인 파트 프로그래머의 역할을 대신할 수 있으므로, 초심자라 할지라도 쉽고 빠르게 NC 데이터를 생성할수 있게 된다.<sup>(4~8)</sup>

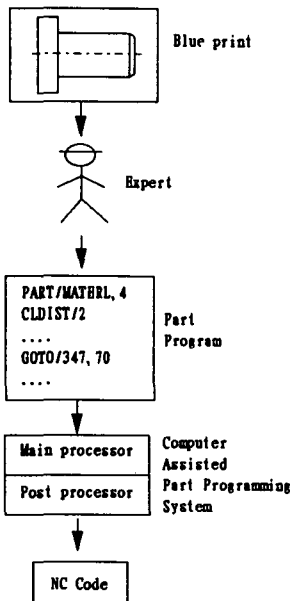


Fig. 1 Configuration of conventional NC part programming system

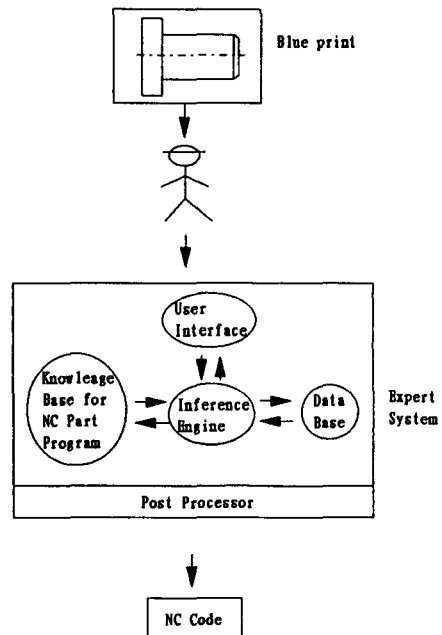


Fig. 2 Configuration of ESPP-1

### 3. NC파트 프로그래밍을 위한 전문가시스템

#### 3.1 알고리즘

NC파트 프로그래밍을 위한 전문가시스템 ESPP

-1의 알고리즘은 Fig. 3과 같으며, 사용언어는 C이고, IBM 호환기종 PC상에서 구동이 된다.

입력은 CAD 데이터를 직접 활용할 수도 있고, 도면을 보면서 CRT 화면상에서 대화식으로 할 수도 있다. 입력이 CAD 데이터인 경우는 Auto C

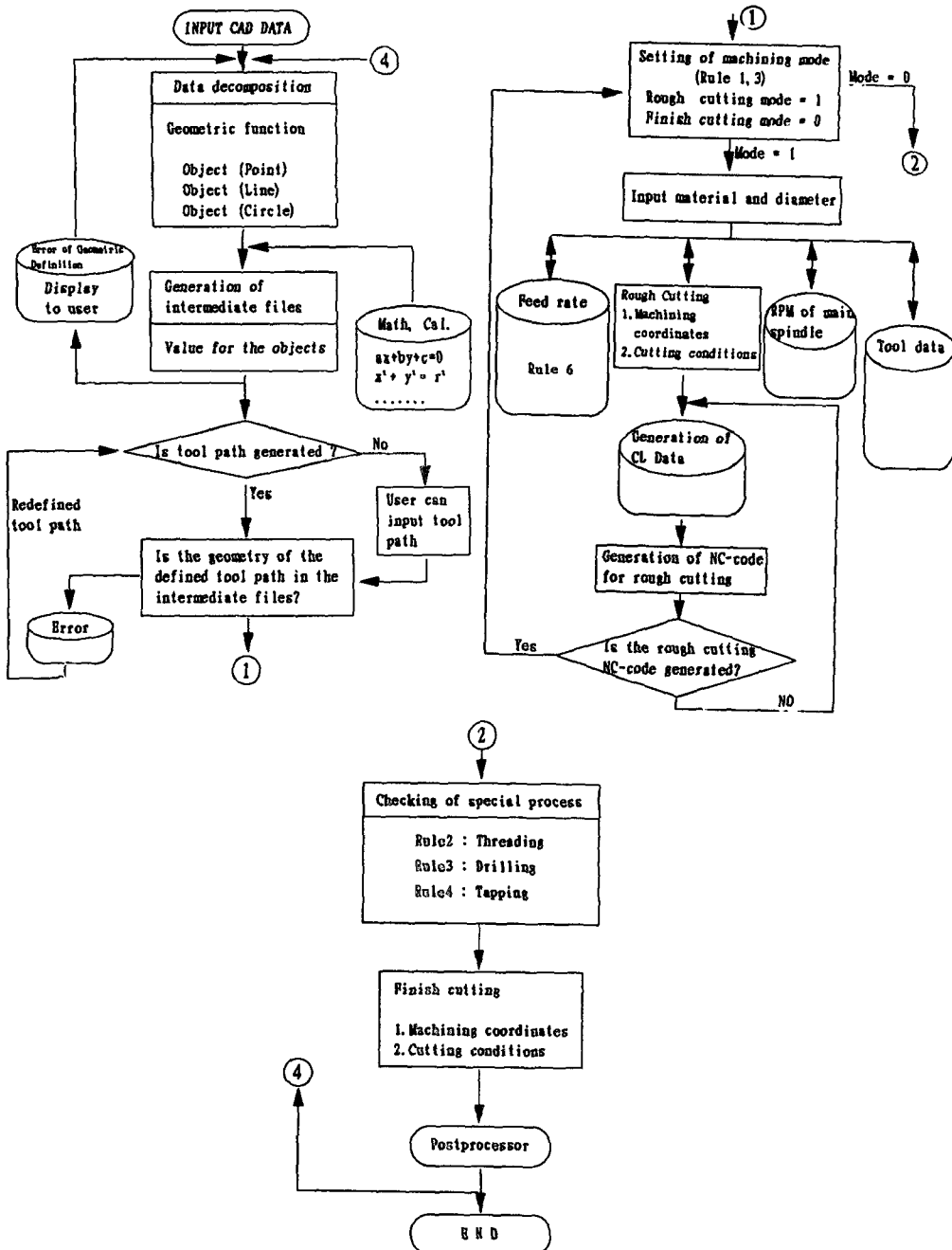


Fig. 3 Algorithm of the ESPP-1

AD의 DXF 파일을 받아 처리할수 있도록 하였다. 그러므로 CRT상에 나타나는 CAD 데이터로부터 점, 선, 원호와 같은 도형요소에 의해 도형정의를 해주거나, 도면을 보면서 대화식으로 도형정의를 해주면, 공구경로 자동생성 루틴에 의해 자동적으로 공구경로가 생성되고, CL 데이터를 위한 중간 파일이 만들어진다. 그러나 작업자가 원하는 특수한 공구경로가 있다면 그것을 입력시킬 수도 있다.<sup>9)</sup> 가공모드 선택에 있어서 황삭, 정삭이 다 필요한 경우는 먼저 모드 1을 선정하면 되고, 정삭을 위한 모드 0은 모드 1이 완료된 후 자동적으로 선택된다. 그러나 정삭만 필요한 경우는 모드 0을 선택해

야 한다.

다음에는 작업자가 재료의 종류와 지름을 입력시켜 주면, 추론기관에서 지식베이스에 저장되어 있는 규칙들을 추론하여, 이송속도, 주축회전수 등의 절삭조건이 자동결정되고, 또한 공구의 선택과 좌표계 선정도 자동으로 이루어진다.

이 것이 종래의 방식과 크게 다른 점이다. 즉, 종래의 방식에서는 절삭가공에 관한 정보를 파트 프로그래머가 기술정보정의의를 통해 그때 그때 입력해 주어야만 되었으나, ESPP-1에서는 이 부분에 대한 기술정보가 규칙 또는 데이터베이스 형태로 지식베이스와 데이터베이스에 저장되어 있기 때문에 추론기관에 의해 자동적으로 추론되어, 부품재료의 크기와 형상에 알맞는 좌표계 선정과 절삭조건 등의 기술정보가 결정되어, NC 선반의 운전이

```

Rule 1 : IF == "X_COORDINATE" TRUE
        == "Y_COORDINATE" TRUE
        == "RAPID" TRUE
    THEN
        EXECUTE "POSTPRO.G00"
    END.

Rule 2 : IF == "X_COORDINATE" TRUE
        == "Y_COORDINATE" TRUE
        == "CUTTING_SPEED" TRUE
    THEN
        EXECUTE "POSTPRO.G01"
    END.

Rule 3 : IF == "X_COORDINATE" TRUE
        == "Y_COORDINATE" TRUE
        == "CIR_CCW" TRUE
    THEN
        EXECUTE "POSTPRO.G02"
    END.

Rule 4 : IF == "X_COORDINATE" TRUE
        == "Y_COORDINATE" TRUE
        == "CIR_CCW" TRUE
    THEN
        EXECUTE "POSTPRO.G03"
    END.
    .
    .
    .
    
```

Fig. 4 Rule-base for the generation of NC data

CLASS NAME : GEOMETRIC_FUNCTION		
SUBCLASS (POINTER)	SUBCLASS (LINE)	SUBCLASS (CIRCLE)
OBJECT	OBJECT	OBJECT
FUNCTIONP1 Pi=X, Y	FUNCTIONL1 Si=dX	FUNCTIONC1 Ci=x, y, r
FUNCTIONP2 Pi=R, ANGLE	FUNCTIONL2 Si=dY	FUNCTIONC2
FUNCTIONP3 Pi=S1, S2	FUNCTIONL3 Si=Pj, aA	FUNCTIONC3
:	:	:
:	:	:
:	:	:
FUNCTIONP12 Pi=Pj, Ck (R, L, A, B)	FUNCTIONL12 Si=Sj, Sk, N	
:	:	:
:	:	:

Fig. 5 Classes and objects for the geometric definition

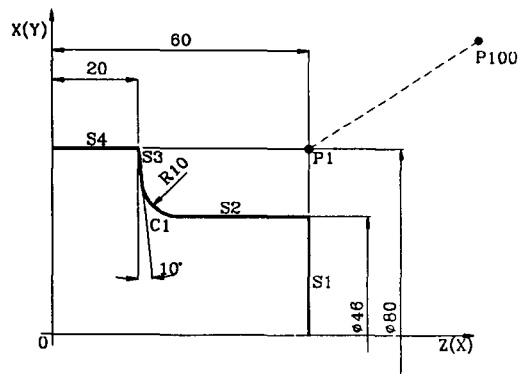


Fig. 6 Sample part

가능한 NC 데이터가 만들어 진다.

또 정삭을 위한 NC 데이터 생성전에 특수공정 즉, 나사가공, 드릴링, 래핑, 정삭가공 등 있는지를 검사해서 있으면, 그 특수공정에 알맞는 고정 및 반복싸이클(예, G32, G70~G76, G90, G92 등)이 결정되며, 절삭조건과 좌표계 선정 등을 새로이 추가한 다음, 후처리장치(post processor)를 통해, 사용하고자 하는 NC 동작기계에 알맞는 NC 데이터를 생성하게 된다.

이때 생성된 NC 데이터는 PC내에 ASCII코드로 저장이 되고, PC에서 출력장치인 테이프 펀처 또는 DNC 방식에 의해 NC 장치로 송출될 때 EIA 또는 ISO 코드로 변환이 된다.

3.2 지식베이스

지식표현(knowledge representation)은 IF-TH EN 규칙(production rule)방법을 택하였으며, 본 시스템에 사용된 규칙베이스(rule base)는 총 85규칙, 즉 도형정의 54규칙, 가공조건 6규칙, NC 데이터 생성 25규칙을 사용하였다.

추론은 전향추론(forward chaining) 방식과 후향추론(backward chaining) 방식의 복합방식으로 이루어져 있다.

Fig. 4에 NC 데이터 생성을 위한 규칙베이스의 일부를, Fig. 5에는 도형정의를 위한 클래스(class)와 오브젝트(object)를 각각 보았다.

3.3 종래의 파트 프로그램과 비교

본 전문가시스템 ESPP-1과 종래의 자동파트 프로그래밍 시스템의 성능을 비교하기 위하여 Fig. 6

과 같은 부품에 대하여 파트 프로그램을 작성하였다.

ESPP-1을 위한 파트 프로그램은 Fig. 7과 같고, 종래의 시스템을 위한 파트 프로그램은 Fig. 8과 같다.

전문가시스템 ESPP-1에서는 대화식으로 Fig. 7과 같이 도형정의만 들어 있는 간단한 파트 프로그램을 입력시켜 준후, 재료의 종류와 재료의 지름만 입력하면 NC 데이터가 자동으로 작성된다. 그러나, 종래의 방식(FAPT)은 Fig. 8과 같이 파트프로그램 작성시 도형정의, 운동정의, 기술정보정의가 기술된 복잡하고, 긴 파트프로그램을 입력시켜

```

*(PART SAMPLE1)
P0=0, 0:
P1=60, 40:
P2=60, 0:
P3=0, 40:
S1=60X:
S2=23Y:
S3=P(20, 40), -80A:
S4=40Y:
C1=S3, S2, 10, R, A:
%
    
```

Fig. 7 NC part program for the ESPP-1

```

0010 PART, SAMPLE1
0020 MCHN, TURN, ZX, ABS
0030 AREA, EX1
0040 FROM, P1(60, 80D), CW
0050 BLK, S1(60Z)
0060 S2(46DX), 10R
0070 S3(P(20, 80D), -80A)
0080 BLK, S4(80DX), P1
0090 AEND
0100 *ROUGH CUTTING
0110 @T0101
0120 @S800M03
0130 @M08
0140 TOOL, 1. 2, 1. 2, 1. 2
0150 FROM, P100(80, 120D), VTC
0160 ROUG, EX1, TURN, 3, 0. 5, 5, 1, 0. 5
0170 @M09
0180 RPD, P100, @T0100
0190 *FINISH CUTTING
0200 @T0202
0210 @S1000M03
0220 @M08
0230 TOOL, 0. 2, 0. 2, 0. 2
0240 FINE EX1, 3, 0. 1
0250 @M09
0260 RPD, P100, @T0200
0270 @M30
0280 FINI
0290 PEND
    
```

Fig. 8 NC part program for the conventional system

**Table 1** Performance comparisons of the ESPP-1 vs. conventional system

Comparing items	Expert system	Conventional system
User	Student (Just beginner)	Part programmer (Expert)
Time consumption(min)	5	30
Length(block)	11	29
Computer	PC	Stand-alone type

주어야만 NC 데이터가 생성된다.

샘플 부품에 대한 파트프로그래밍시 사용자 기술 수준, 작성시간, 파트프로그램의 길이 등을 비교해 보면 Table 1과 같다.

Table 1에서와 같이 ESPP-1에서는 11줄 정도의 도형정의만 해주면 운동정의, 기술정보정의, 좌표계 선정 등은 자동적으로 NC 데이터에 포함되어 출력된다. 종래 시스템의 경우는 파트 프로그램 속에도형정의 이외에 운동정의, 기술정보정의등을 모두 기술해야 하기 때문에 29줄이나 된다. 따라서 종래의 방식은 시간도(ESPP-1의 6배) 많이 걸리고 NC 코드 및 기술정보에 관한 전문지식이 필요하게 된다.

현재 사용되고 있는 CAD/CAM 패키지 중에도 자동으로 NC 데이터를 작성할 수 있는 시스템이 있다. 예를 들면 PC용 CAD 시스템인 CAD KEY로 작성한 도면을 CDL 형식으로 전환하여, CAM 전용 패키지인 SUPER CAM에 불러와서 NC 데이터를 생성하는 방법이 있다. 이때 생성되는 NC 데이터는 도형정의에 의한 공구경로 생성에는 문제가 없지만, 실제로 NC 공작기계를 운전하여 절삭가공하는 데는, 절삭에 관한 기술정보가 들어 있지 못하기 때문에 문제가 발생하게 된다. 따라서 SUPER CAM에서는 작업자와 대화방식으로 절삭에 관한 기술정보를 입력하여 완전한 NC 데이터가 생성되도록 하고 있다. 그러므로 SUPER CAM을 사용하는 사람은 전문적인 지식과 경험을 가지고 있어야만 작업이 가능하다.

이와 같은 점으로 볼 때 전문가시스템인 ESPP-1과는 근본적으로 시스템의 개념이 다르게 되어 있으며, 바로 종래의 방식이 가지고 있는 이러한 문제점들을 개선하기 위해 ESPP-1의 개발을 생각하게 된 것이다.

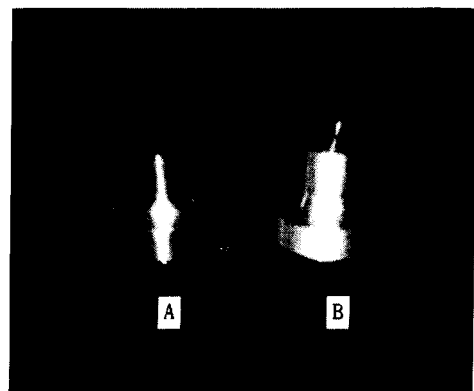
또한 ESPP-1은 PC상에서 사용할 수 있으므로 확장 및 응용성이 매우 풍부하고 가격이 저렴하나,

종래의 시스템중 전용 컴퓨터를 사용하는 시스템은 확장 및 응용성이 뒤떨어지고, 가격이 비교적 높다.

### 3.4 절삭실험

Fig. 7의 ESPP-1을 위한 파트 프로그램에 의하여 생성된 NC 데이터를 이용하여 Fig. 6의 샘플 파트를 IKEGAI-25N CNC 선반에서 실제로 가공을 하여 보았다. Photo 1은 가공이 완료된 부품을 보여주고 있다. 재료는 두가지를 선정하여 10개씩 실험을 하였는데, 사진에서 왼쪽의 A부품은 S45C의 예이고, 오른쪽의 B부품은 알루미늄의 예이다.

사진에서 알 수 있는 바와 같이 원하는 형상의 제품을 만들 수 있었으며, 또한 표면거칠기도 알루미늄재의 경우는 만족할 수 있었다. 그러나 강재의 경우는 그 상태가 사진상으로는 명확하게 식별이 되지 않으나, R부분의 거칠기 상태가 알루미늄쪽보다 떨어져 만족할만한 수준이 못 되었다. 이것은 ESPP-1내에 들어 있는 절삭가공 파라미터들이 알루미늄재의 경우는 비교적 정밀하지만, 강재의 경우는 그렇지 못하기 때문이라고 생각한다.



A : S45c B : Aluminium  
Photo 1 Machined sample part

그러므로 강재에 대한 절삭가공 파라미터들은 알맞게 수정이 이루어져야 할 것이다.

#### 4. 결 론

본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 종전의 자동파트 프로그래밍 방법보다 전문가시스템 ESPP-1의 성능이 월등함을 알수 있었다.

(2) 모든 NC 공작기계를 위한 NC파트 프로그래밍용 전문가시스템 구축의 가능성을 증명하였다.

(3) CAD/CAM의 완전통합을 위한 전문가시스템의 구축은 대규모의 지식베이스를 필요로 하기 때문에, 장기간을 요하는 후속 연구과제라고 생각한다.

#### 후 기

본 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모(지방대학육성)과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었으며, 연구비를 지원해 주신 교육부에 대하여 감사의 뜻을 포함합니다.

#### 참고문헌

- (1) 최세일, 유옥성 역, 1992, "전문가시스템 — A Guide to Expert System," 명성출판사, PP. 2~9.
- (2) 정선환, 1981, "NC파트 프로그래밍," 형설출판사, PP. 217~259.

- (3) IBM, 1972, "System/360 APT Numerical Control Processor(360A-CN-10X) Version 4 Part Programming Manual."
- (4) Steven D. Jackson, and Ravi O. Mittal, 1993, "Path Planning and Automatic Generation of NC Programs for Laser Cutting," Institute of Industrial Engineers 2nd *Industrial Engineering Research Conference Proceedings*, Los Angeles, California, PP. 56~60.
- (5) Raggenbass, A. and Reissner, J., 1991, "Automatic Generation of NC Production Plans in Stamping and Laser Cutting," *Annals of the CIRP*, Vol. 40, PP. 247~250.
- (6) Weule, H. and Klaiber, M., 1992, "Computer-Aided Run-In of CNC Programmes," *Annals of the CIRP*, Vol. 41, PP. 543~546.
- (7) Eversheim, W., Marczynski, G., and Gremer, R., 1991, "Structured Modelling of Manufacturing Processes as NC-Data Preparation," *Annals of the CIRP*, Vol. 40, PP. 429~432.
- (8) Leon D. Cox, David Culler and Amjed Al-Chanim, 1993, "Artificial Intelligence Application Utilization in Computer Numerical Control Machining," *2nd Industrial Engineering Research Conference Proceedings*, Los Angeles, California, PP. 355~359.
- (9) Bowyer, A. and woodwark, J., 1983, *A Programmer's Geometry*, Butterworths, London, PP. 1~133.