

〈論 文〉

## 특징형상을 이용한 NC선반가공 프로그래밍 시스템 'FeaTURN'의 개발에 관한 연구

강신한\* · 이재원\*\*

(1992년 5월 16일 접수)

### A Study on the Development of Feature-Based NC Part Programming System 'FeaTURN' for Turning Operation

S.H. Kang, K.R. Cho and J.W. Lee

**Key Words:** NC Turning Operation(수치제어 선반가공), Feature(특징형상), Interactive Graphics System(대화형 그래픽시스템), Cutter Location(공구위치 데이터, CLD), Machine Control Data(기계제어 데이터, MCD)

#### Abstract

The feature based modeling approach is useful for post-CAD related works such as process planning and NC part programming. This paper describes the development of 'FeaTURN' system which is feature based NC part programming system for turning operation. The programming task in 'FeaTURN' system becomes easy and effective with the assistance of feature icons. The manufacturing attributes can be handled together with the features during input procedure. The cutter location data (CLD) is determined by the processor module. The post process module converts the CL data to machine control data (MCD). Also, the system graphically displays the tool path.

#### 1. 서 론

자동화의 중요한 요체인 NC작업기계의 프로그래밍은 초기의 수동프로그래밍(manual programming) 방식을 탈피하여 자동프로그래밍(computer aided part programming) 방식으로 운영되어지고 있다. 자동프로그래밍의 형태로는 크게 APT-type 언어방식에 의한 시스템, 문자심볼(character symbol)을 이용한 언어방식에 의한 시스템, 세그먼트 아이콘(segment icon)을 이용한 시스템 그리고 특

징형상 아이콘(feature icon)을 이용한 시스템으로 구별할 수 있다.

APT-type 언어방식에 의한 자동프로그래밍 시스템은 1960년대에 개발되어 가장 일반화된 것으로 사용자가 도형정의, 공구정의 및 운동정의를 고급 언어(high level language) 형태로 이루어진 가공 프로그램(part program)을 작성한다. 시스템은 이 가공프로그램을 해독(interpretation)하여 기계제어 데이터를 생성하게 된다.<sup>(1,2,3)</sup> 그러나 ART-type 언어방식에서는 사용자가 다수의 명령문을 이해해야 하고 각각의 명령문에 대한 포맷을 숙지해야만 정확한 프로그래밍을 할 수 있기 때문에 프로그래밍의 효율이 저하될 수 있다.

문자심볼을 이용한 언어방식 시스템은 1970년대

\*정회원, 인하대학교 기계공학과 대학원

\*\*\*정회원, 인하대학교 자동화공학과

에 개발이 시작된 시스템으로 가공물의 단면도형을 일정 요소(segment)로 구분하여 문자심볼로 정의하고, 이러한 심볼들의 문법에 맞는 서술에 의해 프로그래밍을 수행한다.<sup>(4,5)</sup> 이 방법 역시 각각의 심볼과 문법에 대한 이해를 요구하고 각 심볼의 서술을 위한 포맷의 숙지가 필요한 불편함이 있다.

세그먼트 아이콘을 이용한 방식은 1980년대 초반에 등장한 방법으로 가공물 형상 및 이동궤적을 심볼 키(symbol key)를 이용하여 세그먼트별로 화면상에 작도하여 NC 프로그램을 얻는 방법이다. FANUC symbolic FAPT<sup>(6)</sup>가 대표적인 시스템이다. 그러나 FANUC symbolic FAPT 시스템에서는 가공물의 윤곽만 표현되기 때문에 형상특징을 전체적으로 표현하지 못하는 단점이 있다.

특징형상 아이콘을 이용한 시스템은 1980년대 후반이후 활발히 연구되는 시스템으로 특징형상 아이콘을 이용하여 형상을 정의하면 CAPP 모듈을 통하여 공구 및 이동궤로를 자동으로 산출하는 것이다. Mini-CIM 시스템<sup>(7)</sup>에서는 2차원 단면도형을 대칭적인 특징으로 표현하여 도형을 정의하고 있으나 사용자가 치수기준선의 위치에 따라 필요한 치수계산을 미리해야만 한다. 즉 좌에서 우로, 혹은 위에서 좌로 순차적으로 정의되어야만 하는 단점을 갖고 있다.

NC 자동프로그래밍 시스템에 대한 국내연구로 선반가공이나 와이어 컷가공을 위한 시스템이 보고되어 있으나<sup>(8~13)</sup> 대부분이 APT-type 언어방식에 의한 시스템이고, 아이콘(icon)을 이용한 대화형 그래픽 전용시스템에 대한 연구보고는 아직 없었다.

본 연구에서는 선반작업에서의 피삭체의 형상을 특징형상(feature)단위로 정의하였고, 이 특징형상을 이용하여 형상정의를 수행한 후 가공순서 및 가공조건을 대화형식으로 입력하면 공구위치 데이터(CL data)를 자동으로 산출하고 이를 기계제어데이터(MC data)로 변화시켜 주는 NC선반가공 프로그래밍시스템 FeaTURN (Feature-based TURNing system)을 개발하였다.

## 2. FeaTURN 시스템의 구성

### 2.1 시스템의 구조

개발된 FeaTURN 시스템은 GUI(graphic user interface) 모듈, 처리부(processor) 모듈, 후처리부(post-processor) 모듈로 구성되어 있다.

GUI 모듈은 그래픽화면을 분할하고 메뉴를 도시하는 기능을 하며 사용자는 GUI 모듈을 통하여 시스템과 대화형으로 도형정의(geometry definition), 가공순서 및 가공조건 등의 입력을 수행하게 된다.

처리부에서는 GUI 모듈을 통해 입력된 정보로부터 특징형상 그룹별 가공구역을 설정한다. 또한 설정된 가공구역으로부터 공구위치 데이터를 산출하고, 공구이동궤적(tool path)을 화면상에 도시하여 공구이동이 시각적으로 검증되게 한다.

후처리부에서는 처리부에 의해 생성된 공구위치 데이터를 기계제어데이터(MCD)로 변환하여 화일(file)로 저장한다. Fig. 1은 FeaTURN 시스템의 구조를 보여준다.

### 2.2 제품 형상정의를 위한 특징형상의 설정

형상을 정의하는 여러가지 방법중의 한가지가 특징형상을 이용한 방법이다. 특징형상은 특정한 설계특성 또는 가공특성을 내포하는 공학적 요소로 설계 및 공정계획에 있어 여러 장점이 있다.<sup>(14~16)</sup> 각 특징형상들은 속성(attribute)을 가지며, 길이, 직경등과 같은 기하학적 속성(geometry attribute)과 가공공차(tolerance), 표면 거칠기 등의 제조속성(manufacturing attribute)을 포함할 수 있다. 본 연구에서는 NC선반의 가공물에 대해 위와 같은 특징형상의 개념을 도입하였다. NC선반가공물의 전체형상을 원통형, 테이퍼형, 구형의 세가지 기본 특징형상(basic feature)과 나사(thread), 각모서리(chamfer), 둥근모서리(round), 필렛(fillet), 홈(groove)의 상세 특징형상(detailed feature)으로 정의하였다. 사용자는 먼저 기본 특징형상을 이용하여 가공물의 기본적인 전체현상을 정의

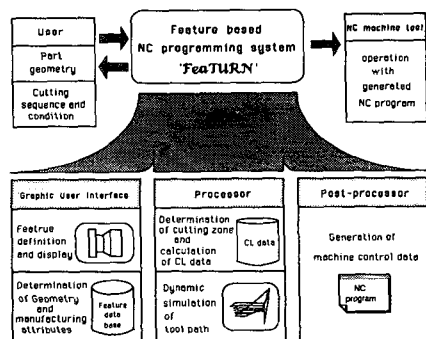


Fig. 1 Structure of 'FeaTURN' system

하고, 상세 특징형상을 기본 특징형상위에 정의하므로써 가공물의 형상을 정의하게 된다. 기본 특징형상위에 상세특징형상이 정의되는 경우 불리언(Boolean)의 논리작업이 수행된다. 예를 들어 기본 특징형상 위에 라운딩(rounding)이나 모따기(chamfering)의 상세 특징형상이 정의되는 경우에는 기본 특징형상의 모서리 부분이 가공되어 제거되므로 불리언의 차(difference) 논리에 해당되어 진다. 만일 정의되어지는 상세 특징형상이 둥근 필렛팅(filet rounding) 또는 각 필렛팅(fillet chamfering)이라면 이는 서로 접하는 두개의 기본 특징형상 사이에 덧붙여지는 것으로 생각할 수 있고 이는 불리언의 합(union)에 해당한다. 그리고 화면상의 도형도 이 논리작업의 결과로서 변화된 모습으로 표현된다.

각 특징형상들은 고유의 아이콘을 가지고 있으며, 사용자는 GUI 모듈에 의해 제시되는 아이콘메뉴의 선택에 의해 각각의 특징형상을 정의할 수 있

다. 이 특징형상들은 임의의 기준점에 대하여 정의가 가능하며, 사용자가 기준점을 임의로 지정할 수 있도록 하였다. 이는 설계도면의 치수기준선이 임의의 위치에 존재하는 것을 그대로 이용할 수 있도록 반영한 것이다. 각각의 특징형상은 고유의 속성을 가지는데, 상세 특징형상중, 라운드, 각모서리, 필렛의 경우는 기본 특징형상과 같은 속성을 가지며, 홈, 나사의 경우는 다른 속성을 가진다. 다음의 Fig. 2는 기본 특징형상 및 라운드, 각모서리, 필렛에 대한 속성들을 정리한 것이고, Fig. 3은 홈, 나사가 가지는 속성을 정리한 것이다.

2.3 특징형상의 가공순서 결정 및 가공조건 입력

본 연구에서는 황삭가공, 정삭가공, 홈가공을 처리할 수 있는 모듈을 구성하였다. 형상정의가 끝나면 사용자는 GUI 모듈을 통하여 그래픽 커서를 움직여 가공되어질 특징형상들을 필요에 따라 그룹별로 순차적으로 지정하게 된다. 그룹은 단 하나의 특징형상만으로도 이루어질 수 있다. 이때 제조속성들도 그룹별로 입력되도록 하였으며, 이는 그룹결정이 대부분 제조속성에 영향을 받는점을 고려한 것이다. 그리고 각 절삭그룹별 가공형태, 공구노우즈반경, 공구이송속도, 주축회전수, 가공여유치, 황삭의 경우 절삭깊이 등을 시스템과 대화형식으로 입력하게 하였다.

2.4 절삭구역(cutting zone)의 자동설정

그룹별로 입력된 특징형상을 대상으로 시스템에서 자동으로 절삭구역을 설정하도록 하였다. 절삭구역은 각 가공그룹의 특징형상들의 2차원 단면의 경계선과 원소재(blank part)의 단면형상들의 경계선으로 이루어진다. 그러므로 절삭구역의 경계선은 특징형상의 경계요소인 직선요소 혹은 원호요소의 연속으로 이루어진 다각형을 이루게 된다. 이렇게 얻어진 절삭구역에 대해 황삭가공의 경우에는 주어진 절삭깊이 만큼의 반복작업으로 공구위치 데이터를 계산하게 되며, 정삭가공의 경우는 절삭구역 구성요소를 따라 1회의 가공으로 공구위치 데이터를 계산하게 된다.

2.5 공구위치 데이터의 산출

NC선반에서 가상공구인선이나 공구노우즈반경에 대한 보정은 G41, G42의 준비기능을 사용하여 수행하게 된다. 또한 가공여유를 고려한 보정은 공

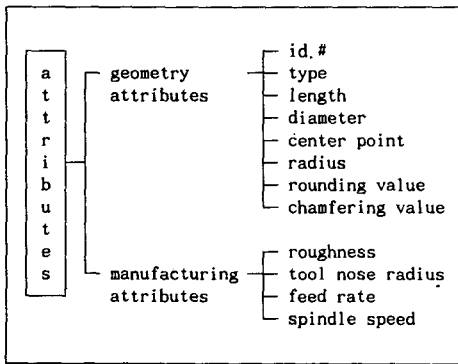


Fig. 2 Attributes of the basic features, rounding feature, and the chamfering feature

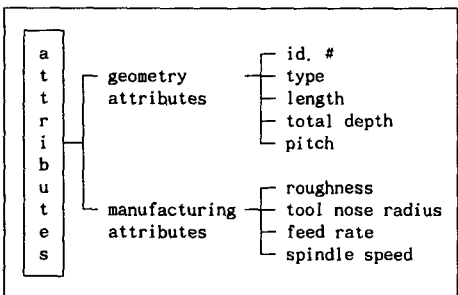


Fig. 3 Attributes of the grooving feature and the threading feature

구의 보정치보다 큰값을 사용하므로써 처리하게 된다. 그러나 이러한 처리는 공구이동의 그래픽시물레이션이 도형정의된 형상의 경계요소 위로만 이루어져 실제 가공여유나 공구위치 오프셋 여부를 시각적으로 그래픽상황에서 확인하기 어려운 단점이 있다. 또한 이러한 방법은 공작기계 자체의 기능에 의존하는 것으로 컨트롤러에 세팅되어 있는 값들을 미리 알고 있어야 하는 불편함이 있다. 또 NC공작기계에 따라서는 공구노우즈반경에 대한 보정기능이 없어 공구중심좌표로만 프로그래밍을 해야하는 경우도 있고, 공구인선의 보정기능이 있는 경우에도 인선보정량과 공구노우즈반경의 차이에 따른 가공오차가 발생할 수 있다. 공구위치 데이터를 공구노우즈중심을 기준으로 하여 NC 프로그래밍을 하게 되면 이러한 오차를 줄일 수 있다.<sup>(17)</sup> 이러한 까닭으로 본 시스템에서는 공구노우즈중심점을 공구위치 데이터의 기준점으로 사용하였다. 즉, 직선과 직선, 직선과 원, 원과 원이 교차하는 경우의 각 요소(segment)에 동시에 접하는 원의 중심좌표<sup>(18)</sup>를 계산하여 이를 공구노우즈중심의 좌표값으로 처리하였다. 이때 원의 반경이 공구노우즈반경값이 된다. 가공여유가 필요한 경우에는 공구노우즈반경값에 가공여유를 더한 값을 원의 반경으로 하여 중심좌표를 계산하므로써 가공여유가 고려된 공구위치를 얻을 수 있었다. 이러한 방법으로 산출된 공구위치 데이터를 시물레이션하므로써 가공여유치가 오프셋(offset) 처리된 공구이동경로의 실질적인 그래픽 시물레이션이 되도록 하였다.

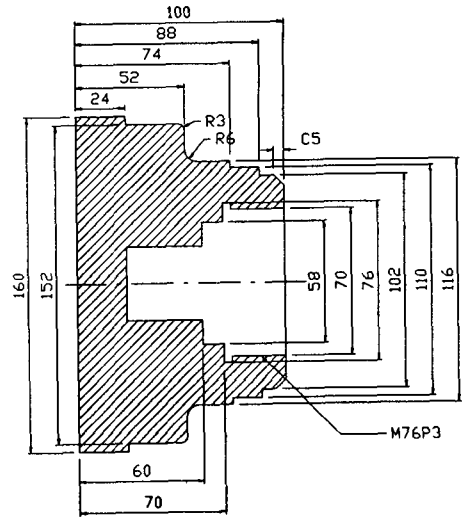


Fig. 4 Sample work part

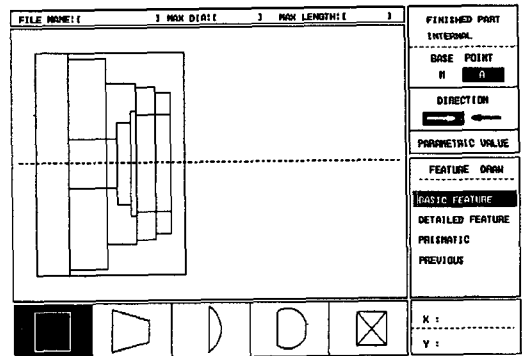


Fig. 5 Definition of basic feature

### 2.6 기계제어 데이터의 생성

위에서 언급된 공구위치 데이터는 후처리부(post-processor)를 통해서 기계제어 데이터로 변환된다. 본 연구에서는 FANUC사 SYSTEM 6T Model<sup>(19)</sup>의 제어코드를 대상으로 하여 후처리부를 구성하였다.

## 3. 시스템 적용사례

미국의 Modern Machine Shop에서 사용한 NC 선반가공 소프트웨어의 성능테스트용 가공물형상 10가지<sup>(20)</sup>중의 하나에 대하여 본 시스템을 적용시켜 보았다. Fig. 4는 적용된 가공물의 형상이다.

사태가공물의 형상은 외면에 직선 및 원호를 모두 포함하고 있으며 또한 내면가공 및 나사가공과

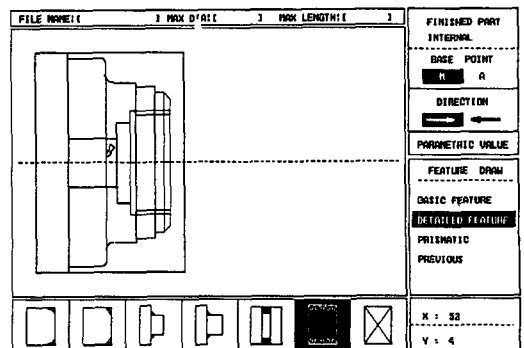


Fig. 6 Geometry definition

Table 1 Cutting zone data

Cutting process No	Segment Type	Start Point		End Point		Center Point		Radius
		z	x	z	x	z	x	
10	LINE	100.00	80.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	100.00	0.00	110.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	110.00	0.00	110.00	80.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	110.00	80.00	100.00	80.00	0.00	0.00	0.00
20	LINE	24.00	80.00	24.00	76.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	24.00	76.00	100.00	76.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	100.00	76.00	100.00	80.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	100.00	80.00	24.00	80.00	0.00	0.00	0.00
30	ARC_CONVEX	49.00	76.00	52.00	73.00	49.00	73.00	3.00
	LINE	52.00	73.00	100.00	73.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	100.00	73.00	100.00	76.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	100.00	76.00	49.00	76.00	0.00	0.00	0.00
40	LINE	52.00	73.00	52.00	64.00	0.00	0.00	0.00
	ARC_CONCAVE	52.00	64.00	58.00	58.00	58.00	64.00	6.00
	LINE	58.00	58.00	100.00	58.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	100.00	58.00	100.00	73.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	100.00	73.00	52.00	73.00	0.00	0.00	0.00
..... OMITTED .....								
110	LINE	74.00	29.00	74.00	35.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	74.00	35.00	100.00	35.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	100.00	35.00	100.00	29.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	100.00	29.00	74.00	29.00	0.00	0.00	0.00
120	LINE	60.00	17.00	60.00	29.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	60.00	29.00	70.00	29.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	70.00	29.00	70.00	35.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	70.00	35.00	74.00	35.00	0.00	0.00	0.00
	LINE	74.00	35.00	100.00	35.00	0.00	0.00	0.00
..... OMITTED .....								

지 포함하고 있다. 이러한 가공물에 대해 먼저 형상정의를 수행하게 된다. Fig. 5는 기본 특징형상을 이용하여 정의된 가공물의 대략의 윤곽이다. 그리고 Fig. 6은 기본 특징형상위에 상세 특징형상이 첨가되어 가공물형상정의가 모두 끝난 모습을 보여 주고 있다.

형상정의가 끝난후 입력된 가공단계(cutting process)별 특징형상그룹 및 가공조건을 입력하여 주면 Table 1과 같이 절삭구역 데이터가 생성된다. 각 절삭구역은 직선, 원호의 요소(segment)들로

구성되며 요소들은 각각 시작점, 끝점, 중심점, 반경 정보를 갖고 있다. 이때 요소의 형태(segment type)가 직선이면 중심좌표와 반경값은 모두 0으로 처리된다. 즉 요소의 형태가 원호인 경우에만 중심좌표와 반경값을 갖게 된다. Table 1에서 요소형태가 LINE이면 절삭구역 경계요소가 직선임을 의미하고, ARC-CONVEX이면 가공물형상이 볼록한 원호의 경계선임을 의미한다. 그리고 ARC-CONCAVE는 오목한 모양의 형상경계선임을 의미한다. 즉, 외면가공에 있어 라운딩의 경우에는 ARC-

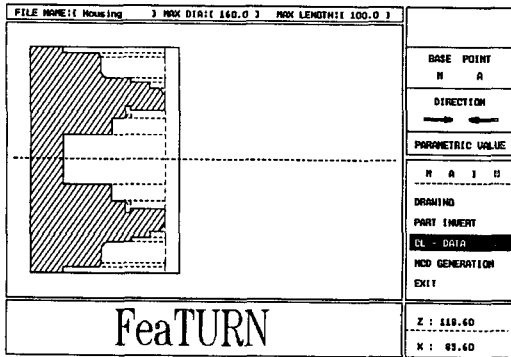


Fig. 7 Cutting zone by feature group

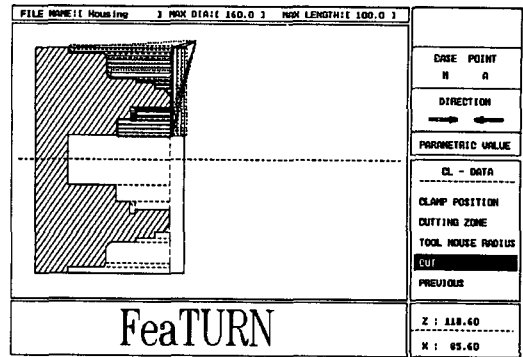


Fig. 8 Simulated tool path

CONVEX의 형태를 가지며 필렛라운딩의 경우에는 ARC-CONCAVE의 형태를 가지게 된다.

Table 2 Cutter location data

FROM	118.60000	171.20000
RAPID	110.60000	162.200000
GOST	107.60000	162.20000
GOST	107.60000	0.00000
GOST	108.60000	2.00000
RAPID	108.60000	162.20000
GOST	104.60000	162.20000
GOST	104.60000	0.00000
..... OMITTED .....		
RAPID	103.00000	64.00000
GOST	103.00000	75.60000
THREAD	3.00000	
	74.00000	75.60000
GOST	74.00000	64.00000
RAPID	103.00000	64.00000
GOST	103.00000	76.00000
THREAD	3.00000	
	74.00000	76.00000
GOST	74.00000	76.00000
RAPID	103.00000	64.00000
RAPID	118.60000	170.00000
END		

생성된 절삭구역에 대해 살펴보면 120번 작업단계의 경우 가공물 내면의 정삭가공의 경우이고 나머지 그룹들은 황삭가공에 대한 절삭구역을 이루고

Table 3 Machine control data

%
MO3
G50X171200Z118600
G00X162200Z110600
G01Z107600
G01X107600
G01X2000Z108600
G00X108600
..... OMITTED .....
G00Z103000
G01X75600
G32Z74000F3000
G01X64000
G00Z103000
G01X76000
G32Z74000F3000
G01X64000
G00Z103000
G00X171200Z118600
MO2
%

있다. 이렇게 얻어진 절삭구역을 화면에 표시한 것이 Fig. 7이다.

Table 1과 같이 생성된 각 단계별 절삭구역에 대해 순차적으로 공구위치를 산출하게 된다. Table 2는 산출된 공구위치 데이터의 일부를 정리한 것이다. Table 2의 위부분은 Table 1에서의 10번 가공단계인 단면가공에 대한 공구위치 데이터의 일부이고 아래부분은 내면에 대한 나사가공시의 공구위치 데이터의 일부이다. 이와 같이 산출된 공구위치 데이터의 동적 시뮬레이션 결과가 Fig. 8이다. Table 3은 후처리부에 의해 변환되어진 기계제어 데이터 중 Table 2에 해당하는 부분중의 일부를 정리한 것이다.

#### 4. 검 토

본 연구에서는 APT 개념의 언어사용 없이 쉽게 NC 프로그램을 작성할 수 있는 대화형 그래픽 시스템 'FeaTURN'을 개발하였다. 2.2절에서 언급된바와 같이 가공물 형상표현을 위한 특징형상을 구성하였다. 이때 모든 가공물도형에 대해 반드시 기본 특징형상과 상세 특징형상으로 구분하여 도형정의할 필요는 없다. Fig. 6에서의 라운딩 부분은 기본 특징형상의 구형 특징형상을 이용하여 정의할 수도 있다. 가공물 형상에 따라 편리한 방법으로 기본 특징형상과 상세 특징형상을 적절히 사용한다면 NC 프로그래밍의 효율을 증대시킬 수 있을 것이다. 특징형상을 이용한 가공물 형상정의는 컴퓨터 원용공정계획(computer aided process planning, CAPP) 시스템에서의 형상추론과정을 최소화할 수 있기 때문에 공정계획(process planning) 시스템의 개발 및 운용시의 효율을 증대시켜 줄 수 있다. 현재까지는 공구선택, 가공순서, 절삭깊이, 공구이송속도, 주축회전수 등의 가공조건이 사용자에 의하여 시스템과 대화형식으로 입력된다. 특징형상의 속성중 표면거칠기 정보는 컴퓨터 원용공정계획 시스템으로의 확장을 고려하여 설정만 해놓은 것으로 공구위치 계산시에는 사용되지 않고 있다.

또한 내면가공의 경우 드릴링(drilling)과 같은 특수가공에 대한 처리가 되지 않고 있다. 사례연구의 Fig. 8에서는 내면에 대하여 최소반경의 홀(hole)은 중간가공 또는 주조 등의 작업을 통하여 이미 존재하고 있는 형상으로 간주하고, 이 홀(hole)에 대한 보링작업의 황삭 및 정삭, 내면에

대한 홈가공과 나사가공에 대해 시행된 결과를 보여주고 있다. 그러므로 드릴링 등의 특별한 형상을 가지는 공구에 대한 더욱 정밀한 공구제작 시물레이션이 이루어지면 시스템의 효율은 더욱 증대될 것이다.

그리고 현재 구성된 특징형상만으로는 키홈(key-way)같은 각주형 특징형상(prismatic feature)을 포함하는 가공물에 대한 표현이 곤란하게 된다. 따라서 이러한 각주형부분의 표현을 위한 특징형상의 확장이 고려될 수 있다.

본 시스템에서는 확장을 고려하여 별도의 각주형 특징형상을 위한 메뉴만 설정하여 놓았다. 그리고 좀 더 복잡한 가공물의 표현을 위해 단면에 대한 홈가공의 처리 및 필요한 경우 곡면처리를 위한 특징형상의 확장도 고려되어질 수 있다.

시스템의 개발환경으로는 IBM PC 호환기종에서 Hercules graphic card를 이용하여 개발되었으며 TURBO-C 언어와 TURBO-C 그래픽 라이브러리를 이용하였다.

#### 5. 결 론

이상과 같이 본 연구에서는 특징형상을 이용한 NC 선반가공 프로그래밍 시스템 FeaTURN (Feature-based TURNing system)을 개발하였다. 개발된 시스템의 특징을 정리하면 다음과 같다.

(1) 특징형상을 사용하고, 도면치수선을 기준으로 하여 임의의 위치에 특징형상을 정의할 수 있기 때문에 형상정의가 편리하다.

(2) 개발된 시스템은 외면가공과 내면가공에 대한 정삭가공, 단면가공, 황삭가공, 나사가공 및 홈가공에 대해 자동으로 공구위치 데이터를 산출한다.

(3) 특징형상의 가공순서 결정 및 가공조건들은 특징형상그룹별로 대화방식으로 입력되도록 하여 실질적인 가공순서에 준한 입력절차가 효과적으로 반영되게 하였다.

(4) 가공여유가 고려된 공구위치 데이터의 산출과 산출된 공구위치 데이터의 그래픽 시물레이션이 가능하다.

(5) 후처리부 모듈에 의해 기계제어 데이터가 자동으로 생성된다.

(6) 특징형상을 이용한 형상정의는 형상추출(feature extraction)과정을 최소화할 수 있으므로

컴퓨터 원용공정계획 시스템의 개발이 용이하게 된다.

향후 특별한 특징형상을 갖는 가공물의 처리를 위한 추가연구가 필요하다.

## 후 기

본 연구의 일부는 1988년도 한국과학재단의 목적 기초연구지원사업에 의한 것으로, 관계 제위께 감사드립니다.

## 참고문헌

- (1) Stanton, G. 1988, "Numerical Control Programming," John Wiley & Sons, pp. 210~312.
- (2) "FANUC SYSTEM P-MODEL G FAPT TURN/MILL OPERATOR'S MANUAL," 1983, FANUC LTD.
- (3) "COMPACT II Programming Manual," 1980, Manufacturing Data Systems Inc.
- (4) Hidehiko Takeyama and Kuniko Inoue, 1973, "An Automatic Programming System for Lathe Operations MELTS," Annals of the CIRP, Vol. 22. 1, pp. 167~168.
- (5) Eversheim W. and Holz B., 1982, "Computer Aided Programming of NC-Machine Tools by Using the System AUTAP-NC," Annals of the CIRP, Vol. 31, No. 1, pp. 323~327.
- (6) "FANUC SYSTEM P-MODEL G Symbolic FART TURN OPERATOR'S MANUAL," 1983, FANUC LTD.
- (7) Jia-Ming Shyu, and Y.W. Chen, 1987, "A Mini CIM System for Turning," Annals of the CIRP, Vol. 36, No. 1, pp. 277~280.
- (8) 박삼진, 김석일, 박연규, 박정현, 1985, "생산 자동화를 위한 소프트웨어 기술개발," 한국기계연구소 연구보고서, 과학기술처.
- (9) 고명삼, 김규식, 김대원, 성광제, 1986, "IBM-PC를 이용한 CNC선반용 한글 자동프로그래밍 시스템과 그래픽 디버거의 설계," 한국자동제어학술회의논문집, Vol. 1, pp. 413~418.
- (10) 조범구, 1986, "2차원 Part Programming System 개발에 관한 연구," 석사학위논문, KAIST.
- (11) 박삼진, 박정현, 황기현, 1987, "Progressive 금형의 CAD/CAM 기술개발," 한국기계연구소 특정연구개발사업 연구보고서, 과학기술처.
- (12) 강신한, 1988, "수치제어선반의 자동프로그래밍 시스템에 관한 연구," 석사학위논문, 인하대학교.
- (13) 이재원, 강신한, 강호진, 1988, "와이어 컷 방전가공을 위한 자동프로그래밍 시스템 '오토컷'의 개발에 관한 연구," 대한기계학회논문집, 제12권, 제5호, pp. 200~205.
- (14) Tien-Chien Chang, 1990, "Expert Process Planning for Manufacturing," Addison-Wesley Publishing, pp. 67~69.
- (15) Therese Lawlor-Wright and R.G. Hannam, 1989, "A Feature-Based Design for Manufacturing: CAD/CAM Package," Computer-Aided Engineering Journal, Vol. 6, No. 6, pp. 215~220.
- (16) Shanker K. and Prasad K.V.S., 1988, "Intelligent Process Planning: Rotational Parts," Expert Systems, SME, pp. 187~211.
- (17) Joseph Pusztai and Michael Sava, 1983, "COMPUTER NUMERICAL CONTROL," Reston Publishing Company, pp. 67~88.
- (18) Rogers D.F., 1980, "Interactive Graphics and Numerical Control," CAD, Vol. 12, No. 5, pp. 253~261.
- (19) "FANUC SYSTEM 6T-MODEL B OPERATOR'S MANUAL," 1983, FANUC LTD.
- (20) "NC/CIM 1990 GUIDE BOOK," 1990, MODERN MACHINE SHOP, pp. 146~150.