

휴상환조가공 전용 CAM 시스템 개발

정희민*(큐빅테크 기술연구소), 박준철(큐빅테크 기술연구소)

Development of a Dedicated CAM System for Human Bust Machining

HoiMin, Jeong(Cubictek), JoonC. Park(Cubictek)

ABSTRACT

We have developed a prototype dedicated CAM system for machining a human bust that is not a relief. The input is STL file format, and the output is NC-codes for machining on a 3-axis general purpose CNC milling machine with an index table attached. Main modules are STL import, STL transformation, modeling jig/fixture, master model generation, and calculation of machining area. System architecture is proposed and main modules are briefly described. We adopted the angle between tool-axis and the surface normal vector to calculate machining area, and tested at several degrees.

Key Words . Dedicated CAM system(전용 캠 시스템), Bust(흉상), Machining Area(가공영역)

1. 서론

최근 들어 인체형상 특히 얼굴 및 흉상의 조형물 제작에 대한 새로운 시장이 형성되고 있다. 이는 다양한 기호와 독특한 개성을 중시하는 N, X 세대의 액세서리 상품에 대한 욕구, 환갑, 칠순 등에 사용할 기념물의 제작 및 장묘문화의 변화에 따른 영구 보존물 제작 등에서 요구되고 있다. 얼굴조각기(부조)가 상품화 되는가 하면, 이미지 조각용 CAM 소프트웨어도 출시되고 있다. 또한, 장묘문화의 변화에 따라 고인의 생전의 모습을 환조로 제작하여 영구보존 하려는 움직임이 생겨났다. 실제로 이와 같은 아이템으로 사업화를 시도하고 있는 업체도 있다.^{1,2}

대표적인 3 차원 형상 복제 기술로 신속조형(Rapid Prototype)과 CNC 밀링(CNC Milling)이 있다. 신속조형은 일반적으로 재료 선택의 제약, 가공 및 재료비가 많이 들고 조형시간이 많이 걸리는 단점이 있다. 한편, CNC 밀링의 경우에는 밀링기계가 많이 보급되어있어 상대적으로 저렴한 비용에 조형을 할 수 있다. 또한 금형가공시의 정밀도(1/100~2/100 mm)를 충분히 달성할 수 있으므로, 흉상가공에는 충분하다고 볼 수 있다.³

본 연구에서는 3 차원 형상 중 인체의 흉상(가슴 위) STL(Stereolithography Interface Specification)⁴ 파일포맷으로 된 3 차원 인체흉상을 입력으로 하여 CNC 밀링가공용 NC-코드를 생성하는 전용캠시스템의 개발내용을 다루었다. 대상으로 하는 가공용 하드웨어는 인덱스테이블을 장착한 3 축 범용 CNC 기계이다.

2 장에서는 전용캠시스템의 구조에 대해서 설명을 하고, 3 장에서는 구현내용 중 일부를 소개한다.

2. 시스템의 구조

입력은 STL 파일포맷이고, 출력은 4 가지 셋업에서 피삭제를 가공하기 위한 NC-코드이다. 주요한 모듈은 다음과 같다.

- STL 파일 입력
- STL 파일 좌표변환
- 가공보조형상 추가/삭제
- 마스터 모델 생성
- 가공영역 곡선 계산
- 가공단계별 NC-코드 계산
- 기준자세 결정
- 특징곡선 추출

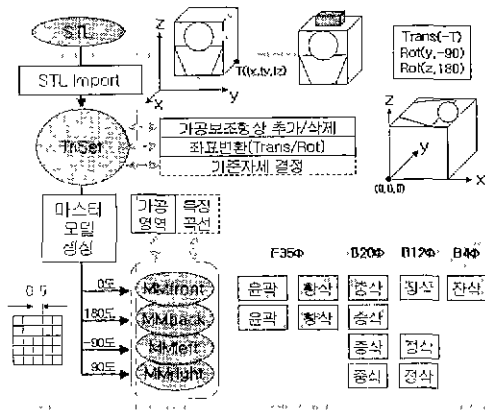


Fig 1 System overview

STL 파일은 입력과정을 거쳐서 내부 자료구조인 삼각형망(TriSet)으로 저장된다. 고정구(Jig, Fixture)를 위한 보조형상을 추가로 모델링 해 넣는다. 주로는 각기둥이나 원기둥이면 충분하다. 4 개의 셋업별로 각각의 마스터 모델 생성을 위한 삼각형망의 좌표 변환(평행이동, 회전이동)이 필요하다. 가공단계는 윤곽가공, 황삭, 중삭, 정삭 및 잔삭으로 구성된다. 물론, 셋업별로 불필요한 일부 단계가 제외될 수 있다.

가공공차는 주어진 입력형상과의 차이가 0.1 이내를 보장하는 것을 목표로 한다

3. 시스템의 구현

시스템의 구현은 자사가 보유한 상용 캠 시스템인 Z-Master⁵의 일부 기능을 수정/보완 및 이용하는 방법을 취하였다

3.1 피삭재 셋업 (Fig.2)

입력으로 들어오는 모델의 크기를 300x300x300으로 제한한다 따라서, 피삭재의 크기도 이와 동일하나 물론, 머리 위 또는 가슴하단에는 가공보조형상이 추가될 수 있다 수직 3 축 기계인 경우 공구축은 -Z 방향이다. 피삭재를 XY 평면상에 수평으로 놓고 X 축을 중심으로 90 도씩 돌리면서 4 가지 자세를 취한다.

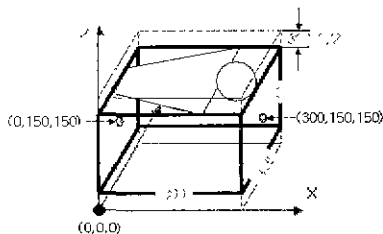


Fig. 2 피삭재의 셋업

3.2 가공조건

각 가공단계별 가공조건은 아래의 테이블에 나타난 항목별로 경험에 근거한 값들을 부여하였다. 이는 압축물체를 시험 가공한 테스트에서 검증을 받은 수치들이다

Table 1. 가공조건

가공 항목	황삭		중삭		정삭	
	윤곽	스캐닝	스캐닝	스캐닝	스캐닝	스캐닝
공구	3.0 F35		20 F35		4 F35	
Feed	1000	1000	-	-	-	-
SPM	600	800	-	-	-	-
가공이닝	2.0	1.0	0.5	0.0	-	0.0
Prch	-	5.0	3.0	1.0	-	0.5
Plane Step	40	30	-	-	-	-
Prch Type	-	Z축	Z축	Single	Single	Single
가공 공차	1.0	0.5	0.3	0.1	-	0.1
기타	-	UsStor	-	-	-	-

3.3 가공공정의 종류

가공공정의 단계는 사용되는 공구별로 1 개 이상 4 개 이하로 전체적으로 12 개의 가공공정이 있다. 이들을 가공의 종류별로 묶어보면 3 가지 타입으로 분류된다.

- 윤곽가공 (Profile Machining)
- 스캔 황삭 (Rough Scanning)
- 스캔 정삭 (Finish Scanning)

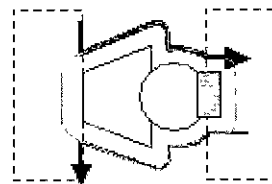


Fig. 3 윤곽가공

윤곽가공(Fig 3)은 0 도와 180 도 셋업에서 봤을 때, 최외곽의 윤곽을 가공함으로써 가공이 불필요한 영역의 피삭재를 모두 제거하는 데 필요하다 이는 황삭에서만 수행된다

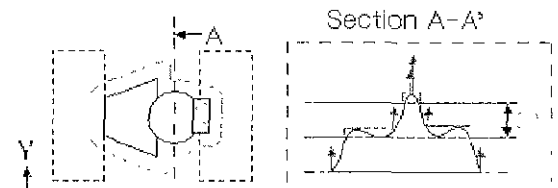


Fig 4 스캔 황삭 가공

스캔 황삭(Fig 4)은 스캐닝 방식으로 황삭 NC-코드를 생성하는 가공방법이다. 피삭재를 Z 방향으로 일정한 값만큼(PlaneStep)씩 내려가면서 XY 평면

에 평행인 평면을 만든다고 가정한다. 그런 후, 가장 높은 평면부터 각 층을 하나씩 가공하면 서 내려오는 방식이다. 주로는 평엔드밀을 이용한다.

스캔정삭은 스캐닝 방식으로 정삭 NC-코드를 생성하는 가공방법이다. 이는 중삭, 정삭 및 잔삭 가공에 사용된다.

3.4 공정계획의 자동화

공정계획을 자동화하기 위해서 배치작업(Batch Job)을 계획하고 실행하는 방법을 사용하였다. 진정한 의미의 공정계획의 자동화(CAPP)를 위해서는 가공특징형상(Machining Feature)⁶의 추출과정이 필요하다. 그러나, 인체흡상의 경우에는 가공특징형상이 거의 변함이 없다. 한편, 가공특징형상을 추출한다고 했을 때 이를 가공의 관점에서 활용할 잇점이 별로 없다. 따라서, 정형화된 가공프로세스로 이를 대처할 수 있다고 판단하였다. 배치작업계획은 각 가공종류별로 고유한 파라미터의 집합으로 표현이 가능하다. 예를 보이면 아래와 같다.

```
#
# BATCH COMMAND
#

# Machining Condition
START_PT, 0, 0, 150
FEED, 1000, 1000, 1000
RPM, 800
TOL, 0.01
HIP_DATA, T
PATH_LINK, G1RELATIVE, 150., F

AREA, 1, 2
TOOL, 35, 0, 1, 1, 0, 0, 1
GNC_CONTOUR, Fcnt35F.nc
```

Fig 5 배치작업(Batch Job) 계획

3.5 가공영역의 계산

가공단계별로 가공을 계획하기 위해서는 가공될 영역의 경계곡선을 구하는 일이 필수적이다. 이는 셋업간 가공영역 중복의 최소화, 가공면의 품질 및 가공시간 최소화의 측면에서 각 셋업별로 가공영역을 일부로 제한할 필요성이 있기 때문이다. 본 연구에서는 가공영역 계산의 척도로 공구축과 곡면의 법선벡터가 이루는 각도(Fig. 6; α)를 사용하였다. 이 각도가 앞면의 경우에 이론적으로는 45도 이상, 90도 이하이면 된다. 예제의 경우에 실험한 결과 70

도 정도가 적당한 것으로 나타났다. 각도가 작은

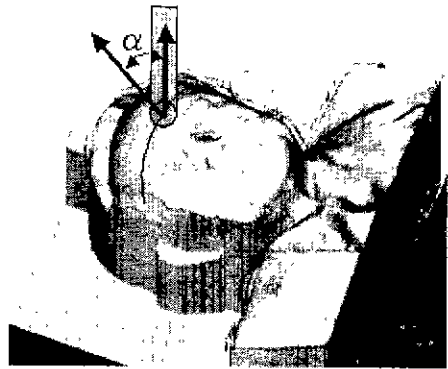


Fig. 6 공구축과 곡면법선이 이루는 각도

경우에는 턱 아래쪽에서 일굴부위와 가슴부위로 영역이 나뉘어져 비러서 영역곡선으로 사용하기는 곤란하다. 한편, 각도가 커지면 한 면에서 가공할 면이 많아지므로, 가공영역 계산의 의도를 살리지 못한다. 각도에 따른 가공영역의 그림을 보이면 다음과 같다(Fig 7).

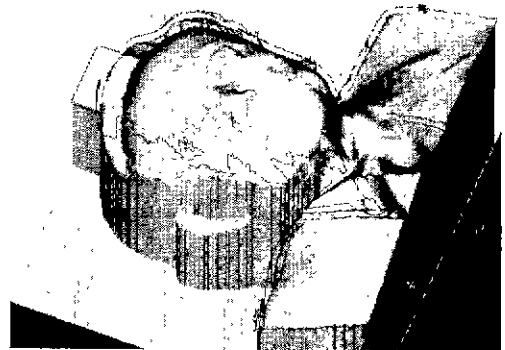


Fig 7 (a) 가공영역 ($\alpha = 60$ 도인 경우)



Fig. 7 (b) 가공영역 ($\alpha = 70$ 도인 경우)

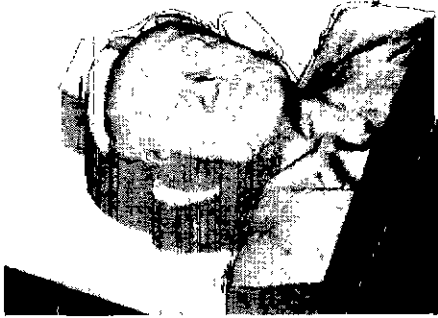


Fig 7 (c) 가공영역 ($\alpha = 80$ 도인 경우)

한편, 좌우측면의 경우에는 각도만 가지고는 완전한 가공영역을 구하기가 용이하지 않다.(Fig. 8)

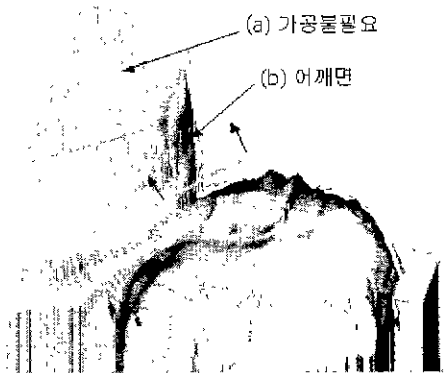


Fig. 8 좌우측면의 가공영역 계산

Fig.8 에서 어깨면(b)의 경우에는 앞뒤면 윤곽가공단계에서 모든 형상이 가공된다. 한편 가공이 불필요한 영역(a)도 존재한다. 따라서, 이 경우에는 귀 높이보다 더 높은 부위에 존재하는 가공영역은 제거할 필요성이 있다. 물론, 이 경우에도 귀 높이를 계산해야 하는 추가적인 부담이 따른다.

4. 결론 및 추후연구과제

본 연구에서는 인체 흉상의 가공을 위한 전용 캠 시스템의 구조를 제안하였으며, 셋업, 가공조건 및 공정계획자동화 방안을 제시하였다. 본 연구에서 제안한 내용은 셋업만 수정하면 인덱스 테이블이 장착된 3 축 범용 CNC 기계이면 수평형이든 수직형이든 상관없이 적용이 가능한 것이다.

한편, 가공영역 계산의 척도로 공구축벡터와 곡면의 법선이 이루는 각도를 사용하였으며, 이를 기준으로 영역곡선을 계산, 그 형상을 관찰해 보았다.

좌우측면의 경우에는 각도 기준만으로는 완전한 영역을 구할 수 없음을 알 수 있었다. 또한, 영역곡선이 부드럽지 않고 심하게 꺾여서 변화하는 것을 관찰할 수 있다. 이를 개선하거나 NC-코드 생성단계에서 이치림 변화가 심한 영역곡선을 적절히 활용할 수 있는 규칙의 개발이 필요하다.

후 기

본 연구는 과학기술부의 기술용역사업의 지원으로 수행된 연구개발과제입니다

참고문헌

1. <http://www.cyber-park.co.kr/bust.htm>
2. <http://www.type3.co.kr>
3. 정희민 정연찬, 박준철, 김동불, "고속 3 차원 복제 시스템 개발 - 3 차원 조형기술 비교 연구," 대한기계학회 2000 년도 생산 및 설계공학부동춘계학술강연회 강연집, pp. 61-71. 2000
4. <http://www.3dsystems.com>
5. (주)큐빅테크, Z-Master 2000 Reference Manual, 2000.
6. Byoung K Choi and Robert B. Jerard, Sculptured Surface Machining-Theory and Applications, Kluwer Academic Publishers, 1998