

5축 가공 검증을 위한 기반 모델에 대한 연구

A study on base model for 5-axis control machining verification

*#박정환¹, 이상훈², 이정근³, 유석규⁴

*J. W. Park¹(jwpark@yu.ac.kr), S. H. Lee², J. G. Lee³(cadcam@yumail.ac.kr), S. K. Yoo⁴(skyoo@vms-solutions.com)

¹영남대학교 기계공학과, ²영남대학교 대학원 기계공학부, ³윌테크, ⁴(주)브이엠에스 솔루션스

Key words : 5-axis, Collision, Hybrid model, Verification

1. 서론

일반적으로 5축가공은 3축 NC가공과 비교 하였을 때 set-up 및 tooling time 절감 등 많은 이점 및 높은 가공정밀도와 가공면의 품질향상 효과가 있는 것으로 알려져 있다.^{1,2} 최근 들어 고효율 및 고부가가치 가공에 대한 욕구가 증대 되면서 5축 가공기를 도입 하는 사례가 적지 않다.

5축 가공이 3축 NC가공과 가장 큰 차이점은 공구의 자세가 여러 가지로 나타나는 것이다. 그래서 3축 NC가공에서 가공하기 어려운 측벽과 under-cut형상의 가공이 가능하다. 하지만 공구의 자세가 여러 가지로 나타나므로 공구와 공작물간의 간섭과 충돌이 발생한다. CAM 작업자들은 실제 가공을 하기 전에 상용 검증 프로그램들을 이용하여 실제와 흡사한 가상의 가공을 통해서 문제점을 미리 확인할 수 있다. 특정위치에서 공구가 가지는 자세의 형상정보와 공작물의 기반모델간의 비교로 충돌이 발생하는지 확인하고, 공구의 자세를 조정하여 충돌을 회피하게 된다.

본 연구에서는 이러한 5축 가공 시 발생하는 간섭과 충돌을 상용 검증 프로그램을 이용하여 확인하기 위해서 공작물의 기반모델이 요구되므로 치수정밀도가 좋은 기반모델을 생성하기 위해 Z-map과 삼각형 모델의 장점을 합친 Hybrid 모델을 제안하고자 한다. Z-map을 이용하여 기반모델을 생성하고, 여기에서 형상 표현의 오차가 생기는 측벽이나 undercut형상은 삼각형 모델을 보조모델로 사용하는 알고리즘을 적용한다. 생성된 각각의 삼각형을 Z-map모델과 비교하여 거리가 일정 tolerance보다 큰 삼각형들만을 남기는 필터링과정을 거치고, 최종적으로 Z-map 모델과 국부적인 삼각형 모델을 합쳐진 Hybrid모델을 생성한다.

2. 공작물의 기반모델

2.1 Z-map 모델

Z-map은 간단한 자료구조로 인하여 곡면 조작이 간단하고 계산이 강건함(robustness)등의 장점을 가진다. 하지만 정밀도 향상에 따라 기억용량과 계산시간이 증가하고, 측벽이나, sharp edge 등의 표현 시 높은 정밀도를 기대하기 어렵고, undercut형상의 표현에 제약이 있다. 이는 Z-map 자료구조의 특성상 하나의 격자점에서 2개 이상의 높이 값을 저장하지 못하기 때문이다.

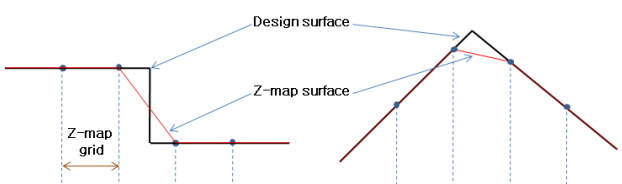


fig. 1 Z-map model generation

이를 보완하기 위해 간격이 다른 별도의 Z-map의 활용하는 extended Z-map³, dixel(depth element)⁴등이 제시된바 있다.

이를 통해 정밀도를 어느 정도 향상시킬 수 있으나, 수직 벽의 정밀도와 undercut형상을 완벽하게 보완할 수 없다.

2.2 삼각형 모델

삼각형 모델⁵은 실제 모델의 가까운 형상을 표현할 수 있으나, 그 형상의 정밀도가 좋을수록 삼각패치들의 수가 늘어나 많은 계산시간을 초래한다. 본 논문에서 삼각형 모델의 정밀도는 형상 tolerance 이내로 하여 IGES 모델과 형상 tolerance로부터 triangulation을 실시한다. 이렇게 생성된 삼각형은 Z-map에서 표현되지 않는 undercut형상과 형상 오차가 있는 측벽, sharp edge 등을 정밀하게 표현할 수 있다.

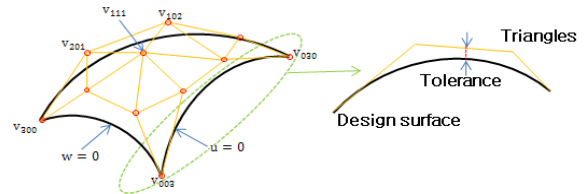


fig. 2 Triangular model generation

2.3 Hybrid 모델

Hybrid 모델은 Z-map 모델의 단점을 보완하기 위해 삼각형 모델을 보조모델로 사용하는 알고리즘을 적용한다.

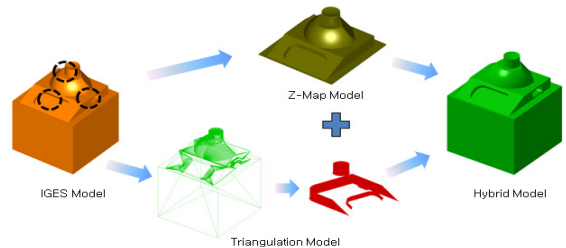


fig. 3 Hybrid model generation

기반 모델을 생성하기 위해 IGES 모델과 형상 tolerance로부터 triangulation을 실시하여 삼각형 모델을 생성하고 각각의 삼각형을 Z-map 모델과 비교하게 된다. 이때 두 모델의 거리가 tolerance보다 큰 삼각형들만을 남기는 필터링 과정을 거치게 하였다. 이렇게 함으로써 Z-map 모델의 형상 오차가 존재하는 측벽, sharp edge, undercut형상 부위의 삼각형들만이 남게 된다.

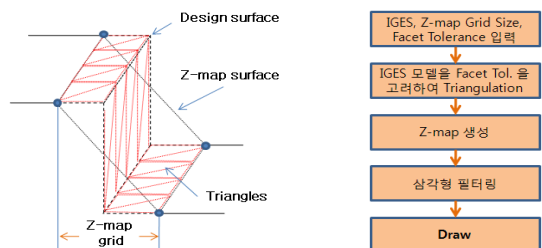


fig. 4 Hybrid model creation algorithm

이렇게 생성된 기반모델을 통하여 삼각형이 존재하는 부위에

서는 Z-map 모델에 대한 계산을 배제하고 삼각형만을 활용하여 계산함으로써 중복되는 계산시간을 줄이고, 삼각형이 존재하지 않는 부위에서는 기존의 방식과 동일하게 Z-map 모델만을 활용하는 계산 방식이 사용된다. 이 방식은 기존의 Z-map의 장점을 살릴 수 있을 뿐만 아니라, 측벽이나, sharp edge 등의 표현 시 높은 정밀도를 기대할 수 있고, undercut형상을 표현할 수 있다.

3. 충돌 검증

충돌 검증은 Z-map 모델, 삼각형 모델, Hybrid 모델 각각의 기반모델과 특정위치의 공구형상을 비교하여 이루어진다.

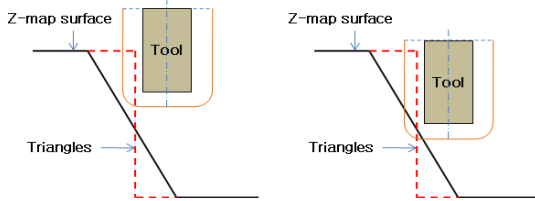


fig. 5 collision of base model & tool

Z-map모델과 삼각형 모델은 생성된 각각의 기반모델의 형상과 공구형상의 비교로 검증이 가능하다. 그러나 Hybrid의 경우는 Z-map과 삼각형을 동시에 고려해주어야 한다.

Hybrid 모델의 경우 측벽에서 4가지 충돌 경우로 나누어 보면 1과 2의 경우는 삼각형을 우선적으로 하여 충돌을 검증하면 문제가 없고, 4는 충돌이 일어나지 않는 경우이다. 그러나 3의 경우는 Z-map의 근사화 문제로 인한 부분을 삼각형에서 보완할 수 없는 경우이다. 이 경우에는 보완 알고리즘을 추가하여야 한다.



fig. 6 verification of Hybrid model

위의 문제를 해결하기 위해 offset된 공구 Line길이에 $\delta = ZmapGridSize \times (\sqrt{2}/2)$ 길이를 늘인 Line(보조 Line)을 생성하여 Z-map이 삼각형보다 살이 많은 경우를 체크하게 된다. δ 길이를 늘인 Line을 미리 삼각형과의 Intersection을 판별하여 그 후 offset된 공구 Line 판별을 통한 방법이다.

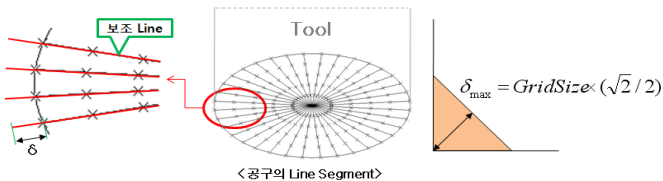


fig. 7 Collision verification complementary algorithm

4. 적용 사례

본 연구에서 검증은 Window XP환경에서 Visual C++ 및 OpenGL graphic library 기반의 MCV(Machining Condition Verifier)를 사용하였다. Z-map 모델, 삼각형 모델, Hybrid 모델을 모두 생성 되도록 하였고, 공구의 생성과 Position 변경이 가능하도록 하여 특정위치에서 기반모델과 공구간의 충돌발생을 확인할 수 있도록 하였다. 공구의 형상은 Sleeve나 Shank를 배제한 단일형상의 평엔드밀로 검증하였다.

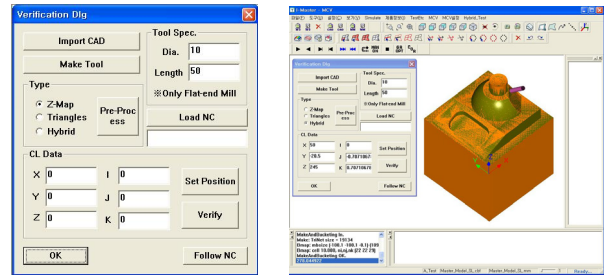


fig. 8 The collision verification which uses VMS

검증은 공구의 position과 축 벡터를 입력값으로 하여 기반모델의 측벽과 sharp edge를 대상으로 충돌을 확인하고, 적용은 크기가 작고 형상이 복잡하지 않은 모델을 선정하였다. Table. 1은 특정위치에서의 공구데이터와 충돌 및 계산시간을 보이고 있다.

Table. 1 Calculation time and collision verification from specification location

구분	공구				model	충돌유무	계산시간(sec)
	x	y	z	축 vector			
1	85	0	205	0	Z-map	○	2.30
				0	Triangle	X	3.02
				1	Hybrid	X	2.45
2	58	-5	251.5	0	Z-map	○	2.30
				0	Triangle	○	3.02
				1	Hybrid	○	2.45
3	-70	43.87	185	0	Z-map	○	2.30
				0	Triangle	X	3.02
				1	Hybrid	X	2.45

실제 금형모델을 적용해본 결과 크기가 크고 형상이 복잡하여 triangulation 과정에서 많은 계산시간이 소요되었으나, Hybrid 모델의 활용으로 계산시간을 감소하였고, Z-map 모델에서 검증되지 않는 충돌 또한 확인할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 5축 가공의 검증을 위하여 요구되는 기반모델을 연구하였다. Hybrid모델은 Z-map 모델의 단점을 삼각형 모델로 보완하여 오차가 생기는 형상을 정밀하게 표현할 수 있고, Z-map 모델에서 필터링을 통해 측벽, sharp edge, undercut형상만을 triangulation하여 일반적인 삼각형 모델보다 계산시간을 줄일 수 있었다. 또한 생성된 기반모델과 공구의 형상 데이터를 VMS(Machining Condition Verifier)를 이용한 비교로 실제 가공에 앞서 충돌을 확인할 수 있었다. 이와 같이 가공을 하기 전 공작물의 형상을 정밀하게 표현한 기반모델을 이용하여 충돌 검증을 해줌으로써 가공의 신뢰성을 높이고 효율적인 5축 가공에 이바지 할 것으로 기대 된다.

후기

본 연구는 산업자원부의 I 매뉴팩처링 사업지원으로 (주)브이엠에스 솔루션스와 영남대학교 공동으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. F. Mason, "5×5 for High-productivity Arifoil Milling", American Machinist, Nov, pp. 37-39, 1991
2. H. K. Tonshoff and J. Hernadex-Camacho, "Die Manufacturing by 5-and 3-Axis Milling", J. of Mechanical Working Technology, Vol. 20, pp. 105-119, 1989
3. Takata S., Tsai M. D. and Inui M. , "A Cutting Simulation System for Machinability Evaluation Using a Workpiece Model", Annals of the CIRP, Vol. 38, pp.417-420, 1989
4. Hool T. V. "Real Time Shaded NC Milling Display", Computer Graphics, Vol.20, No.4, pp.15-20, 1986
5. Byoung K. Choi, "Surface Modeling for CAD/CAM", ELSEVIER, pp.106-107, 1991