

공정계획을 위한 가공중간형상 생성

박상철

아주대학교 산업정보시스템 공학부
경기도 수원시 영통구 원천동 산 5

Abstract

가공중간형상이란 가공 대상이 되는 제품을 가공함에 있어서 각 가공 단계마다 나타나는 중간 형상들을 지칭한다. 일반적으로는 이러한 가공중간형상들을 이차원 도면을 이용해서 표현해 왔으나 여러 가지 비효율성으로 인해서 최근에는 삼차원 모델로 표현하려고 하는 시도가 일어나고 있다. 본 논문에서는 이러한 필요성에 따라 제품최종형상모델, 가공의 시작점인 소재형상모델 그리고 가공공정계획을 이용하여 각 단계별 가공중간형상을 생성하는 방법론을 제안한다.

1. 서론

가공공정계획이란 주어진 최종형상모델, 소재형상모델 그리고 가용한 가공기계 및 공구 정보를 이용해서 경제적으로 가공할 수 있는 가공 계획을 수립하는 일이다[1,6]. 그리고 이러한 가공계획은 반드시 가공중간형상에 대한 정보를 반드시 포함하게 된다. 전통적으로 이러한 가공중간형상은 이차원 도면으로 표현되어 왔다. 그러나 이러한 이차원 도면의 단점은 제품형상모델 및 가공계획이 변경되었을 때, 그 변화를 이차원 도면에 반영하는 것이 큰 시간과 노력을 필요로 한다는 것이다. 일례를 들면 실린더헤드와 같은 부품 하나에 관련된 이차원 도면은 수천 장에 달하는데, 이 많은 도면들 중에 어떤 부분이 변경되어야 할지를 일일이 사람이 살핀다는 것은 노력의 크고 작음을 떠나서 사람의 실수가 유발될 소지도 다분하다. 더욱이 제품형상모델 및 가공계획의 변경은

매우 자주 날 뿐더러 심지어 제품생산단계에서도 일어날 수 있다는 것을 감안할 때 심각한 문제라 할 수 있다.

최근 이러한 문제를 해결하기 위해서 삼차원 형상 모델으로 가공중간형상을 표현하기 위한 시도가 있다[1]. 개념상으로 볼 때 소재형상과 가공계획이 가용하다고 가정하면, 각 가공단계마다의 가공불륨을 계산할 수 있고 그것을 소재형상에서 제거해 줌으로써 각 단계별 가공중간형상을 생성하는 것이 가능하다. 여기에서 가장 핵심적인 점은 가공중간형상이 자동으로 생성될 수 있다는 것이며, 이는 곧 제품형상, 소재형상 혹은 가공계획의 변경이 생겼을 때 자동으로 그 변화가 가공중간형상에 반영될 수 있다는 것을 의미한다.

본 논문의 목적은 Prismatic 형상을 가진 제품에서 삼차원 가공중간형상을 생성할 수 있는 방법론을 제안하는 것이다. 가공중간형상을 삼차원 형상으로 나타내기 위해서 가장 중요한 것 중에 하나는 가공계획을 구성하는 각 가공 별로 Cutter Swept Volume을[5-11] 계산해서 소재형상에서 제거하는 부분이라 할 수 있다. 공구의 형상과 공구경로를 고려해서 Cutter Swept Volume을 계산하기 위해서는 많은 계산 량이 필요한데 본 논문에서는 제품의 형상이 Prismatic이라는 점을 이용함으로써 효율적인 알고리즘을 제안한다.

2. 관련 연구

관련 연구를 크게 두 부류로 분류해 볼 수가 있다. 첫 번째는 Cutting Simulation,

그리고 두 번째는 주로 컴퓨터 그래픽스 분야에서 많이 연구되었던 삼차원 상에서 움직이는 물체의 Swept Volume 을 구하는 연구들이다.

우선 Cutting Simulation 을 [5,6] 살펴보자. 이미 공구경로와 공구가 가용한 상황이므로 Cutting Simulation 을 이용해서 가공중간형상을 계산하는 것이 가능하다. 하지만 결국 Cutting Simulation 은 내부적으로 공구경로의 작은 세그먼트들 별로 Cutter Swept Volume 을 계산하고 연속적으로 반복해서 소재형상에서 제거하고 있는 것을 감안할 때 결코 효율적이라고 말하기는 힘들다. 왜냐하면 우리가 원하는 것은 각 가공 별로 가공이 완료된 중간형상들을 원하는 것이지, 하나의 가공내부에서 가공이 진행되는 것을 지켜보고 싶지는 않기 때문이다. 결론적으로 Cutting Simulation 방식을 이용하는 것은 가능하지만 이 논문에서 다루는 문제를 위해서 효율적이지는 않다고 말할 수 있겠다.

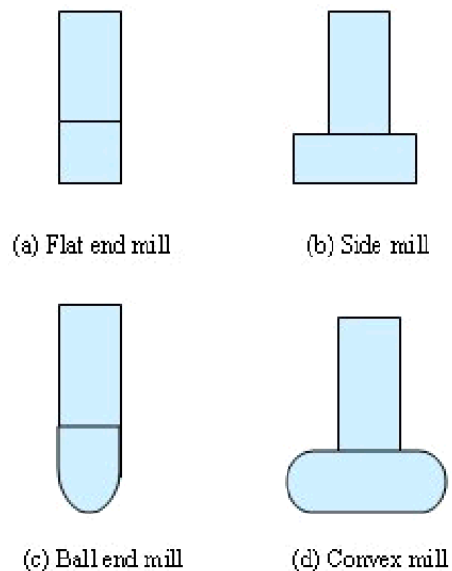
두 번째 부류의 연구를 살펴보자. 주로 Computer Graphics 분야에서 삼차원 공간상에서 움직이는 물체(Solid)의 Swept Volume 을 [7-11] 계산하는 것에 관한 많은 연구가 이루어져 왔다. 여기에서 가장 큰 문제 중에 하나는 구하고자 하는 물체의 Swept Volume 이 자체적으로 꼬인 경우 그 것을 잘라주는 문제 (trimming problem)이며 매우 많은 계산량을 필요로 하며 아직도 중요한 이슈로써 연구가 되고 있는 부분이다. 많은 알고리즘들과 접근방법들이 소개되었으나, 대부분 매우 일반적인 상황을 (삼차원 공간에서 임의의 Solid 가 임의의 경로를 따라 움직이는 상황) 고려하기 때문에 본 논문에서 다루는 가공중간형상 생성에 사용할 수는 있겠으나, 역시 효율적인 것이라고 보기는 힘들다.

본 논문에서는 주어진 문제의 특성을 관찰함으로써 효율적인 가공중간형상 생성 방법을 개발하려 한다. 우선 가공의 대상인 제품형상이 Prismatic 이므로 공구경로가

항상 평면상에 존재한다고 볼 수 있다. 공구경로가 평면상에 존재하는 경우는 이차원 윗셋[2-4]을 이용해서 Cutter Swept Volume 을 구할 수 있다는 점을 이용하면 효율적이고 상대적으로 구현하기 쉬운 알고리즘을 개발할 수 있다.

3. 가공중간형상 생성

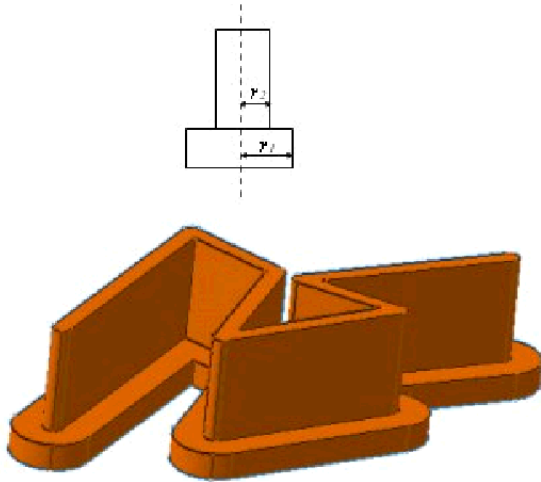
Cutter Swept Volume을 구하기 위해서는 공구의 형상을 잘 고려하는 것이 중요한데, [그림 1]에서 일반적으로 사용되는 공구들의 몇 가지 예를 보여준다.



[그림1] 공구형상들

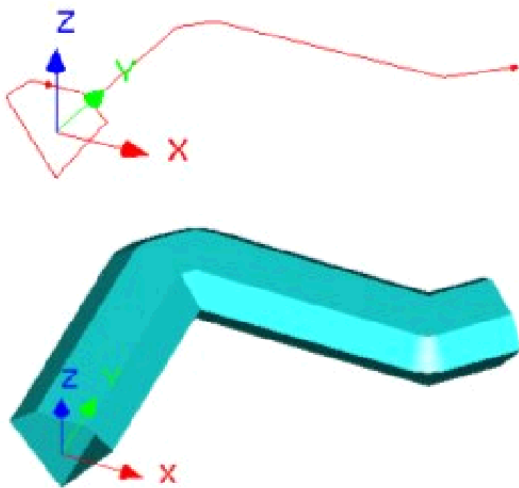
본 논문에서는 공구를 크게 두 가지로 분류한다. 하나는 공구가 원기둥의 조합으로 이루어진 ‘원기둥 형 공구’이고 (그림 1-(a), (b)), 다른 하나는 그 나머지를 통칭하여 ‘일반 형 공구’라 (그림 1-(c), (d)) 부르기로 하겠다. 원기둥 형 공구들은 매우 쉽게 Cutter Swept Volume을 구할 수 있는데, 절차는 다음과 같다. 우선 공구를 각 원기둥 별로 분리해서 공구경로의 궤적을 따라 원기둥의 반지름 만큼 윗셋 하고, 그것을 원기둥의 높이 만큼 extrude 한다. 그런 후 각 원기둥 별 생성된 volume들을 합쳐주기만 하면 [그림 2]에서 보여주듯이 원하는 Cutter Swept

Volume을 쉽게 구할 수 있다.



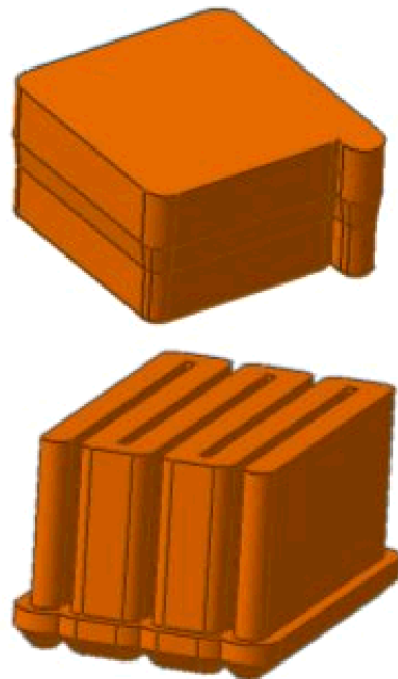
[그림 2] 원기둥 형 공구의 Cutter Swept Volume

그러면 나머지 일반 형 공구들의 Cutter Swept Volume은 어떻게 구할 수 있을지 살펴보자. 여기서는 주목할 점은 다음과 같다. 공구는 항상 회전을 하기 때문에 공구의 단면이 공구경로를 따라 갔을 때 생성되는 Volume이 곧 Cutter Swept Volume이라는 점이다. 최근에 임의의 Polygon이 평면상에 존재하는 체적을 따라서 움직일 때 쉽게 그 Swept Volume을 계산할 수 있는 Polygonal Extrusion 알고리즘이 본 저자에 의해서 제안된 적이 있다[2]. ([그림 3] 참조).



[그림 3] Polygonal Extrusion

본 논문에서는 일반 형 공구에 대해서는 Polygonal Extrusion 알고리즘을 이용함으로써 Cutter Swept Volume을 계산한다. Polygonal Extrusion 알고리즘은 이차원 곡선의 움직임에 기반하므로 여타의 삼차원 알고리즘에 비해서 효율적일 뿐만 아니라 구현의 용이성도 뛰어나다 하겠다. [그림 4]는 계산된 Cutter Swept Volume의 예들을 보여주고 있으며, 결국 가공중간형상을 계산하기 위해서는 이러한 Volume들을 단계별로 소재형상에서 제거해 줌으로써 가능하다.



[그림 4] Cutter Swept Volume

4. 결론 및 추후연구

공정계획을 위해서 삼차원 가공중간형상을 생성하는 것은 중요하지만, 그것이 전부만은 아니다. 왜냐하면 기존에 가공중간형상을 표현하기 위해서 사용하는 이차원 도면은 변화된 형상보다 훨씬 많은 정보를 포함하고 있기 때문이다. 이를테면 가공 후 정밀도에 요구사항에 관한 정보 혹은 가공에 필요한 Fixture, Set up 등에 관한 정보 등을 들 수 있을 것이다. 결론적으로 이러한 정보들이 모두 삼차원

가공중간형상에 포함되지 않는 이상은 삼차원 가공중간형상이 이차원 도면을 대치할 수는 없다고 할 수 있겠다. 따라서 이차원 도면이 포함하는 형상 이외의 다양한 정보들을 삼차원 가공형상과 함께 포함시키는 방법론 그리고 필요하다면 삼차원 가공중간형상으로부터 자동으로 이차원 도면을 생성할 수 있는 기술들이 중요한 추후 연구과제라 할 수 있다.

IEEE. Int. Conf. on Robotics and Automation, 1994, pp. 40-5.

5. 참고 문헌

- [1] Ramesh M, Belludi N, Yip-Hoi D, Dutta D, Wascher P. Application of feature technology to modeling and dimensioning the intermediate geometry of automotive powertrain components. Proceedings seventh ACM symposium on solid modeling and applications, Saarbrucken, Germany, 2002:313-20.
- [2] Park SC. Polygonal extrusion, Visual Computer 2003;19(1):38-49.
- [3] Park SC, Shin H. Polygonal chain intersection. Computers and Graphics, 2002; 26(2): 341-350.
- [4] Choi BK, Park SC. A pair-wise offset algorithm for 2D point-sequence curve. Computer-Aided Design 1999;31(12):735-45.
- [5] Chung YC, Park JW, Shin H, Choi BK. Modeling the surface swept by a generalized cutter for NC verification. Computer-Aided Design 1998;30(8):587-94.
- [6] Choi BK, Jerard RB. *Sculptured Surface Machining*, Kluwer, 1998.
- [7] Blackmore D, Samulyak R, Leu MC. Trimming swept volumes. Computer Aided Design 1999;31(3):215-23.
- [8] Hartquist EE, Menon JP, Suresh K, Voeleker HB, Zagajac J. A computing strategy for applications involving offsets, sweeps, and Minkowski operations. Computer Aided Design 1999;31(3):175-83.
- [9] Martin R, Stephenson P. Sweeping of three-dimensional objects. Computer Aided Design 1990;22(4):223-34
- [10] Sungertekin U, Voeleker H. Graphical simulation and automatic verification of NC machining programs. Proc. IEEE. Int. Conf. on Robotics and Automation, 1986, pp. 157-65.
- [11] Schroeder W, Lorensen W, Linthicum S. Implicit modeling of swept surfaces and volumes. Proc.