

3축 NC 기계 가공 시뮬레이션 (3-Axis NC Milling Simulation)

안 정 호 (송실대학교 기계공학과)

Jeong Ho Ahn (Soong Sil Univ.)

Keywords : z-map, z-buffer, voxel, NC, CAM

Abstract : An efficient 3-axis NC milling simulator is presented. The geometric simulation of milling is based on z-map structure and voxels. For the graphic simulation, dimetric projection is adopted. As a result, two faces of a voxel are exposed and they are overlapped. Visible faces are determined by using z-buffer method. The simulation system is developed in IBM-PC compatible with satisfactory result.

1. 서 론

컴퓨터 관련 산업 및 응용 산업의 발전과 상품의 디자인 수명의 단축에 따라 CAD/CAM을 이용한 제품 생산이 확대되고 있다. CAD/CAM 패키지를 사용하여 제작된 NC 프로그램은 코드의 길이가 길고 코드를 보고 공작물의 형상을 파악하기가 어렵다. 제품의 제작에 사용되는 NC 프로그램을 확인 하기 위해 나무나 플라스틱을 시험 가공함으로써 시간과 비용 면에서 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 방법에 비하여 불리하다.

많은 CAD/CAM 패키지에서 공구의 경로를 확인하기 위하여 공구의 궤적을 화면에 선으로 표시하고 있으나 공작물의 형상을 사용자가 파악하기에는 많은 어려움이 있고 공구의 충돌 또는 가공오차의 확인도 불가능하다. NC 프로그래머나 오퍼레이터가 NC 프로그램을 컴퓨터를 이용하여 검증하는데 가장 쉬운 방법은 공구의 이동에 따라 공작물의 형상변화를 Solid Modeling하여 화면에 보여주는 것이다. 따라서, 공구의 충돌 또는 가공오차를 화면을 통하여 사용자가 쉽게 확인할 수 있다.

NC 프로그램 검증을 위한 방식은 Wireframe과 Solid Modeling 방식이 있다. Wireframe Modeling 방식은 공구의 이동경로를 선으로 표시하는 것으로 공구 경로가 복잡해짐에 따라 공구의 궤적을 구분해내기가 어려워지며, 최종 가공형상에 대한 예측도 어려워진다. Solid Modeling 방식에 의한 표현 방식은 공구의 이동에 따라 공작물의 형상 변화를 화면에 나타내줌으로써 공작물의 형상 변화에 대하여 사용자가 쉽게 인식할 수 있다.

Solid Modeling 방식에 의한 공작물 시뮬레이션 방식은 공작물 과 화면을 기준으로 하는 두 가지 분야로 나눌 수 있다. 첫째로, Direction Vector를 사용하여 공작물의 형상 변화를 추적해 가는 방식이 Jerald, R. B., etc [1988]¹⁾, Chappel, I. T.[1983]²⁾ 그리고 Anderson, R. O. [1978]³⁾ 등에 의하여 연구되어졌으며, 이 방식을 3축 밀링 머신의 시뮬레이션에 사용할 때 주로 Z-Map 방식이라 한다. Hsu, P. L., etc[1993]⁴⁾은 Z-map 방식과 isometric projection을 이용하여 공작물의 형상변화를 시뮬레이션 하였다. 둘째로, extended Z buffer algorithm을 사용한 Wang [1986]⁵⁾ 그리고 VanHook [1986]⁶⁾ 등이 있다. 이 방식은 많은 메모리와 계산이 필요함으로 워크스테이션 또는 대형 컴퓨터에서 개발하였다.

본 연구에서는 가공형상을 Z-Map과 Voxel을 이용하여 공작물의 변화과정을 모델링하고, Dimetric Projection과 Z-Buffer 방법으로 공작물의 형상 변화과정을 화면에 실시간 3차원 Solid Graphic Display가 가능하도록 하는 프로그램을 개발한다.

2. 공작물의 형상 모델링

3축 밀링 가공시 공작물의 형상 변화는 공작물의 Z축 방향의 높이만 변화 시켜나가는 것으로 이해할 수 있다. 즉, 공작물을 Z축 방향으로 서있는 사각 기둥의 모임으로 간주한다면 공구와 사각기둥의 교차점(사각기둥의 높이)을 계산하여 사각 기둥의 높이에 대한 정보를 저장하고 있으면 공작물의 형상을 개략적으로 예

측할 수 있다. Fig. 1에서 사각기둥이 정육면체 (Voxel)를 쌓아 올린 것이라면 사각기둥의 높이는 Voxel의 개수라 할 수 있다. 따라서, 공작물의 형상 정밀도는 단위 면적당 사각기둥의 개수를 증가시킴으로써 높일 수 있다. 본 연구에서는 사각 기둥의 높이를 1 byte 정수로 한다.

3. 공작물의 화면 Display

공작물은 여러 개의 Voxel로 이루어진 것으로 하였다. Fig. 2와 같이 Voxel로 구성된 공작물을 화면에 투영시키는 방법에 따라 공작물의 화면 Display가 단순해진다. 하나의 Voxel을 2차원 평면상에 투영하는 방법에는 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 Fig. 3과 같이 Dimetric Projection 방식 중에 foreshortening factor가 $1 : 1/\sqrt{2} : 1/\sqrt{2}$ 인 비율로 투영한다.⁷⁾ Dimetric Projection에 의해 Voxel을 투영시키면 투영면은 옆면과 윗면만이 보인다. 따라서, 프로그램의 구

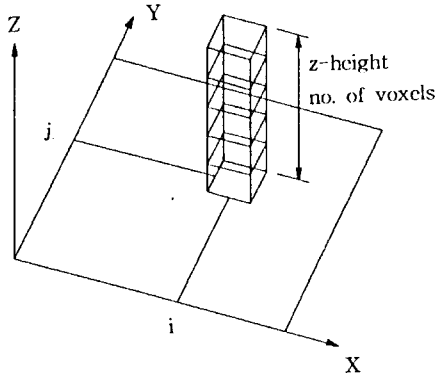


Fig. 1. Z map structure

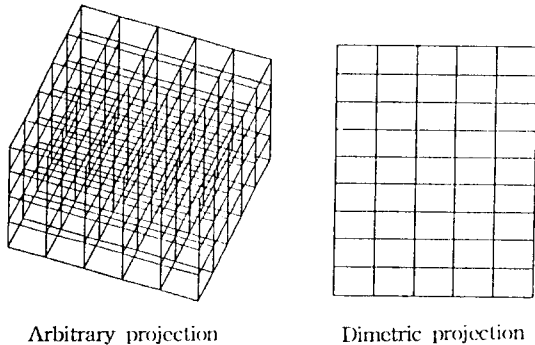


Fig. 2. Projection of voxels

조가 간단해지며 화면에 공작물을 나타내는데 사용하는 메모리의 양을 줄일 수 있다. 투영면의 가장자리의 길이 비는 옆면과 윗면이 각각 $1 : 1/\sqrt{2}$ 의 비율로 동일하다. 투영면을 컴퓨터 화면에 나타내기 위해서는 투영면을 화소로 표현하여야 한다. 투영면을 화면에 표현할 때 $1 : 1/\sqrt{2}$ 에 가장 근접한 화소 수의 비율 3 : 2를 선택하였다.

화면상에 나타나는 Voxel의 투영면은 옆면과 윗면이다. 따라서, 공작물은 화면상에서 직사각 면의 조합으로 표시된다. 직사각면 중에 화면에 보이는 것은 관찰자에 가장 가까운 Voxel의 면이다. 즉, Z-depth가 가장 작은 Voxel의 면이 화면에 나타나게 된다.

공작물을 화면에 나타내기 위하여 기본적으로 5가지의 색을 사용하였다. 5가지 색은 배경, 윗면, 윗면의 경계, 옆면 그리고 옆면의 경계를 나타내기 위한 것이다. Fig. 4. 에 나타난 것과 같이 Voxel의 윗면과 옆면은 주어진 조건에 따라 각각 4 가지와 2 가지로 분류된다. 경계를 표현하지 않으면 Fig. 5. 에서 보여주듯이 공작물의 형상을 파악하기가 어렵다.

Fig. 6. 는 공작물의 단면을 보여주는 것으로 사용자가 원하는 부분의 단면 또는 가려진 형상을 확인할 수 있다. 이는 공작물의 특정 부분의 형상을 확인하고자 할 때 쉽게 이용할 수 있다.

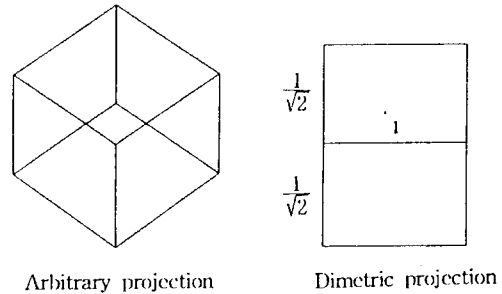


Fig. 3. Projection of a voxel

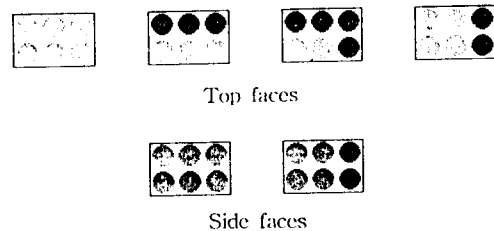


Fig. 4. Top and side faces of voxel

4. 가공 시뮬레이션

공작물의 가공과정을 실시간으로 화면에 나타내기 위하여 계산 시간을 단축하고 가공에 의하여 변화가 발생한 부분의 화면만을 갱신해나간다. 공작물의 형상 변화와 관계되는 모든 계산은 정수로 하고, Math Co-processor가 없는 개인용 컴퓨터에서도 빠른 속도로 계산이 수행되도록 하였다. 따라서, 가공 시뮬레이션에 관계된 계산 부분은 빠른 시간에 해결된다. 화면에 공작물을 나타내는 부분은 공작물의 가공 시뮬레이션에 비하여 상대적으로 상당한 시간을 요구함으로써 화면에 표시되는 Voxel의 면중에 변화가 있는 부분의 Pixel만을 갱신해 나간다.

5. 적용례

본 연구에서 제시한 모든 방법은 IBM-PC 호환 기종에서 Turbo C 2.0으로 개발되었다. 그래픽 카드는 일반 VGA (640 X 480, 16 칼라)를 사용하였다. 현재 개발된 시뮬레이터에서는 flat endmill, ball endmill등 사용자가 정의한 공구형상에 따라서 가공 시뮬레이션이 수행된다. Fig. 7. 은 130 x 150 x 60의 voxel들로 구성된 Solid Block을 직경 15φ의 ball endmill 과 flat endmill로 가공한 것을 보여주며, Fig. 8. 은 200 x 150 x 30의 Solid Block을 31φ와 11φ의 ball endmill 과

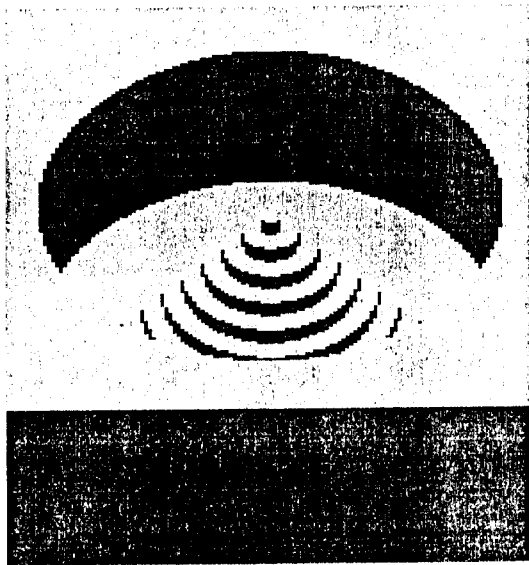


Fig. 5. Display of voxels without border

flat endmill로 시뮬레이션을 하였다. 시뮬레이션은 IBM 호환 기종에 ISA BUS 방식의 VGA 카드를 장착한 486 25MHz 및 486 66MHz 컴퓨터에서 수행하였다. 시험 결과 공작물의 형상변화 계산에 소요되는 시간보다 화면에 그려주는 시간이 오래 걸리는 것으로 나타났다. Fig. 8.에서 모서리 부분에서 가공되지 않은 부분이 사각기둥으로 나타나는 것을 확인할 수 있다.

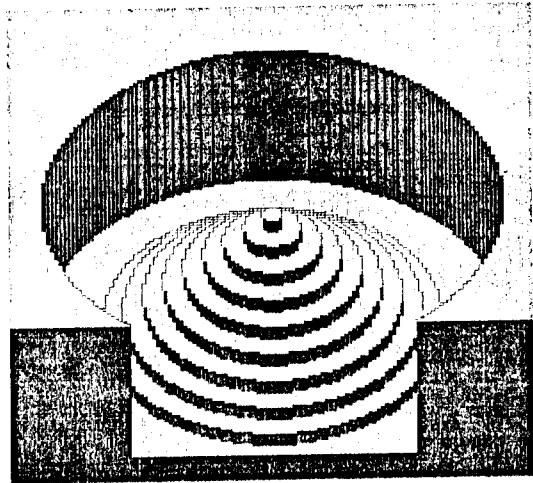


Fig. 6. Anatomy view

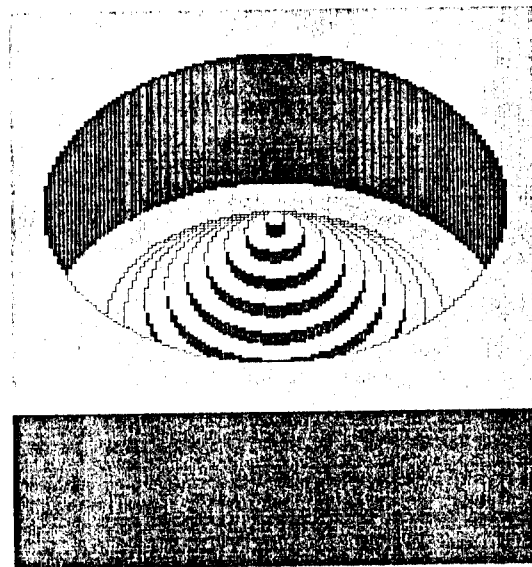


Fig. 7. a. Simulation result (block size : 130x150x60 voxels, Tool : flat endmill- 15φ, execution time : 486 25Mhz - 26.6sec, 486 66Mhz -12.75sec, geometric simulation time : 486 25Mhz - 0.87sec, 486 66Mhz - 0.27sec)

6. 결론

본 연구에서 개발된 NC 프로그램 시뮬레이터는 개인용 컴퓨터에서도 빠른 속도로 실행되며 화면에 가공 과정을 생동감 있게 보여 줌으로써 가공 도중에 어느 부분에서 가공 오류가 발생하는지를 쉽게 파악할 수 있다. 공작물의 가공 시뮬레이션에 걸리는 시간은 대부분 공구의 이동에 따라 갱신해야 할 Voxel면의 개수에 크게 지배된다. 따라서, 화면 그리기 작업을 어셈블러를 사용하면 좀 더 빠른 시뮬레이션을 수행할 수 있을 것이다.

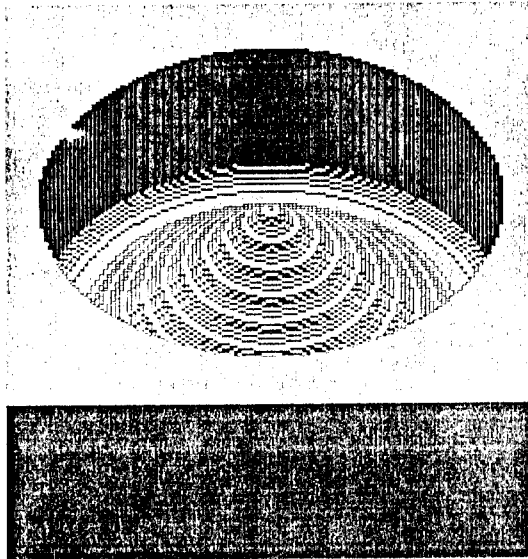


Fig. 7. b. Simulation result (block size : 130x150x60 voxels, Tool : ball endmill - 15 ϕ , execution time : 486 25Mhz - 47.47sec, 486 66Mhz - 20.88sec, geometric simulation time : 486 25Mhz - 0.82sec, 486 66Mhz - 0.27sec)

참고문헌

1. Jerard, R. B., Drysdale, R. L., Hauck, Kenneth, "Geometric Simulation of Numerical Control Machining," ASME International Computers in Engineering Conference, 1988
2. Chappel, I. T., "The use of vectors to simulate material removal by numerically controlled milling," Computer Aided Design, Vol 15, No. 3, 1983, pp 156-158
3. Anderson, R. O., "Detecting and eliminating collisions in NC machining," Computer Aided Design, Vol 10, No. 4, 1978, pp 231-237
4. Hsu, P. L. and Yang, W. T., "Realtime 3D simulation of 3-axis milling using isometric projection," Computer Aided Design, Vol. 25, No. 4, 1993, pp 215-224
5. Wang, W. P. and Wang, K. K., "Real-time verification of multiaxis NC programs with raster graphics," Proc. IEEE Robot & Automat., 1986, pp 166-171
6. Van Hook, "Real-time shaded NC milling display," ACM SIGGRAPH, 1986, pp 15-20
7. David F. Rogers and J. Alan Adams, Mathematical elements for computer graphics, Mc Graw Hill

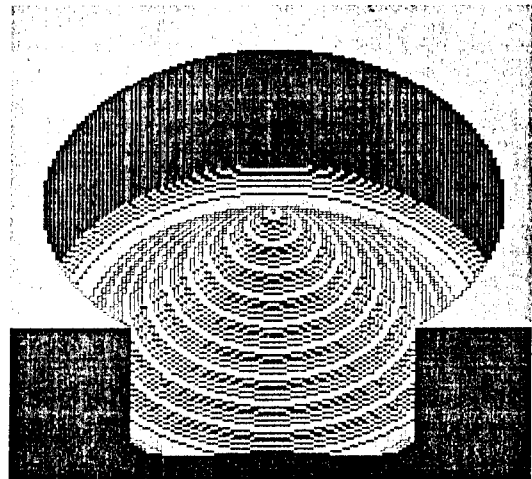


Fig. 7. c. Anatomy view

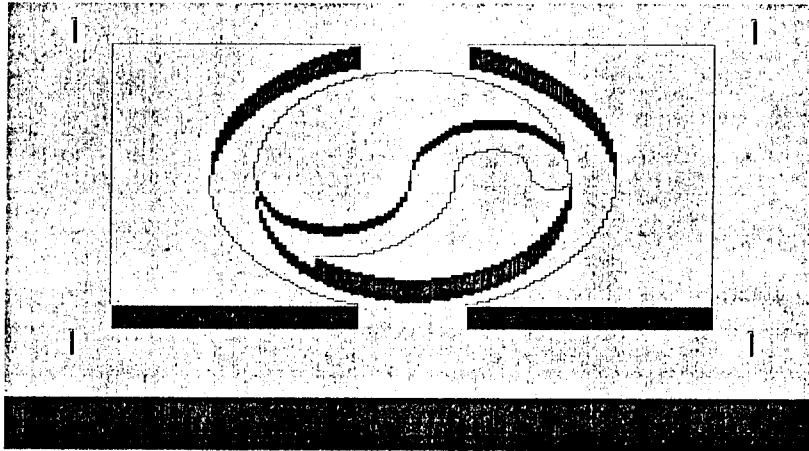


Fig. 8. a. Simulation result (block size : 200x150x30 voxels, Tool : flat endmill - 31 φ & 11 φ , execution time : 486 25Mhz - 17.52sec, 486 66Mhz - 8.57sec, geometric simulation time : 486 25Mhz - 1.20sec, 486 66Mhz - 0.43sec)

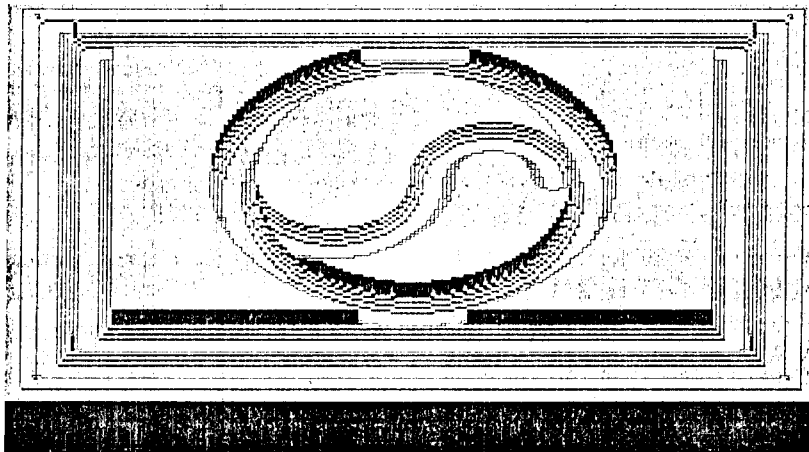


Fig. 8. b. Simulation result (block size : 200x150x30 voxels, Tool : ball endmill - 31 φ & 11 φ , execution time : 486 25Mhz - 34.83sec, 486 66Mhz - 16.87sec, geometric simulation time : 486 25Mhz - 1.15sec, 486 66Mhz - 0.38sec)