

병렬기구 공작기계의 머신시뮬레이션과 프로그램 연구

A Study on the Machine Simulation and Program of Parallel Mechanism Machine Tool

*고해주¹, 황중대¹, 김기욱², #정윤교³, 변삼수⁴, 신혁⁴, 유한식⁴

*H. J. Ko¹, J. D. Hwang¹, K.U. Kim², #Y.G. Jung(ygjung@changwon.ac.kr)³, S.S.Byun⁴, H.Shin⁴, H.S.Yu⁴

¹ 창원대학교TIC, ²원대학교 대학원, ³원대학교 기계공학과, ⁴이엠코리아(주)

Key words : Machine Simulation, Parallel Mechanism Machine Tool, CAM Software, Post-processor

1. 서론

산업현장의 생산력 증대와 품질향상을 위해 공작기계의 활용이 다양화 되면서 병렬기구를 이용한 작업의 활용이 많은 발전을 이루고 있다. 병렬기구는 직렬기구에 비하여 이동 부 관성 질량 감소로 기계의 속도를 크게 증가 시킬 수 있어, 이러한 장점들을 살려 공작기계로서의 활용을 위해서 병렬기구의 Machine Simulation(M/S)에 대한 연구의 필요성이 증대 되고 있으며, 생성된 NC 데이터의 가공경로 검증, 공구와 소재의 충돌, 과절삭 등의 문제점을 컴퓨터에서 사전에 파악하여 장비 준비 시간을 감소시킴으로서 생산력을 증대 할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 병렬기구 공작기계의 가공에 있어서 M/S 은 동시 5축 가공을 구현하기 위한 기본단계로 병렬구조의 형상정보를 3D로 구성하고, NC 제어기의 정보를 입력하여 병렬기구의 동작을 컴퓨터상에서 구현시킨다. 구현된 시뮬레이션 결과를 활용하여 병렬기구의 구조에 맞는 5축 가공 프로그램을 생성하여 가공경로의 검증과 기구학적 간섭 및 충돌에 대한 시뮬레이션으로 병렬기구의 동작과 가공과정을 검증함으로써 기구의 개선과 동시에 원활한 가공실현에 활용하고자 한다.

2. 병렬기구 공작기계의 구조

병렬기구에서 중요한 부위는 매니플레이터로, 작업영역의 확대와 용이성을 위하여 매니플레이터의 설치를 45° 경사형으로 구성되었으며, 축의 구성은 Fig.1 에서와 같이 직선 3축과 회전 2축의 5축 동시제어가 가능하고 고정된 상부의 베이스 플랫폼이 120° 등간격 위치에 2자유도를 갖는 유니버설 조인트가 설치되어 있다. 리니어 액츄에이터의 전체 행정거리는 800mm로 ±45°의 회전 각도를 가지고, A축과 C축의 선회각도는 ±90°와 ±180°의 작업영역을 갖고 있다. 주축은 빌트인 구조의 최대 40,000rpm 으로 설치되어 동시 5축과 고속가공이 가능하도록 되어있다.

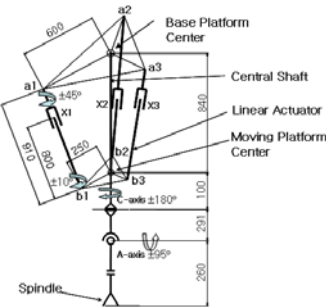


Fig. 1 Kinematical Linkage & Defined Joints of the PMMT

3. 병렬기구 공작기계의 머신시뮬레이션

3.1 머신시뮬레이션 단계

병렬기구 공작기계의 M/S 단계는 Fig.2 와 같은 공정으로,

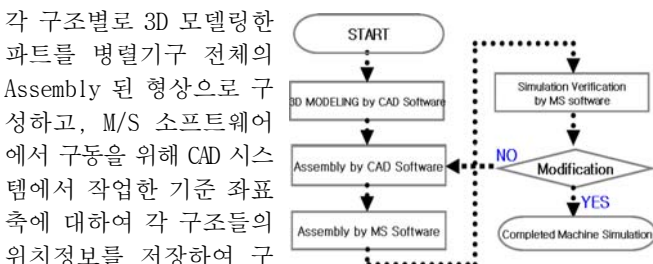


Fig. 2 Flow Chart for Machine Simulation

고 검증에 들어간다. M/S 은 한 축을 움직이기 위해서 병렬기구가 가지는 모든 축들이 움직여야 나타낼 수 있으며, 기존의 직렬기구에서 사용 하던 NC 데이터를 그대로 사용하기 힘들고 공작기계의 범용성도 떨어지게 된다. 이는 콘트롤러에서 기존의 NC 데이터를 사용 할 수 있도록 병렬기구의 역기구학적 해를 찾아 병렬기구를 구동시켜 주어야 되는 것이다.

3.2 병렬기구의 모델링

병렬기구의 각 파트를 모델링 할 때에 병렬기구가 움직이는데 필요한 파트들을 장비와 동일하게 모델링하면서 형상에 대해서는 최대한 단순하게 할 필요가 있다. 이는 M/S을 할 때 기계가 가공을 수행하는 작업에서 연산 시간이 많이 걸리는 원인으로 작용하기 때문이다. CAD 소프트웨어를 활용하여 각 파트별로 모델링 작업을 하고, 파일을 stl로 변환하여 사용한다.

병렬 기구의 각 파트들을 stl 파일로 확장자를 변환 하면 병렬 기구의 기계 좌표계를 중심으로 모델링된 각 파트의 위치가 함께 저장되고, 각 파트를 Assembly 할 때 CAD 시스템의 좌표계를 중심으로 저장 된 위치로 Assembly가 될 수 있다.

3.3 CAD 소프트웨어에서의 Assembly

병렬기구의 매니플레이터부는 Fig. 3 에서와 같은 구조로, Base Platform을 기준으로 각각 두 개의 Revolution Joint 가 있고, Ball Joint는 Moving Platform과 연결된다. 그리고 이들 사이를 연결 하는 Liner Actuator 가 있으며, Moving Platform의 평면 중심에서 C축이 연결 되고 C축에 A축과 공구가 연결된다.

병렬기구의 M/S을 위해서는 각 파트를 이와 같은 링크 구조로 결합되어야 하며, 이때 각 파트들이 실제 장비가 조립되는 것과 동일하게 Assembly 되는 것이 가장 중요하다. 즉 각 파트들의 위치가 M/S 할 때 오차 발생 요인과 밀접한 관계를 갖고 있기 때문에 각 조인트간의 거리, 축의 일치 등과 같은 부분에 세밀한 주의가 필요하다.

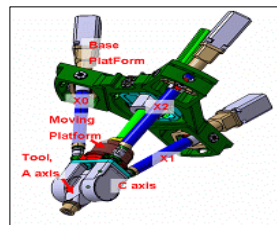


Fig. 3 Manipulator Assembly

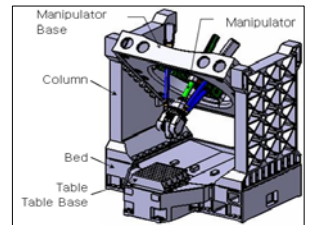


Fig. 4 Machine Assembly of 3D Type

3.4 M/S 소프트웨어에서의 Assembly

CAD 소프트웨어에서 모델링을 비롯한 Assembly가 끝나면 다음은 M/S을 위한 Assembly가 필요하다. Fig.4 는 CAD 프로그램에서 모델링된 파트 파일을 기계원점으로 Assembly를 완성한 상태를 보여준다. 각 파트 파일을 저장 할 때에는 CAD 소프트웨어의 좌표계를 기준으로 Assembly된 파일을 좌표축에 대한 위치 값을 함께 저장 한다.

M/S 소프트웨어에서의 Assembly는 가상공간에서 장비가 동작하기위한 것으로, 동작할 때 기본이 되는 각 파트를 소프트웨어의 가상공간에 Loading 함으로서 완성한다. Assembly 순서는

기계의 동작순서에 따라서 진행하며, 다음으로 Spindle 끝에 공구를 정의 해주고, 각 기구부가 연결되는 부분에 대해서는 조인트 형태를 정의 해준다.

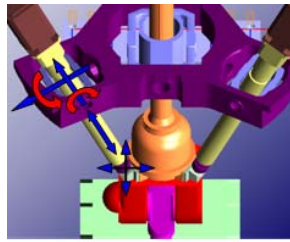


Fig. 5 Joint moving type

Fig.5는 메니플레이터의 조인트 부를 나타내 것으로, 조인트부를 Assembly를 하면서 형태를 결정하는데, 이때 정확한 조인트의 위치를 결정 하는 것이 중요하다. 조인트 부는 병렬기구에서 각 직선 이송축이 운동할 때 이동에 따른 위치변화를 지지해 주는 역할을 하게 된다. 병렬기구를 기존의 직렬기구와 동일한 NC 데이터를 사용 하고 구동하기 위해서는 피벗 점을 중심으로 병렬기구에 역 기구학적 해를 구하여 각 축의 움직임을 제어하고, 임의의 공구를 하나 정의하여 기존의 NC 데이터를 사용할 수 있게 한다.

이상의 과정을 통하여 완성된 머신시뮬레이션용 병렬기구 공작기계의 모습을 Fig.6 에서 보여주고 있다.

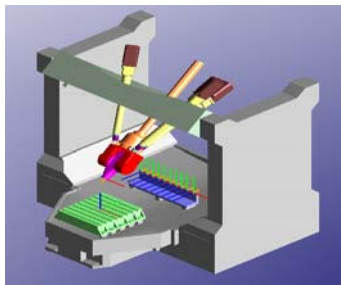


Fig. 6 Developed Assembly by M/S

4. 병렬기구 공작기계의 Post-Processor

CAD/CAM 작업을 통해 얻어진 APT source는 워크 좌표계의 CL(Cutter Location) 데이터로 가공을 하기 위해서는 실제 기계가 구동하기 위한 NC 데이터로 변환하는 Post-processor 과정이 필요하다. 본 연구에서는 창원대TIC 에서 개발한 Post-processor(E-post)에 Visual-basic을 사용해 병렬기구 메니플레이터의 45° 기울어진 C축과, 수직형 축, 수평형 축 모두에 적용할 수 있는 Post-processor를 개발하였다.

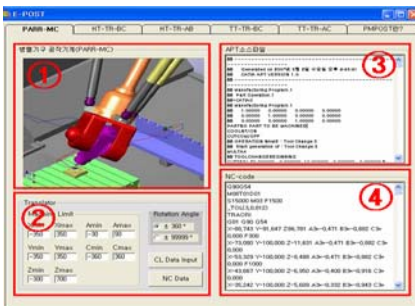


Fig.7 Post-processor software(E-post)

Fig.7 은 E-post의 실행 화면으로, 화면 ①은 병렬기구의 가상 동작 상태를 보여주고, 화면 ②는 장비의 Limit를 제한하기 위한 창이다. 화면 ③은 APT source 가 text 형식으로 입력되는 입력 창이며 화면④는 입력되어진 CL 데이터가 NC 데이터로 변환 되어 출력 되는 창으로 각 병렬기구마다 사용하는 NC 데이터의 도입부와 종료부의 형태가 삽입 된 상태로 출력된다.

입력된 APT source 는 작성된 프로그램에 의해 x, y, z, ux, uy, uz 값과 Feed-rate 값을 루프를 돌면서 인식하고, 이때 입력된 공구의 위치와 자세 값을 배열을 이용하여 각 x, y, z 직선 축에는 각 축을 의미하는 'X', 'Y', 'Z' 좌표를 붙여 출력하고 공구의 자세를 나타내는 ux, uy, uz 앞에는 병렬기

구가 방향벡터 값을 인식 할 수 있는 A3=, B3=, C3= 를 붙여서 출력한다. 동일한 Feed-rate 부분은 반복적으로 사용 되는 것을 방지하기 위하여 한번만 출력 되게 하였다.

5. 머신시뮬레이션의 검증

병렬기구에서 M/S의 검증으로, 5축 NC 데이터로 M/S을 할 때 장비의 오류나 공구의 간섭이 발생되면 에러 메시지와 기구의 해당부위에 색깔을 변경하여 나타내면서 시뮬레이션이 멈추도록 설정하고, NC 데이터를 이용해서 실제 가공을 함으로서 M/S의 정확성을 검증 하였다. Fig.8 에서 시험대상물은 ISO 규격에 준한 소형 윤곽 가공용 시편을 보완하여 표준형상은 3축 제어, 곡면 부는 5축 제어로 가상으로 가공하여 검증을 수행하였다.

가공프로그램의 검증으로는 동일한 프로그램을 병렬기구와 DMG 5축가공기에서 동일시편 가공을 실행하여 정밀측정으로 확인하였으며, 측정 결과 직선운동과 연관된 진폭도 및 진위치도는 15 μ m 내외로 유사하였고, 곡면부의 윤곽가공에서는 병렬기구가 DMG 기계보다 오차가 많았으며, 가공면의 조도가 떨어짐을 확인할 수 있었다. 이로써 병렬기구에서 NC 프로그램을 생성하였고, 머신시뮬레이션을 통하여 NC 프로그램의 동작과 기계의 동작 상태를 검증하였다.

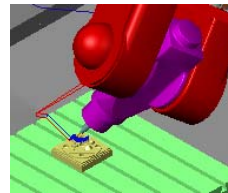


Fig. 8 M/S Test



Fig.9 Machining Test

4. 결론

병렬기구 공작기계에서 45도 경사형의 Manipulator를 장착한 구조를 사용하여 5축 가공을 수행하기 위하여 NC프로그램의 생성과 컴퓨터에서 동작을 검증하기 위한 Machine Simulation 을 통하여 실제 기계동작과 동일한 작동을 위한 연구를 수행하여 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

1. 45도 경사형의 Manipulator 구조를 가진 병렬기구 공작기계를 컴퓨터에서 가상기계 동작의 검증이 되는 Machine Simulation 에 대한 연구를 완성하였다.
2. NC 프로그램 개발로 Post-processor 과정에서 Visual-basic을 이용하여 CL데이터를 NC데이터로 변환시켜 5축 가공이 가능한 프로그램을 생성하였다.
3. 병렬기구 공작기계에 ISO 규격에 준한 윤곽가공용 시편을 적용하여 직선운동의 정밀도를 검증 하였고, 곡면부의 윤곽가공에서는 다소 오차가 존재함을 확인 하였다.

후기

본 연구는 산업자원부 지정 2006년도 지역산업기술개발사업(중점 기술개발사업)의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. W. C. Lee, M. K. Lee, "A Study on the CAD/CAM System of Parallel Typed CNC Machine", Chang-Won Univ, Journal of Industrial Technology Institute, Vol 15 pp.161~172, 2001.
2. Sping Technologies, "NC-Simul Manual and User Guide", 2004.
3. E. J. Jo, J. D. Hwang, Y. G. Jung, " Study on the Development of Post-Processor for 5-Axis NC Machining," Transactions of the Korean Society of Machine Tool Engineers Vol 15 pp.53~58, 2006.