

가상 공작기계를 이용한 이송계의 Auto Tuning Auto Tuning of Feeding Units using a Virtual Machine Tools

*#이찬홍¹, 김경호¹, 성대중²

*# C. H. Lee(chlee@kimm.re.kr)¹, G. Khim¹, D. J. Sung²

¹ 한국기계연구원 지능형생산시스템연구본부, ² ㈜두산인프라코어

Key words : Virtual Machine Tools, Feeding Unit, Auto Tuning

1. 서론

다계통 CNC 복합가공기는 20 개 이상의 축들이 동시에 공간적으로 운영되고 있어서 각 축간의 상대적인 동기화와 각 이송계에서의 위치정밀도 유지가 매우 중요하다. 그러나 공작기계 제작사들은 복합가공기의 최종 검사에서 사용자가 사용하는 무거운 공작물을 고려치 않고 각 축들간의 동기화와 이송계의 파라미터 튜닝을 일반적인 경우로 셋팅함으로써, 실제 고객들이 장비를 사용함에 있어서 진동과 가공품질상에 문제가 발생하기도 한다.

그래서 공작기계 제작사들은 고객의 특수한 목적과 현장의 조건을 맞추기 위해서 현장에서 이송계에 대한 파라미터 튜닝을 제시도한다. 이 과정에서 기계의 작동과 가공공정의 재현성 부족으로 장비의 튜닝이 단시간 내에 완결되지 못한다. 이러한 현상이 국내뿐만 아니라 외국에서 발생할 경우, 공작기계 제조사로서는 A/S 로 인한 손해가 많게 된다.

본 논문에서는 국내의 실제 A/S 상에서 이러한 상황을 좀 더 개선하고, 인터넷을 통한 장비의 가공성을 향상시키는 기법을 개발하고자, 가공토크 공급이 가능한 가상 공작기계를 구축하여 원격지에서 사용자의 장비에 대한 Auto Tuning 을 재설정하는 것을 목표로 한다.

2. 가상 공작기계의 구축과 가공토크 공급원리

그림 1 은 개발된 가상 공작기계를 보여주고 있다. 가상 공작기계는 정밀하게 제어하고자 하는 타겟모터에 부하모터를 이용하여 토크부하를 공급함으로써 실제 공작기계를 가상으로 대체하여 시뮬레이션 할 수 있는 장치이다. 따라서 실제 공작기계에서 발생하는 각종 외란이 배제된 상태에서 다계통 복합가공기에서 발생하는 각종 하중을 토크패턴으로 변환해서 구동모터에 토크부하로써 공급할 수 있다. 토크부하는 타겟모터에 연결되는 제어기와는 별도로, 개루프(open loop) 방식으로 토크에 해당하는 전압을 부하모터에 공급하게 되며, 이때 가해진 토크를 측정하기 위하여 토크미터를 부하모터와 타겟모터 사이에 장착하였다. 가상 공작기계에서의 타겟모터는 실제 공작기계에서 발생할 수 있는 가상의 토크부하 하에서 구동이 이루어지므로 따라서 실제 현장에서 공작기계가 작동하는 것과 같은 효과를 볼 수 있다.

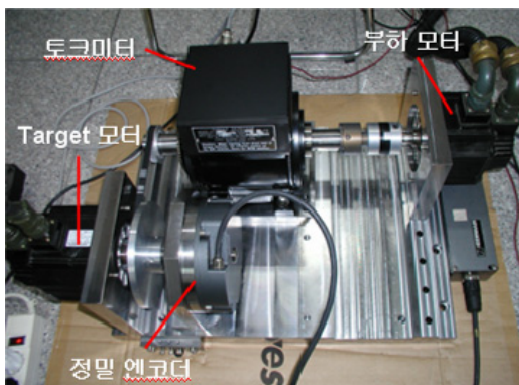


Fig. 1 Virtual machine tools

3. 토크부하 패턴과 합성

실제 공작기계에서 발생하는 있는 여러가지 부하를 토크 부하로 나타낼 수 있다. 여기에는 가공공정 중 발생하는 선삭 및 밀링, 드릴링 등에서 나타나는 토크부하 및 이송시 백래쉬에 의한 현상, 가감속에 의한 현상 등이 있으며, 이에 대한 자세한 것은 저자의 발표논문^{1,2}을 참고하기 바란다. 본 논문에서 실험에 사용한 토크부하는 이송가속도, 마찰력 및 절삭력에 의한 3 가지를 합성토크로써 이용하였다.

그림 2 는 이송가속도, 마찰력, 절삭력의 3 가지 부하를 합성토크로써 나타낸 것이다. 이송계의 관성질량의 가감속에 의해 출발 및 정지시에 대부분의 토크부하가 발생하며, 마찰력에 의해서는 전구간에 걸쳐 거의 일정한 토크가, 등속구간에서는 절삭력에 의해 톱니파형의 토크부하를 발생시키고 있다. 이와 같은 토크부하는 이송계의 관성질량 및 볼 스크류, 모터, 커플링 등의 스펙을 고려하여 결정되었다. 가상 공작기계는 타겟모터가 구동함과 동시에 이와 같은 합성토크를 부하모터에 공급함으로써 실제 공작기계가 동작하는 것과 동일한 효과를 가져오는 것이다.

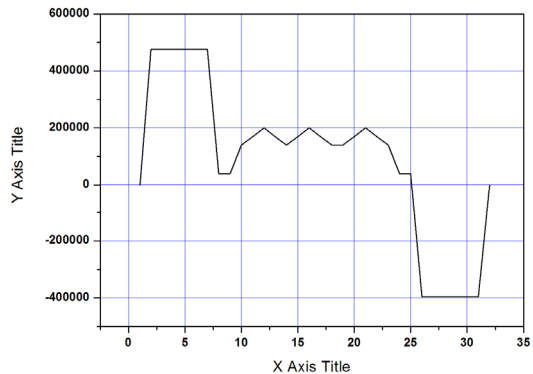


Fig. 2 Composition of three different torque patterns

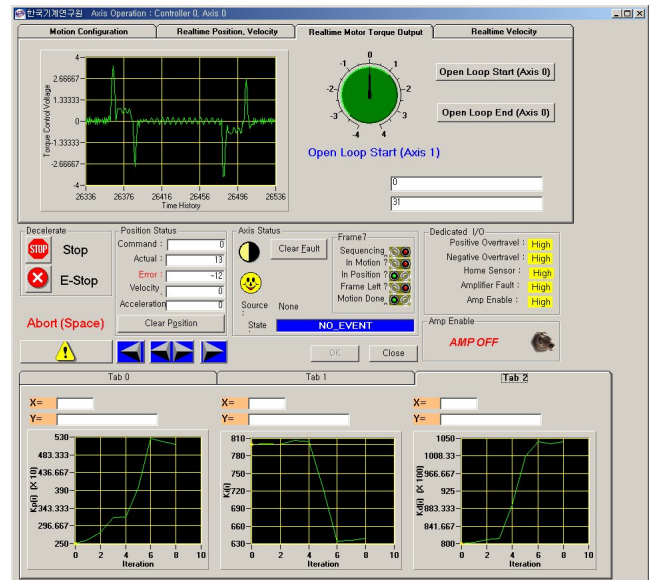


Fig. 3 Software for PID gain optimization

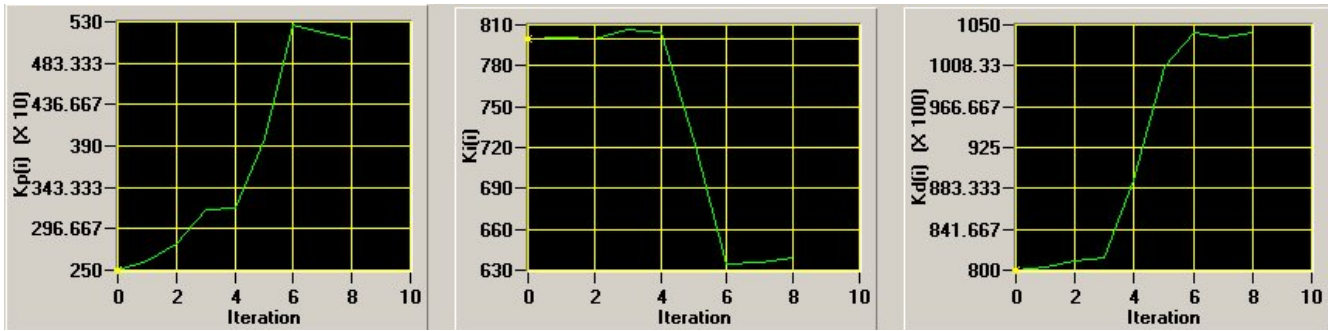


Fig. 5 Variation of PID gains during optimization

4. 가상 공작기계를 통한 PID 파라미터 결정

실제 공작기계에서 발생하는 여러가지 하중을 이용하여 개별 토크부하를 생성하고, 이를 종합하여 합성토크를 생성할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 또한 생성된 합성토크부하를 부하모터에 가해주기 위한 방법으로 제어기를 이용하여 개루프 방식으로 토크에 해당되는 전압을 공급해주었다. 더불어 이렇게 공급된 합성토크부하하에서 목표로 하는 타겟모터의 PID 튜닝 최적화를 수행하기 위해서 새로운 소프트웨어를 개발하였다. 실험에 사용된 제어기는 MEI(Motion Engineering Inc)사의 DSP 제어기로써 사용자 코딩을 위한 라이브러리를 제공하기 때문에 비교적 쉽게 원하는 알고리즘으로 프로그램 할 수 있다. 합성토크부하를 부하모터에 전압을 가해주는 모듈 및 PID 튜닝 최적화를 위한 모듈은 MEI DSP 보드 및 마이크로소프트의 비주얼 베이직을 이용하여 개발하였으며, 개발된 프로그램은 그림 3 과 같다.

타겟모터의 PID 최적화는 모터의 총 이송동안의 RMS 오차를 목적함수로 하여 이 목적함수가 최소화되도록 gradient 법을 이용하여 PID 계인이 초기값으로부터 새로운 값을 탐색하는 방향으로 이루어졌다. 그림 4 는 개발된 프로그램을 이용하여 합성토크를 부하모터에 가했을 때 얻어진 전압의 출력값을 MEI 보드의 DAC OUTPUT 을 통해서 모니터링 한 것이다. 부하모터에 가해지는 토크부하는 그림 2 에서 생성하였던 토크부하와 같이 가감속시에 매우 큰 전압값이 출력되고 있는 것을 확인할 수 있다.

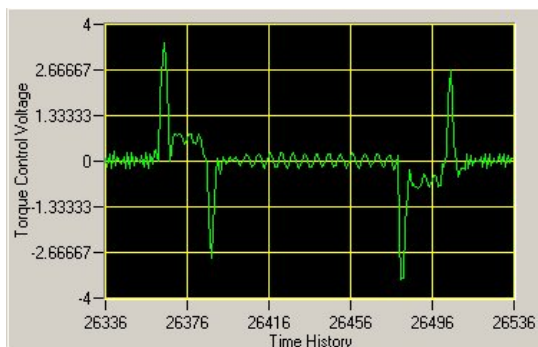


Fig. 4 Variation of torque output

그림 5 는 PID 계인의 최적화 탐색과정을 나타낸 것이다. 8 번의 최적화가 진행되는 동안 P, I, D 계인은 각각 2500, 800, 80000 의 초기값으로부터 5000, 630, 104000 의 새로운 값으로 수렴하고 있다. 그림 6 은 목적함수인 타겟모터의 RMS 오차를 보여주는 것으로 초기 -360 의 오차로부터 -220 정도로 작아져 수렴하고 있는 것을 볼 때 최적화가 잘 진행되고 있음을 알 수 있다.

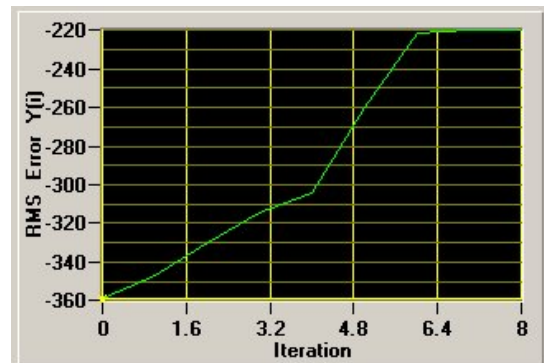


Fig. 6 Variation of target motor RMS error during optimization

5. 결론

제작된 공작기계의 최종 출고시 일반적으로는 무부하 상태에서 PID 계인이 동일한 설정으로 세팅되기 때문에 실제 현장에서 사용할 때 여러가지 다른 가공공정에 모두 최적화되기는 어렵다. 실제 목적과 가공공정에 맞지 않는 PID 튜닝은 가공품질에 직결되기 때문에 매번 현장에서 가공공정에 맞는 튜닝을 새롭게 해야만 할 경우가 많다.

본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 현장이 아닌 실험실 차원에서 가공공정에 따른 튜닝 최적화를 쉽게 할 수 있도록 가상의 공작기계를 설계하고 이를 이용하여 PID 튜닝 최적화를 수행하였다. 가상공작기계는 실제 공작기계를 이용한 가공공정에서 발생할 수 있는 하중을 토크로 변환하여 부하모터에 공급함으로써 실제 현장과 같은 상황에서 PID 튜닝을 수행할 수 있으며, 실험결과 PID 튜닝이 잘 수행됨을 확인하였다. 이와 같은 가상 공작기계를 이용한 튜닝은 가공공정에 대한 사전 시뮬레이션 및 추후 발생할 수 있는 계인 튜닝에 의한 A/S 손실을 줄이는 데 큰 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 이찬홍, 김경호, 성대중, “토크곡선을 이용한 공작기계의 Virtual 화,” 한국정밀공학회 2007 추계학술대회 논문집 pp. 127-128, 2007
2. 김경호, 이찬홍, 장태성, “CNC 장치의 성능평가를 위한 토크패턴의 적용,” 한국정밀공학회 2007 추계학술대회 논문집 pp. 454-455, 2007