



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월18일
(11) 등록번호 10-2180545
(24) 등록일자 2020년11월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G05B 19/418 (2006.01) G05B 23/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G05B 19/41885 (2013.01)
G05B 19/4184 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0129183
(22) 출원일자 2018년10월26일
심사청구일자 2018년10월26일
(65) 공개번호 10-2020-0047123
(43) 공개일자 2020년05월07일
(56) 선행기술조사문헌
JP2015082285 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
민병권
서울특별시 서대문구 연세로 50, 280호(신촌동)
이찬영
서울특별시 서대문구 연세로 50, 308(신촌동)
남은석
서울특별시 서대문구 연세로 50, 191호(신촌동)
(74) 대리인
윤병국, 이영규

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 강성철

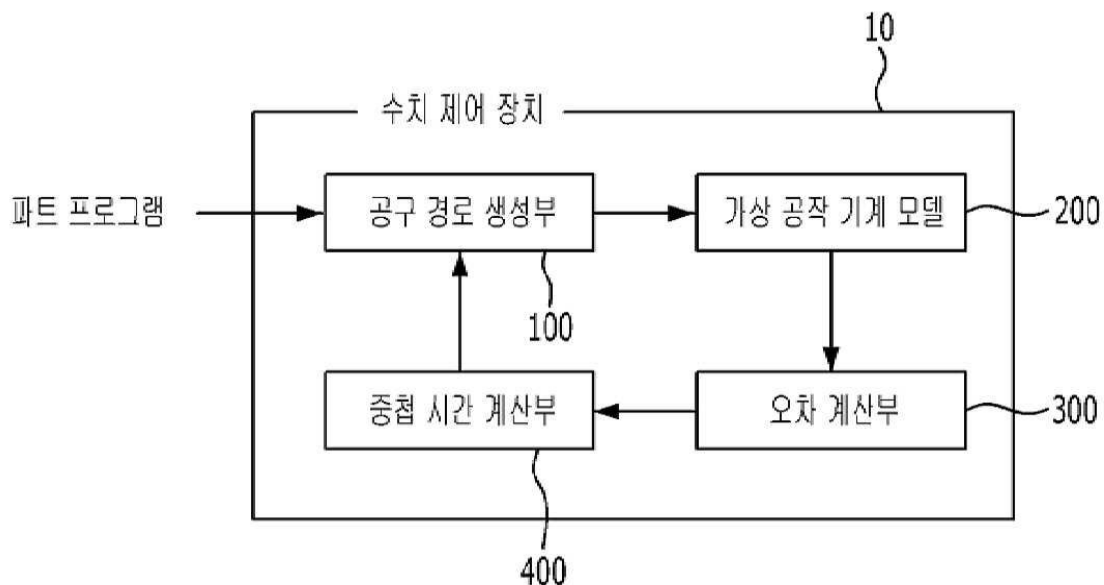
(54) 발명의 명칭 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치

(57) 요약

본 발명은 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치에 관한 것으로, 본 발명은 일 실시 예로 코너 스무딩 보간 방법이 구비된 공작 기계를 제어하는 수치 제어 장치에 있어서, 사용자로부터 파트 프로그램을 입력 받고, 상기 파트 프로그램을 토대로 공구의 속도 프로파일을 중첩시켜 공구가 움직여야 할 공구 경

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



로를 생성하는 공구 경로 생성부; 상기 경로 생성부에서 생성된 공구 경로를 토대로 공작 기계의 구동부 위치를 예측하는 가상 공작 기계 모델; 상기 가상 공작 기계 모델에서 예측된 공작 기계의 구동부 위치를 토대로 가공 오차를 계산하는 오차 계산부; 및 상기 오차 계산부에서 계산된 가공 오차를 토대로 속도 프로파일의 최적 중첩 시간을 계산하는 중첩 시간 계산부;를 포함하며, 상기 공구 경로 생성부는 상기 중첩 시간 계산부에서 계산된 최적 중첩 시간을 토대로 속도 프로파일이 중첩되는 시간을 조절하여 최종 공구 경로를 생성하는 것을 특징으로 하는 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치를 제공한다.

(52) CPC특허분류

G05B 23/0294 (2013.01)

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

코너 스무딩 보간 방법이 구비된 공작 기계를 제어하는 수치 제어 장치에 있어서,

사용자로부터 파트 프로그램을 입력 받고, 상기 파트 프로그램을 토대로 공구의 속도 프로파일을 중첩시켜 공구가 움직여야 할 공구 경로를 생성하는 공구 경로 생성부;

상기 공구 경로 생성부에서 생성된 공구 경로를 토대로 공작 기계의 구동부 위치를 예측하는 가상 공작 기계 모델;

상기 가상 공작 기계 모델에서 예측된 공작 기계의 구동부 위치를 토대로 가공 오차를 계산하는 오차 계산부; 및

상기 오차 계산부에서 계산된 가공 오차를 토대로 속도 프로파일의 최적 중첩 시간을 계산하는 중첩 시간 계산부;를 포함하며,

상기 공구 경로 생성부는,

상기 중첩 시간 계산부에서 계산된 최적 중첩 시간을 토대로 속도 프로파일이 중첩되는 시간을 조절하여 최종 공구 경로를 생성하며,

상기 가상 공작 기계 모델은,

공작 기계의 구동부의 움직임을 예측하는 구동부;

상기 구동부를 제어하는 제어부;

공작 기계의 회전 장치부의 움직임을 예측하는 회전 장치부; 및

공작 기계의 절삭 가공부의 움직임을 예측하는 가공부;를 포함하고,

상기 중첩 시간 계산부는,

기 설정된 공구의 속도 프로파일의 중첩 시간과 코너 스무딩 보간 시간 및 상기 오차 계산부에서 계산된 가공 오차를 토대로 최적 중첩 시간을 계산하되,

인덱스 값(Id_1 , Id_2)과 수치 제어 장치에 기 설정되어 있던 기존의 중첩

시간(T_o) 및 보간 시간(T_i)을 식 $T_o' = T_o - (Id_1 - Id_2 - 1) \times T_i$ 에 대입하여

최적 중첩 시간(T_o')을 계산하는 것을 특징으로 하는 가상 공작 기계를 활용하여

가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 오차 계산부는,

상기 가상 공작 기계 모델에서 예측된 구동부의 위치와 인접한 블록 사이의 최단 거리를 계산하고, 상기 계산된 최단 거리를 토대로 가공 오차 또는 최대 가공 오차를 계산하는 것을 특징으로 하는 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 오차 계산부는,

상기 가상 공작 기계 모델에서 예측된 구동부의 위치와 각 블록의 방향 벡터를 외적 연산하여 상기 가상 공작 기계 모델에서 예측된 구동부의 위치와 인접한 블록 사이의 최단 거리를 계산하는 것을 특징으로 하는 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 중첩 시간 계산부는,

상기 오차 계산부에서 계산된 최대 가공 오차가 기 설정된 설정 값 이상인 경우에 최적 중첩 시간을 계산하는 것을 특징으로 하는 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

코너 스무딩 보간 방법이 구비된 공작 기계를 제어하는 수치 제어 방법에 있어서,

사용자로부터 파트 프로그램을 입력 받고, 상기 파트 프로그램을 토대로 공구의 속도 프로파일을 중첩시켜 공구가 움직여야 할 공구 경로를 생성하는 공구 경로 생성 단계;

상기 공구 경로 생성 단계에서 생성된 공구 경로를 토대로 가상 공작 기계 모델을 이용하여 공작 기계의 구동부 위치를 예측하는 구동부 위치 예측 단계;

상기 구동부 위치 예측 단계에서 예측된 구동부 위치를 토대로 공작 기계의 가공 오차를 계산하는 가공 오차 계산 단계;

상기 가공 오차 계산 단계에서 계산된 가공 오차를 토대로 속도 프로파일의 최적 중첩 시간을 계산하는 중첩 시간 계산 단계; 및

상기 중첩 시간 계산 단계에서 계산된 최적 중첩 시간을 토대로 속도 프로파일이 중첩되는 시간을 조절하여 최종 공구 경로를 생성하는 최종 공구 경로 생성 단계;를 포함하며,

상기 구동부 위치 예측 단계에서의 가상 공작 기계 모델은,

공작 기계의 구동부의 움직임을 예측하는 구동부;

상기 구동부를 제어하는 제어부;

공작 기계의 회전 장치부의 움직임을 예측하는 회전 장치부; 및

공작 기계의 절삭 가공부의 움직임을 예측하는 가공부;를 포함하고,

상기 중첩 시간 계산 단계는,

기 설정된 공구의 속도 프로파일의 중첩 시간과 코너 스무딩 보간 시간 및 상기 오차 계산부에서 계산된 가공 오차를 토대로 최적 중첩 시간을 계산하되,

인덱스 값(Id_1 , Id_2)과 수치 제어 장치에 기 설정되어 있던 기존의 중첩 시간(T_o) 및 보간 시간(T_i)을 식 $T_o' = T_o - (Id_1 - Id_2 - 1) \times T_i$ 에 대입하여 최적 중첩 시간(T_o')을 계산하는 것을 특징으로 하는 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 가공 오차 계산 단계는,

상기 구동부 위치 예측 단계에서 예측된 구동부의 위치와 인접한 블록 사이의 최단 거리를 계산하는 최단 거리 계산 단계; 및

상기 최단 거리를 토대로 가공 오차 또는 최대 가공 오차를 계산하는 오차 계산 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 중첩 시간 계산 단계는,

상기 오차 계산 단계에서 계산된 최대 가공 오차가 기 설정된 설정 값 이상인 경우에 최적 중첩 시간을 계산하는 것을 특징으로 하는 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 방법.

청구항 11

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가공을 위한 수치 제어 신호를 공작 기계에 제공하는 수치 제어 장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 가상 공작 기계를 활용하여 블록의 코너 부근에서 매끄러운 곡선으로 연결하여 새로운 공구 경로를 생성하는 코너 스무딩 보간 방법에서 중첩 시간을 조절함으로써, 가공 오차를 제한할 수 있는 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 공작 기계는 주조, 단조 등으로 만든 기계부품을 가공하는 기계를 의미하며, 기계공업의 기초가 되는 기계로 19세기경에 대부분의 공작 기계가 발명되었으며, 20세기에 이르러서는 기술의 발전으로 수치 제어 장치를 사용하여 운전하는 수치 제어 공작 기계가 발명되었다.

[0004] 수치 제어 공작 기계(Numerically Controlled Machine tool)는 NC 공작 기계라고도 불리며, 공작 도면으로부터 공작물의 모양, 치수, 가공조건으로서의 가공순서·절삭속도 및 절삭공구의 종류나 크기 등을 특수한 숫자로 된

기호(NC 코드)로 번역하고, 상기 NC 코드를 통해 공작 기계에 지령을 내려 절삭 공구들을 자동으로 작동시켜 절삭할 수 있다는 장점이 있어, 대량 생산은 물론 소량 생산 시에도 수치 제어 장치가 구비된 공작 기계를 사용하는 것이 일반적이다.

[0005] 다만, 종래에는 수치 제어 공작 기계를 통해 블록의 코너 부근 가공 시, 가공 시간을 단축시키기 위하여 코너 부근을 매끄러운 곡선으로 연결하여 새로운 공구 경로를 생성하는 코너 스무딩 보간 방법을 적용하곤 하였는데, 코너 스무딩 보간 방법을 적용하는 경우 후술할 도 4 (b) 또는 도 5 (b)와 같이 파트 프로그램(Part program)과 공구 경로 간의 위치 차이로 인하여 보간 오차가 발생할 수 밖에 없었을 뿐만 아니라, 블록 가공 과정에서 구동부에 작용하는 마찰력, 절삭력과 같은 외란에 의해 윤곽 오차가 발생할 수 밖에 없다는 문제가 있었다.

[0006] 즉, 종래의 수치 제어 공작 기계는 코너 스무딩 보간 방법에 의해 발생하는 보간 오차와 외란에 의해 발생하는 윤곽 오차로 인해 가공 공구가 파트 프로그램 지령대로 움직일 수 없어 가공 오차가 발생할 수 밖에 없었고, 이로 인해 작고 세밀한 가공을 필요로 하는 사용자의 요구를 충족시켜주기 어려웠는 바, 이와 같은 가공 오차를 최소화할 수 있는 개선된 수치 제어 장치가 요구되는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보(제10-0408821호) -고속 가동을 위한 수치 제어장치 및 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 코너 스무딩 보간 방법을 이용하여 블록 코너 부분을 가공할 때, 가상 공작 기계 모델을 활용하여 공작 기계 구동부의 속도 프로파일(Velocity profile)이 중첩되는 시간을 조절할 수 있는 수치 제어 장치를 제공함으로써, 종래의 수치 제어 장치와 달리 블록 코너 가공 시 발생하는 가공 오차를 최소화하고자 한다.

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기의 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 일 실시예로 코너 스무딩 보간 방법이 구비된 공작 기계를 제어하는 수치 제어 장치에 있어서, 사용자로부터 파트 프로그램을 입력 받고, 상기 파트 프로그램을 토대로 공구의 속도 프로파일을 중첩시켜 공구가 움직여야 할 공구 경로를 생성하는 공구 경로 생성부; 상기 공구 경로 생성부에서 생성된 공구 경로를 토대로 공작 기계의 구동부 위치를 예측하는 가상 공작 기계 모델; 상기 가상 공작 기계 모델에서 예측된 공작 기계의 구동부 위치를 토대로 가공 오차를 계산하는 오차 계산부; 및 상기 오차 계산부에서 계산된 가공 오차를 토대로 속도 프로파일의 최적 중첩 시간을 계산하는 중첩 시간 계산부;를 포함하며,

[0013] 상기 공구 경로 생성부는 상기 중첩 시간 계산부에서 계산된 최적 중첩 시간을 토대로 속도 프로파일이 중첩되는 시간을 조절하여 최종 공구 경로를 생성하는 것을 특징으로 하는 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치를 제공한다.

[0014] 이 때, 상기 가상 공작 기계 모델은 공작 기계의 구동부의 움직임을 예측하는 구동부; 및 상기 구동부를 제어하는 제어부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 가상 공작 기계 모델은 공작 기계의 회전 장치부의 움직임을 예측하는 회전 장치부; 및 공작 기계의 절삭 가공부의 움직임을 예측하는 가공부;를 더 포함할 수 있다.

[0016] 본 발명의 수치 제어 장치를 구성하는 상기 오차 계산부는 상기 가상 공작 기계 모델에서 예측된 구동부의 위치와 인접한 블록 사이의 최단 거리를 계산하고, 상기 계산된 최단 거리를 토대로 가공 오차 또는 최대 가공 오차를 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 특히, 상기 오차 계산부는 상기 가상 공작 기계 모델에서 예측된 구동부의 위치와 각 블록의 방향 벡터를 외적

연산하여 상기 가상 공작 기계 모델에서 예측된 구동부의 위치와 인접한 블록 사이의 최단 거리를 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 또한, 상기 중첩 시간 계산부는 상기 오차 계산부에서 계산된 최대 가공 오차가 기 설정된 설정 값 이상인 경우에 최적 중첩 시간을 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 아울러, 상기 중첩 시간 계산부는 기 설정된 공구의 속도 프로파일의 중첩 시간과 코너 스무딩 보간 시간 및 상기 오차 계산부에서 계산된 가공 오차를 토대로 최적 중첩 시간을 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명은 또 다른 실시예로 코너 스무딩 보간 방법이 구비된 공작 기계를 제어하는 수치 제어 방법에 있어서, 사용자로부터 파트 프로그램을 입력 받고, 상기 파트 프로그램을 토대로 공구의 속도 프로파일을 중첩시켜 공구가 움직여야 할 공구 경로를 생성하는 공구 경로 생성 단계; 상기 공구 경로 생성 단계에서 생성된 공구 경로를 토대로 가상 공작 기계 모델을 이용하여 공작 기계의 구동부 위치를 예측하는 구동부 위치 예측 단계; 상기 구동부 위치 예측 단계에서 예측된 구동부 위치를 토대로 공작 기계의 가공 오차를 계산하는 가공 오차 계산 단계; 상기 가공 오차 계산 단계에서 계산된 가공 오차를 토대로 속도 프로파일의 최적 중첩 시간을 계산하는 중첩 시간 계산 단계; 및 상기 중첩 시간 계산 단계에서 계산된 최적 중첩 시간을 토대로 속도 프로파일이 중첩되는 시간을 조절하여 최종 공구 경로를 생성하는 최종 공구 경로 생성 단계;를 포함하는 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 방법을 제공한다.

[0021] 특히, 상기 가공 오차 계산 단계는 상기 구동부 위치 예측 단계에서 예측된 구동부의 위치와 인접한 블록 사이의 최단 거리를 계산하는 최단 거리 계산 단계; 및 상기 최단 거리를 토대로 가공 오차 또는 최대 가공 오차를 계산하는 오차 계산 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 이 때, 상기 중첩 시간 계산 단계는 상기 오차 계산 단계에서 계산된 최대 가공 오차가 기 설정된 설정 값 이상인 경우에 최적 중첩 시간을 계산하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 중첩 시간 계산 단계는 기 설정된 공구의 속도 프로파일의 중첩 시간과 코너 스무딩 보간 시간 및 상기 가공 오차 계산 단계에서 계산된 가공 오차를 토대로 최적 중첩 시간을 계산하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치를 통해 코너 스무딩 보간 방법을 활용하여 블록의 코너 부분을 가공하는 과정에서 발생하는 가공 오차를 최소화할 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치는 새로운 보간 알고리즘을 추가하지 않고, 코너 스무딩 보간 과정에서 구동부의 속도 프로파일이 중첩 시간만을 조절함으로써 가공 오차를 줄일 수 있으므로, 종래의 코너 스무딩 보간 방식이 구비된 수치 제어 장치에서도 적용이 가능하다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치에 대한 개념도이다.

도 2는 본 발명의 수치 제어 장치를 구성하는 가상 공작 기계 모델에 대한 개념도이다.

도 3은 본 발명의 가상 공작 기계 모델의 구성 요소들과 대응되는 실제 공작 기계의 구성 요소들을 도시한 도면이다.

도 4는 종래에 코너 스무딩 보간 방법을 구비한 수치 제어 장치를 통해 코너 블록을 가공하는 과정을 도시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 수치 제어 장치를 통해 코너 블록을 가공하는 과정을 도시한 도면이다.

도 6은 본 발명의 가상 공작 기계 모델을 통해 구동부의 위치를 예측하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 오차 계산부를 통해 구동부의 위치와 인접한 블록 사이의 최단 거리를 계산하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 최적 중첩 시간을 계산하기 위한 인덱스(Index)를 산출하는 과정을 도시한 흐름도이다.

도 9는 발명의 또 다른 실시예에 따른 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 도면들 중 동일한 구성요소들은 가능한 한 어느 곳에서든지 동일한 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대해 상세한 설명은 생략한다.
- [0030] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 연결되어 있거나 접속되어 있다고 언급될 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 한다. 또한, 본 명세서 전체에서 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치한다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0031] 본 출원에서, “포함하다.” 또는 “가지다.” 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0033] 먼저, 도 1 내지 도 5를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치에 대하여 살펴보도록 한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 장치에 대한 개념도이고, 도 2는 본 발명의 수치 제어 장치를 구성하는 가상 공작 기계 모델에 대한 개념도이며, 도 3은 본 발명의 가상 공작 기계 모델의 구성 요소들과 대응되는 실제 공작 기계의 구성 요소들을 도시한 도면이다.
- [0035] 또한, 도 4는 종래에 코너 스무딩 보간 방법을 구비한 수치 제어 장치를 통해 코너 블록을 가공하는 과정을 도시한 도면이고, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 수치 제어 장치를 통해 코너 블록을 가공하는 과정을 도시한 도면이다.
- [0036] 본 발명은 일 실시예에 따른 수치 제어 장치(10)는 코너 스무딩 보간 방법이 구비된 공작 기계를 제어하는 수치 제어 장치(10)에 있어서, 사용자로부터 파트 프로그램을 입력 받고, 상기 파트 프로그램을 토대로 공구의 속도 프로파일을 중첩시켜 공구가 움직여야 할 공구 경로를 생성하는 공구 경로 생성부(100), 상기 공구 경로 생성부(100)에서 생성된 공구 경로를 토대로 공작 기계의 구동부 위치를 예측하는 가상 공작 기계 모델(200), 상기 가상 공작 기계 모델(200)에서 예측된 공작 기계의 구동부 위치를 토대로 가공 오차를 계산하는 오차 계산부(300) 및 상기 오차 계산부(300)에서 계산된 가공 오차를 토대로 속도 프로파일의 최적 중첩 시간을 계산하는 중첩 시간 계산부(400)를 포함하며, 상기 공구 경로 생성부(100)는 상기 중첩 시간 계산부(400)에서 계산된 최적 중첩 시간을 토대로 속도 프로파일이 중첩되는 시간을 조절하여 최종 공구 경로를 생성하는 것을 특징으로 한다.
- [0037] 즉, 본 발명의 수치 제어 장치(10)는 이와 같이 가상 공작 기계 모델(200)을 활용하여 속도 프로파일의 최적 중첩 시간을 계산하고, 이를 토대로 코너 스무딩 보간 방법 적용 시 속도 프로파일이 중첩되는 시간을 조절함으로써, 블록의 코너 부분 가공 시 발생할 수 밖에 없는 가공 오차를 최소화할 수 있다는 점에서 종래에 제안되었던 수치 제어 장치와 차별성을 가지며, 이하에서는 본 발명의 수치 제어 장치(10)를 구성하는 각 구성 요소에 대하여 구체적으로 살펴보도록 한다.
- [0038] 먼저, 공구 경로 생성부(100)는 사용자로부터 파트 프로그램을 입력 받고, 입력 받은 파트 프로그램을 해석하여 축의 이동 정보로 변환하며, 상기 축의 이동 정보를 구동부의 움직임으로 변환하여 공구 경로를 생성하는 역할을 한다.
- [0039] 또한, 상기 공구 경로 생성부(100)는 공구 경로를 생성하는 과정에서 축의 이동 속도 차이 즉, 구동부의 이동 속도 차이에 의해 발생하는 충격을 완화하기 위하여 블록의 시작 지점과 종료 지점에서 가속과 감속을 수행하며, 블록의 길이가 충분히 긴 경우에는 가속, 등속, 감속 구간이 나타나도록 구동부의 이동 속도를 조절한다.
- [0040] 특히, 종래에는 도 4 (b)와 같은 블록의 코너 부분을 가공 시에는 코너 스무딩 보간 방법을 이용하여 곡선 구간의 경로를 생성함으로써, 가공 속도를 단축시키는 것이 일반적이었으며, 코너 스무딩 보간 방법을 이용하여 새로운 곡선 구간의 경로를 생성하는 과정에서 공구의 속도 프로파일이 중첩되는 것은 필수적이다.

- [0041] 보다 구체적으로, 도 4 (a) 또는 도 5 (a)에 도시된 바와 같이 제1 블록을 가공하기 위한 제1 속도 프로파일의 감속 구간과 제1 블록과 코너 관계에 있는 제2 블록을 가공하기 위한 제2 속도 프로파일의 가속 구간이 중첩되게 되면서 곡선 형상의 새로운 공구 경로가 형성되었는데, 종래에 제안되었던 수치 제어 장치의 공구 경로 생성부는 상기 제1 속도 프로파일의 감속 구간과 제2 속도 프로파일의 가속 구간이 중첩되는 시간이 고정되어 있어서 도 4 (b)에 도시된 바와 같이 가공 오차가 크게 발생할 수 밖에 없었다.
- [0042] 반면, 본 발명의 공구 경로 생성부(100)는 후술할 가상 공작 기계 모델(200), 오차 계산부(300), 중첩 시간 계산부(400)를 활용하여 도 5 (a)에 도시된 바와 같이 제1 속도 프로파일과 제2 속도 프로파일이 중첩되는 시간을 조절하면서 가공 경로를 생성할 수 있고, 이를 통해 도 5 (b)와 도 4 (b)를 비교하면 알 수 있듯이 가공 오차를 크게 줄일 수 있다.
- [0043] 이 때, 도 5 (a) 상에는 공구 경로 생성부(100)가 직선 가감속을 수행하는 과정만 도시되어 있으나 이는 일 실시예에 불과하며, 실시예에 따라 상기 공구 경로 생성부(100)는 직선 가감속은 물론, S 곡선형 가감속, 지수형 가감속을 수행할 수 있음은 당연하다.
- [0044] 다음으로, 상기 가상 공작 기계 모델(200)은 상기 공구 경로 생성부(100)로부터 공구 경로를 입력 받고, 가상의 공작 기계를 활용하여 공구 경로를 따라 가공하는 과정에서 실제 공작 기계의 구동부의 위치를 파악하는 역할을 한다.
- [0045] 보다 구체적으로, 가상 공작 기계 모델(200)은 도 3에 도시된 바와 같이 서보 모터, 서보 드라이브, 볼 스크류, LM 가이드와 같은 실제 공작 기계의 구동부(210) 개의 움직임을 예측하는 가상의 구동부(210) 및 상기 구동부(210)를 제어하는 제어부(220)를 포함함으로써, 상기 공구 경로 생성부(100)에서 입력된 공구 경로에 따른 실제 공작 기계의 구동부 위치를 예측할 수 있다.
- [0046] 이 때, 도 6은 본 발명의 가상 공작 기계 모델을 통해 구동부의 위치를 예측하는 과정을 설명하기 위한 도면이며, 상기 가상 공작 기계 모델(200)에서 구동부의 위치를 예측하는 과정에 대해서는 도 6을 참조하여 보다 구체적으로 살펴보도록 한다.
- [0047] 제1 블록과 제2 블록으로 구성된 블록의 코너 부분 가공 시에는 제1 블록 가공을 위한 속도 프로파일과 제2 블록 가공을 위한 속도 프로파일이 중첩되게 되는데, 본 발명의 가상 공작 기계 모델(200)은 상기 구동부(210)를 통해 제1 블록 상의 위치 벡터($\vec{P}_{k,1}$)와 제2 블록 상의 위치 벡터($\vec{P}_{k,2}$)를 파악한 후, 하기 식 1과 같이 제1 블록 상의 위치 벡터($\vec{P}_{k,1}$)와 제2 블록 상의 위치 벡터($\vec{P}_{k,2}$)의 합을 통해 중첩 구간에서의 구동부의 위치 벡터(\vec{P}_k)를 산출하여 실제 공작 기계의 구동부 위치를 예측할 수 있다.
- [0049] <식 1>
- $$\vec{P}_k = (x_k, y_k, z_k) = \vec{P}_{k-1} + \vec{P}_{k-2} = (x_1, y_1, z_1) + (x_2, y_2, z_2)$$
- [0050]
- [0052] 또한, 상기 가상 공작 기계 모델(200)은 상기 구동부(210)와 제어부(220) 외에도 도 3에 도시된 바와 같이 스피들들과 같은 공작 기계의 회전 장치부(230)의 움직임을 예측하는 회전 장치부(230) 및 공작 기계의 절삭 가공부(240)의 움직임을 예측하는 가공부(240)를 더 포함할 수도 있다.
- [0053] 가상 공작 기계 모델(200)은 앞서 설명한 바와 같이 구동부(210)와 제어부(220)만으로 구성된 경우에도 실제 공작 기계의 구동부 움직임을 예측할 수 있으나, 가상 공작 기계 모델(200)이 구동부(210)와 제어부(220)만으로 구성된 경우에는 절삭 등의 가공 과정 중에 공작 기계의 구동부에 작용하는 외란을 반영하지 못하여 구동부의 위치를 정확하게 파악할 수 없으므로, 본 발명의 가상 공작 기계 모델(200)은 회전 장치부(230)와 가공부(240)를 더 포함함으로써 절삭 등의 가공이 진행되는 동안 구동부에 가해지는 외력까지 고려할 수 있어, 구동부의 위치를 보다 정확하게 예측할 수 있다.
- [0055] 다음으로, 오차 계산부(300)는 상기 가상 공작 기계 모델(200)로부터 예측한 구동부의 위치를 수신한 후, i) 수신한 구동부의 위치를 토대로 구동부와 인접한 블록들 사이의 최단 거리를 계산하며, ii) 상기 계산된 최단 거리를 토대로 가공 오차 또는 최대 가공 오차를 계산하는 역할을 한다.
- [0056] 도 7은 본 발명의 오차 계산부를 통해 구동부의 위치와 인접한 블록 사이의 최단 거리를 계산하는 과정을 설명하기 위한 도면이며, 이하에서는 도 7을 참조하여 상기 오차 계산부(300)에서 구동부와 인접한 블록 사이의 최

단 거리를 계산하고, 이를 토대로 가공 오차 또는 최대 가공 오차를 계산하는 과정에 대하여 구체적으로 살펴보도록 한다.

[0057] 제1 블록과 제2 블록으로 구성된 블록의 코너 부분 가공 시에 코너 부분의 위치 벡터를 $\vec{E} = (x_s, y_s, z_s)$ 라고 할 때, 구동부와 제1 블록 사이의 최단거리 $l_{k,1}$ 은 하기 식 2와 같은 벡터 외적 연산을 통해 계산되고, 구동부와 제2 블록 사이의 최단거리 $l_{k,2}$ 은 하기 식 3과 같은 벡터 외적 연산을 통해 계산될 수 있다.

[0059] <식 2>

$$l_{k,1} = \frac{|\vec{u}_1 \times \overrightarrow{P_{k,2}E}|}{|\vec{u}_1|}$$

[0061] (단, \vec{u}_1 는 제1 블록의 방향 벡터를 의미한다.)

[0062] <식 3>

$$l_{k,2} = \frac{|\vec{u}_2 \times \overrightarrow{P_{k,1}E}|}{|\vec{u}_2|}$$

[0064] (단, \vec{u}_2 는 제2 블록의 방향 벡터를 의미한다.)

[0066] 즉, 오차 계산부(300)는 제1 블록 상의 위치 벡터($\vec{P}_{k,1}$), 제2 블록 상의 위치 벡터($\vec{P}_{k,2}$), 코너 부분의 위치 벡터(\vec{E})와 제1 블록 방향, 제2 블록 방향의 방향 벡터(\vec{u}_1, \vec{u}_2) 사이의 외적 연산을 통해 구동부와 제1 블록, 제2 블록 사이의 최단 거리를 계산할 수 있다.

[0067] 아울러, 제1 속도 프로파일과 제2 속도 프로파일이 중첩되어 형성되는 공구 경로 상의 구동부의 위치를 N개로 구분할 때, 상기와 같은 계산 과정을 거쳐 구동부가 k번째(이 때, $k \leq N$ 이다.) 위치일 때의 제1 블록, 제2 블록과 구동부 사이의 최단 거리를 계산하여 하기 식 4와 같은 오차 행렬 \mathbf{E} 를 계산할 수 있고, 오차 행렬 \mathbf{E} 를 토대로 하기 식 5와 같은 가공 오차 행렬 \mathbf{E}_{mach} 을 산출하여 코너 스무딩 보간 방식에 의해 발생하는 가공 오차를 산출할 수 있으며, 하기 식 6과 같이 상기 가공 오차 행렬 \mathbf{E}_{mach} 의 최대 값을 토대로 최대 가공 오차 E_{max} 를 산출할 수 있다.

[0069] <식 4>

$$\mathbf{E} = \begin{bmatrix} l_{1,1} & l_{2,1} & \dots & l_{k,1} & \dots & l_{N,1} \\ l_{1,2} & l_{2,2} & \dots & l_{k,2} & \dots & l_{N,2} \end{bmatrix}$$

[0071] <식 5>

$$\mathbf{E}_{mach} = [E_1 \ E_2 \ \dots \ E_k \ \dots \ E_N]$$

[0073] (이 때, $E_k = \min(l_{k,1}, l_{k,2})$ 를 의미하며, $k \leq N$ 이고, N은 자연수이다.)

[0074] <식 6>

$$E_{max} = \max[E_1 \ E_2 \ \dots \ E_k \ \dots \ E_N]$$

[0077] 다음으로, 상기 중첩 시간 계산부(400)는 상기 오차 계산부(300)로부터 가공 오차 행렬 \mathbf{E}_{mach} 및 최대 가공 오차 E_{max} 값을 수신하고, 수신된 가공 오차 행렬 \mathbf{E}_{mach} 을 토대로 가공 오차를 최소화할 수 있는 속도 프로파일의 최적 중첩 시간(T_o')을 계산하고, 계산된 최적 중첩 시간(T_o')을 공구 경로 생성부(100)로 송신함으로써,

공구 경로 생성부(100)에서 속도 프로파일 중첩 시간을 최적 중첩 시간(T_o')으로 조절하여 최종 공구 경로를 생성할 수 있도록 하는 역할을 한다.

[0078] 특히, 도 8은 최적 중첩 시간을 계산하기 위한 인덱스(Index)를 산출하는 과정을 도시한 흐름도인데, 도 8 (a)는 오차 행렬 **E**에서 제1 블록과 구동부 사이의 최단 거리가 설정 값보다 작아지는 인덱스 중에서 값이 가장 큰 인덱스를 찾기 위한 것이며, 도 8 (b)는 오차 행렬 **E**에서 제 2블록과 구동부 사이의 최단 거리가 설정 값보다 작아지는 인덱스 중에서 값이 가장 큰 인덱스를 찾기 위한 것이다.

[0079] 이 때, 도 8 (a), (b) 상의 ε 은 수치 제어 장치에 기 저장된 양의 값을 의미하며, 실시예에 따라 ε 의 값을 가변할 수 있음은 당연하다.

[0080] 상기 중첩 시간 계산부(400)는 도 8 (a), (b)와 같은 과정을 통해 산출된 인덱스 값 Id_1 , Id_2 과 수치 제어 장치(10)에 기 설정되어 있던 기존의 중첩 시간 T_o 및 보간 시간 T_i 을 하기 식 7에 대입하여 최적 중첩 시간(T_o')을 산출할 수 있다.

[0082] <식 7>

$$T_o' = T_o - (Id_1 - Id_2 - 1) \times T_i$$

[0085] 다만, 중첩 시간 계산부(400)는 시간을 최적 중첩 시간(T_o')을 계산하기에 앞서, i) 상기 오차 계산부(300)로부터 수신한 최대 가공 오차 E_{max} 가 기 설정된 설정 값보다 작은 경우에는 코너 스무딩 보간 방법을 통한 가공 과정에서 발생하는 가공 오차가 크지 않은 것으로 판단하고 최적 중첩 시간을 계산하지 않으며, ii) 최대 가공 오차 E_{max} 가 기 설정된 설정 값 이상인 경우에만 중첩 시간 조절을 위한 최적 중첩 시간(T_o') 계산을 수행한다.

[0086] 중첩 시간 계산부(400)는 상기와 같은 과정을 거쳐 최적 중첩 시간(T_o')을 계산한 후, 계산된 최적 중첩 시간을 공구 경로 생성부(100)로 송신하고, 공구 경로 생성부(100)에서는 속도 프로파일의 중첩 시간이 최적 중첩 시간이 되도록 조절함으로써, 도 4 (b)와 도 5(b)에서 살펴본 바와 같이 가공 오차를 최소화할 수 있다.

[0087] 즉, 본 발명의 수치 제어 장치(10)는 블록의 코너 부분 가공 시, 속도 프로파일의 중첩 시간을 조절함으로써, 가공 과정에서 발생하는 가공 오차를 최소화할 수 있으며, 기존의 코너 스무딩 보간 방법에서 중첩 시간만을 조절하여 가공 오차를 최소화할 수 있으므로 새로운 수치 제어 장치를 구비하지 않고 종래의 코너 스무딩 보간 방식이 구비된 수치 제어 장치에도 적용하는 것만으로 가공 오차를 줄일 수 있다.

[0088]

[0089] 다음으로, 도 9를 참조하여 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 방법에 대하여 살펴보도록 한다.

[0090] 도 9는 발명의 또 다른 실시예에 따른 가상 공작 기계를 활용하여 가공 오차를 제한하는 수치 제어 방법의 순서도이다.

[0091] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 수치 제어 방법은 코너 스무딩 보간 방법이 구비된 공작 기계를 제어하는 수치 제어 방법에 있어서, 사용자로부터 파트 프로그램을 입력 받고, 상기 파트 프로그램을 토대로 공구의 속도 프로파일을 중첩시켜 공구가 움직여야 할 공구 경로를 생성하는 공구 경로 생성 단계(S210), 상기 공구 경로 생성 단계(S210)에서 생성된 공구 경로를 토대로 가상 공작 기계 모델을 이용하여 실제 공작 기계의 구동부 위치를 예측하는 구동부 위치 예측 단계(S220), 상기 구동부 위치 예측 단계(S220)에서 예측된 구동부 위치를 토대로 공작 기계의 가공 오차를 계산하는 가공 오차 계산 단계(S230), 상기 가공 오차 계산 단계(S230)에서 계산된 가공 오차를 토대로 속도 프로파일의 최적 중첩 시간을 계산하는 중첩 시간 계산 단계(S240) 및 상기 중첩 시간

계산 단계(S240)에서 계산된 최적 중첩 시간을 토대로 속도 프로파일이 중첩되는 시간을 조절하여 최종 공구 경로를 생성하는 최종 공구 경로 생성 단계(S250)를 포함한다.

[0092] 이 때, 본 발명의 수치 제어 방법을 구성하는 공구 경로 생성 단계(S210), 구동부 위치 예측 단계(S220), 가공 오차 계산 단계(S230), 중첩 시간 계산 단계(S240) 및 최종 공구 경로 생성 단계(S250)의 구체적인 과정은 앞서 설명한 본 발명의 수치 제어 장치를 구성하는 공구 경로 생성부, 가상 공작 기계 모델, 오차 계산부, 중첩 시간 계산부의 역할과 실질적으로 동일하므로, 이하에서는 상기 과정에 대한 구체적인 설명은 생략하도록 한다.

[0093] 특히, 상기 가공 오차 계산 단계(S230)는 상기 구동부 위치 예측 단계(S220)에서 예측된 구동부의 위치와 인접한 블록 사이의 최단 거리를 계산하는 최단 거리 계산 단계(S231) 및 상기 최단 거리를 토대로 가공 오차 또는 최대 가공 오차를 계산하는 오차 계산 단계(S232)를 포함함으로써, 최적 중첩 시간을 산출할 때 필요한 인자를 계산할 수 있다.

[0094] 또한, 상기 중첩 시간 계산 단계(S240)는 상기 오차 계산 단계(S232)에서 계산된 최대 가공 오차가 기 설정된 설정 값 이상인 경우에만 최적 중첩 시간을 계산하며, 최대 가공 오차가 기 설정된 설정 값보다 작은 경우에는 가공 오차가 크게 발생하지 않는 것으로 판단하고 중첩 시간 조절을 위한 최적 중첩 시간을 계산하는 과정을 수행하지 않는다.

[0095] 아울러, 상기 중첩 시간 계산 단계(S240)는 최대 가공 오차가 기 설정된 설정 값 이상인 경우에는 기 설정된 공구의 속도 프로파일의 중첩 시간과 코너 스무딩 보간 시간 및 상기 가공 오차 계산 단계에서 계산된 가공 오차를 토대로 최적 중첩 시간을 계산하며, 상기 최종 공구 경로 생성 단계(S250)에서는 코너 스무딩 보간 방법을 통한 블록의 코너 부분 가공 시 이와 같이 계산된 최적 중첩 시간으로 중첩 시간을 조절하여 가공 오차를 최소화할 수 있다.

[0097] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예 및 응용예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시예 및 응용예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형 실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

[0098] 또한, 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0099] 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0101] 10 : 수치 제어 장치

100 : 공구 경로 생성부

200 : 가상 공작 기계 모델

210 : 구동부

220 : 제어부

230 : 회전 장치부

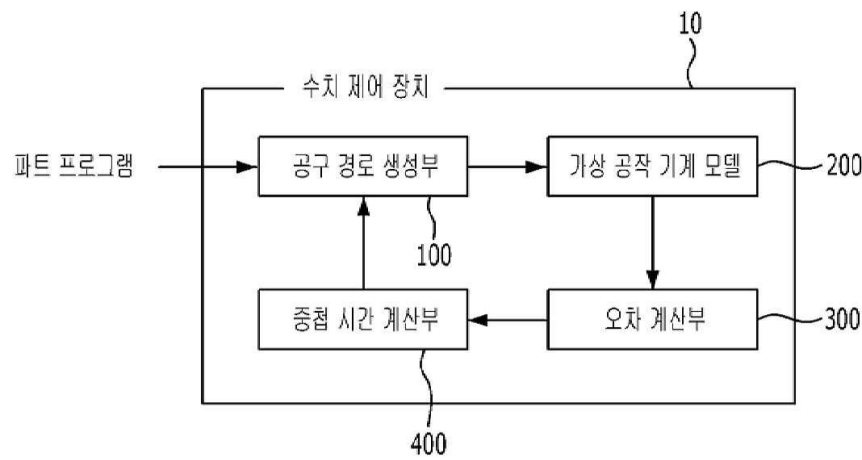
240 : 가공부

300 : 오차 계산부

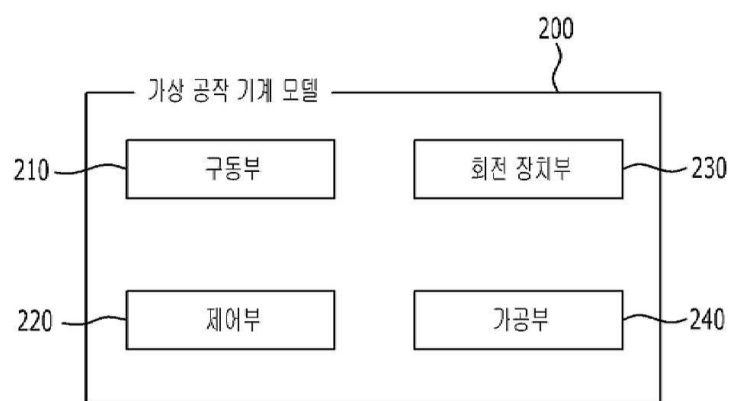
400 : 중첩 시간 계산부

도면

도면1



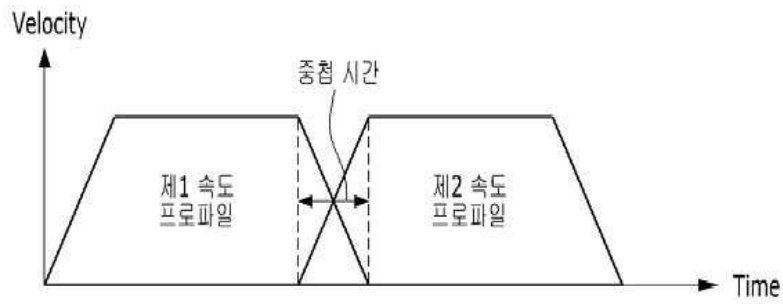
도면2



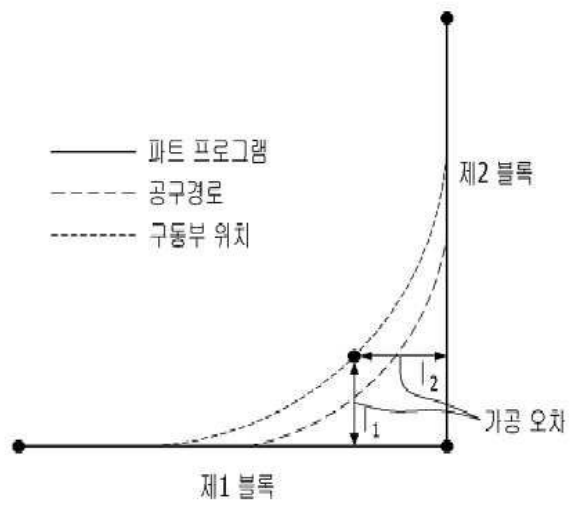
도면3



도면4

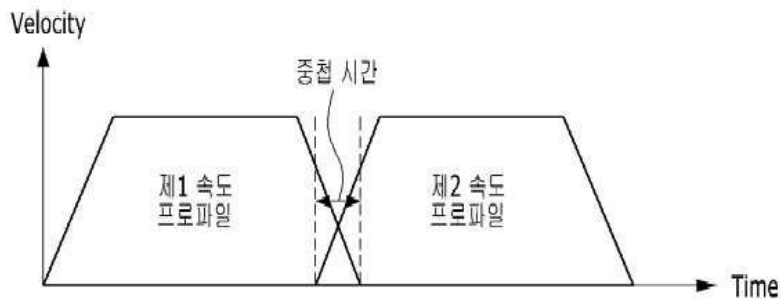


(a)

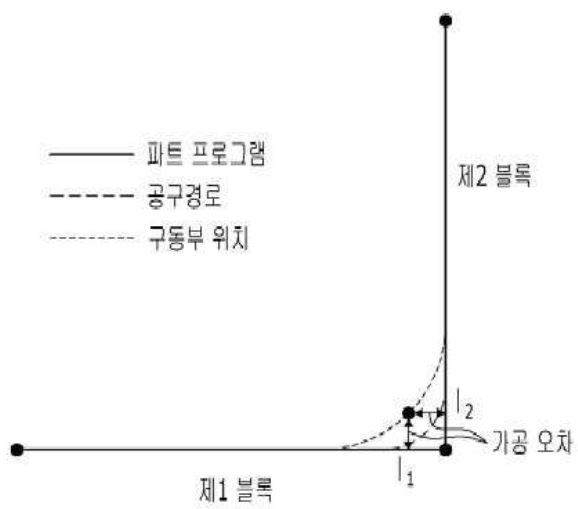


(b)

도면5

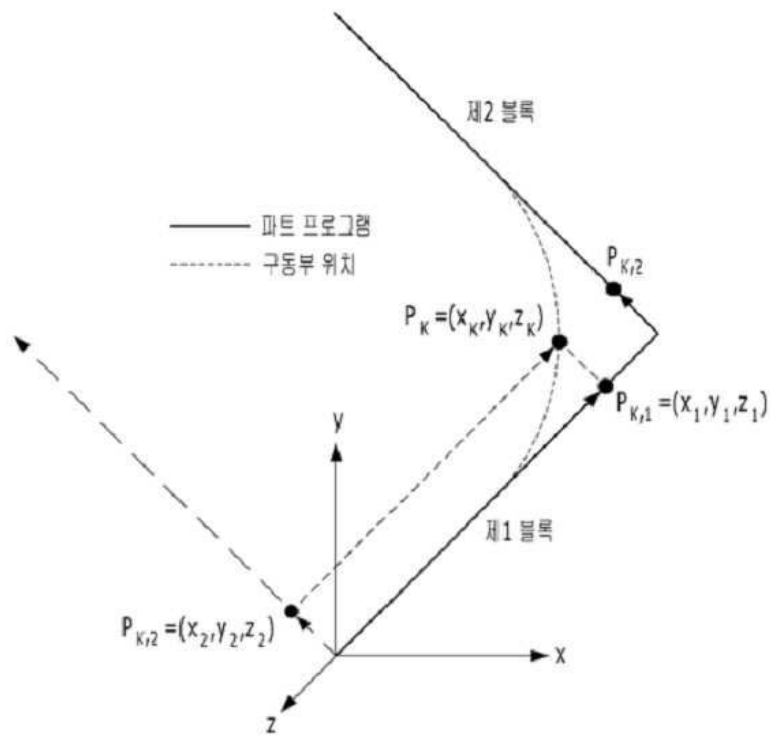


(a)

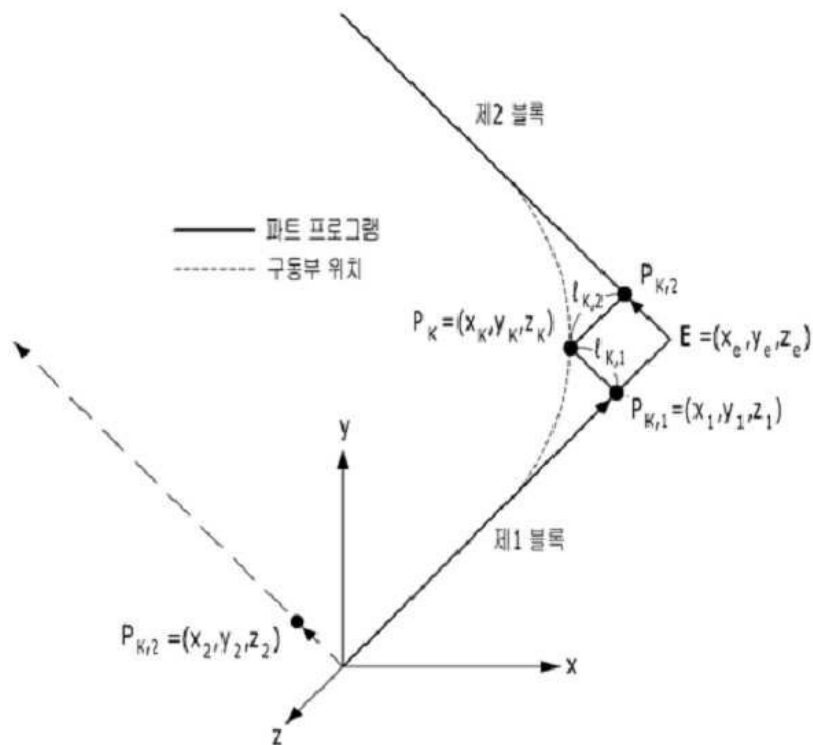


(b)

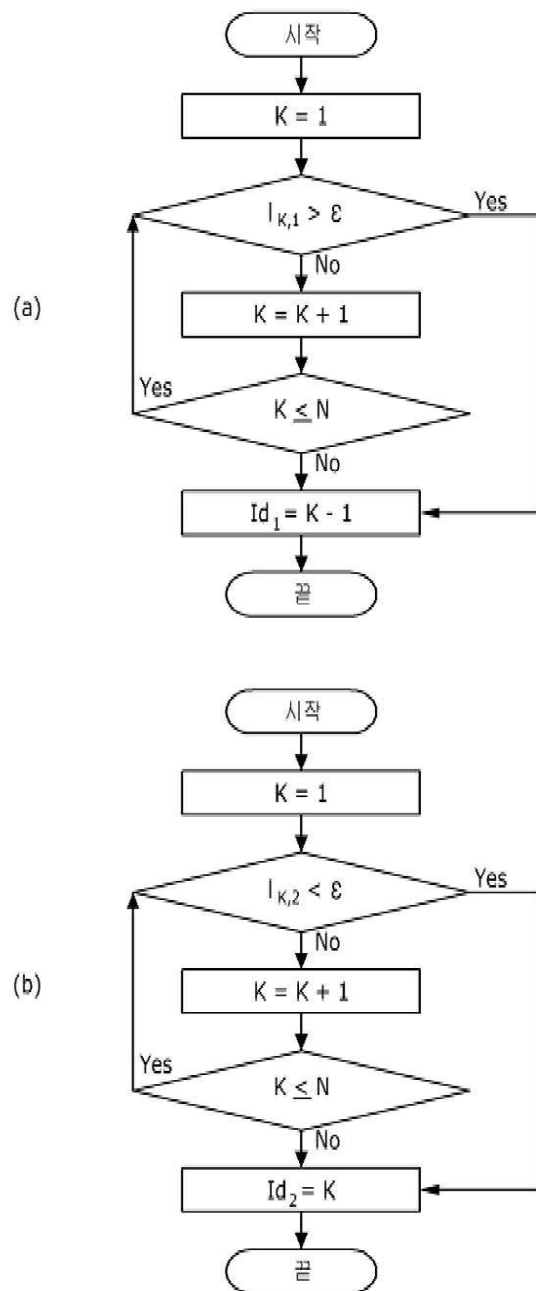
도면6



도면7



도면8



도면9

