

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
B23Q 15/00

(45) 공고일자 2005년03월24일  
(11) 등록번호 10-0478732  
(24) 등록일자 2005년03월15일

(21) 출원번호 10-2002-0014946  
(22) 출원일자 2002년03월20일

(65) 공개번호 10-2003-0075622  
(43) 공개일자 2003년09월26일

(73) 특허권자 학교법인 포항공과대학교  
경북 포항시 남구 효자동 산31번지

(72) 발명자 서석환  
경상북도포항시남구효자동산31포항공과대학교산업공학과  
천상욱  
경상북도포항시남구효자동산31포항공과대학교산업공학과  
조정훈  
경상북도포항시남구효자동산31포항공과대학교산업공학과

(74) 대리인 장성구  
김원준

심사관 : 김천희

(54) 지능형 스텝-수치 제어기

요약

본 발명은 지능형 스텝 수치 제어기(STEP-NC : SStandard for the Exchange of Product model-Numerical Controller)에 관한 것이다. 본 발명은, 폐쇄적 구조로 기계적인 명령에 의해 운용되는 기존 수치 제어기의 단점을 극복하여, ISO 14649 정보를 기반으로 지능적으로 가공을 수행하는 동시에 현장에서의 이상상황에 자율적으로 대처할 수 있는 기능을 보유하도록 한다. 따라서, 현재 수치 제어기가 운용되는 생산환경의 CAD-CAM-CNC 체인의 정보 단절의 단점을 극복하여 진정한 의미의 "설계도면을 제품으로"를 가능하게 하며, 생산 환경을 지능화를 통해 전체 생산 프로세스를 개선할 수 있는 이점을 가진다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 지능형 스텝-수치 제어기의 일 실시예를 나타낸 블록도,

도 2는 본 발명에 따른 지능형 스텝-수치 제어기의 운용 절차를 나타낸 도면,

도 3은 본 발명에 따른 지능형 스텝-수치 제어기의 개발 예를 나타낸 도면,

도 4는 본 발명에 따른 지능형 스텝-수치 제어기에서의 측정, 모니터링, 및 적응 제어에 대한 데이터 모델의 예를 나타낸 도면.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

10 : SFP/TPG 모듈(Shop Floor Programming/Tool Path Generation module) 12 : 공통 DB 모듈(common DataBase module)

14 : 제어 모듈(control module)

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

본 발명은 수치 제어기(Numerical Controller)에 관한 것으로, 특히 현장에서의 이상 상황에 대해 자율적인 대처가 가능한 지능형 스텝-수치 제어기(STandard for the Exchange of Product model-Numerical Controller, 이하 STEP-NC라 칭함)에 관한 것이다.

수치 제어기의 모듈화 및 개방화에 관한 종래의 방법으로는 유럽의 OSACA, 미국의 OMAC, 및 일본의 OSEC 등이 있다. 이와 같은 종래의 방법은 기존 수치 제어기의 폐쇄적인 구조를 극복하는데는 기여하였지만, 지능화 및 자율화를 위해 필요한 모듈과 그 모듈의 구성에 대한 설계가 결여되어 있다. 한편, 관련 논문으로는 홀로닉 생산 패러다임(holonic manufacturing paradigm)에 근거한 홀로닉 NC(Kruth 1994, Suh et al. 1998), CAD, CAPP, CAM, CNC(Computer-based Numerical Control), 모니터링과 검증 기능을 갖춘 수치 제어 시스템인 TRUE-CNC(Yamajaki et al. 1997), 및 프로그래밍 인터페이스를 중심으로 자율적인 제조 셀(production cell)의 기본 개념을 기술한 것(Brouer et al. 1997) 등이 있다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

본 발명은 상술한 종래 기술의 기술적 한계를 극복하기 위해 구현한 것으로, ISO 14649 정보를 기반으로 지능적으로 가공을 수행하는 동시에 현장에서의 이상 상황에 자율적으로 대처할 수 있는 기능을 보유하여, 현재 수치 제어기가 운용되는 생산환경의 CAD-CAM-CNC 체인의 정보 단절의 단점을 극복하여 진정한 의미의 "설계도면을 제품으로(design-to-manufacture)"를 가능하게 하는 지능형 수치 제어기를 제공하는데 그 목적이 있다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은, 지능형 스텝-수치 제어기로서, 공작 기계를 구성하는 각 제어기의 기능 수준의 요구 조건을 반영하는 제어 모듈과, 데이터 인터페이스 수준의 요구 조건을 반영하는 SFP/TPG 모듈과, 상기 제어 모듈과 상기 SFP/TPG 모듈에 의해 생성, 갱신, 및 검색되는 자료를 저장하는 공통 DB 모듈을 포함하되, 상기 SFP/TPG 모듈은, 외부로부터 제공되는 CAD 데이터를 내부의 형상 모델링 커널의 데이터로 변환하고, 가공특징형상을 인식하며, 가공을 위한 특징형상의 속성값을 추출하여 상기 공통 DB 모듈에 저장하는 입력관리기와, 상기 입력관리기로부터 가공을 위한 특징형상의 속성값을 제공받아 가공특징형상을 가공하는데 필요한 가공 순서, 가공 작업, 치구, 셋업, 및 절삭 공구를 결정하여 상기 공통 DB 모듈에 저장하는 공정계획기와, 상기 공정계획기로부터 결정된 정보를 받아 가공과 측정을 위한 공구경로를 생성하여 상기 공통 DB 모듈에 저장하는 공구경로생성기와, 상기 공구경로생성기로부터 생성된 공구경로를 받아 실제 가공 전에 주어진 공구경로를 검증하고 가능한 오류를 검사하기 위하여 절삭 시뮬레이션을 수행해서 시뮬레이션 결과값을 상기 공통 DB 모듈에 저장하는 시뮬레이터로 이루어지는 것을 특징으로 하는 지능형 스텝-수치 제어기를 제공한다.

이와 같은 본 발명에서는 작업현장(shop-floor) 관점의 기능적인 측면, 데이터 인터페이스 측면, 및 구현성 측면에서 문제점 혹은 요구조건에 대한 분석을 바탕으로 제어기를 설계하고 운용하는 방법을 기술한다.

CNC의 가장 중요한 기능은 공작 기계를 제어해서 절삭 가공에 의하여 원하는 형상을 정밀하게 가공하는 것이다. 지능형 STEP-NC의 주요 관심은 변화하는 가공 현장에서 주어진 목적을 달성하는 것이다. 본 발명에서는 이를 위하여, 자율 기능, 사용자와의 상호작용, 오류 복구, 품질 제어, 자원 관리, 고속 가공, 학습, 및 협력 기능이 고려된다. 지능형 STEP-NC는 제어기를 구성하는 소프트웨어 요소들이 사용자의 세세한 작업지시 없이도 자율적으로 동작한다. 사용자의 결정과 상호 작용을 최소화하기 위하여, 사용자의 간섭이 최소화되고, 사용자에게 의해 처리될 작업과 제어기가 수행할 작업이 명확히 구분된다. 지능형 STEP-NC는 가공 공정 중에 발생하는 예측되지 않은 변화와 오류를 처리할 수 있다. 품질 제어 측면에서, 설계 형상과 가공 형상의 기하학적 오류를 최소화하기 위하여 기상측정(機上測定, OMM(On-Machine Measurement))을 실행하고 적절한 진단이 수행된다. 최적 가공을 위해서는 절삭 조건을 고정된 값으로 설정하는 대신 조건에 따라 제어한다. 자원 관리 측면에서는, 가공 공정에 포함된 모든 자원들이 관리, 제어된다. 지능형 STEP-NC는 가공 표면 조도의 품질을 떨어뜨리지 않고도 고속 가공을 할 수 있다. 가공 지식을 습득하고, 제어기의 성능을 향상시키기 위하여 지식 베이스에 가공 지식을 병합한다.

지능형 STEP-NC의 핵심은 기존 수치 제어기의 G 코드 입력의 단점을 극복하고 제한된 데이터 처리 기능의 문제를 해결하는 것이다. 이것은 CAM과 CNC간의 데이터 인터페이스, CNC 내에서의 데이터 처리와 관련된 것이다. 본 발명에서는 이를 위하여, 표준 스키마와 CAD 데이터 인터페이스, 인터넷 인터페이스, 공정계획 수립, 공구경로 생성과 가상 가공이 고려된다. 지능형 STEP-NC는 CAD-CAM-CNC 연결에서 유실되는 기하학적 정보를 사용하기 위하여, 제어기가 CAD 데이터를 직접 입력 받는다. CAM과 CNC의 인터페이스를 위해, 제조 분야에 적용되는 국제 표준인, 부품 모델 데이터 표현을 위한 ISO 10303, 절삭 공구 표현을 위한 ISO 13399, 및 수치 제어기 데이터 모델인 ISO 14649가 데이터 인터페이스에 반영된다. 지능형 STEP-NC의 제어 소프트웨어가 인터넷을 통하여 원격으로 실행되고 모니터링할 수 있는 기능을 제공한다. CAD/CAM 시스템에서 만들어진 파트 프로그램이 현장에서 수정되는 경우, 데이터의 일관성에 문제가 발생하는데, 이를 피하기 위하여 CAM과 CNC간의 완전한 양방향 데이터 전달

이 가능하다. 지능형 STEP-NC는 공정 계획을 수립하고, 공정계획 정보에 따라 공구 경로를 생성할 수 있다. 공구 경로를 자율적으로 생성하기 위하여 제어기의 입력이 특징형상에 기반한 설계 데이터가 될 수 있다. 실제 가공을 하기 전에, 지능형 제어기는 가능한 오류를 찾기 위하여 미리 가상 가공을 수행하여 공구 경로를 검증한다.

지능형 STEP-NC는 소프트웨어 기반의 모듈 구조의 개방형 제어기로서, 사용자가 구조를 커스터마이징할 수 있다. 이를 위하여, 제어기와 하드웨어(드라이버, 모터, 및 공작 기계)와 연결하는 인터페이스 보드를 제외하고는, PC 플랫폼상의 널리 사용되는 운영체제에서 모든 제어 모듈이 소프트웨어적으로 구현된다. 구조적 측면에서는, 제어기가 개방형 구조로 설계되어, 사용자가 제어기의 내부 기능에 접근하고 수정할 수 있다. 또한, 모든 소프트웨어 기반의 모듈 구조 설계로, 사용자가 제어기의 모듈을 재구성할 수 있고, 사용자가 모듈을 재구성하였을 때도 제어기 프로그램을 재컴파일 할 필요 없이 플러그앤플레이(plug-and-play) 방식으로 동작한다.

**발명의 구성 및 작용**

이하, 이와 같은 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 1은 본 발명에 따른 지능형 STEP-NC의 일 실시예를 나타낸 블록도로, SFP/TPG 모듈(10), 공통 DB 모듈(12), 및 제어 모듈(14)로 구성된다.

동 도면에 있어서, 제어 모듈(14)은 의사결정(decision making), 실행(execution), 모니터링(monitring)의 구조의, 홀로닉 패러다임에 기반하여 공작 기계를 구성하는 각 제어기의 기능 수준의 요구 조건을 반영한다.

이와 같은 제어 모듈(14)은 내부 작업(intra-task)을 관리하는 의사결정기(decision maker), 실행기(executor), 모니터(monitor), 이상상황 처리기(emergency handler), 및 NCK/PLC(Numerical Control Kernel/Programmable Logic Controller)와 상호작용(inter-task)을 관리하는 통신기(communicator), 검사기(Inspector), 학습기(learner), 및 셋업관리기(setup manager)와 같은 비가공 기능을 지원하는 모듈로 구성된다.

먼저, 제어 모듈(14) 내의 셋업관리기는 소재의 셋업 작업을 지원한다. 일단 소재가 공작 기계에 올려지면, 소재와 치구의 형상 정보를 이용하여 접촉식 프로우브(touch probe)를 움직여서 셋업 기준 위치를 찾는다.

의사결정기는 이상상황 처리기로부터 진단 결과를 받고, 모니터로부터 모니터링 결과를 받고, 검사기로부터 검사 결과를 받아 작업 순서를 결정한다. 비선형 공정계획의 다양한 대안들 중에서 다음 작업을 선택한다. 비선형 공정계획은 선택적인 공정계획을 포함하는 것으로, "AND-OR 그래프"로 표현된다. 계획된 작업과 이상상황 처리기에 의해 발생한 작업간의 우선 순위를 결정하는 것이 중요한 결정 중의 하나이다.

실행기는 의사결정기로부터 제공되는 작업을 명령으로 변환하여 NCK/PLC로 전달한다. 만일 작업이 가공작업이면 공통 DB 모듈(12) 내의 공구경로 DB(tool-path DB)에서 상응하는 공구경로를 가져와서 NCK/PLC로 전달하고, 작업이 공구 교환이면 공구 매거진에서 공구를 찾아 NCK/PLC에 전달한다. 또한, 실행기는 적응제어를 위하여 NCK/PLC에 의해 수행되는 명령을 기억하고 있다. 이때, 도 4c는 적응 제어를 위한 데이터 모델의 한 예이다.

NCK/PLC는 공작 기계장치를 직접 작동시키는 모듈로써, NCK는 실행기로부터 제공되는 공구경로 명령을 해석하고 서보 메커니즘을 작동시켜 명령을 실행하고, PLC는 실행기로부터 제공되는 공구교환, 소재 로딩/언로딩(loading/unloading)과 같은 공작 기계장치 명령을 수행한다. 또한, 자유곡면 가공을 위해서, NCK는 NURBS 보간을 지원하여 작은 양의 데이터로 정확한 고속 가공을 할 수 있다.

모니터는 센서 신호의 정보로부터 전체 가공 상황을 계속 모니터링하여 모니터링 결과를 이상상황 처리기나 의사결정기로 전송한다. 이때, 도 4b는 모니터링을 위한 데이터 모델의 한 예이다. 공구 모니터링과 비상 사태 감지가 중요한 작업이다.

이상상황 처리기는 모니터로부터 비상사태가 보고되는 경우 이 비상사태를 진단하고 처리 방향을 결정한다. 진단 결과는 최종 결정과 스케줄링을 하는 의사결정기로 보내진다. 예를 들어, 보고된 비상사태가 공구 파손일 경우 이상상황 처리기는 공구를 후퇴시킨 후, 기계자원 DB를 통하여 공구 매거진에 대체 가능한 공구가 있는지 여부를 살펴본다. 살펴본 결과, 대체 가능한 공구가 있으면 대체 공구로 작업을 계속 수행하고, 대체 가능한 공구가 없으면 의사결정기에게 통보하고 최종 결정을 기다린다. 이와 같은 이상상황 처리기는 위급 상황만을 다루는 의사결정기의 특수형으로 볼 수 있다.

검사기는 가공 중 및 가공 후 검사를 기상측정으로 공작 기계 위에서 자동으로 실행하여 검사 결과를 의사결정기로 제공하고 가공 중 검사 결과를 학습기로 제공하는 모듈이다. 이때, 도 4a는 OMM을 위한 데이터 모델의 한 예이다. 검사기는 접촉식 프로우브를 위한 공구경로를 생성하고 검사 DB에 데이터를 저장한다. 설계 형상과 가공 형상간의 기하학적 오차를 검사 DB와 가공특징형상 DB의 데이터를 비교하여 계산한다.

학습기는 검사기로부터 가공 중에 얻은 정보를 전문가 알고리즘에 의해 분석하고, 분석된 정보를 가공지식DB에 저장한다.

통신기는 CAD/CAM 시스템, 작업현장 제어 시스템, 및 작업자와 같은 외부 요소와의 상호작용을 담당하는데 CAD/CAM 시스템에서 요청이 오면, 제어기는 현재의 제어기 DB에 있는 파트 프로그램을 전송하고, 작업현장 제어시스템에서 요청이 오면, 가공 진행 상황과 가공 중에 발생한 문제를 보고하고, 예측하지 못한 문제로 어떤 작업의 수행이 불가능하면 작업자에게 알린다.

SFP/TPG 모듈(10)은 제어기의 데이터 인터페이스 수준의 요구 조건을 반영하는 것으로, CAM 기능을 STEP-NC 데이터 모델에 기반한 SFP 시스템 내부에 병합한다.

이와 같은 SFP/TPG 모듈(10)은 입력관리기(input manager), 공정계획기(process planner), 공구경로생성기(tool-path generator), 및 시뮬레이터(simulator)로 구성된다.

먼저, SFP/TPG 모듈(10) 내의 입력관리기는 외부로부터 제공되는 표준 CAD 데이터(STEP AP203)를 내부의 형상 모델링 커널의 데이터로 변환하고, 가공특징형상을 인식하고, 가공을 위한 특징형상의 속성값을 추출하여 공통 DB 모듈(12) 내의 가공특징형상 DB에 저장한다.

공정계획기는 입력관리기로부터 가공을 위한 특징형상의 속성값을 제공받아 가공특징형상을 가공하는데 필요한 가공 순서, 가공 작업, 치구, 셋업, 및 절삭 공구를 결정하여 가공공정DB에 저장한다. 공정순서는 비선형 공정계획으로 표현되어 의사결정기가 실행 중에 적절한 것을 선택한다. 최적 절삭 조건, 가공 전략, 및 절삭 공구는 가공지식 DB를 이용하여 결정된다. 이를 위하여, 지식기반 공정계획 시스템이 필요하다.

공구경로생성기는 공정계획기로부터 결정된 정보를 받아 가공과 측정을 위한 공구경로를 생성하여 공구경로 DB에 저장한다. 상기 생성된 공구경로는 접근, 퇴각, 가공이나 측정 경로 사이의 연결경로를 포함한 완전한 경로로, NCK/PLC에 의해 접근 가능한 공구경로 DB에 저장된다. NCK/PLC가 NURBS 곡선을 곧바로 해석할 수 있기 때문에, 공구경로생성기는 자유곡선 공구경로를 선분이나 원호로 나누지 않는다.

시뮬레이터는 공구경로생성기로부터 생성된 공구경로를 받아 실제 가공 전에 주어진 공구경로를 검증하고 가능한 오류를 검사하기 위하여 절삭 시뮬레이션을 수행한다. 시뮬레이터는 절삭 시뮬레이션에 의해 형상의 미절삭, 과절삭이나 공구간섭을 발견한다. 공구경로의 오류탐지 이외에도 솔리드 절삭 시뮬레이션 중의 소재 제거율을 이용하여 최적의 절삭속도가 계산된다. 이와 같은 시뮬레이션의 결과값은 공구경로 DB와 가공공정 DB에 저장된다.

공통 DB 모듈(12)은 제어 모듈(14)과 SFP/TPG 모듈(10)에 의해 생성, 갱신, 검색되는 자료의 저장소이다.

이와 같은 공통 DB 모듈(12)은 가공특징형상 DB, 기계자원 DB, 가공공정 DB, 가공지식 DB, 공구경로 DB, 및 검사 DB로 구성된다. 가공특징형상 DB, 가공공정 DB, 공구경로 DB, 및 검사 DB는 단기간(short-term) 데이터베이스이고 기계자원 DB와 가공지식 DB는 장기간(long-term) 데이터베이스이다. 파트 가공이 완료되면 단기간 데이터베이스는 소멸된다.

먼저, 공통 DB 모듈(12) 내의 가공특징형상 DB는 입력관리기에 의해 생성된 가공특징형상 정보를 저장한다. 저장된 데이터는 공정계획기를 위한 특징형상에 기반한 입력이 된다.

기계자원 DB는 기계 구조, 사용 가능한 공구, 공구 매거진, 치공구와 센서에 대한 데이터를 저장한다. 기계자원 DB의 데이터는 작업자나 의사결정기에 의해 갱신된다.

가공공정 DB는 공정계획기에 의해 생성된 비선형 공정계획을 저장한다. 가공공정은 가공특징형상과 가공 오퍼레이션, 가공전략, 절삭 조건과 공구로 표현된다.

가공지식 DB는 전문가 시스템과 연계하여 공정계획기와 실행기에 의해 사용되는 장기간 가공지식을 저장한다. 가공지식 DB의 데이터는 학습기에 의해 갱신된다.

공구경로 DB는 공구경로생성기에 의해 생성된 공구경로를 저장한다. 공구경로 DB는 NCK/PLC와 시뮬레이터에 의해 접근 가능하다.

검사 DB는 측정을 위한 공구경로와 검사기에 의해 측정된 결과를 저장한다.

도 2는 본 발명에 따른 지능형 STEP-NC의 운용 절차를 나타낸 도면이다. 상기 지능형 STEP-NC의 운용 방법은 완전 자동이 아닌 작업자와의 상호작용에 의한 지능형 STEP-NC의 운용 방법을 나타낸다. 지능형 STEP-NC의 운용 단계는 파트 프로그래밍 단계와 CNC 오퍼레이션 단계로 나누어진다.

형상 설계자가 AP203 데이터 모델을 지원하는 CAD 시스템에서 가공할 형상을 설계하고, 공정계획 설계자에게 설계 데이터를 전달한다. 따라서, 오프라인 CAM 시스템 즉, 외부 SFP이나 지능형 STEP-NC 내에 설치된 SFP 시스템으로 데이터가 전달된다.

SFP 시스템에서는, 입력관리기 모듈에 AP 203 파일을 입력하면, 입력관리기는 가공특징형상을 인식하고 인식 결과를 가공특징형상 DB에 저장한다.

공정계획기는 각각의 가공특징형상에 가공 오퍼레이션을 설정한다. 다시, 각 가공 오퍼레이션마다 가공 방법, 가공 전략, 절삭 공구와 절삭 조건이 설정된다. 이러한 공정 계획은 ISO 14649 데이터 모델에 근거하여 이루어진다.

가공특징형상의 인식 결과에 따라, 사용자는 워킹스텝(workingstep)의 가공 대안 순서를 설정한다. 절삭 조건은 지식기반 시스템이 추천한 기준 값을 바탕으로 설정하고, 필요에 따라 적응제어 모드의 사용을 설정한다.



그러나, 공구경로는 지능형 CNC가 생성할 것이므로 각 워킹스텝에 대한 공구경로가 명시되지 않는다. 또한, 사용자는 대안 공정 계획을 나타내는 PSG(Process Sequence Graph)에 검사 작업을 명시한다.

사용자의 입력이 완료되면, SFP 시스템이 ISO 14649 형식의 파트 프로그램을 자동으로 생성한다.

그러나, 내장 SFP가 사용될 경우, 모든 입력 정보가 제어기의 DB들에 저장되어있기 때문에, 꼭 파트 프로그램을 생성할 필요는 없다. 만일 입력이 STEP AP 형식의 CAD 데이터가 아닌 ISO 14649 파트 프로그램이면, 인터넷이나 DNC를 통해 지능형 STEP-NC로 다운로드 된다.

지능형 STEP-NC는 ISO 14649 파트 프로그램을 해석하고 정보들을 관련 데이터베이스에 저장한다. 만일 ISO 14649파트 프로그램이 제어기에 내장된 SFP에서 생성되었다면, 해석 과정은 불필요하다.

이후, 제어기의 공구경로생성기는 절삭 공구와 접촉식 프로우브를 위한 공구경로를 생성하고, 생성된 공구경로는 시뮬레이터에 의해 시각적으로 검증할 수 있게 보여진다. 계산된 공구경로는 설정된 가공 오퍼레이션을 위한 기준 공구경로로써 사용된다. 즉, 공구경로는 가공 오퍼레이션 중에 생성될 수도 있다. 계산 부담을 덜기 위하여 전자기바람직하나, 공구 파손, 및 공구 마모 등의 이상 상황에서는 실제 가공 도중에 공구 경로가 생성된다.

소재를 로딩한 다음, 사이클 스타트 버튼을 누르면 오퍼레이션이 시작된다. 오퍼레이션은 셋업관리기에 의해 접촉식 프로우브를 이용하여 기준 위치를 자동으로 찾아서 시작된다. 그러면, 비선형 공정계획을 표현하는 PSG에 따라 의사결정기가 다음에 실행할 워킹스텝을 결정한다. 만약 공구 등의, 명시된 모든 자원이 사용가능하면 실행기에게 워킹스텝을 실행하라고 명령한다. 그러면, 실행기는 공구경로 DB에 접근하여 공구 경로를 로딩하고, 공구 경로를 NCK/PLC의 명령으로 변환한 다음, 가변 절삭 조건을 설정하기 위하여 적응제어 메커니즘을 호출한다.

한편, 오퍼레이션은 계속 모니터에 의해 모니터링 된다. 공구 파손이 감지된 경우, 오퍼레이션을 멈추고 이상상황처리 메커니즘을 작동시키고, 의사결정기에게 보고한다. 의사결정기는 대체 절삭 공구가 공구 매거진에 있는지를 기계자원 DB를 통해 알아보고, 만약 있으면 공구경로생성기에게 대체 공구로 남은 특징형상을 제거하는 새로운 공구 경로를 생성하라고 지시한다. 상기 대체 절삭 공구의 크기는 파손된 것과 다를 수 있다. 만약 없으면, 워킹스텝이 실행될 수 없다고 통신기에게 경보를 전달한다. 그러면, 통신기는 작업자에게 새로운 공구를 요청하는 경보를 올린다. 그동안, 의사결정기는 비선형 공정계획에 따라 대체 가공 순서를 찾으려고 시도한다. 만일 발견되면, 다음 워킹스텝을 결정하고 공구경로생성기에게 공구경로를 생성하라고 지시한다.

공구경로생성기는 공구경로 DB에 있는 공구 경로의 유효성을 검사하고, 만일 필요하면 새로 생성한다. 측정 워킹스텝을 만나면, 의사결정기는 검사기에게 필요한 처리, 즉, 목표 영역을 측정하고 측정 데이터를 검사 DB에 저장하도록 한다. 그리고, 가공특징형상 DB의 데이터와 비교하여 기하학적 오차를 계산한다. 만일 허용오차를 벗어나면, 재가공하기 위하여 의사결정기에게 보고한다. 이러한 경우, 의사결정기는 재가공을 위한 새로운 워킹스텝을 추가한다.

한 워킹스텝이 완료되면 의사결정기는 가공공정 DB의 PSG, 기계자원 DB의 기계 자원의 상태, 오퍼레이션의 결과에 따른 가공지식 DB를 갱신한다. 그리고 나서, 다음 워킹스텝을 결정한다. 이 과정이 모든 워킹스텝이 완료될 때까지 계속 반복된다. SF 제어 시스템이 요청할 때마다, 의사결정기는 통신기가 DB의 내용에 따라서 현재의 실행 상태, 진행 정도를 보내도록 한다.

도 3은 도 3a는 개념도 이고, 도 3b는 구조도로, 본 발명에 따른 지능형 STEP-NC의 개발 예를 나타낸 도면이다. 상기에서 기술한 주요 모듈로 지능형 STEP-NC를 개발할 때의 한 예를 나타내는 것이다.

**발명의 효과**

이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명은, 폐쇄적 구조로 기계적인 명령에 의해 운용되는 기존 수치 제어기의 단점을 극복하여, ISO 14649 정보를 기반으로 지능적으로 가공을 수행하는 동시에 현장에서의 이상상황에 자율적으로 대처할 수 있는 기능을 보유하도록 한다. 따라서, 현재 수치 제어기가 운용되는 생산환경의 CAD-CAM-CNC 체인의 정보 단절의 단점을 극복하여 진정한 의미의 "설계도면을 제품으로"를 가능하게 하며, 생산 환경을 지능화를 통해 전체 생산 프로세스를 개선할 수 있는 이점을 가진다.

**(57) 청구의 범위**

**청구항 1.**  
삭제

**청구항 2.**

변화하는 가공 현장에서 자율 동작하여 임의의 공작 기계를 제어하는 지능형 스텝-수치 제어기로서,  
상기 공작 기계를 구성하는 각 제어기의 기능 수준의 요구 조건을 반영하는 제어 모듈과,  
데이터 인터페이스 수준의 요구 조건을 반영하는 SFP/TPG 모듈과,

상기 제어 모듈과 상기 SFP/TPG 모듈에 의해 생성, 갱신, 및 검색되는 자료를 저장하는 공통 DB 모듈을 포함하되,  
 상기 제어 모듈은,  
 임의 소재가 상기 공작 기계에 올려지면, 상기 소재와 치구의 형상 정보를 이용하여 기설치된 접촉식 프로우브를 움직여서 셋업 기준 위치를 찾는 셋업관리기와,  
 이상상황 처리기로부터의 진단 결과와 모니터로부터 모니터링 결과, 검사기로부터 검사 결과를 각각 수신하여 작업 순서를 결정하는 의사결정기와,  
 적응제어를 위하여 NCK/PLC에 의해 수행되는 명령을 기억하고 있으며, 상기 의사결정기로부터 제공되는 작업을 명령으로 변환하여 상기 NCK/PLC로 전달하는 실행기와,  
 상기 실행기로부터 제공되는 명령 중 공구경로 명령을 해석하고 서보 메커니즘을 작동시켜 명령을 실행하는 NCK와,  
 상기 실행기로부터 제공되는 명령 중 공작 기계장치 명령을 수행하는 PLC와,  
 기설치된 센서로부터 제공되는 신호를 받아 전체 가공 상황을 계속 모니터링하여 모니터링 결과를 이상상황 처리기나 의사결정기로 전송하는 모니터와,  
 상기 모니터로부터 비상사태가 보고되는 경우 상기 비상사태를 진단하고 처리 방향을 결정하며, 진단 결과를 상기 의사결정기로 보내는 이상상황 처리기와,  
 가공 중 및 가공 후 검사를 기상측정으로 상기 공작 기계 위에서 실행하여 검사 결과를 상기 의사결정기로 제공하고 상기 가공 중 검사 결과를 학습기로 제공하는 검사기와,  
 상기 검사기로부터 가공 중에 얻은 정보를 분석하고, 분석된 정보를 상기 공통 DB 모듈에 저장하는 학습기와,  
 외부 요소와의 상호작용을 담당하는 통신기  
 로 이루어지는 것을 특징으로 하는 지능형 스텝-수치 제어기.

**청구항 3.**

제 2 항에 있어서,  
 상기 실행기는 작업이 가공작업이면 상기 공통 DB 모듈에서 상응하는 공구경로를 가져와서 상기 NCK/PLC로 전달하고, 작업이 공구 교환이면 공구 매거진에서 공구를 찾아 상기 NCK/PLC에 전달하는 것을 특징으로 하는 지능형 스텝-수치 제어기.

**청구항 4.**

제 2 항에 있어서,  
 상기 공작 기계장치 명령은 공구교환, 소재 로딩/언로딩 명령을 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 스텝-수치 제어기.

**청구항 5.**

제 2 항에 있어서,  
 상기 외부 요소는 CAD/CAM 시스템, 작업현장 제어 시스템, 및 작업자를 포함하는 것을 특징으로 하는 지능형 스텝-수치 제어기.

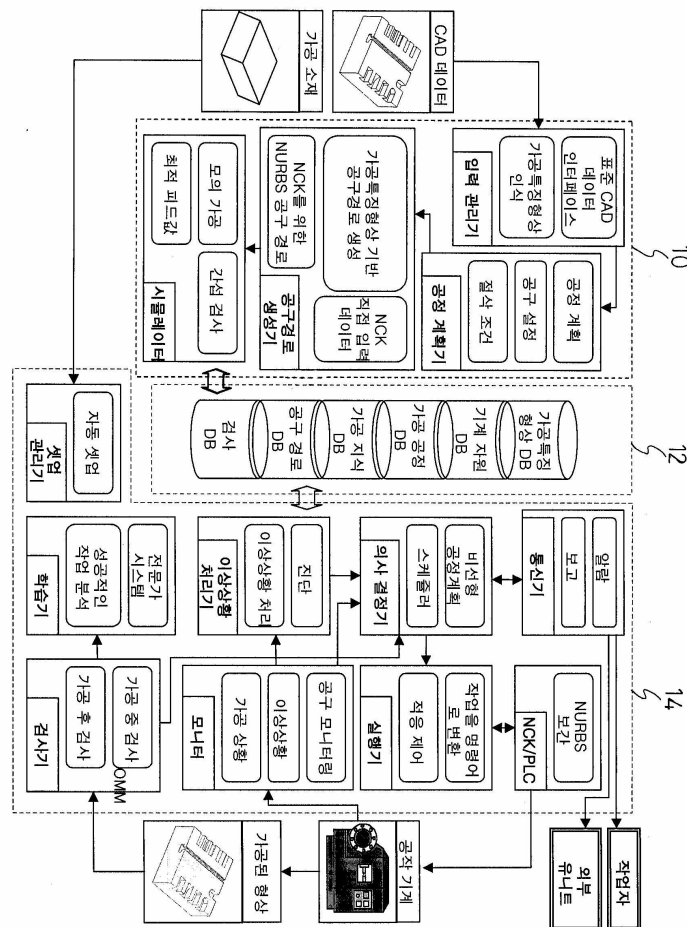
**청구항 6.**

변화하는 가공 현장에서 자율 동작하여 임의의 공작 기계를 제어하는 지능형 스텝-수치 제어기로서,

상기 공작 기계를 구성하는 각 제어기의 기능 수준의 요구 조건을 반영하는 제어 모듈과,  
 데이터 인터페이스 수준의 요구 조건을 반영하는 SFP/TPG 모듈과,  
 상기 제어 모듈과 상기 SFP/TPG 모듈에 의해 생성, 갱신, 및 검색되는 자료를 저장하는 공통 DB 모듈을 포함하되,  
 상기 SFP/TPG 모듈은,  
 외부로부터 제공되는 CAD 데이터를 내부의 형상 모델링 커널의 데이터로 변환하고, 가공특징형상을 인식하며, 가공을 위한 특징형상의 속성값을 추출하여 상기 공통 DB 모듈에 저장하는 입력관리기와,  
 상기 입력관리기로부터 가공을 위한 특징형상의 속성값을 제공받아 가공특징형상을 가공하는데 필요한 가공 순서, 가공 작업, 치구, 셋업, 및 절삭 공구를 결정하여 상기 공통 DB 모듈에 저장하는 공정계획기와,  
 상기 공정계획기로부터 결정된 정보를 받아 가공과 측정을 위한 공구경로를 생성하여 상기 공통 DB 모듈에 저장하는 공구경로생성기와,  
 상기 공구경로생성기로부터 생성된 공구경로를 받아 실제 가공 전에 주어진 공구경로를 검증하고 가능한 오류를 검사하기 위하여 절삭 시뮬레이션을 수행해서 시뮬레이션 결과값을 상기 공통 DB 모듈에 저장하는 시뮬레이터로 이루어지는 것을 특징으로 하는 지능형 스텝-수치 제어기.

도면

도면1









도면4c

```

ENTITY adaptive_control
  its_sensor:      monitoring_sensor type;
  max_torque:      OPTIONAL REAL;
  max_cutting_force: OPTIONAL REAL;
  its_control_algorithm: OPTIONAL adaptive_control_algorithm;
END ENTITY;

FUNCTION adaptive_control_algorithm
  .....
END FUNCTION;
    
```