



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월25일
(11) 등록번호 10-2207535
(24) 등록일자 2021년01월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B28B 1/00 (2006.01) B33Y 10/00 (2015.01)
B33Y 30/00 (2015.01) B33Y 50/02 (2015.01)
B33Y 70/00 (2020.01) B33Y 80/00 (2015.01)
(52) CPC특허분류
B28B 1/001 (2013.01)
B33Y 50/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0010518
(22) 출원일자 2019년01월28일
심사청구일자 2019년01월28일
(65) 공개번호 10-2020-0101482
(43) 공개일자 2020년08월28일
(56) 선행기술조사문헌
WO2018052469 A2*
JP2007518586 A
KR101706473 B1
KR1020180085462 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김정훈
서울특별시 마포구 상암산로1길 92, 705동 1003호(상암동, 상암월드컵파크 7단지)
이강
서울특별시 서초구 사평대로 18 16-5 스윗홈빌 301호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김인철

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 이수재

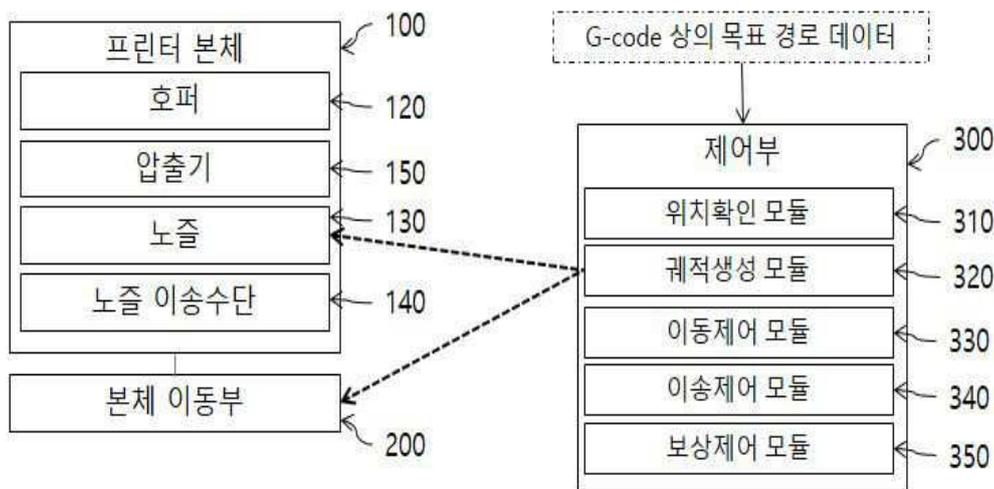
(54) 발명의 명칭 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템

(57) 요약

본 발명은 프린터 본체가 이동하는 중에도 연속적으로 실시간으로 3D 프린팅을 수행하여 프린터 크기에 제약을 받지 않으면서 작업 영역을 확장하여 넓은 작업 영역에서 큰 구조물을 정밀하고 빠르게 프린팅할 수 있는 건설용 3D 프린터 및 이를 포함하는 3D 프린팅 시스템에 관한 것으로,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터는, 건설용 복합재료를 공급하는 호퍼와 상기 호퍼로부터 공급된 상기 건설용 복합재료를 압출하는 압출기와 상기 압출기로부터 압출된 건설용 복합재료를 분출하는 노즐과 상기 노즐을 이송하는 노즐 이송수단을 포함하는 프린터 본체; 상기 프린터 본체 하부에 형성되어 상기 프린터 본체를 이동시키는 본체 이동부; 및, 광역 좌표계상 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터로부터 상기 본체 이동부와 상기 노즐 이송수단의 궤적을 생성하며, 작업 공간 내에서 상기 프린터 본체의 위치 및 방향을 실시간으로 측정하여 상기 생성된 궤적과 실시간 측정된 상기 프린터 본체의 위치 및 방향과의 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적과 프레임 내에서의 상기 노즐의 이송 궤적을 보정하며, 보정된 상기 프린터 본체 및 상기 노즐의 궤적에 따라 상기 프린터 본체의 이동 및 상기 노즐의 이송을 독립적으로 제어하는 제어부를 포함한다.

(72) 발명자

이동현

서울특별시 서대문구 연희로 38-20, 102동 1001호
(연희동, 연희 대우 아파트)

이재화

경기도 김포시 김포한강2로 69, 601동 401호(장기동, 초당마을 래미안 한강)

정지훈

서울특별시 성북구 아리랑로 89, 109동 601호(돈암동, 일신건영휴먼빌아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615010024
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	국토교통기술연구개발
연구과제명	소형 건축물 및 비정형 부재 대상 3D 프린팅 설계, 재료 및 장비 개발
기여율	1/1
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

호퍼로부터 공급된 건설용 복합재료를 압출하는 압출기와 상기 압출기로부터 압출된 건설용 복합재료를 분출하는 노즐을 이송하는 노즐 이송수단을 포함하는 프린터 본체; 상기 프린터 본체 하부에 형성되어 상기 프린터 본체를 이동시키는 본체 이동부; 작업 공간 내에서 상기 프린터 본체의 위치 및 방향을 실시간으로 센싱하는 위치 감지부; 및 광역 좌표계상 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터로부터 상기 본체 이동부와 상기 노즐 이송수단의 궤적을 생성하며, 상기 생성된 궤적과 상기 위치 감지부에 의해 실시간 측정된 상기 프린터 본체의 위치 및 방향과의 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적과 프레임 내에서의 상기 노즐의 이송 궤적을 보정하며, 보정된 상기 프린터 본체 및 상기 노즐의 궤적에 따라 상기 프린터 본체의 이동 및 상기 노즐의 이송을 독립적으로 제어하는 제어부를 포함하며,

상기 위치 감지부는, 상기 프린터 본체의 두 방향으로 배치되는 복수개의 변위 센서와, 상기 작업 공간의 바닥면에 형성되는 가이드 라인과, 상기 가이드 라인을 촬영하여 상기 프린터 본체의 회전각과 가이드 라인으로부터 본체의 오프셋 위치를 획득하는 이미지 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템.

청구항 2

호퍼로부터 공급된 건설용 복합재료를 압출하는 압출기와 상기 압출기로부터 압출된 건설용 복합재료를 분출하는 노즐을 이송하는 노즐 이송수단을 포함하는 프린터 본체; 상기 프린터 본체 하부에 형성되어 상기 프린터 본체를 이동시키는 본체 이동부; 작업 공간 내에서 상기 프린터 본체의 위치 및 방향을 실시간으로 센싱하는 위치 감지부; 및 광역 좌표계상 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터로부터 상기 본체 이동부와 상기 노즐 이송수단의 궤적을 생성하며, 상기 생성된 궤적과 상기 위치 감지부에 의해 실시간 측정된 상기 프린터 본체의 위치 및 방향과의 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적과 프레임 내에서의 상기 노즐의 이송 궤적을 보정하며, 보정된 상기 프린터 본체 및 상기 노즐의 궤적에 따라 상기 프린터 본체의 이동 및 상기 노즐의 이송을 독립적으로 제어하는 제어부를 포함하며,

상기 위치 감지부는, 상기 작업 공간의 바닥면에 폐곡선으로 형성되는 가이드 라인과, 상기 가이드 라인을 촬영하여 상기 프린터 본체의 회전각과 가이드 라인으로부터 본체의 오프셋 위치를 획득하는 이미지 센서를 포함하는 것을 특징으로 하는 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템.

청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 위치 감지부는,

상기 작업 공간에 하나 이상 배치되는 모션 캡처 카메라와 상기 프린터 본체에 배치되는 복수개의 모션 캡처용 마커를 포함하는 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템.

청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 본체 이동부는,

전방향으로 이동 및 회전할 수 있는 전방향 휠, 회전 가능한 바퀴, 캐터필러, 복수개의 로봇 다리 중 적어도 어느 하나를 포함하는 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템.

청구항 5

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서, 상기 제어부는,

광역 좌표계 상의 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터로부터 상기 본체 이동부와 상기 노즐 이송수단의 궤적을 생성하는 궤적생성 모듈;

상기 위치 감지부로부터 실시간으로 상기 프린터 본체의 위치 및 방향에 대한 센싱 정보를 수신하여 상기 프린

터 본체의 위치 및 방향을 실시간으로 확인하는 위치확인 모듈;

상기 위치확인 모듈에서 실시간 측정된 상기 프린터 본체의 위치 및 방향과 상기 생성된 궤적과의 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적과 프레임 내에서의 상기 노즐의 이송 궤적을 보정하여 생성하는 보상제어 모듈;

상기 궤적생성 모듈 및 보상제어 모듈에 의해 생성된 상기 프린터 본체의 이동 궤적에 따라 상기 본체 이동부의 동작을 제어하는 이동제어 모듈; 및,

상기 궤적생성 모듈 및 보상제어 모듈에 의해 생성된 상기 노즐의 이송 궤적에 따라 상기 노즐을 이송하는 노즐 이송수단의 동작을 제어하는 이송제어 모듈을 포함하는 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 궤적생성 모듈은,

광역 좌표계(G) 상의 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터(${}^G P$)로부터 상기 본체 이동부의 궤적(${}^G P_{\text{LOGG}}$) 및 방향(${}^G v_R$)과 상기 노즐 이송부의 궤적(${}^L P$) 및 방향을 생성하는 것을 특징으로 하는 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템.

청구항 7

청구항 5에 있어서, 상기 보상제어 모듈은,

상기 위치 감지부로부터 실시간으로 수신되는 센싱 정보를 이용하여 광역 좌표계(G) 상에서의 상기 프린터 본체의 원점 위치(${}^G P_{\text{LOGG}}$)와 방향(${}^G v_R$)의 실시간 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적을 보정하여 생성하는 것을 특징으로 하는 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템.

청구항 8

청구항 5에 있어서, 상기 보상제어 모듈은,

실시간으로 변화되는 상기 프린터 본체의 프레임의 좌표계로부터 상기 노즐의 목표 지점(${}^G P$) 까지의 위치 및 방향을 이용하여 상기 노즐을 이송시키는 노즐 이송수단의 이송 궤적을 보정하여 생성하는 것을 특징으로 하는 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 건설용 3D 프린터 및 3D 프린팅 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 프린터 본체가 이동하는 중에도 연속적으로 실시간으로 3D 프린팅을 수행하여 프린터 크기에 제약을 받지 않으면서 작업 영역을 확장하여 넓은 작업 영역에서 큰 구조물을 정밀하고 빠르게 프린팅할 수 있는 건설용 3D 프린터 및 이를 포함하는 3D 프린팅 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 초기의 3D 프린터는 제조 기업의 시제품 제작 속도를 높이는 데 쓰이는 정도였지만, 최근에는 제조업과 시제품 수준을 넘어 다양한 산업영역에 쓰이고 있다.

[0005] 한편, 종래의 3D 프린터는 고정식으로 프레임이 지면에 고정된 상태로 장비의 한정된 작업 영역 안에서 3차원 상의 위치 이송을 통해 제품을 인쇄하는 방식이기 때문에, 대형 건설용 부재나 구조물을 출력하는 경우에는 이에 상응하는 큰 작업 영역을 갖는 대형 장비를 사용해야 하는 문제점이 있다.

[0006] 또한, 기존의 이동식 프린터로 알려졌던 장비는 바퀴 등을 부착하여 원하는 위치로 단순 이동을 시킬 수 있는 개념의 장비이고, 거치 후에 프린팅을 하는 방식이어서 이동 중에 프린팅하는 것이 불가능하다. 따라서, 실제로 연속적으로 작업 가능한 영역은 장비의 작업 범위 내로 제한되는 문제점이 있다.

[0007] 한편, 건설 분야의 3D 프린팅에서는 상대적으로 출력물이 거대하고, 중량이 무거워 출력물을 이동하기가 쉽지 않거나 불가능하다. 특히, 시멘트 기반의 건설 복합재료의 경우에는 일반적인 3D 프린팅 재료와는 달리 출력 이후 구조물이 충분한 강도를 갖기까지 수 일 이상 거치하면서 양생을 해야 하기 때문에 출력이 완료되자마자 시멘트 기반의 구조물을 바로 다른 곳으로 이동 시킨 후 새로운 출력 작업을 재개하는 것은 바람직하지 못하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1914524호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은, 프린터 본체가 이동하는 중에도 연속적으로 실시간으로 3D 프린팅을 수행하여 프린터 크기에 제약을 받지 않으면서 작업 영역을 확장하여 넓은 작업 영역에서 큰 구조물을 정밀하고 빠르게 프린팅할 수 있는, 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터 및 이를 포함하는 3D 프린팅 시스템을 제공하는 것을 해결과제로 한다.

[0011] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급한 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어질 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터는,
- [0013] 건설용 복합재료를 공급하는 호퍼와 상기 호퍼로부터 공급된 상기 건설용 복합재료를 압출하는 압출기와 상기 압출기로부터 압출된 건설용 복합재료를 분출하는 노즐과 상기 노즐을 이송하는 노즐 이송수단을 포함하는 프린터 본체; 상기 프린터 본체 하부에 형성되어 상기 프린터 본체를 이동시키는 본체 이동부; 및, 광역 좌표계상 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터로부터 상기 본체 이동부와 상기 노즐 이송수단의 궤적을 생성하며, 작업 공간 내에서 상기 프린터 본체의 위치 및 방향을 실시간으로 측정하여 상기 생성된 궤적과 실시간 측정된 상기 프린터 본체의 위치 및 방향과의 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적과 프레임 내에서의 상기 노즐의 이송 궤적을 보정하며, 보정된 상기 프린터 본체 및 상기 노즐의 궤적에 따라 상기 프린터 본체의 이동 및 상기 노즐의 이송을 독립적으로 제어하는 제어부를 포함한다.
- [0014] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터에 있어서, 상기 본체 이동부는, 전방향으로 이동 및 회전할 수 있는 전방향 휠, 회전 가능한 바퀴, 캐터필러, 복수개의 로봇 다리 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터에 있어서, 상기 제어부는, 광역 좌표계 상의 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터로부터 상기 본체 이동부와 상기 노즐 이송수단의 궤적을 생성하는 궤적생성 모듈; 외부의 센싱 디바이스로부터 실시간으로 상기 프린터 본체의 위치 및 방향에 대한 센싱 정보를 수신하여 상기 프린터 본체의 위치 및 방향을 실시간으로 확인하는 위치확인 모듈; 상기 위치확인 모듈에서 실시간 측정된 상기 프린터 본체의 위치 및 방향과 상기 생성된 궤적과의 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적과 프레임 내에서의 상기 노즐의 이송 궤적을 보정하여 생성하는 보상제어 모듈; 상기 궤적생성 모듈 및 보상제어 모듈에 의해 생성된 상기 프린터 본체의 이동 궤적에 따라 상기 본체 이동부의 동작을 제어하는 이동제어 모듈; 및, 상기 궤적생성 모듈 및 보상제어 모듈에 의해 생성된 상기 노즐의 이송 궤적에 따라 상기 노즐을 이송하는 노즐 이송수단의 동작을 제어하는 이송제어 모듈을 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터에 있어서, 상기 궤적생성 모듈은, 광역 좌표계(G) 상의 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터(P)로부터 상기 본체 이동부의 궤적(P_{LOG}) 및 방향(L^R)과 상기 노즐 이송부의 궤적(l^P) 및 방향을 생성할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터에 있어서, 상기 보상제어 모듈은, 외부의 센싱 디바이스로부터 실시간으로 수신되는 센싱 정보를 이용하여 광역 좌표계(G) 상에서의 상기 프린터 본체의 원점 위치(P_{LOG})와 방향(L^R)의 실시간 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적을 보정하여 생성할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터에 있어서, 상기 보상제어 모듈은, 실시간으로 변화되는 상기 프린터 본체의 프레임의 좌표계로부터 상기 노즐의 목표 지점(P)까지의 위치 및 방향을 이용하여 상기 노즐을 이송시키는 노즐 이송수단의 이송 궤적을 보정하여 생성할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템은,
- [0020] 호퍼로부터 공급된 건설용 복합재료를 압출하는 압출기와 상기 압출기로부터 압출된 건설용 복합재료를 분출하는 노즐을 이송하는 노즐 이송수단을 포함하는 프린터 본체; 상기 프린터 본체 하부에 형성되어 상기 프린터 본체를 이동시키는 본체 이동부; 작업 공간 내에서 상기 프린터 본체의 위치 및 방향을 실시간으로 센싱하는 위치감지부; 광역 좌표계상 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터로부터 상기 본체 이동부와 상기 노즐 이송수단의 궤적을 생성하며, 상기 생성된 궤적과 상기 위치 감지부에 의해 실시간 측정된 상기 프린터 본체의 위치 및 방향과의 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적과 프레임 내에서의 상기 노즐의 이송 궤적을 보정하며, 보정된 상기 프린터 본체 및 상기 노즐의 궤적에 따라 상기 프린터 본체의 이동 및 상기 노즐의 이송을 독립적으로 제어하는 제어부를 포함한다.
- [0021] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 있어서, 상기 위치 감지부는, 상기 작업 공간에 하나 이상 배치되는 모션 캡처 카메라와 상기 프린터 본체에 배치되는 복수개의 모션 캡

처용 마커를 포함할 수 있다.

- [0022] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 있어서, 상기 위치 감지부는, 상기 프린터 본체에 배치되는 적어도 하나의 2D 레이저 센서와 상기 작업 공간을 한정하는 복수개의 이격된 구조물을 포함할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 있어서, 상기 위치 감지부는, 상기 프린터 본체의 사방에 배치되는 복수개의 변위 센서와 상기 작업 공간을 한정하는 복수개의 벽면을 포함할 수 있다.
- [0024] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 있어서, 상기 위치 감지부는, 상기 프린터 본체의 두 방향으로 배치되는 복수개의 변위 센서와, 상기 작업 공간의 바닥면에 형성되는 가이드 라인과, 상기 가이드 라인을 촬영하여 상기 프린터 본체의 회전각과 가이드 라인으로부터 본체의 오프셋 위치를 획득하는 이미지 센서를 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 있어서, 상기 위치 감지부는, 상기 작업 공간의 바닥면에 폐곡선으로 형성되는 가이드 라인과, 상기 가이드 라인을 촬영하여 상기 프린터 본체의 회전각과 가이드 라인으로부터 본체의 오프셋 위치를 획득하는 이미지 센서를 포함할 수 있다.
- [0026] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 있어서, 상기 본체 이동부는, 전방향으로 이동 및 회전할 수 있는 전방향 휠, 회전 가능한 바퀴, 캐터필러, 복수개의 로봇 다리 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0027] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 있어서, 상기 제어부는, 광역 좌표계 상의 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터로부터 상기 본체 이동부와 상기 노즐 이송수단의 궤적을 생성하는 궤적생성 모듈; 상기 위치 감지부로부터 실시간으로 상기 프린터 본체의 위치 및 방향에 대한 센싱 정보를 수신하여 상기 프린터 본체의 위치 및 방향을 실시간으로 확인하는 위치확인 모듈; 상기 위치확인 모듈에서 실시간 측정된 상기 프린터 본체의 위치 및 방향과 상기 생성된 궤적과의 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적과 프레임 내에서의 상기 노즐의 이송 궤적을 보정하여 생성하는 보상제어 모듈; 상기 궤적생성 모듈 및 보상제어 모듈에 의해 생성된 상기 프린터 본체의 이동 궤적에 따라 상기 본체 이동부의 동작을 제어하는 이동제어 모듈; 및, 상기 궤적생성 모듈 및 보상제어 모듈에 의해 생성된 상기 노즐의 이송 궤적에 따라 상기 노즐을 이송하는 노즐 이송수단의 동작을 제어하는 이송제어 모듈을 포함할 수 있다.
- [0028] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 있어서, 상기 궤적생성 모듈은, 광역 좌표계(G) 상의 프린팅 노즐의 목표 경로 데이터(G_P)로부터 상기 본체 이동부의 궤적(P_{LORG}) 및 방향(L^R)과 상기 노즐 이송부의 궤적(P) 및 방향을 생성할 수 있다.
- [0029] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 있어서, 상기 보상제어 모듈은, 상기 위치 감지부로부터 실시간으로 수신되는 센싱 정보를 이용하여 광역 좌표계(G) 상에서의 상기 프린터 본체의 원점 위치($G_{P_{LORG}}$)와 방향(L^R)의 실시간 오차를 바탕으로 상기 프린터 본체의 이동 궤적을 보정하여 생성할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 있어서, 상기 보상제어 모듈은, 실시간으로 변화되는 상기 프린터 본체의 프레임의 좌표계로부터 상기 노즐의 목표 지점(P)까지의 위치 및 방향을 이용하여 상기 노즐을 이송시키는 노즐 이송수단의 이송 궤적을 보정하여 생성할 수 있다.
- [0031]
- [0032] 기타 본 발명의 다양한 측면에 따른 구현예들의 구체적인 사항은 이하의 상세한 설명에 포함되어 있다.

발명의 효과

- [0034] 본 발명의 실시 형태에 따르면, 프린터 본체가 이동하는 중에 노즐의 이송에 의해 건설 구조물이 프린팅되므로, 종래의 건설용 3D 프린터와는 달리 장비의 크기에 따른 작업 영역의 제한이 없이 작은 크기의 건설용 3D 프린터로도 큰 면적의 대형 구조물을 프린팅할 수 있는 장점이 있다.

- [0035] 또한, 하나의 건설 구조물 또는 건설 구조물 부재를 프린팅 완료한 이후, 본체 이동부에 의해 프린터가 다른 프린팅 영역으로 자동으로 이동하여 새로운 프린팅 작업을 지체없이 재개할 수 있는 장점이 있다.
- [0036] 또한, 시멘트 기반의 건설 구조물 부재를 다품종 대량 생산하는 공장에 적용될 경우, 종래의 방법에 비하여 단위 시간당 작업 효율성 및 생산성을 극대화시킬 수 있는 장점이 있다.
- [0037] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어 질 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터가 도시된 블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터의 구체적인 일 예가 도시된 사시도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터에서 궤적생성 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템이 도시된 블록도이다.
- 도 5 내지 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템의 다양한 예가 도시된 도면이다.
- 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 의해 대형 건설 구조물이 프린터 본체 크기에 한정되지 않고 연속적으로 프린팅되는 것을 예시하는 도면이다.
- 도 10은 하나의 작업 공간 내에서 복수개의 3D 프린터가 동시에 작동되어 복수개의 건설 구조물이 연속적으로 프린팅되는 것을 예시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예를 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0041] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, '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. 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터 및 이를 포함하는 3D 프린팅 시스템을 설명한다.
- [0043] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터가 도시된 블록도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터의 구체적인 일 예가 도시된 사시도이다.
- [0044] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린터(이하, 3D 프린터라고 함)는, 프린터 본체(100), 본체 이동부(200), 제어부(300)를 포함한다.
- [0045] 프린터 본체(100)는 본체 프레임(110)과, 본체 프레임(110) 내부에 형성되는 호퍼(120)와 압출기(150)와 노즐(130)과 노즐 이송수단(140; 141, 142)을 포함할 수 있다.
- [0046] 본체 프레임(110)은 예를 들어 육면체 형상으로 이루어져서 프린터 본체(100)의 외형을 형성한다.
- [0047] 본체 프레임(110) 내부의 공간에는, 외부로부터 공급되는 건설용 복합재료(예를 들어, 콘크리트, 콘크리트와 폴리머의 복합물 등)가 수용되는 호퍼(120)가 형성된다.
- [0048] 호퍼(120)는 압출기(150)를 통해 노즐(130)과 연결 형성되어 노즐(130)로 건설용 복합재료를 공급하고, 건설용 복합재료는 노즐(130)을 통해 분출되면서 건설 구조물을 형성한다.

- [0049] 노즐 이송수단(140)은 노즐(130)을 적어도 어느 하나 이상의 방향으로 이송할 수 있다. 예를 들어, 노즐 이송수단(140)은 호퍼(120) 및 노즐(130)을 x축 방향으로 이동시키는 제1 이송바(141)와 제1 이송바(141)를 y축 방향 및 z축 방향으로 이송시키는 제2 이송바(142)로 이루어질 수 있다. 제1 이송바(141)의 양단은 제2 이송바(142)에 수직 방향으로 슬라이딩 가능하도록 연결되며, 대향하는 한 쌍의 제2 이송바(142)는 y축 방향으로 이동 가능하도록 형성된다. 이러한 노즐 이송수단(140)은 하나의 예시일 뿐, 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 노즐 이송수단(140)은 x, y, z 뿐 아니라 theta_x, theta_y, theta_z 까지 제어 가능한 6축 로봇 등, 다관절 로봇을 이용할 수도 있다.
- [0050] 노즐 이송수단(140)은 후술하는 제어부(300)에 의해 이송 방향 및 크기가 제어됨에 따라, 노즐(130)의 이송 방향 및 이송 크기가 함께 제어되어, 원하는 형상의 3D 건설 구조물이 프린팅될 수 있도록 한다.
- [0052] 본체 이동부(200)는 프린터 본체(100) 하부에 형성되어 프린터 본체를 원하는 방향으로 이동시킨다. 본체 이동부(200)는 프린터 본체(100)를 이동 또는 회전시킬 수 있는 이동수단을 구비한다. 본체 이동부(200)는, 예를 들어, 전방향으로 이동 및 회전할 수 있는 전방향 휠, 회전 가능한 바퀴, 캐터필러, 복수개의 로봇 다리 등으로 구성될 수 있다.
- [0053] 본체 이동부(200)는 후술하는 제어부(300)에 의해 이동량 및 회전량이 제어되어 프린터 본체(100)를 이동시킨다.
- [0055] 제어부(300)는 프린터 본체(100)의 이동 중에도 연속적으로 실시간으로 노즐(130)을 통한 3D 프린팅을 수행할 수 있도록 한다.
- [0056] 제어부(300)는 목표 경로 데이터로부터 본체 이동부(200)와 노즐 이송수단(140)의 궤적을 생성하고, 작업 공간 내에서 프린터 본체(100)의 위치 및 방향을 실시간으로 확인하고, 확인된 위치 및 방향을 기초로 프린터 본체(100)의 이동 보정량과 노즐(130)의 이송 보정량을 생성하며, 생성된 프린터 본체(100) 및 노즐(130)의 궤적에 따라 프린터 본체(100)의 이동 및 노즐(130)의 이송을 독립적으로 제어한다. 여기서, “이동”은 상대적으로 움직임이 큰 프린터 본체(100)의 움직임에 대한 용어로 사용되며, “이송”은 상대적으로 움직임이 작은 노즐(130)의 움직임에 대한 용어로 사용된다. 또한, “방향”은 프린터 본체(100)의 orientation을 의미하는 용어로 사용된다.
- [0057] 이를 위해, 제어부(300)는, 위치확인 모듈(310)과, 궤적생성 모듈(320)과, 이동제어 모듈(330)과, 이송제어 모듈(340)과, 보상제어 모듈(350)을 포함한다. 상기의 모듈들(310 ~ 350)은 각각 소정의 기능을 수행하는 구성요소로서, 하드웨어, 소프트웨어, 혹은 하드웨어와 소프트웨어의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 상기 모듈들(310 ~ 350)은 프로그램 모듈을 의미할 수 있으며, 이는 프로세서(Processor)에 의해 실행되어 소정의 기능을 수행하는, 소프트웨어 구성요소들일 수 있다.
- [0058] 위치확인 모듈(310)은 작업 공간 내에서 프린터 본체(100)의 위치 및 방향을 확인한다. 선택적으로, 위치확인 모듈(310)은 프린터 본체(100)의 위치 및 방향 뿐만 아니라, 노즐(130)의 위치 및 방향을 확인할 수 있다.
- [0059] 위치확인 모듈(310)은 외부의 센싱 디바이스로부터 프린터 본체(100)의 위치 및 방향에 대한 센싱 정보를 수신하여, 프린터 본체(100)의 위치 및 방향을 실시간으로 확인한다. 외부의 센싱 디바이스는, 예를 들어, 위치 감지부(400)가 될 수 있으며, 이에 대해서는 후술한다.
- [0060] 궤적생성 모듈(320)은 3D 건설 구조물 프린팅을 위해 주어진 목표 경로 데이터를, 본체 이동부(200)의 이동량과 노즐(130)의 이송량(구체적으로는, 노즐 이송수단(140)의 이송량)으로 분배하여 본체 이동부(200)와 노즐(130)의 궤적을 실시간으로 생성한다. 한편, 목표 경로 데이터를 제어부 외부에서 본체 이동부의 이동량과 노즐의 이송량으로 미리 분배한 후에 각각의 경로 데이터로서 부여할 수도 있다.
- [0061] 도 3을 참조하여, 궤적생성 모듈(320)의 궤적생성 과정을 설명한다.
- [0062] 작업 공간의 어느 한 모서리를 원점(도면에서는 좌하단 모서리를 원점으로 함)으로 하여, 작업 공간을 광역 좌표계(G)로 표시하고, 광역 좌표계(G) 상에서 프린터 본체(100)의 원점(프린터 본체의 어느 한 모서리) 위치를 ${}^G P_{\text{LORG}}$ 라 하고, 광역 좌표계(G)에 대한 프린터 본체의 좌표계(L) 방향을 ${}^G \vec{L}_R$ 이라 할 때, G-code 상에서 주어지는 광역 좌표계 상의 노즐(130)의 목표 위치는 하기의 식 (1)과 같이 프린터 본체의 좌표계(L)에서 노즐 이송수단(140)의 상대적 이송량(${}^L P$)으로 표현된다.

$${}^G P = {}^G P_{LORG} + {}^G_L R {}^L P$$

[0064] 식 (1) :

[0066] ${}^G P$ 는 G-code 상에 주어지는 광역 좌표계 상의 노즐(130)의 목표 위치를 의미한다.

[0067] 방향 ${}^G_L R$ 에서 광역 좌표계의 xy 평면상 프린터 본체(100)의 z축에 대한 회전 각도 θ 만을 고려할 때, 식 (1)은 하기 식 (2)와 같이 2차원적으로 표현된다.

$$\begin{Bmatrix} {}^G X \\ {}^G Y \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} {}^G X_{LORG} \\ {}^G Y_{LORG} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} {}^L X \\ {}^L Y \end{Bmatrix}$$

[0069] 식 (2) :

[0071] 식(2)의 경우, 궤적생성 모듈(320)은 G-code 등으로 제공된 목표 프린팅 경로 데이터로부터 본체 이동부(200)를 통해 이동한 큰 이동량 (${}^G X$, ${}^G Y$) 및 방향 θ 와 노즐 이송부를 통해 이송시킬 작은 이송량 (${}^L X$, ${}^L Y$) 로 분배한다.

[0072] 보상제어 모듈(350)은 실시간으로 수신되는 센싱 정보를 이용하여 광역 좌표계(G) 상에서의 프린터 본체(100)의 원점 위치(${}^G P_{LORG}$)와 방향(${}^G_L R$)의 실시간 오차를 바탕으로 프린터 본체(100)의 보상 궤적을 생성한다. 또한, 보상 제어 모듈(350)은 실시간으로 변화되는 프린터 본체의 원점 위치(${}^G P_{LORG}$)와 방향(${}^G_L R$)을 이용하여 프린터 본체의 좌표계(L)에서 노즐 이송수단(140)의 상대적 이송량(${}^L P$)을 생성한다.

[0073] 궤적생성 모듈(320)과 보상제어 모듈(350)에 의해 생성된 프린터 본체(100)의 이동 궤적은 이동제어 모듈(330)로 전달되고, 이동제어 모듈(330)은 이동 궤적에 따라 본체 이동부(200)의 동작을 제어하여 프린터 본체(100)를 이동시킨다.

[0074] 궤적생성 모듈(320)과 보상제어 모듈(350)에 의해 생성된 노즐 이송수단(140)의 이송 궤적은 이송제어 모듈(340)로 전달되고, 이송제어 모듈(340)은 이송 궤적에 따라 노즐 이송수단(140)의 동작을 제어하여 노즐(130)을 이송시킨다.

[0075] 한편, 궤적생성 모듈(320)에서 본체 이동부(200) 이동량과 노즐 이송수단(140) 이송량의 효율적인 배분을 하는 방법의 일례로서 광역 좌표계 상의 목표 위치를 상보적으로 필터링하는 방법(Complementary Filtering)을 통해 고주파 성분과 저주파 성분으로 구분하여, 이 중 상대적으로 저주파 성분의 느린 변위는 본체 이동부(200)의 이동 궤적으로 생성하고, 상대적으로 고주파 성분의 빠른 변위는 노즐 이송수단(140)의 이송 궤적으로 생성할 수 있다.

[0077] 궤적생성 모듈(320)에 의해 생성된 궤적에 따라 프린터 본체(100)가 이동함과 동시에 노즐(130)이 이송되면서 3D 프린팅을 수행하는 데, 프린팅 과정에서, 프린터 본체(100) 및 노즐(130)이 외란에 의해 오차가 발생할 수 있다.

[0078] 보상제어 모듈(350)은 실시간으로 수신되는 센싱 정보에 의해 측정된 실제 궤적과 궤적생성 모듈(320)에 의해 생성된 궤적을 비교하여 외란에 의해 발생한 오차를 산출할 수 있다.

[0079] 보상제어 모듈(350)은 산출된 오차 정보를 피드백하여 프린터 본체(100)의 이동 궤적 및 노즐 이송수단(140)의 이송 궤적을 보정할 수 있다.

[0081] 다음으로, 도 4 내지 도 8을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템에 대해 설명한다.

[0082] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템이 도시된 블록도이고, 도 5 내지 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템의 다양한 예가 도시된 사시도이다.

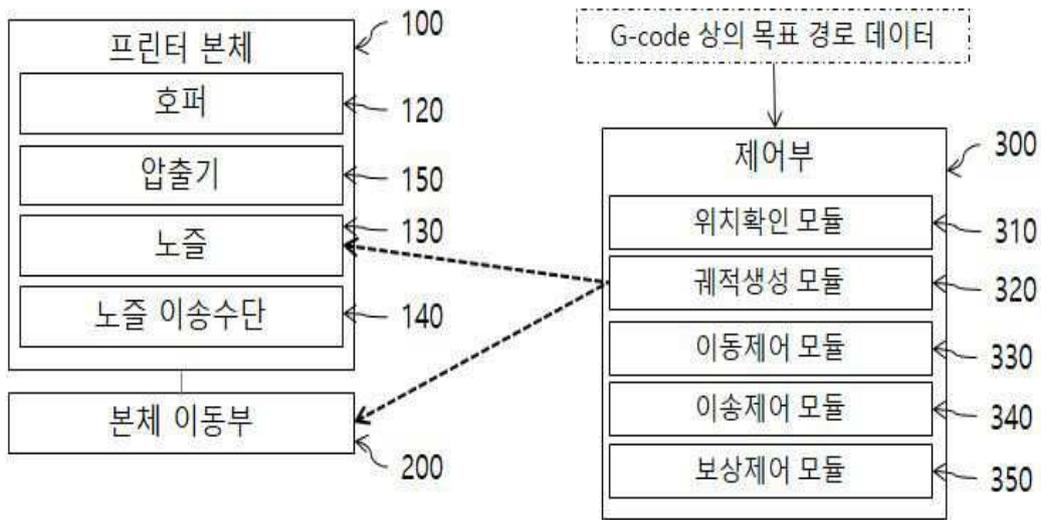
[0083] 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 이동 중 연속 프린팅이 가능한 건설용 3D 프린팅 시스템(이하, 3D 프린팅 시스템이라고 함)은, 전술한 3D 프린터의 구성에서 위치 감지부(400)를 더 포함하며, 프린터 본체(100), 본체 이동부(200), 제어부(300)는 전술한 3D 프린터의 구성과 실질적으로 동일하므로, 반복 설명은 생

략한다.

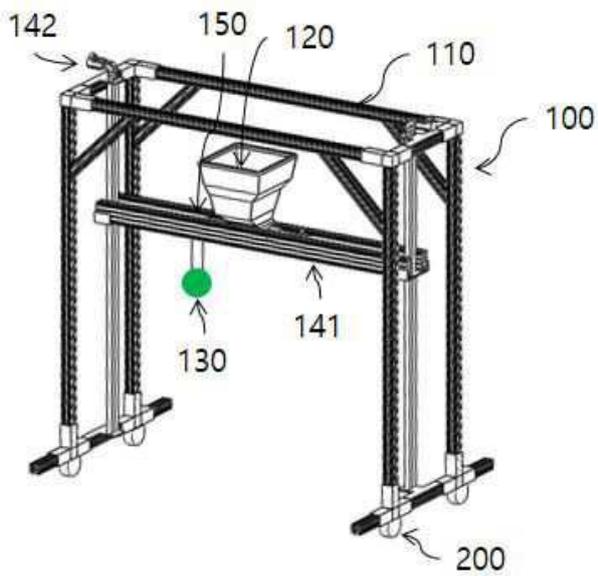
- [0084] 도 4에서 위치 감지부(400)가 프린터 본체(100)와 이격 형성되는 것으로 예시되어 있으나, 이는 설명을 위한 것일 뿐, 위치 감지부(400)가 반드시 프린터 본체(100)와 분리되어 형성되는 것은 아니다.
- [0085] 예를 들어, 도 5의 경우, 프린터 본체(100)의 위치를 감지하는 모션 캡처 카메라(410)가 프린터 본체(100)와 분리되어 이격 형성되나, 도 6 내지 도 8의 경우, 프린터 본체(100)의 위치를 감지하는 레이저 센서(420), 변위 센서(430), 변위 센서(440) 등은 프린터 본체(100)에 형성될 수 있다.
- [0086] 위치 감지부(400)는 프린터 본체(100)의 위치 및 방향을 실시간으로 감지하여 센싱 정보를 생성하고, 센싱 정보를 제어부(300)로 전송한다. 제어부(300)는 위치 감지부(400)로부터 센싱 정보를 수신하여, 프린터 본체(100)의 위치 및 방향을 실시간으로 확인하고, 확인된 위치 및 방향을 기초로 프린터 본체(100)의 이동 궤적과 노즐(130)의 이송 궤적을 생성하며, 생성된 프린터 본체(100) 및 노즐(130)의 궤적에 따라 프린터 본체(100)의 이동 및 노즐(130)의 이송을 독립적으로 제어한다.
- [0087] 이러한, 위치 감지부(400)는 다양한 형태로 구현될 수 있다. 이에 대해, 도 5 내지 도 8을 참조하여 설명한다.
- [0089] 도 5는 모션 캡처 기술을 이용하여 프린터 본체(100)의 위치 및 방향을 실시간으로 감지하는 기법을 설명하는 도면이다.
- [0090] 도 5를 참조하면, 위치 감지부(400)는 작업공간에 하나 이상 배치되는 모션 캡처 카메라(410)와 프린터 본체(100)에 배치된 복수개의 모션 캡처용 마커(411)를 포함할 수 있다.
- [0091] 모션 캡처 카메라(410)는 프린터 본체(100)의 각 축에 대한 위치 및 방향을 감지하여 센싱 정보를 생성하고, 생성된 센싱 정보를 제어부(300)로 전송한다.
- [0093] 도 6은 레이저 센서를 이용하여 프린터 본체(100)의 위치 및 방향을 실시간으로 감지하는 기법을 설명하는 도면이다.
- [0094] 도 6을 참조하면, 위치 감지부(400)는 프린터 본체(100)에 배치되는 적어도 하나의 레이저 센서(420)와 작업 공간을 한정하는 복수개의 이격된 구조물(421)을 포함할 수 있다.
- [0095] 레이저 센서(420)는 기설정된 주기 동안 360° 로 회전하면서 전방위의 대상체를 검출한다. 레이저 센서(420)는 레이저를 발사하여 산란되거나 반사되는 레이저가 돌아오는 시간과 강도, 주파수의 변화, 편광 상태의 변화 등으로부터 대상물과의 거리를 측정하는 라이다(LiDAR, Light Detection And Ranging)일 수 있다. 만약, 레이저 센서(420)의 조사 범위가 N° 인 경우, (360/N)개의 레이저 센서(420)를 균등하게 배치시키는 것이 바람직하다.
- [0096] 복수개의 이격된 구조물(421)는 기둥 형상으로 형성되어 작업 공간을 한정하며, 각각의 구조물(421)에는 고유의 좌표 정보가 할당된다. 레이저 센서(420)에 의해 각각의 구조물(421)과의 거리 정보가 획득되면, 프린터 본체(100)의 현재 위치와 방향을 산출할 수 있다.
- [0097] 레이저 센서(420)는 각각의 구조물(421)과의 거리를 감지한 센싱 정보를 생성하고, 감지된 센싱 정보를 제어부(300)로 전송한다.
- [0099] 도 7은 복수개의 변위 센서를 이용하여 프린터 본체(100)의 위치 및 방향을 실시간으로 감지하는 기법을 설명하는 도면이다.
- [0100] 도 7을 참조하면, 위치 감지부(400)는 프린터 본체(100)의 사방에 배치되는 복수개의 변위 센서(430)와 작업 공간을 한정하는 복수개의 벽면(431)을 포함할 수 있다. 복수개의 변위 센서(430) 각각은 전방 벽면(431)과의 거리를 측정할 수 있다.
- [0101] 전술한 도 6의 실시예에서 하나의 라이다 센서로 전방위를 센싱할 수 있는 반면, 라이다 센서의 가격이 비싸다는 단점이 있다. 이에 본 도 7의 실시예에서는 상대적으로 저렴한 변위 센서를 사용하되, 복수개의 변위 센서(430)를 프린터 본체(100)의 사방에 배치하여, 각각의 변위 센서(430)에 의해 센싱된 벽면(431)과의 거리 정보를 이용하여 프린터 본체(100)의 현재 위치와 방향을 산출한다.
- [0103] 도 8은 변위 센서와 이미지 센서 및 가이드 라인을 이용하여 프린터 본체(100)의 위치 및 방향을 실시간으로 감지하는 기법을 설명하는 도면이다.
- [0104] 도 8을 참조하면, 위치 감지부(400)는 프린터 본체(100)의 두 방향으로 배치되는 복수개의 변위 센서(440)와 작업 공간의 바닥면에 축방향으로 형성되는 가이드 라인(441)과 가이드 라인을 촬영하여 프린터 본체(100)의 회전

도면

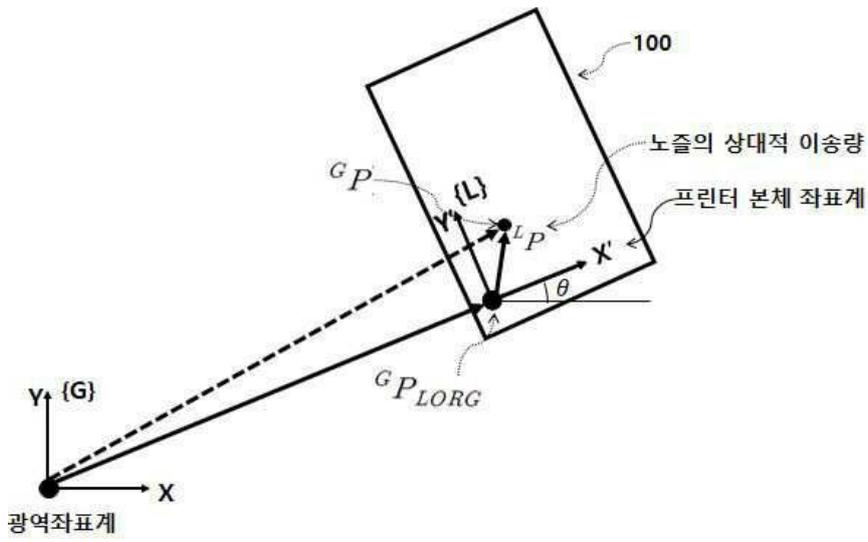
도면1



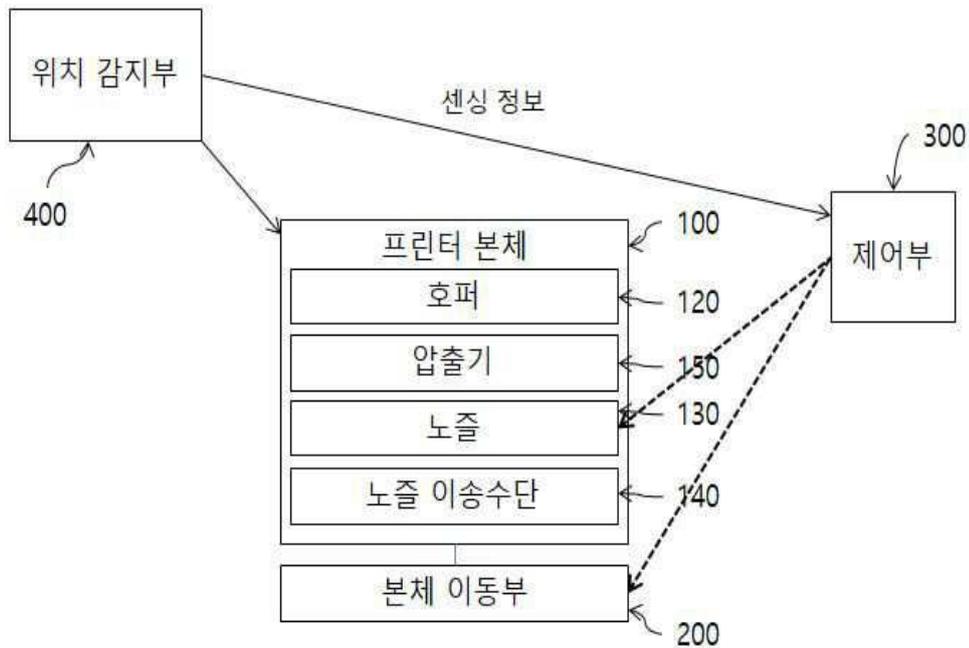
도면2



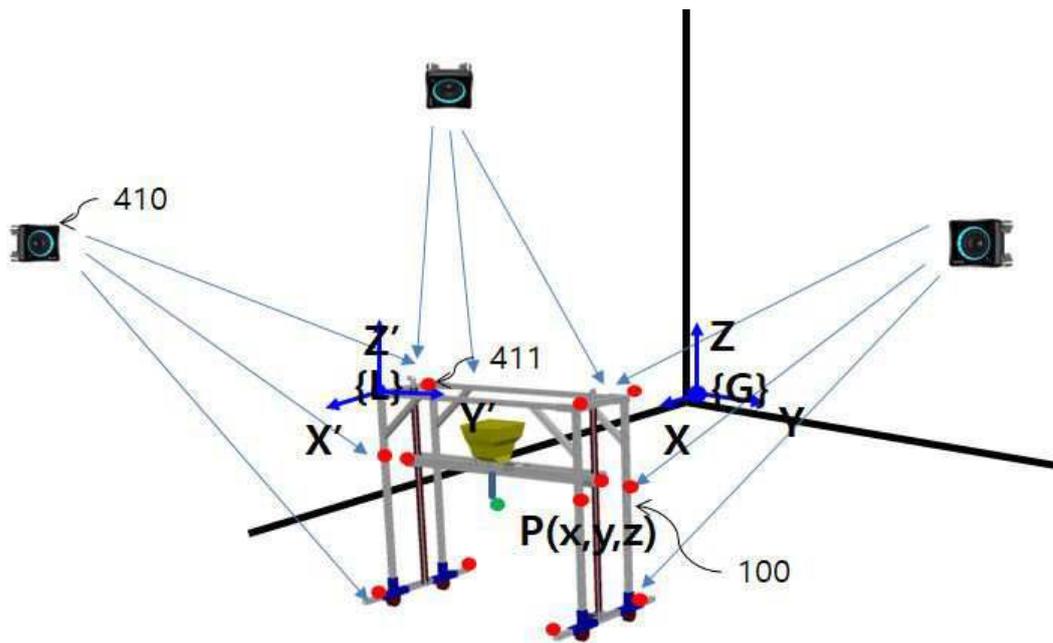
도면3



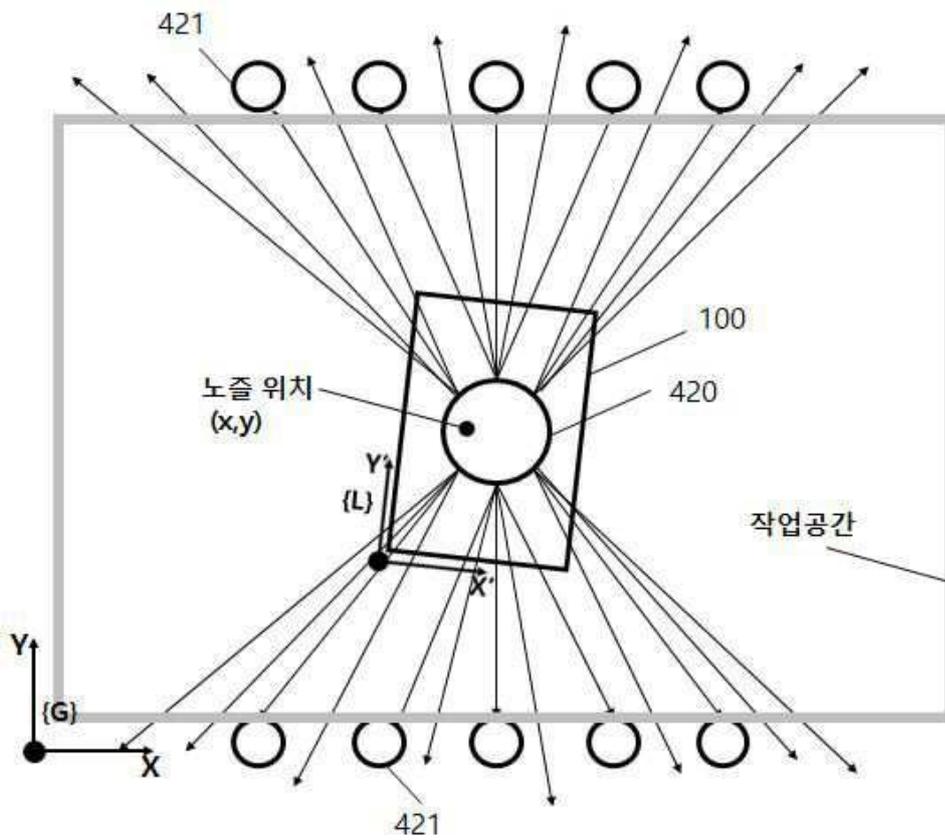
도면4



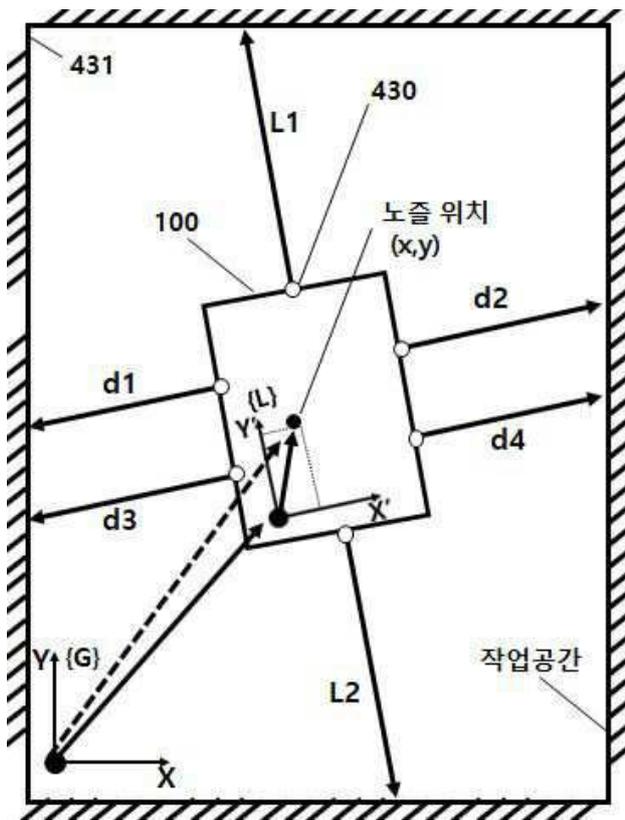
도면5



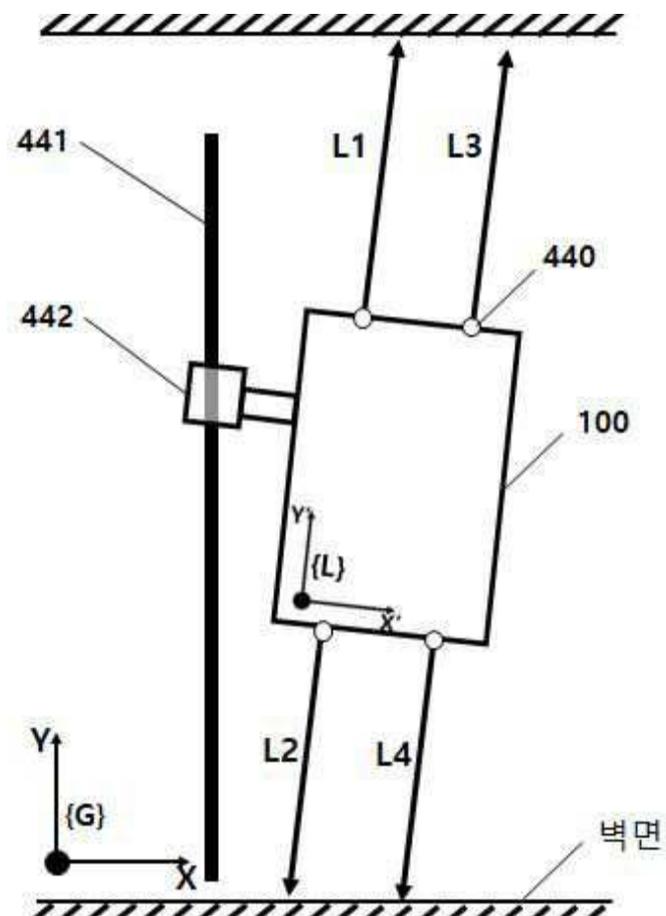
도면6



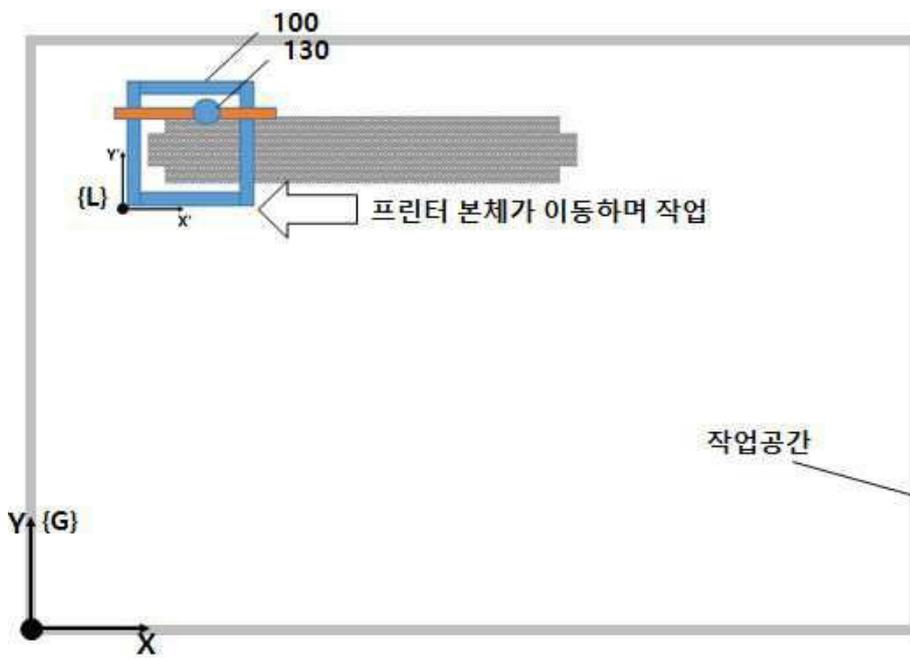
도면7



도면8



도면9



도면10

