



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0065453
(43) 공개일자 2024년05월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B28B 1/00 (2006.01) B25J 11/00 (2006.01)
B25J 9/00 (2006.01) B33Y 30/00 (2015.01)
B33Y 40/00 (2020.01) B33Y 50/02 (2015.01)

(52) CPC특허분류

B28B 1/001 (2013.01)
B25J 11/00 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0141554

(22) 출원일자 2022년10월28일

심사청구일자 2022년10월28일

(71) 출원인

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

곽관웅

서울특별시 서초구 잠원동 신반포 2차 101-502

웅엔 반 씨

서울시 광진구 능동로 209 세종대학교 총무관
1004c호

이창환

서울특별시 광진구 중곡동 686-2 현은하우스 301
호

(74) 대리인

홍동우

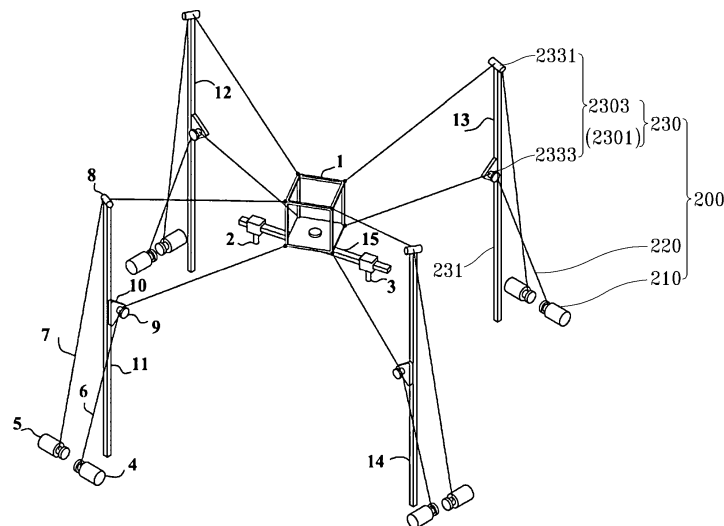
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 다중 노즐 기반 건설용 3차원 프린터 및 이의 제어 방법

(57) 요약

본 발명은, 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급 토출하는 프린터 피딩 노즐부(320)를 포함하는 프린터 피딩 유닛(300)와, 상기 프린터 피딩 노즐부(320)의 적어도 일부를 수용 지지하는 프린터 플랫폼(100)과, 상기 프린터 플랫폼(100)의 위치를 이동시키는 프린터 이송 유닛(400)과, 상기 프린터 플랫폼(100)과 상기 프린터 피딩 유닛(300) 중의 적어도 일부의 위치를 포함하는 상태를 감지하는 프린터 감지부(500)를 포함하고, 상기 프린터 피딩 노즐부(320)는 복수 개가 구비되는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터(10) 및 이의 제어 방법을 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B25J 9/0078 (2013.01)

B33Y 30/00 (2013.01)

B33Y 50/02 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711154439
과제번호	2020R1A4A2002855
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	병렬 케이블 로봇기반 건축물용 3D프린팅 기술
기 여 율	1/2
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711153282
과제번호	2022R1A2C1003748
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	수직 대면적 작업물에 대한 힘 작용 구현을 위한 케이블 구동 병렬 로봇의 메카니즘
및 강인 제어시스템 개발	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	세종대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급 토출하는 프린터 피딩 노즐부(320)를 포함하는 프린터 피딩 유니트(300)와,

상기 프린터 피딩 노즐부(320)의 적어도 일부를 수용 지지하는 프린터 플랫폼(100)과,

상기 프린터 플랫폼(100)의 위치를 이동시키는 프린터 이송 유니트(400)와,

상기 프린터 플랫폼(100)와 상기 프린터 피딩 유니트(300) 중의 적어도 일부의 위치를 포함하는 상태를 감지하는 프린터 감지부(500)를 포함하고,

상기 프린터 피딩 노즐부(320)는 복수 개가 구비되는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터(10).

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 프린터 플랫폼 구동부(200)는:

상기 프린터 플랫폼(100)을 가동시킬 가동력을 생성 제공하는 플랫폼 구동 액츄에이터(210)와,

일단이 상기 플랫폼 구동 액츄에이터(210) 측과 연결되고 타단이 상기 프린터 플랫폼(100) 측과 연결되는 플랫폼 구동 와이어(220)와,

상기 플랫폼 구동 와이어(220)를 지지하여 상기 플랫폼 구동 와이어(220)를 통한 상기 프린터 플랫폼(100)의 이동을 지지하는 플랫폼 구동 와이어 지지부(230)를 포함하고,

상기 플랫폼 구동 액츄에이터(210)와 상기 플랫폼 구동 와이어(220)는 복수 개가 구비되는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터(10).

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 플랫폼 구동 와이어 지지부(230)는:

적어도 일단이 고정체에 고정되는 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)와,

상기 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)에 배치되고 외주에 상기 플랫폼 구동 와이어(220)를 접촉 안내하는 플랫폼 구동 와이어 지지 가이드(233)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터(10).

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 플랫폼 구동 와이어 지지 가이드(233)는:

상기 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)의 단부에 배치되는 플랫폼 구동 와이어 지지 엔드 가이드(2331)와,

상기 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)의 외주 선상에 배치되는 플랫폼 구동 와이어 지지 미들 가이드(2333)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터(10).

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 프린터 피딩 유니트(300)는,

상기 프린터 피딩 노즐부(320)에 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급하는 프린터 피딩 공급부(310)를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터(10).

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 프린터 피딩 공급부(310)는:

건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 상기 프린터 피딩 노즐부(320) 측으로 제공하는 압력을 형성하는 피딩 공급 펌프(311)와,

일단은 상기 피딩 공급 펌프(311) 측에 연결되고 타단은 상기 프린터 피딩 노즐부(320) 측에 연결되는 피딩 공급 라인(313)과,

상기 피딩 공급 라인(313)의 선상에 배치되어 상기 피딩 공급 라인(313)을 통한 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트의 유동을 단속하는 피딩 공급 밸브(315)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터(10).

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 프린터 피딩 노즐부(320)는:

일단이 상기 피딩 공급 라인(313)에 연결되는 프린터 피딩 노즐 라인(321)과,

상기 프린터 피딩 노즐 라인(321)의 타단에 연결되고, 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트가 토출되는 프린터 피딩 노즐(323)을 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터(10).

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 프린터 이송 유니트(400)는:

상기 프린터 피딩 노즐(323)이 배치되고 상기 프린터 피딩 노즐(323)을 이송 지지하는 프린터 피딩 이송 프레임(410)과,

상기 프린터 피딩 이송 프레임(410)에 이송 구동력을 생성 제공하는 피딩 이송 구동부(420)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터(10).

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 프린터 피딩 이송 프레임(410)는:

상기 프린터 플랫폼(100)에 위치 고정 배치되는 이송 프레임 베이스(411)와,

일측은 상기 이송 프레임 베이스(411)에 위치 고정되고, 길이를 따라 상기 프린터 피딩 노즐(323)을 안내하고

상기 프린터 피딩 노즐(323)이 가동 가능하게 상기 프린터 피딩 노즐(323)이 관통하여 연결되는 이송 프레임 로드(413)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 피딩 이송 구동부(420)는:

상기 프린터 피딩 노즐(323)을 이송시키기 위한 이송 구동력을 생성하는 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)와,

상기 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)와 연결되어 상기 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)에서 생성된 구동력을 입력받는 피딩 이송 구동 전달부(423)와,

상기 프린터 피딩 노즐(323)이 배치되고 일측이 상기 이송 프레임 로드(413)에 상대 가동 가능하게 안내받는 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)과,

길이 상에 상기 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)이 관통 배치되고, 상기 피딩 이송 구동 전달부(423)에 연결되어 상기 피딩 이송 구동 전달부(423)를 통하여 구동력을 전달받아 회전함에 따라 길이 방향으로 상기 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)을 이송시키는 피딩 이송 구동 리니어 샤프트(425)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 피딩 이송 구동 전달부(423)는:

상기 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)에 직접 연결되는 피딩 이송 구동 전달 메인 기어(4331)와,

상기 피딩 이송 구동 리니어 샤프트(425)에 연결되고 상기 피딩 이송 구동 전달 메인 기어(4331)와 치합되는 피딩 이송 구동 전달 서브 기어(4233)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터.

청구항 12

제 1항에 있어서,

상기 프린터 감지부(500)는:

상기 프린터 피딩 노즐(323)의 영상 상태 정보를 감지하는 영상 감지부(510)와,

상기 프린터 피딩 노즐(323)의 위치 상태 정보를 감지하는 위치 감지부(520)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터.

청구항 13

제 1항에 있어서,

상기 프린터 피딩 유니트(300)의 프린터 피딩 노즐(320)에서의 토출로 형성하는 건설 프로파일 데이터를 입력하는 입력부(50)와,

상기 프린터 피딩 노즐(320)에서 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하기 위하여 상기 프린터 플랫폼(100)이 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 위치하게 되는 경로 분할 개수(n)를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하는 저장부(30)와,

상기 건설 프로파일 데이터와, 상기 사전 설정 데이터를 이용하여, 상기 프린터 플랫폼(100)이 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 이동하는 경로 프로파일(PP; Path Profile)을 산출하고 상기 프린터 플랫폼 구동부

(200)가 위치하는 상기 경로 프로파일 상의 플랫폼 포지션을 산출하고, 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)의 위치 제어 신호 및 상기 프린터 피딩 유니트(300)를 토출 제어 신호를 출력하는 제어부(20)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터.

청구항 14

건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급 토출하는 프린터 피딩 노즐부(320)를 포함하는 프린터 피딩 유니트(300)와, 상기 프린터 피딩 노즐부(320)의 적어도 일부를 수용 지지하는 프린터 플랫폼(100)과, 상기 프린터 플랫폼(100)의 위치를 이동시키는 프린터 이송 유니트(400)와, 상기 프린터 플랫폼(100)과 상기 프린터 피딩 유니트(300) 중의 적어도 일부의 위치를 포함하는 상태를 감지하는 프린터 감지부(500)를 포함하고, 상기 프린터 피딩 노즐부(320)는 복수 개가 구비되고, 상기 프린터 피딩 유니트(300)의 프린터 피딩 노즐(320)에서의 토출로 형성하는 건설 프로파일 데이터를 입력하는 입력부(50)와, 상기 프린터 피딩 노즐(320)에서 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하기 위하여 상기 프린터 플랫폼(100)이 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 위치하게 되는 경로 분할 개수(n)를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하는 저장부(30)와, 상기 건설 프로파일 데이터와, 상기 사전 설정 데이터를 이용하여, 상기 프린터 플랫폼(100)이 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 이동하는 경로 프로파일(PP; Path Profile)을 산출하고 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)가 위치하는 상기 경로 프로파일 상의 플랫폼 포지션을 산출하는 연산부(40)와, 상기 연산부(40)에 연산 제어 신호를 인가하고, 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)의 위치 제어 신호 및 상기 프린터 피딩 유니트(300)를 토출 제어 신호를 출력하는 제어부(20)를 포함하는 건설용 3차원 프린터를 제공하는 제공 단계(S1)와,

상기 입력부(50)를 통하여 상기 건설 프로파일 데이터를 입력받고 상기 프린터 플랫폼(100)의 지나가는 시작 지점과 종료 지점을 설정하는 입력 초기화 단계(S10)와,

상기 건설 프로파일 데이터에 대응하도록 상기 프린터 피딩 노즐(320)로부터 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하도록 상기 경로 분할 개수(n)에 대응하는 상기 프린터 플랫폼(100)의 평가 위치 정보 및 평가 위치 경로를 산출하는 위치 평가 산출 단계(S20)와,

상기 위치 평가 산출 단계(S20)에서 산출된 평가 위치 정보 및 평가 위치 경로와, 상기 사전 설정 데이터에 기초하여 경로 최적화 산출 단계(S30)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터 제어 방법.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 위치 평가 산출 단계(S20)는:

상기 건설 프로파일 데이터에 대응하도록 상기 프린터 피딩 노즐(320)로부터 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하도록, 상기 제어부(20)가 상기 경로 분할 개수(n)에 대응하여,

$$f_{path} = \sum_{i=1}^{n-2} (||\overrightarrow{P_i L_i}|| + ||\overrightarrow{P_i R_i}||) + \sum_{i=1}^n ||\overrightarrow{P_{i+1} P_i}||$$

여기서, n은 경로 분할 개수, P_i 는 상기 프린터 플랫폼이 이동하는 i번째 평가 위치, R_i 는 상기 프린터 플랫폼이 이동하는 평가 위치의 우측 상 상기 건설 프로파일 데이터에 대응하여 상기 프린터 피딩 노즐(320)이 이동하는 i번째 왼쪽 경계 위치, L_i 는 상기 프린터 플랫폼이 이동하는 평가 위치의 좌측 상 상기 건설 프로파일 데이터에 대응하여 상기 프린터 피딩 노즐(320)이 이동하는 i번째 오른쪽 경계 위치를 나타내는 경우,

상기 평가 위치 경로 비용 함수(f_{path})로부터 평가 위치 경로 비용을 산출하는 평가 위치 경로 비용 함수 비용 산출 단계(S21)와,

상기 비용 함수 비용 산출 단계(S21)에서 산출된 평가 위치 경로 비용 함수 비용을 이용하여 진화 알고리즘을 실행하는 진화 알고리즘 실행 단계(S23)와,

상기 진화 알고리즘 실행 단계(S23)에서 새로이 생성된 경계 위치와 이전 경계 위치를 비교하여 평가 위치 경로 비용이 더 작은 경계 위치가 선택되는 진화 알고리즘 선택 단계(S25)와,

현재 상기 진화 알고리즘 실행 단계(S23)가 실행된 회수(N2a)와 상기 사전 설정 데이터에 포함되는 사전 설정 진화 알고리즘 반복 횟수(Neas)를 비교하여 진화 알고리즘 실행의 종료 여부를 판단하는 진화 알고리즘 종료 판단 단계(S27)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터 제어 방법.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 최적화 산출 단계(S30)는 경로 산출을 위하여 입력된 데이터를 확인하는 입력 데이터 확인 단계(S31)와,

상기 입력 데이터를 이용하여 최적화 경로를 설정하는 NURBS 경로 생성 단계(S33)를 포함하고,

상기 NURBS 경로 생성 단계(S33)에서 곡선화된 최적화 가동 경로는:

$$C(u) = \sum_{i=0}^n R_{i,p}(u) P_i$$

$$R_{i,p}(u) = \frac{N_{i,p}(u) \omega_i}{\sum_{j=0}^n N_{j,p}(u) \omega_j} \quad \text{이고,}$$

여기서, $\{P_i\}$ 는 이산화된 제어 지점들($n \geq 2$), $\{R_{i,p}(u)\}$ 는 넘스 곡선방정식의 B스플라인 베이스 함수를 나타내고, $N_{i,p}(u)$ 는 파라미터 u 및 디그리(degree) p 의 B 스플라인 베이스 함수를, ω_i 는 지점의 가중치를 나타내는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 로봇 장치 및 이의 제어 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 케이블에 의하여 제어되는 건설용 3차원 프린터 및 이의 제어 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 로봇은 단순한 공장 과학 소설 속의 이야기를 넘어, 일상 생활 및 다양한 산업 분야에서 연구 개발 및 생산 적용되고 있다. 특히 산업 분야에서 사용되는 로봇의 경우 리지드한 강체 기반 링크 로봇의 경우 자중의 증대로 인하여 더 큰 구동력을 제공하기 위한 더 큰 모터가 사용되고, 이러한 더 큰 모터의 요구 조건은 더 큰 자중의 증가를 요구하는 사양 대비 비용 증가의 악순환으로 인하여, 비용 효율성의 제약이 뒤따른다.

[0004] 이러한 문제점을 해소하기 위하여 케이블 기반 구동 로봇의 활용성이 점점 증대되고 있지만, 케이블 기반 로봇의 경우 정확한 동작 구현을 위하여 케이블의 개수의 증가를 유발하고 이는 구성요소 간의 간섭을 초래하여, 궁극적으로 사용 상의 제약을 가져오게 되었다.

[0005] 케이블 드리븐 패러렐 로봇은 패러렐 로봇의 유형이다. 이러한 타입의 로봇이 경우, 강성 링크가 가요성 케이블로 대체된다. 엔드이펙터는 다수의 활성 케이블에 의하여 베이스에 연결된다. 엔드 이펙터는 강성 링크 대신 케이블을 사용하여 엔드 이펙터의 관성이 줄어든다. 즉, 관성 감소는 케이블 드리븐 패러렐 로봇의 동적 성능을 향상시킨다.

[0006] 현재 3차원 프린팅 기술이 의료 산업으로부터 기계 제조 분야까지 다양한 분야에 적용되고 있다. 특히 빌딩 건설은 노동력과 재료 절감에 효율성이 높다는 점에서 예외가 아니다.

[0007] 케이블 드리븐 패러렐 로봇이 건설 분야에 사용되는 경우 비용적 그리고 공간적 효율성이 상당히 높다 하지만, 종래의 건설 분야의 프린터 장치의 경우 단순 노즐의 토출을 통한 작업을 이루어 작업 공기가 상당히 증대되는 등 비용적 그리고 작업 효율성의 면에서 광범위한 적용에 현실적 제약이 따랐다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상술한 바와 같은 점을 감안하여 안출된 것으로, 공간 효율성을 높이되 작업 공기를 최소화시켜 작업 효율성을 극대화시킬 수 있는 건설용 3차원 프린터 및 이의 제어 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명은, 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급 토출하는 프린터 피딩 노즐부(320)를 포함하는 프린터 피딩 유니트(300)와, 상기 프린터 피딩 노즐부(320)의 적어도 일부를 수용 지지하는 프린터 플랫폼(100)과, 상기 프린터 플랫폼(100)의 위치를 이동시키는 프린터 이송 유니트(400)와, 상기 프린터 플랫폼(100)과 상기 프린터 피딩 유니트(300) 중의 적어도 일부의 위치를 포함하는 상태를 감지하는 프린터 감지부(500)를 포함하고, 상기 프린터 피딩 노즐부(320)는 복수 개가 구비되는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터(10)를 제공한다.
- [0012] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)는: 상기 프린터 플랫폼(100)을 가동시킬 구동력을 생성 제공하는 플랫폼 구동 액츄에이터(210)와, 일단이 상기 플랫폼 구동 액츄에이터(210) 측과 연결되고 타단이 상기 프린터 플랫폼(100) 측과 연결되는 플랫폼 구동 와이어(220)와, 상기 플랫폼 구동 와이어(220)를 지지하여 상기 플랫폼 구동 와이어(220)를 통한 상기 프린터 플랫폼(100)의 이동을 지지하는 플랫폼 구동 와이어 지지부(230)를 포함하고, 상기 플랫폼 구동 액츄에이터(210)와 상기 플랫폼 구동 와이어(220)는 복수 개가 구비될 수도 있다.
- [0013] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 플랫폼 구동 와이어 지지부(230)는: 적어도 일단이 고정체에 고정되는 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)와, 상기 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)에 배치되고 외주에 상기 플랫폼 구동 와이어(220)를 접촉 안내하는 플랫폼 구동 와이어 지지 가이드(233)를 포함할 수도 있다.
- [0014] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 플랫폼 구동 와이어 지지 가이드(233)는: 상기 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)의 단부에 배치되는 플랫폼 구동 와이어 지지 엔드 가이드(2331)와, 상기 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)의 외주 선상에 배치되는 플랫폼 구동 와이어 지지 미들 가이드(2333)를 포함할 수도 있다.
- [0015] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 프린터 피딩 유니트(300)는, 상기 프린터 피딩 노즐부(320)에 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급하는 프린터 피딩 공급부(310)를 더 구비할 수도 있다.
- [0016] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 프린터 피딩 공급부(310)는: 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 상기 프린터 피딩 노즐부(320) 측으로 제공하는 압력을 형성하는 피딩 공급 펌프(311)와, 일단은 상기 피딩 공급 펌프(311) 측에 연결되고 타단은 상기 프린터 피딩 노즐부(320) 측에 연결되는 피딩 공급 라인(313)과, 상기 피딩 공급 라인(313)의 선상에 배치되어 상기 피딩 공급 라인(313)을 통한 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트의 유동을 단속하는 피딩 공급 밸브(315)를 포함할 수도 있다.
- [0017] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 프린터 피딩 노즐부(320)는: 일단이 상기 피딩 공급 라인(313)에 연결되는 프린터 피딩 노즐 라인(321)과, 상기 프린터 피딩 노즐 라인(321)의 타단에 연결되고, 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트가 토출되는 프린터 피딩 노즐(323)을 포함할 수도 있다.
- [0018] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 프린터 이송 유니트(400)는: 상기 프린터 피딩 노즐(323)이 배치되고 상기 프린터 피딩 노즐(323)을 이송 지지하는 프린터 피딩 이송 프레임(410)과, 상기 프린터 피딩 이송 프레임(410)에 이송 구동력을 생성 제공하는 피딩 이송 구동부(420)를 포함할 수도 있다.
- [0019] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 프린터 피딩 이송 프레임(410)는: 상기 프린터 플랫폼(100)에 위치 고정 배치되는 이송 프레임 베이스(411)와, 일측은 상기 이송 프레임 베이스(411)에 위치 고정되고, 길이를 따라 상기 프린터 피딩 노즐(323)을 안내하고 상기 프린터 피딩 노즐(323)이 가동 가능하게 상기 프린터 피딩 노즐(323)이 관통하여 연결되는 이송 프레임 로드(413)를 포함할 수도 있다.
- [0020] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 피딩 이송 구동부(420)는: 상기 프린터 피딩 노즐(323)을 이송시키기 위한 이송 구동력을 생성하는 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)와, 상기 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)와 연결

되어 상기 피딩 이송 구동 액추에이터(421)에서 생성된 구동력을 입력받는 피딩 이송 구동 전달부(423)와, 상기 프린터 피딩 노즐(323)이 배치되고 일측이 상기 이송 프레임 로드(413)에 상대 가동 가능하게 안내받는 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)과, 길이 상에 상기 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)이 관통 배치되고, 상기 피딩 이송 구동 전달부(423)에 연결되어 상기 피딩 이송 구동 전달부(423)를 통하여 구동력을 전달받아 회전함에 따라 길이 방향으로 상기 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)을 이송시키는 피딩 이송 구동 리니어 샤프트(425)를 포함할 수도 있다.

[0021] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 피딩 이송 구동 전달부(423)는: 상기 피딩 이송 구동 액추에이터(421)에 직접 연결되는 피딩 이송 구동 전달 메인 기어(4331)와, 상기 피딩 이송 구동 리니어 샤프트(425)에 연결되고 상기 피딩 이송 구동 전달 메인 기어(4331)와 치합되는 피딩 이송 구동 전달 서브 기어(4233)를 포함할 수도 있다.

[0022] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 프린터 감지부(500)는: 상기 프린터 피딩 노즐(323)의 영상 상태 정보를 감지하는 영상 감지부(510)와, 상기 프린터 피딩 노즐(323)의 위치 상태 정보를 감지하는 위치 감지부(520)를 포함할 수도 있다.

[0023] 상기 건설용 3차원 프린터에 있어서, 상기 프린터 피딩 유닛(300)의 프린터 피딩 노즐(320)에서의 토출로 형성하는 건설 프로파일 데이터를 입력하는 입력부(50)와, 상기 프린터 피딩 노즐(320)에서 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하기 위하여 상기 프린터 플랫폼(100)이 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 위치하게 되는 경로 분할 개수(n)를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하는 저장부(30)와, 상기 건설 프로파일 데이터와, 상기 사전 설정 데이터를 이용하여, 상기 프린터 플랫폼(100)이 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 이동하는 경로 프로파일(PP;Path Profile)을 산출하고 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)가 위치하는 상기 경로 프로파일 상의 플랫폼 포지션을 산출하고, 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)의 위치 제어 신호 및 상기 프린터 피딩 유닛(300)를 토출 제어 신호를 출력하는 제어부(20)를 포함할 수도 있다.

[0024] 본 발명의 다른 일면에 따르면, 본 발명은 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급 토출하는 프린터 피딩 노즐부(320)를 포함하는 프린터 피딩 유닛(300)과, 상기 프린터 피딩 노즐부(320)의 적어도 일부를 수용 지지하는 프린터 플랫폼(100)과, 상기 프린터 플랫폼(100)의 위치를 이동시키는 프린터 이송 유닛(400)과, 상기 프린터 플랫폼(100)과 상기 프린터 피딩 유닛(300) 중의 적어도 일부의 위치를 포함하는 상태를 감지하는 프린터 감지부(500)를 포함하고, 상기 프린터 피딩 노즐부(320)는 복수 개가 구비되고, 상기 프린터 피딩 유닛(300)의 프린터 피딩 노즐(320)에서의 토출로 형성하는 건설 프로파일 데이터를 입력하는 입력부(50)와, 상기 프린터 피딩 노즐(320)에서 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하기 위하여 상기 프린터 플랫폼(100)이 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 위치하게 되는 경로 분할 개수(n)를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하는 저장부(30)와, 상기 건설 프로파일 데이터와, 상기 사전 설정 데이터를 이용하여, 상기 프린터 플랫폼(100)이 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 이동하는 경로 프로파일(PP;Path Profile)을 산출하고 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)가 위치하는 상기 경로 프로파일 상의 플랫폼 포지션을 산출하는 연산부(40)와, 상기 연산부(40)에 연산 제어 신호를 인가하고, 상기 프린터 플랫폼 구동부(200)의 위치 제어 신호 및 상기 프린터 피딩 유닛(300)를 토출 제어 신호를 출력하는 제어부(20)를 포함하는 건설용 3차원 프린터를 제공하는 제공 단계(S1)와, 상기 입력부(50)를 통하여 상기 건설 프로파일 데이터를 입력받고 상기 프린터 플랫폼(100)의 지나가는 시작 지점과 종료 지점을 설정하는 입력 초기화 단계(S10)와, 상기 건설 프로파일 데이터에 대응하도록 상기 프린터 피딩 노즐(320)로부터 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하도록 상기 경로 분할 개수(n)에 대응하는 상기 프린터 플랫폼(100)의 평가 위치 정보 및 평가 위치 경로를 산출하는 위치 평가 산출 단계(S20)와, 상기 위치 평가 산출 단계(S20)에서 산출된 평가 위치 정보 및 평가 위치 경로와, 상기 사전 설정 데이터에 기초하여 경로 최적화 산출 단계(S30)를 포함하는 것을 특징으로 하는 건설용 3차원 프린터 제어 방법을 제공한다.

[0025] 상기 건설용 3차원 프린터 제어 방법에 있어서, 상기 위치 평가 산출 단계(S20)는: 상기 건설 프로파일 데이터에 대응하도록 상기 프린터 피딩 노즐(320)로부터 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하도록, 상기 제어부(20)가 상기 경로 분할 개수(n)에 대응하여,

$$f_{path} = \sum_{i=1}^{n-2} (||\overrightarrow{P_i L_i}|| + ||\overrightarrow{P_i R_i}||) + \sum_{i=1}^n ||\overrightarrow{P_{i+1} P_i}||$$

[0027] 여기서, n은 경로 분할 개수, P_i 는 상기 프린터 플랫폼이 이동하는 i번째 평가 위치, R_i 는 상기 프린터 플랫폼

이 이동하는 평가 위치의 우측 상 상기 건설 프로파일 데이터에 대응하여 상기 프린터 피딩 노즐(320)이 이동하는 i번째 왼쪽 경계 위치, Li는 상기 프린터 플랫폼이 이동하는 평가 위치의 좌측 상 상기 건설 프로파일 데이터에 대응하여 상기 프린터 피딩 노즐(320)이 이동하는 i번째 오른쪽 경계 위치를 나타내는 경우, 상기 평가 위치 경로 비용 함수(fpath)로부터 평가 위치 경로 비용을 산출하는 평가 위치 경로 비용 함수 비용 산출 단계(S21)와, 상기 비용 함수 비용 산출 단계(S21)에서 산출된 평가 위치 경로 비용 함수 비용을 이용하여 진화 알고리즘을 실행하는 진화 알고리즘 실행 단계(S23)와, 상기 진화 알고리즘 실행 단계(S23)에서 새로이 생성된 경계 위치와 이전 경계 위치를 비교하여 평가 위치 경로 비용이 더 작은 경계 위치가 선택되는 진화 알고리즘 선택 단계(S25)와, 현재 상기 진화 알고리즘 실행 단계(S23)가 실행된 회수(N2a)와 상기 사전 설정 데이터에 포함되는 사전 설정 진화 알고리즘 반복 횟수(Neas)를 비교하여 진화 알고리즘 실행의 종료를 판단하는 진화 알고리즘 종료 판단 단계(S27)를 포함할 수 있다.

[0028] 상기 건설용 3차원 프린터 제어 방법에 있어서, 상기 최적화 산출 단계(S30)는 경로 산출을 위하여 입력된 데이터를 확인하는 입력 데이터 확인 단계(S31)와, 상기 입력 데이터를 이용하여 최적화 경로를 설정하는 NURBS 경로 생성 단계(S33)를 포함하고, 상기 NURBS 경로 생성 단계(S33)에서 곡선화된 최적화 가동 경로는:

$$C(u) = \sum_{i=0}^n R_{i,p}(u) P_i$$

$$R_{i,p}(u) = \frac{N_{i,p}(u) \omega_i}{\sum_j N_{j,p}(u) \omega_j} \quad \text{이고,}$$

여기서, {Pi}는 이산화된 제어 지점들(n>2), {R_{i,p}(u)}는 넘스 곡선방정식의 B스플라인 베이스스 함수를 나타내고, N_{i,p}(u)는 파라미터 u 및 디그리(degree) p의 B 스플라인 베이스스 함수를, ω_i는 지점의 가중치를 나타낼 수도 있다.

발명의 효과

본 발명에 따르면, 본발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터 및 이의 제어 방법은, 작업 공간의 최소화, 작업의 불균질성 최소화 및 복수 개의 노즐 구조를 통한 공정 시간 단축을 통한 최적화를 이룰 수 있다.

본발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터 및 이의 제어 방법은, 작업 공간의 최소화, 작업의 불균질성 최소화 및 복수 개의 노즐 구조를 통한 공정 시간 단축을 통한 최적화와 더불어, 프린터 플랫폼의 경로를 이산화된 지점을 가동하되 노즐 구조가 효율적인 작동을 형성하도록 하는 경로 형성에 있어 진화 알고리즘을 사용하고, 경로의 곡선화를 통한 효율적 작동을 가능하게 할 수도 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 건설용 3차원 프린터(10)의 개략적인 구성도이다.

도 2는 본 발명의 건설용 3차원 프린터(10)의 개략적인 블록 선도이다.

도 3은 본 발명의 건설용 3차원 프린터(10)의 프린터 플랫폼의 연결 관계의 개략적인 구성도이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터(10)의 개략적인 블록선도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터의 프린터 피딩 유닛의 개략적인 구성도이다.

도 6은 도 A의 부분 확대 선도이다.

도 7 및 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터의 작업 상태를 도시하는 구성도이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터가 구성하려는 구성물의 외곽 정보 및 프린터 플랫폼의 이동경로를 나타내는 개략적인 선도이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터의 이동 경로의 지점에 대한 곡선화를 위한 선도이다.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터 제어 방법의 흐름도이다.

도 12 내지 도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터 제어 방법의 부분 흐름도이다.

도 15 및 도 16은 본 발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터가 형성하는 구성물의 외곽 정보 및 진화 알고리즘이 형성하는 프린터 플랫폼의 이동 경로 선도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 이하에서는, 도면을 참조하여 본 발명의 건설용 3차원 프린터(10) 및 이의 제어 방법을 설명한다.
- [0039] 본 발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터(10)는 프린터 피딩 유니트(300)와, 프린터 플랫폼(100)과, 프린터 이송 유니트(400)와, 프린터 감지부(500)를 포함한다.
- [0040] 먼저, 본 발명의 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터(10)는 프린터 피딩 유니트(300)를 포함하는데, 프린터 피딩 유니트(300)는 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급하는 구성요소로서, 프린터 피딩 유니트(300)는 프린터 피딩 노즐부(320)를 포함한다. 프린터 피딩 노즐부(320)는 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급 토출하는데, 본 실시예에서 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트는 건설용 3차원 프린터(10)를 통하여 토출되어 건축물의 벽면 등을 구성하는 혼합 재료로 구현되는데 본 실시예에서 시멘트, 콘크리트, 폴리머, 강재, 강화 섬유가 혼합되어 이루어지는 형태로 구현되는 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 취하였으나, 이는 일례로서 본 발명의 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트가 이에 국한되지 않고 시멘트의 경화 속도를 조정하기 위하여 콘크리트 모르타르의 배합량을 조정할 수도 있는 등 시공 현장에서의 설계 사양에 따라 다양한 구성이 가능하다.
- [0041] 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트는 프린터 피딩 노즐부(320)를 통하여 토출되는데, 프린터 피딩 유니트(300)의 프린터 피딩 노즐부(320)는 프린터 플랫폼(100) 측에 연결되어 지지된다. 즉, 프린터 플랫폼(100)은 프린터 피딩 노즐부(320)의 적어도 일부를 수용 지지하는데, 프린터 플랫폼(100)은 프린터 이송 유니트(400)에 의하여 가동된다. 즉, 프린터 이송 유니트(400)는 프린터 플랫폼(100)의 위치를 이동시키고, 이러한 프린터 플랫폼(100)의 일련의 위치 이동을 프린터 감지부(500)가 감지하는데, 프린터 감지부(500)는 프린터 플랫폼(100)과 프린터 피딩 유니트(300) 중의 적어도 일부의 위치를 포함하는 상태를 감지한다.
- [0042] 본 실시예에서 프린터 플랫폼(100)은 사각 프레임 구조로 형성되나, 이는 일례로서 후술되는 프린터 플랫폼 구동부(200) 측과 연결되어 위치 이동 구조를 취하는 범위에서 다양한 구성이 가능하고, 프린터 플랫폼(100)에는 프린터 피딩 노즐부(320)의 적어도 일부가 배치되어 소정의 작업 공간에 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출 프린팅 동작 구현을 가능하게 하도록 하는데, 본 실시예에 따른 프린터 피딩 노즐부(320)는 복수 개가 구비된다.
- [0043] 보다 구체적으로, 본 발명의 일실시예에 따른 프린터 플랫폼 구동부(200)는 플랫폼 구동 액츄에이터(210)와, 플랫폼 구동 와이어(220)와, 플랫폼 구동 와이어 지지부(230)를 포함한다.
- [0044] 플랫폼 구동 액츄에이터(210)는 프린터 플랫폼(100)을 가동시킬 가동력을 생성 제공하는데, 플랫폼 구동 액츄에이터(210)는 본 실시예에서 전기 모터로 되나 경우에 따라 유압 액츄에이터로 구현될 수도 있는 등 사용 환경에 따라 다양한 변형이 가능하다.
- [0045] 플랫폼 구동 와이어(220)는 일단이 플랫폼 구동 액츄에이터(210) 측과 연결되고 타단이 프린터 플랫폼(100) 측과 연결되는데, 플랫폼 구동 와이어(220)는 본 실시예에서 꼬인 강선으로 구현되어 프린터 플랫폼(100)의 자중을 감당할 수 있는 구조를 취한다.
- [0046] 본 발명의 플랫폼 구동 액츄에이터(210)와 플랫폼 구동 와이어(220)는 복수 개가 구비되고, 특히 총 8개 세트로 구성되어 6자유도의 원활한 가동 동작 구현을 가능하게 한다.
- [0047] 플랫폼 구동 와이어 지지부(230)는 플랫폼 구동 와이어(220)를 지지하여 플랫폼 구동 와이어(220)를 통한 프린터 플랫폼(100)의 이동을 지지하는데, 플랫폼 구동 와이어 지지부(230)는 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)와, 플랫폼 구동 와이어 지지 가이드(233)를 포함한다.
- [0048] 플랫폼 구동 와이어 지지부(230)의 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)는 적어도 일단이 고정체에 고정되고, 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)에는 플랫폼 구동 와이어 지지 가이드(233)가 배치되는데, 플랫폼 구동 와이어 지지 가이드(233)는 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)에 배치되고 외주에 플랫폼 구동 와이어(220)를

접촉 안내한다.

- [0049] 본 실시예에서, 플랫폼 구동 와이어 지지 가이드(233)는 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)에 배치되는 롤러 타입으로 형성되나 단순한 가이드 형상의 고정체로 형성될 수도 있는 등 설계 사양에 따라 다양하다.
- [0050] 본 실시예에서의 플랫폼 구동 와이어 지지 가이드(233)는 플랫폼 구동 와이어 지지 엔드 가이드와 플랫폼 구동 와이어 지지 미들 가이드(2333)를 포함한다.
- [0051] 플랫폼 구동 와이어 지지 엔드 가이드(2331)는 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)의 단부에 배치되고, 플랫폼 구동 와이어 지지 미들 가이드(2333)는 플랫폼 구동 와이어 지지 구조체(231)의 외주 선상에 배치된다.
- [0052] 앞서 기술한 바와 같이, 플랫폼 구동 액츄에이터(210)는 프린터 플랫폼(100)을 가동시킬 가동력을 생성 제공하는데, 플랫폼 구동 액츄에이터(210)는 본 실시예에서 전기 모터로 되나 경우에 따라 유압 액츄에이터로 구현될 수도 있는 등 사용 환경에 따라 다양한 변형이 가능하다.
- [0053] 이와 같은 구성의 프린터 플랫폼 구동부(200)의 플랫폼 구동 액츄에이터(210)로부터 생성된 구동력은 플랫폼 구동 와이어(220)를 통하여 전달되고 플랫폼 구동 와이어(220)의 타단에 배치되는 프린터 플랫폼(100)의 위치를 변동시켜 소정의 프린팅 동작 구현을 가능하게 한다. 본 실시예에서는 위치 제어에 대한 사항을 기본으로 구성하나 경우에 따라 속도 제어 등의 다양한 제어 항목들이 더 구비될 수도 있는 등 다양한 변형이 가능하다.
- [0054] 한편, 앞서 기술한 바와 같이, 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트는 프린터 피딩 노즐부(320)를 통하여 토출되고, 프린터 피딩 유닛(300)의 프린터 피딩 노즐부(320)는 프린터 플랫폼(100) 측에 연결되어 지지되는데, 프린터 플랫폼(100)은 프린터 피딩 노즐부(320)의 적어도 일부를 수용 지지하고, 프린터 플랫폼(100)은 프린터 이송 유닛(400)에 의하여 가동되며, 프린터 이송 유닛(400)은 프린터 플랫폼(100)의 위치를 이동시키고, 이러한 프린터 플랫폼(100)의 일련의 위치 이동을 프린터 감지부(500)가 감지하는데, 프린터 감지부(500)는 프린터 플랫폼(100)과 프린터 피딩 유닛(300) 중의 적어도 일부의 위치를 포함하는 상태를 감지한다.
- [0055] 이때, 프린터 피딩 유닛(300)은 프린터 피딩 공급부(310)를 더 구비하는데, 프린터 피딩 공급부(310)는 프린터 피딩 노즐부(320)에 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급한다.
- [0056] 보다 구체적으로, 프린터 피딩 공급부(310)는 피딩 공급 펌프(311)와, 피딩 공급 라인(313)과, 피딩 공급 밸브(315)를 포함한다.
- [0057] 피딩 공급 펌프(311)는 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 프린터 피딩 노즐부(320) 측으로 제공하는 압력을 형성하는데, 피딩 공급 펌프(311)은 피딩 공급 라인(313)을 다른 구성요소를 통하여 프린터 플랫폼(100) 측에 배치되는 프린터 피딩 노즐부(320) 측으로 전달 가능하다.
- [0058] 피딩 공급 라인(313)은 일단이 피딩 공급 펌프(311) 측에 연결되고 타단이 프린터 피딩 노즐부(320) 측에 연결되는데, 피딩 공급 밸브(315)는 피딩 공급 라인(313)의 선상에 배치된다. 피딩 공급 밸브(315)는 온/오프 동작을 통하여 피딩 공급 라인(313)을 통한 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트의 유동을 단속하는데, 이러한 피딩 공급 밸브(315)는 전자식 밸브로 구현될 수 있고, 피딩 공급 밸브(315)의 온/오프 동작은 제어부(20)로부터의 밸브 제어 신호를 통하여 이루어질 수 있다.
- [0059] 프린터 피딩 노즐부(320)는 프린터 피딩 노즐 라인(321)과 프린터 피딩 노즐(323)를 포함한다. 프린터 피딩 노즐부(320)의 프린터 피딩 노즐 라인(321)은 일단이 피딩 공급 라인(313)에 연결되는데, 앞서 기술한 피딩 공급 밸브(315)가 프린터 피딩 노즐 라인(321)과 피딩 공급 라인(313)의 사이에 배치될 수 있다.
- [0060] 프린터 피딩 노즐(323)는 프린터 피딩 노즐 라인(321)의 타단에 연결되고, 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트가 토출되며, 이러한 토출 단속은 앞서 기술된 피딩 공급 밸브(315)의 온/오프 동작을 통하여 이루어질 수 있다.
- [0061] 프린터 피딩 노즐(323)을 통하여 토출되는 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트의 토출량 내지 토출속도 등은 제어부(20)의 피딩 공급 밸브(315)의 밸브 제어 신호 및 피딩 공급 펌프(311)의 펌핑 제어 신호에 따라 다양한 선택이 가능하다.
- [0062] 본 발명의 프린터 피딩 노즐(323)은 복수 개가 구비되며, 이러한 복수 개의 프린터 피딩 노즐(323)과 연결되는 피딩 공급 밸브(315)와 프린터 피딩 노즐 라인(321)도 상응하는 개수로 배치되는 구성을 취할 수도 있으며, 경우에 따라 라인 등의 개수 내지 노즐 개수 등은 설계 사양에 따라 다양한 변형이 가능함은 본 기술로부터 명백하다.

- [0063] 한편, 본 발명의 건설용 3차원 프린터(10)는 프린터 이송 유니트(400)를 더 포함하고 이를 통하여 프린터 이송 유니트(400)는 프린터 피딩 노즐(323)을 이송시켜 토출 위치를 조정한다. 즉, 프린터 이송 유니트(400)는 프린터 피딩 이송 프레임(410)과, 피딩 이송 구동부(420)를 포함한다. 프린터 피딩 이송 프레임(410)은 프린터 피딩 노즐(323)이 배치되고 프린터 피딩 노즐(323)을 이송 지지하고, 피딩 이송 구동부(420)는 프린터 피딩 이송 프레임(410)에 이송 구동력을 생성 제공한다.
- [0064] 프린터 피딩 이송 프레임(410)은 적어도 일측이 프린터 플랫폼(100)에 위치 고정되어 배치되고, 피딩 이송 구동부(420)는 프린터 피딩 이송 프레임(410)에 대하여 프린터 피딩 노즐(323)의 위치를 이송시키기 위한 구동력을 생성 제공한다.
- [0065] 보다 구체적으로 상기 프린터 피딩 이송 프레임(410)은 이송 프레임 베이스(411)와, 이송 프레임 로드(413)를 포함한다.
- [0066] 이송 프레임 베이스(411)는 프린터 플랫폼(100)에 위치 고정 배치되고, 이송 프레임 로드(413)는 일측이 이송 프레임 베이스(411)에 위치 고정되고, 길이를 따라 프린터 피딩 노즐(323)을 안내하고 프린터 피딩 노즐(323)이 가동 가능하게 프린터 피딩 노즐(323)이 관통하여 연결된다.
- [0067] 즉, 이송 프레임 베이스(411)는 프린터 플랫폼(100)에 위치 고정 배치되고, 이송 프레임 베이스(411)는 프린터 플랫폼(100)의 하단에 배치된다. 프레임 로드(413)는 일측이 이송 프레임 베이스(411)에 위치 고정되고, 길이를 따라 프린터 피딩 노즐(323)을 안내하고 프린터 피딩 노즐(323)이 가동 가능하게 프린터 피딩 노즐(323)이 관통하여 연결된다. 이송 프레임 베이스(411)의 하단에 프레임 로드 홀더(412)가 배치되고, 프레임 로드 홀더(412)에 의하여 프레임 로드(413)가 이송 프레임 베이스(410) 측에 연결된다. 프레임 로드(413)의 단부에는 후술되는 피딩 이송 구동부(420)의 적어도 일부가 가동 가능하게 배치된다.
- [0068] 보다 구체적으로, 피딩 이송 구동부(420)는 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)와, 피딩 이송 구동 전달부(423)와, 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)과, 피딩 이송 구동 리니어 샤프트(425)를 포함한다.
- [0069] 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)는 프린터 피딩 노즐(323)을 이송시키기 위한 이송 구동력을 생성하는데, 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)는 본 실시예에서 전기 모터로 구현되나, 경우에 따라 다양한 선택이 가능하다.
- [0070] 피딩 이송 구동 전달부(423)는 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)와 연결되어 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)에서 생성된 구동력을 입력받는다.
- [0071] 피딩 이송 구동 전달부(423)는 피딩 이송 구동 전달 메인 기어(4331)와, 피딩 이송 구동 전달 서브 기어(4233)를 포함하는데, 피딩 이송 구동 전달 메인 기어(4331)는 피딩 이송 구동 액츄에이터(421)에 직결 연결되고, 피딩 이송 구동 전달 서브 기어(4233)는 피딩 이송 구동 리니어 샤프트(425)에 연결된다. 이때, 피딩 이송 구동 전달 서브 기어(4233)는 피딩 이송 구동 전달 메인 기어(4331)와 치합되어 소정의 구동력을 전달받아 가동력을 전달한다.
- [0072] 본 실시예에서 피딩 이송 구동 전달부(423)는 직결 구조를 취하였으나 경우에 따라 별도의 감속기를 구비하는 구성을 취하는 등 다양한 변형이 가능하다.
- [0074] 한편, 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)은 프린터 피딩 노즐(323)이 배치되는데, 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)의 일측은 이송 프레임 로드(413)에 상대 가동 가능하게 안내받는다. 즉, 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)의 일단에는 리니어 블록 연장부(4271)가 구비되고, 리니어 블록 연장부(4271)에는 리니어 블록 연장부 관통구(4273)가 형성된다. 리니어 블록 연장부 관통구(4273)엔 이송 프레임 로드(413)가 상대 가동 가능하게 배치된다.
- [0075] 또한, 피딩 이송 구동 리니어 샤프트(425)는 길이 상으로 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)이 관통 배치된다. 즉, 피딩 이송 구동 리니어 샤프트(425)는 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)에 형성된 리니어 블록 샤프트 관통구(4275)를 관통하여 배치되는데, 리니어 블록 샤프트 관통구(4275)의 내측면은 피딩 이송 구동 리니어 샤프트(425)와 상대 가동 가능하게 치합된다.
- [0076] 따라서, 피딩 이송 구동 리니어 샤프트(425)는 피딩 이송 구동 전달부(423)에 연결되어 피딩 이송 구동 전달부(423)를 통하여 구동력을 전달받아 회전함에 따라 길이 방향으로 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)을 이송시키며, 피딩 이송 구동 리니어 블록(427)에는 프린터 피딩 노즐(323)이 배치되어 소정의 프린팅 동작 지점까지의

이송 동작 구현이 가능하다.

- [0078] 또 한편, 프린터 감지부(500)는 영상 감지부(510)와, 위치 감지부(520)를 포함한다. 영상 감지부(510)는 프린터 피딩 노즐(323)의 영상 상태 정보를 감지하고, 위치 감지부(520)는 프린터 피딩 노즐(323)의 위치 상태 정보를 감지한다. 이러한 영상 감지부(510)는 통상적인 카메라로 구현될 수도 있고, 위치 감지부(520)는 GPS 내지 LBS 내지 지그비 등의 다양한 위치 감지 내지 통신 방식의 위치 감지 구현 형태로 진행될 수도 있는 등 다양한 선택이 가능하다.
- [0080] 또 한편, 본 발명의 일실시예에 따르 건설용 3차원 프린터는 입력부(50)와, 저장부(30)와, 제어부(20)를 포함한다.
- [0081] 여기서, 입력부(50)는 프린터 피딩 유니트(300)의 프린터 피딩 노즐(320)에서의 토출로 형성하는 건설 프로파일 데이터를 입력 가능하다. 입력부(50)는 통상적인 입력장치로서의 키보드, 입력 포트 내지 무선 통신을 통한 방식으로의 데이터 전송을 이룰 수도 있는 등 다양한 구성이 가능하다.
- [0082] 저장부(30)는 사전 설정 데이터를 저장하고, 감지 연산되는 데이터를 저장하는데, 사전 설정 데이터는 프린터 피딩 노즐(320)에서 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하기 위하여 프린터 플랫폼(100)이 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 위치하게 되는 경로 분할 개수(n)를 포함한다.
- [0083] 제어부(20)는 경로 프로파일(PP;Path Profile) 및 플랫폼 포지션을 산출한다. 즉, 제어부(20)는 기 건설 프로파일 데이터와, 사전 설정 데이터를 이용하여, 프린터 플랫폼(100)이 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 이동하는 경로 프로파일(PP;Path Profile)을 산출한다. 이러한 경로 프로파일(PP;Path Profile)이 산출된 후 제어부(20)는 프린터 플랫폼 구동부(200)가 위치하는 경로 프로파일 상의 플랫폼 포지션을 산출한다. 즉, 제어부(20)는 산출된 경로 프로파일 중 프린터 플랫폼(100)이 위치되어야하는 지점에 대한 플랫폼 포지션을 경로 프로파일 상에서 도출하고, 해당 플랫폼 포지션으로 프린터 플랫폼(100)을 위치시키기 위한 프린터 플랫폼 구동부(200)의 위치 제어 신호 및 프린터 피딩 유니트(300)를 토출 제어 신호를 생성 출력한다.
- [0084] 한편, 경우에 따라 본 발명의 건설용 3차원 프린터는 작동 과정 상에서의 구동력으로 인한 진동 내지 강성 분석이 고려되어 추가적으로 고유 진동수와의 중첩으로 인한 파손 내지 내구 저하 등을 방지하는 구조 해석을 통한 강성 강화 설계를 추가할 수도 있다. 즉, 본 발명의 건설용 3차원 프린터의 자유 진동 상황에서 건설용 3차원 프린터의 고유 주파수 또는 자연 주파수(natural frequency)의 결정이 중요하며, 진동 분석 내지 강성 분석을 통하여 거동 과정 상에서의 동적 분석(dynamic analysis) 내지 제어 설계 상 유용한 정보 제공을 이룰 수도 있다.
- [0085] 도 17에는 본 발명의 케이블로 가동되는 케이블 드리븐 병렬 로봇(cable driven parallel robot)으로서의 건설용 3차원 프린터에 대한 제 1 고유 주파수의 선도가 도시되는데, 케이블 드리븐 병렬 로봇(cable driven parallel robot)으로서의 건설용 3차원 프린터에 대한 엔드 이펙터로서의 프린터 플랫폼(100) 등이 상승하는 경우 제 1 고유 주파수가 증가하며, 작업 공간의 중심에서 제 1 고유 주파수가 최대로 되는바 건조물로서의 건설용 3차원 프린터의 진동이나 공명 현상에 의한 파손 내지 성능 저하 위험성의 통제가 가능하게 될 수도 있다.
- [0087] 이하에서는, 도면을 참조하여 본 발명의 건설용 3차원 프린터를 제어하는 과정을 설명한다.
- [0088] 본 발명의 다른 일실시예에 따른 건설용 3차원 프린터 제어 방법은 제공 단계(S1)와, 입력 초기화 단계(S10)와, 위치 평가 산출 단계(S20)와, 경로 최적화 산출 단계(S30)를 포함한다.
- [0089] 도 7 및 도 8에는 이와 같은 구성을 갖는 복수 개의 토출 지점을 갖는 다중 노즐 구조의 3차원 프린터가 도시되는데, 이러한 노즐을 통한 건설 자재의 프린팅 작업은 직선 공정 뿐만 아니라, 곡선 곡면 작업도 가능하며 다중 노즐을 통한 다양한 입체적 형상 구현이 가능하다. 도 9에는 본 발명의 건설용 3차원 프린터가 구현하는 도 8에서와 같은 구조물의 평면적 형태를 도시한다.
- [0090] 도 8에 도시된 바와 같은 곡면형 구조물의 경우, 대칭 내지 단순 직선 구조물과 같은 도 7의 경우와 달리 3차원 건설 프린터의 최적화된 경로 형성이 요구된다. 즉, 이러한 본 발명의 3차원 건설 프린터(10)의 프린터 플랫폼(100) 및/또는 프린터 피딩 노즐(323)의 가동은 다음 조건을 충족시키는 경로가 형성된다.

- [0091] 1) 프린터 플랫폼(100)이 경유하는 경로는 본 실시예에서 두 개의 프린터 피딩 노즐(323)의 이동 시간을 최소화시키기 위해 형성되어야 하는 구조물의 중간 지점을 지나야 하며, 이를 통해 두 개의 프린터 피딩 노즐(323)의 이동 경로차를 최소화하고 최대한 같은 거리 이동 거리를 갖도록 하여 작업 효율성을 증진시킬 수 있다.
- [0092] 2) 프린터 플랫폼(100)의 이동 시간을 최소화시켜 프린터 피딩 노즐(323)의 가동을 통한 최종적 출력 시간을 최소화시킬 수 있다.
- [0093] 3) 곡선 방정식을 이용하여 프린터 플랫폼(100)의 가동 경로를 곡선화한다. 특히, 본 실시예에서 프린터 플랫폼(100)의 가동 경로는 넵스 곡선방정식(NUBRS;Non-Uniform Rational B-Spline)을 이용하여 경로의 곡선화를 이룬다.
- [0094] 이때, 여기서 지칭하는 곡선화라 함은 건설 프린팅하고자 하는 구조물의 형상의 경계를 평면상 도시할 때, 도 9에 도시된 바와 같이 구조물의 형상 경계는 시작점을 도면 부호 21, 종료지점을 도면 부호 22라 지칭할 때, 구조물의 형상 경계의 우측 경계(24)는 도면 부호 R1,R2,R3,R4,...Rn의 이산화된 포인트(28)로 구성되고, 구조물의 형상 경계의 좌측 경계(S23)는 도면 부호 L1,L2,L3,L4,...Ln의 이산화된 포인트(27)로 구성된다. 이때 프린터 플랫폼(100)이 이동하는 이동 방향은 시작점(21)과 종료점(22), 즉 목표지점에 의하여 결정되고, 좌측 경계와 우측 경계는 프린터 피딩 노즐(323)이 이동할 경로이고, 이들 사이의 도면 부호 25로 지시되는 최적 경로(25)는 프린터 플랫폼(100)이 이동하게 되는 최적 경로를 지칭하며, 실질적으로 이산화된 도면 부호 26을 지칭하는 지점을 경유하게 된다.
- [0095] 프린터 플랫폼(100)이 진행하여야 하는 경로의 좌측 및 우측으로 각각의 프린터 피딩 노즐(233)이 배치되어야 하는 넵스 곡선방정식을 구현하기 위한 일예가 도시되는데, 이의 차수(degree) 및 웨이트(weight)와 노트(knots) 등에 대한 선택은 연산량 및 하드웨어의 레벨에 따라 다양한 선택이 가능하며, 넵스 곡선방정식에 대한 구체적 설명은 생략하나, 이와 같이 이산화된 지점(P0,P1,P,P3,P4,P5..., 도 9 참조) 등에 대한 경로 구현에 있어 곡선화 작업을 통하여 보다 원활한 가동 경로 C(u)의 형성이 도출이 가능하다(도 10 참조).
- [0097] 이러한 과정을 실행하도록 본 발명의 건설용 3차원 프린터 제어 방법은 제공 단계(S1)와, 입력 초기화 단계(S10)와, 위치 평가 산출 단계(S20)와, 경로 최적화 산출 단계(S30)를 포함한다.
- [0098] 먼저, 제공 단계(S1)에서 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 공급 토출하는 프린터 피딩 노즐부(320)를 포함하는 프린터 피딩 유닛(300)와, 프린터 피딩 노즐부(320)의 적어도 일부를 수용 지지하는 프린터 플랫폼(100)과, 프린터 플랫폼(100)의 위치를 이동시키는 프린터 이송 유닛(400)와, 프린터 플랫폼(100)와 프린터 피딩 유닛(300) 중의 적어도 일부의 위치를 포함하는 상태를 감지하는 프린터 감지부(500)를 포함하는 건설용 3차원 프린터가 제공되는 제공 단계(S1)가 실행된다.
- [0099] 이때, 프린터 피딩 노즐부(320)는 복수 개가 구비되고, 건설용 3차원 프린터는 프린터 피딩 유닛(300)의 프린터 피딩 노즐(320)에서의 토출로 형성하는 건설 프로파일 데이터를 입력하는 입력부(50)와, 프린터 피딩 노즐(320)에서 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하기 위하여 프린터 플랫폼(100)이 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 위치하게 되는 경로 분할 개수(n)를 포함하는 사전 설정 데이터를 저장하는 저장부(30)와, 건설 프로파일 데이터와, 사전 설정 데이터를 이용하여, 프린터 플랫폼(100)이 프린터 플랫폼 구동부(200)를 통하여 이동하는 경로 프로파일(PP:Path Profile)을 산출하고 프린터 플랫폼 구동부(200)가 위치하는 경로 프로파일 상의 플랫폼 포지션을 산출하는 연산부(40)와, 연산부(40)에 연산 제어 신호를 인가하고, 프린터 플랫폼 구동부(200)의 위치 제어 신호 및 프린터 피딩 유닛(300)를 토출 제어 신호를 출력하는 제어부(20)를 포함한다.
- [0100] 그런 후, 입력 초기화 단계(S10)가 실행된다. 입력 초기화 단계(S10)에서는 입력부(50)를 통하여 건설 프로파일 데이터가 제어부(20)로 입력되고, 제어부(20)는 프린터 플랫폼(100)의 지나가는 시작 지점과 종료 지점을 설정한다.
- [0101] 즉, 입력 초기화 단계(S10)는 입력 데이터 확인 단계(S11)와 초기화 단계(S13)를 포함되는데, 입력 데이터 확인 단계(S11)에서는 입력부(50)를 통하여 건설 프로파일 데이터가 제어부(20)로 입력되고, 초기화 단계(S13)에서 제어부(20)가 프린터 플랫폼(100)의 지나가는 시작 지점과 종료 지점을 설정하여 안전 내지 스펙 상에 규정된 시작 종료 지점에 대한 정보를 명확히 함과 동시에, 본 발명의 제어부(20)에서 실행되는 진화 알고리즘을 실행하기 위한 사전 설정 데이터가 확인 및 초기화된다. 예를 들어, 본 발명의 일 실시예에 따른 진화 알고리즘은 GA(유전 알고리즘, Genetic Algorithm), PSO(입자 군집 최적화 알고리즘, Particle Swarm Optimization), DE

(차등 진화 알고리즘 또는 차분 진화 알고리즘, Differential Evolution) 등을 포함하는데, 사전 설정 데이터에는 이와 같은 진화 알고리즘 구현을 위해 사용되는 사전 설정 알고리즘 데이터 및 생성되어야 하는 구조물에 대한 좌표 데이터, 예를 들어 도 9에 도시되는 구조물의 경계인 도면 부호 27 및 28의 경계를 나타내는 경계 데이터, 이산화된 지점의 개수 및 좌우 경계를 따른 이산화된 지점의 좌표인 내부 지점들의 상하단 바운드를 포함한다.

[0102] 보다 구체적으로, 입력 데이터 확인 단계(S11)에서 입력되어 초기화 단계(S13)에서 명확해지는 시작 종료 지점 및 경유 정보 등을 산출하기 위한 초기 데이터가 확인 설정되는데, 입력 초기화 단계(S10)에서 도 9에 도시되는 바와 같이 출력되는 프린트 대상체에서의 경계(27,28), 이산화되는 포인트(지점)의 개수, 프린트 대상체의 좌우 측 경계를 따라 이산화된 지점의 좌표인 내부 지점들에 대한 사전 설정 데이터를 포함한다.

[0103] 또한, 입력 초기화 단계(S10)의 초기화 단계(S13)에서 제어부(20)는 랜덤 방식으로 NP 개체들, 즉 개체의 개수를 생성하는데, 각각의 개체 NP는 최적화된 경로인 도면 부호 25가 지나게 되는 내부 지점(26)의 D 좌표를 갖게 되는데, 여기서 D는 디자인 변수(design variables)를 나타낸다.

[0104] 그런 후 위치 평가 산출 단계(S20)가 실행되는데, 위치 평가 산출 단계(S20)에서 프린터 플랫폼(100)의 평가 위치 정보 및 평가 위치 경로가 산출된다. 즉, 제어부(20)는 단계(S10)에서 취득한 입력 데이터로서의 건설 프로파일 데이터에 대응하여 프린터 피딩 노즐(320)로부터 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하도록 프린터 플랫폼(100)의 평가 위치 정보 및 평가 위치 경로를 산출하는데, 이때 프린터 플랫폼(100)의 평가 위치 정보 및 평가 위치 경로는 경로 분할 개수(n)에 대응한다.

[0105] 보다 구체적으로, 위치 평가 산출 단계(S20)는 평가 위치 경로 비용 함수 비용 산출 단계(S21)와, 진화 알고리즘 실행 단계(S23)와, 진화 알고리즘 선택 단계(S25)와, 진화 알고리즘 종료 판단 단계(S27)를 포함한다.

[0106] 먼저, 평가 위치 경로 비용 함수 비용 산출 단계(S21)에서 제어부(20)는 평가 위치 경로 비용 함수(fpath)을 이용하여 평가 위치 경로 비용을 산출한다.

[0107] 이때, 프린터 플랫폼의 평가 위치 경로 비용 함수는 다음과 같이 표현될 수 있다. 즉, 건설 프로파일 데이터에 대응하여 프린터 피딩 노즐(320)로부터 건설용 프린터 시멘트 인그레디언트를 토출하도록, 제어부(20)가 경로 분할 개수(n)에 대응하여 평가 위치 경로 비용 함수는,

[0108]
$$f_{path} = \sum_{i=1}^{n-2} (||\overrightarrow{P_i L_i}|| + ||\overrightarrow{P_i R_i}||) + \sum_{i=1}^n ||\overrightarrow{P_{i+1} P_i}||$$
 과 같이 표현될 수 있다.

[0109] 여기서, n은 경로 분할 개수, Pi는 프린터 플랫폼이 이동하는 i번째 평가 위치, Ri는 프린터 플랫폼이 이동하는 평가 위치의 우측 상 건설 프로파일 데이터에 대응하여 프린터 피딩 노즐(320)이 이동하는 i번째 왼쪽 경계 위치, Li는 프린터 플랫폼이 이동하는 평가 위치의 좌측 상 건설 프로파일 데이터에 대응하여 프린터 피딩 노즐(320)이 이동하는 i번째 오른쪽 경계 위치를 나타낸다.

[0110] 즉, 이와 같이 각각의 개체들은 각각의 비용 함수, 즉 목적 함수를 통하여 값을 도출하여 도출된 값을 통해 평가된다.

[0111] 이와 같이, 평가 위치 경로 비용 함수 비용 산출 단계(S21)가 실행된 후 진화 알고리즘 실행 단계(S23)가 실행되는데, 진화 알고리즘 실행 단계(S23)에서 제어부(20)는 비용 함수 비용 산출 단계(S21)에서 산출된 평가 위치 경로 비용 함수 비용을 이용하여 진화 알고리즘을 실행한다. 즉, 제어부(20)는 평가된 평가 위치 경로 비용 함수의 결과값인 비용을 이용하여 진화 알고리즘을 실행하여 주어진 검색 공간 내에서 새로운 개체들을 생성한다.

[0112] 앞서 기술한 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 진화 알고리즘은 GA(유전 알고리즘, Genetic Algorithm), PSO(입자 군집 최적화 알고리즘, Particle Swarm Optimization), DE(차등 진화 알고리즘 또는 차분 진화 알고리즘, Differential Evolution) 등을 포함한다.

[0113] 이때, 진화 알고리즘 실행 단계(S23)이 실행되어 제어부(20)는 새로이 생성된 개체, 즉 새로이 생성된 경계 위치와 이전의 개체 즉, 이전 경계 위치를 비교하여 평가 위치 경로 비용이 더 작은 경계 위치가 선택된다. 이러한 선택 과정은 진화 알고리즘 선택 단계(S25)에서 진행된다.

[0114] 그런 후, 진화 알고리즘 종료 판단 단계(S27)가 실행되는데, 제어부(20)는 현재 상기 진화 알고리즘 실행 단계(S23)가 실행된 회수(N2a)와 사전 설정 데이터에 포함되는 사전 설정 진화 알고리즘 반복 횟수(Neas)를 비교하여 진화 알고리즘 실행의 종료를 판단하여 종료 여부를 결정한다. 이때, 사전 설정 진화 알고리즘 반복 횟수

(Neas)는 사용자에게 의하여 결정된다.

[0115] 진화 알고리즘 종료 판단 단계(S27)에서 반복 회수가 도달하여 종료되는 것으로 판단한 경우, 제어부(20)는 진화 알고리즘 반복 실행을 종료하고 최종적으로 갱신된 개체를 최종값으로 설정한다.

[0116] 그런 후, 제어부(30)는 경로 최적화 산출 단계(S30)를 실행하는데, 경로 최적화 산출 단계(S30)에서 제어부(20)는 위치 평가 산출 단계(S20)에서 산출된 최종값, 즉 평가 위치 정보 및 평가 위치 경로와 더불어, 저장부에 저장된 사전 설정 데이터에 기초하여 최적화된 경로를 산출 확정한다. 즉, 최적화 산출 단계(S30)는 경로 산출을 위하여 입력된 데이터를 확인하는 입력 데이터 확인 단계(S31)와 이입력 데이터를 이용하여 최적화 경로를 설정하는 NURBS 경로 생성 단계(S33)를 포함한다. 즉 입력 데이터 확인 단계(S31)에서 앞서 S20에서 산출된 데이터 확인하고, 이를 이용하여 경로를 산출하되, 이 과정 중, 앞서 기술한 이산화된 각 개체, 즉 위치 지점에 대하여 넵스 곡선방정식(NUBRS;Non-Uniform Rational B-Spline)을 적용하여 프린터 플랫폼(100)의 이동 경로의 원만한 곡선화를 형성한다.

[0118] 도 15에는 이산화된 지점이 포함되고 프린터 피딩 노즐부(320)가 경유하여야 하는 구조물의 좌우측 경계 정보가 시작 지점과 종료 지점까지 연결되고, 도 16에는 진화 알고리즘 및 곡선화를 통해 도출되는 다수의 경로가 도시되는데, 최종적으로 도 15에서와 같은 프린터 피딩 노즐부(320)를 위치 가동시키도록 프린터 플랫폼(100)이 경유하여야 하는 지점들이 개체들로 GA, PSO,DE 등의 진화 알고리즘을 통하여 형성된 개체들과 이러한 개체들에 대하여 넵스 곡선방정식(NUBRS;Non-Uniform Rational B-Spline)로 곡선화된 각각의 진화 알고리즘 경로가 도시되며, 본 발명은 이러한 진화 알고리즘 방식을 통하여 비용 함수값을 최소화시킨 개체들이 갱신 최적화되어 최종적인 경로가 선택 결정될 수 있다.

[0119] 도 9의 이산화된 지점(P0,P1,P,P3,P4,P5..., 도 9 참조) 등에 대한 경로 구현에 있어 곡선화 작업을 통하여 보다 원활한 가동 경로 C(u)의 형성하게 되는데, C(u)는 다음과 같이 표현 가능하다.

[0120]

$$C(u)=\sum_{i=0}^nR_{i,p}(u)P_i$$

[0121]

$$R_{i,p}(u)=\frac{N_{i,p}(u)\omega_i}{\sum_j^nN_{j,p}(u)\omega_j}$$

[0122] 여기서, {Pi}는 이산화된 제어 지점들(n>2), {R_{i,p}(u)}는 넵스 곡선방정식의 B스플라인 베이스스 함수를 나타내고, Ni,p(u)는 파라미터 u 및 디그리(degree) p의 B 스플라인 베이스스 함수를, ω_i는 지점의 가중치를 나타낸다.

[0123] 이와 같은 방식을 통하여 이산화된 지점(P0,P1,P,P3,P4,P5..., 도 9 참조) 등에 대한 경로 구현에 있어 곡선화 작업을 통하여 보다 원활한 가동 경로 C(u)의 형성이 도출이 가능하다.

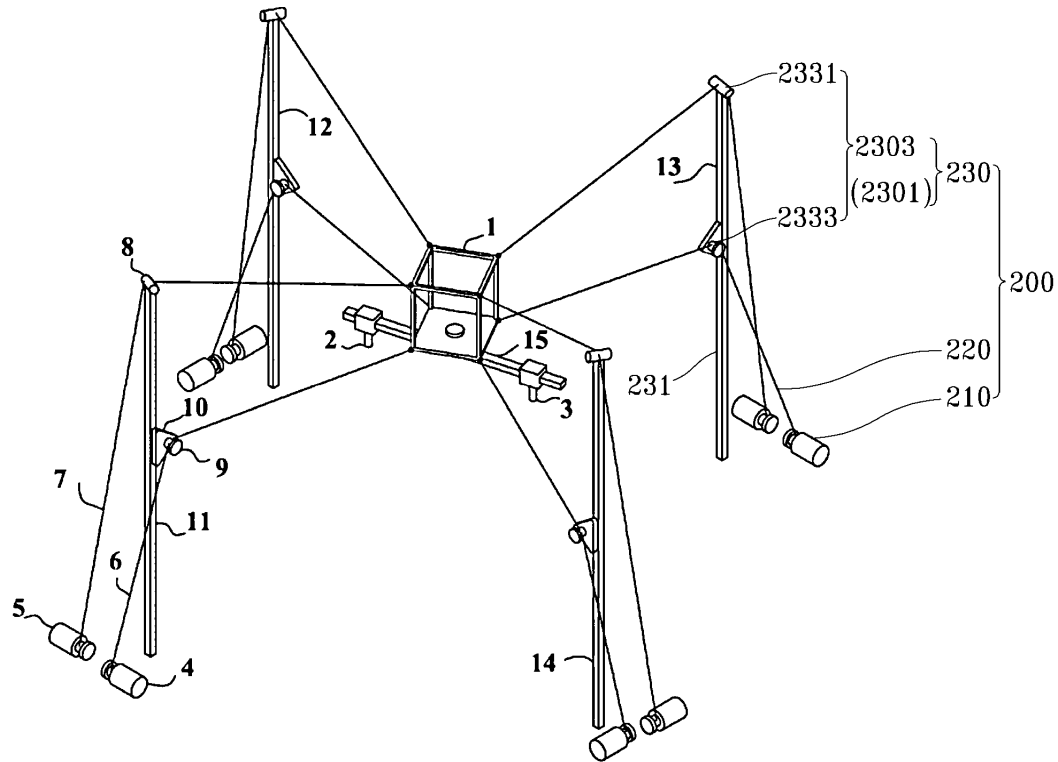
[0124] 이와 같은 본 발명의 건설용 3차원 프린터 및 이의 제어 과정을 통하여 건설용 3차원 프린터의 프린터 플랫폼이 가동되는 최소화 경로 및 프린터 플랫폼에 배치되는 복수 개의 프린터 피딩 노즐부(320)의 최적화된 가동 경로 형성이 가능하게 하는 범위에서 다양한 변형이 가능하다.

부호의 설명

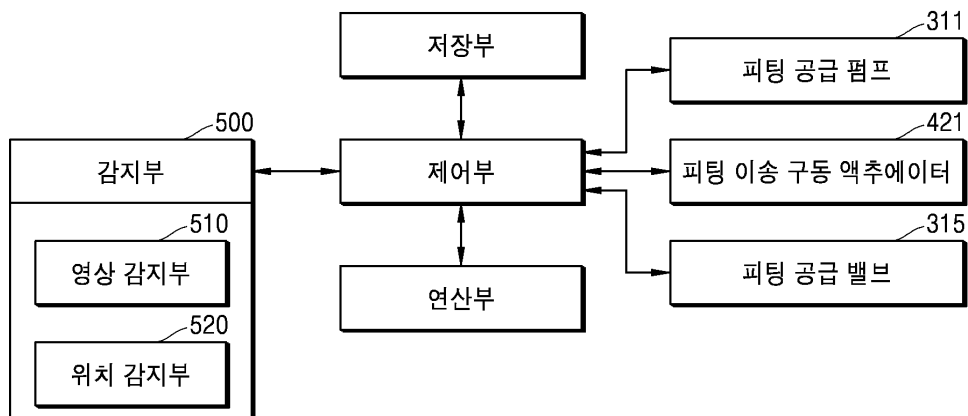
[0126] 10...건설용 3차원 프린터 100...프린터 플랫폼
200...프린터 플랫폼 구동부 300...프린터 피딩 유니트
400...프린터 이송 유니트 500...프린터 감지부

도면

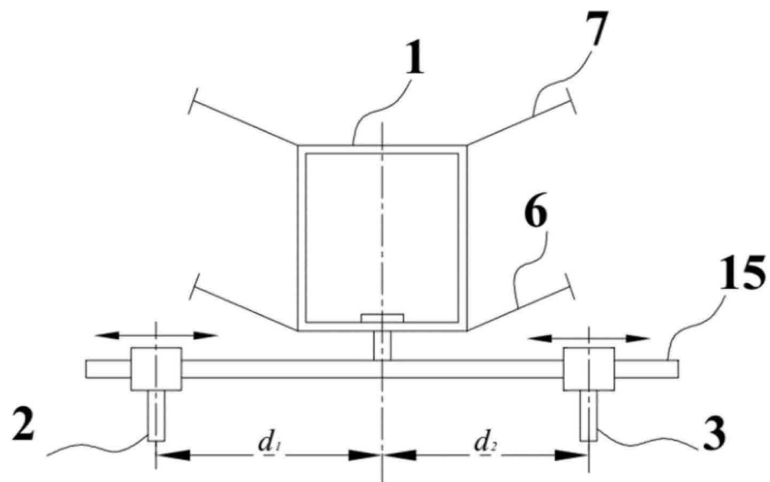
도면1



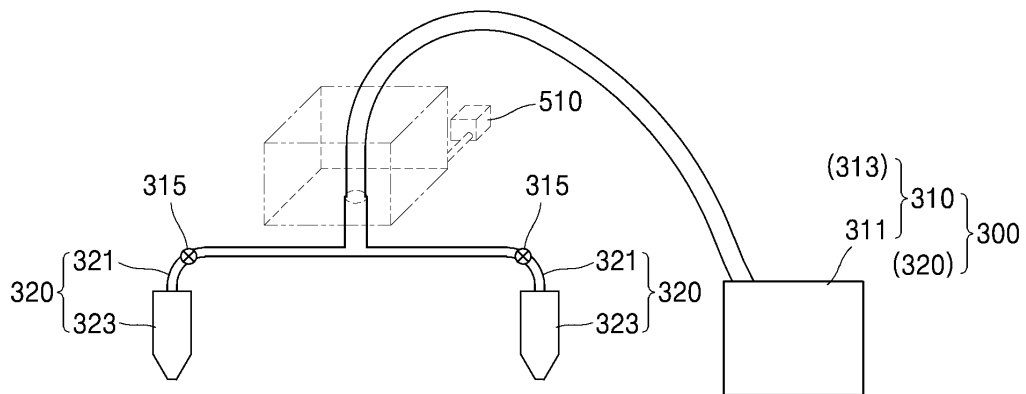
도면2



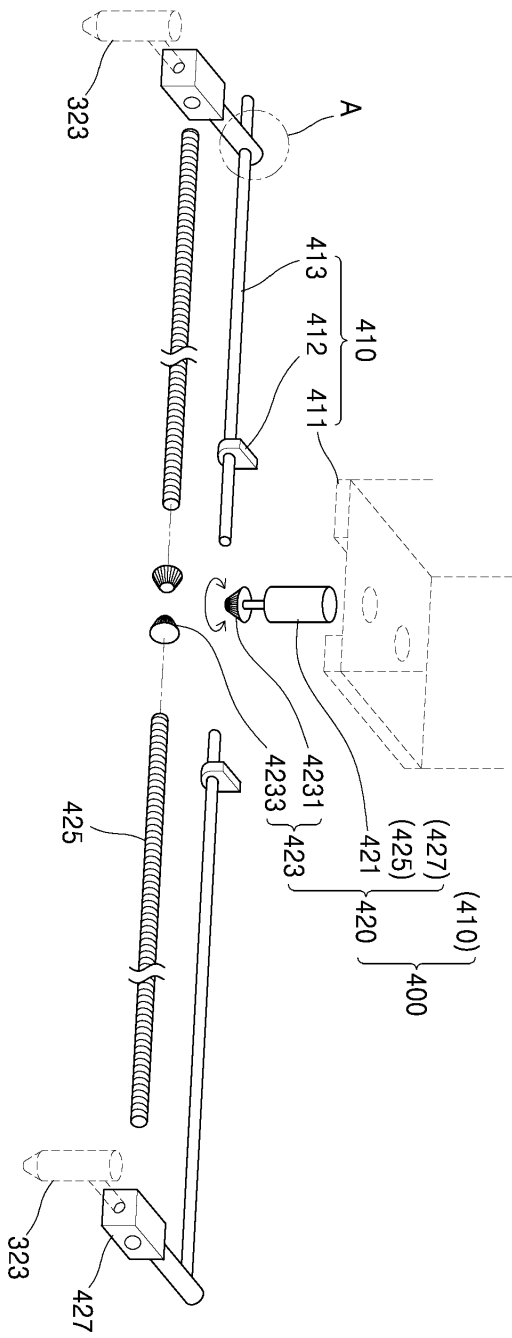
도면3



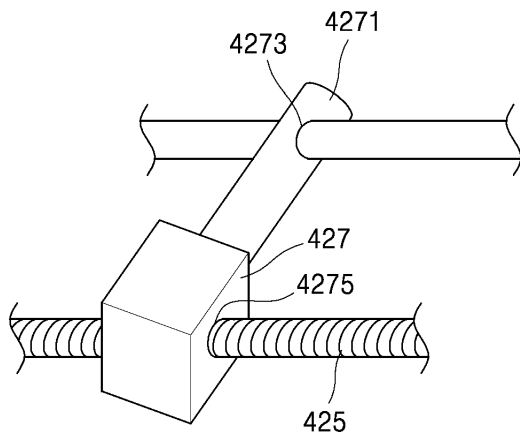
도면4



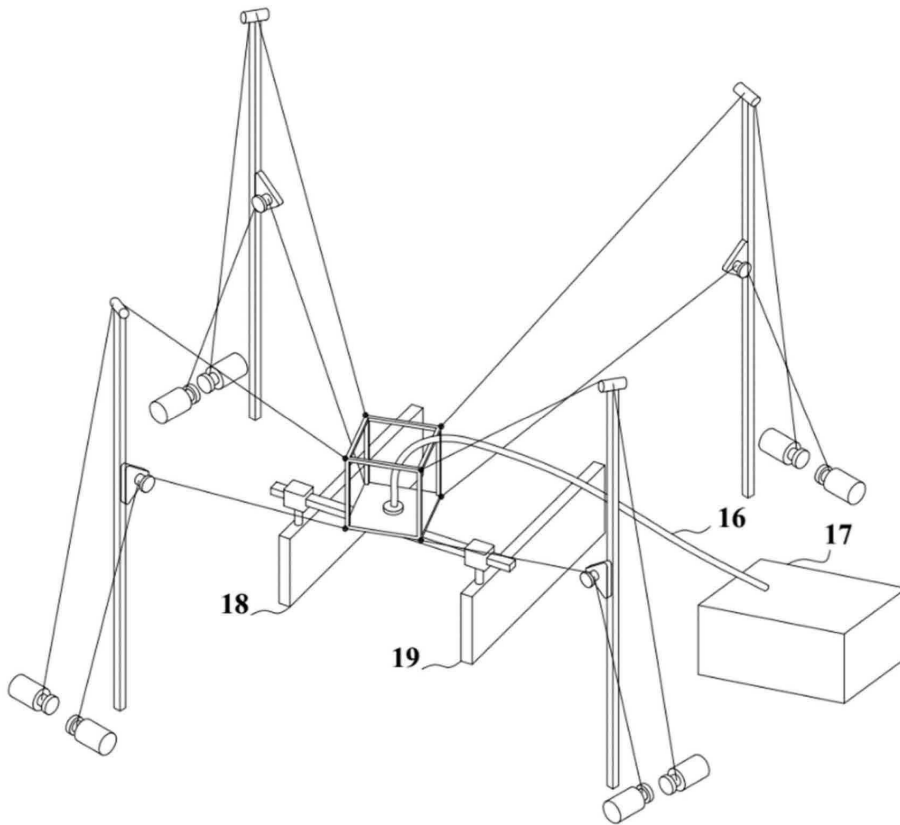
도면5



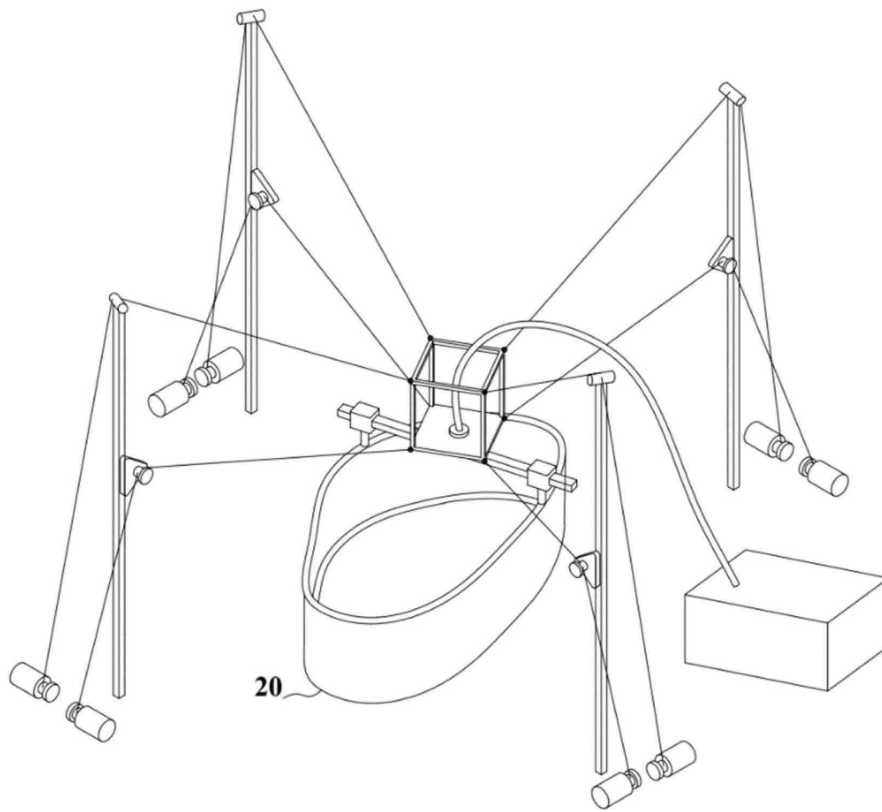
도면6



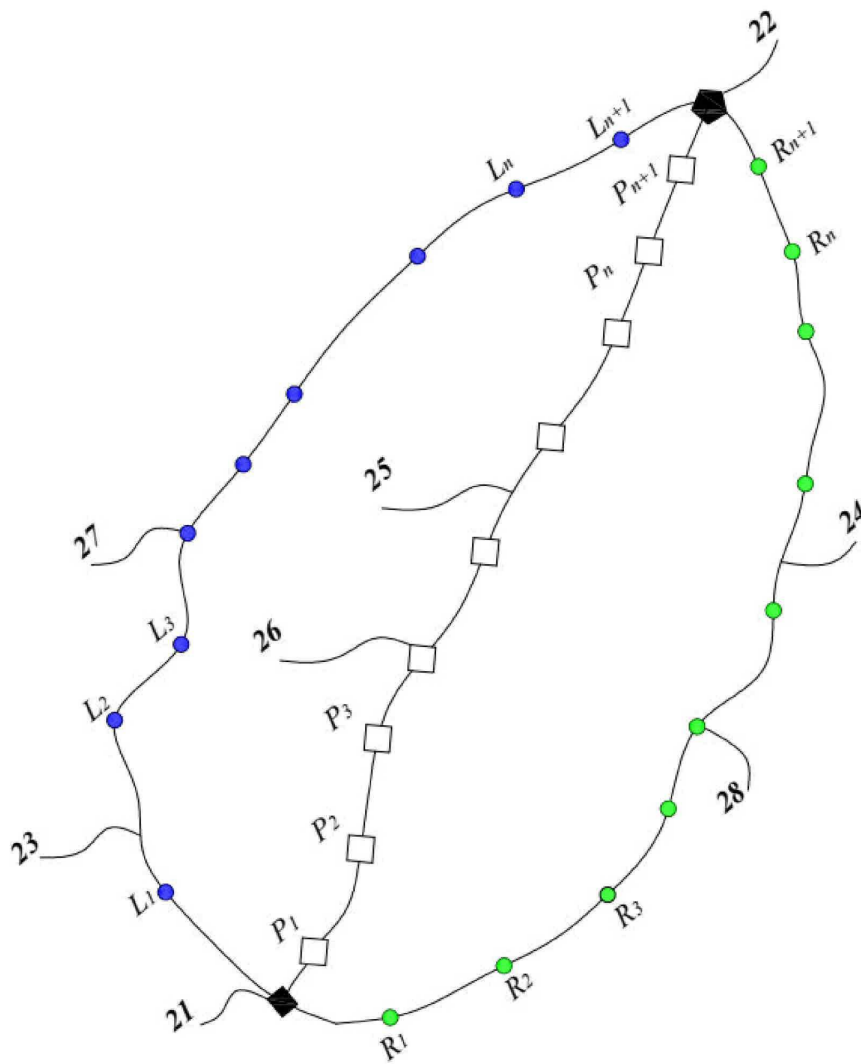
도면7



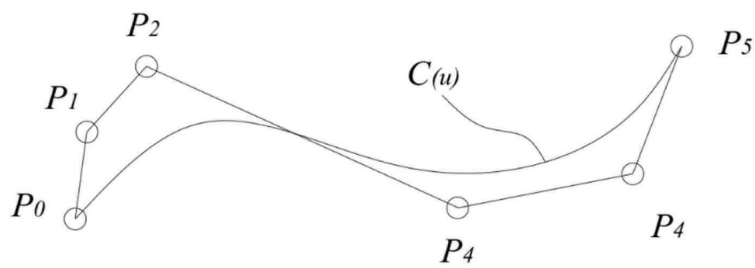
도면8



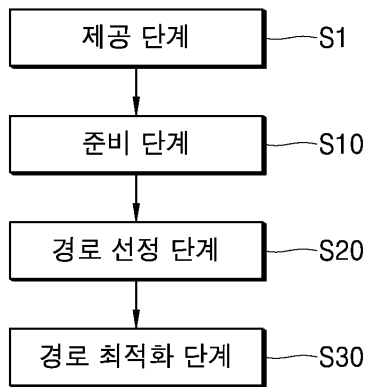
도면9



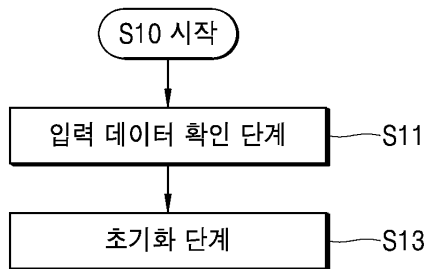
도면10



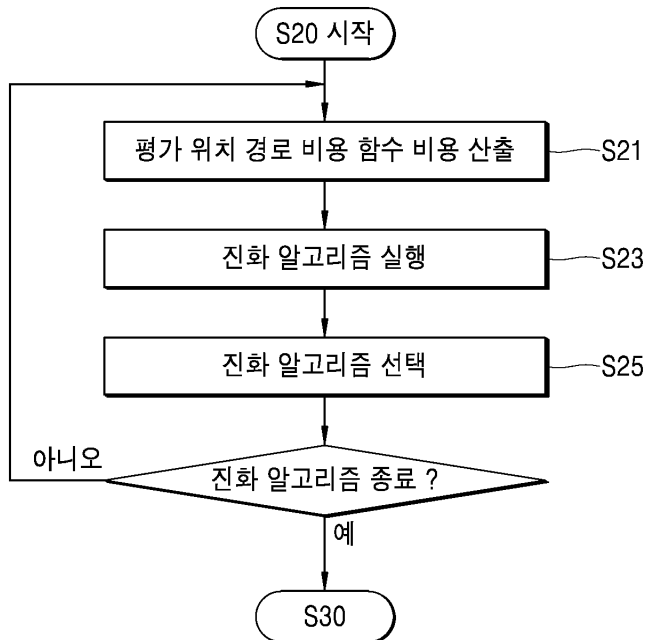
도면11



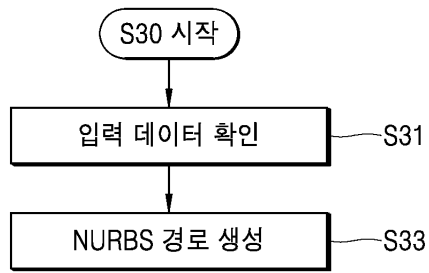
도면12



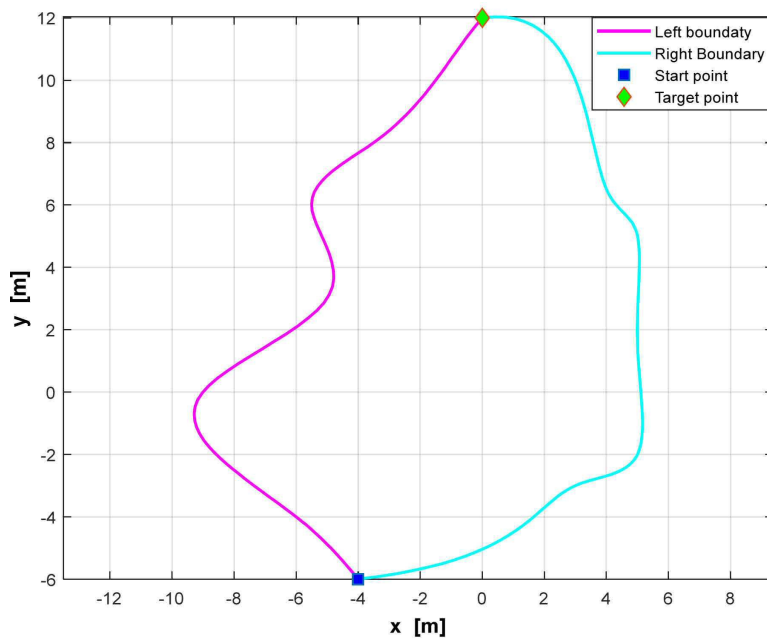
도면13



도면14



도면15



도면16

