



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0037954
(43) 공개일자 2010년04월12일

(51) Int. Cl.

E02F 9/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0097312

(22) 출원일자 2008년10월02일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

홍대희

경기도 안양시 동안구 평촌동 꿈마을 현대아파트
601동 101호

박형주

서울특별시 영등포구 당산동 강변래미안아파트
306동 203호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

민영준, 최관락, 송인호

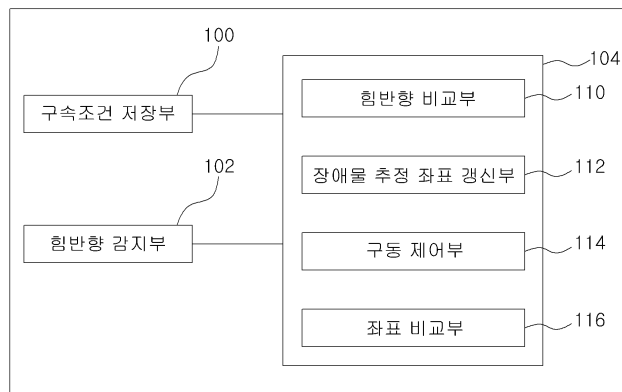
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 굴삭기 자동 제어 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 굴삭기 자동 제어 방법 및 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 미리 설정된 구속조건에 따라 굴삭기의 붐, 암 및 버킷을 포함하는 액츄에이터부를 구동시키는 단계-상기 구속조건은 굴삭 영역, 단위 이동 영역, 상기 버킷에 가해지는 힘반향(force-feedback) 임계치 및 장애물 추정 좌표 정보 중 적어도 하나를 포함함-; 및 굴삭 작업 중 상기 버킷에 상기 임계치를 초과하는 힘반향이 감지되는 경우, 상기 힘반향이 상기 임계치를 초과하는 지점에 대한 좌표 정보를 상기 장애물 추정 좌표 정보로 저장하는 단계를 포함한다. 본 발명에 따르면 효율적으로 장애물을 감지하면서 굴삭 작업을 자동으로 수행할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이상학

서울특별시 송파구 풍납동 현대리버빌 아파트 308
동 110호

이창섭

서울특별시 서초구 방배4동 현대아파트 107동 508
호

장준현

서울특별시 강남구 일원본동 샘터마을아파트 110동
1306호

장달식

서울특별시 송파구 풍납2동 현대리버빌아파트 308
동 110호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C106D101000106D020100220

부처명 한국건설교통기술평가원

연구사업명 건설기술연구개발사업

연구과제명 굴삭 로봇 최적경로 생성 및 힘반향 기술개발

주관기관 전자부품연구원

연구기간 2006년 12월 29일~2007년 10월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

굴삭기의 자동 제어 방법으로서,

(a) 미리 설정된 구속조건에 따라 굴삭기의 붐, 암 및 버킷을 포함하는 액츄에이터부를 구동시키는 단계-상기 구속조건은 굴삭 영역, 단위 이동 영역, 상기 버킷에 가해지는 힘반향(force-feedback) 임계치 및 장애물 추정 좌표 정보 중 적어도 하나를 포함함-; 및

(b) 굴삭 작업 중 상기 버킷에 상기 임계치를 초과하는 힘반향이 감지되는 경우, 상기 힘반향이 상기 임계치를 초과하는 지점에 대한 좌표 정보를 상기 장애물 추정 좌표 정보로 저장하는 단계를 포함하는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

버킷 실린더 측에 설치된 센서에서 상기 굴삭 작업 시 상기 버킷에 가해지는 힘반향을 감지하는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 굴삭 영역은 상기 액츄에이터부에 대해 y좌표가 고정된 상태에서 x좌표의 범위로 설정되는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 단위 이동 영역은 단위 사이클에서 상기 버킷이 z축 방향으로 이동하는 거리로 설정되는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

1 내지 k 사이클(k는 1이상의 자연수)에서 상기 (b) 단계에 따라 장애물 추정 좌표가 저장되는 경우, 복수의 장애물 추정 좌표 중 x좌표값이 가장 큰 것을 기준 x좌표값으로 설정하는 단계를 더 포함하는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

k+1 사이클에서 상기 (b)단계에 따라 장애물 추정 좌표가 저장되는 경우, 상기 k+1 사이클에서의 장애물 추정 좌표의 x좌표값과 상기 기준 x좌표값을 비교하는 단계를 제2 좌표 정보가 저장되는 경우, 상기 제1 및 제2 좌표 정보의 x축 좌표 값을 비교하는 단계를 더 포함하되,

상기 k+1 사이클에서의 x좌표값이 상기 기준 x좌표값보다 작은 경우, 상기 버킷을 상기 기준 x좌표값만큼 이동시키는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 k+1 사이클에서의 x좌표값이 상기 기준 x좌표값보다 큰 경우, 상기 k+1 사이클에서의 x좌표값을 기준 x좌표값으로 갱신하는 단계를 더 포함하는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

소정 사이클에서 상기 (b) 단계에 따라 장애물 추정 좌표가 저장되고, 상기 장애물 추정 좌표에서의 z좌표가 상기 단위 이동 영역보다 작은 경우, 상기 (a) 단계는 상기 버켓을 승강시키고, 상기 버켓을 상기 x축 방향으로 미리 설정된 거리만큼 이동시키는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 9

제5항에 있어서,

소정 사이클에서 상기 버켓이 z축 방향으로 이동하는 중에 상기 임계치를 초과하는 힘반향이 감지되는 경우, 상기 (a) 단계는 상기 임계치를 초과하는 지점의 z좌표 상에서 상기 버켓을 x축 방향으로 미리 설정된 거리만큼 이동시키는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 10

굴삭기의 자동 제어 방법으로서,

(a) 굴삭기 액츄에이터부의 굴삭 영역 및 단위 이동 영역을 설정하는 단계;

(b) 상기 굴삭 영역 및 단위 이동 영역에 따라 상기 액츄에이터부를 구동시키는 단계; 및

(c) 굴삭 작업 중 상기 액츄에이터부에 미리 설정된 임계치를 초과하는 힘반향이 감지되는 경우, 상기 임계치를 초과하는 지점에 대한 좌표 정보를 저장하는 단계를 포함하는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 저장된 좌표 정보는 장애물 추정 좌표 정보이며, 상기(b) 단계는 상기 장애물 추정 좌표 정보를 기반으로 상기 액츄에이터부를 구동시키는 굴삭기 자동 제어 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하는 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

청구항 13

굴삭기의 자동 제어 시스템으로서,

굴삭 영역, 단위 이동 영역, 붐, 암 및 버켓을 포함하는 상기 액츄에이터부 중 적어도 하나에 상응하는 힘반향(force-feedback) 임계치 및 장애물 추정 좌표 정보 중 적어도 하나를 포함하는 구속조건을 저장하는 구속조건 저장부;

굴삭 작업 시 굴삭기의 중 상기 액츄에이터부에 가해지는 힘반향을 감지하는 힘반향 감지부; 및

상기 감지된 힘반향이 상기 임계치를 초과하는 경우, 상기 힘반향이 상기 임계치를 초과하는 지점에 대한 좌표 정보가 상기 장애물 추정 좌표 정보로 저장되도록 제어하는 제어부를 포함하는 굴삭기 자동 제어 시스템.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 굴삭기 자동 제어 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 굴삭기가 굴삭 영역에 존재하는 장애물을 감지하고 장애물을 효과적으로 회피하면서 굴삭 작업을 할 수 있도록 하는 지능형 굴삭기 자동 제어 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

굴삭기는 주로 토사를 굴삭하는 장비로서, 토사 적재, 건물 기초 작업, 택지 조성 작업 및 화물 적재 등 다양

한 작업을 할 수 있는 건설기계이다.

- [0003] 일반적으로 굴삭기는 유압탱크에서 흡입된 유압유가 메인펌프에서 토출되어 조이스틱레버의 조작에 따라 방향전환밸브인 컨트롤밸브를 통해 굴삭기에 장착된 붐 실린더, 암 실린더, 버킷 실린더에 공급되어 액츄에이터부 즉, 붐, 암, 버킷 등을 작동시켜 원하는 작업을 할 수 있도록 구성된다.
- [0004] 굴삭 환경은 매우 열악하고 위험하기 때문에 점차적으로 작업자의 수동 조작이 아닌 소정 제어 알고리즘을 이용하여 자동으로 제어되는 지능형 굴삭기에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [0005] 지능형 굴삭기(굴삭 로봇)는 단순 반복적인 굴삭 작업을 인력이 아닌 자동으로 수행함으로써 노동비 절감을 피하고 사고 위험을 줄이기 위하여 제안되었다.
- [0006] 자동화된 굴삭 작업을 위해서는 각종 센서를 통해 굴삭 환경에 대한 정보를 실시간으로 입력 받는 것이 필수적이다.
- [0007] 종래에 암 또는 버킷에 직접 센서를 장착하는 다수의 지능형 굴삭기의 제어 모델이 제안되기는 하였으나, 굴삭 환경은 매우 열악하고, 위험하기 때문에 굴삭기의 암 또는 버킷 자체에 센서를 장착하는 것은 쉽지 않아 지능형 굴삭기를 현장 적용하는데 어려운 문제점이 있다.
- [0008] 특히, 자동화된 굴삭 작업을 위해서는 굴삭 영역 내에 존재하는 장애물을 감지하고 이를 회피하는 것이 필수적이며, 이러한 변수를 고려하지 않고 굴삭 작업을 진행하는 경우 액츄에이터부가 파손될 수도 있으며 나아가 굴삭기의 전복까지 발생할 수 있다.
- [0009] 한편, 굴삭 영역 내에 존재하는 장애물의 형태는 크게 전기나 하수시설 또는 큰 돌이나 구조물일 수 있다.
- [0010] 전기시설이나 하수시설의 존재 유무에 대한 조사는 굴삭 작업 전에 토질조사계획에 포함되어 있어야 하지만 미항공우주국(NASA)의 조사에 따르면 이와 같은 유틸리티 라인을 파손시켜 발생하는 사고는 미국에서 해마다 증가하고 있다고 한다.
- [0011] 전기시설은 금속탐지기 등을 통해 미리 감지할 수도 있으나, 하수시설의 경우는 이러한 방식으로 장애물을 감지할 수 없다.
- [0012] 또한, 장애물이 큰 돌 또는 구조물인 경우 장애물의 특성을 파악하여 굴삭기가 이를 회피할지 아니면 제거할지를 결정해야할 필요가 있다.
- [0013] 전술한 바와 같이, 종래에 다수의 지능형 굴삭기 모델이 제안되고 있으나 신뢰성이 있게 장애물을 감지하고 이를 회피하는 알고리즘은 존재하지 않고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0014] 본 발명에서는 상기한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해 신뢰성이 있게 장애물을 감지할 수 있는 굴삭기 자동 제어 방법 및 시스템을 제안하고자 한다.
- [0015] 본 발명의 다른 목적은 굴삭기의 버킷이 효율적으로 장애물을 회피할 수 있도록 하는 굴삭기 자동 제어 방법 및 시스템을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- [0016] 상기한 목적을 달성하기 위해 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 굴삭기의 자동 제어 방법으로서, (a) 미리 설정된 구속조건에 따라 굴삭기의 붐, 암 및 버킷을 포함하는 액츄에이터부를 구동시키는 단계-상기 구속조건은 굴삭 영역, 단위 이동 영역, 상기 버킷에 가해지는 힘반향(force-feedback) 임계치 및 장애물 추정 좌표 정보 중 적어도 하나를 포함함-; 및 (b) 굴삭 작업 중 상기 버킷에 상기 임계치를 초과하는 힘반향이 감지되는 경우, 상기 힘반향이 상기 임계치를 초과하는 지점에 대한 좌표 정보를 상기 장애물 추정 좌표 정보로 저장하는 단계를 포함하는 굴삭기 자동 제어 방법이 제공된다.
- [0017] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 굴삭기의 자동 제어 방법으로서, (a) 굴삭기 액츄에이터부의 굴삭 영역 및 단위 이동 영역을 설정하는 단계; (b) 상기 굴삭 영역 및 단위 이동 영역에 따라 상기 액츄에이터부를 구동시키는 단계; 및 (c) 굴삭 작업 중 상기 액츄에이터부에 미리 설정된 임계치를 초과하는 힘반향이 감지되는 경우, 상기

임계치를 초과하는 지점에 대한 좌표 정보를 저장하는 단계를 포함하는 굴삭기 자동 제어 방법이 제공된다.

[0018] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면 상기한 방법을 수행하는 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체가 제공된다.

[0019] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 굴삭기의 자동 제어 시스템으로서, 굴삭 영역, 단위 이동 영역, 흙, 암 및 버켓을 포함하는 상기 액추에이터부 중 적어도 하나에 상응하는 힘반향(force-feedback) 임계치 및 장애물 추정 좌표 정보 중 적어도 하나를 포함하는 구속조건을 저장하는 구속조건 저장부; 굴삭 작업 시 굴삭기의 중 상기 액추에이터부에 가해지는 힘반향을 감지하는 힘반향 감지부; 및 상기 감지된 힘반향이 상기 임계치를 초과하는 경우, 상기 힘반향이 상기 임계치를 초과하는 지점에 대한 좌표 정보가 상기 장애물 추정 좌표 정보로 저장되도록 제어하는 제어부를 포함하는 굴삭기 자동 제어 시스템이 제공된다.

효 과

[0020] 본 발명에 따르면, 미리 설정된 알고리즘을 통해 장애물로 추정되는 지점의 좌표를 저장하기 때문에 장애물 존재 여부를 효율적으로 파악할 수 있는 장점이 있다.

[0021] 또한, 본 발명에 따르면, 장애물로 추정되는 물체가 발견되는 경우 굴삭 작업의 이전 사이클을 참조하여 장애물을 효율적으로 회피할 수 있는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0023] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0024] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0025] 본 출원에서 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. 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.

[0026] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0027] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면 번호에 상관없이 동일한 수단에 대해서는 동일한 참조 번호를 사용하기로 한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 굴삭기 자동 제어 시스템을 도시한 도면이다.

[0029] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 굴삭기 자동 제어 시스템은 구속조건 저장부(100), 힘반향 감지부(102) 및 제어부(104)를 포함할 수 있다.

- [0030] 일반적인 굴삭기와 마찬가지로 본 발명에 따른 굴삭기는 도 2에 도시된 바와 같이, 붐(200), 암(202) 및 버킷(204)과 같은 굴삭 작업을 위한 액츄에이터부를 포함하며, 액츄에이터부는 유압 실린더(206 내지 210) 및 실린더 로드(212 내지 216)를 통해 구동된다.
- [0031] 여기서 붐(200)은 굴삭기의 상부 선회체 프레임(230)에 설치되고, 1~2개의 유압 실린더(206)에 의해 구동되며, 승강 및 하강 동작을 한다.
- [0032] 암(202)은 붐(200)과 버킷(204)을 연결하는 것으로서, 디퍼 스틱이라고도 하며, 굽히기 또는 펴기 동작을 한다.
- [0033] 버킷(204)은 주로 굴삭 작업과 토사를 싣는 작업을 하며 오픈리기 또는 펴기와 같은 동작을 한다.
- [0034] 도 3에 도시된 바와 같이, x , y 및 z 좌표로 정의될 수 있는 굴삭 영역에서 상기와 같은 붐(200) 및 암(202)의 움직임에 따라 버킷(204)이 굴삭 영역 지표면 상부의 소정 지점(300)에 배치된 후에 굴삭 작업이 시작된다.
- [0035] 굴삭 작업 시, 버킷(204)은 펴진 상태로 상기한 지점(300)에서 z 축 방향으로 소정 깊이만큼, 보다 상세하게는 지표면으로부터 소정 깊이만큼 하강하며, 이후 해당 깊이에서 오픈리진 상태로 x 축 방향으로 이동한다.
- [0036] x 축 방향으로의 이동은 x 좌표 값이 작아지는 방향으로의 이동을 의미하며, 이와 같은 이동에 따라 버킷(204)에 토사가 담겨진다.
- [0037] 소정 거리만큼 이동한 후, 버킷(204)은 z 축 방향으로 승강하며, 선회 과정을 통해 담겨진 토사를 배출하게 된다.
- [0038] 상기와 같이, 버킷(204)의 배치, 하강, x 축 방향으로의 이동, 상승 및 토사 배출이 굴삭 작업의 단위 사이클이 된다.
- [0039] 이러한 방식으로 구동되는 굴삭기의 일반 원리를 고려하여 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 굴삭기 자동 제어 시스템은 미리 설정된 구속조건을 기반으로 액츄에이터부를 구동시킨다.
- [0040] 본 발명에 따른 구속조건 저장부(100)는 미리 설정된 구속조건을 저장하며, 여기서 구속조건은 굴삭 영역, 단위 이동 영역, 버킷에 가해지는 힘반향(force-feedback) 임계치 및 장애물 추정 좌표 정보 중 하나를 포함할 수 있다.
- [0041] 여기서, 굴삭 영역은 액츄에이터부가 굴삭 작업을 하는 단위 영역을 의미하며, 바람직하게, 굴삭 영역은 액츄에이터부에 대해 y 좌표가 고정된 상태에서 x 좌표를 기준으로 설정될 수 있다.
- [0042] 여기서, 굴삭 영역의 y 좌표가 고정된다는 것은 버킷이 소정 깊이만큼 내려간 후 토사를 담기 위해 x 축 방향으로의 움직임만을 갖는 것을 의미한다.
- [0043] y 좌표가 고정되는 경우, 소정 깊이만큼 버킷이 들어간 후 상부 선회체 프레임(230)의 선회 동작 없이 토사를 담는 과정이 진행된다.
- [0044] 이처럼, 굴삭 영역을 x 좌표만으로 정의하는 것은 장애물로 추정되는 지점의 좌표를 손쉽게 결정하기 위함이다.
- [0045] 한편, 단위 이동 영역은 단위 사이클에서 버킷(204)이 순차적으로 굴삭 영역에서 토사를 담기 위해 z 축 방향으로 이동하는 거리를 의미한다.
- [0046] 즉, 단위 이동 영역은 단위 사이클에서 버킷(204)이 토사를 담기 위해 하강하는 거리이다.
- [0047] 도 4는 본 발명에 따른 굴삭기 자동 제어를 위한 버킷의 이동 경로를 도시한 도면이고, 도 5는 도 4에 따른 버킷의 좌표 변화를 도시한 도면이다.
- [0048] 도 4 내지 도 5를 참조하면, 굴삭 영역은 x 축 방향으로 3 내지 6.5m로 설정되며, 단위 이동 영역은 z 축 방향으로 0.4m로 설정된다.
- [0049] 도 5에 도시된 바와 같이, 굴삭 작업 시, 단위 사이클(도 5에는 단위 사이클을 6개의 시퀀스로 구성)에서 버킷(204)은 3 내지 6.5m의 x 좌표 범위 내에서 이동하며, 사이클이 반복됨에 따라 버킷(204)은 0m, 내지 -2.4m의 z 좌표 범위 내에서 단위 이동 영역에 해당하는 0.4m씩 더 하강한 후에 토사를 담는 과정을 수행하게 된다.
- [0050] 반면, 굴삭 영역이 x 축 방향으로 정의되므로 굴삭 작업 시, y 좌표는 고정된다.
- [0051] 한편, 힘반향 임계치는 붐, 암 또는 버킷 중 하나에 대해 설정되며, 바람직하게는 버킷의 이동 중에 장애물이 걸리는 일이 발생하므로, 버킷에 가해지는 힘반향에 대해 설정될 수 있다.

- [0052] 힘반향 임계치는 굴삭 영역 내에 장애물이 존재하는지 여부를 판단하기 위한 정보로서, 버킷에 대해 설정되는 것은 일반적으로 굴삭 영역 내에 장애물이 존재하는 경우에 버킷 실린더에 가해지는 힘반향이 증가하기 때문이다.
- [0053] 본 발명에 따른 굴삭 작업 중 힘반향 감지부(102)는 버킷에 가해지는 힘반향 정보를 전기적 신호로 변환하여 제어부(104)로 출력한다.
- [0054] 바람직하게, 힘반향 감지부(102)는 버킷 실린더 측에 제공될 수 있다.
- [0055] 본 발명에 따르면, 제어부(104)는 힘반향 비교부(110), 장애물 추정 좌표 정보 갱신부(112) 및 구동 제어부(114)를 포함할 수 있다.
- [0056] 제어부(104)의 힘반향 비교부(110)는 굴삭 작업 시, 버킷의 좌표를 연속적으로 모니터링 하고 있으며, 소정 지점에서 힘반향 감지부(102)가 감지한 힘반향이 미리 설정된 임계치를 초과하는지 여부를 판단한다.
- [0057] 만일 소정 지점에서의 힘반향이 임계치를 초과하는 경우, 장애물 추정 좌표 갱신부(112)는 임계치를 초과한 힘반향이 검출된 지점에 대한 좌표 정보가 장애물 추정 좌표 정보로 저장되도록 제어한다.
- [0058] 즉, 장애물 추정 좌표 갱신부(112)는 힘반향의 모니터링을 통해 해당 굴삭 영역에서 장애물이 위치한 지점에 대한 정보가 상기한 구속조건 저장부(100)에 저장될 수 있도록 한다.
- [0059] 본 발명에 따르면, 구동 제어부(114)는 상기와 같이 갱신되는 장애물 추정 좌표를 이용하여 굴삭기의 액츄에이터부의 구동을 제어하며, 보다 상세하게는 버킷의 이동을 제어한다.
- [0060] 하기에서는 도 6 내지 도 7을 참조하여 본 발명에 따른 액츄에이터부의 구동 제어 과정을 설명한다.
- [0061] 도 6은 장애물이 존재하는 경우의 버킷의 이동 경로를 도시한 도면이고, 도 7은 도 6에 따른 버킷의 좌표 변화를 도시한 도면이다.
- [0062] 도 6 내지 도 7에서 굴삭 영역 및 버킷의 z방향으로의 단위 이동 영역은 도 4 내지 도 5에서 설명한 것과 같다.
- [0063] 도 6 내지 도 7을 참조하면, 구동 제어부(114)는 제1 사이클에서, 버킷(204)을 시작 지점(600)으로 이동시킨 후, z방향으로 -0.4m까지 하강시킨다. 이후, x축 방향으로 버킷을 이동시킨다. 이때, 버킷은 오프리는 동작을 통해 토사를 담기 때문에 x축 방향으로의 버킷 이동은 x좌표값이 작아지는 방향으로 이루어진다.
- [0064] x축 방향으로의 이동 중 제1 지점(601)에서 힘반향 비교부(110)는 힘반향 감지부(102)에 의해 감지된 힘반향이 미리 설정된 임계치를 초과하는 것으로 판단하게 되며, 장애물 추정 좌표 갱신부(112)는 제1 지점(602)에 대한 좌표 정보를 장애물 추정 좌표로 저장한다.
- [0065] 제1 지점(601)에서 구동 제어부(114)는 버킷(204)을 더 이상 x축 방향으로 이동시키지 않고 바로 승강시킨다.
- [0066] 제2 사이클에서, 구동 제어부(114)는 다시 버킷(204)을 시작 지점(600)으로 이동시키고, z축 방향으로 -0.8m까지 하강시키며, 이후 x축 방향으로 버킷을 이동시킨다.
- [0067] 이때, x축 방향으로의 이동 중 제2 지점(602)에서의 힘반향이 미리 설정된 임계치를 초과하는 경우, 장애물 추정 좌표 갱신부(112)는 제2 지점(602)에 대한 좌표 정보를 저장하며, 구동 제어부(114)는 버킷(204)이 바로 승강되도록 제어한다.
- [0068] 이와 같은 방식으로 제3 지점(603)에 대한 좌표 정보의 저장까지 순차적으로 이루어질 수 있다.
- [0069] 다른 한편, 본 발명에 따른 제어부(104)는 좌표 비교부(116)를 추가로 포함할 수 있으며, 좌표 비교부(116)는 이전 사이클에서의 장애물 추정 좌표와 현재 사이클에서의 장애물 추정 좌표를 비교하여 버킷(204)이 손상되는 일 없이 굴삭 작업을 할 수 있도록 한다.
- [0070] 예를 들어, 제3 사이클에 따라 제3 지점(603)에 대한 좌표 정보가 저장된 후, 제4 사이클에서, 버킷의 시작 지점 이동, z방향으로 -1.6m까지의 하강 및 해당 z좌표에서 x축 방향으로의 이동 과정이 수행된다.
- [0071] 여기서, 버킷이 제4 지점(604)에 위치하는 경우에 장애물 추정 좌표 갱신부(112)는 제4 지점(604)에 대한 좌표 정보를 저장한다.
- [0072] 본 발명에 따른 좌표 비교부(116)는 기 저장된 장애물 추정 좌표 정보 중 x축 방향으로 가장 큰 값을 갖는 장애물 추정 좌표의 x좌표 값을 기준 x좌표값으로 저장하고, 현재 사이클에서 저장된 장애물 추정 좌표 정보의 x좌

표값과 상기한 기준 x좌표값을 비교하는 과정을 수행한다.

- [0073] 상기한 좌표 비교를 통해 현재 사이클에서의 x좌표값이 상기한 기준 x좌표값보다 작은 것으로 판단되는 경우, 구동 제어부(114)는 버킷을 상기한 기준 x좌표값만큼 이동시킨 후 승강시킨다.
- [0074] 이는 제5 지점(605)에 대해서도 동일하게 이루어진다.
- [0075] 한편, 현재 사이클에서의 x좌표값이 기준 x좌표값보다 큰 경우에, 좌표 비교부(116)는 현재 사이클에서의 x좌표값을 기준 x좌표값으로 저장하게 된다.
- [0076] 이처럼 x좌표값 비교에 따라 버킷을 이동시키기 때문에 버킷의 승강 중에 장애물에 버킷이 파손되는 일이 방지될 수 있다. 장애물에 의한 버킷의 파손이 방지될 수 있다.
- [0077] 이후, 제6 사이클에서 버킷이 -2.4m에서 x축 방향으로 이동하는 중에 버킷에 가해지는 힘반향이 임계치를 초과하는 지점이 나타나지 않는 경우, 구동 제어부(114)는 제6 지점(606)에서 버킷을 계속 이동시키지 않고, 버킷을 상기한 기준 x좌표에서 승강시킨다.
- [0078] 상기에서는 굴삭 영역의 깊이 방향에서 버킷의 x축 방향으로의 이동 시 임계치를 초과하는 힘반향이 감지된 경우를 설명한 것이다.
- [0079] 이에 비해, 본 발명에 따른 구동 제어부(114)는 버킷이 z축 방향으로 이동하는 중에 제7 지점(607)과 같이, z축 방향으로 단위 이동 영역(즉, 0.4m)보다 작은 거리에서 버킷에 가해지는 힘반향이 임계치를 초과하는 경우, 버킷을 x축 방향으로 이동시키지 않고 바로 승강시키는 과정을 수행한다.
- [0080] 여기서 단위 이동 영역은 토사를 담을 수 있는 최소한의 깊이로 설정될 수 있는데, 상기와 같이, 버킷이 최소한의 깊이만으로도 들어가지 못할 경우 토사를 담는 과정을 중지하는 것이다.
- [0081] 이때, 제7 지점에 대한 좌표 정보 역시 장애물 추정 좌표 정보로 저장된다.
- [0082] 상기와 같이 z축 방향으로 장애물이 감지되는 경우, 구동 제어부(114)는 버킷을 x축 방향으로 미리 설정된 거리만큼 이동시키며, 바람직하게는 x축 좌표가 작아지는 방향으로 버킷을 이동시킨다.
- [0083] 도 7에 도시된 바와 같이, 제8 내지 제9 지점(608 내지 609)에서는 버킷이 z축 방향으로 단위 이동 영역만큼 이동하지 못하므로 제7 지점에서의와 동일한 과정이 수행된다.
- [0084] 한편, 버킷이 z축 방향으로 이동하는 중에 단위 이동 영역보다는 깊은 위치에서 힘반향이 임계치를 초과하는 지점(제10 지점(610))이 감지되는 경우, 장애물 추정 좌표 갱신부(112)는 해당 좌표 정보를 저장하며, 구동 제어부(114)는 버킷을 해당 z좌표에서 굴삭 영역의 x좌표 시작점까지 버킷을 이동시킨 후, 승강시키게 된다.
- [0085] 이처럼 z축 방향으로 장애물이 감지되는 경우 구동 제어부(114)는 상기한 제7 내지 제10 지점에서의와 같이 버킷을 이전 사이클의 시작 지점이 아닌 x축 방향으로 미리 설정된 거리만큼 이동시킨 후 해당 사이클을 시행할 수 있다.
- [0086] 본 발명에 따른 장애물 추정 좌표 정보 수집을 위한 알고리즘은 도 8에 도시된 테이블과 같은 구조를 가질 수 있으며, 상기와 같은 방법으로 장애물 추정 좌표 정보를 수집하는 경우 하기에서 설명하는 바와 같이, 장애물의 형상을 다음과 같은 행렬로 장애물 형상 매트릭스를 생성할 수 있다.

수학식 1

$$\mathbf{F}_b = \begin{bmatrix} x_{b1} & y_{b1} & z_{b1} \\ x_{b2} & y_{b2} & z_{b2} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{bn} & y_{bn} & z_{bn} \end{bmatrix}$$

- [0087]
- [0088] 여기서, n은 x-z 한 평면에서 인식된 장애물 추정 지점의 개수이다.
- [0089] 본 실시예에서, 장애물 형상 매트릭스는 9개의 행 요소를 가지고 있으며, 이 점들을 만족하는 최소자승원을 얻을 수 있다.

[0090] 최소자승원의 반경은 0.969m이고, 중심점의 좌표는 (4.75, 0, -1.2)임을 알 수 있다. 여기서 최소자승법은 자코비안 J를 구성하여 다음의 수학적 2를 통해 에러를 업데이트 하는 방법으로 수행한다.

수학적 2

$$\Delta \mathbf{X} = (\mathbf{J}^T \mathbf{W} \mathbf{J})^{-1} \mathbf{J}^T \mathbf{K}$$

[0091]

[0092] 여기서 W는 n*n의 항등행렬, K는 n*1의 잔여벡터행렬, 그리고 J는 목표방정식의 각 좌표값에 대한 편미분을 통해 얻은 n*3의 행렬로 구성된다.

[0093] 상기한 수학적식으로 얻은 최소자승원의 반경을 통해 도 9에 도시된 바와 같이 장애물의 크기를 알 수 있고 장애물이 둘이라고 가정할 경우, 둘의 평균적인 밀도를 통해 둘의 무게를 얻을 수 있다.

[0094] 본 발명에 따르면, 미리 설정된 알고리즘을 통해 굴삭 영역 내에 존재하는 장애물 감지 및 장애물 형상을 파악할 수 있으며, 이를 통해 로컬하게 버킷의 이동 경로를 제어함으로써 안전하게 굴삭 작업을 할 수 있게 된다.

[0095] 하기에서는 도 10 내지 도 11을 참조하여 본 발명에 따른 굴삭기 자동 제어 과정을 상세하게 설명한다.

[0096] 도 10은 본 발명에 따른 굴삭기 자동 제어 과정을 도시한 순서도이다.

[0097] 도 10을 참조하면, 우선, 굴삭기에 대한 구축조건을 설정한다(단계 1000).

[0098] 여기서 구축조건은 굴삭 영역, 단위 이동 영역 및 힘반향 임계치 정보 중 하나를 포함할 수 있다.

[0099] 이후, 굴삭기의 액츄에이터부를 구동시킨다(단계 1002).

[0100] 액츄에이터부, 특히 버킷의 이동 경로를 기준으로 버킷에 가해지는 힘반향을 감지한다(단계 1004).

[0101] 이때, 감지된 힘반향이 미리 설정된 임계치를 초과하는지 여부를 판단하며(단계 1006), 임계치를 초과하는 경우 해당 지점에 대한 좌표 정보를 장애물 추정 좌표 정보로 저장한다(단계 1008).

[0102] 다음으로 버킷을 z축 방향으로 단위 이동 영역만큼 이동 시킨 후, 상기한 단계 1004 내지 1008을 반복 수행한다(단계 1010).

[0103] 도 11은 장애물 추정 좌표가 갱신되는 경우에 x축 좌표 비교를 통한 버킷의 이동 경로 제어 과정을 도시한 순서도이다.

[0104] 도 11을 참조하면, 굴삭기 자동 제어 시스템은 각 사이클에서 감지된 장애물 추정 좌표 정보를 저장한다(단계 1100).

[0105] 굴삭기 자동 제어 시스템은 기 저장된 장애물 추정 좌표 정보 중 x축 방향으로 가장 큰 값을 갖는 장애물 추정 좌표의 x좌표 값을 기준 x좌표값으로 저장한다(단계 1102).

[0106] 이후, 버킷에 가해지는 힘반향이 미리 설정된 임계치를 초과하는지 여부를 판단하며(단계 1104), 감지된 힘반향이 임계치를 초과하는 경우, 해당 지점에 대한 좌표 정보를 장애물 추정 좌표로 저장한다(단계 1106).

[0107] 한편, 단계 1106에서 저장된 장애물 추정 좌표 정보의 x좌표값이 상기한 기준 x좌표값보다 큰지 여부를 판단한다(단계 1108).

[0108] 만일 단계 1106에서 저장된 장애물 추정 좌표의 x좌표값이 상기한 기준 x좌표값보다 작은 경우, 굴삭기 자동 제어 시스템은 버킷을 상기한 기준 x좌표값만큼 이동시킨 후 승강시킨다(단계 1110).

[0109] 한편, 단계 1106에서 저장된 장애물 추정 좌표의 x좌표값이 상기한 기준 x좌표값보다 큰 경우, 굴삭기 자동 제어 시스템은 단계 1006에 따른 x좌표값을 기준 x좌표값으로 저장한다(단계 1112).

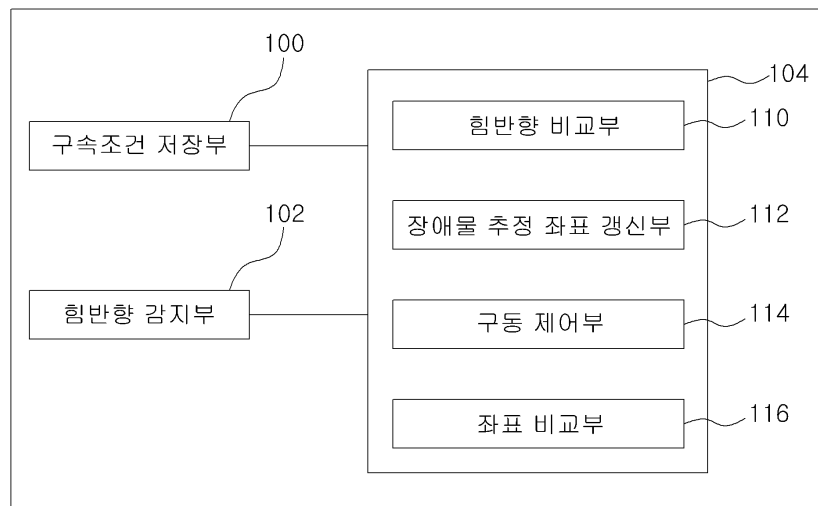
[0110] 상기한 본 발명의 바람직한 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대해 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

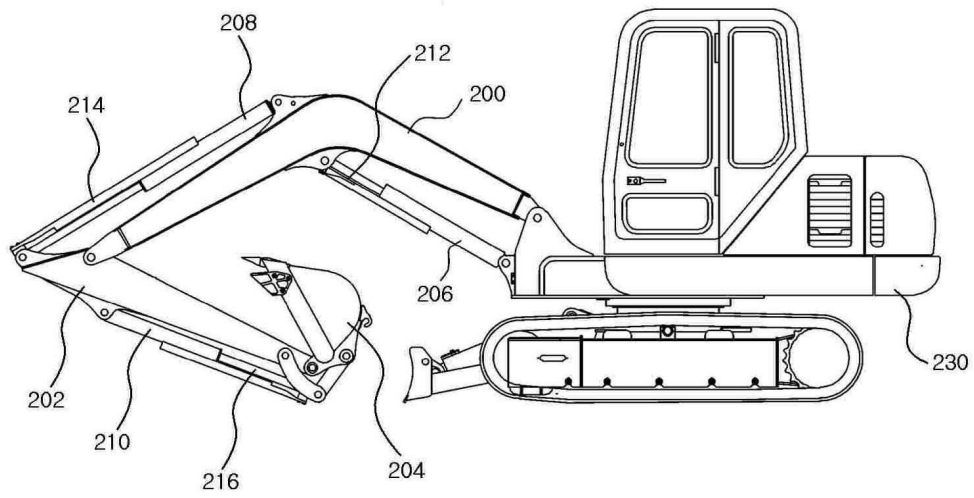
- [0111] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 굴삭기 자동 제어 시스템을 도시한 도면
- [0112] 도 2는 일반적인 굴삭기의 구조를 도시한 도면.
- [0113] 도 3은 본 발명에 따른 굴삭 영역을 설명하기 위한 도면.
- [0114] 도 4는 본 발명에 따른 굴삭기 자동 제어를 위한 버킷의 이동 경로를 도시한 도면.
- [0115] 도 5는 도 4에 따른 버킷의 좌표 변화를 도시한 도면.
- [0116] 도 6은 장애물이 존재하는 경우의 버킷의 이동 경로를 도시한 도면.
- [0117] 도 7은 도 6에 따른 버킷의 좌표 변화를 도시한 도면.
- [0118] 도 8은 본 발명에 따른 장애물 추정 좌표 정보 수집을 위한 알고리즘을 도시한 도면.
- [0119] 도 9는 본 발명에 따른 알고리즘을 통해 생성된 장애물 형상을 도시한 도면.
- [0120] 도 10은 본 발명에 따른 굴삭기 자동 제어 과정을 도시한 순서도.
- [0121] 도 11은 장애물 추정 좌표가 갱신되는 경우에 x축 좌표 비교를 통한 버킷의 이동 경로 제어 과정을 도시한 순서도.

도면

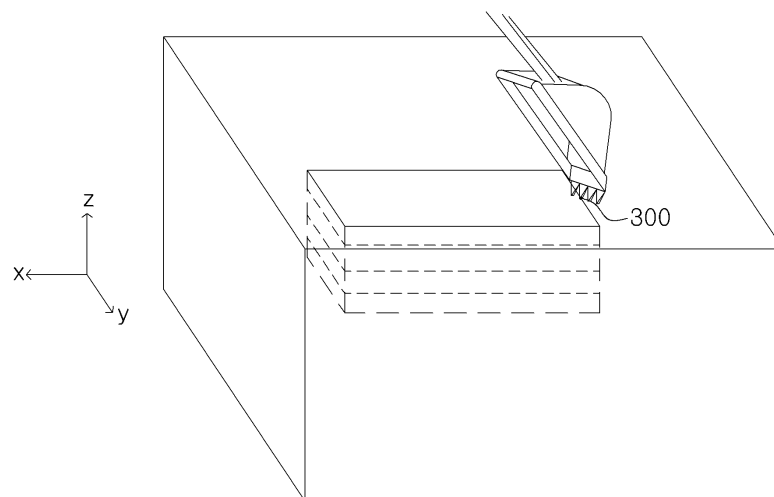
도면1



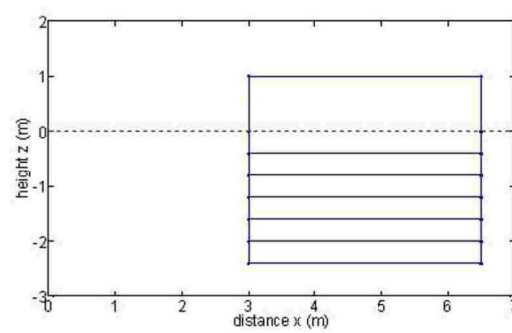
도면2



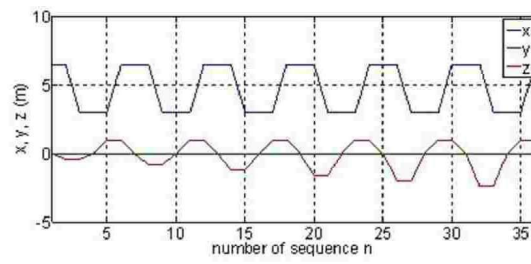
도면3



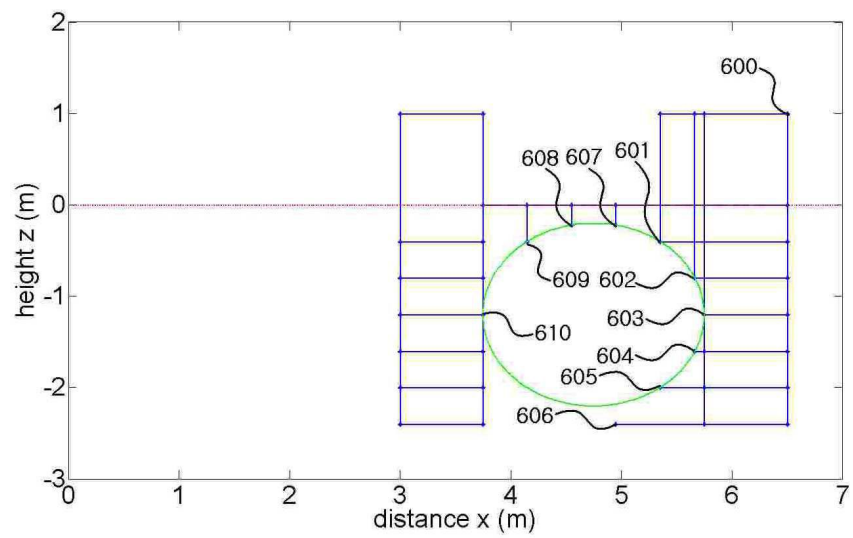
도면4



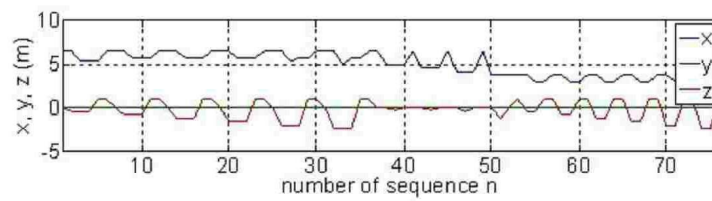
도면5



도면6



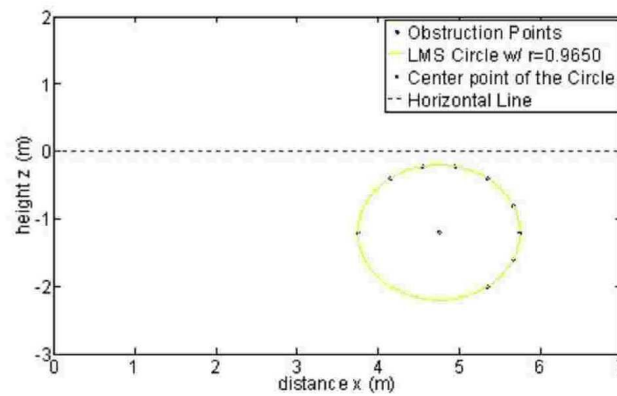
도면7



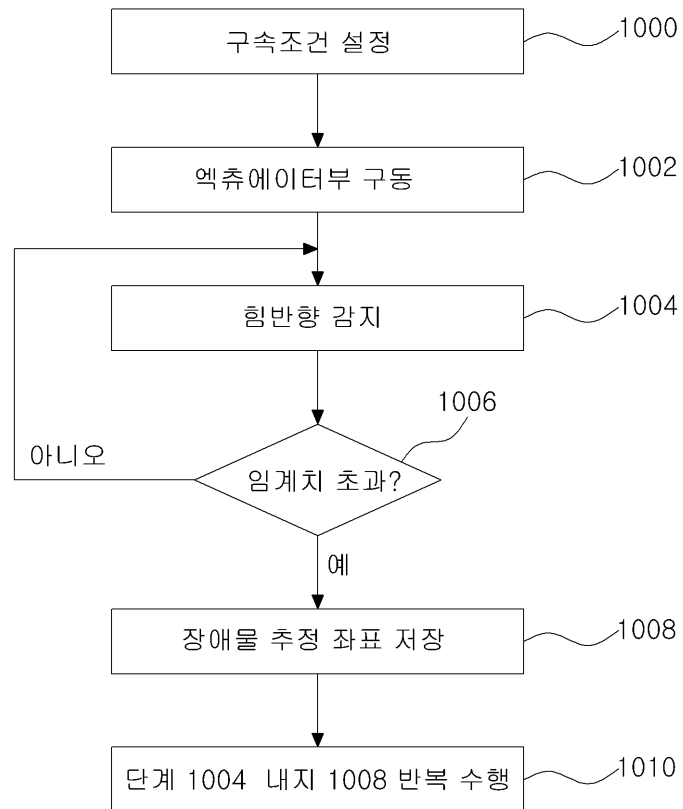
도면8

Input: max depth, dimension of trench,	
Output: trajectory of bucket tip , obstruction matrix	
1:	while bucket tip does not reaches max depth do
2:	if the job is not finished then
3:	if obstacle is detected then
4:	append the point to obstruction matrix
5:	else
6:	continues obstacle search and digging operation
7:	else
8:	break
9:	return trajectory of bucket tip, obstruction matrix

도면9



도면10



도면11

