(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0013471
(43) 공개일자 2009년02월05일

(51) Int. Cl.[9]
G01B 11/24 (2006.01) *G01B 11/28* (2006.01)
E02F 9/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0077630
(22) 출원일자 2007년08월02일
심사청구일자 2007년08월02일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천 남구 용현동 253 인하대학교
(72) 발명자
김영석
서울 강남구 대치동 미도아파트 208동 304호
한승우
서울 동작구 노량진동 한강하이츠빌라 5동 B102호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

전체 청구항 수 : 총 15 항

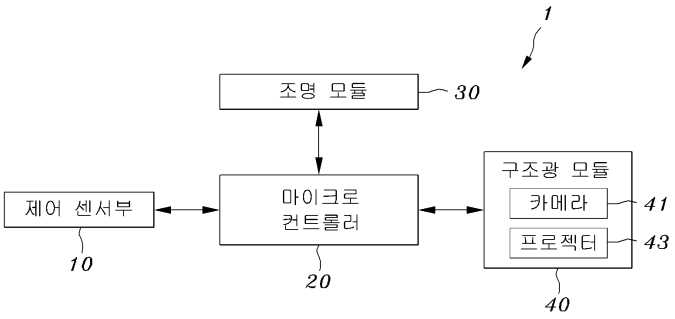
(54) 구조광을 이용한 토공량 산출 장치 및 방법

(57) 요 약

본 발명은 구조광을 이용한 토공량 산출 장치 및 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 굴삭기의 버켓으로 굴삭된 토공량을 3D 지반 형상 이미지를 통하여 산출할 수 있고, 작업이 완료된 지역에 대한 최종 토공량을 정확하게 산출할 수 있으며, 실시간 3 차원 지반 형상 이미지로 최적의 토공 작업 계획 시스템을 개발 및 활용할 수 있는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치 및 방법을 제공하기 위한 것이다.

그 기술적 구성은 굴삭기 암의 각 절곡점에 구비되어 굴삭기 암의 위치 및 굴절각을 감지하여 출력하는 제어 센서부; 상기 제어 센서부의 출력으로 굴삭기 암의 일측 단부에 구비된 버켓의 작업 영역의 영상을 촬영하도록 제어 신호를 출력하고, 촬영된 영상을 3 차원 이미지로 변환하여 토공량을 산출하는 마이크로 컨트롤러; 상기 제어 신호로 상기 작업 영역을 조사하도록 광원이 온(On)되는 조명 모듈; 상기 제어 신호로 상기 작업 영역을 촬영하는 구조광 모듈; 을 포함한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

권순욱

경기 성남시 분당구 정자동 정든마을 우성아파트 609동 1803호

이준복

경기 성남시 분당구 정자동 아데나렉스 apt 103동 903호

오세욱

인천 연수구 선학동 희영무지개APT 201-203호

안지성

서울 용산구 도원동 도원삼성아파트 104동 901호

유병인

서울 금천구 시흥4동 835-1번지

특허청구의 범위

청구항 1

굴삭기 암의 각 절곡점에 구비되어 굴삭기 암의 위치 및 굴절각을 감지하여 출력하는 제어 센서부;

상기 제어 센서부의 출력으로 굴삭기 암의 일측 단부에 구비된 버켓의 작업 영역의 영상을 촬영하도록 제어 신호를 출력하고, 촬영된 영상을 3 차원 이미지로 변환하여 토공량을 산출하는 마이크로 컨트롤러;

상기 제어 신호로 상기 작업 영역을 조사하도록 광원이 온(On)되는 조명 모듈;

상기 제어 신호로 상기 작업 영역을 촬영하는 구조광 모듈;

을 포함하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 조명 모듈은 작업 영역의 거리에 따라 광원의 집광도를 조절할 수 있는 초점 조절 장치;

를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 초점 조절 장치는 상기 조명 모듈의 광원의 집광을 조절할 수 있는 렌즈로 구비되는 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 렌즈는 광원의 집광을 조절할 수 있도록 이동가능한 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 조명 모듈의 광원은 태양광 보다 광도가 높은 램프인 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 램프는 금속 할로겐 램프인 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 조명 모듈의 광원은 태양광 보다 광도가 높도록 다수개의 램프를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 광원의 광도는 상기 램프 수에 선형적으로 비례하는 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 구조광 모듈은

상기 작업 영역의 촬영 주기 간에 상기 제어 센서부의 출력을 이용하여 작업 영역을 입력받아 상기 카메라를 좌우, 상하로 이동할 수 있는 카메라 구동장치;

를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 카메라 구동장치는 좌우로 이동하는 작업 영역을 따라 카메라를 좌우로 이동시킬 수 있는 패닝(Panning) 기능과, 상하로 이동하는 작업 영역을 따라 카메라를 상하로 이동시킬 수 있는 틸팅(Tilting) 기능을 구비하는 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 카메라는 상기 작업 영역과 카메라 간의 거리에 따라 앞뒤로 조절될 수 있는 줌 카메라인 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치.

청구항 12

굴삭기 암의 각 절곡점에 구비된 제어 센서부에서 굴삭기 암의 상대 위치 및 굴절각을 마이크로 컨트롤러로 출력하는 제1 단계;

상기 상대 위치 및 굴절각으로 굴삭기 버켓의 3차원 위치를 산출하여 버켓의 작업 영역을 촬영할 수 있도록 카메라 및 조명 모듈을 조정하는 제2 단계;

굴삭기의 굴삭이 진행되면 버켓의 작업 영역을 조사하도록 조명 모듈을 온(On)시켜 구조광 모듈로 작업 영역의 영상을 획득하는 제3 단계;

획득된 작업 영역의 영상 간의 지반 형상을 비교하여 토공량을 산출하는 제4 단계;

를 포함하여 이루어지는 구조광을 이용한 토공량 산출 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 제2 단계의 카메라는 작업 영역을 촬영할 수 있도록 좌우, 상하로 조절되는 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 방법.

청구항 14

청구항 12에 있어서,

상기 제2 단계의 카메라는 작업 영역과 카메라 간의 거리에 따라 줌(Zoom)되는 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 방법.

청구항 15

청구항 12에 있어서,

상기 제2 단계의 조명 모듈은 작업 영역에 광이 집중되도록 렌즈를 이동하는 것을 특징으로 하는 구조광을 이용한 토공량 산출 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<14> 본 발명은 구조광을 이용한 토공량 산출 장치 및 방법에 관한 것으로, 특히 실시간으로 인식한 3 차원의 지반 형상 이미지를 비교하여 토공량을 산출할 수 있는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치 및 방법에 관한 것이다.

<15> 일반적으로, 건설 공사의 토공 작업은 굴삭기를 이용하여 굴삭 작업을 계획하고, 측량 말뚝을 설치하여 굴삭 위치를 선정하며, 굴삭 작업을 수행하고 나서 측량 말뚝의 재설치가 요구되지 않는 경우에는 굴삭 작업을 진행하고, 계획된 레벨에 도달하면 굴삭 작업에 따른 토공량을 운반할 트럭 수를 체크하며, 이를 통하여 최종적인 토공량을 산출할 수 있게 된다.

<16> 그리고, 토량 배분 및 운반 계획은 설계자의 경험적인 판단에 의하여 수립되어 장비 운전자가 토공 작업을 수행하며, 공사 현장에 투입된 측량 기사가 말뚝을 삽입하여 작업 범위를 지정하고, 이를 기준으로 장비 운전자가 굴삭 작업을 진행하는 방식으로서, 노동 인력에 전적으로 의존하였다.

<17> 또한, 토공 작업에 필요한 굴삭기, 그레이더(Grader) 등의 건설 장비의 부품의 기능, 크기, 성토력 등의 하드웨어적인 발전은 지속적으로 이루어지는 반면, 토공량 산출 등의 소프트웨어적인 발전에 있어서는 단순 연산을 직관적으로 임의로 사용하며, 토공량 산출의 경우에는 토사 운반 트럭의 수에 트럭의 용량을 단순 곱 연산하는 방법이 이용되고 있다.

<18> 예를 들어, 1 톤 트럭 6 대가 굴삭한 흙을 싣고 출발한 경우에는, 1 톤 * 6 = 6 톤의 토공량을 산출하는 방법이 이용된다.

<19> 그러나, 토사 운반 트럭에 실리는 토사량은 항상 일정하지 않고, 굴삭기 운전자의 작업 숙련도에 따라 토사량이 변할 수 있으며, 산출 방식에 있어 정확성 및 신뢰도가 저하되었고, 이에 따라 작업 효율성이 감소하는 등의 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<20> 본 발명은 상기한 문제점을 해결하기 위하여 안출한 것으로, 굴삭기의 버켓으로 굴삭된 토공량을 실시간으로 인식하여 3D 지반 형상 이미지를 통해 산출할 수 있는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

<21> 본 발명의 다른 목적은 작업이 완료된 지역에 대한 최종 토공량을 정확하게 산출할 수 있는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

<22> 본 발명의 다른 목적은 실시간 3 차원 지반 형상 이미지로 최적의 토공 작업 계획 시스템을 개발 및 활용할 수 있는 구조광을 이용한 토공량 산출 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

<23> 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 굴삭기 암의 각 절곡점에 구비되어 굴삭기 암의 위치 및 굴절각을 감지하여 출력하는 제어 센서부; 상기 제어 센서부의 출력으로 굴삭기 암의 일측 단부에 구비된 버켓의 작업 영역의 영상을 촬영하도록 제어 신호를 출력하고, 촬영된 영상을 3 차원 이미지로 변환하여 토공량을 산출하는 마이크로 컨트롤러; 상기 제어 신호로 상기 작업 영역을 조사하도록 광원이 온(On)되는 조명 모듈; 상기 제어 신호로 상기 작업 영역을 촬영하는 구조광 모듈; 을 포함한다.

<24> 그리고, 상기 조명 모듈은 작업 영역의 거리에 따라 광원의 집광도를 조절할 수 있는 초점 조절 장치; 를 더 구비하는 것을 특징으로 한다.

<25> 더불어, 상기 초점 조절 장치는 상기 조명 모듈의 광원의 집광을 조절할 수 있는 렌즈로 구비되는 것을 특징으로 한다.

<26> 여기서, 상기 렌즈는 광원의 집광을 조절할 수 있도록 이동가능한 것을 특징으로 한다.

<27> 이때, 상기 조명 모듈의 광원은 태양광 보다 광도가 높은 램프인 것을 특징으로 한다.

<28> 그리고, 상기 램프는 금속 할로겐 램프인 것을 특징으로 한다.

<29> 더불어, 상기 조명 모듈의 광원은 태양광 보다 광도가 높도록 다수개의 램프를 더 구비하는 것을 특징으로 한다.

<30> 또한, 상기 광원의 광도는 상기 램프 수에 선형적으로 비례하는 것을 특징으로 한다.

<31> 그리고, 상기 구조광 모듈은 상기 작업 영역의 촬영 주기 간에 상기 제어 센서부의 출력을 이용하여 작업 영역을 입력받아 상기 카메라를 좌우, 상하로 이동할 수 있는 카메라 구동장치; 를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

<32> 이때, 상기 카메라 구동장치는 좌우로 이동하는 작업 영역을 따라 카메라를 좌우로 이동시킬 수 있는 패닝(Panning) 기능과, 상하로 이동하는 작업 영역을 따라 카메라를 상하로 이동시킬 수 있는 틸팅(Tilting) 기능을 구비하는 것을 특징으로 한다.

<33> 여기서, 상기 카메라는 상기 작업 영역과 카메라 간의 거리에 따라 앞뒤로 조절될 수 있는 줌 카메라인 것을 특징으로 한다.

<34> 한편, 굴삭기 암의 각 절곡점에 구비된 제어 센서부에서 굴삭기 암의 상대 위치 및 굴절각을 마이크로 컨트롤러로 출력하는 제1 단계; 상기 상대 위치 및 굴절각으로 굴삭기 버켓의 3차원 위치를 산출하여 버켓의 작업 영역을 촬영할 수 있도록 카메라 및 조명 모듈을 조정하는 제2 단계; 굴삭기의 굴삭이 진행되면 버켓의 작업 영역을 조사하도록 조명 모듈을 온(On)시켜 구조광 모듈로 작업 영역의 영상을 획득하는 제3 단계; 획득된 작업 영역의 영상 간의 지반 형상을 비교하여 토공량을 산출하는 제4 단계; 를 포함하여 이루어진다.

<35> 이하, 본 발명에 따른 실시예를 첨부된 예시도면을 참고로 하여 상세하게 설명한다.

<36> 도 1은 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치를 개략적으로 도시한 블록구성도이고, 도 2는 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 방법을 개략적으로 도시한 흐름도이다.

<37> 도면에서 도시하고 있는 바와 같이, 본 발명에 의한 구조광을 이용한 토공량 산출 장치(1)는 제어 센서부(10)와 마이크로 컨트롤러(20)와 조명 모듈(30)과 구조광 모듈(40)을 포함하여 이루어진다.

<38> 여기서, 상기 구조광을 이용한 토공량 산출 장치(1)는 굴삭기에 구비되어, 굴토된 토공량을 산출하도록 실시간 지반 형상을 촬영하고, 이를 3D 지반 형상 이미지로 변환시켜 이전 3D 지반 형상 이미지와 현재 3D 지반 형상 이미지의 비교 후, 토공량을 산출할 수 있도록 이루어진다.

<39> 그리고, 제어 센서부(10)는 굴삭기의 암(Arm)의 절점에 구비되고, 암의 이동 및 굴절각 등을 감지하고, 이에 따라 굴삭기 암(Arm)의 일측 단부에 구비된 버켓(Bucket)의 위치를 파악할 수 있도록, 각 절점의 굴절각 및 위치를 실시간으로 감지하고, 굴삭기 암(Arm)의 각 절점 굴절각 및 위치 데이터를 상기 마이크로 컨트롤러(20)로 전송한다.

<40> 여기서, 제어 센서부(10)는 일정 주기를 가지고 상기 굴절각 및 위치 데이터를 감지하도록 이루어지는 것이 바람직한데, 예를 들어 마이크로 컨트롤러(20)에서 약 0.5초 단위의 펄스 또는 PWM 신호를 이용하여 주기적으로 데이터를 업데이트하도록 한다.

<41> 바람직하게는, 상기 업데이트된 굴절각 및 위치 데이터를 굴토 작업이 시작되지 않았으면 임시적으로 저장하고, 굴토 작업이 시작되는 경우에는 마이크로 컨트롤러(20)의 제어에 반영시켜 조명 모듈(30) 및 구조광 모듈(40)을 구동한다.

<42> 이때, 구조광 모듈(40) 및 조명 모듈(30)은 굴토 작업이 시작되는 경우에 굴토 작업이 발생하는 작업 영역을 촬영하고, 광원을 통하여 작업 영역으로 빛을 조사해야하므로, 상기 굴절각 및 위치 데이터를 통하여 산출된 버켓의 현재 위치 및 버켓이 작업하는 영역을 촬영하고, 광원으로 작업 영역에 빛을 조사하도록 제어되는 것이 바람직하다.

<43> 마이크로 컨트롤러(20)는 상기 제어 센서부(10)로부터 입력된 감지 데이터와 현재 데이터와 이전 데이터의 비교 및 3D 이미지를 저장할 수 있는 RAM 과, 제어 프로그램이 입력되는 ROM과, 제어 프로그램 및 데이터를 이용하여 각 구성 요소를 제어하고, 3D 이미지 분석을 통하여 토공량을 산출할 수 있는 CPU가 내장된 컨트롤러를 포함하는 것이 바람직하다.

<44> 그리고, 마이크로 컨트롤러(20)는 상기 제어 센서부(10)로부터 입력된 굴삭기 암(Arm)의 각 절점의 위치 및 굴

절각을 입력받고, 이전 데이터와 비교하여 현재 굴삭기 암(Arm) 단부에 위치된 버켓(Bucket)의 위치를 파악하고, 버켓이 굴토하고 있는 작업 영역의 이미지를 촬영하도록 조명 모듈(30)과 구조광 모듈(40)을 제어한다.

<45> 바람직하게는, 상기 마이크로 컨트롤러(20)는 상기 조명 모듈(30)과 구조광 모듈(40)과 제어 센서부(10)와의 데이터 송, 수신이 가능한 위치인 중심부에 위치하는 것이 바람직한데, 상기 위치는 굴삭기의 구조에 따라 변경될 수 있다.

<46> 조명 모듈(30)은 상기 마이크로 컨트롤러(20)에서 굴삭기 암(Arm)의 위치 및 굴절각을 통하여 산출한 버켓(Bucket)의 위치가 굴삭 작업을 하는 위치인 경우에는, 버켓이 작업하는 영역을 구조광 모듈(40)이 촬영할 수 있도록 상기 구조광 모듈(40)이 구동되기 전에 구동(Turn On)되도록 이루어진다.

<47> 여기서, 조명 모듈(30)은 상기 마이크로 컨트롤러(20)에서 굴삭기 암(Arm)의 위치 및 굴절각을 통하여 산출한 버켓(Bucket)의 위치 및 버켓이 작업하는 영역을 비추도록 이동 및 회전하는 것이 바람직하다.

<48> 그리고, 조명 모듈(30)과 버켓이 작업하는 영역의 거리가 광원이 도달할 수 있는 거리를 초과할 경우에는, 상기 조명 모듈(30)의 광원을 집중(Focusing)시킬 수 있는 광학계를 이용하는데, 상기 광학계를 이동함으로써 광원이 도달할 수 있는 거리를 조절할 수 있으며, 이를 이용하여 작업하는 영역의 거리가 달라짐에 따른 거리를 조절할 수 있다.

<49> 구조광 모듈(Structured Light Module, 40)은 카메라(41)와 프로젝터(43)를 포함하여 이루어지는데, 상기 카메라(41)와 프로젝터(43)는 상기 마이크로 컨트롤러(20)로 입력된 굴삭기 암(Arm)의 위치 및 굴절각을 통하여 산출된 작업 영역을 촬영하도록 이동된다.

<50> 여기서, 프로젝터(43)는 코드화된 패턴이 포함된 광을 촬영 객체인 작업 영역을 비추도록 이루어지고, 작업 영역 표면의 한 점에 대한 3차원 위치 정보는 프로젝터(43)의 광(光)과, 카메라(41)의 점의 일치에 의하여 이루어진다.

<51> 그래서, 다수의 선을 투영시켜 데이터 수집 속도를 증가시키도록 이루어지는데, 이를 위하여 코드화된 패턴이 이용되고, 이에 따라 대응점의 정확도를 증가시킬 수 있다.

<52> 또한, 상기 마이크로 컨트롤러(20)의 제어로 작업 영역을 비추도록 카메라(41)를 조정하는데, 좌우 조절(Panning), 상하 조절(Tilting), 앞뒤 조절(Zooming) 등을 굴삭 작업 전에 수행하여 정확한 작업 영역을 촬영할 수 있도록 구동된다.

<53> 이를 위하여, 카메라(41)를 좌우 조절, 상하 조절할 수 있는 카메라 구동장치를 더 포함하는 것이 바람직하고, 앞뒤 조절인 줌(Zoom) 기능을 가진 카메라(41)로 구비하는 것이 바람직하다.

<54> 따라서, 구조광 모듈(40)은 3D 이미지로 작업 영역을 촬영하고, 이를 마이크로 컨트롤러(20)로 전송하며, 마이크로 컨트롤러(20)는 이전 3D 이미지와 현재 3D 이미지를 비교하여 지반 형상에 따른 토공량이 어느 정도되는지를 산출할 수 있게 된다.

<55> 이하, 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 방법을 설명한다.

<56> 우선, 제어 센서부(10)에서 굴삭기 암(Arm)의 상대적 위치와 굴절 각도를 마이크로 컨트롤러(20)로 전송한다(S10).

<57> 여기서, 상대적 위치와 굴절각도란 제어 센서부(10)는 일정 주기를 가지고 감지 데이터를 전송하기 때문에, 이전 감지 데이터와 현재 감지 데이터의 비교를 통하여 상대적인 굴삭기 암(Arm)의 위치와 굴절 각도를 의미한다.

<58> 또한, 마이크로 컨트롤러(20)는 굴삭기 암(Arm)의 상대적 위치 및 굴절 각도로 굴삭기 버켓의 3차원 위치를 산출한다(S20).

<59> 이때, 3차원 위치의 산출로 굴삭 작업이 진행되는 지의 여부를 확인하는데(S30), 3차원 위치를 통하여 굴삭 작업이 진행되는 버켓의 위치로 판명되는 경우에는 작업 영역을 촬영하기 위하여 조명 모듈(30)을 턴온(Turn On)시키고, 조명 모듈(30)로 충분히 밝아진 작업 영역에 구조광 모듈(40)로 작업 영역을 촬영한다(S51).

<60> 여기서, 작업 영역을 촬영하기 위하여, 굴삭 작업이 진행되기 전에 구조광 모듈(40)로 마이크로 컨트롤러(20)에서 감지 데이터를 전송하고, 이에 따라 구조광 모듈(40)이 작업 영역을 촬영할 있도록, 카메라 구동장치를 이용하여 카메라(41)를 좌우, 상하 조절(Panning, Tilting)하고, 줌 카메라를 이용하여 초점 조절(Zoom)을 완료시키

며, 조명 모듈(30)을 턴온(Turn On)시켜서 광학계를 이용한 광원의 조사 거리 조절을 위한 광원의 집광도 조절을 완료시키는 것이 전제된다.

<61> 또한, 구조광 모듈(40)은 작업 영역을 촬영한 데이터를 마이크로 컨트롤러(20)로 전송하고(S53), 이는 마이크로 컨트롤러(20)에서 3D 지반 형상 이미지로 변환된다(S61).

<62> 그리고, 이전 3D 지반 형상 이미지와 현재 3D 지반 형상 이미지를 비교하는데(S63), 이전 이미지란 1 회의 굴삭 작업이 발생하기 전의 이미지를 의미하고, 현재 3D 이미지란 1 회의 굴삭 작업이 발생하고 난 후의 이미지를 의미하며, 즉 현재 촬영한 이미지가 3 번째 굴삭 작업의 이미지라면 이전 이미지는 2 번째 굴삭 작업의 이미지를 의미한다.

<63> 따라서, 1 회의 굴삭 작업에 따른 토공량을 산출할 수 있으며, 굴삭 작업이 종료될 때까지의 토공량을 산출하고, 이를 합산하면 작업한 전체 토공량 및 지반 형상을 알 수 있게된다.

<64> 그리고, 굴삭 작업이 종료되는 작업 완료 상황인 경우에는 상기 과정을 종료시킨다(S70).

<65> 이때, 상기 단계(S30)에서 굴삭 작업이 진행되지 않았으면, 계속적으로 제어 센서부(10)에서 데이터를 감지 및 업데이트 하는 단계(S10, S20)를 반복한다.

<66> 또한, 상기 단계(S70)에서 굴삭 작업이 종료되지 않았으면, 계속적으로 각 토공량을 산출할 수 있도록 상기 단계(S10)로 회귀하여 본 발명에 따른 구동 과정을 반복하도록 한다.

<67> 도 3은 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치의 조명 모듈을 개략적으로 도시한 도이고, 도 4는 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치의 조명 모듈의 실시예를 개략적으로 도시한 도이다.

<68> 도면에서 도시하고 있는 바와 같이, 조명 모듈(30)은 굴삭기의 조정석 상부면에 위치하여 작업 영역을 비출 수 있도록 구비되는 것이 바람직하다.

<69> 그리고, 상기 조명 모듈(30)과 버켓 간의 거리(w) 또는 조명 모듈(30)과 작업 영역 간의 거리(w')를 조정할 수 있는 변수는 다음과 같다.

<70> 여기서, 구조광 모듈(40)의 프로젝터(43)에서 투사되는 광을 카메라(41)가 인식할 수 있을 정도가 되어야 하는데, 실외에서 작업하는 굴삭기의 경우에는 태양광보다 밝은 광원을 설치해야 한다.

<71> 따라서, 태양광보다 밝은 광원을 설치하기 위한 방법 중 하나는 금속 할로겐 조명을 사용하는 것인데, 예를 들면, 초기 광량은 평균 3000 [lm], 채도는 태양광의 약 두 배인 7000 [K], 전력원은 직류 350 [W] 를 이용하는 것이 바람직하다.

<72> 다른 방법은 금속 할로겐을 다수개 구비하거나 또는 태양광보다 밝은 조명을 구동시킬 수 있도록 조명을 다수개 구비하는 것인데, 밝기는 조명 개수에 선형적(Linear)으로 증가한다.

<73> 또 다른 방법은 조명 모듈(30)과 작업 영역 간 거리가 길 경우에, 이를 증가시키기 위하여 즉, 측정 거리를 증가시킬 수 있도록 조명을 집중시키는 광학계를 이용하는 것이다.

<74> 여기서, 조명의 밝기는 거리에 반비례하므로, 초점조절장치와 같은 렌즈를 이용하여 빛을 집중시키고, 렌즈를 이동시켜 빛이 비추는 영역 및 거리를 변경시킬 수 있다.

<75> 도 5는 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치의 구조광 모듈을 개략적으로 도시한 도이고, 도 6은 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치의 구조광 모듈의 기하구조를 개략적으로 도시한 도이며, 도 7은 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치의 구조광 모듈 구동 주기를 개략적으로 도시한 도이다.

<76> 도면에서 도시하고 있는 바와 같이, 구조광 모듈(40)은 카메라(41)와 프로젝터(43)를 포함하여 이루어진다.

<77> 여기서, 토공 작업 중 실시간으로 변화하는 지반 형상의 인식을 위해서는 구조광(Structured Light) 방식을 이용한다.

<78> 구조광(Structured Light) 방식이란, 프로젝터(43)를 통하여 일정한 규칙의 패턴이 포함된 광(光)을 3 차원으로 복원하려는 객체에 투영하고, 이를 카메라(41)로 촬영한 다음, 이 영상을 이용하여 대응 관계를 산출하고, 이에 따라 3 차원 이미지 영상을 획득하는 방식이다.

<79> 또한, 구조광 모듈(40)은 코드화된 패턴이 포함된 광을 투사하는 프로젝터(43)와, 이에 따른 이미지를 촬영하는 카메라(41)로 구성되고, 프로젝터(43)에서 투사된 선 l 은 표면의 특징을 반영하는 곡선 L 의 표면을 가로지른

다.

<80> 그리고, 곡선 L 과 프로젝터(43)의 중심 P 는 빛 평면인 광면을 형성하고, 곡선 위의 한 점은 측정된 점으로 카메라(41) 면에 표현되는데, 촬영 객체 표면의 한 점에 대한 3 차원 위치 정보는 광 면과 카메라(41) 평면 상에 투영된 점들의 일치에 의하여 결정된다.

<81> 따라서, 완전한 3 차원 이미지를 얻기 위해서는 1 회에 다수의 선을 투사하는 것이 필수적인데, 이를 위해서는 프로젝터(43)로부터 투사된 광에 코드화된 패턴이 포함되는 것이 요구된다.

<82> 한편, 토공사의 굴삭 작업 시, 변화되는 실시간 지반 형상을 획득하기 위한 기술 구현의 전제 조건은 1 회의 굴삭 작업이 이루어지는 평균 15 초 이내에 신속한 3 차원 형상 구현이 이루어져야 한다는 것이다.

<83> 여기서, 구조광 모듈(40)을 통하여 영상을 얻고, 이를 분석하여 3 차원 지반 형상 이미지를 구현하는데, 지반 형상 이미지 구현에 약 5 초 미만이 소요되며, 1 회 굴삭 작업의 시간인 평균 10 - 15 초에 비하여 충분히 짧은 시간이며, 이를 통하여 실시간 변화 형상은 적용 가능하다.

<84> 그리고, 지반 형상 촬영 중, 작업 또는 이동으로 인한 진동이 발생하였을 경우에는 카메라(41)의 [ms] 단위의 셔터 스피드(Shutter Speed)를 이용하여 순간적으로 촬영 및 영상을 획득하므로, 장비의 진동에 따른 부정확한 영상 획득에 영향을 받지 않는다.

<85> 더불어, 카메라(41)의 앞뒤 조절(Zooming) 및 초점 조절(Focusing)을 카메라(41)에 적용하고, 작업 영역인 지반 형상까지의 거리에 따라 적절하게 앞뒤로 조절하고, 굴삭되는 위치의 변경에 따른 카메라(41)의 위치 조절을 위하여, 좌우 조절(Pannig), 상하 조절(Tilting) 등을 적용한다.

<86> 본 발명의 실시예에서는 좌우 조절, 상하 조절 장치로는 1 초당 500㎜ 가 좌우, 상하로 이동되는 장치를 이용한다.

<87> 본 발명의 실시예에서는 카메라(41)의 셔터 스피드가 1/60 - 1/10000 [sec] 로 설정하여, 60 Hz - 10 KHz 의 진동에도 영향을 받지 않고 영상을 획득할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

<88> 이하, 본 발명의 실시예에 따른 작동 과정을 설명한다.

<89> 우선, 굴삭기로 작업 영역에 버켓으로 굴토되어 촬영이 끝난 후에는, 다시 버켓으로 굴토 작업이 이루어지기 전까지는 영상 획득이 필요없고, 이에 따라 굴삭된 흙이 트럭에 상차되는 작업까지 카메라(41)는 지속적으로 버켓의 목표 위치에 따라 작업 영역을 촬영하기 위하여, 제어 센서부(10)로부터 버켓의 작업 영역에 대한 데이터를 마이크로 컨트롤러(20)에서 수신받고, 이를 구조광 모듈(40)로 전달하여 정확하게 카메라(41)의 위치 조정이 가능토록 카메라 구동장치를 구동한다.

<90> 이에 따라, 카메라 구동장치는 카메라(41)가 좌우 조절(Panning), 상하 조절(Tilting)이 가능하도록 이루어진다.

<91> 그리고, 카메라(41)와, 촬영할 작업 영역 간의 거리가 일정 거리를 초과 또는 미만이어서 광원의 빛이 정확한 영역을 비추지 못할 경우에는, 빛을 집중시키는 렌즈와 같은 광학계를 이용하여 초점 조절(Focusing)이 가능하도록 한다.

<92> 더불어, 상기 카메라(41)를 줌 카메라로 구비하여 피사체를 순간적으로 줌(Zoom)시킬 수 있도록 하는데, 예를 들면 카메라 구동장치에서 피사체의 이동에 따라 좌우 조절, 상하 조절을 마치고 나면, 줌 기능을 구동시켜 더욱 정확한 영역을 촬영할 수 있도록 한다.

<93> 그리고, 흙을 운반 트럭에 상차시키는 동안에 상기 카메라 구동장치, 줌 카메라, 광학계를 이용한 초점 조절 등의 각 조절 과정을 완료하고, 굴삭이 진행되면 다시 지반 형상을 촬영한다.

<94> 즉, 굴삭이 진행되기 전에 굴삭이 진행될 부분을 따라, 조명 모듈(30)과 구조광 모듈(40)의 위치를 조절하고, 피사체의 초점까지 맞추고 나서 굴삭이 진행되면 그 작업 영역을 촬영할 수 있도록 준비하는 것이다.

<95> 여기서, 좌우 조절(Panning)이란 피사체가 화면상에서 좌에서 우로 이동할 때, 피사체를 카메라 파인더로 좌에서 우로 따라가며 촬영하는 것이고, 상하 조절(Tilting)은 좌우 조절과 동일하나 방향만 다른 것이며, 앞뒤 조절(Zooming)은 촬영하는 순간 렌즈가 앞, 뒤로 움직이는 줌을 구동시키는 것으로, 상기 모든 조절을 통하여 작업 영역을 정확하게 촬영할 수 있도록 이루어진다.

<96> 도 8은 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치가 배치된 실시예를 도시한 도이다. 도면에서 도시하

고 있는 바와 같이, 본 발명에 의한 구조광을 이용한 토공량 산출 장치(1)는 실외 작업의 경우, 태양광보다 밝은 광원이 이용되고, 특정 거리를 초과하는 측정 거리의 피사체에 대한 영상에 대한 신뢰도가 높아야 한다.

<97> 이를 위하여, 구조광 모듈(40)을 굴삭기의 조정석 상부면에 설치하고, 굴삭 작업에 따라 변화하는 지반 형상을 실시간으로 인식 및 획득하도록 하기 위하여, 제어 센서부(10)와 조명 모듈(30)과 마이크로 컨트롤러(20)를 포함하여 설치한다.

<98> 그리고, 구조광 모듈(40)의 줌 카메라를 이용하여 측정 거리의 한계를 극복하도록 하는 것이 바람직하고, 줌 시점 및 정도에 대한 정보를 얻기 위하여 정확한 굴삭 위치에 대한 시간 및 거리 등에 대한 정보를 제어 센서부(10)로부터 마이크로 컨트롤러(20)를 통하여 전송받는다.

<99> 여기서, 굴삭기의 각 절점에 제어 센서부(10)의 각 제어 센서를 부착하고, 굴삭기 암(Arm)의 실시간 위치 및 굴절 각도에 대한 정보를 얻고, 이를 토대로 실시간 측정값을 작업 영역 위치를 파악하도록 이용한다.

<100> 더불어, 태양광 보다 더 밝은 할로겐과 같은 조명이 요구되는데, 제어 센서부(10)에서 제공되는 정보를 토대로, 버켓의 작업 위치를 파악하고, 목표 작업 영역에 대하여 조명을 집중시키는(Focusing) 광학계를 이용한다.

<101> 그리고 나서, 실시간 3 차원 지반 형상 이미지 데이터의 비교를 통한 토공량을 산출하는데, 굴삭기의 버켓이 지반의 흙을 퍼낼 때마다 굴삭기의 조정석 상부면에 설치된 구조광 모듈(40)이 변화하는 지반 형상을 매회 촬영하고, 촬영된 지반 형상을 이미지로 변환하며, 굴삭 작업이 진행되는 매 회에 획득된 3 차원 지반 형상 이미지의 비교를 통하여 변화된 지형의 레벨 및 부피를 계산하고, 굴삭된 토공량을 자동으로 산출할 수 있다.

<102> 이를 위하여, 굴삭기 암의 각 절곡점에 설치된 제어 센서로부터 각 절점의 굴절 각도 및 상대 위치 정보를 제공받아 최종적으로 버켓의 3 차원 위치를 계산하는데, 광원의 집광(Focusing), 카메라(41)의 좌우 조절(Panning), 상하 조절(Tilting), 앞뒤 조절(Zoom) 후 촬영한다.

<103> 그리고 나서, 3 차원 모델을 구성하고, 실시간 변화되는 지반 형상 이미지를 구현하는데, 지반 형상 이미지의 비교를 통하여 토공량을 산출한다.

<104> 본 발명은 토공 작업 수행 중, 변화되는 지반 형상을 실시간 3 차원 형상으로 모델링하고, 그 결과를 계획 설계 도면 및 실시간으로 획득된 지반 형상 이미지와 비교 및 검토함으로써, 토공 작업량 및 진척도 등을 추론할 수 있으며, 이를 응용하여 토공 자동화 분야에서 활용할 수 있고, 건설 공사 분야에서도 응용될 수 있는 원천 기술이다.

<105> 그리고, 실시간 변화 형상과 계획 도면을 비교하여 작업 영역 및 작업 진도에 대한 정확한 정보를 제공할 수 있고, 이에 따라 작업 중 발생할 수 있는 오차를 최소화시켜 작업 용이성을 증가시키며, 다수의 굴삭 로봇을 소수의 작업자가 제어할 수 있어 작업의 효율성을 극대화시키고, 쓰레기 매립지와 비무장 지대 등 위험 지역에서의 안전 사고를 미연에 방지할 수 있으며, 3 차원 공간 맵핑 기술로 적용될 수 있어 작업자의 안전을 확보하고, 생산성 증대에 기여할 수 있다.

<106> 다시 말하면, 건설 공사에서 굴삭기에 의한 굴삭 작업이 진행되는 작업 영역은 시공 상황에 따라 지속적으로 변화되는데, 비정형(Amorphous) 지반 형상인 작업 영역을 주기적으로 맵핑하여 계획 도면을 맵핑한 이미지와 비교 검토함으로써, 토공 작업량을 정확하게 추출할 수 있으며, 이를 토대로 굴삭기의 최적 토공 작업 계획을 수립할 수 있는 지능형 작업량 관리 시스템을 개발할 수 있다.

<107> 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시적으로 설명하였으나, 본 발명의 범위는 이 같은 특정 실시 예에만 한정되지 않으며 해당 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 특허 청구 범위 내에 기재된 범주 내에서 적절하게 변경이 가능할 것이다.

발명의 효과

<108> 이상에서 설명한 바와 같이 상기와 같은 구성을 갖는 본 발명은 건설 공사 현장의 굴삭기에 의한 굴삭 작업에 대한 정확한 측정이 가능하며, 최종 토공량을 3 차원 지반 형상 이미지로 정확하게 추출할 수 있고, 최적의 토공 작업 계획을 수립할 수 있으며, 토질 특성을 고려한 작업 지시 및 자율 주행을 통한 굴삭 로봇의 자동 제어, 비탈면 각도 및 운전 방향에 따른 주행 속도 제어가 가능해지고, 안전한 작업 환경을 조성할 수 있으며, 건설 산업 이미지를 상승시킬 수 있고, 측량 과정을 대체할 수 있어 시공 관리 업무의 효율성을 증가시킬 수 있는 등의 효과를 거둘 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치를 개략적으로 도시한 블록구성도.

<2> 도 2는 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 방법을 개략적으로 도시한 흐름도.

<3> 도 3은 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치의 조명 모듈을 개략적으로 도시한 도.

<4> 도 4는 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치의 조명 모듈의 실시예를 개략적으로 도시한 도.

<5> 도 5는 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치의 구조광 모듈을 개략적으로 도시한 도.

<6> 도 6은 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치의 구조광 모듈의 기하구조를 개략적으로 도시한 도.

<7> 도 7은 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치의 구조광 모듈 구동 주기를 개략적으로 도시한 도.

<8> 도 8은 본 발명에 따른 구조광을 이용한 토공량 산출 장치가 배치된 실시예를 도시한 도.

<9> <도면의 주요 부분에 대한 도면 부호의 간단한 설명>

<10> 1: 구조광을 이용한 토공량 산출 장치

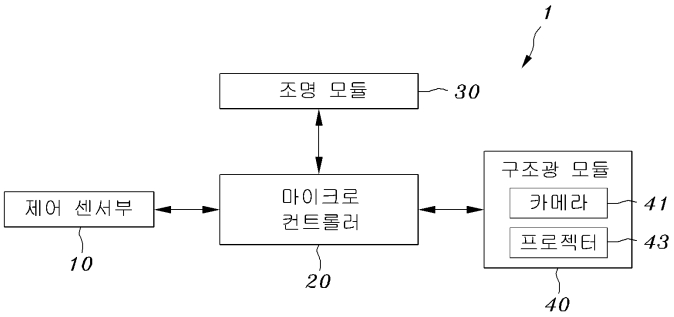
<11> 10: 제어 센서부 20: 마이크로 컨트롤러

<12> 30: 조명 모듈 40: 구조광 모듈

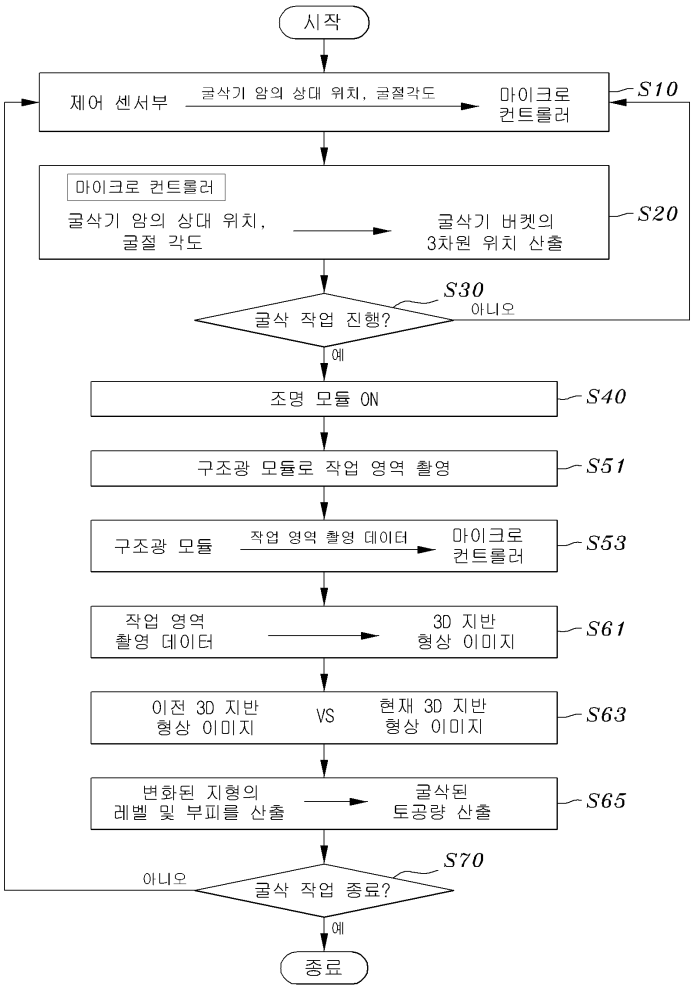
<13> 41: 카메라 43: 프로젝터

도면

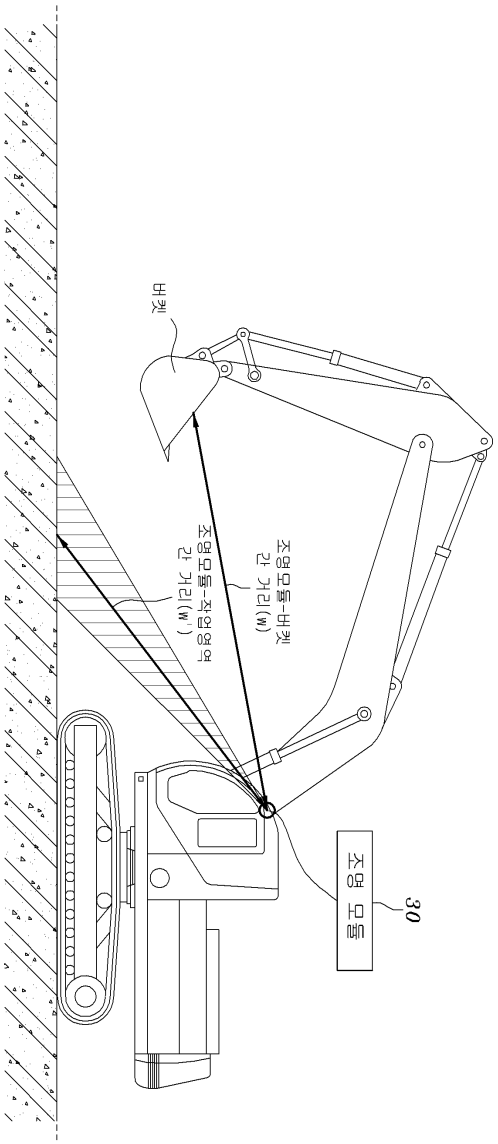
도면1



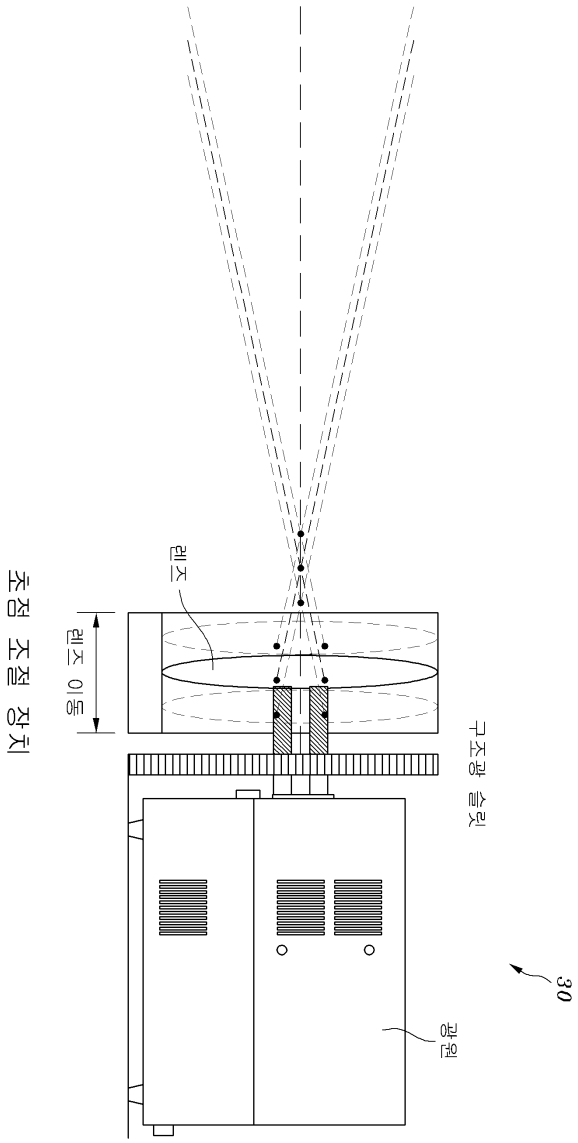
도면2


시작
제어 센서부
굴삭기 암의 상대 위치, 굴절각도
마이크로 컨트롤러
S10
마이크로 컨트롤러
굴삭기 암의 상대 위치, 굴절 각도
굴삭기 버켓의 3차원 위치 산출
S20
S30
굴삭 작업 진행?
아니오
예
조명 모듈 ON
S40
구조광 모듈로 작업 영역 촬영
S51
구조광 모듈
작업 영역 촬영 데이터
마이크로 컨트롤러
S53
작업 영역 촬영 데이터
3D 지반 형상 이미지
S61
이전 3D 지반 형상 이미지
VS
현재 3D 지반 형상 이미지
S63
변화된 지형의 레벨 및 부피를 산출
굴삭된 토공량 산출
S65
S70
아니오
굴삭 작업 종료?
예
종료

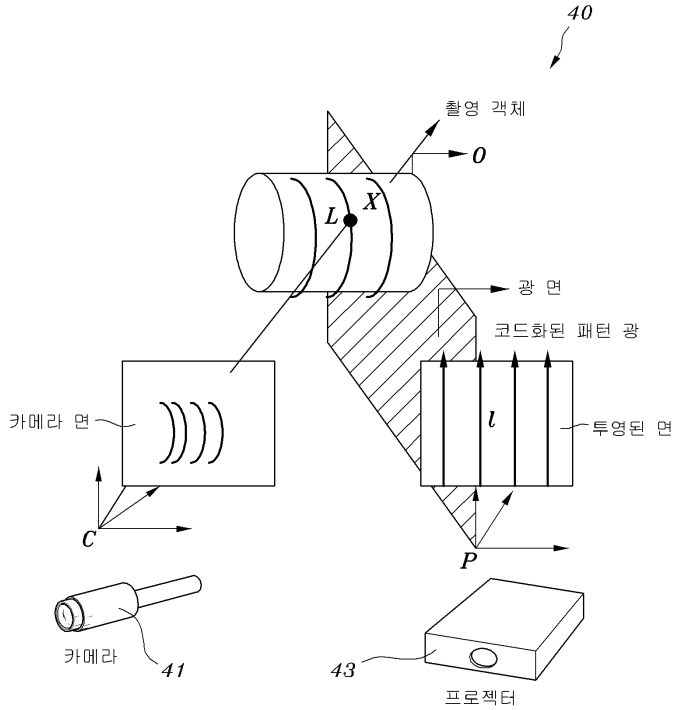
도면3



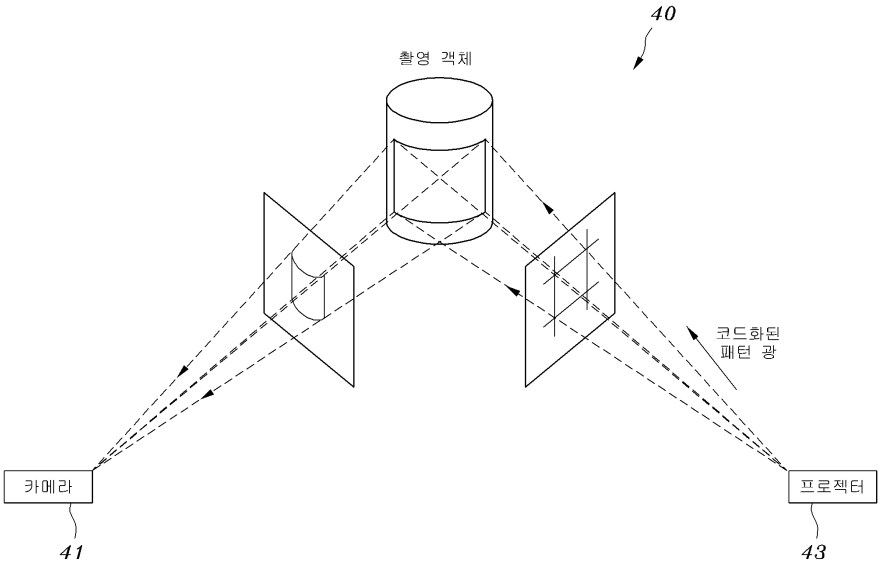
도면4



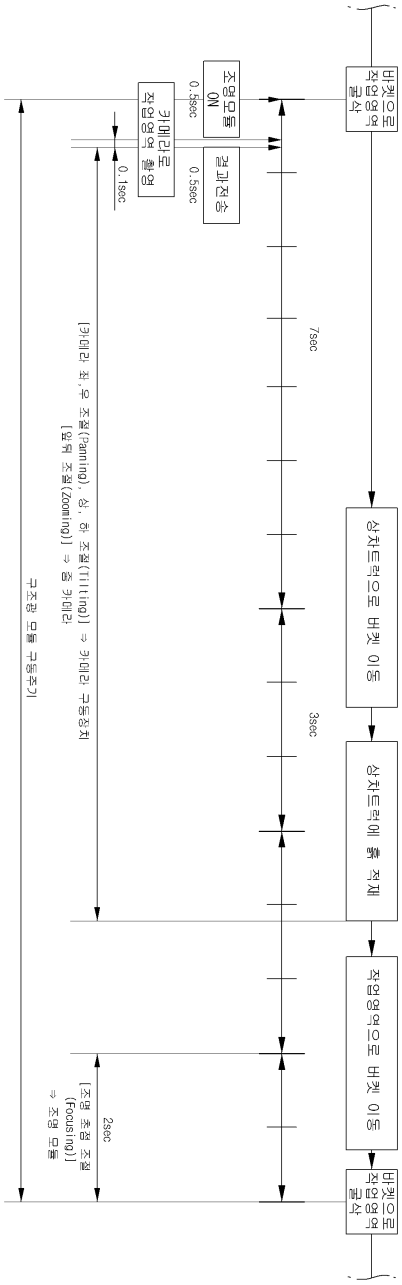
도면5


40
촬영 객체
O
L
X
광 면
코드화된 패턴 광
카메라 면
l
투영된 면
C
P
카메라
41
43
프로젝터

도면6


40
촬영 객체
코드화된
패턴 광
카메라
41
프로젝터
43

도면7


버켓으로
작업영역
끝점
조명모듈
ON
0.5sec
결과 전송
0.5sec
카메라로
작업영역 촬영
0.1sec
7sec
3sec
2sec
상차트럭으로 버켓 이동
상차트럭에 흙 적재
작업영역으로 버켓 이동
버켓으로
작업영역
끝점
[카메라 좌,우 조절(Panning), 상, 하 조절(Tilting)] ⇒ 카메라 구동장치
[앞뒤 조절(Zooming)] ⇒ 줌 카메라
구조광 모듈 구동주기
[조명 초점 조절
(Focusing)]
⇒ 조명 모듈

도면8

