(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월28일
(11) 등록번호 10-2209025
(24) 등록일자 2021년01월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06Q 50/04 (2012.01) *G05B 19/05* (2006.01)
G06T 19/00 (2011.01)
(52) CPC특허분류
G06Q 50/04 (2013.01)
G05B 19/054 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0041917
(22) 출원일자 2020년04월07일
심사청구일자 2020년04월07일
(56) 선행기술조사문헌
JP2018181292 A*
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 5 항

(73) 특허권자
한발대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
이승호
대전광역시 유성구 엑스포로 448 엑스포아파트 402동 402호
김재형
대전광역시 동구 성남로 15 스마트뷰 108동 605호
(74) 대리인
이은철, 이우영

심사관 : 육성원

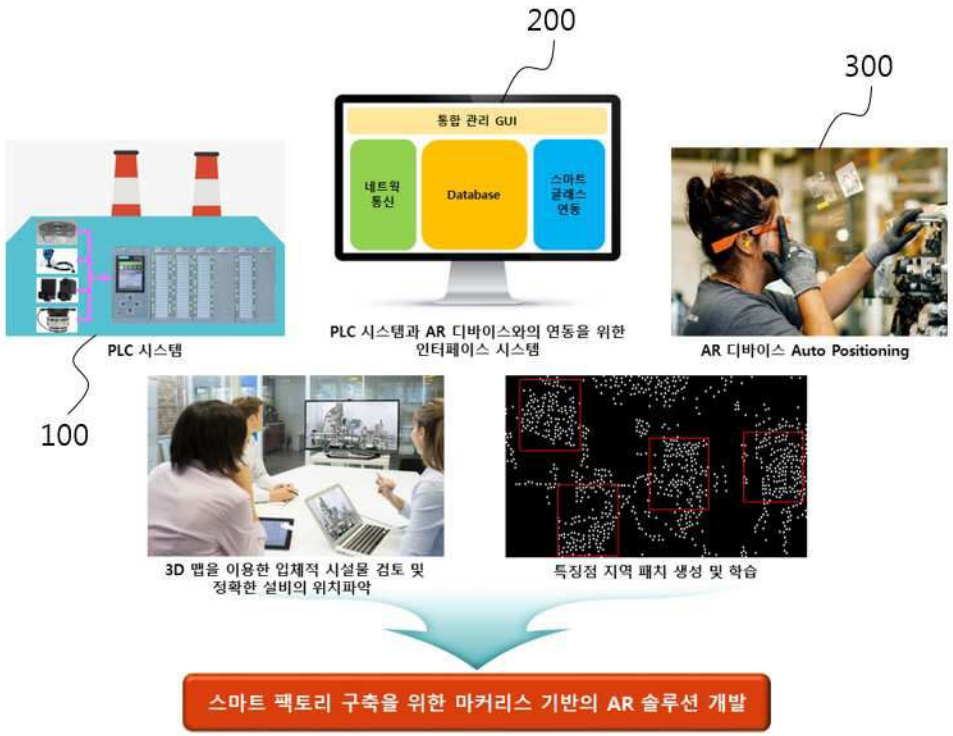
(54) 발명의 명칭 **스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법 및 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 스마트 팩토리의 구축을 위해 3D 맵을 토대로 별도의 장비나 마커 없이 작업자의 위치를 측정하고, 측정된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 AR 디바이스를 통해 제공하는 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법 및 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



AR 구현 방법은 공장 시설물의 아날로그 센서 또는 디지털 센서와 데이터를 송수신하고 제어하기 위해 상기 아날로그 센서 또는 디지털 센서와 PLC 시스템을 연동하는 단계(S10)와, AR(Augmented reality) 디바이스로 PLC 시스템에 접속하기 위하여 PLC 시스템과 AR 디바이스를 연동하는 단계(S20) 및 상기 공장 시설물을 입체적으로 추출하고 설비의 위치 파악을 위하여 3D 맵을 구축하는 단계(S30)를 포함한다. 또한, 상기 AR 디바이스에서 공장 시설물의 영상 정보를 측정하여 AR 인터페이스 시스템에 전송하는 단계(S40)와, 상기 AR 인터페이스 시스템에서 AR 디바이스로부터 입력된 영상 정보를 토대로 특징점을 추출하고, 미리 구축된 3D 맵의 특징점과 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출하는 단계(S50) 및 추출된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 상기 AR 디바이스에 디스플레이하여 제공하는 단계(S60)를 포함한다.

(52) CPC특허분류
G06T 19/003 (2013.01)
G06T 19/006 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR101746648 B1*
KR1020130092061 A*
KR1020170028605 A*
KR1020190053119 A*
KR1020190075356 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711107408
과제번호	2019R1F1A1063984
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	효율적인 시설물 관리를 위한 3D 맵의 자동 생성 및 AR 솔루션 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한밭대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

공지예외적용 : 있음

명 세 서

청구범위

청구항 1

AR 인터페이스 시스템이 공장 시설물의 아날로그 센서 또는 디지털 센서와 데이터를 송수신하고 제어하기 위해 상기 아날로그 센서 또는 디지털 센서와 PLC 시스템을 연동하는 단계(S10);

상기 AR 인터페이스 시스템이 AR(Augmented reality) 디바이스로 PLC 시스템에 접속하기 위하여 PLC 시스템과 AR 디바이스를 연동하는 단계(S20);

상기 AR 인터페이스 시스템이 영상장치를 이용하여 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 측정하고, 상기 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 결합하여 3D 포인트 클라우드를 생성하며, 기준이 되는 월드 좌표계를 생성하고 각 3D 포인트 클라우드 좌표들의 상호관계를 계산함으로써 서로 독립적인 3D 포인트 클라우드의 좌표들을 절대 좌표인 월드 좌표계로 변환하여 미리 3D 맵을 구축하는 단계(S30);

상기 AR 디바이스가 공장 시설물의 영상 정보를 측정하여 AR 인터페이스 시스템에 전송하는 단계(S40);

상기 AR 인터페이스 시스템이 AR 디바이스로부터 입력된 영상 정보를 토대로 특징점을 추출하고, 미리 구축된 3D 맵의 특징점과 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출하는 단계(S50); 및

상기 AR 인터페이스 시스템이 추출된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 상기 AR 디바이스에 디스플레이하여 제공하는 단계(S60)를 포함하며,

상기 미리 3D 맵을 구축하는 단계(S30)는

카메라의 초점거리와 카메라 간의 거리차 및 각 특징점 간의 거리차를 기반으로 하는 관계식을 이용하여 깊이 정보를 산출하고, 영상 정보에서 특징점 추출 알고리즘을 통해 추출한 특징점을 3D 포인트 클라우드와 매칭하여 해당 좌표의 위치 정보를 계산하며, 여러 각도에 대한 특징점들을 하나의 월드 좌표로 변환하여 3D 맵을 생성하고 생성된 3D 맵을 토대로 특징점의 분포 이미지를 학습하고 분류하며,

상기 작업자의 위치 정보를 추출하는 단계(S50)는

전체적인 특징점 분포 이미지를 일정 크기의 지역 패치로 분할하고, 분할된 특징점 분포 이미지를 각 위치에 맞게 라벨링하여 구축된 특징점 분포 이미지를 AR 디바이스를 통해 입력되는 영상 정보로부터 추출된 특징점 분포와 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출하며, 미리 구축된 3D 맵과 AR 디바이스로부터 입력된 영상 정보를 토대로 동일 라벨링이 되어 있는 지역 패치의 크기를 비교하여 작업자와 공장 시설물 간의 상대적인 거리를 측정하고, 상기 동일 라벨링이 되어 있는 지역 패치의 상대적인 위치를 비교하여 작업자와 공장 시설물 간의 각도를 측정하는 것을 특징으로 하는 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 3D 맵을 구축하는 단계(S30)는 생성된 3D 맵을 토대로 정밀화 작업을 수행하는 단계(S36)를 더 포함하고,

상기 정밀화 작업은 생성된 3D 맵을 토대로 객체와 배경을 분리하는 작업과, 그림자 영역 및 구멍(Hole) 영역을 채우는 손실 부분 보정 작업을 수행하는 것을 특징으로 하는 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 3D 맵을 구축하는 단계(S30)는

전체적인 특징점 분포 이미지를 일정 크기의 지역 패치로 분할하는 단계(S371)와,

분할된 특징점 분포 이미지를 각 위치에 맞게 라벨링하여 구축하는 단계(S372) 및

라벨링하여 구축된 특징점 분포 이미지를 학습하는 단계(S373)를 더 포함하는 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

공장 시설물의 아날로그 센서 또는 디지털 센서 및 AR 디바이스와 연동하여 데이터를 송수신하고, 상기 아날로그 센서, 디지털 센서 및 AR 디바이스의 동작을 제어하는 PLC 시스템;

영상장치를 이용하여 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 측정하고, 상기 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 결합하여 3D 포인트 클라우드를 생성하며, 기준이 되는 월드 좌표계를 생성하고 각 3D 포인트 클라우드 좌표들의 상호관계를 계산함으로써 서로 독립적인 3D 포인트 클라우드의 좌표들을 절대 좌표인 월드 좌표계로 변환하여 미리 3D 맵을 구축하고, 상기 AR 디바이스로부터 입력된 영상 정보를 토대로 특징점을 추출하며, 추출된 특징점을 미리 구축된 3D 맵의 특징점과 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출하는 AR 인터페이스 시스템; 및

상기 공장 시설물의 영상 정보를 측정하여 AR 인터페이스 시스템에 전송하고, 상기 AR 인터페이스 시스템의 제어에 따라 추출된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 디스플레이하여 제공하는 AR 디바이스를 포함하며,

상기 AR 인터페이스 시스템은 카메라의 초점거리와 카메라 간의 거리차 및 각 특징점 간의 거리차를 기반으로 하는 관계식을 이용하여 깊이 정보를 산출하고, 영상 정보에서 특징점 추출 알고리즘을 통해 추출한 특징점을 3D 포인트 클라우드와 매칭하여 해당 좌표의 위치 정보를 계산하며, 여러 각도에 대한 특징점들을 하나의 월드 좌표로 변환하여 3D 맵을 생성하고 생성된 3D 맵을 토대로 특징점의 분포 이미지를 학습하고 분류하며,

전체적인 특징점 분포 이미지를 일정 크기의 지역 패치로 분할하고, 분할된 특징점 분포 이미지를 각 위치에 맞게 라벨링하여 구축된 특징점 분포 이미지를 AR 디바이스를 통해 입력되는 영상 정보로부터 추출된 특징점 분포와 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출하며,

미리 구축된 3D 맵과 AR 디바이스로부터 입력된 영상 정보를 토대로 동일 라벨링이 되어 있는 지역 패치의 크기를 비교하여 작업자와 공장 시설물 간의 상대적인 거리를 측정하고, 상기 동일 라벨링이 되어 있는 지역 패치의 상대적인 위치를 비교하여 작업자와 공장 시설물 간의 각도를 측정하는 것을 특징으로 하는 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 AR 인터페이스 시스템은

영상장치를 이용하여 상기 공장 시설물의 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 측정하는 영상정보 측정부;

상기 공장 시설물을 입체적으로 추출하고 설비의 위치 파악을 위하여 영상정보 측정부에서 측정된 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 이용하여 3D 맵을 추출하는 특징점 추출부;

상기 특징점 추출부에서 생성된 3D 맵을 토대로 특징점의 분포 이미지를 학습하고 분류하는 학습부;

상기 AR 디바이스로부터 입력된 영상 정보를 토대로 추출된 특징점과, 상기 영상정보 측정부로부터 입력된 영상정보를 토대로 미리 구축된 3D 맵의 특징점을 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출하는 판단부; 및

상기 PLC 시스템과 AR 디바이스를 연동하여 제어하고, 상기 AR 디바이스로부터 입력된 공장 시설물의 영상 정보를 토대로 추출된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 AR 디바이스에 디스플레이하여 제공하는 제어부를 포함하는 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 스마트 팩토리의 구축을 위해 3D 맵을 토대로 별도의 장비나 마커 없이 작업자의 위치를 측정하고, 측정된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 AR 디바이스를 통해 제공하는 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 종래의 공장 및 HMI(Human Machine Interface) 시스템에 대한 스마트 팩토리를 구축하기 위해서는 몇 가지 해결해야 할 문제가 존재한다. 첫 번째는 HMI(Human Machine Interface) 시스템 관리자의 상주가 필요하고, 두 번째는 HMI 관리자와 현장 작업자 간의 부가적인 통신장비가 요구된다.

[0004] 즉, 상기 HMI 시스템을 사용하는 종래의 공장 시스템은 HMI 시스템이 별도의 지정된 공간(전산실/Control Room)에 구축되어 있어 공장 내 현장 작업자가 생산 업무를 진행함과 동시에 설비, 센서 및 생산 로봇에 대한 상태를 실시간으로 파악하기가 불가능하므로 HMI 시스템 관리자가 상주해야 한다. 또한, 이러한 공간적인 제약으로 인해 HMI 관리자와 현장 작업자 간의 주기적인 소통을 위해 부가적인 통신 장비가 필요하다.

[0005] 또한, 준공 시기가 오래된 공장은 도면과 실제 내부구조가 상이한 문제가 있고, 종래의 HMI 시스템은 마커와 GPS, AP 및 비콘과 같은 별도의 장치가 필요하다. 즉, 준공 시기가 오래된 공장은 도면과 실제 공장 내부구조가 상이한 경우가 존재하여 공장 내의 정확한 설비의 위치 파악과 효율적인 점검에 어려움이 있다.

[0006] 또한, 일반적으로 HMI 솔루션은 사용자의 위치 파악이 매우 중요한데, 종래의 HMI 시스템은 사용자의 위치를 찾기 위해 마커, GPS, AP 및 비콘과 같은 부가적인 장비를 이용해야만 한다.

[0007] 이때, 마커는 반드시 시야 안에 마커가 인식되어야 정보 디스플레이와 같은 상호작용이 가능하며, 마커가 부착되기 어려운 곳에는 적용하기 어려운 문제가 있다. 또한, 상기 GPS, AP 및 비콘 등은 거리 및 장애물에 영향을 많이 받는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2019-0129220호(2019년 11월 20일 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 종래의 단점을 해결한 것으로서, HMI 시스템의 현장 작업자가 실시간으로 센서의 상태 정보를 파악할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다. 또한, 스마트 팩토리 구축을 위해 별도의 장비가 필요 없이 현장 작업자의 현재 위치를 추적할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

[0011] 또한, 현장 작업자와 HMI 시스템 관리자 간의 부가적인 통신 장비와, HMI 시스템을 관제하는 별도의 인력이 필요 없이 공장 시설물의 정확한 위치 파악이 가능한 마커리스 기반의 AR 솔루션을 제공하고자 하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0013] 이러한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법은 공장 시설물의 아날로그 센서 또는 디지털 센서와 데이터를 송수신하고 제어하기 위해 상기 아날로그 센서 또는 디지털 센서와 PLC 시스템을 연동하는 단계(S10)와, AR(Augmented reality) 디바이스로 PLC 시스템에 접속하기 위하여 PLC 시스템과 AR 디바이스를 연동하는 단계(S20) 및 상기 공장 시설물을 입체적으로 추출하고 설비의 위치 파악을 위하여 3D 맵을 구축하는 단계(S30)를 포함한다.

[0014] 또한, 상기 AR 디바이스에서 공장 시설물의 영상 정보를 측정하여 AR 인터페이스 시스템에 전송하는 단계(S40)와, 상기 AR 인터페이스 시스템에서 AR 디바이스로부터 입력된 영상 정보를 토대로 특징점을 추출하고, 미리 구축된 3D 맵의 특징점과 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출하는 단계(S50) 및 추출된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 상기 AR 디바이스에 디스플레이하여 제공하는 단계(S60)를 포함한다.

[0015] 또한, 본 발명의 다른 측면에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 시스템은 PLC 시스템, AR 인터페이스 시스템 및 AR 디바이스를 포함한다. 상기 PLC 시스템은 공장 시설물의 아날로그 센서 또는 디지털 센서 및 AR 디바이스와 연동하여 데이터를 송수신하고, 상기 아날로그 센서, 디지털 센서 및 AR 디바이스의 동작을 제어한다.

[0016] 또한, 상기 AR 인터페이스 시스템은 공장 시설물을 입체적으로 추출하고 설비의 위치 파악을 위하여 3D 맵을 구축하고, 상기 AR 디바이스로부터 입력된 영상 정보를 토대로 특징점을 추출하며, 추출된 특징점을 미리 구축된 3D 맵의 특징점과 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출한다.

[0017] 또한, 상기 AR 디바이스는 공장 시설물의 영상 정보를 측정하여 AR 인터페이스 시스템에 전송하고, 상기 AR 인터페이스 시스템의 제어에 따라 추출된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 디스플레이하여 제공한다.

[0018] 또한, 상기 AR 인터페이스 시스템은 영상정보 측정부, 특징점 추출부, 학습부, 판단부, 통신부, 제어부 및 데이터베이스를 포함할 수 있다. 상기 영상정보 측정부는 영상장치를 이용하여 상기 공장 시설물의 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 측정한다.

[0019] 또한, 상기 특징점 추출부는 공장 시설물을 입체적으로 추출하고 설비의 위치 파악을 위하여 영상정보 측정부에서 측정된 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 이용하여 3D 맵을 추출한다. 또한, 상기 학습부는 특징점 추출부에서 생성된 3D 맵을 토대로 특징점의 분포 이미지를 학습하고 분류한다.

[0020] 또한, 상기 판단부는 AR 디바이스로부터 입력된 영상 정보를 토대로 추출된 특징점과, 상기 영상정보 측정부로부터 입력된 영상정보를 토대로 미리 구축된 3D 맵의 특징점을 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출한다. 또한, 상기 제어부는 PLC 시스템과 AR 디바이스를 연동하여 제어하고, 상기 AR 디바이스로부터 입력된 공장 시설물의 영상 정보를 토대로 추출된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 AR 디바이스에 디스플레이하여 제공한다.

발명의 효과

[0022] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법 및 시스템은 종래의 HMI 시스템에서 센서의 상태 정보를 수집하는 PLC 시스템과 AR 디바이스를 활용하여 현장 작업자가 실시간으로 센서의 상태 정보를 파악할 수 있는 효과가 있다. 또한, 마커리스 기반의 AR 솔루션을 제공하여 별도의 장비가 필요 없이 현장 작업자가 AR 디바이스만으로 작업자의 현재 위치를 추적하고, 해당 위치에 대응되는 시설물의 실시간 상태 정보를 확인하며 컨트롤할 수 있는 효과가 있다.

[0023] 또한, HMI 시스템을 관제하는 인력과 시간을 절감할 수 있고, 현장 작업자와 HMI 시스템 관리자 간의 부가적인 통신 장비가 필요 없어 설치 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다. 또한, 3D 맵 구축을 통해 공장 내의 시설물을

입체적으로 검토하고, 정확한 설비의 위치 파악과 효율적인 점검을 할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 시스템을 나타내는 개념도이다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 시스템을 나타내는 구성도이다.

도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 시스템을 나타내는 블록도이다.

도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 아날로그 센서와 PLC 시스템의 입출력 연동 과정을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 디지털 센서와 PLC 시스템의 입출력 연동 과정을 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 센서 모듈과 PLC 시스템의 연동 과정을 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법을 나타내는 개념도이다.

도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법을 나타내는 순서도이다.

도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 유무선 네트워크 통신 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 네트워크 연결 상태 감지 및 연결 복원 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 11은 본 발명의 실시 예에 따른 3D 맵의 구축 과정을 나타내는 도면이다.

도 12는 3D 맵을 구축하는 단계(S30)를 세부적으로 나타내는 순서도이다.

도 13은 본 발명의 실시 예에 따른 깊이 정보 추출 과정을 나타내는 흐름도이다.

도 14는 본 발명의 실시 예에 따른 3D 포인트 클라우드의 생성 과정을 나타내는 흐름도이다.

도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 월드 좌표 변환 과정을 나타내는 도면이다.

도 16은 본 발명의 실시 예에 따른 2D 특징점의 매칭 과정을 나타내는 도면이다.

도 17a, 도 17b 및 도 17c는 본 발명의 실시 예에 따른 깊이 정보 측정 방법을 나타내는 도면이다.

도 18a 및 도 18b는 본 발명의 실시 예에 따른 3D 포인트 클라우드 생성 방법을 나타내는 도면이다.

도 19는 본 발명의 실시 예에 따라 포인트 클라우드를 통합하는 과정을 나타내는 도면이다.

도 20a 및 도 20b는 본 발명의 실시 예에 따른 3D 특징점의 매칭 방법을 나타내는 도면이다.

도 21은 본 발명의 실시 예에 따라 생성된 공장 시설물의 3D 맵을 나타내는 도면이다.

도 22a 및 도 22b는 본 발명의 실시 예에 따른 정밀화 작업을 나타내는 도면이다.

도 23은 본 발명의 실시 예에 따른 데이터베이스를 나타내는 도면이다.

도 24는 본 발명의 실시 예에 따른 학습용 데이터베이스 구축 과정을 나타내는 도면이다.

도 25는 본 발명의 실시 예에 따른 특징점 분포 이미지의 학습 과정을 나타내는 도면이다.

도 26은 본 발명의 실시 예에 따른 특징점 추출 과정을 나타내는 도면이다.

도 27은 본 발명의 실시 예에 따른 지역 패치의 위치 추출 과정을 나타내는 도면이다.

도 28a 및 도 28b는 본 발명의 실시 예에 따른 지역 패치를 토대로 작업자의 위치를 측정하는 도면이다.

도 29는 본 발명의 실시 예에 따른 AR 인터페이스 시스템의 연동을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면부호를 붙였다.

[0027] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "…부", "…기", "…모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 또는 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0029] 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0030] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 시스템(10)을 나타내는 개념도이고, 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 시스템(10)을 나타내는 구성도이며, 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 시스템(10)을 나타내는 블록도이다.

[0031] 종래의 공장 시스템은 도 2의 우측 도면에 도시된 바와 같이 별도의 HMI 시스템 및 HMI 관리자가 요구된다. 또한, 상기 HMI 관리자와 현장 작업자 간의 부가적인 통신장비가 요구된다.

[0032] 하지만, 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법 및 시스템(10)은 스마트 팩토리의 구축을 위해 별도의 HMI 시스템 및 HMI 관리자나 별도의 장비 및 마커 없이 작업자의 위치를 측정하고, 측정된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 제공할 수 있다.

[0033] 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 시스템(10)은 PLC 시스템(100), AR 인터페이스 시스템(200) 및 AR 디바이스(300)를 포함할 수 있다.

[0034] PLC 시스템(100)은 PLC AI 모듈(110), PLC DI 모듈(120), AD 컨버터(130), DA 컨버터(140), PLC 내부 메모리(150), PLC AO 모듈(160), PLC DO 모듈(170) 및 PLC 통신용 메모리(180)를 포함할 수 있다. 또한, PLC 시스템(100)은 공장 시설물(400)의 센서 모듈(410)과 연동하여 공장 시설물(400)의 센서 모듈(410)에 대한 동작을 제어할 수 있다.

[0035] 여기에서, 센서 모듈(410)은 아날로그 센서(411)와 디지털 센서(412)를 포함할 수 있다. 즉, PLC 시스템(100)은 각종 아날로그 센서(411) 또는 디지털 센서(412)들의 데이터를 입력받을 수 있다. 또한, PLC 시스템(100)은 필요에 따라 공장 시설물(400)의 센서 모듈(410) 등에 제어 명령을 보낼 수도 있다.

[0036] 특히, 아날로그 센서(411)의 데이터는 PLC(Programmable Logic Controller) 시스템(100)에 내장된 AD 컨버터 없이 직접 서버 컴퓨터로 연결시 어려움이 있어 1차적인 데이터 수집과 센서 모듈(410)에 제어 명령을 내리는 PLC 시스템(100)이 반드시 필요하다. 따라서, 각종 아날로그 센서(411) 또는 디지털 센서(412)들의 입/출력 데이터를 PLC 시스템(100)과 연동하는 것이 바람직하다.

[0037] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 아날로그 센서(411)와 PLC 시스템(100)의 입출력 연동 과정을 나타내는 도면이고, 도 5는 본 발명의 실시 예에 따른 디지털 센서(412)와 PLC 시스템(100)의 입출력 연동 과정을 나타내는 도면이며, 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 센서 모듈(410)과 PLC 시스템(100)의 연동 과정을 나타내는 도면이다.

[0038] 도 4에서 도시된 바와 같이 아날로그 센서(411)의 경우 센서(411)에서 PLC 시스템(100)으로 입력될 때는 센서(411)에서 보낸 신호를 PLC AI 모듈(110)을 거쳐 AD 컨버터(130)를 사용하여 디지털 신호로 변환한 후 PLC 내부 메모리(150)에 저장된다.

[0039] 또한, PLC 시스템(100)에서 아날로그 센서(411)로 동작 명령을 내릴 때는 PLC 내부 메모리(150)에서 DA 컨버터(140)를 거쳐 아날로그 신호로 변환시킨 후 PLC AO 모듈(160)을 거쳐 아날로그 센서(411)로 전송한다.

[0040] 또한, 도 5에서 도시된 바와 같이 디지털 센서(412)의 경우는 컨버터가 필요 없으므로 디지털 센서(412)의 컨버터 부분을 제외하고 사용한다. 또한, 아날로그 센서(411) 또는 디지털 센서(412)의 동작 제어를 위하여 센서와 연결된 PLC AI 모듈(110), PLC AO 모듈(160), PLC DI 모듈(120), PLC DO 모듈(170)과 PLC 내부 메모리(150)의

어드레스 매핑을 통해 연결한다.

[0041] 또한, 도 6과 같이 AR 인터페이스 시스템(200)과 네트워크를 이용하여 상태 값 및 제어 정보 데이터를 송/수신하기 위한 PLC 통신용 메모리(180)를 할당한다. 또한, PLC 로직을 설계하여 이를 적용시킬 수 있다.

[0042] AR 인터페이스 시스템(200)은 영상정보 측정부(210), 특징점 추출부(220), 학습부(230), 판단부(240), 통신부(250), 제어부(260) 및 데이터베이스(270)를 포함할 수 있다.

[0043] 영상정보 측정부(210)는 영상장치(211)를 이용하여 공장 시설물(400)의 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 측정할 수 있다. 여기에서, 영상장치(211)는 3D 스캐너 또는 스테레오 카메라 등이 포함될 수 있다.

[0044] 특징점 추출부(220)는 공장 시설물(400)을 입체적으로 추출하고 설비의 위치 파악을 위하여 영상정보 측정부(210)에서 측정된 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 이용하여 3D 맵을 추출하고, 추출된 3D 맵을 데이터베이스(270)에 구축할 수 있다. 또한, 특징점 추출부(220)는 마커 없이 작업자의 현재 위치를 찾을 때 필요한 특징점들을 3D 맵에서 추출하여 학습용 데이터를 데이터베이스(270)에 구축할 수 있다.

[0045] 또한, 특징점 추출부(220)는 3D 포인트 클라우드 모듈(221), 특징점 추출 모듈(222), 좌표계 변환 모듈(223) 및 정밀화 모듈(224)을 포함할 수 있다. 3D 포인트 클라우드 모듈(221)은 상기 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 결합하여 3D 포인트 클라우드(Point cloud)를 생성한다.

[0046] 또한, 특징점 추출 모듈(222)은 SIFT, FAST 등의 특징점 추출 알고리즘을 통해 영상정보 측정부(210)에서 측정된 영상 정보와, AR 디바이스(300)로부터 입력된 영상 정보에서 특징점을 추출한다.

[0047] 또한, 좌표계 변환 모듈(223)은 상기 3D 포인트 클라우드(3D Point Cloud) 상호 간의 상대적인 위치 관계를 파악하기 위해 각 3D 포인트 클라우드 좌표들의 상호관계를 계산하여 월드 좌표계로 변환한다. 또한, 좌표계 변환 모듈(223)은 특징점 추출 모듈(222)에서 추출된 특징점을 3D 포인트 클라우드와 매칭하여 해당 좌표의 위치 정보를 계산하고, 여러 각도에 대한 특징점들을 하나의 월드 좌표로 변환하여 3D 맵을 생성할 수 있다.

[0048] 또한, 정밀화 모듈(224)은 생성된 3D 맵을 토대로 정밀화 작업을 수행한다. 즉, 정밀화 모듈(224)은 생성된 3D 맵을 토대로 객체와 배경을 분리하는 작업과, 그림자 영역 및 구멍(Hole) 영역을 채우는 손실 부분 보정 작업을 수행한다.

[0049] 학습부(230)는 특징점 추출부(220)에서 생성된 3D 맵을 토대로 특징점의 분포 이미지를 학습하고 분류한다. 즉, 학습부(230)는 3D 맵으로 구축되어 있는 시설물들의 특징점을 활용하여 전체적인 특징점 분포 이미지를 일정 크기의 지역 패치로 분할하고, 분할된 특징점 분포 이미지를 각 위치에 맞게 라벨링하여 학습용 데이터베이스(270)를 구축한다. 또한, 라벨링하여 구축된 특징점 분포 이미지를 CNN(Convolution Neural Network) 또는 딥러닝을 이용하여 학습한다.

[0050] 또한, 판단부(240)는 AR 디바이스(300)로부터 입력된 영상 정보를 토대로 추출된 특징점과, 영상정보 측정부(210)로부터 입력된 영상정보를 토대로 미리 구축된 3D 맵의 특징점을 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출한다.

[0051] 즉, 판단부(240)는 AR 디바이스(300)를 통해 입력되는 영상으로부터 추출된 특징점 분포를 학습용 데이터베이스(270)와 비교하여 작업자의 위치를 판단할 수 있다. 또한, 판단부(240)는 학습용 데이터베이스(270)와 동일 라벨링이 되어 있는 지역 패치와 크기를 비교하여 작업자와 시설물(400) 간의 상대적 거리를 판단할 수 있다.

[0052] 또한, 통신부(250)는 유무선 네트워크 통신을 이용하여 PLC 시스템(100) 및 AR 디바이스(300)와 AR 인터페이스 시스템(200)을 연결할 수 있다.

[0053] 제어부(260)는 PLC 시스템(100)과 AR 디바이스(300)를 연동하여 제어할 수 있다. 즉, 제어부(260)는 PLC 시스템(100을 통해 공장 시설물(400)의 아날로그 센서(411)와 디지털 센서(412)를 제어하고, AR 디바이스(300)로부터 입력된 공장 시설물(400)의 영상 정보를 토대로 추출된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 AR 디바이스(300)에 디스플레이하여 제공할 수 있다.

[0054] 데이터베이스(270)는 영상정보 측정부(210)에서 측정된 공장 시설물(400)의 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 저장한다. 또한, 데이터베이스(270)는 학습부(230)에서 생성된 학습용 데이터베이스(270)를 저장한다.

[0055] 또한, AR 디바이스(300)는 공장 시설물(400)의 영상 정보를 측정하여 AR 인터페이스 시스템(200)에 전송한다. 또한, AR 디바이스(300)는 제어부(260)의 제어에 따라 공장 시설물(400)의 영상 정보를 토대로 추출된 작업자의

위치에 해당하는 설비의 정보를 디스플레이하여 제공할 수 있다.

[0056] 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법을 나타내는 개념도이고, 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법을 나타내는 순서도이다.

[0057] 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법은 공장 시설물(400)의 아날로그 센서(411) 또는 디지털 센서(412)와 데이터를 송수신하고 제어하기 위해 아날로그 센서(411) 또는 디지털 센서(412)와 PLC 시스템(100)을 연동하는 단계(S10)와, AR(Augmented reality) 디바이스(300)로 PLC 시스템(100)에 접속하기 위하여 PLC 시스템(100)과 AR 디바이스(300)를 연동하는 단계(S20)를 포함할 수 있다.

[0058] 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 유무선 네트워크 통신 방법을 나타내는 흐름도이고, 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 네트워크 연결 상태 감지 및 연결 복원 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0059] 즉, 도 9 및 도 10은 PLC 시스템(100)과 AR 디바이스(300)와의 연동을 위한 유무선 네트워크 통신 방법과, 네트워크 연결 상태 감지 및 연결 복원 방법을 나타내는 흐름도이다.

[0060] 종래의 HMI 시스템은 지정된 공간에서 관리자가 센서 데이터와 네트워크 연결 상태 등을 모니터링하여 현장 작업자와 연락을 취한다. 이러한 방식은 시스템 관리자가 항상 상주하고 있어야 하고 현장 작업자와 주기적인 소통을 위해 부가적인 통신 장비가 필요하게 된다.

[0061] 따라서, 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법 및 시스템(10)은 이러한 단점을 극복하고자 현장 작업자가 착용하는 AR 디바이스(300)에 작업자 또는 시스템의 선택에 따라 센서 데이터를 분석하여 이상이 발생할 시 자동으로 작업자에게 알림 정보를 전송할 수 있다. 즉, 도 8과 같이 유무선 네트워크 연결 기술을 통해 센서 데이터를 데이터베이스에 저장하고 갱신하며, 수집된 센서 데이터를 센서별로 분석할 수 있다.

[0062] 또한, 도 10에서 도시된 바와 같이 시스템이 동작하는 도중에 네트워크 연결이 끊어질 경우 자동으로 이를 감지하고 연결을 복원할 수 있다. 즉, 미리 설정된 풀링(Pooling) 방식을 통해 네트워크 연결 상태를 감지하며 네트워크 연결이 끊어졌다고 판단되는 경우 미리 설정된 연결시간(예를 들어 3초)마다 재연결을 시도하고, 미리 설정된 연결회수(예를 들어 5회) 동안 재연결에 실패할 경우에는 알림 또는 경고 메시지를 전송할 수 있다.

[0063] 또한, PLC 시스템(100)과 AR 디바이스(300)의 연동을 위한 데이터베이스(270)를 구축하여 필요한 센서 데이터를 추출하고, PLC 시스템(100)과 AR 디바이스(300)와의 연동을 위한 AR 인터페이스 시스템(200)을 통해 센서(410)의 정보를 AR 디바이스(300)에 송신할 수 있다.

[0064] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법은 공장 시설물(400)을 입체적으로 추출하고 설비의 위치 파악을 위하여 3D 맵을 구축하는 단계(S30)와, AR 디바이스(300)에서 공장 시설물(400)의 영상 정보를 측정하여 AR 인터페이스 시스템(200)에 전송하는 단계(S40)를 포함할 수 있다.

[0065] 즉, 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법은 마커 없이 작업자의 현재 위치를 찾을 때 필요한 특징점들을 3D 맵에서 추출하여 학습용 데이터를 구축한다. 또한, 공장 내의 시설물(400)을 3차원 맵으로 생성한 후에 이를 이용하여 시설물(400)을 입체적으로 검토하고, 정확한 설비의 위치 파악과 효율적인 점검이 가능하도록 한다.

[0066] 도 11은 본 발명의 실시 예에 따른 3D 맵의 구축 과정을 나타내는 도면이고, 도 12는 도 8의 3D 맵을 구축하는 단계(S30)를 세부적으로 나타내는 순서도이다. 또한, 도 13은 본 발명의 실시 예에 따른 깊이 정보 추출 과정을 나타내는 흐름도이고, 도 14는 본 발명의 실시 예에 따른 3D 포인트 클라우드의 생성 과정을 나타내는 흐름도이다.

[0067] 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법은 마커 없이 작업자의 현재 위치를 찾을 때 필요한 특징점들을 3D 맵에서 추출하여 데이터베이스(270)를 구축할 수 있다.

[0068] 즉, 도 11과 같이 카메라와 같은 영상장치(211)를 이용하여 시설물(400)을 촬영하고, 촬영된 영상의 2D 이미지 정보와 깊이 정보를 토대로 3D 맵을 생성하여 시설물(400)을 입체적으로 검토하는 것이 가능하다. 또한, 설비의 정확한 위치를 파악하고, 파악된 위치 정보를 토대로 설비의 관련 정보를 제공하여 효율적인 점검을 할 수 있다.

[0069] 도 12와 같이 상기 3D 맵을 구축하는 단계(S30)는 영상장치(211)를 이용하여 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를

측정하는 단계(S31)와, 상기 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 결합하여 3D 포인트 클라우드를 생성하는 단계(S32)를 포함할 수 있다. 여기에서, 영상장치(211)는 3D 스캐너 또는 스테레오 카메라 등이 사용될 수 있다.

[0070] 즉, 3D 맵 구축을 위해서는 도 13과 같이 먼저 3D 스캐너 또는 스테레오 카메라 등의 영상장치(211)를 사용하여 2D RGB 이미지 정보와 깊이 정보를 측정한다. 또한, 도 14에서 도시된 바와 같이 영상장치(211)를 이용하여 촬영한 2D 이미지와 깊이 정보를 결합하여 3D 포인트 클라우드(Point cloud)를 생성한다.

[0071] 또한, 상기 3D 맵을 구축하는 단계(S30)는 상기 3D 포인트 클라우드(3D Point Cloud) 상호 간의 상대적인 위치 관계를 파악하기 위해 각 3D 포인트 클라우드 좌표들의 상호관계를 계산하여 월드 좌표계로 변환하는 단계(S33)와, 영상 정보에서 특징점 추출 알고리즘을 통해 특징점을 추출하고, 상기 특징점을 3D 포인트 클라우드와 매칭하여 해당 좌표의 위치 정보를 계산하는 단계(S34) 및 여러 각도에 대한 특징점들을 하나의 월드 좌표로 변환하여 3D 맵을 생성하는 단계(S35)를 포함할 수 있다. 여기에서, 상기 특징점 추출 알고리즘은 SIFT, FAST 등이 될 수 있다.

[0072] 도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 월드 좌표 변환 과정을 나타내는 도면이고, 도 16은 본 발명의 실시 예에 따른 2D 특징점의 매칭 과정을 나타내는 도면이다. 즉, 도 15의 좌측 도면은 월드 좌표 변경 전의 그래프를 나타내는 도면이고, 도 15의 우측 도면은 월드 좌표 변경 후의 그래프를 나타내는 도면이다.

[0073] 각 3D 포인트 클라우드의 좌표들은 서로 독립적이므로 이를 절대 좌표로 변환해야 한다. 즉, 독립 좌표계인 다른 각도의 카메라 좌표계를 월드 좌표계로 변환할 수 있다.

[0074] 도 15와 같이 기준이 되는 월드 좌표계를 생성하고, 각 3D 포인트 클라우드 좌표들의 상호관계를 계산하여 월드 좌표계로 변환함으로써 상호 간의 상대적 위치 관계를 파악할 수 있다. 이를 통해, 각각 다른 각도에서 촬영된 카메라의 상대적인 위치 좌표들을 하나의 월드 좌표로 통일하여 카메라 상호간의 상대적 위치 관계를 파악할 수 있다.

[0075] 또한, 도 16은 서로 다른 각도의 영상(사진)에 대하여 2D 특징점을 매칭하는 과정을 나타내는 도면이다. 도 16과 같이 서로 다른 여러 각도에 대한 특징점들을 각각 추출하고, 추출된 특징점을 매칭하여 특징점 간의 상관관계를 계산할 수 있다.

[0076] 도 17a, 도 17b 및 도 17c는 본 발명의 실시 예에 따른 깊이 정보 측정 방법을 나타내는 도면이다. 즉, 도 17a, 도 17b 및 도 17c는 서로 다른 각도의 영상(사진)에 대한 깊이 정보를 생성하는 과정을 나타낸다. 도 17a와 같이 서로 다른 각도의 영상에 대하여 특징점을 매칭하고, 각 매칭된 특징점들을 추출할 수 있다.

[0077] 또한, 특징점 매칭된 결과와 카메라 파라미터를 사용하여 깊이 정보를 생성할 수 있다. 도 17b는 특징점 매칭된 결과와 카메라 파라미터를 사용한 깊이 정보 측정 방법을 나타낸다.

[0078] 도 17b와 같이 서로 다른 각도의 영상(예를 들어, 좌안 영상과 우안 영상)을 토대로 아래의 [수학식 1]을 이용하여 카메라와 객체 사이의 거리 또는 깊이 정보를 측정할 수 있다.

[0079] [수학식 1]

[0080] $$z = \frac{fT}{d}$$

[0081] 여기에서, z는 카메라와 객체 사이의 거리 또는 깊이 정보를 나타내고, f는 카메라의 초점 거리이며, T는 카메라 간의 거리 차이고, d는 각 특징점 간의 거리 차를 나타낸다. 또한, 도 17c와 같이 스테레오 카메라를 통한 입력 영상과 스테레오 카메라를 통해 촬영된 오버랩된 영상을 토대로 깊이 정보를 생성할 수 있다.

[0082] 또한, 도 18a 및 도 18b는 본 발명의 실시 예에 따른 3D 포인트 클라우드 생성 방법을 나타내는 도면이고, 도 19는 본 발명의 실시 예에 따라 포인트 클라우드를 통합하는 과정을 나타내는 도면이다. 또한, 도 20a 및 도 20b는 본 발명의 실시 예에 따른 3D 특징점의 매칭 방법을 나타내는 도면이고, 도 21은 본 발명의 실시 예에 따라 생성된 공장 시설물의 3D 맵을 나타내는 도면이다.

[0083] 도 18a 및 도 18b와 같이 입력 영상(2D RGB 영상)과 특징점 매칭을 통해 생성된 깊이 정보(2D 깊이 정보)를 결합하여 3D의 포인트 클라우드를 생성할 수 있다.

[0084] 이때, 도 19와 같이 SIFT, FAST 등의 특징점 추출 알고리즘을 통해 추출된 특징점을 매칭하여 해당 좌표의 위치 정보를 계산한 뒤, 여러 각도에 대한 특징점들을 하나의 월드 좌표로 변환(Registration)한다.

[0085] 즉, 서로 다른 각도에서 생성된 3D 포인트 클라우드의 변환(Registration)을 통해 각 포인트 클라우드의 기하학적 관계를 계산한 뒤 하나의 포인트 클라우드로 결합할 수 있다.

[0086] 또한, 도 20a 및 도 20b와 같이 서로 다른 각도에서 생성된 3D 포인트 클라우드에 대하여 3D 특징점을 매칭하여 3D 맵을 완성할 수 있다. 즉, 도 20a와 같이 소스(Source) 클라우드 포인트(p_i)와 타겟(Target) 클라우드 포인트(q_i)를 추출하고, 각각 대응되는 위치 정보를 매칭한다.

[0087] 또한, 도 20b와 같이 포인트 클라우드의 생성과 매칭 과정을 반복적으로 수행하여 3D 맵을 생성한다. 도 21은 상기 도 20a와 도 20b의 과정을 통해 포인트 클라우드를 이용하여 생성한 공장 시설물(400)의 영상을 나타낸다.

[0088] 또한, 상기 3D 맵을 구축하는 단계(S30)는 상기 하나의 월드 좌표로 변환하여 3D 맵을 생성하는 단계(S35)에서 생성된 3D 맵을 토대로 정밀화 작업을 수행하는 단계(S36)를 더 포함할 수 있다.

[0089] 도 22a 및 도 22b는 본 발명의 실시 예에 따른 정밀화 작업을 나타내는 도면이다. 즉, 도 22a는 객체와 배경 분리를 통해 정밀화 작업을 진행하는 것을 나타내는 도면이고, 도 22b는 그림자 영역과 구멍 영역이 발생한 부분을 정리하는 정밀화 작업을 나타내는 도면이다.

[0090] 도 22a 및 도 22b와 같이 상기 도 15 내지 도 21의 변환 과정 결과로 생성된 3D 맵을 토대로 객체와 배경 분리 작업, 그림자 영역 및 구멍 영역 등의 손실 부분 등을 채우는 정밀화 작업을 진행하여 3D 맵을 완성한다.

[0091] 또한, 생성된 3D 포인트 클라우드 내 3차원 정보 중 필요로 하는 부분만 선택해서 사용하기 위해서는 이를 객체화할 필요성이 있다. 이러한 객체 영역은 추후 AR 디바이스(300)를 착용하는 작업자와 상호작용하도록 설계된다.

[0092] 또한, 3D 카메라를 통해 촬영된 사진은 일반적으로 RGB 정보와 깊이 정보가 분리되어 있어 이를 결합하는 과정에서 그림자 영역이나 구멍 영역이 발생하므로 이러한 그림자 영역 및 구멍 영역 등의 손실 부분 등을 채우는 정밀화 작업을 진행한다.

[0093] 또한, 정밀화 작업을 통해 완성된 3D 맵을 마커리스 기반의 AR 소프트웨어를 위한 특징점 추출 과정이나 시설물을 입체적으로 검토 및 정확한 설비의 위치파악과 효율적인 점검이 가능하도록 하기 위해 데이터베이스(270)에 저장한다.

[0094] 또한, 상기 3D 맵을 구축하는 단계(S30)는 상기 하나의 월드 좌표로 변환하여 3D 맵을 생성하는 단계(S35)에서 생성된 3D 맵을 토대로 특징점의 분포 이미지를 학습하고 분류하는 단계(S37)를 더 포함할 수 있다.

[0095] 또한, 상기 학습하고 분류하는 단계(S37)는 전체적인 특징점 분포 이미지를 일정 크기의 지역 패치로 분할하는 단계(S371), 분할된 특징점 분포 이미지를 각 위치에 맞게 라벨링하여 구축하는 단계(S372) 및 라벨링하여 구축된 특징점 분포 이미지를 학습하는 단계(S373)를 포함한다.

[0096] 이때, 특징점 분포 이미지를 학습하는 단계(S373)는 CNN 또는 딥러닝을 이용하여 상기 특징점 분포 이미지를 학습한다.

[0097] 도 23은 본 발명의 실시 예에 따른 데이터베이스(270)를 나타내는 도면이고, 도 24는 본 발명의 실시 예에 따른 학습용 데이터베이스(270) 구축 과정을 나타내는 도면이며, 도 25는 본 발명의 실시 예에 따른 특징점 분포 이미지의 학습 과정을 나타내는 도면이다.

[0098] 즉, 도 24는 본 발명의 실시 예에 따라 AR 디바이스용 마커리스 기반의 위치 추적을 위해 특징점 분포 이미지를 라벨링하여 학습용 데이터베이스(270)를 구축하는 것(S37)을 나타내는 도면이고, 도 25는 딥러닝을 이용하여 상기 특징점 분포 이미지를 학습하는 과정(S38)을 나타내는 도면이다.

[0099] 도 23에서 도시된 바와 같이 공장 시설물(400)에 관한 정보를 데이터베이스(270)에 입력하여 시설물 데이터베이스를 구축할 수 있다. 또한, 구축된 데이터베이스(270)를 토대로 시설물(400) 정보의 고유 ID 값을 3D 맵의 객체 영역과 매칭하여 AR 디바이스(300)의 사용자가 해당 객체 영역의 이벤트를 발생시킬 경우, 실제 시설물(400)의 정보를 데이터베이스(270)로부터 AR 디바이스(300)로 전송받을 수 있다.

[0100] 한편, 종래의 AR 디바이스용 실내 위치 추적 방식으로는 마커를 이용하는 방식과 GPS, AP 및 비콘 등을 이용하는 방식이 있다. 이때, 상기 마커를 이용하는 방식은 마커가 반드시 시야 내에 인식되어야 정보 디스플레이 및 상호작용이 가능하고, 마커를 부착하기 어려운 곳에는 적용하기 어려운 문제가 있다.

[0101] 또한, 상기 GPS, AP 및 비콘 등을 이용하는 방식은 실내에서 적용하기가 어렵거나 거리 및 장애물에 영향을 많이 받는 단점이 있다. 따라서, 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법은 실내에서 작업자의 위치를 실시간으로 추적하기 위하여 3D 맵의 특징점을 이용한 마커리스 기반의 위치 추적 방식을 이용한다.

[0102] 이를 위해, 도 24와 같이 특징점의 분포 이미지를 학습하고 분류한다. 3D 맵으로 구축되어 있는 시설물들의 특징점을 활용하여 전체적인 특징점 분포 이미지를 일정 크기의 지역 패치로 만들어 분할한다. 또한, 분할된 특징점 분포 이미지를 각 위치에 맞게 라벨링하여 학습용 데이터베이스를 구축할 수 있다.

[0103] 또한, 도 25에서 도시된 바와 같이 라벨링하여 구축된 상기 학습용 데이터베이스의 특징점 분포 이미지를 CNN(Convolution Neural Network)을 이용하여 학습할 수 있다. 또한, 3D 맵에서 특징점을 추출하고, 추출한 특징점들을 이미지에서 일정 크기로 분할하여 지역 패치를 생성하며, 생성된 지역 패치를 하나의 객체로 간주한다.

[0104] 또한, 전체 특징점 분포 이미지에서 학습하고자 하는 지역 패치와 지역 패치의 x좌표, y좌표, 넓이, 높이와 어느 부분의 지역 패치인지 라벨링한 정보를 쌍으로 입력하여 학습한다.

[0105] 이와 같이, 상기 3D 맵을 생성하는 단계(S30)는 시설물(400)의 3D 맵을 구축하여 시설물(400)을 입체적으로 검토하고, 정확한 설비의 위치를 파악할 수 있다.

[0106] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법은 AR 인터페이스 시스템(200)에서 AR 디바이스(300)로부터 입력된 영상 정보를 토대로 특징점을 추출하고, 미리 구축된 3D 맵의 특징점과 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출하는 단계(S50) 및 추출된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 AR 디바이스(300)에 디스플레이하여 제공하는 단계(S60)를 포함할 수 있다.

[0107] 즉, 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법은 학습 결과를 토대로 마커 없이 작업자의 현재 위치를 추출할 수 있다.

[0108] 도 26은 본 발명의 실시 예에 따른 특징점 추출 과정을 나타내는 도면이다. 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법은 도 26과 같이 SIFT 등의 알고리즘을 이용하여 작업자가 착용한 AR 디바이스(300)에 입력되는 영상에서 특징점을 추출한다. 이때, 상기 특징점 추출은 영상의 픽셀값이 미리 설정된 일정 값 이상 변화하는 코너를 찾아 표시한다.

[0109] 도 27은 본 발명의 실시 예에 따른 지역 패치의 위치 추출 과정을 나타내는 도면이다. 즉, 도 27은 도 25의 학습 결과를 토대로 3D 맵에서 찾고자 하는 지역 패치의 위치를 추출하는 과정을 나타내는 도면이다.

[0110] 도 27과 같이 추출된 특징점 이미지를 CNN에 입력하여 결과를 표시한다. 이때, 상기 학습 시에는 지역 패치와 함께 지역 패치의 정보를 쌍을 이루어 입력하지만, 결과 도출시에는 CNN에 특징점 분포 이미지만 입력하여 서버가 현재 입력된 이미지에서 지역 패치를 찾아내어 그 위치를 표시할 수 있다.

[0111] 또한, 상기 CNN의 마지막 레이어에서 찾고자 하는 특징점이 분포되어 있을 확률이 있는 후보군들을 만들고, 하나의 특징점 분포가 있을 것으로 예상되는 영역과 교집합을 거쳐 최종적으로 입력되는 영상에서 지역패치의 위치를 표시한다.

[0112] 도 28a 및 도 28b는 본 발명의 실시 예에 따른 지역 패치를 토대로 작업자의 위치를 측정하는 도면이다. 즉, 도 28a는 지역 패치의 크기를 통해 작업자와 시설물의 거리를 측정하는 도면이고, 도 28b는 지역 패치의 위치를 통해 작업자와 시설물의 각도를 측정하는 도면이다.

[0113] 도 28a 및 도 28b와 같이 AR 디바이스(300)를 통해 입력되는 영상으로부터 추출된 특징점 분포를 학습용 데이터베이스(270)와 비교하여 작업자의 위치를 측정할 수 있다. 즉, 도 28a와 같이 학습용 데이터베이스(270)와 동일 라벨링이 되어 있는 지역 패치와 크기를 비교하여 작업자와 시설물(400) 간의 상대적 거리를 측정할 수 있다.

[0114] 이때, 학습용 데이터베이스(270)의 지역 패치보다 AR 디바이스(300) 입력 영상의 지역 패치 크기가 크면 지역 패치의 위치에 있는 시설물(400)에 학습용 데이터베이스(270)를 만들 때 설정된 기준점보다 작업자가 더 가까운 위치에 있음을 판단할 수 있다.

[0115] 반대로, 학습용 데이터베이스(270)의 지역 패치보다 AR 디바이스(300) 입력 영상의 지역 패치 크기가 작으면 지역 패치의 위치에 있는 시설물(400)에 학습용 데이터베이스(270)를 만들 때 설정된 기준점보다 작업자가 더 멀

리 위치해 있음을 판단할 수 있다.

[0116] 또한, 동일한 방식으로 도 28b에서 도시된 바와 같이 학습용 데이터베이스(270)와 동일 라벨링이 되어 있는 지역 패치의 위치를 비교하여 작업자와 시설물(400) 간의 각도를 측정할 수 있다.

[0117] 이때, AR 디바이스(300)를 통해 입력된 영상의 지역 패치가 학습용 데이터베이스(270)의 지역 패치 위치보다 왼쪽에 있다면 현재 작업자의 위치는 학습용 데이터베이스(270)의 지역 패치를 만들 때 설정된 기준점보다 오른쪽에 있다고 판단할 수 있다.

[0118] 도 29는 본 발명의 실시 예에 따른 AR 인터페이스 시스템(200)의 연동을 나타내는 도면이다. 상술한 과정을 통해 측정된 작업자의 위치 정보를 토대로 AR 인터페이스 시스템(200)을 연동하여 작업자에게 AR 디바이스(300)로 공장 시설물(400)의 관련 정보를 제공한다.

[0119] AR 디바이스(300)의 AR 소프트웨어가 AR 인터페이스 시스템(200)의 서버에 연동하여 설비에 대한 정보를 수신할 수 있으며, 현재 작업자의 위치가 측정되면 마커리스 기반의 AR 소프트웨어를 이용하여 해당 위치에 대응되는 컨트롤 패널 및 정보를 디스플레이할 수 있다.

[0120] 즉, AR 디바이스(300)에 디스플레이하여 제공하는 단계(S60)는 작업자의 위치 정보를 추출하는 단계(S50)에서 작업자의 위치가 측정되면 측정 위치에 해당하는 설비의 정보를 AR 디바이스(300)에 디스플레이하고, 필요한 경우 상호작용을 할 수 있도록 버튼 등의 인터페이스를 제공할 수 있다.

[0121] 이와 같이 본 발명의 실시 예에 따른 스마트 팩토리 구축을 위한 마커리스 기반의 AR 구현 방법 및 시스템(10)은 시설물(400)의 아날로그 센서(411) 또는 디지털 센서(412)와 PLC 시스템(100)과의 연동 기능과, 시설물(400)의 아날로그 센서(411) 또는 디지털 센서(412)의 동작 제어 기능이 가능하며, 이를 통해 HMI 시스템의 관리자 없이 AR 디바이스(300)만으로 시설물(400)의 컨트롤이 가능하다.

[0122] 또한, 센서(410) 데이터를 수집하여 유/무선 네트워크를 통해 AR 인터페이스 시스템(200)으로 송신하고, AR 인터페이스 시스템(200)은 데이터베이스(270)에 데이터를 저장하여 이를 AR 디바이스(300)에 송신함으로써, HMI 관리자 없이 네트워크 연결 상태의 감지 및 연결 상태의 복원이 가능하다.

[0123] 또한, 3D 맵 구축을 통해 마커 없이 작업자의 현재 위치를 찾을 때 필요한 특징점들을 3D 맵에서 추출할 수 있고, 공장 내의 시설물(400)을 3D 맵으로 생성하여 이를 통해 시설물(400)을 입체적으로 검토 및 정확한 설비의 위치파악과 효율적인 점검이 가능하다.

[0124] 또한, 별도의 장비 없이 AR 디바이스(300)만으로 작업자의 현재 위치를 추적하여 해당 위치에 대응되는 컨트롤 패널 및 정보를 디스플레이하며, 이를 통해 종래 별도의 장비를 동원하여 위치를 추적하는 방식에 비해 비용을 절감할 수 있다.

[0125] 이상으로 본 발명에 관한 바람직한 실시 예를 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시 예에 한정되지 아니하며, 본 발명의 실시 예로부터 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의한 용이하게 변경되어 균등하다고 인정되는 범위의 모든 변경을 포함한다.

부호의 설명

[0131] 10 : 마커리스 기반의 AR 구현 시스템

100 : PLC 시스템 110 : PLC AI 모듈

120 : PLC DI 모듈 130 : AD 컨버터

140 : DA 컨버터 150 : PLC 내부 메모리

160 : PLC AO 모듈 170 : PLC DO 모듈

180 : PLC 통신용 메모리 200 : AR 인터페이스 시스템

210 : 영상정보 측정부 211 : 영상장치

220 : 특징점 추출부 221 : 3D 포인트 클라우드 모듈

222 : 특징점 추출 모듈 223 : 좌표계 변환 모듈

224 : 정밀화 모듈　　230 : 학습부

240 : 판단부　　250 : 통신부

260 : 제어부　　270 : 데이터베이스

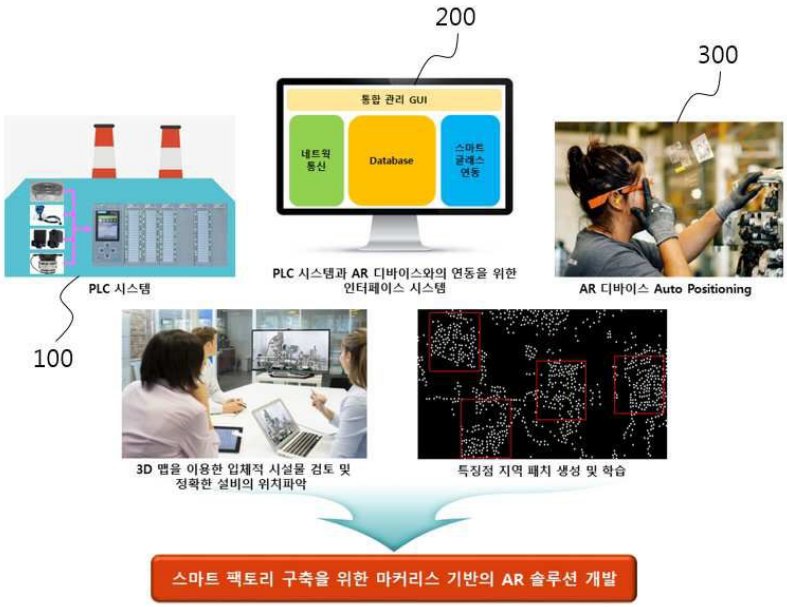
300 : AR 디바이스　　400 : 공장 시설물

410 : 센서 모듈　　411 : 아날로그 센서

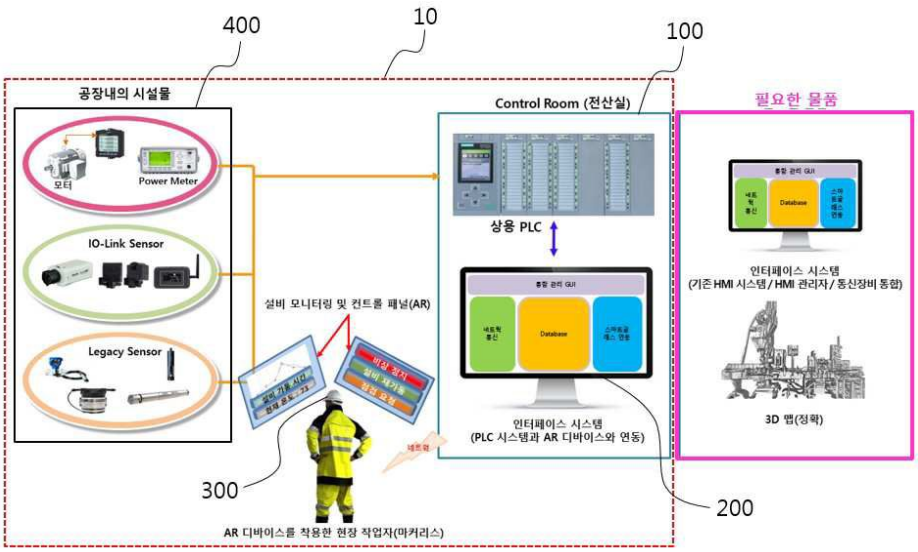
412 : 디지털 센서

도면

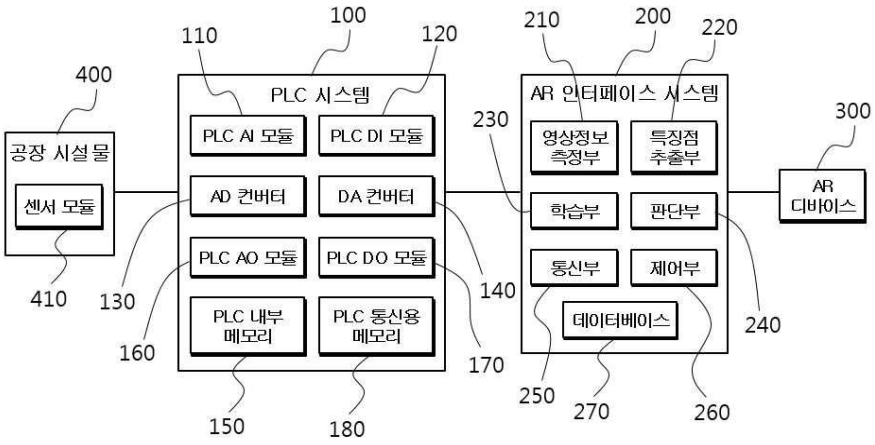
도면1



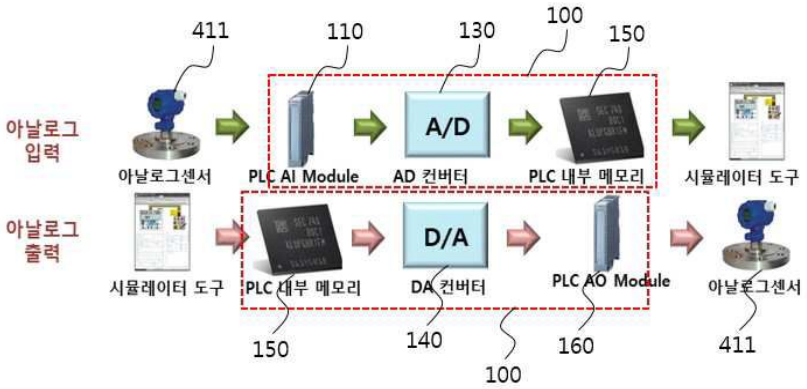
도면2



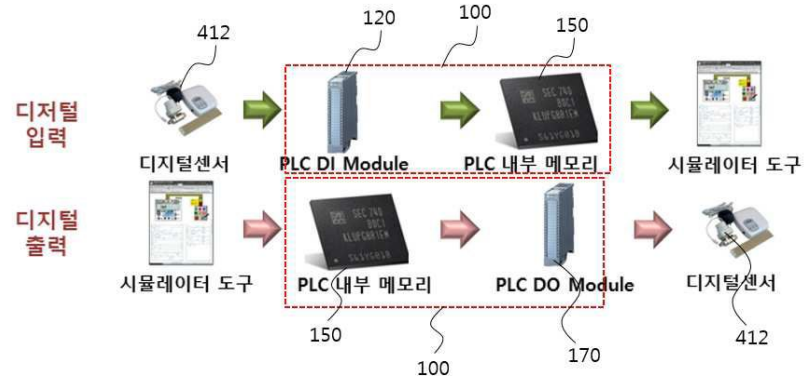
도면3


400
110
100
120
210
200
220
300
230
PLC 시스템
AR 인터페이스 시스템
공장 시설물
센서 모듈
PLC AI 모듈
PLC DI 모듈
AD 컨버터
DA 컨버터
PLC AO 모듈
PLC DO 모듈
PLC 내부 메모리
PLC 통신용 메모리
영상정보 측정부
특징점 추출부
학습부
판단부
통신부
제어부
데이터베이스
AR 디바이스
410
130
140
240
160
170
250
270
260
150
180

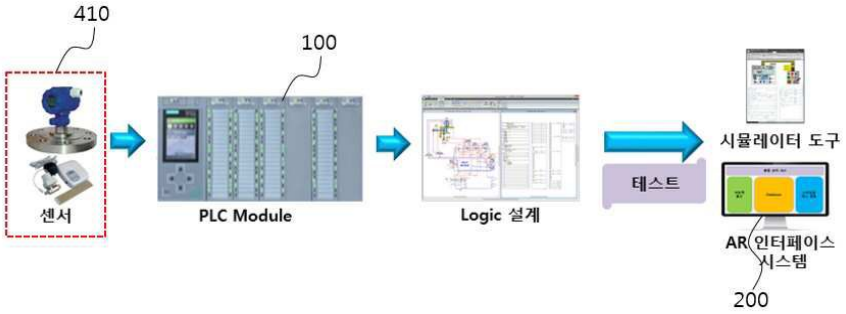
도면4


411
110
130
100
150
아날로그 입력
아날로그센서
PLC AI Module
AD 컨버터
A/D
PLC 내부 메모리
시뮬레이터 도구
아날로그 출력
시뮬레이터 도구
PLC 내부 메모리
DA 컨버터
D/A
PLC AO Module
아날로그센서
150
140
100
160
411

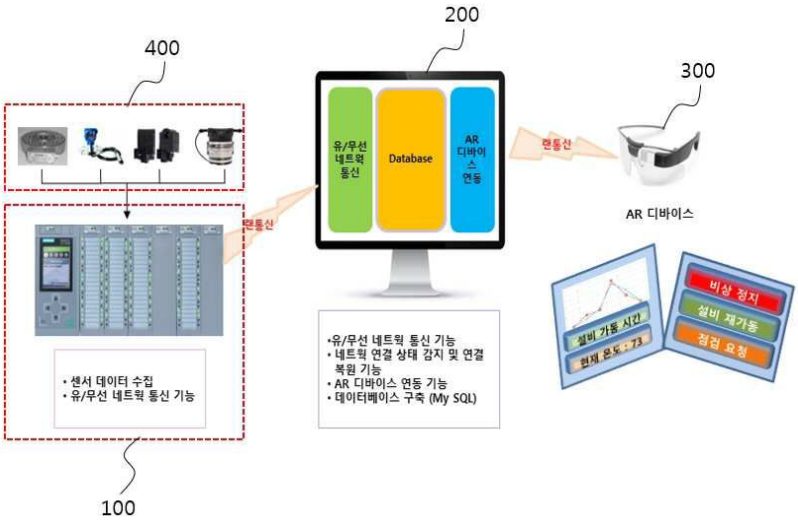
도면5


412
120
100
150
디지털 입력
디지털센서
PLC DI Module
PLC 내부 메모리
시뮬레이터 도구
디지털 출력
시뮬레이터 도구
PLC 내부 메모리
PLC DO Module
디지털센서
150
100
170
412

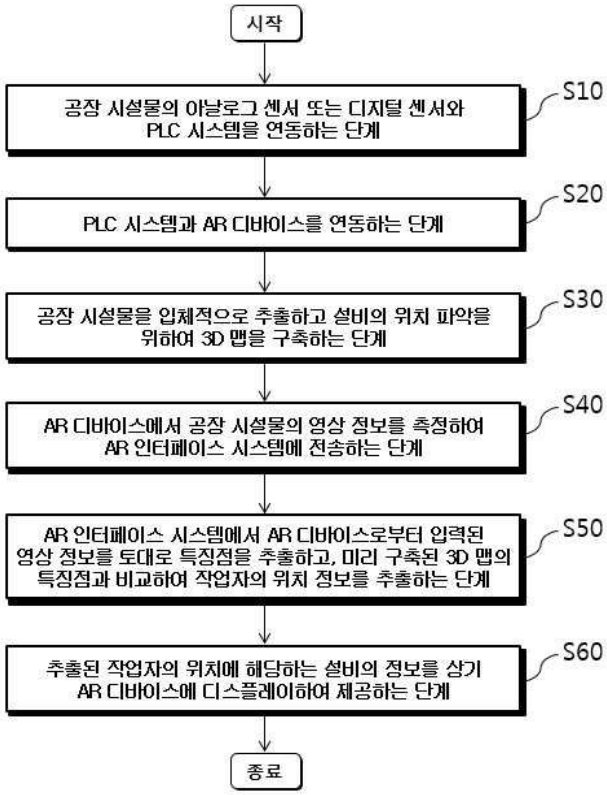
도면6


410
100
센서
PLC Module
Logic 설계
테스트
시뮬레이터 도구
AR 인터페이스 시스템
200

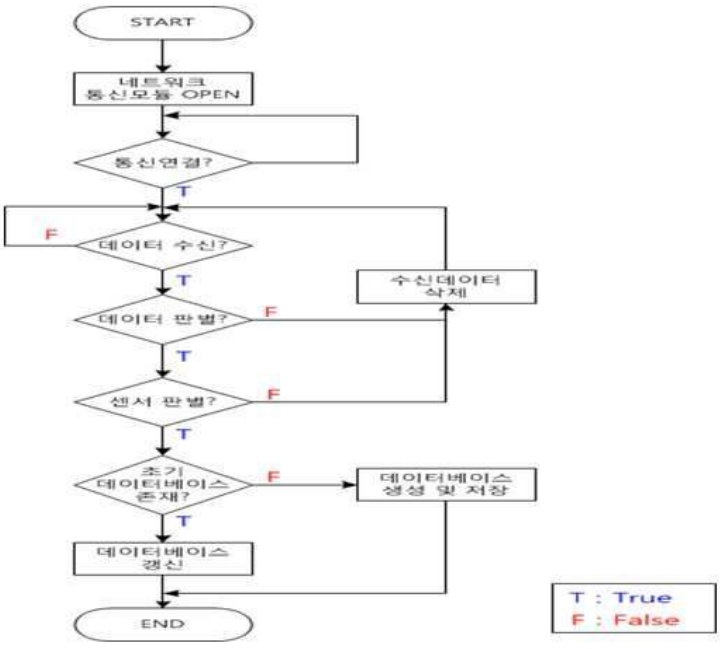
도면7


400
200
300
유/무선 네트워크 통신
Database
AR 디바이스 연동
무선
AR 디바이스
비상 정지
설비 재가동
점검 요청
• 센서 데이터 수집
• 유/무선 네트워크 통신 기능
•유/무선 네트워크 통신 기능
• 네트워크 연결 상태 감지 및 연결 복원 기능
• AR 디바이스 연동 기능
• 데이터베이스 구축 (My SQL)
100

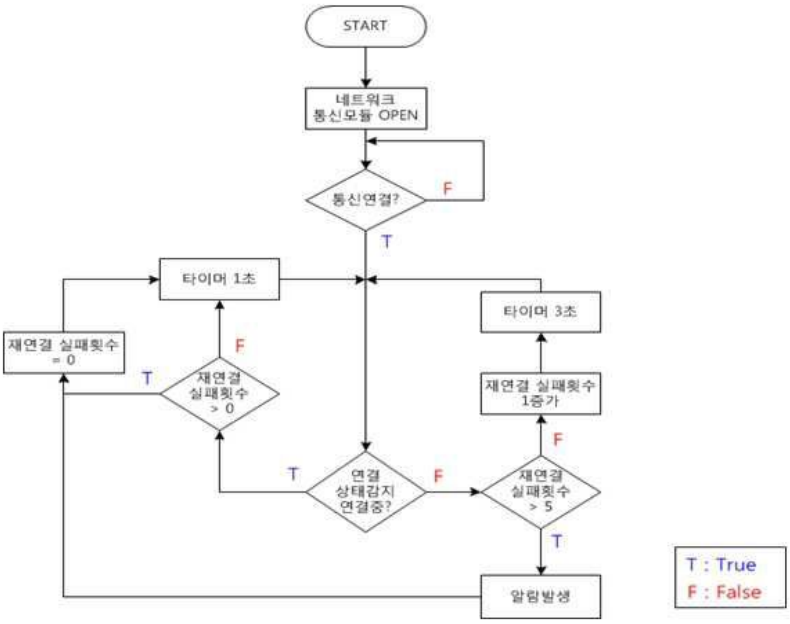
도면8


시작
공장 시설물의 아날로그 센서 또는 디지털 센서와 PLC 시스템을 연동하는 단계
S10
PLC 시스템과 AR 디바이스를 연동하는 단계
S20
공장 시설물을 입체적으로 추출하고 설비의 위치 파악을 위하여 3D 맵을 구축하는 단계
S30
AR 디바이스에서 공장 시설물의 영상 정보를 측정하여 AR 인터페이스 시스템에 전송하는 단계
S40
AR 인터페이스 시스템에서 AR 디바이스로부터 입력된 영상 정보를 토대로 특징점을 추출하고, 미리 구축된 3D 맵의 특징점과 비교하여 작업자의 위치 정보를 추출하는 단계
S50
추출된 작업자의 위치에 해당하는 설비의 정보를 상기 AR 디바이스에 디스플레이하여 제공하는 단계
S60
종료

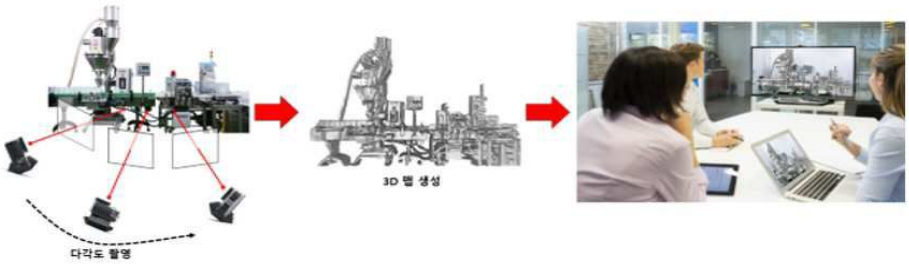
도면9


START
네트워크 통신모듈 OPEN
통신연결?
T
F
데이터 수신?
T
수신데이터 삭제
데이터 판별?
F
T
센서 판별?
F
T
초기 데이터베이스 존재?
F
데이터베이스 생성 및 저장
T
데이터베이스 갱신
END
T : True
F : False

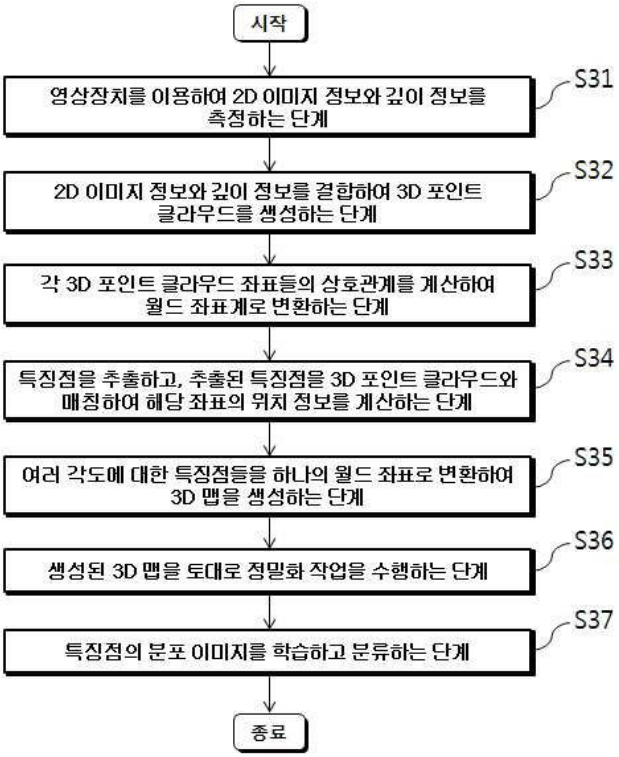
도면10


START
네트워크 통신모듈 OPEN
통신연결?
F
T
타이머 1초
타이머 3초
재연결 실패횟수 = 0
F
T
재연결 실패횟수 > 0
재연결 실패횟수 1증가
F
T
연결 상태감지 연결중?
F
재연결 실패횟수 > 5
T
알림발생
T : True
F : False

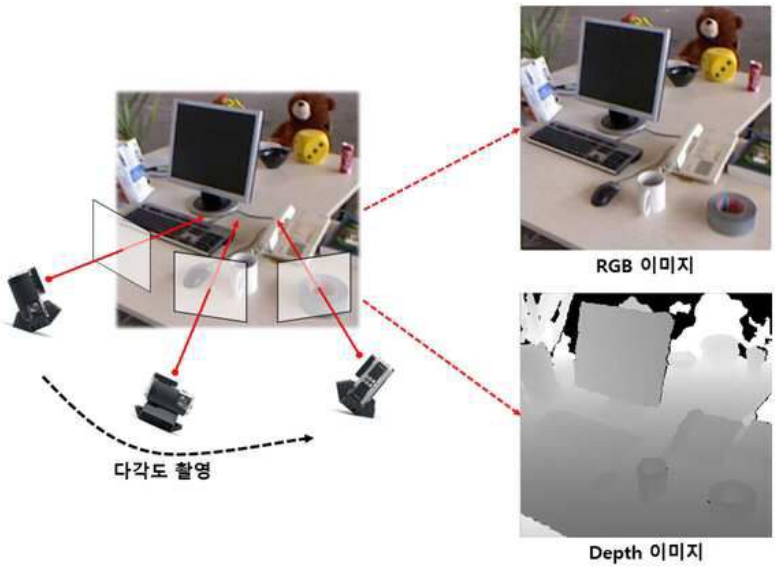
도면11


다각도 촬영
3D 맵 생성

도면12


시작
영상장치를 이용하여 2D 이미지 정보와 깊이 정보를 측정하는 단계
S31
2D 이미지 정보와 깊이 정보를 결합하여 3D 포인트 클라우드를 생성하는 단계
S32
각 3D 포인트 클라우드 좌표들의 상호관계를 계산하여 월드 좌표계로 변환하는 단계
S33
특징점을 추출하고, 추출된 특징점을 3D 포인트 클라우드와 매칭하여 해당 좌표의 위치 정보를 계산하는 단계
S34
여러 각도에 대한 특징점들을 하나의 월드 좌표로 변환하여 3D 맵을 생성하는 단계
S35
생성된 3D 맵을 토대로 정밀화 작업을 수행하는 단계
S36
특징점의 분포 이미지를 학습하고 분류하는 단계
S37
종료

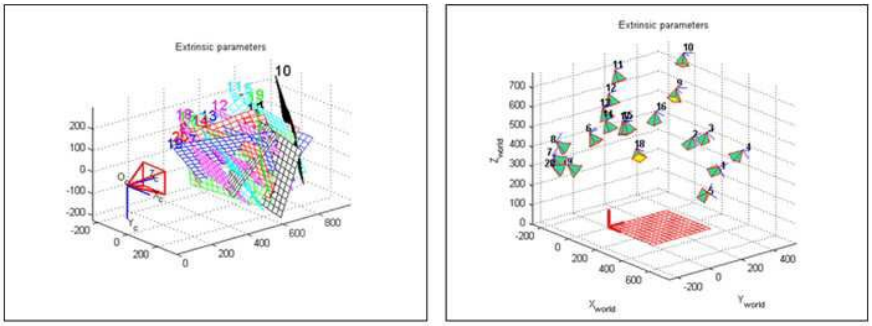
도면13


RGB 이미지
다각도 촬영
Depth 이미지

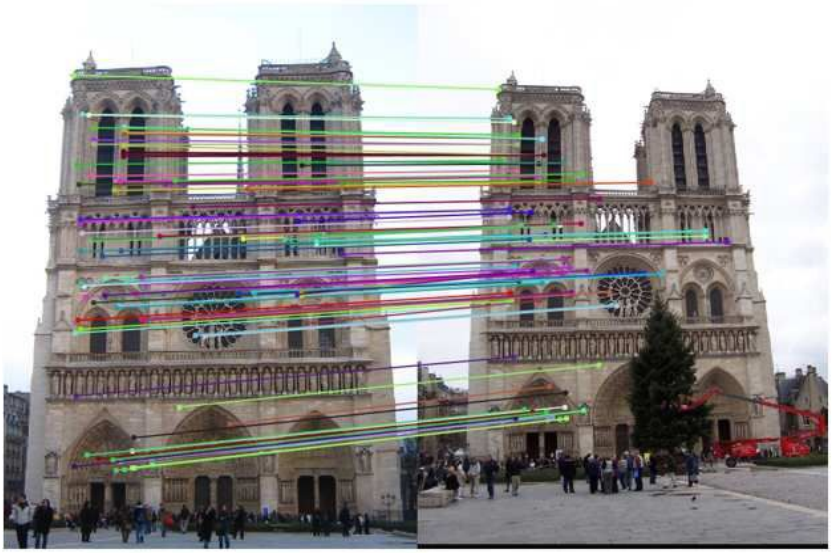
도면14



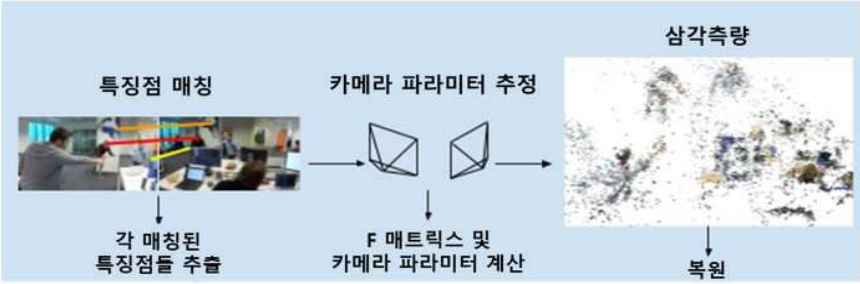
도면15



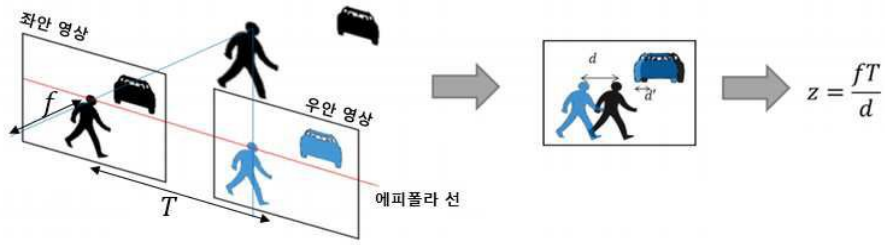
도면16



도면17a



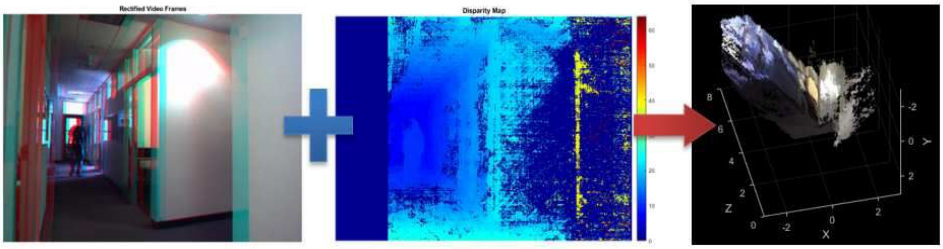
도면17b



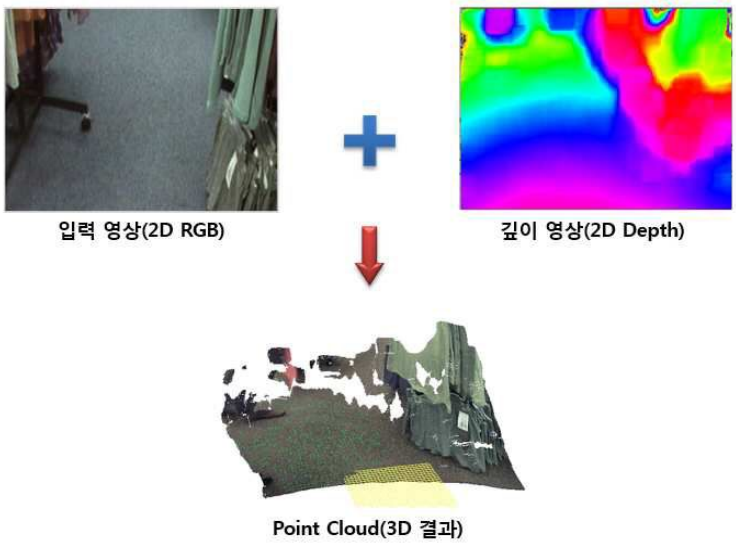
도면17c



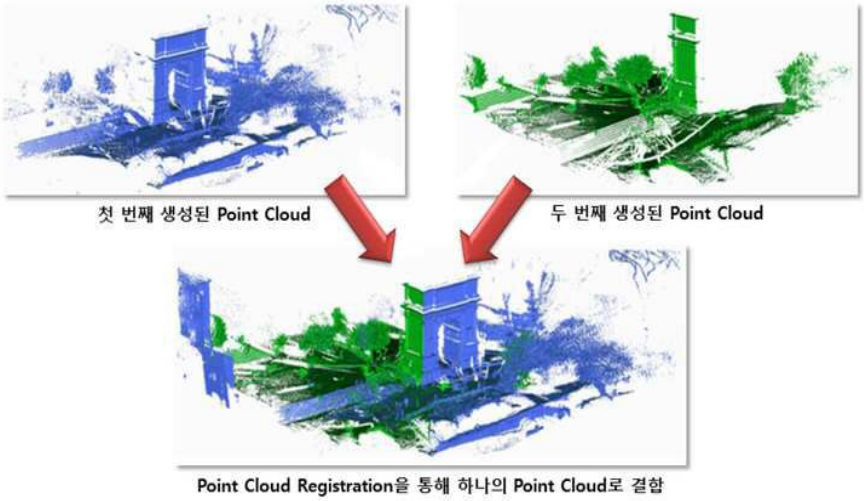
도면18a



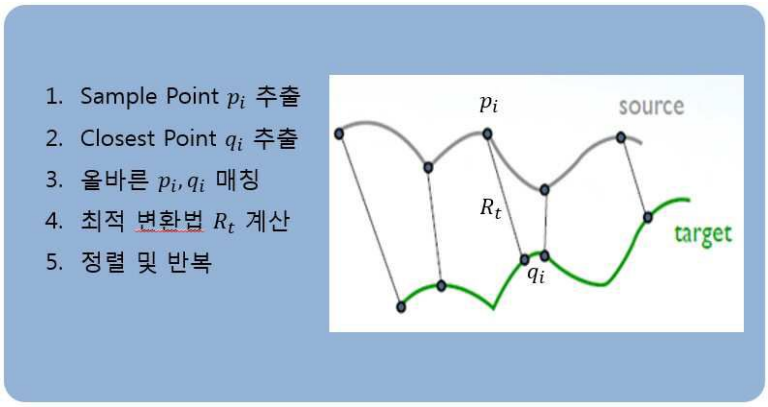
도면18b



도면19



도면20a



도면20b



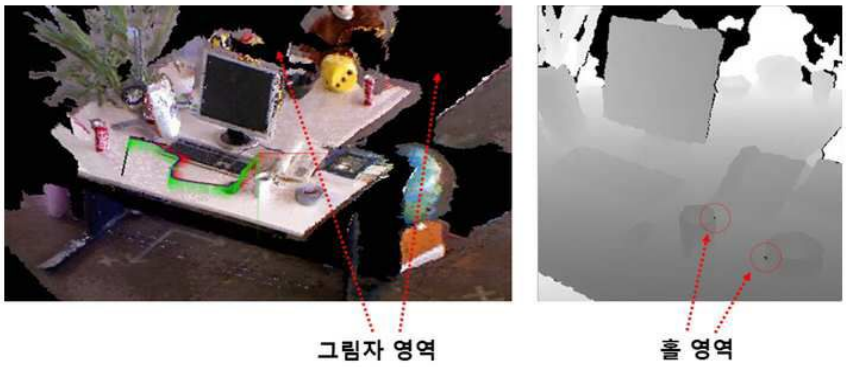
도면21



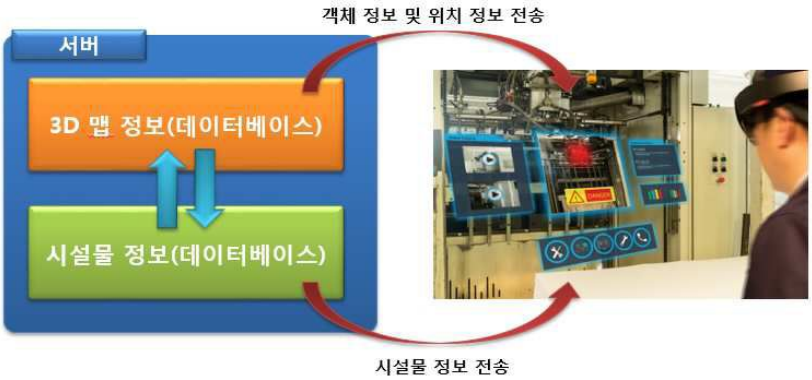
도면22a



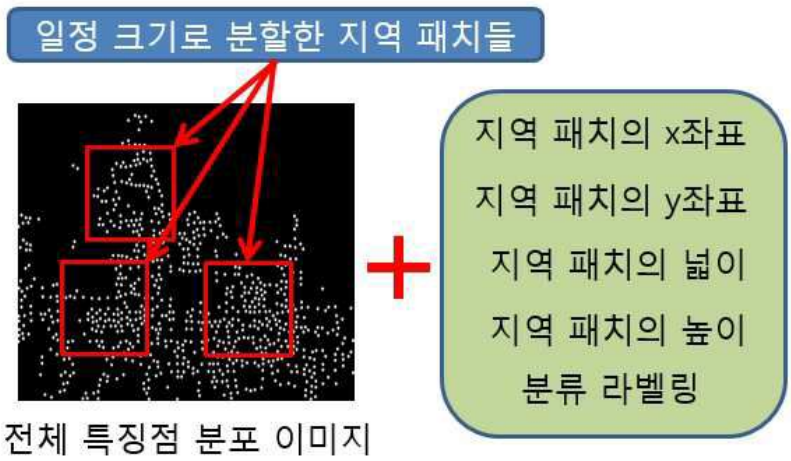
도면22b



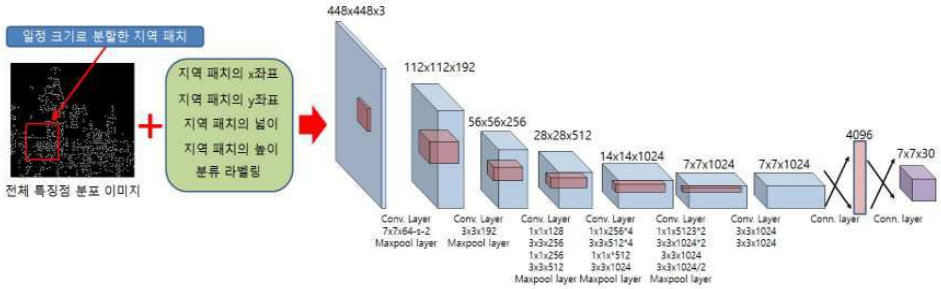
도면23



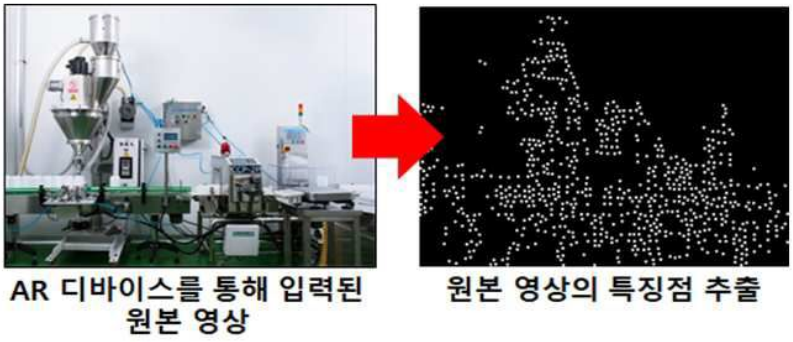
도면24



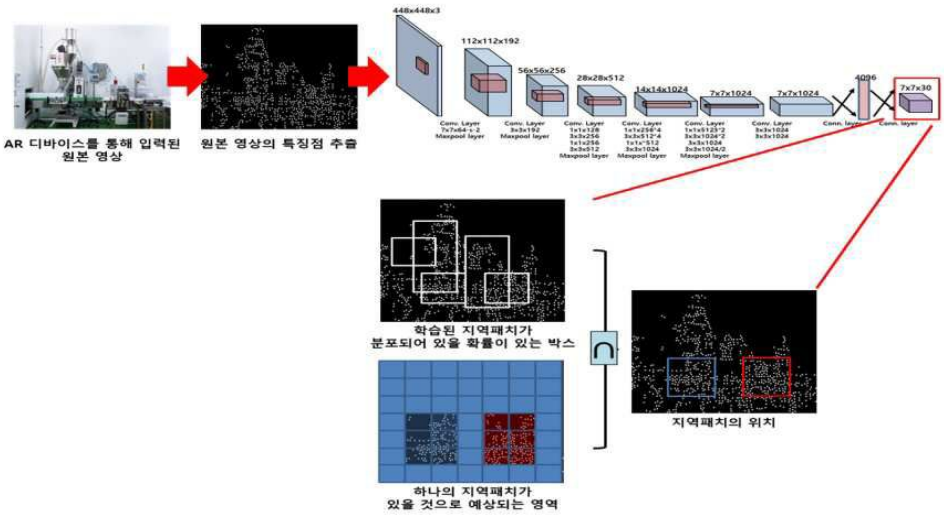
도면25



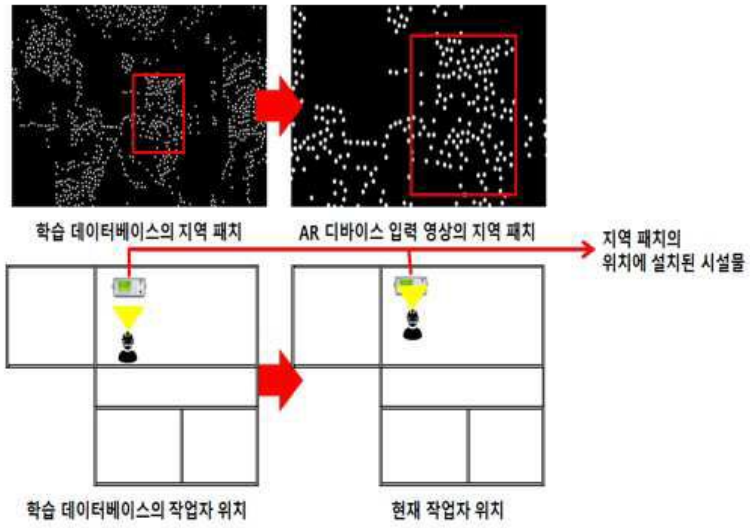
도면26



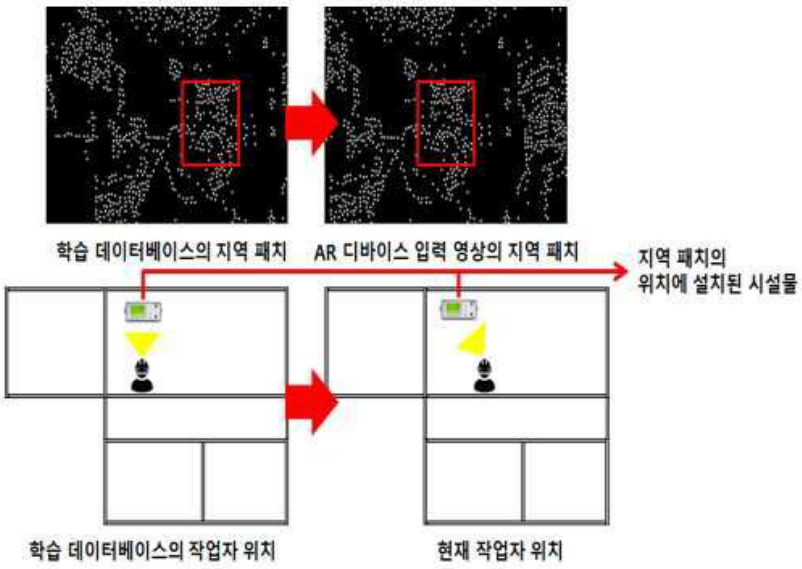
도면27



도면28a



도면28b



도면29

