



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년01월21일

(11) 등록번호 10-2354870

(24) 등록일자 2022년01월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06Q 50/08 (2012.01) B64C 39/02 (2006.01)

B64D 47/08 (2006.01) G06T 15/10 (2006.01)

G06T 17/05 (2011.01) G06T 19/00 (2011.01)

G08B 21/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G06Q 50/08 (2013.01)

B64C 39/024 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0109932

(22) 출원일자 2021년08월20일

심사청구일자 2021년08월20일

(56) 선행기술조사문헌

KR101671209 B1*

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 8 항

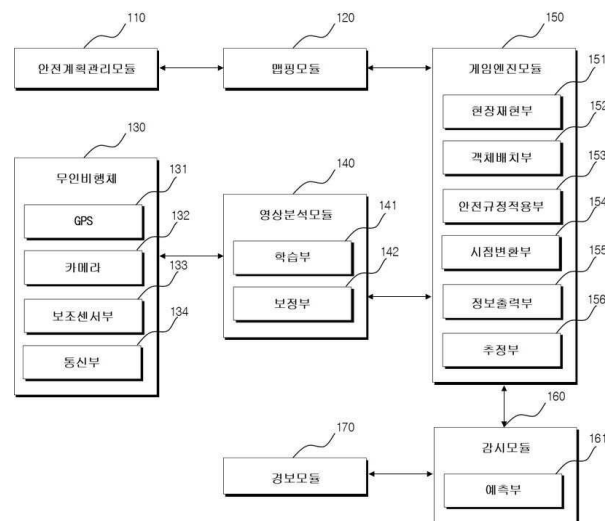
심사관 : 육성원

(54) 발명의 명칭 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템

(57) 요약

본 발명은 실시간으로 얻어지는 항공촬영 영상에서 작업자와 장비를 자동으로 인식하고 이를 게임 엔진에서 재현하여 설정된 규칙에 따라 작업자의 불안정한 활동을 모니터링할 수 있도록 무인항공기시스템(UAS), 게임엔진 기반 건설현장교통및안전통제계획(ITCP, Internal Traffic Control Plans), 딥러닝을 활용한 새로운 개념의 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템에 관한 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B64D 47/08 (2013.01)
G06T 15/10 (2013.01)
G06T 17/05 (2013.01)
G06T 19/003 (2013.01)
G08B 21/18 (2013.01)
B64C 2201/127 (2013.01)
B64C 2201/145 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020190090926 A*
 KR1020190134237 A*
 KR1020200020193 A*
 KR1020210081618 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711135535
과제번호	2021R1F1A1064109
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	게임엔진 기반 스마트 건설현장 모니터링 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한밭대학교
연구기간	2021.06.01 ~ 2024.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

건설현장 안전 모니터링 시스템에 있어서,

중장비 및 차량의 통제를 위한 내부 교통 통제 계획을 통해 수립된 관리 구역 유형으로 작업자의 진입이 허용되는 안전구역과 작업자의 진입이 금지되는 금지구역과 장비의 진입이 허용되는 교통구역과 상기 교통구역에 대한 작업자의 통행이 허용되는 횡단구역과 작업자 및 장비별 작업이 이루어지는 작업구역 지정을 포함하며 건설현장에 적용되는 안전관리정보를 현장도면정보와 함께 입력받아 관리하는 안전계획관리모듈(110);

상기 안전관리정보 및 현장도면정보를 현장 실사 이미지에 맵핑하되 위도와 경도 및 고도의 지리적 참조 좌표와 현장 실사 이미지 데이터의 메타데이터를 기반으로 결합시키는 맵핑모듈(120);

GPS(131) 및 카메라(132)와, 상기 카메라(132)를 통해 촬영되는 구역에 위치하는 객체에 대한 입체정보를 획득하는 보조센서부(133)를 구비하며, 건설현장 상공의 지정된 경로를 비행하며 상기 카메라(132)를 통해 촬영한 영상정보를 상기 GPS(131)의 지리정보와 함께 송출하는 무인비행체(130);

상기 영상정보를 분석하여 작업자와 장비를 포함하는 객체를 인식하는 영상분석모듈(140);

게임엔진을 기반으로 하되, 상기 맵핑모듈(120)과 연계하여 건설현장을 가상공간으로 재현하는 현장재현부(151)와, 상기 영상분석모듈(140)을 통해 인식된 객체를 상기 입체정보를 반영하여 상기 가상공간에 생성 및 배치하는 객체배치부(152)와, 상기 안전관리정보를 상기 가상공간에 적용하는 안전규정적용부(153)를 구비하는 게임엔진모듈(150);

상기 가상공간을 모니터링하며 배치된 객체의 안전관리정보에 따른 안전규정 위반 여부를 판단하는 감시모듈(160); 을 구비하는 것을 특징으로 하는 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 맵핑모듈(120)은,

상기 실사 이미지로 웹 서비스를 통해 제공되는 위성사진, 항공사진, 거리 뷰를 선택하여 활용하는 것을 특징으로 하는 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 게임엔진모듈(150)은,

재현된 가상공간에 위치하는 가상의 카메라 시점 위치를 지정받아 가상공간의 시점을 변환하여 출력하는 시점변환부(154)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 영상분석모듈(140)은,

입력되는 영상정보에 따른 항공이미지를 학습하며 객체인식 알고리즘을 훈련시키는 학습부(141)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 게임엔진모듈(150)은,

상기 영상분석모듈(140)의 객체의 분석에 따라 생성된 객체정보를 포함하는 주석과 중심좌표 및 크기를 포함하는 주석정보를 생성 및 출력하는 정보출력부(155)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 영상분석모듈(140)은,

날씨와 풍향 및 풍속을 포함하는 기상정보와 GPS 오차정보를 입력받고 상기 학습부의 알고리즘 훈련에 반영하는 보정부(142)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 감시모듈(160)을 통해 안전규정 위반을 판단한 객체에 대하여 대응하는 경보신호를 생성 및 출력하는 경보 모듈(170); 을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 게임엔진모듈(150)은,

가상공간에 배치된 장비 및 작업자의 자세 및 동작과 예상 이동경로를 예측하는 추정부(156)를 더 포함하고,

상기 감시모듈(160)은 가상공간에 배치된 장비 및 작업자의 예상 이동경로에 따른 안전규정 위반 여부를 예측하여 출력하는 예측부(161)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 건설현장 안전 모니터링 시스템에 관한 것으로, 자세하게는 실시간으로 얻어지는 항공촬영 영상에서 작업자와 장비를 자동으로 인식하고 이를 게임 엔진에서 재현하여 설정된 규칙에 따라 작업자의 불안정한 활동을 모니터링할 수 있도록 무인항공기시스템(UAS), 게임엔진 기반 건설현장교통및안전통제계획(ITCP, Internal Traffic Control Plans), 딥러닝을 활용한 새로운 개념의 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템에 관한

것이다.

배경 기술

- [0002] 건설 산업은 많은 위험요소를 갖고 있으며 작업자의 업무 관련 부상에 따른 지출이 높은 비용을 차지하고 있다. 미국 산업안전보건청(OSHA)에 따르면 2017년 미국에서 작업 관련 사망자 중 20.7%가 건설업에서 사망하였으며, 특히 고속도로 작업장에서 사망자의 50% 이상이 주로 차량이나 이동 장비에 치여 발생한 것으로 확인되고 있다.
- [0003] 이러한 사고의 방지를 위해서는 충분한 안전 계획과 지속적인 작업환경 모니터링이 요구되며, 건설 프로젝트 관리·감독을 위한 기관에서는 작업자의 안전한 작업환경의 조성과 중장비 및 차량의 안전한 통제를 위해 내부 교통 통제 계획(ITCP)을 수립하여 이를 통해 사고를 예방할 수 있도록 하고 있다.
- [0004] 또한, 안전 계획 및 모니터링 외에도 감독자가 건설현장을 주기적으로 모니터링하여 불안정한 요소를 식별하고 적절한 조치를 취하도록 하는 것이 작업자의 안전을 보장하는데 중요하므로, 건설 현장에서는 이러한 내용을 이미 메뉴얼화하여 운용하고 있지만, 지속적이고 정확하게 이를 수행하지 못하여 작업장에서 부상과 사망사고가 여전히 존재한다.
- [0005] 특히 건설현장에서는 관리·감독을 위한 소수의 인력이 여러 인력 및 활동을 동시에 모니터링하는 경우가 많으며, 건설 프로젝트의 규모와 복잡성으로 인해 상당한 경험과 지식을 갖춘 안전 전문가라도 모든 불안전 요소를 실시간으로 정확히 파악하는 것은 매우 어렵다.
- [0006] 이를 위해 다양한 감지 기술을 접목하여 자동화된 안전 모니터링 시스템의 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 작업자, 차량 및 장비의 위치를 실시간으로 분석하고, 최근 블루투스, 초광대역(UWB), 무선 주파수 식별(RFID) 및 전자기 감지와 같은 감지수단을 통해 획득한 위치/근접 정보를 기반으로 안전하지 않은 상황에 있는 작업자를 식별하는 기술이 연구되고 있다.
- [0007] 하지만, 현재 개발된 기술은 안전한 작업을 위한 내부 교통 통제 계획(ITCP)과 안전 모니터링 시스템 간의 연계가 원활치 않아 불안전 요소를 효과적으로 식별하는 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-193415호(2018.12.26)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 창출된 것으로, 본 발명의 목적은 실시간으로 얻어지는 항공촬영 영상에서 작업자와 장비를 자동으로 인식하고 이를 게임 엔진에서 재현하여 설정된 규칙에 따라 작업자의 불안정한 활동을 모니터링할 수 있는 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기와 같은 목적을 위해 본 발명은 건설현장 안전 모니터링 시스템에 있어서, 건설현장에 적용되는 안전관리정보를 현장도면정보와 함께 입력받아 관리하는 안전계획관리모듈; 상기 안전관리정보 및 현장도면정보를 현장 실사 이미지에 맵핑하는 맵핑모듈; GPS 및 카메라를 구비하며, 건설현장 상공의 지정된 경로를 비행하며 상기 카메라를 통해 촬영한 영상정보를 상기 GPS의 지리정보와 함께 송출하는 무인비행체; 상기 영상정보를 분석하여 작업자와 장비를 포함하는 객체를 인식하는 영상분석모듈; 게임엔진을 기반으로 하되, 상기 맵핑모듈과 연계하여 건설현장을 가상공간으로 재현하는 현장재현부와, 상기 영상분석모듈을 통해 인식된 객체를 상기 가상공간에 배치하는 객체배치부와, 상기 안전관리정보를 상기 가상공간에 적용하는 안전규정적용부를 구비하는 게임엔진모듈; 상기 가상공간을 모니터링하며 배치된 객체의 안전관리정보에 따른 안전규정 위반 여부를 판단하는 감시모듈; 을 구비하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 이때 상기 안전관리정보는, 작업자의 진입이 허용되는 안전구역과, 작업자의 진입이 금지되는 금지구역과, 장비

의 진입이 허용되는 교통구역과, 상기 교통구역에 대한 작업자의 통행이 허용되는 횡단구역과, 작업자 및 장비별 작업이 이루어지는 작업구역을 포함할 수 있다.

- [0012] 또한, 상기 맵핑모듈은, 상기 실사 이미지로 웹 서비스를 통해 제공되는 위성사진, 항공사진, 거리 뷰를 선택하여 활용할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 게임엔진모듈은, 재현된 가상공간에 위치하는 가상의 카메라 시점 위치를 지정받아 가상공간의 시점을 변환하여 출력하는 시점변환부를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 영상분석모듈은, 입력되는 영상정보에 따른 항공이미지를 학습하며 객체인식 알고리즘을 훈련시키는 학습부를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 게임엔진모듈은, 상기 영상분석모듈의 객체의 분석에 따라 생성된 객체정보를 포함하는 주석과 중심좌표 및 크기를 포함하는 주석정보를 생성 및 출력하는 정보출력부를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 영상분석모듈은, 날씨와 풍향 및 풍속을 포함하는 기상정보와 GPS 오차정보를 입력받고 상기 학습부의 알고리즘 훈련에 반영하는 보정부를 더 포함할 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 무인비행체는, 상기 카메라를 통해 촬영되는 구역에 위치하는 객체에 대한 입체정보를 획득하는 보조센서부를 더 포함하고, 상기 객체배치부는 상기 입체정보를 반영하여 가상공간에 객체를 생성 및 배치하도록 구성될 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 감시모듈을 통해 안전규정 위반을 판단한 객체에 대하여 대응하는 경보신호를 생성 및 출력하는 경보모듈; 을 더 포함할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 게임엔진모듈은, 가상공간에 배치된 장비 및 작업자의 자세 및 동작과 예상 이동경로를 예측하는 추정부를 더 포함하고, 상기 감시모듈은 가상공간에 배치된 장비 및 작업자의 예상 이동경로에 따른 안전규정 위반 여부를 예측하여 출력하는 예측부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명은 무인비행체시스템(UAS), 게임엔진 기반 건설현장교통및안전통제계획(ITCP, Internal Traffic Control Plans), 딥러닝을 활용한 새로운 개념의 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템으로 실시간으로 얻어지는 항공촬영 영상에서 작업자와 장비를 자동으로 인식하고 이를 게임 엔진에서 재현하여 설정된 규칙에 따라 작업자의 불안정한 활동을 모니터링할 수 있다.
- [0021] 또한, 본 발명은 게임엔진을 활용하여 건설현장 상황을 디지털화 또는 게임화하여 효과적으로 관리할 수 있으며, 종래의 PMS(Project Management System)에 데이터 시각화를 추가하여 공정, 안전, 원가, 품질관리를 수행할 수 있는 통합시스템으로 발전시킬 수 있고, 현장관리 교육 시뮬레이터 등으로 응용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 발명의 개념도,
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 구성 및 연결관계를 나타낸 블록도,
- 도 3은 본 발명에 따른 게임 엔진을 사용하여 디지털 ITCP 모델생성을 나타낸 설명도,
- 도 4는 본 발명에 따른 디지털 ITCP 모델의 UAS 가상 카메라 시뮬레이션을 나타낸 설명도,
- 도 5는 본 발명에 따른 감지된 개체를 디지털 ITCP 모델로 변환하는 프로세스의 설명도,
- 도 6은 본 발명에 따른 개체 위치 및 ITCP 모델의 증강을 나타낸 설명도,
- 도 7(a)는 프로젝트 위치, 도 7(b)는 사용된 UAS 플랫폼을 나타낸 설명도,
- 도 8은 본 발명에 따른 디지털 ITCP 모델 및 금지 구역을 나타낸 설명도,
- 도 9는 본 발명에 따른 무인비행체 항공 영상을 이용한 건설현장 물체 인식 결과를 나타낸 설명도,
- 도 10은 본 발명에 따른 물체 감지결과를 반영한 디지털 ITCP 모델을 나타낸 설명도,
- 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 ITCP의 안전점검 및 분석 모습을 나타낸 설명도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명 게임엔진 기반 디지털 건설현장 안전 모니터링 시스템의 구성을 구체적으로 설명한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 개념도로서, 본 발명은 무인비행체를 기반으로 작업 구역 안전 모니터링 자동화를 위한 시스템으로, 1) 다양한 건설 프로젝트에 대한 ITCP 기반 디지털 작업 구역 안전 계획 수립, 2) 작업 영역에서 시각적 데이터를 수집하기 위한 무인비행체를 통한 이미지 수집, 3) 항공 이미지에서 물체를 자동으로 감지하고 분류, 4) 처리된 이미지와 통합된 디지털 ITCP의 안전 상태 모니터링을 주요 특징으로 하며, 이러한 목표를 달성하기 위해 디지털 ITCP, 무인비행체(UAS), 항공 이미지, 이미지 기반 자동 물체 인식의 세 가지 주요 구성 요소가 시스템적으로 통합된 형태를 갖는다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 구성 및 연결관계를 나타낸 블록도로서, 본 발명은 상기와 같은 기능을 위한 주요구성으로 안전계획관리모듈(110)과, 맵핑모듈(120)과, 무인비행체(130)와, 영상분석모듈(140)과, 게임엔진모듈(150)과, 감시모듈(160)과, 경보모듈(170)을 구비한다.
- [0026] 상기 안전계획관리모듈(110)은 건설현장에 적용되는 안전관리정보를 현장도면정보와 함께 입력받아 관리하는 구성으로, 앞서 언급한 ITCP(Internal Traffic Control Plans)가 대표적인 일례가 될 수 있다. 이는 건설 프로젝트에서 안전한 작업환경을 위해 설정되는 문서로, 작업 구역 내에서 관리가 되는 다양한 유형의 구역을 지정하는 것을 중요한 요소로 포함한다.
- [0027] 본 발명의 실시예에서 상기 안전관리정보는, 작업자의 진입이 허용되는 안전구역과, 작업자의 진입이 금지되는 금지구역과, 장비의 진입이 허용되는 교통구역과, 상기 교통구역에 대한 작업자의 통행이 허용되는 횡단구역과, 작업자 및 장비별 작업이 이루어지는 작업구역을 포함하게 된다.
- [0028] 통상 ITCP는 건설분야에서 상용화되어 활용중인 디지털화된 안전계획과 달리 도로 건설 등에서 현장도면정보에 해당하는 2D 도면 및 현장 지도를 통해 생성되는 것이 일반적으로 본 발명의 실시예에서는 이러한 ITCP를 디지털화하여 도로 건설 안전관리를 위한 시스템에 통합한 모델을 제시하였다.
- [0029] 상기 맵핑모듈(120)은 상기 안전관리정보 및 현장도면정보를 현장 실사 이미지에 맵핑하는 구성으로, 앞서 언급한 ITCP는 2D 도면 및 현장 지도를 통해 생성됨에 따라 이를 디지털화하는 작업이 이루어지게 된다.
- [0030] 이때 상기 실사 이미지로는 웹 서비스를 통해 제공되는 위성사진, 항공사진, 거리 뷰를 선택하여 활용할 수 있다.
- [0031] 상기 맵핑모듈(120)을 통해 디지털화된 ITCP는 시스템에서 지속적인 현장 모니터링 및 관리를 위해 활용되며, 상기 현장 실사 이미지 데이터는 위도, 경도, 고도와 같은 지리적 참조 좌표와 현장 실사 이미지 데이터의 메타 데이터를 기반으로 디지털 ITCP와 결합되어, 이후의 과정에서 종래의 태그 기반 추적 시스템에서 발생하는 신호 간섭을 최소화할 수 있다.
- [0032] 상기 무인비행체(130)는 제어신호에 따라 건설현장 상공의 지정된 경로를 비행할 수 있는 소형의 비행체로서 기본적으로 GPS(131) 및 카메라(132)와, 제어신호를 수신하고 영상신호를 송신하기 위한 통신부(134)를 구비하며, 비행 중 상기 카메라(132)를 통해 촬영한 영상정보를 상기 GPS(131)의 지리정보와 함께 송출하는 기능을 갖게 되며, 대표적으로 드론을 들 수 있다.
- [0033] 상기 영상분석모듈(140)은 상기 무인비행체(130)의 카메라(132)를 통해 얻어진 영상정보를 분석하여 작업자와 장비를 포함하는 객체를 인식하는 구성이다. 작업자는 실질적으로 해당 건설현장에 위치하는 모든 종류의 인력을 총칭하며 장비는 차량을 포함하여 건설현장 배치되어 사용되는 다양한 중장비를 포괄하는 개념으로, 본 발명의 실시예에서는 크레인과 맨리프트를 중심으로 설명되고 있다.
- [0034] 이와 같이 영상으로부터 객체를 인식하기 위해서 영상을 구성하는 화소분석 기반의 다양한 분석알고리즘이 사용될 수 있으며, 건설현장에 위치하는 작업자 및 장비를 촬영한 기존 영상으로부터 해당 객체를 인식할 수 있는 방법을 프로그래밍함에 있어 딥 러닝 알고리즘을 통해 인식 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0035] 이를 위해 상기 영상분석모듈(140)은 입력되는 영상정보에 따른 항공이미지를 학습하며 객체인식 알고리즘을 훈련시키는 학습부(141)를 더 포함할 수 있으며, 본 발명의 실시예에서는 CNN 알고리즘을 활용하여 작업자, 크레인 및 맨리프트를 자동으로 감지하며 안전 구역과 위험 구역을 정의한 방안을 제시하였다.

- [0036] 상기 게임엔진모듈(150)은 건설현장의 효과적인 모니터링을 위해 게임엔진을 기반으로 실제 건설현장을 재현한 가상공간을 형성하기 위한 구성으로, 기본적으로 현장재현부(151)와, 객체배치부(152)와, 안전규정적용부(153)의 세부구성을 구비한다.
- [0037] 상기 현장재현부(151)는 상기 맵핑모듈(120)과 연계하여 건설현장을 가상공간으로 재현하는 구성이다. 이러한 가상공간은 구역 및 실시간으로 변화하는 작업자 및 장비의 위치의 모니터링이 용이하며, 특히 본 발명에서는 작업자의 안전을 관리하게 되므로 복잡한 현장 상황을 디지털화된 가상공간으로 재현함으로써 작업자 및 장비의 위치를 설정된 구역을 기준으로 쉽게 모니터링하며 손쉽게 위험 판단작업이 이루어질 수 있다.
- [0038] 상기 객체배치부(152)는 상기 영상분석모듈(140)을 통해 인식된 객체를 상기 가상공간에 배치하는 구성이다. 앞서 언급한 바와 같이 무인비행체(130)에는 GPS(131)가 구비되며 카메라(132)를 통해 영상촬영시 상기 GPS(131)에서 얻어진 위치정보를 영상에 메타데이터로 포함할 수 있다. 상기 가상공간은 상기 맵핑모듈(120)과 연계하여 디지털화된 현장 실사 이미지 데이터를 통해 구현이 되므로 상기 영상에 포함된 메타데이터의 위치정보를 활용하여 인식된 객체를 가상공간의 정확한 위치에 배치할 수 있다. 이때 무인비행체(130)의 비행과 영상전송이 이루어지는 동안 객체의 움직임 발생시 실시간으로 가상공간에 적용될 수 있다.
- [0039] 상기 안전규정적용부(153)는 상기 안전관리정보를 상기 가상공간에 적용하는 구성이다. 앞서 언급한 바와 같이 본 발명에서는 ITCP를 디지털화하여 연계관리가 이루어지도록 하며, 상기 안전관리정보는 작업자의 진입이 허용되는 안전구역과, 작업자의 진입이 금지되는 금지구역과, 장비의 진입이 허용되는 교통구역과, 상기 교통구역에 대한 작업자의 통행이 허용되는 횡단구역과, 작업자 및 장비별 작업이 이루어지는 작업구역을 포함하므로, 상기 가상공간에 이러한 구역설정이 이루어지게 된다.
- [0040] 상기 감시모듈(160)은 상기 가상공간을 모니터링하되 배치된 객체의 실시간 움직임 변화를 감시하며 안전관리정보에 따른 안전규정 위반 여부를 판단하는 구성이다. 즉 상기 무인비행체(130)의 촬영 영상을 기반으로 가상공간의 객체 중 설정된 구역에 진입하는 작업자를 모니터링함에 있어, 디지털 ITCP에서 미리 정의한 다양한 구역, 특히 금지구역을 지정하여 안전상태를 확인하는 것으로, 설정 구역을 기반으로 안전 규칙을 위반하는 작업자를 인식하고 안전하지 않은 영역에서 작업 영역의 잠재적 위험 및 중장비로부터 작업자 분리가 이루어지도록 효과적으로 지원한다.
- [0041] 이를 위해 현장에 위치한 작업자 또는 차량형 장비에 설치되는 무선통신기기 형태로서, 상기 감시모듈(160)을 통해 안전규정 위반을 판단한 객체에 대하여 대응하는 경보신호를 생성 및 출력하는 경보모듈(170)을 구비하여 안전규정 위반에 대한 현장에서의 즉각적인 조치가 이루어지도록 할 수 있다.
- [0042] 이때 모니터링의 편의와 정확도 향상을 위해 상기 게임엔진모듈(150)은 시점변환부(154)와, 정보출력부(155)와, 추정부(156)를 더 포함할 수 있다.
- [0043] 상기 시점변환부(154)는 상기 현장재현부(151)를 통해 재현된 가상공간에 위치하는 가상의 카메라 시점 위치를 지정받아 가상공간의 시점을 변환하여 출력하는 구성이다. 종래 CCTV 등을 활용하여 현장을 영상 감시하는 방식과는 달리 본 발명에서는 게임엔진을 기반으로 가상공간이 재현되며 상기 시점변환부(154)를 통해 원하는 시점으로 가상공간의 시점을 자유자재로 움직일 수 있도록 지원하여 복잡한 환경에서도 음영구역을 최소화하여 정밀한 현장상황 확인 및 모니터링이 이루어지도록 지원한다.
- [0044] 상기 정보출력부(155)는 상기 영상분석모듈(140)의 객체의 분석에 따라 생성된 객체정보를 포함하는 주석과 중심좌표 및 크기를 포함하는 주석정보를 생성 및 출력하는 구성이다. 이러한 주석정보는 건설현장에 투입될 객체, 즉 작업자와 장비를 세분화하고 이의 정보를 미리 작성하여 저장한 상태에서 객체인식에 따라 대응하는 주석정보를 검색 및 로딩하여 출력되도록 하며, 이를 통해 모니터링 요원은 빠르고 정확하게 배치된 객체의 세부정보를 확인할 수 있다.
- [0045] 이와 같이 건설현장이 재현된 가상공간에서 실시간으로 인식 및 적용배치되는 객체와 적용된 안전관리규정에 따른 구역을 통해 작업자가 위험한 위치에 있는지 또는 안전한 위치에 있는지를 파악할 수 있으며, 이때 객체의 자세추정 및 이동경로 예측을 통해 앞으로 발생할 수 있는 위험상황 또한 예측 가능하다.
- [0046] 이를 위해 상기 게임엔진모듈(150)은, 상기 가상공간에 배치된 장비 및 작업자의 자세 및 동작과 예상 이동경로를 예측하는 추정부(156)를 더 포함할 수 있다.
- [0047] 상기 추정부(156)는 영상에서 객체의 외형만을 인식하는 기능에서 한걸음 나아가 영상분석을 통해 객체의 세부적인 형태와 영상 내 이동방향을 산출함에 따른 것으로 객체 인식 알고리즘의 업그레이드를 통해 이동하는 작업

자의 경우 이동방향, 장비의 경우 장비의 세부형상 분석에 따른 향한 방향에 따른 자세와 이동하는 경우 이동 방향을 분석하고 이를 기반으로 이후 이동하게 될 예상 이동경로를 예측하여 출력되도록 한다.

- [0048] 이러한 추정부(156)의 구성에 대응하여 상기 감시모듈(160)은 가상공간에 배치된 장비 및 작업자의 예상 이동 경로에 따른 안전규정 위반 여부를 예측하여 출력하는 예측부(161)를 더 포함하게 된다. 즉 현재는 안전한 상태에 있으나 작업자 및/또는 차량의 이동상황을 반영하여 이후 작업자가 금지구역에 진입하는 등 위험상황이 예측함에 따라 이를 미리 출력하여 인지시키게 된다.
- [0049] 이때, 영상분석과 더불어 건설현장에 위치한 장비의 구체적인 형태 및 높이를 정확히 산출할 수 있도록 상기 무인비행체(130)는 카메라(132) 외에 상기 카메라(132)를 통해 촬영되는 구역에 위치하는 객체에 대한 입체정보를 획득하는 보조센서부(133)를 더 포함할 수 있다. 즉 단일 카메라를 구비한 통상의 드론 구조에 입체적인 영상 획득 및 분석을 위한 수단으로 보조센서부(133)를 추가하는 것으로 일례로 보조카메라나 적외선카메라 등을 추가하는 방식으로 보조센서부(133)를 구성하고 동일한 구역을 촬영하되 화각이나 시차가 상이하게 얻어진 영상을 비교분석하여 객체의 입체정보, 특히 크레인 등 높이를 갖는 장비의 정확한 높이를 산출할 수 있도록 한다.
- [0050] 이에 대응하여 상기 객체배치부(152)는 상기 입체정보를 반영하여 가상공간에 객체를 생성 및 배치하도록 구성되며, 가상공간에서 장치의 크기나 높이의 반영이 이루어질 수 있다.
- [0051] 또한, 상기 영상분석모듈(140)은, 날씨와 풍향 및 풍속을 포함하는 기상정보와 GPS 오차정보를 입력받고 상기 학습부(141)의 알고리즘 훈련에 반영하는 보정부(142)를 더 포함할 수 있다. 이러한 기상정보는 현장에 구비된 별도의 측정수단을 비롯하여 기상청 DB와 연계하여 시설물이 위치한 지역의 기상정보를 얻을 수 있으며 얻어진 기상정보와 연계하여 관리함으로써 더욱 세부적인 정보관리를 통한 정확도를 향상시킬 수 있으며 기상정보를 반영하여 판단기준을 달리할 수도 있다.
- [0053] 상기과 같이 본 발명은 다음과 같은 여러 측면에서 종래 기술의 접근 방식과 구별된다.
- [0054] 먼저, 본 발명은 이전 연구에서 입증되지 않은 안전 계획(ITCP)과 현장 모니터링(UAS)의 통합을 제시한다. 제시된 시스템은 ITCP 및 무인비행체의 정보를 활용하여 건설 현장의 불안정한 상황을 자동으로 분석 및 인지하게 된다.
- [0055] 또한, 본 발명에서는 무인비행체(130)를 활용하여 작업현장 상황을 모니터링하되 이를 게임엔진을 기반으로 디지털 ITCP 모델을 구축, 적용하게 되며, ITCP를 무인비행체(130)와의 연계를 위해 디지털화하는 방법과, 데이터를 수집하기 위한 바람직한 무인비행체(130)의 제어, 그리고 안전 모니터링을 위해 디지털 ITCP 모델에 수집 및 인식된 객체를 매칭하는 방법을 다룬다.
- [0056] 본 발명의 실시예에서는 무인비행체에서 수집한 항공 영상을 통해 건설장비(크레인, 랜리프트 등)와 작업자를 인식하는 훈련을 통한 딥러닝 모델을 포함한다.
- [0057] 또한, 시스템 개발 및 검증을 위해 도로 및 교량 건설 현장에서 영상 데이터를 수집하기 위해 무인비행체(130)로 드론의 비행이 이루어졌으며, 편향적인 고도 또는 각도를 피하고 훈련의 정확을 위해 현장에서 항공 이미지를 수집하기 위한 수동 비행을 수행했다.
- [0058] 도 3은 본 발명에 따른 게임 엔진을 사용하여 디지털 ITCP 모델생성을 나타낸 설명도, 디지털 ITCP, 무인비행체, 영상분석모듈(140)의 이미지 기반 객체 인식의 세 가지 주요 구성 요소에 대한 네 가지 주요 절차로 구성된 제안 시스템 프레임 워크를 보여준다.
- [0059] 첫 번째 단계는 무인비행체(130) 기반 항공 이미지 데이터 수집 및 상기 학습부(141)의 CNN 기반 객체 인식을 통합하여 작업 영역 안전 계획 및 모니터링을 위한 주요 플랫폼을 만든다.
- [0060] 상기 무인비행체(130)는 건설 프로젝트 진행 상황, 현장 조건 및 주변 환경을 고려하여 개발된 비행 임무를 기반으로 작업 영역의 항공 이미지를 수집하고 FAA(Federal Aviation Administration)에서 규제하는 PART 107 규칙을 준수한다. 또한, 무인비행체에는 기본적으로 GPS(131)와 카메라(132)가 장착되어 있기 때문에 수집된 이미지에는 메타데이터와 지리 참조 정보가 포함된다. 상기 메타데이터는 디지털 ITCP 모델의 올바른 위치에 항공 이미지를 오버레이하는데 사용된다.
- [0061] 본 발명의 실시예에서 상기 영상분석모듈(140)의 학습부(141)는 CNN 기반 딥 러닝 알고리즘을 실행하여 무인비행체(130)의 비행 중 얻어진 이미지에서 건설 작업자, 차량 및 장비를 자동으로 감지하며 생성된 정보는 안전 상태를 모니터링하는 데 사용된다.

- [0062] 이와 함께 CNN 알고리즘을 실행하여 디지털화된 ITCP가 반영된 이미지와 탐지된 물체의 좌표를 나타내는 항공 이미지를 중첩에 따른 안전성 분석을 수행할 수 있으며, 본 발명에 따른 시스템에서 인식된 작업자가 규칙을 위반할 경우 ITCP에서 정의한 이동 금지 구역에 배치에 따른 시각적 정보를 제공할 수 있다.
- [0063] 앞서 언급한 바와 같이 현재 안전 관행에서는 작업자의 인명사고를 줄이기 위해 2D 도면을 기반으로 하는 ITCP가 설정되며, 그 주요 목적은 건설 관련 차량 및 장비로부터 작업자를 안전하게 보호하는 것이다.
- [0064] 이를 위해 가장 중요한 작업 중 하나는 도 3(a)와 같이 교통 다이어그램을 그려 작업자, 차량 및 장비의 예상 이동뿐만 아니라 안전 및 안전하지 않은 영역을 결정하는 것이며, 본 발명의 실시예에서는 도 3(b)와 같이 게임 엔진을 이용하여 ITCP를 디지털화하였다.
- [0065] 또한, 본 발명의 실시예에서는 Unity 게임 엔진을 사용하여 디지털 ITCP 모델을 구축하였다. 디지털 ITCP를 사용하려면 현장을 나타내는 가상공간을 위해 위성 지도, 구조물, 도로, 작업자, 장비 및 차량이 필요하다. Unity 엔진은 무인비행체(130)의 위치와 장착된 카메라(132) 각도를 시뮬레이션하여 사용자에게 디지털 객체와의 직관적인 상호작용을 제공할 수 있다.
- [0066] 도 3(b)는 플러그인 Mapbox를 사용하여 게임 엔진 환경으로 가져온 위성 지도 객체를 보여주며 이는 지리 참조 데이터가 포함된 지도를 로드하여 실제 작업 영역 환경을 만드는 데 도움이 된다.
- [0067] 다음으로, 가상공간 요소를 생성하여, 도 3(c)와 같이 안전 영역과 안전 영역을 지정할 수 있다. 첨부된 도면에서는 간단하게 통행 구역, 2개의 작업장 및 2개의 출입 금지구역(안전하지 않은 구역)을 도시하였다.
- [0068] 각 요소의 기하학적 정보는 게임에서 프로그래밍 방식으로 검색할 수 있으므로 객체의 위치를 감지할 수 있다. 예를 들어, 디지털 ITCP의 금지구역은 작업 구역의 시공간 조건에 따라 수동으로 강조 표시되거나 BIM 기반 접근 방식, 규칙 기반 안전 점검에 의해 자동으로 결정될 수 있다.
- [0069] 또한, 상기 시점변환부(154)는 무인비행체(130)에 게임 엔진 환경이 장착된 가상 카메라를 시뮬레이션할 수 있도록 한다. 이는 디지털 ITCP에서 가상 카메라의 시점을 결정할 수 있는 지리 좌표(예: 위도, 경도 및 고도), 방향, 시야 및 비행경로(항적)와 같은 속성을 부여할 수 있다.
- [0070] 도 4는 본 발명에 따른 디지털 ITCP 모델의 UAS 가상 카메라 시뮬레이션을 나타낸 설명도로서, 작업 영역에서 무인비행체의 시뮬레이션된 뷰와 무인비행체의 시점을 보여주는 카메라 뷰를 보여준다.
- [0071] 무인비행체에서 얻어진 항공 이미지에서 딥 러닝 기반 객체 인식 다중 컨볼루션 레이어가 있는 CNN은 객체를 인식하게 된다.
- [0072] 하나 이상의 소스에서 정보를 추출하기 위해 CNN은 정보를 대상 소스 또는 작업에 적용하는 전이 학습을 위한 일련의 프로세스가 필요하다. 또한, 제한된 수의 훈련 대상이 주어지면 전이 학습을 사용하여 훈련 데이터 전반에 걸쳐 과적합을 방지할 수 있다.
- [0073] 이는 현재 모델의 목표 작업을 인식하기 위해 수많은 훈련 데이터를 갖는 다른 영역에서 학습된 모델의 지식과 경험을 활용하며, 본 발명의 실시예에서는 맨리프트, 크레인, 작업자의 3가지 맞춤형 클래스를 개발하였다. 이러한 클래스는 CNN 구조에 의존하고 레이블이 지정된 항공 이미지로 하위 네트워크의 가중치를 유지하여 무인비행체(130)의 항공 이미지의 각 항목을 감지하는 데 사용할 수 있다.
- [0074] 본 발명의 실시예에서는 맞춤형 교육용 YOLO-v4를 사용하여 이미지에서 작은 객체를 감지하기 위한 객체의 입력 해상도와 하나의 이미지에서 서로 다른 객체를 인식할 수 있는 레이어 및 매개변수의 수를 높였기 때문에 새로운 클래스를 개발하고 테스트했다. 무인비행체(130)가 수집한 항공 영상은 건설현장의 목표물에만 초점을 맞출 수 없기 때문에 항공 영상에서 작은 항목으로 표현되는 장비와 여러 작업자의 훈련 및 탐지에 YOLO-v4를 채택하였다.
- [0075] 전체적으로 총 96개의 항공 이미지가 훈련에 사용되었으며 네트워크는 0.001의 학습률로 3000 에포크 동안 훈련되었다. 각 클래스의 탐지 성능을 평가하기 위해 참(TP)과 거짓(FP)의 수를 세고 평균 정밀도(AP)를 다음 [수학식 1]을 통해 계산하였다.
- [0076] [수학식 1]

$$Precision = \frac{Number\ of\ true\ positives}{Number\ of\ true\ positives + Number\ of\ false\ positives}$$

[0077]

- [0078] 개발된 네트워크 모델은 클래스별 계산된 AP를 이용하여 맨리프트, 작업자, 크레인을 감지하였으며, IoU(Interaction Over Union) 값 0.5에서 모델의 성능도 평가하였다. IoU 값은 예측된 경계 상자가 네트워크의 실제 개체와 얼마나 겹치는지를 측정한다. IoU@1.0은 경계 상자의 (x,y) 좌표가 이미지에 있는 실제 개체의 (x,y) 좌표와 정확히 일치함을 의미한다.
- [0079] 또한, 수학적식 2 및 3을 사용하여 극단값을 제외하여 정밀도의 균형을 찾기 위해 Recall 값과 정밀도와 재현율의 가중평균인 F1-score도 계산하였다.
- [0080] [수학적식 2]
- [0081]
$$Recall = \frac{Number\ of\ true\ positives}{Number\ of\ true\ positives + Number\ of\ false\ negatives}$$
- [0082] [수학적식 3]
- [0083]
$$F_1 - Score = 2 \times \frac{Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$
- [0084] 이러한 객체 감지를 기반으로 그 결과를 디지털화된 ITCP 모델로 확장하여 ITCP 규칙에 따라 작업 현장 상태를 모니터링할 수 있다.
- [0085] 도 5는 본 발명에 따른 감지된 개체를 디지털 ITCP 모델로 변환하는 프로세스의 설명도로서, 디지털 ITCP 모델에서 물체 감지 결과를 번역하는 과정을 보여준다. 이때 도 5(a)와 같이 감지된 각 개체에 대해 주석, 개체의 중심 좌표, 경계 상자의 너비 및 높이를 텍스트 파일로 내보낼 수 있다.
- [0086] 도 5(b)는 무인비행체에 의해 캡처된 항공 이미지의 메타데이터를 처리하여 감지 결과인 경계 상자의 위치를 디지털 ITCP 모델의 가상 카메라 보기에 표시할 수 있음을 보여준다. 이때 GPS(131) 자체에서 발생하는 오차나 기상 조건으로 인해 카메라(132) 각도나 높이를 수동으로 조정할 수도 있다.
- [0087] "Screen To World Point"를 사용하여 객체 감지 좌표를 ITCP 모델의 전역 좌표로 변환할 수 있으며, 광선이 지도와 충돌하는 위치를 감지하기 위해 카메라의 원점에서 변환된 4개의 모서리 지점 각각으로 광선이 생성되었습니다. 또한, 도 5(c)와 같이 이러한 위치를 연결하여 감지된 물체의 경계를 ITCP에 표시할 수 있다.
- [0088] 도 6은 본 발명에 따른 개체 위치 및 ITCP 모델의 증강을 나타낸 설명도로서, ITCP 모델에서 탐지된 객체를 지역화하는 것을 보여준다. 디지털 ITCP에서 실시간 물체 위치를 보강하여 ITCP에 기반한 모든 정보와 현재 현장 상황을 하나의 플랫폼에 통합한다.
- [0089] 이 모델을 검증하기 위해 본 발명의 실시예에서 중요한 ITCP 규칙 중 하나, 즉 "작업 구역의 어떤 사람도 출입 금지 구역에 들어갈 수 없음"을 확인하는 것을 확인하였으며, 외부 라이브러리인 Clipping library를 통해 규칙을 적용하여 디지털 ITCP 모델에서 탐지된 사람의 다각형이 금지 구역을 나타내는 다각형과 겹치는지 확인하였다.
- [0090] 도 7(a)는 프로젝트 위치, 도 7(b)는 사용된 무인비행체를 나타낸 설명도로서, 1개의 고속도로 교량 재건 현장 적용을 위해 무인비행체를 배치했다. 건설 개요를 살펴보면 도 7(a)와 같이 프로젝트의 위치는 더 큰 애틀랜타 지역 주변의 SR237에 있는 I-85에 위치하며, 2017년 3월 30일부터 5월 21일까지 79.387피트에 이르는 총 6개의 데크 스패ن이 재건되었다. 건설 비용은 철거 비용과 계약자에 대한 인센티브를 제외하고 약 1,190만 달러였으며, Georgia DOT Engineering Division Office of Bridges and Structures가 이 프로젝트 관리를 담당했다. 무인비행체를 사용하여 시각적 데이터를 수집하기 위해 모든 데이터 수집 절차는 조지아 DOT 담당자와 협의되었으며, 도 7(b)와 같이 데이터 수집에는 DJI Mavic Pro가 사용되었.
- [0091] 이 쿼드콥터 플랫폼은 밀집된 도시 지역에서 수직 이착륙이 가능하여 고해상도 이미지와 비행 중 바람에 대한 높은 안정성을 제공하며, 무게는 1.62파운드로 FAA PART 107 규정을 준수하며 하나의 배터리로 최대 27분 동안 비행할 수 있다.
- [0092] 또한, HD 비디오 녹화 기능(1280 × 720 HD)이 있는 효과적인 1270만 화소 카메라를 구비한다.
- [0093] 표 1은 수집된 이미지뿐만 아니라 사용된 카메라 센서의 메타데이터를 보여준다.

[0094] [표 1]

Camera used	Focal length (mm)	Sensor X-axis/Y-axis (mm)	Image size (pix)	Footprint (m)	Ave. flight height (ft)
DJI Mavic FC220	4.7	6.327/4.745	4000 × 3000	80 × 60	194.1

[0095]

[0096] 도 8은 본 발명에 따른 디지털 ITCP 모델 및 금지 구역을 나타낸 설명도로서, 실시예에서는 도 8과 같이 디지털 ITCP가 설정되었다.

[0097] 또한, 도 5(a)와 같이 Georgia DOT에서 제공한 2D 도면을 사용하여 Autodesk Revit에서 교량의 있는 그대로 모델을 생성했다. Revit 모델의 기하학적 정보는 Unity 게임 엔진에 .fbx 파일로 로드되었으며, 도 8(b)와 같이 Mapbox SDK를 사용하여 프로젝트의 위치를 나타낼 수 있는 위성 지도를 가져왔다. 도 8(c)와 같이 ITCP 모델이 개발되면 여객 통행 구역, 건설 장비 통행 구역 및 작업 구역 경계를 포함하여 사례 프로젝트 현장에서 다양한 유형의 안전/비안전 구역을 표시할 수 있다.

[0098] 또한, 안전 조건을 분석하기 위해 실행할 수 있는 결정된 금지 구역 및 안전 규칙을 나타낼 수도 있다. 본 발명의 실시예에서는 네 가지 간단한 규칙을 산출했다.

[0099] 규칙 1) 근로자는 정의된 교통 구역에 들어갈 수 없다.

[0100] 규칙 2) 작업자가 위에서 떨어지는 물체에 노출될 수 있는 잠재적으로 위험한 위치이기 때문에 작업자가 교량 데크 가장자리 아래에 허용되지 않는다.

[0101] 규칙 3) 작업자와 장비(예: 크레인 및 맨리프트)는 동시에 같은 영역을 점유할 수 없다.

[0102] 규칙 4) 교량 상판 가장자리 주위에 서 있는 것도 지면에 떨어질 위험 때문에 잠재적으로 위험한 상황으로 간주된다.

[0103] 이 중 규칙 1과 3은 수동 ITCP 규칙에 따라 설계되었으며 규칙 2와 4는 도로/교량 건설 현장에서 사례 발명을 수행했기 때문에 교량 건설에 관한 전통적인 안전 계획에 의해 개발되었다.

[0104] 무인비행체(130)가 촬영한 영상을 기반으로 영상분석모듈(140)의 딥 러닝 기반 객체 감지 모델에 의해 사람(작업자), 크레인, 인력거의 3가지 주요 목표를 자동으로 감지하여 분류하였다. 이 모델의 성능을 평가하기 위해 AP는 먼저 수학적 식 1을 사용하여 0.52로 계산되었습니다.

[0105] [표 2]

Classes	Average precision (AP)	True positive (TP)	False-positive (FP)
Manlift	58.91%	60	16
Worker	34.69%	100	151
Crane	34.33%	32	10

[0106]

[0107] 회상 값은 0.45로 계산되었으며 모델 성능을 평가하기 위해 F1 점수도 사용하였다. F1 점수는 이 모델에서 0.48로 계산되었다. 이 모델의 평균 IoU는 38.04%로 계산되었으며, 이는 항공 이미지에서 경계 상자의 38.04%만 실제 물체와 겹치는 것을 의미한다.

[0108] 마지막으로, 이 모델을 사용한 물체 감지의 평균 AP(mAP)는 각 고유 회수에 대한 곡선 아래 영역을 사용하여 IoU@0.50으로 0.4266으로 계산되었다.

[0109] [표 3]

Criteria	Precision	Recall	F1-score	TP	FP	FN	Average IoU	mAP (IoU@0.50)
Values	0.52	0.45	0.48	192	177	231	0.3804	0.4266

[0110]

[0111] 표 3은 무인비행체의 항공 이미지에서 크레인, 맨리프트 및 작업자를 감지하는 데 사용된 모델의 성능을 설명한다.

[0112] 탐지 결과는 클래스의 좌표와 크기로 저장할 수 있는 경계 상자로 볼 수 있다. 도 9는 본 발명에 따른 UAS 항공

영상을 이용한 건설현장 물체 인식 결과를 나타낸 설명도로서, 예를 들어, 크레인의 녹색 경계 상자로 감지되었고 맨리프트는 보라색 상자로 분류되었다.

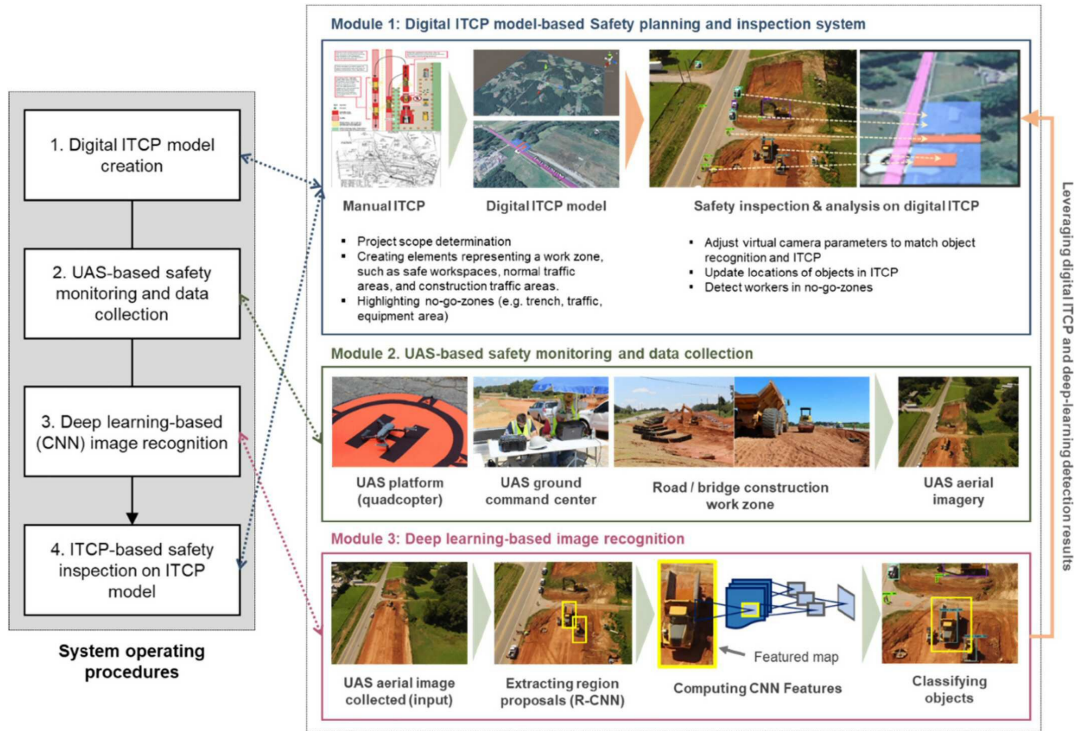
- [0113] 무인비행체가 촬영한 항공 이미지에서 감지된 물체는 디지털 ITCP 모델과 통합되어 작업 영역의 불안정한 조건을 자동으로 감지한다.
- [0114] 도 10은 본 발명에 따른 물체 감지결과를 반영한 디지털 ITCP 모델을 나타낸 설명도로서, 도 10(a)는 객체 인식 결과와 도 10(b)는 출력을 반영한 as-is 디지털 ITCP 모델을 보여준다.
- [0115] 도 10(a)에서 탐지되지 않은 3명의 작업자는 모두 규칙 1과 2에 의해 정의된 출입 금지 구역에 있으며, 그 중 2명은 규칙 1을 위반하여 건설 교통 도로에 있었고 다른 작업자는 교량 가장자리 아래에 머물렀다(규칙 2 위반).
- [0116] 도 10(b)의 현황에 안전수칙을 적용하여 본 교량 건설현장의 현황을 분석하고 점검할 수 있다. 총 8명의 작업자가 정확하게 예측되었으며, 본 발명에서 맞춤형된 딥러닝 모델을 통해 3명의 작업자가 분류되지 않았다.
- [0117] 도 11은 본 발명의 실시예에 따른 디지털 ITCP의 안전점검 및 분석 모습을 나타낸 설명도로서, 본 발명에서 개발한 디지털 ITCP 모델의 안전점검 및 분석 결과를 보여준다. ITCP를 참조하여 사전에 정의된 안전 수칙에 따르면 도 11과 같이 같이 일부 근로자가 안전 수칙을 위반하고 있음을 확인할 수 있었다.
- [0118] 즉 작업자 2는 맨리프트와 크레인이 작동하는 동일한 공간을 점유하고 있으며 이는 규칙 3의 위반이다.
- [0119] 또한, 테크 가장자리 아래에 있는 작업자 3은 테크에서 물체가 떨어질 가능성이 있기 때문에 이 프로젝트의 ITCP에서 정의한 안전 규칙 2를 위반한 것으로 확인되었다.
- [0120] 마지막으로 작업자 4는 규칙 1에 대해 안전하지 않은 구역(테크 가장자리 아래)에 있는 것으로 확인되었다. 또한, 작업자 5 내지 8은 교량 테크 가장자리 주변에서 작업하는 동안 낙상 사고를 방지하기 위해 낙하 방지 시스템을 착용해야 한다. 이는 규칙 4와 OSHA의 안전 규칙을 참조하여 판단이 이루어진다.
- [0122] 본 발명의 권리는 위에서 설명된 실시 예에 한정되지 않고 청구범위에 기재된 바에 의해 정의되며, 본 발명의 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 청구범위에 기재된 권리범위 내에서 다양한 변형과 개작을 할 수 있다는 것은 자명하다.

부호의 설명

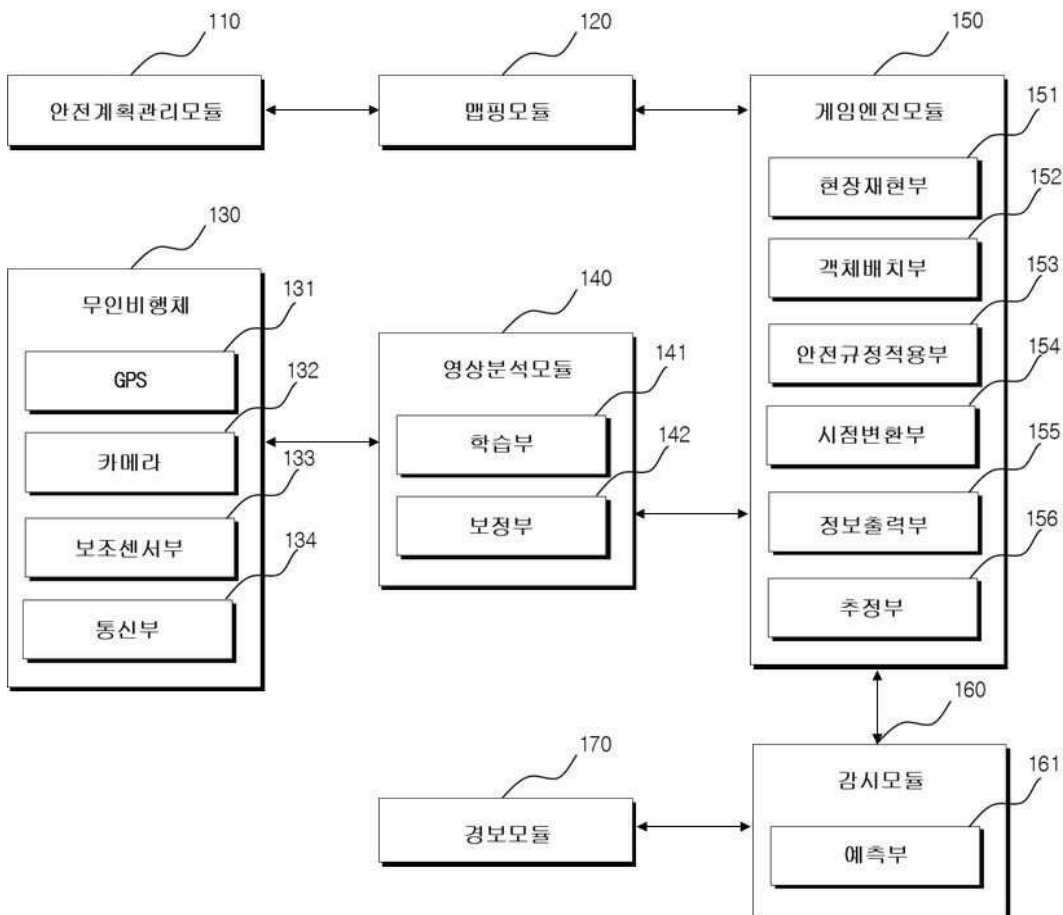
- | | | |
|--------|---------------|--------------|
| [0123] | 110: 안전계획관리모듈 | 120: 맵핑모듈 |
| | 130: 무인비행체 | 131: GPS |
| | 132: 카메라 | 133: 보조센서부 |
| | 134: 통신부 | 140: 영상분석모듈 |
| | 141: 학습부 | 142: 보정부 |
| | 150: 게임엔진모듈 | 151: 현장재현부 |
| | 152: 객체배치부 | 153: 안전규정적용부 |
| | 154: 시점변환부 | 155: 정보출력부 |
| | 156: 추정부 | 160: 감시모듈 |
| | 161: 예측부 | 170: 경보모듈 |

도면

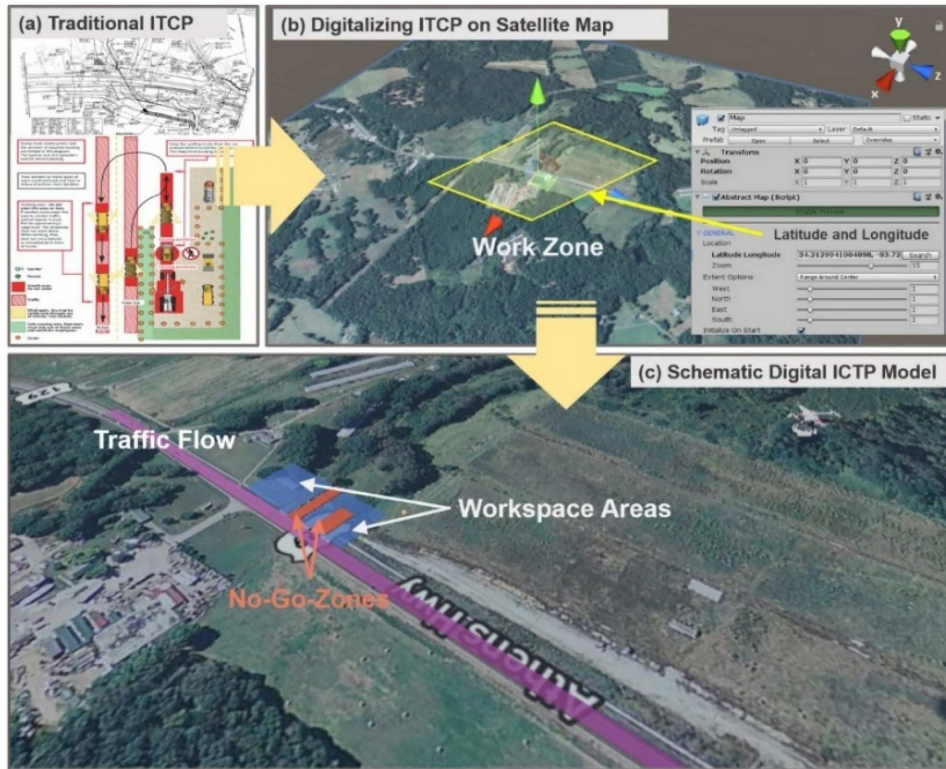
도면1



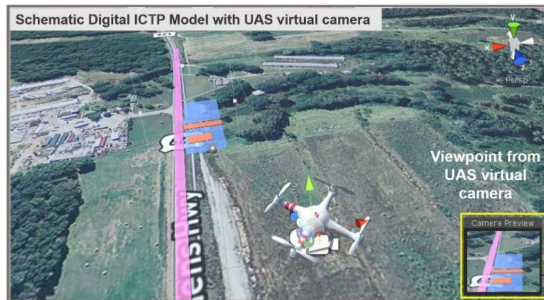
도면2



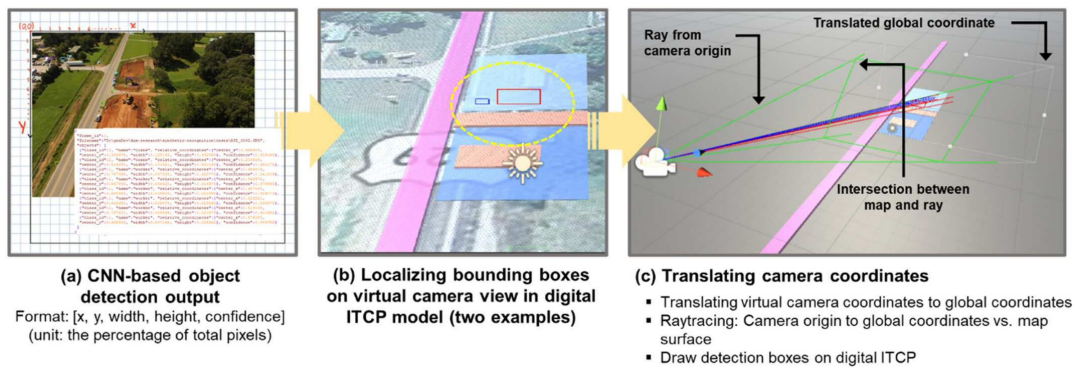
도면3



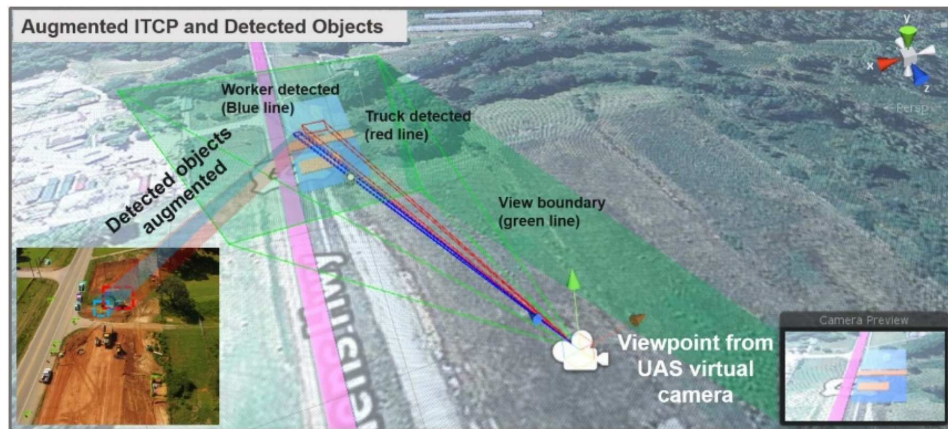
도면4



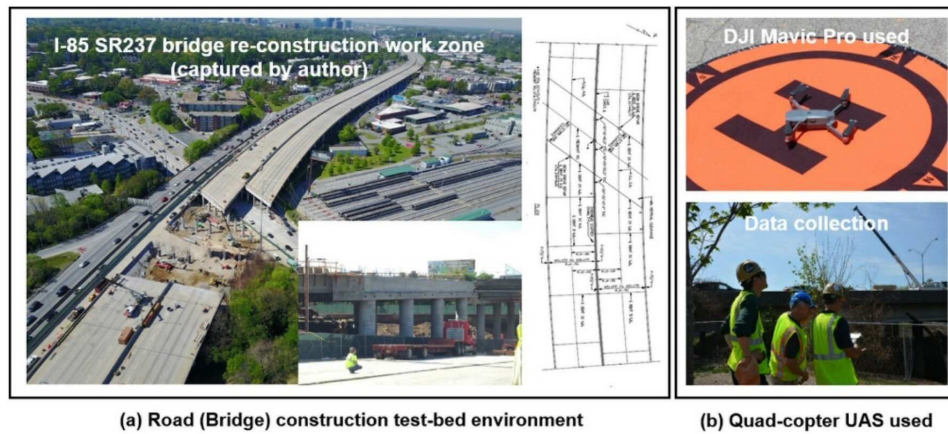
도면5



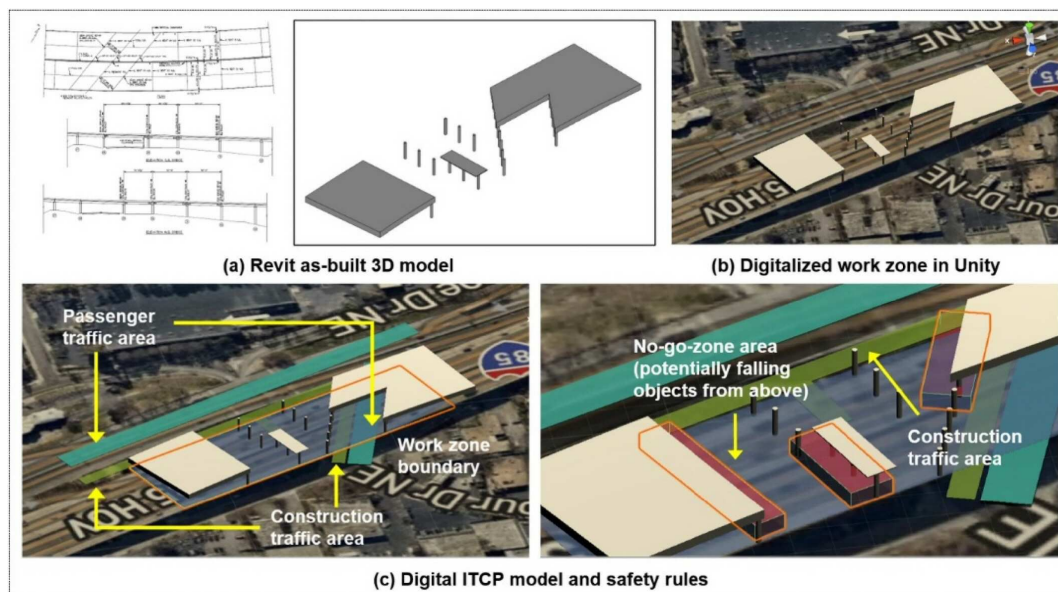
도면6



도면7



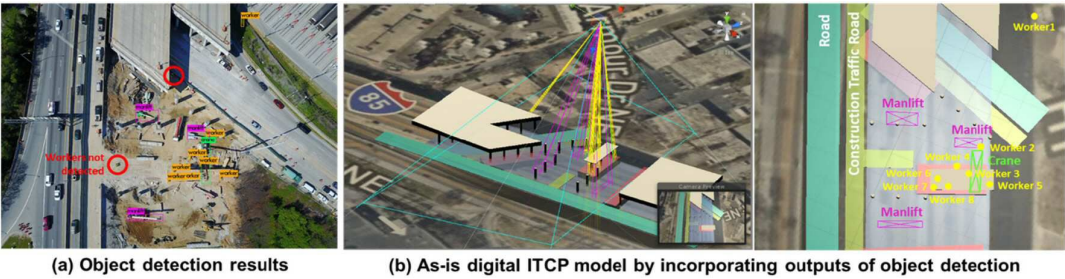
도면8



도면9



도면10



도면11

