



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0071840
(43) 공개일자 2022년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 5/00 (2019.01) G01N 23/04 (2018.01)
G01N 23/10 (2018.01) G06N 3/08 (2006.01)
G06T 11/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06T 5/007 (2013.01)
G01N 23/043 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0006252
(22) 출원일자 2021년01월15일
심사청구일자 2021년01월15일
(30) 우선권주장
1020200158592 2020년11월24일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
고성제
서울특별시 서초구 방배로 270, 나-304호 (방배동, 삼호아파트)
조성진
경기도 성남시 수정구 위례중양로 216, 5313동 1102호 (창곡동, 위례 호반베르디움)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
윤귀상

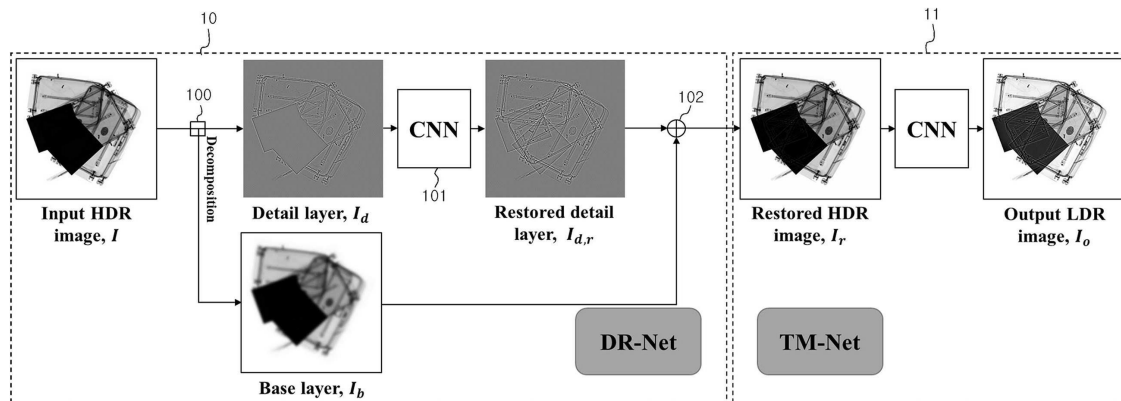
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치, 이를 이용한 영상 변환 방법 및 이를 제공하기 위한 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터-판독가능매체

(57) 요약

본 발명은 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치에 관한 것으로, 본 발명에 따르면, X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치에 있어서, HDR 영상을 수신받아 HDR 영상의 디테일을 복원하는 디테일-복원 네트워크 및 상기 디테일-복원 네트워크로부터 처리된 디테일 복원 영상을 수신받아 복원된 디테일 (뒷면에 계속)

대표도



일을 보존하면서 LDR 영상으로 변환하는 톤 매핑 네트워크를 포함하는 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치를 제공할 수 있다.

또한 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치를 이용한 영상 변환 방법에 있어서, 디테일-복원 네트워크에 HDR 영상이 입력되는 영상입력단계, 상기 디테일-복원 네트워크가 입력된 상기 HDR 영상의 디테일을 복원하는 디테일복원단계 및 톤 매핑 네트워크가 상기 디테일-복원 네트워크로부터 처리된 디테일 복원 영상을 수신받아 복원된 디테일을 보존하면서 LDR 영상으로 변환하는 영상변환단계를 포함하는 영상 변환 방법을 제공할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G01N 23/10 (2013.01)

G06N 3/08 (2013.01)

G06T 11/003 (2013.01)

G06T 5/001 (2013.01)

G06T 2207/10116 (2013.01)

G06T 2207/20081 (2013.01)

G06T 2207/20208 (2013.01)

(72) 발명자

엄광현

서울특별시 종로구 홍지문길 69, 105동 204호 (구 기동, 청구빌라)

김효영

서울특별시 서초구 양재천로15길 5, 풍원파크빌 201 (양재동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711103038

과제번호 2014-3-00077-007

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원

연구사업명 혁신성장동력프로젝트(R&D)(과기정통부)

연구과제명 (딥뷰-2세부) 대규모 실시간 비디오 분석에 의한 전역적 다중 관심객체 추적 및 상

황 예측 기술 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 광주과학기술원

연구기간 2014.04.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치에 있어서,
HDR 영상을 수신받아 HDR 영상의 디테일을 복원하는 디테일-복원 네트워크 및
상기 디테일-복원 네트워크로부터 처리된 디테일 복원 영상을 수신받아 복원된 디테일을 보존하면서 LDR 영상으로 변환하는 톤 매핑 네트워크를 포함하는 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 디테일-복원 네트워크는,
수신받은 HDR 영상을 디테일 레이어와 베이스 레이어로 분리하는 레이어분리부;
전경 마스크와 배경 마스크를 이용한 데이터 합성 방법을 통해 상기 디테일 레이어를 디테일 합성 레이어로 만든 후, 디테일을 복원하여 디테일 복원 레이어로 생성하는 디테일복원부 및
상기 베이스 레이어와 디테일 복원 레이어를 이용하여 디테일 복원 영상을 생성하는 영상생성부를 포함하는 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 디테일복원부는,
상기 전경 마스크와 배경 마스크를 이용하여 상기 디테일 레이어를 전경 디테일 레이어와 배경 디테일 레이어로 생성하고, 상기 전경 디테일 레이어와 배경 디테일 레이어를 합성하여 디테일 합성 레이어로 만드는 것을 특징으로 하는 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치.

청구항 4

제2항에 있어서,
상기 디테일복원부는,
디테일 복원 손실함수를 통해 디테일 합성 레이어로부터 디테일을 복원하여 디테일 복원 레이어로 생성하는 것을 특징으로 하는 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 톤 매핑 네트워크는,
하나 이상의 손실함수를 통해 디테일 복원 영상을 LDR 영상으로 변환하며,
상기 손실함수는,

디테일 복원 영상과 LDR 영상의 구조적 차이를 줄이는 구조적 유사성 손실함수, LDR 영상으로 변환 시 디테일 손실을 줄이는 디테일 보존 손실함수 및 LDR 영상으로 변환 시 픽셀별 기울기 방향이 유지되도록 하는 상대적 두께 손실함수 중 하나 이상인 것을 특징으로 하는 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치.

청구항 6

X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치를 이용한 영상 변환 방법에 있어서,

디테일-복원 네트워크에 HDR 영상이 입력되는 영상입력단계;

상기 디테일-복원 네트워크가 입력된 상기 HDR 영상의 디테일을 복원하는 디테일복원단계 및

톤 매핑 네트워크가 상기 디테일-복원 네트워크로부터 처리된 디테일 복원 영상을 수신받아 복원된 디테일을 보존하면서 LDR 영상으로 변환하는 영상변환단계를 포함하는 영상 변환 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 디테일복원단계는,

입력된 상기 HDR 영상을 디테일 레이어와 베이스 레이어로 분리하는 레이어분리단계;

전경 마스크와 배경 마스크를 이용한 데이터 합성 방법을 통해 상기 디테일 레이어를 디테일 합성 레이어로 만든 후, 디테일을 복원하는 레이어복원단계 및

디테일이 복원된 디테일 복원 레이어와 상기 베이스 레이어를 이용하여 디테일 복원 영상을 생성하는 레이어합성단계를 포함하는 영상 변환 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 레이어복원단계는,

디테일 복원 손실함수를 통해 디테일 합성 레이어로부터 디테일을 복원하여 디테일 복원 레이어로 생성하는 것을 특징으로 하는 영상 변환 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 영상변환단계는,

디테일 복원 영상과 LDR 영상의 구조적 차이를 줄이는 구조적 유사성 손실함수, LDR 영상으로 변환 시 디테일 손실을 줄이는 디테일 보존 손실함수 및 LDR 영상으로 변환 시 픽셀별 기울기 방향이 유지되도록 하는 상대적 두께 손실함수 중 하나 이상을 통해 디테일 복원 영상을 LDR 영상으로 변환하는 것을 특징으로 하는 영상 변환 방법.

청구항 10

제6항 내지 제9항 중 어느 하나의 항에 따라 영상 변환 방법을 제공하는 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치, 영상 변환 방법 및 컴퓨터-판독가능매체에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 X-ray 보안 검사 시 획득하는 영상을 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크로 처리함으로써, 객체의 디테일한 정보들이 보존된 영상을 확보할 수 있는 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치, 영상 변환 방법 및 컴퓨터-판독가능매체에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] X-ray 보안 검사 시스템은 가방이나 수하물 내의 위험한 물체를 쉽고 빠르게 검출하기 위해 사용되는데, 객체를 통과하는 광자의 양을 측정해 high-dynamic range(HDR) 영상을 획득한다. 때때로 물체들은 서로 쌓여져 가려질 수 있기 때문에, 획득한 HDR 영상을 영상 기기에 표현 할 때에는 감독관이 명확히 알 수 있도록 객체의 디테일한 정보들이 보존되는 것이 매우 중요하다.
- [0004] 여기서 획득되는 HDR 영상은 12-16 비트(bit)이기 때문에 8 비트(bit) 등의 영상 기기에 표시하기 위해서는 톤 매핑(Tone mapping) 기술이 요구되고 있다.
- [0005] 톤 매핑(Tone mapping) 기술은 프로젝터의 사양에 따라 최적의 이미지를 보여줄 수 있도록 조정하는 것으로, 풍부한 명암을 바탕으로 정확한 컬러 표현할 수 있도록 설계될 수 있다.
- [0006] 일반적으로 톤 매핑(Tone mapping) 기술은 크게 전역적 방법과 지역적 방법으로 분류된다.
- [0007] 전역적 톤 매핑 기술의 경우, 같은 매핑함수(mapping function)를 전체 HDR 영상을 적용하는 방법이다.
- [0008] 예를 들어, 전역적 방법 중 하나인 Ward는 단순한 선형 함수를 사용해 영상의 대조(contrast)를 압축하는 방법이다. 또한 Drago는 적응형 로그 매핑함수를 통해 디테일과 대조비를 살리는 방법이다.
- [0009] 하지만 이러한 전역적 톤 매핑의 경우 빠르고 또한 원래 영상의 명도를 유지시켜 주지만, 영상의 디테일 정보를 손실시킨다. 이러한 문제는 X-ray 영상을 통한 보안 검사 시스템에서는 치명적일 수 있다.
- [0010] 또 다른 방법으로 지역적 톤매핑 기술은 각 픽셀마다 인접 픽셀을 이용해 적용시키는 방법이다.
- [0011] 예를 들어, 지역적 방법 중 하나인 Fattal의 경우 기울기 감쇠(Gradient attenuation)를 사용하고 있다.
- [0012] 이러한 지역적 톤매핑 기술의 경우 영상의 디테일한 정보를 잘 보존할 수 있지만, 후광 현상(halo artifact)을 야기하며 또한 영상 전체의 밝기가 불균형해 질 수 있는 문제가 있다.
- [0013] 따라서, 디테일한 정보들이 보존되며 정확한 색상 표현이 가능하도록 영상을 처리할 수 있는 톤 매핑(Tone mapping)에 대한 기술 개발이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 상기와 같은 문제를 해결하고자, 본 발명은 X-ray 보안 검사 시 획득하는 영상을 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크로 처리함으로써, 객체의 디테일한 정보들이 보존된 영상을 확보할 수 있는 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치, 영상 변환 방법 및 컴퓨터-판독가능매체를 제공하는 데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0017] 상기와 같은 문제를 해결하고자, 본 발명의 실시예에 따른 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치는 HDR 영상을 수신받아 HDR 영상의 디테일을 복원하는 디테일-복원 네트워크 및 상기 디테일-복원 네트워크로부터 처리된 디테일 복원 영상을 수신받아 복원된 디테일을 보존하면서 LDR 영상으로 변환하는 톤 매핑 네

트위크를 포함하는 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치를 제공할 수 있다.

- [0018] 여기서, 상기 디테일-복원 네트워크는 수신받은 HDR 영상을 디테일 레이어와 베이스 레이어로 분리하는 레이어 분리부; 전경 마스크와 배경 마스크를 이용한 데이터 합성 방법을 통해 상기 디테일 레이어를 디테일 합성 레이어로 만든 후, 디테일을 복원하여 디테일 복원 레이어로 생성하는 디테일복원부 및 상기 베이스 레이어와 디테일 복원 레이어를 이용하여 디테일 복원 영상을 생성하는 영상생성부를 포함할 수 있다.
- [0019] 또한 상기 디테일복원부는 상기 전경 마스크와 배경 마스크를 이용하여 상기 디테일 레이어를 전경 디테일 레이어와 배경 디테일 레이어로 생성하고, 상기 전경 디테일 레이어와 배경 디테일 레이어를 합성하여 디테일 합성 레이어로 만드는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 또한 상기 디테일복원부는 디테일 복원 손실함수를 통해 디테일 합성 레이어로부터 디테일을 복원하여 디테일 복원 레이어로 생성하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한 상기 톤 매핑 네트워크는 하나 이상의 손실함수를 통해 디테일 복원 영상을 LDR 영상으로 변환하며, 상기 손실함수는 디테일 복원 영상과 LDR 영상의 구조적 차이를 줄이는 구조적 유사성 손실함수, LDR 영상으로 변환 시 디테일 손실을 줄이는 디테일 보존 손실함수 및 LDR 영상으로 변환 시 픽셀별 기울기 방향이 유지되도록 하는 상대적 두께 손실함수 중 하나 이상인 것을 특징으로 한다.
- [0022] 또한 상기 구조적 유사성 손실함수(L_{ss})는 상기 디테일 복원 영상과 LDR 영상의 구조적 유사성을 측정하는 ssim 함수를 이용하여 도출되는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 또한 상기 디테일 보존 손실함수(L_{dp})는 상기 디테일 복원 영상의 픽셀별 미분값과 상기 LDR 영상의 픽셀별 미분값을 이용하여 도출되는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 또한 상기 상대적 두께 손실함수(L_{rt})는 기울기 조절 변수(λ_s), 상기 디테일 복원 영상의 픽셀별 미분값, 상기 LDR 영상의 픽셀별 미분값을 이용하여 도출되는 것을 특징으로 한다.
- [0026] 또한 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치를 이용한 영상 변환 방법은 디테일-복원 네트워크에 HDR 영상이 입력되는 영상입력단계; 상기 디테일-복원 네트워크가 입력된 상기 HDR 영상의 디테일을 복원하는 디테일복원단계 및 톤 매핑 네트워크가 상기 디테일-복원 네트워크로부터 처리된 디테일 복원 영상을 수신 받아 복원된 디테일을 보존하면서 LDR 영상으로 변환하는 영상변환단계를 포함하는 영상 변환 방법을 제공할 수 있다.
- [0027] 또한 상기 디테일복원단계는 입력된 상기 HDR 영상을 디테일 레이어와 베이스 레이어로 분리하는 레이어분리단계; 전경 마스크와 배경 마스크를 이용한 데이터 합성 방법을 통해 상기 디테일 레이어를 디테일 합성 레이어로 만든 후, 디테일을 복원하는 레이어복원단계 및 디테일이 복원된 디테일 복원 레이어와 상기 베이스 레이어를 이용하여 디테일 복원 영상을 생성하는 레이어합성단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 또한 상기 레이어복원단계는 디테일 복원 손실함수를 통해 디테일 합성 레이어로부터 디테일을 복원하여 디테일 복원 레이어로 생성하는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 또한 상기 영상변환단계는 디테일 복원 영상과 LDR 영상의 구조적 차이를 줄이는 구조적 유사성 손실함수, LDR 영상으로 변환 시 디테일 손실을 줄이는 디테일 보존 손실함수 및 LDR 영상으로 변환 시 픽셀별 기울기 방향이 유지되도록 하는 상대적 두께 손실함수 중 하나 이상을 통해 디테일 복원 영상을 LDR 영상으로 변환하는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 또한 본 발명의 실시예에 따라 영상 변환 방법을 제공하는 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독가능한 기록 매체를 제공할 수 있다.

발명의 효과

- [0033] 상기와 같은 본 발명의 실시예에 따른 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치, 영상 변환 방

법 및 컴퓨터-판독가능매체는 X-ray 보안 검사 시 획득하는 영상을 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크로 처리함으로써, 객체의 디테일한 정보들이 보존된 영상을 확보할 수 있다.

[0034] 또한, 본원의 색상으로 정확하게 영상의 색상 표현이 이루어지도록 할 수 있다.

[0035] 이에 따라 X-ray 검사 시 감독관이 보다 명확하게 위험물 파악할 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치의 개략적인 동작 구성을 나타낸 블록도.

도 2는 본 발명에서 제안하고 있는 도 1의 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치의 구조를 도시한 개념도.

도 3은 도 1의 디테일-복원 네트워크의 구성을 나타낸 블록도.

도 4의 (a) 내지 (d)는 디테일-복원 네트워크에 입력된 HDR 영상과 디테일-복원 네트워크로부터 디테일이 복원된 HDR 영상 사진.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치를 이용한 영상 변환 방법을 개략적으로 나타낸 흐름도.

도 6은 도 5의 S200 단계를 순차적으로 나타낸 흐름도.

도 7의 (a) 내지 (c)는 합성된 HDR 영상, TIP 방법으로부터 얻은 디테일 복원 레이어 및 디테일-복원 네트워크로부터 얻은 디테일 복원 레이어.

도 8의 (a) 내지 (e)는 디테일-복원 네트워크로부터 입력된 HDR 영상, L_{dp} , $L_{dp}-L_{ss}$, $L_{dp}-L_{rt}$, $L_{dp}-L_{ss}-L_{rt}$ 를 사용하여 학습한 톤 매핑 네트워크로부터 얻은 LDR 영상.

도 9와 도 10은 동일한 HDR 영상을 비교예들과 실시예를 통해 LDR 영상으로 변환한 결과 사진.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 이하, 도면을 참조한 본 발명의 설명은 특정한 실시 형태에 대해 한정되지 않으며, 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있다. 또한, 이하에서 설명하는 내용은 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0039] 이하의 설명에서 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용되는 용어로서, 그 자체에 의미가 한정되지 아니하며, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0040] 본 명세서 전체에 걸쳐 사용되는 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타낸다.

[0041] 본 발명에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한, 이하에서 기재되는 "포함하다", "구비하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것으로 해석되어야 하며, 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.

[0042] 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0043] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예에 따른 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치, 영상 변환 방법 및 컴퓨터-판독가능매체를 상세히 살펴보기로 한다.

[0045] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치의 개략적인 동작 구성을 나타낸 블록도이고, 도 2는 본 발명에서 제안하고 있는 도 1의 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치의 구조를 도시한 개념도이며, 도 3은 도 1의 디테일-복원 네트워크의 구성을 나타낸 블록도이다.

- [0047] 본 발명의 실시예에 따른 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치(1)는, 도 1에 도시된 바와 같이, X-ray 검사 시스템(S)으로부터 HDR(high-dynamic range) 영상을 수신받고, 수신받은 HDR 영상을 딥러닝 기반 톤 매핑(tone mapping) 기술을 통해 LDR(Low-dynamic range) 영상으로 변환하여 영상기기(D)로 전송할 수 있다. 이는 영상기기(D)의 사양에 맞춰 출력되기 적합한 형태로 영상을 변환시켜 최적의 영상을 보여 줄 수 있도록 하는 것이다.
- [0048] 이때, 본 발명의 장치는 디테일 복원 네트워크(Detail recovery network, DR-Net)와 톤 매핑 네트워크(Tone mapping network, TM-Net) 두 개의 서로 다른 네트워크를 함께 구성하여 영상기기(D)에 맞는 LDR 영상으로 변환시켜 줌으로써, 동적 영역(dynamic range)을 줄이면서도 변환된 LDR 영상의 디테일한 정보들이 보존되고, 후광 아티팩트(halo artifact)를 방지하며 본연의 색상으로 정확하게 색상 표현이 이루어지도록 할 수 있다.
- [0049] 이와 같이 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치(1)는 디테일-복원 네트워크(10) 및 톤 매핑 네트워크(11)를 포함할 수 있으며, 도 2에 도시된 바와 같이 구조가 이루어질 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다.
- [0050] 디테일-복원 네트워크(10)는 HDR 영상의 디테일 정보 복원을 목적으로 하는 것으로, 합성곱 신경망(convolutional neural network, CNN)을 기반으로 HDR 영상의 디테일 레이어를 강화하여 미세한 디테일이 복원된 HDR 영상을 생성할 수 있다. 여기서 디테일-복원 네트워크(10)는 지도 학습 방식을 이용한다.
- [0051] 도 2에 도시된 바와 같이, 디테일-복원 네트워크(10)는 X-ray 검사 시스템(1)으로부터 HDR 영상(I)을 수신받고, 수신받은 HDR 영상(I)의 디테일을 복원할 수 있는데, HDR 영상(I)을 레이어 단위로 분리하고 디테일 복원 처리한 후 다시 하나의 영상(I_r)으로 생성할 수 있다.
- [0052] 도 3을 참조하면, 디테일-복원 네트워크(10)는 레이어분리부(100), 디테일복원부(101) 및 영상생성부(102)를 포함할 수 있다.
- [0053] 레이어분리부(100)는 수신받은 HDR 영상(I)을 디테일 레이어(I_d)와 베이스 레이어(I_b)로 분리할 수 있다.
- [0054] 입력되는 HDR 영상은 하기 수학적 식 1과 같이 정의될 수 있고, 종래의 TIP 기법의 경우, 수학적 식 2와 같이 전경마스크와 배경마스크를 곱하여 합성하기 때문에, 중첩이 발생하여 디테일이 손실되는 문제가 있다.
- [0055] [수학적 식 1]
- [0056]
$$I(x,y)=I_0\exp(-\int\mu(x,y,z)dz)$$
- [0057] 여기서 I는 HDR 영상, I₀는 빔 강도(beam intensity), z는 깊이 좌표, μ 는 유효 감쇠 계수(effective attenuation coefficient)이다.
- [0059] [수학적 식 2]
- [0060]
$$I(x,y)=I_0F(x,y)B(x,y)$$
- [0061] 여기서 I는 HDR 영상, I₀는 빔 강도(beam intensity), F는 전경 마스크, B는 배경 마스크이다. 상기 전경마스크와 배경마스크는 하기 수학적 식 3 및 4와 같다.
- [0063] [수학적 식 3]
- [0064]
$$F(x,y)=\exp(-\int\mu_F(x,y,z)dz)$$
- [0065] 여기서, F는 전경 마스크, μ_F 는 전경마스크의 유효 감쇠 계수이다.

- [0067] [수학식 4]
- $$[0068] \quad B(x,y)=\exp(-\int \mu_B(x,y,z)dz)$$
- [0069] 여기서, B는 배경 마스크, μ_B 는 배경마스크의 유효 감쇠 계수이다.
- [0070] 이에 본 발명의 디테일-복원 네트워크(10)는 HDR 영상을 디테일 레이어와 베이스 레이어로 분리하여 디테일을 복원하고 합성함으로써, 디테일을 효과적으로 보존할 수 있도록 한다.
- [0071] 즉, 레이어분리부(100)는 가이드 필터(guided filter)를 사용하는 영상 분해 방법을 통해 상기와 같은 HDR 영상(I)을 처리하여 레이어로 분리할 수 있는데, 하기 수학식 5와 6을 사용하여 HDR 영상을 디테일 레이어(I_d)와 베이스 레이어(I_b)로 분할할 수 있다.
- [0073] [수학식 5]
- $$[0074] \quad I_b(x,y)=G(\log(I(x,y)))$$
- [0075] 여기서 I_b 는 베이스 레이어이고, I는 HDR 영상이고, G는 guided filter이다.
- [0077] [수학식 6]
- $$[0078] \quad I_d(x,y)=\log(I(x,y))-I_b(x,y)$$
- [0079] 여기서 I_d 는 디테일 레이어이고, I는 HDR 영상이고, I_b 는 베이스 레이어이며, G는 guided filter이다.
- [0080] 디테일복원부(101)는 디테일 레이어(I_d)의 디테일을 복원하여 디테일 복원 레이어($I_{d,r}$)로 생성할 수 있는데, 디테일 복원을 위해 데이터 합성 방법과 디테일 복원 손실함수를 이용할 수 있다.
- [0081] 먼저, 디테일복원부(101)는 디테일 레이어(I_d)를 전경 디테일 레이어와 배경 디테일 레이어로 생성하고, 전경 디테일 레이어와 배경 디테일 레이어를 합성하여 디테일 합성 레이어($I_{d,gt}$)로 생성할 수 있다.
- [0082] 여기서 디테일복원부(101)는 디테일 레이어(I_d)를 전경 디테일 레이어와 배경 디테일 레이어로 생성하기 위하여, guided filter와 전경 마스크 또는 배경 마스크를 사용할 수 있다.
- [0083] 보다 구체적으로, 디테일복원부(101)는 하기 수학식 7을 이용하여 디테일 레이어(I_d)를 전경 디테일 레이어(F_d)로 생성할 수 있다.
- [0085] [수학식 7]
- $$[0086] \quad F_d(x,y)=\log(F(x,y))-G(\log(F(x,y)))$$
- [0087] 여기서, F_d 는 전경 디테일 레이어, F는 전경 마스크, G는 guided filter이다.
- [0088] guided filter는 Bilateral filter를 획기적으로 개선한 필터로서, 레이어의 노이즈를 감소시키면서 엣지의 Blur를 최대한 억제할 수 있다. 레이어의 기울기를 선형 회귀법으로 바로 연산하여 속도가 빠른 장점이 있다.
- [0089] 또한 디테일복원부(101)는 하기 수학식 8을 이용하여 디테일 레이어(I_d)를 배경 디테일 레이어(B_d)로 생성할 수 있다.

- [0091] [수학식 8]
- [0092]
$$B_d(x,y)=\log(B(x,y))-G(\log(B(x,y)))$$
- [0093] 여기서, B_d 는 배경 디테일 레이어, B 는 배경 마스크, G 는 guided filter이다.
- [0094] 그 다음, 디테일복원부(101)는 전경 디테일 레이어(F_d)와 배경 디테일 레이어(B_d)를 하기 수학식 9를 통해 합성하여 디테일 합성 레이어($I_{d,gt}$)로 생성할 수 있다.
- [0096] [수학식 9]
- [0097]
$$I_{d,gt}(x,y)=F_d(x,y)+B_d(x,y)$$
- [0098] 여기서, $I_{d,gt}$ 은 디테일 합성 레이어, F_d 는 전경 디테일 레이어, B_d 는 배경 디테일 레이어이다.
- [0099] 또한 디테일복원부(101)는 디테일 복원 손실함수(L_{dr})를 통해 학습되어 있어, 디테일 복원 손실함수(L_{dr})를 통해 디테일 합성 레이어($I_{d,gt}$)로부터 세부 디테일을 복원할 수 있다. 이에 세부 디테일이 복원된 디테일 복원 레이어($I_{d,r}$)를 획득할 수 있다.
- [0100] 여기서 디테일 복원 손실함수(L_{dr})는 하기 수학식 10과 같이 정의될 수 있다.
- [0102] [수학식 10]
- [0103]
$$L_{dr}(x,y)=||I_{d,r}-I_{d,gt}||_1$$
- [0104] 여기서 L_{dr} 은 디테일 복원 손실함수, $I_{d,gt}$ 는 디테일 복원 레이어, $I_{d,r}$ 은 세부 디테일이 복원된 디테일 복원 레이어이다.
- [0105] 이와 같이 디테일복원부(101)는 디테일 레이어에서 전경 마스크와 배경 마스크를 통해 생성된 전경 디테일 레이어와 배경 디테일 레이어를 합으로 결합시킨 디테일 합성 레이어를 이용하여 디테일을 복구하기 때문에, 레이어가 중복됨에 따라 복구할 수 없었던 디테일까지 복원할 수 있어 보다 세부적인 디테일이 추출되고 보존된 디테일 복원 레이어를 생성할 수 있다.
- [0106] 영상생성부(102)는 베이스 레이어(I_b)와 디테일 복원 레이어($I_{d,r}$)를 이용하여 디테일 복원 영상(I_r)을 생성할 수 있는데, 하기 수학식 11과 같이 정의되는 데이터 합성 방법을 통해 하나의 디테일 복원 영상(I_r)으로 만들 수 있으나, 이에 한정되지는 않는다. 여기서 디테일 복원 영상(I_r)은 HDR 영상이다.
- [0108] [수학식 11]
- [0109]
$$I_r(x,y)=I_{d,r}(x,y)-I_b(x,y)$$
- [0110] 여기서 I_r 은 디테일 복원 영상, $I_{d,r}$ 은 디테일 복원 레이어, I_b 는 베이스 레이어이다.
- [0111] 디테일-복원 네트워크(10)는 X-ray 검사 시스템(1)으로부터 도 4의 (a) 및 (c)와 같은 HDR 영상을 수신받으면, 상기와 같은 과정을 통해 처리하여 도 4의 (b) 및 (d)와 같이 디테일이 복원된 HDR 영상을 확보할 수 있다.
- [0112] 이와 같이 디테일이 복원된 HDR 영상을 이용하여 LDR 영상으로 변환하도록 함으로써, 객체의 디테일한 정보들이 보존되어 품질이 우수한 LDR 영상을 취득할 수 있도록 한다.
- [0113] 톤 매핑 네트워크(11)는 복원된 디테일을 보존하면서 동적 영역을 줄이는 것에 초점을 맞춘 것으로, 디테일-복원 네트워크(10)로부터 처리된 디테일 복원 영상(I_r)을 수신받아 LDR 영상(I_o)으로 변환할 수 있다.

- [0114] 이때, 톤 매핑 네트워크(11)는 정의된 하나 이상의 손실함수를 통해 디테일 복원 영상(I_r)과 LDR 영상(I_o)을 비지도 학습으로 학습하여, 디테일 복원 영상(I_r)으로부터 LDR 영상(I_o)을 취득할 수 있다.
- [0115] 이와 같이 톤 매핑 네트워크(11)는 디테일 복원 영상의 변환으로 생성되는 LDR 영상을 정의해 학습되는 것이 아닌 손실함수를 정의해 비지도 학습을 기반으로 LDR 영상으로 변환함으로써, 영상 디테일, 색상 등의 정확도가 보다 향상되도록 한 것이다.
- [0116] 이는 LDR 영상이 영상 내에 콘텐츠, 배경 등에 의존적이기 때문에 정의하기가 매우 어려워, LDR 영상을 정의하여 네트워크를 학습시키기에는 한계가 있기 때문이다.
- [0117] 즉, 톤 매핑 네트워크(11)는 하나 이상의 손실함수를 통해 디테일 복원 영상을 LDR 영상으로 변환할 수 있으며, 여기서 손실함수는 구조적 유사성 손실함수(L_{ss}), 디테일 보존 손실함수(L_{dp}) 및 상대적 두께 손실함수(L_{rt}) 중 하나 이상일 수 있으며, 모두 이용하는 것이 바람직하나, 이에 한정되지는 않는다.
- [0118] 먼저, 톤 매핑 네트워크(11)는 디테일 복원 영상(I_r)에 구조적 유사성 손실함수(L_{ss})를 적용하여 디테일 복원 영상(I_r)과 생성되는 LDR 영상(I_o)의 구조적 차이를 줄일 수 있다. 디테일 복원 영상(I_r) 내의 전체적인 화질이 보존되도록 구조적 유사성(Structural similarity)을 측정하여 LDR 영상(I_o)이 디테일 복원 영상(I_r)의 전체적인 화질을 따라가도록 하는 것이다.
- [0119] 여기서 사용되는 구조적 유사성 손실함수(Structural similarity loss, L_{ss})는 디테일 복원 영상(I_r)과 LDR 영상(I_o)의 구조적 유사성을 측정하는 ssim 함수를 변수로 이용하여 도출될 수 있는데, 하기 수학적 식 12와 같을 수 있다.
- [0121] [수학적 식 12]
- [0122]
$$L_{ss}=1-ssim(I_r, I_o)$$
- [0123] 여기서, L_{ss} 는 구조적 유사성 손실함수이고, I_r 은 디테일 복원 영상이고, I_o 는 LDR 영상이고, ssim은 구조적 유사성 측정 함수이다.
- [0124] ssim 함수는 구조적 유사성을 측정하는 함수, 즉 시각적 화질 차이를 평가하기 위해 고안된 함수로, 휘도(Luminance), 대비(Contrast), 구조(Structural)의 3가지 측면에서 품질을 평가할 수 있다.
- [0125] 구조적 유사성 손실함수(L_{ss})를 사용하여 동적 영역을 줄이면서도 영상의 구조가 보존되도록 할 수 있다.
- [0126] 또한, 톤 매핑 네트워크(11)는 디테일 복원 영상(I_r)에 디테일 보존 손실함수(L_{dp})를 적용하여 LDR 영상(I_o)으로 변환 시 디테일 손실을 줄일 수 있다.
- [0127] HDR(high-dynamic range) 영상을 LDR(Low-dynamic range) 영상으로 변환시킬 시, 동적 영역(dynamic range)을 줄임에 따라 디테일 손실은 불가피한데, 디테일 보존 손실함수(L_{dp})는 HDR 영상의 디테일을 강조하도록 설계되어, 발생하는 디테일 손실을 최소화하고 디테일을 보존하도록 할 수 있다.
- [0128] 이러한 디테일 보존 손실함수(Detail preservation loss, L_{dp})는 디테일 복원 영상(I_r)의 기울기가 가중치로 반영되어 있어, LDR 영상(I_o)의 기울기를 HDR 영상(I_r)의 기울기가 높은 픽셀에서 높게 형성되도록 하여 디테일 손실을 줄일 수 있다.
- [0129] 보다 구체적으로, 디테일 보존 손실함수(L_{dp})는 디테일 복원 영상(I_r)의 픽셀별 미분값과 상기 LDR 영상(I_o)의 픽셀별 미분값을 이용하여 도출될 수 있는데, 하기 수학적 식 13과 같을 수 있다.

[0131] [수학적 식 13]

[0132]
$$L_{dp}=-\sum_{x,y}(G_x(I_r)G_x(I_o)+G_y(I_r)G_y(I_o))$$

[0133] 여기서, L_{dp} 는 디테일 보존 손실함수이고, I_r 은 디테일 복원 영상이고, I_o 는 LDR 영상이고, G_x 는 픽셀 값에 대한 x축 방향의 미분 함수며, G_y 는 픽셀 값에 대한 y축 방향의 미분 함수다.

[0134] 한편, 디테일 복원 영상(I_r)과 LDR 영상(I_o)에 대한 G_x 와 G_y 는 하기 수학식 14와 같이 이루어질 수 있다.

[0136] [수학식 14]

$$G_x(I_r) = I_r(x+1, y) - I_r(x, y)$$

$$G_y(I_r) = I_r(x, y+1) - I_r(x, y)$$

$$G_x(I_o) = I_o(x+1, y) - I_o(x, y)$$

$$G_y(I_o) = I_o(x, y+1) - I_o(x, y)$$

[0137]

[0138] 또한 톤 매핑 네트워크(11)는 디테일 복원 영상(I_r)에 상대적 두께 손실함수(L_{rt})를 적용하여 LDR 영상(I_o)으로 변환 시 픽셀별 기울기 방향이 유지되도록 할 수 있다.

[0139] 톤 매핑에 따른 대조 강조(명암차 강조, contrast enhancement)는 후광 현상(halo artifact)을 발생시킬 수 있는 기울기 역전 문제를 야기하므로, 상대적 두께 손실함수(L_{rt})을 통해 기울기 방향을 유지시켜 후광 현상 등을 방지하고자 한 것이다.

[0140] 상대적 두께 손실함수(Relative thickness loss, L_{rt})는 기울기 조절 변수(λ_s), 디테일 복원 영상(I_r)의 픽셀별 미분값, LDR 영상(I_o)의 픽셀별 미분값을 이용하여 도출될 수 있는데, 하기 수학식 15과 같을 수 있다.

[0142] [수학식 15]

$$L_{rt} = \sum_{x,y} \tanh(\lambda_s G_x(I_r)) - \tanh(\lambda_s G_x(I_o)) \\ + \tanh(\lambda_s G_y(I_r)) - \tanh(\lambda_s G_y(I_o))$$

[0143]

[0144] 여기서, L_{rt} 는 상대적 두께 손실함수이고, λ_s 는 탄젠트 함수의 기울기를 조절하는 변수이고, I_r 은 디테일 복원 영상이고, I_o 는 LDR 영상이고, G_x 는 픽셀 값에 대한 x축 방향의 미분 함수며, G_y 는 픽셀 값에 대한 y축 방향의 미분 함수다.

[0145] 이러한 손실함수는 구조적 유사성 손실함수(L_{ss}), 디테일 보존 손실함수(L_{dp}) 및 상대적 두께 손실함수(L_{rt})는 가중합계로 정의되어 사용될 수 있는데, 하기 수학식 16과 같이 정의될 수 있다.

[0147] [수학식 16]

$$L_{total} = \lambda_{ss} L_{ss} + \lambda_{dp} L_{dp} + \lambda_{rt} L_{rt}$$

[0148]

[0149] 여기서, L_{total} 는 손실함수의 가중합계이고, L_{ss} 는 구조적 유사성 손실함수, L_{dp} 는 디테일 보존 손실함수, L_{rt} 는 상대적 두께 손실함수이며, λ_{ss} , λ_{dp} , λ_{rt} 는 각 손실함수의 가중치 매개 변수이다.

[0150] 톤 매핑 네트워크(11)는 상기와 같은 과정을 통해 LDR 영상(I_o)을 확보하여 영상기기(D)로 전송할 수 있다.

[0151] 이러한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치를 이용한 영상 변환 방법에 대하여 하기에서 구체적으로 설명하기로 한다.

[0153] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치를 이용한 영상 변환

방법을 개략적으로 나타낸 흐름도이며, 도 6은 도 5의 S200 단계를 순차적으로 나타낸 흐름도이다.

- [0155] 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치를 이용한 영상 변환 방법은 영상입력단계(S100), 디테일복원단계(S200), 영상변환단계(S300) 및 영상출력단계(S400)를 포함할 수 있다.
- [0156] 영상입력단계(S100)는 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치(1)의 디테일-복원 네트워크(10)에 HDR 영상이 입력되는 단계로, X-ray 검사 시스템(S)으로부터 촬영된 HDR 영상을 수신받아 입력될 수 있다.
- [0157] 디테일복원단계(S200)는 디테일-복원 네트워크(10)가 입력된 HDR 영상의 디테일을 복원하는 단계로, HDR 영상을 레이어 단위로 분리하고 디테일 복원 처리한 후 다시 하나의 영상으로 생성할 수 있다.
- [0158] 도 6을 참조하면, S200 단계는 레이어분리단계(S210), 레이어복원단계(S220) 및 레이어합성단계(S230)를 포함할 수 있다.
- [0159] 레이어분리단계(S210)는 X-ray 검사 시스템(S)으로부터 입력된 HDR 영상을 디테일 레이어와 베이스 레이어로 분리할 수 있다.
- [0160] 레이어복원단계(S220)는 S210 단계에서 분리된 디테일 레이어의 디테일을 복원할 수 있다. 데이터 합성 방법과 디테일 복원 손실함수를 이용하여 디테일을 복원하는 것으로 디테일 복원 레이어를 획득할 수 있다. 이에 대해서는 상기 장치에서 설명하였으므로, 자세한 설명은 생략하도록 한다.
- [0161] 레이어합성단계(S230)는 S220 단계에서 디테일이 복원된 디테일 복원 레이어와 베이스 레이어를 이용하여 디테일 복원 영상을 생성할 수 있는데, 디테일 복원 레이어와 베이스 레이어를 합성하여 하나의 디테일 복원 영상으로 만들 수 있다.
- [0162] 영상변환단계(S300)는 톤 매핑 네트워크(11)가 디테일-복원 네트워크(10)로부터 처리된 디테일 복원 영상을 전달받아 복원된 디테일을 보존하면서 LDR 영상으로 변환하는 단계로, 하나 이상의 손실함수를 통해 디테일 복원 영상을 LDR 영상으로 변환할 수 있다.
- [0163] 여기서 사용되는 손실함수는 구조적 유사성 손실함수(L_{ss}), 디테일 보존 손실함수(L_{dp}) 및 상대적 두께 손실함수(L_{rt}) 중 하나 이상일 수 있다.
- [0164] 영상출력단계(S400)는 S300 단계에서 변환된 LDR 영상을 영상기기(D)에 전송하는 단계로, 영상기기(D)로부터 LDR 영상이 출력될 수 있다.
- [0166] 아울러, 본 발명은 컴퓨터 판독가능 저장매체에 컴퓨터가 판독 가능한 코드를 저장하여 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터 판독가능 저장매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 판독될 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 저장 장치를 포함한다.
- [0167] 컴퓨터가 판독 가능한 코드는, 컴퓨터 판독가능 저장매체에서 X-ray 검사 시스템(S)으로부터 HDR 영상이 입력될 시 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치(1)에 의하여 영상 변환될 때, 본 발명에 따른 영상 변환 방법을 구현하는 단계들을 수행하도록 구성된다. 상기 컴퓨터가 판독 가능한 코드는 다양한 프로그래밍 언어들로 구현될 수 있다. 그리고 본 발명을 구현하기 위한 기능적인(functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자들에 의하여 용이하게 프로그래밍될 수 있다.
- [0168] 컴퓨터 판독 가능 저장 매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 방송파(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현하는 것을 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 저장매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산 방식으로 컴퓨터가 판독 가능한 코드가 저장되고 실행될 수 있다.
- [0170] 상기에서 설명한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 X-ray 검사를 위한 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치, 영상 변환 방법 및 컴퓨터-판독가능매체는 X-ray 보안 검사 시 획득하는 영상을 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크로 처리함으로써, 객체의 디테일한 정보들이 보존된 영상을 확보할 수 있다.

[0171] 또한, 본연의 색상으로 정확하게 영상의 색상 표현이 이루어지도록 할 수 있다.

[0172] 이에 따라 X-ray 검사 시 감독관이 보다 명확하게 위험물 파악할 수 있도록 한다.

[0174] 이하, 상기에서 설명한 본 발명에 대해 실험예 및 실시예를 들어 더욱 구체적으로 설명하기로 한다. 그러나 본 발명이 반드시 이들 실험예 및 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0176] [실험예 1] 디테일 복원 성능 평가

[0177] 디테일-복원 네트워크의 디테일 복원 성능을 평가하기 위하여, X-ray 검사 시스템으로부터 획득한 HDR 영상에 검은 이미지를 합성시킨 후 디테일-복원 네트워크와 TIP 방법(대조군)을 통해 처리하여 디테일 복원 레이어를 획득하였다.

[0178] 그 결과는 도 7과 같다.

[0179] 도 7의 (a) 내지 (c)는 합성된 HDR 영상, TIP 방법으로부터 얻은 디테일 복원 레이어 및 디테일-복원 네트워크로부터 얻은 디테일 복원 레이어이다.

[0180] 도 7을 보면 알 수 있듯이, TIP 방법으로부터 얻은 디테일 복원 레이어 보다 디테일-복원 네트워크로부터 얻은 디테일 복원 레이어에서 HDR 영상의 디테일이 명확하게 복원된 것을 확인할 수 있었다.

[0182] [실험예 2] 손실함수에 따른 LDR 영상 변환 성능 평가

[0183] 손실함수에 따른 톤 매핑 네트워크의 성능을 평가하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 시스템에서 톤 매핑 네트워크에서 사용되는 손실함수(구조적 유사성 손실함수(L_{ss}), 디테일 보존 손실함수(L_{dp}) 및 상대적 두께 손실함수(L_{rt}))를 달리하여 HDR 영상을 LDR 영상으로 변환하였다.

[0184] 그 결과는 도 8과 같다.

[0185] 도 8의 (a)는 디테일-복원 네트워크로부터 입력된 HDR 영상, (b)는 L_{dp} , (c)는 $L_{dp}-L_{ss}$, (d)는 $L_{dp}-L_{rt}$, (e)는 $L_{dp}-L_{ss}-L_{rt}$ 를 사용하여 학습한 톤 매핑 네트워크로부터 얻은 LDR영상이다.

[0186] 도 8을 보면 알 수 있듯이, $L_{dp}-L_{ss}-L_{rt}$ 를 사용하여 학습한 톤 매핑 네트워크에서 품질이 높은 LDR영상을 얻을 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0187] 구체적으로, 도 8의 (b)를 보면 L_{dp} 를 사용하여 학습한 톤 매핑 네트워크의 LDR영상은 화질이 변하고 후광 현상이 나타난 것을 확인할 수 있었다.

[0188] 또한 $L_{dp}-L_{ss}$ 를 사용하여 학습한 톤 매핑 네트워크의 LDR영상은 (b)보다 화질 변화는 적으나 후광 현상이 나타난 것을 확인할 수 있었다(도 8의 (c)).

[0189] 또한 $L_{dp}-L_{rt}$ 를 사용하여 학습한 톤 매핑 네트워크의 LDR영상은 후광현상이 나타나지 않았으나 다소 화질 저하가 발생한 것을 확인할 수 있었다.

[0191] [실험예 3] LDR 영상 변환 성능 평가

[0192] 본 발명의 시스템의 성능을 확인하기 위하여, 본 발명의 실시예와 비교예로 기존의 톤 매핑 기법들을 통해 동일한 HDR 영상을 LDR 영상으로 변환하여 평가하였다.

[0193] 그 결과는 도 9 및 도 10과 같다.

[0194] 도 9와 도 10은 동일한 HDR 영상을 기존의 톤 매핑 기법들(비교예)과 실시예를 통해 LDR 영상으로 변환한 결과 사진이다.

[0195] 도 9와 도 10의 (a)는 디테일-복원 네트워크로부터 디테일이 복원된 HDR 영상, (b)와 (c)는 기존의 톤 매핑 기법을 통해 변환된 LDR 영상, (d)는 실시예를 통해 변환된 LDR 영상이다.

[0196] 도 9와 도 10을 보면 알 수 있듯이, 비교예들은 전반적인 디테일이 개선되었으나 여전히 식별하기 어려운 부분들이 존재하고 후광 현상이 발생한 것을 확인할 수 있었다.

[0197] 반면, 실시예는 세부적으로 디테일이 잘 나타나 식별이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

[0198] 즉, 실시예가 영상 내의 여러 디테일 요소를 잘 보존하며 HDR 영상 보다 더 뚜렷한 LDR 영상으로 변환하는 것을 확인할 수 있었다.

[0200] [실험예 4] HDR-VDP-2.2 평가

[0201] 본 발명의 시스템의 성능을 확인하기 위하여, 본 발명의 실시예와 기존 톤 매핑 기법들(비교예 1 내지 5)의 톤 매핑 성능을 정량적으로 비교하여 평가하였다.

[0202] HDR-VDP-2.2는 관측자에게 두 영상의 차이가 예측되는지를 평가하는 지표이다.

[0203] 그 결과는 표 1과 같다.

표 1

Method	HDR-VDP-2.2
비교예1	51.5406
비교예2	52.4322
비교예3	53.4005
비교예4	53.6889
비교예5	52.7200
실시예	55.1932

[0204]

[0205] 상기 표 1을 보면 알 수 있듯이, 실시예에서 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

[0207] 이상으로 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고 다른 구체적인 형태로 실시할 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 따라서 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것이다.

부호의 설명

[0209] 1: 디테일 복원 및 톤 매핑 네트워크 장치

10: 디테일-복원 네트워크

100: 레이어분리부

101: 디테일복원부

102: 영상생성부

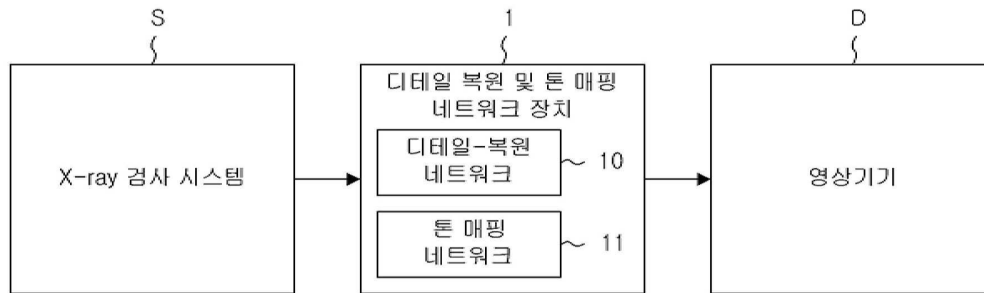
11: 톤 매핑 네트워크

S: X-ray 검사 시스템

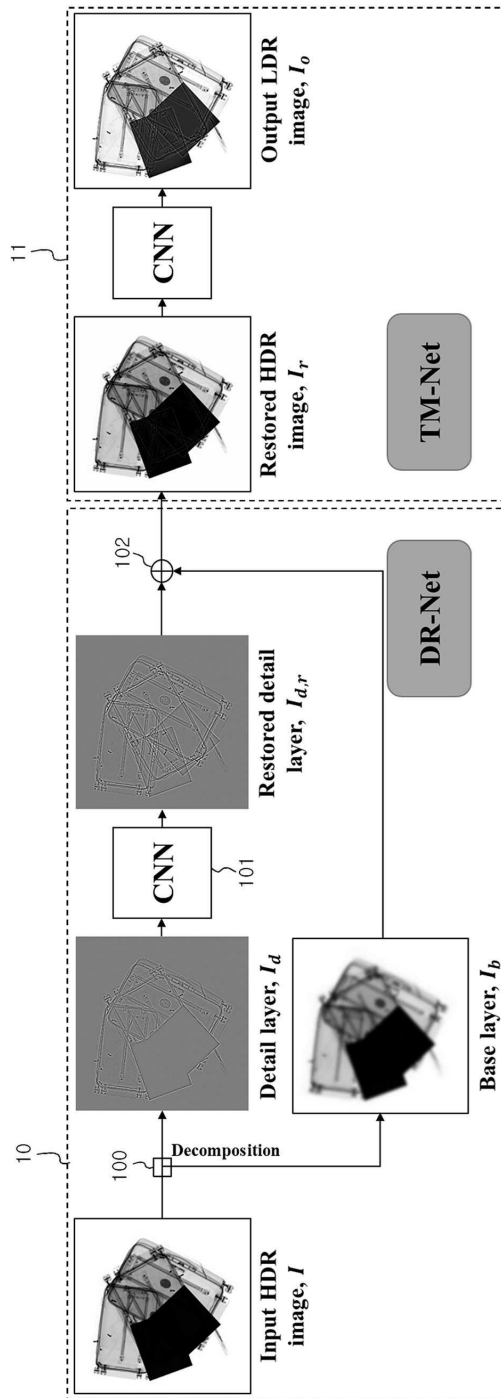
D: 영상기기

도면

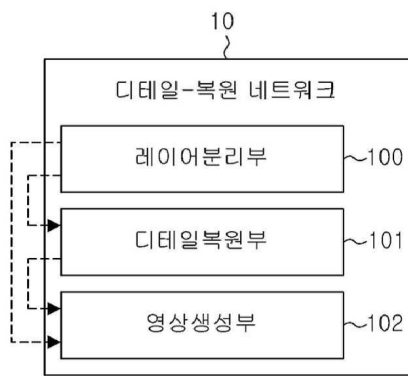
도면1



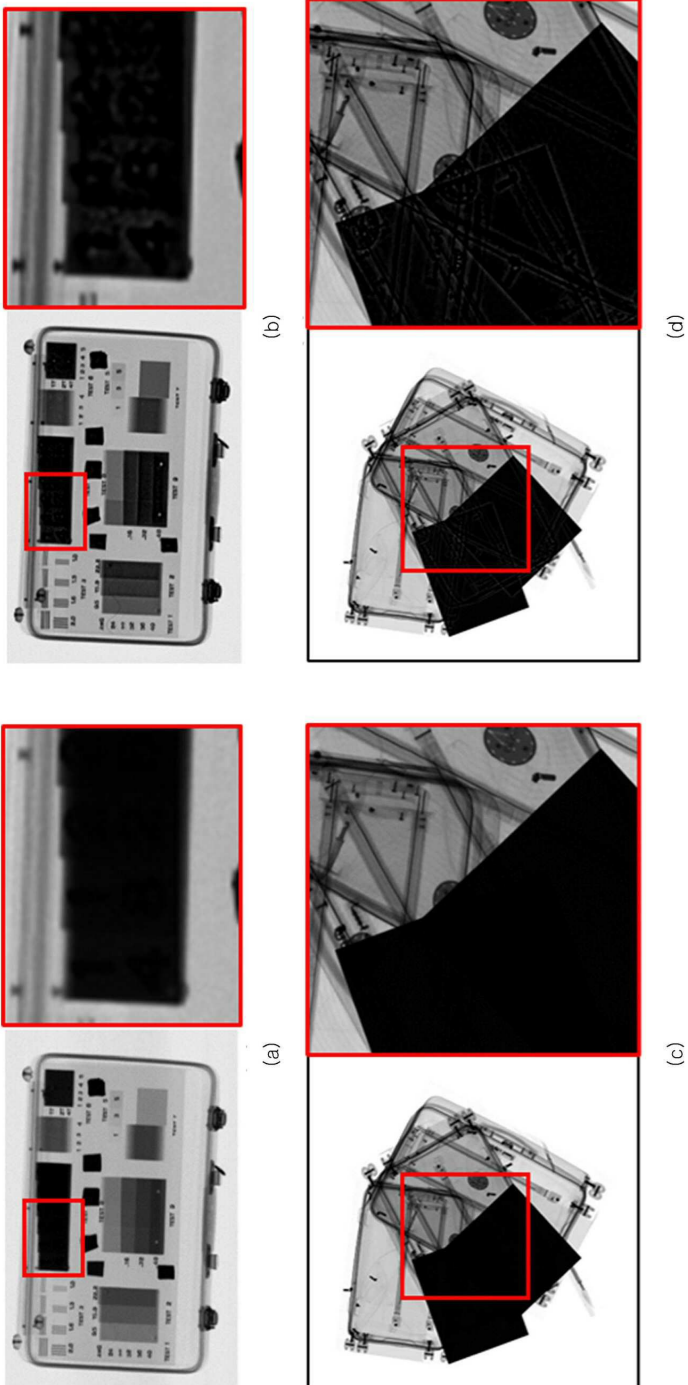
도면2



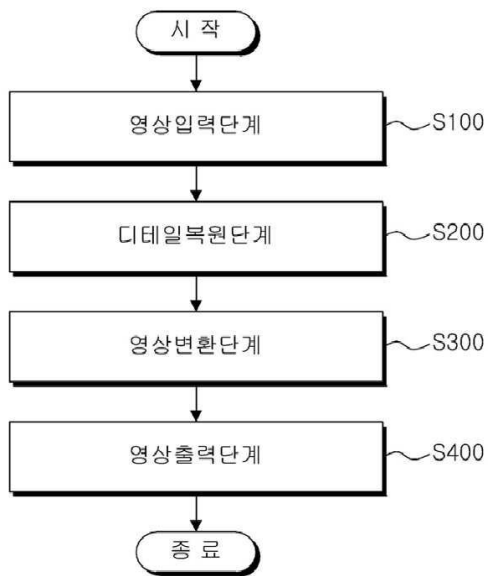
도면3



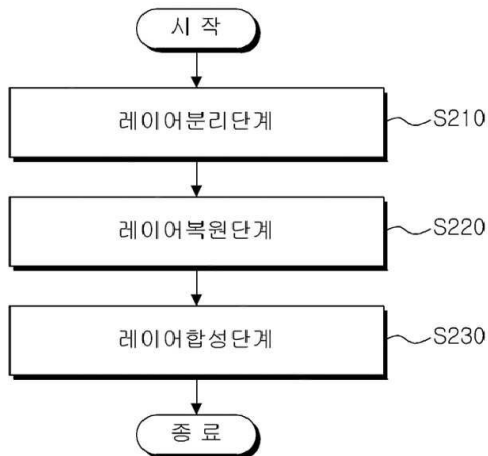
도면4



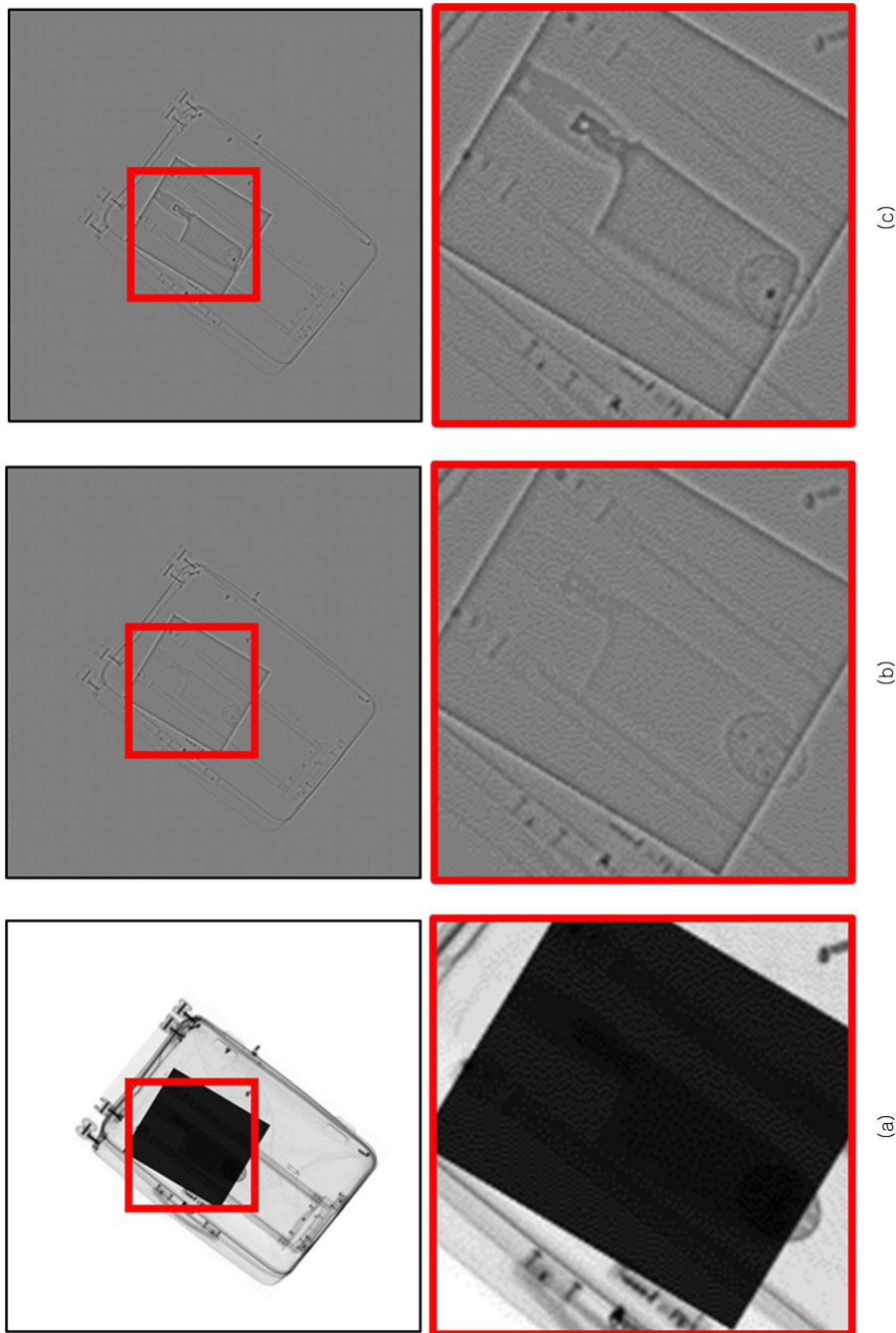
도면5



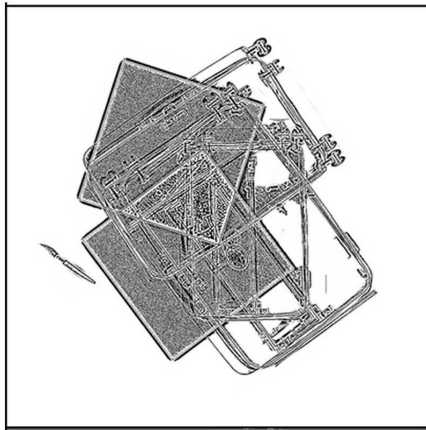
도면6



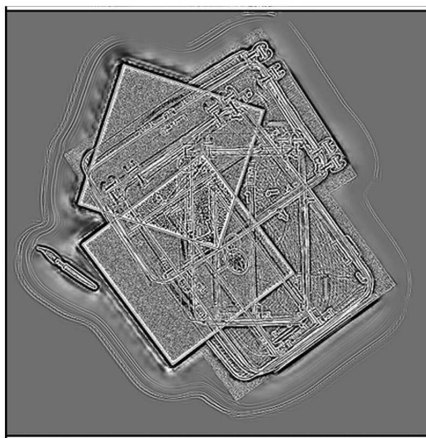
도면7



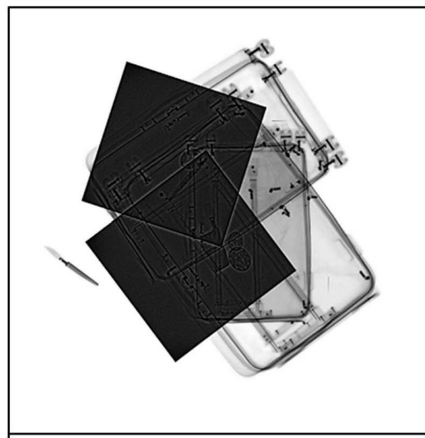
도면8



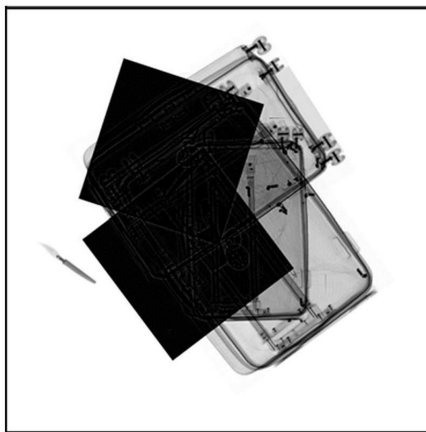
(c)



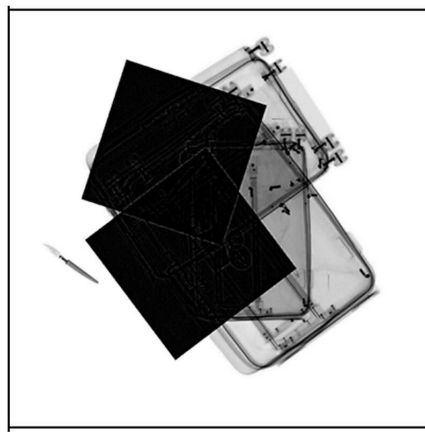
(b)



(e)

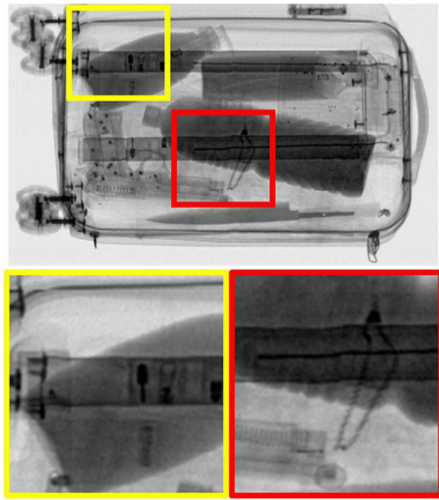


(a)

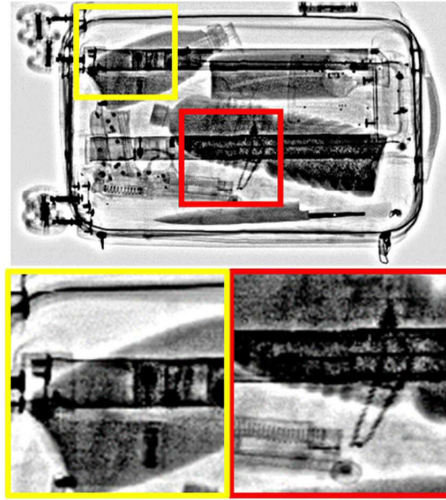


(d)

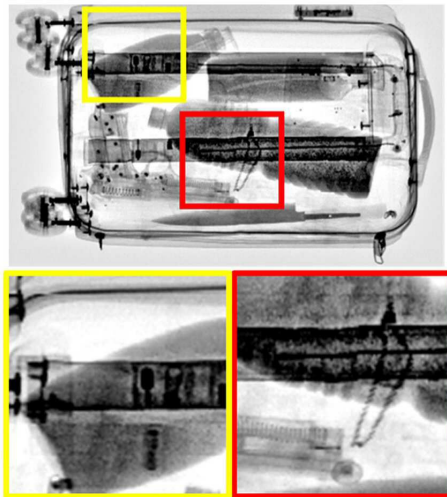
도면9



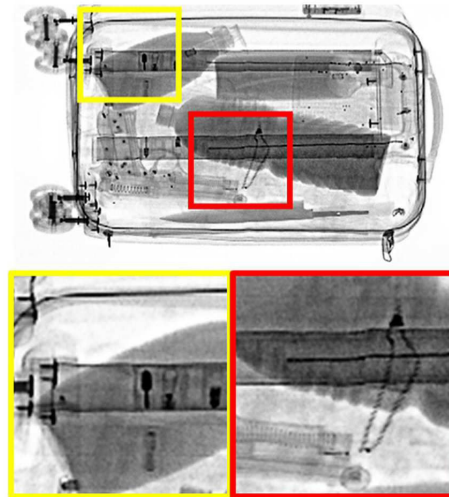
(a)



(b)

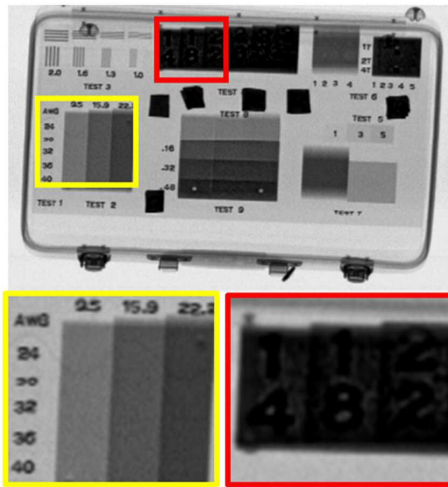


(c)

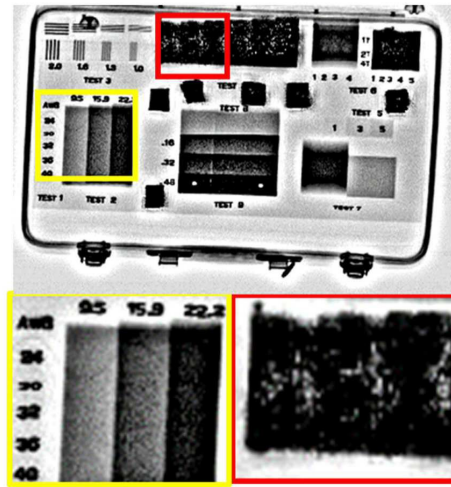


(d)

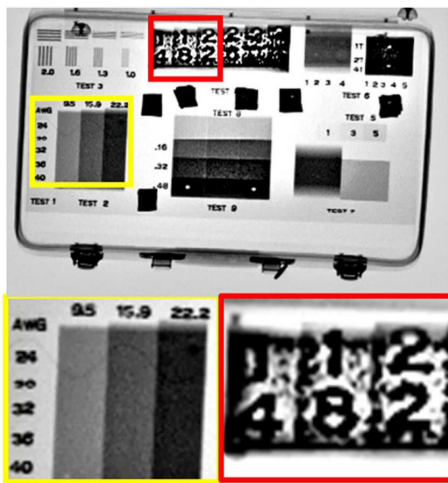
도면10



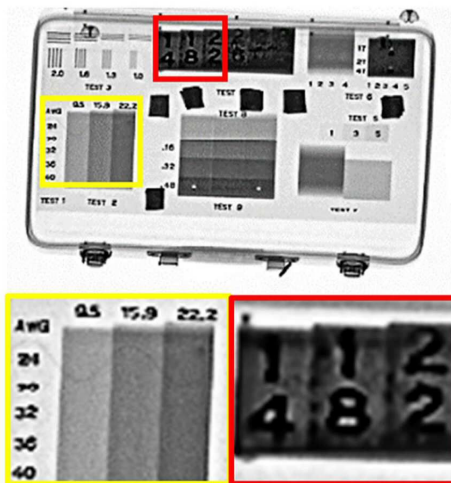
(a)



(b)



(c)



(d)