



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년02월21일

(11) 등록번호 10-2770741

(24) 등록일자 2025년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 $G06T\ 3/40$ (2024.01) $G06T\ 7/30$ (2017.01)
 $G06T\ 7/40$ (2017.01)

(52) CPC특허분류
 $G06T\ 3/4053$ (2024.01)
 $G06T\ 7/30$ (2017.01)

(21) 출원번호 10-2023-0161376

(22) 출원일자 2023년11월20일

심사청구일자 2023년11월20일

(56) 선행기술조사문헌

CN113763234 A*

CN114494016 A*

KR1020210021369 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

유재준

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

민정호

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 이정은

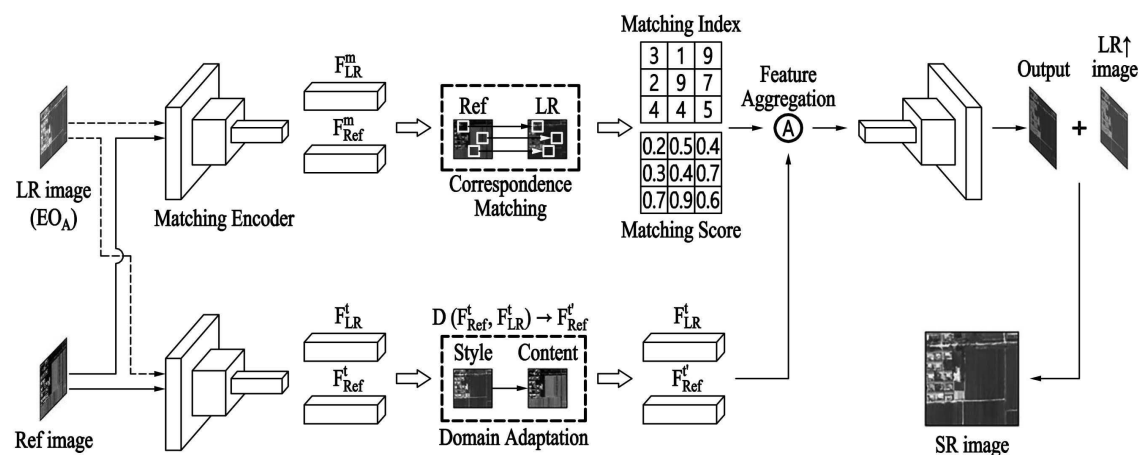
(54) 발명의 명칭 해상도 향상 방법 및 상기 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치

(57) 요약

참조 기반 이미지 해상도 향상 방법이 개시된다. 해상도 향상 방법은 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 매칭(Matching)과 관련된 제1 특징 벡터들을 추출하는 단계; 상기 추출된 제1 특징 벡터들을 이용하여 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 대응 매칭(Correspondence matching)을 수행하는 단계; 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 텍스처(Texture)와 관련된 제2 특징 벡터들을 추출하는 단계; 상기 추출된 제2 특징 벡터들을 이용하여 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 도메인 갭(Domain gap)을 감소시키기 위한 도메인 적응(Domain adaptation)을 수행하는 단계; 및 상기 대응 매칭의 결과 및 상기 도메인 적응의 결과를 이용하여 상기 타겟 이미지의 해상도를 향상시키는 단계를 포함할 수 있다.

대표도

100



(52) CPC특허분류

G06T 7/40 (2013.01)

G06T 2207/30212 (2013.01)

(72) 발명자

이예준

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김동영

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711193983
 과제번호 2020-0-01336-004
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
 연구사업명 정보통신방송혁신인재양성
 연구과제명 인공지능대학원지원(울산과학기술원)
 기 여 율 5/100
 과제수행기관명 울산과학기술원
 연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711193622
 과제번호 2021-0-02068-003
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
 연구사업명 정보통신방송혁신인재양성
 연구과제명 인공지능 혁신 허브 연구 개발
 기 여 율 5/100
 과제수행기관명 고려대학교산학협력단
 연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711193397
 과제번호 2022-0-00264-002
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
 연구사업명 사람중심인공지능핵심원천기술개발
 연구과제명 지식기반 심층논리 신경망을 활용한 통합적 비디오 해석과 생성 연구
 기 여 율 10/100
 과제수행기관명 한양대학교산학협력단
 연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711189018
 과제번호 2022R1C1C1008496
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 한국연구재단
 연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
 연구과제명 강력하고 해석 가능한 딥러닝 생성 모델을 위한 신호처리 기반 분석 도구 및 학습 알고리즘 개발: 일반, 바이오, 의료 영상으로의 응용

기 여 율 40/100
 과제수행기관명 울산과학기술원
 연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711193127
 과제번호 2022-0-00959-002
 부처명 과학기술정보통신부
 과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
 연구사업명 사람중심인공지능핵심원천기술개발
 연구과제명 (2세부) 의사결정 지원을 위한 퓨샷 학습 기반 시각 및 언어에 대한 인과관계 추론 기술개발
 기 여 율 40/100
 과제수행기관명 서울대학교 산학협력단
 연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

타겟 이미지와 참조 이미지의 구조적 정보를 유지하되, 색상 차이를 제거하여 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 도메인 갭(domain gap)을 감소시키기 위해, 상기 타겟 이미지와 상기 참조 이미지 각각을 그레이스케일(Grayscale) 이미지로 변환하는 단계;

상기 그레이스케일 이미지로 변환된 상기 타겟 이미지와 상기 참조 이미지 각각에 대해 매칭(Matching)과 관련된 제1 특징 벡터들을 추출하는 단계;

상기 타겟 이미지의 제1 특징 벡터들을 포함하는 제1 타겟 이미지 특징 맵과 상기 참조 이미지의 제1 특징 벡터들을 포함하는 제1 참조 이미지 특징 맵 사이의 대응 매칭(Correspondence matching)을 수행함으로써 상기 타겟 이미지와 상기 참조 이미지 사이의 매칭 인덱스 및 매칭 스코어를 결정하는 단계;

상기 타겟 이미지와 상기 참조 이미지 각각에 대해 텍스처(Texture)와 관련된 제2 특징 벡터들을 추출하는 단계;

미리 학습된 도메인 적응 모델을 이용하여, 상기 타겟 이미지의 제2 특징 벡터들을 포함하는 제2 타겟 이미지 특징 맵에 상기 참조 이미지의 제2 특징 벡터들을 포함하는 제2 참조 이미지 특징 맵을 일치시킴으로써 스타일화된 특징 맵(Stylized feature map)을 도출하는 단계;

상기 스타일화된 특징 맵의 진폭은 유지하고, 상기 스타일화된 특징 맵의 위상은 상기 참조 이미지의 위상으로 대체하여 상기 참조 이미지의 구조 정보가 유지된 텍스처 정보를 상기 타겟 이미지로 전달하는 단계; 및

상기 위상이 대체된 스타일화된 특징 맵을 상기 타겟 이미지와 상기 참조 이미지 사이의 매칭 인덱스 및 매칭 스코어에 통합함으로써 상기 타겟 이미지의 해상도를 향상시키는 단계

를 포함하는 해상도 향상 방법

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 미리 학습된 도메인 적응 모델은,

화이트닝 및 컬러링 변환(Whitening and Coloring Transform, WCT)이 적용되는 해상도 향상 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

하드웨어와 결합되어 제1항 및 제5항 중 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위하여 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 11

컴퓨팅 장치에 있어서,

하나 이상의 프로세서; 및

상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램을 로드(load)하거나 저장하는 메모리를 포함하되,

상기 프로그램은,

타겟 이미지와 참조 이미지의 구조적 정보를 유지하되, 색상 차이를 제거하여 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 도메인 갭(domain gap)을 감소시키기 위해, 상기 타겟 이미지와 상기 참조 이미지 각각을 그레이스케일(Grayscale) 이미지로 변환하는 동작, 상기 그레이스케일 이미지로 변환된 상기 타겟 이미지와 상기 참조 이미지 각각에 대해 매칭(Matching)과 관련된 제1 특징 벡터들을 추출하는 동작, 상기 타겟 이미지의 제1 특징 벡터들을 포함하는 제1 타겟 이미지 특징 맵과 상기 참조 이미지의 제1 특징 벡터들을 포함하는 제1 참조 이미지 특징 맵 사이의 대응 매칭(Correspondence matching)을 수행함으로써 상기 타겟 이미지와 상기 참조 이미지 사이의 매칭 인덱스 및 매칭 스코어를 결정하는 동작, 상기 타겟 이미지와 상기 참조 이미지 각각에 대해 텍스처(Texture)와 관련된 제2 특징 벡터들을 추출하는 동작, 미리 학습된 도메인 적응 모델을 이용하여, 상기 타겟 이미지의 제2 특징 벡터들을 포함하는 제2 타겟 이미지 특징 맵에 상기 참조 이미지의 제2 특징 벡터들을 포함하는 제2 참조 이미지 특징 맵을 일치시킴으로써 스타일화된 특징 맵(Stylized feature map)을 도출하는 동작, 상기 스타일화된 특징 맵의 진폭은 유지하고, 상기 스타일화된 특징 맵의 위상은 상기 참조 이미지의 위상으로 대체하여 상기 참조 이미지의 구조 정보가 유지된 텍스처 정보를 상기 타겟 이미지로 전달하는 동작 및 상기 위상이 대체된 스타일화된 특징 맵을 상기 타겟 이미지와 상기 참조 이미지 사이의 매칭 인덱스 및 매칭 스코어에 통합함으로써 상기 타겟 이미지의 해상도를 향상시키는 동작을 수행하도록 하는 인스트럭션들을 포함하는 컴퓨팅 장치.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 미리 학습된 도메인 적응 모델은,

화이트닝 및 컬러링 변환(Whitening and Coloring Transform, WCT)이 적용되는 컴퓨팅 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 참조 기반 이미지 해상도 향상 방법 및 상기 방법을 수행하는 컴퓨팅 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 위성 영상의 해상도를 향상시키면 의미적 분할, 객체 검출, 변화 검출과 같은 하위 작업의 성능을 향상시킬 수 있다. 또한 군사적 활용이나 자연재해로 인한 피해 범위 평가 등에도 적극적으로 활용될 수 있다.

[0003] 하나의 저해상도(Low-Resolution, LR) 이미지에서 고해상도(High-Resolution, HR) 이미지를 재구성하는 단일 이미지 초해상도(Single Image Super-Resolution, SISR) 방법은 원격 감지 작업에서 탁월한 성능을 입증하였다. 그러나 SISR 알고리즘은 특정 유형의 이미지 분포에 대해 학습된 경우가 많기 때문에 학습 데이터 이외의 이미지에 적용할 때는 여러 가지 문제에 직면하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 SISR 방법론의 효율성을 높이기 위한 수많은 연구가 제안되었으나, SISR 모델은 HR 이미지를 추정하기 위해 단일 LR 이미지에만 의존한다는 근본적인 한계를 가지고 있다.

[0004] 이를 극복하기 위해 LR 이미지와 비슷하지만 고해상도의 참조 이미지(Reference image)를 활용하여 SISR 모델보다 고주파 특성을 더 잘 살리는 참조 기반 초해상도(Reference-based Image Super Resolution, RefSR) 방법론이 개발되었다. 그러나 RefSR 모델은 참조 이미지와 LR 이미지의 특성이 비슷하지 않고 참조 이미지와 타겟 이미지 사이의 도메인 갭(Domain gap)이 존재하면 해상도 향상 성능이 좋지 않은 한계점이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 고해상도의 참조 이미지를 이용하여 저해상도의 타겟 이미지 해상도를 향상시키는 방법 및 장치를 제공할 수 있다.

[0006] 본 발명은 참조 이미지와 타겟 이미지 사이의 도메인 갭(Domain gap)을 줄여 타겟 이미지의 해상도 향상 효과를 증대시킬 수 있는 방법 및 장치를 제공한다.

[0007] 다만, 기술적 과제는 상술한 기술적 과제들로 한정되는 것은 아니며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 일실시예에 따른 해상도 향상 방법은 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 매칭(Matching)과 관련된 제1 특징 벡터들을 추출하는 단계; 상기 추출된 제1 특징 벡터들을 이용하여 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 대응 매칭(Correspondence matching)을 수행하는 단계; 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 텍스처(Texture)와 관련된 제2 특징 벡터들을 추출하는 단계; 상기 추출된 제2 특징 벡터들을 이용하여 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 도메인 갭(Domain gap)을 감소시키기 위한 도메인 적응(Domain adaptation)을 수행하는 단계; 및 상기 대응 매칭의 결과 및 상기 도메인 적응의 결과를 이용하여 상기 타겟 이미지의 해상도를 향상시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 각각을 그레이스케일(Grayscale) 이미지로 변환하는 단계를 더 포함하고, 상기 제1 특징 벡터들을 추출하는 단계는 상기 그레이스케일 이미지로 변환된 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 매칭과 관련된 제1 벡터들을 추출할 수 있다.

[0010] 상기 도메인 적응을 수행하는 단계는 미리 학습된 도메인 적응 모델을 이용하여, 상기 참조 이미지의 제2 특징 벡터로 구성된 참조 이미지 특징 맵을 상기 타겟 이미지의 제2 특징 벡터로 구성된 타겟 이미지 특징 맵으로 일치시킴으로써 스타일화된 특징 맵(Stylized feature map)을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 도메인 적응을 수행하는 단계는 상기 스타일화된 특징 맵의 위상을 상기 참조 이미지 특징 맵의 위상으로 대체하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0012] 상기 미리 학습된 도메인 적응 모델은 화이트닝 및 컬러링 변환(Whitening and Coloring Transform, WCT)이 적용될 수 있다.

- [0013] 본 발명의 일실시예에 따른 해상도 향상 방법은 텍스처 인코더(Texture encoder)를 이용하여 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 텍스처와 관련된 특징 벡터들을 추출하는 단계; 미리 학습된 도메인 적응 모델을 이용하여, 상기 참조 이미지의 특징 벡터로 구성된 참조 이미지 특징 맵을 상기 타겟 이미지의 특징 벡터로 구성된 타겟 이미지 특징 맵으로 일치시켜 스타일화된 특징 맵(Stylized feature map)을 도출하는 단계; 및 상기 스타일화된 특징 맵의 위상을 상기 참조 이미지 특징 맵의 위상으로 대체하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 미리 학습된 도메인 적응 모델은 화이트닝 및 컬러링 변환(Whitening and Coloring Transform, WCT)이 적용될 수 있다.
- [0015] 상기 위상이 대체된 스타일화된 특징 맵을 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 대응 매칭(Correspondence matching) 수행 결과에 통합(Aggregation)하여 상기 타겟 이미지의 해상도를 향상시키는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 대응 매칭(Correspondence matching) 수행 결과는 그레이스케일 이미지로 변환된 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 추출된 매칭과 관련된 특징 벡터들을 이용하여 결정될 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨팅 장치는 하나 이상의 프로세서; 및 상기 프로세서에 의해 실행되는 프로그램을 로드(load)하거나 저장하는 메모리를 포함하되, 상기 프로그램은 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 매칭(Matching)과 관련된 제1 특징 벡터들을 추출하는 동작, 상기 추출된 제1 특징 벡터들을 이용하여 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 대응 매칭(Correspondence matching)을 수행하는 동작, 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 텍스처(Texture)와 관련된 제2 특징 벡터들을 추출하는 동작, 상기 추출된 제2 특징 벡터들을 이용하여 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 도메인 갭(Domain gap)을 감소시키기 위한 도메인 적응(Domain adaptation)을 수행하는 동작 및 상기 대응 매칭의 결과 및 상기 도메인 적응의 결과를 이용하여 상기 타겟 이미지의 해상도를 향상시키는 동작을 수행하도록 하는 인스트럭션들을 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 프로세서는 상기 타겟 이미지와 참조 이미지 각각을 그레이스케일(Grayscale) 이미지로 변환하고, 상기 그레이스케일 이미지로 변환된 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 매칭과 관련된 제1 벡터들을 추출할 수 있다.
- [0019] 상기 프로세서는 미리 학습된 도메인 적응 모델을 이용하여, 상기 참조 이미지의 제2 특징 벡터로 구성된 참조 이미지 특징 맵을 상기 타겟 이미지의 제2 특징 벡터로 구성된 타겟 이미지 특징 맵으로 일치시킴으로써 스타일화된 특징 맵(Stylized feature map)을 도출할 수 있다.
- [0020] 상기 프로세서는 상기 스타일화된 특징 맵의 위상을 상기 참조 이미지 특징 맵의 위상으로 대체할 수 있다.
- [0021] 상기 미리 학습된 도메인 적응 모델은 화이트닝 및 컬러링 변환(Whitening and Coloring Transform, WCT)이 적용될 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 일실시예에 의하면, 고해상도의 참조 이미지를 이용하여 저해상도의 타겟 이미지 해상도를 향상시킬 수 있다.
- [0023] 본 발명은 참조 이미지와 타겟 이미지 사이의 도메인 갭(Domain gap)을 줄여 타겟 이미지의 해상도 향상 효과를 증대시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 참조 기반 이미지 해상도 향상 시스템을 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨팅 장치의 구성도를 도시한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 해상도 향상 방법을 플로우차트로 나타낸 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 대응 매칭 방법을 나타낸 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 도메인 적응 방법을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 구현될 수 있다. 따라서, 실제 구현되는 형태는 개시된 특정 실시예에만 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 실시예들로 설명한 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0026] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0027] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0028] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", "A 또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C", "A, B 및 C 중 적어도 하나", 및 "A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0029] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0030] 이하, 실시예들을 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고, 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0031]
- [0032] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 참조 기반 이미지 해상도 향상 시스템을 나타낸 도면이다.
- [0033] 도 1을 참고하면, 본 발명의 참조 기반 이미지 해상도 향상 시스템(이하, 해상도 향상 시스템)(100)은 고해상도

의 참조 이미지(Ref image, EO_B)를 이용하여 저해상도의 타겟 이미지(LR image, EO_A)의 해상도를 향상시키는 방법을 제공할 수 있다.

- [0034] 먼저, 해상도 향상 시스템(100)은 매칭 인코더(Matching Encoder)를 이용하여 타겟 이미지의 매칭과 관련된 특징 벡터 및 참조 이미지의 매칭과 관련된 특징 벡터를 포함하는 제1 특징 벡터들을 추출 할 수 있다. 해상도 향

상 시스템(100)은 이와 같이 추출된 제1 특징 벡터들로 구성된 제1 타겟 이미지 특징 맵 (F_{LR}^m)과 제1 참조

이미지 특징 맵 (F_{Ref}^m) 사이의 대응 매칭(Correspondence Matching)을 수행함으로써 두 이미지 사이의 매칭 인덱스(Matching Index) 및 매칭 스코어(Matching Score)를 도출할 수 있다.

- [0035] 다음으로, 해상도 향상 시스템(100)은 텍스처 인코더(Texture Encoder)를 이용하여 타겟 이미지의 텍스처와 관련된 특징 벡터 및 참조 이미지의 텍스처와 관련된 특징 벡터를 포함하는 제2 특징 벡터들을 추출 할 수 있다.

해상도 향상 시스템(100)은 이와 같이 추출된 제2 특징 벡터들로 구성된 제2 타겟 이미지 특징 맵 (F_{LR}^t)과

제2 참조 이미지 특징 맵 (F_{Ref}^t) 사이의 도메인 적응(Domain Adaption)을 수행함으로써 두 이미지 사이의 도메인 갭을 감소시킬 수 있다.

[0036] 이때, 두 이미지 사이의 도메인 갭을 감소시키기 위한 도메인 적응은 미리 학습된 도메인 적응 모델을 이용하여

수행될 수 있다. 보다 구체적으로 도메인 적응 모델은 제2 참조 이미지 특징 맵 (F_{Ref}^t) 을 제2 타겟 이미

지 특징 맵 $(F_{I,R}^t)$ 으로 일치시켜 스타일화된 특징 맵(Stylized feature map, $F_{Ref}^{t'}$)을 도출할 수 있다.

이때, 스타일화된 특징 맵($F_{Ref}^{t'}$)은 스타일화 과정에서 참조 이미지(EO_B)의 구조 정보 손상을 감소시키기 위한 위상 대체(Phase Replacement, PR) 기법이 추가적으로 적용된 결과 일 수 있다. 이와 같은 위상 대체 기법은 이후의 도면을 통해 자세히 설명하도록 한다.

[0037] 마지막으로, 해상도 향상 시스템(100)은 이와 같이 두 이미지의 제2 특징 벡터들을 통해 도출된 스타일화된 특

징 맵 $(F_{Ref}^{t'})$ 을 두 이미지의 제1 특징 벡터들을 통해 도출된 매칭 인덱스 및 매칭 스코어에 통합(Feature Aggregation)함으로써 해상도가 향상된 타겟 이미지(Super-Resolution image, SR image)를 획득할 수 있다.

[0038]

[0039] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 컴퓨팅 장치의 구성도를 도시한 도면이다.

[0040] 도 2에 도시된 바와 같이, 컴퓨팅 장치(200)는 하나 이상의 프로세서(210), 프로세서(210)에 의하여 수행되는 프로그램(230)을 로드(load)하거나 저장하는 메모리(220)를 포함할 수 있다. 도 2의 컴퓨팅 장치(200)에 포함된 구성 요소는 일례에 불과하고, 본 발명이 속한 기술분야의 통상의 기술자라면 도 2에 도시된 구성 요소들 외에 다른 범용적인 구성 요소들이 더 포함될 수 있음을 알 수 있다.

[0041] 프로세서(210)는 컴퓨팅 장치(200)의 각 구성의 전반적인 동작을 제어한다. 프로세서(210)는 CPU(Central Processing Unit), MPU(Micro Processor Unit), MCU(Micro Controller Unit), GPU(Graphic Processing Unit), NPU(Neural Processing Unit), DSP(Digital Signal Processor) 또는 본 발명의 기술 분야에 잘 알려진 임의의 형태의 프로세서 중 적어도 하나를 포함하여 구성될 수 있다. 또한, 프로세서(210)는 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작을 실행하기 위한 적어도 하나의 애플리케이션 또는 프로그램에 대한 연산을 수행할 수 있다. 컴퓨팅 장치(200)는 하나 이상의 프로세서를 구비할 수 있다.

[0042] 메모리(220)는 컴퓨팅 장치(200)에 포함된 구성요소(예: 프로세서(210))에 의해 사용되는 다양한 데이터, 명령 및 정보 중 하나 또는 둘 이상의 조합을 저장한다. 메모리(220)는 휘발성 메모리 및/또는 비휘발성 메모리를 포함할 수 있다.

[0043] 프로그램(230)은 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작들이 구현된 하나 이상의 동작(action)들을 포함할 수 있으며, 메모리(220)에 소프트웨어 형태로 저장될 수 있다. 여기서, 동작은 프로그램(230)에서 실현되는 명령어에 대응한다. 예를 들어, 프로그램(230)은 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 매칭(Matching)과 관련된 제1 특징 벡터들을 추출하는 동작, 추출된 제1 특징 벡터들을 이용하여 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 대응 매칭(Correspondence matching)을 수행하는 동작, 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 텍스처(Texture)와 관련된 제2 특징 벡터들을 추출하는 동작, 추출된 제2 특징 벡터들을 이용하여 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 도메인 갭(Domain gap)을 감소시키기 위한 도메인 적응(Domain adaptation)을 수행하는 동작 및 대응 매칭의 결과 및 도메인 적응의 결과를 이용하여 타겟 이미지의 해상도를 향상시키는 동작을 수행하도록 하는 인스트럭션들을 포함할 수 있다.

[0044] 프로그램(230)이 메모리(220)에 로드 되면, 프로세서(210)는 프로그램(230)을 구현하기 위한 복수의 동작들을

실행시킴으로써 본 발명의 다양한 실시예들에 따른 방법/동작들을 수행할 수 있다.

[0045] 프로그램(230)의 실행 화면은 디스플레이(240)을 통해 표시될 수 있다. 도 2의 경우, 디스플레이(240)는 컴퓨팅 장치(200)와 연결되는 별도의 장치로 표현되나, 스마트폰, 태블릿 등 사용자가 휴대할 수 있는 단말기와 같은 컴퓨팅 장치(200)의 경우 디스플레이(240)가 컴퓨팅 장치(200)의 구성 요소로 될 수 있다. 디스플레이(240)에 표현되는 화면은 프로그램에 정보를 입력하기 전이나 프로그램의 실행 결과일 수 있다.

[0046]

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 해상도 향상 방법을 플로우차트로 나타낸 도면이다.

[0047]

도 3에 도시된 해상도 향상 방법은 도 2에 도시된 컴퓨팅 장치(200)의 프로세서(210)에 의해 수행된다. 단계(310)에서 프로세서(210)는 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 매칭(Matching)과 관련된 제1 특징 벡터들을 추출할 수 있다.

[0048]

도 4를 참고하면, 프로세서(210)는 매칭 인코더(Matching Encoder)를 이용하여 타겟 이미지

(LR image, EO_A)의 매칭과 관련된 제1 특징 벡터들로 구성된 제1 타겟 이미지 특징 맵

(F_{LR}^m) 및 참조 이미지(Ref image, EO_B)의 매칭과 관련된 제1 특징 벡터들로 구성된

제1 참조 이미지 특징 맵(F_{Ref}^m)을 출력할 수 있다.

이때, 프로세서(210)는 이후의 대응 매칭 단계에서 타겟 이미지(EO_A)와 참조 이미지(EO_B)사이의 도메인 갭을 줄이기 위하여 도 4와 같이 두 이미지에 대해 전처리를 수행할 수 있다. 보다 구체적으로 프로

세서(210)는 타겟 이미지(EO_A)와 참조 이미지(EO_B) 각각에 대해 그레이스케일 변환(Grayscale

Transform)을 적용할 수 있다. 이러한 그레이스케일 변환은 타겟 이미지(EO_A)와 참조 이미지

(EO_B)의 구조적 정보를 유지하되, 색상 정보를 효과적으로 제거할 수 있다. 따라서, 프로세서(210)는 이와 같은 그레이스케일 변환을 이용하여 두 이미지 사이에 존재하는 색조 또는 밝기 등의 분포 차이를 효과적으로 감소시킴으로써 두 이미지 사이의 매칭 성능을 향상시킬 수 있다.

[0051] 단계(320)에서, 프로세서(210)는 단계(310)에서 추출된 제1 특징 벡터들을 이용하여 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 대응 매칭(Correspondence Matching)을 수행할 수 있다. 보다 구체적으로 프로세서(210)는 매칭 인코더

를 통해 상기 추출된 제1 특징 벡터들로 구성된 제1 타겟 이미지 특징 맵(F_{LR}^m)과 제1 참조 이미지 특징

맵(F_{Ref}^m) 사이의 대응 매칭을 수행함으로써 두 이미지 사이의 매칭 인덱스(Matching Index) 및 매칭 스코어(Matching Score)를 도출할 수 있다.

[0052] 단계(330)에서, 프로세서(210)는 타겟 이미지와 참조 이미지 각각에 대해 텍스처(Texture)와 관련된 제2 특징 벡터들을 추출할 수 있다. 도 5를 참고하면, 프로세서(210)는 텍스처 인코더(Texture Encoder)를 이용하여 타겟

이미지(LR image, EO_A)의 텍스처와 관련된 제2 특징 벡터들로 구성된 제2 타겟 이미지 특징

맵(F_{LR}^t) 및 참조 이미지(Ref image, EO_B)의 텍스처와 관련된 제2 특징 벡터들로 구성된 제2 참조 이미지 특징 맵(F_{Ref}^t)을 출력할 수 있다.

[0053] 단계(340)에서, 프로세서(210)는 단계(330)에서 추출된 제2 특징 벡터들을 이용하여 타겟 이미지와 참조 이미지 사이의 도메인 갭(Domain gap)을 감소시키기 위한 도메인 적응(Domain Adaption)을 수행할 수 있다.

[0054] 도 5를 참고하면, 프로세서(210)는 미리 학습된 도메인 적응 모델(예: Pretrained VGG-19)을 이용하여, 참조 이미지(EO_B)의 제2 특징 벡터들로 구성된 제2 참조 이미지 특징 맵(F_{Ref}^t)을 타겟 이미지

(EO_A)의 제2 특징 벡터들로 구성된 제2 타겟 이미지 특징 맵(F_{LR}^t)으로 일치시킴으로써 스타일화된 특징 맵(Stylized feature map, $F_{Ref}^{Stylized}$)을 도출할 수 있다.

[0055] 일례로, 프로세서(210)는 화이트닝 및 컬러링 변환(Whitening and Coloring Transform, WCT)이 적용된 도메인 적응 모델을 이용하여 스타일화된 특징 맵($F_{Ref}^{Stylized}$)을 도출할 수 있습니다.

[0056] 다만, 이와 같은 WCT가 적용된 도메인 적응 모델을 직접 고해상도의 참조 이미지(EO_B)에 적용하는 경우,

참조 이미지(EO_B)의 구조 정보가 손상될 가능성이 존재한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 프로세서(210)는 위상 대체(Phase Replacement, PR) 기법을 추가적으로 적용할 수 있다. 이때, 위상 대체 기법은 스타일화된

특징 맵의 진폭은 유지하되, 위상은 참조 이미지(EO_B)의 위상을 보존함으로써 참조 이미지(EO_B)의 구조 정보를 유지하는 방법을 의미할 수 있다.

[0057] 보다 구체적으로 프로세서(210)는 스타일화된 특징 맵($F_{Ref}^{Stylized}$)에 대해 푸리에 변환(Fourier transform)을 수행함으로써 아래의 식 1과 같이 푸리에 변환이 수행된 스타일화된 특징 맵

($\mathcal{F}_{u,v}^{Stylized}$)의 진폭 정보 및 위상 정보를 식별할 수 있다.

[0058] <식 1>

$$\begin{aligned} \mathcal{F}_{u,v}^{Stylized} &= |\mathcal{F}|_{u,v}^{Stylized} \odot \cos \angle \mathcal{F}_{u,v}^{stylized} + j |\mathcal{F}|_{u,v}^{Stylized} \\ &\odot \sin \angle \mathcal{F}_{u,v}^{stylized} \end{aligned}$$

[0059]

[0060] 여기서, $\odot$ 는 요소별 곱셈을 나타내고, u, v 는 스타일화된 특징 맵($F_{Ref}^{Stylized}$)의 각 특징(Feature)에 대한 주파수 자원의 인덱스 값을 나타낸다.

[0061] 프로세서(210)는 참조 이미지(EO_B)의 구조 정보를 손상 없이 유지하기 위하여 아래의 식 2와 같이 푸리에 변환이 수행된 스타일화된 특징 맵($\mathcal{F}_{u,v}^{Stylized}$)의 위상을 참조 이미지(EO_B)의 위상으로 대체할 수 있다.

[0062] <식 2>

$$\mathcal{F}_{u,v}^{Stylized} = |\mathcal{F}|_{u,v}^{Stylized} \odot \cos \angle \mathcal{F}_{u,v}^{Ref} + j |\mathcal{F}|_{u,v}^{Stylized} \odot \sin \angle \mathcal{F}_{u,v}^{Ref}$$

[0064] 여기서, $\mathcal{F}_{u,v}^{Ref}$ 는 푸리에 변환이 수행된 참조 이미지(EO_B)의 특징 맵을 의미할 수 있으며, 위상 대

기법이 추가적으로 적용된 스타일화된 특징 맵 $(\mathcal{F}_{u,v}^{Stylized})$ 은 도 1의 F_{Ref}^t 에 대응할 수 있다.

[0065] 단계(350)에서, 프로세서(210)는 단계(320)에서 수행된 대응 매칭의 결과 및 단계(340)에서 수행된 도메인 적응의 결과를 이용하여 타겟 이미지의 해상도를 향상시킬 수 있다. 보다 구체적으로 프로세서(210)는 두 이미지의

제2 특징 벡터들을 통해 도출된 스타일화된 특징 맵 (F_{Ref}^t) 을 두 이미지의 제1 특징 벡터들을 통해 도출된 매칭 인덱스 및 매칭 스코어에 통합(Feature Aggregation)함으로써 해상도가 향상된 타겟 이미지(Super-Resolution image, SR image)를 획득할 수 있다.

[0066]

[0067] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0068] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의

조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치로 저장될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0069] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 저장할 수 있으며 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0070] 위에서 설명한 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 또는 복수의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0071] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

[0072] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

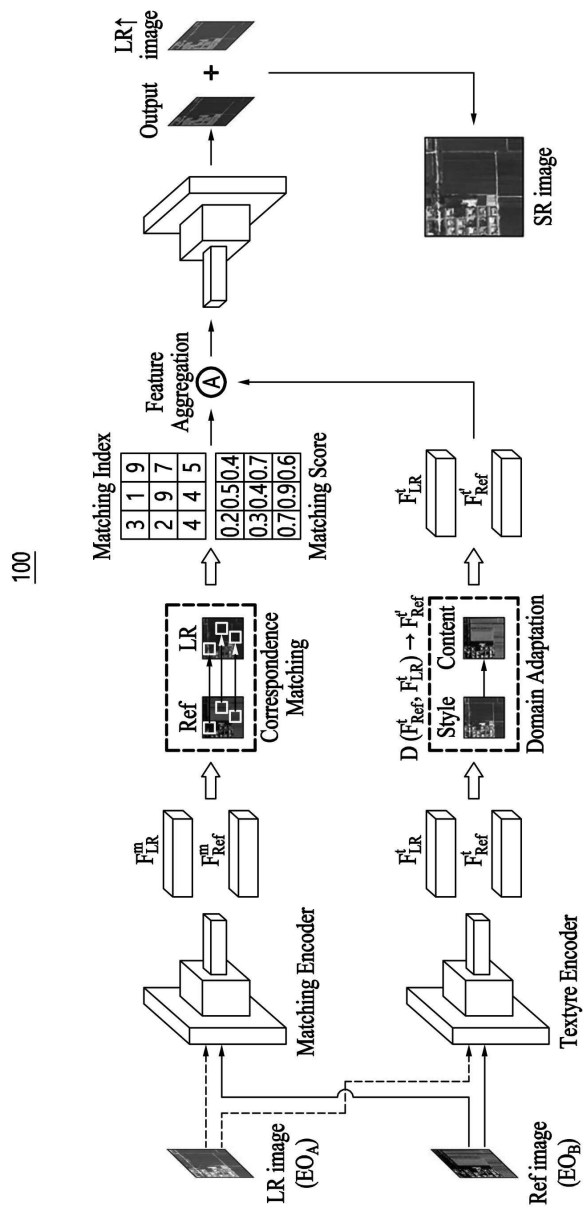
[0073]

부호의 설명

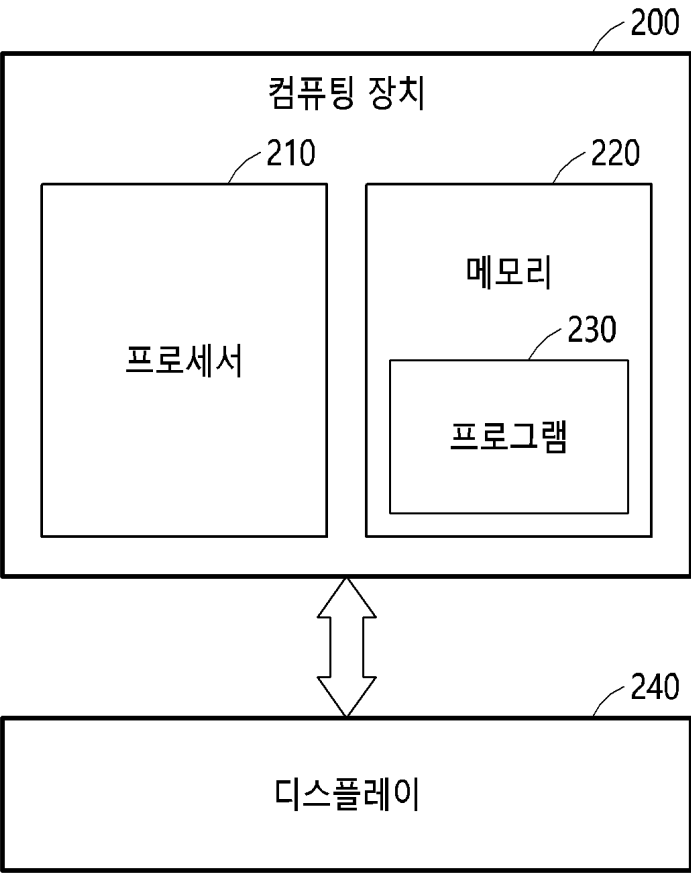
- [0074]
- 200 : 컴퓨팅 장치
 - 210 : 프로세서
 - 220 : 메모리
 - 230 : 프로그램
 - 240 : 디스플레이

도면

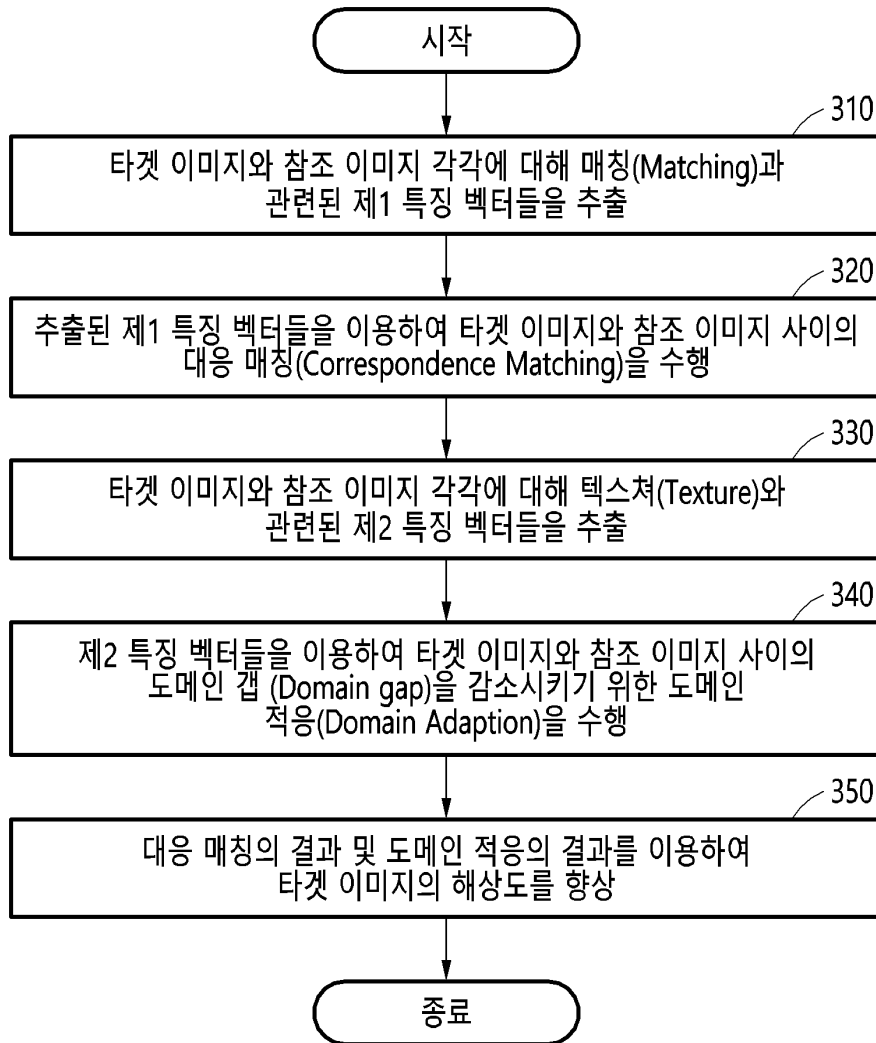
도면1



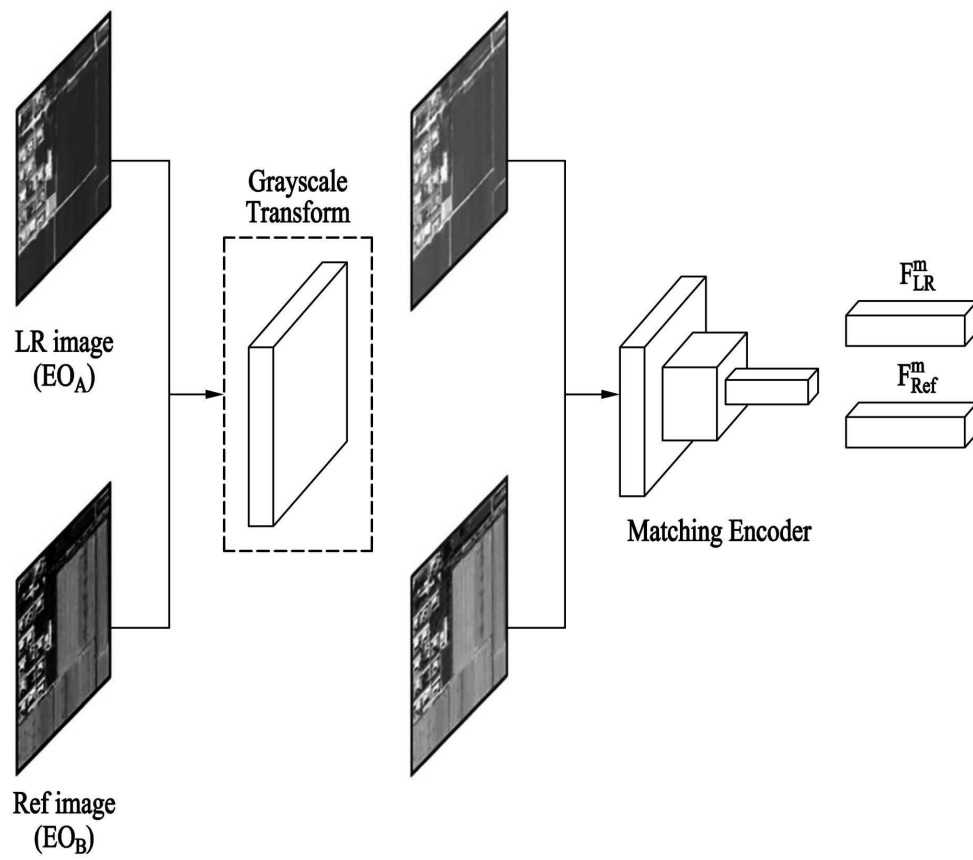
도면2



도면3



도면4



도면5

