



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년07월05일  
(11) 등록번호 10-2417661  
(24) 등록일자 2022년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06T 3/40 (2006.01) G06N 20/00 (2019.01)  
G06T 5/00 (2019.01) G06T 7/11 (2017.01)  
(52) CPC특허분류  
G06T 3/4053 (2013.01)  
G06N 20/00 (2021.08)  
(21) 출원번호 10-2020-0112886  
(22) 출원일자 2020년09월04일  
심사청구일자 2020년09월04일  
(65) 공개번호 10-2022-0031216  
(43) 공개일자 2022년03월11일  
(56) 선행기술조사문헌  
Aamir Mustafa 외 4인, “Image Super-Resolution as a Defense Against Adversarial Attacks”, IEEE Transactions on Image Processing, Vol. 29, pp.1711-1724, (2019.09.19.)\*  
이성윤 외 4인, “이미지 노이즈 제거를 이용한 적대공격에 대한 방어”, 2018년 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, (2018)\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
이종석  
인천광역시 남동구 소래역로 93, 906동 104호(논현동, 넷마을신영지웰아파트)  
최준호  
인천광역시 남동구 논현로26번길 12, 605A호 (논현동, 부티크 646)  
(74) 대리인  
특허법인우인

전체 청구항 수 : 총 6 항

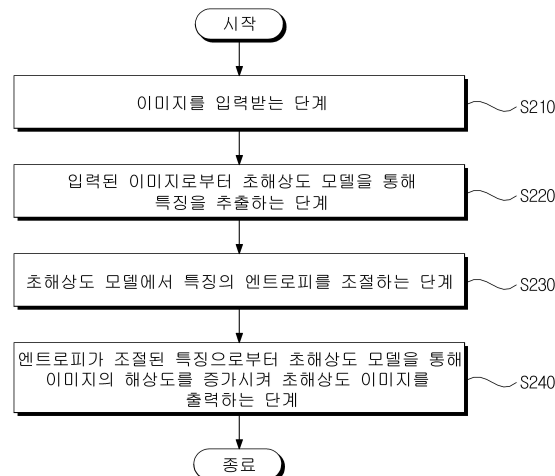
심사관 : 이정은

(54) 발명의 명칭 초해상도 기법의 적대적 공격에 강인한 초해상도 이미지 변환 장치 및 방법

(57) 요약

본 실시예들은 이미지의 스케일을 증가시키는 초해상도 모델이 추출한 내부 정보 엔트로피 양을 조절하여 적대적 공격에 강인한 초해상도 이미지 변환 방법 및 장치를 제공한다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

*G06T 5/002* (2013.01)

*G06T 7/11* (2017.01)

*G06T 2207/20081* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711118379
과제번호	2020R1F1A1070631
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기본연구
연구과제명	딥러닝 기반 이미지 초해상도 모델의 오작동 방지
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2020.06.01 ~ 2021.05.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

컴퓨팅 디바이스에 의한 초해상도 이미지 변환 방법에 있어서,

이미지를 입력받는 단계;

상기 입력된 이미지로부터 초해상도 모델을 통해 특징을 추출하는 단계;

상기 초해상도 모델에서 상기 특징의 범위를 상기 특징의 유사도에 따라 최대값 및 최소값의 범위에서 예측하여 민감도를 감소시키는 단계;

상기 민감도가 감소된 특징으로부터 상기 초해상도 모델을 통해 상기 이미지의 해상도를 증가시켜 초해상도 이미지를 출력하는 단계를 포함하며,

상기 민감도를 감소시키는 단계는 상기 특징에 캐스케이드 함수의 미분을 적용하며,

상기 캐스케이드 함수는 
$$c_d(x) = f_{d,K} \left( f_{d,K-1} \left( f_{d,K-2} (\dots) \right) \right)$$
 으로 정의되고,

d는 채널 차원이고,  $f_d$ 는  $m_{d,i}$ -차원 벡터를 입력받고  $m_{d,i+1}$ -차원 벡터를 출력하고, K와  $m_{d,i}$ 는 하이퍼 파라미터에 해당하는 것을 특징으로 하는 초해상도 이미지 변환 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 초해상도 모델은 복수의 레이어가 연결된 학습 네트워크 구조이고, 제1 손실 함수 및 제2 손실 함수로 정의되며,

상기 제1 손실 함수는 상기 이미지를 업샘플링하도록 학습되고, 상기 제2 손실 함수는 각 레이어에서 추출된 특징에 해당하는 각 채널의 엔트로피를 최소화하여 상기 특징을 정규화하도록 학습되는 것을 특징으로 하는 초해상도 이미지 변환 방법.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 민감도를 감소시키는 단계는,

상기 초해상도 모델을 학습할 때 상기 특징에 상기 특징의 유사도에 따라 랜덤 노이즈를 적용하여 상기 민감도를 감소시키는 것을 특징으로 하는 초해상도 이미지 변환 방법.

#### 청구항 6

하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리를 포함하는 초해상도 이미지 변환 장치에 있어서,

상기 프로세서는,

이미지를 입력받고,

상기 입력된 이미지로부터 초해상도 모델을 통해 특징을 추출하고,

상기 초해상도 모델에서 상기 특징의 범위를 상기 특징의 유사도에 따라 최대값 및 최소값의 범위에서 예측하여 민감도를 감소시키고,

상기 민감도가 감소된 특징으로부터 상기 초해상도 모델을 통해 상기 이미지의 해상도를 증가시켜 초해상도 이미지를 출력하며,

상기 민감도를 감소시키는 것은 상기 특징에 캐스케이드 함수의 미분을 적용하며,

상기 캐스케이드 함수는 
$$c_d(x) = f_{d,K} \left( f_{d,K-1} \left( f_{d,K-2} (\dots) \right) \right)$$
 으로 정의되고,

$d$ 는 채널 차원이고,  $f_d$ 는  $m_{d,i}$ -차원 벡터를 입력받고  $m_{d,i+1}$ -차원 벡터를 출력하고,  $K$ 와  $m_{d,i}$ 는 하이퍼 파라미터에 해당하는 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 초해상도 이미지 변환 장치.

## 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 초해상도 모델은 복수의 레이어가 연결된 학습 네트워크 구조이고, 제1 손실 함수 및 제2 손실 함수로 정의되며,

상기 제1 손실 함수는 상기 이미지를 업샘플링하도록 학습되고, 상기 제2 손실 함수는 각 레이어에서 추출된 특징에 해당하는 각 채널의 엔트로피를 최소화하여 상기 특징을 정규화하도록 학습되는 것을 특징으로 하는 초해상도 이미지 변환 장치.

## 청구항 8

삭제

## 청구항 9

삭제

## 청구항 10

제6항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 민감도를 감소시키는 과정에서 상기 초해상도 모델을 학습할 때 상기 특징에 상기 특징의 유사도에 따라 랜덤 노이즈를 적용하여 상기 민감도를 감소시키는 것을 특징으로 하는 초해상도 이미지 변환 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명이 속하는 기술 분야는 초해상도 기법의 적대적 공격을 방어하는 초해상도 이미지 변환 장치 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.

[0003] 딥러닝 기반 초해상도 방식은 학습을 통해 픽셀값을 추정한다. 딥러닝 기반 초해상도 방식은 심층 신경 네트워크를 학습하는 방식이며 추론을 기반으로 스케일을 증가시킨다.

[0004] 공격자에 의해 악의적인 노이즈가 삽입된 이미지에 기존의 딥러닝 기반 초해상도 방식을 그대로 적용하면 이미지의 스케일을 증가하면서 노이즈도 확대되어 초해상도 이미지의 품질이 훼손되는 문제가 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1834512호 (2018.02.26.)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 이미지의 해상도를 증가시키는 심층학습 기반 초해상도 기법의 화질에 영향을 주는 적대적 공격에 대한 방어 기법으로, 초해상도 모델의 내부 정보 엔트로피 양을 조절하여 적대적 공격에 따른 영향을 최소화할 수 있는 방어 기술을 구현하는 데 주된 목적이 있다.

[0007] 본 발명의 명시되지 않은 또 다른 목적들은 하기의 상세한 설명 및 그 효과로부터 용이하게 추론할 수 있는 범위 내에서 추가적으로 고려될 수 있다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 본 실시예의 일 측면에 의하면, 컴퓨팅 디바이스에 의한 초해상도 이미지 변환 방법에 있어서, 이미지를 입력받는 단계, 상기 입력된 이미지로부터 초해상도 모델을 통해 특징을 추출하는 단계, 상기 초해상도 모델에서 상기 특징의 엔트로피를 조절하는 단계, 상기 엔트로피가 조절된 특징으로부터 상기 초해상도 모델을 통해 상기 이미지의 해상도를 증가시켜 초해상도 이미지를 출력하는 단계를 포함하는 초해상도 이미지 변환 방법을 제공한다.

[0009] 상기 초해상도 모델은 복수의 레이어가 연결된 학습 네트워크 구조이고, 제1 손실 함수 및 제2 손실 함수로 정의되며, 상기 제1 손실 함수는 상기 이미지를 업샘플링하도록 학습되고, 상기 제2 손실 함수는 각 레이어에서 추출된 특징에 해당하는 각 채널의 엔트로피를 최소화하여 상기 특징을 정규화하도록 학습될 수 있다.

[0010] 상기 특징의 엔트로피를 조절하는 단계는, 상기 특징에 캐스케이드 함수로 표현된 누적 확률 분포 함수의 미분을 적용하여 상기 특징을 정규화할 수 있다.

[0011] 상기 특징의 엔트로피를 조절하는 단계는, 상기 특징의 범위를 상기 특징의 유사도에 따라 최대값 및 최소값의 범위에서 예측하여 민감도를 감소시킬 수 있다.

[0012] 상기 특징의 엔트로피를 조절하는 단계는, 상기 초해상도 모델을 학습할 때 상기 특징에 상기 특징의 유사도에 따라 랜덤 노이즈를 적용하여 상기 민감도를 감소시킬 수 있다.

[0013] 본 실시예의 다른 측면에 의하면, 하나 이상의 프로세서 및 상기 하나 이상의 프로세서에 의해 실행되는 하나 이상의 프로그램을 저장하는 메모리를 포함하는 초해상도 이미지 변환 장치에 있어서, 상기 프로세서는, 이미지를 입력받고, 상기 입력된 이미지로부터 초해상도 모델을 통해 특징을 추출하고, 상기 초해상도 모델에서 상기 특징의 엔트로피를 조절하고, 상기 엔트로피가 조절된 특징으로부터 상기 초해상도 모델을 통해 상기 이미지의 해상도를 증가시켜 초해상도 이미지를 출력하는 것을 특징으로 하는 초해상도 이미지 변환 장치를 제공한다.

### 발명의 효과

[0014] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 실시예들에 의하면, 이미지의 스케일을 증가시키는 초해상도 모델이 추출한 특징 정보 엔트로피 양을 조절하여 적대적 공격의 영향을 최소화하는 강인한 방어 기술을 구현할 수 있는 효과가 있다.

[0015] 여기에서 명시적으로 언급되지 않은 효과라 하더라도, 본 발명의 기술적 특징에 의해 기대되는 이하의 명세서에서 기재된 효과 및 그 잠정적인 효과는 본 발명의 명세서에 기재된 것과 같이 취급된다.

### 도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 장치를 예시한 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 장치의 초해상도 모델에 입력되는 공격받은 이미지를

예시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 장치의 초해상도 모델을 예시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 장치의 초해상도 모델에서 출력된 초해상도 이미지를 예시한 도면이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 방법을 예시한 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지기능에 대하여 이 분야의 기술자에게 자명한 사항으로서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하고, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 장치를 예시한 블록도이다.
- [0019] 초해상도 이미지 변환 장치(110)는 적어도 하나의 프로세서(120), 컴퓨터 판독 가능한 저장매체(130) 및 통신 버스(170)를 포함한다.
- [0020] 프로세서(120)는 초해상도 이미지 변환 장치(110)로 동작하도록 제어할 수 있다. 예컨대, 프로세서(120)는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)에 저장된 하나 이상의 프로그램들을 실행할 수 있다. 하나 이상의 프로그램들은 하나 이상의 컴퓨터 실행 가능 명령어를 포함할 수 있으며, 컴퓨터 실행 가능 명령어는 프로세서(120)에 의해 실행되는 경우 초해상도 이미지 변환 장치(110)로 하여금 예시적인 실시예에 따른 동작들을 수행하도록 구성될 수 있다.
- [0021] 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)는 컴퓨터 실행 가능 명령어 내지 프로그램 코드, 프로그램 데이터 및/또는 다른 적합한 형태의 정보를 저장하도록 구성된다. 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(130)에 저장된 프로그램(140)은 프로세서(120)에 의해 실행 가능한 명령어의 집합을 포함한다. 일 실시예에서, 컴퓨터 판독한 가능 저장 매체(130)는 메모리(랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리, 또는 이들의 적절한 조합), 하나 이상의 자기 디스크 저장 디바이스들, 광학 디스크 저장 디바이스들, 플래시 메모리 디바이스들, 그 밖에 초해상도 이미지 변환 장치(110)에 의해 액세스되고 원하는 정보를 저장할 수 있는 다른 형태의 저장 매체, 또는 이들의 적합한 조합일 수 있다.
- [0022] 통신 버스(170)는 프로세서(120), 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체(140)를 포함하여 초해상도 이미지 변환 장치(110)의 다른 다양한 컴포넌트들을 상호 연결한다.
- [0023] 초해상도 이미지 변환 장치(110)는 또한 하나 이상의 입출력 장치(24)를 위한 인터페이스를 제공하는 하나 이상의 입출력 인터페이스(150) 및 하나 이상의 통신 인터페이스(160)를 포함할 수 있다. 입출력 인터페이스(150) 및 통신 인터페이스(160)는 통신 버스(170)에 연결된다. 입출력 장치(미도시)는 입출력 인터페이스(150)를 통해 초해상도 이미지 변환 장치(110)의 다른 컴포넌트들에 연결될 수 있다.
- [0024] 초해상도 이미지 변환 장치(110)는 딥러닝 기반의 초해상도 모델을 적용하며 모델의 중간 레이어의 활성화 패턴을 조정한다. 초해상도 이미지 변환 장치(110)는 중간 특징값의 확률을 획득하는데 확률 밀도 추정을 적용한다. 초해상도 이미지 변환 장치(110)는 학습하는 동안에 추정된 확률을 이용하여 엔트로피 정규화 손실을 감소시킴으로써, 공격으로 인하여 원하지 않았던 활성화 패턴을 방지할 수 있다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 장치의 초해상도 모델에 입력되는 공격받은 이미지를 예시한 도면이다.
- [0026] 공격 모델로는 다양한 기법이 존재하며, 대표적인 예시로 초해상도 모델의 중간 특징을 교란하는 FDA(Feature Disruptive Attack) 공격, 분류 모델을 위해 개발된 I-FGSM(Iterative Fast Gradient Sign Method) 공격 등이 있다.
- [0027] FDA 공격의 수치적 해석은 수학식 1과 같이 표현되며, FDA 공격은 수학식 1을 최대화하는 것을 목적으로 한다.

### 수학식 1

$$\log \left( \left\| \{ \Phi_{w,h,d} | \Phi_{w,h,d} < C(w,h) \} \right\|_2 \right) \\ - \log \left( \left\| \{ \Phi_{w,h,d} | \Phi_{w,h,d} > C(w,h) \} \right\|_2 \right)$$

[0028]

[0029]  $\Phi$ 는 모델의 중간 특징이고,  $w$ 는 폭,  $h$ 는 높이,  $d$ 는 채널 차원을 의미하고,  $C(w,h)$ 는 채널 차원의 평균값을 의미한다.

[0030] I-FGSM 공격의 수치적 해석은 수학식 2와 같이 표현되며, I-FGSM 공격은 수학식 2를 이용하여 반복적으로 공격 받은 입력  $\tilde{\mathbf{X}}_{LR}$ 을 찾는다.

### 수학식 2

$$\tilde{\mathbf{X}}_{LR}^{(i+1)} = \tilde{\mathbf{X}}_{LR}^{(i)} + \frac{\alpha}{T} \cdot \text{sgn} \left( \nabla \left\| S(\tilde{\mathbf{X}}_{LR}^{(i)}) - S(\mathbf{X}_{LR}) \right\|_2 \right)$$

[0031]

[0032]  $T$  및  $\alpha$ 는 변화량을 제어하는 하이퍼 파라미터이다.

[0033] 이러한 다양한 공격을 방어하기 위해서 본 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 장치는 초해상도 모델 내부에서 추출되는 내부 정보 엔트로피 양을 조절한다.

[0034] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 장치의 초해상도 모델을 예시한 도면이다.

[0035] 초해상도 모델은 복수의 레이어가 연결된 학습 네트워크 구조이다. 초해상도 모델은 특징 추출 모델과 업스케일 모델을 포함한다. 특징 추출 모델과 업스케일 모델은 다수의 레이어가 네트워크로 연결되며 히든 레이어를 포함한다. 레이어는 파라미터를 포함할 수 있고, 레이어의 파라미터는 학습가능한 필터 집합을 포함한다. 파라미터는 노드 간의 가중치 및/또는 바이어스를 포함한다.

[0036] 초해상도 모델은 제1 손실 함수( $\mathcal{L}_r$ ) 및 제2 손실 함수( $\mathcal{L}_e$ )로 정의된다.

### 수학식 3

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_r + \lambda \mathcal{L}_e$$

[0037]

[0038] 제1 손실 함수는 이미지를 업샘플링하도록 학습되고, 제2 손실 함수는 각 레이어에서 추출된 특징에 해당하는 각 채널의 엔트로피를 최소화하여 특징을 정규화하도록 학습된다. 초해상도 모델은  $\Phi$ 를 정규화하는 것을 목적으로 한다.

### 수학식 4

$$\mathcal{L}_e = -\frac{1}{WHD} \sum_{d \in D} \sum_{w \in W} \sum_{h \in H} \log_2 p_d(\Phi_{w,h,d})$$

[0039]

[0040]  $\Phi$ 는 모델의 중간 특징이고,  $w$ 는 폭,  $h$ 는 높이,  $d$ 는 채널 차원을 의미한다.  $\lambda$ 는 엔트로피 정규화 정도를 제어하는 하이퍼 파라미터이다.

- [0041] 초해상도 모델은 특징에 캐스케이드 함수로 표현된 누적 확률 분포 함수의 미분을 적용하여 특징을 정규화한다.
- [0042] 캐스케이드 함수는 수학식 5와 같이 표현된다.

### 수학식 5

$$c_d(x) = f_{d,K} \left( f_{d,K-1} \left( f_{d,K-2}(\dots) \right) \right)$$

[0043]

[0044]  $f_d$ 는  $m_{d,i}$ -차원 벡터를 입력받고  $m_{d,i+1}$ -차원 벡터를 출력한다.  $K$ 와  $m_{d,i}$ 는 하이퍼 파라미터이다.

[0045]  $c_d$ 의 미분은  $p_d$ 이며 수학식 6과 같이 표현된다.

### 수학식 6

$$p_d(x) = f'_{d,K}(x) \cdot f'_{d,K-1}(x) \cdot \dots \cdot f'_{d,1}(x)$$

[0046]

[0047]  $p_d$ 는  $[0, 1]$  범위 내에서 확률값을 출력해야 하고,  $c_d$ 는  $[0, 1]$  범위 내에서 값을 갖고,  $c_d$ 는 단조적으로 (monotonically) 증가해야 하는 조건을 고려하여,  $f_d$ 를 수학식 7과 같이 설계할 수 있다.

### 수학식 7

$$f_{d,i}(\mathbf{x}) = \begin{cases} \sigma(\mathbf{M}_{d,i}\mathbf{x} + \mathbf{b}_{d,i}) & \text{if } i = K \\ g_{d,i}(\mathbf{M}_{d,i}\mathbf{x} + \mathbf{b}_{d,i}) & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0048]

### 수학식 8

$$g_{d,i}(\mathbf{x}) = \mathbf{x} + \mathbf{a}_{d,i} \circ \tanh(\mathbf{x})$$

[0049]

[0050]  $M_{d,i}$ 는 행렬이고,  $a_{d,i}$  및  $b_{d,i}$ 는 벡터이다.  $\sigma$ 는 시그모이드 함수이다.  $\circ$ 는 엘리먼트 곱이다.

[0051]  $f_{d,k}$ 에서 시그모이드 함수가  $c_d$ 의 범위를  $[0, 1]$  범위로 만족시키기 위해서 미분  $f'_{d,i}$ 은 수학식 9와 같이 표현된다.

### 수학식 9

$$f'_{d,i}(\mathbf{x}) = \begin{cases} \sigma'(\mathbf{M}_{d,i}\mathbf{x} + \mathbf{b}_{d,i}) \cdot \mathbf{M}_{d,i} & \text{if } i = K \\ \text{diag}(g'_{d,i}(\mathbf{M}_{d,i}\mathbf{x} + \mathbf{b}_{d,i})) \cdot \mathbf{M}_{d,i} & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0052]



## 수학식 10

$$g'_{d,i}(\mathbf{x}) = 1 + \mathbf{a}_{d,i} \circ \tanh'(\mathbf{x})$$

$p_d$ 의 범위를  $[0, 1]$ 가 되도록  $M_{d,i}$  및  $a_{d,i}$ 을 수학식 11 및 수학식 12로 대체한다.

## 수학식 11

$$\mathbf{M}_{d,i} = \text{softplus}(\hat{\mathbf{M}}_{d,i})$$

## 수학식 12

$$\mathbf{a}_{d,i} = \tanh(\hat{\mathbf{a}}_{d,i})$$

Softplus()는 활성화 함수이며, ReLU(Rectified Linear Unit) 함수를 매끄럽게 만든 함수이다. ReLU 함수는 0 이하의 값은 다음 레이어에 전달하지 않고, 0 이상의 값은 그대로 출력한다.

이로 인하여  $c_d$ 의 단조성을 확보할 수 있다.

초해상도 모델은 특징의 범위를 특징의 유사도에 따라 최대값( $\Phi_{w,h,d} + \delta/2$ ) 및 최소값( $\Phi_{w,h,d} - \delta/2$ )의 범위에서 예측하여 민감도를 감소시킨다. 초해상도 모델을 학습할 때 특징에 특징의 유사도에 따라 랜덤 노이즈를 적용하여 민감도를 감소시킨다.

유사 특징값의 확률은 유사값으로 추정되어야 한다. 추정된 확률은 수학식 13과 같이 표현된다.

## 수학식 13

$$p_d(\Phi_{w,h,d}) \approx \hat{p}_d(\Phi_{w,h,d}) = c_d\left(\Phi_{w,h,d} + \frac{\delta}{2}\right) - c_d\left(\Phi_{w,h,d} - \frac{\delta}{2}\right)$$

$\delta$ 는 유사도 범위를 결정한다.

## 수학식 14

$$\Phi \leftarrow \Phi + \Gamma$$

노이즈  $\Gamma$ 는  $[-\delta/2, \delta/2]$ 의 범위에서 설정된다. 출력을 일정하게 생성하기 위해서 학습 반복시 노이즈는 변하게 되고, 초해상도 모델은 유사한 특징값을 동일값으로 고려하여 학습할 수 있다. 노이즈는 학습시에만 적용된다.

최종적인 손실 함수는 수학식 15와 수학식 16과 같이 표현된다.

수학식 15

$$\hat{\mathcal{L}}_e = -\frac{1}{WHD} \sum_{d \in D} \sum_{w \in W} \sum_{h \in H} \log_2 \hat{p}_d(\Phi_{w,h,d})$$

수학식 16

$$\hat{\mathcal{L}} = \mathcal{L}_r + \lambda \hat{\mathcal{L}}_e$$

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 장치의 초해상도 모델에서 출력된 초해상도 이미지를 예시한 도면이다.

본 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 장치에 의하면 적대적 공격에 강인한 초해상도 이미지를 생성할 수 있음을 쉽게 알 수 있다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 초해상도 이미지 변환 방법을 예시한 흐름도이다. 초해상도 이미지 변환 방법은 컴퓨팅 디바이스에 의하여 수행될 수 있으며, 초해상도 이미지 변환 장치와 동일한 방식으로 동작한다.

단계 S210에서 프로세서는 이미지를 입력받는다.

단계 S220에서 프로세서는 입력된 이미지로부터 초해상도 모델을 통해 특징을 추출한다.

단계 S230에서 프로세서는 초해상도 모델에서 특징의 엔트로피를 조절한다.

단계 S240에서 프로세서는 엔트로피가 조절된 특징으로부터 초해상도 모델을 통해 이미지의 해상도를 증가시켜 초해상도 이미지를 출력한다.

초해상도 이미지 변환 장치는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 이들의 조합에 의해 로직회로 내에서 구현될 수 있고, 범용 또는 특정 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수도 있다. 장치는 고정배선형(Hardwired) 기기, 필드 프로그램 가능한 게이트 어레이(Field Programmable Gate Array, FPGA), 주문형 반도체(Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 등을 이용하여 구현될 수 있다. 또한, 장치는 하나 이상의 프로세서 및 컨트롤러를 포함한 시스템온칩(System on Chip, SoC)으로 구현될 수 있다.

초해상도 이미지 변환 장치는 하드웨어적 요소가 마련된 컴퓨팅 디바이스 또는 서버에 소프트웨어, 하드웨어, 또는 이들의 조합하는 형태로 탑재될 수 있다. 컴퓨팅 디바이스 또는 서버는 각종 기기 또는 유무선 통신망과 통신을 수행하기 위한 통신 모듈 등의 통신장치, 프로그램을 실행하기 위한 데이터를 저장하는 메모리, 프로그램을 실행하여 연산 및 명령하기 위한 마이크로프로세서 등을 전부 또는 일부 포함한 다양한 장치를 의미할 수 있다.

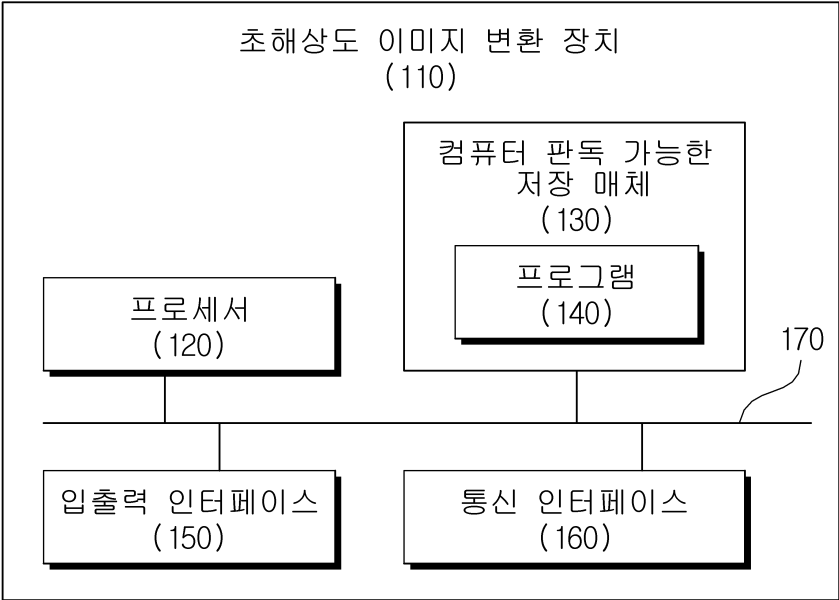
도 5에서는 각각의 과정을 순차적으로 실행하는 것으로 기재하고 있으나 이는 예시적으로 설명한 것에 불과하고, 이 분야의 기술자라면 본 발명의 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 도 5에 기재된 순서를 변경하여 실행하거나 또는 하나 이상의 과정을 병렬적으로 실행하거나 다른 과정을 추가하는 것으로 다양하게 수정 및 변형하여 적용 가능할 것이다.

본 실시예들에 따른 동작은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는 데 참여한 임의의 매체를 나타낸다. 컴퓨터 판독 가능한 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 예를 들면, 자기 매체, 광기록 매체, 메모리 등이 있을 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어 분산 방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드, 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.

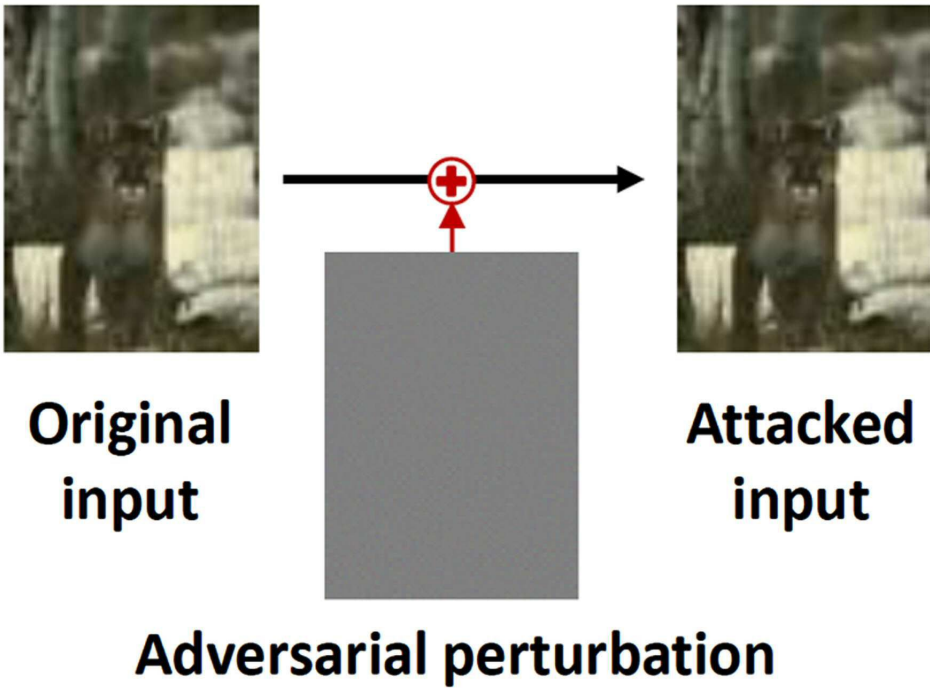
[0079] 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

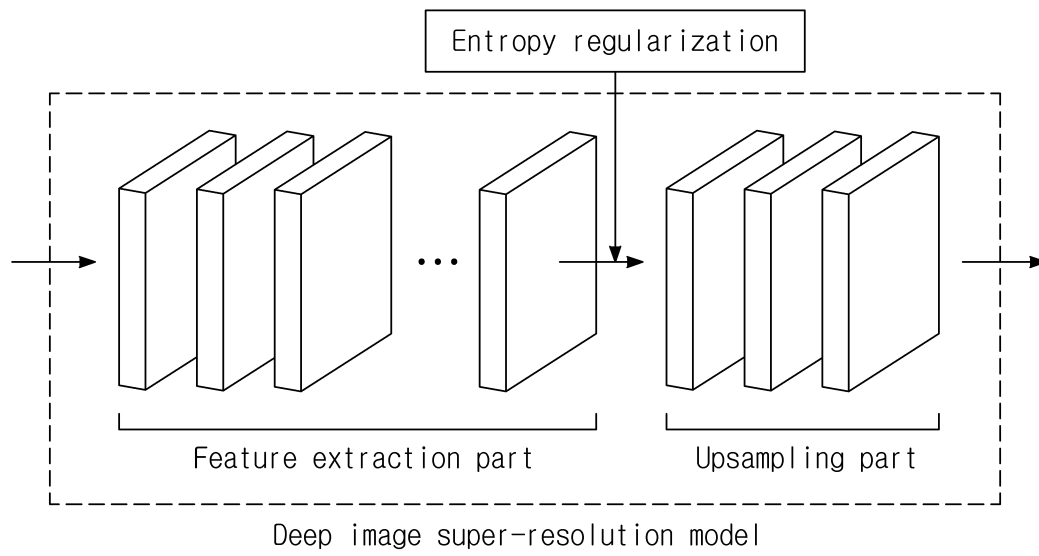
도면1



도면2



도면3



도면4



**Output without  
defense**



**Output with  
defense**

도면5

