



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월26일
(11) 등록번호 10-2123166
(24) 등록일자 2020년06월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 10/116 (2013.01) H04B 10/516 (2013.01)
H04N 9/78 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H04B 10/116 (2013.01)
H04B 10/516 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-0158780
(22) 출원일자 2018년12월11일
심사청구일자 2018년12월11일
- (56) 선행기술조사문헌
KR101821798 B1*
- Senfar Wen, "A color difference metric based on the chromaticity discrimination ellipses," OPTICS EXPRESS, Vol. 20, No. 24 (2012.11.19)*
- Anran Wang et al., "InFrame: Multiflexing Full-Frame Visible Communication Channel for Humans and Devices," Proc. of HotNets, (2014)*
- Bolin Liu et al., "Demoireing of Camera-Captured Screen Images Using Deep Convolutional Neural Network," arXiv:1804.03809v1 [cs.MM] (2018.04.11)*
- *는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
- (72) 발명자
김중욱
서울특별시 노원구 중계로 233, 108동 1304호(중계동, 청구3차아파트)
- 배지상
부산광역시 사하구 낙동대로189번길 11-4(괴정동)
- (74) 대리인
송인호, 윤형근, 최영중, 최관락

전체 청구항 수 : 총 6 항

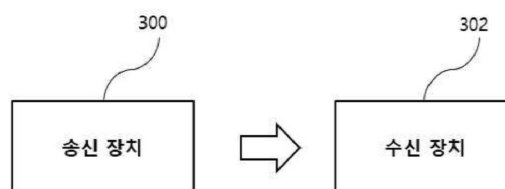
심사관 : 신상길

(54) 발명의 명칭 색상 변조 기반 가시광 통신 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 색상 변조 기반 가시광 통신 장치 및 방법을 개시한다. 본 발명에 따르면, 원본 프레임을 입력 받는 입력부; MacAdam 모델에 기초하여 상기 원본 프레임의 색상 변조하여 데이터 은닉을 위한 색상 변조 프레임을 생성하는 색상 변조부; 소정 재생률(refresh rate)로 상기 색상 변조 프레임을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하되, 상기 디스플레이부에 인접하게 배치된 수신 장치는 카메라를 통해 상기 색상 변조 프레임을 캡처하고, 캡처된 프레임에서 은닉된 데이터를 디코딩하는 색상 변조 기반 가시광 통신 장치이 제공된다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H04N 9/78 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711070435

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 대학ICT연구센터육성지원사업

연구과제명 에너지 효율화를 위한 사물인터넷 플랫폼 개발 및 창의적 인재양성

기 여 율 1/1

주관기관 부산대학교 산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

색상 변조 기반 가시광 통신 장치로서,

원본 프레임을 입력 받는 입력부;

MacAdam 모델에 기초하여 상기 원본 프레임의 색상 변조하여 데이터 은닉을 위한 색상 변조 프레임을 생성하는 색상 변조부;

소정 재생률(refresh rate)로 상기 색상 변조 프레임을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하되,

상기 디스플레이부에 인접하게 배치된 수신 장치는 카메라를 통해 상기 색상 변조 프레임을 캡처하고, 캡처된 프레임에서 은닉된 데이터를 디코딩하며,

상기 MacAdam 모델은 소정 색상에 대한 복수의 MacAdam 타원을 포함하며,

상기 색상 변조부는, 상기 복수의 MacAdam 타원 각각과의 벡터 가중합을 통해 상기 원본 프레임의 입력 색상에 대한 색상 변조 벡터를 생성하고,

상기 벡터 가중합을 위한 가중치는 상기 복수의 MacAdam 타원 각각의 중심과 상기 입력 색상의 유클리드 거리를 통해 계산되는 색상 변조 기반 가시광 통신 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 원본 프레임은 소정 개수의 블록으로 분할되며,

상기 색상 변조부는 블록 단위로 색상 변조 프레임을 생성하는 색상 변조 기반 가시광 통신 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 색상 변조부는 하나의 원본 프레임을 색상 변조하여 한 쌍의 상보적 프레임을 생성하며,

상기 수신 장치의 캡처 속도는 상기 재생률의 n 배(n 은 2이상의 자연수)이고,

상기 수신 장치는 하나의 원본 프레임에 대한 복수의 캡처 프레임으로부터 상기 한 쌍의 상보적 프레임을 추출하고, 추출된 한 쌍의 상보적 프레임을 분석하여 데이터를 디코딩하는 색상 변조 기반 가시광 통신 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 수신 장치는 상기 복수의 캡처 프레임의 색상 평균값을 이용하여 상기 한 쌍의 상보적 프레임을 추출하는 색상 변조 기반 가시광 통신 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 수신 장치는 신경망을 통해 학습된 네트워크를 통해 상기 데이터 디코딩을 수행하는 색상 변조 기반 가시광 통신 장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

색상 변조 기반 가시광 통신 방법으로서,

원본 프레임을 입력 받는 입력 받는 단계;

MacAdam 모델에 기초하여 상기 원본 프레임의 색상 변조하여 데이터 은닉을 위한 색상 변조 프레임을 생성하는 단계;

소정 재생률(refresh rate)로 상기 색상 변조 프레임을 디스플레이하는 단계;

카메라를 통해 상기 색상 변조 프레임을 캡처하는 단계; 및

상기 캡처된 프레임에서 은닉된 데이터를 디코딩하는 단계를 포함하되,

상기 MacAdam 모델은 소정 색상에 대한 복수의 MacAdam 타원을 포함하며,

색상 변조부는, 상기 복수의 MacAdam 타원 각각과의 벡터 가중합을 통해 상기 원본 프레임의 입력 색상에 대한 색상 변조 벡터를 생성하고,

상기 벡터 가중합을 위한 가중치는 상기 복수의 MacAdam 타원 각각의 중심과 상기 입력 색상의 유클리드 거리를 통해 계산되는 색상 변조 기반 가시광 통신 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 색상 변조 기반 가시광 통신 방법 및 장치에 관한 것으로서 보다 상세하게는 디스플레이가 영상 재생 기능과 정보 송신 기능을 동시에 수행할 수 있도록 하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 정보은닉 분야에서, 암호화된 이미지에 부가 정보를 삽입하는 기술 및 의도적으로 이미지를 왜곡하여 정보를 보호하는 기술(예: 워터마킹)이 끊임없이 연구되어왔다.

[0003] CSC(Camera-Screen Communication)는 LED 또는 OLED 디스플레이와 디지털 카메라를 사용하는 단거리 광 정보은닉 기술이다.

[0004] 이 기법은 높은 재생률로 화면의 상태를 교대로 변경하여 메시지의 비트 스트림을 전송한다. 광 수신기는 스크린으로부터 방출되는 빛의 미세한 변화를 감지함으로써 데이터를 재구성한다.

[0005] CSC는 안정적인 실현을 위해 두 가지 주요 과제를 동시에 충족시켜야 한다. 즉, 전송 정확도가 높은 비트 스트림을 송신하고, 영상을 시청하는 사용자에게 방해가 되지 않아야 한다. .

[0006] 도 1은 CSC의 기본 개념을 도시한 도면이다.

[0007] 도 1에 도시된 바와 같이, 도 1에 도시된 바와 같이 상보적 프레임(complementary frame)은 데이터 '1' 또는 '0'을 변조하는데 사용될 수 있는 비디오 스트림 내의 한 쌍의 순차적인 프레임을 나타낸다.

[0008] 원본 프레임 i 가 주어질 때, 은닉 비트 '1'은 i 를 2개의 상보적 프레임 $(i+\delta, i-\delta)$ 로 분해하고, 비트 '0' 원본 프레임의 복제 (i, i) 함에 의해 삽입될 수 있다.

[0009] 도 2(a)는 그레이 이미지 (i) 및 캐리어 이미지를 통해 전송되는 2D 데이터 블록의 예를 도시한 것이다.

[0010] 도 2에 도시된 바와 같이, 변조 크기(δ)가 클수록 전송 정확도는 높아지지만 변조된 프레임 ($i+\delta, i-\delta$) 원본 프레임(i) 대신 교대로 디스플레이될 때 눈에 띄는 시각적 깜박임이 커져 시청자에게 미치는 영향이 커진다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허 10-1794933

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명은 CSC에서 사용자의 시청을 방해하지 않는 시각적 품질을 유지하면서도 전송 정확도를 높일 수 있는 색상 변조 기반 가시광 통신 방법 및 장치를 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 색상 변조 기반 가시광 통신 장치로서, 원본 프레임을 입력 받는 입력부; MacAdam 모델에 기초하여 상기 원본 프레임의 색상 변조하여 데이터 은닉을 위한 색상 변조 프레임을 생성하는 색상 변조부; 소정 재생률(refresh rate)로 상기 색상 변조 프레임을 디스플레이하는 디스플레이부를 포함하되, 상기 디스플레이부에 인접하게 배치된 수신 장치는 카메라를 통해 상기 색상 변조 프레임을 캡처하고, 캡처된 프레임에서 은닉된 데이터를 디코딩하는 색상 변조 기반 가시광 통신 장치가 제공된다.

[0014] 상기 MacAdam 모델은 소정 색상에 대한 복수의 MacAdam 타원을 포함하며, 상기 색상 변조부는, 상기 복수의 MacAdam 타원 각각과의 벡터 가중합을 통해 상기 원본 프레임의 입력 색상에 대한 색상 변조 벡터를 생성할 수 있다.

[0015] 상기 벡터 가중합을 위한 가중치는 상기 복수의 MacAdam 타원 각각의 중심과 상기 입력 색상의 유클리드 거리를 통해 계산될 수 있다.

[0016] 상기 원본 프레임은 소정 개수의 블록으로 분할되며, 상기 색상 변조부는 블록 단위로 색상 변조 프레임을 생성할 수 있다.

[0017] 상기 색상 변조부는 하나의 원본 프레임을 색상 변조하여 한 쌍의 상보적 프레임을 생성하며,

[0018] 상기 수신 장치의 캡처 속도는 상기 재생률의 n 배(n 은 2이상의 자연수)이고, 상기 수신 장치는 하나의 원본 프레임에 대한 복수의 캡처 프레임으로부터 상기 한 쌍의 상보적 프레임을 추출하고, 추출된 한 쌍의 상보적 프레임을 분석하여 데이터를 디코딩할 수 있다.

[0019] 상기 수신 장치는 상기 복수의 캡처 프레임의 색상 평균값을 이용하여 상기 한 쌍의 상보적 프레임을 추출할 수 있다.

[0020] 상기 수신 장치는 신경망을 통해 학습된 네트워크를 통해 상기 데이터 디코딩을 수행할 수 있다.

[0021] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 색상 변조 기반 가시광 통신 장치로서, 송신 장치에서 소정 재생률로 디스플레이하는 색상 변조 프레임을 캡처하는 카메라-상기 색상 변조 프레임은 하나의 원본 프레임을 색상 변조하여 생성된 한 쌍의 상보적 프레임을 포함함-; 상기 캡처된 프레임으로부터 상보적 프레임을 추출하는 상보적 프레임 추출부; 및 상기 추출된 상보적 프레임을 이용하여 은닉 데이터를 디코딩하는 데이터 디코딩부를 포함하는 색상 변조 기반 가시광 통신 장치가 제공된다.

[0022] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 색상 변조 기반 가시광 통신 방법으로서, 원본 프레임을 입력 받는 입력 받는 단계; MacAdam 모델에 기초하여 상기 원본 프레임의 색상 변조하여 데이터 은닉을 위한 색상 변조 프레임을 생성하는 단계; 소정 재생률(refresh rate)로 상기 색상 변조 프레임을 디스플레이하는 단계; 카메라를 통해 상

기 색상 변조 프레임을 캡처하는 단계; 및 상기 캡처된 프레임에서 은닉된 데이터를 디코딩하는 단계를 포함하는 색상 변조 기반 가시광 통신 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따르면, 색상 기반의 영상 변조 기술은 기존의 밝기 변조 기법 대비 사용자 인지 화질이 우수하여 거부감을 크게 줄일 수 있고, 높은 전송 효율을 보장할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 CSC의 기본 개념을 도시한 도면이다.
 도 2는 그레이 이미지 및 캐리어 이미지를 통해 전송되는 2D 데이터 블록의 예를 도시한 것이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 색상 변조 기반 가시광 통신 시스템의 구성을 도시한 도면이다.
 도 4는 본 실시예에 따른 송신 장치의 구성을 도시한 도면이다.
 도 5는 타원형 색도 다이어그램의 윤곽이 표시된 MacAdam 타원을 나타낸 것이다.
 도 6은 MacAdam 타원을 Lab 색공간으로 변환한 것을 도시한 것이다.
 도 7은 임의의 입력 색상에 대한 색상 변조의 예를 도시한 것이다.
 도 8은 본 실시예에 따른 수신 장치의 구성을 도시한 도면이다.
 도 9는 원본 프레임과 색상 변조된 한 쌍의 상보적 프레임을 소정 재생률로 교대로 표시하는 것을 도시한 것이다.
 도 10은 캡처된 프레임에서 발생하는 인터-블록 크로스토크 및 가중 투표 방식의 예를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.

[0026] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변형, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0028] 본 발명은 인간의 시각 체계가 빛의 밝기 변화보다 색상 변화에 덜 민감하다는 사실에 근거를 두고 있다. 실제로 색상을 감지하는 원추세포가 밝기를 감지하는 간상세포보다 덜 민감하다.

[0029] 이에, 본 발명은 CSC 기법에서 원본 영상과 동일한 밝기를 유지하면서 색상 변조만으로 송신 데이터를 표현한다. 이를 위해, 본 실시예에 따르면, 색상 변조를 위해 MacAdam 타원(ellipse)이 이용된다.

[0030] 이하에서는 도면을 참조하여 본 실시예에 따른 가시광 통신 방식을 상세하게 설명한다.

[0032] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 색상 변조 기반 가시광 통신 시스템의 구성을 도시한 도면이다.

[0033] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 시스템은 원본 프레임을 색상 변조하여 은닉 데이터(비트)에 대한 색상 변조 프레임을 송신하는 송신 장치(300) 및 변조된 프레임을 캡처하여 색상 변조 프레임에 포함된 은닉 데이터를 디코딩하는 수신 장치(302)를 포함할 수 있다.

[0034] 송신 장치(300) 및 수신 장치(302)는 각각 프로세서 및 메모리를 포함할 수 있다.

[0035] 프로세서는 컴퓨터 프로그램을 실행할 수 있는 CPU(central processing unit)나 그밖에 가상 머신 등을 포함할 수 있다.

[0036] 메모리는 고정식 하드 드라이브나 착탈식 저장 장치와 같은 불휘발성 저장 장치를 포함할 수 있다. 착탈식 저장 장치는 콤팩트 플래시 유닛, USB 메모리 스틱 등을 포함할 수 있다. 메모리는 각종 랜덤 액세스 메모리와 같은 휘발성 메모리도 포함할 수 있다.

[0037] 이와 같은 메모리에는 프로세서에 의해 실행 가능한 프로그램 명령어들이 저장된다.

- [0038] 도 4는 본 실시예에 따른 송신 장치의 구성을 도시한 도면이다.
- [0039] 도 4에 도시된 바와 같이, 송신 장치(300)는 원본 프레임을 입력 받는 입력부(400), MacAdam 모델에 기초하여 상기 원본 프레임을 색상 변조하여 데이터 은닉을 위한 색상 변조 프레임을 생성하는 색상 변조부(402) 및 색상 변조 프레임을 소정 재생률(refresh rate)로 재생하는 디스플레이부(404)를 포함할 수 있다.
- [0040] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 색상 변조부(402)는 인간의 시각이 색상 변화에 덜 민감하다는 점을 고려하여 MacAdam 모델 기반으로 원본 프레임의 색상이 변조된 상보적 프레임을 생성한다. 이때, 색상 변조부(402)는 하나의 원본 프레임에 대해 색상이 변조된 한 쌍의 상보적 프레임을 생성한다.
- [0041] 이때, 원본 프레임은 복수의 블록으로 분할되고, 색상 변조부(402)는 블록 단위로 은닉 데이터를 포함하는 색상 변조 프레임을 생성한다.
- [0042] MacAdam 타원은 일부 대표 색상에 대해 25개의 타원만 존재하기 때문에 원본 프레임에 MacAdam 모델에 속하지 않는 입력 색상이 존재하면 MacAdam 타원의 25개의 벡터의 가중합을 통해 색상 변조 벡터를 추정한다.
- [0043] 여기서, 벡터 가중합을 위한 가중치는 복수의 MacAdam 타원 각각의 중심과 입력 색상의 유클리드 거리를 통해 계산된다.
- [0044] 도 5는 타원형 색도 다이어그램의 윤곽이 표시된 MacAdam 타원을 나타낸 것이다.
- [0045] MacAdam 타원의 윤곽선은 색도(chromaticity)의 변화를 식별할 수 있는 최소한의 차이(JND, just noticeable difference)를 나타낸다. 이는 인간의 평균적인 눈으로 각 타원 영역의 색을 타원의 중심 색과 구별할 수 없다는 것을 의미한다.
- [0046] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 색상 변조부(402)는 MacAdam 타원을 도 6과 같이, L_{ab} 색공간으로 변환하여 데이터를 변조한다.
- [0047] 본 실시예에 따르면, L_{ab} 색공간에서의 MacAdam 타원은 중심 색상에 대해 인간이 색상의 차이를 인지하지 못하는 경계를 나타내므로 타원 내에서 최대 거리를 가지는 장축 방향의 양 끝 색상을 색상 변조의 결과 값을 이용한다.
- [0048] 이와 같은 색상 변조를 통해 인간의 눈에 띄지 않는 최대 색거리를 이용함으로써 인지 화질을 높게 유지하면서도 전송 정확도를 향상시킬 수 있다.
- [0049] MacAdam 타원은 일부 대표 색상에 대해 25개의 타원만 존재하기 때문에 MacAdam 모델에 속하지 않는 입력 색상이 존재하면 MacAdam 타원의 25개의 벡터의 가중합을 통해 색상 변조 벡터를 추정한다.
- [0050] 다음의 수식은 입력 색상에 대한 색상 변조의 방향과 크기를 예측하기 위한 것이다.

수학식 1

$$\delta_x = \sum_i w_i \delta_i$$

- [0051]
- [0052] 여기서, δ_x 는 임의의 색상 포인트 x에서의 색상 변조 벡터이다. w_i 와 δ_i 는 각각 i 번째 MacAdam 타원의 가중치와 벡터를 나타낸다.
- [0053] 각 타원의 가중치는 입력 색상과 MacAdam 타원 중심 간의 유클리드 거리를 기반으로 계산된다. 이는 다음과 같이 표현된다.

수학식 2

$$w_i = \frac{d_{xi}^2}{\sum_j d_{xj}^2}$$

[0054]

[0055] 여기서, d_{xi} 는 입력 색상 포인트 x 에서 i 번째 타원의 중심까지의 유클리드 거리를 나타낸다.

[0056] 도 7은 임의의 입력 색상에 대한 색상 변조의 예를 도시한 것이다.

[0057] 도 7의 왼쪽 하단에 있는 검은색 원은 입력 색상의 위치를 나타내고, ×표시는 입력 색상의 변조된 색상 위치를 나타낸다.

[0058] 도 7과 수학식 2에서 볼 수 있듯이 입력 색상과 MacAdam 타원들의 중심 사이의 거리는 새로운 타원과의 유사도를 나타낸다. 거리가 가까울수록 유사한 색상이며 입력 색상의 크기와 방향에 더 큰 가중치가 할당된다.

[0059] 위치 $(x + \delta_x)$ 의 변조 색상과 위치 $(x - \delta_x)$ 의 다른 변조 색상은 본래 입력 색상 대신 높은 재생률(refresh rate)로 디스플레이에 교대로 표시된다.

[0060] 한편, 2D 데이터 블록 임베딩을 위해 본 실시예에 따른 색상 변조를 실제로 구현할 때, $N \times M$ 블록으로 분할된 원본 프레임을 블록 단위로 색상 변조하여 은닉 비트 '1'을 전달한다.

[0061] 비트 '0'을 전달하기 위해서는 블록을 복제한다. '0'블록과 '1'블록의 경계에서 발생할 수 있는 인터-블록 크로스토크(inter-block crosstalk)를 완화하기 위해 색상 변조 벡터의 크기를 조정하여 공간 평활화 방법을 추가로 적용한다.

[0062] 본 실시예에서는 송신 장치(300)가 기존의 일반적인 경우보다 높은 재생률을 가지는 것을 고려한다. MacAdam 타원은 일반적인 재생률로 모델링되므로 더 높은 재생률로 더 큰 색상 변조가 가능하다.

[0063] 즉, MacAdam 모델의 원본 JNCD)보다 더 큰 색상 변조가 허용될 수 있으며 수신기에서 데이터 재구성 정확도를 향상시키기 위해 더 많은 색차(chrominance) 차이가 허용된다.

[0064] 다양한 실험을 통해, 색상 변조 벡터의 최대 크기는 공간 블록의 중심에서 원래 MacAdam 모델의 5배(5δ)로 설정되는 것이 바람직하다는 점을 확인하였다. 그 길이는 경계(δ)로 이동할 때 점차 줄어든다.

[0065] 도 8은 본 실시예에 따른 수신 장치의 구성을 도시한 도면이다.

[0066] 도 8에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 수신 장치(302)는 카메라(800), 상보적 프레임 추출부(802) 및 데이터 디코딩부(804)를 포함할 수 있다.

[0067] 카메라(800)는 소정 캡처 속도로 디스플레이부(404)가 소정 재생률로 재생하는 색상 변조 프레임을 캡처한다.

[0068] 본 실시예에 따르면, 캡처 속도는 디스플레이부(404)의 재생률의 n 배일 수 있고, 이에 따라 하나의 원본 프레임에 대해 복수의 캡처 프레임을 획득할 수 있다.

[0069] 예를 들어, 캡처 속도가 재생률의 2배인 경우, 하나의 원본 프레임에 대해 한 쌍의 상보적 프레임이 생성되는 것을 고려할 때, 수신 장치(302)는 하나의 원본 프레임에 대해 4개의 캡처 프레임을 발생시킨다.

[0070] 상보적 프레임 추출부(802)는 4개의 캡처 프레임의 RGB 평균값을 이용하여 한 쌍의 상보적 프레임을 추출한다.

[0071] 도 9는 원본 프레임 (i) 과 색상 변조된 한 쌍의 상보적 프레임 $(i + \delta)$ 및 $(i - \delta)$ 을 f 의 재생률로 교대로 표시하는 것을 도시한 것이다.

[0072] 도 9c는 디스플레이부(404)와 카메라(800)가 이상적으로 동기화가 이루어진 경우를 도시한 것이다.

[0073] 이상적인 경우 자원의 낭비 없이 캡처된 모든 프레임이 은닉 비트를 디코딩하는데 사용된다.

- [0074] 도 9d는 동기화가 이루어지지 않은 경우이다.
- [0075] 롤링 셔터 효과는 단일 프레임 내에서 다른 순간에 캡처된 프레임을 발생시키고, 이것은 순차적인 상보적 프레임의 비교를 통해 은닉 데이터를 추출하는 것을 어렵게 만든다.
- [0076] 도 9e의 case 3은 카메라 캡처 속도($2f$)가 화면 재생률(f)의 두 배인 경우를 도시한 것이다.
- [0077] 캡처된 프레임 중 일부(도 9에서 'X'로 표시)는 롤링 셔터 효과로 인해 디코딩에 유용하지 않지만 나머지 프레임(도 9에서 'O'로 표시)는 원본 프레임 전체를 성공적으로 캡처할 수 있다. .
- [0078] 도 9f의 case 4는 불안정한 카메라 캡처 속도로 인한 상황을 나타낸다. 이 경우에도 상보적 프레임을 추출하기 어렵다.
- [0079] 다시 도 9e를 참조하면, 캡처 속도가 재생률의 두 배인 경우, 하나의 원본 프레임 (i)에 대해 4개의 캡처된 프레임이 존재한다. 여기서, 'O'로 표시된 두 개의 프레임 ($i+\delta$, $i-\delta$)은 상보적 프레임이며, 두 개의 혼합 프레임은 디스플레이의 프레임 전환에만 사용된다.
- [0080] 본 실시예에 따르면, 하나의 원본 프레임에 대해 4개의 캡처된 프레임 중 두 개의 혼합 프레임(X)을 추출하기 위해 각 캡처된 프레임의 RGB 평균값을 사용한다.
- [0081] 2개의 혼합 프레임은 4개의 캡처된 프레임의 평균에 가까운 RGB값을 가지며, 4개의 평균으로부터 먼 RGB값을 갖는 다른 2개의 프레임이 상보적 프레임(O)으로 추출된다.
- [0082] 데이터 디코딩부(804)는 추출된 상보적 프레임에서 은닉 데이터를 추출한다.
- [0083] 본 실시예에 따르면, 데이터 디코딩부(804)는 신경망 기반으로 데이터 디코딩을 수행한다.
- [0084] 데이터 디코딩부(804)의 학습을 위해, 추출된 상보적 프레임 및 이들의 유클리드 거리가 신경망으로 입력되고, 신경망은 카메라가 캡처한 색상 변조된 은닉 비트 간의 관계를 학습한다.
- [0085] 본 실시예에 따르면, 신경망 기반 디코딩은 픽셀 기반으로 수행되며, 각 블록의 디코딩 결과는 가중 투표 방식을 사용한 데이터 재구성을 위해 결합된다.
- [0086] 서로 다른 색상은 서로 다른 색상 변조 벡터 크기를 가지므로 카메라가 캡처하는 상보적 프레임의 색상은 입력 색상에 따라 상이한 거리를 가지며, 선형 분류기 또는 선형 SVM(Support Vector Machine)을 다양한 이미지 블록의 디코딩에 적용하기 어려운 점이 있다.
- [0087] 또한, 디스플레이에는 각 장치 고유의 재생 가능한 색상 범위가 있어 모든 변조된 색상이 디스플레이부에서 제대로 재생되지 않을 수 있다. 결과적으로 송신 장치(300)에서 변조된 색상과 동일한 색상을 캡처하기가 어려울 수 있다.
- [0088] 따라서 색상 변조 프레임의 디스플레이되는 동안 발생할 수 있는 색상 왜곡을 디코딩 과정에서 고려해야 한다.
- [0089] 이에, 본 실시예에 따르면, 은닉 데이터를 추출하기 위해 순방향 신경망(feed forward neural network)을 이용하는 신경망 기반 디코딩 방법이 제안된다.
- [0090] 캡처된 상보적 프레임 $i+\delta$ 와 $i-\delta$ 의 픽셀 RGB값($R_{i+\delta}, G_{i+\delta}, B_{i+\delta}$)와 ($R_{i-\delta}, G_{i-\delta}, B_{i-\delta}$) 및 이들의 유클리드 거리가 신경망으로 입력된다. 신경망은 카메라가 캡처한 색상과 은닉 비트 간의 관계를 학습한다.
- [0091] 즉, 카메라가 캡처한 RGB값의 입력에 대해 상보적 프레임 사이의 변조된 색상 거리를 생성한다.
- [0092] 본 실시예에 따른 신경망은 색상 거리를 사용하여 상보적 프레임의 한 쌍의 픽셀이 동일한지 여부를 결정하는데 사용될 수 있다.
- [0093] 신경망 기반 디코딩은 픽셀 기반으로 수행되며, 각 블록의 디코딩 결과는 다음에서 설명하는 가중 투표 방식(weighted voting method)를 사용한 데이터 재구성을 위해 결합된다.
- [0094] 본 실시예에 따르면, 데이터는 블록 단위로 인코딩된다. 또한, MacAdam 모델에서 JNCD의 색상 의존성 때문에 변조 크기가 입력 색상에 따라 달라진다. 따라서, 색상 변조 프레임에서 블록킹 현상(blocking artifact)이 발생할 수 있다. 마찬가지로 이유로, 도 10a에서와 같이, 수신 장치(302)의 의 카메라(800)에 의해 캡처된 프레임에서

인터-블록 크로스토크(inter-block crosstalk)가 관찰된다.

[0095] 블로킹 현상을 줄이기 위해 색상 변조의 크기에 공간 평활화가 적용된다.

[0096] 본 실시예에 따르면, 카메라 캡처 프레임에서 균일한 색상 블록의 경우 경계부분은 이웃 블록의 색상에 의해 영향을 받기 때문에 중심 색과 경계 색이 다르다는 것을 확인하였다.

[0097] 이러한 블록 간 간섭을 완화하기 위해 가중 투표 방식을 제안한다.

[0098] 픽셀 별 복조 결과는 가중 투표 결과와 결합된다. 복조 결과가 '1'인 픽셀에는 양수 '1'이 할당되고, 결과가 '0'인 픽셀에는 음수 '-1'이 할당된다. 블록 내에서 할당된 숫자의 합은 블록의 디코딩 결과를 제공한다.

[0099] 즉, 합이 양수이면 블록의 은닉 비트는 '1'이고, 그렇지 않으면 은닉 비트는 '0'이다.

[0100] D 는 픽셀 단위 복조 결과('1'과 '-1')를 갖는 행렬을 나타내며, $G(c, \sigma)$ 는 2D 가우스 함수이며 블록의 중앙에 위치한다. 그러면 블록의 디코딩 결과는 다음과 같이 주어진다.

수학식 3

$$R_b = u \left(\sum_{i,j} D * G(c, \sigma) \right)$$

[0101]

[0102] 여기서, R_b 은 블록의 디코딩 결과이고, $u(\cdot)$ 는 단위 함수이고, i 와 j 는 블록 내의 행과 열 인덱스이다.

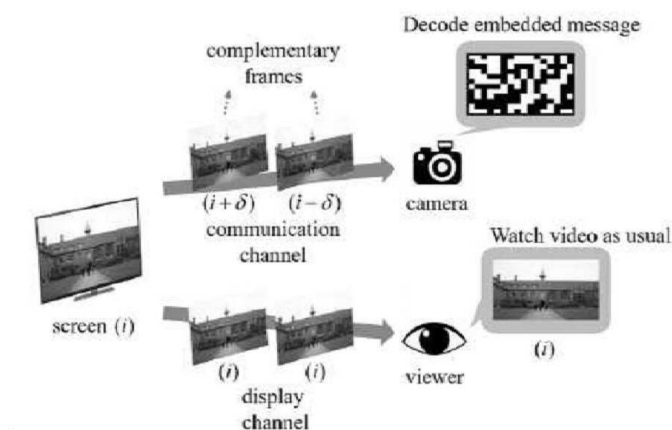
[0103] 도 10b는 가중 투표 방식의 예를 보여준다.

[0104] 픽셀 단위 디코딩 결과의 회색 이미지에 도시된 바와 같이, 경계부분의 픽셀은 이웃 블록의 색상에 영향을 받으며 블록 중심의 픽셀과 다른 결과를 나타낸다. 이러한 가중 투표 디코딩 방법은 전송 정확도를 감소시키는 블록 간 크로스토크를 줄일 수 있다.

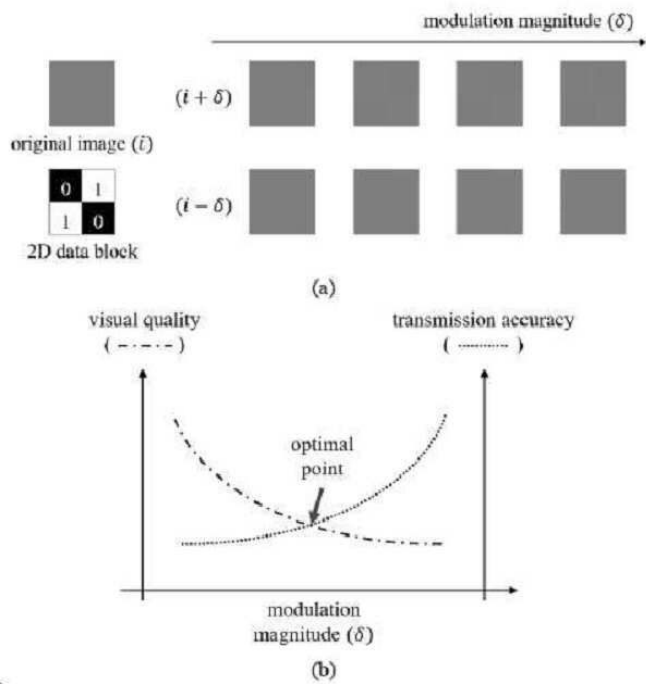
[0105] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

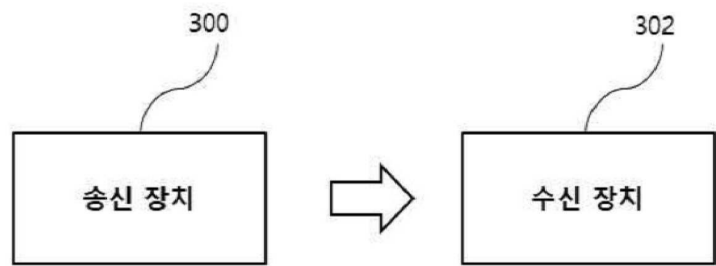
도면1



도면2



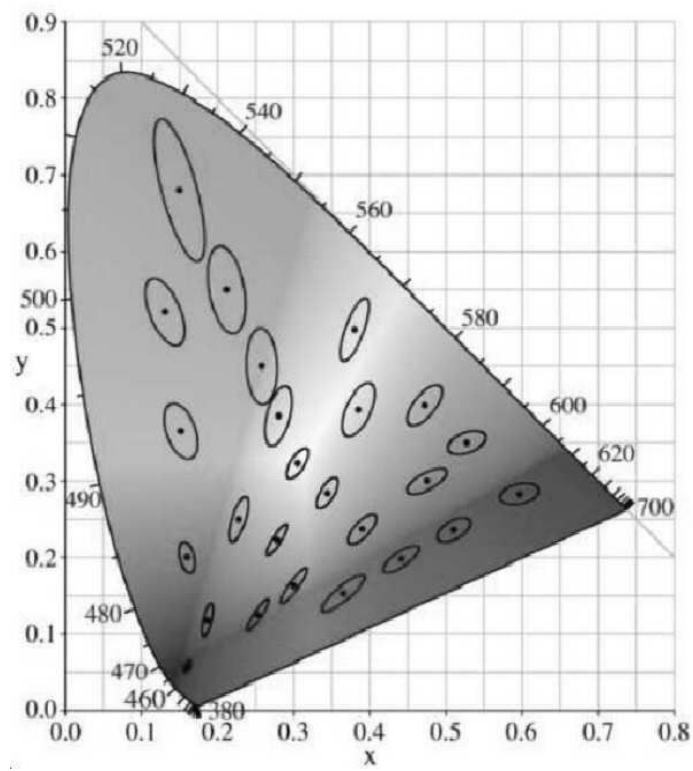
도면3



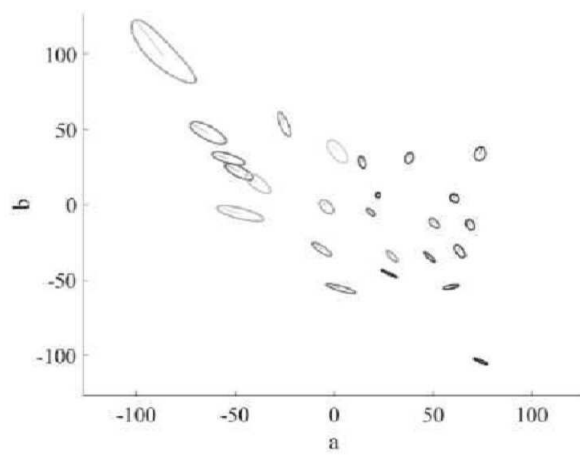
도면4



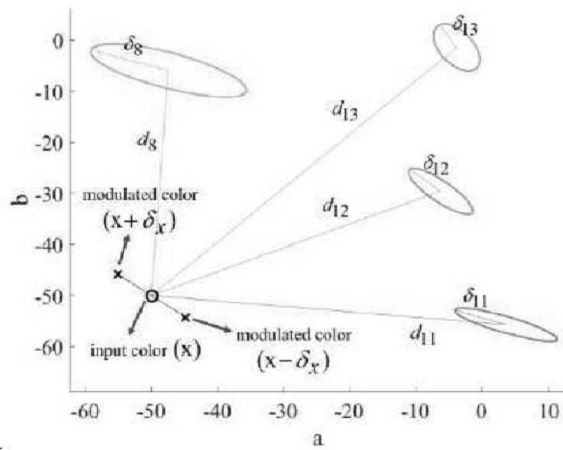
도면5



도면6



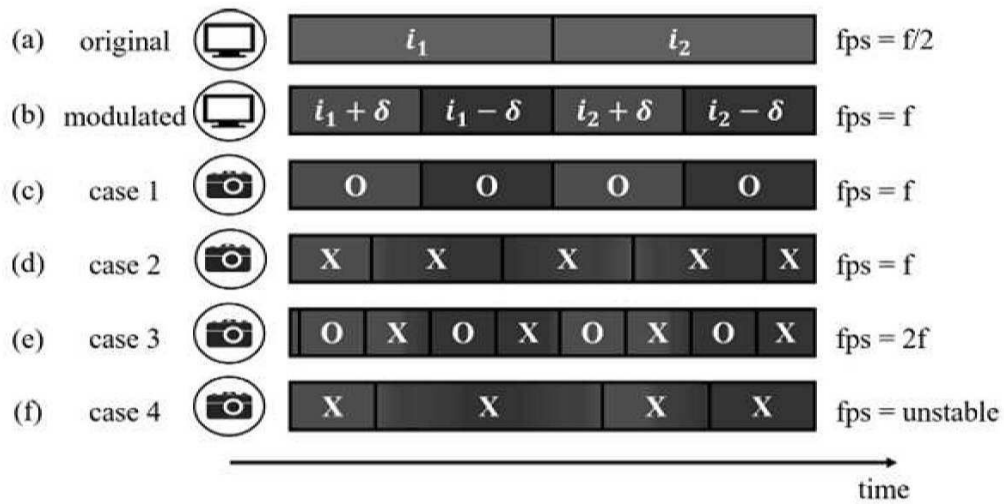
도면7



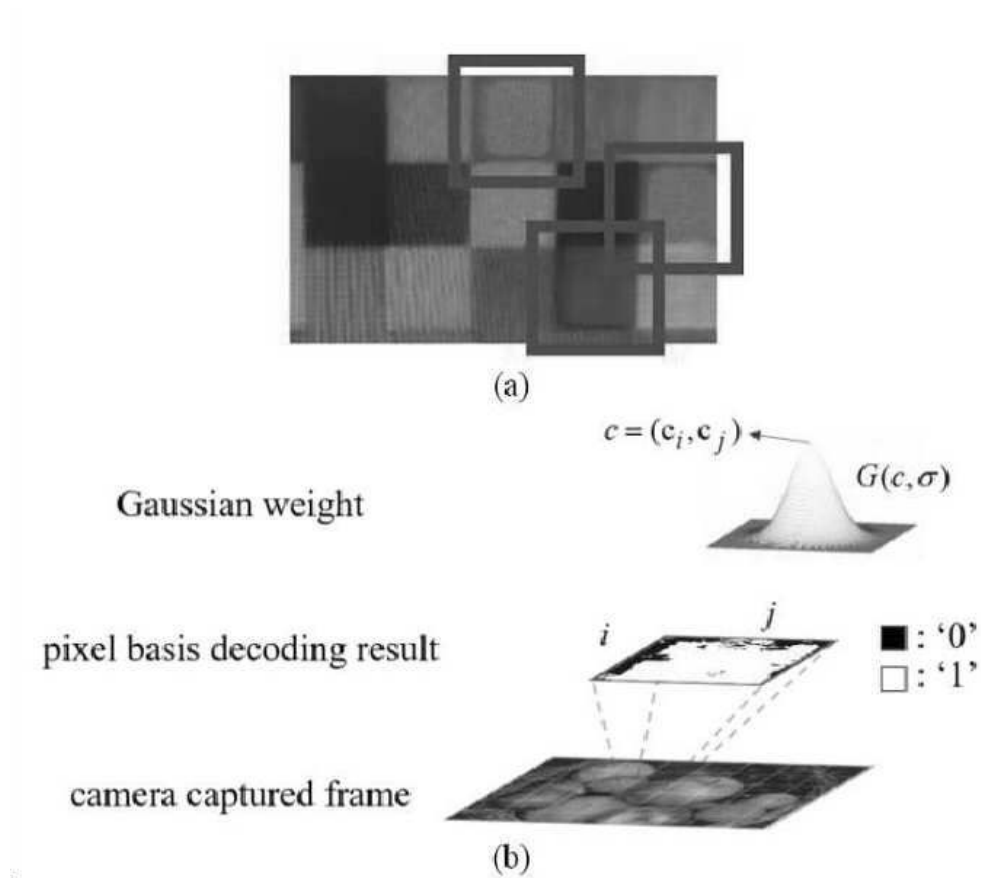
도면8



도면9



도면10



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 9

【변경전】

상기 색상 변조부는

【변경후】

색상 변조부는