



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년05월20일
(11) 등록번호 10-1035365
(24) 등록일자 2011년05월11일

(51) Int. Cl.

H04N 17/04 (2006.01) H04N 17/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0010647

(22) 출원일자 2010년02월04일

심사청구일자 2010년02월04일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020040107850 A

KR1020070049833 A

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울 마포구 신수동 1-1 서강대학교

(72) 발명자

김동오

서울특별시 중구 신당동 동아약수하이츠APT 108동 1707호

박래홍

서울특별시 영등포구 문래동3가 54 문래자이아파트 112동 1603호

(74) 대리인

특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 25 항

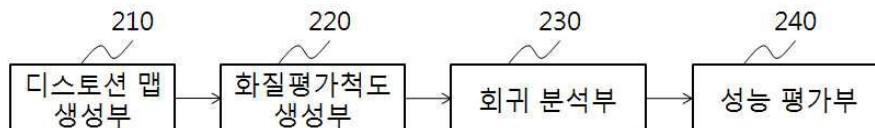
심사관 : 김희주

(54) C S를 이용한 화질 평가 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 CS를 이용한 화질 평가 장치에 관한 것으로서 원 영상과 열화 영상으로부터 디스토션 맵을 생성하고, 디스토션 맵에 CS 측정 행렬을 적용하여 화질평가척도를 생성하는 것을 특징으로 하며, 최소한 디스토션 맵에 CS를 적용하여 기존의 화질 평가 방법보다 계산 시간을 줄일 수 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 200923007.01

부처명 한국학술진흥재단

연구관리전문기관

연구사업명 2단계 두뇌 한국 [BK] 21 사업 (2009년 BK21 지원사업)

연구과제명 IT/SOC 기반 극소 의료 영상 진단 기기 연구/교육 사업팀

기여율

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2009년 03월 01일 ~ 2010년 02월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

원 영상과 열화 영상으로부터 디스토션 맵을 생성하는 디스토션 맵 생성부; 및

상기 디스토션 맵에 CS 측정 행렬을 적용하여 화질평가척도를 생성하는 화질평가척도 생성부를 포함하는 것을 특징으로 하는 CS를 이용한 화질 평가 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 화질평가척도 생성부는,

$N \times 1$ 벡터의 디스토션 맵과 $M \times N$ CS 측정 행렬(N, M 은 자연수, $N > M$)에 대하여 상기 CS 측정 행렬에 상기 $N \times 1$ 벡터를 곱함으로써, M 개의 측정치를 이용하여 화질평가척도를 생성하는 것을 특징으로 하는 CS를 이용한 화질 평가 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 CS 측정 행렬은 유니폼 샘플 코드 행렬 또는 랜덤 샘플 코드 행렬인 것을 특징으로 하는 CS를 이용한 화질 평가 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 CS 측정 행렬은 각 행의 합이 1이 되도록 하는 것을 특징으로 하는 CS를 이용한 화질 평가 장치.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 화질평가척도 생성부는

상기 M 개의 측정치를 평균함으로써, 화질평가척도를 생성하는 것을 특징으로 하는 CS를 이용한 화질 평가 장치.

청구항 6

원 영상과 열화 영상을 복수 개의 필터별로 필터링하는 필터부;

상기 필터별 필터링 결과에 CS 측정 행렬을 적용하여 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 측정치를 생성하는 측정치 생성부;

상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 원 영상과 열화 영상의 측정치들 간의 차이를 비교하여 화질평가척도를 생성하는 화질평가척도 생성부;

왜곡 종류별로 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 화질평가척도를 조합하여 생성되는 최종 화질평가척도와 DMOS를 서로 비교한 결과 중에서 상기 DMOS에 가장 유사한 최종 화질평가척도에 대응하는 필터의 조합을 선택하는 필터 선택부;

상기 선택된 필터의 조합에 대응하는 화질평가척도들을 회귀 분석을 이용하여 스케일링하는 회귀 분석부; 및

상기 스케일링된 화질평가척도들을 결합하여 최종 화질평가척도를 생성하는 최종 화질평가척도 생성부를 포함하는 것을 특징으로 하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 필터 선택부는

상기 선택된 필터의 조합에 포함된 필터를 하나씩 제거하여 DMOS에 유사한 정도를 평가하고, 상기 DMOS와의 유사도에 미치는 영향이 가장 작은 필터를 제거하는 것을 특징으로 하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 필터부는 원 영상과 열화 영상의 휘도값을 필터링하는 것을 특징으로 하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 필터부는 원 영상과 열화 영상을 밝기 성분, R-G 성분, 및 Y-B 성분으로 나누어 필터링을 수행하고,

상기 최종 화질평가척도 생성부는 각 성분마다 생성된 최종 화질평가척도에 가중치를 부여한 후 합함으로써, 최종 화질평가척도를 생성하는 것을 특징으로 하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 CS 측정 행렬은 행렬 요소의 값이 '+1' 과 '-1' 의 두 가지 값을 갖는 행렬인 것을 특징으로 하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치.

청구항 11

원영상과 열화영상 각각에 대하여 휘도값을 추출하는 휘도값 추출부;

상기 추출된 휘도값에 대하여 복소 가우시안 웨이블릿 변환을 하여 각 단계별 및 각 대역별로 상기 원영상과 상기 열화영상을 분할하는 영상 분할부; 및

상기 각 단계별 및 각 대역별로 분할된 원영상 및 열화영상에 대해 CS 측정 행렬을 적용하여 각 단계별 및 각 대역별로 측정치를 생성하고, 상기 측정치를 이용하여 각 단계별 및 각 대역별로 화질평가척도를 생성하는 화질 평가척도 생성부를 포함하는 것을 특징으로 하는 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 화질평가척도 생성부는

상기 생성된 각 단계별 및 각 대역별 화질평가척도를 평균하여 최종 화질평가척도를 생성하는 것을 특징으로 하는 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 장치.

청구항 13

원 영상과 열화 영상으로부터 디스토션 맵을 생성하는 단계; 및

상기 디스토션 맵에 CS 측정 행렬을 적용하여 화질평가척도를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 CS를 이용한 화질 평가 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 화질평가척도 생성하는 단계는,

$N \times 1$ 벡터의 디스토션 맵과 $M \times N$ CS 측정 행렬(N, M 은 자연수, $N > M$)에 대하여 상기 CS 측정 행렬에 상기 $N \times 1$ 벡터를 곱함으로써, M 개의 측정치를 이용하여 화질평가척도를 생성하는 단계인 것을 특징으로 하는 CS를 이용한

화질 평가 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 CS 측정 행렬은 유니폼 샘플 코드 행렬 또는 랜덤 샘플 코드 행렬인 것을 특징으로 하는 CS를 이용한 화질 평가 방법.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 CS 측정 행렬은 각 행의 합이 1이 되도록 하는 것을 특징으로 하는 CS를 이용한 화질 평가 방법.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 M개의 측정치를 평균함으로써, 화질평가척도를 생성하는 것을 특징으로 하는 CS를 이용한 화질 평가 방법.

청구항 18

원 영상과 열화 영상을 복수 개의 필터별로 필터링하는 단계;

상기 필터별 필터링 결과에 CS 측정 행렬을 적용하여 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 측정치를 생성하는 단계;

상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 원 영상과 열화 영상의 측정치들 간의 차이를 비교하여 화질평가척도를 생성하는 단계;

왜곡 종류별로 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 화질평가척도를 조합하여 생성되는 최종 화질평가척도와 DMOS를 서로 비교한 결과 중에서 상기 DMOS에 가장 유사한 최종 화질평가척도에 대응하는 필터의 조합을 선택하는 단계;

상기 선택된 필터의 조합에 대응하는 화질평가척도들을 회귀 분석을 이용하여 스케일링하는 단계; 및

상기 스케일링된 화질평가척도들을 결합하여 최종 화질평가척도를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 필터의 조합을 선택하는 단계는

상기 선택된 필터의 조합에 포함된 필터를 하나씩 제거하여 DMOS에 유사한 정도를 평가하고, 상기 DMOS와의 유사도에 미치는 영향이 가장 작은 필터를 제거하는 것을 특징으로 하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 필터링하는 단계는 원 영상과 열화 영상의 휘도값을 필터링하는 것을 특징으로 하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 방법.

청구항 21

제 18 항에 있어서,

상기 필터링하는 단계는 원 영상과 열화 영상을 밝기 성분, R-G 성분, 및 Y-B 성분으로 나누어 필터링을 수행하고,

상기 최종 화질평가척도를 생성하는 단계는 상기 각 성분마다 생성된 최종 화질평가척도에 가중치를 부여한 후 합함으로써, 최종 화질평가척도를 생성하는 것을 특징으로 하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 방법.

청구항 22

제 18 항에 있어서,

상기 CS 측정 행렬은 행렬 요소의 값이 '+1' 과 '-1' 의 두 가지 값을 갖는 행렬인 것을 특징으로 하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 방법.

청구항 23

원영상과 열화영상 각각에 대하여 휘도값을 추출하는 단계;

상기 추출된 휘도값에 대하여 복소 가우시안 웨이블릿 변환을 하여 각 단계별 및 각 대역별로 영상을 분할하는 단계;

상기 각 단계별 및 각 대역별로 분할된 영상들에 대해 CS 측정 행렬을 적용하여 각 단계별 및 각 대역별로 측정치를 생성하는 단계; 및

상기 각 단계별 및 각 대역별 측정치를 이용하여 각 단계별 및 각 대역별로 화질평가척도를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 방법.

청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 화질평가척도를 생성하는 단계는

상기 생성된 각 단계별 및 각 대역별 화질평가척도를 평균하여 최종 화질평가척도를 생성하는 것을 특징으로 하는 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 방법.

청구항 25

제 13 항 내지 제 24 항 중에 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 CS를 이용한 화질 평가 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 최소한 디스토션 맵에 CS를 적용하여 기존의 화질 평가 방법보다 계산 시간을 줄일 수 있는 CS를 이용한 화질 평가 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 화질 평가의 목적은 사람이 느끼는 주관적 화질과 유사한 객관적 화질 평가 척도의 수치를 얻어내는 것이다. 따라서 객관적 화질 평가의 성능은 주관적 화질 평가와의 유사성, 즉 사람이 느끼는 화질을 얼마나 잘 반영하느냐에 달려 있다.

[0003] 사람이 느끼는 주관적인 화질(subjective image quality)을 평가하여 수치화하는 방법으로 mean opinion score(MOS) 방법이 있다. MOS는 열화 영상을 보고 여러 명의 평가자들이 점수를 매기고 그것의 평균치를 이용해 주관적 화질을 수치화하는 방법이다.

[0004] 또한, 표준에서 일반적으로 사용되는 주관적 화질을 수치화하는 방법으로 double-stimulus continuous quality-scale (DSCQS) 방법이 있다. 이 방법은 평가자에게 A 영상과 B 영상을 순차적으로 보여주고 각 영상에 대해 Excellent에서 Bad까지 5단계로 평가한다. 여기서 평가자는 각 영상을 같은 순서대로 여러 번 반복해서 보게 되며, A 영상과 B 영상의 순서는 무작위로 결정된다. 이것은 원 영상이 어떤 것이라는 편견을 갖지 않도록 하기 위함이다. A 영상과 B 영상에 대해 매긴 점수들의 차이를 difference of MOS (DMOS)라 하며, DMOS 값은 FR과

RR에서의 화질 평가 방법의 성능을 비교하는 경우에 쓰인다.

[0005] 영상 압축, 영상 화질 개선 등의 분야에서 영상의 화질을 평가하는 방법으로 보편화적으로 사용된 화질 평가 방법으로 peak signal-to-noise ratio(PSNR)이나 mean squared error (MSE)가 있다. 그러나 PSNR이나 MSE는 영상의 밝기값 (intensity)의 차이만을 정량적으로 측정하는 것일 뿐, 사람이 느끼는 화질, 즉 주관적 화질을 잘 반영하지 못한다.

[0006] PSNR과 MSE의 계산상의 단순함에도 불구하고 인간의 시각적 특성을 고려하지 않고 단순히 화소의 밝기값의 차이만을 이용하기 때문에 사람이 느끼는 주관적 화질과는 다르게 화질을 평가한다. 따라서 객관적 화질 평가 방법과 주관적 화질을 나타내는 DMOS가 얼마나 비슷한 추세를 가지느냐에 따라 화질 평가 방법의 성능이 결정된다. 최근 객관적 화질 평가 방법들이 많이 제안되고 있으나, 실시간으로 화질 평가가 가능하기 위해서 계산 시간이 적게 들면서도 화질 평가 성능 면에서는 우수한 화질 평가 방법이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 기존의 화질 평가 장치보다 계산 시간을 줄일 수 있는 CS를 이용한 화질 평가 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는 화질평가 성능이 향상된 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 세 번째 과제는 화질평가 성능이 향상된 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 또한, 상기된 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 달성하기 위하여, 원 영상과 열화 영상으로부터 디스토션 맵을 생성하는 디스토션 맵 생성부; 및 상기 디스토션 맵에 CS 측정 행렬을 적용하여 화질평가척도를 생성하는 화질평가척도 생성부를 포함하는 CS를 이용한 화질 평가 장치를 제공한다. 또한, 원 영상과 열화 영상으로부터 디스토션 맵을 생성하는 단계; 및 상기 디스토션 맵에 CS 측정 행렬을 적용하여 화질평가척도를 생성하는 단계를 포함하는 CS를 이용한 화질 평가 방법을 제공한다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 화질평가척도 생성부는 $N \times 1$ 벡터의 디스토션 맵과 $M \times N$ CS 측정 행렬(N, M 은 자연수, $N > M$)에 대하여 상기 CS 측정 행렬에 상기 $N \times 1$ 벡터를 곱함으로써, M 개의 측정치를 이용하여 화질평가척도를 생성할 수 있다.

[0013] 또한, 상기 CS 측정 행렬은 유니폼 샘플 코드 행렬 또는 랜덤 샘플 코드 행렬일 수 있으며, 상기 CS 측정 행렬은 각 행의 합이 1이 되도록 하는 것이 바람직하다.

[0014] 또한, 상기 화질평가척도 생성부는 상기 M 개의 측정치를 평균함으로써, 화질평가척도를 생성할 수 있다.

[0015] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 달성하기 위하여, 원 영상과 열화 영상을 복수 개의 필터별로 필터링하는 필터부; 상기 필터별 필터링 결과에 CS 측정 행렬을 적용하여 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 측정치를 생성하는 측정치 생성부; 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 원 영상과 열화 영상의 측정치들 간의 차이를 비교하여 화질평가척도를 생성하는 화질평가척도 생성부; 왜곡 종류별로 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 화질평가척도를 조합하여 생성되는 최종 화질평가척도와 DMOS를 서로 비교한 결과 중에서 상기 DMOS에 가장 유사한 최종 화질평가척도에 대응하는 필터의 조합을 선택하는 필터 선택부; 상기 선택된 필터의 조합에 대응하는 화질평가척도들을 회귀 분석을 이용하여 스케일링하는 회귀 분석부; 및 상기 스케일링된 화질평가척도들을 결합하여 최종 화질평가척도를 생성하는 최종 화질평가척도 생성부를 포함하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치를 제공한다.

[0016] 또한, 원 영상과 열화 영상을 복수 개의 필터별로 필터링하는 단계; 상기 필터별 필터링 결과에 CS 측정 행렬을 적용하여 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 측정치를 생성하는 단계; 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응

하는 원 영상과 열화 영상의 측정치들 간의 차이를 비교하여 화질평가척도를 생성하는 단계; 왜곡 종류별로 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 화질평가척도를 조합하여 생성되는 최종 화질평가척도와 DMOS를 서로 비교한 결과 중에서 상기 DMOS에 가장 유사한 최종 화질평가척도에 대응하는 필터의 조합을 선택하는 단계; 상기 선택된 필터의 조합에 대응하는 화질평가척도들을 회귀 분석을 이용하여 스케일링하는 단계; 및 상기 스케일링된 화질평가척도들을 결합하여 최종 화질평가척도를 생성하는 단계를 포함하는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 방법을 제공한다.

[0017] 또한, 상기 필터 선택부는 상기 선택된 필터의 조합에 포함된 필터를 하나씩 제거하여 DMOS에 유사한 정도를 평가하고, 상기 DMOS와의 유사도에 미치는 영향이 가장 작은 필터를 제거한다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 필터부는 원 영상과 열화 영상의 휘도값을 필터링하는 것이 바람직하다.

[0019] 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 필터부는 원 영상과 열화 영상을 밝기 성분, R-G 성분, 및 Y-B 성분으로 나누어 필터링을 수행하고, 상기 최종 화질평가척도 생성부는 각 성분마다 생성된 최종 화질평가척도에 가중치를 부여한 후 합함으로써, 최종 화질평가척도를 생성하는 것이 바람직하다.

[0020] 또한, 상기 CS 측정 행렬은 행렬 요소의 값이 '+1' 과 '-1' 의 두 가지 값을 갖는 행렬인 것이 바람직하다.

[0021] 본 발명은 상기 세 번째 과제를 달성하기 위하여, 원영상과 열화영상 각각에 대하여 휘도값을 추출하는 휘도값 추출부; 상기 추출된 휘도값에 대하여 복소 가우시안 웨이블릿 변환을 하여 각 단계별 및 각 대역별로 상기 원영상과 상기 열화영상을 분할하는 영상 분할부; 및 상기 각 단계별 및 각 대역별로 분할된 원영상 및 열화영상에 대해 CS 측정 행렬을 적용하여 각 단계별 및 각 대역별로 측정치를 생성하고, 상기 측정치를 이용하여 각 단계별 및 각 대역별로 화질평가척도를 생성하는 화질평가척도 생성부를 포함하는 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 장치를 제공한다.

[0022] 또한, 원영상과 열화영상 각각에 대하여 휘도값을 추출하는 단계; 상기 추출된 휘도값에 대하여 복소 가우시안 웨이블릿 변환을 하여 각 단계별 및 각 대역별로 영상을 분할하는 단계; 상기 각 단계별 및 각 대역별로 분할된 영상들에 대해 CS 측정 행렬을 적용하여 각 단계별 및 각 대역별로 측정치를 생성하는 단계; 및 상기 각 단계별 및 각 대역별 측정치를 이용하여 각 단계별 및 각 대역별로 화질평가척도를 생성하는 단계를 포함하는 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 방법을 제공한다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 화질평가척도 생성부는 상기 생성된 각 단계별 및 각 대역별 화질평가척도를 평균하여 최종 화질평가척도를 생성할 수 있다.

[0024] 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 상기된 화질 평가 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공한다.

발명의 효과

[0025] 본 발명에 따르면, 희소한 디스토션 맵에 CS를 적용하여 기존의 화질 평가 방법보다 계산 시간을 줄일 수 있다. 또한, 본 발명에 따르면, 필터 선택과 필터 제거 과정을 거친 필터 조합들을 결합하거나 휘도값만이 아닌 opponent 컬러를 이용하여 가중치 합을 수행함으로써, 화질평가 성능을 향상시킬 수 있다. 나아가 본 발명에 따르면, 영상에 구조적 왜곡이 생겨 위상의 변화가 발생할 경우 위상을 고려할 수 있는 복소 가우시안 웨이블릿 변환에 CS를 적용함으로써, 화질평가 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 CS 측정 행렬 Φ 를 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 CS를 이용한 화질 평가 장치의 블록도를 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 CS를 이용한 화질 평가 장치에서 사용한 2개의 CS 측정 행렬을 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 CS를 이용한 화질 평가 방법의 흐름도를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치의 블록도이다.

도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치에서 사용하는 필터 선택 방법의 의사 코드를 나타낸 것이다.

도 7은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 방법의 흐름도이다.
 도 8은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 장치의 블록도이다.
 도 9은 웨이블릿을 이용한 2차원 영상의 분할 및 합성 방법을 나타낸다.
 도 10은 도 9의 2차원 영상의 분할 및 합성 방법을 이용한 웨이블릿 변환 3단계 분할도를 나타낸다.
 도 11는 1차 복소 가우시안 웨이블릿을 나타낸다.
 도 12은 도 11의 복소 가우시안 웨이블릿을 이용해 3단계로 분할된 영상을 도시한 것이다.
 도 13은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0028] 본 발명의 실시예들에서는 멀티미디어 서비스 중에 영상의 화질 평가를 위한 객관적 방법을 개시한다. 특히, 기존의 화질 평가 방법들로부터 얻어지는 왜곡 지도(distortion map)들은 유사한 왜곡(distortion)값이나 혹은 '0'에 가까운 값들로 이루어진다는 것을 이용하여 객관적 화질 평가 방법을 개시한다. 이러한 왜곡 지도들은 희소한(sparse) 신호로 간주될 수 있다. 본 발명의 실시예들에서는 CS(compressive sensing, compressive sampling, compressed sensing, 또는 sparse sampling)를 이용한 화질 평가 장치를 개시한다. CS 기법은 희소한 신호에 대해 일반적으로 나이퀴스트 샘플링에서 요구하는 샘플 수보다 적은 샘플 수를 가지고 희소한 원 신호를 완벽하게 복원하는 방법이다. CS 기법을 사용함으로써, 기존의 방법들의 계산 시간을 줄일 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명의 다른 실시예에서는 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치를 개시한다. 원 영상과 열화 영상의 각 필터 출력들에 대해 CS 기법을 적용하고, 적용 결과 얻어진 측정치(measurement)들을 비교함으로써 화질을 평가한다. 각 필터 출력들에 대해 CS 기법을 적용할 수 있는 이유는 영상과 필터의 컨벌루션(convolution) 과정을 통해 얻어진 영상은 압축 가능한(compressible) 특성을 갖기 때문이다. 이 compressible한 영상 신호를 CS를 통해 측정(measure)하고, 작은 수의 측정치(measurement)를 화질 평가를 위해 비교한다.
- [0030] 본 발명의 또 다른 실시예에서는 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 장치를 개시한다. 일반적으로 영상에 대해 복소 가우시안 웨이블릿 변환 시 웨이블릿 계수들은 희소한 특성을 갖는다. 따라서 웨이블릿 변환을 통해 얻은 웨이블릿 계수들을 CS를 통해 측정하고, 이 과정을 통해 얻은 소수의 측정치들 간의 차이를 이용해 화질 평가를 수행한다. 이상에서의 CS를 이용한 화질 평가 방법들은 프레임릿(framelet)과 에지릿(edgelet)과 같은 다른 변환과 결합한 화질 평가 방법에도 적용이 가능하다.
- [0031] 이하, 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.
- [0032] 기존의 화질 평가 방법들은 영상 화소 전체에 대해 열화의 정도를 측정함으로써, 화질을 평가한다. 그러나 영상에서 열화가 어느 특정 부분에만 국한되는 경우는 드물며, 영상 전체에 퍼져 있는 것이 대부분이다. 따라서 영상의 전체 화소를 살펴봄으로써 화질을 평가하는 것 대신 영상의 일부분만을 살펴 보고 그 일부분의 열화 정도를 측정하는 것도 화질 평가를 위해 충분하다.
- [0033] 본 발명의 실시예들에서는 영상의 전체 화소를 사용하지 않고 기존의 화질 평가 방법에 CS를 이용한 화질 평가 방법을 개시한다.
- [0034] 우선 CS(compressive sensing, compressive sampling, compressed sensing, 또는 sparse sampling)에 대하여 상세히 살펴보기로 한다.
- [0035] 신호 $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^N$ 를 나타낼 때 N 차원의 기저 (basis) 행렬 $\Psi = [\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_N]$ 의 조합으로 나타낼 수 있다.
- 이때 $\mathbf{x}$ 가 Ψ 에서 K 개의 벡터들의 선형 조합으로 이루어져 신호 $\mathbf{x}$ 의 n번째 요소 x_n 은 $x_n = \sum_{i=1}^K \theta_{n_i} \psi_{n_i}$ 로 정의되거나, 또는 $\mathbf{x} = \Psi \boldsymbol{\theta}$ 로 나타낼 수 있으면 K-sparse라고 하며 $K < N$ 인 K 개의 0이 아닌 값을 가지는 N 차원의 벡터 $\boldsymbol{\theta}$ 를 이용하여 표현할 수 있다. CS는 위와 같이 기저가 존재하는 원 신호를 샘플링하여 적은 수의 희

소한 신호를 얻었을 때 이를 다시 원 신호에 가깝게 복원할 수 있도록 한다. 영상처리에서는 이러한 특성을 나타낼 수 있도록 discrete cosine transform (DCT), wavelet, contourlet, 또는 curvelet 등과 같은 기저를 사용하거나 또는 딕셔너리(dictionary)의 개념에 적용하여 사용하기도 한다.

[0036] 어떠한 신호 x 가 기저 또는 딕셔너리 행렬 Ψ 와 그에 해당하는 계수의 벡터 Θ 로 나타낼 수 있고, N 개의 값을 가진 신호 x 를 $N \times 1$ 의 벡터로 만들고 다시 $M \times N$ 의 CS 측정 행렬 Φ 를 곱하여 $M \times 1$ ($M < N$) 의 신호 y 를 얻는 과정을 다음의 수학적식과 같이 표현할 수 있다.

[0037]
$$y = \Phi x = \Phi \Psi \Theta = \Theta \Theta$$

[0038] Ψ 대신하여 표현한 Θ 는 최소한 조합을 위한 벡터 Θ 와 곱 형태로 나타내기 위한 $M \times N$ 의 행렬이다. CS 측정 행렬 Φ 는 고정적으로 신호 x 에 대해 적용된다. CS를 이용하여 낮은 차원의, 즉 적은 개수로 샘플링된 $y \in \mathbb{R}^{M \times K}$ 신호를 얻어 원신호인 $x \in \mathbb{R}^N$ 를 복원하는 알고리즘을 수행하게 된다. 또한 차원이 줄어들음으로 인해서 K-sparse의 의미 있는 값들이 손상을 입지 않아야 한다.

[0039] 도 1은 CS 측정 행렬 Φ 를 나타낸 것이다.

[0040] 도 1에 도시된 행렬을 이용해 입력신호 x 와 선형 결합하여 $M \times 1$ ($M < N$)의 신호 y 를 얻게 된다. 여기서 회색조로 표현된 CS 측정 행렬 Φ 의 요소(element)들은 임의의 값을 가진다.

[0041] 도 2는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 CS를 이용한 화질 평가 장치의 블록도를 도시한 것이다.

[0042] 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 CS를 이용한 화질 평가 장치는 디스토션 맵 생성부(210), 화질평가척도 생성부(220), 회귀 분석부(230), 및 성능 평가부(240)로 구성된다.

[0043] 디스토션 맵 생성부(210)는 원 영상과 열화 영상을 입력받아 디스토션 맵을 생성한다. 디스토션 맵은 PSNR, SSIM, MSVD, 또는 MLU와 같은 기존의 화질 평가 방법마다 원 영상과 열화 영상을 이용하여 생성될 수 있다.

[0044] 화질평가척도 생성부(220)는 디스토션 맵 생성부(210)로부터 디스토션 맵을 입력받아 CS 측정(Measurement) 행렬을 적용하여 화질평가척도를 생성한다.

[0045] CS 측정 행렬은 다음과 같이 설계된다. CS에서 K-sparse한 신호를 복원하기 위해 도 1에서 보인 $M \times N$ CS 측정 행렬 Φ 를 사용하는데, 이때 M 을 어떻게 결정하느냐가 중요하다. 물론 K 보다 훨씬 큰 수로 M 을 결정하여 측정하면 신호를 완벽하게 복원하는 것에 문제가 없겠지만, 그렇게 되면 필요 없는 M 의 개수가 늘어나게 된다. 따라서 M 을 적절하게 결정하는 것이 중요하다.

[0046] $M < N$ 의 측정치들로부터 길이가 N 인 신호 x 를 완벽하게 복원한다는 것은 어려운 문제이다. 그러나 신호 x 가 K-sparse하고 '0'이 아닌 K 개의 entry들의 위치를 안다면, $M \geq K$ 의 측정치만으로 신호 x 를 완벽하게 복원해 낼 수 있다. 그러나 일반적인 신호에서 K-sparse한 신호라 하더라도 '0'가 아닌 요소들의 위치를 안다는 것은 불가능하다.

[0047] 따라서 K-sparse한 신호를 CS으로 완벽하게 복원하기 위해 CS 측정 행렬 Φ 는 restricted isometry property (RIP) 조건을 만족해야 하며, RIP 조건은

[0048]
$$0.8 \cdot \frac{M}{N} \cdot \|x\|_2^2 \leq \|\Phi x\|_2^2 \leq 1.2 \cdot \frac{M}{N} \cdot \|x\|_2^2$$

[0049] 로 정의된다. 여기서 $\|\cdot\|_2^2$ 는 벡터의 L2 norm을 나타내며, 이 조건은 불확실성의 원리에 의해 해석될 수 있다. 일반적으로, 측정 행렬 Φ 는 적어도 $2K$ 개의 측정치가 필요하다. 즉 $M \geq 2K$ 의 측정치만 있으면 K-sparse한 신호를 완벽하게 복원할 수 있다.

[0050] 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 CS를 이용한 화질 평가 장치에서 사용한 2개의 CS 측정 행렬을 도시한 것이다. 도 3(a)와 도 3(b)는 각각 유니폼 샘플 코드(uniform sample-coded) 행렬과 랜덤 샘플 코드(random sample-coded) 행렬을 도시한 것이다. 도 3에서 흰색 점들은 '0'의 값을, 검은색 점들은 '1/K'의 값을 갖도록 행렬을 만들었다. 여기서 K 는 '0'이 아닌 값의 개수이다. 측정 행렬의 각 행(row)들은 그것의 합이 '1'

이 된다. 이렇게 한 것은 하나의 측정치가 샘플들의 평균이 되도록 하기 위함이다.

[0051] 도 3에서 보인 측정 행렬 Φ 는 결국 하나의 신호에서 위치를 샘플링하는 것과 동일하다는 것을 알 수 있다. 즉, K 개의 샘플들이 한 신호에서 균일하게 혹은 랜덤하게 선택된다. 이 과정이 M번 반복되며, 마지막으로 M 개의 샘플 평균이 화질을 평가하기 위해 수치화된다. 그러므로 계산 시간은 N 길이의 신호를 모두 샘플하는 것에 비해 $(K \times M)/N$ 만큼 줄어든다.

[0052] 이하에서는 기존의 화질 평가 방법들에 CS 측정 행렬을 적용한 예를 보다 구체적으로 살펴보기로 한다.

[0053] 본 상세한 설명에서 설명하게 될 화질 평가 방법은 화소 기반 방법(PSNR, SSIM)과 블록 기반 방법(MSVD, MLU)이지만, 이는 실시예에 불과하며 이에 한정되지 않는다. 따라서 다른 화질 평가 방법 모두에 대해 CS를 이용하여 화질 평가에 사용할 수 있을 것이다.

[0054] 본 발명의 제 1 실시예에 따른 CS를 이용한 화질 평가 장치에서 종래의 네가지 화질 평가 방법(PSNR, SSIM, MSVD, 및 MLU)에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 방법에 대하여 구체적으로 살펴보기로 한다.

[0055] 본 발명의 제 1 실시예에 따른 CS를 이용한 화질 평가 장치에서 사용하는 표기법을 정의한다.

[0056] 표 1은 제안한 CS를 이용한 화질 평가 방법을 위한 표기법을 정리한 것이다.

표 1

Conventional IQM	Proposed IQM using CS
Squared error values of an entire image pixels	$\mathbf{x}_e$
SSIM values of an entire image pixels	$\mathbf{x}_s$
D^S in MSVD	$\mathbf{x}_{DS}$
D_{med}^S in MSVD	DS^{med}
D^U in MLU	$\mathbf{x}_{DU}$
D_{med}^U in MLU	DU^{med}

[0057]

[0058] 먼저 CS(compressive sensing)을 이용한 화소 기반 방법($PSNR_{CS}$, $SSIM_{CS}$)에 대해 설명한다.

[0059] 우선 CS를 이용한 PSNR 방법인 $PSNR_{CS}$ 는

[0060]

$$PSNR_{CS} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{255^2}{\Phi_m^T \mathbf{x}_e} \right)$$

[0061] 로 정의될 수 있다. 여기서 벡터 Φ_m^T 는 측정 행렬의 m번째 행을 나타내며, $\mathbf{x}_e$ 는 원 영상과 열화 영상 사이의 제곱 오차(squared error)값들로 구성된 벡터를 나타내며, 원 영상 I_r 과 열화 영상 I_d 의 j번째 화소의 제곱 오차 $x_e(j)$ 은

[0062]

$$x_e(j) = (I_r(j) - I_d(j))^2 \text{ 와 같다.}$$

[0063] 다음으로 CS를 이용한 $SSIM_{CS}$ 방법에 대해 설명한다. 벡터 $\mathbf{x}_s$ 를 원 영상과 열화 영상 사이의 SSIM map이라고 하자. 그러면 제안한 $SSIM_{CS}$ 는

$$SSIM_{CS} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \Phi_m^T \mathbf{x}_s$$

[0064] 와 같이 정의된다.

[0065] 다음은 CS를 이용한 블록 기반 방법인 MSVD_{CS}와 MLU_{CS}에 대해 설명한다.

[0066] PSNR과 SSIM과는 달리, 블록 기반 방법인 MSVD와 MLU에서는 한 블록에 대한 열화 정도가 디스토션 맵의 한 화소로 표현된다. 하지만 이것은 영상의 크기가 작은 영상에 대해 CS를 적용하는 것과 같다. 따라서 SVD나 LU 분해(factorization)를 사용해 얻은 디스토션 맵에 대해 CS 개념을 적용할 수 있다.

[0067] 우선 CS를 이용한 MSVD_{CS}는

$$MSVD_{CS} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^{P/B \times Q/B} |\phi_m(j) x_{DS}(j) - DS_j^{med}|$$

[0068]

[0069] 로 정의될 수 있다. 여기서, 벡터 $x_{DS}(j)$ 는 SVD를 이용해 얻은 디스토션 맵의 j번째 화소의 왜곡값을 나타내며, $\phi_m(j)$ 는 측정 행렬 Φ 의 m번째 행의 j번째 요소를 나타낸다. 또한 DS_j^{med} 는

$$DS_j^{med} = med(\phi_m(j) \cdot x_{DS}(j)), \quad 1 \leq j \leq (P/B \times Q/B)$$

[0070]

[0071] 와 같이 정의되며, 여기서 $med(\cdot)$ 는 중간값을 구하는 함수를 나타낸다.

[0072] 다음으로 CS를 이용한 MLU_{CS} 방법에 대해 설명한다. 우선 원 영상과 열화 영상 간의 LU 분해맵을 벡터 x_{DU} 라고 하자. 그러면 제안한 MLU_{CS}는

$$MLU_{CS} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M \sum_{j=1}^{P/B \times Q/B} |\phi_m(j) x_{DU}(j) - DU_j^{med}|$$

[0073]

[0074] 와 같이 정의된다. 여기서 DU_j^{med} 은 $\phi_m(j) x_{DU}(j)$, $1 \leq j \leq (P/B \times Q/B)$ 의 중간값이 된다.

[0075] 이상에서 살펴본 PSNR_{CS}, SSIM_{CS}, MSVD_{CS}, 및 MLU_{CS}은 본 발명의 일 실시예에 따라 CS를 이용한 화질 평가 방법의 의해 생성된 화질평가척도이다.

[0076] 회귀 분석부(230)는 화질평가척도 생성부(220)에서 생성된 화질평가척도들을 회귀 분석(regression)을 이용해 스케일링한다.

[0077] 일반적으로 객관적 화질 평가 방법의 화질평가척도와 DMOS 수치 사이의 범위나 스케일이 다르기 때문에 객관적 화질 평가 방법에 의한 화질평가척도와 DMOS를 직접 비교하지 않고, DMOS 값들과 객관적 화질 평가 방법의 수치들을 피팅(fitting)하는 과정이 필요하다. 피팅(fitting)하는 과정에서 사용하는 회귀 분석 방법은 선형 회귀 분석, logistic 회귀 분석, 및 polynomial 회귀 분석을 포함할 수 있다.

[0078] 성능 평가부(240)는 스케일링된 화질 평가 척도와 DMOS의 유사도를 측정하여 화질 평가 방법의 성능 평가한다. DMOS와의 유사도 측정은 VQEG 권고안에서 제시한 Pearson 상관 계수(Pearson correlation coefficient: Pearson CC)와 root mean squared error(RMSE)와 같은 성능 평가 척도를 사용하여 측정한다. 화질 평가 방법의 성능 비교에서 Pearson 상관 계수가 높을수록, RMSE 값이 낮을수록 좋은 화질 평가 방법이 된다.

[0079] 도 4는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 CS를 이용한 화질 평가 방법의 흐름도를 도시한 것이다.

[0080] 410 단계에서 화질 평가 장치는 원 영상과 열화 영상으로부터 디스토션 맵을 생성한다.

[0081] 420 단계에서 화질 평가 장치는 디스토션 맵에 CS 측정 행렬을 적용하여 화질평가척도를 생성한다.

[0082] 430 단계에서 화질 평가 장치는 생성된 화질평가척도를 회귀 분석(regression)을 이용해 스케일링한다.

[0083] 440 단계에서 화질 평가 장치는 스케일링된 화질평가척도와 DMOS의 유사도를 측정하여 화질 평가 방법의 성능을

평가한다.

- [0084] 이상에서 살펴본, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 CS를 이용한 화질 평가 장치는 열화된 영상의 왜곡은 압축가능하다는 사실을 기반으로 한 것이다. CS를 이용한 화질 평가 장치는 유니폼 샘플과 랜덤 샘플 부호화된 행렬을 사용한다. 또한, 전체 화소를 사용하는 대신 샘플 화소들에서 열화 정도를 측정하여 화질을 평가한다.
- [0085] 이하에서는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치를 살펴보기로 한다.
- [0086] 영상 자체에는 희소성(sparsity)이 거의 존재하지 않기 때문에 기저 함수나 딕셔너리(dictionary) 등을 이용해 희소하게 나타내는 방법들과 CS를 접목한다. 이하에서는 여러 필터들을 이용하여 영상에 적용하고 얻어진 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 방법을 개시한다.
- [0087] 실제 고역통과(highpass) 필터나 대역통과(bandpass) 필터를 거친 신호들은 compressible하다. 이러한 특성을 이용해 본 발명의 제 2 실시예에서는 영상 신호를 compressible한 신호로 바꾸기 위해 그래디언트 필터, Laplacian of Gaussian (LoG) 필터, 및 가버 (Gabor) 필터 등의 필터 세트를 이용한다. Compressible한 필터 출력에 대해 CS의 측정 기법을 사용하여 M개의 측정치를 얻고 그 측정치들을 비교함으로써, 화질을 평가하는 방법을 개시한다.
- [0088] 본 발명의 제 2 실시예에 따른 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치에서는 블록 단위 화질 평가 척도를 사용하며, 이렇게 정의된 화질 평가 척도를 이용해 필터 선택을 수행한다.
- [0089] 전체 화소에 대한 값들을 비교하는 것 대신, 필터 출력들이 가지는 희소성을 이용해 CS 기법을 이용하여 M개의 측정치들을 얻고, 그 값들을 비교함으로써, 화질을 측정한다. 이것은 측정치 자체가 신호에 대한 전체적인 특성을 포함하고 있기 때문에 영상에 열화가 생길 경우, 필터 출력들 또한 바뀌며, 결국 측정치들도 바뀐다. 즉, 원 영상에 대한 측정치에 비해 열화 영상의 측정치가 얼마나 많이 바뀌었는지를 측정하면, 열화 영상의 화질을 평가할 수 있는 것이다.
- [0090] 도 5는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치의 블록도이다.
- [0091] 도 5를 참조하면, 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치는 필터부(510), 측정치 생성부(520), 화질 평가척도 생성부(530), 필터 선택부(540), 제1회귀 분석부(550), 최종 화질평가척도 생성부(560), 제2회귀 분석부(570) 및 성능 평가부(580)로 구성된다.
- [0092] 필터부(510)는 원 영상과 열화 영상을 복수 개의 필터별로 필터링한다. 보다 상세하게 살펴보면, 필터부(510)는 원 영상과 열화 영상 각각에 대해 그래디언트 필터와 LoG 필터, 및 가버 필터 등의 필터 세트를 이용하여 필터링한다.
- [0093] 그래디언트 필터는 영상처리에서 가장 일반적이고 널리 사용되는 필터 중에 하나로서 영상의 이웃 화소의 차이를 이용해 쉽게 구현할 수 있다. 그래디언트 값들은 평탄한 영역에서 '0'에 가까운 값을 가지며, 에지 영역에서 주로 큰 값을 가지므로, 그래디언트 영상은 희소한 특성을 갖고 있다고 할 수 있다.
- [0094] 등방성 필터는 영상을 회전시키고 난 후, 필터를 적용하는 것과 먼저 필터를 영상에 적용하고 그 후 결과를 회전시키는 것이 같은 결과를 준다는 회전 불변(rotation invariant)의 성질을 갖는다. 가장 간단한 등방성 미분 연산자로 라플라시안(Laplacian) 필터를 들 수 있으며, 라플라시안 필터는 zero crossing 에지 필터로 에지 검출을 위해 사용된다. 2차 미분 필터를 이용해 에지를 검출할 때 잡음에 민감하다. 따라서 잡음의 효과를 줄이기 위해, 가우시안 필터를 사용해 영상을 스무딩(smoothing)한 후 라플라시안 필터를 적용한다. 라플라시안 필터와 가우시안 필터를 각각 영상에 적용한 후 결과 영상을 얻는 것은 실제로 아무런 문제가 없지만, 두 개의 필터를 영상에 각각 적용하는 것은 계산량을 증가시킨다. 따라서 이 두 필터를 하나의 커널로 만들어서 사용하는데, 이 필터를 LoG 필터라고 한다. LoG 필터를 이용해 얻은 영상 또한 그래디언 영상과 마찬가지로 compressible한 특성을 갖는다.
- [0095] 가버 필터는 원시 시각 피질의 특징을 반영하여 만들어진 필터이다. 즉 가버 필터는 사물의 형태와 함께 방향성까지 고려된 형태를 취하고 있다. 실제 가버 필터는 가우시안 필터와 하모닉 함수(harmonic function)으로 정의되는 임펄스 응답을 가진 필터이며, 일반적으로 가버 필터는 스케일 뿐 아니라 방향성까지 고려하기 때문에 지문인식이나 홍채 인식에 주로 사용되어 왔다. 가버 필터의 출력 역시 compressible하므로 가버 필터 출력에 대해 CS를 적용하여 적은 수의 측정치를 얻고 그것을 이용해 화질을 평가할 수 있다.

[0096] 측정치 생성부(520)는 필터부(510)로부터의 필터별 필터링 결과에 CS 측정 행렬을 적용하여 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 측정치를 생성한다. 다시 말하면, 측정치 생성부(520)는 CS 측정 행렬을 이용하여 N차원의 희소한 신호를 M개의 측정치로 변환한다. 도 2에서 설명한 것처럼 CS 측정 행렬은 N차원의 희소한 신호를 M개의 측정치들로 변환해주는 역할을 하며, 이때, M개의 측정치들은 희소한 신호에 대한 전체적인 특성을 나타낸다.

[0097] 본 발명의 제 2 실시예에서 사용하는 측정 행렬은 영상을 블록별로 살펴보기 위해, 블록 단위로 적용된다. 예를 들어, M×N의 CS 측정 행렬에서 블록의 크기가 8×8일 때, N은 64이며, M은 그것의 1/4배인 16이 된다.

[0098] M×N 측정 행렬은 요소들의 값이 '+1' 과 '-1' , 두 가지 값을 가진다. 이 행렬을 plus-minus (PM) 행렬이라고 한다. M개의 측정치들로 변환하는 과정은 화소 단위와 블록 단위로 수행될 수 있으며, 이를 구체적인 예를 들어 살펴보기로 한다.

[0099] i번째 영상과 j번째 필터의 필터 출력에 대한 화소 단위 측정치 y_{ij} 는

$$y_{ij} = \Phi^p x_{ij}$$

[0100]

[0101] 로 정의되며, 여기서 Φ^p 는 화소 단위 측정 행렬을 의미한다. 또한 i번째 영상과 j번째 필터의 필터 출력에 대한 블록 단위 측정치 $y_{ij}(v, h)$ 는

$$y_{ij}(v, h) = \Phi^b x_{ij}(v, h)$$

[0102]

[0103] 로 정의되며, Φ^b 는 화소 단위 측정 행렬을 나타낸다. 화소 단위와 블록 단위의 측정치들은 화질 평가를 위해 사용되며, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 필터 출력들에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치의 화질평가척도는 측정치들 간의 PSNR로 정의될 수 있다.

[0104] 화질평가척도 생성부(530)는 원 영상과 열화 영상의 i번째 영상과 j번째 필터의 필터 출력에 대응하는 측정치들 간의 차이를 비교하고, 이를 이용하여 화질평가척도를 생성한다. 측정치들 간의 차이를 비교하고, 이로부터 화질평가척도를 생성하기 위해 본 상세한 설명에서는 PSNR를 이용하나 이에 제한되지 않는다.

[0105] 우선 화소 단위 측정치 간의 PSNR은

$$PSNR_y^p = 10 \times \log \left(\frac{255^2}{\frac{1}{M^p} \times \|y_{ij}^r - y_{ij}^d\|^2} \right)$$

[0106]

[0107] 와 같이 정의되며, 여기서 M^p 는 화소 단위 측정치의 수를 나타낸다.

[0108] 따라서 원 영상과 열화 영상의 i번째 영상과 j번째 필터의 필터 출력에 의한 화질 평가 척도는

$$q_{ij} = PSNR_y^p$$

[0109]

다음으로, 블록 단위 측정치 간의 PSNR은

$$PSNR_y^b(v, h) = 10 \times \log \left(\frac{255^2}{\frac{1}{M^b} \times \|y_{ij}^r(v, h) - y_{ij}^d(v, h)\|^2} \right)$$

[0110]

[0111] 와 같으며, 여기서 M^b 는 블록 단위 측정치의 수를 나타낸다. 따라서 원 영상과 열화 영상의 i번째 영상과 j번째

$$q_{ij} = \frac{1}{V_i \times H_i} \sum_{v=1}^V \sum_{h=1}^H PSNR_{ij}(v, h)$$

필터의 필터 출력에 의한 블록 단위 화질평가척도는 로 정의된다.

[0112] 필터 선택부(540)는 왜곡 종류별로 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 화질평가척도를 조합하여 생성되는 최종 화질평가척도와 DMOS를 서로 비교한 결과들 중에서 상기 DMOS에 가장 유사한 최종 화질평가척도에 대응하는 필터의 조합을 선택한다.

[0113] 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 화질평가척도와 DMOS를 이용해 성능이 좋은 필터들을 선택하는 방법에 대하여 보다 상세하게 살펴보기로 한다.

[0114] 필터 선택부(540)는 여러 개의 필터를 사용하여 얻은 화질평가척도를 모두 사용하지 않고 몇 개의 대표되는 필터만을 선택하여 사용한다. 예를 들어, 실험에서 사용한 필터는 총 38개라고 할 때, 38개의 필터 모두를 화질 평가를 위해 사용하는 것은 계산 시간이 너무 길기 때문에 불가능하다. 따라서 38개 중 몇 개의 필터만을 선택하여 사용하는 것이 필요하다.

[0115] 필터 선택 방법은 두 단계로 나누는데 첫 번째는 왜곡에 대한 성능을 고려한 필터 선택 과정이며, 두 번째 과정은 전체 성능을 고려한 필터 제거 과정이다. 즉, 왜곡에 대한 성능을 고려한 필터 선택 과정은 전체 영상에서 각 왜곡별 영상들에 대한 각 필터들의 결과를 DMOS와 비교한 성능을 기반으로 몇 개의 필터만을 선택한다. 이렇게 선택된 필터에 대해 전체 영상들에 대한 성능을 비교함으로써 전체 성능 향상에 영향력이 작은 필터들을 제거하면서 최종적으로 사용될 필터를 선택한다. 이와 같은 필터 선택 방법은 다음과 같은 의사 코드로 나타낼 수 있다.

[0116] 도 6은 본 발명의 다른 실시예에 따른 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치에서 사용하는 필터 선택 방법의 의사 코드를 나타낸 것이다.

[0117] 도 6(a)는 필터 선택 과정을, 도 6(b)는 필터 제거 과정을 나타낸다. 우선 필터 선택 과정을 수행하기 전, 각 필터들을 사용한 화질평가척도들의 스케일을 맞춰 주기 위해 분산 정규화 (variance normalization)을 사용해 화질 평가 척도를 정규화한다. 이때, 정규화된 화질 평가 척도는

$$\hat{q}_{ij} = \left(\frac{q_{ij} - m_j}{\sigma_j} \right)$$

[0118]

[0119] 로 정의된다. 여기서, 화질 평가 척도들의 평균 m_j 와 표준편차 σ_j 는 각각

$$m_j = \frac{1}{N_I} \sum_{i=1}^{N_I} q_{ij}, \quad \sigma_j = \sqrt{\frac{1}{N_I} \sum_{i=1}^{N_I} (q_{ij} - \mu_j)^2}$$

[0120]

[0121] 와 같다. 다음으로 필터 선택 방법에서 필터를 선택하고 제거하기 위해 Pearson CC를 사용한다. j번째 필터에 대한 정규화된 화질 평가 척도로 구성된 화질 평가 벡터 $\hat{\mathbf{q}}_j$ 는

$$\hat{\mathbf{q}}_j = [\hat{q}_{1j} \quad \hat{q}_{2j} \quad \cdots \quad \hat{q}_{N_I,j}]^T$$

[0122]

[0123] 로 정의되며, DMOS 값들로 구성된 벡터 d는

$$\mathbf{d} = [DMOS_1 \quad DMOS_2 \quad \cdots \quad DMOS_{N_I}]^T$$

[0124]

[0125] 와 같다고 하면, 두 벡터 $\hat{\mathbf{q}}_j$ 와 $\mathbf{d}$ 사이의 Pearson CC는

$$P(\hat{\mathbf{q}}_j, \mathbf{d}) = \frac{\sum_{i=1}^{N_j} (\hat{q}_{ij} - \hat{m}_j)(DMOS_i - m_{DMOS})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} (\hat{q}_{ij} - \hat{m}_j)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{N_j} (DMOS_i - m_{DMOS})^2}}$$

[0126]

[0127] 와 같다. 여기서 정규화된 화질 평가 척도의 평균 $\hat{m}_j$ 와 DMOS 값들의 평균 m_{DMOS} 는 각각

$$m_j = \frac{1}{N_I} \sum_{i=1}^{N_I} q_{ij}, \quad \sigma_j = \sqrt{\frac{1}{N_I} \sum_{i=1}^{N_I} (q_{ij} - \mu_j)^2}$$

[0128]

[0129] 로 정의된다.

[0130] 이제 도 6(a)의 필터 선택 과정에 대해 설명한다. 도 6(a)의 필터 선택 과정은 각각의 왜곡에 대한 화질 평가 방법의 성능 향상을 위해 제안되었다. 필터 선택 과정은 왜곡 별로 수행되며, 각 필터에 대한 화질 평가 척도가 DMOS와의 Pearson CC가 최대인 필터를 선택한다. 즉, 필터 하나씩 추가하며 Pearson CC가 최대인 필터를 선택하

는 방법이다. 현재 선택된 필터들의 집합을 S 라 하고 j 번째 필터 h_j 를 추가한 필터들의 집합은 $S \cup \{h_j\}$ 라 하자. $S \cup \{h_j\}$ 에 포함된 모든 필터에 대한 화질 평가 척도들의 평균 벡터 $\mathbf{m}_{S \cup \{h_j\}}$ 는

$$\mathbf{m}_{S \cup \{h_j\}} = [m_1 \quad m_2 \quad \dots \quad m_{N_j}]^T$$

[0131]

[0132] 로 정의되며, i 번째 영상에 대한 화질 평가 척도의 평균 m_i 는

$$m_i = \frac{1}{N_{S \cup \{h_j\}}} \sum_{j \in S \cup \{h_j\}} q_{ij}$$

[0133]

[0134] 와 같다. 여기서 $N_{S \cup \{h_j\}}$ 는 $S \cup \{h_j\}$ 에 포함된 필터들의 수를 나타낸다. 평균 벡터 $\mathbf{m}_{S \cup \{h_j\}}$ 와 DMOS 벡터 $\mathbf{d}$

와의 Pearson CC $P(\mathbf{m}_{\tilde{S} \setminus \{\tilde{h}_j\}}, \mathbf{d})$ 와 $P(\mathbf{m}_{\tilde{S}}, \mathbf{d})$ 사이의 error ΔP_S 가 임계치 ε_S 보다 작으면 반복 과정을 마친다. 앞서 말한 것처럼 도 6(a)의 필터 선택 과정은 왜곡 별로 수행되기 때문에 최종 필터 선택 과정을 통해 선택되는 필터들은

$$\tilde{S} = S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_{N_b}$$

[0135]

[0136] 와 같다. 여기서 N_b 는 왜곡 종류의 수이다. 또한 $\tilde{S}$ 는 $\tilde{S} = \{\tilde{h}_1, \tilde{h}_2, \dots, \tilde{h}_{\tilde{N}_f}\}$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 $\tilde{N}_f$ 는 필터 선택 과정을 수행한 후 선택된 필터의 수를 나타낸다.

[0137] 다음으로 도 6(b)의 필터 제거 과정에 대해 설명한다. 필터 제거 과정은 전체 성능을 높이기 위해 제안되었다. 필터 제거 과정은 필터 선택 과정과 반대로 이미 선택된 필터들에서 하나씩 제거하여 성능을 평가하고 전체 성능에서 가장 작은 Pearson CC값을 가지는 필터를 제거한다. 도 6의 필터 선택 과정과 필터 제거 과정을 모두 거치고 난 후, 최종 선택된 필터들은

$$\bar{S} = \{\bar{h}_1, \bar{h}_2, \dots, \bar{h}_{\bar{N}_f}\}$$

와 같으며, 여기서 $\bar{N}_f$ 는 최종 선택된 필터들의 수를 나타낸다.

최종 선택된 필터들에 대한 화질 평가 척도를 하나의 화질 평가 척도로 결합하여 영상의 화질을 평가한다. 표 2 은 제안한 필터 선택 과정의 성능을 나타낸다. 필터 선택 방법의 과정을 거치면서 성능이 향상되는 것을 볼 수 있다.

표 2

	JP2K	JPEG	WN	GBlur	FF	All data
w/o filter selection	0.9602	0.9807	0.9773	0.9380	0.8189	0.9248
After 1st step	0.9737	0.9860	0.9828	0.9632	0.9127	0.9522
After 2nd step	0.9741	0.9830	0.9721	0.9680	0.9627	0.9614

제1회귀 분석부(550)는 필터 선택부(540)에서 선택된 필터에 대응하는 화질평가척도들을 회귀 분석(regression)을 이용해 스케일링한다. 필터 선택부(540)를 통해 얻은 선택된 필터에 대응하는 화질평가척도들을 결합하여 하나의 화질 평가 척도로 사용하기 전에 각 필터들에 대한 화질평가척도들은 실제 스케일이 다르기 때문에 직접 결합하여 사용하는 것에는 문제가 있다. 따라서 화질평가척도들을 DMOS와 선형 회귀 분석을 통해 피팅하여 스케일링한다.

최종 화질평가척도 생성부(560)는 스케일링된 화질평가척도들을 결합하여 최종 화질평가척도를 산출한다. 최종 적으로 제안하는 최종 화질 평가 척도는

$$CSF = \frac{1}{\bar{N}_f} \sum_{j=1}^{\bar{N}_f} \frac{\bar{q}_{ij} - \bar{\mu}_j}{\bar{\sigma}_j}$$

로 정의된다. 여기서 $\bar{m}_j$ 와 $\bar{\sigma}_j$ 는 각각

$$\bar{m}_j = \frac{1}{N_I} \sum_{i=1}^{N_I} \bar{q}_{ij}, \quad \bar{\sigma}_j = \sqrt{\frac{1}{N_I} \sum_{i=1}^{N_I} (\bar{q}_{ij} - \bar{m}_j)^2}$$

와 같다.

제2회귀 분석부(570)는 최종 화질평가척도 생성부(560)에서 생성된 최종 화질평가척도들을 DMOS와의 회귀 분석(regression)을 이용해 스케일링한다.

성능 평가부(580)는 화질 평가 방법의 성능 평가를 위해 스케일링된 화질 평가 척도와 DMOS의 유사도를 측정하여 화질 평가 방법의 성능을 평가한다.

- [0150] 도 7은 본 발명의 제 2 실시예에 따른 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 방법의 흐름도이다.
- [0151] 710 단계에서 화질 평가 장치는 원 영상과 열화 영상을 복수 개의 필터별로 필터링한다.
- [0152] 720 단계에서 화질 평가 장치는 필터별 필터링 결과에 CS 측정 행렬을 적용하여 상기 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 측정치를 생성한다.
- [0153] 730 단계에서 화질 평가 장치는 원 영상과 열화 영상의 i번째 영상과 j번째 필터의 필터 출력에 대응하는 측정치들 간의 차이를 비교하고, 이를 이용하여 화질평가척도를 생성한다.
- [0154] 740 단계에서 화질 평가 장치는 왜곡 종류별로 복수 개의 필터들 각각에 대응하는 화질평가척도를 조합하여 생성되는 최종 화질평가척도와 DMOS를 서로 비교한 결과들 중에서 상기 DMOS에 가장 유사한 최종 화질평가척도에 대응하는 필터의 조합을 선택한다. 각 왜곡 종류별로 선택된 필터들의 조합을 합하여 최종적으로 필터의 조합을 선택하게 된다.
- [0155] 750 단계에서 화질 평가 장치는 선택된 필터의 조합에 포함된 필터 중 DMOS와의 유사도에 미치는 영향이 가장 작은 필터를 선택된 필터의 조합으로부터 제거한다.
- [0156] 760 단계에서 화질 평가 장치는 선택된 필터의 조합에 대응하는 화질평가척도들을 회귀 분석(regression)을 이용해 스케일링한다.
- [0157] 770 단계에서 화질 평가 장치는 스케일링된 화질평가척도들을 결합하여 최종 화질평가척도를 산출한다.
- [0158] 780 단계에서 화질 평가 장치는 생성된 최종 화질평가척도를 DMOS와의 회귀 분석(regression)을 이용해 스케일링한다.
- [0159] 790 단계에서 화질 평가 장치는 780 단계에서 스케일링된 최종 화질평가척도와 DMOS의 유사도를 측정하여 화질 평가 방법의 성능을 평가한다.
- [0160] 한편, 일반적으로 대부분의 화질 평가 방법들은 RGB 영상에서 휘도 성분만을 이용해 화질을 평가한다. 이것은 휘도 성분에 색 정보가 반영되어 있기 때문에 화질 평가를 수행할 때 휘도 성분만을 사용하여도 성능 저하가 크게 일어나지 않는다. 하지만, RGB 영상이 휘도 영상으로 변환되는 과정에서 정보의 손실이 불가피하다. 따라서 컬러 영상의 화질을 평가할 때, 반드시 컬러 정보를 이용하는 것이 필요하며, 이를 위해 opponent 컬러를 이용한 화질 평가 방법으로, 밝기 (I) 성분과 R-G, Y-B 성분에 대한 화질 평가 수치를 weighted sum하여 화질을 평가하는 방법을 개시한다.
- [0161] 컬러에 대한 사람의 인지적 특성을 잘 반영하는 컬러 공간으로 opponent 컬러 공간을 들 수 있다. RGB를 opponent 컬러로의 가장 간단한 변환은
- [0162] $I=R+G+B$
- [0163] $RG=R-G$
- [0164] $YB=2B-R-G$
- [0165] 로 정의된다. I는 achromatic 채널이며, YB와 RG 두 채널이 opponent 채널이다. 각 채널에 대해 CSF를 적용하고 각 CSF를 weighted sum하여 화질 평가 척도를 구할 수 있다. 따라서 opponent 컬러를 이용한 화질 평가 척도 CSF_{OC} 는
- [0166]
$$CSF_{OC}=\alpha \times CSF_I+\beta \times CSF_{RG}+\gamma \times CSF_{YB}$$
- [0167] 로 정의되며, 여기서 α , β , γ 는 웨이트이다.
- [0168] 이상에서는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 필터 출력에 CS를 적용하여 화질을 평가하는 장치를 개시하였다. 필터 출력이 최소하다는 것을 이용해 전체 화소에 대해 차이값을 내는 것이 아닌 측정 행렬을 통해 얻은 측정치들의 차이로 화질을 평가하는 방법을 설명하였다. 이를 위해서 필터로는 그래디언트 필터와 LoG 필터, 그리고 가버 필터를 이용하였고, 측정 행렬로는 PM 행렬을 사용할 수 있다. 또한 필터 선택 방법을 개시하여 화질 평가 방법의 성능을 개선하였다. 일반적인 화질 평가 방법에서 휘도 성분만 대해서만 화질 평가를 하지만, 본 발명에서는 opponent 컬러를 이용한 화질 평가 방법을 개시하였다.

- [0169] 본 발명의 제 3 실시예에 따른 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 방법을 이하 살펴보기로 한다.
- [0170] 일반적으로 데이터를 최소화해 만들기 위해 사용되는 대표적인 방법은 기저 함수를 사용하는 것이다. 웨이블릿 변환을 통해 원 영상을 최소한 신호로 변환하는 것이 가능하며, 이러한 점을 이용해 주로 영상 압축에 사용하였다. 또한 웨이블릿(wavelet) 변환과 CS를 결합하여 여러 영상 처리 분야에 사용하고 있다. 본 발명의 제 3 실시예에 따른 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 장치에서는 웨이블릿 변환을 이용해 영상을 최소화해 만든 후, CS를 이용해 얻은 측정치들을 비교함으로써, 화질을 평가하는 방법을 개시한다.
- [0171] 본 발명의 제 3 실시예에서는 영상에서 구조적 왜곡이 생기면, 위상 (phase)의 변화를 야기하기 때문에, 위상까지 고려해 줄 수 있는 복소 가우시안 웨이블릿 변환을 사용한다. 일반적으로 웨이블릿 변환을 통해 얻은 웨이블릿 계수들은 최소한 특성을 갖는다. 따라서 이 계수들을 측정 과정을 통해 얻은 소수의 측정치들로 영상을 표현할 수 있으며, 소수의 측정치들을 비교함으로써, 영상의 화질을 평가할 수 있다.
- [0172] 웨이블릿 변환은 푸리에(Fourier) 변환과 같이 직교 (orthogonal) 특성을 갖는 신호 해석을 위한 도구이다. 웨이블릿 변환은 주파수 상에서 신호를 해석하는 푸리에 변환과 달리 시간-주파수 상에서 신호를 해석할 수 있는 방법을 제공한다. 연속 신호 $f(t)$ 에 대한 웨이블릿 변환식은
- $$CWT_f(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \phi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$$
- [0173]
- [0174] 와 같이 정의된다. 여기서 a 는 주사수상의 스케일링을 나타내며, b 는 시간상의 이동을 나타낸다. 그리고 $\phi(t)$ 는 마더(mother) 웨이블릿이다. 이때, 신호 $f(t)$ 와의 내적을 위해 사용되는 함수는
- $$\phi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \phi\left(\frac{t-b}{a}\right)$$
- 이다.
- [0175] 함수 $\phi_{a,b}(t)$ 를 웨이블릿이라 하고 함수 $\phi(t)$ 는 고정된 함수로서 마더 웨이블릿이라고 한다. 매개변수 b 를 변화시켜 시간상의 중심점을 변화시킬 수 있으며, 이때 각 $\phi_{a,b}(t)$ 는 $t = b$ 주변에 집중되어 분포한다. 또한 매개 변수 a 를 변화시켜 웨이블릿의 스케일을 변화시킬 수 있다.
- [0176] 웨이블릿 변환은 스케일 a 를 조정함으로써 시간-주파수상의 배치를 변화시킬 수 있다. 작은 값의 a 에 대해서는 $\phi_{a,b}(t)$ 는 짧은 시간상의 길이와 높은 주파수를 갖게 되고 큰 값의 a 에 대해서는 긴 시간상의 길이와 낮은 주파수를 갖게 된다. 이런 이유로 웨이블릿 변환은 짧은 시간 동안에 존재하는 고주파 성분을 분석하는 데 더 효율적이다.
- [0177] 도 8은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 장치의 블록도이다.
- [0178] 도 8을 참조하면, 본 발명의 제 3 실시예에 따른 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 장치는 휘도값 추출부(810), 영상 분할부(820), 화질평가척도 생성부(830), 회귀 분석부(840), 및 성능 평가부(850)로 구성된다.
- [0179] 휘도값 추출부(810)는 원영상과 열화 영상이 입력으로 들어오면, 각 영상에 대해 휘도값을 추출한다.
- [0180] 영상 분할부(820)는 각 영상의 휘도값에 대해 복소 가우시안 웨이블릿 변환을 하여 영상을 각 단계별 및 각 대역별로 분할한다. 즉, 영상을 각 단계별로 분할하고, 분할된 각 단계마다 대역별로 분할한다.
- [0181] 이하에서는 웨이블릿 변환에 대하여 보다 상세하게 살펴보기로 한다.
- [0182] 도 9은 웨이블릿을 이용한 2차원 영상의 분할 및 합성 방법을 나타낸다.
- [0183] 도 10은 도 9의 2차원 영상의 분할 및 합성 방법을 이용한 웨이블릿 변환 3단계 분할도를 나타낸다.
- [0184] 도 9를 참조하면, 입력영상을 행과 열 방향으로 각각 필터링과 다운 샘플링(down sampling)을 반복하여 각 대역별로 영상을 분할할 수 있다. 여기서 ↓2는 행 방향과 열 방향으로 2 만큼의 다운 샘플링을 의미하고 ↑2는 행 방향과 열 방향으로 2 만큼의 업 샘플링을 의미한다. 또한 G와 H는 각각 저역 통과 필터와 고역 통과 필터를 나

타낸다.

[0185] 이때 저주파 대역에 해당하는 계수를 반복적으로 분할하여 도 10과 같이 다해상도 특성을 갖도록 할 수 있다. 다해상도로 분할된 영상은 각 대역별 영상의 특성에 적합한 방식으로 양자화할 수 있다. 또한 확장성 (scalability)에 좋은 특성을 갖는다.

[0186] 이하에서는 복소 가우시안 웨이블릿에 대해 살펴보기로 한다.

[0187] 복소 가우시안 웨이블릿은

$$\phi(t) = C_p e^{-it} e^{-t^2}$$

[0188] 로 정의된다. 여기서 상수 C_p 는 ϕ 의 p 차 미분의 2-norm이 1이 되도록 설정되며, j 는 $\sqrt{-1}$ 이다.

[0189] 도 11는 1차 복소 가우시안 웨이블릿을 나타낸다.

[0191] 도 12은 도 11의 복소 가우시안 웨이블릿을 이용해 3단계로 분할된 영상을 도시한 것이다. 도 12(a)와 도 12 (b)는 각각 원영상과 가우시안 블러에 의해 열화 영상을 나타내며, 도 12(c)와 도 12(d)는 각각 원영상과 열화 영상의 복소 가우시안 웨이블릿 분할 영상을 도시한 것이다. 도 12(c)와 도 12(d)에서 위쪽 영상과 아래쪽 영상 은 각각 실수부와 허수부를 나타낸 것으로, 도 12(c)와 도 12(d)에서 알 수 있듯이, 원영상과 열화 영상에 대한 웨이블릿 분할 영상에서 허수부의 영상들의 차이가 확연히 드러나는 것을 알 수 있다. 이것은 화질평가에 복소 가우시안 웨이블릿이 사용될 수 있음을 단적으로 보여주는 예이다.

[0192] 화질평가척도 생성부(830)는 복소 가우시안 웨이블릿 변환으로 각 단계별 및 각 대역별로 분할된 영상에 대하여 CS를 적용하여 화질평가척도를 생성한다.

[0193] 보다 상세하게 살펴보면, 복소 가우시안 웨이블릿 분할된 영상을 CS를 통해 얻은 측정치는

$$y^{k,n} = \Phi a^{k,n}$$

[0194] 로 정의된다. 여기서 k 와 n 은 각각 웨이블릿 변환의 단계와 대역을 나타내며, 도 10에서 k 는 3단계까지, n 은 LH, HL, HH의 3개의 대역을 사용한다. 여기서 복소 가우시안 웨이블릿 변환을 통해 영상을 분할하여 얻은 LH, HL, HH 대역에 대해 CS를 적용하여 얻은 측정치들 간의 차이를 통해 화질평가척도를 생성한다. 한편, LL 대역의 경우, 희소한 특성을 갖지 않기 때문에, 희소한 특성을 가지는 나머지 세 개의 대역에 대해서만 CS를 적용한다.

[0196] 따라서 각 단계별, 대역별 화질평가척도는

$$Q^{k,n} = \frac{10}{V \times H} \sum_{v=1}^V \sum_{h=1}^H \log \left(\frac{255^2}{\frac{1}{M} \times \|y_r^{k,n}(v,h) - y_d^{k,n}(v,h)\|^2} \right)$$

[0197]

[0198] 와 같다. 여기서, M 은 측정치들의 수를 나타낸다.

[0199] 이렇게 각 단계별, 대역별 화질평가척도가 얻어지면 이것을 하나의 화질 평가 척도로 만들어주는 과정이 필요하다. 본 발명의 제 3 실시예에 따른 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 장치에서는 각 단계별, 대역별 화질 평가 척도들을 평균냄으로써 화질 평가 척도를 얻는다. 따라서 화질 평가 척도 CSCW는

$$CSCW = \sum_k \sum_n Q^{k,n}$$

[0200]

[0201] 로 정의된다. 각 단계별, 대역별 화질 평가 척도를 얻고 각 단계별, 대역별 화질평가척도들을 평균냄으로써 전체 화질평가척도를 얻는다.

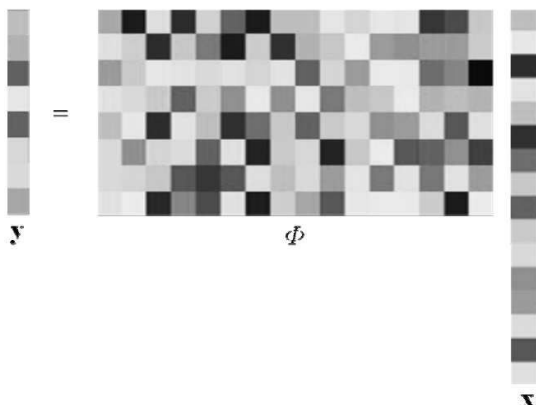
[0202] 회귀 분석부(840)는 전체 화질평가척도를(CSCW) 회귀 분석(regression)을 이용해 스케일링한다.

[0203] 성능 평가부(850)는 스케일링된 화질평가척도와 DMOS의 유사도를 측정하여 화질 평가 방법의 성능 평가한다.

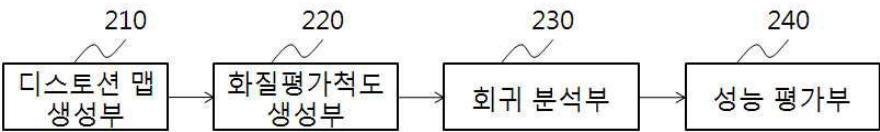
- [0204] 도 13은 본 발명의 제 3 실시예에 따른 CS와 복소 가우시안 웨이블릿을 이용한 화질 평가 방법의 흐름도이다.
- [0205] 1310 단계에서 화질 평가 장치는 원영상과 열화 영상이 입력으로 들어오면, 각 영상에 대해 휘도값을 추출한다.
- [0206] 1320 단계에서 화질 평가 장치는 각 영상의 휘도값에 대해 복소 가우시안 웨이블릿 변환을 하여 각 단계별 및 각 대역별로 영상을 분할한다.
- [0207] 1330 단계에서 화질 평가 장치는 각 단계별 및 각 대역별로 분할된 영상들에 대해 CS 측정 행렬을 적용하여 각 단계별 및 각 대역별로 측정치를 생성한다.
- [0208] 1340 단계에서 화질 평가 장치는 각 단계별 및 각 대역별 측정치를 이용하여 각 단계별 및 각 대역별로 화질평가척도를 생성한다.
- [0209] 1350 단계에서 화질 평가 장치는 생성된 각 단계별 및 각 대역별 화질평가척도를 평균함으로써 최종 화질평가척도를 생성한다.
- [0210] 1360 단계에서 화질 평가 장치는 생성된 최종 화질평가척도를 회귀 분석(regression)을 이용해 스케일링한다.
- [0211] 1370 단계에서 화질 평가 장치는 스케일링된 최종 화질평가척도와 DMOS의 유사도를 측정하여 화질 평가 방법의 성능을 평가한다.
- [0212] 본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 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. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0213] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

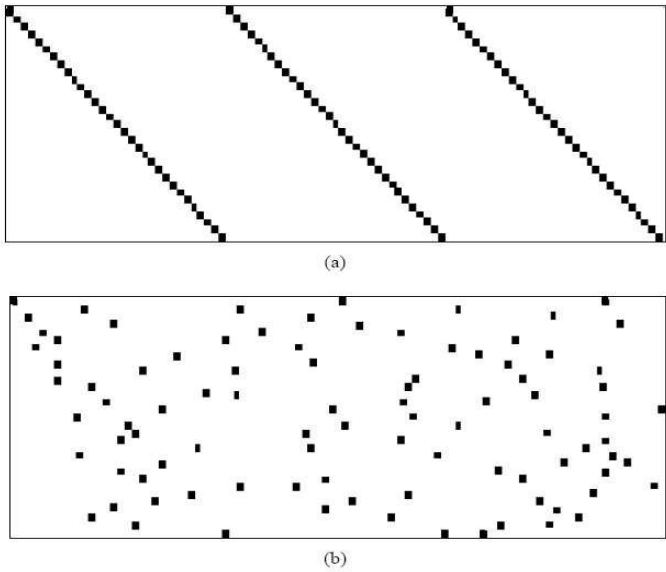
도면1



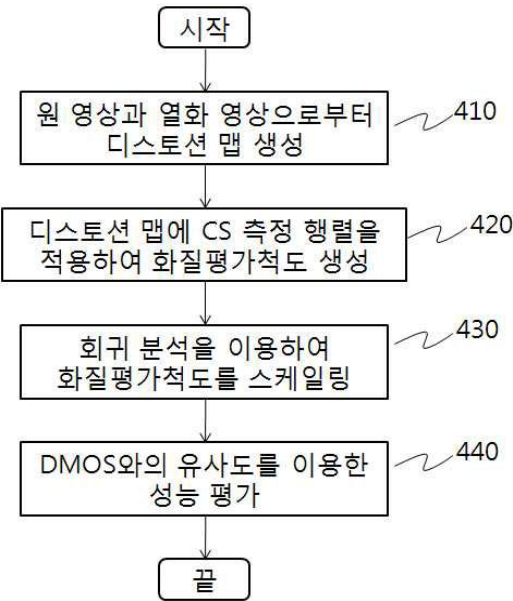
도면2



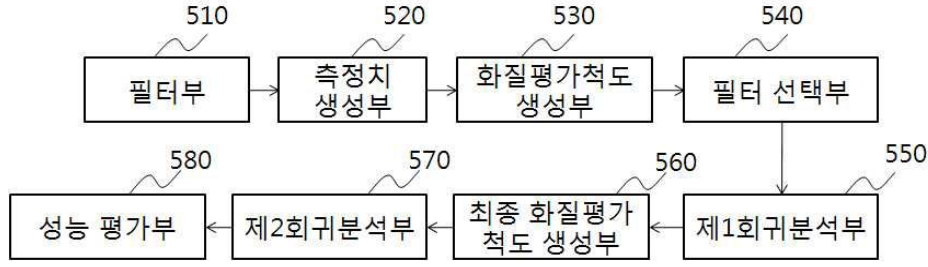
도면3



도면4



도면5



도면6

U : Set of filters

S : Set of selected filter

$\tilde{S} = \{\tilde{h}_1, \tilde{h}_2, \dots, \tilde{h}_{N_f}\}$, set of selected filters after

first filter selection step

$U = H, S = \emptyset$

repeat

For each filter h_j in U

calculate the mean vector $\mathbf{m}_{S \cup \{h_j\}}$ of quality

measures for all filters in $S \cup \{h_j\}$

calculate $P(\mathbf{m}_{S \cup \{h_j\}}, \mathbf{d})$

$j^* = \max_j P(\mathbf{m}_{S \cup \{h_j\}}, \mathbf{d})$

$\Delta P_S = P(\mathbf{m}_{S \cup \{h_{j^*}\}}, \mathbf{d}) - P(\mathbf{m}_S, \mathbf{d})$

If $\Delta P_S > \varepsilon_S$, then

$S = S \cup \{h_{j^*}\}, U = U \setminus \{h_{j^*}\}$

until $\Delta P_S \leq \varepsilon_S$

repeat

For each filter $\tilde{h}_j$ in $\tilde{S}$

calculate the mean vector $\mathbf{m}_{\tilde{S} \setminus \{\tilde{h}_j\}}$ of quality

measures for all filters in $\tilde{S} \setminus \{\tilde{h}_j\}$

calculate $P(\mathbf{m}_{\tilde{S} \setminus \{\tilde{h}_j\}}, \mathbf{d})$

$j^* = \max_j P(\mathbf{m}_{\tilde{S} \setminus \{\tilde{h}_j\}}, \mathbf{d})$

$\Delta P_E = P(\mathbf{m}_{\tilde{S} \setminus \{\tilde{h}_{j^*}\}}, \mathbf{d}) - P(\mathbf{m}_{\tilde{S}}, \mathbf{d})$

If $\Delta P_E > \varepsilon_E$ then

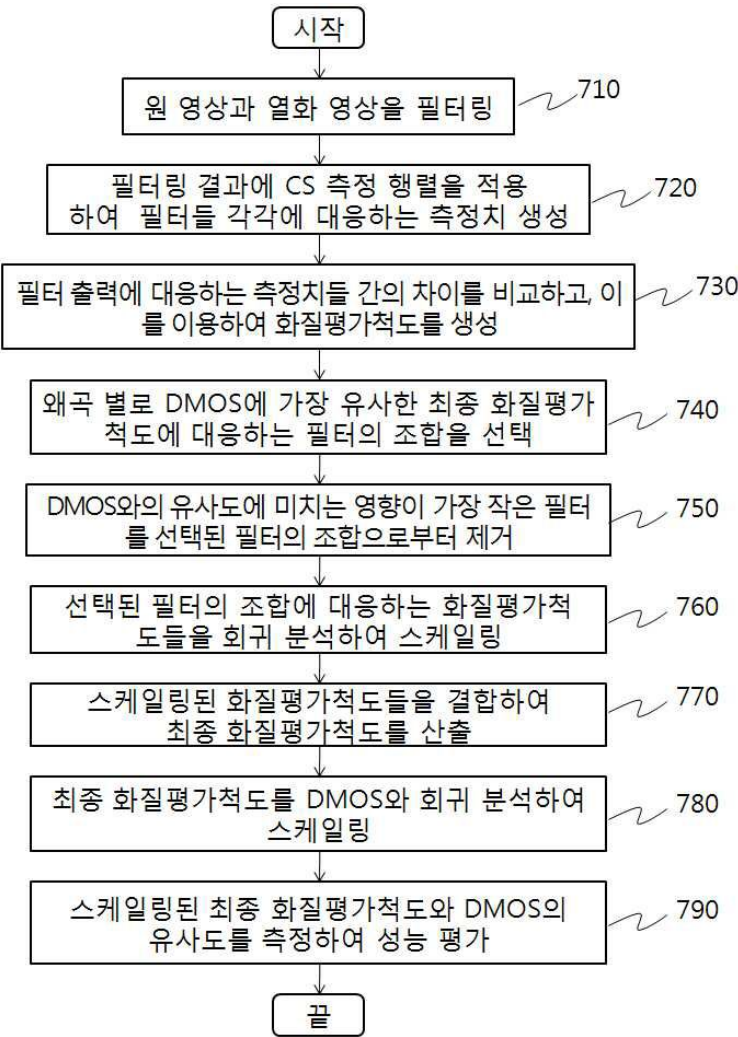
$\tilde{S} = \tilde{S} \setminus \{\tilde{h}_{j^*}\}$

until $\Delta P_E \leq \varepsilon_E$

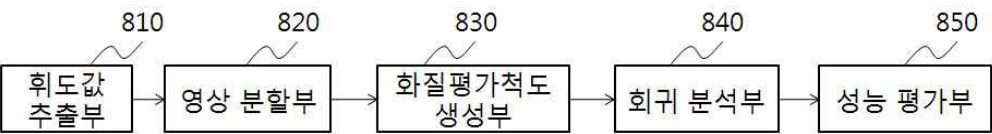
(a)

(b)

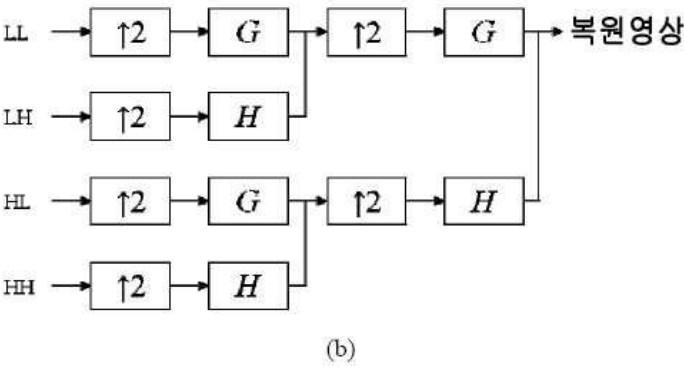
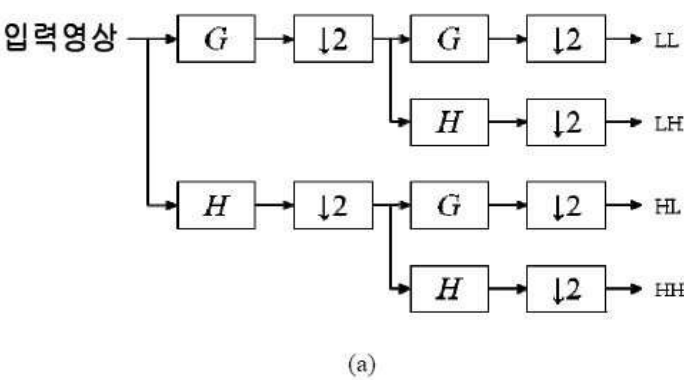
도면7



도면8



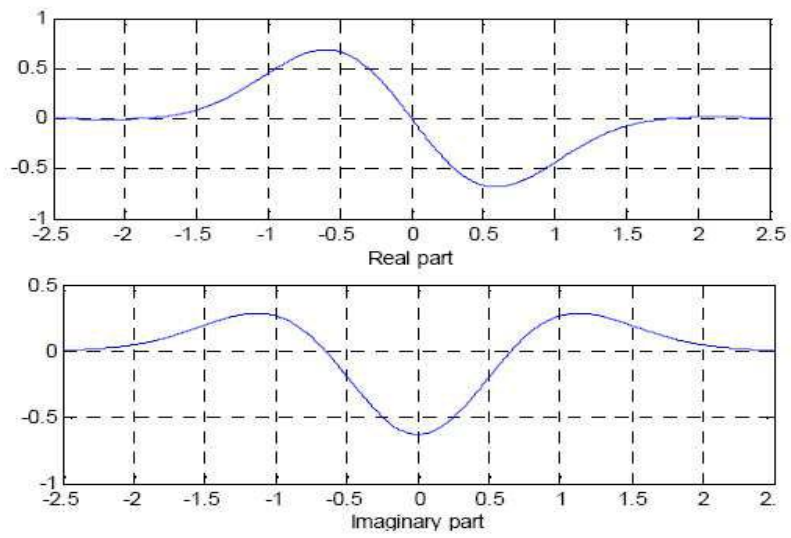
도면9



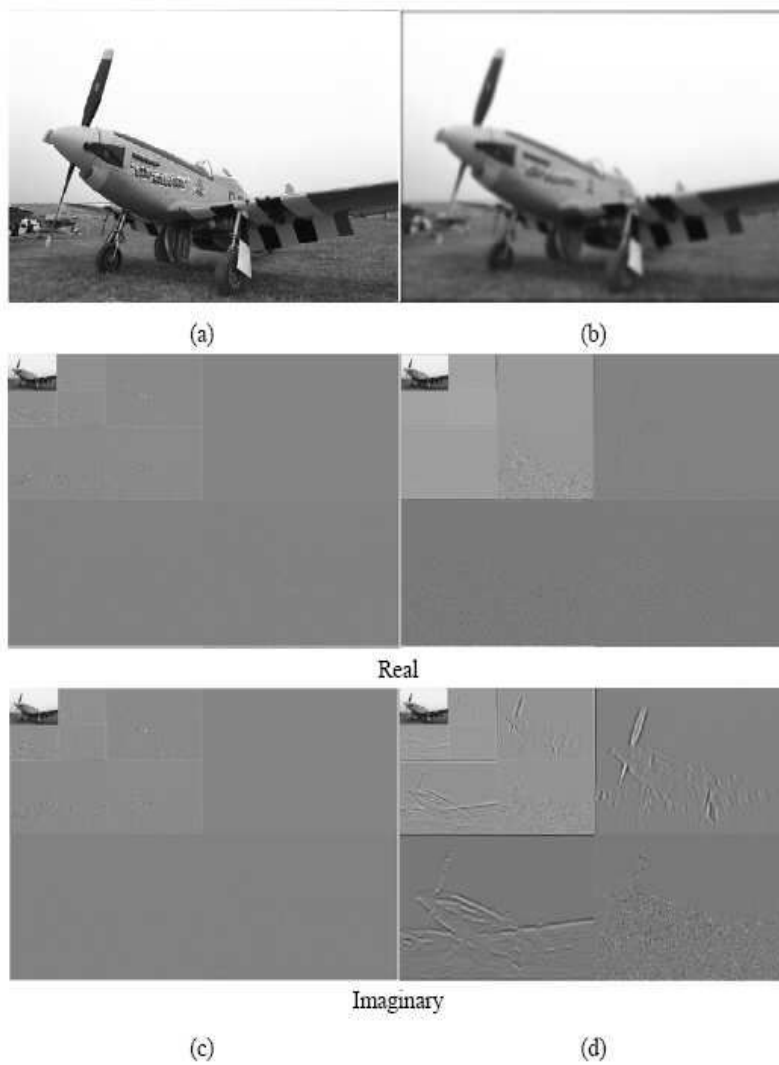
도면10

LL3	HL3	HL2	HL1
LH3	HH3		
LH2		HH2	
LH1			HH1

도면11



도면12



도면13

