(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0006417
(43) 공개일자 2012년01월18일

(51) Int. Cl.
H04N 5/74 (2006.01) *G06T 5/00* (2006.01)
G03B 21/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0067129
(22) 출원일자 2010년07월12일
심사청구일자 2010년07월12일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
이병욱
서울특별시 마포구 상암동 상암월드컵파크4단지아파트 404동 1202호
박준희
서울특별시 송파구 위례성대로 176, 5동 1203호 (오금동, 대림아파트)
(74) 대리인
김건우

전체 청구항 수 : 총 4 항

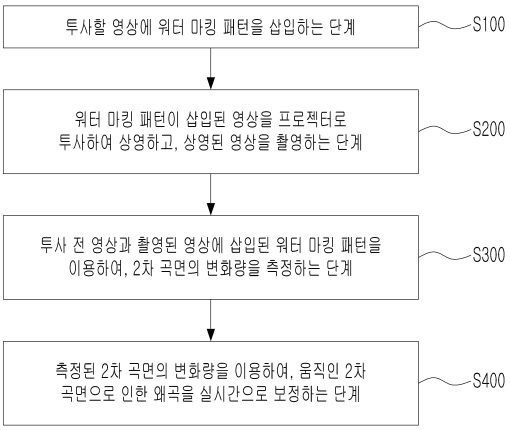
(54) 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법

(57) 요 약

본 발명은 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 (1) 투사할 영상에 워터 마킹 패턴을 삽입하는 단계, (2) 상기 워터 마킹 패턴이 삽입된 영상을 프로젝터로 투사하여 상영하고, 상기 상영된 영상을 촬영하는 단계, (3) 상기 투사 전 영상과 상기 촬영된 영상에 삽입된 각각의 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하고, 상기 추출한 영상의 특징점의 변화를 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계, 및 (4) 상기 측정된 2차 곡면의 변화량을 이용하여, 움직인 2차 곡면으로 인한 왜곡을 실시간으로 보정하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명에서 제안하고 있는 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법에 따르면, 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하고 추출한 영상의 특징점의 변화를 이용하여 2차 곡면의 변화량을 계산하여 2차 곡면으로 인한 왜곡을 보정함으로써, 곡면에 대한 영상의 왜곡을 효과적으로 보정하고, 영상의 상영 도중에 발생하는 스크린 변형으로 인한 영상의 왜곡을 보정하며, 스크린의 3차원 형상 측정을 하지 않고도 2차원 영상 좌표의 변화를 측정하여 실시간으로 왜곡 정도를 계산하여 보정할 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

워터 마킹 패턴을 이용한 영상의 왜곡 보정 방법으로서,

(1) 투사할 영상에 워터 마킹 패턴을 삽입하는 단계;

(2) 상기 워터 마킹 패턴이 삽입된 영상을 프로젝터로 투사하여 상영하고, 상기 상영된 영상을 촬영하는 단계;

(3) 상기 투사 전 영상과 상기 촬영된 영상에 삽입된 각각의 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하고, 상기 추출한 영상의 특징점의 변화를 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계; 및

(4) 상기 측정된 2차 곡면의 변화량을 이용하여, 2차 곡면의 움직임으로 인한 왜곡을 실시간으로 보정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 (3)에서는,

a. 상기 투사 전 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하여 2차 곡면을 측정하는 단계;

b. 상기 2차 곡면이 움직일 경우, 상기 단계 (2)에서 촬영된 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 추출하여 상기 투사 전 영상과 상기 촬영된 영상의 특징점의 영상 좌표의 변화량을 계산하는 단계; 및

c. 상기 특징점의 영상 좌표의 변화량을 이용하여 상기 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 단계 (1)에서,

상기 워터 마킹 패턴은 직교 패턴인 것을 특징으로 하는 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 (1)에서,

투사할 영상의 일부분에만 워터 마킹 패턴을 삽입하는 것을 특징으로 하는 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 영상의 워터 마킹 패턴을 이용한 왜곡 보정 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 투사할 영상에 워터 마킹 패턴을 삽입하여 워터 마킹 패턴이 삽입된 영상의 변화를 계산함으로써 2차 곡면에 의한 영상의 기하학적 왜곡을 추정 및 보정하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 투사(projection)된 영상의 왜곡 보정에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데, 대부분의 연구는 투사된 이미지를 사용자의 위치에서 카메라로 촬영하여 원본 이미지와 촬영한 이미지를 비교함으로써 왜곡 정도를 추정하는

프로젝터-카메라 시스템의 피드백(feedback) 방식을 기반으로 하고 있다.

[0003] 기존의 연구 중에는 눈에 보이는 구조화된 광(structured light)을 이용한 방법이 있는데, 이 방법은 별도의 왜곡 추정 시간이 필요하고, 원하는 이미지를 상영하기 전에 일회성으로 사용되는 단점이 있다. 이것을 보완하기 위해 보이지 않는 구조화 광을 이용하여, 투사하는 중에도 왜곡 추정이 가능하도록 하는 방법이 소개되었다. 그러나 이 방법은 투사된 영상으로부터 구조화 광을 추출하는데 어려움이 있다. 구조화 광을 사용하지 않고, 영상에 존재하는 특징부(feature)의 기하학적 왜곡을 추정하는 방법도 연구되었다. 그런데 이 방법은 영상의 특징부에 의해 왜곡 정도를 추정하는 성능이 좌우되기 때문에 간단한 밝기(intensity) 조정이나 기하학적 왜곡 보정에만 한정적으로 사용되고 있다.

[0004] 또한, 워터 마킹 패턴을 이용한 영상의 기하학적 왜곡 보정 방법이 제안된 바 있으나, 이 방법은 점 대응에 의한 아핀 변환(affine transformation)에 한정된다는 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 기존에 제안된 방법들의 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하고 추출한 영상의 특징점의 변화를 이용해 2차 곡면의 변화량을 계산하여 2차 곡면으로 인한 왜곡을 보정함으로써, 곡면에 대한 영상의 왜곡을 효과적으로 보정하고, 영상의 상영 도중에 발생하는 스크린 변형으로 인한 영상의 왜곡을 보정하며, 스크린의 3차원 형상 측정을 하지 않고도 2차원 영상 좌표의 변화를 측정하여 실시간으로 왜곡 정도를 계산하여 보정할 수 있는, 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법은,

[0007] (1) 투사할 영상에 워터 마킹 패턴을 삽입하는 단계;

[0008] (2) 상기 워터 마킹 패턴이 삽입된 영상을 프로젝터로 투사하여 상영하고, 상기 상영된 영상을 촬영하는 단계;

[0009] (3) 상기 투사 전 영상과 상기 촬영된 영상에 삽입된 각각의 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하고, 상기 추출한 영상의 특징점의 변화를 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계; 및

[0010] (4) 상기 측정된 2차 곡면의 변화량을 이용하여, 2차 곡면의 움직임으로 인한 왜곡을 실시간으로 보정하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

[0011] 바람직하게는, 상기 단계 (3)에서는,

[0012] a. 상기 투사 전 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하여 2차 곡면을 측정하는 단계;

[0013] b. 상기 2차 곡면이 움직일 경우, 상기 단계 (2)에서 촬영된 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 추출하여 상기 투사 전 영상과 상기 촬영된 영상의 특징점의 영상 좌표의 변화량을 계산하는 단계; 및

[0014] c. 상기 특징점의 영상 좌표의 변화량을 이용하여 상기 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 바람직하게는, 상기 단계 (1)에서,

[0016] 상기 워터 마킹 패턴은 직교 패턴일 수 있다.

[0017] 바람직하게는, 상기 단계 (1)에서,

[0018] 투사할 영상의 일부분에만 워터 마킹 패턴을 삽입할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에서 제안하고 있는 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법에 따르면, 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하고 추출한 영상의 특징점의 변화를 이용해 2차 곡면의 변화량을 계산하여 2차 곡면으로 인한 왜곡을 보정함으로써, 곡면에 대한 영상의 왜곡을 효과적으로 보정하고, 영상의 상영 도중에 발생하는 스크린 변형으로 인한 영상의 왜곡을 보정하며, 스크린의 3차원 형상 측정을 하지 않고도 2차원 영상 좌표의 변화를 측정하여 실시간으로 왜곡 정도를 계산하여 보정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법의 흐름을 도시한 도면.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법에서 워터 마킹 패턴을 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계의 세부적인 흐름을 도시한 도면.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법을 테스트하기 위해 사용된 밝기 왜곡 모델을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다.

[0022] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결' 되어 있다고 할 때, 이는 '직접적으로 연결' 되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 '간접적으로 연결' 되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 '포함' 한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0023] 곡면에 투사된 영상은 프로젝터의 비선형 특성으로 인하여 밝기(intensity) 왜곡이 일어나고, 블러링(blurring)이 발생하며, 잡음(noise)이 더해진다. 이와 같이 변형된 영상은 화면의 곡률과 촬영하는 카메라의 위치에 따라 기하학적 변형이 발생한다. 동시에, 곡면 스크린과 프로젝터 사이의 거리, 곡면 스크린과 카메라 사이의 거리에 따라 스크린의 각 위치에 영상의 밝기 왜곡이 발생한다. 그리고 카메라로 촬영하는 과정에서 카메라 특성에 의해 다시 블러링이 발생하고, 잡음이 더해진다.

[0024] 위 과정을 식으로 간단하게 표현하기 위하여, 프로젝터와 카메라에 의한 두 번의 변형 과정을 하나로 묶어서 밝기 왜곡과 블러링을 각각 $W_{intensity}$와 W_{blu}로, 잡음을 n으로 표현할 경우, 사이즈가 M×N인 원본 이미지 O를 평면에 투사한 영상 $O_{proj,flat}$는 다음 수학식 1과 같은 행렬 연산으로 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0025] $$\mathbf{O}_{proj.flat} = \mathbf{W}_{blur}(\mathbf{W}_{intensity}\mathbf{O} + \mathbf{n})$$

[0026] 스크린의 곡률이 작을 경우, 곡면 스크린에 의해 발생하는 영상의 기하학적 왜곡을 변이(translation)로 근사화

(approximation)시키면, 변이에 대한 보정만으로 평면에 투사된 영상과 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0027] 곡면에 투사한 영상은 다음 수학식 2와 같이 $O_{proj,flat}$에 스크린의 형태에 의해 발생하는 변이와 밝기 왜곡을 추가한 $O_{proj,curve}$로 표현할 수 있다.

수학식 2

$$\mathbf{O}_{proj.curve}(i,j) = \mathbf{S}_{intensity}(i,j)\mathbf{O}_{proj.flat}(i-\mathbf{t}_y(i,j), j-\mathbf{t}_x(i,j))$$
$$i=\{1,2,\cdots,M\},\ j=\{1,2,\cdots,N\}$$

[0028]

[0029] 상기 수학식 2에서 $S_{intensity}$는 스크린의 위치에 따라 프로젝터와 스크린 사이의 거리 및 스크린과 카메라 사이의 거리가 다르기 때문에 발생하는 각 화소의 밝기 왜곡을 나타내는 행렬이고, t_y와 t_x는 각 화소의 y축과 x축 변이를 의미하는 행렬이다.

[0030] 본 발명의 목적은 프로젝터와 카메라 특성에 의한 영상의 밝기 왜곡보다 곡면 스크린으로 인한 영상의 기하학적 왜곡을 추정하는 것이므로, 앞서 언급한 스크린의 곡률이 작을 경우라는 가정 하에서 왜곡 추정 문제를 상기 수학식 2의 t_y와 t_x를 구하는 것으로서 정의하면, 곡률이 심한 스크린의 왜곡 보정에서 문제가 생기게 된다.

[0031] 기존 발명에서는 기본적으로 프로젝터-카메라 시스템을 이용하여, 원본 영상 O와 곡면 스크린에 투사된 후 촬영하여 얻는 왜곡 영상 $O_{proj,curve}$를 비교하여 왜곡 정도를 추정하는 방법을 선택하였다. 특히, 밝기-기반 움직임 벡터 알고리즘(intensity-based motion vector algorithm)을 사용하였다. 그리고 화소 단위의 움직임 추정은 잡음에 민감하고 illposed-problem으로 인해 움직임의 추정의 정확성이 떨어지고, 블록 단위 움직임 추정은 영상을 작은 평면 조각으로 나누어 보정하기 때문에 곡면에 대한 영상 왜곡 보정에 한계가 있다.

[0032] 따라서 본 발명에서는 영상의 2차 곡면 형태를 고려하여 더욱더 일반적인 경우로 확장하여, 특징점의 변화량을 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하여 영상 왜곡 보정을 수행하는 방법을 사용하였다. 즉, 본 발명에서는 영상의 기하학적 왜곡을 추정하는 방법으로 2차 곡면 모델링 방법을 사용하였다.

[0033] 2차 곡면 스크린을 2차 매트릭스(quadric matrix) Q로 나타낼 수 있고, 3차원 호모지니어스(homogeneous) 좌표 X가 스크린 Q 위에 있으면 수학식 3처럼 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$\mathbf{X}^{\mathrm{T}}\mathbf{Q}\mathbf{X}=0$$
$$where\ \mathbf{Q}=\begin{bmatrix} a & b & c & d \\ b & e & f & g \\ c & f & h & i \\ d & g & i & 1 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{33} & \mathbf{q} \\ \mathbf{q}^{\mathrm{T}} & 1 \end{bmatrix},\ \mathbf{X}=[x\ y\ z\ 1]^T$$

[0034]

[0035] 프로젝터에서 영상을 2차 곡면 스크린에 투영하고, 카메라에서 이를 관찰 할 때, 이 두 좌표로부터 3차원 좌표를 구해서 상기 수학식 3을 이용하여 스크린의 2차 매트릭스(matrix)를 구할 수 있다.

[0036] 2차 곡면 스크린에 영상을 투영하고 이를 관찰할 때 곡면 스크린에 의해 영상에는 기하학적 왜곡이 나타나는데, 이를 2차 변환(quadric transfer)으로 다음 수학식 4와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

[0037]
$$\mathbf{x}' = \mathbf{A}\mathbf{x} \pm \sqrt{\mathbf{x}^{\mathrm{T}}\mathbf{E}\mathbf{x}}\,\mathbf{e},$$
$$where\ \mathbf{A} = \mathbf{B} - \mathbf{e}\mathbf{q}^{\mathrm{T}},\ \mathbf{E} = \mathbf{q}\mathbf{q}^{\mathrm{T}} - \mathbf{Q}_{33},$$
$$\mathbf{x}' = [x'\ y'\ z'],\ \mathbf{x} = [x\ y\ z]$$

[0038] 상기 수학식 4에서 ' 는 변한 후의 좌표를 나타내고, B는 카메라와 프로젝터 좌표 사이의 호모그래피(homography), e는 에피폴(epipole)을 나타낸다. 상기 수학식 4를 이용하여 2차 변환을 통해 카메라 좌표와 프로젝터 좌표를 서로 변환할 수 있다. 즉, 2차 변환을 통해 2차 곡면 스크린에 투사하는 프로젝터 영상과 관측 카메라의 영상 좌표의 관계를 구하여 영상 왜곡을 보정할 수 있다.

[0039] 스크린이 움직일 경우, 관찰자인 카메라에서 보이는 좌표는 스크린의 이동에 따라 변화하게 된다. 스크린이 이동하더라도 관찰자에게 이동 전처럼 보이게 하기 위해서는 변화된 스크린의 2차 매트릭스(quadric matrix)를 구해서 이 매트릭스를 통한 2차 변환으로 새롭게 프로젝터 좌표를 구해야 한다. 즉, 변화된 카메라와 프로젝터 좌표를 이용하여 변화된 3차원 좌표를 구하고, 이를 통해 변화된 스크린의 2차 매트릭스를 구해야 한다. 본 발명에서는 다음 수학식 5와 같이 변화된 스크린의 2차 매트릭스를 변화되기 전의 2차 매트릭스 Q에 변화량 △Q을 더해서 모델링 하고, 2차 좌표의 이동량만을 이용하여 스크린의 2차 매트릭스의 변화량을 구하는 방법을 제안한다.

수학식 5

[0040]
$$\mathbf{Q}_{\mathrm{ch}} = \mathbf{Q} + \Delta\mathbf{Q}$$
$$\mathbf{x}' + \Delta\mathbf{x}' = (\mathbf{A} + \Delta\mathbf{A})\mathbf{x} \pm \sqrt{\mathbf{x}^{\mathrm{T}}(\mathbf{E} + \Delta\mathbf{E})\mathbf{x}}\,\mathbf{e}$$
$$where\ \Delta\mathbf{Q} = \begin{bmatrix} \Delta a & \Delta b & \Delta c & \Delta d \\ \Delta b & \Delta e & \Delta f & \Delta g \\ \Delta c & \Delta f & \Delta h & \Delta i \\ \Delta d & \Delta g & \Delta i & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta\mathbf{Q}_{33} & \Delta\mathbf{q} \\ \Delta\mathbf{q}^{\mathrm{T}} & 0 \end{bmatrix},$$
$$\Delta\mathbf{A} = -\mathbf{e}\Delta\mathbf{q}^{\mathrm{T}},\ \Delta\mathbf{E} = \mathbf{q}\Delta\mathbf{q}^{\mathrm{T}} + \Delta\mathbf{q}\mathbf{q}^{\mathrm{T}} + \Delta\mathbf{q}\Delta\mathbf{q}^{\mathrm{T}} - \Delta\mathbf{Q}_{33}$$

[0041] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법의 흐름을 도시한 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법은, 투사할 영상에 워터 마킹 패턴을 삽입하는 단계(S100), 워터 마킹 패턴이 삽입된 영상을 프로젝터로 투사하여 상영하고 상영된 영상을 촬영하는 단계(S200), 투사 전 영상과 촬영된 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계(S300), 및 측정된 2차 곡면의 변화량을 이용하여 2차 곡면의 움직임으로 인한 왜곡을 실시간으로 보정하는 단계(S400)를 포함하여 구현될 수 있다. 단계 S100에서, 워터 마킹 패턴은 직교 패턴인 것이 유리하며, 이에 따라 워터 마킹 패턴으로서 하다마드(Hadamard) 행렬을 이용할 수 있다. 또한, 하다마드 행렬에서 DC 행과 열을 제외한 행렬을 이용하는 것이 바람직하며, 하다마드 행렬에서 DC 행과 영을 제외한 행렬을 순열(Permutation)시킨 것을 이용하는 것이 더욱 바람직할 수 있다. 또한, 단계 S100에서, 투사할 영상의 일부분에만 워터 마킹 패턴을 삽입하는 것이 유리할 수 있다.

[0042] 이하에서는, 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법의 세부적인 단계에 대해 상세히 설명하도록 한다.

[0043] 단계 S100에서는, 투사할 영상에 워터 마킹 패턴을 삽입한다. 워터 마킹 패턴을 삽입함으로써 영상이 투사, 촬영, 왜곡되더라도 워터 마킹 패턴을 추적함으로써 영상의 왜곡 정도를 측정할 수 있게 된다.

[0044] 영상의 왜곡에 대한 추정은 강도의 변화에 의존하게 되므로 강도 왜곡이나 잡음에 민감하지 않도록 패턴을 설계하여야 한다.

[0045] 디지털 통신 시스템에서 사용되는 직교 코드가 바로 그러한 특성을 가지고 있다. {[1 1 1 1], [-1 1 -1 1], [-1 -1 1 1], [1 -1 -1 1]}의 직교 코드에서 첫 번째 [1 1 1 1] 코드를 보면, [1 1 1 1]과의 상관(correlation)만이 '4'이고, 다른 신호와의 상관은 '0'이 된다. 본 발명에서는 이러한 직교성을 응용하여 패턴을 설계하였다.

[0046] 직교 행렬인 하다마드(Hadamard) 행렬은 다음 수학식 6과 같이 생성할 수 있다.

수학식 6

[0047]
$$H_1 = [1],\ H_{2^l} = \begin{bmatrix} H_{2^{l-1}} & H_{2^{l-1}} \\ H_{2^{l-1}} & -H_{2^{l-1}} \end{bmatrix} = H_2 \otimes H_{2^{l-1}}$$

[0048] 본 발명에서는 하다마드 행렬을 영상에 더하여 입력해야 하기 때문에, 하다마드 행렬의 원소 중 '-1'과 '1'을 각각 '0'과 '1'로 대체한 후 설정한 패턴 크기를 곱하여 패턴을 만들었다. 이것을 HM 패턴이라 하고, 영상의 각 블록마다 더해지도록 복제(duplication)하고, HM 패턴에서 DC 행과 열을 제외하여 nHM 패턴을 사용하였다.

[0049] 워터 마킹 패턴은, 영상의 화질에 최소한의 영향을 주면서 영상의 기하학적 왜곡의 정확한 추정이 가능하도록 입력되어야 한다. 따라서 영상의 전체에 워터 마킹 패턴을 입력하는 것이 아니라 일부에만 입력할 수 있다. 즉, 영상 내에 특징점이 없는 단일 강도(uniform intensity) 영역에 워터 마킹 패턴을 삽입함으로써 이러한 목적을 달성할 수 있다.

[0050] 단계 S200에서는, 워터 마킹 패턴이 삽입된 영상을 프로젝터로 투사하여 상영하고, 상영된 영상을 촬영한다. 영상은 주로 평면이 아닌 곡면에 투사되고 이로 인해 영상의 왜곡이 생기게 되기 때문에, 상영된 영상을 촬영하여 비교함으로써 영상의 왜곡 정도를 추정하게 된다.

[0051] 단계 S300에서는, 투사 전 영상과 촬영된 영상에 삽입된 각각의 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하고, 추출한 영상의 특징점의 변화를 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정한다. 본 단계의 세부적인 흐름에 대해서는 추후 도 2를 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

[0052] 단계 S400에서는, 상기 측정된 2차 곡면의 변화량을 이용하여, 2차 곡면의 움직임으로 인한 왜곡을 실시간으로 보정한다. 이와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법을 이용하면, 별도의 왜곡 추정 시간이 필요하지 않아 실시간으로 왜곡을 보정하는 것이 가능하다.

[0053] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법에서 워터

마킹 패턴을 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계의 세부적인 흐름을 도시한 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법에서 단계 S300은, 투사 전 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하고 2차 곡면을 측정하는 단계(S310), 2차 곡면이 움직일 경우 워터 마킹 패턴을 추출하여 영상의 특징점의 영상 좌표의 변화량을 계산하는 단계(S320), 및 특징점의 영상 좌표의 변화량을 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계(S330)를 포함하여 구현될 수 있다.

[0054] 단계 S310에서는, 투사 전 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하여 2차 곡면을 측정한다. 일반적으로 이미지는 한 가지 강도만으로 이루어지기보다는 화소마다, 또는 영역마다 여러 가지 강도 값을 갖는다. 즉, 다양한 강도의 분포가 영상의 특징점을 만들어 내게 된다. 영상의 특징을 이루는 특징점을 추출하여 2차 곡면의 형태로 측정할 수 있는데, 이는 한 영상을 겹치지 않게 작은 블록들로 나누어 유사도를 측정하는 블록 매칭 방법에 비하여 그 적용 영역이 광범위하고, 3D 영화관의 스크린 보정 등에도 이용할 수 있어 그 활용도가 높을 뿐만 아니라, 곡면에 의한 영상 왜곡을 2차 곡면으로 모델링하므로 정확도가 높은 장점이 있다.

[0055] 단계 S320에서는, 2차 곡면이 움직일 경우, 단계 S200에서 촬영된 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 추출하여 투사 전 영상과 촬영된 영상의 특징점의 영상 좌표의 변화량을 계산한다. 현실적으로 2차 곡면의 이동과 특징점의 이동이 일치하지 않으므로, 특징점이 이동하는 변화량을 계산하여 2차 곡면의 움직임에 따른 왜곡을 추정할 수 있게 된다.

[0056] 단계 S330에서는, 특징점의 영상 좌표의 변화량을 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정한다. 2차 곡면의 변화량을 측정함으로써, 측정된 변화량을 이용하여 2차 곡면의 움직임으로 인한 왜곡을 보정할 수 있다. 화소 또는 블록 단위가 아닌 2차 곡면의 변화량을 이용하여 영상의 왜곡을 보정하기 때문에, 곡면에 대한 영상 왜곡 보정을 더욱 정확하게 수행할 수 있다.

[0057] 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법을 테스트하기 위해 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션을 통해 성능을 테스트하기 위한 왜곡 과정 모델을 단순화하기 위해, 곡면 스크린으로 인해 발생하는 밝기 왜곡 $S_{intensity}$는 생략하였다.

[0058] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법을 테스트하기 위해 사용된 밝기 왜곡 모델을 도시한 도면이다. 먼저 밝기 왜곡(intensity distortion)은 도 3의 그래프에 있는 $W_{intensity2}$와 같이 모델링된다. 도 3의 $W_{intensity1}$은 실제로 각각 0부터 255값의 밝기를 갖는 256개의 영상을 실험에 사용할 프로젝터와 카메라로 실제 촬영하여, 원래의 밝기인 입력 밝기와 촬영한 영상의 밝기인 출력 밝기와의 관계를 나타낸 그래프이다. $W_{intensity1}$의 형태를 보면, 100에서 200 사이의 밝기 값에서는 선형 특성을 보이지만, 그보다 작은 밝기 값이나 큰 밝기 값에서는 밝기 왜곡이 발생하여 비선형 특성을 보인다.

[0059] 다음으로 영상의 블러링 효과 W_{blur}는 영상을 사이즈가 7x7이고, 표준 편차가 1인 가우시안(Gaussian) 형태의 저대역 통과 필터(low pass filter)에 통과시킴으로써 만들었다.

[0060] 또한, 잡음 n은 가우시안 랜덤 잡음(Gaussian random noise)으로 모델링하였다. 잡음을 입력하기 전의 영상에 대한 잡음을 입력한 영상의 PSNR(Peak Signal to Noise Rate)이 20dB, 30dB, 40dB, 50dB가 되도록 가우시안 랜덤 수에 가중치를 주는 방식으로 잡음의 크기를 조절하여 영상에 더함으로써 잡음을 입력하였다.

[0061] 마지막으로 기하학적 왜곡 효과는 2차 변을 이용하여 참고 영상을 실험한 데이터로 만들었다. 영상에 가우시안 패턴을 삽입한 참고 영상과 곡면 스크린에 투사한 후 촬영한 영상을 블록 매칭 방법 및 본 발명에 의한 방법을 사용하여 왜곡 보정을 수행하였다.

[0062] 왜곡된 영상이 와핑(warping)된 것이 원본 영상이라 가정하고, 블록 매칭 방법에 따라, 아핀 변환 파라미터(affine transform parameter)를 구해 와핑 함수를 모델링함으로써 왜곡된 영상의 각 화소와 원본 영상 화소의 매핑 관계를 계산하여 블록 단위로 기하학적 왜곡을 보정하였다. 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 워터 마킹 패턴을 이용한 2차 곡면에 의한 영상의 왜곡 보정 방법을 이용하여 동일한 원본 영상을 2차 곡면으로 모델링하여 영상의 왜곡 보정을 수행하였다. 원본 영상과 아핀 변환에 의한 왜곡 보정 영상 및 본 발명에 의한 왜곡 보정 영상을 비교한 결과, 본 발명에 의한 왜곡 보정 방법에 의한 보정 영상의 영상 보정 효과가 우수한 것을 확인할 수 있었다.

[0063] 이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0064] S100: 투사할 영상에 워터 마킹 패턴을 삽입하는 단계

S200: 워터 마킹 패턴이 삽입된 영상을 프로젝터로 투사하여 상영하고, 상영된 영상을 촬영하는 단계

S300: 투사 전 영상과 촬영된 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계

S310: 투사 전 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하고 2차 곡면을 측정하는 단계

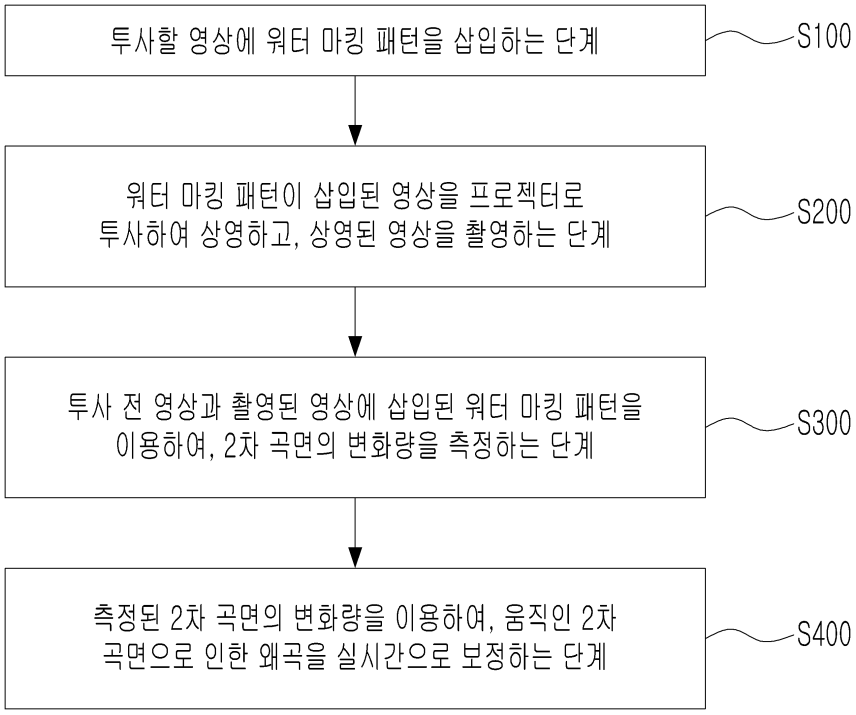
S320: 2차 곡면이 움직일 경우 워터 마킹 패턴을 추출하여 영상의 특징점의 영상 좌표의 변화량을 계산하는 단계

S330: 특징점의 영상 좌표의 변화량을 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계

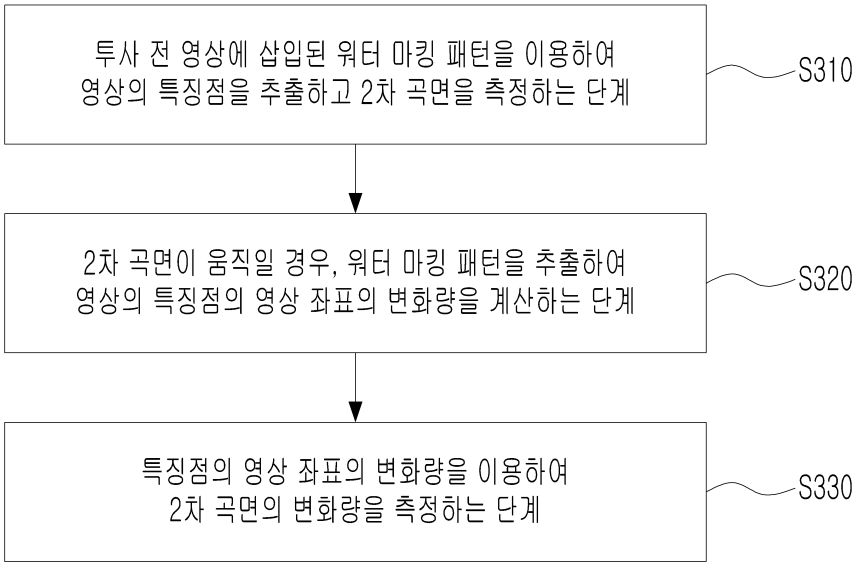
S400: 측정된 2차 곡면의 변화량을 이용하여 움직인 2차 곡면으로 인한 왜곡을 실시간으로 보정하는 단계

도면

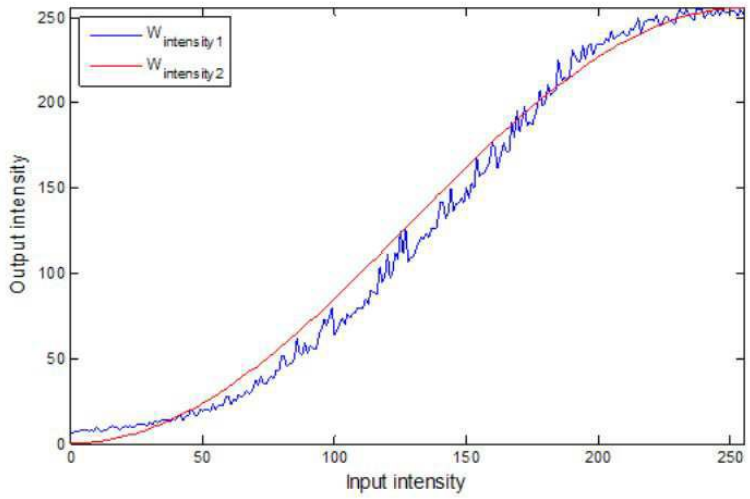
도면1


투사할 영상에 워터 마킹 패턴을 삽입하는 단계
S100
워터 마킹 패턴이 삽입된 영상을 프로젝터로 투사하여 상영하고, 상영된 영상을 촬영하는 단계
S200
투사 전 영상과 촬영된 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 이용하여, 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계
S300
측정된 2차 곡면의 변화량을 이용하여, 움직인 2차 곡면으로 인한 왜곡을 실시간으로 보정하는 단계
S400

도면2


투사 전 영상에 삽입된 워터 마킹 패턴을 이용하여 영상의 특징점을 추출하고 2차 곡면을 측정하는 단계
S310
2차 곡면이 움직일 경우, 워터 마킹 패턴을 추출하여 영상의 특징점의 영상 좌표의 변화량을 계산하는 단계
S320
특징점의 영상 좌표의 변화량을 이용하여 2차 곡면의 변화량을 측정하는 단계
S330

도면3


W intensity 1
W intensity 2
Output intensity
Input intensity
0
50
100
150
200
250