



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2020년10월20일  
(11) 등록번호 10-2167836  
(24) 등록일자 2020년10월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
HO4N 9/31 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
HO4N 9/31 (2019.01)  
HO4N 9/3179 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0128471  
(22) 출원일자 2015년09월10일  
심사청구일자 2018년12월14일  
(65) 공개번호 10-2017-0030926  
(43) 공개일자 2017년03월20일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2005347813 A\*  
KR101319777 B1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
한국과학기술원  
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)  
(72) 발명자  
노준용  
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)  
김범기  
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)  
(뒀면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 이정은

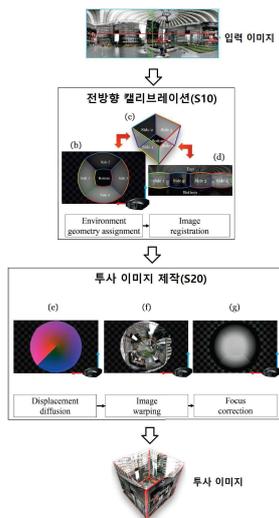
(54) 발명의 명칭 **단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법 및 시스템**

**(57) 요약**

본 발명은 일반적인 내부환경에서 프로젝터와 거울의 정확한 정렬없이 간단한 사용자 입력만을 이용하여 캘리브레이션을 수행할 수 있도록 하는 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법 및 시스템에 관한 것으로,

상기 방법은 사용자에게 의해 지정된 환경기하정보를 기반으로 투사공간의 기하좌표와 프로젝터이미지의 픽셀 좌표 간 관계와 상기 투사공간의 기하좌표와 입력이미지 픽셀 좌표 간 관계를 파악한 후, 상기 프로젝터이미지와 상기 입력이미지 간 픽셀 좌표 관계를 정의하여 캘리브레이션 정보를 생성하는 전방향 캘리브레이션 단계; 및 상기 캘리브레이션 정보를 기반으로 상기 입력이미지를 변형하여 상기 투사공간에 전방향 투사되는 투사이미지를 제작하는 투사이미지 제작 단계를 포함할 수 있다.

**대표도** - 도3



(52) CPC특허분류

**H04N 9/3188** (2013.01)

(72) 발명자

**이정진**

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

**김영휘**

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

**정승화**

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

**서형국**

대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

사용자에 의해 지정된 환경기하정보를 기반으로 투사공간의 기하좌표와 프로젝터이미지의 픽셀 좌표간 관계를 지정하는 제1 가이드점을 획득하는 단계;

상기 환경기하정보를 기반으로 상기 투사공간의 기하좌표와 입력이미지 픽셀 좌표간 관계를 지정하는 제2 가이드점을 획득하는 단계; 및

상기 제1 가이드점 및 상기 제2 가이드점을 포함하는 캘리브레이션 정보를 기반으로 상기 입력이미지를 변형하여 상기 투사공간에 전방향 투사되는 투사이미지를 제작하는 단계

를 포함하고,

상기 제1 가이드점을 획득하는 단계는

상기 투사공간의 모서리선에 대응하는 상기 프로젝터이미지의 픽셀 좌표 상의 지정자 및 상기 모서리선의 양 끝점에 대응하는 상기 프로젝터이미지의 픽셀 좌표 상의 지정자들을 조절점으로 하는 베지어 곡선(Bezier curve)에 기초하여, 제1 가이드곡선을 생성하는 단계; 및

상기 제1 가이드곡선에서 상기 제1 가이드점을 샘플링하는 단계

를 포함하고,

상기 제2 가이드점을 획득하는 단계는

상기 투사공간의 모서리선에 대응하는 상기 입력이미지의 픽셀 좌표 상의 지정자 및 상기 모서리선의 양 끝점에 대응하는 상기 입력이미지의 픽셀 좌표 상의 지정자들을 조절점으로 하는 베지어 곡선에 기초하여, 제2 가이드곡선을 생성하는 단계; 및

상기 제2 가이드곡선에서 상기 제2 가이드점을 샘플링하는 단계

를 포함하는

단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 환경기하정보는

상기 투사공간의 기하 정보에 기초하여, 상기 투사공간의 모서리선에 대응하는 지정자 및 상기 모서리선의 끝점에 대응하는 지정자 각각의 위치를 통해 조정 가능한

단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 가이드점을 획득하는 단계는

" $g_k(t) = (1-t)^2c_i + 2t(1-t)b_k + t^2c_{i+1}$ ,  $t \in [0, 1]$ "의 식에 따라 샘플링된 제1 가이드점

( $\hat{g}_k^t$ )들을 계산한 후, 상기 샘플링된 제1 가이드점( $\hat{g}_k^t$ )들을 통해 상기 투사공간의 기하좌표와 상기 프로젝터 이미지의 픽셀 좌표 사이의 관계를 구체화하는 단계

를 포함하며,

상기  $c_i$ 는 상기 모서리선의 끝점에 대응하는 모서리점 지정자, 상기  $b_k$ 는 상기 모서리선에 대응하는 모서리선 지정자, 상기  $g_k$ 는 서로 다른 두 개의 모서리점 지정자와 상기 서로 다른 두 개의 모서리선 지정자를 연결하는 모서리선 지정자로 구성된 제1 가이드 곡선, 상기  $t$ 는 샘플링 단계인 것을 특징으로 하는

단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제2 가이드점을 획득하는 단계는

“ $q_k(t) = (1 - t)^2 d_i + 2t(1 - t)v_k + t^2 d_{i+1}, \quad t \in [0, 1]$ ”의 식에 따라 샘플링된 제2

가이드점( $\hat{q}_k^t$ )들을 계산한 후, 상기 샘플링된 제2 가이드점( $\hat{q}_k^t$ )들을 통해 투사공간의 기하좌표와 입력이미지의 픽셀 좌표 사이의 관계를 구체화하는 단계를 포함하며,

상기  $d_i$ 는 상기 모서리선의 끝점에 대응하는 모서리점 지정자, 상기  $v_k$ 는 상기 모서리선에 대응하는 모서리선 지정자, 상기  $q_k$ 는 서로 다른 두 개의 모서리점 지정자와 상기 서로 다른 두 개의 모서리선 지정자를 연결하는 모서리선 지정자로 구성된 제2 가이드 곡선, 상기  $t$ 는 샘플링 단계인 것을 특징으로 하는

단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법.

### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 투사이미지를 제작하는 단계는

상기 제1 및 제2 가이드 곡선을 기반으로 변위맵을 작성한 후, 상기 변위맵을 투사 영역 전체에 걸쳐 확산시키는 단계; 및

상기 확산된 변위맵을 바탕으로 상기 입력이미지를 변형하여 상기 투사이미지를 획득하는 단계

를 포함하는

단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법.

### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 입력이미지를 변형하여 상기 투사이미지를 획득하는 단계는

후방 워핑을 통해 상기 입력이미지를 변형하는 단계

를 포함하는

단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 투사이미지를 제작하는 단계는

상기 캘리브레이션 정보를 기반으로 선명화 효과를 이용한 초점 조정 동작을 수행하는 단계

를 더 포함하는

단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법.

**청구항 9**

제1항 및 제3항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법을 실행하는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

**청구항 10**

투사공간의 천장에 설치된 단일 구형 거울;

투사공간의 바닥에 설치되어, 상기 단일 구형 거울쪽으로 이미지를 투사하는 단일 프로젝터; 및

사용자에 의해 지정된 환경기하정보를 기반으로 투사공간의 기하좌표와 프로젝터이미지의 픽셀 좌표간 관계를 지정하는 제1 가이드점을 획득하고, 상기 환경기하정보를 기반으로 상기 투사공간의 기하좌표와 입력이미지 픽셀 좌표간 관계를 지정하는 제2 가이드점을 획득하고, 상기 제1 가이드점 및 상기 제2 가이드점을 포함하는 캘리브레이션 정보를 기반으로 상기 입력이미지를 변형하여 상기 투사공간에 전방향 투사되는 투사이미지를 제작한 후 상기 단일 프로젝터에 제공하는 프로세서를 포함하고,

상기 제1 가이드점은 상기 투사공간의 모서리선에 대응하는 상기 프로젝터이미지의 픽셀 좌표 상의 지정자 및 상기 모서리선의 양 끝점에 대응하는 상기 프로젝터이미지의 픽셀 좌표 상의 지정자들을 조절점으로 하는 베지어 곡선(Bezier curve)에 기초하여 생성된 제1 가이드곡선을 샘플링하여 계산되고,

상기 제2 가이드점은 상기 투사공간의 모서리선에 대응하는 상기 입력이미지의 픽셀 좌표 상의 지정자 및 상기 모서리선의 양 끝점에 대응하는 상기 입력이미지의 픽셀 좌표 상의 지정자들을 조절점으로 하는 베지어 곡선에 기초하여 생성된 제2 가이드곡선을 샘플링하여 계산된

전방향 프로젝션 시스템.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 전방향 프로젝션 방법 및 시스템에 관한 것으로, 특히 단일 프로젝터와 단일 구형 반사경만을 활용하여 임의의 공간에서 보다 쉽고 편리한 파노라마 디스플레이 시스템을 만들 수 있도록 하는 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법 및 시스템에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 지난 수십년 동안, 컴퓨터 그래픽스와 가상현실 커뮤니티의 연구자들은 관중에게 보다 현실감있는 경험을 제공하기 위해 노력해왔다. 그 중 몰입형 가상환경 시스템(Immersive environment system)은 환경에 직접 이미지를 투사해 디스플레이 공간을 만드는 방식으로 연구되어 왔으며 그 시작은 Communications of the ACM(vol. 35, no. 6, pp. 64-72, 1992)에 게시된 CAVE(audio visual experience automatic virtual environment) 기술이다. 그리고 이러한 몰입형 가상환경 시스템은 인간의 시각 환경에 최적화되면서 발전되어왔다.

- [0003] 다중 투사 기술(Multi-projection technique)은 몰입형 가상공간을 만들기 위한 하나의 방법으로써, 다수의 프로젝터를 활용하여 넓은 시야각을 채우는 방식이다. 이는 이미지나 동영상을 다양한 환경에서도 디스플레이할 수 있게 해주는 장점을 가지고 있지만, 다수의 프로젝터와 이를 관리하기 위한 서버들을 사용하면서 발생하는 몇 가지 문제점을 지니고 있다.
- [0004] 첫째로, 프로젝터와 서버를 설치하기 위한 추가적인 공간이 필요하다는 점이다. 두 번째는, 장비들의 비용과 설치가 비싸다는 점이다. 세 번째로는 다수의 장비들을 유지하기 위한 파워시스템, 온도 관리와 잦은 램프 교환과 같은 유지 관리 시스템이 필요하다는 점이다. 이러한 문제점들 때문에, 다중 투사 시스템을 구축하는 것은 쉽지 않고 시간 소모적인 일이다.
- [0005] 반면, 거울 투사 기술은 기존의 프로젝터에 추가적인 거울이 부착되는 간단한 형태이다. 일반적으로 구형 타입의 거울은 전방향 이미지 데이터 획득에 많이 사용되어 왔다( Robotic and Sensor Environments, 2005. International Workshop on. IEEE(2005, pp. 8-13)에 개시된 "A practical spherical mirror omnidirectional camera" 참고). 같은 원리로, 구형 거울은 투사 시스템에서 프로젝터의 빛을 퍼뜨려주는 역할을 할 수 있다.
- [0006] 따라서 하나의 프로젝터로도 구형 거울을 활용하면, 넓은 화각(FOV)을 커버할 수 있는 형태가 된다. 그러나, 구형 거울은 방사형태(Radial distortion)의 이미지 변형을 일으키는 문제를 발생시켜 기존의 연구들에서는 프로젝터와 거울을 정확히 정렬하고, 반사곡률을 계산하는 형태로 캘리브레이션을 수행하여 왔다. 그러나 일반적인 환경에서 거울과 프로젝터의 중심선을 정확히 정렬하는 일은 쉽지 않은 일이다.

**선행기술문헌**

**비특허문헌**

- [0007] (비특허문헌 0001) C. Cruz-Neira, D. J. Sandin, T. A. DeFanti, R. V. Kenyon, and J. C. Hart, "The cave: audio visual experience automatic virtual environment," Communications of the ACM, vol. 35, no. 6, pp. 64-72, 1992.
- (비특허문헌 0002) A. Ohte, O. Tsuzuki, and K. Mori, "A practical spherical mirror omnidirectional camera," in Robotic Sensors: Robotic and Sensor Environments, 2005. International Workshop on. IEEE, 2005, pp. 8-13.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0008] 이에 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명은 일반적인 내부환경에서 프로젝터와 거울의 정확한 정렬없이 간단한 사용자 입력만을 이용하여 캘리브레이션을 수행할 수 있도록 하는 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법 및 시스템을 제공하고자 한다.
- [0009] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0010] 상기 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 본 발명의 일 실시 형태에 따르면, 사용자에게 의해 지정된 환경기하정보를 기반으로 투사공간의 기하좌표와 프로젝터이미지의 픽셀 좌표간 관계와 상기 투사공간의 기하좌표와 입력이미지 픽셀 좌표간 관계를 파악한 후, 상기 프로젝터이미지와 상기 입력이미지간 픽셀 좌표 관계를 정의하여 캘리브레이션 정보를 생성하는 전방향 캘리브레이션 단계; 및 상기 캘리브레이션 정보를 기반으로 상기 입력이미지를 변형하여 상기 투사공간에 전방향 투사되는 투사이미지를 제작하는 투사이미지 제작 단계를 포함하는 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법을 제공한다.
- [0011] 상기 전방향 캘리브레이션 단계는 상기 프로젝터이미지의 픽셀 좌표에 상기 환경기하정보를 지정하여, 상기 투사공간의 기하좌표와 상기 프로젝터이미지의 픽셀 좌표 사이의 관계를 결정하는 단계; 상기 환경기하정보를 통해 상기 입력이미지의 영역 비율을 조절함으로써, 상기 투사공간의 기하좌표와 상기 입력이미지 픽셀 좌표 사이의 관계를 결정하는 단계; 및 상기 투사공간의 기하좌표를 매개로 하여 상기 프로젝터이미지의 픽셀 좌표와 상

기 입력이미지 픽셀 좌표 사이의 관계를 파악 및 정의함으로써, 캘리브레이션 정보를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 환경기하정보는 투사 환경에 대응되는 직육면체의 8개의 모서리점 지정자와 12개의 모서리선 지정자 각각의 위치를 통해 조정 가능한 것을 특징으로 한다.

[0013] 상기 투사공간의 기하좌표와 상기 프로젝터이미지의 픽셀 좌표 사이의 관계를 결정하는 단계는 „ $g_k(t) = (1 - t)^2 c_i + 2t(1 - t)b_k + t^2 c_{i+1}$ ,  $t \in [0, 1]$ ”의 식에 따라 샘플링된 가이드점( $\hat{g}_k$ )들을 계산한 후, 상기 샘플링된 가이드점( $\hat{g}_k$ )들을 통해 상기 투사공간의 기하좌표와 상기 프로젝터이미지의 픽셀 좌표 사이의 관계를 구체화하는 것을 특징으로 하며, 상기  $c_i$ 는 상기 직육면체의 모서리점 지정자, 상기  $b_k$ 는 상기 직육면체의 모서리선 지정자, 상기  $g_k$ 는 서로 다른 두 개의 모서리점 지정자와 상기 서로 다른 두 개의 모서리선 지정자를 연결하는 모서리선 지정자로 구성된 제1 가이드 곡선, 상기  $t$ 는 샘플링 단계인 것을 특징으로 한다.

[0014] 상기 투사공간의 기하좌표와 상기 입력이미지 픽셀 좌표 사이의 관계를 결정하는 단계는 베지어 커스 수식에 따라 샘플링된 가이드점( $\hat{q}_k$ )들을 계산한 후, 상기 샘플링된 가이드점( $\hat{q}_k$ )들을 통해 투사공간의 기하좌표와 프로젝터이미지의 픽셀 좌표 사이의 관계를 구체화하는 것을 특징으로 하며, 상기  $d_i$ 는 상기 직육면체의 모서리점 지정자, 상기  $v_k$ 는 상기 직육면체의 모서리선 지정자, 상기  $q_k$ 는 서로 다른 두 개의 모서리점 지정자와 상기 서로 다른 두 개의 모서리선 지정자를 연결하는 모서리선 지정자로 구성된 제2 가이드 곡선, 상기  $t$ 는 샘플링 단계인 것을 특징으로 한다.

[0015] 상기 투사이미지 제작 단계는 상기 제1 및 제2 가이드 곡선을 기반으로 변위맵을 작성한 후, 상기 변위맵을 투사 영역 전체에 걸쳐 확산시키는 단계; 및 상기 확산된 변위맵을 바탕으로 상기 입력이미지를 변형하여 상기 투사이미지를 획득하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 그리고 상기 투사이미지 제작 단계는 후방 워핑을 통해 상기 파노라믹 이미지를 변형하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한 상기 투사이미지 제작 단계는 상기 캘리브레이션 정보를 기반으로 선명화 효과를 이용한 초점 조정 동작을 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 본 발명의 다른 실시 형태에 따르면, 투사공간의 천장에 설치된 단일 구형 거울; 투사공간의 바닥에 설치되어, 상기 단일 구형 거울쪽으로 이미지를 투사하는 단일 프로젝터; 및 사용자에게 의해 지정된 환경기하정보를 기반으로 투사공간의 기하좌표와 프로젝터이미지의 픽셀 좌표간 관계와 상기 투사공간의 기하좌표와 입력이미지 픽셀 좌표간 관계를 파악한 후, 상기 프로젝터이미지와 상기 입력이미지 간 픽셀 좌표 관계를 정의하여 캘리브레이션 정보를 생성하고, 상기 캘리브레이션 정보를 기반으로 상기 입력이미지를 변형하여 상기 투사공간에 전방향 투사되는 투사이미지를 제작한 후 상기 단일 프로젝터에 제공하는 프로세서를 포함하는 전방향 프로젝션 시스템을 제공한다.

**발명의 효과**

[0019] 본 발명은 임의의 투사공간에서 보다 쉽고 편리한 파노라마 디스플레이 시스템을 만들 수 있도록 단일 프로젝터와 단일 구형 반사경을 활용한 전방향 환경 거울 투사 시스템을 제안하였다. 즉, 보다 빠르고 쉬운 캘리브레이션 과정을 위해 사용자에게 직관적이고 최적화된 캘리브레이션 시스템을 제공하여 시스템 설치과정의 효율성을 높였다. 또한, 캘리브레이션 정보를 바탕으로 이미지를 워핑하고 보정하여 투사 환경에 최적화된 이미지를 만드는 제작 방법을 제시하도록 한다.

[0020] 이에 본 발명에 따르면, 전방향 환경 투사 시스템을 보다 손쉽게 신속하게 구축할 수 있음을 알 수 있다. 또한 투사 환경에 최적화된 이미지 제작 방법을 제안하여, 해상도 손실 없이 이미지 제작할 수도 있도록 한다.

**도면의 간단한 설명**

[0021] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 파노라믹 콘텐츠를 활용하여 전방향 투사 환경을 구축하고자 하는 본 발명의 목표를 도시한 도면이다.

도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 시스템을 설명하기 위한

도면이다.

도3은 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전방향 캘리브레이션 단계에 대해 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.

도5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전방향 캘리브레이션 단계의 환경기하정보 지정 단계를 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.

도6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전방향 캘리브레이션 단계의 이미지등록 단계를 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.

도7은 본 발명의 일 실시예에 따른 투사 이미지 제작 단계에 대해 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.

도8은 본 발명의 일 실시예에 따른 변위맵 확산 단계를 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.

도9는 본 발명의 일 실시예에 따른 초점 조정이미지 워핑 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도10은 본 발명의 일 실시예에 따른 초점 흐림 현상의 일예를 도시한 도면이다.

도11은 본 발명의 일 실시예에 따른 초점 조정 결과를 나타낸 도면이다.

도12는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법에 따른 설치 효율을 설명하기 위한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0022] 본 발명의 목적 및 효과, 그리고 그것들을 달성하기 위한 기술적 구성들은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 본 발명을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [0023] 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다.
- [0024] 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있다. 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0025] 본 발명을 설명하기에 앞서, 본 발명의 이해를 돕기 위해 전방향 환경거울투사 시스템 설치와 작동 과정에 대해 설명하면 다음과 같다.
- [0026] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 파노라믹 콘텐츠를 활용하여 전방향 투사 환경을 구축하고자 하는 본 발명의 목표를 도시한 도면이다.
- [0027] 도1의 (a)에 도시된 바와 같이, 본 발명에서의 입력은 전방향 공간을 원통도법(Cylindrical Projection)을 이용하여 수평으로 0° 에서 360° 까지를 커버하고, 수직으로 -90° 에서 90° 까지를 투사시킨 형태의 표준 입력이미지이다.
- [0028] 이에 대한 결과물로는, 도1의 (b)에 도시된 바와 같이, 전방향 환경의 면들에 이미지가 투사된 형태가 된다.
- [0029] 본 발명에서는 환경 공간의 형태를 직육면체로 정하였다. 이러한 선택들은 가장 일반적인 타입들을 선택하여, 본 발명이 적용되는 시스템의 범용성을 높이기 위함이다. 결론적으로, 본 발명은 표준 파노라마 이미지를 직육면체 형태의 내부 공간에 전방향 투사를 가능하게 해준다.
- [0030] 도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0031] 도2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 전방향 프로젝션 시스템은 투사공간의 천장에 설치된 단일 구형 거울(10), 투사공간의 바닥에 설치된 단일 구형 거울(10)로 이미지를 투사하는 단일 프로젝터(20), 및 사용자에게 의해 지정된 환경기하정보를 기반으로 투사공간의 기하좌표와 프로젝터이미지의 픽셀 좌표간 관계(E⇔P)와 투사공간의 기하좌표와 입력이미지 픽셀 좌표간 관계(E⇔I)를 파악한 후 프로젝터이미지의 픽셀 좌표와 입력이미지의 픽셀 좌

표간 관계( $I \Leftrightarrow E \Leftrightarrow P$ )를 정의하여 캘리브레이션 정보를 생성한 후, 캘리브레이션 정보를 기반으로 입력이미지를 변형하여 투사공간에 전방향 투사되는 이미지를 제작하여 단일 프로젝터(20)에 제공하는 프로세서(30) 등을 포함할 수 있다.

- [0032] 단일 구형 거울(10)과 단일 프로젝터(20)의 투사공간내 배치 위치는 다양하게 변화될 수 있으나, 앞서 설명된 CAVE 기술에 따른 배치 형태와 유사하게 바닥 면과 옆 벽면들을 채우는 형태를 가지는 것이 가장 바람직할 것이다.
- [0033] 이에 본 발명에서는 단일 구형 거울(10)은 투사 공간의 천장에, 단일 프로젝터(20)은 투사 공간의 바닥에 서로 마주보도록 위치시킨 후, 단일 프로젝터(20)가 단일 구형 거울(10)을 향하게 영상을 투사하여 천장을 제외한 270° 전방향 공간에 이미지가 투사되도록 한다.
- [0034] 다만, 이전의 거울 투사에 관한 연구들은 프로젝터와 거울이 정확하게 축이 정렬된 상태에서 캘리브레이션이 진행되도록 하나, 본 발명에서는 하드웨어 기기간의 정렬 과정을 별도로 수행할 필요없이 캘리브레이션 과정에서 이러한 문제를 함께 해결하도록 한다.
- [0035] 도3은 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0036] 도3을 참고하면, 본 발명의 전방향 프로젝션 방법은 크게 전방향 캘리브레이션(Omnidirectional Calibration) 단계(S10)와, 투사 이미지 제작 단계(S20)를 포함할 수 있다.
- [0037] 일반적인 환경투사시스템은 투사환경정보를 구체화하는 캘리브레이션 과정과 그에 맞는 이미지 변형 과정을 필요로 하며, 본 발명 또한 일반적인 환경투사시스템과 유사하게 전방향 캘리브레이션 단계(S10)와 투사 이미지 제작 단계(S20)를 포함하여 구성되도록 한다.
- [0038] 먼저, 단계 S10에서는 입력 이미지의 픽셀좌표와 투사공간의 기하좌표, 그리고 프로젝터의 픽셀좌표와의 관계를 찾은 후, 이를 기반으로 입력 이미지와 프로젝터간의 픽셀좌표 관계를 정의하는 캘리브레이션 정보를 생성하도록 한다. 이는 프로젝터이미지의 픽셀좌표와 투사공간의 기하좌표와의 관계를 찾는 환경기하정보 지정(Environment geometry assignment) 과정, 입력이미지의 픽셀좌표와 투사공간의 기하좌표와의 관계를 찾는 이미지 등록(Image registration) 과정, 그리고 투사공간의 기하좌표를 매개로 하여 프로젝터이미지의 픽셀 좌표와 상기 입력이미지 픽셀 좌표 사이의 관계를 파악 및 정의함으로써 캘리브레이션 정보를 생성하는 캘리브레이션 정보 과정으로 이루어진다.
- [0039] 그리고 단계 S20에서는, 입력 파노라믹 이미지에서 앞선 캘리브레이션 정보를 바탕으로 투사 환경에 최적화된 이미지를 제작한다. 이는 입력된 캘리브레이션 정보들을 전체 이미지 픽셀 좌표로 퍼뜨리는 변위맵 확산(Displacement diffusion) 과정과, 이 변위맵에 따른 이미지 워핑(Image warping) 과정, 그리고 초점거리의 불균형으로 발생하는 초점 흐림 현상(Defocusing effect)을 해결하기 위한 초점정정(Focus correction) 과정으로 이루어진다.
- [0040] 도4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전방향 캘리브레이션 단계에 대해 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.
- [0041] 도4를 참고하면, 본 발명의 전방향 캘리브레이션 단계는 투사환경에 대한 기하정보를 사용자로부터 입력받아 투사공간의 기하좌표(E)와 프로젝터이미지의 픽셀 좌표(P) 사이의 관계를 지정하는 환경기하정보 지정 단계(S11)와, 투사환경과 입력이미지와 관계, 즉 투사공간의 기하좌표(E)와 입력이미지의 픽셀 좌표(I) 사이의 관계를 지정하는 이미지등록 단계(S12), 및 투사공간의 기하좌표(E)를 매개로 하여 프로젝터이미지의 픽셀 좌표(P)와 입력이미지의 픽셀 좌표(I) 사이의 관계를 파악 및 정의하여 캘리브레이션 정보를 생성하는 캘리브레이션 정보 생성 단계(S13) 등을 포함할 수 있다.
- [0042] 이와 같이, 본 발명에서는 환경기하정보 지정 단계(S11)와 이미지등록 단계(S12)를 통해 입력이미지의 픽셀좌표와 프로젝터의 투사좌표간의 관계를 파악하고, 이를 기반으로 투사 환경에 최적화된 이미지 투사가 이루어지도록 한다( $I \Leftrightarrow E \Leftrightarrow P$ ).
- [0043] 다시 말하면, 본 발명은 전방향 캘리브레이션 단계를 통해 입력이미지의 픽셀 좌표(I)와 프로젝터이미지의 픽셀 좌표(P) 사이의 관계를 구체화하도록 한다. 또한, 환경 투사 시스템은 환경을 통해 콘텐츠를 시각화하는 것임을 고려하여, 이 두 픽셀좌표(I, P) 사이에 투사공간의 기하좌표(E)를 추가적으로 구체화해야한다. 그리고 투사공간의 기하좌표(E)를 매개로 하여, 최종적으로 I와 P의 관계를 구체화하도록 한다. 그리고 각각의 픽셀좌표 I와 P에서 색상으로 표현된 가이드선들을 사용자에게 제공하여 구체화 과정을 진행할 수 있는 환경을 제공하도록 한

다.

[0044] 이하, 도5 및 도6을 참고하여 환경기하정보 지정 단계(S11)와 이미지등록 단계(S12)에 대해 보다 상세히 살펴보면 다음과 같다.

[0045] 환경기하정보 지정 단계(S11)에서는 프로젝터 이미지의 픽셀좌표에 환경기하정보를 지정하도록 한다.

[0046] 첫째로, 프로젝터 이미지 픽셀좌표(P)는 구형거울과 프로젝터 이미지 픽셀좌표의 형태 불일치로 인하여 투사영역과 비투사영역으로 구분된다. 도5의 (a)는 이러한 불일치와 투사영역의 형태를 보여준다.

[0047] 둘째로, 투사영역은 환경공간의 각각의 면들로 구분된다. 도5의 (b)는 이러한 투사영역의 구분을 보여준다. 그러나 이러한 각각의 투사영역의 면을 구분하고 지정하는 과정은 구형거울로부터 발생하는 이미지 변형으로 인해 정확하게 지정하기가 쉽지가 않다.

[0048] 따라서 본 발명에서는 환경기하정보 지정 과정을 돕기 위해 도5의 (c)와 같은 지정자들을 사용자에게 제공한다. 예를 들어, 본 발명에서는 표준 파노라마 이미지를 8개의 점과 12개의 모서리선들로 이루어진 직육면체 형태의 내부 공간에 전방향 투사함을 고려하여, 빨간색의 8개의 모서리점 지정자( $c_i$ )들과 녹색의 12개의 모서리선 지정자( $b_k$ )들을 제공할 수 있다. 사용자는 지정자들의 위치를 통해, 환경기하정보를 입력하는 가이드 곡선( $g_k$ )들을 조절할 수 있게 된다. 이러한 가이드 곡선은 도5의 (d)에서 유색의 곡선으로 표현될 수 있다.

[0049] 이 과정에서 본 발명은 지정자들로부터 가이드 곡선을 만들기 위해 2차 베지어 곡선을 사용하였다. 이는 구형거울로부터 발생하는 방사형 이미지 변형이 2차 곡선의 형태이기 때문이다. 2차 베지어 가이드곡선은 각각 시작점과 끝점인 모서리점 지정자와 하나의 모서리선 지정자들로 구성되어, 이하의 수학식1를 통해 가이드 곡선( $g_k$ )들의 샘플링된 가이드점( $\hat{g}_k^t$ )들이 계산된다.

[0050] [수학식 1]

[0051] 
$$g_k(t) = (1-t)^2c_i + 2t(1-t)b_k + t^2c_{i+1}, \quad t \in [0, 1]$$

[0052] 결론적으로, 본 발명은 프로젝터이미지의 픽셀좌표(P)와 투사공간의 기하좌표(E)와의 관계를 가이드 곡선( $g_k$ )의 샘플링된 가이드점( $\hat{g}_k^t$ )들을 통해 구체화하였다

[0053] [수학식 2]

[0054] 
$$P \Leftrightarrow E, \quad \text{if } \hat{g}_k^t \in g_k(t)$$

[0055] 이미지등록 단계(S12)에서는, 입력이미지의 픽셀 좌표(P)와 투사공간의 기하좌표(E)와의 관계를 구체화하는 단계이다.

[0056] 도6에 도시된 바와 같이, 입력 파노라마 픽셀좌표(P)에서도 동일한 숫자의 8개의 모서리점 지정자들( $d_i$ )와 12개의 모서리선 지정자들( $v_k$ )를 이용하도록 한다. 이러한 지정자들을 이용하여 수학식3의 2차 베지어 커스 수식에 따라(또는 (또는 수학식4의 n차 베지어 커브 수식에 따라) 샘플링된 가이드점들( $\hat{q}_k^t$ )을 조정한다. 각각의 투사환경의 크기와 비율이 가변적이기 때문에 이에 따라 사용자는  $d_i$ 와  $v_k$ 를 조정하여 입력 이미지 영역의 비율을 조절해줘야 할 필요가 있다.

[0057] [수학식 3]

[0058] 
$$q_k(t) = (1-t)^2d_i + 2t(1-t)v_k + t^2d_{i+1}, \quad t \in [0, 1]$$

[0059] [수학식 4]

$$\begin{aligned}
 q_k(t) &= \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} (1-t)^{n-i} t^i P_i \\
 &= (1-t)^n P_0 + \binom{n}{1} (1-t)^{n-1} t P_1 + \dots \\
 &\dots + \binom{n}{n-1} (1-t) t^{n-1} P_{n-1} + t^n P_n, 0 \leq t \leq 1
 \end{aligned}$$

[0060]

[0061] 수학식4는 일반적인 n차의 베지어 곡선을 정의하는 수학식으로, n+1는 베지어 곡선의 조절점의 숫자를 나타낸다. 예를 들어 n=5 이면,

$$\begin{aligned}
 B_{P_0 P_1 P_2 P_3 P_4 P_5}(t) = B(t) &= (1-t)^5 P_0 + 5t(1-t)^4 P_1 + 10t^2(1-t)^3 P_2 \\
 &+ 10t^3(1-t)^2 P_3 + 5t^4(1-t) P_4 + t^5 P_5, 0 \leq t \leq 1
 \end{aligned}$$

과 같이 6개의 조절점들 (P0~P5)로 계산되는 5차 베지어 곡선을 나타낸다. 그리고 이를 조절점의 최소화를 위한 2차 베지어 곡선의 형태로 표현하면, 상기 수학식 3과 같이 표현되게 된다. 즉, 본 발명은 작업 환경, 작업 부하등을 고려하여 베지어 곡선의 차수를 능동가변하면서 상기의 가이드 점 샘플링 동작을 수행하도록 한다.

[0062] 더하여, 가이드점의 샘플링 방법은 베지어 곡선의 식에 따라 t의 값을 0부터 1까지 변화하여 포인트를 지정하게 된다. 따라서 변화량의 크기가 작으면 보다 조밀하게 점들을 획득할 수 있다. 여기서 가이드점의 샘플링을 위한 변화량의 값은 지정은 출력 이미지의 해상도를 고려하여 베지어 커브의 시작점과 끝점까지의 거리의 두 배까지로 지정하여 해상도 내에서 최대한 곡률을 확보 할 수 있도록 한다.

[0063] 결론적으로, 본 발명은 수학식5에서와 같이, 입력이미지픽셀좌표(I)와 투사공간의 기하좌표(E)와의 관계를 가이드곡선 ( $\hat{q}_k$ )들의 샘플링된 가이드점 ( $\hat{q}_k^t$ )들에 따라 관계를 구체화하도록 한다.

[0064] [수학식 5]

$$I \Leftrightarrow E, \text{ if } \hat{q}_k^t \in q_k(t)$$

[0065]

[0066] 도7은 본 발명의 일 실시예에 따른 투사 이미지 제작 단계에 대해 보다 상세히 설명하기 위한 도면이다.

[0067]

도7을 참고하면, 본 발명의 투사 이미지 제작 단계는 투사영역의 전체에 걸쳐서 변위맵을 부드럽게 확산시키는 변위맵 확산 단계(S21), 확산된 변위맵을 바탕으로 이미지 워핑을 통해 최적화된 이미지를 제작하는 이미지 워핑 단계(S22), 및 투사품질을 높이기 위한 초점 조정 동작을 수행하는 초점 조정 단계(S23) 등을 포함할 수 있다.

[0068] 단계 S21의 변위맵 확산 단계에서는, 도8의 (a)에 도시된 바와 같이, 각 좌표계의 가이드곡선 ( $g_k, q_k$ )들을 통해 최초 변위맵을 제작하도록 한다. 가이드곡선들의 대응관계에 따라 앞서 t 단계로 샘플링되어 계산되는 가이드점들 ( $\hat{g}_k^t, \hat{q}_k^t$ )의 대응관계 또한 구체화된다. 따라서 프로젝트 이미지픽셀좌표 P의 가이드 곡선( $g_k$ )들의 모든 샘플링된 점  $\hat{g}$ 들 중 각각의 픽셀 x들에 대하여 변위점 v(x)을 구체화 할 수 있다.

[0069] 다만, 도8의 (b)에서와 같이 변위점 v(x)는 가이드 곡선들( $\hat{g}_k^t$ ) 위에만 희박하게 지정되므로, 도8의 (c)에서와 같이전체 변위맵  $\Omega$ 에 걸쳐서 부드럽게 확산시켜주는 과정이 필요하다. 이에 부분적으로 존재한 정보를 디리클레(Dirichlet) 경계 조건으로, 본 발명에서는 x, y각각의 좌표계에 대해서 라플라시안(Laplace)을 이용하여 상기 문제를 해결하도록 한다.

[0070] [수학식 6]

$$v(x) = \begin{cases} \vec{\hat{g}_k^t \hat{q}_k^t} & \text{if } x \in \hat{G} \\ \vec{0} & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0071]

[0072] 단계 S22의 이미지 워핑 단계에서는, 도9의 (c)와 같은 입력이미지를 변형하여 전방향 환경투사시스템에 맞춰 도9의 (d)와 같은 투사 이미지를 만들어준다.

[0073] 도9는 이미지 워핑과정의 결과를 보여준다. 본 발명에서는 픽셀단위로 계산된 촘촘한 변위맵  $\Omega$ 를 바탕으로 후방(Backward) 워핑을 통해 이미지변형을 수행하도록 한다. 이렇게 제작된 투사 이미지는 입력이미지의 종류 중 스테레오그래픽 프로젝션(도9의 (a) 참고)의 결과인 '리틀 플래닛' (도9의 (b) 참고)과 비슷한 형태를 가지는데, 이는 두 방법 모두 투사 방향이 극좌표계와 비슷한 방향을 가지고 있기 때문이다. 그러나 리틀플래닛의 형태는 균일한 투사 방향만을 유지할 수 있어서 투사영역의 분리와 비율을 고려할 수 없는 반면, 본 발명의 방법은 환경기하정보에 맞춰진 최적화 이미지를 제작하여 전방향 환경투사를 가능하도록 한다.

[0074] 다만, 도10의 (a)에 도시된 바와 같이, 본 발명의 전방향 환경거울투사시스템에 따르면 공간적으로 초점 흐림 현상이 발생할 수 있다(빨간색 선 방향). 이는 프로젝터의 각 픽셀 별 빛의 투사 거리가 일정하지 않기 때문이다.

[0075] 이에 본 발명은 단계 S23의 초점 조정 단계를 추가 구비하고, 이를 통해 캘리브레이션 데이터를 바탕으로 선명화 효과를 적용하여 초점 조정을 수행하도록 한다. 이러한 선명화 효과를 이용한 초점 조정 방법은 프로젝터의 초점 흐림 현상을 해결하기 위해서 사용하는 일반적인 방법이다. 다만, 본 발명에서는 초점 조정시, 사용자가 측면 벽의 중간 정도(도10의 (a)에서 파란색 점에 대응)에 프로젝터의 초점을 유지한다고 가정하고, 이에 맞춰 도10의 (b)와 같은 선명화 조정맵을 제작하여 초점 조정을 진행하도록 한다.

[0076] 도11은 본 발명의 일 실시예에 따른 초점 조정 결과를 나타낸 도면으로, 도11의 (a)의 초점 조정 전 이미지에 비해, 도11의 (b)의 초점 조정 후 이미지가 보다 선명한 초점을 가짐을 알 수 있다.

[0077] 도12는 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법에 따른 설치 효율을 설명하기 위한 도면이다.

[0078] 본 발명에서 제안한 시스템을 이용한 전방향 투사결과들과 사용자평가 결과를 보여준다. 모든 실험들은 동일한 전방향 거울 투사시스템 공간, 큐브룸에서 이루어졌으며, 이 큐브룸은 가로, 세로, 높이가 약 2.5m 길이인 직육면체의 공간이고, 크기는 최초의 몰입형 가상환경 시스템인 CAVE 기술을 참고하여 정해졌다.

[0079] 실험 군은 본 발명의 시스템을 이용하는 초보사용자들과 기존의 틀들에 능통한 합성 전문가로 구분하였다. 초보사용자 실험 군은 일반 대학생들로 이루어졌고, 이전에 본 발명의 시스템을 활용한 경험이 없는 사용자들로 구성됐다. 이들은 매뉴얼을 통해 간단히 시스템에 대한 사용법만을 숙지한 후, 시스템을 활용하여 전방향 투사 시스템을 설치하였다. 본 발명의 시스템의 모든 설정을 초기화 시켜둔 후 처음부터 시스템을 설치하는 이들의 시간을 측정하였다.

[0080] 그 결과는 본 발명의 방법을 활용한 초보사용자 실험군들의 평균 설치시간은 캘리브레이션 과정은 평균 10.893분, 투사 이미지 계산 과정은 평균 5.203분으로 총 16.096분 소요되었다.

[0081] 반대로, 합성전문가 실험 군은 시각효과산업에서 약 5년의 합성 전문 경력을 가진 전문가가 가장 널리 사용되고 있는 합성 틀인 The Foundry사의 Nuke 프로그램을 활용하여 진행하였다.

[0082] 전문가 또한 모든 시스템설정을 초기화시킨 같은 상황에서 시작하여 시간을 측정하였다. 다섯 번의 시도를 진행한 뒤 평균을 낸 결과는 총 설치 시간이 약 1시간 20분이 소요됨을 알 수 있다.

[0083] 이상의 결과로부터 본 발명의 방법은 기존의 틀들을 이용한 방법 보다 효율적으로 설치 시간을 줄인다는 것을 알 수 있고, 전문 지식이 없는 초보 사용자들 또한 손쉽게 빠르게 전방향 환경투사시스템을 구축할 수 있음을 알 수 있다.

[0084] [표1]

The type of user study	Calibration	Computation	All
Novice user study using our method (Avg. time)	10.893 min	5.203 min	16.096 min
Expert user study using existing tools (Avg. time)	80 min		80 min

[0085]

[0086] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하

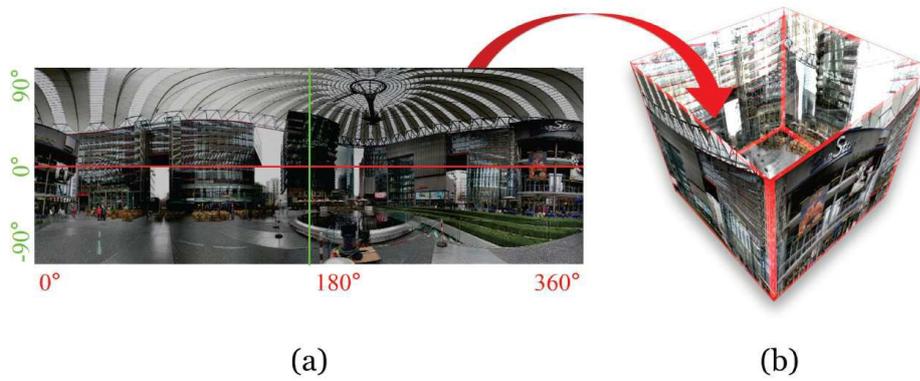
기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

[0087]

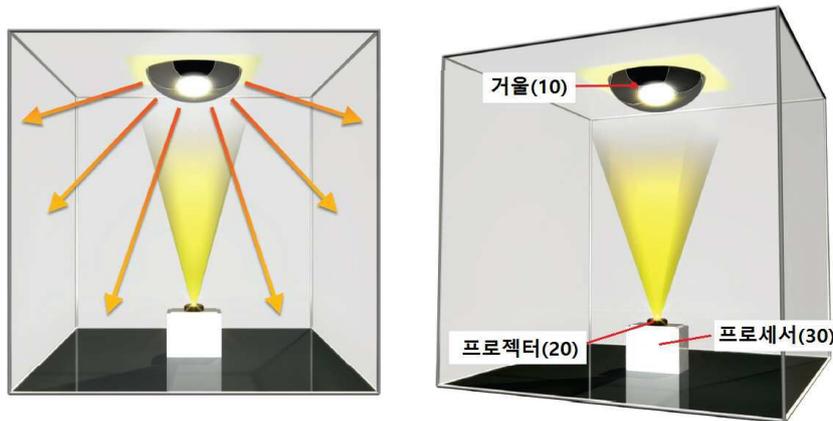
또한, 본 발명에 따른 단일 프로젝터와 구형 거울 기반의 전방향 프로젝션 방법 및 시스템은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광 데이터 저장장치, 하드 디스크, 플래시 드라이브 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

**도면**

**도면1**



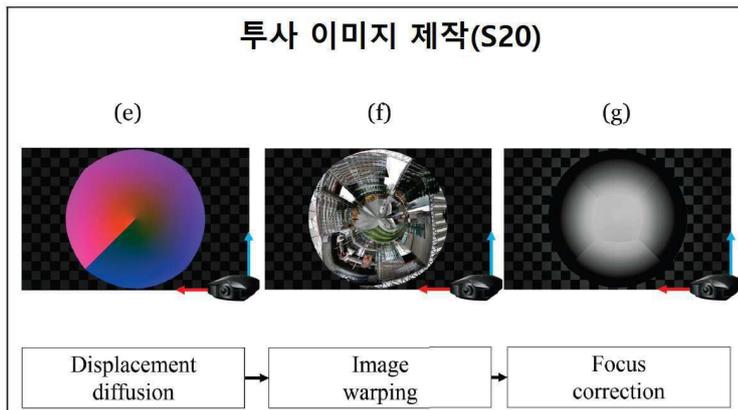
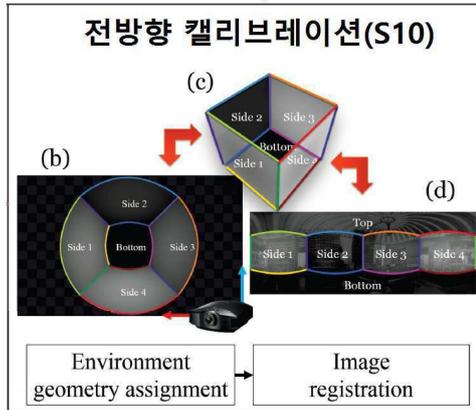
**도면2**



도면3



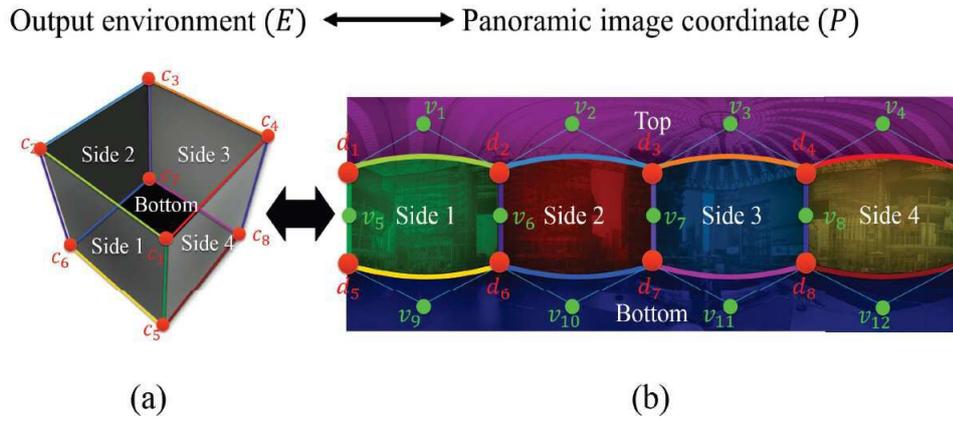
입력 이미지



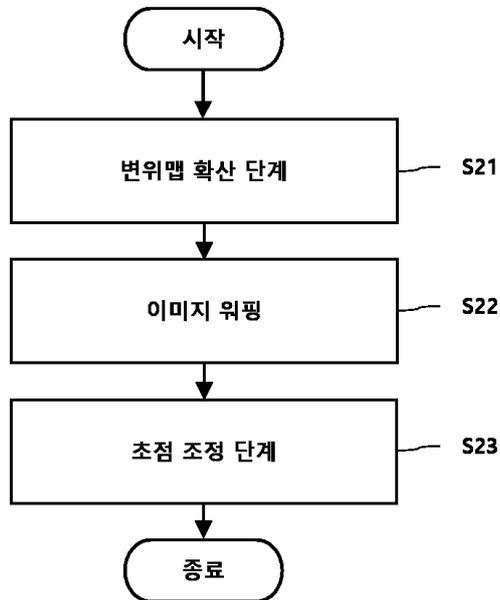
투사 이미지



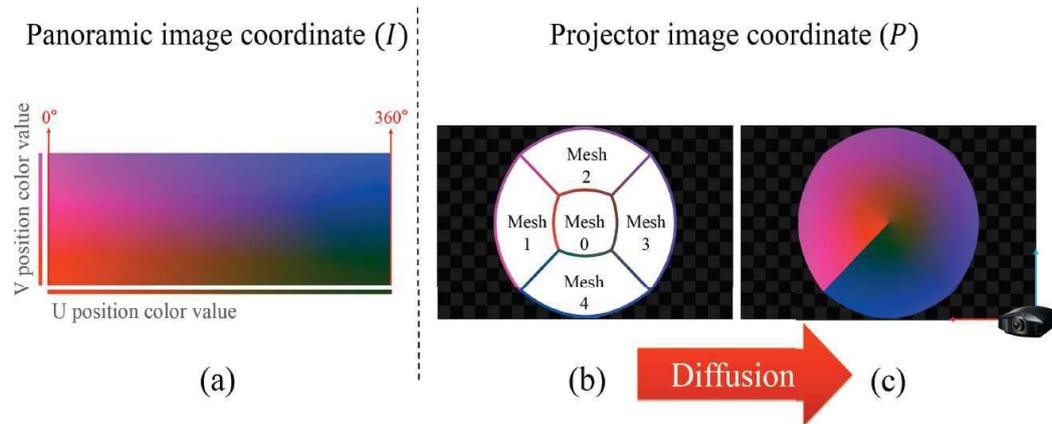
도면6



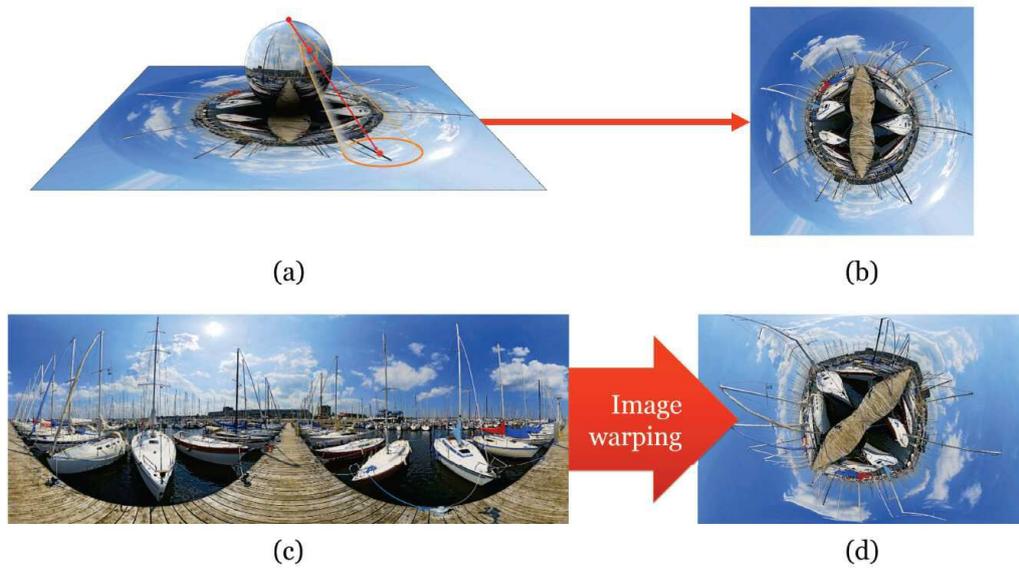
도면7



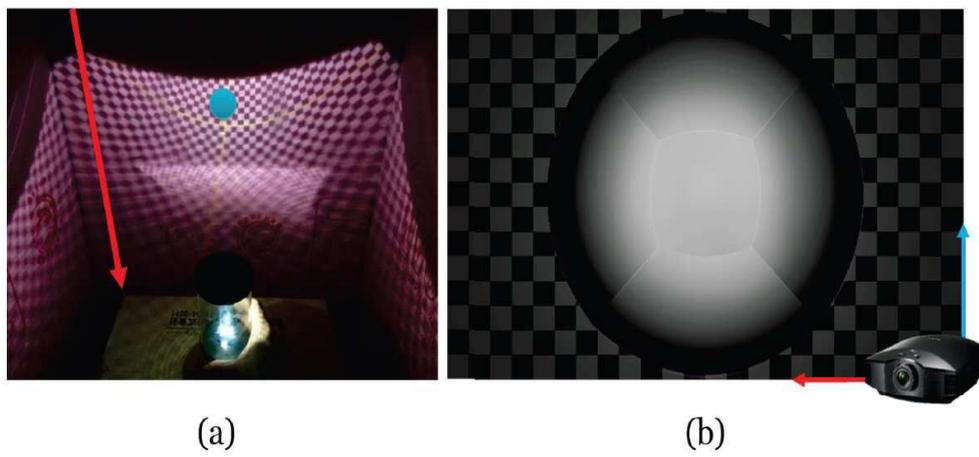
도면8



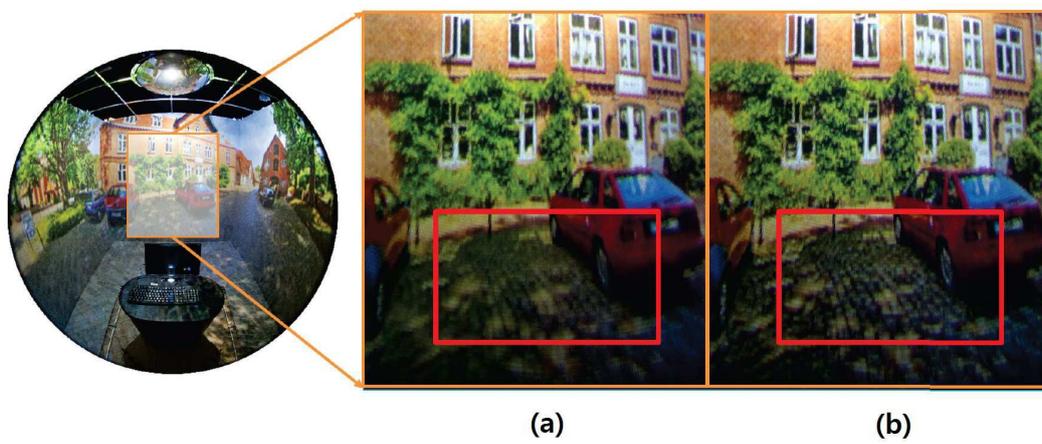
도면9



도면10



도면11



도면12

