(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월06일
(11) 등록번호 10-1208826
(24) 등록일자 2012년11월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G06T 15/80* (2011.01)
(21) 출원번호 10-2012-0074420
(22) 출원일자 2012년07월09일
심사청구일자 2012년07월09일
(56) 선행기술조사문헌
US20040119709 A1
KR100888528 B1
US20090153557 A1
US20110069069 A1

(73) 특허권자
**인하대학교 산학협력단**
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
**신병석**
서울특별시 서초구 방배3동 임광아파트 3-903호
**이상길**
인천광역시 부평구 부평1동 4동 206호
(74) 대리인
**특허법인무한**

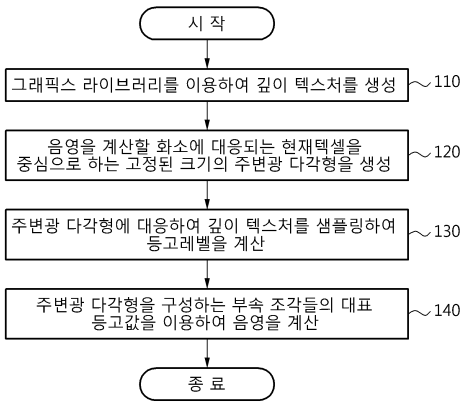
전체 청구항 수 : 총 5 항 심사관 : 진민숙

(54) 발명의 명칭 **깊이 텍스처의 등고선을 기반으로 한 실시간 다각형 앰비언트 오클루전 방법**

## (57) 요 약

깊이 텍스처의 등고선을 기반으로 한 실시간 다각형 앰비언트 오클루전 방법이 개시된다. 그래픽 처리 장치에서의 등고선 기반 다각형 앰비언트 오클루전(polygonal ambient occlusion) 방법은, 스크린 공간(screen space)에서의 화소(pixel)의 깊이 값을 나타내는 깊이 텍스처(depth texture)를 생성하는 단계; 음영을 계산할 화소에 대응되는 상기 깊이 텍스처 상의 현재 텍셀(texel)을 중심으로 하는 고정된 크기의 주변광 다각형(ambient polygon)을 생성하는 단계; 상기 깊이 텍스처 상에서 상기 현재 텍셀을 기준으로 상기 주변광 다각형의 변을 따라 위치하는 이웃 텍셀들을 샘플링 하여 상기 이웃 텍셀 각각에 대한 상기 현재 텍셀과의 깊이 차를 나타내는 등고 레벨(contour level)을 계산하는 단계; 및 상기 이웃 텍셀들의 등고 레벨을 이용하여 상기 화소의 음영을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

*대 표 도* - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | 2012-0005329 |
| 부처명 | 교육과학기술부 |
| 연구사업명 | 핵심연구(개인) |
| 연구과제명 | 기가바이트급 대용량 비기하 데이터의 HD급 고해상도 가시화 기술 |
| 주관기관 | 인하대학교 산학협력단 |
| 연구기간 | 2011.05.01 ~ 2014.04.30 |

## *특허청구의 범위*

### 청구항 1

그래픽 처리 장치에서의 다각형 앰비언트 오클루전(polygonal ambient occlusion) 방법에 있어서,

스크린 공간(screen space)에서의 화소(pixel)의 깊이 값을 나타내는 깊이 텍스처(depth texture)를 생성하는 단계;

음영을 계산할 화소에 대응되는 상기 깊이 텍스처 상의 현재 텍셀(texel)을 중심으로 하는 고정된 크기의 주변광 다각형(ambient polygon)을 생성하는 단계;

상기 주변광 다각형에 맞추어 상기 깊이 텍스처를 샘플링 하여 상기 깊이 텍스처에서 샘플링 된 텍셀인 이웃 텍셀 각각에 대한 상기 현재 텍셀과의 깊이 차를 나타내는 등고 레벨(contour level)을 계산하는 단계; 및

상기 이웃 텍셀 각각에 대한 상기 현재 텍셀과의 깊이 차를 나타내는 상기 등고 레벨을 이용하여 상기 화소의 음영을 계산하는 단계

를 포함하는 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 주변광 다각형을 생성하는 단계는,

상기 깊이 텍스처 상에서 상기 현재 텍셀을 기준으로 상기 샘플링을 진행할 다수의 샘플링 방향을 결정한 후, 상기 현재 텍셀의 위치를 한 점으로 하고 서로 인접한 두 샘플링 방향을 상기 현재 텍셀과 만나는 두 변으로 하는 조각(slice)들로 상기 주변광 다각형을 생성하는 것

을 특징으로 하는 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법.

### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 현재 텍셀과 만나는 변의 길이는 해당 샘플링 방향에서 상기 현재 텍셀로부터 샘플링을 진행할 최대 거리인 것

을 특징으로 하는 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법.

### 청구항 4

제2항에 있어서,

상기 조각 각각은 상기 현재 텍셀로부터 거리에 따라 복수 개의 부속 조각(sub-slice)으로 나누어지되, 상기 부속 조각 각각은 샘플링 된 4개의 이웃 텍셀을 포함하며 상기 현재 텍셀로부터 먼 거리에 있을수록 낮은 가중치가 적용되는 것

을 특징으로 하는 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법.

### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 화소의 음영을 계산하는 단계는,

상기 부속 조각 각각에 대하여 상기 부속 조각에 포함된 4개의 이웃 텍셀에 대한 등고 레벨의 평균을 대표 등고 값으로 계산한 후, 상기 주변광 다각형을 구성하는 모든 조각에 대하여 상기 부속 조각들의 대표 등고 값을 수학식 1에 적용하여 상기 화소의 음영 값을 계산하는 것

을 특징으로 하는 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법.

수학식 1:

$$A = 1 - \frac{1}{nt}\sum_{c=1}^{n}\sum_{q=1}^{i} R(c,q)W(q)$$

(여기서, $n$은 주변광 다각형을 구성하는 조각의 수, $t$는 최대 등고 레벨 값, $R(c,q)$는 $c$번째 조각의 $q$번째 부속 조각의 대표 등고 값, $W(q)$는 q번째 부속 조각에 적용되는 가중치를 나타내는 감쇠 함수)

# 명 세 서

## 기 술 분 야

[0001] 본 발명의 실시예들은 사실적인 영상을 렌더링(rendering) 하기 위한 조명 알고리즘(illumination algorithm)인 등고선 기반 앰비언트 오클루전(ambient occlusion) 방법에 관한 것이다.

## 배 경 기 술

[0002] 본 발명의 배경이 되는 기술은 다음의 논문에 개시되어 있다.

1) ZHUKOV S., IONES A., KRONIN G.: An ambient light illumination model. In Proc. Eurographics Workshop Rendering Techniques (1998), pp. 45-55.

2) MITTRING M.: Finding next gen: Cryengine 2. In Proc.ACM SIGGRAPH 2007 Courses (2007), pp. 97-121.

3) BAVOIL L., SAINZ M., DIMITROV R.: Image-space horizon-based ambient occlusion. In ACM SIGGRAPH 2008 talks (2008).

4) RITSCHEL T., GROSCH T., SEIDEL H. P.: Approximating dynamic global illumination in image space. In Proc. Symp. Interactive 3D Graphics and Games (I3D '09) (2009), pp. 75-82.

컴퓨터 그래픽스 분야에서 사실적인 영상을 렌더링하는 것은 가장 중요한 목표이자 과제이며, 이를 위하여 가장 필수적인 요소 중 하나가 전역 조명(global illumination)이다. 전역 조명은 단순한 직접 조명뿐만 아니라, 빛의 반사, 굴절, 산란, 커스틱(caustic) 등의 다양한 효과를 나타낼 수 있기 때문에 실감나는 장면의 표현이 가능하다. 전역 조명에 관련된 방법들로는 래디오시티(radiosity)나 광선 추적법(ray tracing), 경로 추적법(path tracing), 포톤 매핑(photon mapping) 등이 있다.

[0003] 그러나, 종래의 방법들은 물리적 연산이 복잡하고 방대하여 많은 자원을 소모하기 때문에 실시간 렌더링이 어렵고 사용자와 상호 작용이 힘들다는 단점이 있다. 더욱이, 그래픽 처리장치(GPU)를 사용하여 수행 속도를 향상시키는 방법들이 등장함에 따라 복잡한 장면에 대하여 빠른 연산이 가능하게 되었지만, 그래픽 처리장치에 구축되어 있는 일반적인 렌더링 파이프라인에 적합하지 않다.

[0004] 이에 따라, 전역 조명의 모든 효과를 낼 수는 없지만 빠르고 효율적으로 음영을 생성할 수 있는 조명 알고리즘으로서, 앰비언트 오클루전(ambient occlusion)이 주목 받고 있다. 따라서, 본 명세서에서는 영상 렌더링을 위한 등고선 기반 앰비언트 오클루전 방법을 제안한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0005] 앰비언트 오클루전 기술을 기반으로 한 새로운 조명 알고리즘인 등고선 기반 다각형 앰비언트 오클루전 방법을 제공한다.

[0006] 하나의 깊이 텍스처(depth texture)를 사용하여 실시간으로 사실적인 음영을 계산하는 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법을 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명에 따른 그래픽 처리 장치에서의 등고선 기반 다각형 앰비언트 오클루전(polygonal ambient occlusion)

방법은, 스크린 공간(screen space)에서의 화소(pixel)의 깊이 값을 나타내는 깊이 텍스처(depth texture)를 생성하는 단계; 음영을 계산할 화소에 대응되는 상기 깊이 텍스처 상의 현재 텍셀(texel)을 중심으로 하는 고정된 크기의 주변광 다각형(ambient polygon)을 생성하는 단계; 상기 깊이 텍스처 상에서 상기 현재 텍셀을 기준으로 상기 주변광 다각형의 변을 따라 위치하는 이웃 텍셀들을 샘플링 하여 상기 이웃 텍셀 각각에 대한 상기 현재 텍셀과의 깊이 차를 나타내는 등고 레벨(contour level)을 계산하는 단계; 및 상기 이웃 텍셀들의 등고 레벨을 이용하여 상기 화소의 음영을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 상기 주변광 다각형을 생성하는 단계는, 상기 깊이 텍스처 상에서 상기 현재 텍셀을 기준으로 샘플링을 진행할 다수의 샘플링 방향을 결정한 후, 상기 현재 텍셀의 위치를 한 점으로 하고 서로 인접한 두 샘플링 방향을 상기 현재 텍셀과 만나는 두 변으로 하는 조각(slice)들로 상기 주변광 다각형을 생성할 수 있다.

[0009] 상기 현재 텍셀과 만나는 변의 길이는 해당 샘플링 방향에서 상기 현재 텍셀로부터 샘플링을 진행할 최대 거리에 해당된다.

[0010] 상기 조각 각각은 상기 현재 텍셀로부터 거리에 따라 복수 개의 부속 조각(sub-slice)으로 나누어지되, 상기 부속 조각 각각은 샘플링 된 4개의 이웃 텍셀을 포함하며 상기 현재 텍셀로부터 먼 거리에 있을수록 낮은 가중치가 적용된다.

[0011] 상기 화소의 음영을 계산하는 단계는, 상기 부속 조각 각각에 대하여 상기 부속 조각에 포함된 4개의 이웃 텍셀에 대한 등고 레벨의 평균을 대표 등고 값으로 계산한 후, 상기 주변광 다각형을 구성하는 모든 조각에 대하여 상기 부속 조각들의 대표 등고 값을 수학식 1에 적용하여 상기 화소의 음영 값을 계산할 수 있다.

[0012] 수학식 1:

$$A = 1 - \frac{1}{nt}\sum_{c=1}^{n}\sum_{q=1}^{i} R(c,q)W(q)$$

[0013]

[0014] (여기서, $n$은 주변광 다각형을 구성하는 조각의 수, $t$는 최대 등고 레벨 값, $R(c,q)$는 $c$번째 조각의 $q$번째 부속 조각의 대표 등고 값, $W(q)$는 q번째 부속 조각에 적용되는 가중치를 나타내는 감쇠 함수)

## 발명의 효과

[0015] 본 실시예에 따른 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법은 하나의 깊이 텍스처를 이용하여 빠르게 음영을 계산할 수 있다. 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법은 법선 벡터 혹은 법선지도(normal map)와 같은 추가적인 정보나 기술 없이 오직 깊이 텍스처만을 사용하기 때문에, 소모하는 자원이 적고 그 수행 속도가 빠르다.

[0016] 본 실시예에 따른 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법은 등고 레벨과 대표 등고값의 계산, 거리에 대한 감쇠 적용 등에 필요한 연산의 수가 적고 복잡하지 않기 때문에 구현이 용이하며, 결과 영상의 음영이 자연스럽다는 장점이 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 있어서, 깊이 텍스처로 생성된 주변광 다각형의 등고선을 기반으로 한 실시간 다각형 앰비언트 오클루전 방법을 도시한 흐름도다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 있어서, 주변광 다각형을 구성하는 조각과, 각 조각을 구성하는 부속 조작을 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 있어서, 주변광 다각형의 부속 조작에 대한 등고 레벨을 나타내는 도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0019] 본 실시예에 따른 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법을 설명하기에 앞서, 본 발명과 관련된 기술과,

일반적인 앰비언트 오클루전 방법을 설명하기로 한다.

[0020] 먼저, 앰비언트 오클루전은 한 지점이 주변 물체에 의해 차폐된 정도에 따라 음영을 구하는 방법이며, 전역 조명 방법의 근사이다. 하늘에서 내려오는 태양 빛과 같은 간접 조명을 표현하기 위해 얼마나 가까운 위치에 물체가 있는지 확인하며, 이에 따라 주변광(ambient light)을 결정하여 사실적인 음영을 표현할 수 있다. 초기의 앰비언트 오클루전으로는 물체 표면의 모든 위치에서 반구 방향으로 가상의 광선을 발사하여, 물체에 차폐되는 광선과 차폐되지 않는 광선의 수를 가시 함수(visibility function)로 계산할 수 있다.

*수학식 1*

[0021] $$A(p,\vec{n}) = \int_{\Omega} V(p,\vec{w}) max(\vec{n}\cdot\vec{w},0) d\vec{w}$$

[0022] 여기서, Ω는 반구 방향으로 전진하는 차폐 계산에 대한 적분이며, $n$은 위치 $p$의 법선 벡터, $w$는 차폐 계산 방향의 벡터이다.

[0023] 수학식 1은 표면의 한 지점 $p$에서 반구 방향으로 광선을 진행할 때 광선이 차폐물에 닿을 경우, 가시함수 $V$가 0, 닿지 않는 경우 1이 되어 몬테칼로 적분(Monte Carlo integration)으로 음영을 계산하는 것을 나타낸다. 이때, 함수 $max$는 내적을 이용한 감쇠 요소이다.

[0024] 상기한 앰비언트 오클루전 방법은 전역 조명에 비해 비용이 저렴하고 구현이 간단하며, 영상의 화질을 향상시킬 수 있다. 더욱이, 최근 중앙처리장치(CPU)와 그래픽 처리장치(GPU)의 발전으로 처리 시간이 단축되고 있으며, 스크린 공간(screen-space) 기반의 연구가 활성화 되면서 컴퓨터 게임 등의 분야에 널리 사용되고 있다.

[0025] 대표적인 스크린 공간 기반의 연구로는 스크린 공간 앰비언트 오클루전(screen space ambient occlusion)이 있으며, 이는 그래픽 처리장치 상에서 2차원 기반으로 수행되어 처리 시간이 오래 걸리던 기존 앰비언트 오클루전의 문제를 해결하고자 제안된 것이다. 일반적으로, 스크린 공간 앰비언트 오클루전은 장면 안의 3차원 모델로 음영을 계산하지 않고, 영상 처리를 빠른 속도로 수행하기 위하여 깊이 버퍼(depth buffer)를 사용한다. 스크린 공간 앰비언트 오클루전은 깊이 버퍼를 사용함으로써 2차원 정보만으로 음영을 계산할 수 있으며, 장면의 복잡도나 움직이는 물체 등에 독립적으로 동작하는 장점이 있다. 다시 말해, 스크린 공간 앰비언트 오클루전은 음영을 계산할 위치에 해당하는 화소(pixel)의 주변에 샘플링(sampling) 할 이웃 화소들의 좌표를 무작위로 정한 후 이들이 깊이 버퍼에 저장된 깊이 값들 보다 큰 값을 가지는지 작은 값을 가지는지에 대한 비율을 계산하여 이를 바탕으로 음영의 정도를 결정한다. 이와 같이, 스크린 공간 앰비언트 오클루전은 깊이 버퍼 안의 깊이 값들 간의 비교 연산을 통해 수행되며, 선처리(pre-computation) 없이 실시간에 동작하기 때문에 컴퓨터 게임 등의 분야에 널리 사용되고 있다.

[0026] 또 다른 스크린 공간 기반의 연구로는 지평선 분할 앰비언트 오클루전(horizon-split ambient occlusion)이 있다. 지평선 분할 앰비언트 오클루전은 한 위치의 차폐를 계산할 때 인접한 지형 혹은 물체와의 높이 차이를 각도로 계산하여 음영을 계산한다. 즉, 지평선 분할 앰비언트 오클루전은 분할된 반구(hemisphere)를 이용하여 지평선 각도(horizon angle)를 계산한 후, 지평선 각도를 연결하면 하나의 연결된 지평선(horizon line)이 생성되는데, 이를 이용하여 음영의 정도를 계산할 수 있다.

[0027] 또 다른 스크린 공간 기반의 연구로는 스크린 공간 기반 방향성 오클루전(screen space directional occlusion)이 있다. 방향성 오클루전 방법은 스크린 공간 기반 앰비언트 오클루전 방법의 확장으로, 색상 블리딩(color bleeding) 기술과, 전역 조명의 간략화를 통해 음영 생성을 효과적으로 수행하는 혼합(hybrid) 방식이다. 스크린 공간 상에서, 첫 번째 바운스(bounce)를 기존의 포톤 매핑을 간략화 하여 수행하기 때문에 기존의 스크린 공간 기반 앰비언트 오클루전보다 약간의 자원을 더 소비하지만, 더욱 사실적인 음영을 생성할 수 있으며, 역시 실시간 수행이 가능하다.

[0028] 이하에서는, 본 발명의 실시예에 따른 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법을 상세히 설명하기로 한다.

[0029] 본 발명은 하나의 깊이 텍스처를 이용하여 음영을 빠르게 계산하는 등고선 기반 다각형 앰비언트 오클루전 방법

에 대한 것이다. 이 방법은 스크린 공간 기반의 방법이며, 깊이 버퍼를 이용하여 생성된 깊이 텍스처만을 사용하며, 기존의 스크린 공간 기반 방법들과 달리 법선 벡터(normal vector)를 사용하지 않는 장점이 있다. 본 발명은 깊이 텍스처를 일종의 높이맵(heightfield)과 같이 간주하는 것에서 시작되며, 즉 깊이 텍스처 안의 깊이 값이 0에 가까울수록 높이가 높은 지형에 해당한다고 판단한다.

[0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 있어서, 깊이 텍스처로 생성된 주변광 다각형의 등고선을 기반으로 한 실시간 다각형 앰비언트 오클루전 방법을 도시한 흐름도다.

[0031] 먼저, 깊이 텍스처를 생성하는 단계(110)에서는, 그래픽스 라이브러리를 이용하여 깊이 버퍼를 생성한 후 이를 깊이 텍스처로 만든다. 즉, 단계(110)에서는 스크린 공간에서의 화소의 깊이 값이 저장된 깊이 버퍼를 이용하여 깊이 텍스처를 생성할 수 있다. 깊이 버퍼는 장면 안의 3차원 지오메트리(geometry)의 축약으로 간주될 수 있기 때문에 널리 사용되고 있으며, 그 생성 역시 종래의 함수를 이용하여 간단히 구현 가능하다. 장면 안의 정점 정보를 그래픽 처리장치로 보내고, 이를 이용하여 0~1 범위 내의 정규화된 값들을 저장하는 깊이 텍스처를 생성한다. 깊이 텍스처는 3차원 공간의 축약이며, 본 발명에서는 일종의 높이맵(heightfield)으로 간주하기 때문에, 깊이 텍스처 상의 깊이 값이 낮을수록 3차원 공간 상에서는 높은 위치를 가지게 된다. 이에 따라, 한 샘플링 방향에서 샘플링된 깊이 값 중 가장 낮은 값을 가지는 텍셀 좌표는 3차원 공간 상에서 가장 높은 위치를 가진 것으로 간주된다.

[0032] 다음은, 이미지 공간 상에서 음영을 계산할 화소에 대응되는 깊이 텍스처의 현재 텍셀을 중심으로 하는 고정된 크기의 주변광 다각형을 생성하는 단계(120)이다. 먼저, 깊이 텍스처 상에서 현재 텍셀을 중심으로 샘플링 할 방향의 수를 결정한다. 결정된 $n$개의 샘플링 방향은 현재 텍셀을 중심으로 방사형으로 뻗어나간다. 주변광 다각형은 삼각형 모양의 조각(slice)들로 구성되며, 상기 조각은 사다리꼴 모양의 부속 조각(sub-slice)들로 구성된다. 상기 조각은 깊이 텍스처 상의 현재 텍셀의 위치를 한 점으로 하고, 인접한 두 샘플링 방향을 두 변으로 하여 삼각형 모양으로 만들어진다. 즉, 하나의 샘플링 방향은 두 개의 조각의 생성에 사용되기 때문에, 주변광 다각형을 구성하는 조각의 수와 샘플링 방향의 수는 같다. 상기 조각의 샘플링 방향과 대응되는 한 변의 길이는, 현재 텍셀로부터 샘플링 할 최대 거리, 즉 샘플링 반지름과 같다. 상기 조각은 사다리꼴 모양의 다수의 부속 조각으로 구성되며, 부속 조각은 도 2와 같이 현재 텍셀부터의 거리에 따라 위치한다. 이때, 부속 조각은 현재 텍셀로부터의 거리가 멀수록 높은 등고 레벨을 가지며, 이는 먼 거리에 낮은 가중치를 적용하는 감쇠 함수와 연관된다. 부속 조각의 네 꼭지점 위치는 깊이 텍스처의 샘플링 위치이다.

[0033] 다음은, 상기 주변광 다각형에 맞추어 깊이 텍스처 샘플링을 하여 등고 레벨을 계산하는 단계(130)이다. 등고 레벨은 현재 텍셀의 깊이 값을 중심으로, 샘플링된 이웃 텍셀의 깊이 값과의 높이 차를 정수 형태로 나타낸 것이다. 즉, 단계(130)에서는 깊이 텍스처 상에서 현재 텍셀을 기준으로 주변광 다각형의 각 변을 따라 위치하는 이웃 텍셀들을 샘플링 하여 이웃 텍셀에 대한 현재 텍셀과의 깊이 차를 나타내는 등고 레벨을 계산한다. 등고 레벨은 현재 텍셀의 깊이 값을 0으로 하여, 상기 깊이 값보다 작으면 양수, 크면 음수가 된다. 등고 레벨의 양수 방향의 최대 레벨을 $t$라고 정할 때, 등고 레벨은 $t$부터 $-t$ 총 $2t$+1개의 정수 레벨로 구분된다. 등고 레벨이 가장 높은, 즉 시점과 가장 가까운 레벨은 니어 플랜(near plan), 등고 레벨이 가장 낮은 레벨은 파 플랜(far plan)이 되며, 깊이 값의 상한, 하한이 된다(도 3). 샘플링된 깊이 값은 정규화된 0~1 사이의 소수이기 때문에, 이를 정수형으로 변환하기 위하여 변환 함수를 아래 수학식 2와 같이 적용한다.

*수학식 2*

[0034] $$c = (d_{cur} - d_{smp})(2t + 1)/\, d_{trh}$$

[0035] (여기서 $d_{cur}$은 현재 텍셀의 깊이 값이고, $d_{smp}$은 샘플링된 이웃 텍셀의 깊이 값이며, $d_{trh}$는 니어 플랜 혹은 파 플랜과 현재 텍셀의 깊이 값 간의 깊이 차이이다.)

[0036] 다음은, 상기 주변광 다각형을 구성하는 부속 조각들의 대표 등고값을 계산한 후 거리에 대한 감쇠 가중치를 적용하여 음영을 계산하는 단계(140)이다. 하나의 부속 조각은 4개의 꼭지점에 해당하는 깊이 텍스처 상의 4개의 텍셀의 깊이 값을 가지며, 이전 단계의 변환 함수를 적용하여 4개의 등고 레벨을 가진다. 등고 레벨은 샘플링된 이웃 텍셀들과의 깊이 차이를 나타내므로, 3차원 지오메트리 상에서 높이 차이와 같은 역할을 한다. 따라서, 각 부속 조각이 가지는 4개의 등고 레벨의 평균을 계산하여 해당 부속 조각의 높이 정도를 정하며, 이

를 해당 부속 조각의 대표 등고값이라 한다. 이와 같이 대표 등고값을 사용하면 물체의 평평한 면에서 정확한 음영을 계산할 수 있다. 평면 상에서 서로 마주보고 있는 두 개의 조각이 있다고 가정하면, 두 조각의 대표 등고값의 절대값은 같으며, 그 부호가 반대이다. 이를 이용하면 평면 상에서 의도하지 않은 음영이 나타나는 오류를 피할 수 있다. 또한, 자연스러운 음영을 생성하기 위하여, 거리에 대한 가중치를 적용한다. 거리에 대한 감쇠를 적용하지 않으면 음영이 자연스럽게 옅어지는 효과를 내기 힘들기 때문에, 종래의 기술들 역시 선형적 감쇠와 같은 감쇠 함수를 적용한다. 본 발명에서는 선형 감쇠(linear attenuation)와 가우시안 감쇠(Gaussian attenuation)을 사용한다. 다수의 부속 조각으로 구성된 하나의 조각에 대해서, 현재 텍셀로부터 먼 거리에 있는 부속 조각일수록 낮은 가중치를 적용하며, 가까운 거리의 부속 조각에는 높은 가중치를 적용한다. 아래 수학식 3은 $i$개의 부속 조각으로 구성된 $n$번째 조각에 대한 음영 계산을 나타낸다.

*수학식 3*

[0037]
$$A_n = \sum_{q=1}^{i} R(q)W(q)$$

[0038] (여기서 $W(q)$는 q번째 부속 조각에 적용되는 가중치를 나타내는 감쇠 함수이며, $R(q)$은 q번째 부속 조각의 대표 등고값이다.)

[0039] $W(q)$는 선형 감쇠 혹은 가우시안 감쇠 중 선택이며, 가우시안 감쇠의 경우 거리에 따라 감소하는 가중치의 낙차의 폭이 너무 클 수 있기 때문에 파라메터(parameter)를 두어 조절한다. 위 식을 모든 조각에 대하여 적용하면 아래 수학식 4와 같다.

*수학식 4*

[0040]
$$A = 1 - \frac{1}{nt}\sum_{c=1}^{n}\sum_{q=1}^{i} R(c,q)W(q)$$

[0041] (여기서, $R(c,q)$는 $c$번째 조각의 $q$번째 부속 조각의 대표 등고값을 나타내며, $n$은 주변광 다각형을 구성하는 조각의 수, $t$는 최대 등고 레벨 값이다.)

[0042] 수학식 4와 같이, 모든 조각에 대하여 음영을 계산하면 최종 음영을 구할 수 있다. 이와 같이, 본 발명은 간단한 수식으로 구현 가능하며, 각도 계산 등의 복잡한 연산을 필요로 하지 않는다. 또한, 본 발명은 3차원 모델의 법선 벡터 혹은 텍스처 형태의 법선지도(normal map) 등을 필요로 하지 않는 장점이 있으며, 장면의 복잡도나 모델의 이동, 변환 등에 독립적이다. 본 발명의 모든 수행 단계는 그래픽 처리장치에서 구현 및 수행 가능하기 때문에 뛰어난 성능을 보인다.

[0043] 요컨대, 본 발명에 따른 깊이 텍스처의 등고선을 기반으로 한 다각형 앰비언트 오클루전 방법은 다음과 같다. 하나의 깊이 텍스처를 사용하여 앰비언트 오클루전을 수행하며, 한 화소의 음영을 계산하기 위하여 해당 화소에 대응되는 깊이 텍스처 상의 현재 텍셀과 그 이웃 텍셀들의 깊이 값을 샘플링 한다. 깊이 텍스처 샘플링 시 이웃 텍셀은 현재 텍셀을 중심으로 하였을 때 방사형으로 퍼지는 샘플링 방향과 겹치는 텍셀로 정의될 수 있다. 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법은 깊이 텍스처를 샘플링 하여 삼각형 모양의 여러 조각으로 구성되는 고정된 크기의 주변광 다각형을 만들며 이를 이용해 음영을 계산한다. 이때, 주변광 다각형의 각 조각은 대표 등고값을 가지는 사다리꼴 모양의 부속 조각으로 구성되며, 대표 등고값은 해당 부속 조각의 등고 레벨의 평균이다. 또한, 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법은 자연스러운 음영을 생성하기 위하여 거리에 대한 감쇠를 추가하여 대표 등고값에 가중치를 적용할 수 있다.

[0044] 상기한 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법은 컴퓨터 그래픽스 분야에서 사실적인 영상을 렌더링 하기 위한 그래픽 처리 장치에 적용될 수 있으며, 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법에 포함된 각각의 과정(도 1의 110~140)은 상기 그래픽 처리 장치에 의해 수행될 수 있다.

[0045] 본 발명에 따른 등고선 기반의 다각형 앰비언트 오클루전 방법이 수행되는 그래픽 처리 장치에 대한 도식은 생략하였으나, 처리기와 메모리를 포함하여 구성될 수 있다. 이때, 메모리는 스크린 공간에서의 화소의 깊이 값을 나타내는 깊이 텍스처를 생성하고, 음영을 계산할 화소에 대응되는 깊이 텍스처 상의 현재 텍셀을 중심으로 하는 고정된 크기의 주변광 다각형을 생성하고, 깊이 텍스처 상에서 현재 텍셀을 기준으로 주변광 다각형의 변을 따라 위치하는 이웃 텍셀들을 샘플링 하여 이웃 텍셀 각각에 대한 현재 텍셀과의 깊이 차를 나타내는 등고 레벨(contour level)을 계산하며, 이웃 텍셀들의 등고 레벨을 이용하여 화소의 음영을 계산하는 명령어를 포함하는 프로그램이 저장될 수 있다. 그리고, 처리기는 상기 메모리에 저장된 프로그램의 명령어에 따라 처리하는 장치로서, CPU 등의 마이크로프로세서가 포함될 수 있다.

[0046] 이와 같이, 본 실시예에 따르면, 하나의 깊이 텍스처를 이용하여 빠르게 음영을 계산하는 등고선 기반 다각형 앰비언트 오클루전 방법을 제공할 수 있다. 본 발명에 따른 등고선 기반의 실시간 다각형 앰비언트 오클루전 방법은 깊이 텍스처를 샘플링 하여 삼각형 모양의 여러 조각으로 구성되는 고정된 크기의 주변광 다각형을 만들며 이를 이용해 음영의 정도를 구할 수 있다. 따라서, 본 발명은 깊이 텍스처의 텍셀들을 샘플링 하는 연산을 제외하고 추가적인 연산이 적어 구현이 간단하기 때문에 수행 속도가 빠르며 사실적인 음영의 생성이 가능하고, 스크린 기반이기 때문에 장면의 복잡도나 모델의 이동 등에 독립적이다.

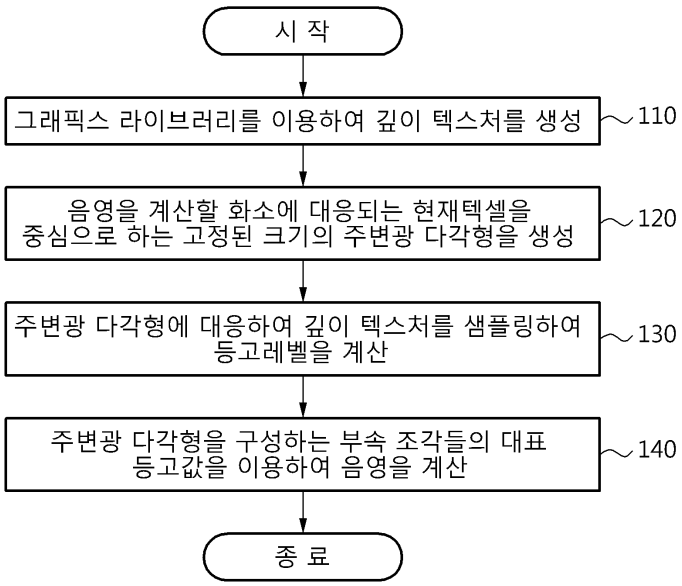
[0047] 본 발명의 실시예에 따른 방법들은 다양한 컴퓨터 시스템을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령(instruction) 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 또한, 상술한 파일 시스템은 컴퓨터 판독이 가능한 기록 매체에 기록될 수 있다.

[0048] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

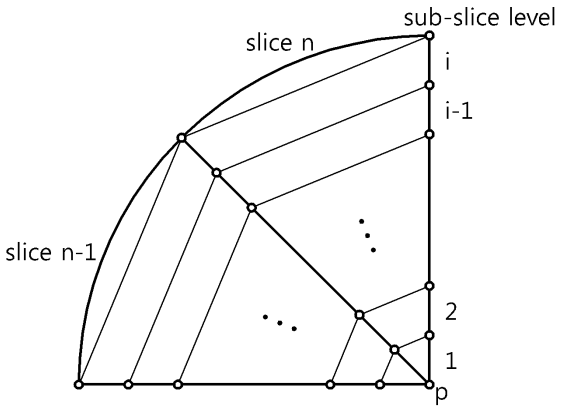
[0049] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

## 도면

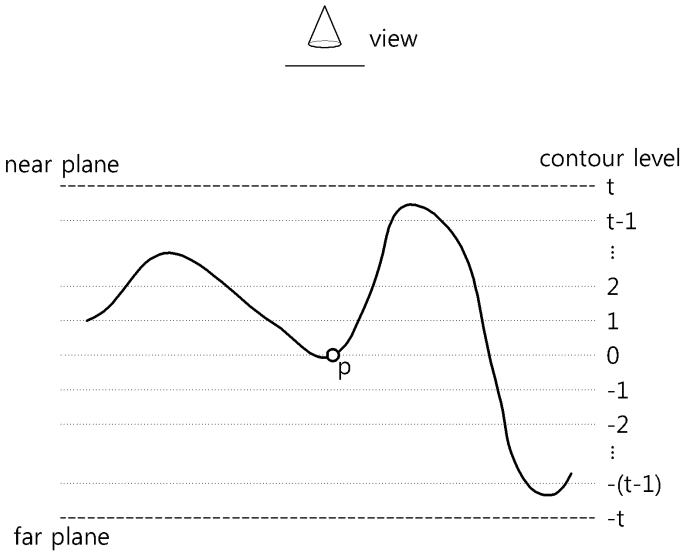
### 도면1



도면2


sub-slice level
slice n
i
i-1
slice n-1
2
1
p

도면3


view
near plane
contour level
t
t-1
2
1
0
-1
-2
-(t-1)
-t
p
far plane