



(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.

G06T 17/00 (2006.01)

G06T 15/00 (2006.01)

G06T 7/00 (2006.01)

(45) 공고일자 2007년07월12일

(11) 등록번호 10-0738500

(24) 등록일자 2007년07월05일

(21) 출원번호 10-2006-0016031

(65) 공개번호

(22) 출원일자 2006년02월20일

(43) 공개일자

심사청구일자 2006년02월20일

(73) 특허권자 한국과학기술원  
대전 유성구 구성동 373-1

(72) 발명자 유병현  
대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원

한순홍  
대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원

(74) 대리인 전영일

(56) 선행기술조사문헌  
KR 10-2003-14515 A

KR 10-2001-113703 A

심사관 : 김용재

전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법과, 이를 이용한 이중 변위매핑 방법

(57) 요약

본 발명은 비디오 게임기 및 컴퓨터 게임 같은 엔터테인먼트 정보기기, 지형 공간 정보를 표현하는 정보기기 또는 컴퓨터 그래픽을 이용한 3차원 렌더링을 수행하는 정보기기에 적용되는 기술로서, 대상물을 표면으로부터 돌출되도록 표현하는 돌출 변위 매핑 방법에 관한 것이다.

이 발명에 따른 돌출 변위 매핑 방법은, 변위정보에 의해 정의되는 돌출된 물체의 표면과 관찰자 시선과의 교점을 검색하여 상기 돌출된 물체 형상을 상기 폴리곤 면에 표시하는 교점검색단계와; 상기 폴리곤 면을 추가하여 상기 폴리곤 면의 경계를 벗어나는 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상을 상기 추가 폴리곤 면에 표시하는 초과분표시단계와; 상기 돌출된 물체 형상 중 급격한 경사면을 검출하는 급격경사면검출단계와; 상기 급격한 경사면에 추가 텍스처를 표현하는 급격경사면보정단계를 포함한다.

대표도

도 4

## 특허청구의 범위

### 청구항 1.

3차원 오브젝트와 텍스처정보와 변위정보를 이용하여 폴리곤 면으로부터 돌출된 물체 형상을 표현하는 시스템에서의 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법에 있어서,

상기 변위정보에 의해 정의되는 돌출된 물체의 표면과 관찰자 시선과의 교점을 검색하여 상기 돌출된 물체 형상을 상기 폴리곤 면에 표시하는 교점검색단계와;

상기 폴리곤 면을 추가하여 상기 폴리곤 면의 경계를 벗어나는 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상을 상기 추가 폴리곤 면에 표시하는 초과분표시단계와;

상기 돌출된 물체 형상 중 급격한 경사면을 검출하는 급격경사면검출단계와;

상기 급격한 경사면에 추가 텍스처를 표현하는 급격경사면보정단계를 포함한 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

### 청구항 2.

제 1 항에 있어서, 상기 교점검색단계는,

상기 변위정보에 의해 정의되는 상기 물체의 표면과 시선과의 교점의 대략적인 위치를 찾는 순차 검색단계와,

상기 교점의 대략적인 위치로부터 정확한 교점 및 상기 교점의 높이를 찾는 바이너리 검색단계를 포함한 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

### 청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 순차 검색단계는,

상기 변위정보에 의해 구성되는 가상 볼륨의 윗면과 폴리곤 면 사이를 일정한 간격으로 분할하고,

상기 가상 볼륨의 윗면 및 분할된 면들과, 상기 시선이 교차하는 분할교차점들을 찾고,

최상의 분할교차점을 시작으로 분할된 면의 높이값과 상기 변위정보에 저장된 높이값을 비교하여, 분할된 면의 높이값이 상기 변위정보에 저장된 높이값보다 높으면 그 아래의 분할교차점에 대한 검사를 계속하고, 상기 분할된 면의 높이값이 상기 변위정보에 저장된 높이값보다 낮아지면 검사를 정지하며,

검사를 정지한 분할교차점과 그 바로 위 분할교차점 사이를 상기 교점의 대략적인 위치로 설정하는 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

### 청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 초과분표시단계는,

상기 폴리곤 면을 동일면 상에서 확장하고, 상기 확장된 폴리곤 면에 상기 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상을 표시하는 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

**청구항 5.**

제 1 항에 있어서, 상기 초과분표시단계는,

상기 시선의 방향에 따라 초과분이 발생하는 상기 폴리곤 면의 경계에 인접하여 상기 폴리곤 면의 수직면을 추가하고, 상기 추가된 수직면에 상기 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상을 표시하는 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

**청구항 6.**

제 5 항에 있어서, 상기 초과분표시단계는,

상기 폴리곤 면과 상기 수직면의 탄젠트 공간을 매핑하는 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

**청구항 7.**

제 5 항에 있어서, 상기 초과분표시단계는,

상기 시선과 상기 수직면의 교차점 C의 공간 좌표가  $dx, dy$ 이고, 상기 폴리곤 면을 동일면 상으로 확장한 가상확장면과 시선과의 교차점 A의 공간 좌표가  $x', y'$ 일 때, 상기 점 C를 아래의 수식을 이용하여 상기 점 A로 매핑하고, 상기 점 A의 텍스처 좌표를 이용하여 상기 돌출된 물체의 형상을 표시하는 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

[수식]

$$x' = \frac{dx \times vx}{vz}, \quad y' = \frac{dx \times vy}{vz} + dy$$

여기서  $vx, vy, vz$ 는 상기 폴리곤 면의 탄젠트 공간 좌표계의 값이고,  $dx, dy$ 는 상기 수직면의  $uv$  공간 좌표계의 값이며,  $x', y'$ 는 가상확장면의 공간 좌표계의 값이다.

**청구항 8.**

제 1 항에 있어서, 상기 초과분표시단계는,

상기 추가 폴리곤 면을 표시하지 않고 상기 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상만을 렌더링하는 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

**청구항 9.**

제 1 항에 있어서, 상기 급격경사면검출단계는,

상기 변위정보에 의해 구성되는 가상 볼륨의 윗면과 폴리곤 면 사이를 일정한 간격으로 분할하고,

상기 가상 볼륨의 윗면 및 분할된 면들과, 상기 시선이 교차하는 분할교차점들을 찾고,

상기 변위정보에 의해 정의되는 상기 물체의 표면과 시선과의 교점의 높이값을 얻어서 제1높이값으로 설정하고,

상기 교점의 근접한 윗면에 존재하는 분할교차점의 높이값을 얻어서 제2높이값으로 설정하며,

상기 제1높이값과 제2높이값의 차이가 한계값을 넘으면 급격한 경사면으로 판단하는 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

### 청구항 10.

제 1 항에 있어서, 상기 급격경사면보정단계는,

상기 급격한 경사면에 타일 형태의 텍스처를 추가하는 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

### 청구항 11.

제 1 항에 있어서,

상기 급격경사면보정단계를 수행한 다수의 물체들을 시점과의 거리 순으로 배열하는 어크루전해결단계를 더 포함한 것을 특징으로 하는 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법.

### 청구항 12.

3차원 오브젝트와 텍스처정보와 전역변위정보와 지역변위정보를 이용하여 물체의 형상을 표현하는 시스템에서의 이중 변위 매핑 방법에 있어서,

상기 3차원 오브젝트와 전역변위정보를 이용하여 폴리곤 기반으로 상기 물체의 표면을 표현하는 전역변위매핑단계와;

상기 텍스처정보와 상기 지역변위정보를 이용하여 상기 물체의 표면의 상세 형상을 표현하는 지역변위매핑단계와;

상기 전역변위매핑 및 지역변위매핑이 수행된 상기 물체들을 시점과의 거리 순으로 배열하는 어크루전해결단계와;

상기 전역변위매핑단계에서 표현된 폴리곤들에 대해 인접한 폴리곤 사이의 탄젠트 공간의 높이 방향을 동일하게 되도록 하는 탄젠트공간수정단계를 포함한 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 13.

제 12 항에 있어서, 상기 지역변위매핑단계는,

상기 지역변위정보에 의해 정의되는 돌출된 물체의 표면과 관찰자 시선과의 교점을 검색하여 상기 돌출된 물체 형상을 상기 폴리곤 면에 표시하는 교점검색단계와;

상기 폴리곤 면을 추가하여 상기 폴리곤 면의 경계를 벗어나는 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상을 상기 추가 폴리곤 면에 표시하는 초과분표시단계와;

상기 돌출된 물체 형상 중 급격한 경사면을 검출하는 급격경사면검출단계와;

상기 급격한 경사면에 추가 텍스처를 표현하는 급격경사면보정단계를 포함한 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 14.

제 13 항에 있어서, 상기 교점검색단계는,

상기 지역변위정보에 의해 정의되는 상기 물체의 표면과 시선과의 교점의 대략적인 위치를 찾는 순차 검색단계와,

상기 교점의 대략적인 위치로부터 정확한 교점 및 상기 교점의 높이를 찾는 바이너리 검색단계를 포함한 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 15.

제 14 항에 있어서, 상기 순차 검색단계는,

상기 지역변위정보에 의해 구성되는 가상 볼륨의 윗면과 폴리곤 면 사이를 일정한 간격으로 분할하고,

상기 가상 볼륨의 윗면 및 분할된 면들과, 상기 시선이 교차하는 분할교차점들을 찾고,

최상의 분할교차점을 시작으로 분할된 면의 높이값과 상기 변위정보에 저장된 높이값을 비교하여, 분할된 면의 높이값이 상기 변위정보에 저장된 높이값보다 높으면 그 아래의 분할교차점에 대한 검사를 계속하고, 상기 분할된 면의 높이값이 상기 변위정보에 저장된 높이값보다 낮아지면 검사를 정지하며,

검사를 정지한 분할교차점과 그 바로 위 분할교차점 사이를 상기 교점의 대략적인 위치로 설정하는 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 16.

제 13 항에 있어서, 상기 초과분표시단계는,

상기 폴리곤 면을 동일면 상에서 확장하고, 상기 확장된 폴리곤 면에 상기 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상을 표시하는 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 17.

제 13 항에 있어서, 상기 초과분표시단계는,

상기 시선의 방향에 따라 초과분이 발생하는 상기 폴리곤 면의 경계에 인접하여 상기 폴리곤 면의 수직면을 추가하고, 상기 추가된 수직면에 상기 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상을 표시하는 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 초과분표시단계는,

상기 폴리곤 면과 상기 수직면의 탄젠트 공간을 매핑하는 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 19.

제 17 항에 있어서, 상기 초과분표시단계는,

상기 시선과 상기 수직면의 교차점 C의 공간 좌표가  $dx, dy$ 이고, 상기 폴리곤 면을 동일면 상으로 확장한 가상확장면과 시선과의 교차점 A의 공간 좌표가  $x', y'$ 일 때, 상기 점 C를 아래의 수식을 이용하여 상기 점 A로 매핑하고, 상기 점 A의 텍스처 좌표를 이용하여 상기 돌출된 물체의 형상을 표시하는 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

[수식]

$$x' = \frac{dx \times vx}{vz}, \quad y' = \frac{dx \times vy}{vz} + dy$$

여기서  $vx, vy, vz$ 는 상기 폴리곤 면의 탄젠트 공간 좌표계의 값이고,  $dx, dy$ 는 상기 수직면의  $uv$  공간 좌표계의 값이며,  $x', y'$ 는 가상확장면의 공간 좌표계의 값이다.

### 청구항 20.

제 13 항에 있어서, 상기 초과분표시단계는,

상기 추가 폴리곤 면을 표시하지 않고 상기 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상만을 렌더링하는 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 21.

제 13 항에 있어서, 상기 급격경사면검출단계는,

상기 지역변위정보에 의해 구성되는 가상 볼륨의 윗면과 폴리곤 면 사이를 일정한 간격으로 분할하고,

상기 가상 볼륨의 윗면 및 분할된 면들과, 상기 시선이 교차하는 분할교차점들을 찾고,

상기 지역변위정보에 의해 정의되는 상기 물체의 표면과 시선과의 교점의 높이값을 얻어서 제1높이값으로 설정하고,

상기 교점의 근접한 윗면에 존재하는 분할교차점의 높이값을 얻어서 제2높이값으로 설정하며,

상기 제1높이값과 제2높이값의 차이가 한계값을 넘으면 급격한 경사면으로 판단하는 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 22.

제 13 항에 있어서, 상기 급격경사면보정단계는,

상기 급격한 경사면에 타일 형태의 텍스처를 추가하는 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 23.

제 12 항에 있어서, 상기 전역변위정보는 기초지형정보이고, 상기 지역변위정보는 인공지물정보이고, 상기 텍스처정보는 항공사진인 것을 특징으로 하는 이중 변위 매핑 방법.

### 청구항 24.

폴리곤 면에 돌출된 물체 형상을 표시하는 컴퓨터 그래픽 시스템에서, 상기 폴리곤 면의 경계를 벗어나는 초과분을 처리하는 방법에 있어서,

시선의 방향에 따라 상기 초과분이 발생하는 상기 폴리곤 면의 경계에 인접하여 상기 폴리곤 면의 수직면을 추가하고, 상기 추가된 수직면에 상기 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상을 표시하는 것을 특징으로 하는 초과분 처리 방법.

### 청구항 25.

제 24 항에 있어서, 상기 폴리곤 면과 상기 수직면의 탄젠트 공간을 매핑하는 것을 특징으로 하는 초과분 처리 방법.

### 청구항 26.

제 24 항에 있어서,

상기 시선과 상기 수직면의 교차점 C의 공간 좌표가  $dx, dy$ 이고, 상기 폴리곤 면을 동일면 상으로 확장한 가상확장면과 시선과의 교차점 A의 공간 좌표가  $x', y'$ 일 때, 상기 점 C를 아래의 수식을 이용하여 상기 점 A로 매핑하고, 상기 점 A의 텍스처 좌표를 이용하여 상기 돌출된 물체의 형상을 표시하는 것을 특징으로 하는 초과분 처리 방법.

[수식]

$$x' = \frac{dx \times vx}{vz}, \quad y' = \frac{dx \times vy}{vz} + dy$$

여기서  $vx, vy, vz$ 는 상기 폴리곤 면의 탄젠트 공간 좌표계의 값이고,  $dx, dy$ 는 상기 수직면의  $uv$  공간 좌표계의 값이며,  $x', y'$ 는 가상확장면의 공간 좌표계의 값이다.

### 청구항 27.

제 24 항에 있어서,

상기 추가된 수직면을 표시하지 않고 상기 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상만을 렌더링하는 것을 특징으로 하는 초과분 처리 방법.

명세서

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 비디오 게임기 및 컴퓨터 게임 같은 엔터테인먼트 정보기기, 지형 공간 정보를 표현하는 정보기기 또는 컴퓨터 그래픽을 이용한 3차원 렌더링을 수행하는 정보기기에 적용되는 기술로서, 대상물을 표면으로부터 돌출되도록 표현하는 돌출 변위 매핑 방법에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 이 영상 기반 돌출 변위 매핑 기술과 일반적인 형상 기반 변위 매핑 기술을 혼합적으로 사용하는 이중 변위 매핑 방법에 관한 것이다.

컴퓨터 그래픽스 분야에서는, Blinn이 제안한 범프 매핑["Simulation of Wrinkled Surfaces", Proceedings of International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, pp.286-292, 1978.]과, Cook이 제안한 변위 매핑["Shade Trees", Proceedings of International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, pp.223-231, 1984.]의 개념으로부터 객체 표면의 상세를 표현하기 위한 방법이 제안되었다.

종래에 제안된 객체 표면의 상세 표현 방법은, 크게 형상에 기반한 삼각망 생성방법과 영상에 기반한 변위 매핑 방법으로 대별된다.

삼각망 생성방법은 많은 수의 미세한 폴리곤을 생성하여 객체 표면의 상세를 표현하는 방법으로서, 많은 수의 미세한 폴리곤을 생성하기 때문에 인터랙티브 프로그램에 적용하기 곤란하다. 이러한 문제 해결을 위하여, 미세한 폴리곤들에 의한 명시적인 렌더링을 하지 않고 물체 표면의 변위를 표현하기 위한 방법들이 제안되었다. 제안된 방법들로는 광선 투사법과, 3차원 역방향 이미지 워핑방법과, 3차원 텍스처 매핑 방법과, 가지정보를 미리 계산하는 방법 등이 있다. 이 방법들 중 광선 투사법과 역방향 이미지 워핑방법은 계산량이 많기 때문에 실시간 응용에 적합하지 않고, 3차원 텍스처 매핑 방법은 2차원 텍스처가 있는 폴리곤을 적층하여 변위 매핑을 렌더링하기 때문에 시점에 따라 부자연스러운 결과가 얻어지는 문제점이 있으며, 가지정보를 미리 계산하는 방법은 5차원 함수의 샘플을 저장하기 위하여 많은 양의 메모리를 사용해야 하는 등의 문제점이 있다.

영상에 기반한 변위 매핑 방법은, 미세한 폴리곤을 생성하지 않고 물체의 표면 상세를 표현하는 방법으로서, 광선 투사법(ray-tracing)을 간략화하거나 모사하는 기법을 사용하고 있다. 그러나, 이 종래의 방법들은 공통적으로 폴리곤 면 위로 물체 표면을 돌출시키는 것이 아니라 물체의 바닥을 폴리곤 면 밑으로 함몰시키는 방법을 사용하여, 물체 표면의 상세 형상을 표현한다.

도 1은 종래의 영상에 기반한 변위 매핑 방법의 개념을 도시한 도면이다. 도 1에서 101은 실제 폴리곤 면이고, 102는 실제 폴리곤 면에서 물체의 표면까지의 깊이이고, 103은 실제 폴리곤 면에서 물체의 표면까지의 높이이고, 104는 시점이다.

종래에는 물체의 변위 맵으로 이루어진 가상의 공간에서 폴리곤 면이 가장 윗면에 위치하기 때문에, 물체의 높이가 아니라 실제로는 깊이를 나타내게 된다. 따라서, 종래의 방법들은 기준면인 폴리곤 면으로부터 함몰된 형상을 표현하기에는 적합하지만, 폴리곤 면으로부터 돌출된 형상을 표현하기에는 여러 가지 문제점이 있다.

도 2는 종래의 영상에 기반한 변위 매핑 방법의 문제점을 설명하기 위하여 도시한 도면으로서, (a)는 폴리곤 면과 변위 맵을 반영하지 않은 텍스처를 렌더링한 상태를 도시하고, (b)와 (c)는 폴리곤 면과 변위 맵을 반영한 텍스처를 렌더링한 상태를 도시하고, (d)는 폴리곤 면과 변위 맵을 반영한 텍스처 및 그 주변을 처리한 상태를 도시한다.

(a)에 도시된 바와 같이 폴리곤 면(P)과 변위 맵을 반영하지 않은 텍스처(T)를 렌더링하면, 물체의 높이가 반영되지 않은 상태가 된다.

종래의 영상에 기반한 변위 매핑 방법을 이용하여 (a)의 도면에서 텍스처에 변위 맵을 반영하면, (b) 및 (c)와 같이 바닥면이 아래로 함몰되면서 이로 인해 폴리곤 면의 경계 주변에 텍스처의 정보가 누락된 영역(B)이 발생하게 된다. 물체의 높이를 더 높게 표현하려면 물체의 바닥면을 폴리곤 면으로부터 더 많이 함몰시켜야 하기 때문에, 이러한 정보 누락 영역(B)은 물체의 높이가 높아질수록 더 넓어진다((c)의 정보 누락 영역이 (b)의 정보 누락 영역보다 넓음).

상술한 종래의 영상에 기반한 변위 매핑 방법의 문제점을 정리하면 다음과 같다. 텍스처를 폴리곤 면 위로 돌출시키는 것이 아니라 폴리곤 면 아래 방향으로 함몰시키기 때문에, 그 바닥면의 함몰로 인하여 실제 상세의 위치가 변하게 된다. 또한, 바닥면이 아래로 함몰되면서 사람의 시점으로부터 멀어지기 때문에 바닥면이 수축하는 현상이 발생한다.

상술한 문제점으로 말미암아 종래의 영상에 기반한 변위 매핑 방법은, 표면으로부터 함몰되고, 도 2의 (d)와 같이 타일 형태로 동일한 모양이 반복적으로 배치되고, 그리고 높이가 높지 않은 경우에는 물체 표면의 상세를 표현할 수 있으나, 그 외의 경우에는 물체 표면의 상세를 정확하게 표현하지 못하는 문제점이 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제



상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 본 발명의 목적은, 물체를 표현하고 있는 기준면(폴리곤 면)을 변형하거나 그 기준면에 미세 폴리곤을 추가하지 않으면서, 기준면으로부터 돌출된 부분이 기준면으로부터 튀어나온 모습이 되도록 물체 표면의 상세를 표현하는 방법을 제공하기 위한 것이다.

본 발명의 다른 목적은, 기준면으로부터 텍스처의 높이를 돌출시킬 때 폴리곤 면 밖으로 벗어나는 초과분(overflow)을 처리하는 방법을 제공하기 위한 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은, 지형의 표면의 상세를 표현하기 위한 형상 기반 변위 매핑법과 지형 위에 돌출된 건물의 상세를 표현하기 위한 영상 기반 돌출 변위매핑법을 혼합적으로 사용하는 이중 변위 매핑 방법을 제공하기 위한 것이다.

## 발명의 구성

상술한 목적을 달성하기 위한 이 발명에 따른 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법은, 3차원 오브젝트와 텍스처정보와 변위정보를 이용하여 폴리곤 면으로부터 돌출된 물체 형상을 표현하는 시스템에서의 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법에 있어서, 상기 변위정보에 의해 정의되는 돌출된 물체의 표면과 관찰자 시선과의 교점을 검색하여 상기 돌출된 물체 형상을 상기 폴리곤 면에 표시하는 교점검색단계와; 상기 폴리곤 면을 추가하여 상기 폴리곤 면의 경계를 벗어나는 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상을 상기 추가 폴리곤 면에 표시하는 초과분표시단계와; 상기 돌출된 물체 형상 중 급격한 경사면을 검출하는 급격경사면검출단계와; 상기 급격한 경사면에 추가 텍스처를 표현하는 급격경사면보정단계를 포함한 것을 특징으로 한다.

또한, 이 발명에 따른 이중 변위 매핑 방법은, 3차원 오브젝트와 텍스처정보와 전역변위정보와 지역변위정보를 이용하여 물체의 형상을 표현하는 시스템에서의 이중 변위 매핑 방법에 있어서, 상기 3차원 오브젝트와 전역변위정보를 이용하여 폴리곤 기반으로 상기 물체의 표면을 표현하는 전역변위매핑단계와; 상기 텍스처정보와 상기 지역변위정보를 이용하여 상기 물체의 표면의 상세 형상을 표현하는 지역변위매핑단계와; 상기 전역변위매핑 및 지역변위매핑이 수행된 상기 물체들을 시점과의 거리 순으로 배열하는 어크루전해결단계와; 상기 전역변위매핑단계에서 표현된 폴리곤들에 대해 인접한 폴리곤 사이의 탄젠트 공간의 높이 방향을 동일하게 되도록 하는 탄젠트공간수정단계를 포함한 것을 특징으로 한다.

또한, 이 발명에 따른 초과분 처리 방법은, 폴리곤 면에 돌출된 물체 형상을 표시하는 컴퓨터 그래픽 시스템에서, 상기 폴리곤 면의 경계를 벗어나는 초과분을 처리하는 방법에 있어서, 시선의 방향에 따라 상기 초과분이 발생하는 상기 폴리곤 면의 경계에 인접하여 상기 폴리곤 면의 수직면을 추가하고, 상기 추가된 수직면에 상기 초과분에 해당하는 상기 돌출된 물체 형상을 표시하는 것을 특징으로 한다.

이하, 첨부된 도면을 참조하면서 이 발명에 따른 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법과, 이를 이용한 이중 변위 매핑 방법을 상세하게 설명한다.

본 발명은 물체를 표현하고 있는 기준면(폴리곤 면)을 변형하거나 왜곡하지 않으면서, 기준면에서 돌출된 형상의 상세를 표현하는 방법을 제안한다. 본 발명에서는 기준면에서 돌출된 표면의 변위 맵에 대한 정의를 하고, 이로부터 레이-트레이서(ray-tracer)를 이용하여 돌출을 표현한다. 돌출된 물체의 경계부분에서 일어나는 변위의 초과(overflow)를 해결하기 위하여, 두 개의 추가적인 면을 기준면에 추가하여 실루엣을 표현한다.

본 발명을 설명하기에 앞서, 본 발명에서 사용되는 용어를 설명한다.

- 렌더링 : 컴퓨터 그래픽스 분야에서 일반적으로 사용하는 의미로는 3차원 모델로부터 일련의 그래픽스 파이프라인을 거쳐서 2차원 이미지를 얻는 과정을 말한다. 객체, 조명, 질감, 위치, 색상 등을 나타내는 다양한 장면의 정보로부터 사진과 같은 2차원 이미지를 얻기 위한 방법에는 실시간으로 구현이 가능한 방법과, 오랜 시간 동안의 계산을 통해서 정지된 영상을 얻는 방법 등 다양한 방법이 있다. 3차원 모델로부터 2차원 이미지 또는 동영상을 얻는 계산과정을 렌더링이라 한다.

- 표면의 상세를 표현 : 3차원 물체의 형상에 대한 정보인 지오메트리(geometry) 정보(일반적으로 지오메트리 정보는 폴리곤 모델을 의미한다)로부터 렌더링 과정을 통하여 물체를 표현할 때, 물체의 표면의 질감, 지오메트리 정보에는 나타나지 않는 세밀한 형상에 대한 질감, 조명에 따른 그림자, 돌출되거나 함몰된 세밀한 형상의 느낌 등을 표현하는 것을 말한다. 즉, 폴리곤이 나타내는 매끈한 모델의 표면에 가죽의 주름이나 나무결 등과 같은 시각적 질감과 주름 등의 굴곡을 표현하는 것을 말한다.

- 표면의 변위를 표현 : 표면의 상세를 표현하는 것 중에서 특히, 폴리곤으로 구성된 물체의 표면으로부터 주름이나 결 등에 의해 생기는 높낮이의 세밀한 변화를 표현하는 것을 의미한다. 예를 들어, 동물의 형상을 매끈한 폴리곤으로 모델링하였을 때, 여기에 표면의 세밀한 높낮이를 조절하여 피부 안쪽 방향으로 파인 주름이나 돌출된 돌기 등의 높낮이를 표현하는 것을 의미한다.

- 변위 맵핑 : 표면의 변위를 표현하는 방법 중의 하나로서, 물체의 표면의 법선(normal) 방향의 변위를 기록해 둔 변위 맵을 이용하여, 물체를 표현하고 있는 폴리곤을 렌더링할 때, 변위 맵에 기록된 각 픽셀의 변위에 따라 표면의 변위를 표현하는 것을 의미한다.

- 변위 맵 : 물체의 표면의 변위 정보를 래스터(raster) 값으로 저장해 놓은 맵핑 테이블 또는 래스터 데이터(raster data)를 의미한다. 이 변위 맵 중 특히 높낮이의 정보를 표현한 것을 높이 맵이라고 명명한다.

도 3은 이 발명에 따른 영상 기반 돌출 변위 맵핑 방법의 개념을 설명하기 위하여 도시한 도면이다. 이 발명에서는 기준면인 폴리곤 면에서 돌출된 형상을 표현하기 위하여, 돌출된 변위의 표현방법을 제안한다. 도면에서 301은 기준면인 폴리곤 면이고, 302는 기준면으로부터 물체 표면까지의 깊이이며, 303은 기준면으로부터 물체 표면까지의 높이이며, 304는 사용자의 시점(view point)이다.

기준면인 폴리곤 면의 높이를 0으로, 가장 높은 위치를 1로 표현하여 표면으로부터 돌출된 형상의 변위 맵을 정의한다.

도 3에서, 렌더링할 픽셀은 폴리곤 면에 있는 점  $A$  이고, 실제 보여주어야 하는 점은 높이에 의하여 돌출된 점  $P$ 이다. 따라서, 폴리곤 면의 점  $A$  를 렌더링하려면 시선  $A'-B$ 와 물체의 표면이 교차하는 점  $P$ 를 찾아야 한다. 시선  $A'-B$ 와 물체의 표면이 여러 번 교차할 경우, 가장 높은 변위의 교차점을 찾아서 그 점을  $P$ 로 설정한다.

즉, 종래기술에서는 기준면인 폴리곤 면에 있는 점  $A$ 에서 실제 보여주어야 하는 점은 함몰된 점  $P$ 이지만, 본 발명에서는 폴리곤 면에 있는 점  $A$ 에서 실제 보여주어야 하는 점은 돌출된  $P$ 이다.

도 4는 이 발명에 따른 영상 기반 돌출 변위 맵핑 방법의 과정을 도시한 도면이다.

이 영상 기반 돌출 변위 맵핑 방법은, 일반적인 컴퓨터 시스템에 적용할 수 있다. 이 영상 기반 돌출 변위 맵핑을 위한 시스템(400)은 오브젝트 데이터베이스(410)로부터 3차원 오브젝트 정보를 제공받고, 표면 텍스처 데이터베이스(420)와 변위 맵 데이터베이스(430)로부터 표면 텍스처 정보와 지역변위 정보를 각각 제공받는다.

이 시스템(400)의 영상 기반 돌출 변위 맵핑 방법은, 순차 검색단계(401)와, 바이너리 검색단계(402)와, 초과분 처리단계(403)와, 급격한 경사면 검출 및 보정단계(404)로 이루어진다. 이 영상 기반 돌출 변위 맵핑 방법은, 변위 맵과 표면의 텍스처 정보를 사용하여 미세한 폴리곤들을 추가하지 않고도 물체 표면의 급격한 변위 및 상세를 표현할 수 있다.

아래에서는 영상 기반 돌출 변위 맵핑 방법의 각 단계에 대해 상세하게 설명한다.

### 순차 검색단계(401)

이 순차 검색단계는 변위 맵에 의해 정의된 물체의 표면과 시선과의 교점의 대략적인 위치를 찾는 과정으로서, 이를 도 5를 참조하여 설명한다.

도 5와 같이 변위 맵이 구성하는 가상 볼륨의 윗면과 기준면 사이를 일정한 간격으로 분할한다. 이 가상 볼륨의 윗면 및 분할된 면들과, 시점(304)와 렌더링할 점(A)를 잇는 시선이 교차하는 점  $B$ , ① ~ ④에 대해, 윗면부터 점차적으로 분할된 높이값과 변위 맵에 저장된 높이값을 비교한다. 분할된 높이값이 변위 맵에 저장된 높이값보다 높으면 다음 점에 대한 검사를 계속하고, 분할된 높이값이 변위 맵에 저장된 높이값보다 낮아지면 검사를 멈춘다. 예컨대, 도 5의 경우, 윗면과 시점의 교차점인 점  $B$ 의 높이값과 그 점  $B$ 에서의 변위 맵에 저장된 높이값을 비교하면 점  $B$ 의 높이값이 높기 때문에 다음 교차점 ①에 대한 검사를 계속하고, 점 ①의 높이값이 그 점 ①에서의 변위 맵에 저장된 높이값보다 높기 때문에 다음 교차점 ②에 대한 검사를 계속한다. 이렇게 교차점 ③까지 검사한 후, 다음 교차점 ④에서는 교차점 ④의 높이값이 그 점 ④에서의 변위 맵에 저장된 높이값보다 낮기 때문에 검사를 마치게 된다.

이 순차 검색단계를 통해 변위 맵에 의해 정의된 물체의 표면과 시선과의 교점의 대략적인 위치를 알 수 있는 바, 도 5의 경우, ③ 과 ④ 사이에 그 교점이 위치함을 알 수 있다.

**바이너리 검색단계(402)**

위와 같은 순차 검색단계를 통해 변위 맵에 의해 정의된 물체의 표면과 시선과의 교점의 대략적인 위치를 얻은 후, 도 6과 같은 바이너리 검색단계를 수행하여 보다 정확한 교점의 높이  $h$  정보를 얻는다. 도 6은 도 5의 점 ③ 과 ④ 사이의 형상을 확대한 도면으로서, 점 ③ 과 ④ 사이를 바이너리 검색을 통하여 정확한 교점의 높이  $h$  정보를 찾는다.

바이너리 검색단계에서 수행하는 바이너리 검색방법은 Policarpo, Oliveira, Comba가 공동으로 연구한 논문["Real-time Relief Mapping on Arbitrary Polygonal Surfaces", Proceedings of Symposium on Interactive 3D Graphics, pp.155-162, 2005.]에 상세하게 기재되어 있다.

이와 같이 시선과 물체의 표면과의 교점이 구해지면, 도 4의 표면 텍스처 데이터베이스(420)로부터 해당 교점에서의 텍스처 컬러값을 읽어와서 폴리곤 면(301)의 해당되는 픽셀(점 A)에 표시한다.

**초과분 처리단계(403)**

도 7은 이 발명에 따른 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법을 적용하여 사각형 폴리곤을 3차원 렌더링하는 과정을 도시한 도면이다.

도 7의 (a)는 폴리곤 면과 변위 맵이 반영되지 않은 텍스처를 렌더링한 결과를 도시한다. 도 7의 (a)에 이 발명에 따른 순차 검색단계와 바이너리 검색단계를 수행하여, 변위 맵에 의해 정의된 물체의 표면과 시선과의 교점을 구하고, 그 교점에 해당하는 텍스처 컬러값을 읽어와서 폴리곤 면의 해당 픽셀에 표시하는 과정을 반복하면, 도 7의 (b)에 도시된 바와 같이 폴리곤 면과 변위 맵이 반영된 텍스처를 렌더링한 결과가 얻어진다.

도 7의 (b)를 도 2의 (b) 및 (c)와 비교하면, 도 2의 (b)와 (c)의 렌더링 결과에서는 물체의 바닥면이 폴리곤 면으로부터 함몰되면서 왜곡되나, 도 7의 (b)의 렌더링 결과에서는 바닥면은 높이가 0이므로 변형되지 않으며 폴리곤 면과 일치하고, 폴리곤 면 위에 박스 형태만 돌출되어 물체의 표면이 폴리곤 면 위쪽으로 튀어나온 형상이 된다.

또한, 도 7의 (c)와 같이 텍스처의 높이를 두 배로 표현하여도 바닥면은 폴리곤 면과 일치하여 변형되지 않으며 박스의 높이만 두 배로 높아지는 것을 확인할 수 있다. 이는 도 2의 (c)에서 함몰 깊이가 깊어질수록 바닥면의 왜곡이 심해지는 것과 대비할만하다.

이 발명의 돌출 변위 매핑의 계산은 픽셀 단위로 이루어 지기 때문에, 표면에서 돌출된 형상을 변위 매핑으로 표현하면, 도 8에 도시된 바와 같이 시선  $EV$ 보다 위쪽으로 돌출된 영역은 폴리곤 면을 벗어나기 때문에 표현하는 것이 불가능하다.

예를 들어, 도 9의 시선  $EV$ 의 위쪽에 있는 돌출된 부분 중 점  $P$ 가 변위 매핑으로 표현되려면, 폴리곤 면  $E-F$ 의 경계를 벗어나는 점  $A$ 에 표현되어야 한다. 그러나, 실제 폴리곤 면의 경계 밖의 영역에서는 픽셀 단위의 변위 매핑 계산이 수행되지 않는다. 이와 같은 픽셀의 영역 초과분(overflow)에 의한 문제는, 영상 기반 변위 매핑 기술에서 공통적으로 일어나는 문제이며, 종래의 기술들이 돌출된 상체를 함몰 방식으로 표현한 이유이기도 하다.

따라서, 이러한 변위에 따른 픽셀의 초과분에 의한 문제를 극복하지 못하면 도 7의 (c)에 도시된 바와 같이 폴리곤 면의 경계 부근에서 돌출된 형상의 외곽선을 정확하게 표현하지 못하게 되는 문제점이 발생한다.

이 발명에서는 초과분에 의한 문제를 해결하기 위한 2가지 방법을 제안한다. 첫 번째 방법은 원래의 폴리곤 면  $E-F$ 를 확장하는 방법이고, 두 번째 방법은 원래의 폴리곤 면에 수직하는 면을 추가하는 방법이다.

**원래의 폴리곤 면을 확장하는 방법**

도 9의 점  $P$ 는 폴리곤 면의 끝점  $E$ 와 시점  $V$ 를 연결하는 선분  $EV$ 보다 위에 있어 변위 매핑되지 못한다. 그러나, 도 9의 폴리곤 면  $E-F$ 를  $E-D$ 로 확장하면 확장 폴리곤 면(901)의 점  $A$ 에서 점  $P$ 에 대한 렌더링이 가능하다.

이 발명에서는 도 9와 도 10에 도시된 바와 같이 돌출된 형상을 표현하기 위하여 폴리곤 면을 확장한다. 변위 맵에 의해 돌출된 형상을 모두 표현하려면 시점  $V$ 와 점  $D$ 를 잇는 선  $VD$ 와 폴리곤 면  $E-F$ 의 확장면이 만나는 교점  $D$ 까지 폴리곤 면을 확장해야 한다. 따라서, 폴리곤 면  $E-F$ 를  $DF$ 로 확장한다.

그러나, 도 9의 점  $F$ 를 바라보는 시선  $VA$ 의 기울기가 폴리곤 면  $E-F$ 의 기울기에 근접할수록 점  $A$ 의 위치는 점  $E$ 에서 멀어지게 되고,  $D$ 는 무한대에 가까워진다. 따라서, 도 10에서 표시한 확장 폴리곤 면(901)의 길이  $E_x$ 와  $E_y$  또한 무한대에 가까워진다. 시점의 기울기에 따라 텍스처의 해상도가 떨어져서 이미지의 품질이 저하되는 문제점이 있다.

도 10과 같이 폴리곤 면을 확장하는 방법은 버텍스(vertex)의 수를 증가시키지 않는 장점이 있으나, 확장되는 크기를 시점의 변화에 따라 계산해야 하고, 시점에 따라 이미지의 품질이 떨어지는 단점이 있다. 또한, 버텍스(vertex) 단위의 계산과 픽셀 단위의 계산을 모두 수행해야 하기 때문에, GPU(graphic process unit) 상에서 구현하는데 제약이 따른다.

본 발명에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 추가적인 면을 생성하는 방법을 사용한다.

수직하는 면을 추가하는 방법

도 11은 도 9를 3차원으로 확장하여 표현한 것이다. 도 9의 점  $F$ 에 대한 시선은 폴리곤 면  $EF$ 에 수직인 면(902)과 점  $C$ 에서 교차한다. 따라서, 도 9와 같이 폴리곤 면에 수직인 수직면(902)을 추가하고 그 수직면(902)의 픽셀  $C$ 에 점  $F$ 의 텍스처 정보를 렌더링하면 영역 초과분(overflow) 문제를 해결할 수 있다. 즉, 점  $C$ 를 가상의 확장 폴리곤 면(901)  $ED'$  위에 존재하는 점  $A$ 로 매핑하고, 이 점의 텍스처 좌표를 이용하면, 한 장의 변위 맵과 텍스처만을 이용하여 수직인 면 위에 존재하는 점  $C$ 를 표현할 수 있다.

도 11의 시선  $AV$ 의 성분 비율( $v_x, v_y, v_z$ )은 탄젠트 공간에서 시점의 좌표로부터 얻을 수 있다. 수직면(902) 위의 점  $C$ 의  $uv$  공간 좌표는  $dx, dy$ 로 표현된다. 이들의 관계로부터 삼각 비례를 이용하면, 가상 확장면(903)에 매핑된 점  $A(x', y')$ 의  $uv$  공간 좌표는 다음의 수학식 1과 같이 유도할 수 있다.

$$\text{수학식 1} \\ x' = \frac{dx \times v_x}{v_z}, \quad y' = \frac{dx \times v_y}{v_z} + dy$$

여기서  $v_x, v_y, v_z$ 는 폴리곤 면(301)의 탄젠트 공간 좌표계의 값이고,  $dx, dy$ 는 수직면(902)의  $uv$  공간 좌표계의 값이며,  $x', y'$ 는 가상 확장면(903)의  $uv$  공간 좌표계의 값이다. 가상 확장면(903)의  $uv$  공간은 폴리곤 면(301)의 경계를 기준으로 워핑된  $uv$  공간으로 정의한다.

도 11의 수직면(902)의 탄젠트 공간 좌표는 도 12과 같이, 폴리곤 면과 인접한 면들 사이의 탄젠트 공간 좌표계의 관계를 이용하여 계산할 수 있다. 도 12의 바닥면을 폴리곤 면이라고 할 때, 그 폴리곤 면에 왼쪽으로 수직인 면의 탄젠트 공간은 아래의 수학식 2와 같이 변환된다.

$$\text{수학식 2} \\ \text{normal} = -\text{tangent} \\ \text{tangent} = \text{normal} \\ \text{binormal} = \text{binormal}$$

여기서, normal은 법선 벡터이고, binormal은 종법선 벡터이고, tangent는 접선 벡터이다.

도 12의 탄젠트 공간 좌표계의 정의를 이용하면, 다른 방향으로 인접한 면들에 대해서도 탄젠트 공간의 매핑이 가능하다.

본 발명에서는 도 13과 같이 시점의 방향에 따라서 영역 초과분(overflow)이 발생하는 경계에 인접하여, 폴리곤 면의 수직면(902)을 각각 추가한다. 그리고, 그 추가된 수직면에 물체의 돌출 변위를 표현함으로써, 폴리곤 면의 영역을 벗어나는 초과분에 대한 실루엣 표현이 가능하다.

추가된 수직면의 렌더링은 알파 블렌딩을 사용하여, 물체의 돌출된 영역만을 선택적으로 가시화한다. 이 발명에서 제시한 방법은 탄젠트 공간의 매핑을 통하여 하나의 텍스처와 변위 맵으로 표현이 가능하다. 따라서, 적은 메모리 사용량으로 물체의 실루엣을 표현할 수 있고, 정확한 경계의 표현이 가능하다.

도 7의 (c)와 같이 폴리곤 면의 경계 부근에서 돌출된 형상의 외곽선이 정확하게 표현되는 않은 상황에서, 초과분이 발생하는 폴리곤 면의 경계에 폴리곤 면의 수직면 하나를 추가하여 초과분을 렌더링한 결과를 도 7의 (d)에 도시하고, 초과분이 발생하는 폴리곤 면의 경계에 폴리곤 면의 수직면 2개를 추가하여 초과분을 렌더링한 결과를 도 7의 (e)에 도시한다. 도 7의 (e)에는 돌출 변위 매핑의 경계 부근에서 완전한 실루엣을 표현하고 있음을 알 수 있다.

**급격한 경사면 검출 및 보정단계(404)**

본 발명에서 제시한 돌출 형상의 표현을 위한 변위 매핑 방법은 돌출된 형상의 경사가 급한 물체들, 특히 건물과 같이 수직 방향으로 돌출된 물체의 표현에도 적용이 가능하다. 수직으로 돌출된 물체는 돌출된 방향의 경사가 매우 급하여, 높이에 따라 텍스처 좌표상의 한 점이 넓은 영역을 표현하기도 한다. 따라서 기존의 방법만으로는 좋은 영상 품질을 얻을 수 없다.

부드러운 변위 맵은, 변위에 의해 변형되는 텍스처 좌표의 크기가 인접한 픽셀과 큰 차이를 갖지 않기 때문에 부드럽게 표현되는데 반하여, 수직 방향으로 돌출된 물체의 수직면은 변위 맵 상에서 하나의 점 또는 선으로 표현되기 때문에, 시점에 따라 텍스처의 왜곡이 매우 커진다. 따라서, 급격한 경사의 돌출 변위 매핑에는 이를 보상할 수 있는 방법이 필요하다.

급격한 경사를 갖는 돌출 형상을 과장하면, 도 14과 같이 수직으로 돌출된 육면체 형상으로 가정할 수 있다. 이 수직으로 돌출된 육면체 형상을 정확하게 표현할 수 있다면, 어떠한 급한 경사면에 대한 돌출도 표현이 가능하다.

도 7의 (f)는 도 7의 (e)의 결과물에서, 박스의 옆면을 추가 텍스처 정보를 추가하여 표현한 것이다. 이 경우 박스의 옆면이 폴리곤 면에서 수직이기 때문에, 텍스처 좌표 상에서 하나의 픽셀이 박스 옆면의 최저점부터 최고점까지 모두 표현하게 된다. 따라서 도 7의 (e)와 같이 텍스처를 옆면에 길게 늘어놓은 형상으로 표현된다. 도 7의 (a)의 바탕(701)과 텍스처(702) 사이의 경계선이 도 7의 (e)에서 돌출된 형상의 옆면 전체를 표현하는데, 픽셀 단위의 순차 검색 및 바이너리 검색 과정에서 미세한 오차가 발생하기 때문에, 실제로는 경계선에 해당하는 검정색 선분 주변의 픽셀들이 박스의 옆면 전체에 선형 보간이 된 것과 같은 효과가 나타난다.

돌출된 형상을 박스의 옆면(급격한 경사면)과 윗면(완만한 경사면)으로 구분하면, 왜곡이 심하게 발생하는 급한 경사면에 추가적인 텍스처 정보를 적용하여 박스 옆면에 발생하는 왜곡을 보정할 수 있다.

이를 위하여, 먼저 돌출된 형상의 급격한 경사면과 완만한 경사면을 구분할 수 있어야 한다.

급격한 경사면의 검출은 다음과 같은 방법으로 가능하다. 도 14는 도 7에서 사용한 변위 맵의 단면과 유사하다. 완만한 경사면에 존재하는 점  $P_A$ 의 경우, 순차 검색 과정에서 ①번 점의 uv 좌표상의 변위 맵을 읽어  $P_A$ 의 높이 값으로  $h_{AI}$ 을 검출한다. 다음 단계에서는 ②번 점의 높이 값이 변위 맵에서 읽은 값보다 낮아 순차 검색을 중단하게 된다. 이후, 바이너리 검색에서 얻어지는 정확한 교점은  $P_A$ 가 되고, 이 점의 높이는  $h_A$ 로 결정된다. 이때, 경사가 완만한 면에 존재하는 점  $P_A$ 의 높이  $h_A$ 는  $h_{AI}$ 과 거의 유사한 값을 갖는다.

반면, 급격한 경사면에 위치한 점  $P_B$ 의 경우에는 다음과 같은 결과를 얻는다. 순차 검색 과정에서 ②번 위치까지 변위 맵에서 읽은 값  $h_{BI}$ 이 바닥면에 위치하게 된다. 다음 단계에서는 ③번 점의 높이 값이 변위 맵에서 읽은 값( $h_{AI}$ 과 동일)보다 작아 순차 검색을 중단하게 된다. 이후 바이너리 검색에서 얻은 교점  $P_B$ 의 높이 값은  $h_B$ 로 결정된다. 이때 급격한 경사면에 위치한  $P_B$ 점의 높이  $h_B$ 는  $h_{BI}$ 와 큰 차이를 갖는다.

이와 같이 두 경우의 차이를 이용하여 급격한 경사면에 위치한 점을 구분해 낼 수 있다. 구분 과정은 다음과 같다.

첫째, 순차 검색과정에서 검출이 끝나기 직전의 좌표에서 읽은 변위 맵의 값  $h_{n-1}$ 를 저장한다.

둘째, 바이너리 검색 결과 얻은 교점의 높이 값  $h$ 를 얻는다.

셋째, 두 높이 값의 차이  $h_{n-1} - h$ 가 한계값(delta)보다 크면, 급격한 경사를 갖는 면에 위치한 점으로 판단한다. 두 높이 값의 차이가 한계값보다 작으면, 완만한 경사를 갖는 면에 위치한 점으로 판단한다.

이와 같은 방법에서 검출한 급격한 경사면에는, 적은 메모리를 차지하는 타일 형태의 텍스처를, uv 좌표와 검출된 높이 값을 이용하여 매핑할 수 있다. 이때, 타일 형태의 텍스처 좌표계가 (x,y) 2차원 좌표라면, 아래의 수학적 식 3을 사용하여 급격한 변위에 대한 경사면의 상세를 추가할 수 있다.

수학적 식 3

$$\begin{aligned} x &= scale\_x \times d \\ y &= scale\_y \times h \\ d &= f(u,v) \end{aligned}$$

여기서, u,v는 폴리곤 면에 존재하는 각 픽셀의 (u,v) 좌표값이다. h는 돌출 변위 매핑과정에서 얻어진 교점의 높이값이다.

위의 수학적 식 3에 따라 계산된 x,y값을 이용하여 타일 형태의 텍스처로부터 컬러정보를 샘플링하여 급격한 경사면의 각 픽셀의 컬러값으로 사용한다.

그러나, 위 수학적 식 3은 급격한 변위에 대한 추가적인 텍스처 매핑의 실시예에 불과하며, 특히 d는 물체의 형상에 따라 적절히 변형하여 u와 v의 함수로 정의하여 사용한다. 가장 간단한 예로는 u와 v의 선형 조합으로  $d = u + v$ 로 사용하는 것이 가능하다. 이후 얻어진 x, y값으로부터 컬러정보를 구하는 과정은 일반적인 텍스처 샘플링 과정과 유사하다.

급격한 경사면에 타일 형태의 텍스처를 입힌 결과가 도 7의 (f)에 도시되어 있다.

이 방법은 건물과 같이 수직 방향으로 돌출된 물체의 표현 등에 사용될 수 있다.

이때, 급격한 경사면과 완만한 경사면을 결정하는 한계값(delta)은 화면과 변위 맵의 해상도에 따라 적절히 조절하여야 한다. 만약 한계값(delta)를 너무 작게 설정하면 평평한 면까지 급격한 경사면으로 판단하여, 평평한 면에 경사면으로 검출되는 픽셀들이 섞이는 문제가 발생한다. 이러한 문제는 변위 맵의 값에 미세한 오차들이 있을 경우에 더욱 커지게 된다. 이럴 경우 한계값(delta)의 조절로 오류를 제거한다.

**이중 변위 매핑 방법**

도 15는 이 발명에 따른 이중 변위 매핑을 위한 시스템을 도시한 도면이다.

이 발명의 이중 변위 매핑 시스템(1500)은 폴리곤 기반의 전역 변위 매핑수단(1501)과, 폴리곤 표면의 상세를 표현하기 위한 지역 변위 매핑수단(1502)으로 이루어진다. 전역 변위 매핑수단(1501)에는 전역변위맵(DM1)으로부터 전역 변위 정보가 제공되고, 지역 변위 매핑수단(1502)에는 지역변위맵(DM2)으로부터 지역 변위 정보가 제공된다. 아울러, 지역 변위 매핑수단(1502)에는 텍스처정보(TM)가 제공된다.

이 발명의 이중 변위 매핑 시스템(1500)은 렌더링할 물체의 정보를 컴퓨터 그래픽 시스템의 오브젝트 데이터베이스(1510)로부터 입력받고, 메모리(1520)로부터 변위 매핑에 사용할 전역변위맵(DM1) 및 지역변위맵(DM2)과, 텍스처정보(TM)를 입력받아, 물체의 표면을 보다 상세하게 렌더링하여 이미지(1530)를 실시간으로 생성한다.

전역 변위 매핑수단(1501)은 물체의 부드러운 변위를 표현하는데 사용된다. 도 15의 전역변위맵(DM1)으로부터 폴리곤 기반의 삼각망 생성 방법을 이용하여 물체의 표면을 구성하는 버텍스(vertex)의 높이를 조절하여 표면의 상세를 표현한다. 이때, 폴리곤 기반의 변위 매핑이 사용되며 보다 세밀한 표현을 위해서는 버텍스(vertex)의 개수를 증가시킬 수도 있다.

지역 변위 매핑수단(1502)은 전역 변위 매핑수단(1501)이 표현하지 못한 보다 상세한 변위를 표현하는데 사용한다. 지역 변위 매핑수단(1502)은 폴리곤 표면에 함몰 또는 돌출된 형상을 표현하기 위한 변위 매핑 방법으로서, 돌출된 형상에 대해서는 이 발명의 도 4에서 제안한 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법을 적용하여, 물체 표면의 급격한 변위 및 상세한 형상을 미세한 폴리곤들을 추가하지 않고 표현한다.

본 발명의 지역 변위 매핑수단은 돌출된 형상에 대해 돌출 변위 매핑 방법을 수행한다.

폴리곤 기반의 전역 변위 매핑과 폴리곤 표면의 지역 변위 매핑을 수행한 후 화면에 이미지를 표시할 때, 돌출 형상의 어크루전(occlusion) 해결과정(1503) 및 탄젠트 공간 수정과정(1504)을 수행한다.

먼저, 돌출 형상의 어크루전 해결과정(1503)을 설명한다.

돌출 형상의 어크루전 해결은 시점으로부터 먼 폴리곤 면의 변위 매핑이 먼저 일어나도록 설정하고, 시점에서 가까운 폴리곤 면의 변위 매핑이 나중에 일어나도록 설정함으로써 수행한다. 이로써, 시점으로부터 거리가 먼 폴리곤 면이 시점에서 가까운 폴리곤 면에 의해 가려지도록 한다.

다음 탄젠트 공간 수정과정(1504)의 필요성과 방법을 설명한다.

한 장의 평평한 폴리곤 위에 돌출 변위 매핑을 적용하면, 변위 맵이 동일한 법선(normal)을 갖는 평면에 위치하기 때문에 모든 픽셀에서 탄젠트 공간이 동일하다. 그러나, 이중 변위 매핑을 위하여 그리드(grid) 또는 TIN(triangular irregular networks) 형태를 갖는 전역 변위 매핑이 적용된 곡면 위에 돌출 변위 매핑을 적용하면, 인접한 폴리곤들 사이의 법선(normal) 방향의 차이로 인하여 돌출된 형상에 오류가 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 이중 변위 매핑에서는 탄젠트 공간을 수정한다. 이 탄젠트 공간 수정은 인접한 폴리곤 사이의 탄젠트공간의 높이 방향을 동일하게 하는 작업을 함으로써, 수행된다.

상술한 어크루전 해결과정 및 탄젠트 공간 수정과정은 상술한 바와 같이 이중 변위 매핑 방법에 포함될 수도 있고, 도 4의 돌출 변위 매핑과정에 포함될 수도 있다.

## 실시예

본 발명은 비디오 게임 및 컴퓨터 게임을 포함한 엔터테인먼트 정보기기 및 지형 공간정보의 표현을 포함하는 정보기기, 그리고 컴퓨터 그래픽 렌더링을 통하여 영상을 생성하는 정보기기에 활용이 가능하다.

특히, 본 발명을 실제 지형공간정보의 모델링 및 가시화에 응용하면 도 16과 같이 구성된다. 변위 매핑을 이용한 도시 지형 모델의 표현을 위해서는 기초 지형이 가지고 있는 비교적 큰 변위와, 지물에 의하여 발생하는 비교적 작은 변위의 표현이 모두 가능하여야 한다. 지리정보의 특성상 기초 지형이 가지고 있는 변위와, 건물과 같은 지물이 가지고 있는 변위를 동시에 표현하였을 때에는 정확한 건물의 형상을 표현하기가 어렵다. 건물의 변위를 기초 지형의 변위로부터 분리하는 것이 지리정보의 수급과 가시화 측면에서 모두 유리하다. 따라서 기초 지형을 이용한 전역 변위 매핑과 건물의 높이를 이용한 지역 변위 매핑을 독립적으로 수행한 후 두 가지 변위를 병합한다.

이중 변위 매핑을 구성하는 전역 변위 매핑과 지역 변위 매핑에 각각의 용도에 맞는 변위 매핑 방법이 필요하다. 모델링과 가시화 측면에서 두 단계의 변위 매핑에 각각 적합한 방법을 사용하는 것이 타당하다. 본 발명에서는 지형의 표현을 위하여 형상 기반 전역 변위 매핑 방법을 사용하고, 돌출된 건물의 표현을 위하여 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법을 혼합적으로 사용한다.

도 16과 같이 도시 가상 환경의 모델링 및 표현을 위하여, 기초 지형의 표현을 위한 전역 변위 매핑(1501)과, 건물 등의 지물의 표현을 위한 지역 변위 매핑(1502)으로 분류하여 이중 변위 매핑을 적용할 수 있다. 건물과 같은 인공 지형 지물을 제외한 순수한 지표의 높이에 의하여 표현되는 기초 지형은 시간의 흐름에 둔감하게 변화하는 반면에, 건물은 지속적으로 도시의 환경 변화에 따라 비교적 빠르게 변화하기 때문에 지역 변위 매핑에 필요한 건물변위맵(1611)의 갱신은 보다 빈번하게 이루어져야 한다. 따라서 인공지형지물을 저장하는 건물변위맵(1611)과, 기초지형을 저장하는 수치표고모델(digital terrain model)(1621)을 분리하여 도시 환경의 변화에 대응하기 쉽게 한다. 즉, 수치지도(1622)로부터 생성되는 건물변위맵(1611)만을 갱신함으로써, 간단하게 도시 가상환경을 업데이트하는 것이 가능하다.

도 16의 이중 변위 매핑 방법은 기초지형을 전역 변위 매핑(1501)을 이용하여 지형의 높이를 표현하고, 그 위에 건물 형상의 높이를 지역 변위 매핑(1502)을 통하여 표현하는 방법을 사용하여, 자주 변화하는 건물과 잘 변하지 않는 기초지형을 분리한다. 전역 변위 매핑(1501)은 수치표고모델(1621)로부터 기초지형의 변위를 표현하고, 이 위에 수치지도(1622)로부터 생성한 건물변위맵(1611)과 항공사진(1623)을 이용한 텍스처정보(1612)를 이용하여 건물의 돌출된 상세를 표현하는 지역 변위 매핑(1502)을 수행한다.

본 발명에서 설명하고 있는 이중 변위 매핑과 돌출 변위 매핑을 도 16과 같이 실제 지형공간정보의 표현에 응용한 결과, 도 17과 같은 영상이 실시간으로 생성되었다.

### 발명의 효과

이상과 같이 본 발명에 따르면, 실제 폴리곤 면에서 돌출된 형상의 실루엣을 정확하게 표현할 수 있다. 종래의 GPU를 이용한 영상 기반의 변위 매핑 방법들이 기준면으로부터 함몰된 형상만을 표현할 수 있는 것과는 달리, 본 발명에 따르면 실제 폴리곤면으로부터 돌출된 형상을 표현할 수 있도록 변위맵을 정의하고, 돌출된 형상의 실루엣을 표현할 수 있다. 또한, 폴리곤 면의 형상을 변형하지 않고, 단지 보조적인 두 개의 면을 추가함으로써, 전체 모델의 버텍스 개수를 거의 증가시키지 않으면서 돌출된 형상의 상세를 표현할 수 있다.

아울러, 본 발명의 돌출 변위 매핑 방법은 픽셀 단위의 계산 과정에서 경사면의 상세를 추가하여, 급격한 경사를 갖는 돌출 형상의 표현이 가능하다. 급격한 경사면의 상세는 매우 작은 타일 형태의 텍스처를 이용하였기 때문에, 렌더링 성능에 영향을 미치지 않는다.

또한, 본 발명의 돌출 변위 매핑 방법은, 특히 고층 건물 등과 같이 수직으로 돌출된 형상에도 적용이 가능하며, 폴리곤 모델에 기반한 그래픽 알고리즘과 병행하여 사용하는 것이 가능하며, 지형공간정보의 표현을 개선하는데 활용할 수 있다. 이로 인하여, 비디오 게임 및 컴퓨터 게임을 포함한 엔터테인먼트 정보기기와 컴퓨터 그래픽을 사용하는 정보 기기의 영상 표현에서 물체의 표면에 상세를 추가하여 영상의 품질을 높이는데 사용할 수 있다.

본 발명은 물체의 표면에 미세한 폴리곤을 추가하지 않고 돌출된 형상과 그 형상의 실루엣을 표현할 수 있는 장점이 있다.

### 도면의 간단한 설명

도 1은 종래의 영상에 기반한 변위 매핑 방법의 개념을 도시한 도면,

도 2는 종래의 영상에 기반한 변위 매핑 방법의 문제점을 설명하기 위하여 도시한 도면,

도 3은 이 발명에 따른 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법의 개념을 설명하기 위하여 도시한 도면,

도 4는 이 발명에 따른 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법의 과정을 도시한 도면,

도 5는 순차 검색단계에서 변위 맵에 의해 정의된 물체의 표면과 시선과의 교점의 대략적인 위치를 찾는 과정을 도시한 도면,

도 6은 바이너리 검색단계에서 물체의 표면과 시선과의 정확한 교점을 찾는 과정을 도시한 도면,

도 7은 이 발명에 따른 영상 기반 돌출 변위 매핑 방법을 적용하여 사각형 폴리곤을 3차원 렌더링하는 과정을 도시한 도면,

도 8은 영상 기반 돌출 변위 매핑과정에서 일반적으로 발생하는 픽셀의 변위의 초과분(overflow)에 따른 문제를 도시한 도면,

도 9는 도 8의 변위의 초과분(overflow) 문제를 해결하는 과정을 간략하게 도시한 도면,

도 10은 변위의 초과분(overflow) 문제를 해결하기 위해 폴리곤 면을 확장한 상태를 도시한 도면,



도 11은 변위의 초과분(overflow) 문제 해결 방법을 3차원 공간으로 확장하여 도시한 도면,

도 12는 탄젠트 공간의 매핑관계를 도시한 도면,

도 13은 변위의 초과분(overflow) 문제를 해결하기 위해 폴리곤 면에 수직한 면을 추가한 상태를 도시한 도면,

도 14는 급격한 변위와 완만한 변위의 판단과정을 도시한 도면,

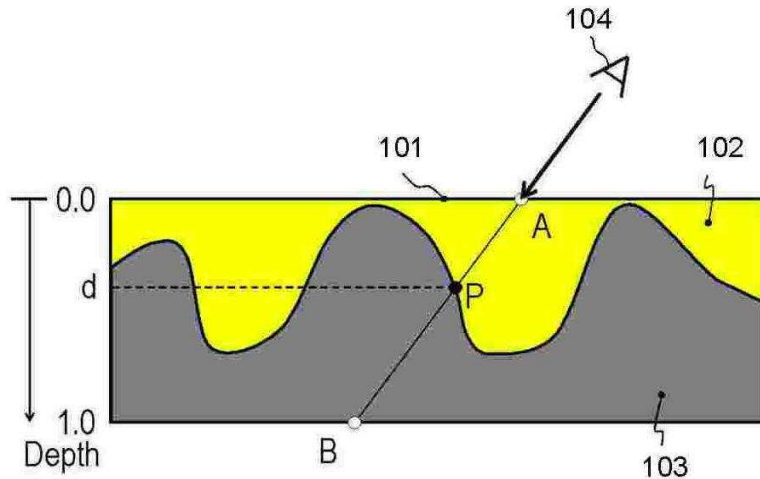
도 15는 본 발명에 따른 이중 변위 매핑을 수행하는 시스템의 기능 블록도,

도 16은 본 발명에서 설명한 이중 변위 매핑과 돌출 변위 매핑을 지형공간정보의 표현에 활용하는 예를 도시한 도면,

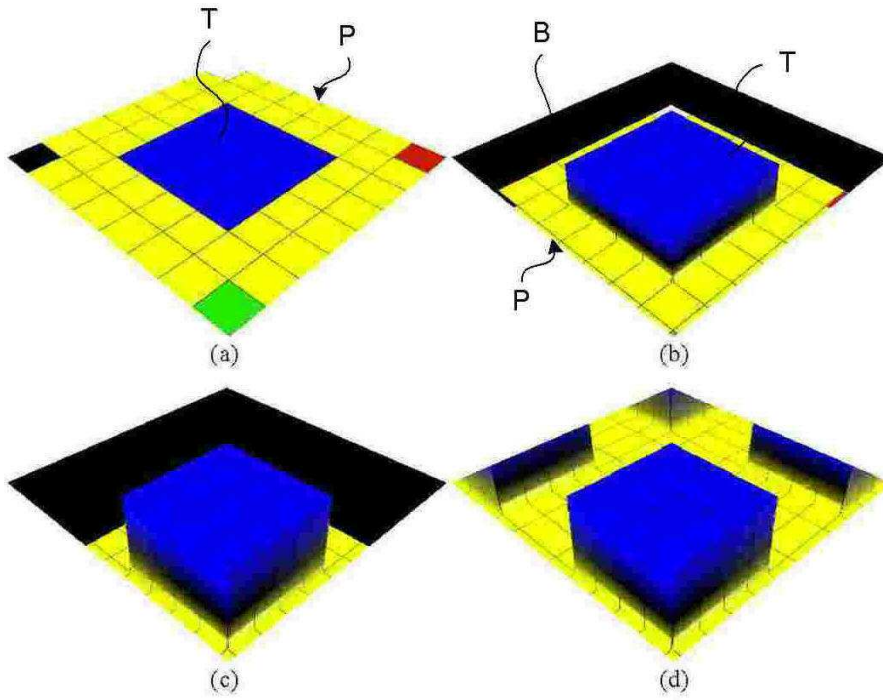
도 17은 도 16의 실시예로부터 실시간으로 생성된 영상을 도시한 도면이다.

도면

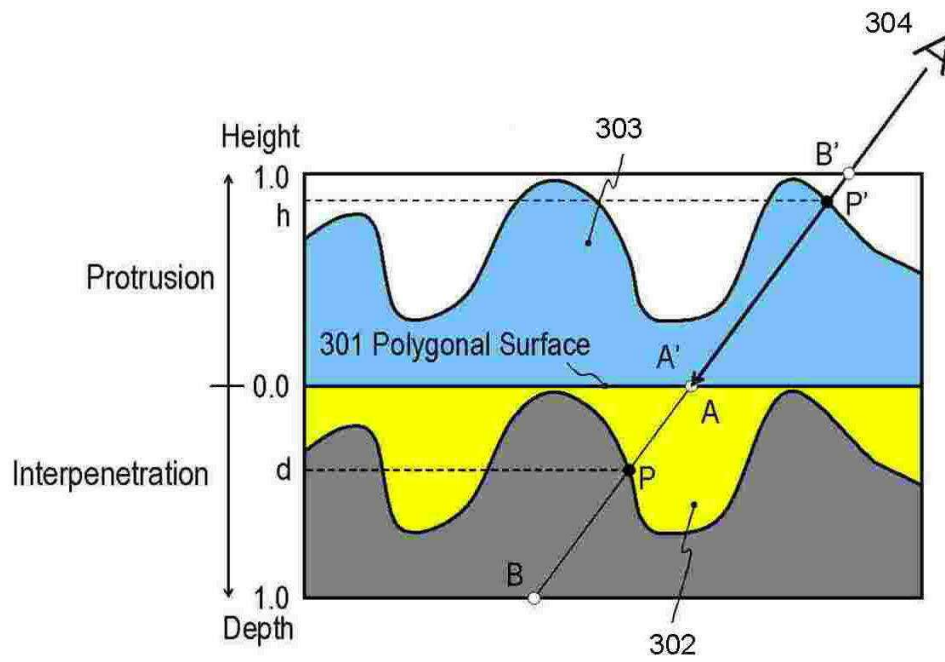
도면1



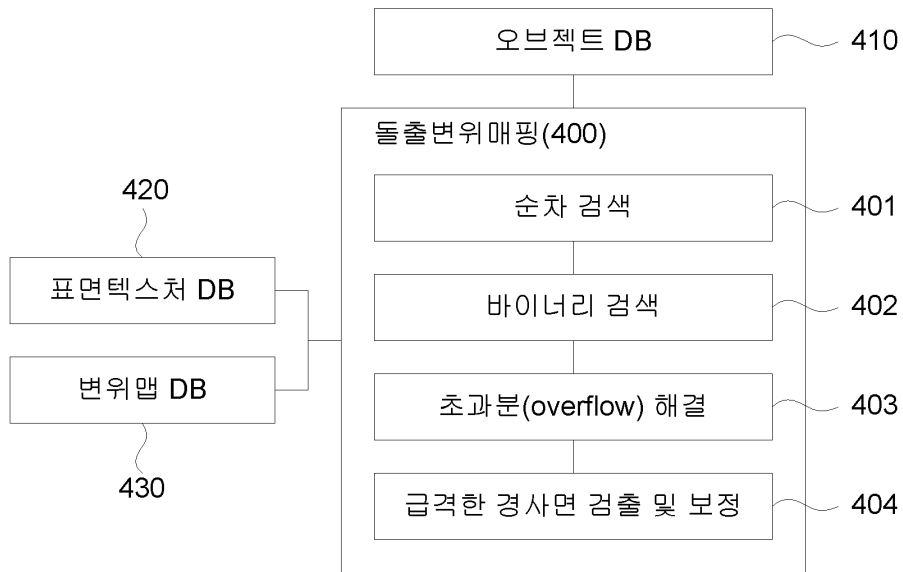
도면2



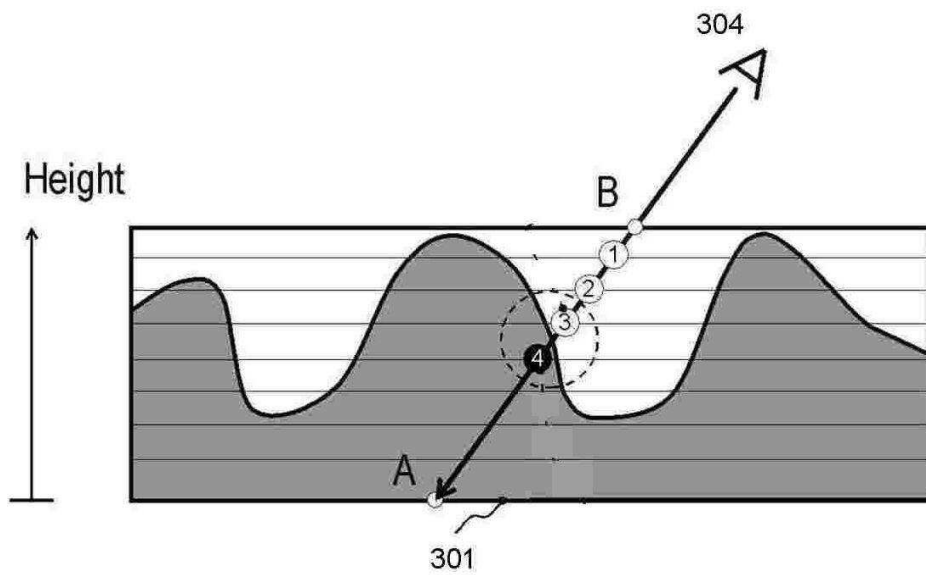
도면3



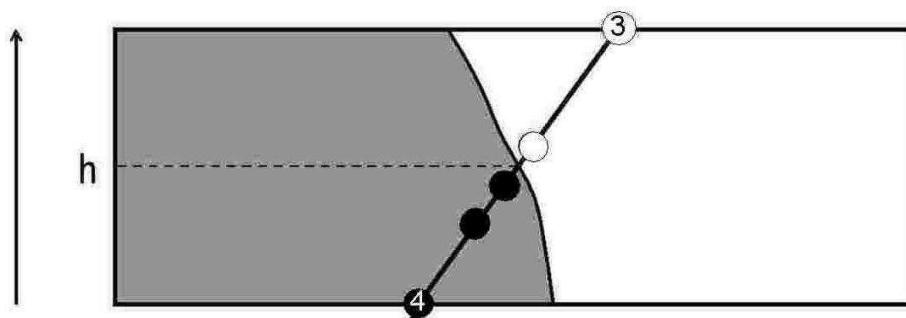
도면4



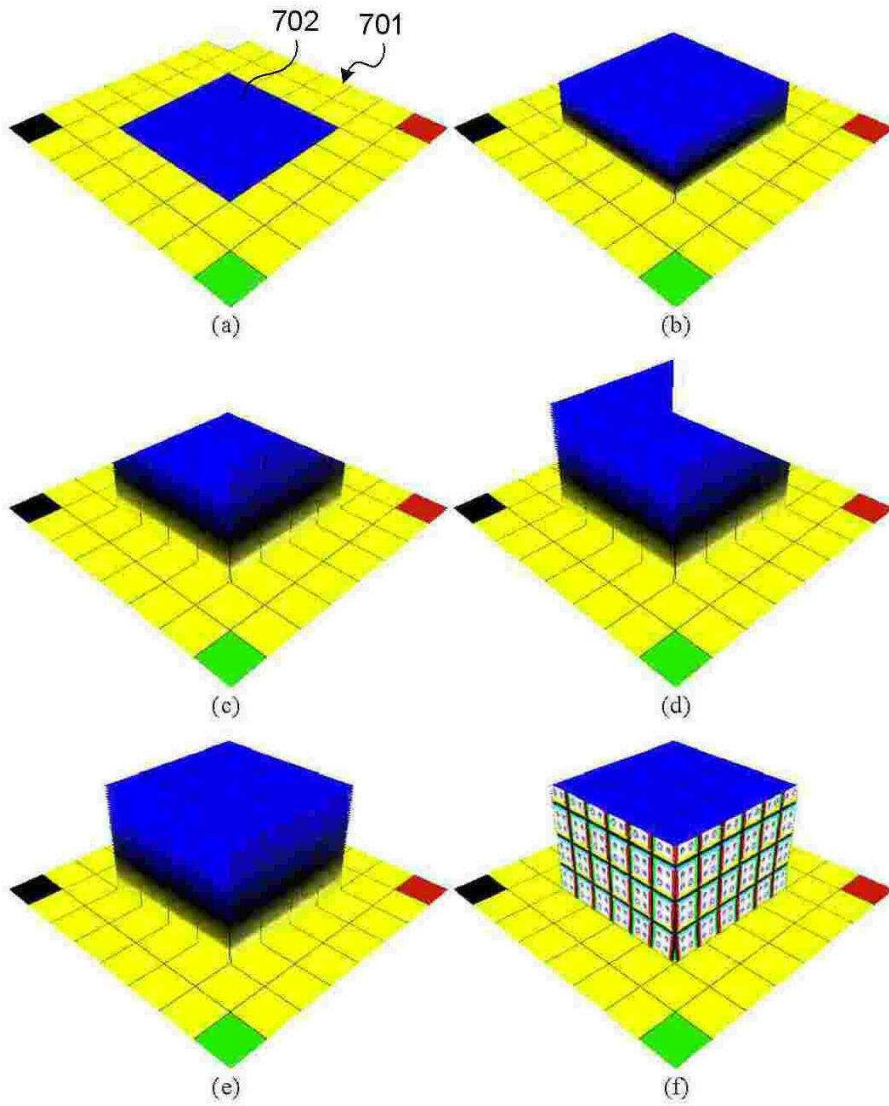
도면5



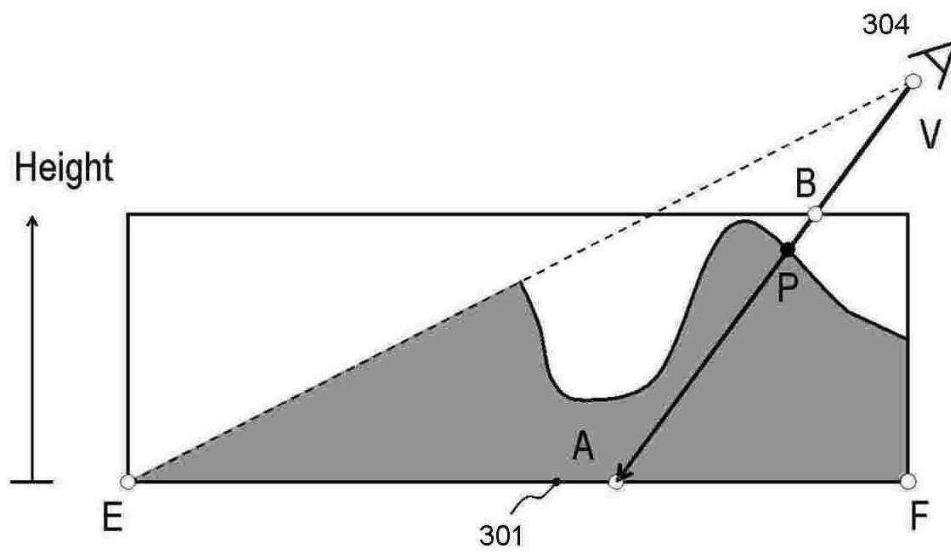
도면6



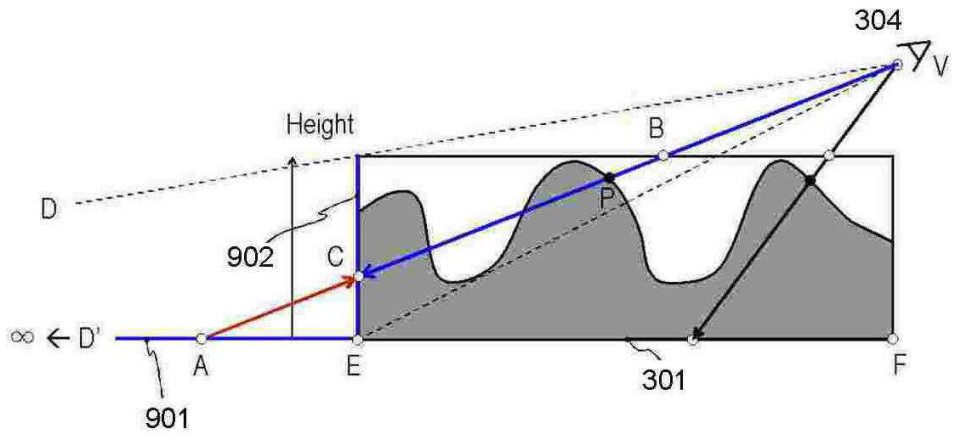
도면7



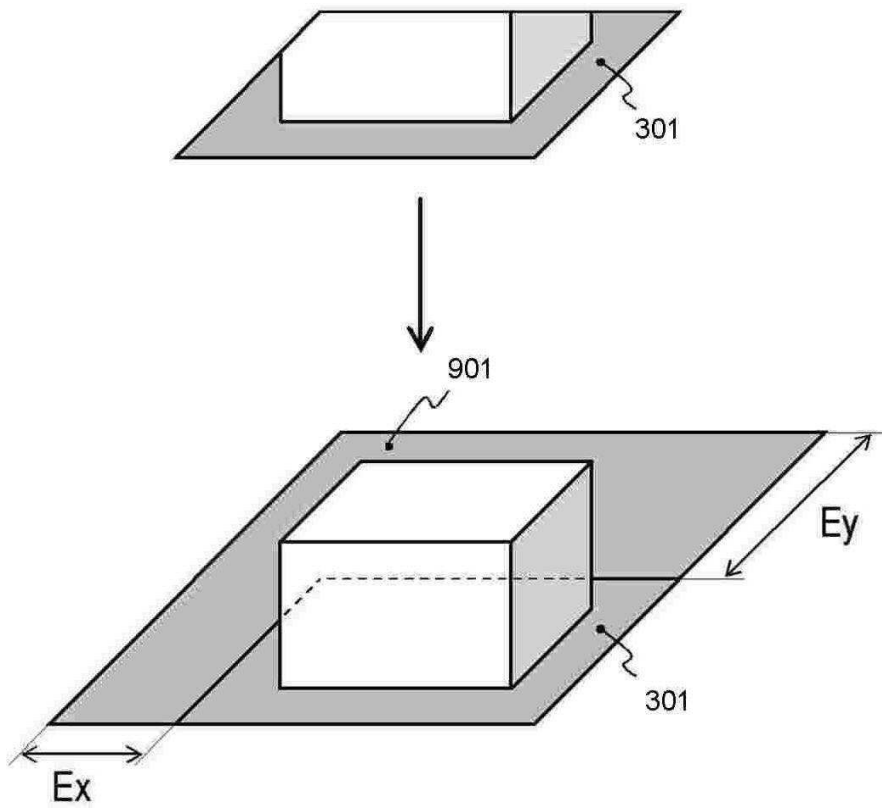
도면8



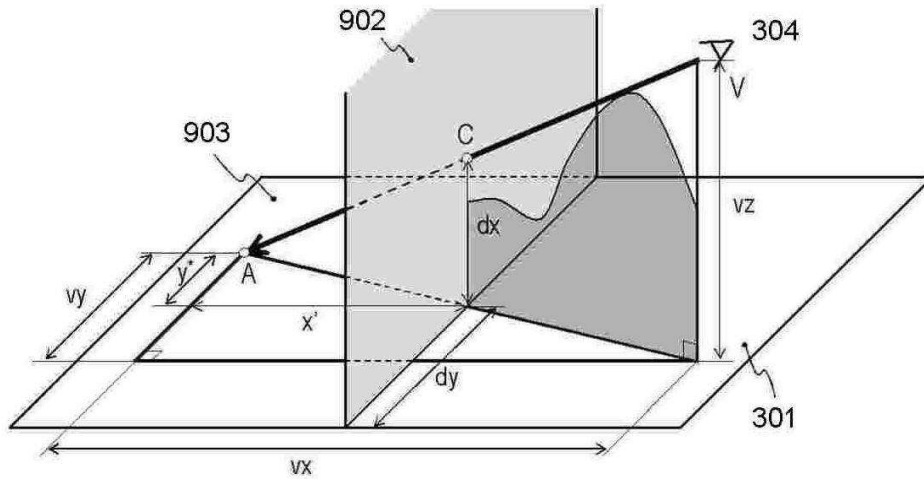
도면9



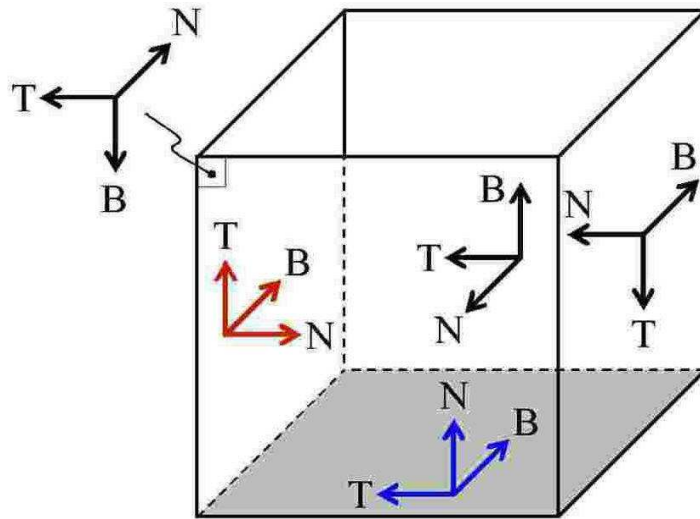
도면10



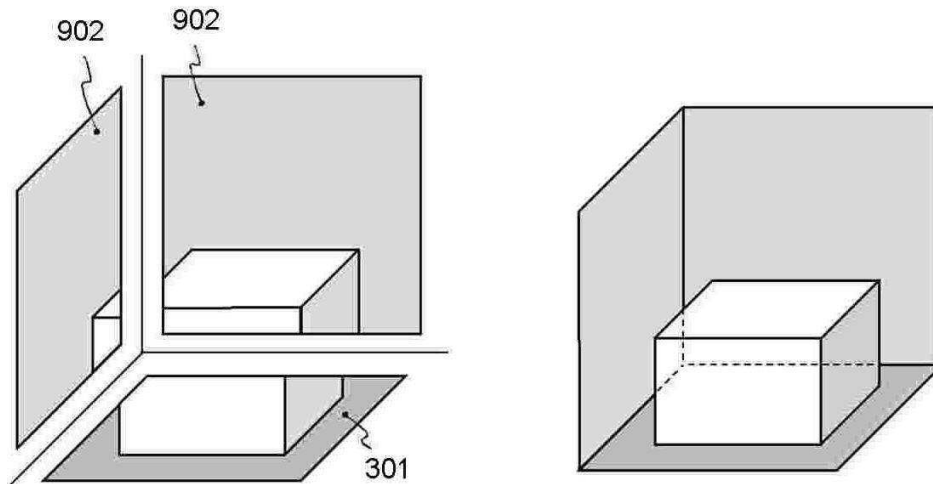
도면11



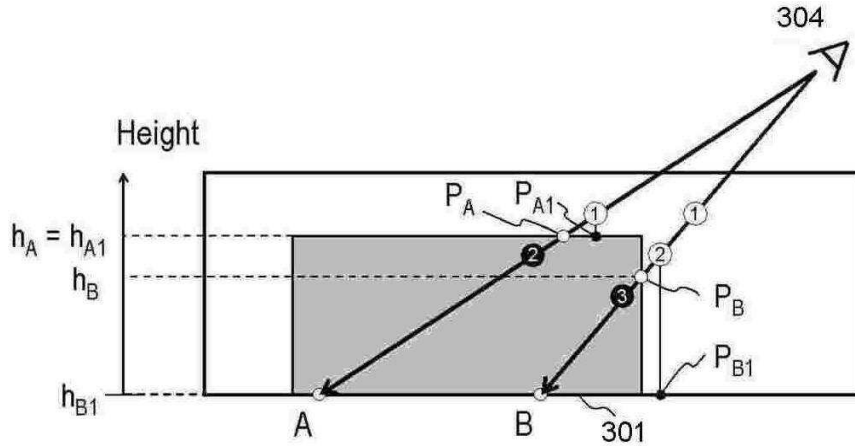
도면12



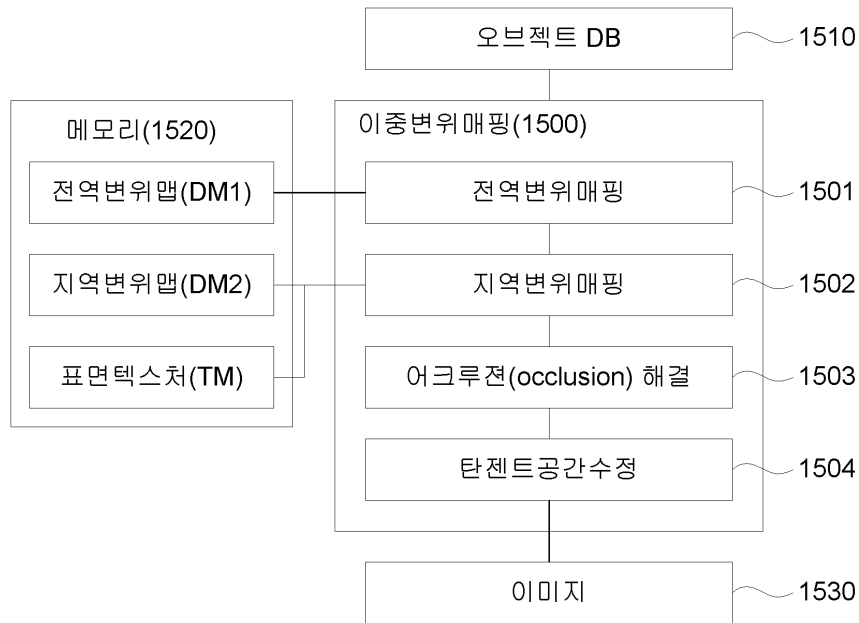
도면13



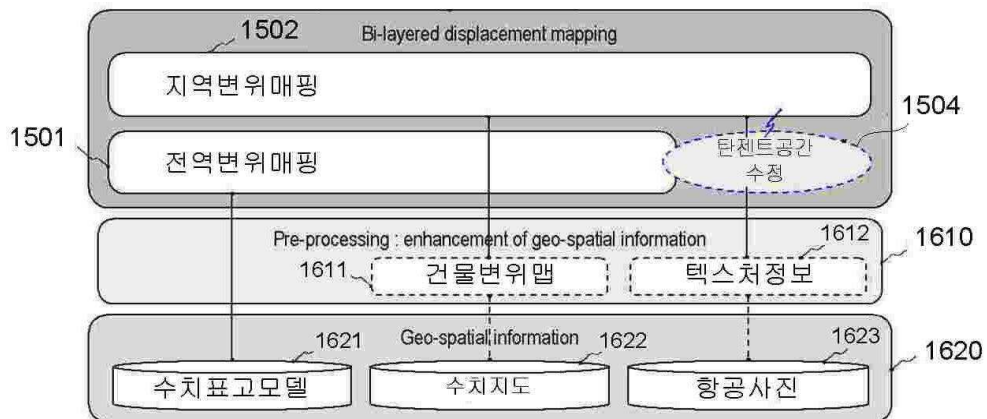
도면14



도면15



도면16



도면17

