



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년10월28일
 (11) 등록번호 10-0865583
 (24) 등록일자 2008년10월21일

(51) Int. Cl.
 G06T 5/00 (2006.01) G06T 7/00 (2006.01)
 G06T 17/00 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2007-0017310
 (22) 출원일자 2007년02월21일
 심사청구일자 2007년02월21일
 (65) 공개번호 10-2008-0077748
 (43) 공개일자 2008년08월26일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020000076509 A*
 KR1020010113730 A*
 KR1020020063941 A
 JP2004280596 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 충북대학교 산학협력단
 충청북도 청주시 흥덕구 개신동 12
 (72) 발명자
 이진명
 충북 청주시 흥덕구 개신동 11 삼익2차아파트 20
 3동 302호
 (74) 대리인
 김정현

전체 청구항 수 : 총 4 항

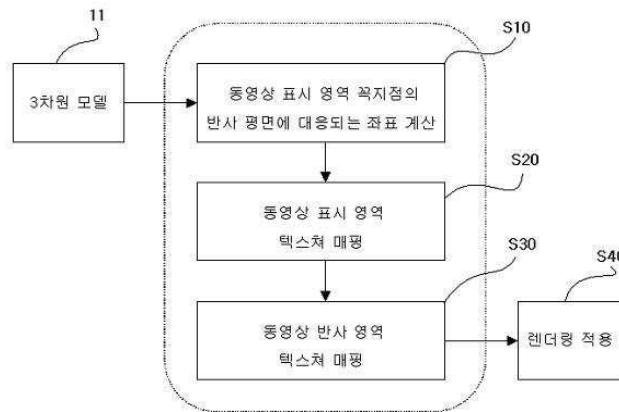
심사관 : 조남신

(54) 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법

(57) 요약

컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법이 제공된다. 본 발명의 실시예에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법은, 먼저, 동영상 표시 영역의 꼭지점들에 대한 반사 평면에 대응되는 좌표를 계산하여 동영상 반사 영역을 결정하는 단계를 수행한다. 다음, 동영상 표시 영역을 텍스처 매핑하는 단계를 수행한다. 이어, 동영상 반사 영역을 텍스처 매핑하는 단계를 수행하여 이루어질 수 있다. 여기서, 동영상 표시 영역을 텍스처 매핑하는 단계는, 동영상 재현 시점의 정지 영상을 텍스처 매핑하여 동영상을 재현할 수 있다. 또한, 동영상 반사 영역을 텍스처 매핑하는 단계는, 동영상 재현 시점의 정지 영상을 반사 평면 상에 텍스처 매핑하여 반사 효과를 나타낼 수 있다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

3차원 그래픽 모델의 반사 효과를 처리하는 방법에 있어서,
 동영상 표시 영역의 꼭지점들에 대한 반사 평면에 대응되는 좌표를 계산하여 동영상 반사 영역을 결정하는 단계;
 상기 동영상 표시 영역을 텍스처 매핑하는 단계; 및
 상기 동영상 반사 영역을 텍스처 매핑하는 단계를 포함하되,
 상기 동영상 표시 영역은 4개의 꼭지점을 갖는 사각형이고,
 상기 동영상 반사 영역을 결정하는 단계는, 상기 반사 평면에 4개의 대응 좌표를 계산하여 이루어지며,
 상기 반사 평면에 대응 좌표의 계산은, 관찰자 눈의 좌표값과 사영면(projection plane)의 상향벡터 방향에 있는 좌표값을 참조하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 동영상 표시 영역을 텍스처 매핑하는 단계는,
 동영상 재현 시점의 정지 영상을 텍스처 매핑하여 동영상을 재현하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
 상기 동영상 반사 영역을 텍스처 매핑하는 단계는,
 동영상 재현 시점의 정지 영상을 반사 평면 상에 텍스처 매핑하여 반사 효과를 나타내는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
 상기 동영상 표시 영역 및 상기 동영상 반사 영역은 다각형인 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <9> 본 발명은 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 3차원 컴퓨터 그래픽 시스템에서 동영상의 반사 영상을 생성하는 방법에 관한 것이다.
- <10> 3차원 그래픽 처리 기술에서는 보다 사실적인 영상 처리를 위하여 광원에 대한 고려(lighting), 셰이딩(shading), 안개 효과(fog effect), 섬세함(sharpness), 정확성(correctness), 반사 효과(reflection effect) 등과 같은 기법들을 사용하고 있다.
- <11> 이러한 기법들은 기하학적 연산량이 기하급수적으로 증가하기 때문에 그래픽 시스템의 처리 속도를 저하시켜 심각한 성능 저하를 초래할 수 있다.
- <12> 그러므로, 3차원 렌더링 프로세서에는 이러한 사실적 영상을 위하여 텍스처 매핑(texture mapping), 범프 매핑(bump mapping), 환경 매핑(environment mapping)을 지원해 주고 있다.
- <13> 종래에 사용되는 반사 효과를 구현하는 방법 중 환경 매핑(environmental mapping) 방법은, 반사물체를 중심에 둔 3차원 구체(球體)를 상정하고 물체를 구체표면에 사상(projection)하여 텍스처 매핑을 한 다음, 사상된 구체표면의 텍스처를 다시 반사특성이 있는 물체별로 사상하여 텍스처 매핑을 수행하였다.
- <14> 그러나, 동영상에 있는 3차원 컴퓨터 그래픽스를 구현할 경우, 종래의 환경 매핑 방법을 사용하게 되면, 추가적인 복잡한 텍스처 매핑을 해야 하기 때문에, 연산량이 대폭적으로 증가하여 처리 속도를 매우 저하시키는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <15> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 3차원 컴퓨터 그래픽 시스템에서 동영상을 특정 평면에 재현하고, 그의 반사 효과를 고속으로 처리하는 방법을 제공하는 것이다.
- <16> 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 3차원 컴퓨터 그래픽 시스템에서 반사 특성이 있는 표면에 반사 영상을 고속으로 생성하는 방법을 제공하는 것이다.
- <17> 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 3차원 컴퓨터 그래픽 시스템에서 반사 특성이 있는 다수의 표면에 다수의 반사 영상을 고속으로 생성하는 방법을 제공하는 것이다.
- <18> 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어질 수 있을 것이다.

발명의 구성 및 작용

- <19> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법은, 먼저, 동영상 표시 영역의 꼭지점들에 대한 반사 평면에 대응되는 좌표를 계산하여 동영상 반사 영역을 결정하는 단계를 수행한다. 다음, 동영상 표시 영역을 텍스처 매핑하는 단계를 수행한다. 이어, 동영상 반사 영역을 텍스처 매핑하는 단계를 수행하여 이루어질 수 있다.
- <20> 여기서, 동영상 표시 영역을 텍스처 매핑하는 단계는, 동영상 재현 시점의 정지 영상을 텍스처 매핑하여 동영상을 재현할 수 있다.
- <21> 또한, 동영상 반사 영역을 텍스처 매핑하는 단계는, 동영상 재현 시점의 정지 영상을 반사 평면 상에 텍스처 매핑하여 반사 효과를 나타낼 수 있다.
- <22> 한편, 동영상 표시 영역 및 동영상 반사 영역은 다각형인 것이 바람직하다.
- <23> 이때, 동영상 표시 영역은 4개의 꼭지점을 갖는 사각형이고, 동영상 반사 영역을 결정하는 단계는, 반사 평면상

에 4개의 대응 좌표를 계산하여 이루어질 수 있다.

- <24> 반사 평면상에 대응 좌표의 계산은, 관찰자 눈의 좌표값과 사영면(projection plane)의 상향벡터 방향에 있는 좌표값을 참조하여 이루어지는 것이 바람직하다.
- <25> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법은, 먼저, 동영상 표시 영역의 꼭지점들에 대한 다수의 반사 평면에 대응되는 좌표를 각각 계산하여 다수의 동영상 반사 영역을 결정하는 단계를 수행한다. 다음, 동영상 표시 영역을 텍스처 매핑하는 단계를 수행한다. 이어, 다수의 동영상 반사 영역을 각각 텍스처 매핑하는 단계를 수행하여 이루어질 수 있다.
- <26> 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.
- <27> 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있을 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것으로, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- <28> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다.
- <29> 도 1 은 본 발명의 실시예들에 사용될 수 있는 컴퓨터 처리 시스템을 설명하기 위한 블록도이다.
- <30> 본 발명의 실시예에 따른, 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법은, 예를 들어, 퍼스널 컴퓨터, 워크스테이션, 또는 이들과 관련하여 작업을 수행하는 그래픽 어댑터(Graphic adapter)를 포함하는 모든 컴퓨터 처리 시스템 상에서 구현될 수 있다.
- <31> 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예들에 사용될 수 있는 컴퓨터 처리 시스템은, 메모리(101)와, 적어도 하나의 중앙 처리 장치(CPU)(102)와, 적어도 하나의 사용자 입력 장치(103)를 포함하여 구성된다.
- <32> 또한, 컴퓨터 처리 시스템은 ROM 등의 비휘발성 메모리, 및/또는 고정 디스크 드라이브 등의 기타 다른 비휘발성 저장 장치(104)를 포함하는데, 이 고정 디스크 드라이브는 운영 시스템 및 메모리(101)에 로드되어 CPU(102)에 의해 실행되는 하나 이상의 애플리케이션 프로그램을 저장한다. 운영 시스템 및 애플리케이션 프로그램들을 실행할 때, CPU는 비휘발성 저장 장치(104) 및/또는 메모리 (101)에 저장된 데이터를 사용할 수 있다.
- <33> 또한, 컴퓨터 처리 시스템은 CRT 표시 장치 또는 LCD 표시 장치 등의 표시 장치(105)와 CPU(102) 사이에 결합되는 프레임 버퍼(frame buffer)(106)를 포함한다. 프레임 버퍼(106)는 표시 장치(105)를 구동하는 화소 데이터를 포함한다. 일부 시스템에서는, 그래픽 가속레이터(graphics accelerator)라고 알려져 있는 렌더링 장치(rendering device)(도시하지 않음)가 CPU(102)와 프레임 버퍼(106) 사이에 결합될 수 있다.
- <34> 또한, 컴퓨터 처리 시스템은 CPU(102)에 결합되어 CPU(102)가 통신 링크, 예를 들어, 인터넷을 통해 다른 컴퓨터 처리 시스템과 통신하게 하는 통신 링크(107, 네트워크 어댑터, 무선 주파수 링크(RF link) 또는 모뎀 등)를 포함할 수 있다. CPU(102)는 운영 시스템의 일부, 애플리케이션 프로그램들의 일부, 또는 운영 시스템 및 애플리케이션 프로그램들을 실행할 때, CPU(102)에 의해 사용되는 데이터의 일부를 수신할 수 있다.
- <35> 상기 애플리케이션 및 관련 하드웨어는 방대한 계산 처리를 필요로 하는 렌더링 동작의 일부 또는 전부를 실행할 수 있다.
- <36> 다음은, 도 2를 참조하여 본 발명에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과를 렌더링 동작에 반영하기 위하여 반사 평면 상에 텍스처 매핑하는 방법에 대하여 설명한다.
- <37> 도 2는 본 발명에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법을 나타낸 개략적 순서도이다.
- <38> 도 2에 도시된 바와 같이, 동영상의 재현과 그의 반사 효과를 표현하는 3차원 컴퓨터 그래픽 모델(11)을 가정한다. 상기 태스크의 수행을 위해, 먼저, 동영상이 재현될 동영상 표시 영역의 꼭지점들에 대해서 이들이 반사 특성을 나타내는 반사 평면의 어떤 위치에 대응되는지 계산한다(S10).
- <39> 이때, 상기 동영상 표시 영역은 3차원 컴퓨터 그래픽 모델 내에서, 텍스처 매핑 이전의 다각형 형상의 이미지로, 상기 동영상 표시 영역을 구분하는 다수의 꼭지점들을 갖는다.

- <40> 다음, 동영상을 구성하는 정지 영상들을 프레임속도에 따라 상기 동영상 표시 영역에 텍스처 매핑하여 동영상이 재현되는 효과를 실현한다(S20).
- <41> 다음, 상기 단계 S10에서 계산된 상기 동영상의 표시 영역 꼭지점들이 상기 반사 평면에 대응하는 점들을 꼭지점으로 하는 동영상 반사 영역에 상기 프레임속도에 동기화시켜 해당 정지 영상을 텍스처 매핑하여 반사효과를 실현한다(S30).
- <42> 여기서, 상기 동영상 반사 영역은 3차원 컴퓨터 그래픽 모델 내에서, 텍스처 매핑 이전의 다각형 형상의 이미지로, 상기 동영상 반사 영역을 구분하는 다수의 꼭지점들을 갖는다.
- <43> 또한, 상기 동영상 반사 영역은 상기 동영상 표시 영역이 상기 반사 평면에 사상(projection)되어 이루어진 영역을 의미하며 좀더 구체적인 설명은 후술하기로 한다.
- <44> 이러한 처리결과를 일반적인 컴퓨터 그래픽 시스템의 렌더링 모듈에 적용하면(S40), 동영상 재현과 함께 반사 평면상에서 동영상의 반사효과가 실현될 수 있다.
- <45> 다음은, 도 3 및 도 4를 참조하여 본 발명의 제1 실시예에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법을 좀더 구체적으로 설명한다.
- <46> 도 3은 3차원 컴퓨터 그래픽 모델에서의 동영상 표시 영역 및 반사 평면에 사상된 동영상 반사 영역을 좌표상에 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상 반사 효과 처리 방법을 나타낸 알고리즘 순서도이다.
- <47> 도 3에서는, 동영상 표시 영역(10)의 꼭지점들에 대응하는 반사 평면(20)에서의 좌표들을 도시하였다. 여기서, 상기 동영상 표시 영역(10)은 3차원 컴퓨터 그래픽 모델에서 동영상이 재현될 영역이고, 상기 반사 평면(20)은 3차원 컴퓨터 그래픽 모델에서 반사 특성이 있는 평면이다.
- <48> 구체적으로, 관찰자 시점(O)을 원점 (0,0,0)으로 하고, 관찰자 시점(O)의 상향벡터(up vector) 방향의 좌표값 (0,1,0)을 U로 하였다.
- <49> 상기 두 점(O, U)과 동영상 표시 영역(10)의 한 꼭지점 P_i 를 지나는 평면과, 점 B_1, B_2, B_3, B_4 등을 지나는 반사 평면(20)이 만나는 곳들 중에서, P_i 로부터 입사(入射)되어 관찰자 시점(O)으로 출사(出射)하는 것 중에 입사각과 출사각의 크기가 동일한 점이, P_i 에 대응하는 점 R_i 가 된다.
- <50> 하기 수학식 1은 동영상 표시 영역(10)의 꼭지점 P_i 에 대응하는 R_i 의 좌표를 결정하는 식을 나타낸 것이다.

수학식 1

$$\frac{\overrightarrow{OR_i} \cdot \vec{n}}{|\overrightarrow{OR_i}|} = \frac{\overrightarrow{P_iR_i} \cdot \vec{n}}{|\overrightarrow{P_iR_i}|}$$

$$\left(\overrightarrow{OR_i} \times \overrightarrow{OU} \right) \cdot \overrightarrow{OR_i} = 0$$

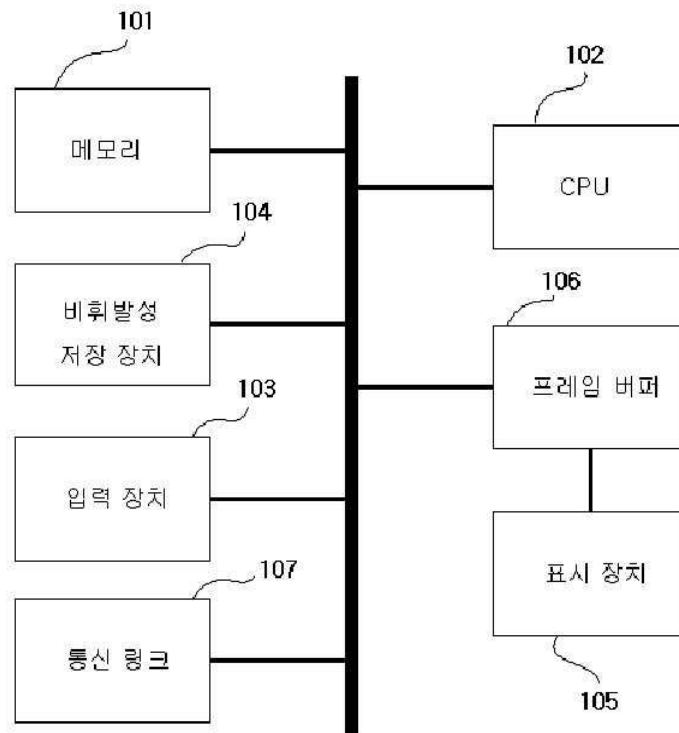
$$\left(\overrightarrow{B_1B_2} \times \overrightarrow{B_1B_4} \right) \cdot \overrightarrow{B_1R_i} = 0$$

- <51>
- <52> 여기서, 벡터n 은 반사 평면(20)의 법선 벡터(normal vector)를 나타낸다.
- <53> 또한, P_i ($i = 1, 2, 3, 4$)는 3차원 컴퓨터 그래픽 모델에서 동영상이 표시되는 영역(10)의 꼭지점 좌표값을 나타내며, B_i ($i = 1, 2, 3, 4$)는 반사 평면(20)상의 임의의 좌표값을 나타내고, R_i ($i = 1, 2, 3, 4$)는 동영상 표시 영역(10)의 꼭지점 P_i 가 반사 평면(20)에 대응되는 좌표값을 나타낸다.
- <54> 또, O 는 사영 중심점(center of projection). 즉, 관찰자 눈의 좌표값 (0,0,0)에 대응하는 점을 나타내며, U 는 사영면(projection plane)의 상향벡터 방향에 있는 좌표값 (0,1,0)에 해당되는 점을 나타낸다.

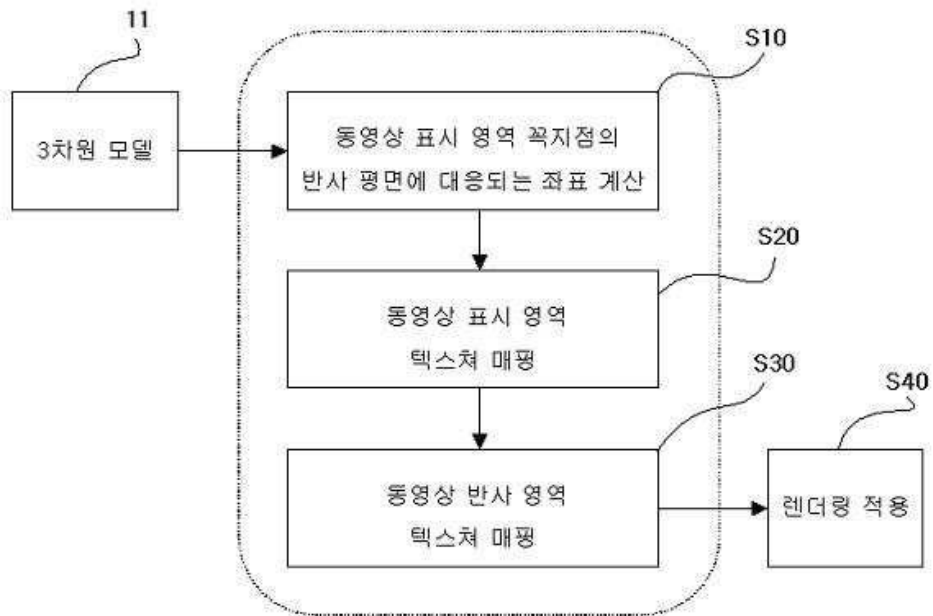
- <55> 이와 같이, 수학적 식 1을 통하여, 동영상 표시 영역(10)의 꼭지점들(P_1, P_2, P_3, P_4)에 대한 반사 평면(20)에 대응되는 좌표(R_1, R_2, R_3, R_4)를 계산하여 동영상 반사 영역(30)을 결정할 수 있다.
- <56> 한편, 3차원 컴퓨터 그래픽 모델에서의 상기 동영상 표시 영역(10)은 4개의 꼭지점(P_1, P_2, P_3, P_4)을 갖는 사각형 형상으로 표시되어 있으나, 이에 한정되지 않으며, 여러 형태의 다각형 형상으로 구현될 수도 있다.
- <57> 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법은, 먼저, 동영상이 재현되는 평면의 영역에 대해서, 해당 동영상 표시 영역(10)의 꼭지점들이 반사 평면(20) 상의 어떤 위치에 대응되는지 좌표를 계산한다(S101).
- <58> 여기서, 반사 평면(20)상에 대응 좌표의 계산은 상술한 바와 같이, 수학적 식 1을 이용하여 계산되어지며, 관찰자 눈의 좌표(O)값과 사영면(projection plane)의 상향벡터 방향에 있는 좌표(U)값을 참조하여 이루어진다.
- <59> 다음, 상기 동영상은 프레임속도에 맞춰 일련의 정지 영상을 보여주는 형태로 실현되기 때문에, 현재 재현시점에서 보여줄 동영상에서의 정지 영상을 획득한다(S102).
- <60> 다음, 동영상의 재현 효과를 실현하기 위해 이전 단계(S102)에서 획득된 정지 영상을 동영상 표시 영역(10)에 텍스처 매핑한다(S103).
- <61> 다음, 해당 정지 영상이 반사 특성이 있는 반사 평면(20) 상에 반사되어 비춰지도록 하기 위해, S101 단계에서 미리 계산한 동영상 표시 영역(10)의 꼭지점들이 반사 평면(20)에 대응하는 점들을 꼭지점으로 하는 동영상 반사 영역(30)에 해당 정지 영상을 텍스처 매핑한다(S104).
- <62> 이어, 재현할 동영상의 내용이 남아 있는지 확인하여(S105) 단계 S102, 단계 S103, 단계 S104를 반복하고, 재현할 내용이 없으면 알고리즘을 종료한다.
- <63> 본 발명의 제1 실시예에 따르면, 3차원 컴퓨터 그래픽 시스템에서 동영상을 특정 표면에 재현시키면서, 이 동영상이 반사특성이 있는 표면에 비춰지는 효과를 실현함에 있어서, 시점이 고정된 상태에서는 반사 평면(20) 상의 4개의 대응 좌표값만을 계산한 다음 단순한 텍스처 매핑으로 동영상의 재현 및 반사효과를 실현할 수 있어 고속 처리가 가능하다.
- <64> 다음은, 도 5를 참조하여 본 발명의 제2 실시예에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법을 설명한다.
- <65> 도 5는 본 발명의 제2 실시예에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상 반사 효과 처리 방법을 나타낸 알고리즘 순서도이다.
- <66> 앞서의 본 발명의 제1 실시예에서는 3차원 컴퓨터 그래픽 모델에서, 하나의 동영상 표시 영역에 대하여 하나의 반사 평면이 있는 것을 예로 들어 설명하였으나, 본 발명의 제2 실시예에서는 하나의 동영상 표시 영역에 대하여 다수의 반사 평면이 존재하는 경우를 예로 들어 설명하기로 한다.
- <67> 3차원 컴퓨터 그래픽 모델에서 반사 특성을 갖는 평면들이 다수 존재할 경우, 하나의 동영상 표시 영역(10)에 대응되는 동영상 반사 영역(30)이 상기 다수의 반사 평면(20) 별로 각각 대응 꼭지점들이 계산되어, 다수의 동영상 반사 영역(30)이 결정된다.
- <68> 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제2 실시예에 따른 컴퓨터 그래픽 시스템에서의 동영상의 반사 효과 처리 방법은, 먼저, 동영상이 재현되는 평면의 영역에 대해서, 해당 동영상 표시 영역(10)의 꼭지점들이 다수의 반사 평면(20)들 상의 어떤 위치에 대응되는지 각각 좌표를 계산한다(S201).
- <69> 다음, 상기 동영상은 프레임속도에 맞춰 일련의 정지 영상을 보여주는 형태로 실현되기 때문에, 현재 재현시점에서 보여줄 동영상에서의 정지 영상을 획득한다(S202).
- <70> 이어서, 동영상의 재현 효과를 실현하기 위해 이전 단계(S102)에서 획득된 정지 영상을 동영상 표시 영역(10)에 텍스처 매핑한다(S203).
- <71> 그리고, 해당 정지 영상이 반사 특성이 있는 다수의 반사 평면(20)들 상에 반사되어 비춰지도록 하기 위해, S201 단계에서 미리 계산한 동영상 표시 영역(10)의 꼭지점들이 각각의 반사 평면(20)들에 대응하는 점들을 꼭지점으로 하는 각각의 동영상 반사 영역(30)들에 해당 정지 영상을 텍스처 매핑한다(S204).
- <72> 다음, 재현할 동영상의 내용이 남아 있는지 확인하여(S205) 단계 S202, 단계 S203, 단계 S204를 반복하고, 재현

도면

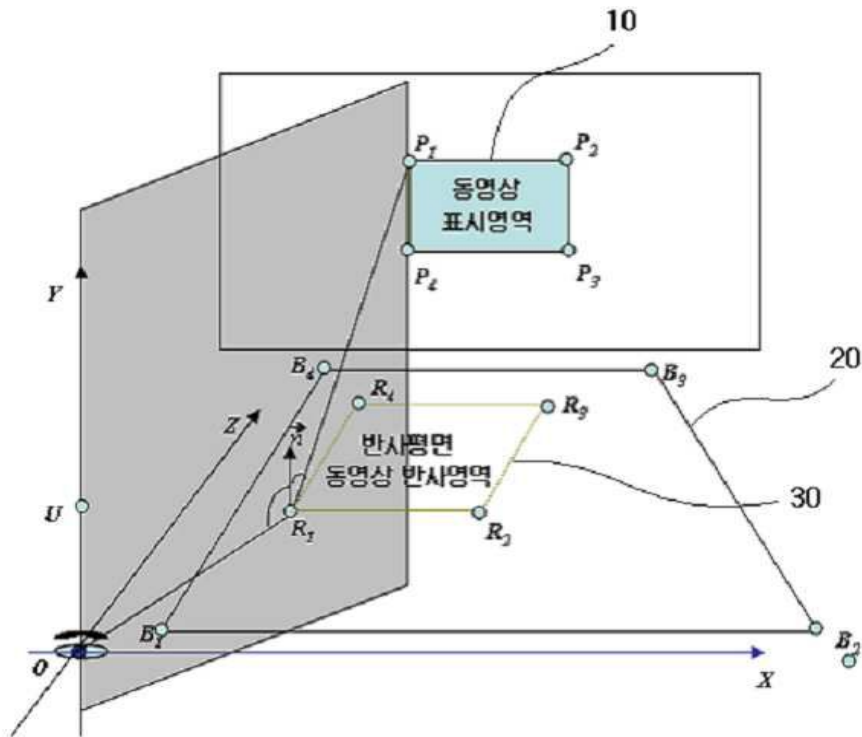
도면1



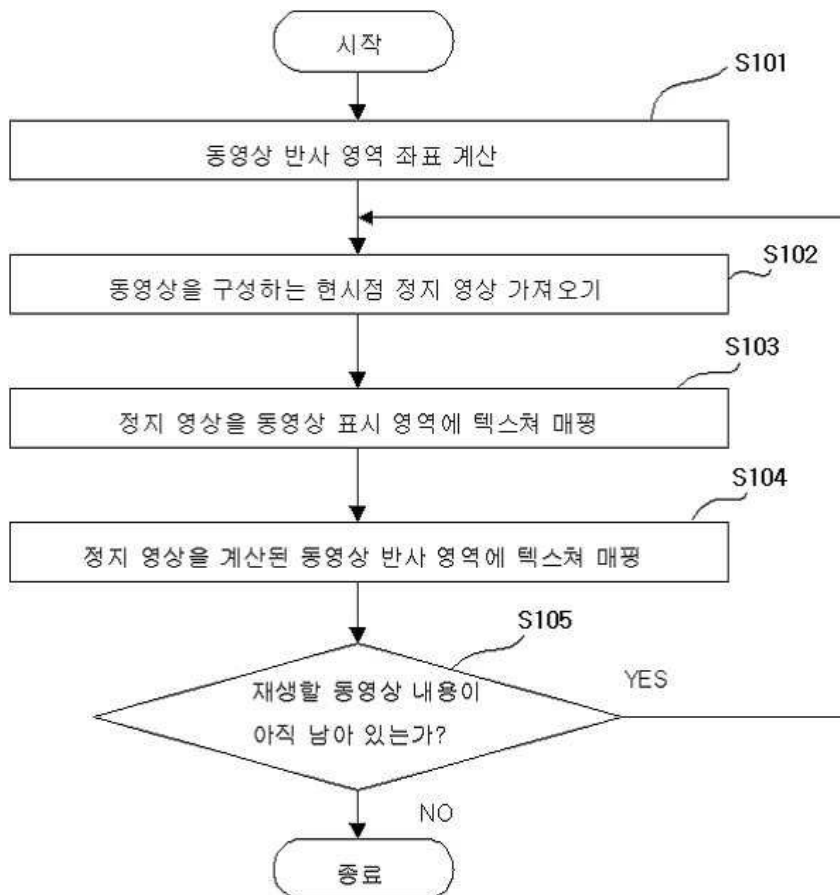
도면2



도면3



도면4



도면5

