

쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법 및 시스템이 개시되는 바, 상기 방법은 3차원 공간을 다수의 다각형들로 변환하는 단계; 각각의 다각형에 배타적 ID 번호를 부여하는 단계; 이미지(image) 추출(extracting) 장치로 광원(light source)을 모의실험(simulate)하고 이미지 셋트(set)를 획득하기 위해 3차원 공간을 부여하는 단계; 각각의 다각형에 의해 수신되는 광의 양을 전달 및 계산하기 위하여 이미지 셋트에서 각각의 배타적 색상을 위한 상응하는 분포를 분석하는 단계; 다각형과 입방체 사이의 거리, 투영비, 및 다각형과 입방체 사이에 형성된 입체각에 따라 다각형의 광 수신 영역의 실제 영역을 전환하는 단계를 포함한다.

대표도

도 3

색인어

쌍방향, 3차원, 광, 조명, 다각형, 입체각

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 바람직한 실시예의 실행 환경 도면.

도 2는 본 발명에 따른 바람직한 실시예의 플로우 차트.

도 3은 3차원 공간을 제공하기 위한 다수의 다각형들을 이용한 바람직한 실시예의 개략도.

도 4는 도 3의 다각형에 의해 수신되는 광의 양을 계산하는 바람직한 실시예의 플로우 차트.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법 및 시스템에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 3차원 공간에서 조명과 그림자를 모의실험(simulate)하기 위한 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법 및 시스템에 관한 것이다.

3차원 하드웨어 그래픽 효과들이 개선되고, 3차원 컴퓨터 게임 인구가 증가함에 따라, 사용자들은 보다 질 높은 총체적인 3차원 공간의 조명 모델을 점점 더 요구한다. 예를 들어, 광원이 3차원 공간에서 물체를 조명할 때, 물체의 차광(shading) 효과를 볼 수 있을 때 사용자들은 더 만족해한다.

종래의 그림자 Z-버퍼(buffer) 차광 기법(shading technology)이 기하학적 물체를 위한 그림자를 가진 3차원 이미지를 생성하기 위해 사용되었다. 그림자 Z-버퍼 차광 기법은 근본적으로 두 단계 즉, 카메라로서 광원을 표본에 이미지 공간의 정확성을 취한 후, 모든 픽셀(pixel)의 깊이를 측정하는 제1 단계; 눈에 보이는 이미지를 생성하기 위해 최초의 시각 포인트(vision point)에 카메라를 복귀시키는 표준 기법을 사용하는 제2단계를 포함한다. 제1단계는 보통 카메라 프로세싱 결과에 의해 생성된 Z-버퍼 데이터를 빛 공간으로도 알려진 그림자 지도(shadow map)로서 저장한다. 따라서, 이미지의 픽셀이 그림자 지도에 의해 덮혀 있는 그림자 영역 내부에 있는지 여부는 적절한 그림자 효과를 발생시킨다. 예를 들어, 포인트 P의 프로세싱 결과가 3차원 공간에서 눈에 보이는 이미지 상의 픽셀을 정의하면, 스크린 공간에서의 포인트 P의 좌표(x,y,z)는 빛 공간에서의 좌표(x',y',z')로 전환된 후, 좌표값 x',y'는 좌표값 z'를 비교하는 깊이 값(depth value)을 계산하기 위한 그림자 지도 조회(inquiry)용 지수(index)로 사용된다. 만약, 좌표값 z'가 이 깊이 값보다 크면, 또 다른 물체가 포인트 P와 광원 사이에, 광원에 더 근접하게 존재한다. 즉, 포인트 P가 투영(shadowed) 영역에 있도록 포인트 P는 이 다른 물체에 의해 방해받는다. 그러므로, 그림자 효과를 제공하기 위해 포인트 P의 휘도는 감소될 필요가 있다. 한편, 좌표값 z'가 이 깊이 값보다 작으면, 포인트 P는 방해되지 않으며 따라서 광원으로부터 완전한 조명을 받는다.

그러나, 그림자 Z-버퍼 기법은 이미지 공간에서 각각의 픽셀을 위한 그림자 효과를 계산해야만 하는 바, 이것은 시스템에 큰 작동 부하를 발생시킨다. 만화 영화 제작자가 3차원 공간의 디자인 효과를 미리 보기를 원한다면, 그는 완전히 조명된 장면의 이미지 효과를 얻기 위한 계산과 프로세싱을 위하여 많은 시간을 기다려야만 한다. 3차원 공간 작업자가 공간을 위한 조명 효과를 재배열하기를 원한다면, 그는 계산과 프로세싱 동안 오랜 시간을 기다려야만 한다. 또한, 종래 기법은 시스템 부하를 감소시키기 위하여 눈에 보이는 픽셀들을 계산하기만 하는 방법을 제공한다. 그러나, 이 방법은 모든 시각 포인트들이 아니라 특정 시각 포인트에서의 그림자 효과를 제공하기만 할 수 있다. 더군다나, 그림자 Z-버퍼 기법은 그림자 효과를 생성하기 위한 픽셀의 휘도를 감소시키지만 그림자 처리된 영역의 휘도는 다양하게 변화될 수도 있고, 따라서 그들은 평균값 또는 경험값에 의해 정확하게 감소될 수 없다.

따라서, 전술한 문제점들을 경감 및/또는 제거하기 위하여 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법 및 시스템의 제공이 요청된다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 본래 목적은 각각의 다각형에 의해 수신되는 광의 양을 계산하는 물리적 방법에 따른 공간의 조명 및 그림자 효과를 모의실험(simulate) 및 계산(calculate)할 수 있는 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법 및 시스템을 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 광원으로부터 전송된 광이 공간에서 다각형에 의한 수신 여부를 판별하기 위한 종래의 소프트웨어 프로세스들을 대체하는 3차원 그래픽 프로세서의 작동 효율을 채택하는 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법 및 시스템을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기 목적들을 달성하기 위하여, 본 발명의 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법은: 3차원(3D) 공간을 선택하는 단계; 상기 3차원 공간을 각각의 다각형(polygon)이 3개의 정점(vertex)을 구비하는 다수의 다각형들로 변환하는 단계; 각각의 다각형을 위한 배타적(exclusive) 색상을 정의하기 위하여 배타적 색상 코드(code)에 상응하는 각각의 다각형에 배타적 ID 번호를 부여하는 단계; 이미지(image) 추출(extracting) 장치로 광원(light source)을 모의실험(simulate)하고 상기 이미지 추출 장치가 상기 광원에 상응하는 좌표(coordinate)에서 다른 색상들로 정의되는 3차원 공간을 부여하고 이미지 셋트(set)를 획득하는 것을 가능하도록 플랫폼(flat) 차광(shading) 기법(technology)을 이용하는 단계; 각각의 다각형에 의해 수신되는 광의 양을 전달 및 계산하기 위하여 이미지 셋트에서 모든 배타적 색상을 위한 상응하는 분포를 분석하는 단계; 각각의 정점에 의해 평균 수신 광량을 계산하는 단계; 및 현재 시각 포인트(current view point)로 상기 이미지 추출 장치를 모의실험하고 상기 현재 시각 포인트로부터 보이는 광원에 의해 3차원 공간 조명에 의해 생성되는 광 음영 효과(shading effect) 및 표현 효과(rendering effect)를 제공하기 위해 다각형들 및 정점들에 의해 수신되는 광량을 통합하기 위하여 스무스 차광 기법(smooth shading technology)을 이용하는 단계를 포함한다.

본 발명의 또 다른 특징에 따르면, 쌍방향 3차원 공간 광 조명 시스템은 전술한 방법을 실행하기 위한 3차원 그래픽 프로세서를 가진다.

발명의 다른 목적들, 장점들, 및 신규한 특징들은 첨부되는 도면들과 결합될 때 이어지는 상세한 설명으로부터 보다 더 명백해 질 것이다.

도 1 및 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 실행 환경 도면이다. 도 2는 본 발명에 따른 바람직한 실시예의 플로우 차트이다. 광원(2)에 의해 조명되는 물체(3)에 의해 생성되는 그림자 효과(31)를 계산하기 위하여, 본 실시예에 있어서, 본 발명의 시스템은 다수의 다각형(단계 202)에 의해 제공되는 공간을 만들기 위해 3차원 공간 1(단계 201)의 정보를 추출한다. 도 3을 참조하면, 도 3은 3차원 공간을 제공하기 위하여 다수의 다각형들을 이용하는 바람직한 실시예의 개략도이다. 상기 3차원 공간은 4개의 다각형 A, B, C, 및 D로 구분된다. 각각의 다각형은 서로 연결된 3개의 정점들로 구성된다. 또한, 각각의 다각형의 특징은 다른 형식의 2 세트의 정점 지수 정보 즉, 공유 정점 지수 정보 및 비공유 정점 정보를 포함한다. 도 3에 도시된 3차원 공간을 예로 들면, 상응하는 다각형 특징 정보는 다음과 같은 2개의 형식을 가진다.

형식(format) 1 [공유(shared) 정점 지수(vertex index) 정보]:

정점 행렬(Vertex array)

정점 행렬	정점
-------	----

0	V1
1	V2
2	V3
3	V4
4	V5
5	V6

지수 행렬(Index array)

다각형	다각형 지수
A	0, 1, 2
B	2, 3, 4
C	0, 2, 4
D	0, 4, 5

형식(format) 2 [비공유(unshared) 정점 지수 정보]:

정점 행렬(Vertex array)

정점 행렬	정점
0	V1
1	V2
2	V3
3	V3
4	V4
5	V5
6	V1
7	V3
8	V5
9	V1
10	V5
11	V6

지수 행렬(Index array)

다각형	다각형 지수
A	0, 1, 2
B	3, 4, 5
C	6, 7, 8
D	9, 10, 11

또한, 배타적 색상 코드가 모든 다각형을 위해 설정되는 바(단계 203), 우선은 각각의 다각형에 배타적 ID 번호가 주어진 후, 배타적 ID 번호를 배타적 색상 코드로 변환하기 위하여 일대일 전환 가능한 변환 연산을 이용한다. 이 실시예에 있어서, 배타적 색상 코드는 무서명(unsigned) 짧은(short) 32-비트 형식의 RBGA(적색, 청색, 녹색, 알파)를 이용하고, 이 실시예는 (255, 255, 255, 255)를 그 어떤 다각형에도 한정되지 않은 배경 색상으로 할당한다. 또한, 배타적 색상 코드는 RGB 형식 또는 그 어떤 형식을 채택할 수 있다. 또한, 각각의 다각형에 분포된 각각의 배타적 색상은 다음의 확장된 형식들을 형성하기 위하여 전술한 형식 2에서 각각의 다각형을 구성하는 각각의 정점에 할당된다.

정점 행렬(Vertex array)

정점 행렬	정점	배타적 색상
0	V1	(0, 0, 0, 255)
1	V2	(1, 0, 0, 255)
2	V3	(2, 0, 0, 255)
3	V3	(3, 0, 0, 255)

4	V4	(4, 0, 0, 255)
5	V5	(5, 0, 0, 255)
6	V1	(6, 0, 0, 255)
7	V3	(7, 0, 0, 255)
8	V5	(8, 0, 0, 255)
9	V1	(9, 0, 0, 255)
10	V5	(10, 0, 0, 255)
11	V6	(11, 0, 0, 255)

지수 행렬(Index array)

다각형	다각형 지수	배타적 ID 번호
A	0, 1, 2	0
B	3, 4, 5	1
C	6, 7, 8	2
D	9, 10, 11	3

이어서, 카메라와 같은 이미지 추출 장치로 광원(2)을 취하고, 평판 차광 기법(flat shading technology)은 이미지 셋트를 얻기 위해 광원에 상응하는 좌표로부터 이미지 추출 장치에 의해, 다른 배타적 색상들에 의해 한정되는 3차원 공간의 표현 공정(rendering process)을 수행하기 위해 사용된다(단계 204). 이 실시예에 있어서, 광원은 그 에너지가 센터 지점으로 부터 균일하게 방사되고, 하나의 단위 길이를 가진 입방체가 광원의 조명을 모의실험 하는데 이용될 수 있도록 개방된 광원이다. 입방체의 각각의 면(총 6개의 면)은 $n \times n$ 격자(grid)로 잘려지고, 각각의 격자의 영역은 각각의 면의 $1/n^2$ 이다. 이미지 추출 장치가 입방체의 중심에 위치되었다고 가정하면, 입방체의 각 면의 각각의 격자는 이미지 추출 장치의 시각 패널의 픽셀과 같고, 본 실시예는 다음과 같은 6개의 이미지 추출 인자들을 얻는다.

면(face)	전면 (Front)	좌측 (Left)	후방 (Back)	우측 (Right)	상면 (Top)	저면 (Bottom)
시각 방향 (view direction)	(0, 0, -1)	(-1, 0, 0)	(0, 0, 1)	(1, 0, 0)	(0, 1, 0)	(0, -1, 0)
상 벡터 (Up vector)	(0, 1, 0)	(0, 1, 0)	(0, 1, 0)	(0, 1, 0)	(0, 0, 1)	(0, 0, -1)
우 축 (Right axis)	(1, 0, 0)	(0, 0, -1)	(-1, 0, 0)	(0, 0, -1)	(1, 0, 0)	(1, 0, 0)
시각 필드 (Field of View)	90					
방향 지수 (Aspect ratio)	1.0					
근접 평면 (Near Plane)	0.5					
시각-포트 크기 (view-port size)	(n,n)					

따라서, 본 실시예의 이미지 추출 장치는 광원의 좌표에 위치되고 평판 차광 기법과 표현 공정을 수행하기 위하여 전술한 변수들에 따른 형식 2로부터 나온 다각형 데이터를 이용한 후, 최종 표현 결과를 기록한다.

다음, 모든 다각형의 차별(differential) 영역에 의해 수신되는 광의 양은 이미지에서의 모든 배타적 색상을 위한 상응하는 분포를 분석함에 의해 전달 및 계산될 수 있다(단계 205). 도 4를 참조하면, 도 4는 다각형들에 의해 수신되는 광의 양을 계산하는 바람직한 실시예의 플로우 차트이다. 이 실시예는 6개의 변수들에 따른 모든 픽셀들의 색상 분포들을 수집하고(단계 401); 각각의 다각형의 광 수신 영역에 의해 투영되는 입방체에 투영 영역을 얻기 위해(단계 403), 보여진 색상들을 각각의 다각형의 상응하는 배타적 ID 번호로 변환한다(단계 402). 예를 들어, 수집된 결과에 있어서, 전술한 형식들에 따라 RGBA(0, 0, 0, 255)의 색상을 가진 k 픽셀들이 있으며; RGBA(0, 0, 0, 255)는 도 3에 도시된 다각형 A에 상응하고, 입방체 위의 다각형 A의 광 수신 영역의 투영 영역은 다음 [수학식 1]과 같다:

[수학식 1]

$$A'_{\text{lighting}} = k \times \frac{1}{n^2}$$

또한, 본 실시예는 다각형과 입방체 사이의 거리에 따른 다각형의 광 수신 영역의 실제 영역을 투영비로서 다음 [수학식 2]에 의해 계산할 수 있다(단계 404):

[수학식 2]

$$A_{\text{lighting}} = 4 \times k \times \left(\frac{1}{n^2}\right) \times \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \times \cos\left(\frac{\psi}{2}\right) \times dist^2$$

여기서, 'dist'는 다각형의 무게 중심과 광원 사이의 거리이고, (θ, ψ) 는 다각형과 입방체 사이에 형성된 입체각(solid angle)이다. 만약, (θ, ψ) 모두 0이면, 다각형 A의 광 수신 영역의 실제 영역은 다음과 같다:

$$A_{\text{lighting}} = 4 \times k \times \left(\frac{1}{n^2}\right) \times dist^2$$

결국, 다각형의 차별 영역에 의해 수신되는 광의 양은 다음 [수학식 3]과 같다(단계 405):

[수학식 3]

$$\Delta E_{\text{polygon}} = \frac{A_{\text{lighting}}}{A_{\text{total}}} \times \text{dot} (\mathbf{N}, \mathbf{L}) \times I$$

여기서, A_{lighting} 은 다각형의 광 수신 영역의 실제 영역이고, A_{total} 은 다각형의 총 영역이고, N은 다각형의 법선(normal) 벡터이고, L은 다각형의 무게 중심을 위한 벡터이고, I는 광원의 강도이다. 상기 실시예는 다각형의 무게 중심이 다각형 영역에 있어서의 그 어떤 지점에 의해 수신되는 광 에너지를 제공하는 다각형 내부에 있어야만 하는 특징을 이용한다.

최종 이미지 결과를 편평하고 스무스 하게 하기 위하여, 본 시스템은 각각의 정점의 평균 수신 에너지를 계산하고 최종 정점 색상을 생성할 필요가 있다(단계 206). 물체 또는 공간을 제공하기 위하여 다각형들을 이용하는 데이터 구조에 있어서, 때때로 많은 정점들이 많은 다른 다각형들에 의해 공유될 수도 있다; 예를 들어, 도 5에 도시된 정점 V5는 다각형 B, C, D에 의해 공유된다. 그러나, 이러한 정점들은 다른 다각형들에 있는 다른 광량을 수신하고, 그로말미 암아 이미지를 편평하고 스무스 하게 하기 위하여, 본 실시예는 각각의 공유된 정점을 위하여 모든 다른 광량을 평균한 후, 최종 색상과 휘도를 생성하기 위해 수신되는 광의 이 평균과 정점에 의해 정해진 특성들 계산한다.

최종적으로, 이미지 추출 장치는 3차원 공간을 관찰하기 위한 현재의 시각 포인트로 복귀하고, 스무스(smooth) 차광(shading) 기법이 다각형들의 광의 량을 현재 시각 포인트로부터 관측되는, 광원의 3차원 공간 조명으로부터 생성되는 차광 효과 및 표현 효과를 제공하는 정점들과 통합하는 데 이용된다(단계 207).

발명의 효과

전술한 바와 같이, 본 발명은 실제의 광 조명의 물리적 효과들에 따른 조명 및 차광 효과들을 모의실험 및 계산할 수 있고, 그래서 기하학적 패턴에 의해 생성되는 이미징 질을 향상시키기 위해 모든 다각형을 위해 수신되는 실제 광이 얻어진다. 또한, 본 발명은 종래의 소프트웨어 프로세스를 대체하는 대단한 기능적 능력을 제공하는 3차원 그래픽 프로세서를 이용한다.

본 발명은 비록 바람직한 실시예와 관련하여 설명되었지만, 이하에서 청구된 발명의 정신과 범위를 벗어남이 없이 많은 다른 수정에 및 변형예들이 가능하다는 점을 이해해야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

- (A) 3차원(3D) 공간을 선택하는 단계;
 - (B) 상기 3차원 공간을 각각의 다각형(polygon)이 3개의 정점(vertex)을 구비하는 다수의 다각형들로 변환하는 단계;
 - (C) 각각의 다각형을 위한 배타적(exclusive) 색상을 정의하기 위하여 배타적 색상 코드(code)에 상응하는 각각의 다각형에 배타적 ID 번호를 부여하는 단계;
 - (D) 이미지(image) 추출(extracting) 장치로 광원(light source)을 모의실험(simulate)하고 상기 이미지 추출 장치가 상기 광원에 상응하는 좌표(coordinate)에서 다른 색상들로 정의되는 3차원 공간을 부여하고 이미지 셋트(set)를 획득하는 것을 가능하도록 플랫(flat) 차광(shading) 기법(technology)을 이용하고, 광원이 입방체에 위치될 때 하나의 단위 길이를 가진 상기 입방체가 모의실험하기 위해 채택되고, 상기 입방체의 모든 면은 $n \times n$ 격자(grid)로 분할되고, 각각의 격자의 영역은 모든 면의 $1/n^2$ 이고, 상기 이미지 추출 장치는 상기 입방체의 6면에 상응하는 6개의 이미지 셋트를 각각 획득하는 단계;
 - (E) 각각의 다각형에 의해 수신되는 광의 양을 전달 및 계산하기 위하여 이미지 셋트에서 모든 배타적 색상을 위한 상응하는 분포를 분석하는 단계로서,
 - (E1) 상기 이미지에서 다수의 배타적 색상들을 분석하는 단계,
 - (E2) 배타적 ID 번호들에 상응하는 다각형들을 획득하기 위해 상기 다수의 배타적 색상들을 상응하는 배타적 ID 번호로 변환하는 단계,
 - (E3) 각각의 다각형의 광 수신 영역에 의해 투영된 상기 입방체 위의 투영 영역을 계산하고, k 픽셀들은 다각형의 배타적 색상들에 필적하고, 상기 다각형의 광 수신 영역의 투영 영역은 다음 [수학식 1]에 의해 계산되는 단계;
- [수학식 1]
- $$A'_{\text{lighting}} = k \times \frac{1}{n^2}$$
- (E4) 상기 다각형과 상기 입방체 사이의 거리, 투영비(projection ratio), 및 상기 다각형과 상기 입방체 사이에 형성된 입체각에 따라 상기 다각형의 광 수신 영역의 실제 영역을 전환하는 단계, 및
 - (E5) 상기 다각형의 차별(differential) 영역에 의해 수신되는 광량을 계산하는 단계를 포함하는 단계;
 - (F) 각각의 정점에 의해 평균 수신 광량을 계산하는 단계; 및
 - (G) 현재 시각 포인트(current view point)로 상기 이미지 추출 장치를 모의실험하고 상기 현재 시각 포인트로부터 보이는 광원에 의해 3차원 공간 조명에 의해 생성되는 광 음영 효과(shading effect) 및 표현 효과(rendering effect)를 제공하기 위해 다각형들 및 정점들에 의해 수신되는 광량을 통합하기 위하여 스무스 차광 기법(smooth shading technology)을 이용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

모든 다각형은:

모든 정점들이 정점 지수로 정의 되는 공유(shared) 정점(vertex) 지수(index) 데이터(A); 및

모든 정점들이 다른 다각형을 위한 다른 정점 지수로 정의되는 비공유(unshared) 정점 지수 데이터를 구비하는 것을 특징으로 하는 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 베타적 색상 코드는 RGBA 무서명(unsigned)의 짧은 32-비트 형식(format)을 이용하는 것을 특징으로 하는 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 베타적 색상 코드는 RGB 형식(format)을 이용하는 것을 특징으로 하는 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법.

청구항 5.

삭제

청구항 6.

삭제

청구항 7.

삭제

청구항 8.

제1항에 있어서,

상기 (E4) 단계에서, 상기 다각형과 상기 입방체 사이에 형성된 상기 입체각은 (θ, ψ) 이고, 상기 다각형의 광 수신 영역의 실제 영역은 다음 [수학식 2]에 의해 계산되는 것을 특징으로 하는 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법.

[수학식 2]

$$A_{\text{lighting}} = 4 \times k \times \left(\frac{1}{n^2}\right) \times \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \times \cos\left(\frac{\psi}{2}\right) \times \text{dist}^2$$

여기서,

'dist' : 다각형의 무게 중심과 광원 사이의 거리

청구항 9.

제1항에 있어서,

상기 (E5) 단계에서, 상기 다각형의 차별 영역에 의해 수신되는 광량은 다음 [수학식 3]인 것을 특징으로 하는 쌍방향 3차원 공간 광 조명 방법.

[수학식 3]

$$\Delta E_{\text{polygon}} = \frac{A_{\text{lighting}}}{A_{\text{total}}} \times \text{dot} (N, L) \times I$$

여기서,

A_{lighting} : 다각형의 광 수신 영역의 실제 영역,

A_{total} : 다각형의 총 영역,

N : 다각형의 법선(normal) 벡터,

L : 다각형의 무게 중심을 위한 벡터,

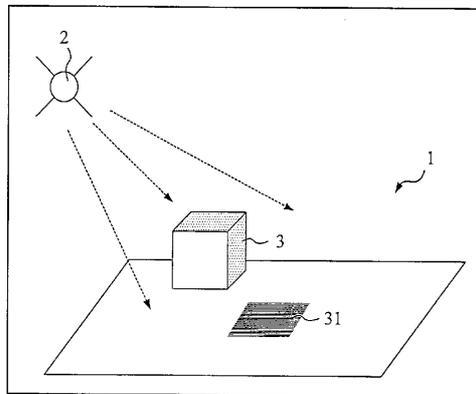
I : 광원의 강도

청구항 10.

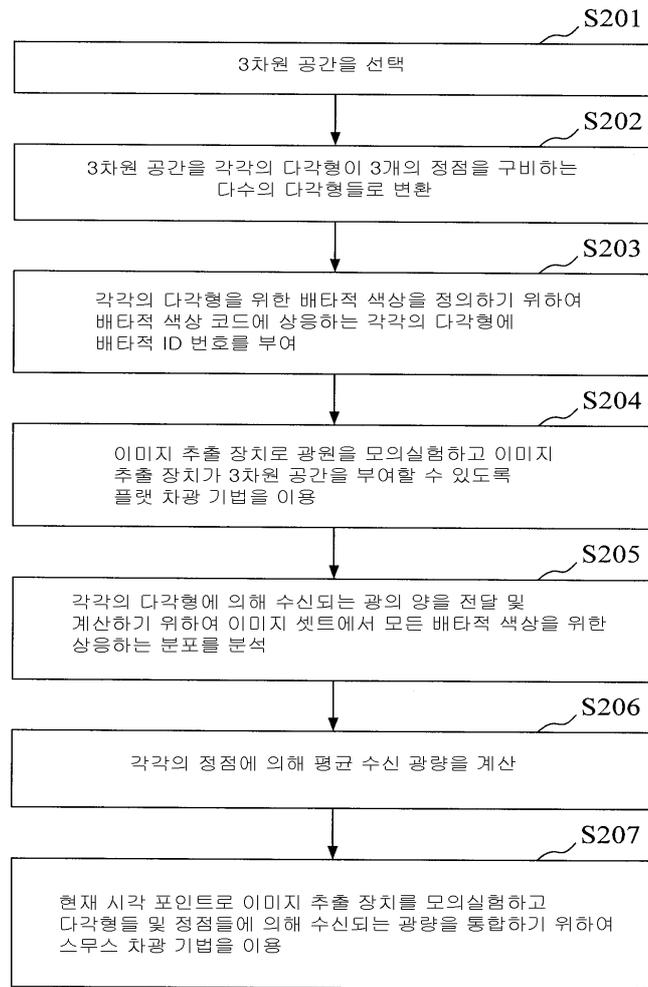
삭제

도면

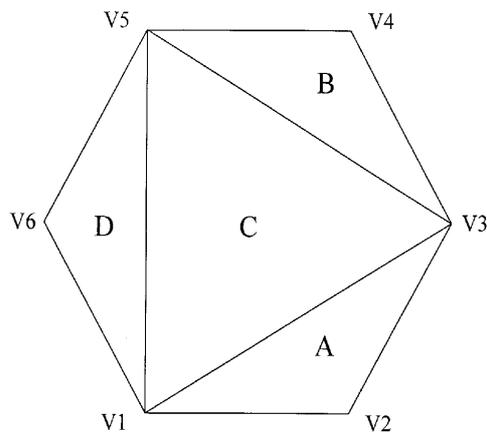
도면1



도면2



도면3



도면4

