등각사상과 평균값좌표계를 이용한 정점 법선벡터 계산법

김형석* · 김호숙**

Vertex Normal Computation using Conformal Mapping and Mean Value Coordinates

Hyoungseok B. Kim* · Hosook Kim**

요 약

컴퓨터그래픽스에서 다루어지는 대부분의 물체들은 메쉬 형태로 표현된다. 보다 다양한 형태로의 변형이나 현실감 있는 렌더링을 얻기 위해서는 정점에서의 올바른 법선벡터 계산이 필수적이다. 이에 대한 기존 연구들은 정점의 기하학적 특성을 단순하게 반영하는 가중치를 사용하였다. 본 논문에서는 국지적 기하학 특성을 종합적으로 반영하는 등각사상과 이웃 정점과의 상호관계를 연속적으로 표현할 수 있는 중간값 좌표계를 사용하는 방법을 제안한다. 논문에서 제시된 방법이 기존의 다른 방법에 비해서 보다 정확한 법선벡터를 계산할 수 있음을 실험을 통해서 알 수 있다.

ABSTRACT

Most of objects in computer graphics may be represented by a form of mesh. The exact computation of vertex normal vectors is essential for user to apply a variety of geometric operations to the mesh and get more realistic rendering results. Most of the previous algorithms used a weight which resembles a local geometric property of a vertex of a mesh such as the interior angle, the area, and so on. In this paper, we propose an efficient algorithm for computing the normal vector of a vertex in meshes. Our method uses the conformal mapping which resembles synthetically the local geometric properties, and the mean value coordinates which may smoothly represent a relationship with the adjacent vertices. It may be confirmed by experiment that the normal vector of our algorithm is more exact than that of the previous methods.

키워드

Vertex Normal Vector, Rendering, Coordinate System

I. 서 론

컴퓨터그래픽스에서 다루어지는 복잡한 물체들은 3차원 스캐너와 같은 장비를 이용해서 물체 표면에 있는 점들의 3차원 위치 정보를 얻어서 구해지거나, 3D Studio Max 또는 Maya 와 같은 3차원 모델링 툴에 의해서 생성된다. 이렇게 생성된 물체를 효율적으로 표현하고 다루기 위해서는 점의 위치 정보와 점들의 연결 관계를 나타내는 메쉬 형태로 표현된다. 이러한 물체들은 사용자의 요구에 따라 변형이나 간략화와 유연화와 같은 기하학적 연산을 수행하게 되는데, 이를 효율적으로 처리하기 위해서는 지역 특성을 올바르게 찾아야 한다. 일

* 동의대학교 멀티미디어공학과

** 동의과학대학 컴퓨터정보계열

접수일자 2008. 09. 19

반적으로 곡선과 곡면에서는 법선벡터와 곡률 등이 지역특성에 해당되며, 다각형과 메쉬 구조에서도 이러한 특성들을 그대로 사용하기를 원한다. 그런데, 메쉬는 이산적 형태로 이루어져 있어서 이러한 값들에 대한 정확한 정의가 존재하지 않는다. 그러므로 기하학적 모양과 같은 지역 정보를 잘 표현할 수 있는 측도를 제시하여야 한다. 특히 정점의 법선벡터는 현실감을 중요시하는 렌더링과정에서 매우 중요한 역할을 수행하고 있다. 일반적으로 모든 정점의 색상을 계산할 수 없기 때문에 쉐이딩을 하게 되는데 고라우드 쉐이딩과 퐁 쉐이딩의 결과는 정점의 법선벡터를 어떻게 정의하느냐에 따라 큰 차이를 갖게 된다. 그러므로 메쉬의 정점에 대한 올바른 법선벡터 계산법은 컴퓨터그래픽스의 모든 과정에서 기초적인 핵심요소라 할 수 있다.

메쉬 정점의 법선벡터 계산법에는 크게 두 가지 접근법이 있다[1]. 첫 번째 접근법은 정점이 공유하는 면의 법선벡터를 조합하는 방법이고, 다른 방법은 그 정점을 지나면서 주변을 근사하는 곡면을 구하여 그 정점에서의 곡면의 법선벡터를 사용하는 방법이다. 첫 번째 방법으로서 1971년 Gouroud에 의해서 제안된 방법으로 삼각메쉬에서의 정점의 법선벡터(N_G)는 수식 (1)에 있는 것과 같이 그 정점을 공유하고 있는 삼각형의 법선벡터의 평균을 취하여 단위벡터화 하였다[2]. 이 방법은 계산하기 간단하여 시간을 절약할 수 있다는 장점이 있지만, 정점 주변의 기하학적 정보를 전혀 사용하지 않기 때문에 모델링 분야의 여러 연산에 바로 적용하기 힘들다는 단점을 가지고 있다. 또한 그림 1 에서 보는 것과 같이 기하학적으로 동일한 형태를 가지더라도 메쉬의 위상이 달라진다면 상이한 법선벡터를 생성하게 되어 렌더링에서는 매우 치명적이라 할 수 있다.

$$N_G = \frac{\sum_{i=1}^{n} Nf_i}{\left|\sum_{i=1}^{n} Nf_i\right|}, N_T = \frac{\sum_{i=1}^{n} \theta_i Nf_i}{\left|\sum_{i=1}^{n} \theta_i Nf_i\right|}, N_M = \frac{\sum_{i=1}^{n} |f_i| Nf_i}{\left|\sum_{i=1}^{n} |f_i| Nf_i\right|} \quad (1)$$

이때, n은 이웃한 면의 수이며, Nf_i는 이웃한 면 f_i의 단위법선벡터이며, $|f_i|$는 면 f_i의 면적이다.

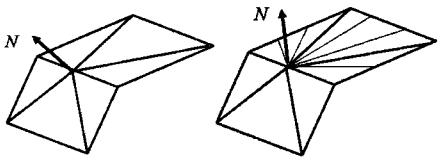


그림 1. 위상에 따른 법선벡터의 변화
Fig. 1 The change of a normal vector according to the topology

Thurmer 와 Wuthrich 는 Gouroud가 제안한 법선 벡터 계산법의 정확성을 향상시키고 위상에 따른 법선벡터의 변화를 없애기 위하여 이웃한 면의 기하학 정보를 이용하는 방법으로서, 그림 2 에서 보는 바와 같이 이웃한 면에서 정점이 차지하는 내각을 가중치로 사용하는 각도 가중치 평균 법선벡터(N_T)를 제안하였다[3]. 이 방법으로 그림 1에서 나타나는 문제를 해결할 수 있지만, 이웃한 면의 각도만 사용하기 때문에 면의 넓이와 변의 길이에 대한 정보가 배제되어 지역적인 특성을 완전히 설명한다고 볼 수 없어 계산된 법선벡터의 오차가 만족스럽지 못하다. 또한 이 방법을 통해 쉐이딩을 처리하면 그림 1 (오른쪽)의 얇은 선으로 표시되는 새로운 선분들은 표현되지 않는 현상이 발생한다. 이를 방지하기 위해서는 메쉬 데이터를 입력할 때 추가적인 조치가 필요하게 되어 시간적인 문제를 야기하게 된다.

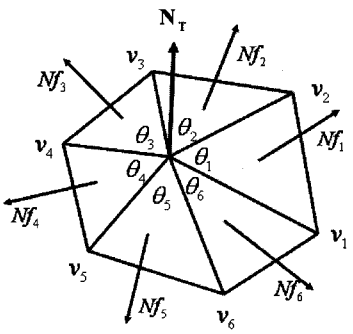


그림 2. 각도 가중치 법선 벡터
Fig. 2 Angle-weighted Normal Vector

Taubin 과 Max 등은 이웃하는 면의 면적을 가중치 값으로 사용하는 면적 가중치 평균 법선벡터(N_M)를 제안하였다[4][5]. 이 방법은 주어진 정점을 근사하는 곡면을 Taylor 전개식으로 표현할 때 얻어지는 것으로서, 면의

면적은 곡면의 법선벡터를 이산적 방법으로 변환할 때 얻어지는 가중치이다. Taylor 전개식에서 사용되는 매개변수를 측지적(geodesic) 변수가 아닌 임의의 변수를 사용하기 때문에 대략적인 근사를 하게 되어 정확한 법선벡터를 유도했다고 볼 수 없다.

$$N_C = \frac{\sum_{i=1}^{n} \omega_i N f_i}{\left| \sum_{i=1}^{n} \omega_i N f_i \right|}, \quad \omega_i = \frac{|f_i|}{|g_i - v|^2} \tag{2}$$

Chen 등은 면적 가중치 평균법을 개선하기 위하여 면의 면적에 정점에서 면의 무게중심까지의 거리의 제곱을 나눈 값을 가중치로 사용하는 법선벡터(N_C)을 제안하였다[6]. 이 방법에 사용되는 g_i는 면 f_i의 무게중심을 나타내고 있다. Chen 등이 제시한 중력 기반 가중치 방법은 삼각 메쉬 뿐만 아니라 모든 다각형 메쉬에도 적용된다고 주장하고 있다. 그러나 정점 v에서의 법선벡터를 구함에 있어 정점 v에 이웃하지 않은 정점까지도 영향을 미치고 있어 지역적 특성을 잘 반영한다고 볼 수 없다. 그림 (3)에서 보는 바와 같이 정점 v에서 동일한 내각을 가지고 있는 두 개의 면이 다른 무게중심을 가짐에 따라 가중치 값이 다르게 되어 정점 v의 법선벡터에 다른 영향을 미치게 됨을 알 수 있다.

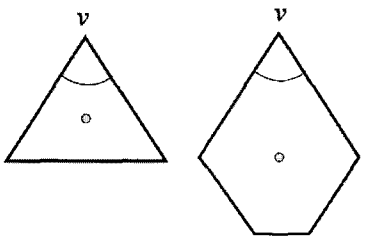


그림 3. 동일한 국지적 특성을 가지면서 다른 가중치를 갖는 두 면
Fig. 3 Two faces with the same local geometric property and the different weights

본 논문에서는 정점 v의 이산적 법선벡터를 계산함에 있어 각도와 선분의 길이를 동시에 반영하는 방법을 제안한다. 이를 위하여 정점에 이웃하는 정점을 등각사상(conformal mapping) 한 후, 이웃한 정점으로부터의 영향을 나타내는 값인 평균값 좌표를 사용하여 선분의 법선벡터를 선형조합으로 표현하는 방법이다. 지역적인 기하학 특성을 잘 반영하는 등각사상을 사용하기 때문에 기존에 발표된 방법에 비해서 보다 정확한 법선벡터를 계산할 수 있음을 실험을 통해서 알 수 있다. 또한 메쉬를 쉐이딩함에 있어 메쉬 내부에 있는 점들에 대한 조도값을 동일한 접근법인 평균값 좌표계를 이용할 수 있어 퐁 쉐이딩이 갖고 있는 단점인 좌표계에 따라 조도값이 변하는 문제를 해결할 수 있다.

Ⅱ. 평균값 좌표계에 의한 법선벡터 계산법

본 절에서는 무게중심 좌표계의 일반화 방법인 평균값 좌표계 방법을 설명하고, 이를 이용하여 메쉬의 정점에 대한 법선벡터를 구하는 방법을 소개한다.

2.1 평균값 좌표계

"주어진 다각형 내부에 있는 점을 다각형을 구성하는 정점들의 선형조합으로 표현할 수 있을까?"라는 질문을 자주 받게 된다. 만약 가능하다면 다각형 내부에 있는 모든 점에 대한 정보를 다각형에 있는 정점의 정보를 이용해서 표현할 수 있게 된다. 이에 대한 일반적인 해결책으로 볼록조합 표현법이 있으며, 이 중에서 가장 우수하다고 평가되는 Floater의 평균값 좌표계 방법을 간단히 설명한다[7]. 수식 (3)은 그림 4에 있는 다각형 내부의 점 P를 다각형을 이루고 있는 정점 $U_i, i = 1, \cdots, m$의 볼록조합으로 표현하는 수식이다.

$$P = \sum_{i=1}^{m} \lambda_i U_i, \quad \sum_{i=1}^{m} \lambda_i = 1, \ \lambda_i \geq 0 \tag{3}$$

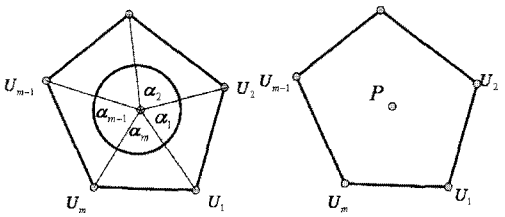
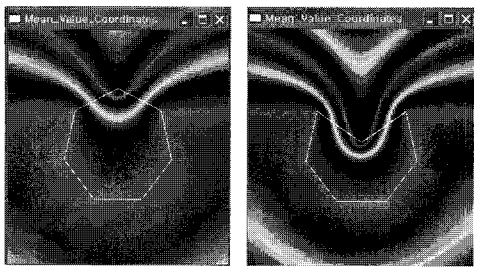


그림 4. 평균값 좌표계 환경
Fig. 4 Configuration of Mean value coordinates

$U_1, U_2, \cdots, U_m$은 [그림 4]에서 보이는 것처럼 정점 P에 대해서 반 시계 방향으로 있는 이웃하는 점들이라 하자. [그림 4]에 있는 원은 반지름이 1이며, 이웃하는 정점들 U_j와 U_{j+1}가 정점 P와 이루는 내각 $\alpha_i = \measuredangle U_i P U_{i+1}$은 예각을 이루고 있다. Floater는 식 (3)에 있는 가중치를 다음과 같이 정의하였다[7].

$$\omega_j = \frac{\tan(\alpha_{j-1}/2) + \tan(\alpha_j/2)}{\| U_j - P \|}, \lambda_i = \frac{\omega_i}{\sum_{k=1}^{m} \omega_k} \quad (4)$$

[그림 5]는 평균값 좌표계를 이용해서 얻게 된 결과이다. 원주 상에 놓여 있는 정7-각형에서 y축에 놓여 있는 정점의 평균값 좌표를 점의 위치에 따른 변화를 보여주고 있다. 동일한 평균값 좌표를 갖는 점들은 동일한 색상으로 표현하였다. 평균값 좌표계 방법에 의하면 주어진 다각형이 볼록다각형이든 오목다각형이든, 주어진 점이 다각형의 내부에 있든 외부에 있든 상관없이 모든 점에 대해서 연속적인 계수를 갖게 됨을 알 수 있다[8]. 이러한 계수의 연속성은 곡면 보간과 같은 응용분야에 매우 유용하게 응용될 수 있다. 적은 데이터를 이용하여 많은 정보를 얻게 하는 보간법에 평균값 좌표계를 사용한다면, 다각형 내부뿐만 아니라 외부까지도 부드럽게 연결할 수 있는 방법을 얻을 수 있다. 또한 주어진 도형이 기존의 방법과는 달리 볼록다각형에만 한정되는 것이 아니라 별 모양(Star-shape) 형태까지도 위와 같은 좋은 특성을 그대로 유지할 수 있다.



(a) (b)

그림 5. 연속적인 평균값 좌표:
(a)볼록다각형 (b)오목다각형
Fig. 5 continuous Mean value coordinates:
(a)convex polygon (b)concave polygon

2.2 평균값 좌표 기반 법선벡터

본 절에서는 평균값좌표를 기반으로 하는 법선벡터 계산법을 소개한다. 3차원 메쉬의 한 정점 V가 m개의 이웃하는 정점 $V_1, \cdots, V_m$을 가지고 있다고 가정하자. 그러면 정점 V는 m개의 이웃하는 면 $f_i = \triangle V_i V V_{i+1}$으로 둘러싸여져 있게 된다. 각 면의 법선벡터를 Nf_i라고 표기하며, 이웃하는 두 개의 면 f_i와 f_{i+1}의 공통 선분 e_i의 단위법선벡터를 Ne_i라고 표기한다. 정점 V가 이웃하는 정점과의 상관관계를 얻기 위하여 이들에 대해서 국소적인 등각사상을 그림 6과 같이 적용한다. 정점 V에 이웃하는 면들은 하나의 평면에 놓여 있지 않기 때문에 내각 $\theta_i = \measuredangle V_i V V_{i+1}$의 합은 2π가 되지 못한다. 그러므로 각 선분의 길이를 그대로 유지하면서 내각의 합이 2π가 되게 하는 등각사상을 수식 (5)를 따라 적용하면 그림 6(b)와 같은 2차원 국지적 메쉬 형태를 얻게 된다. 정점 V는 2차원 원점인 P에 대응되게 하며, 선분 VV_1은 2차원의 x축 위에 동일한 길이로 놓이게 한다. 그리고 2차원에 생성되는 대응면의 내각 α_i은 3차원 면의 내각을 일정한 비율로 곱해서 합이 2π가 되도록 한다.

$$\| PU_i \| = \| VV_i \|, \quad \alpha_i = \frac{2\pi}{\sum_{j=1}^{m} \theta_j} \theta_i \quad (5)$$

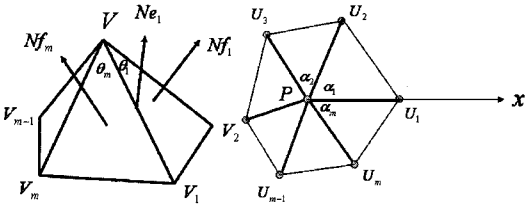


그림 6. 등각사상:
(a) 3차원 메쉬 (c) 2차원 메쉬
Fig. 6 conformal mapping :
(a) 3D mesh (c) 2D mesh

대응되는 2차원 점 P는 다각형 $U_1 U_2 \cdots U_m$의 내부에 속하게 되고 다각형의 각 정점에 대한 평균값 좌표를 구할 수 있다. 수식 (3)과 (4)에 의해 구해진 평균값 좌표 λ_i는 정점 U_i가 점 P에 끼치는 영향력을 의미한다

고 볼 수 있다. 이러한 값에 대한 의미를 3차원에서 찾는 다면 선분 VV_i가 정점 V에 미치는 영향력이라고 생각할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 관계를 법선벡터에 적용시켜 보았다. 본 논문에서 제시하는 평균값 기반 법선벡터 계산법은 수식 (6)과 같이 정의된다.

$$N_{CM} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \lambda_i Ne_i}{\left|\sum_{i=1}^{n} \lambda_i Ne_i\right|}, \quad \lambda_i = \frac{\omega_i}{\sum_{k=1}^{m} \omega_k}$$
$$\omega_k = \frac{\tan(\alpha_{k-1}/2) + \tan(\alpha_k/2)}{\| U_k - P \|} \tag{6}$$

새롭게 정의되는 정점 법선 N_{CM}은 국지적으로 등각사상(Conformal mapping)을 적용하고 평균값좌표(Mean value coordinates)를 이용하는 것으로서, 3차원의 국지적 기하학적 특성을 잘 반영하고 있다고 볼 수 있다. 일반적으로 3차원 정점의 기하학적 특성은 이웃하는 정점들을 보간하는 곡면의 특성을 따르는 경향이 있다. 기하학적 측면에서 보면 메쉬의 면보다는 메쉬의 선분이 정점들을 보간하는 곡면에 더 많이 근사되기 때문에, 본 논문에서 제시되는 방법이 다른 방법에 비해서 매우 직관적이라 할 수 있다. 또한 미치는 영향력을 계산함에 있어 삼각형뿐만이 아니라 일반적인 다각형에서도 정확하게 계산할 수 있기 때문에 활용도가 매우 높다고 볼 수 있다.

Ⅲ. 실험결과

그림 7은 본 실험에 사용된 구(sphere)를 근사하는 다면체를 보이고 있다. 상단에 있는 다면체들은 정사면체를 기초로 분할 방법을 재귀적으로 적용해서 얻어진 것들이며, 하단에 있는 다면체들은 경도와 위도로 나타나는 매개변수를 이용하여 얻어진 것들이다. 재귀적 방법에 의해서 생성된 다면체는 그를 이루는 삼각형들이 크기가 다른 경우도 있으며 따라서 전체적인 모양이 불규칙적이라 할 수 있다. 그러므로 근사된 법선벡터의 오차가 매개변수에 의해서 얻어진 것 보다 좀 더 클 것이라 예측된다.

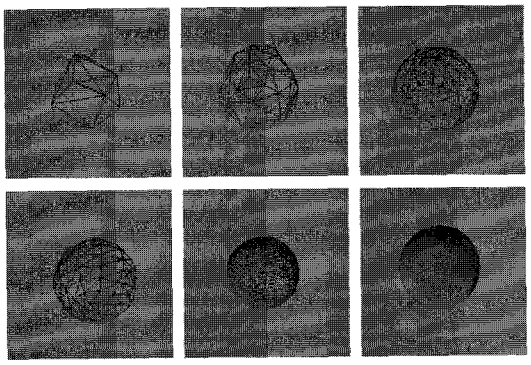


그림 7. 구의 다양한 근사 다면체
Fig. 7 Different tessellations of a sphere

표 1과 2는 재귀적 방법에 의한 구면 근사 다면체와 매개변수 방법에 의한 구면 근사 다면체에 대한 정점의 법선벡터들의 평균오차를 나타내고 있다. 정점에서 구해진 법선벡터의 정확성을 측정하기 위하여 다음과 같은 오차를 사용하였다.

$$E(v_i) = |1 - < N_{v_i}, N >| \tag{7}$$

이때 N_{v_i}는 정점 V_i에서의 근사에 의해서 구해진 단위법선벡터이며, N은 동일 정점에서의 구의 단위법선벡터이다.

표 1. 재귀적 근사 다면체의 법선벡터 평균오차
Table 1. Mean error of normal vector generated by recursive method

	평균오차				
No. of vertices	N_G[2]	N_M[4]	N_T[3]	N_C[6]	N_{CM}
10	0.00E-08	0.00E-08	0.00E-08	0.00E-08	0.00E-08
34	7.25E-03	1.42E-02	3.57E-03	7.42E-04	5.22E-04
130	1.48E-03	2.89E-03	6.98E-04	3.57E-04	1.41E-04
514	3.41E-04	6.47E-04	1.35E-04	9.30E-05	3.10E-05
2050	7.00E-05	1.31E-04	2.50E-05	2.00E-05	6.00E-06

표 2. 매개변수 근사 다면체의 법선벡터 평균오차
Table 2. Mean error of normal vector generated by parametric method

	평균오차				
No. of vertices	N_G[2]	N_M[4]	N_T[3]	N_C[6]	N_{CM}
18	8.15E-03	1.67E-02	1.24E-03	8.06E-04	3.47E-04
23	4.03E-03	8.87E-03	1.41E-03	1.77E-03	7.89E-04
50	7.86E-04	1.96E-03	5.54E-04	1.11E-03	4.63E-04
82	3.10E-04	8.17E-04	2.41E-04	4.39E-04	1.95E-04
122	2.22E-04	5.88E-04	1.11E-04	1.11E-04	5.70E-05
262	5.20E-05	1.42E-04	2.80E-05	3.30E-05	1.60E-05
578	2.40E-05	6.30E-05	6.00E-06	5.00E-06	2.00E-06

실험결과에 따르면 기존의 연구방법들 중에서 제일 우수한 것은 Chen 등이 발표한 N_C 법선벡터 방법이다. 본 논문에서 제안한 새로운 방법인 중간값 좌표 기반 법선벡터 계산법을 통해서 얻어진 법선벡터 N_{CM}는 N_C 보다도 그림 8에서 보는 것과 같이 2배 이상 정확함을 알 수 있다.

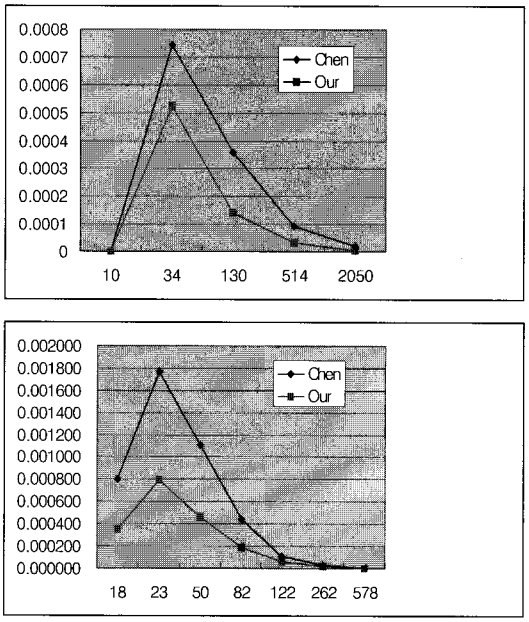


그림 8. Chen 알고리즘과의 평균오차 비교
Fig. 8 Comparison of mean error : Chen's method vs Our method

또한 재귀적 방법에 의한 구면 근사 다면체(No. of Vertices = 130)가 유사한 수의 정점을 갖는 매개변수에 의한 구면 근사 다면체(No. of Vertices = 122)보다 큰 오차를 갖게 됨을 알 수 있다. 이는 재귀적 방법에 의해서 생성되는 다면체에 있는 삼각형의 크기가 일정하지 않기 때문이다.

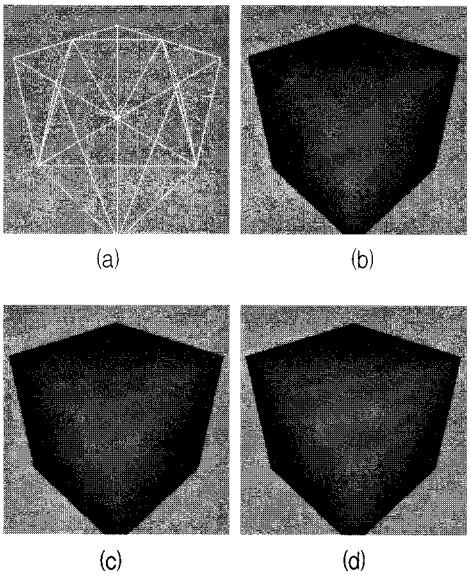


그림 9. 렌더링 : (a) 와이어프레임 (b) N_G 방법 (c) N_C 방법 (d) N_{CM} 방법
Fig. 9 Results of rendering : (a) Wire-frame (b) N_G method (c) N_C method (d) N_{CM} method

그림 9는 본 논문에서 제시하는 방법을 사용하여 얻게 된 렌더링한 결과이다. 카메라는 정육면체를 대각선 방향에서 육면체의 중심을 향해서 보고 있으며, 이때 조명의 위치는 카메라의 위치와 동일하게 설정하였다. 그러므로 밝게 빛나야 하는 영역은 육면체의 꼭지점을 주변으로 대칭적으로 나타나야 한다. 그림 9의 (a)는 사용되는 육면체의 와이어 프레임을 표현하고 있다. 기하학적으로는 정육면체이지만 불규칙적인 위상을 가지고 있다. 윗면에는 4개의 삼각형이 있으며, 좌측과 우측에는 각각 2개의 삼각형을 가지고 있기 때문에 밝게 빛나는 영역이 상하 방향에 따라 변화가 발생하게 된다. 그림 9의 (b)와 (c)는 기존의 방법에 의해서 생성된 결과들이며, (d)는 본 논문에서 제시한 방법에 따른 결과이다. 그

림 9의 (d)의 렌더링이 다른 방법에 비해서 보다 현실적임을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 메쉬에서의 정점 법선벡터 계산법을 제안하였다. 한 정점의 법선벡터를 계산함에 있어 이웃하는 정점과의 상호관계를 나타내는 평균값좌표를 사용하였다. 3차원 메쉬의 국지적 특성을 그대로 유지할 수 있는 등각사상을 사용하기 때문에 이웃하는 정점으로부터의 영향력을 제대로 반영할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 그러므로 기존의 다른 방법에 비해서 계산된 법선벡터는 보다 정확함을 실험을 통해서 확인할 수 있었다. 또한 이러한 방법은 삼각메쉬가 아닌 일반적인 다각형을 갖는 메쉬에도 적용할 수 있으며, 렌더링에 있어서 보다 현실적인 이미지를 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. 향후 연구과제로서 본 연구의 결과를 폴쉐이딩의 핵심알고리즘 개발에 적용하고자 한다.

참고문헌

[1] Shuangshuang Jin, Robert R. Lewis, and David West, A Comparison of Algorithms for Vertex Normal Computation, The Visual Computer, Vol. 21, No. 1-2, pp 71-82, 2005

[2] Henri Gouraud, Continuous Shading of Curved Surfaces, IEEE Transactions of Computers, Vol. 20, No. 6, pp 623-629, 1971

[3] Grit Thurmer and Charles A. Wuthrich, Computing vertex normals from polygonal facets, Journal of Graphics Tools, 3(1), pp 43-46, 1998

[4] G. Taubin, Estimating the tensor of curvature of a surface from a polyhedral approximation, Proceeding of the Fifth International Conference on Computer Vision, pp 902-907, 1995

[5] N. Max, Weights for computing vertex normals from facet normals, Journal of Graphics Tools, 4(2), pp 1-6, 1999

[6] Sheng-Gwo Chen and Jyh-Yang Wu, Estimating normal vectors and curvatures by centroid weights, Computer Aided Geometric Design 21(5), p 447-458, 2004

[7] Michael S. Floater, Mean value coordinates, Comp. Aided Geom. Design Vol. 20, p 19-27, 2003.

[8] Hyoungseok B. Kim, Mesh Parameterization based on Mean Value Coordinates, The Journal of the Korean Institute of Maritime Information and Communication Sciences, Vol. 12, No. 8, pp1377-1383, 2008

저자소개

김형석 (Hyoungseok B. Kim)

1990: 연세대학교, 수학과 이학사
1992: KAIST, 수학과 이학석사
1998: KAIST, 수학과 이학박사
1999: ETRI, Post-Doc
1999 ~ 현재 : 동의대학교 멀티미디어공학과 부교수
※관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 컴퓨터애니메이션

김호숙 (Hosook Kim)

1993: 이화여대 컴퓨터학과 이학사
1999: 이화여대 컴퓨터공학과 공학석사
2005: 이화여대 컴퓨터공학과 공학박사
1993 ~ 1997 삼성SDS 전임연구원
2001 ~ 현재 : 동의과학대학 컴퓨터정보계열 부교수
※관심분야 : 데이터베이스, 데이터마이닝, 교육공학