



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년01월25일
(11) 등록번호 10-1942370
(24) 등록일자 2019년01월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 17/20 (2006.01) G06T 1/20 (2018.01)

(52) CPC특허분류
G06T 17/20 (2013.01)
G06T 1/20 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0135836

(22) 출원일자 2017년10월19일

심사청구일자 2017년10월19일

(56) 선행기술조사문헌

유광식, 최정주, and 신현준. "평균값 좌표를 이용한 빠른 2 차원 형상 변형." 한국정보과학회 학술발표논문집 34.1B (2007)

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 14 항

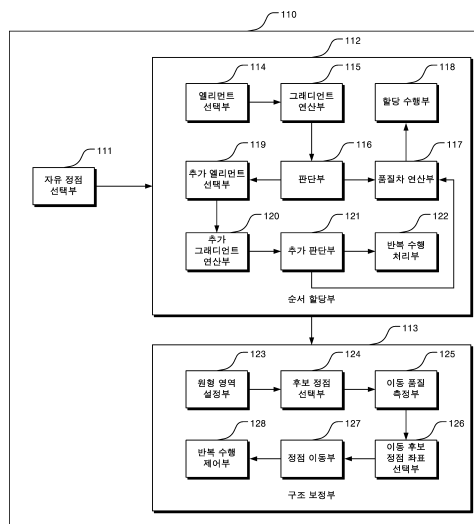
심사관 : 이병우

(54) 발명의 명칭 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치 및 방법

(57) 요약

자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬(mesh) 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치 및 방법이 개시된다. 본 발명은 메쉬 구조 기반의 그래픽 모델을 구성하는 복수의 정점(vertex)들에 대한 좌표의 조정을 통해 상기 그래픽 모델을 구성하는 다각형 엘리먼트(element)들이 이상적인 다각형 엘리먼트의 형상에 가깝게 변경되도록 메쉬 구조를 보정하는 그래픽 처리 장치 및 방법을 제공함으로써, 상기 그래픽 모델의 메쉬 품질의 향상을 도모할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
G06T 2207/30168 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
JP2000509150 A
JP2017130188 A
JP2017521750 A
KR1019930006432 A
KR1019950006644 A
KR1020030016477 A
KR1020050022306 A

KR1020160010721 A
KR1020090080421 A
KR1020170089752 A
김지범, 조현정, and 김하림. "The effect of mesh partitioning on parallel mesh optimization." 한국 CDE 학회 학술발표회 논문집 (2015)
Todd Munson, 'Mesh Shape-Quality Optimization Using the Inverse Mean-Ratio Metric', Math. Program, Ser. A (2007)*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711050330
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(미래부)
연구과제명	CFD 시뮬레이션의 정확도와 효율성 향상을 위한 curved 메쉬 생성 및 최적화 방법 연구
기 여 율	1/1
주관기관	인천대학교
연구기간	2017.03.01 ~ 2018.02.28

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

메쉬(mesh) 구조를 갖는 그래픽 모델을 구성하는 복수의 다각형 엘리먼트(element)들의 꼭짓점에 해당되는 복수의 정점(vertex)들 중 좌표 이동이 가능한 것으로 지정된 둘 이상의 자유 정점(free vertex)들을 선택하는 자유 정점 선택부;

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들의 품질(quality) - 상기 품질은 미리 지정된 참조 다각형 엘리먼트와의 유사도를 의미하는 것으로, 유사도가 높을수록 품질이 높은 다각형 엘리먼트를 의미함 - 에 기초하여 좌표 이동을 수행할 순서를 할당하는 순서 할당부;

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당이 완료되면, 할당된 순서에 따라 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중에서 품질이 최소인 다각형 엘리먼트의 품질이 최대가 되도록 하는 정점의 이동 지점에 대한 좌표를 선택한 후 선택된 좌표로 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 보정하는 구조 보정부

를 포함하고,

상기 순서 할당부는

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중에서 품질이 낮은 순서로 n (n 은 3이상의 자연수)개의 다각형 엘리먼트들을 선택하는 엘리먼트 선택부;

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점의 좌표를 기초로 한 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들 각각의 품질에 대한 n 개의 그래디언트(Gradient)들을 연산하는 그래디언트 연산부;

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이, 각 자유 정점에 대해 연산된 n 개의 그래디언트들을 나타내는 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 볼록 껍질(convex hull) 내에 위치하는지 여부를 판단하는 판단부;

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이 각 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 볼록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단되면, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점에서 선택된 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산하는 품질차 연산부; 및

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해서 연산된 품질차가 큰 순서에 따라, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당을 수행하는 할당 수행부

를 포함하는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 순서 할당부는

상기 판단부에서 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이 각 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 볼록 껍질 내에 위치하는지 여부를 판단한 결과, 상기 둘 이상의 자유 정점들 중 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 볼록 껍질 내에 위치하지 않는 것으로 판단된 경우, 상기 제1 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중 상기 제1 자유 정점에 대해서 선택된 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들 이외에, 품질이 낮은 순서로 추가 다각형 엘리먼트를 선택하는 추가 엘리먼트 선택

부;

상기 제1 자유 정점의 좌표를 기초로 한 상기 추가 다각형 엘리먼트의 품질에 대한 추가 그래디언트를 연산하는 추가 그래디언트 연산부; 및

상기 제1 자유 정점이, 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들과 상기 추가 그래디언트를 나타내는 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는지 여부를 판단하는 추가 판단부

를 더 포함하고,

상기 품질차 연산부는

상기 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들과 상기 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단되면, 상기 둘 이상의 자유 정점들 중 상기 제1 자유 정점을 제외한 나머지 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점에서 선택된 상기 n개의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산하고, 상기 제1 자유 정점에 대해, 상기 제1 자유 정점에서 선택된 상기 n개의 다각형 엘리먼트들과 상기 추가 다각형 엘리먼트 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산하는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 순서 할당부는

상기 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들과 상기 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하지 않는 것으로 판단되면, 상기 제1 자유 정점이 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단될 때까지, 상기 제1 자유 정점에 대해 상기 추가 엘리먼트 선택부, 상기 추가 그래디언트 연산부 및 상기 추가 판단부의 동작에 대한 반복 수행을 처리하는 반복 수행 처리부

를 더 포함하는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 미리 지정된 참조 다각형 엘리먼트와의 유사도는 하기의 수학식 1에 따라 연산되는 역 평균 비율(Inverse Mean Ratio: IMR) - IMR이 낮을수록 유사도가 높음을 의미함 - 로 측정되는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치.

[수학식 1]

$$q_{IMR} = \frac{\|AW^{-1}\|_F^2}{2|\det(AW^{-1})|}$$

여기서, q_{IMR} 는 IMR, 'A'는 유사도 측정의 대상이 되는 다각형 엘리먼트를 구성하는 특정 기준 꼭짓점의 좌표를 기준으로 나머지 꼭짓점들 간의 거리를 이용하여 상기 다각형 엘리먼트를 표현한 근접 행렬(incidence matrix), 'W'는 상기 참조 다각형 엘리먼트를 구성하는 특정 기준 꼭짓점의 좌표를 기준으로 나머지 꼭짓점들 간의 거리를 이용하여 상기 참조 다각형 엘리먼트를 표현한 근접 행렬, $\| \cdot \|_F$ 는 프로베니우스 놈(Frobenius norm), 'det()'는 행렬식(determinant)을 의미함.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 구조 보정부는

상기 둘 이상의 자유 정점들 중 좌표 이동을 수행할 현재 순번의 자유 정점의 좌표 이동을 처리하기 위해, 상기

현재 순번의 자유 정점의 현재 좌표를 중심으로 선정된(predetermined) 길이의 반경을 갖는 가상의 원형 영역을 설정하는 원형 영역 설정부;

상기 가상의 원형 영역 상에서 선정된 간격으로 상기 가상의 원형 영역 상에 위치하는 적어도 하나의 이동 후보 정점을 선택하는 후보 정점 선택부;

상기 현재 순번의 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최소인 제1 다각형 엘리먼트를 선택하고, 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 하나씩 이동 시킴에 따라 형태가 변형되는 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질을 측정하는 이동 품질 측정부;

상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 하나씩 이동시킴에 따라 형태가 변형되는 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질 측정 결과를 기초로 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표 중 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질이 최대로 측정되는 제1 이동 후보 정점의 좌표를 선택하는 이동 후보 정점 좌표 선택부; 및

상기 제1 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조에 대한 보정을 수행하는 정점 이동부

를 포함하는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 구조 보정부는

상기 제1 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점이 이동되면, 상기 이동된 현재 순번의 자유 정점을 기초로 상기 원형 영역 설정부, 상기 후보 정점 선택부, 상기 이동 품질 측정부, 상기 이동 후보 정점 좌표 선택부 및 상기 정점 이동부의 동작을 반복수행함으로써, 상기 제1 다각형 엘리먼트의 형태가 변형됨에 따라 측정될 수 있는 품질이 최대가 되는 상기 현재 순번의 자유 정점의 이동 지점에 대한 최종 좌표를 선택하여 상기 선택된 최종 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점이 이동되도록 제어하는 반복 수행 제어부

를 더 포함하는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치.

청구항 8

메쉬(mesh) 구조를 갖는 그래픽 모델을 구성하는 복수의 다각형 엘리먼트(element)들의 꼭짓점에 해당되는 복수의 정점(vertex)들 중 좌표 이동이 가능한 것으로 지정된 둘 이상의 자유 정점(free vertex)들을 선택하는 단계;

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들의 품질(quality) - 상기 품질은 미리 지정된 참조 다각형 엘리먼트와의 유사도를 의미하는 것으로, 유사도가 높을수록 품질이 높은 다각형 엘리먼트를 의미함 - 에 기초하여 좌표 이동을 수행할 순서를 할당하는 단계; 및

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당이 완료되면, 할당된 순서에 따라 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중에서 품질이 최소인 다각형 엘리먼트의 품질이 최대가 되도록 하는 정점의 이동 지점에 대한 좌표를 선택한 후 선택된 좌표로 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 보정하는 단계

를 포함하고,

상기 순서를 할당하는 단계는

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중에서 품질이 낮은 순서로 n (n 은 3이상의 자연수)개의 다각형 엘리먼트들을 선택하는 단계;

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점의 좌표를 기초로 한 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들 각각의 품질에 대한 n 개의 그래디언트(Gradient)들을 연산하는 단계;

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이, 각 자유 정점에 대해 연산된 n 개의 그래디언트들을 나타내는 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 볼록 껍질(convex hull) 내에 위치하는지 여부를 판단하는 단계;

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이 각 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단되면, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점에서 선택된 상기 n개의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산하는 단계; 및

상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해서 연산된 품질차가 큰 순서에 따라, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당을 수행하는 단계

를 포함하는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법.

청구항 9

삭제

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 순서를 할당하는 단계는

상기 판단하는 단계에서 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이 각 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는지 여부를 판단한 결과, 상기 둘 이상의 자유 정점들 중 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하지 않는 것으로 판단된 경우, 상기 제1 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중 상기 제1 자유 정점에 대해서 선택된 상기 n개의 다각형 엘리먼트들 이외에, 품질이 낮은 순서로 추가 다각형 엘리먼트를 선택하는 단계;

상기 제1 자유 정점의 좌표를 기초로 한 상기 추가 다각형 엘리먼트의 품질에 대한 추가 그래디언트를 연산하는 단계; 및

상기 제1 자유 정점이, 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들과 상기 추가 그래디언트를 나타내는 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는지 여부를 추가로 판단하는 단계

를 더 포함하고,

상기 품질차를 연산하는 단계는

상기 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들과 상기 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단되면, 상기 둘 이상의 자유 정점들 중 상기 제1 자유 정점을 제외한 나머지 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점에서 선택된 상기 n개의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산하고, 상기 제1 자유 정점에 대해, 상기 제1 자유 정점에서 선택된 상기 n개의 다각형 엘리먼트들과 상기 추가 다각형 엘리먼트 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산하는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 순서를 할당하는 단계는

상기 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들과 상기 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하지 않는 것으로 판단되면, 상기 제1 자유 정점이 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단될 때까지, 상기 제1 자유 정점에 대해 상기 추가 다각형 엘리먼트를 선택하는 단계, 상기 추가 그래디언트를 연산하는 단계 및 상기 추가로 판단하는 단계의 반복 수행을 처리하는 단계

를 더 포함하는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 미리 지정된 참조 다각형 엘리먼트와의 유사도는 하기의 수학적 2에 따라 연산되는 역 평균 비율(Inverse

Mean Ratio: IMR) - IMR이 낮을수록 유사도가 높음을 의미함 - 로 측정되는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법.

[수학식 2]

$$q_{IMR} = \frac{\|AW^{-1}\|_F^2}{2|\det(AW^{-1})|}$$

여기서, q_{IMR} 는 IMR, 'A'는 유사도 측정의 대상이 되는 다각형 엘리먼트를 구성하는 특정 기준 꼭짓점의 좌표를 기준으로 나머지 꼭짓점들 간의 거리를 이용하여 상기 다각형 엘리먼트를 표현한 근접 행렬(incidence matrix), 'W'는 상기 참조 다각형 엘리먼트를 구성하는 특정 기준 꼭짓점의 좌표를 기준으로 나머지 꼭짓점들 간의 거리를 이용하여 상기 참조 다각형 엘리먼트를 표현한 근접 행렬, $\|\cdot\|_F$ 는 프로베니우스 놈(Frobenius norm), $\det(\cdot)$ 는 행렬식(determinant)을 의미함.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 메쉬 구조를 보정하는 단계는

상기 둘 이상의 자유 정점들 중 좌표 이동을 수행할 현재 순번의 자유 정점의 좌표 이동을 처리하기 위해, 상기 현재 순번의 자유 정점의 현재 좌표를 중심으로 선정된(predetermined) 길이의 반경을 갖는 가상의 원형 영역을 설정하는 단계;

상기 가상의 원형 영역 상에서 선정된 간격으로 상기 가상의 원형 영역 상에 위치하는 적어도 하나의 이동 후보 정점을 선택하는 단계;

상기 현재 순번의 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최소인 제1 다각형 엘리먼트를 선택하고, 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 하나씩 이동시키기에 따라 형태가 변형되는 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질을 측정하는 단계;

상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 하나씩 이동시키기에 따라 형태가 변형되는 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질 측정 결과를 기초로 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표 중 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질이 최대로 측정되는 제1 이동 후보 정점의 좌표를 선택하는 단계; 및

상기 제1 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조에 대한 보정을 수행하는 단계

를 포함하는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 메쉬 구조를 보정하는 단계는

상기 제1 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점이 이동되면, 상기 이동된 현재 순번의 자유 정점을 기초로 상기 가상의 원형 영역을 설정하는 단계, 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점을 선택하는 단계, 상기 품질을 측정하는 단계, 상기 좌표를 선택하는 단계 및 상기 보정을 수행하는 단계의 동작을 반복수행함으로써, 상기 제1 다각형 엘리먼트의 형태가 변형됨에 따라 측정될 수 있는 품질이 최대가 되는 상기 현재 순번의 자유 정점의 이동 지점에 대한 최종 좌표를 선택하여 상기 선택된 최종 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점이 이동되도록 제어하는 단계

를 더 포함하는 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법.

청구항 15

제8항, 제10항, 제11항, 제12항, 제13항 또는 제14항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터로 하여금 수행하도록 하는 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능 기록 매체.

청구항 16

제8항, 제10항, 제11항, 제12항, 제13항 또는 제14항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터와의 결합을 통해 실행시키기 위한 저장매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 컴퓨터 그래픽스에서 메쉬(mesh) 구조의 품질을 향상시키기 위한 기술과 관련된다.

배경 기술

[0002] 컴퓨터 그래픽스에서 3차원 모델과 같은 그래픽 모델을 구성하는 방법으로 메쉬(mesh) 구조가 주로 사용되고 있다.

[0003] 메쉬 구조는 복수의 다각형 엘리먼트(element)들과 정점(vertex)들을 이용하여 그래픽 모델을 표현하는 방식으로 특정 사물을 그래픽 모델로 구성해서 해당 사물에 대한 물리적 특성을 살펴보는데 많이 사용되고 있다. 예컨대, 비행기를 메쉬 구조를 이용하여 3차원 모델로 구성한 후 비행기에서의 대기의 흐름을 미리 시뮬레이션하는데 사용될 수 있다.

[0004] 이러한 메쉬 구조와 관련해서, 최근에는 메쉬 품질의 최적화와 관련된 중요성이 증대되고 있다.

[0005] 보통, 특정 사물을 메쉬 구조를 통해 그래픽 모델로 구성하였을 때, 복수의 다각형 엘리먼트들의 형태가 이상적인 형상의 다각형 엘리먼트로 구성되어야 해당 그래픽 모델에 대해 물리적 특성을 시뮬레이션할 때, 정확한 결과 값을 획득할 수 있다.

[0006] 예컨대, 도 2에 도시된 도면과 같이, 삼각형 엘리먼트들로 구성된 그래픽 모델이 존재하는 경우, 각 삼각형 엘리먼트들의 형상이 각각 상이하게 존재하는 것보다 각 삼각형 엘리먼트들이 모두 도면부호 210에 도시된 바와 같은 정삼각형의 형상을 갖도록 모델링이 수행된다면, 이상적인 메쉬 구조를 갖게 됨에 따라, 해당 그래픽 모델을 이용하여 유체의 흐름이나 다양한 물리적 특성을 시뮬레이션하게 되면, 비교적 정확한 결과 값을 획득할 수 있게 된다.

[0007] 하지만, 기존의 메쉬 구조 기반의 모델링 기법들에서는 다각형 엘리먼트들의 형상을 고려하지 않고, 모델링을 지원하는 경우가 많다는 점에서 다양한 형상의 다각형 엘리먼트들이 포함되도록 모델링된 그래픽 모델에서 각 다각형 엘리먼트들의 형상을 이상적인 형상으로 보정함으로써, 메쉬 품질을 향상시킬 수 있도록 지원할 수 있는 기술의 연구가 필요하다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0008] (비특허문헌 0001) Todd Munson, 'Mesh Shape-Quality Optimization Using the Inverse Mean-Ratio Metric', Argonne National Laboratory(2004.04.20.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 메쉬(mesh) 구조 기반의 그래픽 모델을 구성하는 복수의 정점(vertex)들에 대한 좌표의 조정을 통해 상기 그래픽 모델을 구성하는 다각형 엘리먼트(element)들이 이상적인 다각형 엘리먼트의 형상에 가깝게 변경되도록 메쉬 구조를 보정함으로써, 상기 그래픽 모델의 메쉬 품질이 향상될 수 있도록 지원하는 그래픽 처리 장치 및 방법을 제공하고자 한다.

[0010] 또한, 본 발명은 좌표 조정의 대상이 되는 자유 정점(free vertex)들에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 다각형 엘리먼트들 간의 품질차가 큰 순서에 따라 좌표 조정을 수행할 순서를 할당하고, 할당된 순서에 기초하여 각 자유 정점들의 좌표 조정을 통한 그래픽 모델의 메쉬 구조 보정을 수행함으로써, 다각형 엘리먼트의 품

질 향상 가능성이 높은 자유 정점에 대한 좌표 조정을 우선 처리함에 따라 상기 그래픽 모델의 메쉬 품질 향상에 대한 효율을 증대시키고자 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치는 메쉬(mesh) 구조를 갖는 그래픽 모델을 구성하는 복수의 다각형 엘리먼트(element)들의 꼭짓점에 해당되는 복수의 정점(vertex)들 중 좌표 이동이 가능한 것으로 지정된 둘 이상의 자유 정점(free vertex)들을 선택하는 자유 정점 선택부, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들의 품질(quality) - 상기 품질은 상기 그래픽 모델에 적용되어야 할 최적의 형태로 미리 지정된 참조 다각형 엘리먼트와의 유사도를 의미하는 것으로, 유사도가 높을수록 품질이 높은 다각형 엘리먼트를 의미함 - 에 기초하여 좌표 이동을 수행할 순서를 할당하는 순서 할당부 및 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당이 완료되면, 할당된 순서에 따라 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중에서 품질이 최소인 다각형 엘리먼트의 품질이 최대가 되도록 하는 정점의 이동 지점에 대한 좌표를 선택한 후 선택된 좌표로 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 보정하는 구조 보정부를 포함한다.

[0012] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법은 메쉬 구조를 갖는 그래픽 모델을 구성하는 복수의 다각형 엘리먼트들의 꼭짓점에 해당되는 복수의 정점들 중 좌표 이동이 가능한 것으로 지정된 둘 이상의 자유 정점들을 선택하는 단계, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들의 품질 - 상기 품질은 상기 그래픽 모델에 적용되어야 할 최적의 형태로 미리 지정된 참조 다각형 엘리먼트와의 유사도를 의미하는 것으로, 유사도가 높을수록 품질이 높은 다각형 엘리먼트를 의미함 - 에 기초하여 좌표 이동을 수행할 순서를 할당하는 단계 및 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당이 완료되면, 할당된 순서에 따라 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중에서 품질이 최소인 다각형 엘리먼트의 품질이 최대가 되도록 하는 정점의 이동 지점에 대한 좌표를 선택한 후 선택된 좌표로 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 보정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명은 메쉬(mesh) 구조 기반의 그래픽 모델을 구성하는 복수의 정점(vertex)들에 대한 좌표의 조정을 통해 상기 그래픽 모델을 구성하는 다각형 엘리먼트(element)들이 이상적인 다각형 엘리먼트의 형상에 가깝게 변경되도록 메쉬 구조를 보정하는 그래픽 처리 장치 및 방법을 제공함으로써, 상기 그래픽 모델의 메쉬 품질의 향상을 도모할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명은 좌표 조정의 대상이 되는 자유 정점(free vertex)들에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 다각형 엘리먼트들 간의 품질차가 큰 순서에 따라 좌표 조정을 수행할 순서를 할당하고, 할당된 순서에 기초하여 각 자유 정점들의 좌표 조정을 통한 그래픽 모델의 메쉬 구조 보정을 수행함으로써, 다각형 엘리먼트의 품질 향상 가능성이 높은 자유 정점에 대한 좌표 조정을 우선 처리함에 따라 상기 그래픽 모델의 메쉬 품질 향상에 대한 효율을 증대시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치의 구조를 도시한 도면이다.

도 2 내지 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법을 도시한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하에서는 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명하기로 한다. 이러한 설명은 본

발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였으며, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 본 명세서 상에서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다.

- [0017] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치의 구조를 도시한 도면이다.
- [0018] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치(110)는 자유 정점 선택부(111), 순서 할당부(112) 및 구조 보정부(113)를 포함한다.
- [0019] 자유 정점 선택부(111)는 메쉬(mesh) 구조를 갖는 그래픽 모델을 구성하는 복수의 다각형 엘리먼트(element)들의 꼭짓점에 해당되는 복수의 정점(vertex)들 중 좌표 이동이 가능한 것으로 지정된 둘 이상의 자유 정점(free vertex)들을 선택한다.
- [0020] 순서 할당부(112)는 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들의 품질(quality)에 기초하여 좌표 이동을 수행할 순서를 할당한다.
- [0021] 여기서, 상기 품질은 상기 그래픽 모델에 적용되어야 할 최적의 형태로 미리 지정된 참조 다각형 엘리먼트와의 유사도를 의미하는 것으로, 유사도가 높을수록 품질이 높은 다각형 엘리먼트를 의미한다.
- [0022] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 미리 지정된 참조 다각형 엘리먼트와의 유사도는 하기의 수학적 식 1에 따라 연산되는 역 평균 비율(Inverse Mean Ratio: IMR)(IMR이 낮을수록 유사도가 높음을 의미함)로 측정될 수 있다.

수학적 식 1

- $$q_{IMR} = \frac{\|AW^{-1}\|_F^2}{2|\det(AW^{-1})|}$$
- [0024]
- [0026] 여기서, 'A'는 유사도 측정의 대상이 되는 다각형 엘리먼트를 구성하는 특정 기준 꼭짓점의 좌표를 기준으로 나머지 꼭짓점들 간의 거리를 이용하여 상기 다각형 엘리먼트를 표현한 근접 행렬(incidence matrix), 'W'는 상기 참조 다각형 엘리먼트를 구성하는 특정 기준 꼭짓점의 좌표를 기준으로 나머지 꼭짓점들 간의 거리를 이용하여 상기 참조 다각형 엘리먼트를 표현한 근접 행렬, ' $\|\cdot\|_F$ '는 프로베니우스 놈(Frobenius norm), ' $\det()$ '는 행렬식(determinant)을 의미한다.
- [0027] 구조 보정부(113)는 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당이 완료되면, 할당된 순서에 따라 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중에서 품질이 최소인 다각형 엘리먼트의 품질이 최대가 되도록 하는 정점의 이동 지점에 대한 좌표를 선택한 후 선택된 좌표로 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 보정한다.
- [0028] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 순서 할당부(112)는 엘리먼트 선택부(114), 그래디언트 연산부(115), 판단부(116), 품질차 연산부(117) 및 할당 수행부(118)를 포함할 수 있다.
- [0029] 엘리먼트 선택부(114)는 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중에서 품질이 낮은 순서로 n(n은 3이상의 자연수)개의 다각형 엘리먼트들을 선택한다.
- [0030] 그래디언트 연산부(115)는 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점의 좌표를 기초로 한 상기 n개의 다각형 엘리먼트들 각각의 품질에 대한 n개의 그래디언트(Gradient)들을 연산한다.
- [0031] 판단부(116)는 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이, 각 자유 정점에 대해 연산된 n개의 그래디언트들을 나타내는 n개의 벡터들로 그려질 수 있는 볼록 껍질(convex hull) 내에 위치하는지 여부를 판단한다.
- [0032] 품질차 연산부(117)는 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이 각 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들로 그려질 수

있는 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단되면, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점에서 선택된 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산한다.

- [0033] 할당 수행부(118)는 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해서 연산된 품질차가 큰 순서에 따라, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당을 수행한다.
- [0034] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 순서 할당부(112)는 추가 엘리먼트 선택부(119), 추가 그래디언트 연산부(120) 및 추가 판단부(121)를 더 포함할 수 있다.
- [0035] 추가 엘리먼트 선택부(119)는 판단부(116)에서 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이 각 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는지 여부를 판단한 결과, 상기 둘 이상의 자유 정점들 중 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하지 않는 것으로 판단된 경우, 상기 제1 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중 상기 제1 자유 정점에 대해서 선택된 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들 이외에, 품질이 낮은 순서로 추가 다각형 엘리먼트를 선택한다.
- [0036] 추가 그래디언트 연산부(120)는 상기 제1 자유 정점의 좌표를 기초로 한 상기 추가 다각형 엘리먼트의 품질에 대한 추가 그래디언트를 연산한다.
- [0037] 추가 판단부(121)는 상기 제1 자유 정점이, 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들과 상기 추가 그래디언트를 나타내는 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는지 여부를 판단한다.
- [0038] 이때, 품질차 연산부(117)는 상기 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들과 상기 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단되면, 상기 둘 이상의 자유 정점들 중 상기 제1 자유 정점을 제외한 나머지 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점에서 선택된 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산하고, 상기 제1 자유 정점에 대해, 상기 제1 자유 정점에서 선택된 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들과 상기 추가 다각형 엘리먼트 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산할 수 있다.
- [0039] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 순서 할당부(112)는 반복 수행 처리부(122)를 더 포함할 수 있다.
- [0040] 반복 수행 처리부(122)는 상기 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들과 상기 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하지 않는 것으로 판단되면, 상기 제1 자유 정점이 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단될 때까지, 상기 제1 자유 정점에 대해 추가 엘리먼트 선택부(119), 추가 그래디언트 연산부(120) 및 추가 판단부(121)의 동작에 대한 반복 수행을 처리한다.
- [0041] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 구조 보정부(113)는 원형 영역 설정부(123), 후보 정점 선택부(124), 이동 품질 측정부(125), 이동 후보 정점 좌표 선택부(126) 및 정점 이동부(127)를 포함할 수 있다.
- [0042] 원형 영역 설정부(123)는 상기 둘 이상의 자유 정점들 중 좌표 이동을 수행할 현재 순번의 자유 정점의 좌표 이동을 처리하기 위해, 상기 현재 순번의 자유 정점의 현재 좌표를 중심으로 선정된(predetermined) 길이의 반경을 갖는 가상의 원형 영역을 설정한다.
- [0043] 후보 정점 선택부(124)는 상기 가상의 원형 영역 상에서 선정된 간격으로 상기 가상의 원형 영역 상에 위치하는 적어도 하나의 이동 후보 정점을 선택한다.
- [0044] 이동 품질 측정부(125)는 상기 현재 순번의 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최소인 제1 다각형 엘리먼트를 선택하고, 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 하나씩 이동시킴에 따라 형태가 변형되는 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질을 측정한다.
- [0045] 이동 후보 정점 좌표 선택부(126)는 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 하나씩 이동시킴에 따라 형태가 변형되는 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질 측정 결과를 기초로 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표 중 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질이 최대로 측정되는 제1 이동 후보 정점의 좌표를 선택한다.
- [0046] 정점 이동부(127)는 상기 제1 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조에 대한 보정을 수행한다.

- [0047] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 구조 보정부(113)는 반복 수행 제어부(128)를 더 포함할 수 있다.
- [0048] 반복 수행 제어부(128)는 상기 제1 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점이 이동되면, 상기 이동된 현재 순번의 자유 정점을 기초로 원형 영역 설정부(123), 후보 정점 선택부(124), 이동 품질 측정부(125), 이동 후보 정점 좌표 선택부(126) 및 정점 이동부(127)의 동작을 반복수행함으로써, 상기 제1 다각형 엘리먼트의 형태가 변형됨에 따라 측정될 수 있는 품질이 최대가 되는 상기 현재 순번의 자유 정점의 이동 지점에 대한 최종 좌표를 선택하여 상기 선택된 최종 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점이 이동되도록 제어한다.
- [0049] 이하에서는 도 2 내지 도 9를 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치(110)의 동작을 예를 들어 상세히 설명하기로 한다.
- [0050] 도 2 내지 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치(110)의 동작을 설명하기 위한 도면이다.
- [0051] 우선, 도 2에 도시된 도면과 같이 복수의 삼각형 엘리먼트들과 복수의 정점들로 구성된 메쉬 구조를 갖는 그래픽 모델이 존재하는 것으로 가정하기로 한다.
- [0052] 자유 정점 선택부(111)는 메쉬 구조를 갖는 그래픽 모델을 구성하는 복수의 삼각형 엘리먼트들의 꼭짓점에 해당되는 복수의 정점들 중 좌표 이동이 가능한 것으로 지정된 둘 이상의 자유 정점들(v_1 , v_2 , v_3 , v_4)을 선택할 수 있다.
- [0053] 여기서, 자유 정점이란 정점의 좌표 이동을 통해서 삼각형 엘리먼트의 형상이 변경되더라도 그래픽 모델 전체의 형상에는 영향을 미치지 않는 정점을 의미한다.
- [0054] 예컨대, 도 2에 도시된 바와 같은 2차원 그래픽 모델이 존재할 때, 외곽에 존재하는 정점들(원형 내부 색상이 흰색인 정점들)은 좌표 이동이 발생하는 경우, 2차원 그래픽 모델의 형상 자체가 변경될 수 있기 때문에 좌표 이동을 수행할 수 없는 고정된 정점으로 처리되어야 한다. 하지만, 2차원 그래픽 모델의 내부에 위치하는 정점들(v_1 , v_2 , v_3 , v_4)은 좌표 이동이 발생하더라도 2차원 그래픽 모델의 형상 자체에는 영향을 미치지 않는 정점들이기 때문에 좌표 이동이 가능한 자유 정점으로 처리될 수 있다.
- [0055] 이렇게, 자유 정점들(v_1 , v_2 , v_3 , v_4)이 선택되면, 순서 할당부(112)는 상기 자유 정점들(v_1 , v_2 , v_3 , v_4) 각각에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 삼각형 엘리먼트들의 품질에 기초하여 좌표 이동을 수행할 순서를 할당할 수 있다.
- [0056] 여기서, 상기 품질은 상기 그래픽 모델에 적용되어야 할 최적의 형태로 미리 지정된 참조 삼각형 엘리먼트(210)와의 유사도를 의미하는 것으로, 유사도가 높을수록 품질이 높은 삼각형 엘리먼트를 의미하며, 상기 유사도는 상기 수학식 1에 따라 연산될 수 있는 IMR에 기초하여 측정될 수 있다.
- [0057] IMR이란 두 다각형 엘리먼트들 간의 형태 유사도를 판별하기 위한 수식으로, 상기 수학식 1에서 'A'는 유사도 측정의 대상이 되는 삼각형 엘리먼트를 구성하는 특정 기준 꼭짓점의 좌표를 기준으로 나머지 꼭짓점들 간의 거리를 이용하여 상기 삼각형 엘리먼트를 표현한 근접 행렬을 의미하고, 'W'는 참조 삼각형 엘리먼트(210)를 구성하는 특정 기준 꼭짓점의 좌표를 기준으로 나머지 꼭짓점들 간의 거리를 이용하여 참조 삼각형 엘리먼트(210)를 표현한 근접 행렬을 의미한다.
- [0058] 예컨대, 도 3에 도시되어 있는 7개의 삼각형 엘리먼트(311, 312, 313, 314, 315, 316, 317)들 중 삼각형 엘리먼트 1(311)과 참조 삼각형 엘리먼트(210) 간의 IMR을 연산하는 과정을 설명하면 다음과 같다.
- [0059] 우선, 삼각형 엘리먼트 1(311)의 꼭짓점들의 좌표를 좌측 하단의 꼭짓점을 시작으로 하여 반시계 방향으로 'a, b, c'라고 하고, 특정 기준 꼭짓점의 좌표를 'a'라고 한다면, 삼각형 엘리먼트 1(311)에 대한 근접 행렬 'A'는 하기의 수학식 2와 같이 표현할 수 있다.

수학식 2

$$A = [b - a, c - a]$$

- [0063] 그리고, 참조 삼각형 엘리먼트(210)의 한 모서리의 길이를 1이라고 하고, 참조 삼각형 엘리먼트(210)에서 삼각형 엘리먼트 1(311)의 기준 꼭짓점과 동일한 지점의 꼭짓점을 기준 꼭짓점으로 해서 참조 삼각형 엘리먼트(21

0)에 대한 근접 행렬 'W'를 표현하면, 하기의 수학적 식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 3

$$W = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix}$$

[0065]

[0067]

이렇게, 'A'와 'W'가 구성되면, 삼각형 엘리먼트 1(311)의 참조 삼각형 엘리먼트(210)에 대한 IMR인 q_{IMR} 은 상기 수학적 식 1과 같은 연산을 통해서 계산될 수 있다.

[0068]

이때, 상기 수학적 식 1에서 ' $\|F\|$ '는 프로베니우스 놈, ' $\det()$ '는 행렬식을 의미한다.

[0069]

이러한 IMR은 그 값이 낮을수록 두 다각형 간의 유사도가 높음을 의미하는 수치이며, 만약, 삼각형 엘리먼트 1(311)과 참조 삼각형 엘리먼트(210)가 완전히 동일한 삼각형이라면, 'A'와 'W'가 서로 동일해지기 때문에 IMR이 1이 되게 된다.

[0070]

이러한 IMR에 대한 연산 방법은 선행기술문헌인 'Todd Munson, 'Mesh Shape-Quality Optimization Using the Inverse Mean-Ratio Metric', Argonne National Laboratory(2004.04.20.)'에 자세히 언급되어 있다.

[0071]

이러한 방식으로 순서 할당부(112)는 상기 자유 정점들(v_1, v_2, v_3, v_4) 각각에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 삼각형 엘리먼트들의 품질에 기초하여 좌표 이동을 수행할 순서를 할당할 수 있다.

[0072]

이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 순서 할당부(112)는 상기 자유 정점들(v_1, v_2, v_3, v_4) 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서를 할당하기 위한 구체적 구성으로 엘리먼트 선택부(114), 그래디언트 연산부(115), 판단부(116), 품질차 연산부(117) 및 할당 수행부(118)를 포함할 수 있다.

[0073]

우선, 엘리먼트 선택부(114)는 상기 자유 정점들(v_1, v_2, v_3, v_4) 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 삼각형 엘리먼트들 중에서 품질이 낮은 순서로 n (n 은 3이상의 자연수)개의 삼각형 엘리먼트들을 선택할 수 있다.

[0074]

그래디언트 연산부(115)는 상기 자유 정점들(v_1, v_2, v_3, v_4) 각각에 대해, 각 자유 정점의 좌표를 기초로 한 상기 n 개의 삼각형 엘리먼트들 각각의 품질에 대한 n 개의 그래디언트들을 연산할 수 있다.

[0075]

그리고, 판단부(116)는 상기 자유 정점들(v_1, v_2, v_3, v_4) 각각이, 각 자유 정점에 대해 연산된 n 개의 그래디언트들을 나타내는 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 볼록 껍질 내에 위치하는지 여부를 판단할 수 있다.

[0076]

품질차 연산부(117)는 상기 자유 정점들(v_1, v_2, v_3, v_4) 각각이 각 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 볼록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단되면, 상기 자유 정점들(v_1, v_2, v_3, v_4) 각각에 대해, 각 자유 정점에서 선택된 상기 n 개의 삼각형 엘리먼트들 중 품질이 최대인 삼각형 엘리먼트와 품질이 최소인 삼각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산할 수 있다.

[0077]

그 이후, 할당 수행부(118)는 상기 자유 정점들(v_1, v_2, v_3, v_4)들 각각에 대해서 연산된 품질차가 큰 순서에 따라, 상기 자유 정점들(v_1, v_2, v_3, v_4) 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당을 수행할 수 있다.

[0078]

관련해서, 상기 자유 정점들(v_1, v_2, v_3, v_4) 중 도 3과 도 4를 참조하여 자유 정점 1(v_1)에 대한 순서 할당부(112)의 동작에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0079]

엘리먼트 선택부(114)는 자유 정점 1(v_1)을 꼭짓점으로 포함하는 삼각형 엘리먼트들(311, 312, 323, 314, 315, 316, 317) 중에서 품질이 낮은 순서로 3개(n 은 3으로 가정함)의 삼각형 엘리먼트들을 선택할 수 있다.

[0080]

관련해서, 삼각형 엘리먼트들(311, 312, 323, 314, 315, 316, 317) 중에서 상기 수학적 식 1의 연산에 기초하여 확인되는 품질이 가장 낮은 3개의 삼각형 엘리먼트를 삼각형 엘리먼트 1(311), 삼각형 엘리먼트 3(313), 삼각형 엘리먼트 5(315)라고 하는 경우, 엘리먼트 선택부(114)는 삼각형 엘리먼트들(311, 312, 323, 314, 315, 316, 317) 중에서 삼각형 엘리먼트 1(311), 삼각형 엘리먼트 3(313), 삼각형 엘리먼트 5(315)를 선택할 수 있다.

- [0081] 그리고 나서, 그래디언트 연산부(115)는 자유 정점 1(v1)의 좌표를 기초로 한 삼각형 엘리먼트 1(311), 삼각형 엘리먼트 3(313), 삼각형 엘리먼트 5(315) 각각의 품질에 대한 3개의 그래디언트들을 연산할 수 있다.
- [0082] 즉, 그래디언트 연산부(115)는 자유 정점 1(v1)의 좌표가 삼각형 엘리먼트 1(311)의 품질에 대한 최대 증가율을 갖는 방향으로 이동할 경우와 연관된 그래디언트 1을 연산할 수 있고, 자유 정점 1(v1)의 좌표가 삼각형 엘리먼트 2(313)의 품질에 대한 최대 증가율을 갖는 방향으로 이동할 경우와 연관된 그래디언트 2를 연산할 수 있으며, 자유 정점 1(v1)의 좌표가 삼각형 엘리먼트 5(315)의 품질에 대한 최대 증가율을 갖는 방향으로 이동할 경우와 연관된 그래디언트 3을 연산할 수 있다.
- [0083] 관련해서, 도 3에서 도면부호 321, 322, 323으로 표현한 벡터가 각각 그래디언트 1, 2, 3에 대응하는 벡터에 해당된다.
- [0084] 이렇게, 그래디언트 1, 2, 3에 대한 연산이 완료되면, 판단부(116)는 자유 정점 1(v1)이 자유 정점 1(v1)에 대해 연산된 그래디언트 1, 2, 3을 나타내는 3개의 벡터들(321, 322, 323)로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는지 여부를 판단할 수 있다.
- [0085] 여기서, 블록 껍질이란 2차원 평면에 N개의 점이 주어졌을 때, 이들 중 몇 개의 점을 골라 다각형을 그렸을 때, 나머지 모든 점을 내부에 포함하도록 그려진 다각형을 의미한다.
- [0086] 관련해서, 도 4에 도시된 바와 같이, 판단부(116)는 그래디언트 1, 2, 3에 대응하는 3개의 벡터들(321, 322, 323)의 화살표의 끝점들을 연결해서 그려질 수 있는 블록 껍질(410) 내에 자유 정점 1(v1)이 위치하는지 여부를 판단할 수 있다.
- [0087] 도 4의 실시예에서는 자유 정점 1(v1)이 블록 껍질(410) 내에 위치하고 있기 때문에, 판단부(116)는 자유 정점 1(v1)이 블록 껍질(410) 내에 위치하고 있는 것으로 판단할 수 있고, 이때, 품질차 연산부(117)는 자유 정점 1(v1)에서 선택된 삼각형 엘리먼트 1(311), 삼각형 엘리먼트 3(313), 삼각형 엘리먼트 5(315) 중 품질이 최대인 삼각형 엘리먼트와 품질이 최소인 삼각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산할 수 있다.
- [0088] 예컨대, 삼각형 엘리먼트 1(311), 삼각형 엘리먼트 3(313), 삼각형 엘리먼트 5(315) 중 삼각형 엘리먼트 1(311)의 품질이 최대이고, 삼각형 엘리먼트 3(313)의 품질이 최소인 경우라면, 품질차 연산부(117)는 삼각형 엘리먼트 1(311)과 삼각형 엘리먼트 3(313) 간의 품질차를 연산할 수 있다.
- [0089] 이러한 방식으로, 순서 할당부(112)는 엘리먼트 선택부(114), 그래디언트 연산부(115), 판단부(116), 품질차 연산부(117)를 통해 자유 정점 2(v2), 자유 정점 3(v3), 자유 정점 4(v4) 각각에 대해서도 품질차의 연산을 완료할 수 있다.
- [0090] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4) 중 판단부(116)에서 각 자유 정점에 대한 3개의 벡터들로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 각 자유 정점이 위치하는지 여부를 판단한 결과, 도 5와 도 6에서 도시된 도면과 같이, 자유 정점 2(v2)가 블록 껍질 내에 위치하지 않는 것으로 판단된 경우, 자유 정점 2(v2)에 대해 품질차의 연산 처리를 수행하기 위해서, 순서 할당부(112)는 추가 엘리먼트 선택부(119), 추가 그래디언트 연산부(120), 추가 판단부(121) 및 반복 수행 처리부(122)를 더 포함할 수 있다.
- [0091] 관련해서, 도 5 내지 도 8을 이용해서 자유 정점 2(v2)에 대한 순서 할당부(112)의 동작을 설명하면 다음과 같다.
- [0092] 우선, 엘리먼트 선택부(114)는 자유 정점 2(v2)를 꼭짓점으로 포함하는 삼각형 엘리먼트들(511, 512, 513, 514, 515) 중에서 품질이 낮은 순서로 3개의 삼각형 엘리먼트들을 선택할 수 있다.
- [0093] 관련해서, 삼각형 엘리먼트들(511, 512, 513, 514, 515) 중에서 상기 수학식 1의 연산에 기초하여 확인되는 품질이 가장 낮은 3개의 삼각형 엘리먼트를 삼각형 엘리먼트 1(511), 삼각형 엘리먼트 2(512), 삼각형 엘리먼트 4(514)라고 하는 경우, 엘리먼트 선택부(114)는 삼각형 엘리먼트들(511, 512, 513, 514, 515) 중에서 삼각형 엘리먼트 1(511), 삼각형 엘리먼트 2(512), 삼각형 엘리먼트 4(514)를 선택할 수 있다.
- [0094] 그리고 나서, 그래디언트 연산부(115)는 자유 정점 2(v2)의 좌표를 기초로 한 삼각형 엘리먼트 1(511), 삼각형 엘리먼트 2(512), 삼각형 엘리먼트 4(514) 각각의 품질에 대한 3개의 그래디언트들을 연산할 수 있다.
- [0095] 즉, 그래디언트 연산부(115)는 자유 정점 2(v2)의 좌표가 삼각형 엘리먼트 1(511)의 품질에 대한 최대 증가율을 갖는 방향으로 이동할 경우와 연관된 그래디언트 1을 연산할 수 있고, 자유 정점 2(v2)의 좌표가 삼각형 엘리먼트 2(512)의 품질에 대한 최대 증가율을 갖는 방향으로 이동할 경우와 연관된 그래디언트 2를 연산할 수

있으며, 자유 정점 2(v2)의 좌표가 삼각형 엘리먼트 4(514)의 품질에 대한 최대 증가율을 갖는 방향으로 이동할 경우와 연관된 그래디언트 3을 연산할 수 있다.

- [0096] 관련해서, 도 5에서 도면부호 521, 522, 523으로 표현한 벡터가 각각 그래디언트 1, 2, 3에 대응하는 벡터에 해당된다.
- [0097] 이렇게, 그래디언트 1, 2, 3에 대한 연산이 완료되면, 판단부(116)는 자유 정점 2(v2)가 자유 정점 2(v2)에 대해 연산된 그래디언트 1, 2, 3을 나타내는 3개의 벡터들(521, 522, 523)로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는지 여부를 판단할 수 있다.
- [0098] 관련해서, 도 6에 도시된 바와 같이, 판단부(116)는 그래디언트 1, 2, 3에 대응하는 3개의 벡터들(521, 522, 523)의 화살표의 끝점들을 연결해서 그려질 수 있는 블록 껍질(610) 내에 자유 정점 2(v2)가 위치하는지 여부를 판단할 수 있다.
- [0099] 도 6의 실시예에서는 자유 정점 2(v2)가 블록 껍질(610) 내에 위치하고 있지 않기 때문에, 추가 엘리먼트 선택부(119)는 자유 정점 2(v2)를 꼭짓점으로 포함하는 삼각형 엘리먼트들(511, 512, 513, 514, 515) 중 자유 정점 2(v2)에 대해서 선택된 삼각형 엘리먼트 1(511), 삼각형 엘리먼트 2(512), 삼각형 엘리먼트 4(514) 이외에, 품질이 낮은 순서로 추가 삼각형 엘리먼트를 선택할 수 있다.
- [0100] 관련해서, 삼각형 엘리먼트 1(511), 삼각형 엘리먼트 2(512), 삼각형 엘리먼트 4(514) 이외에 품질이 낮은 순서로 선택된 추가 삼각형 엘리먼트가 삼각형 엘리먼트 5(515)라 하는 경우, 추가 그래디언트 연산부(120)는 자유 정점 2(v2)의 좌표를 기초로 한 상기 삼각형 엘리먼트 5(515)의 품질에 대한 추가 그래디언트를 연산할 수 있다.
- [0101] 관련해서, 도 7에서 도면부호 524으로 표현한 벡터가 상기 추가 그래디언트에 대응하는 벡터에 해당된다.
- [0102] 그 이후, 추가 판단부(121)는 자유 정점 2(v2)가 도 8에 도시된 도면과 같이, 자유 정점 2(v2)에 대한 3개의 벡터들(521, 522, 523)과 상기 추가 그래디언트를 나타내는 추가 벡터(524)로 그려질 수 있는 블록 껍질(810) 내에 위치하는지 여부를 판단할 수 있다.
- [0103] 이때, 도 8에 도시된 실시예와 같이, 자유 정점 2(v2)가 블록 껍질(810) 내에 위치하는 것으로 판단되면, 품질차 연산부(117)는 자유 정점들(v1, v2, v3, v4) 중 자유 정점 2(v2)를 제외한 나머지 자유 정점들(v1, v3, v4) 각각에 대해, 각 자유 정점에서 선택된 3개의 삼각형 엘리먼트들 중 품질이 최대인 삼각형 엘리먼트와 품질이 최소인 삼각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산하고, 자유 정점 2(v2)에 대해, 자유 정점 2(v2)에서 선택된 3개의 삼각형 엘리먼트들(511, 512, 514)과 추가 삼각형 엘리먼트(515) 중 품질이 최대인 삼각형 엘리먼트와 품질이 최소인 삼각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산함으로써, 각 자유 정점들(v1, v2, v3, v4)에 대한 품질차의 연산을 완료할 수 있다.
- [0104] 만약, 추가 판단부(121)에서 자유 정점 2(v2)가 블록 껍질(810) 내에 위치하지 않은 것으로 판단되었다면, 반복 수행 처리부(122)는 자유 정점 2(v2)가 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단될 때까지, 자유 정점 2(v2)에 대해 추가 엘리먼트 선택부(119), 추가 그래디언트 연산부(120) 및 추가 판단부(121)의 동작에 대한 반복 수행을 처리함으로써, 자유 정점 2(v2)에 대해 추가 삼각형 엘리먼트를 하나씩 추가하여 자유 정점 2(v2)가 하나씩 추가된 삼각형 엘리먼트에 의해서 만들어 지는 블록 껍질 내에 위치하도록 한 후 마지막으로 품질차 연산부(117)를 통해 자유 정점 2(v2)에 대한 최대 품질의 삼각형 엘리먼트와 최소 품질의 삼각형 엘리먼트 간의 품질차의 연산이 수행되도록 지원할 수 있다.
- [0105] 이렇게, 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4)에서의 품질차의 연산이 각각 완료되면, 할당 수행부(118)는 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4) 각각에 대해서 연산된 품질차가 큰 순서에 따라, 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4) 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당을 수행할 수 있다.
- [0106] 예컨대, 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4) 각각에 대해서 연산된 품질차가 자유 정점 1(v1), 자유 정점 3(v3), 자유 정점 4(v4), 자유 정점 2(v2)의 순서로 크기를 갖는다면, 할당 수행부(118)는 자유 정점 1(v1)에 대해 '1순위', 자유 정점 3(v3)에 대해 '2순위', 자유 정점 4(v4)에 대해 '3순위', 자유 정점 2(v2)에 대해 '4순위'라는 좌표 이동의 순서를 할당할 수 있다.
- [0107] 이렇게, 순서 할당부(112)를 통해 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4)에 대한 순서의 할당이 완료되면, 구조 보정부(113)는 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4)에 할당된 순서에 따라 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4) 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 삼각형 엘리먼트들 중에서 품질이 최소인

삼각형 엘리먼트의 품질이 최대가 되도록 하는 정점의 이동 지점에 대한 좌표를 선택한 후 선택된 좌표로 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4) 각각을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 보정할 수 있다.

- [0108] 이렇게, 본 발명은 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4)에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 삼각형 엘리먼트들 간의 품질차가 큰 순서에 따라 좌표 조정을 수행할 순서를 할당하고, 할당된 순서에 기초하여 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4) 각각의 좌표 조정을 통한 그래픽 모델의 메쉬 구조 보정을 수행함으로써, 삼각형 엘리먼트의 품질 향상 가능성이 높은 자유 정점에 대한 좌표 조정을 우선 처리함에 따라 상기 그래픽 모델의 메쉬 품질 향상에 대한 효율을 증대시킬 수 있다.
- [0109] 이하에서는, 구조 보정부(113)의 동작과 관련하여, 도 9를 참조하여 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4) 중 자유 정점 1(v1)을 중심으로 구조 보정부(113)의 동작을 상세히 설명하기로 한다.
- [0110] 우선, 구조 보정부(113)는 원형 영역 설정부(123), 후보 정점 선택부(124), 이동 품질 측정부(125), 이동 후보 정점 좌표 선택부(126), 정점 이동부(127) 및 반복 수행 제어부(128)를 포함할 수 있다.
- [0111] 원형 영역 설정부(123)는 자유 정점 1, 2, 3, 4(v1, v2, v3, v4) 중 자유 정점 1(v1)이 좌표 이동을 수행할 현재 순번의 자유 정점으로 설정되면, 자유 정점 1(v1)의 좌표 이동을 처리하기 위해, 자유 정점 1(v1)의 현재 좌표를 중심으로 선정된 길이의 반경을 갖는 가상의 원형 영역(910)을 설정할 수 있다.
- [0112] 그리고, 후보 정점 선택부(124)는 상기 가상의 원형 영역(910) 상에서 선정된 간격으로 상기 가상의 원형 영역(910) 상에 위치하는 적어도 하나의 이동 후보 정점(921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928)을 선택할 수 있다.
- [0113] 이때, 이동 품질 측정부(125)는 자유 정점 1(v1)을 꼭짓점으로 포함하는 삼각형 엘리먼트들(311, 312, 323, 314, 315, 316, 317) 중 품질이 최소인 제1 삼각형 엘리먼트를 선택하고, 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점(921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928)의 좌표로 자유 정점 1(v1)을 하나씩 이동시킴에 따라 형태가 변형되는 상기 제1 삼각형 엘리먼트의 품질을 측정할 수 있다.
- [0114] 관련하여, 삼각형 엘리먼트들(311, 312, 323, 314, 315, 316, 317) 중 품질이 최소인 상기 제1 삼각형 엘리먼트가 삼각형 엘리먼트 6(316)이라고 하는 경우, 이동 품질 측정부(125)는 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점(921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928)의 좌표로 자유 정점 1(v1)을 하나씩 이동시킴에 따라 형태가 변형되는 상기 삼각형 엘리먼트 6(316)의 품질을 측정할 수 있다.
- [0115] 그리고 나서, 이동 후보 정점 좌표 선택부(126)는 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점(921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928)의 좌표로 자유 정점 1(v1)을 하나씩 이동시킴에 따라 형태가 변형되는 상기 삼각형 엘리먼트 6(316)의 품질 측정 결과를 기초로 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점(921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928)의 좌표 중 상기 삼각형 엘리먼트 6(316)의 품질이 최대로 측정되는 제1 이동 후보 정점의 좌표를 선택할 수 있다.
- [0116] 관련하여, 적어도 하나의 이동 후보 정점(921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928) 중 도면번호 928로 표시한 이동 후보 정점으로 자유 정점 1(v1)을 이동시켰을 때, 삼각형 엘리먼트 6(316)의 품질이 최대로 측정되었다면, 이동 후보 정점 좌표 선택부(126)는 도면번호 928로 표시한 이동 후보 정점의 좌표를 상기 제1 이동 후보 정점(928)의 좌표로 선택할 수 있다.
- [0117] 그 이후, 정점 이동부(127)는 상기 제1 이동 후보 정점(928)의 좌표로 자유 정점 1(v1)을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조에 대한 보정을 수행할 수 있다.
- [0118] 이렇게, 제1 이동 후보 정점(928)의 좌표로 자유 정점 1(v1)이 이동되면, 반복 수행 제어부(128)는 상기 이동된 자유 정점 1(v1)을 기초로 원형 영역 설정부(123), 후보 정점 선택부(124), 이동 품질 측정부(125), 이동 후보 정점 좌표 선택부(126) 및 정점 이동부(127)의 동작의 반복 수행을 제어함으로써, 자유 정점 1(v1)을 또 다른 지점으로 이동시킬 수 있고, 이러한 반복을 통해 삼각형 엘리먼트 6(316)의 형태가 변형됨에 따라 측정될 수 있는 삼각형 엘리먼트 6(316)의 품질이 최대가 되는 자유 정점 1(v1)의 이동 지점에 대한 최종 좌표를 선택하여 상기 선택된 최종 좌표로 자유 정점 1(v1)이 이동되도록 제어할 수 있다.
- [0119] 이와 관련하여, 반복 수행 제어부(128)는 원형 영역 설정부(123), 후보 정점 선택부(124), 이동 품질 측정부(125), 이동 후보 정점 좌표 선택부(126) 및 정점 이동부(127)의 동작을 반복수행함으로써, 자유 정점 1(v1)의 이동 좌표를 찾아내는 도중, 특정 반복 수행 단계에서 이동 품질 측정부(125)를 통해 측정되는 각 이동 후보 정점의 좌표로 자유 정점 1(v1)을 하나씩 이동시켰을 때의 삼각형 엘리먼트 6(316)의 품질이 현재 위치의 자유 정

점 1(v1)의 좌표를 기준으로 측정되는 삼각형 엘리먼트 6(316)의 품질을 모두 초과하지 않게 되면, 원형 영역 설정부(123), 후보 정점 선택부(124), 이동 품질 측정부(125), 이동 후보 정점 좌표 선택부(126) 및 정점 이동부(127)의 동작에 대한 반복수행을 중단하고, 현재 위치의 자유 정점 1(v1)의 좌표를 상기 최종 좌표로 결정할 수 있다.

[0120] 즉, 반복 수행 제어부(128)는 자유 정점 1(v1)의 이동을 위해서 도 9에 도시된 실시예와 같은 동작을 반복 수행하다가 자유 정점 1(v1)을 이동 후보 정점의 좌표로 이동시키더라도 더 이상 삼각형 엘리먼트 6(316)의 품질이 증가하지 않는 한계 지점에 다다르게 되면, 도 9에 도시된 실시예와 같은 동작을 중단하고, 현재 위치의 자유 정점 1(v1)의 좌표, 즉, 상기 도 9의 실시예의 동작에 따라서 자유 정점 1(v1)이 이동한 마지막 위치의 좌표를 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조에 대한 보정을 위한 최종 이동 좌표로 결정할 수 있다.

[0121] 이러한 방식으로, 구조 보정부(113)는 삼각형 엘리먼트 6(316)의 품질이 최대가 되는 지점을 찾아낸 후 해당 지점으로 자유 정점 1(v1)을 이동시킴으로써, 참조 삼각형 엘리먼트(210)와 가장 유사하지 않은 삼각형 엘리먼트 6(316)을 참조 삼각형 엘리먼트(210)와 비슷하게 만드는 과정을 통해 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조의 품질에 대한 향상을 도모할 수 있다.

[0122] 지금까지 설명한 방식과 동일한 방식으로 구조 보정부(113)는 자유 정점 1(v1) 뿐만 아니라, 자유 정점 2, 3, 4(v2, v3, v4)에 대해서도 각 자유 정점에 할당되어 있는 좌표 이동의 순서에 따라 순차적으로 좌표 이동을 통한 메쉬 구조 보정 작업을 수행함으로써, 상기 그래픽 모델에 대한 메쉬 구조의 보정을 완료할 수 있다.

[0123] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법을 도시한 순서도이다.

[0124] 단계(S1010)에서는 메쉬 구조를 갖는 그래픽 모델을 구성하는 복수의 다각형 엘리먼트들의 꼭짓점에 해당되는 복수의 정점들 중 좌표 이동이 가능한 것으로 지정된 둘 이상의 자유 정점들을 선택한다.

[0125] 단계(S1020)에서는 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들의 품질(상기 품질은 상기 그래픽 모델에 적용되어야 할 최적의 형태로 미리 지정된 참조 다각형 엘리먼트와의 유사도를 의미하는 것으로, 유사도가 높을수록 품질이 높은 다각형 엘리먼트를 의미함)에 기초하여 좌표 이동을 수행할 순서를 할당한다.

[0126] 단계(S1030)에서는 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당이 완료되면, 할당된 순서에 따라 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중에서 품질이 최소인 다각형 엘리먼트의 품질이 최대가 되도록 하는 정점의 이동 지점에 대한 좌표를 선택한 후 선택된 좌표로 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 보정한다.

[0127] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단계(S1020)에서는 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중에서 품질이 낮은 순서로 n (n 은 3이상의 자연수)개의 다각형 엘리먼트들을 선택하는 단계, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점의 좌표를 기초로 한 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들 각각의 품질에 대한 n 개의 그래디언트들을 연산하는 단계, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이, 각 자유 정점에 대해 연산된 n 개의 그래디언트들을 나타내는 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는지 여부를 판단하는 단계, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이 각 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단되면, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점에서 선택된 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산하는 단계 및 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해서 연산된 품질차가 큰 순서에 따라, 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각에 대해 좌표 이동을 수행할 순서의 할당을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0128] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단계(S1020)에서는 상기 판단하는 단계에서 상기 둘 이상의 자유 정점들 각각이 각 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는지 여부를 판단한 결과, 상기 둘 이상의 자유 정점들 중 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n 개의 벡터들로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하지 않는 것으로 판단된 경우, 상기 제1 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중 상기 제1 자유 정점에 대해서 선택된 상기 n 개의 다각형 엘리먼트들 이외에, 품질이 낮은 순서로 추가 다각형 엘리먼트를 선택하는 단계, 상기 제1 자유 정점의 좌표를 기초로 한 상기 추가 다각형 엘리먼트의 품질에 대한 추가 그래디언트를 연산하는 단계 및 상기 제1 자유 정점이, 상기 제1 자유 정점에 대

한 상기 n개의 벡터들과 상기 추가 그래디언트를 나타내는 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는지 여부를 추가로 판단하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0129] 이때, 상기 품질차를 연산하는 단계는 상기 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들과 상기 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단되면, 상기 둘 이상의 자유 정점들 중 상기 제1 자유 정점을 제외한 나머지 자유 정점들 각각에 대해, 각 자유 정점에서 선택된 상기 n개의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산하고, 상기 제1 자유 정점에 대해, 상기 제1 자유 정점에서 선택된 상기 n개의 다각형 엘리먼트들과 상기 추가 다각형 엘리먼트 중 품질이 최대인 다각형 엘리먼트와 품질이 최소인 다각형 엘리먼트 간의 품질차를 연산할 수 있다.

[0130] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단계(S1020)에서는 상기 제1 자유 정점이 상기 제1 자유 정점에 대한 상기 n개의 벡터들과 상기 추가 벡터로 그려질 수 있는 블록 껍질 내에 위치하지 않는 것으로 판단되면, 상기 제1 자유 정점이 블록 껍질 내에 위치하는 것으로 판단될 때까지, 상기 제1 자유 정점에 대해 상기 추가 다각형 엘리먼트를 선택하는 단계, 상기 추가 그래디언트를 연산하는 단계 및 상기 추가로 판단하는 단계의 반복 수행을 처리하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0131] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 미리 지정된 참조 다각형 엘리먼트와의 유사도는 상기 수학식 1에 따라 연산되는 IMR(IMR이 낮을수록 유사도가 높음을 의미함)로 측정될 수 있다.

[0132] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단계(S1030)에서는 상기 둘 이상의 자유 정점들 중 좌표 이동을 수행할 현재 순번의 자유 정점의 좌표 이동을 처리하기 위해, 상기 현재 순번의 자유 정점의 현재 좌표를 중심으로 선정된 길이의 반경을 갖는 가상의 원형 영역을 설정하는 단계, 상기 가상의 원형 영역 상에서 선정된 간격으로 상기 가상의 원형 영역 상에 위치하는 적어도 하나의 이동 후보 정점을 선택하는 단계, 상기 현재 순번의 자유 정점을 꼭짓점으로 포함하는 둘 이상의 다각형 엘리먼트들 중 품질이 최소인 제1 다각형 엘리먼트를 선택하고, 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 하나씩 이동시킴에 따라 형태가 변형되는 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질을 측정하는 단계, 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 하나씩 이동시킴에 따라 형태가 변형되는 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질 측정 결과를 기초로 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점의 좌표 중 상기 제1 다각형 엘리먼트의 품질이 최대로 측정되는 제1 이동 후보 정점의 좌표를 선택하는 단계 및 상기 제1 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점을 이동시켜 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조에 대한 보정을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

[0133] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단계(S1030)에서는 상기 제1 이동 후보 정점의 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점이 이동되면, 상기 이동된 현재 순번의 자유 정점을 기초로 상기 가상의 원형 영역을 설정하는 단계, 상기 적어도 하나의 이동 후보 정점을 선택하는 단계, 상기 품질을 측정하는 단계, 상기 좌표를 선택하는 단계 및 상기 보정을 수행하는 단계의 동작을 반복수행함으로써, 상기 제1 다각형 엘리먼트의 형태가 변형됨에 따라 측정될 수 있는 품질이 최대가 되는 상기 현재 순번의 자유 정점의 이동 지점에 대한 최종 좌표를 선택하여 상기 선택된 최종 좌표로 상기 현재 순번의 자유 정점이 이동되도록 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0134] 이상, 도 10을 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법에 대해 설명하였다. 여기서, 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법은 도 1 내지 도 9를 이용하여 설명한 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치(110)의 동작에 대한 구성과 대응될 수 있으므로, 이에 대한 보다 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0135] 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법은 컴퓨터와의 결합을 통해 실행시키기 위한 저장매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다.

[0136] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 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. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된

하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0137] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0138] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

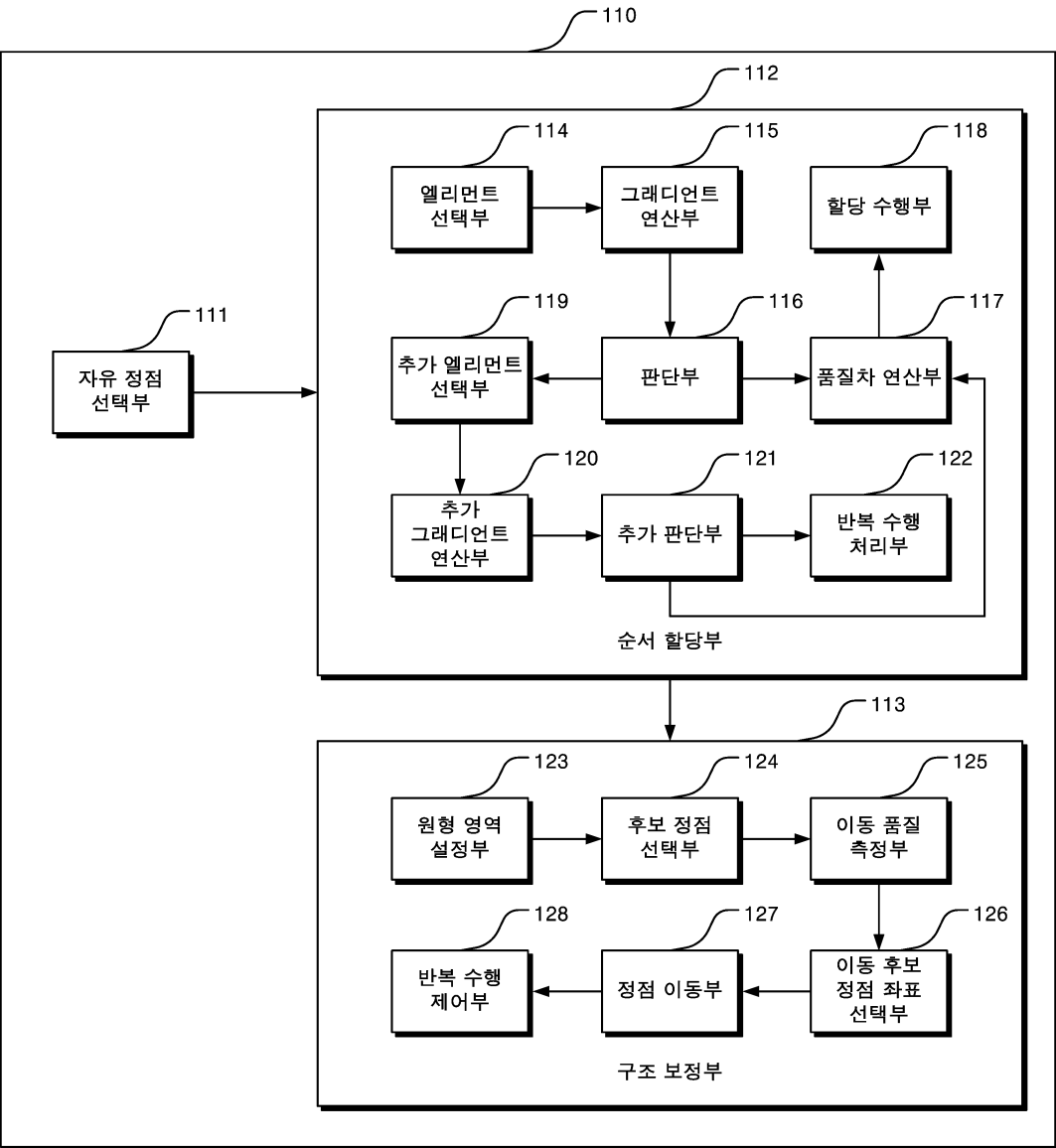
부호의 설명

[0139] 110: 자유 정점의 이동 순서 할당에 기초하여 메쉬 품질의 향상을 지원하는 그래픽 처리 장치

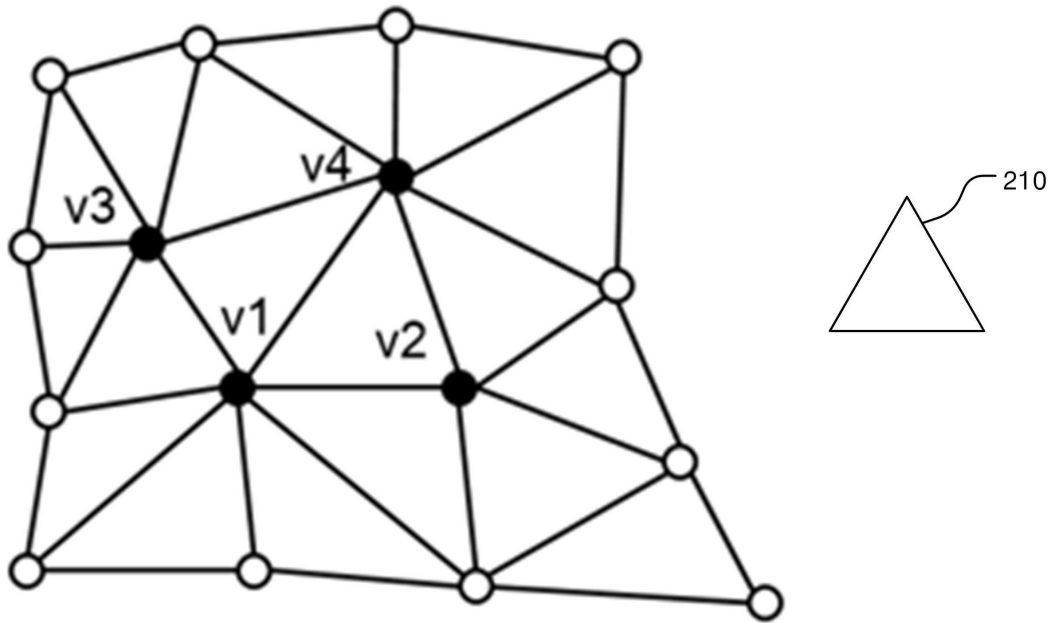
- | | |
|------------------|----------------------|
| 111: 자유 정점 선택부 | 112: 순서 할당부 |
| 113: 구조 보정부 | 114: 엘리먼트 선택부 |
| 115: 그래디언트 연산부 | 116: 판단부 |
| 117: 품질차 연산부 | 118: 할당 수행부 |
| 119: 추가 엘리먼트 선택부 | 120: 추가 그래디언트 연산부 |
| 121: 추가 판단부 | 122: 반복 수행 처리부 |
| 123: 원형 영역 설정부 | 124: 후보 정점 선택부 |
| 125: 이동 품질 측정부 | 126: 이동 후보 정점 좌표 선택부 |
| 127: 정점 이동부 | 128: 반복 수행 제어부 |

도면

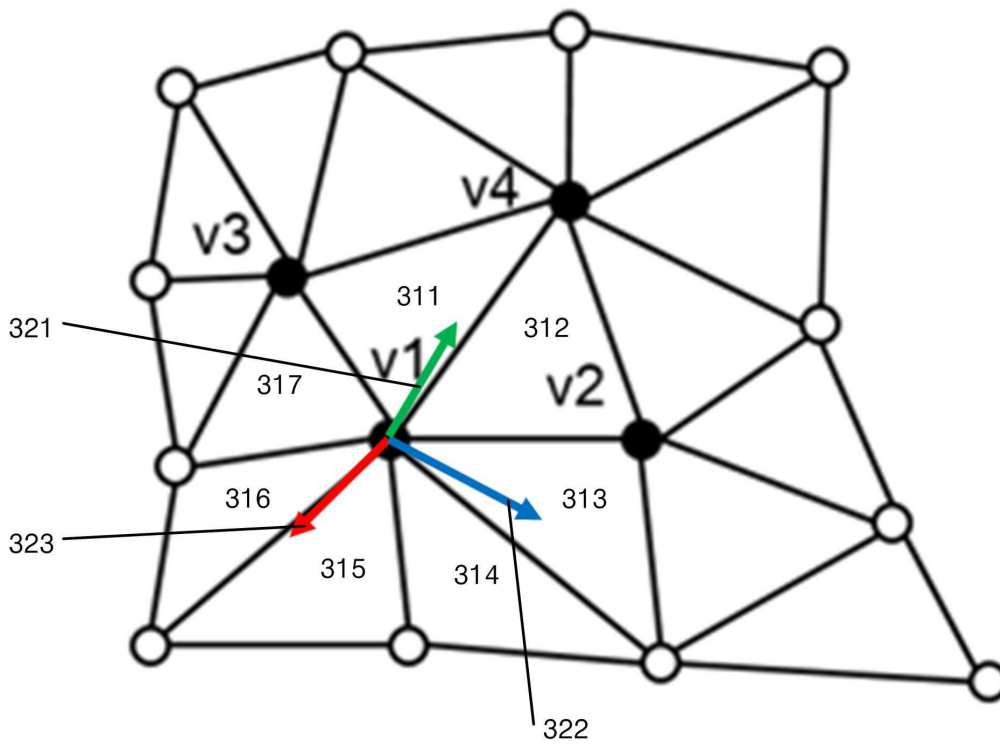
도면1



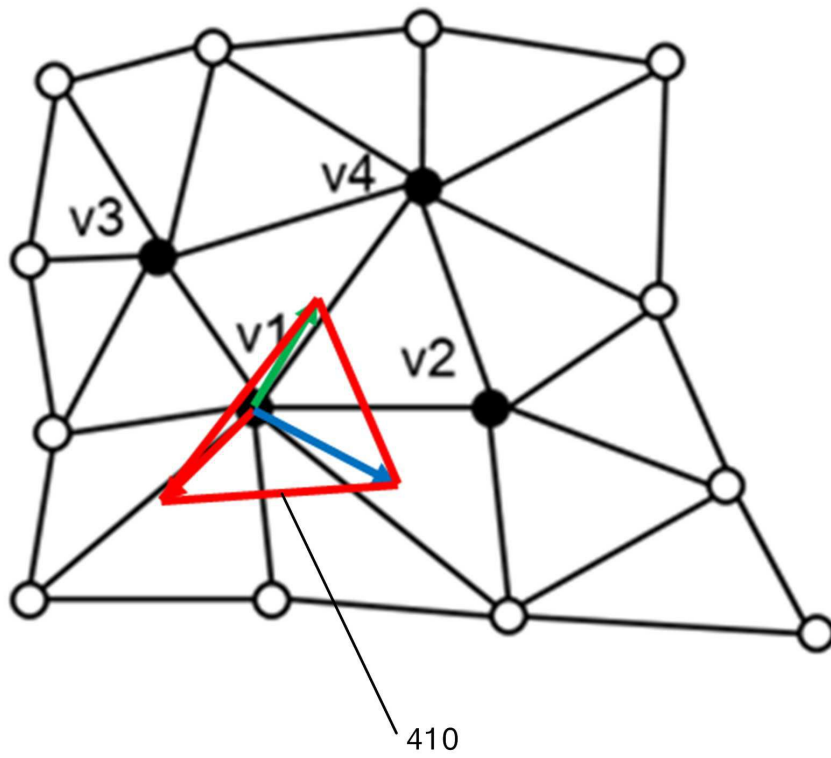
도면2



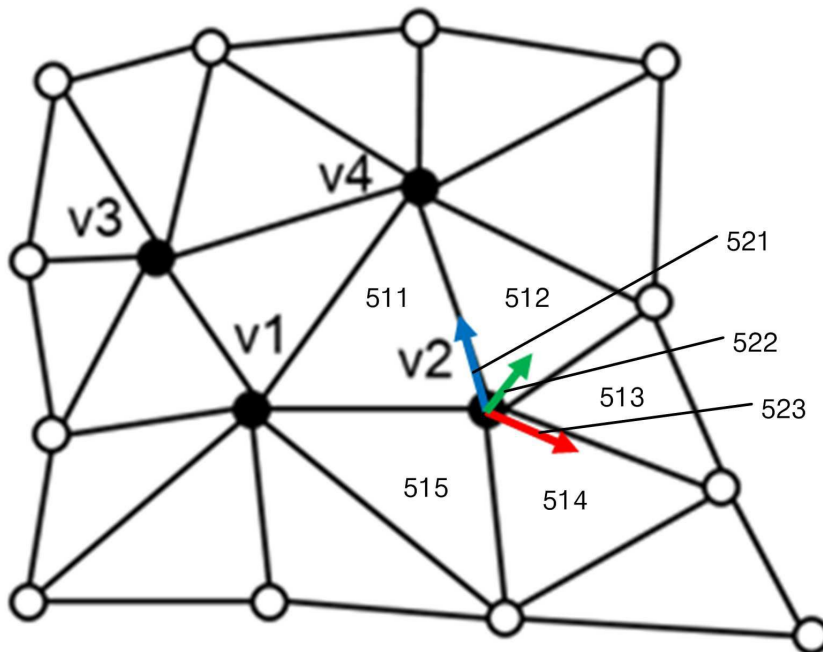
도면3



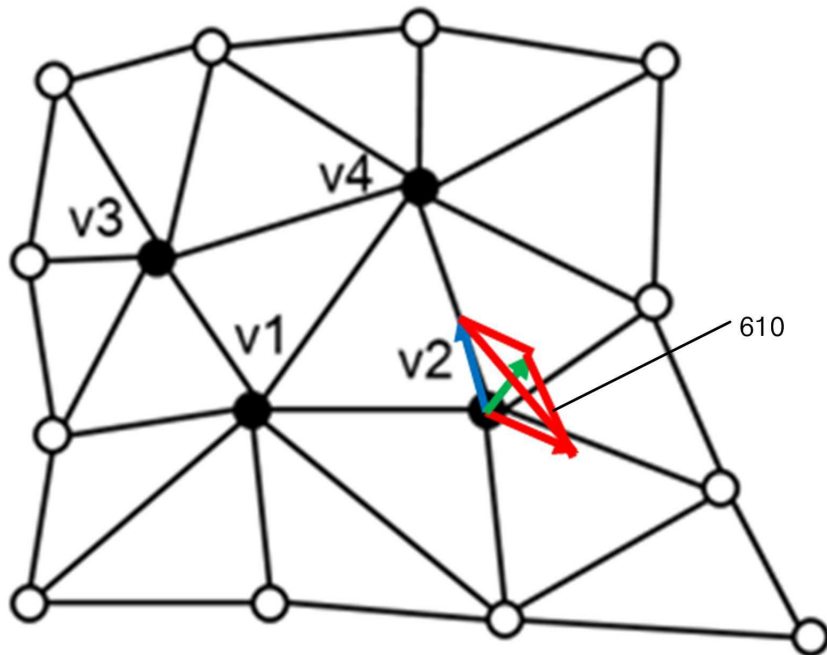
도면4



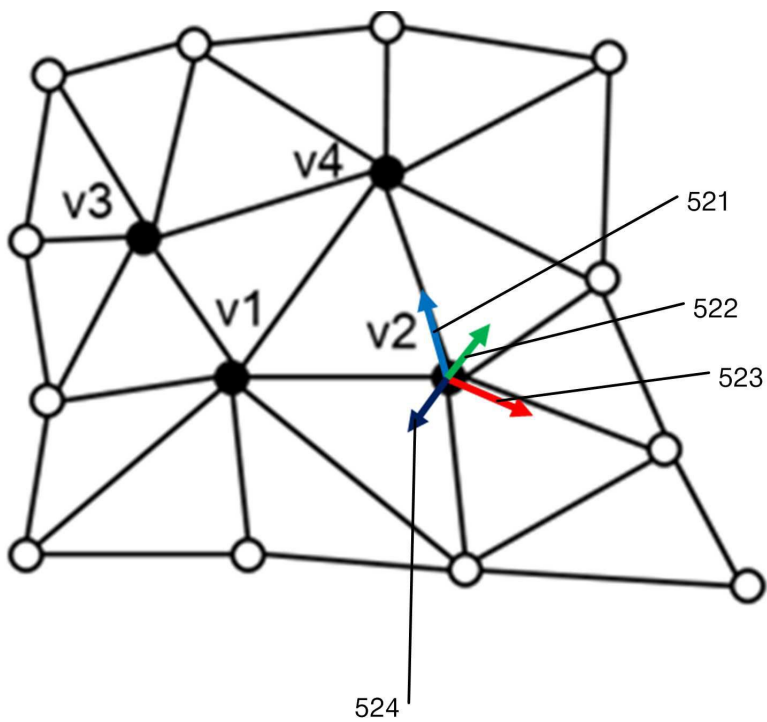
도면5



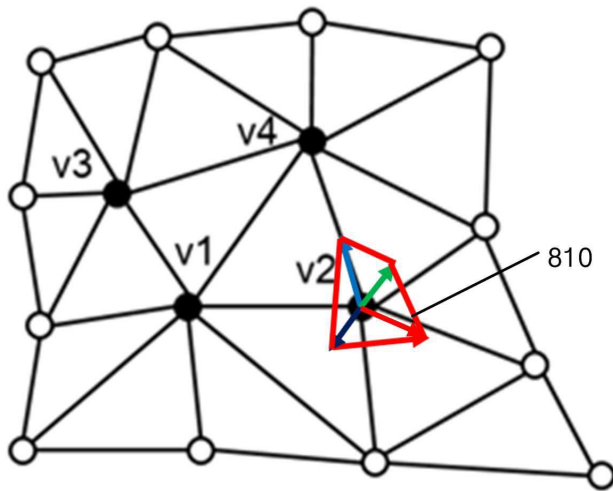
도면6



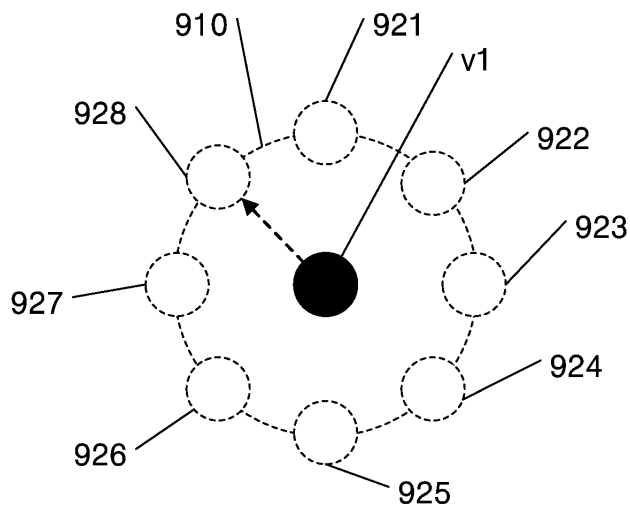
도면7



도면8



도면9



도면10

