(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0112999
(43) 공개일자 2012년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 17/05 (2011.01)
(21) 출원번호 10-2011-0030650
(22) 출원일자 2011년04월04일
심사청구일자 2011년04월04일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
신병석
경기도 안양시 동안구 흥안대로223번길 19, 샘마을한양아파트 114동 402호 (호계동)
이은석
서울특별시 서초구 서초중앙로 220, 3동 1207호 (반포동, 한양아파트)
조인우
인천광역시 서구 서달로207번길 12-26, 대동빌라 14동 B01호 (가정동)
(74) 대리인
김건우

전체 청구항 수 : 총 5 항

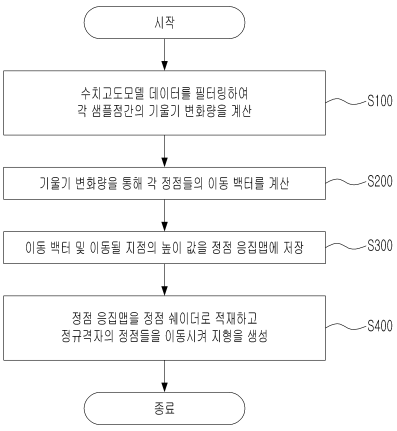
(54) 발명의 명칭 **정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법**

(57) 요 약

본 발명은 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 (1) 수치고도모델 데이터(DEM Data)를 필터링하여 각 샘플 점간의 기울기 변화량을 계산하는 단계; (2) 상기 기울기 변화량을 통해 각 정점들의 이동 벡터를 계산하는 단계; (3) 상기 이동 벡터 및 이동될 지점의 높이 값을 정점 응집맵에 저장하는 단계; 및 (4) 상기 정점 응집맵을 정점 쉐이더(Vertex Shader)로 적재하고 정규격자의 정점들을 이동시켜 지형을 생성하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명에서 제안하고 있는 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법에 따르면, DEM 데이터 대신 정점 응집맵을 정점 쉐이더로 업로드한 후, 정점 응집맵에 저장된 벡터를 이용하여 정점을 이동시킨 뒤 지형을 가시화함으로써, 지형의 기울기 변화량이 큰 지점으로 주변에 정점들을 응집시켜 기하 오차를 효과적으로 줄일 수 있다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2010-0019051
부처명	교육과학기술부
연구사업명	지역대학우수과학자지원사업
연구과제명	초고속 대용량 지형정보 모델링 및 렌더링 기술
주관기관	인하대학교 산학협력단
연구기간	2009.05.01 ~ 2012.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

지형 데이터 시각화 방법에 있어서,

(1) 수치고도모델 데이터(DEM Data)를 필터링하여 각 샘플 점간의 기울기 변화량을 계산하는 단계;

(2) 상기 기울기 변화량을 통해 각 정점들의 이동 벡터를 계산하는 단계;

(3) 상기 이동 벡터 및 이동될 지점의 높이 값을 정점 응집맵에 저장하는 단계; 및

(4) 상기 정점 응집맵을 정점 쉐이더(Vertex Shader)로 적재하고 정규격자의 정점들을 이동시켜 지형을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 단계 (1)은,

(1a) 라플라시안 커널(Laplacian Kernel)을 이용하여 각 정점별로 상기 이웃 샘플 점간의 기울기 변화량을 계산하는 단계; 및

(1b) 가우시안 커널(Gaussian Kernel)을 이용하여 상기 이웃 샘플 점간의 기울기 변화량에 상기 샘플 점과의 거리에 따른 가중치를 부여하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

다음 수학식 a에 따라 상기 기울기 변화량을 계산하는 것을 특징으로 하는 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법.

<수학식 a>

$$D(x,y)=\sum_{h=\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}}\sum_{k=\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}(H(x,y)-H(x+h,y+k))$$

$$(r=\sqrt{h^2+k^2})$$

여기서, p(x,y)는 샘플 점, H(x,y)는 샘플 점의 높이 값, D(x,y)는 샘플 점 p(x,y)의 기울기 변화량, r은 샘플 점이 위치한 커널 중앙에서 커널의 다른 지점까지의 거리 값으로 가우시안 함수의 인자이며, x와 y는 좌표값, h와 k는 주변 샘플 점까지의 거리 좌표값, m은 평균, σ는 표준편차이다.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 단계 (2)는,

(2a) 각 샘플 점에 주변 정점을 끌어당기는 힘인 인력 속성을 부여하는 단계; 및

(2b) 상기 샘플 점에 영향을 미치는 모든 인력의 합으로 상기 샘플 점의 이동 벡터를 계산하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 단계 (2a)에서, 다음 수학식 b에 따라 상기 인력을 계산하며,

상기 단계 (2b)에서, 다음 수학식 c에 따라 상기 인력의 크기를 가중치로 곱하여 평균을 내는 가중평균으로 인력의 합을 계산함으로써 상기 이동 벡터를 계산하는 것을 특징으로 하는 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법.

<수학식 b>

$$g = V \cdot e^{-\frac{x^2}{2(mD/2)^2}}, \ (V = p_d - p_s)$$

여기서, g는 인력, p_d는 인력이 발생한 지점, p_s는 p_d의 인력의 영향을 받는 지점, V는 p_s에서 p_d까지의 벡터, m은 인력이 영향을 미치는 최대 범위, D는 p_d의 기울기 변화량, x는 좌표값이다.

<수학식 c>

$$G = \frac{1}{S}\sum_{i=0}^{N}|g_i|g$$

여기서, G는 샘플 점의 이동 벡터, g는 샘플 점에 영향을 미치는 인력, $S=\Sigma|g_i|$이다.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법에 관한 것으로서, 특히 지형 메쉬의 각 정점들을 기울기 변화량이 큰 곳으로 이동시키는 이동 벡터를 저장한 정점 응집맵을 이용하여, 지형의 기하 오차를 대폭 줄일 수 있는 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 컴퓨터 게임, 비행 시뮬레이션, 지리정보 시스템(Geographic Information System; GIS) 등에서 실제 환경 및 가상 환경의 기반이 되는 지형의 표현은 중요한 요소이다. 사실감을 더욱 극대화하기 위해서는 빠르고 현실감 있는 지형 렌더링이 필수적이다. 최근의 지형 시각화 연구분야에서 가장 큰 이슈는 대용량 지형 데이터를 실시간 처리하는 것이다. 하지만 일반 컴퓨터에서 제공하는 그래픽 메모리는 한정되어 있기 때문에 대용량의 지형 데이터의 실시간 가시화는 쉽지 않다.

[0003] 이를 해결하기 위한 방법으로 최근에는 외부 메모리 처리 기법(out-of-core)이 많이 연구되고 있다. 외부 메모리 처리 기법은 한정된 그래픽 메모리에 더욱 큰 지형을 렌더링하기 위해 지형 데이터를 용량이 큰 디스크에서 관리하고, 렌더링 시 갱신되는 부분만 메모리로 업로드 하여 사용하는 기법이다.

[0004] 이러한 외부 메모리 처리 기법은 데이터 갱신 시에 발생하는 GPU-CPU 메모리 간의 데이터 전송량을 줄이기 위해, 지형 데이터에 상세단계 기법(LOD: level-of-detail)을 적용한다. 지형 데이터에 적용하는 상세단계 기법 중 하나인 밉맵(mipmap)은, 상세단계가 높아질수록 해상도를 감소시켜 용량을 줄이는 방법이다. 하지만 이 방법은 높은 단계에서 샘플 점 개수의 부족으로 기하 오차를 발생시킨다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 기존에 제안된 방법들의 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위해 제안된 것으로서, DEM 데이터 대신 정점 응집맵을 정점 쉐이더로 업로드한 후, 정점 응집맵에 저장된 이동 벡터를 이용하여 정점을 이동시킨 뒤 지형을 가시화함으로써, 지형의 기울기 변화량이 큰 지점으로 주변에 정점들을 응집시켜 기하 오차를 효과적으로 줄일 수 있는 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른, 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법은,

[0007] (1) 수치고도모델 데이터(DEM Data)를 필터링하여 각 샘플 점 간의 기울기 변화량을 계산하는 단계;

[0008] (2) 계산된 상기 기울기 변화량을 통해 각 정점들의 이동 벡터를 계산하는 단계;

[0009] (3) 계산된 상기 이동 벡터 및 이동될 지점의 높이 값을 정점 응집맵에 저장하는 단계; 및

[0010] (4) 상기 정점 응집맵을 정점 쉐이더(Vertex Shader)로 적재하고 정규격자의 정점들을 이동시켜 지형을 생성하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

[0011] 바람직하게는, 상기 단계 (1)은,

[0012] (1a) 라플라시안 커널(Laplacian Kernel)을 이용하여 각 정점별로 상기 이웃 샘플 점 간의 기울기 변화량을 계산하는 단계; 및

[0013] (1b) 가우시안 커널(Gaussian Kernel)을 이용하여 상기 이웃 샘플 점 간의 기울기 변화량에 상기 샘플 점과의 거리에 따른 가중치를 부여하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 바람직하게는,

[0015] 다음 수학식 a에 따라 상기 기울기 변화량을 계산할 수 있다.

[0016] <수학식 a>

$$D(x,y)=\sum_{h=\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}}\sum_{k=\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}\left(H(x,y)-H(x+h,y+k)\right)$$

$$\left(r=\sqrt{h^2+k^2}\right)$$

[0017]

[0018] 여기서, p(x,y)는 샘플 점, H(x,y)는 샘플 점의 높이 값, D(x,y)는 샘플 점 p(x,y)의 기울기 변화량, r은 샘플 점이 위치한 커널 중앙에서 커널의 다른 지점까지의 거리 값으로 가우시안 함수의 인자이며, x와 y는 좌표값, h와 k는 주변 샘플 점까지의 거리 좌표값, m은 평균, σ는 표준편차이다.

[0019] 바람직하게는, 상기 단계 (2)는,

[0020] (2a) 각 샘플 점에 주변 정점을 끌어당기는 힘인 인력 속성을 부여하는 단계; 및

[0021] (2b) 상기 샘플 점에 영향을 미치는 모든 인력의 합으로 상기 샘플 점의 이동 벡터를 계산하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 바람직하게는,

[0023] 상기 단계 (2a)에서, 다음 수학식 b에 따라 상기 인력을 계산하며,

[0024] 상기 단계 (2b)에서, 다음 수학식 c에 따라 상기 인력의 크기를 가중치로 곱하여 평균을 내는 가중평균으로 인력의 합을 계산함으로써 상기 이동 벡터를 계산

[0025] <수학식 b>

[0026] $$g = V \cdot e^{-\frac{x^2}{2(mD/2)^2}}, \ (V = p_d - p_s)$$

[0027] 여기서, g는 인력, p_d는 인력이 발생한 지점, p_s는 p_d의 인력의 영향을 받는 지점, V는 p_s에서 p_d까지의 벡터, m은 인력이 영향을 미치는 최대 범위, D는 p_d의 기울기 변화량, x는 좌표값이다.

[0028] <수학식 c>

[0029] $$G = \frac{1}{S}\sum_{i=0}^{N}|g_i|g$$

[0030] 여기서, G는 샘플 점의 이동 벡터, g는 샘플 점에 영향을 미치는 인력, $S=\Sigma|g_i|$이다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에서 제안하고 있는 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법에 따르면, DEM 데이터 대신 정점 응집맵을 정점 쉐이더로 업로드한 후, 정점 응집맵에 저장된 벡터를 이용하여 정점을 이동시킨 뒤 지형을 가시화함으로써, 지형의 기울기 변화량이 큰 지점으로 주변에 정점들을 응집시켜 기하 오차를 효과적으로 줄일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 순서도.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 단계 S100의 세부 순서도.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 렌더링 결과를 나타내는 도면.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 단계 S200의 세부 순서도.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 이동 벡터를 나타내는 도면.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 실험 결과를 나타내는 도면.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 실험 결과를 나타내는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일 또는 유사한 부호를 사용한다.

[0034] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결' 되어 있다고 할 때, 이는 '직접적으로 연결' 되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 '간접적으로 연결' 되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 '포함' 한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0035] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 순서도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법은, 수치고도모델 데이터(DEM Data)를 필터링하여 각 샘플 점 간의 기울기 변화량을 계산하는 단계(S100), 기울기 변화량을 통해 각 정점들의 이동 벡터를 계산하는 단계(S200), 이동 벡터 및 이동될 지점의 높이 값을 정점 응집맵에 저장하는 단계(S300), 정점 응집맵을 정점 쉐이더로 적재하고 정규격자의 정점들을 이동시켜 지형을 생성하는 단계(S400)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0036] 단계 S100에서는, 수치고도모델 데이터(DEM Data)를 필터링하여 각 샘플 점간의 기울기 변화량을 계산한다. 이때 지형의 각 샘플 점에서 기울기 변화량을 계산하기 위하여 LoG(Laplacian of Gaussian) 필터를 적용할 수 있다. 일반적으로 LoG 필터는 이미지 몽롱화(blurring)를 통해 잡음을 제거하는 가우시안 커널과, 주변 픽셀과의 차이를 이용해 윤곽선을 추출하는 라플라시안 커널로 구성된다. 단계 S100에서는 가우시안 커널과 라플라시안 커널을 구별하여 적용하며, 구체적인 단계는 도 2를 참조하여 더욱 상세하게 설명하도록 한다.

[0037] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 단계 S100의 세부 순서도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 단계 S100은, 라플라시안 커널(Laplacian Kernel)을 이용하여 각 정점별로 이웃 샘플 점간의 기울기 변화량을 계산하는 단계(S110), 가우시안 커널(Gaussian Kernel)을 이용하여 이웃 샘플 점 간의 기울기 변화량에 샘플 점과의 거리에 따른 가중치를 부여하는 단계(S120)를 포함할 수 있다.

[0038] 샘플 점 p(x,y)의 높이 값을 H(x,y)라 할 때, p(x,y)의 기울기 변화량 D(x,y)는 수학식 1과 같다. 계산된 기울기 변화량은 정점 응집맵 생성과정에서 사용하기 위해 정규화한다.

수학식 1

[0039]
$$D(x,y)=\sum_{h=\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}}\sum_{k=\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}\left(H(x,y)-H(x+h,y+k)\right)$$

$$\left(r=\sqrt{h^2+k^2}\right)$$

[0040] 여기서, r은 샘플 점이 위치한 커널 중앙에서 커널의 다른 지점까지의 거리 값으로 가우시안 함수의 인자이며, x와 y는 좌표값, h와 k는 주변 샘플 점까지의 거리 좌표값, m은 평균, σ는 표준편차이다.

[0041] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 렌더링 결과를 나타내는 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법에서 정규화한 기울기 변화량을 지형 색상으로 설정하여 지형을 렌더링 한 결과, 실제 지형의 기울기를 정확히 구현하고 있음을 확인할 수 있다.

[0042] 단계 S200에서는, 기울기 변화량을 통해 각 정점들의 이동 벡터를 계산한다. 이때 정점을 기울기 변화량이 큰 위치로 응집시키기 위해 인력 속성을 사용할 수 있다. 이하 단계 S200에 대하여 도 4를 참조하여 더욱 상세하게 설명하도록 한다.

[0043] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 단계 S200의 세부 순서도이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 단계 S200은, 각 샘플 점에 주변 정점을 끌어당기는 힘인 인력 속성을 부여하는 단계(S210), 샘플 점에 영향을 미치는 모든 인력의 합으로 샘플 점의 이동 벡터를 계산하는 단계(S220)를 포함할 수 있다.

[0044] 단계 S210에서는, 각 샘플 점에 주변 정점을 끌어당기는 힘인 인력 속성을 부여한다. 인력 g의 계산식은 수학식 2와 같다. 수학식 2의 가우시안 함수는, 인력의 작용으로 p_s들이 이동되었을 때 서로 겹치지 않게 하기 위한 거리 가중치를 계산하는데 사용된다.

수학식 2

[0045] $$g = V \cdot e^{-\frac{x^2}{2(mD/2)^2}}, \ (V = p_d - p_s)$$

[0046] 여기서, g는 인력, p_d는 인력이 발생한 지점, p_s는 p_d의 인력의 영향을 받는 지점, V는 p_s에서 p_d까지의 벡터, m은 인력이 영향을 미치는 최대 범위, D는 p_d의 기울기 변화량, x는 좌표값이다.

[0047] D는 정규화된 값으로서, m을 곱하여 D에 따라 인력의 적용범위가 조절되도록 할 수 있다. 가우시안 함수는 표준편차의 2배 이상에서는 0에 근접한 값이 나오므로, 표준편차의 2배 값과 m을 같게 하기 위하여 표준편차를 인력 범위의 1/2로 할 수 있다.

[0048] 단계 S220에서는, 샘플 점에 영향을 미치는 모든 인력의 합으로 샘플 점의 이동 벡터를 계산한다. 정점 응집맵에서 각 샘플 점의 이동 벡터는 샘플 점에 영향을 미치는 모든 인력의 합으로 계산하며, 인력의 합을 계산할 때 인력이 작용하지 않는 기울기 변화량이 0인 지점은 제외하고, 일반적인 힘의 합은 벡터 합으로 계산한다. 그러나 단순 벡터 합의 경우에는 정점 교차문제가 발생할 수 있다. 이에 대하여, 도 5를 참조하여 더욱 상세하게 설명하도록 한다.

[0049] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 이동 벡터를 나타내는 도면이다. 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법에서의 벡터 합은 정점 교차문제가 발생할 수 있으나, 이는 벡터 합의 평균으로 해결할 수 있다. 그러나 벡터 합의 평균은 도 5의 (b)에 도시된 바와 같이 인력이 큰 소수의 지점들의 힘의 크기가 인력이 작은 다수의 지점에 의해 상쇄되어 작아질 수 있으며, 이것은 샘플 점이 인력이 큰 지점으로 적절히 이동함에 따라 기하오차가 줄어들도록 하는 것을 방해한다.

[0050] 따라서 이를 해결하기 위하여, 본 발명의 단계 S220에서는 중요도에 따라 가중치를 곱하여 평균을 내는 가중평균으로 인력의 합을 계산할 수 있다. 인력의 합에서는 각 인력의 크기가 중요도이므로 인력의 크기를 가중치로 하여 가중평균을 낸다. 본 발명의 가중평균 공식은 수학식 3과 같이 표현할 수 있다.

수학식 3

[0051] $$G = \frac{1}{S}\sum_{i=0}^{N}|g_i|g$$

[0052] 여기서, G는 샘플 점의 이동 벡터, g는 샘플 점에 영향을 미치는 인력, $S=\Sigma|g_i|$이다.

[0053] 가중평균은 g의 크기에 비례한 가중치를 사용하기 때문에 인력이 작은 다수의 지점들로 인해 인력이 큰 소수의 지점들의 인력의 크기가 상쇄되지 않는다. 그리고 가중평균도 벡터 합의 평균처럼 벡터의 크기를 평균하기 때문에 정점 교차문제가 발생하지 않는다. 따라서 가중평균을 이용하면 도 5의 (c)와 (d)에 도시된 바와 같이 앞서 언급한 문제점이 모두 해결됨을 알 수 있다.

[0054] 단계 S300에서는, 이동 벡터 및 이동될 지점의 높이 값을 정점 응집맵에 저장한다. 벡터 합의 가중평균으로 계산한 샘플 점의 2차원 이동 벡터를 텍스쳐의 R채널과 G채널에 저장하고, 이동될 지점의 높이 값을 B채널에 저장하면, 정점을 기울기 변화량이 큰 위치로 응집시키는 정점 응집맵이 완성된다. 정점 응집맵은 지형의 고도 값 외에도 샘플 점을 이동시키기 위한 2차원 벡터를 추가로 저장하기 때문에, 단순히 고도 값만 저장한 DEM 데이터에 비해 3배의 기억공간이 필요하다.

[0055] 단계 S400에서는, 정점 응집맵을 정점 쉐이더(Vertex Shader)로 적재하고 정규격자의 정점들을 이동시켜 지형을 생성한다. 이와 같은 과정은, 일반적인 지형 렌더링에서 사용하는 변위매핑방식에서 이동 벡터로 정점을 이동시키는 과정만 추가한 것이기 때문에, 렌더링 과정에서 추가적인 시간이 소요되지 않는다는 장점이 있다.

[0056] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 실험 결과를 나타내는 도면이다. 실험은 AMD PhenomTM II 3.00㎓ CPU와 DDR2 2GB의 주메모리, 1GB의 메모리를 가진 RadeonTM HD5870 그래픽 장치가 장착된 시스템에서 수행되었다. 원본 DEM 데이터는 Grand Canyon 데이터(1025×1025)를 사용하였고, 실험을 위해 원본 DEM 데이터로 밉맵을 생성하고 각 밉맵 단계에 대응하는 정점 응집맵을 생성하였으며, 원본 지형에서 계곡이 위치한 부분을 129×129 해상도로 렌더링하였다. 이번 실험에서는 원본 DEM 데이터로 생성한 지형과, 밉맵과 정점 응집맵으로 생성한 지형의 오차를 계산하고, 계산된 두 맵의 오차를 비교하였으며, 이때 오차는 원본 DEM 데이터로 생성한 지형과 두 맵으로 생성한 지형의 고도 값의 차이로 계산하였다.

[0057] 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 실험 결과에 따르면, 계곡은 기울기 변화량이 크기 때문에 해상도가 낮아지면 많은 기하 오차가 발생한다. 밉맵의 와이어프레임 렌더링 결과를 보면 정규격자 형태로 렌더링 된 것을 볼 수 있으며, 정점 응집맵의 와이어프레임 렌더링 결과를 보면 계곡 주변의 정점들이 기울기 변화량이 큰 계곡에 응집되어 있는 것을 볼 수 있다.

[0058] 밉맵은 고도 값을 렌더링한 결과에서 계곡 부분의 기하 오차가 발생하여 계곡 부분이 중간 중간 끊기는 것을 볼 수 있다. 하지만 정점 응집맵은 정점을 기울기 변화량이 큰 곳으로 응집시키기 때문에, 고도 값을 렌더링한 결과에서 계곡 부분의 기하 오차가 줄어들어 밉맵에 비해 계곡이 끊기는 부분을 대폭 감축하였음을 볼 수 있다.

[0059] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 정점 응집맵을 이용한 지형 데이터 시각화 방법의 실험 결과를 나타내는 도면이다. 도 7은 원본과 깊이맵을 비교하여 나온 오차수치를 텍스쳐로 저장한 오차영상을 비교한 것이며, 도 7에 도시된 바와 같이, 밉맵과 정점 응집맵 모두 해상도가 낮아지면서 점차 오차가 증가하고 있다. 이때 밉맵은 해상도가 낮아지면서 계곡 부분의 오차가 급격히 증가하는 것을 볼 수 있으나, 정점 응집맵은 전체적으로 오차가 밉맵에 비해 적고, 계곡부분의 오차가 주변의 오차와 큰 차이를 보이지 않는 것을 알 수 있다.

[0060] 표 1은 맵맵과 정점 응집맵의 오차 합과 RMSE를 비교한 표이다. 정점 응집맵의 오차 합이 밉맵의 오차 합보다 감소한 것을 볼 수 있으며, RMSE 또한 낮아진 것을 볼 수 있다.

표 1

[표 1] 밉맵과 정점 응집맵의 오차합과 RMSE 비교

해상도	밉맵		정점 응집맵		
	오차합	RMSE	오차합	RMSE	오차합 감소율
513^2	481927	1.64	303309	1.36	0.37
259^2	1145087	2.93	713859	2.14	0.38
129^2	2301938	4.96	1542820	3.75	0.33
65^2	3984449	7.30	2967282	6.13	0.26

[0061]

[0062] 표 2는 렌더링 시간을 비교한 표이다. 밉맵을 사용했을 때와 정점 응집맵을 사용했을 때의 렌더링 시간 차이가 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 이는 본 발명을 사용할 때 최소한의 추가 비용으로 현격한 화질 개선이 가능함을 의미한다.

표 2

[표 2] 밉맵과 정점 응집맵의 렌더링 시간 비교

해상도	렌더링 속도 (fps)		성능비교 (B:A %)
	밉맵(A)	정점 응집맵(B)	
513^2	260	256	98.46
259^2	850	835	98.24
129^2	2138	2113	98.83
65^2	4350	4324	99.40

[0063]

[0064] 이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0065] S100: 수치고도모델 데이터를 필터링하여 각 샘플 점간의 기울기 변화량을 계산하는 단계

S110: 라플라시안 커널을 이용하여 각 정점별로 이웃 샘플 점간의 기울기 변화량을 계산하는 단계; 및

S120: 가우시안 커널을 이용하여 이웃 샘플 점간의 기울기 변화량에 샘플 점과의 거리에 따른 가중치를 부여하는 단계

S200: 기울기 변화량을 통해 각 정점들의 이동 벡터를 계산하는 단계

S210: 각 샘플 점에 주변 정점을 끌어당기는 힘인 인력 속성을 부여하는 단계

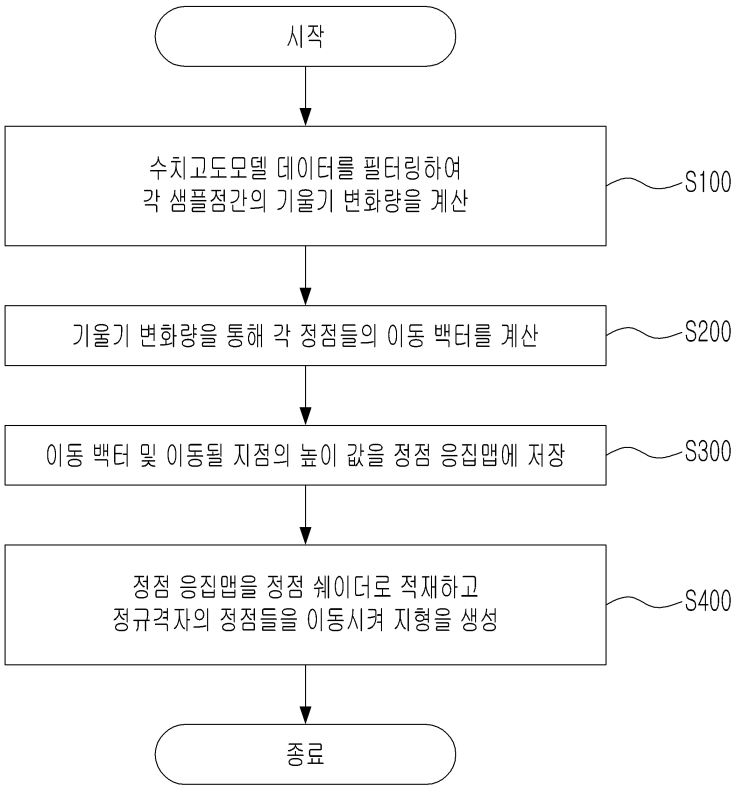
S220: 샘플 점에 영향을 미치는 모든 인력의 합으로 샘플 점의 이동 벡터를 계산하는 단계

S300: 이동 벡터 및 이동될 지점의 높이 값을 정점 응집맵에 저장하는 단계

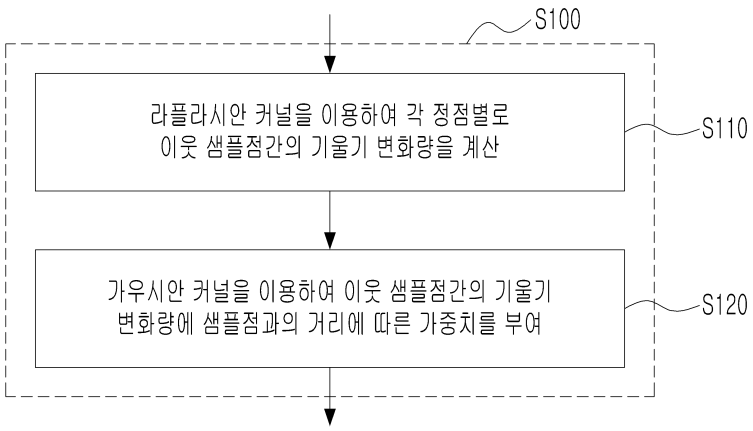
S400: 정점 응집맵을 정점 쉐이더로 적재하고 정규격자의 정점들을 이동시켜 지형을 생성하는 단계

도면

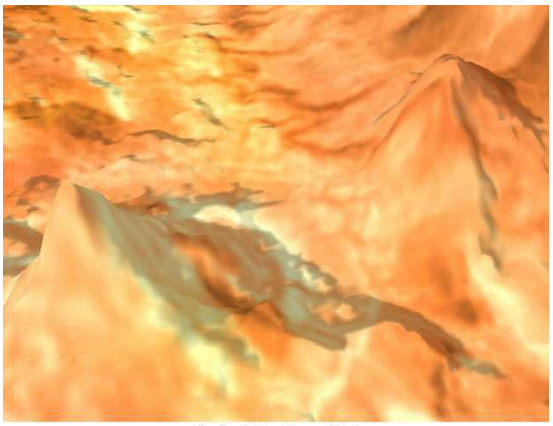
도면1


시작
수치고도모델 데이터를 필터링하여
각 샘플점간의 기울기 변화량을 계산
S100
기울기 변화량을 통해 각 정점들의 이동 백터를 계산
S200
이동 백터 및 이동될 지점의 높이 값을 정점 응집맵에 저장
S300
정점 응집맵을 정점 쉐이더로 적재하고
정규격자의 정점들을 이동시켜 지형을 생성
S400
종료

도면2


S100
라플라시안 커널을 이용하여 각 정점별로
이웃 샘플점간의 기울기 변화량을 계산
S110
가우시안 커널을 이용하여 이웃 샘플점간의 기울기
변화량에 샘플점과의 거리에 따른 가중치를 부여
S120

도면3

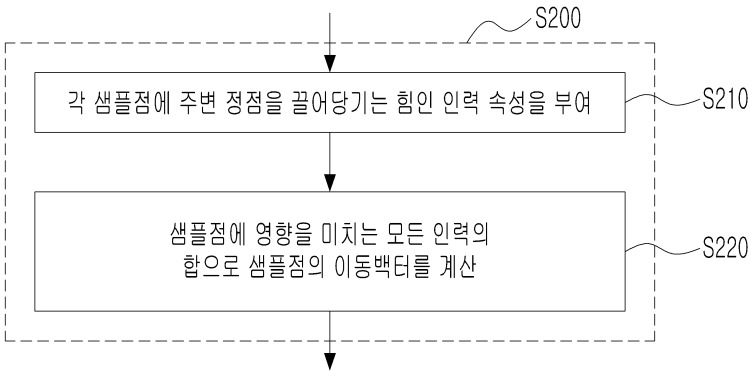


(a) 실제 지형

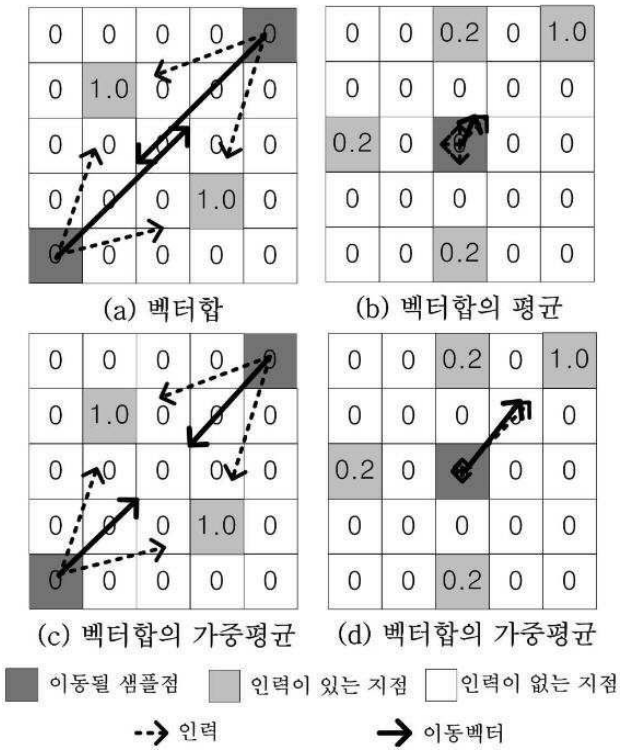


(b) 기울기 변화량

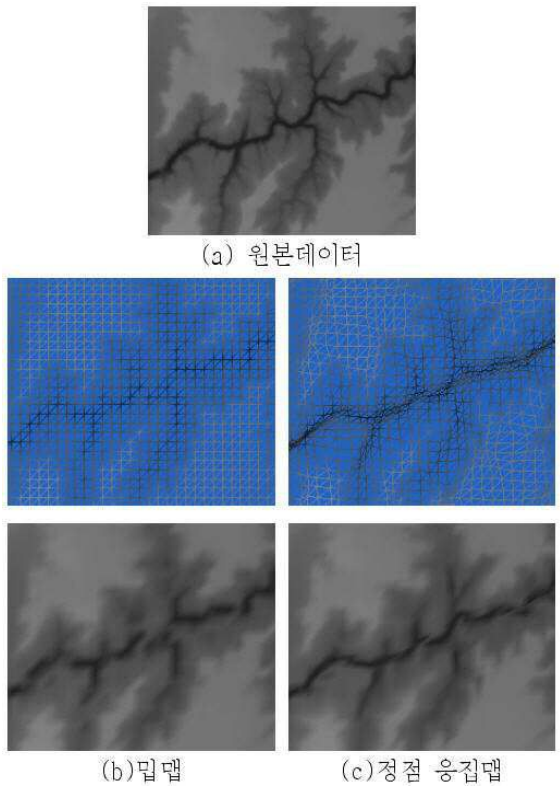
도면4



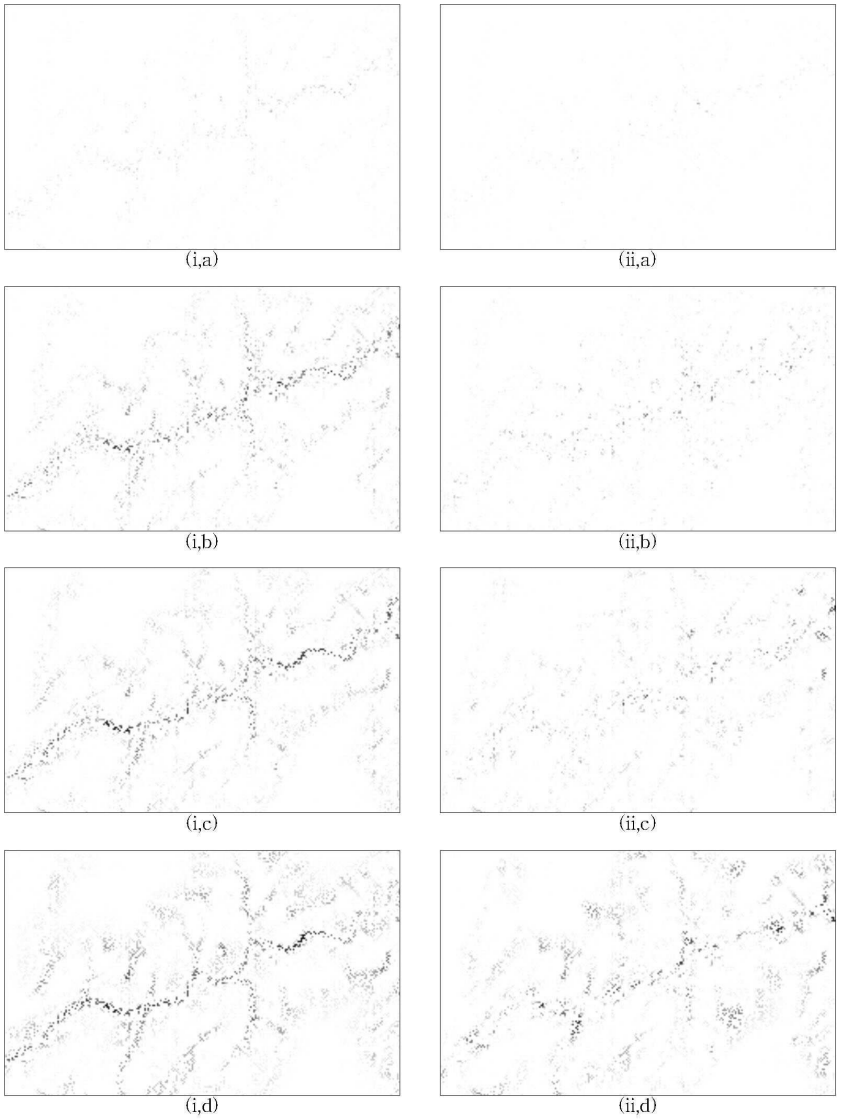
도면5


(a) 벡터합
(b) 벡터합의 평균
(c) 벡터합의 가중평균
(d) 벡터합의 가중평균
이동될 샘플점
인력이 있는 지점
인력이 없는 지점
인력
이동벡터

도면6


(a) 원본데이터
(b)밉맵
(c)정점 응집맵

도면7



(i)딥맵, (ii)정점 편향맵의 오차맵 비교, (a)(b)(c)(d)는 해상도 513^2, 257^2, 129^2, 65^2