



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0130925
(43) 공개일자 2022년09월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 17/05 (2011.01) G06T 15/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G06T 17/05 (2013.01)
G06T 15/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0035776
(22) 출원일자 2021년03월19일
심사청구일자 2021년03월19일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대 학교)
(72) 발명자
신병석
서울특별시 서초구
성수경
인천광역시 미추홀구 인하로 115-11, 가온빌 405호(용현동)
이은석
서울특별시 서초구 서초중앙로 200, 22동 201호(서초동, 삼풍아파트)
(74) 대리인
양정보

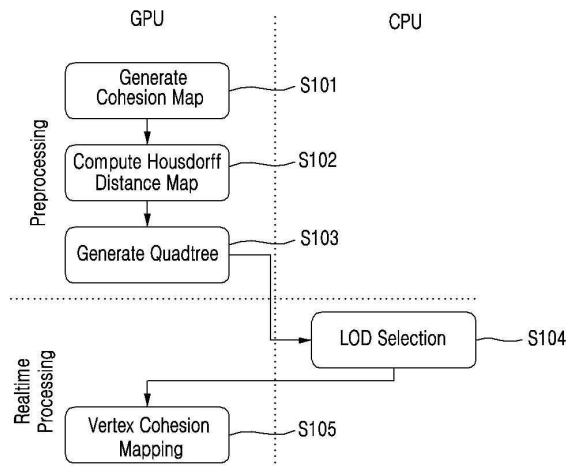
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 계층적 정점 응집 맵을 이용한 실시간 지형 모델링 및 렌더링 방법

(57) 요약

계층적 정점 응집 맵을 이용한 실시간 지형 모델링 및 렌더링 방법이 개시된다. 지형 렌더링 방법은, 계층 구조의 정점 응집 맵(vertex cohesion map)을 이용하여 지형 렌더링을 수행하는 것으로, 지형 데이터의 기하학적 오차를 계산하는 단계; 및 상기 기하학적 오차를 기초로 LOD(level of detail)를 판단하여 정점 응집 매핑(vertex cohesion mapping)을 수행하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711099481
과제번호	2017M3C8A8091768
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기초 . 원천기술 개발사업
연구과제명	[Ezbaro] 디지털 컴패니언 기반의 고령자 모니터링 및 대응 소프트웨어 기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2019.09.20 ~ 2020.07.19

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711117099
과제번호	64218-1
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	방송통신산업기술개발사업
연구과제명	[Ezbaro] VR · AR 콘텐츠 제어를 위한 다형성 햅틱컨트롤러 (2차년도)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	한국기술교육대학교
연구기간	2021.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

컴퓨터 시스템에 의해 구현되는 그래픽 처리 시스템에서 수행되는 지형 렌더링 방법에 있어서,

계층 구조의 정점 응집 맵(vertex cohesion map)을 이용하여 지형 렌더링을 수행하는 것으로,

지형 데이터의 기하학적 오차를 계산하는 단계; 및

상기 기하학적 오차를 기초로 LOD(level of detail)를 판단하여 정점 응집 매핑(vertex cohesion mapping)을 수행하는 단계

를 포함하는 지형 렌더링 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 계산하는 단계는,

원본 데이터와 수정된 데이터 간의 최대 거리 차이를 나타내는 하우스도르프 거리(Hausdorff distance)를 상기 기하학적 오차로 계산하는 것

을 특징으로 하는 지형 렌더링 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 계산하는 단계는,

지형을 나눈 청크 단위로 상기 기하학적 오차를 계산하고,

상기 수행하는 단계는,

상기 청크 단위의 상기 기하학적 오차를 기반으로 상기 LOD를 판단하는 것

을 특징으로 하는 지형 렌더링 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 수행하는 단계는,

상기 기하학적 오차를 기반으로 쿼드 트리(quad tree)를 생성하고,

상기 쿼드 트리를 탐색하여 세부 레벨의 정점 응집 맵을 선택하는 작업을 지형 렌더링과 동시에 수행하는 것

을 특징으로 하는 지형 렌더링 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 수행하는 단계는,

상기 쿼드 트리에서 상기 기하학적 오차가 부모 노드보다 큰 자식 노드의 경우 널(null)로 지정하여 상기 부모 노드의 정점 응집 맵을 사용하도록 하는 것

을 특징으로 하는 지형 렌더링 방법.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 수행하는 단계는,

이웃 노드의 세부 레벨에 기초하여 지형 간 크랙(crack)을 제거하기 위한 패치(patch)를 생성하는 것을 특징으로 하는 지형 렌더링 방법.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 수행하는 단계는,

현재 렌더링을 위한 커맨드(command)에 대한 정보를 상기 커맨드를 생성한 정점 응집 맵에 대한 인덱스가 저장된 노드 목록인 쿼트 트리 파서(parser)에 저장하는 것

을 특징으로 하는 지형 렌더링 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래의 설명은 지형 렌더링 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 지형 렌더링(terrain rendering)은 지리 정보 시스템(Geographic Information System; GIS), 비행 시뮬레이션, 대화식 컴퓨터 게임 등과 같은 다양한 분야에서 이용되고 있다.

[0003] 지형 렌더링을 위한 방법으로 삼각형 메쉬나 다른 다각형 모델들이 흔히 사용되고 있다.

[0004] 지형 렌더링에 필요한 지리 정보 데이터의 크기는 적게는 수백 GB에서 수십 TB까지 그 용량의 크기가 매우 크기 때문에, 이를 실시간에 렌더링하기 위해서는 사용자의 시점과 표면의 굴곡 등을 고려하여 메쉬를 간략화하여 렌더링할 수 있는 기법들이 필요하다.

[0005] 예컨대, 한국등록특허 제10-0726031호(등록일 2007년 05월 31일)에는 큐브 메쉬 구조(cube mesh structure)를 이용하여 지형을 렌더링하는 기술이 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 계층적 정점 응집 맵(hierarchical vertex coherence map)을 활용하여 균일한 샘플링 데이터로 인해 나타나는 부정확한 렌더링 결과물을 수정하고 하우스도르프 거리(Hausdorff distance)를 사용하여 기하학적 오차를 보완할 수 있는 지형 렌더링 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 컴퓨터 시스템에 의해 구현되는 그래픽 처리 시스템에서 수행되는 지형 렌더링 방법에 있어서, 계층 구조의 정점 응집 맵(vertex cohesion map)을 이용하여 지형 렌더링을 수행하는 것으로, 지형 데이터의 기하학적 오차를 계산하는 단계; 및 상기 기하학적 오차를 기초로 LOD(level of detail)를 판단하여 정점 응집 매핑(vertex cohesion mapping)을 수행하는 단계를 포함하는 지형 렌더링 방법을 제공한다.

[0008] 일 측면에 따르면, 상기 계산하는 단계는, 원본 데이터와 수정된 데이터 간의 최대 거리 차이를 나타내는 하우스도르프 거리(Hausdorff distance)를 상기 기하학적 오차로 계산할 수 있다.

[0009] 다른 측면에 따르면, 상기 계산하는 단계는, 지형을 나눈 청크 단위로 상기 기하학적 오차를 계산하고, 상기 수행하는 단계는, 상기 청크 단위의 상기 기하학적 오차를 기반으로 상기 LOD를 판단할 수 있다.

- [0010] 또 다른 측면에 따르면, 상기 수행하는 단계는, 상기 기하학적 오차를 기반으로 쿼드 트리(quad tree)를 생성하고, 상기 쿼드 트리를 탐색하여 세부 레벨의 정점 응집 맵을 선택하는 작업을 지형 렌더링과 동시에 수행할 수 있다.
- [0011] 또 다른 측면에 따르면, 상기 수행하는 단계는, 상기 쿼드 트리에서 상기 기하학적 오차가 부모 노드보다 큰 자식 노드의 경우 널(null)로 지정하여 상기 부모 노드의 정점 응집 맵을 사용하도록 할 수 있다.
- [0012] 또 다른 측면에 따르면, 상기 수행하는 단계는, 이웃 노드의 세부 레벨에 기초하여 지형 간 크랙(crack)을 제거하기 위한 패치(patch)를 생성할 수 있다.
- [0013] 또 다른 측면에 따르면, 상기 수행하는 단계는, 현재 렌더링을 위한 커맨드(command)에 대한 정보를 상기 커맨드를 생성한 정점 응집 맵에 대한 인덱스가 저장된 노드 목록인 쿼드 트리 파서(parser)에 저장할 수 있다.

발명의 효과

- [0014] 본 발명의 실시예에 따르면, 계층적 정점 응집 맵을 활용하여 균일한 샘플링 데이터로 인해 나타나는 부정확한 렌더링 결과물을 수정하고 하우스도르프 거리를 사용하여 기하학적 오차를 보완할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 실시예에 따르면, 지형의 고도 차이뿐만 아니라 전처리(pre-processing) 단계를 활용하여 GPU 상에서 실시간으로 지형 시뮬레이션이 가능하고, 그 결과 넓은 지형에 대한 경사면을 실시간으로 정확히 판단할 수 있어 효율적인 계류 보전 시설 설치가 가능하다.
- [0016] 본 발명의 실시예에 따르면, 토석물에 의한 계류 보전 시설의 파손 여부를 지속적으로 확인할 수 있어 유지 보수면에서도 활용 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서 지형 렌더링을 위한 정점 응집 매핑 과정을 도시한 것이다.
- 도 2와 도 3은 지형의 표면 거칠기에 대한 부정확한 추정 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4와 도 5는 지형 높이 샘플링을 통해 지형을 재구성하는 과정을 설명하기 위한 예시 도면이다.
- 도 6은 정점 응집 벡터와 관련하여 정점 간 탄성력을 설명하기 위한 예시 도면이다.
- 도 7은 기하학적 오차를 보완하기 위한 하우스도르프 거리 계산 과정을 설명하기 위한 예시 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 장치의 예를 도시한 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0019] 본 발명의 실시예들은 계층적 정점 응집 맵을 이용한 실시간 지형 모델링 및 렌더링 방법에 관한 것이다.
- [0020] 본 실시예에서는 정규 격자 기반 렌더링 기법을 보완하기 위해 계층 구조로 정점 재배치 응집 맵(vertex relocated coherence map)을 관리하여 효율적인 LOD(level of detail)를 위한 방법을 제안한다.
- [0021] 특히, 뒤뜰된 지형의 정확성을 위해 하우스도르프 거리에서 기하학적 오차를 측정한다. 기하학적 오차 값은 청크 단위로 측정되며 청크를 기반으로 LOD를 판단하여 지형을 렌더링한다. 오차 계산을 개선하기 위해 지형의 높이 차이만 고려하는 기존의 정규 격자 대신 하우스도르프 거리를 사용한다.
- [0022] 또한, GPU는 병렬 처리를 전문으로 하며 전처리 단계를 실행한다. 정점 응집 맵을 이용한 렌더링 방법은 BDAM(basic direct access method)과 같은 다른 원형 메쉬(circular mesh)를 기반으로 하는 방법보다 빠르게 연산할 수 있으며, 지형 수정과 업데이트가 잦은 지도 애플리케이션에 효과적으로 사용될 수 있다.
- [0023] 정점 응집 맵을 이용한 실시간 지형 시뮬레이션 과정을 설명하면 다음과 같다.
- [0024] 정점 응집 맵을 사용한 지형 모델링 및 렌더링이 기존 지형 메시 재구성 방법보다 빠르고 정확하다. 단, 정확한 스크린 에러(screen error)에 기반한 LOD 생성 및 선택은 불가능하다.
- [0025] 본 실시예에서는 하우스도르프 거리를 사용하여 LOD 관련 문제를 해결한다. 하우스도르프 거리는 원본 데이터와 수정된 데이터 간의 최대 거리 차이를 나타낸다. 따라서, 특정 영역의 지형 데이터가 정점 응집 맵으로 변환될

때, 원본 데이터의 최대 기하학적 오차를 정확하게 도출할 수 있다. 하우스도르프 거리를 기하학적 오차 매트릭스로 사용한 정점 응집 맵은 기하학적 오차를 사용하여 LOD 선택을 수행한 기존 방법에 적용될 수 있다.

- [0026] 도 1은 본 발명의 일실시예에 있어서 정점 응집 매핑 과정을 도시한 것이다.
- [0027] 도 1은 CPU와 GPU에서 공동으로 처리되는 절차로서 지형 렌더링을 위한 정점 응집 매핑 과정을 나타낸 것이다.
- [0028] GPU는 응집 맵 생성 과정(S101), 하우스도르프 거리 맵 산출 과정(S102), 및 쿼드 트리(quad tree) 생성 과정(S103)을 포함하는 전처리 단계를 수행한다.
- [0029] LOD 선택(selection) 단계(S104)는 GPU에서 정점 응집 매핑을 통한 렌더링 프로세스(S105)가 수행되는 동안 CPU에서 비동기식(asynchronous)으로 처리된다.
- [0030] 재구성된 지형 청크의 기하학적 오차인 하우스도르프 거리는 전처리 단계에서 GPU를 사용하여 계산된다. 본 실시예에서는 청크의 기하학적 오차를 기반으로 LOD 기술을 영역에 적용할 수 있도록 지형 LOD에서 사용되는 대표적인 데이터 구조인 쿼드 트리를 만든다.
- [0031] 정점 응집 맵의 진행 과정
- [0032] 단순화된 일반 지형 메시는 높이 필드(height field) 데이터에서 정점 변위에 의한 지형을 나타낸다. 표면 거칠기는 기하학적 오차의 빈도에 비례한다. 일반적으로, 라플라시안 연산자를 사용하여 표면 거칠기를 추정할 수 있다. 그러나, 라플라시안 연산자를 사용할 때는 작은 폭이 산보다 거칠기가 더 클 수 있다.
- [0033] 도 2와 도 3은 표면 거칠기의 부정확한 추정 예시를 설명하기 위한 것으로, 도 2는 평탄한 표면 예시를 도시한 것이고, 도 3은 거친 표면 예시를 도시한 것이다.
- [0034] θ_a 가 θ_b 보다 작기 때문에 정점(201, 301)의 각 위치에서 표면 거칠기를 추정하면 도 2의 지형은 도 3의 지형보다 더 큰 표면 거칠기를 가질 수 있다. 그러나, 기하 오차 δ_b 는 δ_a 보다 크다.
- [0035] 거칠기를 보다 정확하게 추정하기 위해 노이즈 감소 분야(noise reduction field)에서 널리 사용되고 있는 방법인 가우시안 스무딩(Gaussian smoothing)을 적용한다. 가우시안 스무딩은 거리 기반 가중치(weight)를 가진 범프 데이터(bump data)에 대한 라플라시안 연산자 문제를 효율적으로 해결한다. 라플라시안보다 먼저 가우시안 스무딩의 변환을 통해 수학적 1과 같이 LoG를 얻을 수 있다.

수학식 1

- [0036] $LoG(x,y)=-1/\pi\sigma^4[1-(x^2+y^2/2\sigma^2)]e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}$
- [0037] 도 4는 정규 격자를 활용한 지형 높이 샘플링(height sampling) 예시를 도시한 것이고, 도 5는 정점 응집 매핑을 활용한 지형 높이 샘플링 예시를 도시한 것이다.
- [0038] 도 4는 정규 격자를 활용한 지형 높이 샘플링(height sampling) 예시를 도시한 것이고, 도 5는 정점 응집 매핑을 활용한 지형 높이 샘플링 예시를 도시한 것이다.
- [0039] 도 4의 정규 격자를 사용하는 것과는 달리, 본 실시예들은 도 5에 도시한 바와 같이 정점 응집 매핑을 사용하여 지형을 재구성할 수 있다. 정점 응집 벡터는 정점 응집 맵에 저장된다. 정점 응집 벡터는 하우스도르프 거리를 나타내는 위치로 정점을 이동시킨다. 봉우리와 계곡이 대표적인 예가 될 수 있다. 이러한 점은 기하학적인 포핑(geo-popping)에서 발생할 수 있다.
- [0040] 정점 응집 데이터에서 응집 벡터는 정점 사이의 탄성력과 관련된 공동 응집 벡터의 합으로 결정된다. 탄성력은 정점이 초기 거리보다 가깝거나 멀 때 서로 밀거나 당기는 원인이 된다.
- [0041] 수학식 2의 방정식은 후크의 탄성 법칙을 설명하는 것으로, 일반적으로 탄성력에 대해 사용되는 근사치다.

수학식 2

$$F_e = -k^*(l' - l)$$

[0042]

여기서, l 은 정점 사이의 스프링의 초기 길이이고, l' 은 변형된 지형 메시의 스프링 길이이며, k 는 탄성 계수이다.

[0043]

도 6은 중심 T 를 이용한 탄성력을 설명하기 위한 것으로, 정점 A, B, C, D 로 이루어진 사각형 면적의 변화가 클수록 중심 T 는 정점 P 를 당긴다.

[0044]

정점 A, B, C, D, P 는 정규 그리드의 정점이며, T 는 사변 $\square ABCD$ 의 중심이다. 지형 패치의 무게 균형을 맞추는 이상적인 위치에 중심점을 사용한다. N-Polygon의 중심 T 를 찾는 것은 수학식 3 및 4와 같이 표현될 수 있다.

[0045]

수학식 3

$$T_x = \sum^{N-1} (x_i + y_i)(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i) / 6S$$

[0046]

수학식 4

$$T_y = \sum^{N-1} (y_i + x_i)(y_i x_{i+1} - y_{i+1} x_i) / 6S$$

[0047]

여기서, S 는 N-Polygon의 영역이다. 헤론의 공식을 이용해서 영역 S 를 계산한다.

[0048]

탄성력이 도 6과 같이 중심 T 가 정점 P 를 사변 $\square ABCD$ 의 중심 쪽으로 당긴다고 가정한다.

[0049]

본 발명에서 탄성 벡터 V_e 는 수학식 5와 같이 공식화된다.

[0050]

수학식 5

$$V_e = K' P T$$

[0051]

여기서, K 는 탄성의 적응 계수이다.

[0052]

K 의 값을 고치기 위한 합리적인 방법을 결정하는 것은 매우 어렵다. K 가 너무 작으면 응집 벡터가 너무 커서 기하학적으로 겹치거나 비틀릴 수 있다. 반면, K 값이 크면 탄력이 강해진다. 이 경우 정점이 고정되고 변형이 방해될 수 있다.

[0053]

수학식 6

$$\text{if } a < \tau_{low} \text{ or } a > \tau_{up} \text{ then } k = 1$$

[0054]

수학식 7

$$\text{else if } \tau_{low} \leq a < 1 \text{ then } k = (1 - a) / (1 - \tau_{low})$$

[0055]

수학식 8

$else \text{ if } 1 \leq a \leq \tau_{up} \text{ then } k = a / \tau_{up}$

[0056]

여기서, a 는 사변 $\square ABCD$ 에 대한 정규 quad(입력 데이터)의 비율이다. 또한, τ_{low} 및 τ_{up} 은 사용자가 정의한 임계값이다.

[0057]

사변 $\square ABCD$ 의 면적이 커지거나 작아지면 T 와 P 사이의 탄성력이 강해진다. 따라서, 인접 정점이 너무 변형된 경우 강한 탄성력이 P 를 중심 쪽으로 당긴다. 그렇지 않으면 탄력이 약해진다.

[0058]

이러한 힘의 균형을 맞추기 위해 본 실시예에서는 정점 응집 맵과 원래 지형 데이터 사이의 해상도 비율을 사용한다.

[0059]

일반적으로 원래 데이터인 높이 필드는 해상도가 높아질수록 더 정확하게 측정된다. 그러나, 정점 응집 맵의 경우 원래 데이터는 다중 해상도로 감소한다.

[0060]

따라서, 정점 응집 맵과 원래 지형 데이터 사이의 해상도 비율은 각 LOD에 따라 달라진다. 예를 들어, 1/4 크기의 정점 응집 맵의 경우 수평 및 수직으로 1/2배로 감소한다. 정점의 최대 이동량을 계산할 때는 τ_{low} 를 1/2로, τ_{up} 을 2로 설정하는 것이 적절하다. 1/64의 경우 64는 2^8 이므로, τ_{low} 를 1/8로, τ_{up} 을 8로 설정하는 것이 적절하다. 면적이 줄어들수록 정점의 움직임이 크게 설정된다.

[0061]

본 실시예에서는 각 해상도에 대해 τ 를 다르게 설정하여 정점 응집 맵을 생성한다. 따라서, 수학식 9와 마찬가지로, 끌어당김과 탄성력의 합계를 통해 응집 벡터 V 를 계산한다.

[0062]

수학식 9

$V = V_e + \sum A_n$

[0063]

도 7은 본 발명의 일 실시예에 있어서 하우스도르프 거리를 계산하는 과정을 설명하기 위한 예시 도면이다.

[0064]

도 7을 참조하면, 본 실시예에서는 표면 법선(surface normal)에서 원래 데이터까지의 최대 거리를 측정할 수 있다. 표면 법선(702)부터 원본 데이터(701)까지의 최대 거리를 측정하는 하우스도르프 거리를 사용하여 지형의 LOD를 수행한다. 일반적으로 지형은 쿼드 트리로 영역을 세분(subdivide)하여 관리할 수 있다. 이 영역에서 정점 응집 맵의 세부 레벨(detail level) 별로 트리의 깊이(depth)를 구성한다. 각 노드는 화면 공간 상에서 최대 오차값을 계산할 수 있도록 해당 세부 레벨에서 얼마만큼의 하우스도르프 거리를 갖는지 확인 후 저장한다.

[0065]

정점 응집 맵을 활용한 지형 재구성

[0066]

GPU와 CPU를 동시에 효율적으로 사용하여 렌더링 효율을 향상시키는 방법에 대해 설명한다.

[0067]

일반적으로 쿼드 트리는 최근 GPU에서 탐색하여 지형을 재구성한다. 하지만, 여러 청크로 나누어 렌더링을 분산시킬 경우 청크마다 그리는 GPU 커맨드를 만드는 CPU 단위의 일과 해당 커맨드들이 GPU로 전달되어 렌더링 작업을 수행하는 GPU의 작업이 있다.

[0068]

각각의 작업은 동시에 처리가 가능하다. 일반적으로 3D 어플리케이션에서는 GPU가 비동기식으로 동작하기 때문에 CPU에서는 쿼드 트리를 탐색하며 적절한 세부 레벨의 정점 응집 맵을 선택하는 작업을 렌더링 작업과 동시에 수행할 수 있도록 한다.

[0069]

쿼드 트리 순회(Quad tree traversal) 과정에서 병목이 생기면 안되기 때문에 처리해야 할 연산이 많은 경우, 화면 공간 상의 오차 계산과 같은 행렬이나 기하 연산들과 같이 병렬화할 수 있는 연산은 컴퓨터 셰이더(compute shader)를 통해 수행할 수 있도록 별도의 GPU 단계(pass)를 설계한다.

[0070]

정점 응집 맵은 세부 레벨이 작아진다 하더라도 기하오차가 많이 줄어들지 않는다. 때에 따라서는 기하 오차가 늘어나는 경우 또한 존재한다. 이러한 경우에 본 실시예에서는 더 작은 정점 응집 맵으로 렌더링한 경우가 그렇

[0071]

지 않은 경우보다 기하 오차가 더 적을 수 있다.

- [0072] 따라서, 쿼드 트리에 기하 오차가 더 작은 정점 응집 맵을 가리키는 부모 노드보다 더 큰 자식은 널(null)로 지정하여 부모 정점 응집 맵을 강제로 사용하도록 한다. 이는 동일 오차를 보장하는 영상에서 렌더링 속도를 향상시켜 최적의 렌더링 성능을 보일 수 있도록 해준다.
- [0073] 인접한 지형의 세부 레벨이 다를 경우 지형은 T-정점으로 인한 크랙이 발생한다. 따라서 이웃 노드의 세부 레벨을 알고 있어야 한다. 세부 레벨 차이는 더 세부적인 청크에서 이웃 노드의 세부 레벨과 맞추어 크랙을 메워주는 기하학적 패치(geometric patch)를 통해 T-정점을 제거할 수 있도록 패치를 생성하는 단계를 준비한다.
- [0074] CPU는 항상 현재 그릴 커맨드들에 대한 정보를 쿼드 트리 파서(quad tree parser)에 저장한다. 쿼드 트리 파서는 현재 커맨드를 생성한 정점 응집 맵에 대한 인덱스가 저장된 쿼드 트리의 노드를 저장한 목록이다. 이 목록은 카메라 이동이 없을 경우 바로 커맨드 버퍼(command buffer)에 커맨드를 채울 수 있게 해준다.
- [0075] 뿐만 아니라, 쿼드 트리를 루트 노드부터 탐색해 내려갈 필요 없이 바로 이전 프레임에서 선택된 노드 정보에서 LOD 선택 작업을 바로 수행할 수 있기 때문에 연산량도 크게 줄일 수 있다. 이러한 최적화는 CPU의 LOD 선택 작업이 렌더링보다 빠르게 처리를 해야 하기 때문에 매우 중요하다.
- [0076] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 컴퓨터 장치의 예를 도시한 블록도이다.
- [0077] 본 발명에 따른 지형 렌더링 방법은 대용량 지형 데이터를 렌더링하는 그래픽 처리 시스템에 적용될 수 있으며, 이때 그래픽 처리 시스템은 도 8을 통해 도시된 컴퓨터 시스템(800)에 의해 구현될 수 있다.
- [0078] 도 8에 도시된 바와 같이 컴퓨터 시스템(800)은 본 발명의 실시예들에 따른 삭제 객체 추천 방법을 실행하기 위한 구성요소로서, 메모리(810), 프로세서(820), 통신 인터페이스(830) 그리고 입출력 인터페이스(840)를 포함할 수 있다.
- [0079] 메모리(810)는 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로서, RAM(random access memory), ROM(read only memory) 및 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 여기서 ROM과 디스크 드라이브와 같은 비소멸성 대용량 기록장치는 메모리(810)와는 구분되는 별도의 영구 저장 장치로서 컴퓨터 시스템(800)에 포함될 수도 있다. 또한, 메모리(810)에는 운영체제와 적어도 하나의 프로그램 코드가 저장될 수 있다. 이러한 소프트웨어 구성요소들은 메모리(810)와는 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로부터 메모리(810)로 로딩될 수 있다. 이러한 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체는 플로피 드라이브, 디스크, 테이프, DVD/CD-ROM 드라이브, 메모리 카드 등의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서 소프트웨어 구성요소들은 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체가 아닌 통신 인터페이스(830)를 통해 메모리(810)에 로딩될 수도 있다. 예를 들어, 소프트웨어 구성요소들은 네트워크(860)를 통해 수신되는 파일들에 의해 설치되는 컴퓨터 프로그램에 기반하여 컴퓨터 시스템(800)의 메모리(810)에 로딩될 수 있다.
- [0080] 프로세서(820)는 기본적인 산술, 로직 및 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(810) 또는 통신 인터페이스(830)에 의해 프로세서(820)로 제공될 수 있다. 예를 들어 프로세서(820)는 메모리(810)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 수신되는 명령을 실행하도록 구성될 수 있다.
- [0081] 통신 인터페이스(830)는 네트워크(860)를 통해 컴퓨터 시스템(800)이 다른 장치와 서로 통신하기 위한 기능을 제공할 수 있다. 일례로, 컴퓨터 시스템(800)의 프로세서(820)가 메모리(810)와 같은 기록 장치에 저장된 프로그램 코드에 따라 생성한 요청이나 명령, 데이터, 파일 등이 통신 인터페이스(830)의 제어에 따라 네트워크(860)를 통해 다른 장치들로 전달될 수 있다. 역으로, 다른 장치로부터의 신호나 명령, 데이터, 파일 등이 네트워크(860)를 거쳐 컴퓨터 시스템(800)의 통신 인터페이스(830)를 통해 컴퓨터 시스템(800)으로 수신될 수 있다. 통신 인터페이스(830)를 통해 수신된 신호나 명령, 데이터 등은 프로세서(820)나 메모리(810)로 전달될 수 있고, 파일 등은 컴퓨터 시스템(800)이 더 포함할 수 있는 저장 매체(상술한 영구 저장 장치)로 저장될 수 있다.
- [0082] 통신 방식은 제한되지 않으며, 네트워크(860)가 포함할 수 있는 통신망(일례로, 이동통신망, 유선 인터넷, 무선 인터넷, 방송망)을 활용하는 통신 방식뿐만 아니라 기기들간의 근거리 유선/무선 통신 역시 포함될 수 있다. 예를 들어, 네트워크(860)는, PAN(personal area network), LAN(local area network), CAN(campus area network), MAN(metropolitan area network), WAN(wide area network), BBN(broadband network), 인터넷 등의 네트워크 중 하나 이상의 임의의 네트워크를 포함할 수 있다. 또한, 네트워크(860)는 버스 네트워크, 스타 네

트위크, 링 네트워크, 메쉬 네트워크, 스타-버스 네트워크, 트리 또는 계층적(hierarchical) 네트워크 등을 포함하는 네트워크 토폴로지 중 임의의 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0083] 입출력 인터페이스(840)는 입출력 장치(850)와의 인터페이스를 위한 수단일 수 있다. 예를 들어, 입력 장치는 마이크, 키보드, 카메라 또는 마우스 등의 장치를, 그리고 출력 장치는 디스플레이, 스피커와 같은 장치를 포함할 수 있다. 다른 예로 입출력 인터페이스(840)는 터치스크린과 같이 입력과 출력을 위한 기능이 하나로 통합된 장치와의 인터페이스를 위한 수단일 수도 있다. 입출력 장치(850)는 컴퓨터 시스템(800)과 하나의 장치로 구성될 수도 있다.

[0084] 또한, 다른 실시예들에서 컴퓨터 시스템(800)은 도 8의 구성요소들보다 더 적은 혹은 더 많은 구성요소들을 포함할 수도 있다. 그러나, 대부분의 종래기술적 구성요소들을 명확하게 도시할 필요성은 없다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템(800)은 상술한 입출력 장치(850) 중 적어도 일부를 포함하도록 구현되거나 또는 트랜시버(transceiver), 카메라, 각종 센서, 데이터베이스 등과 같은 다른 구성요소들을 더 포함할 수도 있다.

[0085] 이처럼 본 발명의 실시예들에 따르면, 계층적 정점 응집 맵을 활용하여 균일한 샘플링 데이터로 인해 나타나는 부정확한 렌더링 결과물을 수정하고 하우스도르프 거리를 사용하여 기하학적 오차를 보완할 수 있다. 또한, 지형의 고도 차이뿐만 아니라 전처리 단계를 활용하여 GPU 상에서 실시간으로 지형 시뮬레이션이 가능하고, 그 결과 넓은 지형에 대한 경사면을 실시간으로 정확히 판단할 수 있어 효율적인 계류 보전 시설 설치가 가능하다. 또한, 토석물에 의한 계류 보전 시설의 파손 여부를 지속적으로 확인할 수 있어 유지 보수면에서도 활용 가능하다.

[0086] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 프로세서, 컨트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 어플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0087] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0088] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 이때, 매체는 컴퓨터로 실행 가능한 프로그램을 계속 저장하거나, 실행 또는 다운로드를 위해 임시 저장하는 것일 수도 있다. 또한, 매체는 단일 또는 수 개의 하드웨어가 결합된 형태의 다양한 기록수단 또는 저장수단일 수 있는데, 어떤 컴퓨터 시스템에 직접 접속되는 매체에 한정되지 않고, 네트워크 상에 분산 존재하는 것일 수도 있다. 매체의 예시로는, 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD-ROM 및 DVD와 같은 광기록 매체, 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical medium), 및 ROM, RAM, 플래시 메모리 등을 포함하여 프로그램 명령어가 저장되도록 구성된 것이 있을 수 있다. 또한, 다른 매체의 예시로, 어플리케이션을 유통하는 앱 스토어나 기타 다양한 소프트웨어를 공급 내지 유통하는 사이트, 서버 등에서 관리하는 기록매체 내지 저장매체도 들 수 있다.

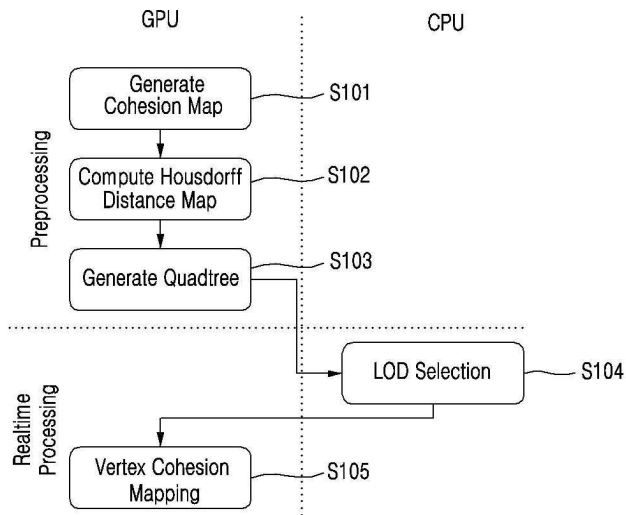
[0089] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태

로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

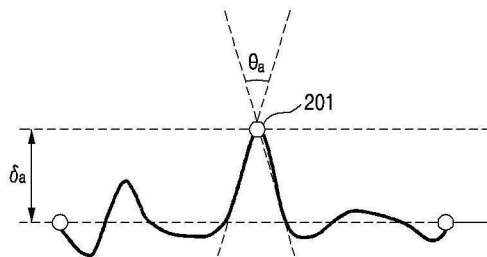
[0090] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

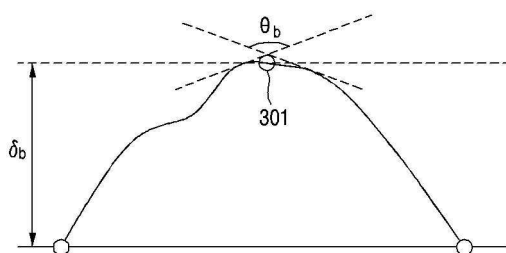
도면1



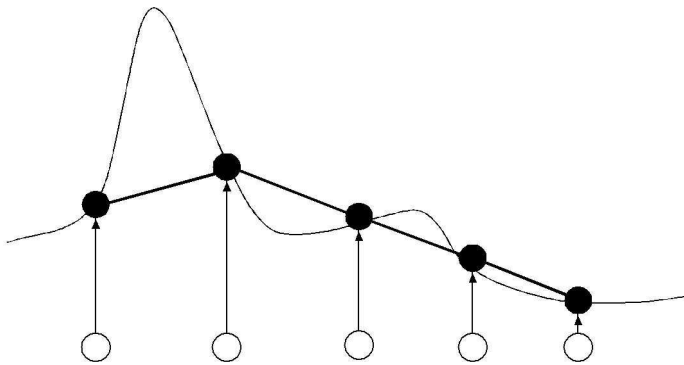
도면2



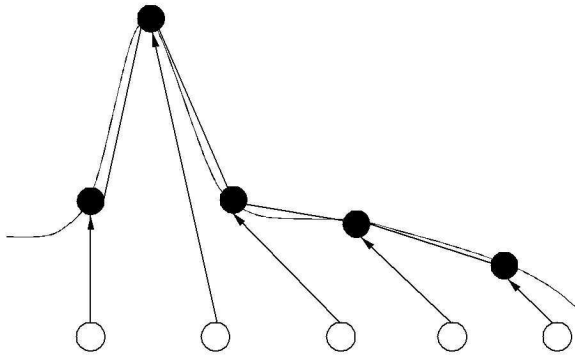
도면3



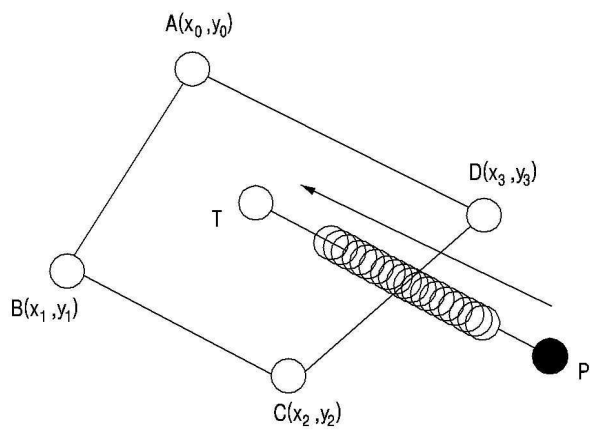
도면4



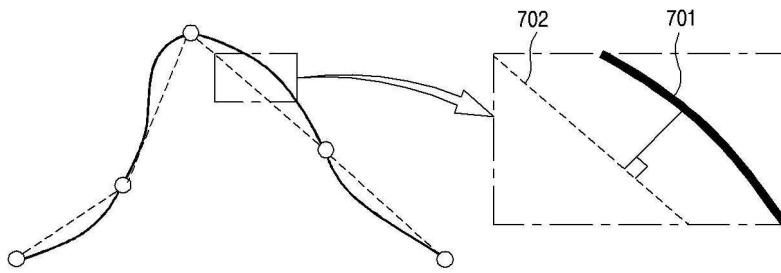
도면5



도면6



도면7



도면8

