



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월07일

(11) 등록번호 10-2131109

(24) 등록일자 2020년07월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06T 17/20 (2006.01) G06T 1/20 (2018.01)

G06T 9/00 (2019.01)

(52) CPC특허분류

G06T 17/20 (2013.01)

G06T 1/20 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0034068

(22) 출원일자 2020년03월19일

심사청구일자 2020년03월19일

(56) 선행기술조사문헌

KR102063562 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)

(72) 발명자

김지범

경기도 광명시 광명역로 26 광명역파크자이아파트
102동 1701호

최우진

인천광역시 연수구 옥련로99번길 19-11 가동 302
호

이재승

인천광역시 계양구 계산로 171 현대아파트 102동
1010호

(74) 대리인

김효성

전체 청구항 수 : 총 12 항

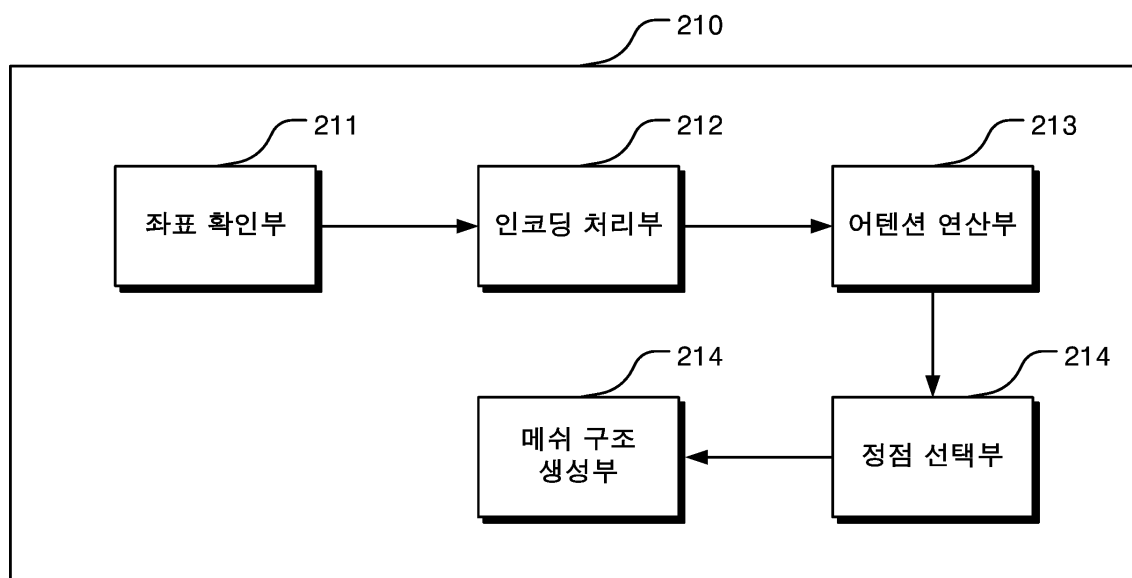
심사관 : 강석제

(54) 발명의 명칭 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치 및 방법

(57) 요약

포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할(Delaunay Triangulation)을 통해 메쉬(mesh) 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치 및 방법이 개시된다. 본 발명에 따른 그래픽 처리 장치 및 방법은 포인터 네트워크에 기반한 들로네 삼각분할을 활용하여, 메쉬 구조 기반의 그래픽 모델을 구성하는 삼각형 엘리먼트(element)들이 이상적인 삼각형 엘리먼트의 형상에 가깝게 형성되도록 처리함으로써, 그래픽 모델에 대한 고품질의 메쉬 구조의 생성이 가능하도록 지원할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

G06T 9/00 (2019.01)

G06T 2207/10028 (2013.01)

G06T 2207/20081 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711107948

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)

연구과제명 기하 딥러닝 기술을 이용한 데이터 기반의 메쉬 알고리즘 연구

기 여 율 1/1

주관기관 인천대학교

연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

$n - n$ 은 4이상의 자연수 - 개의 정점(vertex)들을 갖는 그래픽 모델에 대한 메쉬(mesh) 구조의 생성 명령이 인가되면, 상기 n 개의 정점들의 좌표를 확인하는 좌표 확인부;

미리 설정된 엔드 토큰(end token)과 상기 n 개의 정점들의 좌표를 입력 열로 구성하여 포인터 네트워크(pointer network) - 상기 포인터 네트워크는 입력 열로 인가되는 n 개의 점들로부터 들로네 삼각분할(Delaunay Triangulation)에 따른 삼각형을 구성하는 3개의 꼭짓점들의 집합을 출력하도록 사전 학습된 모델을 의미함 - 의 인코더를 통해 인코딩을 수행하는 인코딩 처리부;

상기 인코더를 통해 수행된 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들의 좌표에 대한 인코딩 결과를 상기 포인터 네트워크의 디코더에 인가하여 상기 디코더를 구성하는 디코더 유닛(decoder unit)별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치(attention weight)를 연산하는 어텐션 연산부;

어텐션 가중치가 최대인 정점으로 상기 엔드 토큰이 선택될 때까지 상기 디코더 유닛별로 상기 n 개의 정점들 중 어텐션 가중치가 최대인 정점을 순차적으로 하나씩 선택하는 정점 선택부; 및

상기 디코더 유닛별로 선택된 정점들을 순차적으로 3개씩 그룹화하고, 상기 n 개의 정점들로부터 상기 3개씩 그룹화된 정점들을 꼭짓점으로 갖는 삼각형 엘리먼트를 구성함으로써, 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 생성하는 메쉬 구조 생성부

를 포함하고,

상기 어텐션 연산부는

상기 디코더를 구성하는 상기 디코더 유닛의 개수가 $3t+1 - t$ 는 자연수 - 개라고 하는 경우, 상기 디코더 유닛별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산할 때, 상기 디코더 유닛 중 $3k+1 - k$ 는 0이상, t 이하의 크기를 갖는 모든 정수들임 - 번째 디코더 유닛을 제외한 나머지 디코더 유닛에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 가중치가 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치보다 작은 값으로 연산되도록 조정하는 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 어텐션 연산부는

상기 디코더를 구성하는 상기 디코더 유닛 중 어느 하나인 제1 디코더 유닛에서 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치가 연산되면, 상기 제1 디코더 유닛에서의 어텐션 가중치가 최대인 정점의 좌표를 상기 제1 디코더 유닛의 다음 디코더 유닛인 제2 디코더 유닛의 입력으로 인가하는 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 어텐션 연산부는

상기 디코더를 구성하는 상기 디코더 유닛별로 미리 설정된 스코어(score) 함수를 기초로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어를 연산하고, 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어에 미리 설정된 활성화 함수(Activation Function)를 적용함으로써, 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의

정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산하는 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 어텐션 연산부는

상기 디코더 유닛별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어를 연산할 때, 상기 디코더 유닛 중 상기 나머지 디코더 유닛에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 스코어에 대해 미리 설정된 크기의 음수 값을 더함으로써, 상기 나머지 디코더 유닛에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 가중치가 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치보다 작은 값으로 연산되도록 조정하는 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 활성화 함수는 소프트맥스(softmax) 함수인 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치.

청구항 7

$n - n$ 은 4이상의 자연수 - 개의 정점(vertex)들을 갖는 그래픽 모델에 대한 메쉬(mesh) 구조의 생성 명령이 인가되면, 상기 n 개의 정점들의 좌표를 확인하는 단계;

미리 설정된 엔드 토큰(end token)과 상기 n 개의 정점들의 좌표를 입력 열로 구성하여 포인터 네트워크(pointer network) - 상기 포인터 네트워크는 입력 열로 인가되는 n 개의 점들로부터 들로네 삼각분할(Delaunay Triangulation)에 따른 삼각형을 구성하는 3개의 꼭짓점들의 집합을 출력하도록 사전 학습된 모델을 의미함 - 의 인코더를 통해 인코딩을 수행하는 단계;

상기 인코더를 통해 수행된 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들의 좌표에 대한 인코딩 결과를 상기 포인터 네트워크의 디코더에 인가하여 상기 디코더를 구성하는 디코더 유닛(decoder unit)별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치(attention weight)를 연산하는 단계;

어텐션 가중치가 최대인 정점으로 상기 엔드 토큰이 선택될 때까지 상기 디코더 유닛별로 상기 n 개의 정점들 중 어텐션 가중치가 최대인 정점을 순차적으로 하나씩 선택하는 단계; 및

상기 디코더 유닛별로 선택된 정점들을 순차적으로 3개씩 그룹화하고, 상기 n 개의 정점들로부터 상기 3개씩 그룹화된 정점들을 꼭짓점으로 갖는 삼각형 엘리먼트를 구성함으로써, 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 생성하는 단계

를 포함하고,

상기 어텐션 가중치를 연산하는 단계는

상기 디코더를 구성하는 상기 디코더 유닛의 개수가 $3t+1 - t$ 는 자연수 - 개라고 하는 경우, 상기 디코더 유닛별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산할 때, 상기 디코더 유닛 중 $3k+1 - k$ 는 0이상, t 이하의 크기를 갖는 모든 정수들임 - 번째 디코더 유닛을 제외한 나머지 디코더 유닛에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 가중치가 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치보다 작은 값으로 연산되도록 조정하는 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 어텐션 가중치를 연산하는 단계는

상기 디코더를 구성하는 상기 디코더 유닛 중 어느 하나인 제1 디코더 유닛에서 상기 엔드 토큰과 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치가 연산되면, 상기 제1 디코더 유닛에서의 어텐션 가중치가 최대인 정점의 좌표를 상기 제1 디코더 유닛의 다음 디코더 유닛인 제2 디코더 유닛의 입력으로 인가하는 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 어텐션 가중치를 연산하는 단계는

상기 디코더를 구성하는 상기 디코더 유닛별로 미리 설정된 스코어(score) 함수를 기초로 상기 엔드 토큰과 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어를 연산하고, 상기 엔드 토큰과 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어에 미리 설정된 활성화 함수(Activation Function)를 적용함으로써, 상기 엔드 토큰과 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산하는 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 어텐션 가중치를 연산하는 단계는

상기 디코더 유닛별로 상기 엔드 토큰과 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어를 연산할 때, 상기 디코더 유닛 중 상기 나머지 디코더 유닛에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 스코어에 대해 미리 설정된 크기의 음수 값을 더함으로써, 상기 나머지 디코더 유닛에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 가중치가 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치보다 작은 값으로 연산되도록 조정하는 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 활성화 함수는 소프트맥스(softmax) 함수인 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법.

청구항 13

제7항, 제9항, 제10항, 제11항 또는 제12항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터와의 결합을 통해 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능 기록 매체.

청구항 14

제7항, 제9항, 제10항, 제11항 또는 제12항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터와의 결합을 통해 실행시키기 위한 저장매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치 및 방법에 대한 것이다.

배경 기술

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

[0003] 메쉬 구조는 복수의 삼각형 엘리먼트(element)들과 정점(vertex)들을 이용하여 그래픽 모델을 표현하는 방식으

로 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 삼각형 엘리먼트들의 형태가 이상적인 형상의 삼각형 엘리먼트로 구성되어야 해당 그래픽 모델에 대해 물리적 특성을 시뮬레이션할 때, 정확한 결과값을 획득할 수 있다.

[0006] 예컨대, 도 1의 도면부호 110에 도시된 그림과 같이, 삼각형 엘리먼트들로 구성된 그래픽 모델이 존재하는 경우, 각 삼각형 엘리먼트들의 형상이 각각 상이하게 존재하는 것보다 각 삼각형 엘리먼트들이 모두 도면부호 120에 도시된 바와 같은 정삼각형의 형상을 갖도록 모델링이 수행된다면, 이상적인 메쉬 구조를 갖게 됨에 따라, 해당 그래픽 모델을 이용하여 유체의 흐름이나 다양한 물리적 특성을 시뮬레이션하였을 때 비교적 정확한 결과 값을 획득할 수 있게 된다.

[0007] 하지만, 기존의 메쉬 구조 기반의 모델링 기법들에서는 삼각형 엘리먼트들의 형상을 고려하지 않고, 모델링을 지원하는 경우가 많다는 점에서 그래픽 모델에 대한 메쉬 구조를 생성할 때, 이상적인 형상의 삼각형 엘리먼트들이 생성될 수 있도록 하는 기법에 대한 연구가 필요하다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0008] (비특허문헌 0001) O. Vinyals, M. Fortunato and N. Jaitly, "Pointer Networks", Advances in Neural Information Processing Systems, pp. 2674-2682, 2015. <https://arxiv.org/abs/1506.03134>

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명에 따른 그래픽 처리 장치 및 방법은 포인터 네트워크에 기반한 들로네 삼각분할(Delaunay Triangulation)을 활용하여, 메쉬(mesh) 구조 기반의 그래픽 모델을 구성하는 삼각형 엘리먼트(element)들이 이상적인 삼각형 엘리먼트의 형상에 가깝게 형성되도록 처리함으로써, 그래픽 모델에 대한 고품질의 메쉬 구조의 생성이 가능하도록 지원하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치는 $n - n$ 은 4이상의 자연수 - 개의 정점(vertex)들을 갖는 그래픽 모델에 대한 메쉬(mesh) 구조의 생성 명령이 인가되면, 상기 n 개의 정점들의 좌표를 확인하는 좌표 확인부, 미리 설정된 엔드 토큰(end token)과 상기 n 개의 정점들의 좌표를 입력 열로 구성하여 포인터 네트워크(pointer network) - 상기 포인터 네트워크는 입력 열로 인가되는 n 개의 점들로부터 들로네 삼각분할(Delaunay Triangulation)에 따른 삼각형을 구성하는 3개의 꼭짓점들의 집합을 출력하도록 사전 학습된 모델을 의미함 - 의 인코더를 통해 인코딩을 수행하는 인코딩 처리부, 상기 인코더를 통해 수행된 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들의 좌표에 대한 인코딩 결과를 상기 포인터 네트워크의 디코더에 인가하여 상기 디코더를 구성하는 디코더 유닛(decoder unit)별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치(attention weight)를 연산하는 어텐션 연산부, 어텐션 가중치가 최대인 정점으로 상기 엔드 토큰이 선택될 때까지 상기 디코더 유닛별로 상기 n 개의 정점들 중 어텐션 가중치가 최대인 정점을 순차적으로 하나씩 선택하는 정점 선택부 및 상기 디코더 유닛별로 선택된 정점들을 순차적으로 3개씩 그룹화하고, 상기 n 개의 정점들로부터 상기 3개씩 그룹화된 정점들을 꼭짓점으로 갖는 삼각형 엘리먼트를 구성함으로써, 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 생성하는 메쉬 구조 생성부를 포함한다.

[0011] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법은 $n - n$ 은 4이상의 자연수 - 개의 정점들을 갖는 그래픽 모델에 대한 메쉬 구조의 생성 명령이 인가되면, 상기 n 개의 정점들의 좌표를 확인하는 단계, 미리 설정된 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들의 좌

표를 입력 열로 구성하여 포인터 네트워크 - 상기 포인터 네트워크는 입력 열로 인가되는 n 개의 점들로부터 들로네 삼각분할에 따른 삼각형을 구성하는 3개의 꼭짓점들의 집합을 출력하도록 사전 학습된 모델을 의미함 - 의 인코더를 통해 인코딩을 수행하는 단계, 상기 인코더를 통해 수행된 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들의 좌표에 대한 인코딩 결과를 상기 포인터 네트워크의 디코더에 인가하여 상기 디코더를 구성하는 디코더 유닛별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산하는 단계, 어텐션 가중치가 최대인 정점으로 상기 엔드 토큰이 선택될 때까지 상기 디코더 유닛별로 상기 n 개의 정점들 중 어텐션 가중치가 최대인 정점을 순차적으로 하나씩 선택하는 단계 및 상기 디코더 유닛별로 선택된 정점들을 순차적으로 3개씩 그룹화하고, 상기 n 개의 정점들로부터 상기 3개씩 그룹화된 정점들을 꼭짓점으로 갖는 삼각형 엘리먼트를 구성함으로써, 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 생성하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따른 그래픽 처리 장치 및 방법은 포인터 네트워크에 기반한 들로네 삼각분할(Delaunay Triangulation)을 활용하여, 메쉬(mesh) 구조 기반의 그래픽 모델을 구성하는 삼각형 엘리먼트(element)들이 이상적인 삼각형 엘리먼트의 형상에 가깝게 형성되도록 처리함으로써, 그래픽 모델에 대한 고품질의 메쉬 구조의 생성이 가능하도록 지원할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 그래픽 모델에 대한 메쉬 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치의 구조를 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법을 도시한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 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.

[0015] 본 문서에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다. 또한, 본 발명의 다양한 실시예들에 있어서, 각 구성요소들, 기능 블록들 또는 수단들은 하나 또는 그 이상의 하부 구성요소로 구성될 수 있고, 각 구성요소들이 수행하는 전기, 전자, 기계적 기능들은 전자회로, 집적회로, ASIC(Application Specific Integrated Circuit) 등 공지된 다양한 소자들 또는 기계적 요소들로 구현될 수 있으며, 각각 별개로 구현되거나 2 이상이 하나로 통합되어 구현될 수도 있다.

[0016] 한편, 첨부된 블록도의 블록들이나 흐름도의 단계들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터, 휴대용 노트북 컴퓨터, 네트워크 컴퓨터 등 데이터 프로세싱이 가능한 장비의 프로세서나 메모리에 탑재되어 지정된 기능들을 수행하는 컴퓨터 프로그램 명령들(instructions)을 의미하는 것으로 해석될 수 있다. 이들 컴퓨터 프로그램 명령들은 컴퓨터 장치에 구비된 메모리 또는 컴퓨터에서 판독 가능한 메모리에 저장될 수 있기 때문에, 블록도의 블록들 또는 흐름도의 단계들에서 설명된 기능들은 이를 수행하는 명령 수단을 내포하는 제조물로 생산될 수도 있다. 아울러, 각 블록 또는 각 단계는 특정된 논리적 기능(들)을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 명령들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또, 몇 가지 대체 가능한 실시예들에서는 블록들 또는 단계들에서 언급된 기능들이 정해진 순서와 달리 실행되는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들 또는 단계들은 실질적으로 동시에 수행되거나, 역순으로 수행될 수 있으며, 경우에 따라 일부 블록들 또는 단계들이 생략된 채로 수행될 수도 있다.

- [0017] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치의 구조를 도시한 도면이다.
- [0018] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 그래픽 처리 장치(210)는 좌표 확인부(211), 인코딩 처리부(212), 어텐션 연산부(213), 정점 선택부(214) 및 메쉬 구조 생성부(214)를 포함한다.
- [0019] 좌표 확인부(211)는 n (n 은 4이상의 자연수)개의 정점(vertex)들을 갖는 그래픽 모델에 대한 메쉬(mesh) 구조의 생성 명령이 인가되면, 상기 n 개의 정점들의 좌표를 확인한다.
- [0020] 인코딩 처리부(212)는 미리 설정된 엔드 토큰(end token)과 상기 n 개의 정점들의 좌표를 입력 열로 구성하여 포인터 네트워크(pointer network)의 인코더(310)를 통해 인코딩을 수행한다.
- [0021] 여기서, 포인터 네트워크란 Recurrent Neural Network(RNN)을 기반으로 어텐션 메커니즘(Attention mechanism)을 이용하여 입력 시퀀스에 대응되는 위치들의 리스트를 출력하는 딥러닝 모델을 의미한다. 포인터 네트워크는 도 3에 도시된 그림과 같이 RNN 기반의 인코더(310)와 디코더(320)로 구성되며, 인코더(310)는 입력 열을 인코딩하여 디코더(320)로 제공하고, 디코더(320)는 인코딩 결과를 입력받아 인코더(310)의 입력 중 어느 위치를 주의해서 봐야 하는지에 대한 어텐션 가중치(attention weight)를 출력으로 산출한다. 여기서, 디코더(320)는 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)들로 구성되고, 각 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별로 각 입력에 대한 어텐션 가중치가 출력으로 산출되며, 각 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)에서 산출된 각 입력에 대한 어텐션 가중치 중 최대 값을 갖는 입력에 대응하는 입력 데이터가 다음 디코더 유닛의 입력으로 인가된다.
- [0022] 이러한 포인터 네트워크는 선행기술인 'O. Vinyals, M. Fortunato and N. Jaitly, "Pointer Networks", Advances in Neural Information Processing Systems, pp. 2674-2682, 2015. <https://arxiv.org/abs/1506.03134>'에서 개시된 바와 같이, 평면 상에 존재하는 n 개의 점들에 대한 들로네(Delaunay Triangulation) 삼각분할을 수행하는데 사용될 수 있다. 들로네 삼각분할이란 평면 위의 점들을 삼각형으로 연결하여 공간을 분할할 때, 이 삼각형들의 내각의 최소값이 최대가 되도록 하는 분할을 의미한다. 들로네 삼각분할에 따라 생성된 삼각형들은 정삼각형에 근접하게 산출되기 때문에 그래픽 모델의 메쉬 구조로 사용하기에 적절하다.
- [0023] 이때, 본 발명에서 사용되는 상기 포인터 네트워크는 입력 열로 인가되는 n 개의 점들로부터 들로네 삼각분할에 따른 삼각형을 구성하는 3개의 꼭짓점들의 집합을 출력하도록 사전 학습된 모델을 의미한다.
- [0024] 관련해서, n 을 '4'라고 하고, 도 3의 도면부호 300에 도시된 그림과 같이, 4개의 정점들을 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 경우, 인코딩 처리부(212)는 도 3에 도시된 그림과 같이, 엔드 토큰과 4개의 정점들인 'p1, p2, p3, p4'를 입력 열로 구성한 후 상기 입력 열에 대해 포인터 네트워크의 인코더(310)를 통해 인코딩을 수행할 수 있다.
- [0025] 어텐션 연산부(213)는 인코더(310)를 통해 수행된 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들의 좌표에 대한 인코딩 결과를 상기 포인터 네트워크의 디코더(320)에 인가하여 상기 디코더를 구성하는 디코더 유닛(decoder unit)(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산한다.
- [0026] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 어텐션 연산부(213)는 디코더(320)를 구성하는 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별로 미리 설정된 스코어(score) 함수를 기초로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어를 연산하고, 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어에 미리 설정된 활성화 함수(Activation Function)를 적용함으로써, 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산할 수 있다.
- [0027] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 활성화 함수는 소프트맥스(softmax) 함수일 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 어텐션 연산부(213)는 디코더(320)를 구성하는 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327) 중 어느 하나인 제1 디코더 유닛에서 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치가 연산되면, 상기 제1 디코더 유닛에서의 어텐션 가중치가 최대인 정점의 좌표를 상기 제1 디코더 유닛의 다음 디코더 유닛인 제2 디코더 유닛의 입력으로 인가할 수 있다.
- [0029] 관련해서, 전술한 예시에 따라 디코더 유닛 1(321)에서의 동작을 설명하면, 어텐션 연산부(213)는 디코더 유닛 1(321)에서 인코더(310)를 통해 산출된 인코딩 결과를 기초로 상기 스코어 함수를 이용해서 상기 엔드 토큰과

'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어를 연산할 수 있다. 그리고 나서, 어텐션 연산부(213)는 상기 엔드 토큰과 상기 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어에 상기 활성화 함수를 적용하여 상기 엔드 토큰과 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산할 수 있다.

- [0030] 그 이후, 어텐션 연산부(213)는 디코더 유닛 1(321)에서의 출력을 디코더 유닛 2(322)에 입력으로 인가하고, 이와 동시에 디코더 유닛 1(321)에서 연산된 상기 엔드 토큰과 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치 중 최대 값의 어텐션 가중치를 갖는 정점의 좌표를 디코더 유닛 2(322)에 입력으로 추가 인가할 수 있다. 관련해서, 도 3에 도시된 그림에서는 디코더 유닛 1(321)에서 연산된 상기 엔드 토큰과 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치 중 최대 값의 어텐션 가중치를 갖는 정점이 'p1'으로 설정되어 있어서, 디코더 유닛 2(322)에 'p1'이라는 정점이 입력으로 인가된 예가 도시되어 있다.
- [0031] 이러한 방식으로, 어텐션 연산부(213)는 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별로 상기 엔드 토큰과 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산할 수 있다.
- [0032] 관련해서, 도 3에서 각 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)에서 인코더(310) 방향으로 표시한 5개의 화살표들이 상기 엔드 토큰과 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대해서 연산된 어텐션 가중치를 시각적으로 표시한 것이다.
- [0033] 정점 선택부(214)는 어텐션 가중치가 최대인 정점으로 상기 엔드 토큰이 선택될 때까지 상기 디코더 유닛별(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)로 상기 n개의 정점들 중 어텐션 가중치가 최대인 정점을 순차적으로 하나씩 선택한다.
- [0034] 관련해서, 전술한 예시와 같이, 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별로 상기 엔드 토큰과 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치가 연산되었다고 하는 경우, 정점 선택부(214)는 디코더 유닛 1(321)에서 상기 엔드 토큰과 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치 중 최대 값의 어텐션 가중치를 갖는 정점인 p1(빨간색 화살표)을 선택할 수 있고, 디코더 유닛 2(322)에서 상기 엔드 토큰과 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치 중 최대 값의 어텐션 가중치를 갖는 정점인 p2(빨간색 화살표)를 선택할 수 있다. 이러한 방식으로, 정점 선택부(214)는 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별 최대 값의 어텐션 가중치를 갖는 정점을 선택할 수 있다.
- [0035] 이때, 디코더 유닛 7(327)에서와 같이, 상기 엔드 토큰과 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치 중 최대 값의 어텐션 가중치를 갖는 정점이 상기 엔드 토큰(빨간색 화살표)으로 선택되는 경우, 정점 선택부(214)는 정점의 선택 절차를 종료한다.
- [0036] 메쉬 구조 생성부(214)는 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별로 선택된 정점들을 순차적으로 3개씩 그룹화하고, 상기 n개의 정점들로부터 상기 3개씩 그룹화된 정점들을 꼭짓점으로 갖는 삼각형 엘리먼트를 구성함으로써, 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 생성한다.
- [0037] 관련해서, 도 3에 도시된 예시와 같이, 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별로 정점을 선택한 결과, 선택된 정점이 'p1, p2, p3, p1, p3, p4'라고 하는 경우, 메쉬 구조 생성부(214)는 'p1, p2, p3, p1, p3, p4'를 순차적으로 3개씩 그룹화함으로써, 'p1, p2, p3'과 'p1, p3, p4'라고 하는 정점 그룹을 생성한 후 도면부호 300에 도시된 그림과 같이, 'p1, p2, p3'을 연결하여 삼각형 엘리먼트 1을 만들고, 'p1, p3, p4'를 연결하여 삼각형 엘리먼트 2를 만듦으로써, 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 생성할 수 있다.
- [0038] 본 발명에 따른 그래픽 처리 장치(210)는 지금까지 설명한 바와 같이, 정점 선택부(214)가 특정 디코더 유닛에서 상기 엔드 토큰이 선택될 때까지 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별로 어텐션 가중치가 최대인 정점을 하나씩 선택하는 과정을 수행하게 된다.
- [0039] 관련해서, 삼각형 엘리먼트가 만들어지기 위해서는 각 디코더 유닛을 통해 정점이 3개 단위로 선택되어야 하는데, 중간 디코더 유닛에서 우연히 엔드 토큰의 어텐션 가중치가 최대로 연산되어 버리면, 정점이 아닌 엔드 토큰이 선택되기 때문에 3개 단위의 정점 그룹을 생성하는 것이 불가능해 진다.
- [0040] 예컨대, 도 3의 그림에서, 디코더 유닛 2(322), 디코더 유닛 3(323) 또는 디코더 유닛 5(325), 디코더 유닛 6(326)에서 우연히 엔드 토큰이 선택되어 버리면, 정점을 3개 단위로 그룹화할 수 없기 때문에 적절한 삼각형 엘리먼트를 생성하는데에 어려움이 있을 수 있다.
- [0041] 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 어텐션 연산부(213)는 디코더(320)를 구성하는 상

기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)의 개수가 $3t+1$ (t 는 자연수)개라고 하는 경우, 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산할 때, 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327) 중 $3k+1$ (k 는 0이상, t 이하의 크기를 갖는 모든 정수들임)번째 디코더 유닛을 제외한 나머지 디코더 유닛에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 가중치가 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치보다 작은 값으로 연산되도록 조정할 수 있다.

[0042] 관련해서, 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)이 도 3에 도시된 그림처럼 7개라고 하는 경우, 어텐션 연산부(213)는 1번째, 4번째, 7번째 디코더 유닛(321, 324, 327)을 제외한 나머지 디코더 유닛(322, 323, 325, 326)에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 가중치가 'p1, p2, p3, p4'라고 하는 4개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치보다 작은 값으로 연산되도록 조정함으로써, 정점 선택부(214)를 통해 나머지 디코더 유닛(322, 323, 325, 326)에서 엔드 토큰이 선택되는 상황을 방지할 수 있다.

[0043] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 어텐션 연산부(213)는 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327)별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어를 연산할 때, 상기 디코더 유닛(321, 322, 323, 324, 325, 326, 327) 중 상기 나머지 디코더 유닛(322, 323, 325, 326)에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 스코어에 대해 미리 설정된 크기의 음수 값을 더함으로써, 상기 나머지 디코더 유닛(322, 323, 325, 326)에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 가중치가 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치보다 작은 값으로 연산되도록 조정할 수 있다.

[0044] 관련해서, 어텐션 연산부(213)는 상기 나머지 디코더 유닛(322, 323, 325, 326)에서 상기 엔드 토큰의 어텐션 스코어가 연산되면, 상기 나머지 디코더 유닛(322, 323, 325, 326)에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 스코어에 대해 아주 작은 값의 음수 값을 더함으로써, 상기 엔드 토큰의 어텐션 스코어가 작은 값이 되도록 조정할 수 있다. 이렇게, 상기 나머지 디코더 유닛(322, 323, 325, 326)에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 스코어가 작은 값으로 조정되면, 상기 나머지 디코더 유닛(322, 323, 325, 326)에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 스코어에 소프트맥스 함수를 적용하여 산출되는 어텐션 가중치도 작은 값으로 산출되게 된다. 이를 통해, 본 발명에 따른 그래픽 처리 장치(210)는 정점 선택부(214)에서 상기 나머지 디코더 유닛(322, 323, 325, 326)으로부터 정점이 선택될 때, 상기 엔드 토큰이 선택되는 문제를 해결할 수 있다.

[0045] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법을 도시한 순서도이다.

[0046] 단계(S410)에서는 n (n 은 4이상의 자연수)개의 정점들을 갖는 그래픽 모델에 대한 메쉬 구조의 생성 명령이 인가되면, 상기 n 개의 정점들의 좌표를 확인한다.

[0047] 단계(S420)에서는 미리 설정된 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들의 좌표를 입력 열로 구성하여 포인터 네트워크(상기 포인터 네트워크는 입력 열로 인가되는 n 개의 점들로부터 들로네 삼각분할에 따른 삼각형을 구성하는 3개의 꼭짓점들의 집합을 출력하도록 사전 학습된 모델을 의미함)의 인코더를 통해 인코딩을 수행한다.

[0048] 단계(S430)에서는 상기 인코더를 통해 수행된 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들의 좌표에 대한 인코딩 결과를 상기 포인터 네트워크의 디코더에 인가하여 상기 디코더를 구성하는 디코더 유닛별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산한다.

[0049] 단계(S440)에서는 어텐션 가중치가 최대인 정점으로 상기 엔드 토큰이 선택될 때까지 상기 디코더 유닛별로 상기 n 개의 정점들 중 어텐션 가중치가 최대인 정점을 순차적으로 하나씩 선택한다.

[0050] 단계(S450)에서는 상기 디코더 유닛별로 선택된 정점들을 순차적으로 3개씩 그룹화하고, 상기 n 개의 정점들로부터 상기 3개씩 그룹화된 정점들을 꼭짓점으로 갖는 삼각형 엘리먼트를 구성함으로써, 상기 그래픽 모델의 메쉬 구조를 생성한다.

[0051] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단계(S430)에서는 상기 디코더를 구성하는 상기 디코더 유닛의 개수가 $3t+1$ (t 는 자연수)개라고 하는 경우, 상기 디코더 유닛별로 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산할 때, 상기 디코더 유닛 중 $3k+1$ (k 는 0이상, t 이하의 크기를 갖는 모든 정수들임)번째 디코더 유닛을 제외한 나머지 디코더 유닛에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 가중치가 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치보다 작은 값으로 연산되도록 조정할 수 있다.

[0052] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단계(S430)에서는 상기 디코더를 구성하는 상기 디코더 유닛 중 어느 하나인 제1 디코더 유닛에서 상기 엔드 토큰과 상기 n 개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치가 연산되면, 상기 제1

디코더 유닛에서의 어텐션 가중치가 최대인 정점의 좌표를 상기 제1 디코더 유닛의 다음 디코더 유닛인 제2 디코더 유닛의 입력으로 인가할 수 있다.

[0053] 또한, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단계(S430)에서는 상기 디코더를 구성하는 상기 디코더 유닛별로 미리 설정된 스코어 함수를 기초로 상기 엔드 토큰과 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어를 연산하고, 상기 엔드 토큰과 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어에 미리 설정된 활성화 함수를 적용함으로써, 상기 엔드 토큰과 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치를 연산할 수 있다.

[0054] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 단계(S430)에서는 상기 디코더 유닛별로 상기 엔드 토큰과 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 스코어를 연산할 때, 상기 디코더 유닛 중 상기 나머지 디코더 유닛에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 스코어에 대해 미리 설정된 크기의 음수 값을 더함으로써, 상기 나머지 디코더 유닛에서의 상기 엔드 토큰의 어텐션 가중치가 상기 n개의 정점들 각각에 대한 어텐션 가중치보다 작은 값으로 연산되도록 조정할 수 있다.

[0055] 이때, 본 발명의 일실시예에 따르면, 상기 활성화 함수는 소프트맥스 함수일 수 있다.

[0056] 이상, 도 4를 참조하여 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법에 대해 설명하였다. 여기서, 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법은 도 2 내지 도 3을 이용하여 설명한 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치(210)의 동작에 대한 구성과 대응될 수 있으므로, 이에 대한 보다 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0057] 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 방법은 컴퓨터와의 결합을 통해 실행시키기 위한 저장매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다.

[0058] 또한, 본 발명의 일실시예에 따른 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 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.

[0059] 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.

[0060] 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

[0061] 210: 포인터 네트워크에 기초한 들로네 삼각분할을 통해 메쉬 구조를 생성할 수 있는 그래픽 처리 장치

211: 좌표 확인부

212: 인코딩 처리부

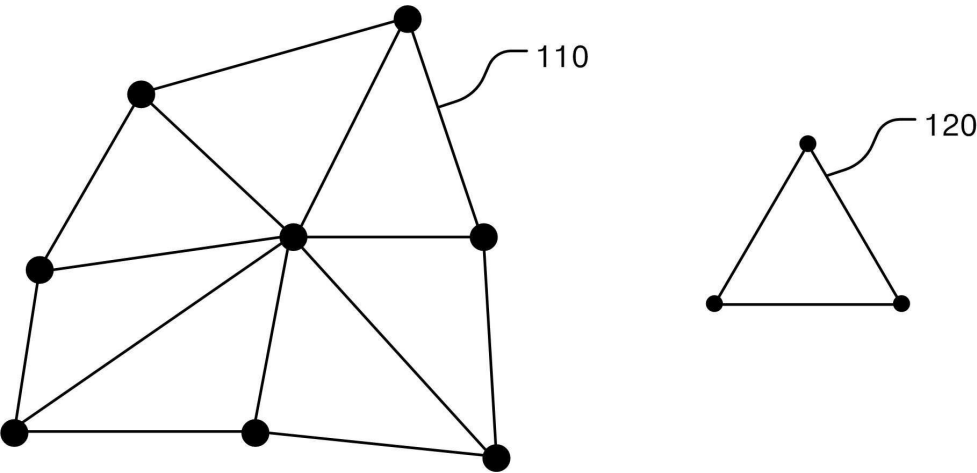
213: 어텐션 연산부

214: 정점 선택부

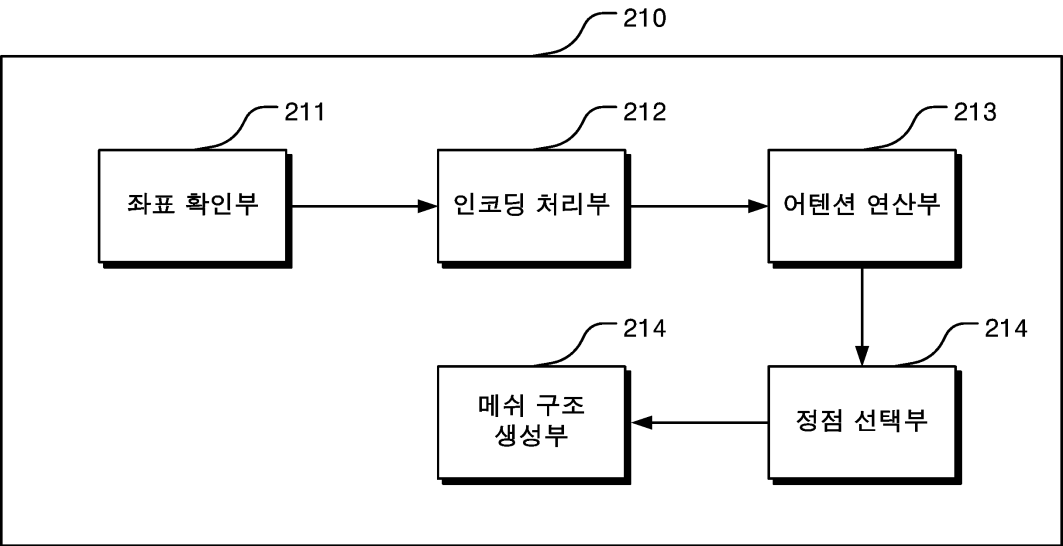
215: 메쉬 구조 생성부

도면

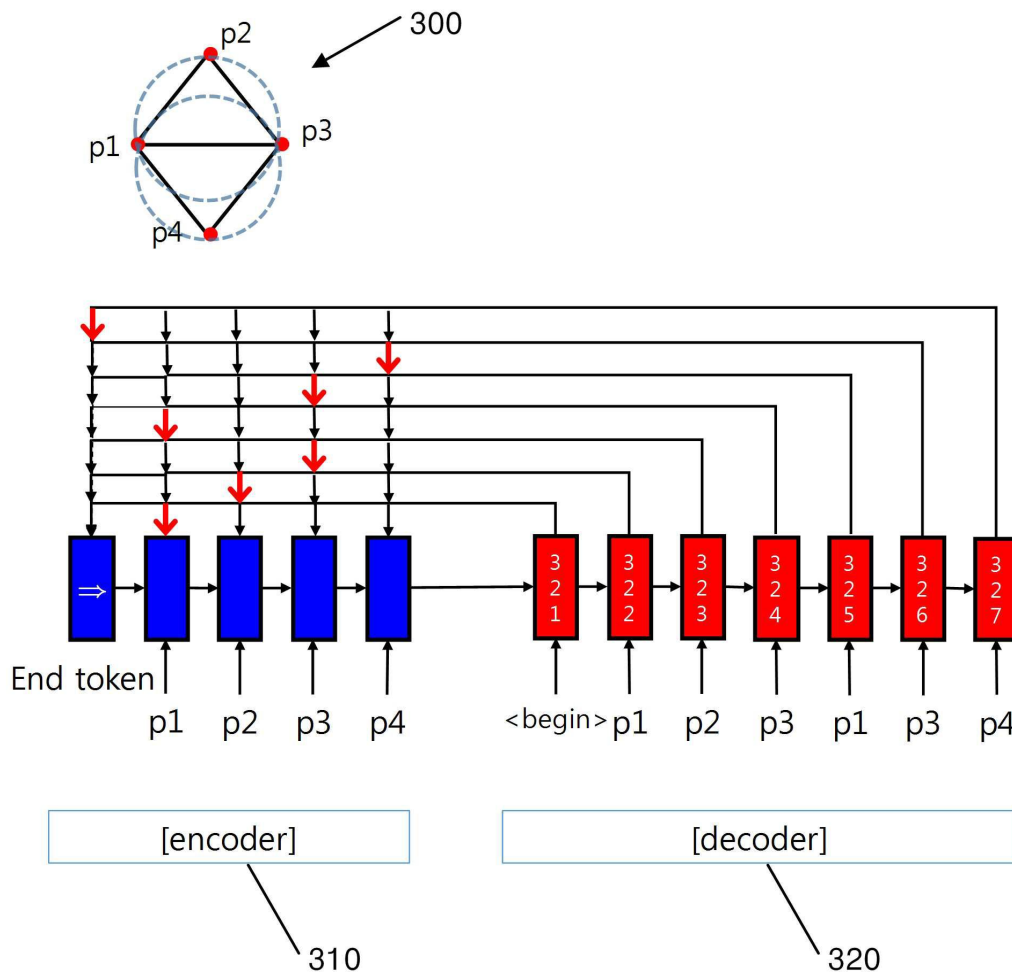
도면1



도면2



도면3



도면4

