

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁸ (45) 공고일자 2006년01월20일
G06T 15/10 (2006.01) (11) 등록번호 10-0543219

(24) 등록일자 2006년01월06일

(21) 출원번호 10-2004-0037005

(65) 공개번호 10-2005-0112148

(22) 출원일자 2004년05월24일

(43) 공개일자 2005년11월29일

(73) 특허권자 한국과학기술연구원
서울 성북구 하월곡2동 39-1

(72) 발명자 김래현
서울특별시노원구중계3동무지개아파트202동702호

박세형
서울특별시강남구삼성1동78-4청구타운103동1101호

하성도
서울특별시강남구개포동현대아파트202동103호

(74) 대리인 박장원

심사관 : 마정윤

(54) 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법 및 3차원높이 정보 추출방법

요약

본 발명은 종래 공간상의 흐름이나 특정한 궤적을 시각적으로 표현하는데 사용되는 벡터 필드의 특징을 분석하여 적절한 계 모델링하거나 필요에 따라서는 사용자가 원하는 형태의 벡터 필드를 생성하고, 불륨 데이터 기반의 햅틱 렌더링 알고리즘을 통해 반력을 계산하여 최종적인 햅틱 벡터 필드를 생성함으로써, 이 햅틱 벡터 필드에 의해 사용자가 공간상의 흐름이나 이동을 촉각적으로 느낄 수 있도록 하고, 또한 2차원 이미지에서 3차원 높이 정보를 추출하여 3차원 이미지를 생성하고 3차원 이미지의 높이 변화를 느낄 수 있도록 하여 사용자가 쉽고 직관적으로 정보를 이해할 수 있게 하는 것이다.

대표도

도 3

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에서 사용하는 햅틱 시스템의 구성도.

도 2는 햅틱 인터페이스를 위한 벡터 필드의 성분을 나타낸 예시도.

도 3은 라인모드에서의 햅틱 벡터 필드를 나타낸 예시도.

도 4는 라인모드를 이용한 햅틱 맵의 예시도.

도 5는 흐름모드를 이용한 해류 지도의 예시도.

도 6은 도 5의 해류 지도에 생성된 햅틱 벡터 필드를 확대한 예시도.

도 7은 반력의 방향 및 크기를 계산하는 방법을 설명하기 위한 예시도.

도 8은 이미지 기반 햅틱 텍스처링을 설명하기 위한 예시도.

도 9는 이미지 기반 햅틱 텍스처링을 이용하여 3차원 지도를 생성하는 과정을 나타낸 예시도.

**** 도면의 주요 부분에 대한 부호 설명 ****

10 : 햅틱 장치 20 : 그래픽 시뮬레이터

30 : 셔터 안경

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법 및 3차원 높이 정보 추출방법에 관한 것으로서, 특히 2차원 이미지로 표현되는 공간상의 이동 또는 흐름을 시각뿐만 아니라 촉각으로도 느끼게 하고, 2차원 이미지에 3차원 높이 정보를 추가하여 3차원 높이를 느낄 수 있도록 한 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법 및 3차원 높이 정보 추출방법에 관한 것이다.

최근 컴퓨터가 모터와 기계를 구동하여 사용자로 하여금 힘과 촉감을 느끼게 하는 햅틱스(haptics) 기술이 새로운 정보기술혁명을 예고하고 있다. 햅틱스란 '만진다'는 뜻으로 인공촉감 기술을 의미한다. 사람은 시각이나 청각보다 촉감에 훨씬 빠르게 반응한다. 현재 컴퓨터의 출력 장치는 모니터와 스피커뿐이지만, 앞으로는 인공촉감을 출력하는 햅틱 장치가 거의 모든 컴퓨터에 달릴 전망이다.

한 편, 인터넷 정보 사이트에서는 공간상의 흐름이나 특정한 궤적 예를 들어, 바람이나 물의 진행 방향 및 세기, 열의 전도, 전자기파의 형태 등과 같은 과학적 현상을 쉽게 이해할 수 있도록 이를 시각화한 이미지를 제공하거나, 사용자에게 도로정보나 작업순서를 알려주는 지도 또는 메뉴얼을 제공하고 있다.

그러나 이러한 시각적인 정보만으로 복잡한 과학적 현상들을 이해하는 것은 어려운 일이다. 특히, 어린이나 과학적 사전 정보가 부족한 사람들은 이해하는데 더욱 어려움을 느낄 수 있으며, 더욱이 시각 장애인들에게는 시각적인 정보가 무의미할 수 있다. 또한, 사용자가 지도에서 길을 찾거나 메뉴얼을 통해 작업순서를 알고자 할 때 시각적인 이미지와 더불어 공간적 이동을 손으로 느낄 수 있다면, 사용자에게 좀 더 직관적인 이해를 줄 수 있을 것이다.

따라서 시각적인 정보뿐만 아니라 촉각적으로도 정보를 이해할 수 있도록 햅틱스 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 공간적 흐름 또는 이동을 촉감으로 느낄 수 있도록 하거나 2차원 이미지를 3차원 촉감으로 느낄 수 있도록 하는 햅틱 인터페이스를 위한 정보 추출 기술이 아직까지 개발되지 않고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로서, 본 발명의 목적은 2차원 이미지로 표현되는 공간적 흐름이나 이동을 시각뿐만 아니라 촉감으로도 느낄 수 있도록 하여 사용자로 하여금 쉽고 직관적으로 정보를 이해할 수 있도록 하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 2차원 이미지 정보를 3차원 이미지로 느낄 수 있도록 하여 사용자가 좀 더 직관적으로 정보를 느끼고 이해할 수 있도록 하는 것이다.

이를 위해, 본 발명은 3차원 상에서 같은 거리로 나누어진 그리드 볼륨 안의 특정 궤적의 주변을 따라 접선성분 및 방사성분을 산출하여 햅틱 인터페이스를 위한 벡터 필드를 생성하는 단계와, 상기 그리드 볼륨 안에서 상기 특정 궤적의 표면 내부로 침투한 햅틱 툴의 위치를 기준으로 반력 정보를 계산하는 단계와, 상기 벡터 필드와 상기 반력 정보를 합하여 햅틱 벡터 필드를 생성하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법을 제공한다.

또한, 본 발명은 2차원 이미지를 3차원 그리드 볼륨 안에서 간접 표면으로 나타내는 단계와, 상기 3차원 그리드 볼륨 안의 그리드 포인트에 저장된 가장 가까운 표면의 2차원 이미지 정보를 이용하여, 해당 이미지의 컬러값에 따라 이미지의 높낮이를 나타내는 높이 맵을 생성하는 단계와, 상기 높이 맵을 이용하여 상기 간접 표면의 포텐셜값을 변경하는 단계와, 상기 변경된 포텐셜값에 따라 상기 간접 표면을 변경하여 상기 2차원 이미지에 3차원 높이를 생성하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 2차원 이미지에서의 3차원 높이 정보 추출방법을 제공한다.

발명의 구성 및 작용

본 발명은 종래 공간상의 흐름이나 특정한 궤적을 시각적으로 표현하는데 사용되는 벡터 필드의 특징을 분석하여 적절하게 모델링하거나 필요에 따라서는 사용자가 원하는 형태의 벡터 필드를 생성하고, 볼륨 데이터 기반의 햅틱 렌더링 알고리즘을 통해 반력을 계산하여 최종적인 햅틱 벡터 필드를 생성함으로써, 이 햅틱 벡터 필드에 의해 사용자가 공간상의 흐름이나 궤적을 촉각적으로 느낄 수 있도록 하고, 또한 2차원 이미지에서 3차원 높이 정보를 추출하여 3차원 이미지를 생성하고 3차원 이미지의 높이 변화를 느낄 수 있도록 하는 것을 요지로 한다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.

도 1은 본 발명에서 사용되는 햅틱 시스템의 구성도를 나타낸다.

도 1에 도시된 바와 같이, 햅틱 시스템은 사용자가 손으로 잡고 조작하는 햅틱 장치(10)와, 가상공간(virtual space) 및 그 가상공간에서 움직이는 가상 툴(virtual tool)을 보여주는 그래픽 시뮬레이터(20)로 구성되어 있다.

햅틱 장치(10)는 사용자의 조작에 의해 움직이면서 그 움직임을 전기적 신호로 변환하여 그래픽 시뮬레이터(20)에 전달하고, 그래픽 시뮬레이터(20)로부터 반력 정보를 수신하여 그 반력 정보에 따른 힘과 촉감이 사용자에게 전달될 수 있도록 한다.

그래픽 시뮬레이터(20)는 햅틱 장치(10)로부터 움직임 신호를 받아 가상 공간에서 가상 툴의 이동을 모니터 영상으로 보여주고 그에 따른 반력을 계산하여 햅틱 장치(10)에 전달한다.

본 발명의 실시예에서는 햅틱 장치(10)로서 SensAble사의 Phantom을 사용하고, 사용자가 셔터 안경(shutter glasses)(30)을 통해 모니터에 표시되는 영상을 3차원 입체 영상으로 볼 수 있다.

도 2는 햅틱 인터페이스를 위한 벡터 필드(F_v)의 성분을 나타낸다.

벡터 필드는 공간상 흐름이나 이동을 나타내는 특정 궤적 $f(x)$ 를 따라, 도 2(a)와 같이 $f(x)$ 에 평행한 접선성분 $V_t(x)$ 과, 도 2(b)와 같이 $f(x)$ 에 수직인 방사성분 $V_r(x)$ 으로 나눌 수 있다.

두 성분은 3차원 상에서 동일한 거리로 나누어진 그리드 볼륨(grid volume) 안의 특정 궤적의 주변을 따라 일정한 거리 내에 있는 그리드 포인트에서 샘플링된다. 그리드 포인트에서의 벡터 필드의 성분은 그리드 포인트로부터 특정 궤적 위의 가장 가까운 점을 기준으로 생성된다. 즉, 방사성분의 크기는 샘플링한 지점에서 가장 가까운 거리의 궤적 위의 점과의 거리에 비례하고, 이 때 궤적 위의 점에서 접선(순간 기울기)을 구해 해당 그리드 포인트의 접선 성분으로 저장한다.

상기 접선성분과 방사성분의 조합에 따라 두 가지 벡터 필드로 모델링 할 수 있다.

먼저, 라인모드에서는 도 3(a)와 같이 접선성분과 방사성분의 합으로 벡터 필드를 구한다. 이 모드에서 구한 벡터 필드에 후술하는 햅틱 렌더링에 의한 반력을 합하면 햅틱 벡터 필드가 생성되고, 이 햅틱 벡터 필드에 의하여 특정 궤적을 따라 햅틱 장치(10)의 스타일러스가 움직이도록 가이드 하는 힘이 생성된다. 즉, 라인모드에서 생성된 햅틱 벡터 필드에 햅틱 장치(10)를 놓게 되면(모니터 상에 가상 툴이 디스플레이 됨), 햅틱 장치(10)가 이 햅틱 벡터 필드를 따라 이동하게 된다. 만약, 사용자가 이 궤적을 벗어나 다른 방향으로 이동하려고 할 때 방사성분의 값이 커지면서 자연스럽게 큰 반력을 느끼게 되고 궤적의 중심으로 이동시키는 힘을 받게 된다. 햅틱 장치(10)가 궤적의 중심에 있다면 그 궤적의 방향을 따라 앞으로 이동하게 된다.

라인모드는 사용자가 미리 지정된 궤적을 따라 움직이면서 정보를 획득하도록 하는 응용에 적합하다. 예를 들면, 복잡한 지하철 노선표나 지도에서 현재 위치와 목적지를 설정하면, 2차원 이미지 상에서 목적지까지 햅틱 인터페이스를 통해 사용자를 안내함으로써 사용자가 보다 직관적으로 정보를 획득할 수 있도록 한다.

도 3(b)는 라인모드를 이용한 햅틱 맵을 나타낸다. 지도상에서 사용자가 목적지를 설정하고 현재 위치(흑점)에 햅틱 장치(10)의 스타일러스를 가져가면, 실제 이동되는 느낌을 받으면서 목적지까지 길 안내를 받게 된다.

다음, 흐름모드에서는 접선성분과 방사성분을 정규화(normalization)한 후 두 성분을 합하여 벡터 필드를 구한다. 흐름모드는 라인모드와 같이 특정 궤적을 따르는 것이 아니라, 전체적인 흐름을 느끼도록 하는 것이다. 따라서 접선성분과 방사성분의 크기를 일정하게(정규화) 하고 방향만을 이용하여 벡터 필드를 생성한다. 만약, 샘플링 한 그리드 포인트에 기존의 벡터 필드가 존재하면 이 벡터값을 합한 후 다시 정규화를 수행한다. 이 모드에서는 벡터 필드의 경계를 제외하고 햅틱 장치(10)를 벡터 필드 어느 곳에 두어도 동일한 힘을 받으며, 단지 방향만을 느끼게 된다.

도 5는 흐름모드를 이용한 해류 지도를 나타내고, 도 6은 도 5의 해류 지도에 생성된 햅틱 벡터 필드를 확대한 것을 나타낸다.

도 5 및 도 6에서, 햅틱 벡터 필드에 의해 햅틱 인터페이스가 궤적을 따라 움직이면서 바람이나 해류와 같은 흐름을 느낄 수 있어서 사용자가 바람이나 해류의 흐름에 대한 직관적인 이해를 할 수 있게 된다.

이와 같이 그리드 볼륨 안의 특정 궤적의 주변을 따라 접선성분 및 방사성분을 산출하여 햅틱 인터페이스를 위한 벡터 필드를 생성한 후, 사용자가 2차원 이미지 상에서 햅틱 장치(10)의 스타일러스를 잡고 움직이면서 그 궤적을 따라 이동이나 흐름을 촉각적으로 느끼기 위해서는 햅틱 장치에 전달되는 반력정보를 추출하는 햅틱 렌더링 기법이 필요하다. 이러한 햅틱 렌더링 기법은 후술하는 2차원 이미지로부터 3차원 높이 정보를 추출하여 사용자가 3차원 높이를 느끼도록 하는데도 동일하게 적용되는 것이다.

본 발명의 실시예에서는 볼륨 데이터 구조를 가진 볼륨 간접 표면(volume implicit surface) 기반의 햅틱 렌더링 알고리즘을 사용한다.

여기서, 볼륨 데이터는 일정한 간격으로 나누어진 3차원 그리드(격자) 상의 각 포인트(x, y, z축의 격자가 만나는 점)에 저장되어 있는 샘플링 정보를 말한다. 볼륨 간접 표면은 볼륨 데이터 안에 저장된 정보 중에서 3차원 물체의 표면을 간접적으로 나타낸 것으로, 각 그리드 포인트에서 3차원 물체로부터 가장 가까운 점까지의 근접도(proximity)를 계산하여 나타낸다. 한편, 여기서 생성되는 스칼라값을 포텐셜값(potential value)이라고 한다.

이러한 포인트들을 대상으로 충돌을 검사하고 정확한 반력의 크기 및 방향을 계산한다. 햅틱 장치의 스타일러스가 가상 물체와 충돌하여 내부로 침투하게 되면, 표면 내부로 침투한 햅틱 장치의 위치를 기준으로, 사용자가 이를 촉감으로 느낄 수 있도록 침투한 만큼 이를 보상하는 반력 정보를 계산하여 햅틱 장치에 전달하게 된다.

도 7을 참조하여, 반력 정보로서 반력의 방향 및 크기를 계산하는 방법을 설명한다.

햅틱 장치가 가상 물체의 표면 내부로 침투하면 반력을 통해 보상될 위치는 표면에 있게 된다. 이 표면 위의 가상점을 VCP(Virtual Contact Point)라고 한다. 본 발명의 실시예에서는 VCP를 구하는데 광선추적법(ray casting)을 이용한다. 즉, 햅틱 장치의 물리적 위치(표면 내부)에서 가장 가까운 표면으로 가상의 광선(실제로는 방향을 가진 직선)을 쏘아서 이 광선을 따라 가상 물체의 표면과 만나는 점(VCP)을 구한다. 반력의 크기는 이 VCP와 햅틱 장치의 위치 사이의 거리에 비례한다.

도 7(a)는 반력의 방향을 계산하는 방법을 나타낸 것이다. 반력의 방향은 표면 내부로 침투한 햅틱 장치의 위치로부터 계산된 포텐셜값들의 기울기(gradient)로 결정된다. 도 7(a)에서, 흑점은 햅틱 장치의 위치이고, 이 점에서 광선을 쏘기 위해서 가장 가까운 표면으로의 방향(가는 실선 화살표)을 계산한다. 이 때 햅틱 장치의 위치가 볼륨 셀(육면체) 안에 위치하므로 주변의 8개의 그리드 포인트에서 구한 방향(점선 화살표)들을 보간(interpolation)하여 최종적인 반력의 방향(굵은 실선 화살표)을 구한다.

반력 벡터의 방향과 크기가 결정되면 도 7(b)와 같은 스프링-댐퍼 모델을 이용하여 최종적인 반력 정보를 계산한다.

일반적으로 실제 손으로 벽을 누르게 되면 그 누르는 힘만큼의 반력을 받게 된다. 하지만 손을 벽에서 떼면 그 순간 반력을 느끼지 못하게 된다. 이를 기술적으로 패시브(passive)하다고 한다. 즉, 에너지를 생성하지 못하고 흡수한다. 가상의 벽을 모델링 하게 되면 앞서 말했듯이 햅틱 장치가 가상의 벽 표면을 통과하여 내부에 위치하게 되고, 그 위치를 불연속으로 샘플링 함으로써 실제 위치와 샘플링 위치 간에 지연이 발생하게 된다. 이 때문에 스프링만으로 모델링된 햅틱 렌더링 알고리즘에 의해 반력을 느끼면서 가상의 벽을 누르게 되면 여분의 에너지가 생성되어 햅틱 시스템이 불안정하게 된다. 따라서 가상의 댐퍼를 추가하여 햅틱 시스템을 패시브하게 만드는데, 이를 힘 제어(force control) 기법이라고 한다.

최종적인 반력(F_h)은 다음의 수학적식(1)과 같다.

수학적식 1

$$F_h = (P_c - P_t) * k - V * b$$

여기서, F_h 은 힘 벡터(반력), P_c 는 VCP의 좌표, P_t 은 햅틱 툴팁(haptic tool tip)의 위치 좌표, k 는 스프링 경도(spring stiffness), V 는 햅틱 툴팁의 속도, b 는 점성계수(viscosity)이다. 스프링 경도는 표면의 딱딱한 정도에 비례하고, 점성계수는 햅틱 시스템의 진동을 방지한다. 수학적식(1)에서 알 수 있는 바와 같이, 댐퍼의 영향($V * b$)이 고려되어 최종적인 반력 정보가 계산된다.

사용자가 햅틱 장치의 스타일러스를 움직이면 최종적인 햅틱 벡터 필드(F)는 전술한 벡터 필드(F_v)와 반력(F_h)의 합으로 결정된다. 이 때 갑작스러운 힘의 변화를 피하기 위해 최종적인 햅틱 벡터 필드가 가상 물체 안으로 침투된 햅틱 툴의 침투 정도($P_c - P_t$)에 비례하도록 한다. 즉, 사용자가 가상 물체에 힘을 더 가하면 햅틱 벡터 필드를 더 강하게 느끼게 된다. 최종적인 햅틱 벡터 필드는 다음의 수학적식(2)으로 나타낼 수 있다.

수학적식 2

$$F = (P_c - P_t) * d * (F_v + F_h)$$

여기서, d 는 비례상수.

다음, 2차원 이미지에 3차원 높이 정보를 제공하여 사용자가 3차원 높이를 느낄 수 있도록 2차원 이미지로부터 3차원 높이 정보를 추출하는 방법에 대해 설명한다.

본 발명의 실시예에서는 2차원 이미지를 3차원 이미지로 변환하는 비주얼 렌더링을 위해서 폴리곤 모델이 사용되고, 촉각을 느낄 수 있도록 반력을 계산하는 햅틱 렌더링을 위해서는 볼륨 모델이 사용된다.

도 8은 2차원 이미지를 3차원 물체에 텍스처 매핑하는 이미지 기반 햅틱 텍스처링(image-based haptic texturing)을 설명하기 위한 것이다.

상기한 바와 같이, 본 발명의 실시예에서는 폴리곤 모델의 기하 표면(geometric surface)과 볼륨 모델의 간접 표면(implicit surface)을 하이브리드 형태로 사용하고 있다. 2차원 이미지는 폴리곤 모델(기하 모델)에 매핑되어 있다.

도 8에서, 2차원 이미지의 오리지널 표면이 이미지 기반 햅틱 텍스처링에 의해 3차원 높이 정보를 얻어서 간접 표면이 바뀌는 과정이 도시되어 있다. 먼저 2차원 이미지를 3차원 그리드 볼륨 안에 간접 표면으로 나타낸다. 3차원 그리드 볼륨 안의 각 그리드 포인트에는 그리드 포인트에서 가장 가까운 표면의 2차원 이미지 정보가 저장되어 있다. 따라서 폴리곤 모델로부터 샘플링을 할 때, 이 이미지 정보를 이용하여 해당 이미지의 컬러값에 따른 높이를 계산하여 이미지의 높낮이를 나타내는 높이 맵을 생성한다. 다음, 생성된 높이 맵을 이용하여 간접 표면의 포텐셜값(potential value)을 바꾸어 준다. 이러한 포텐셜값의 변경에 따라서 도 8의 오른쪽 그림과 같이 간접 표면이 변화되어(텍스처링되어) 3차원 높이를 가지게 된다.

도 9는 이미지 기반 햅틱 텍스처링을 이용하여 3차원 지도를 생성하는 과정을 나타낸 것이다. 먼저, 2차원 이미지 지도를 3차원 그리드 볼륨 상에서 볼륨 간접 표면으로 나타내고(a, b), 생성한 높이 맵을 이용하여 간접 표면의 포텐셜값을 변경하고(c), 그 변경된 포텐셜값에 따라 간접 표면을 변경하여 3차원 높이를 갖는 지도를 생성한다(d). 도 8(e)는 3차원 높이를 갖는 지도(d)를 확대한 것이다.

이와 같이 텍스처링된(textured) 간접 표면을 상술한 햅틱 렌더링을 하게 되면 3차원 높이의 변화를 촉각적으로도 느낄 수 있게 된다.

발명의 효과

상기와 같이, 본 발명은 2차원 이미지로 표현되는 공간적 흐름이나 이동을 시각뿐만 아니라 촉감으로도 느낄 수 있도록 하여 사용자가 쉽고 직관적으로 정보를 이해할 수 있는 효과가 있다. 또한, 2차원 이미지를 3차원 이미지로 느낄 수 있도록 하여 사용자가 좀 더 직관적으로 정보를 느끼고 이해할 수 있는 효과가 있다. 따라서 본 발명은 과학적 시각화(Scientific Visualization), 교육, 시뮬레이션 훈련 등에 효과적으로 응용될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

3차원 상에서 같은 거리로 나뉘어진 그리드 볼륨 안의 특정 궤적의 주변을 따라 접선성분 및 방사성분을 산출하여 햅틱 인터페이스를 위한 벡터 필드를 생성하는 단계와,

상기 그리드 볼륨 안에서 상기 특정 궤적의 표면 내부로 침투한 햅틱 툴의 위치를 기준으로 반력 정보를 계산하는 단계와,

상기 벡터 필드와 상기 반력 정보를 합하여 햅틱 벡터 필드를 생성하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법.

청구항 2.

제 1항에 있어서,

상기 그리드 볼륨 안의 각 그리드 포인트에서 가장 가까운 특정 궤적 위의 점을 기준으로 접선성분 및 방사성분을 산출하는 것을 특징으로 하는 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법.

청구항 3.

제 1항에 있어서,

상기 접선성분은 상기 특정 궤적 위의 점에서의 순간 기울기에 해당하고, 상기 방사성분은 상기 그리드 포인트와 상기 특정 궤적 위의 점간의 거리에 비례하는 것을 특징으로 하는 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법.

청구항 4.

제 1항에 있어서,

상기 접선성분과 상기 방사성분을 합하여 라인모드의 벡터 필드를 생성하는 것을 특징으로 하는 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법.

청구항 5.

제 1항에 있어서,

상기 접선성분과 상기 방사성분을 정규화한 후 합하여 흐름모드의 벡터 필드를 생성하는 것을 특징으로 하는 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법.

청구항 6.

제 1항에 있어서,

상기 반력 정보를 계산하는 단계는 상기 햅틱 툴의 위치에서 가장 가까운 표면으로의 방향을 구하고, 이 방향과 상기 햅틱 툴이 위치하는 그리드 볼륨의 셀 주변의 그리드 포인트에서 구한 방향들을 보간하여 반력의 방향을 계산하는 과정과,

상기 햅틱 툴의 위치에서 가장 가까운 표면으로 선을 그을 때 그 표면과 만나는 점을 구하고, 이 점과 상기 햅틱 툴 간의 거리에 비례하는 값으로 반력의 크기를 계산하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법.

청구항 7.

제 1항에 있어서,

상기 햅틱 툴에 가해지는 힘의 급속한 변화를 방지하기 위해, 상기 햅틱 벡터 필드는 상기 햅틱 툴의 침투 정도에 비례하도록 하는 것을 특징으로 하는 2차원 이미지에서의 햅틱 벡터 필드 생성방법.

청구항 8.

2차원 이미지를 3차원 그리드 볼륨 안에서 간접 표면으로 나타내는 단계와,

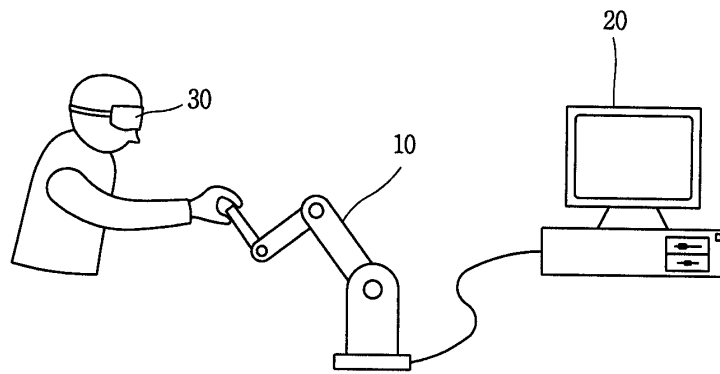
상기 3차원 그리드 볼륨 안의 그리드 포인트에 저장된 가장 가까운 표면의 2차원 이미지 정보를 이용하여, 해당 이미지의 컬러값에 따라 이미지의 높낮이를 나타내는 높이 맵을 생성하는 단계와,

상기 높이 맵을 이용하여 상기 간접 표면의 포텐셜값을 변경하는 단계와,

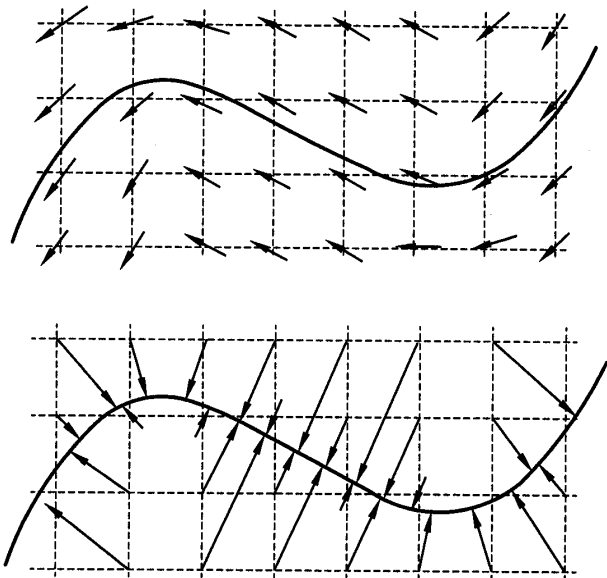
상기 변경된 포텐셜값에 따라 상기 간접 표면을 변경하여 상기 2차원 이미지에 3차원 높이를 생성하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 2차원 이미지에서의 3차원 높이 정보 추출방법.

도면

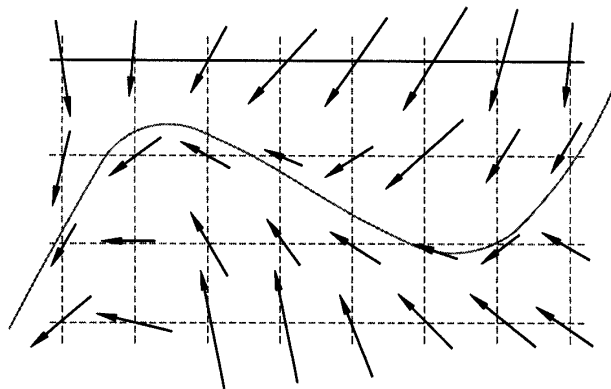
도면1



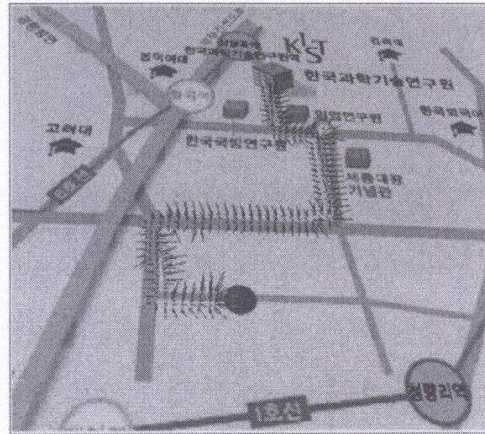
도면2



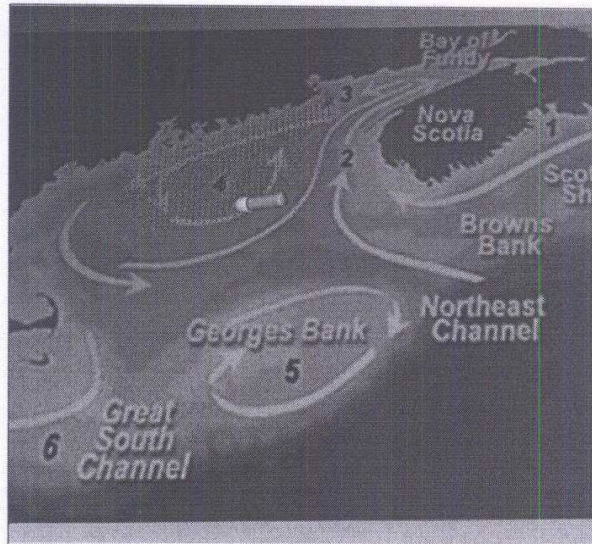
도면3



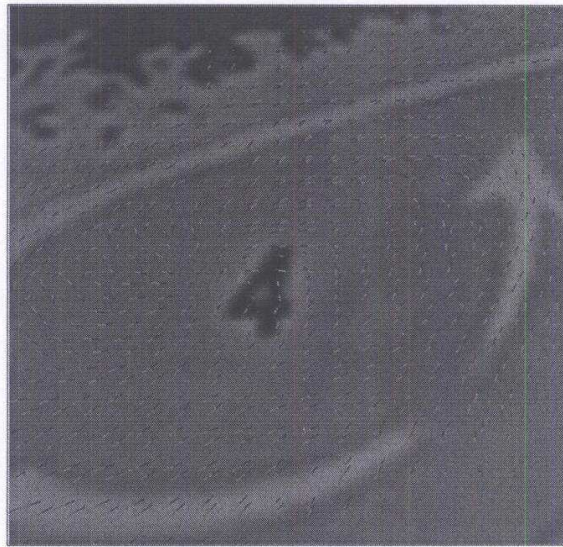
도면4



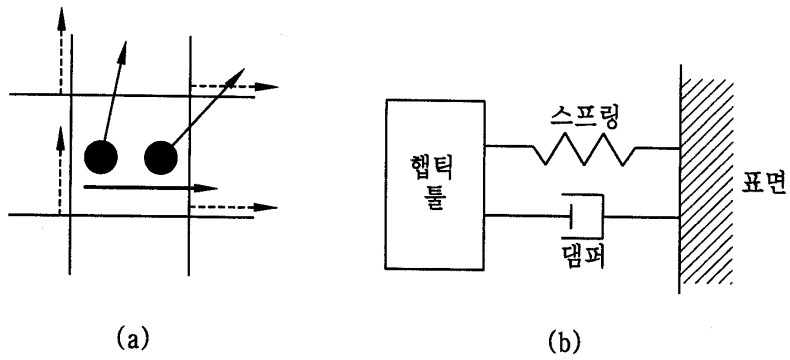
도면5



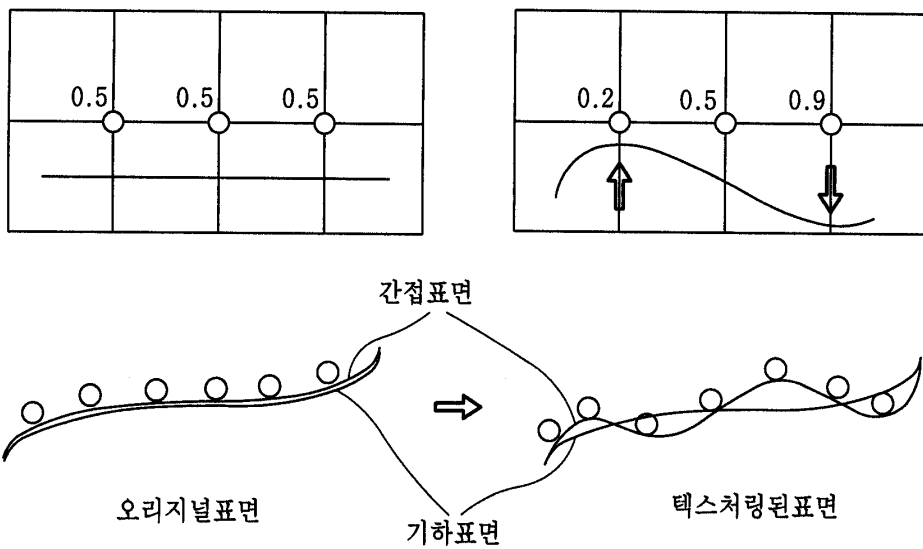
도면6



도면7



도면8



도면9

