



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월03일

(11) 등록번호 10-1565571

(24) 등록일자 2015년10월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06T 15/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0059948

(22) 출원일자 2014년05월19일

심사청구일자 2014년05월19일

(56) 선행기술조사문헌

KR100420833 B1*

JP2000047567 A*

KR100900077B1

KR100707841B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

전석희

경기도 수원시 영통구 영통로 498 157동 205호 (영통동, 황골마을1단지아파트)

(74) 대리인

유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 12 항

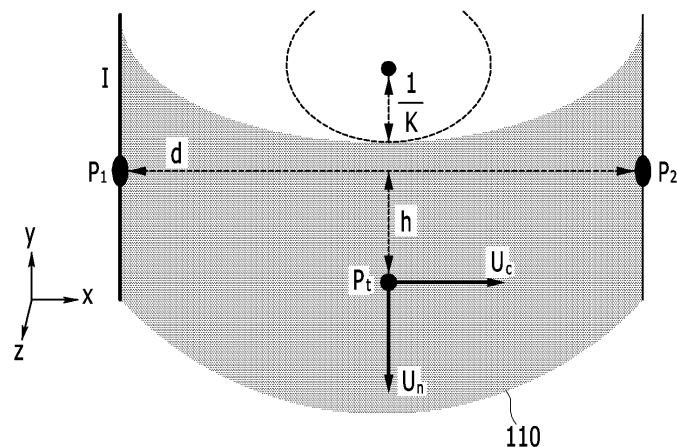
심사관 : 조우연

(54) 발명의 명칭 곡면 햅틱 장치 및 이를 이용한 곡면 렌더링 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 곡면 렌더링 방법은 곡면 햅틱 장치가 탄성체 판에 곡면을 렌더링하는 방법에서, 탄성체 판에서 두 지점 사이의 거리에 따른 상기 탄성체 판의 특정 위치에서의 곡률값을 샘플링하는 단계, 상기 탄성체 판을 구부려 상기 두 지점 사이의 거리를 조절하는 단계, 그리고 상기 탄성체 판의 상기 특정 위치에 원하는 곡률값을 가진 곡면을 생성하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도5



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2011-0030075

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 선도연구센터지원사업 ERC

연구과제명 국부투자영상과 햅틱기반 수술용 로봇기술 연구센터

기 여 율 1/2

주관기관 포항공과대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711001260

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국정보통신산업진흥원

연구사업명 대학IT 연구센터육성 지원사업

연구과제명 실시간 모바일 클라우드 서비스 플랫폼 연구개발

기 여 율 1/2

주관기관 경희대학교

연구기간 2014.01.01 ~ 2014.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

곡면 햅틱 장치가 탄성체 판에 곡면을 렌더링하는 방법에서,
탄성체 판에서 두 지점 사이의 거리에 따른 상기 탄성체 판의 특정 위치에서의 곡률값을 샘플링하는 단계,
상기 탄성체 판을 구부려 상기 두 지점 사이의 거리를 조절하는 단계, 그리고
상기 탄성체 판의 상기 특정 위치에 원하는 곡률값을 가진 곡면을 생성하는 단계
를 포함하며,
상기 거리를 조절하는 단계는,
상기 탄성체 판의 양단에 연결되는 적어도 하나 이상의 로봇암을 3축 방향으로 구동시키거나 회전 방향으로 구동시켜 상기 탄성체 판을 구부리도록 제어하는 단계
를 포함하는 곡면 렌더링 방법.

청구항 2

제1항에서,
상기 곡률값을 샘플링하는 단계는,
탄성체 판의 제1 지점과 제2 지점 사이의 거리값에 따라 상기 특정 위치에서 형성될 곡면의 곡률값을 계산하는 단계
를 포함하는 곡면 렌더링 방법.

청구항 3

제2항에서,
상기 거리를 조절하는 단계는,
원하는 곡률값을 입력 받고, 상기 특정 위치에 입력된 상기 곡률값을 형성하는 상기 제1 지점과 상기 제2 지점 사이의 거리값을 도출하는 단계
를 더 포함하는 곡면 렌더링 방법.

청구항 4

제3항에서,
상기 거리를 조절하는 단계는,
도출된 상기 거리값에 따라 상기 탄성체 판을 구부리도록 제어하되, 상기 제1 지점과 상기 제2 지점 사이의 직선 거리가 도출된 상기 거리값을 갖도록 제어하는 단계
를 더 포함하는 곡면 렌더링 방법.

청구항 5

제1항에서,
상기 곡률값을 샘플링하는 단계는,
탄성체 판의 두 지점 사이의 거리에 따른 곡률값을 계산하는 함수를 도출하고, 상기 곡률값에 따라 상기 탄성체 판 양단의 거리값의 도출하는 역함수를 형성하는 단계

를 포함하는 곡면 렌더링 방법.

청구항 6

제5항에서,

상기 거리를 조절하는 단계는,

원하는 지점에 형성할 곡면의 곡률값을 상기 역함수에 적용해 상기 두 점 사이의 거리값을 계산하는 단계, 그리고

계산된 상기 거리값에 따라 상기 탄성체 판을 구부리는 단계

를 더 포함하는 곡면 렌더링 방법.

청구항 7

탄성체 판,

상기 탄성체 판 양단에 연결되고, 상기 탄성체 판을 구부려 상기 탄성체 판의 특정 위치에 곡면을 생성하는 구동부, 그리고

상기 탄성체 판 양단의 거리를 조절해 상기 특정 위치에 상기 곡면을 생성하도록 상기 구동부를 제어하는 제어부

를 포함하며,

상기 구동부는,

상기 탄성체 판의 양단에 연결되는 적어도 하나 이상의 로봇암을 포함하고,

상기 제어부는,

상기 로봇암을 3축 방향으로 구동시키거나 회전 방향으로 구동시켜 상기 탄성체 판을 구부리도록 제어하는 곡면 햅틱 장치.

청구항 8

제7항에서,

상기 제어부는,

상기 탄성체 판의 적어도 두 지점간 직선 거리에 따라, 상기 탄성체 판의 특정 위치에 형성되는 곡면의 곡률을 샘플링하는 샘플링부

를 포함하는 곡면 햅틱 장치.

청구항 9

제8항에서,

상기 제어부는,

상기 직선 거리에 따른 상기 특정 위치에 형성된 상기 곡면의 곡률값을 계산하는 계산부

를 더 포함하는 곡면 햅틱 장치.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제7항에서,
상기 구동부는,
상기 탄성체 판의 일단에 연결되는 제1 로봇암, 그리고
상기 탄성체 판의 타단에 연결되는 제2 로봇암
을 포함하는 곡면 햅틱 장치.

청구항 13

제12항에서,
상기 제어부는,
상기 제1 로봇암 및 상기 제2 로봇암의 관절 위치를 제어하여 상기 탄성체 판의 상기 일단과 상기 타단 사이의 거리를 조절하도록 제어하는 곡면 햅틱 장치.

청구항 14

제12항에서,
상기 제어부는,
상기 상기 제1 로봇암 및 상기 제2 로봇암을 위치를 제어하여 상기 탄성체 판의 위치 및 방향을 제어하고, 상기 탄성체 판에 형성될 곡면의 위치 및 곡률을 제어하는 곡면 햅틱 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 곡면 햅틱 장치 및 이를 이용한 곡면 렌더링 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 햅틱스 기술은 햅틱 장치를 이용해 진동이나 힘 충격을 발생시킴으로써 사용자에게 촉각을 느낄 수 있도록 해주는 기술이다. 그리고, 기존의 대부분의 햅틱 장치는 사용자가 펜 형식의 도구를 쥐고 이를 통해 가상 물체에 접근하는 방식이다.

[0003] 따라서, 기존 햅틱 장치는 가상 물체를 손으로 감싸 쥐는 등의 상호작용은 제공하기가 어려웠다. 이를 보완하기 위한 햅틱 장치는 마주침 형식(Encountered-Type)의 햅틱 장치로써, 위치 제어가 가능한 작용체(End-Effector)를 사용자의 미래 손 위치에 가져다 놓고 상호작용을 기다리다가 가상 물체와 접촉이 일어날 때만 사용자의 손에 접촉하여 가상 촉감을 제공한다.

[0004] 하지만, 이러한 햅틱 장치도 작용체의 모양, 촉감 속성 등이 변하지 않아 다양한 가상물체를 표현하기는 어려웠다. 따라서, 이러한 마주침 형식의 햅틱 장치의 한계를 극복하기 위해 작용체의 곡률을 체계적으로 제어하여 좀 더 다양한 모양의 가상물체를 표현할 수 있는 햅틱 기술이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 탄성체의 곡률을 제어할 수 있는 곡면 햅틱 장치 및 이를 이용한 곡면 렌더링 방법을 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 곡면 렌더링 방법은 곡면 햅틱 장치가 탄성체 판에 곡면을 렌더링하는 방법에서, 탄성체 판에서 두 지점 사이의 거리에 따른 상기 탄성체 판의 특정 위치에서의 곡률값을 샘플링하는 단계, 상기 탄성체 판을 구부

려 상기 두 지점 사이의 거리를 조절하는 단계, 그리고 상기 탄성체 판의 상기 특정 위치에 원하는 곡률값을 가진 곡면을 생성하는 단계를 포함한다.

- [0007] 상기 곡률값을 샘플링하는 단계는, 탄성체 판의 제1 지점과 제2 지점 사이의 거리값에 따라 상기 특정 위치에서 형성될 곡면의 곡률값을 계산하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0008] 상기 거리를 조절하는 단계는, 원하는 곡률값을 입력 받고, 상기 특정 위치에 입력된 상기 곡률값을 형성하는 상기 제1 지점과 상기 제2 지점 사이의 거리값을 도출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0009] 상기 거리를 조절하는 단계는, 도출된 상기 거리값에 따라 상기 탄성체 판을 구부리도록 제어하되, 상기 제1 지점과 상기 제2 지점 사이의 직선 거리가 도출된 상기 거리값을 갖도록 제어하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 곡률값을 샘플링하는 단계는, 탄성체 판의 두 지점 사이의 거리에 따른 곡률값을 계산하는 함수를 도출하고, 상기 곡률값에 따라 상기 탄성체 판 양단의 거리값의 도출하는 역함수를 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0011] 상기 거리를 조절하는 단계는, 원하는 지점에 형성할 곡면의 곡률값을 상기 역함수에 적용해 상기 두 점 사이의 거리값을 계산하는 단계, 그리고 계산된 상기 거리값에 따라 상기 탄성체 판을 구부리는 단계를 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 곡면 햅틱 장치는 탄성체 판, 상기 탄성체 판 양단에 연결되고, 상기 탄성체 판을 구부려 상기 탄성체 판의 특정 위치에 곡면을 생성하는 구동부, 그리고 상기 탄성체 판 양단의 거리를 조절해 상기 특정 위치에 상기 곡면을 생성하도록 상기 구동부를 제어하는 제어부를 포함한다.
- [0013] 상기 제어부는, 상기 탄성체 판의 적어도 두 지점간 직선 거리에 따라, 상기 탄성체 판의 특정 위치에 형성되는 곡면의 곡률을 샘플링하는 샘플링부를 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 제어부는, 상기 직선 거리에 따른 상기 특정 위치에 형성된 상기 곡면의 곡률값을 계산하는 계산부를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 구동부는, 상기 탄성체 판의 양단에 연결되는 적어도 하나 이상의 로봇암을 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 제어부는, 상기 로봇암을 3축 방향으로 구동시키거나 회전 방향으로 구동시켜 상기 탄성체 판을 구부리도록 제어할 수 있다.
- [0017] 상기 구동부는, 상기 탄성체 판의 일단에 연결되는 제1 로봇암, 그리고 상기 탄성체 판의 타단에 연결되는 제2 로봇암을 포함할 수 있다.
- [0018] 상기 제어부는, 상기 제1 로봇암 및 상기 제2 로봇암의 관절 위치를 제어하여 상기 탄성체 판의 상기 일단과 상기 타단 사이의 거리를 조절하도록 제어할 수 있다.
- [0019] 상기 제어부는, 상기 상기 제1 로봇암 및 상기 제2 로봇암을 위치를 제어하여 상기 탄성체 판의 위치 및 방향을 제어하고, 상기 탄성체 판에 형성될 곡면의 위치 및 곡률을 제어할 수 있다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명에 따르면, 탄성체 판의 두 지점 사이의 거리 또는 위치를 조절하도록 제어함으로써, 탄성체 판의 원하는 위치에 원하는 모양의 곡률을 가진 곡면을 생성하고, 다양한 가상물체를 구현할 수 있는 환경을 제공한다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치를 간략히 도시한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치를 간략히 도시한 도면이다.
- 도 3은 탄성체 판의 기하학적 모양을 추출한 예를 도시한 도면이다.
- 도 4는 탄성체 판 양단의 거리에 따른 탄성체 판 중심에서의 곡률 변화를 도시한 도면이다.
- 도 5는 탄성체 판에 곡면을 렌더링하는 과정을 설명하기 위한 변수들을 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치가 곡면을 렌더링하는 과정을 간략히 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0023] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0024] 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...모듈"의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0025] 이제 도 1 내지 도 6을 참고하여 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치 및 이를 이용한 곡면 렌더링 방법에 대하여 상세하게 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치를 간략히 도시한 도면이다. 이때, 곡면 햅틱 장치는 본 발명의 실시예에 따른 설명을 위해 필요한 개략적인 구성만을 도시할 뿐 이러한 구성에 국한되는 것은 아니다.
- [0027] 도 1을 참조하면, 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)는 구부러지는 탄성체 판을 이용해 곡면을 렌더링하는 장치로서, 탄성체 판을 구부러서 원하는 목표 곡률을 가진 곡선 표면을 생성한다. 따라서, 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)는 생성된 곡면을 사용자의 손이 움직이는 곳에 위치시킴으로써, 사용자에게 가상의 구부러진 면의 느낌을 제공하고, 다양한 가상물체를 구현할 수 있다.
- [0028] 그리고, 곡면 햅틱 장치(100)는 본 발명의 한 실시예에 따라 탄성체 판(110), 구동부(120) 및 제어부(130)를 포함한다.
- [0029] 우선, 곡면 햅틱 장치(100)는 탄성체 판(110)을 구부러서 탄성체 판(110)의 원하는 위치에 원하는 곡률을 가진 곡면을 생성한다. 여기서, 탄성체 판(110)은 아크릴이나 플라스틱 등과 같은 재질로 이루어지며, 외부의 힘에 의해 구부러져 판의 표면에 곡면이 생성될 수 있다.
- [0030] 구동부(120)는 탄성체 판(110)의 양단에 연결에 연결되고, 제어부(130)의 제어에 따라 탄성체 판(110)을 구부러 탄성체 판(110)의 특정 위치에 곡면을 생성한다. 여기서, 구동부(120)는 본 발명의 한 실시예에 따라 탄성체 판(110)의 양단에 연결되는 적어도 하나 이상의 로봇암(122)을 포함한다.
- [0031] 제어부(130)는 탄성체 판(110)의 양단 거리를 조절해 특정 위치에 상기 곡면을 생성하도록 구동부(120)를 제어한다. 제어부(130)는 본 발명의 한 실시예에 따라 로봇암(122)을 3축 방향으로 구동시키거나 회전 방향으로 구동시켜 상기 탄성체 판을 구부리도록 제어할 수 있다.
- [0032] 그리고, 제어부(130)는 본 발명의 한 실시예에 따라 샘플링부(132), 계산부(134) 및 저장부(136)를 포함한다.
- [0033] 샘플링부(132)는 탄성체 판(110)의 적어도 두 지점간 직선 거리에 따라, 탄성체 판(110)의 특정 위치에 형성되는 곡면의 곡률을 샘플링한다.
- [0034] 그리고, 계산부(134)는 두 지점간 직선 거리에 따라 탄성체 판(110)의 특정 위치에 형성될 곡면의 곡률값을 계산한다.
- [0035] 저장부(136)는 샘플링부(132)에서 샘플링된 데이터 및 계산부(134)에서 계산된 곡률값이나 거리값을 저장한다.
- [0036] 여기서, 샘플링부(132)는 탄성체 판(110)의 두 지점 사이의 거리에 따른 곡률값을 계산하는 함수를 도출하고, 곡률값에 따라 탄성체 판(110) 양단의 거리값의 도출하는 역함수를 형성할 수 있다.
- [0037] 그리고, 사용자로부터 곡면을 생성할 위치나 곡면의 곡률값이 입력되면, 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)는 저장부(136)에 저장된 데이터 및 샘플링부(132)에서 형성된 역함수를 이용해 탄성체 판(110)에 곡면을 형성하도록 구동부(120)를 제어할 수 있다.
- [0038] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치를 간략히 도시한 도면이다. 여기서, 곡면 햅틱 장치는 본 발명의 실시예에 따른 설명을 위해 필요한 개략적인 구성만을 도시할 뿐 이러한 구성에 국한되는 것은 아니다. 그리고, 도 1과 중복되는 구성에 대한 설명은 생략한다.
- [0039] 구동부(120)는 본 발명의 다른 실시예에 따라 제1 로봇암(122a) 및 제2 로봇암(122b)을 포함한다. 여기서, 제1

로봇암(122a)은 탄성체 판(110)의 일단에 연결되고, 제2 로봇암(122b)이 상기 일단과 대응되는 탄성체 판(110)의 타단에 연결될 수 있다.

[0040] 그리고, 제어부(130)가 제1 로봇암(122a) 및 제2 로봇암(122b)의 관절을 제어하여 탄성체 판(110)의 상기 일단과 상기 타단 사이의 거리를 조절함으로써, 탄성체 판(110)의 원하는 위치에 원하는 곡률을 가진 곡면을 생성할 수 있다.

[0041] 이와 같이, 본 발명의 다른 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)는 2 대의 3자유도 힘 기반 로봇암을 사용할 수 있다. 이때, 곡면 햅틱 장치(100)는 두 개의 로봇암을 서로 마주보게 배치하고, 그 사이에 5 내지 10 밀리미터 두께의 탄성체 판을 부착한다. 로봇암에 탄성체 판의 부착 시 3자유도 유니버설 조인트(universal joint)를 사용한다. 그리고, 탄성체 판 부착 시에, 버클링(Buckling)을 위한 임계 하중(Critical load)을 낮추기 위해 두 유니버설 조인트는 두 로봇 팔의 작용점을 잇는 선상에 위치하지 않게 설계할 수 있다.

[0042] 곡면 햅틱 장치(100)는 두 로봇암이 내는 힘으로 탄성체 판을 양쪽에서 압축시켜 탄성체 판을 구부러지게 한다. 이때, 곡면 햅틱 장치(100)는 로봇암의 힘을 체계적으로 제어하여 탄성체 판 표면에 다양한 곡률을 가진 곡면을 만들 수 있고, 이때 구부러진 탄성체 판을 사용자가 만짐으로써 상호작용을 수행한다. 또한, 로봇암의 위치 제어 기능으로 구부러진 탄성체 판의 위치와 방향 또한 자유롭게 제어할 수 있다.

[0043] 도 3은 탄성체 판의 기하학적 모양을 추출한 예를 도시한 도면이다.

[0044] 탄성체 판의 곡률은 두 개의 로봇암의 관절 사이의 거리에 따라 바뀔 수 있다. 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)가 다양한 가상물체를 구현하기 위해서는 각각의 곡률에 대한 렌더링이 필요한데, 이를 위해서 정확한 곡률 및 관절거리의 관계 모델링이 필요하다.

[0045] 이를 위해서 3D 상의 위치를 정확하게 측정할 수 있는 장비를 사용해 다양한 관절거리 상에서 두 조인트 사이를 연결하는 판 위의 곡선의 기하학적 구조(Geometry)를 추출한다.

[0046] 도 3을 참조하면, 탄성체 판이 완전히 평평한 상태에서 시작해 완전히 구부러질 때까지 관절거리를 5 mm씩 줄이면서 판 표면 위의 기하학적 모양을 추출한 예이다. 그리고, 이를 모델화하기 위해 각 곡선을 n차 다항식을 사용해 곡선 맞춤(Curve fitting)한다. 이렇게 구해진 다항식은 미분을 이용하여 곡면의 특정 지점에서의 곡률을 계산할 수 있다.

[0047] 도 4는 탄성체 판 양단의 거리에 따른 탄성체 판 중심에서의 곡률 변화를 도시한 도면이다.

[0048] 도 4를 참조하면, 본 발명의 한 실시예에 따라 탄성체 판 중심(예를 들어, 높이가 최대가 되는 지점)에서의 곡률과 거리와의 관계를 보여준다. 이를 통해 원하는 곡률을 구하기 위해 로봇암의 관절 사이의 거리를 어떻게 제어해야 하는지 알 수 있다.

[0049] 예를 들어, 구현하고자 하는 가상물체가 원통형 모양이고, 한쪽 방향으로만 구부러진다고 가정한다. 이러한 경우에, 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)는 탄성체 판의 중심에서 원하는 곡률을 가지게 하는 로봇암의 관절 거리를 계산하고, 로봇암의 관절을 제어하여 탄성체 판의 중심에 가상물체와 같은 곡면을 형성함으로써, 사용자에게 원통형의 가상물체를 만지는 촉감을 제공할 수 있다.

[0050] 이하에서는, 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)가 탄성체 판에 곡면을 생성할 수 있도록, 데이터를 구축하고 곡면을 렌더링하는 과정을 수식을 통해 상세히 설명한다.

[0051] 우선, 도 5은 탄성체 판에 곡면을 렌더링하는 과정을 설명하기 위한 변수들을 도시한 도면이다.

[0052] 아래의 수학적 식 1은 탄성체 판의 두 지점의 위치와 곡면이 생성될 위치의 관계를 나타낸다.

수학적 식 1

$$\mathbf{p}_1 = \mathbf{p}_t - h\mathbf{u}_n - \frac{d}{2}\mathbf{u}_c,$$

$$\mathbf{p}_2 = \mathbf{p}_t - h\mathbf{u}_n + \frac{d}{2}\mathbf{u}_c,$$

[0053]

[0054] 여기서, $\mathbf{p}_1$ 과 $\mathbf{p}_2$ 는 로봇암의 관절 위치 또는 탄성체 판의 두 지점을 나타내고, d 는 두 지점 사이의 거리를 나타낸다. 그리고, $\mathbf{p}_t$ 는 사용자가 탄성체 판을 만지는 부분으로, 탄성체 판의 중심 또는 목표 곡률을 가진 곡면이 렌더링되는 부분이다.

[0055] 그리고, $\mathbf{u}_c$ 는 목표 곡률이 최대화되는 방향을 나타내는 3D 단위 벡터이다. h 는 압축 힘이 적용 안된 경우의 $\mathbf{p}_t$ 와 압축 힘이 적용되어 구부러졌을 때의 $\mathbf{p}_t$ 사이의 거리를 뜻하고, $\mathbf{u}_n$ 은 $\mathbf{p}_t$ 의 단위 표면 법선 벡터를 나타낸다.

[0056] 따라서, 곡면이 생성될 위치, 즉 $\mathbf{p}_t$ 와 그 지점의 방향벡터 $\mathbf{u}_c$ 를 통하여 $\mathbf{p}_1$ 의 위치와 $\mathbf{p}_2$ 의 위치를 상기 수학식 1을 통해 구할 수 있다.

[0057] 이때, 수학식 1에서의 변수는 $\mathbf{u}_c$, h 및 d 값이다. 여기서, d 의 경우는 도 3의 곡선 식의 역함수를 통해서 목표 곡률값 k 에 대한 거리값 d 를 구할 수 있다. 그리고, h 는 도 4의 그래프를 통해 도출할 수 있다.

[0058] 그리고, $\mathbf{u}_n$ 은 탄성체 판이 회전한 정도를 나타내는 단위 법선 벡터이므로, 아래의 수학식 2로부터 구한다.

수학식 2

$$\mathbf{u}_n = \frac{\mathbf{u}_c \times \mathbf{u}_l}{|\mathbf{u}_c \times \mathbf{u}_l|}$$

[0059]

[0060] 이때, l 은 로봇암이 탄성체 판과 연결되는 모서리부분이고, $\mathbf{u}_l$ 의 경우 l 방향의 단위벡터이다. 이때, 탄성체 판은 $\mathbf{u}_c$ 방향으로 회전할 수 없다고 가정하고, $\mathbf{u}_l$ 은 항상 z 축에 수직하다고 가정한다. 결과적으로 $\mathbf{u}_l$ 의 z 축 성분은 0이 된다. 따라서, $\mathbf{u}_l$ 은 다음의 수학식 3과 같이 표현할 수 있고, 수학식 2와 수학식 3에 의해서 $\mathbf{u}_n$ 이 계산된다.

수학식 3

$$\mathbf{u}_l \cdot \dot{\mathbf{u}}_c = 0, |\mathbf{u}_l| = 1$$

[0061]

[0062] 따라서, 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)는 수학식 1에서의 변수 값들을 구할 수 있게 되었다. 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)는 곡면을 렌더링을 할 때 두 로봇암의 위치 또는 탄성체 판 두 지점의 위치인 $\mathbf{p}_1$ 과 $\mathbf{p}_2$ 의 값에 기반을 두어 로봇암을 제어함으로써, 탄성체 판에 목표 곡률을 가진 곡면을 렌더링할 수 있다.

[0063] 도 6은 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치가 곡면을 렌더링하는 과정을 간략히 도시한 흐름도이다. 이때, 이하의 흐름도는 도 1 및 도 2의 구성과 연계하여 동일한 도면부호를 사용하여 설명한다.

[0064] 도 6을 참조하면, 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)가 탄성체 판 두 지점 사이의 거리에 따른 탄성체 판의 특정 위치에 형성될 곡면의 곡률값을 샘플링한다(S100). 이때, 곡면 햅틱 장치(100)는 탄성체 판의 두 지점 사이의 거리에 따른 곡률값을 계산하는 함수를 도출하고, 곡률값에 따라 상기 탄성체 판 양단의 거리값의 도출하는 역함수를 형성할 수 있다.

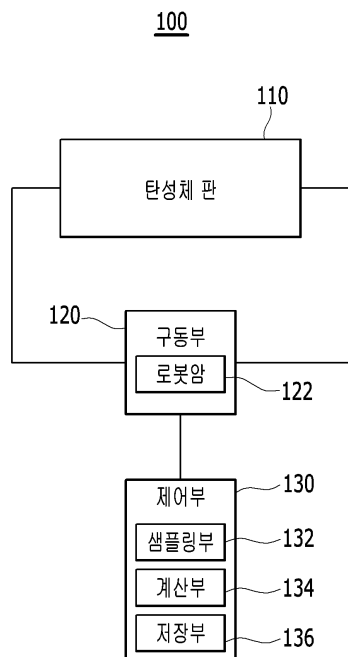
[0065] 그리고, 곡면 햅틱 장치(100)는 사용자로부터 원하는 곡면의 위치 또는 곡률값을 입력받고(S110), 입력된 곡률값을 형성하는 탄성체 판의 두 지점 사이의 거리값을 도출한다(S120). 곡면 햅틱 장치(100)는 원하는 지점에 형성할 곡면의 곡률값을 상기 역함수에 적용해 두 점 사이의 거리값을 계산할 수 있다.

[0066] 그리고 나서, 곡면 햅틱 장치(100)는 도출된 거리값에 따라 탄성체 판을 구부려 두 지점 사이의 거리를 조절하고, 탄성체 판의 원하는 특정 위치에 원하는 곡률을 가진 곡면을 생성한다(S130, S140).

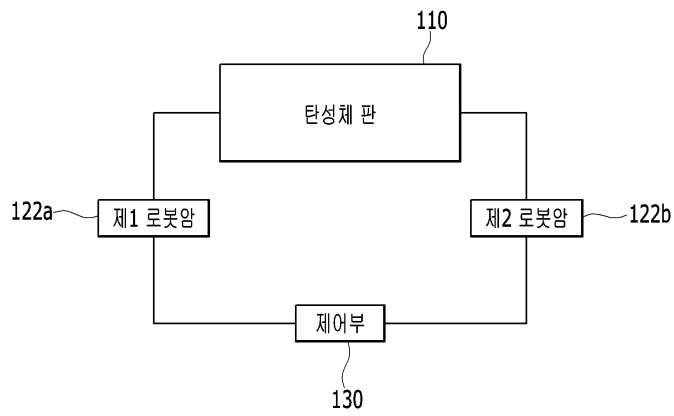
- [0067] 이와 같이, 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치 및 곡면 렌더링 방법은 탄성체 판의 두 지점 사이의 거리를 조절하도록 제어함으로써, 탄성체 판의 원하는 위치에 원하는 모양의 곡률을 가진 곡면을 생성하고, 다양한 가상물체를 구현할 수 있는 환경을 제공한다.
- [0068] 따라서, 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)는 다양한 모양의 원통형 가상물체에 대한 촉감을 줄 수 있어서 햅틱이 포함된 가상현실 시스템의 적용분야에 적용 가능하다. 즉, 본 발명의 한 실시예에 따른 곡면 햅틱 장치(100)는 가상현실 운동기술 훈련 시뮬레이터 (예를 들어, 야구 배팅훈련, 골프 스윙 훈련), 의료 시뮬레이터(예를 들어, 개복수술 훈련, 복강경 수술 훈련, 촉감진단 훈련), 가상현실 엔터테인먼트(예를 들어, 가상현실 게임, 교육용 게임) 등에 적용이 가능하다.
- [0069] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있다. 이러한 기록 매체는 서버뿐만 아니라 사용자 단말에서도 실행될 수 있다.
- [0070] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

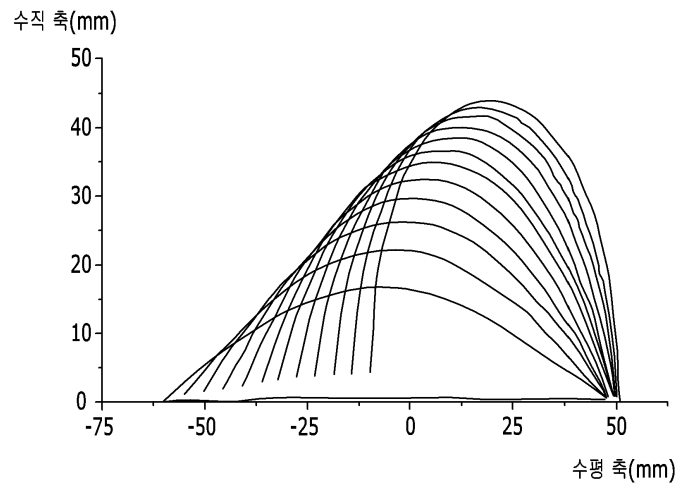
도면1



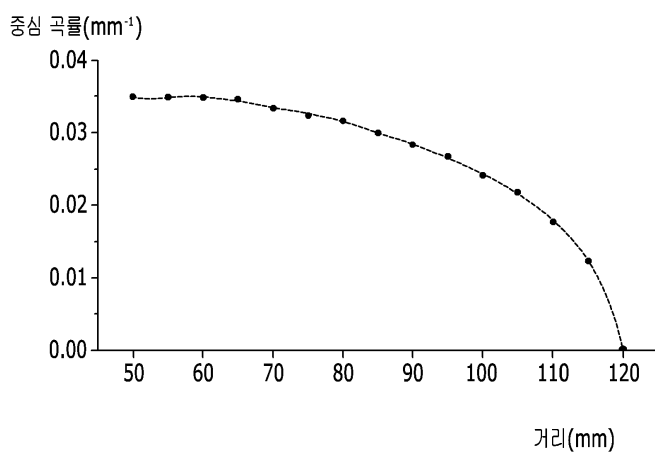
도면2



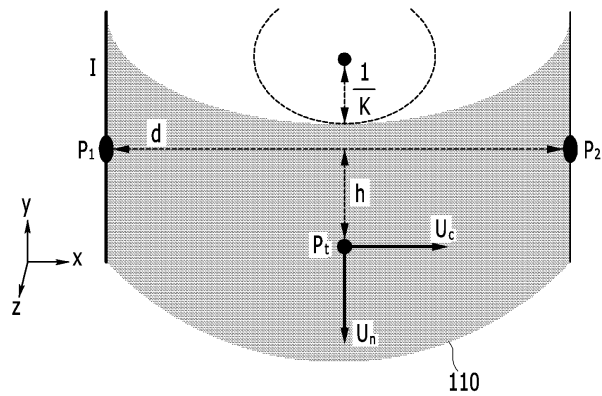
도면3



도면4



도면5



도면6

