



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0016227
(43) 공개일자 2018년02월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 3/01 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G06F 3/016 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0157634

(22) 출원일자 2016년11월24일

심사청구일자 2016년11월24일

(30) 우선권주장

62/370,725 2016년08월04일 미국(US)

(71) 출원인

한국기술교육대학교 산학협력단

충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)

(72) 발명자

유지환

충청남도 천안시 동남구 청수4로 11, 408동 2004호 (청당동, 청수한양수자인)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

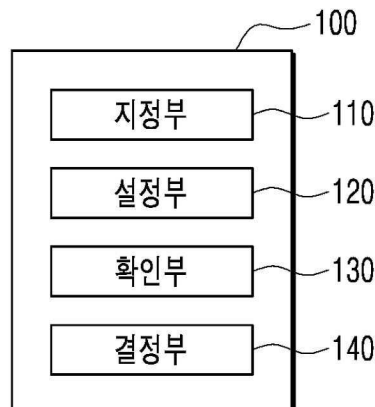
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 햅틱 인터랙션 장치 및 그 동작 방법

(57) 요약

본 발명은 피드포워드 힘의 오프셋(feedforward force offset) 값을 이용하는 연속 힘 증가(SFA, Successive Force Augment) 방식을 채택함으로써, 인터랙션의 안정성이 보장됨을 전제로 가상환경과의 고 강도(stiffness)의 햅틱 인터랙션을 구현할 수 있는 햅틱 인터랙션 장치 및 그 동작 방법을 제안한다.

대표도 - 도2



명세서

청구범위

청구항 1

가상환경에서의 햅틱 인터랙션 포인트의 침투 깊이와 상기 침투 깊이에 상응하는 피드백 힘과 관련된 목표강도가 지정되면, 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 가상환경 안쪽으로 침투하는 경우 발생할 피드백 힘을 설정하는 설정부;

상기 설정된 피드백 힘에 따라, 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 프레스링 경로를 따라 가상환경 안쪽으로 침투하고 릴리싱 경로를 따라 침투시와는 반대 방향으로 이동하는 하나의 사이클이 종료되는 경우, 상기 사이클에서의 강도를 확인하는 확인부; 및

상기 사이클에서 확인된 강도와 상기 목표강도를 비교한 결과를 기초로, 상기 사이클과 이웃한 다음 사이클에서의 피드백 힘과 관련된 피드포워드 힘의 오프셋 값을 결정하는 결정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 햅틱 인터랙션 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 피드포워드 힘의 오프셋 값은,

상기 사이클이 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 가상환경 안쪽으로 침투하는 최초 사이클인 경우에는 제로('0') 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 햅틱 인터랙션 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 피드포워드 힘의 오프셋 값은,

상기 사이클에서 확인된 강도가 상기 목표강도보다 임계치 이상으로 작은 경우, 이웃한 다음 사이클에서의 오프셋 값은 상기 사이클에서의 오프셋 값보다 큰 값으로 결정되며,

상기 사이클에서 확인된 강도가 상기 목표강도보다 임계치 이상으로 큰 경우, 이웃한 다음 사이클에서의 오프셋 값은 상기 사이클에서의 오프셋 값보다 작은 값으로 결정되며,

상기 사이클에서 확인된 강도와 상기 목표강도와의 차이가 임계치 이내인 경우에는, 상기 사이클에서의 오프셋 값을 기준으로 토글링(Toggling)되도록 결정되는 것을 특징으로 하는 햅틱 인터랙션 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 설정부는,

상기 햅틱 인터랙션 포인트의 가상환경 안쪽에서의 침투거리에 따라 발생하는 피드백 힘을 상기 목표강도에 의해 발생해야 할 피드백 힘보다 작게 설정하는 것을 특징으로 하는 햅틱 인터랙션 장치.

청구항 5

가상환경에서의 햅틱 인터랙션 포인트의 침투 깊이와 상기 침투 깊이에 상응하는 피드백 힘과 관련된 목표강도가 지정되면, 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 가상환경 안쪽으로 침투하는 경우 발생할 피드백 힘을 설정하는 설정단계;

상기 설정된 피드백 힘에 따라, 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 프레스링 경로를 따라 가상환경 안쪽으로 침투하고 릴리싱 경로를 따라 침투시와는 반대 방향으로 이동하는 하나의 사이클이 종료되는 경우, 상기 사이클에서의 강도를 확인하는 확인단계; 및

상기 사이클에서 확인된 강도와 상기 목표강도를 비교한 결과를 기초로, 상기 사이클과 이웃한 다음 사이클에서의 피드백 힘과 관련된 피드포워드 힘의 오프셋 값을 결정하는 결정단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 햅틱 인터랙션 장치의 동작 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 피드포워드 힘의 오프셋 값은,

상기 사이클이 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 가상환경 안쪽으로 침투하는 최초 사이클인 경우에는 제로('0') 값으로 결정되는 것을 특징으로 하는 햅틱 인터랙션 장치의 동작 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 피드포워드 힘의 오프셋 값은,

상기 사이클에서 확인된 강도가 상기 목표강도보다 임계치 이상으로 작은 경우, 이웃한 다음 사이클에서의 오프셋 값은 상기 사이클에서의 오프셋 값보다 큰 값으로 결정되며,

상기 사이클에서 확인된 강도가 상기 목표강도보다 임계치 이상으로 큰 경우, 이웃한 다음 사이클에서의 오프셋 값은 상기 사이클에서의 오프셋 값보다 작은 값으로 결정되며,

상기 사이클에서 확인된 강도와 상기 목표강도와의 차이가 임계치 이내인 경우에는, 상기 사이클에서의 오프셋 값을 기준으로 토글링(Toggling)되도록 결정되는 것을 특징으로 하는 햅틱 인터랙션 장치의 동작 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 설정단계는,

상기 햅틱 인터랙션 포인트의 가상환경 안쪽에서의 침투거리에 따라 발생하는 피드백 힘을 상기 목표강도에 의해 발생해야 할 피드백 힘보다 작게 설정하는 것을 특징으로 하는 햅틱 인터랙션 장치의 동작 방법.

청구항 9

제 5 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항의 각 단계를 실행시키도록 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

청구항 10

제 5 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항의 각 단계를 실행시키기 위한 명령어를 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가상환경 기반한 햅틱 인터랙션과 관련하여 안정성이 보장됨을 전제로 고 강도(stiffness)의 가상환경과의 햅틱 인터랙션을 구현하기 위한 방안에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 햅틱 인터랙션은 사용자(오퍼레이터)와 햅틱 디스플레이(이하, '햅틱 인터랙션 장치'라 칭함) 사이에서의 양방향 에너지 흐름을 발생시킨다.

[0003] 이러한 에너지의 발생 및 흐름은 가상환경(VE: virtual environment)의 렌더링에 의존된다.

[0004] 현대, 가상환경의 경계에 해당하는 가상의 벽과의 강한 접촉이 렌더링되는 경우에는, 햅틱 인터랙션 장치에서는

예컨대, 진동 등의 불안정한 거동이 관측될 수 있다.

- [0005] 이러한 거동은 햅틱 인터랙션 장치를 손상시킬 수 있고, 오퍼레이터의 주의를 분산시키거나, 더 안 좋은 경우에는 인간 오퍼레이터에게 상해를 입힐 수 있다.
- [0006] 따라서 이와 관련된 햅틱 인터랙션에서의 안정성 분석은 간과될 수 없는 중요한 문제이다.
- [0007] 이에, 넓은 임피던스 범위에서 안정적인 햅틱 인터랙션을 제공하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있으나, 대부분의 연구에서의 접근방식들은 안정성을 확보하기 위해 강도(stiffness)를 희생하고 있는 실정이다.
- [0008] 이에, 안정성을 확보하면서도 고 강도의 햅틱 인터랙션을 구현할 수 있는 새로운 방안의 마련이 필요하다 할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기한 사정을 감안하여 창출된 것으로서, 본 발명에서 도달하고자 하는 목적은, 가상환경 기반한 햅틱 인터랙션과 관련하여 안정성이 보장됨을 전제로 가상환경과의 고 강도(stiffness)의 햅틱 인터랙션을 구현하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치는, 가상환경에서의 햅틱 인터랙션 포인트의 침투 깊이와 상기 침투 깊이에 상응하는 피드백 힘과 관련된 목표강도가 지정되면, 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 가상환경 안쪽으로 침투하는 경우 발생할 피드백 힘을 설정하는 설정부; 상기 설정된 피드백 힘에 따라, 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 프레싱 경로를 따라 가상환경 안쪽으로 침투하고 릴리싱 경로를 따라 침투시와는 반대 방향으로 이동하는 하나의 사이클이 종료되는 경우, 상기 사이클에서의 강도를 확인하는 확인부; 및 상기 사이클에서 확인된 강도와 상기 목표강도를 비교한 결과를 기초로, 상기 사이클과 이웃한 다음 사이클에서의 피드백 힘과 관련된 피드포워드 힘의 오프셋 값을 결정하는 결정부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0011] 보다 구체적으로, 상기 피드포워드 힘의 오프셋 값은, 상기 사이클이 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 가상환경 안쪽으로 침투하는 최초 사이클인 경우에는 제로('0') 값으로 결정되는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 보다 구체적으로, 상기 피드포워드 힘의 오프셋 값은, 상기 사이클에서 확인된 강도가 상기 목표강도보다 임계치 이상으로 작은 경우, 이웃한 다음 사이클에서의 오프셋 값은 상기 사이클에서의 오프셋 값보다 큰 값으로 결정되며, 상기 사이클에서 확인된 강도가 상기 목표강도보다 임계치 이상으로 큰 경우, 이웃한 다음 사이클에서의 오프셋 값은 상기 사이클에서의 오프셋 값보다 작은 값으로 결정되며, 상기 사이클에서 확인된 강도와 상기 목표강도와의 차이가 임계치 이내인 경우에는, 상기 사이클에서의 오프셋 값을 기준으로 토글링(Toggling)되도록 결정되는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 보다 구체적으로, 상기 설정부는, 상기 햅틱 인터랙션 포인트의 가상환경 안쪽에서의 침투거리에 따라 발생하는 피드백 힘을 상기 목표강도에 의해 발생해야 할 피드백 힘보다 작게 설정하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 방법은, 가상환경에서의 햅틱 인터랙션 포인트의 침투 깊이와 상기 침투 깊이에 상응하는 피드백 힘과 관련된 목표강도가 지정되면, 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 가상환경 안쪽으로 침투하는 경우 발생할 피드백 힘을 설정하는 설정단계; 상기 설정된 피드백 힘에 따라, 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 프레싱 경로를 따라 가상환경 안쪽으로 침투하고 릴리싱 경로를 따라 침투시와는 반대 방향으로 이동하는 하나의 사이클이 종료되는 경우, 상기 사이클에서의 강도를 확인하는 확인단계; 및 상기 사이클에서 확인된 강도와 상기 목표강도를 비교한 결과를 기초로, 상기 사이클과 이웃한 다음 사이클에서의 피드백 힘과 관련된 피드포워드 힘의 오프셋 값을 결정하는 결정단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 보다 구체적으로, 상기 피드포워드 힘의 오프셋 값은, 상기 사이클이 상기 햅틱 인터랙션 포인트가 가상환경 안쪽으로 침투하는 최초 사이클인 경우에는 제로('0') 값으로 결정되는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 보다 구체적으로, 상기 피드포워드 힘의 오프셋 값은, 상기 사이클에서 확인된 강도가 상기 목표강도보다 임계치 이상으로 작은 경우, 이웃한 다음 사이클에서의 오프셋 값은 상기 사이클에서의 오프셋 값보다 큰 값으로 결

정되며, 상기 사이클에서 확인된 강도가 상기 목표강도보다 임계치 이상으로 큰 경우, 이웃한 다음 사이클에서의 오프셋 값은 상기 사이클에서의 오프셋 값보다 작은 값으로 결정되며, 상기 사이클에서 확인된 강도와 상기 목표강도와의 차이가 임계치 이내인 경우에는, 상기 사이클에서의 오프셋 값을 기준으로 토글링(Toggling)되도록 결정되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 보다 구체적으로, 상기 설정단계는, 상기 햅틱 인터랙션 포인트의 가상환경 안쪽으로의 침투거리에 따라 발생하는 피드백 힘을 상기 목표강도에 의해 발생해야 할 피드백 힘보다 작게 설정하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명의 다른 실시예는, 상기의 햅틱 인터랙션 방법의 각 단계를 실행시키도록 구현되어 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램일 수 있다.

[0019] 본 발명의 또 다른 실시예는, 상기의 햅틱 인터랙션 방법의 각 단계를 실행시키기 위한 명령어를 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 기록매체일 수 있다.

발명의 효과

[0020] 이에, 본 발명에 따른 햅틱 인터랙션 장치 및 그 동작 방법에 의하면, 피드포워드 힘의 오프셋(feedforward force offset) 값을 이용하는 연속 힘 증가(SFA, Successive Force Augment) 방식을 채택함으로써, 인터랙션의 안정성이 보장됨을 전제로 가상환경과의 고 강도(stiffness)의 햅틱 인터랙션이 구현되는 효과가 성취된다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 시스템을 도시한 도면.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치의 개략적인 구성도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 피드포워드 오프셋을 설명하기 위한 도면.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 연속 힘 증가(SFA) 방식을 설명하기 위한 도면.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치에서의 동작 흐름을 설명하기 위한 도면.

도 6은 햅틱 인터랙션 장치에서 강도 5N/mm의 가상 벽과의 불안정한 햅틱 인터랙션을 설명하기 위한 도면.

도 7은 햅틱 인터랙션 장치에서 강도 5N/mm의 가상 벽과의 안정적인 햅틱 인터랙션을 설명하기 위한 도면.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 연속 힘 증가(SFA) 방식과 힘 제한 방식(Force Bounding Approach; FBA)에서의 햅틱 인터랙션을 비교 설명하기 위한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 시스템을 도시한 도면이다.

[0024] 도 1에 도시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 시스템은 사용자에게 해당하는 오퍼레이터와 가상환경 간에 햅틱 인터랙션을 제공하는 햅틱 인터랙션 장치(100)를 포함하는 구성을 가질 수 있다.

[0025] 이러한, 햅틱 인터랙션 시스템의 구성에서 시스템 안정성에 대한 분석은 결코 경시되어서는 안될 중요한 기준이며, 시스템의 투명성(transparency)을 향상시키고 임피던스 범위를 확대시킨 것 역시 중요한 과제일 것이다.

[0026] 그간 안전성을 보장하면서도 시스템의 투명성을 향상시키기 위한 다양한 방식들이 제안되어 왔는데, 그 중 수동성(passivity)은 시스템 파라미터와 무관하게 햅틱 인터랙션과 관련된 주요한 수학적 수단이라고 볼 수 있을 것이다.

[0027] 관련하여 이러한 수동성 이론으로부터 도출되어 예컨대, 시간-도메인 수동성 방식, 에너지 제한 알고리즘, 및 힘 제한 알고리즘 등이 안정적인 햅틱 인터랙션을 보장하기 위해 제안되었다.

[0028] 그러나, 안정적인 햅틱 인터랙션을 보장하는 위 방식들 대부분은 안정성을 확보하기 위해 인터랙션에서의 강도(stiffness)를 희생하고 있는 실정이다.

[0029] 이에, 본 발명의 일 실시예에서는 가상환경 기반한 햅틱 인터랙션과 관련하여 안정성이 보장됨을 전제로 고 강도의 햅틱 인터랙션을 구현하기 위한 새로운 방안을 제안하고자 하며, 이하에서는 이를 구현하기 위한 햅틱 인

터랙션 장치(100)의 구성에 대해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

- [0030] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치(100)의 구성을 개략적으로 보여주고 있다.
- [0031] 도 2에 도시된 바와 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치(100)는 가상환경에서의 목표강도를 지정하는 지정부(110), 피드백 힘(state dependent linear feedback force)을 설정하는 설정부(120), 강도를 확인하는 확인부(130), 및 피드백 힘과 관련하여 피드포워드 힘의 오프셋(feedforward force offset) 값을 결정하는 결정부(140)를 포함하는 구성을 가질 수 있다.
- [0032] 이상의 지정부(110), 설정부(120), 확인부(130), 및 결정부(140)를 포함하는 햅틱 인터랙션 장치(100)의 구성 전체 내지는 적어도 일부는, 하드웨어 모듈 형태 또는 소프트웨어 모듈 형태로 구현되거나, 하드웨어 모듈과 소프트웨어 모듈이 조합된 형태로 구현될 수 있다.
- [0033] 여기서, 소프트웨어 모듈이란, 예컨대, 햅틱 인터랙션 장치(100) 내에서 연산을 수행하는 프로세서에 의해 실행되는 명령어로 이해될 수 있으며, 이러한 명령어는 햅틱 인터랙션 장치(100) 내 메모리에 탑재된 형태를 가질 수 있을 것이다.
- [0034] 진술한 구성을 가지는 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치(100)는 햅틱 인터랙션의 안정성 보장과, 고 강도를 구현하기 위한 수단으로서 피드포워드 힘의 오프셋 값을 이용하는 연속 힘 증가(SFA, Successive Force Augment) 방식을 채택하게 되는 데, 이하에서는 이와 관련된 햅틱 인터랙션 장치(100) 내 각 구성에 대해 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0035] 지정부(110)는 가상환경에서의 목표강도를 지정하는 기능을 처리한다.
- [0036] 보다 구체적으로, 지정부(110)는 가상환경에서의 햅틱 인터랙션 포인트(HIP, Haptic Interaction Point)의 침투 깊이와 침투 깊이에 상응하는 피드백 힘과 관련된 목표강도를 지정하게 된다.
- [0037] 여기서, 햅틱 인터랙션 포인트란 가상환경에서의 사용자의 손의 위치를 의미하는 것으로서, 사용자에게 햅틱 정보를 제공하는 장치의 프로브(probe)의 위치를 의미하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0038] 이때, 목표강도는 가상환경에서의 햅틱 인터랙션 포인트의 침투 깊이와 침투 깊이에 상응하는 피드백 힘 간의 상관관계를 나타내는 목표기울기로부터 도출될 수 있다.
- [0039] 설정부(120)는 피드백 힘을 설정하는 기능을 처리한다.
- [0040] 보다 구체적으로, 설정부(120)는 가상환경에서의 목표강도가 지정되면, 햅틱 인터랙션 포인트를 가상환경 안쪽으로 침투시키기 위한 피드백 힘을 설정하게 된다.
- [0041] 이때, 설정되는 피드백 힘은 아래 [수식 1]에서와 같이 표현될 수 있다.
- [0042] [수식 1]

$$f(n) = Kx(n) + offset$$

- [0043]
- [0044] 여기서, 'K'는 가상환경에서의 강도이고, 'x(n)'은 햅틱 인터랙션 포인트의 침투 깊이를 나타낸다.
- [0045] 한편, 위 [수식 1]에서 'offset'은 피드포워드 힘의 오프셋 값을 의미하는 것으로서, 시스템 상태에 대해 독립적인 속성을 가짐에 따라 인터랙션의 불안정성을 해소시킴과 동시에, 강도를 변경시키는 중요 파라미터로서 작용하게 된다.
- [0046] 관련하여 도 3에는 서로 다른 피드포워드 힘의 오프셋 값에 따른 3가지 경우(Case1, Case2, Case)를 보여주고 있으며 관련 설명은 다음과 같다.
- [0047] Case 1: 오프셋 값은 0이다.
- [0048] 사용자(오퍼레이터)의 힘이 가상환경으로부터의 피드백 힘과 동일한 지점에서 수렴된다. 양자화(quantization)와 ZOH(Zero-Order Hold)로 인해서 수렴 지점에서 앞뒤로의 작은 움직임이 존재하게 되며, 해당 수렴 영역은 도 3에서 녹색 상자로 표시된다.
- [0049] Case 2: 오프셋 값은 양의 값이다.

- [0050] Case 1에서와 동일한 힘이 사용자(오퍼레이터)에 의해 가해진다고 가정하면, 수렴 지점은 Case 1과 비교할 때 왼쪽으로 더 이동하는 것을 확인할 수 있다. 이는 Case 1보다 작은 침투 깊이에서 피드백 힘이 사용자(오퍼레이터)의 힘과 동일해지기 때문이며, 따라서 Case 1보다 보다 더 큰 강도를 보이게 된다.
- [0051] Case 3: 오프셋 값은 음의 값이다.
- [0052] Case 1 및 Case 2에서와 동일한 힘이 사람(오퍼레이터)에 의해 가해질 때, 더 큰 침투 깊이에서 피드백 힘이 사람(오퍼레이터)의 힘과 동일해지게 된다. 따라서 수렴 지점은 Case 1의 경우보다 더 오른쪽으로 이동하게 되며, 이는 Case 1의 경우보다 더 낮은 강도를 보이는 것으로 이해될 수 있다.
- [0053] 이는 디스플레이되는 강도가 케이스 2에 대해 가장 크고, 케이스 1에서는 좀 더 낮으며, 케이스 3에 대해 가장 작다는 것을 보여준다. 한편, 설정부(120)는 각 사이클에서 피드백 힘에 의해 축적되는 에너지가 햅틱 장치 고유의 물리적 댐핑 에너지의 크기보다 작게 설정할 수도 있다.
- [0054] 여기서, 사이클이란 피드백 힘에 따라 햅틱 인터랙션 포인트가 프레싱 경로를 따라 가상환경 안쪽으로 침투된 이후 물리적 댐핑 에너지에 의해 햅틱 인터랙션 포인트가 릴리싱 경로를 따라 가상환경 바깥으로 탈출되는 하나의 주기를 일컫는다.
- [0055] 이처럼, 피드백 힘을 물리적 댐핑 에너지의 크기보다 작게 설정하는 것은, 인터랙션 과정에서 발생하는 에너지를 물리적 댐핑 에너지로 상쇄시킴으로써, 햅틱 인터랙션의 안정성을 확보하기 위함이다.
- [0056] 확인부(130)는 사이클에서의 강도를 확인하는 기능을 처리한다.
- [0057] 보다 구체적으로, 확인부(130)는 설정된 피드백 힘에 따라 햅틱 인터랙션 포인트가 프레싱 경로를 따라 가상환경 안쪽으로 침투된 이후 댐핑 에너지에 의해 햅틱 인터랙션 포인트가 릴리싱 경로를 따라 가상환경 바깥으로 탈출되는 각 사이클이 종료되는 경우, 해당 사이클에서의 강도를 확인하게 된다.
- [0058] 결정부(140)는 다음 사이클에서의 피드백 힘에 대한 피드포워드 힘의 오프셋 값을 결정하는 기능을 처리한다.
- [0059] 보다 구체적으로, 결정부(140)는 사이클에서 확인된 강도와 가상환경의 목표강도를 비교한 결과를 기초로, 종료된 사이클과 이웃한 다음 사이클에서의 피드백 힘과 관련된 피드포워드 힘의 오프셋 값을 결정하게 된다.
- [0060] 이때, 피드포워드 힘의 오프셋 값은, 사이클에서 확인된 강도가 가상환경의 목표강도보다 임계치 이상으로 작은 경우, 이웃한 이전 사이클에서의 오프셋 값보다 큰 값으로 결정되며, 반면 사이클에서 확인된 강도가 상기 목표강도보다 임계치 이상으로 큰 경우, 이웃한 이전 사이클에서의 오프셋 값보다 작은 값으로 결정된다.
- [0061] 또한, 사이클에서 확인된 강도와 상기 목표강도와의 차이가 임계치 이내인 경우에는, 피드포워드 힘의 오프셋 값은 이웃한 이전 사이클에서의 오프셋 값을 기준으로 토글링(Toggling)되도록 결정된다.
- [0062] 한편, 사이클이 햅틱 인터랙션 포인트를 가상환경 안쪽으로 침투시키기 위한 최초 사이클인 경우에는 제로('0') 값으로 결정된다.
- [0063] 결국, 본 발명의 일 실시예에 따른 피드포워드 힘의 오프셋 값은, 제로('0')로 시작하여, 인터랙션의 강도가 가상환경의 목표강도보다 크거나 같아질 때까지, 각각의 인터랙션 사이클에 걸쳐 점차적으로 증가하게 되며, 이후 인터랙션의 강도가 목표강도에 도달한 이후에는 목표강도로 유지될 수 있도록 토글링되는 것이다.
- [0064] 이하에서는, 설명의 이해를 돕기 위해 수식 및 도면을 참조하여 햅틱 인터랙션 장치(100)의 구체적인 동작을 서술하기로 한다.
- [0065] 먼저, 도 4에 도시된 침투 깊이 대 피드백 힘 그래프를 참조하여 한 번에 한 사이클씩 개념적으로 설명하기로 한다.
- [0066] 이때 생성된 에너지가 피드백 힘과 침투 깊이 사이의 선형 관계에 대한 장치의 물리적 댐핑 에너지에 의해 소멸될 수 있는 강도는 아래 [수식 2]와 같은 수동성 조건으로 주어진다.
- [0067] [수식 2]

$$K_{virtual} \leq \frac{2b_m}{\Delta T}$$

[0068]

[0069] 여기서, b_m 은 물리적 댐핑이고 ΔT 는 샘플링 시간이다.

[0070] 햅틱 인터랙션에 대한 상태 의존적 피드백 힘은 아래 [수식 3]과 같이 주어진다.

[0071] [수식 3]

$$f(n) = \begin{cases} K_v(x(n) - x_{wall}) + Offset, & \text{for } x(n) \geq x_{wall} \\ 0, & \text{for } x(n) < x_{wall} \end{cases}$$

[0072]

[0073] 여기서 $f(n)$ 은 피드백 힘, K_v 는 $K_v < K_{virtual}$ 이 되도록 선택된 강도이고 $x(n)$ 은 침투 깊이이다.

[0074] 제1사이클(Cycle 1)에 대한 오프셋 값은 0이다. 따라서, 제1사이클(Cycle 1)에 대한 침투 깊이 대 피드백 힘은 도 4 (a) 에 도시된 바와 같다.

[0075] 제1사이클(Cycle 1), 즉 프레싱 경로와 릴리싱 경로가 끝나면, 강도는 아래 [수식 4]와 같이 주어진다.

[0076] [수식 4]

$$K_{displayed}(n) = \frac{f(n)}{x(n) - x_{wall}}$$

[0077]

[0078] 강도는 매 사이클 종료 시에 목표 강도와 비교된다. 이때, 오프셋 값은 강도가 목표 강도보다 더 큰지 작은지에 따라서, [수식3]에서의 α 만큼 감소되거나 또는 증가된다.

[0079] 기울기 K_v 는 $K_{virtual}$ 보다 어느 정도 작게 취해지므로, [수식 2]를 고려하여 오프셋 값은 매 사이클 이후에 최대 아래 [수식 5]에서의 값만큼 증가되거나 감소될 수 있다.

[0080] [수식 5]

$$\alpha = [\frac{2b_m}{\Delta T}(x(n) - x_{wall}) + f(k-1) - \frac{2b_m}{\Delta T}(x(n-1) - x_{wall})] - f(n)$$

[0081]

[0082] 여기서, K_v 값이 더 작을수록 매 사이클 이후에 α 값이 더 커지며, K_v 값이 더 커지면 반대가 된다.

[0083] 오프셋 값은 아래 [수식 6]과 관련하여 강도가 목표강도보다 크거나 같아질 때까지 제1사이클(Cycle 1)에 대해 증가를 유지하게 되는 데 이는 도 4 (b)에 도시된 바와 같다. 그 이후에는 오프셋 값은 강도를 목표강도에 가깝게 유지시키기 위하여 토글링된다.

[0084] [수식 6]

$$Offset = \begin{cases} Offset + \alpha, & \text{for } K_{displayed} \leq K_{desired} \\ Offset - \alpha, & \text{for } K_{displayed} > K_{desired} \end{cases}$$

[0085]

[0086] 햅틱 인터랙션 동안 생성된 에너지는 아래 [수식 7]과 같다.

[0087] [수식 7]

$$E_g(n) = \sum_{k=1}^n [f(k-1)\dot{x}(k)]\Delta T$$

[0088]

[0089] 여기서, $f(k-1)$ 은 마지막 샘플로부터의 피드백 힘이며, $\dot{x}(k)$ 는 장치의 속도이다.

[0090] 햅틱 인터랙션에 의해 소멸된 에너지는 아래 [수식 8]과 같다.

[0091] [수식 8]

$$E_b(n) = \sum_{k=1}^n [b_m(\dot{x}(k))^2] \Delta T$$

[0092]

[0093] K_{virtual} 보다 더 작은 강도를 사용하게 되면 안정적인 인터랙션을 유지할 수 있게 되는데, 이는 인터랙션 동안 생성된 모든 에너지가 물리적 댐핑에 의해 소멸될 수 있기 때문이다.

[0094] 오프셋 값에 의해 생성되는 추가 에너지가 일부 존재할 수 있는 데, 이는 장치의 고유 댐핑에 의해 소멸될 수 있는 것보다 더 큰 경우가 발생할 수 있다.

[0095] 그러나, 이와 같이 추가로 생성된 에너지는 다음 사이클의 프레싱 경로에서 시스템으로 다시 공급되게 되는 데, 이에 따라 시스템은 인터랙션 동안에 안정되게 유지될 수 있다.

[0096] 이는 아래 [수식 9]와 관련된다.

[0097] [수식 9]

$$E(n) = E_g(n) + E_b \geq 0$$

[0098]

[0099] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치(100)의 구성에 따르면, 피드포워드 힘의 오프셋(feedforward force offset) 값을 이용하는 연속 힘 증가(SFA, Successive Force Augment) 방식을 채택함으로써, 인터랙션의 안정성 및 고 강도를 보장할 수 있는 것이다.

[0100] 이상 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치(100)의 구성에 대한 설명을 마치고, 이하에서는, 도 5를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치(100)에서의 동작 흐름을 설명하기로 한다.

[0101] 먼저, 지정부(110)는 단계 'S110'에 따라 가상환경에서의 햅틱 인터랙션 포인트(HIP, Haptic Interaction Point)의 침투 깊이와 침투 깊이에 상응하는 피드백 힘과 관련된 목표강도를 지정한다.

[0102] 이때, 목표강도는 가상환경에서의 햅틱 인터랙션 포인트의 침투 깊이와 침투 깊이에 상응하는 피드백 힘 간의 상관관계를 나타내는 목표기울기로부터 도출될 수 있다.

[0103] 이어서, 설정부(120)는 가상환경에서의 목표강도가 지정된 이후 단계 'S120'을 통해 초기 사이클의 시작이 확인되는 경우, 단계 'S130'에 따라서 초기 사이클에서 입력될 피드백 힘을 물리적 댐핑 에너지의 크기보다 작게 설정한다.

[0104] 이때, 결정부(140)는 초기 사이클에서의 피드백 힘이 설정이 이루어지는 경우에는 피드포워드 힘과 관련된 피드포워드 힘의 오프셋 값을 제로('0') 값으로 결정한다.

[0105] 나아가, 확인부(130)는 단계 'S140'을 통해, 설정된 피드백 힘에 따라 햅틱 인터랙션 포인트가 프레싱 경로를 따라 가상환경 안쪽으로 침투된 이후 댐핑 에너지에 의해 햅틱 인터랙션 포인트가 릴리싱 경로를 따라 가상환경 바깥으로 탈출되는 사이클이 종료 확인되는 경우, 단계 'S150'에 따라 해당 사이클에서의 강도를 확인한다.

[0106] 이후, 결정부(140)는 단계 'S170'에 따라 사이클에서 확인된 강도와 가상환경의 목표강도를 비교한 결과를 기초로, 종료된 사이클과 이웃한 다음 사이클에서의 피드백 힘과 관련된 피드포워드 힘의 오프셋 값을 결정한다.

[0107] 여기서, 피드포워드 힘의 오프셋 값은, 사이클에서 확인된 강도가 가상환경의 목표강도보다 임계치 이상으로 작은 경우, 이웃한 이전 사이클에서의 오프셋 값보다 큰 값으로 결정되며, 반면 사이클에서 확인된 강도가 상기 목표강도보다 임계치 이상으로 큰 경우, 이웃한 이전 사이클에서의 오프셋 값보다 작은 값으로 결정된다.

[0108] 또한, 사이클에서 확인된 강도와 상기 목표강도와의 차이가 임계치 이내인 경우에는, 피드포워드 힘의 오프셋 값은 이웃한 이전 사이클에서의 오프셋 값을 기준으로 토글링(Toggling)되도록 결정된다.

[0109] 이때, 설정부(120)는 초기 사이클에서의 피드백 힘 설정과 마찬가지로 후속될 사이클에서의 피드백 힘을 물리적 댐핑 에너지의 크기보다 작게 설정한다.

[0110] 이상의 단계 'S140' 내지 'S160'을 통해 이루어지는 햅틱 인터랙션 장치(100)의 동작은 단계 'S170'에서 가상환경과의 인터랙션의 종료가 확인되는 시점까지 반복된다.

[0111] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치(100)에서의 동작 흐름에 따르면, 피드포워드 힘의 오프셋(feedforward force offset) 값을 이용하는 연속 힘 증가(SFA, Successive Force Augment) 방식을 채택함으로써, 햅틱 인터랙션의 안정성 및 고 강도가 보장되는 효과가 성취되고 있음을 알 수 있다.

[0112] 본 발명에 의해 위와 같은 효과가 성취된다는 것은 이하의 실험 섹션에서의 연구를 통해 더 증명될 수 있다.

[0114] 본 발명에 대한 실험

[0115] A. 실험 셋업

[0116] 단일-DOF 임피던스 타입 햅틱 디스플레이에 대해 본 발명에서 제안한 방식의 성능을 입증하기 위하여, PHANTOM Premium 1.5 를 사용하였다. 기본적인 내용은 다음과 같다: 8.5 N 의 최대 힘 출력, 1.4 N 의 연속적으로 가해질 수 있는 힘, 0.03의 인코더 해상도(encoder resolution) 및 1 kHz의 샘플링 레이트. 시스템이 안정화되는 햅틱 디스플레이의 물리적 댐핑, (b_m), 은 0.00050 Ns/mm 로 선택되며, 따라서 [수식 2]에 의해서, 햅틱 인터랙션이 안정적이 되는 VE의 최대 강도는 1 N/mm 이다. [수식 3]에 대한 K_v 는, 앞서 설명한 바와 같이, 1 N/mm 보다 작은 어떠한 값도 될 수 있으며, 0.8 N/mm 로 선택되었다.

[0117] VE 와의 햅틱 프로브의 인터랙션은 아래 [수식 10]과 같이 단순한 가상 스프링으로서 모델링 되었다.

[0118] [수식 10]

$$f_e(n) = \begin{cases} kx(n), & \text{for } x(n) \geq 0 \\ 0, & \text{for } x(n) < 0 \end{cases}$$

[0119]

[0120] 여기서, $x(n)$ 은 VE 의 햅틱 프로브의 침투 깊이이고, k 는 VE 의 실제 강도이다.

[0122] B. 실험 결과 평가

[0123] 5 N/mm 강도의 가상 벽에 대한 실험 결과가 도 6에 도시되어 있다. 생성된 에너지는 시스템의 물리적 댐핑에 의해 소멸될 수 있는 것보다 훨씬 크기 때문에, 응답이 불안정했다. 도 7은 SFA 방식을 실행하여 실험을 수행한 결과를 보여준다. 도 7a 및 도 7b는 햅틱 인터랙션에서의 위치 및 힘이 시간에 대해 안정적임을 보여주고 있다. 도 7d에서는 볼가 몇 밀리 세컨드 이내로 가상 벽의 목적하는 강도에 가깝게 된 디스플레이 강도를 관찰할 수 있다. 이때 위치 및 힘 그래프로부터는 안정적인 햅틱 인터랙션이 이루어지고 있으며, 따라서 오퍼레이터는 가상환경과의 인터랙션 과정에서 어떠한 진동도 느끼지 못하게 된다. 한편, 종래 기술에서는, PHANTOM Premium 1.5 를 이용하여 3 N/mm 또는 그보다 큰 디스플레이 강도 및 변화율 경도를 디스플레이 할 수 있는 다른 방식은 없다.

[0125] C. 힘 제한 방식과의 비교

[0126] 여기서는 본 발명에 따른 SFA 방식을 힘 제한 방식(Force Bounding Approach; FBA)과 비교한다. PHANTOM Premium 1.5의 물리적 댐핑은 0.0005 Ns/mm 로 추정되었다. 목표 강도가 5 N/mm 였으나, FBA는 디스플레이 강도를 약 1 N/mm 로 제한하는 것을 확인할 수 있다(도 8a). 반면, 본 발명의 SFA 방식은 목표 강도와 동일한 5 N/mm 강도를 보이게 된다(도 8c). 한편, 힘이 몇 번의 사이클들 이후에 증가하여 침투거리에서 소규모의 변화도 디스플레이되는 강도의 값에서 시프트를 야기하기 때문에 디스플레이되는 강도에서 약간의 오르내림이 있다.

[0128] 결론

[0129] 본 발명에서는 임피던스 타입의 햅틱 디스플레이의 디스플레이 강도를 향상시키기 위한 새로운 방안을 제안하였다. 다른 접근 방안과는 다르게 제안된 방안은 점진적으로 증가되는 피드포워드 힘의 오프셋 값을 이용함으로써, 성능과 안정성 간의 상충 관계가 회피되며, 이에 따라 목표 값에 가까운 임피던스를 보이는 것을 가능하게 한다. SFA 방식은 피드백 힘에 상태 종속적인 렌더링에 대해 저 강도를 사용함으로써 안정성을 보장하며, 이에 따라, 생성된 에너지는 댐핑에 의해 소멸될 수 있다. 상태 독립적인 피드포워드 힘의 작은 오프셋 값은 각각의 인터랙션 사이클에서 증대되어, 달성되는 강도 값을 목표 강도에까지 도달시킬 수 있는 반면, 시스템의 안정성을 깨트리지는 않는다. 이처럼 힘이 점진적으로 변경됨에 따라 사용자는 VE과의 인터랙션 과정에서 급작스런 덜컹거림을 느끼지 못하게 된다. 뿐만 아니라 SFA 방식은 햅틱 프루브의 침투 깊이 또한 최소화한다.

[0130] 실험 및 대상 분석은 PHANTOM Premium 1.5를 사용하여 수행되었고, 실험 평가 섹션에서 설명하였다. 이는 본 발명에 따른 방식이 안정성을 유지하면서도 디스플레이 강도를 증가시키며, 햅틱 트로브의 침투 깊이도 최소화할 수 있다는 것을 증명한다. 힘 제한 방식과의 비교분석도 실행되었는데, SFA 방식은 목표 강도에 가까운 디스플레이 강도를 달성할 수 있는 반면, 힘 제한 방식은 안정성을 보장하기 위해 강도를 희생하고 있다는 것을 보여주었다. 본 발명의 방식은 다중-DOF 인터랙션에 대해서까지 확대될 것이며 어드미턴스(admittance)타입의 햅틱 인터랙션에도 확대될 것이다. 원격조종(teleoperation) 시스템에 대해서도 실시될 수 있다.

[0132] 한편, 본 명세서에서 설명하는 기능적인 동작과 주제의 구현물들은 디지털 전자 회로로 구현되거나, 본 명세서에서 개시하는 구조 및 그 구조적인 등가물들을 포함하는 컴퓨터 소프트웨어, 펌웨어 혹은 하드웨어로 구현되거나, 이들 중 하나 이상의 결합으로 구현 가능하다. 본 명세서에서 설명하는 주제의 구현물들은 하나 이상의 컴퓨터 프로그램 제품, 다시 말해 처리 시스템의 동작을 제어하기 위하여 혹은 이것에 의한 실행을 위하여 유형의 프로그램 저장매체 상에 인코딩된 컴퓨터 프로그램 명령에 관한 하나 이상의 모듈로서 구현될 수 있다.

[0133] 컴퓨터로 판독 가능한 매체는 기계로 판독 가능한 저장 장치, 기계로 판독 가능한 저장 기판, 메모리 장치, 기계로 판독 가능한 전파형 신호에 영향을 미치는 물질의 조성물 혹은 이들 중 하나 이상의 조합일 수 있다.

[0134] 본 명세서에서 "시스템"이나 "장치"라 함은 예컨대 프로그래머블 프로세서, 컴퓨터 혹은 다중 프로세서나 컴퓨터를 포함하여 데이터를 처리하기 위한 모든 기구, 장치 및 기계를 포괄한다. 처리 시스템은, 하드웨어에 부가하여, 예컨대 프로세서 펌웨어를 구성하는 코드, 프로토콜 스택, 데이터베이스 관리 시스템, 운영 체제 혹은 이들 중 하나 이상의 조합 등 요청 시 컴퓨터 프로그램에 대한 실행 환경을 형성하는 코드를 포함할 수 있다.

[0135] 컴퓨터 프로그램(프로그램, 소프트웨어, 소프트웨어 어플리케이션, 스크립트 혹은 코드로도 알려져 있음)은 컴파일되거나 해석된 언어나 선형적 혹은 절차적 언어를 포함하는 프로그래밍 언어의 어떠한 형태로도 작성될 수 있으며, 독립형 프로그램이나 모듈, 컴포넌트, 서브루틴 혹은 컴퓨터 환경에서 사용하기에 적합한 다른 유닛을 포함하여 어떠한 형태로도 전개될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 파일 시스템의 파일에 반드시 대응하는 것은 아니다. 프로그램은 요청된 프로그램에 제공되는 단일 파일 내에, 혹은 다중의 상호 작용하는 파일(예컨대, 하나 이상의 모듈, 하위 프로그램 혹은 코드의 일부를 저장하는 파일) 내에, 혹은 다른 프로그램이나 데이터를 보유하는 파일의 일부(예컨대, 마크업 언어 문서 내에 저장되는 하나 이상의 스크립트) 내에 저장될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 하나의 사이트에 위치하거나 복수의 사이트에 걸쳐서 분산되어 통신 네트워크에 의해 상호 접속된 다중 컴퓨터나 하나의 컴퓨터 상에서 실행되도록 전개될 수 있다.

[0136] 한편, 컴퓨터 프로그램 명령어와 데이터를 저장하기에 적합한 컴퓨터로 판독 가능한 매체는, 예컨대 EPROM, EEPROM 및 플래시메모리 장치와 같은 반도체 메모리 장치, 예컨대 내부 하드디스크나 외장형 디스크와 같은 자기 디스크, 자기광학 디스크 및 CD-ROM과 DVD-ROM 디스크를 포함하여 모든 형태의 비휘발성 메모리, 매체 및 메모리 장치를 포함할 수 있다. 프로세서와 메모리는 특수 목적의 논리 회로에 의해 보충되거나, 그것에 통합될 수 있다.

[0137] 본 명세서에서 설명한 주제의 구현물은 예컨대 데이터 서버와 같은 백엔드 컴포넌트를 포함하거나, 예컨대 어플리케이션 서버와 같은 미들웨어 컴포넌트를 포함하거나, 예컨대 사용자가 본 명세서에서 설명한 주제의 구현물과 상호 작용할 수 있는 웹 브라우저나 그래픽 유저 인터페이스를 갖는 클라이언트 컴퓨터와 같은 프론트엔드 컴포넌트 혹은 그러한 백엔드, 미들웨어 혹은 프론트엔드 컴포넌트의 하나 이상의 모든 조합을 포함하는 연산

시스템에서 구현될 수도 있다. 시스템의 컴포넌트는 예컨대 통신 네트워크와 같은 디지털 데이터 통신의 어떠한 형태나 매체에 의해서도 상호 접속 가능하다.

[0138] 본 명세서는 다수의 특정한 구현물의 세부사항들을 포함하지만, 이들은 어떠한 발명이나 청구 가능한 것의 범위에 대해서도 제한적인 것으로서 이해되어서는 안되며, 오히려 특정한 발명의 특정한 실시형태에 특유할 수 있는 특징들에 대한 설명으로서 이해되어야 한다. 마찬가지로, 개별적인 실시형태의 문맥에서 본 명세서에 기술된 특정한 특징들은 단일 실시형태에서 조합하여 구현될 수도 있다. 반대로, 단일 실시형태의 문맥에서 기술한 다양한 특징들 역시 개별적으로 혹은 어떠한 적절한 하위 조합으로도 복수의 실시형태에서 구현 가능하다. 나아가, 특징들이 특정한 조합으로 동작하고 초기에 그와 같이 청구된 바와 같이 묘사될 수 있지만, 청구된 조합으로부터의 하나 이상의 특징들은 일부 경우에 그 조합으로부터 배제될 수 있으며, 그 청구된 조합은 하위 조합이나 하위 조합의 변형물로 변경될 수 있다.

[0139] 또한, 본 명세서에서는 특정한 순서로 도면에서 동작들을 묘사하고 있지만, 이는 바람직한 결과를 얻기 위하여 도시된 그 특정한 순서나 순차적인 순서대로 그러한 동작들을 수행하여야 한다거나 모든 도시된 동작들이 수행되어야 하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 특정한 경우, 멀티태스킹과 병렬 프로세싱이 유리할 수 있다. 또한, 상술한 실시형태의 다양한 시스템 컴포넌트의 분리는 그러한 분리를 모든 실시형태에서 요구하는 것으로 이해되어서는 안되며, 설명한 프로그램 컴포넌트와 시스템들은 일반적으로 단일의 소프트웨어 제품으로 함께 통합되거나 다중 소프트웨어 제품에 패키징될 수 있다는 점을 이해하여야 한다

[0140] 이와 같이, 본 명세서는 그 제시된 구체적인 용어에 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 따라서, 상술한 예를 참조하여 본 발명을 상세하게 설명하였지만, 당업자라면 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서도 본 예들에 대한 개조, 변경 및 변형을 가할 수 있다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

산업상 이용가능성

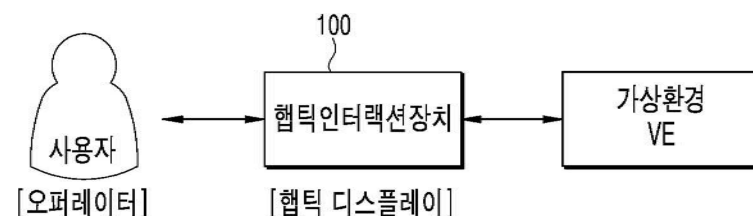
[0141] 본 발명에 일 실시예에 따른 햅틱 인터랙션 장치 및 그 동작 방법에 따르면, 가상환경 기반한 햅틱 인터랙션과 관련하여 안정성이 보장됨을 전제로 고 강도(stiffness)의 햅틱 인터랙션을 구현할 수 있다는 점에서 기존 기술의 한계를 뛰어 넘음에 따라 관련 기술에 대한 이용만이 아닌 적용되는 장치의 시판 또는 영업의 가능성이 충분할 뿐만 아니라 현실적으로 명백하게 실시할 수 있는 정도이므로 산업상 이용가능성이 있는 발명이다.

부호의 설명

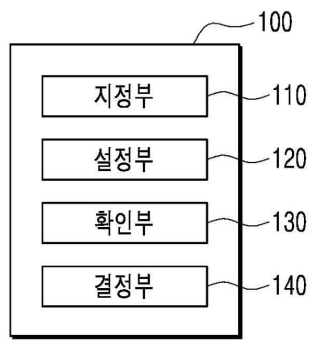
[0142] 100: 햅틱 인터랙션 장치
110: 지정부 120: 설정부
130: 확인부 140: 결정부

도면

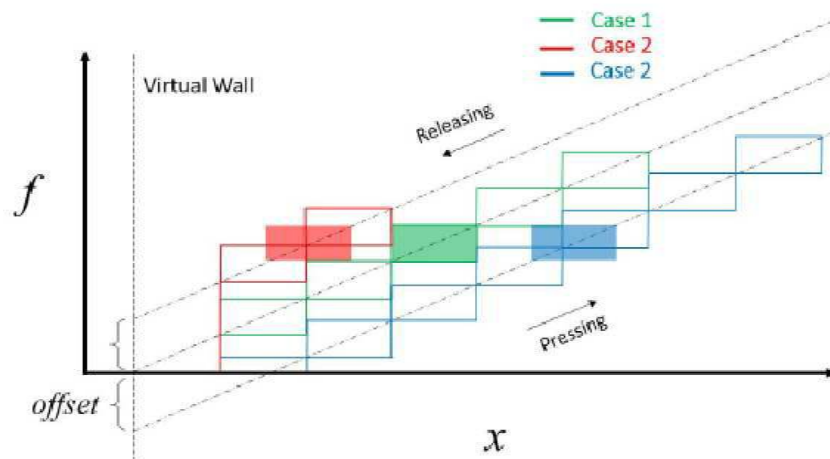
도면1



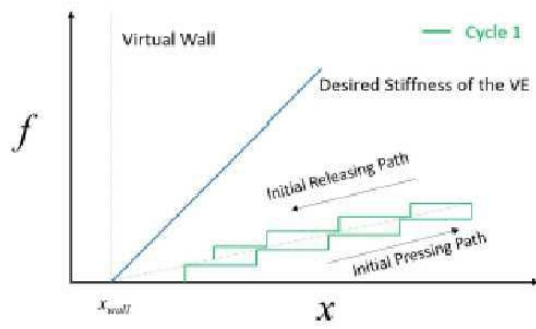
도면2



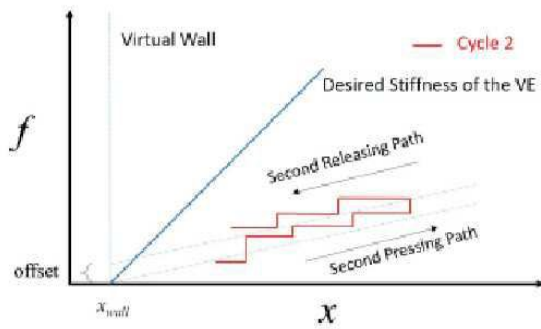
도면3



도면4

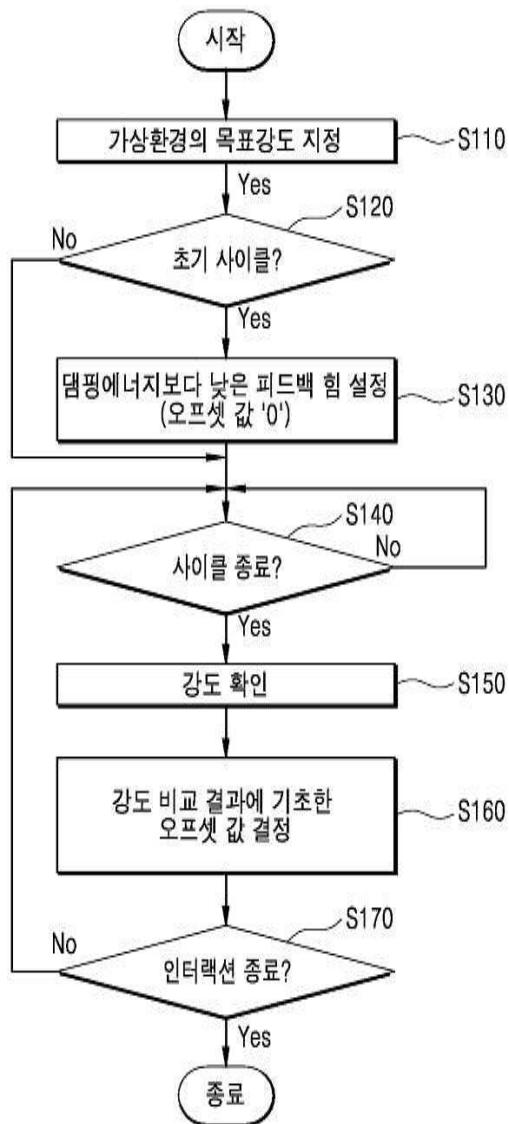


(a)

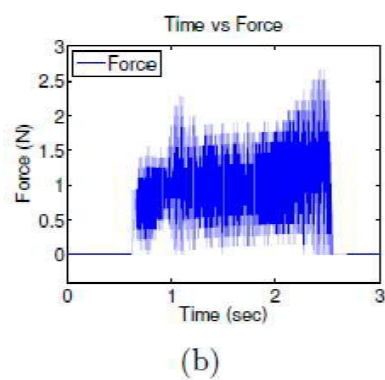
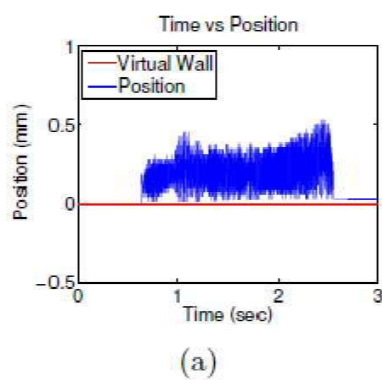


(b)

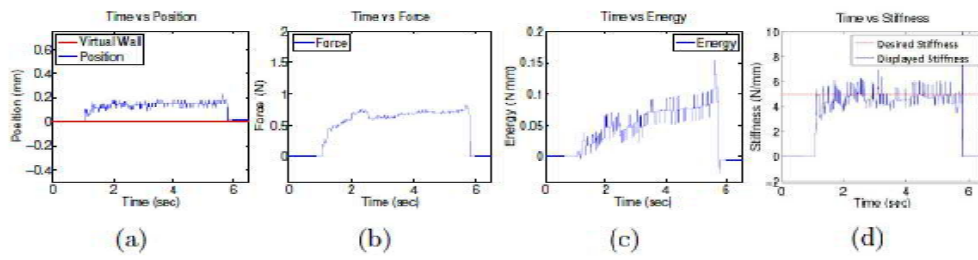
도면5



도면6



도면7



도면8

