



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0133590
(43) 공개일자 2017년12월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05B 13/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G05B 13/04 (2013.01)

G05B 2219/35149 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0064489

(22) 출원일자 2016년05월26일

심사청구일자 2016년05월26일

(71) 출원인

한국기술교육대학교 산학협력단

충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)

(72) 발명자

유지환

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 한국기술교육대학교

아킬 자파리

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 한국기술교육대학교

무하마드 나빌

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 한국기술교육대학교

(74) 대리인

이성원

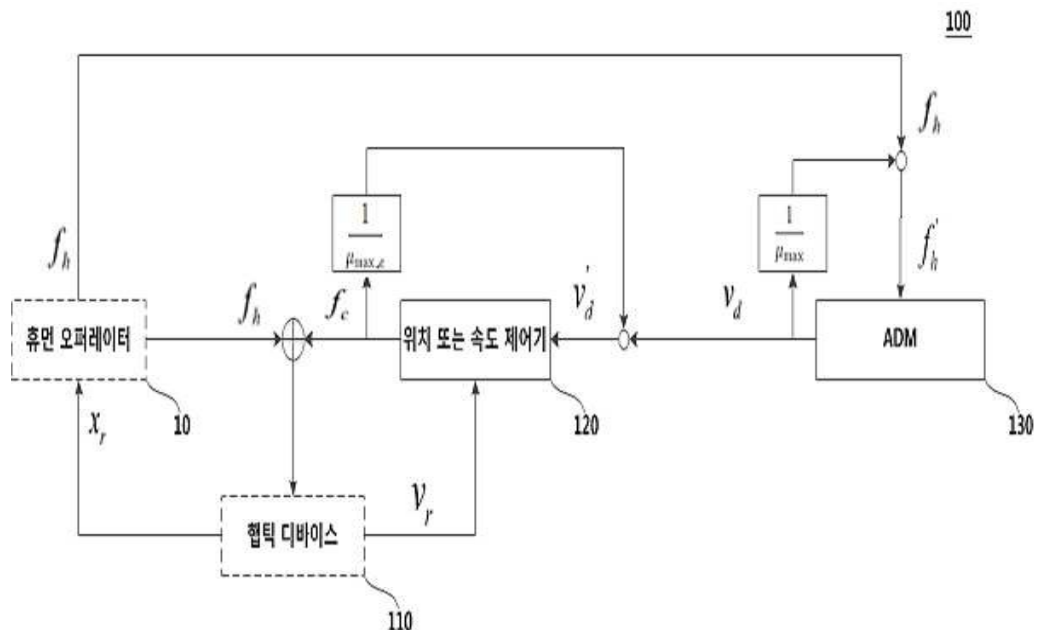
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템 및 방법

(57) 요약

햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템 및 방법이 개시된다. 휴먼 오퍼레이터(human operator)의 힘 f_h 와 힘 f_c 를 합산한 힘을 입력받아 구동되며, 구동에 따른 위치 x_r 을 출력하는 어드미턴스 타입(admittance type)의 햅틱 디바이스(haptic device); 속도 v_d 를 입력받아 상기 햅틱 디바이스를 구(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



동하기 위한 상기 힘 f_c 를 산출하고, 산출된 힘 f_c 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 햅틱 디바이스를 안정화시키는 위치 또는 속도 제어기(position or velocity controller); 상기 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 를 입력받아 상기 속도 v_d 를 산출하고, 상기 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하는 방식으로 상기 햅틱 디바이스를 안정화시키는 ADM(admittance model)을 구성한다. 상술한 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템 및 방법에 의하면, 본 발명에서는 어드미턴스 햅틱 장치의 임피던스 범위의 하한치(lower boundary)를 더 낮추어 상태를 안정화시키는 효과가 있다. 본 발명의 구성에 의해 대략 시간 영역에서 보다 대략 10배나 임피던스를 낮출 수 있는 효과가 있다. 또한, 적분기와 위치 또는 속도 제어기를 2-포트로 구성하여 안정적인 위치 반응(position response)과 힘 반응(force response)을 얻을 수 있는 효과가 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10052967
부처명	산업부
연구관리전문기관	한국산업기술평가관리원
연구사업명	(산업부)산업융합원천(주력산업)기술개발사업
연구과제명	(RCMS)재난-재해 대응용 특수목적기계 통합제어시스템 개발
기 여 율	1/1
주관기관	전자부품연구원
연구기간	2015.07.01 ~ 2020.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

휴먼 오퍼레이터(human operator)의 힘 f_h 와 힘 f_c 를 합산한 힘을 입력받아 구동되며, 구동에 따른 위치 x_r 를 출력하는 어드미턴스 타입(admittance type)의 햅틱 디바이스(haptic device);

속도 v_d 를 입력받아 상기 햅틱 디바이스를 구동하기 위한 상기 힘 f_c 를 산출하고, 산출된 힘 f_c 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 햅틱 디바이스를 안정화시키는 위치 또는 속도 제어기(position or velocity controller);

상기 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 를 입력받아 상기 속도 v_d 를 산출하고, 상기 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하는 방식으로 상기 햅틱 디바이스를 안정화시키는 ADM(admittance model)을 포함하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 ADM은,

상기 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 에 대하여 변환식 $\frac{1}{\mu_{\max}}$ 을 적용하여 출력 속도 v_d 를 차감하여 f'_h 를 출력하여 상기 ADM으로 입력하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 $\mu_{\max}$ 는,

$$\mu_{\max} \geq \max \left\{ \frac{\dot{v}_d(t)}{\dot{f}_h(t)} \right\}$$

인 것을 특징으로 하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 ADM은,

상기 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 같은 부호인 경우에는 그 입력에 (-)의 부호를 가하고, 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 다른 부호인 경우에는 그 입력에 (+)의 부호를 가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 위치 또는 속도 제어기는,

상기 위치 또는 속도 제어기에서 산출된 힘 f_c 에 대해 $\frac{1}{\mu_{\max, c}}$ 을 적용하여 출력치를 산출하고, 산출된 출력치를 상기 출력 속도 v_d 에서 차감하여 v'_d 를 출력하여 상기 위치 또는 속도 제어기로 입력하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 $\mu_{\max_c}$ 는,

$$\mu_{\max_c} \geq \max \left\{ \frac{\dot{f}_c(t)}{\dot{v}_d(t)} \right\}$$

인 것을 특징으로 하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템.

청구항 7

ADM(admittance model)이 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 를 입력받아 속도 v_d 를 산출하고, 어드미턴스 타입(admittance type)의 햅틱 디바이스(haptic device)의 안정화를 위해 상기 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 속도 v_d 를 출력하는 단계;

위치 또는 속도 제어기(position or velocity controller)가 상기 ADM에서 출력된 속도 v_d 를 입력받아 상기 햅틱 디바이스를 구동하기 위한 상기 힘 f_c 를 산출하고, 상기 햅틱 디바이스의 안정화를 위해 상기 산출된 힘 f_c 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 힘 f_c 를 산출하는 단계;

상기 햅틱 디바이스가 상기 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 와 힘 f_c 를 합산한 힘을 입력받아 구동되어 위치 x_r 를 출력하는 단계를 포함하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 ADM이 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 를 입력받아 속도 v_d 를 산출하고, 어드미턴스 타입의 햅틱 디바이스의 안정화를 위해 상기 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 속도 v_d 를 출력하는 단계는,

상기 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 에 대하여 변환식 $\frac{1}{\mu_{\max}}$ 을 적용하여 출력 속도 v_d 를 차감하여 f'_h 를 출력하여 상기 ADM으로 입력하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 $\mu_{\max}$ 는,

$$\mu_{\max} \geq \max \left\{ \frac{\dot{v}_d(t)}{\dot{f}_h(t)} \right\}$$

인 것을 특징으로 하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 ADM이 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 를 입력받아 속도 v_d 를 산출하고, 어드미턴스 타입의 햅틱 디바이스의 안정화를 위해 상기 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 속도 v_d 를 출력하는 단계는,

상기 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 같은 부호인 경우에는 그 입력에 (-)의 부호를 가하고, 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 다른 부호인 경우에는 그 입력에 (+)의 부호를 가하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 방법.

청구항 11

제7항에 있어서, 상기 위치 또는 속도 제어기가 상기 ADM에서 출력된 속도 v_d 를 입력받아 상기 햅틱 디바이스를

구동하기 위한 상기 힘 f_c 를 산출하고, 상기 햅틱 디바이스의 안정화를 위해 상기 산출된 힘 f_c 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 힘 f_c 를 산출하는 단계는,

상기 위치 또는 속도 제어기에서 산출된 힘 f_c 에 대해 $\frac{1}{\mu_{\max_c}}$ 을 적용하여 출력치를 산출하고, 산출된 출력치를 상기 출력 속도 v_d 에서 차감하여 v_d' 을 출력하여 상기 위치 또는 속도 제어기로 입력하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 $\mu_{\max_c}$ 는,

$$\mu_{\max_c} \geq \max \left\{ \frac{\dot{f}_c(t)}{\dot{v}_d(t)} \right\}$$
인 것을 특징으로 하는 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 입출력 제어 시스템 및 방법에 관한 것으로서, 구체적으로는 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델(admittance model) 입출력 제어 시스템 및 방법에 관한 것이며, 좀 더 구체적으로는 햅틱 디바이스(haptic device)의 상태 안정화를
- [0002] 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템 및 방법 에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 어드미턴스 모델(admittance model)은 높은 임피던스의 가상 환경(virtual environments)의 상호 작용(interaction)을 하는 임피던스 모델 장치(impedance model apparatus)에 비하여 많은 장점을 갖는다.
- [0004] 그러나, 어드미턴스 모델의 성능은 안정화 이슈(stability issue)없이 얻어질 수 있는 낮은 범위(lower boundary)의 임피던스에 의해 종종 그 성능이 제한받는 문제점이 있다.
- [0005] 특히, 어드미턴스 모델에 있어서 낮은 관성값이 종종 불안정한 상호 작용을 유발하는 것으로 알려져 있다.
- [0006] 어드미턴스 모델은 덴탈(dental), 본 드릴링(bone drilling), 웰딩 시뮬레이터(welding simulator) 등의 다양한 영역에서 이용되는데, 햅틱 상호 작용시 매우 높은 임피던스 범위를 갖도록 요구되고 있다.
- [0007] 임피던스 모델 장치가 거의 최대치의 임피던스 범위를 갖는 반면에 어드미턴스 모델은 매우 낮은 범위의 임피던스 범위를 갖는다.
- [0008] 어드미턴스 모델에 대해 기존의 임피던스 모델 장치에 대한 상태 안정화 프로세스를 적용하는 경우 상태가 불안정하게 되고, 임피던스 범위도 높아 적정한 상태 안정화가 불가능하다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명의 목적은 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템을 제공하는 데 있다.
- [0010] 본 발명의 다른 목적은 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상술한 본 발명의 목적에 따른 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템은, 휴먼 오퍼레이터(human operator)의 힘 f_h 와 힘 f_c 를 합산한 힘을 입력받아 구동되며, 구동에 따른 위치 x_r 을 출력하는 어드미턴스 타입(admittance type)의 햅틱 디바이스(haptic device); 속도 v_d 를 입력받아 상기 햅틱 디바이스를 구동하기 위한 상기 힘 f_c 를 산출하고, 산출된 힘 f_c 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 햅틱 디바이스를 안정화시키는 위치 또는 속도 제어기(position or velocity controller); 상기 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 를 입력받아 상기 속도 v_d 를 산출하고, 상기 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하는 방식으로 상기 햅틱 디바이스를 안정화시키는 ADM(admittance model)을 포함하도록 구성될 수 있다.

[0012] 여기서, 상기 ADM은, 상기 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 에 대하여 변환식 $\frac{1}{\mu_{\max}}$ 을 적용하여 출력 속도 v_d 를 차감하여 f'_h 를 출력하여 상기 ADM으로 입력하도록 구성될 수 있다.

[0013] 이때, 상기 $\mu_{\max}$ 는,
$$\mu_{\max} \geq \max \left\{ \frac{\dot{v}_d(t)}{\dot{f}_h(t)} \right\}$$
로 구성될 수 있다.

[0014] 그리고 ADM은, 상기 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 같은 부호인 경우에는 그 입력에 (-)의 부호를 가하고, 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 다른 부호인 경우에는 그 입력에 (+)의 부호를 가하도록 구성될 수 있다.

[0015] 한편, 상기 위치 또는 속도 제어기는, 상기 위치 또는 속도 제어기에서 산출된 힘 f_c 에 대해 $\frac{1}{\mu_{\max_c}}$ 을 적용하여 출력치를 산출하고, 산출된 출력치를 상기 출력 속도 v_d 에서 차감하여 v'_d 를 출력하여 상기 위치 또는 속도 제어기로 입력하도록 구성될 수 있다.

[0016] 이때, 상기 $\mu_{\max_c}$ 는,
$$\mu_{\max_c} \geq \max \left\{ \frac{\dot{f}_c(t)}{\dot{v}_d(t)} \right\}$$
로 구성될 수 있다.

[0017] 상술한 본 발명의 다른 목적에 따른 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 방법은, ADM(admittance model)이 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 를 입력받아 속도 v_d 를 산출하고, 어드미턴스 타입(admittance type)의 햅틱 디바이스(haptic device)의 안정화를 위해 상기 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 속도 v_d 를 출력하는 단계; 위치 또는 속도 제어기(position or velocity controller)가 상기 ADM에서 출력된 속도 v_d 를 입력받아 상기 햅틱 디바이스를 구동하기 위한 상기 힘 f_c 를 산출하고, 상기 햅틱 디바이스의 안정화를 위해 상기 산출된 힘 f_c 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 힘 f_c 를 산출하는 단계; 상기 햅틱 디바이스가 상기 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 와 힘 f_c 를 합산한 힘을 입력받아 구동되어 위치 x_r 을 출력하는 단계를 포함하도록 구성될 수 있다.

[0018] 여기서, 상기 ADM이 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 를 입력받아 속도 v_d 를 산출하고, 어드미턴스 타입의 햅틱 디바이스의 안정화를 위해 상기 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 속도 v_d 를 출력하는 단계는, 상기 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 에 대하여 변환식 $\frac{1}{\mu_{\max}}$ 을 적용하여 출력 속도 v_d 를 차감하여 f'_h 를 출력하여 상기 ADM으로 입력하도록 구성될 수 있다.

[0019] 이때, 상기 $\mu_{\max}$ 는,
$$\mu_{\max} \geq \max \left\{ \frac{\dot{v}_d(t)}{\dot{f}_h(t)} \right\}$$
 로 구성될 수 있다.

[0020] 그리고 상기 ADM이 휴먼 오퍼레이터의 힘 f_h 를 입력받아 속도 v_d 를 산출하고, 어드미턴스 타입의 햅틱 디바이스의 안정화를 위해 상기 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 속도 v_d 를 출력하는 단계는, 상기 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 같은 부호인 경우에는 그 입력에 (-)의 부호를 가하고, 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 다른 부호인 경우에는 그 입력에 (+)의 부호를 가하도록 구성될 수 있다.

[0021] 한편, 상기 위치 또는 속도 제어기가 상기 ADM에서 출력된 속도 v_d 를 입력받아 상기 햅틱 디바이스를 구동하기 위한 상기 힘 f_c 를 산출하고, 상기 햅틱 디바이스의 안정화를 위해 상기 산출된 힘 f_c 를 기반으로 입력을 수정하여 상기 힘 f_c 를 산출하는 단계는, 상기 위치 또는 속도 제어기에서 산출된 힘 f_c 에 대해 $\frac{1}{\mu_{\max, c}}$ 를 적용하여 출력치를 산출하고, 산출된 출력치를 상기 출력 속도 v_d 에서 차감하여 v_d' 을 출력하여 상기 위치 또는 속도 제어기로 입력하도록 구성될 수 있다.

[0022] 이때, 상기 $\mu_{\max, c}$ 는,
$$\mu_{\max, c} \geq \max \left\{ \frac{\dot{f}_c(t)}{\dot{v}_d(t)} \right\}$$
 로 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0023] 상술한 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템 및 방법에 의하면, 본 발명에서는 어드미턴스 햅틱 장치의 임피던스 범위의 하한치(lower boundary)를 더 낮추어 상태를 안정화시키는 효과가 있다.

[0024] 본 발명의 구성에 의해 대략 시간 영역에서 보다 대략 10배나 임피던스를 낮출 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템의 블록 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 위치 반응과 힘 반응을 나타내는 그래프이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 위치 반응과 힘 반응을 나타내는 그래프이다.

도 4는 본 발명에 따른 임피던스 범위를 나타내는 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 어드미턴스형 모델 장치의 상태 안정화를 위한 입출력 제어 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 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 사용하였다.

[0027] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있

고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0028] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0029] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0030] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0031] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템의 블록 구성도이다.

[0033] 먼저 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 햅틱 디바이스의 상태 안정화를 위한 어드미턴스 모델 입출력 제어 시스템(100)은 햅틱 디바이스(haptic device)(110), 위치 또는 속도 제어기(120) 및 ADM(admittance model)(130)을 포함하도록 구성될 수 있다.

[0034] 이하, 세부적인 구성에 대하여 설명한다.

[0035] 먼저 햅틱 디바이스(110)는 어드미턴스 타입의 디바이스이다.

[0036] 햅틱 디바이스(110)는 로봇(robot)으로서 휴먼 오퍼레이터(human operator)(10)의 힘 f_h 와 힘 f_c 를 합산한 힘을 입력받아 구동되며, 구동에 따른 위치 x_r 이 변동하면서 출력될 수 있다.

[0037] 여기서, 위치 위치 x_r 은 엔코더(encoder)에 의해 측정될 수 있다.

[0038] 임피던스(impedance)형 햅틱 디바이스의 경우에는 위치(position) 또는 속도(velocity)를 입력값으로 하여 트리거(trigger)되지만, 어드미턴스((admittance)형 햅틱 디바이스는 힘(force)을 입력값으로 하여 트리거되도록 구성될 수 있다.

[0039] 위치 또는 속도 제어기(120)는 ADM(130)으로부터 속도 v_d 를 입력받아 햅틱 디바이스(110)를 구동하기 위한 힘 f_c 를 산출하도록 구성될 수 있다.

[0040] 여기서, 위치 또는 속도 제어기(120)는 그 산출된 힘 f_c 를 기반으로 입력을 수정하여 햅틱 디바이스(110)를 안정화시키도록 구성될 수 있다.

[0041] 한편, 위치 또는 속도 제어기(120)는 위치 또는 속도 제어기(120)에서 산출된 힘 f_c 에 대해 $\frac{1}{\mu_{\max-c}}$ 을 적용하여 출력치를 산출하고, 그 산출된 출력치를 출력 속도 v_d 에서 차감하여 v_d' 을 출력하여 다시 위치 또는 속도 제어기(120)로 입력하도록 구성될 수 있다.

[0042] 여기서, $\mu_{\max-c}$ 는 하기 수학적 1의 조건을 만족하도록 구성될 수 있다.

수학식 1

$$\mu_{\max_c} \geq \max \left\{ \frac{\dot{f}_c(t)}{\dot{v}_d(t)} \right\}$$

[0043]

[0044] 한편, ADM(130)은 휴먼 오퍼레이터(10)의 힘 f_h 를 입력받아 속도 v_d 를 산출하고, 그 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하는 방식으로 햅틱 디바이스(10)를 안정화시키도록 구성될 수 있다.

[0045] 이때, ADM(130)은 임피던스 햅틱 인터페이싱(impedance haptic interfacing)보다 더 낮은 바운더리(boundary)의 임피던스를 갖도록 하는 어드미턴스 햅틱 인터페이싱(admittance haptic interfacing)을 수행하도록 구성될 수 있다. 낮은 임피던스 바운더리에 의해 어드미턴스 타입의 햅틱 디바이스(110)에 대해 보다 안정적인 출력을 가질 수 있도록 구성된다.

[0046] 구체적으로는 ADM(130)은 휴먼 오퍼레이터(10)의 힘 f_h 에 대하여 변환식 $\frac{1}{\mu_{\max}}$ 을 적용하여 출력 속도 v_d 를 출력하도록 구성될 수 있다.

[0047] 여기서, $\mu_{\max}$ 는 하기 수학식 2의 조건을 만족하도록 구성될 수 있다.

수학식 2

$$\mu_{\max} \geq \max \left\{ \frac{\dot{v}_d(t)}{\dot{f}_h(t)} \right\}$$

[0048]

[0049] 한편, ADM(130)은 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 같은 부호인 경우에는 그 입력에 (-)의 부호를 가하고, 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 다른 부호인 경우에는 그 입력에 (+)의 부호를 가하도록 구성될 수 있다.

[0050] 이와 같이, 힘 f_c 는 햅틱 디바이스(20)로 피드백(feedback)되어 상태 안정화를 위한 루프 프로세스(loop process)의 하나의 파라미터(parameter)로 동작하게 된다.

[0051] 한편, ADM(130)은 힘 f_h 와 속도 v_d 의 곱의 값에 대해 부호를 비교하여 그 입력값의 부호를 결정하도록 구성될 수 있다. 즉, 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 같은 부호인 경우에는 그 입력에 (-)의 부호를 가하고, 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 다른 부호인 경우에는 그 입력에 (+)의 부호를 가하도록 구성될 수 있다.

[0052] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 위치 반응과 힘 반응을 나타내는 그래프이고, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 위치 반응과 힘 반응을 나타내는 그래프이다.

[0053] 도 2에서는 에너지 손실(energy leak)으로 인해 위치 반응(position response)과 힘 반응(force response)이 다소 불안정한 패턴을 나타내고 있다. 그러나, 도 3에서는 위치 또는 속도 제어기(120)가 2-포트로 구성되는 경우로서, 도 2보다 다소 안정된 위치 반응과 힘 반응을 나타내고 있는 것을 나타낸다.

[0054] 도 4은 본 발명에 따른 임피던스 범위를 나타내는 그래프이다.

[0055] 도 4에서는 본 발명(ISS)의 경우 종래의 TDPA(time domain passivity approach) 방식에 비해 현저하게 낮은 임피던스 범위를 나타내고 있음을 알 수 있다.

[0056] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 어드미턴스형 모델 장치의 상태 안정화를 위한 입출력 제어 방법의 흐름도이다.

[0057] 도 5를 참조하면, 먼저 ADM(admittance model)(130)이 휴먼 오퍼레이터(10)의 힘 f_h 를 입력받아 속도 v_d 를 산출하고, 어드미턴스 타입(admittance type)의 햅틱 디바이스(haptic device)(110)의 안정화를 위해 산출된 속도 v_d 를 기반으로 입력을 수정하여 속도 v_d 를 출력한다(S101).

[0058] 여기서, ADM(130)은 휴먼 오퍼레이터(10)의 힘 f_h 에 대하여 변환식 $\frac{1}{\mu_{\max}}$ 을 적용하여 출력 속도 v_d 를 차감하여 f'_h 를 출력하여 ADM(130)으로 입력하도록 구성될 수 있다.

[0059] 여기서, $\mu_{\max}$ 는 하기 수학식 3의 조건을 만족하도록 구성될 수 있다.

수학식 3

$$\mu_{\max} \geq \max \left\{ \frac{\dot{v}_d(t)}{\dot{f}_h(t)} \right\}$$

[0061] 이때, ADM(130)은 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 같은 부호인 경우에는 그 입력에 (-)의 부호를 가하고, 힘 f_h 와 속도 v_d 의 변화량이 다른 부호인 경우에는 그 입력에 (+)의 부호를 가하도록 구성될 수 있다.

[0062] 다음으로, 위치 또는 속도 제어기(position or velocity controller)(120)가 ADM에서 출력된 속도 v_d 를 입력받아 햅틱 디바이스(110)를 구동하기 위한 힘 f_c 를 산출하고, 햅틱 디바이스(110)의 안정화를 위해 산출된 힘 f_c 를 기반으로 입력을 수정하여 힘 f_c 를 산출한다(S102).

[0063] 이때, 위치 또는 속도 제어기(120)는 위치 또는 속도 제어기(120)에서 산출된 힘 f_c 에 대해 $\frac{1}{\mu_{\max_c}}$ 을 적용하여 출력치를 산출하고, 산출된 출력치를 출력 속도 v_d 에서 차감하여 v'_d 를 출력하여 위치 또는 속도 제어기(120)로 입력하도록 구성될 수 있다.

[0064] 이때, $\mu_{\max_c}$ 는 하기 수학식 4의 조건을 만족하도록 구성될 수 있다.

수학식 4

$$\mu_{\max_c} \geq \max \left\{ \frac{\dot{f}_c(t)}{\dot{v}_d(t)} \right\}$$

[0066] 다음으로, 햅틱 디바이스(110)가 휴먼 오퍼레이터(10)의 힘 f_h 와 힘 f_c 를 합산한 힘을 입력받아 구동되어 위치 x_r 를 출력한다(S103).

[0067] 이상 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

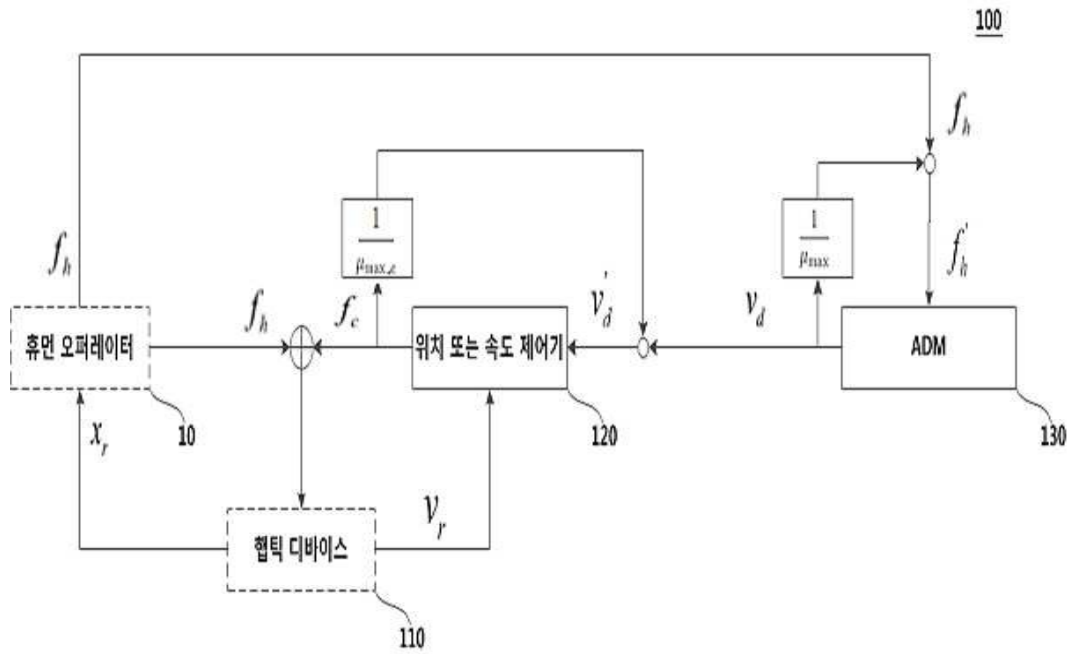
[0068] 110: 햅틱 디바이스

120: 위치 또는 속도 제어기

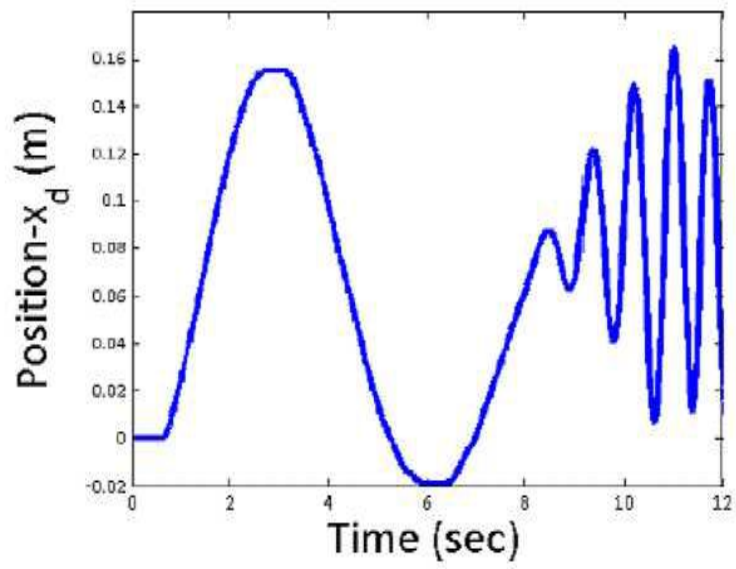
130: ADM(admittance model)

도면

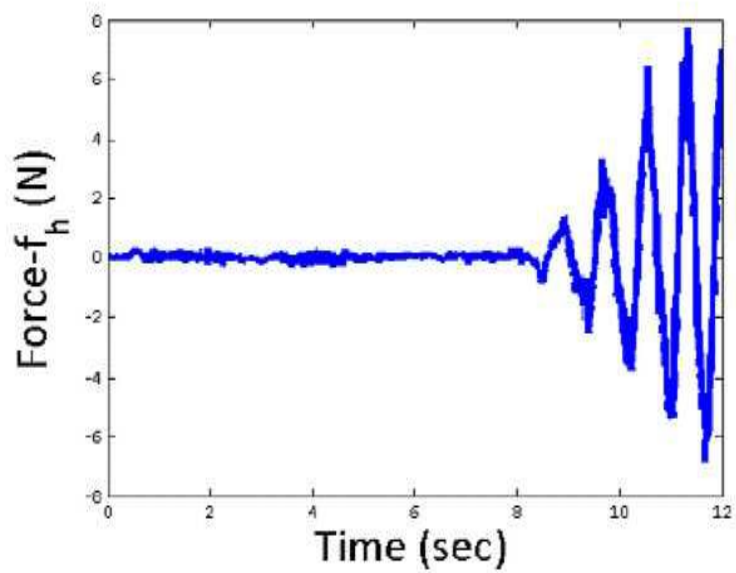
도면1



도면2

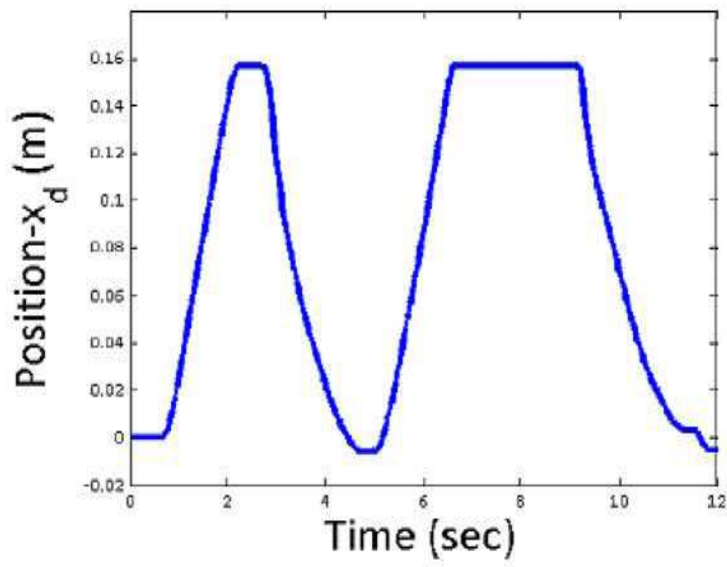


(a) Position response

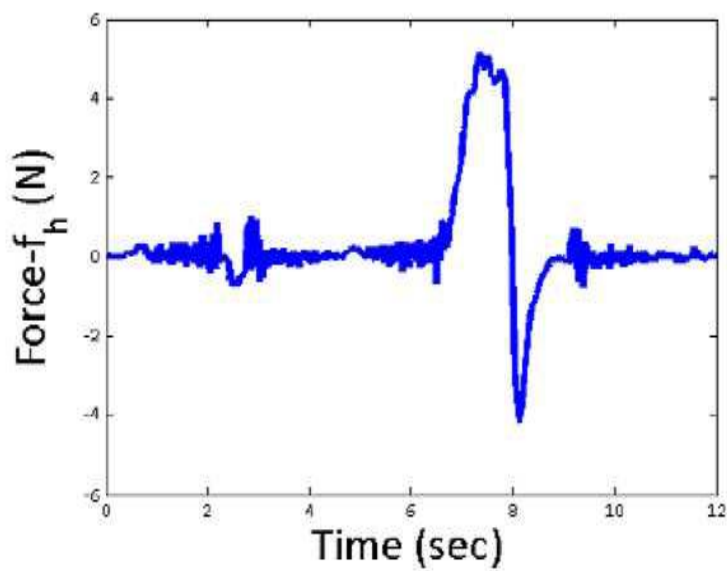


(b) Force response

도면3

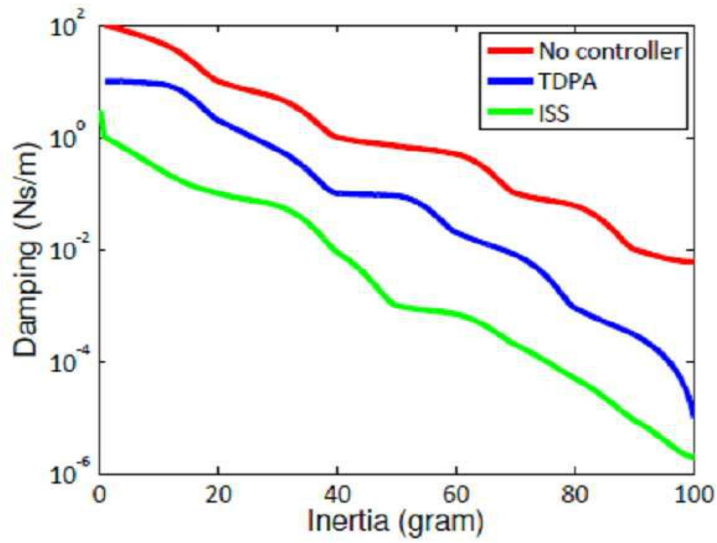


(a) Position response



(b) Force response

도면4



도면5

