(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0066594
(43) 공개일자 2025년05월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 13/40 (2011.01) *G06F 3/01* (2006.01)
G06T 19/00 (2011.01) *G06T 7/20* (2017.01)
(52) CPC특허분류
G06T 13/40 (2013.01)
G06F 3/01 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0152298
(22) 출원일자 2023년11월07일
심사청구일자 2023년11월07일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
강형엽
서울특별시 송파구 올림픽로35길 93 (신천동, 더샵스타리버)
임수빈
경기도 수원시 영통구 매영로415번길 49 (영통동)
서승원
경기도 파주시 교하로329번길 14-3 (동패동)
(74) 대리인
김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 12 항

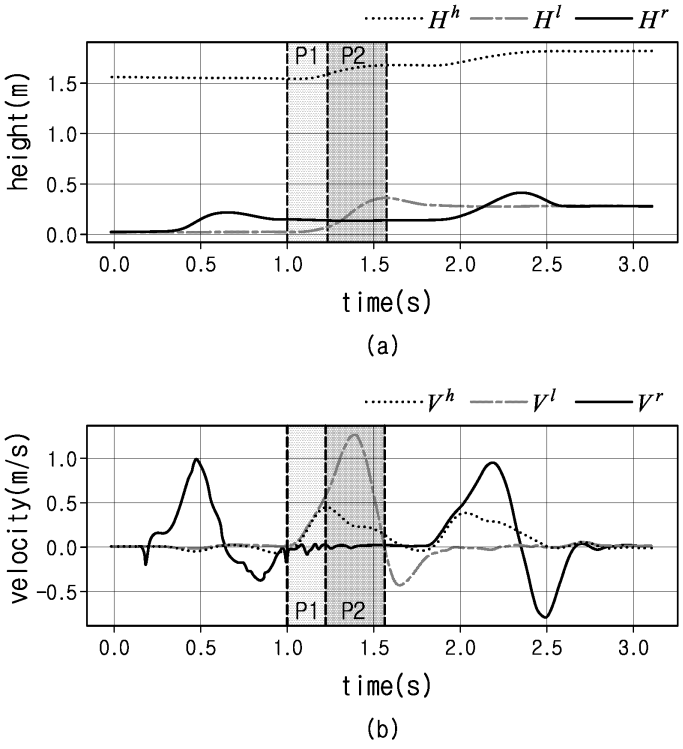
(54) 발명의 명칭 **사용자-아바타 모션 리맵핑 방법 및 이를 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램**

(57) 요 약

본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법은, 사용자가 가상공간 내에서 오르고자 하는 계단의 높이, 사용자 머리의 최고속도 및 상기 사용자 머리가 최고속도에 도달하는 시간을 획득하는 데이터 획득 단계, 상기 데이터 획득 단계에서 획득된 데이터에 기초하여 가상공간 내 아바타의 머리 속도 및 발 속도를 결정하는 속도 결정

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도6



단계, 및 상기 속도 결정 단계에서 결정된 아바타의 머리 속도 및 발 속도에 기초하여 상기 아바타의 모션을 생성하는 모션 생성 단계를 포함한다. 본 발명에 의하면 사용자는 가상의 계단이나 경사 지형을 이동할 때 더욱 현실적이고 직관적인 움직임을 경험할 수 있다. 또한, 본 발명에 의하면 추가적인 하드웨어 없이 가상의 높낮이를 자연스럽게 체감할 수 있기 때문에 비용과 안전 상의 문제에 있어 부담을 크게 줄일 수 있다. 나아가, 본 발명에 의하면 물리적인 공간 제약 없이 다양한 가상 환경을 탐험할 수 있게 되므로, 교육, 엔터테인먼트, 트레이닝 등 다양한 분야에서 VR 콘텐츠 개발을 수행할 수 있고, VR 하드웨어 제조사, 콘텐츠 개발사와의 제휴 및 협력을 가속화할 수 있다.

(52) CPC특허분류
G06T 19/003 (2013.01)
G06T 7/20 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711179316
과제번호	RS-2022-00155911
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	인공지능융합혁신인재양성(R&D)
연구과제명	인공지능융합혁신인재양성(경희대학교)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	경희대학교
연구기간	2022.07.01 ~ 2025.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

사용자가 가상공간 내에서 오르고자 하는 계단의 높이(h), 사용자 머리의 최고속도($\hat{V}^h$) 및 상기 사용자 머리가 최고속도에 도달하는 시간(t_{hmax})을 획득하는 데이터 획득 단계;

상기 데이터 획득 단계에서 획득된 데이터에 기초하여 가상공간 내 아바타의 머리 속도 및 발 속도를 결정하는 속도 결정 단계; 및

상기 속도 결정 단계에서 결정된 아바타의 머리 속도 및 발 속도에 기초하여 상기 아바타의 모션을 생성하는 모션 생성 단계;를 포함하는, 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 속도 결정 단계는,

무릎-기반 상승 보조(Knee-based ascent assistance, KAA)에 의하여 가산될 머리 속도를 산출하여 상기 아바타의 머리 속도를 결정하는 머리 속도 결정 단계; 및

상기 무릎-기반 상승 보조에 의하여 가산될 발 속도를 산출하여 상기 아바타의 발 속도를 결정하는 발 속도 결정 단계;를 포함하는, 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 머리 속도 결정 단계는,

상기 무릎-기반 상승 보조에 관한 하기의 수식을 적용하여 상기 가산될 머리 속도를 산출하는, 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법.

$$V_k^h(t) = \begin{cases} (t - t_\delta)\dfrac{\hat{V}^h(h, V_r^f(t_\delta))}{t_{hmax} - t_\delta} & \text{if } t_\delta < t \le t_{hmax} \\ 2(\bar{h})G(t, t_{hmax}, \sigma_h) & \text{otherwise} \end{cases}$$

(여기서, $V_k^h(t)$ 는 아바타 머리 속도에 가산될 속도, t는 현재 시간, t_δ 는 발을 바닥에서 들어올린 순간의 시간, $\hat{V}^h(h, V_r^f(t_\delta))$ 는 계단 높이가 h이고 발의 속도가 $V_r^f(t_\delta)$ 일 때 머리의 최고속도, $\overline{h_2}$ 는 계단 높이 h에서 't_δ 부터 t_{hmax} 의 시간까지 머리가 상승한 높이'를 차감한 값, G는 가우시안 식, σ_h 는 $2\bar{h}$ * 가우시안 함수의 최대값이 머리의 최고속도($\hat{V}^h$) 를 만족하는 분산값)

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 발 속도 결정 단계는, 상기 무릎-기반 상승 보조에 관한 하기의 수식을 적용하여 상기 가산될 발 속도를 산출하는, 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법.

$$V_k^f(t) = \begin{cases} 0 & \text{if } t \le t_{hmax} \\ h\dfrac{G(t, t_{hmax} - \sigma_h, 0.5\sigma_h)}{0.95} & \text{otherwise} \end{cases}$$

(여기서, $V_k^f(t)$는 아바타 발 속도에 가산될 속도, G는 가우시안 식, σ_h는 $2\bar{h}$ * 가우시안 함수의 최대값이 머리의 최고속도($\hat{V}^h$) 를 만족하는 분산값)

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 발 속도 결정 단계는, 현재 시간이 상기 사용자 머리가 최고속도에 도달하는 시간(t_{hmax}) 이상인지를 판단하는, 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

현실공간 내 사용자 발에 대한 하방 이동 여부를 판단하는 단계; 및

상기 사용자 발이 하방으로 이동하면, 상기 사용자 발이 지면에 닿는 시간과 상기 아바타의 발이 지면에 닿는 시간이 일치하도록, 상기 아바타의 발에 대하여 컨트롤 속도를 적용하는 속도 제어 단계;를 더 포함하는, 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 컨트롤 속도는 하기의 수식에 의하여 결정되는, 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법.

$$V_c^f(t) = min(V_r^f(t), 0)\left(\frac{D_v^f(t)}{D_r^f(t)} - 1\right)$$

(여기서, $V_c^f(t)$는 컨트롤 속도, min()은 입력된 매개변수 중 최소값을 반환하는 함수, $V_r^f(t)$는 사용자 발의 속도, $D_v^f(t)$는 가상공간 내 아바타의 구부러진 무릎이 펴지면서 움직이는 발과 계단 바닥 사이의 거리, $D_r^f(t)$는 현실공간 사용자의 구부러진 무릎이 펴지면서 움직이는 발과 계단 바닥 사이의 거리)

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 사용자의 발높이와 소정의 임계값을 비교하는 발높이 판단 단계;를 더 포함하고,

상기 사용자 발높이가 상기 소정의 임계값보다 크면, 상기 속도 결정 단계를 재수행하는, 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 현실공간의 계단 오르기에 있어서의 발과 머리의 동작과 관련한 모션 데이터를 수집하는 수집 단계;를 더 포함하고,

상기 데이터 획득 단계는, 상기 모션 데이터에 기초하여 상기 사용자 머리의 최고속도($\hat{v}^h$) 및 상기 사용자 머리가 최고속도에 도달하는 시간(t_{hmax})을 획득하는, 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 데이터 획득 단계는 상기 사용자의 왼발 및 오른발의 높이차에 기초하여 상기 계단의 높이(h)를 획득하고,

상기 사용자의 발 속도 및 상기 모션 데이터에 기초하여 상기 사용자 머리의 최고속도($\hat{v}^h$) 및 상기 사용자 머리가 최고속도에 도달하는 시간(t_{hmax})을 획득하는, 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법.

청구항 11

컴퓨터에 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 기재된 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 기록된 컴퓨터 프로그램.

청구항 12

컴퓨터에 제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 기재된 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독 가능 기록매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 가상현실 사용자가 가상공간 내에서 상이한 높낮이의 계단을 오를 때 현실공간의 평지를 이동하는 사용자의 움직임을 가상공간 내 아바타의 계단 오르기 모션으로 맵핑하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 가상현실(Virtual Reality) 환경은 무한한 공간을 제공하지만, 현실에서는 공간적 한계가 존재하기에 사용자의 자유로운 체험을 어렵게 만드는 상황이 빈번히 발생한다. 가상현실에서 주로 사용되는 이동 방식은 VR 컨트롤러(VR Controller)나 가상 포탈을 사용하는 것이나, 이는 현실의 이동방식과는 상이하기 때문에 VR 사용자의 몰입감을 해칠 뿐만 아니라, 어지러움이나 멀미를 유발할 수 있다. 이를 해결하기 위한 특별한 하드웨어(예: VR 트레이드 밀, VR 신발)가 개발되어 왔고, 다양한 측면에서 연구가 진행되고 있지만, 비용적으로 매우 고가일 뿐만 아니라 안전 상의 문제도 동반하는 문제점을 안고 있다.

[0003] 이를 감안하여 별도의 하드웨어 없이 사용자의 시각적인 감각만을 활용해 VR 공간의 한계를 극복하려는 연구가 진행되고 있다. 그러나, 대부분의 연구들은 평평한 지면에서의 이동에 초점을 맞추고 있을 뿐 평평하지 않은 다양한 공간, 지형, 구조물 등에서의 이동은 고려하지 않고 있다. 특히, 계단이나 경사와 같이 높낮이가 상이한 지형에 대한 이동을 고려한 연구는 찾아보기 어렵다. 더욱이, 이러한 극소수의 연구들도 대부분 일정한 크기와 형태의 계단과 같은 특정 상황을 상정하고 있으며, 개인의 다양한 걷기 패턴을 전혀 고려하지 않기 때문에, 리맵핑되는 모션이 매우 부자연스럽다는 문제점을 갖는다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 미국 특허공개공보 제2015-0352441호 (2015.12.10. 공개)

(특허문헌 0002) 한국 특허공개공보 제10-2023-0121662호 (2023.08.21. 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상술한 문제점을 감안한 것으로, 본 발명의 목적은 추가 하드웨어의 필요 없이 경사, 계단 등의 다양한 가상 지형과 사용자의 동적 움직임을 고려하여 가상현실 상에서 더욱 자연스러운 모션을 생성할 수 있는 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법은, 사용자가 가상공간 내에서 오르고자 하는 계단의 높이, 사용자 머리의 최고속도 및 상기 사용자 머리가 최고속도에 도달하는 시간를 획득하는 데이터 획득 단계; 상기 데이터 획득 단계에서 획득된 데이터에 기초하여 가상공간 내 아바타의 머리 속도 및 발 속도를 결정하는 속도 결정 단계; 및 상기 속도 결정 단계에서 결정된 아바타의 머리 속도 및 발 속도에 기초하여 상기 아바타의 모션을 생성하는 모션 생성 단계;를 포함한다.

[0007] 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 컴퓨터 프로그램은 위의 방법을 실행시키기 위하여 기록매체에 기록될 수 있다.

[0008] 그리고, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 컴퓨터 판독 가능 기록매체는 위의 방법을 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램을 기록할 수 있다.

발명의 효과

[0009] 본 발명에 의하면 가상 환경에서의 사용자 경험이 혁신적으로 향상될 수 있다. 먼저, 본 발명을 통해 사용자는 가상의 계단이나 경사 지형을 이동할 때 더욱 현실적이고 직관적인 움직임을 경험할 수 있다. 또한, 본 발명에 의하면 추가적인 하드웨어 없이 가상의 높낮이를 자연스럽게 체감할 수 있기 때문에 비용과 안전 상의 문제에 있어 부담을 크게 줄일 수 있다. 나아가, 본 발명에 의하면 물리적인 공간 제약 없이 다양한 가상 환경을 탐험할 수 있게 되므로, 교육, 엔터테인먼트, 트레이닝 등 다양한 분야에서 VR 콘텐츠 개발을 수행할 수 있고, VR 하드웨어 제조사, 콘텐츠 개발사와의 제휴 및 협력을 가속화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법을 설명하기 위한 개략도이다.

도 2는 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법의 다양한 적용례를 도시한다.

도 3은 실제 계단을 오를 때의 과정을 도식화한 도면이다.

도 4는 가상공간에서 계단을 오를 때 현실공간에서의 사용자 동작과 가상공간에서의 바람직한 아바타 동작을 비교한 도면이다.

도 5는 현실 세계에서 계단을 오를 때의 사용자 모션 데이터를 수집하기 위한 실험 과정을 나타낸다.

도 6은 현실 계단을 오를 때 양 발과 머리의 궤적을 설명하기 위한 그래프이다.

도 7은 가우시안 분포를 나타내는 그래프이다.

도 8은 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 9는 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법을 시간적 흐름에 따라 도식화한 다이어그램이다.

도 10은 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법에 있어서 사용자가 발을 들기 시작했는지를 판단하는 과정을 나타내는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하에서는, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 발명의 바람직한 실시 형태에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0012] 도 1은 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법을 설명하기 위한 개략도이고, 도 2는 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법의 다양한 적용례를 도시한다.

[0013] 본 발명은 VR 사용자가 가상 계단을 오를 수 있도록 하는 역동적인 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법에 관한 것

으로, 가상환경에만 존재하는 가상 계단으로 인하여 발생하는 사용자의 실제 신체 움직임과 아바타의 움직임 사이의 불일치를 고려하면서 가상 계단 걷기의 현실적 감각을 제공한다. 본 발명은 가상 계단이나 가상 환경에 대한 사전 정보 없이 동적으로 모션 리맵핑을 수행할 수 있다.

[0014] 가상현실의 궁극적인 목표는 사용자에게 현실 세계와 동일한, 혹은 매우 유사한 현실적 경험을 제공하는 것에 있다. 이를 위한 방법 중 하나는 사용자의 물리적 움직임과 동기화된 아바타를 사용하여 가상 환경을 탐색하는 것으로, 이는 존재감과 몰입감을 향상시킨다. 연구자들은 수십 년 동안 사용자 움직임을 아바타 움직임에 매핑하는 연구를 진행해 왔는데, 외부장치 사용이나 복잡한 절차로 인해 접근성과 사용성을 저하시키지 않으면서 사용자의 움직임을 정확하게 추적하는 것과, 추적된 움직임을 가상 아바타에 매핑하여 사용자의 신체적 움직임과 밀접한 유사성을 보장하는 두 가지 측면을 주로 고려했다. 이때, 널리 사용되는 매핑 기술은 사용자의 신체 동작을 추적하여 이를 가상 아바타에 매핑하는 사용자-아바타 1:1 모션 매핑 기술이다. 그러나, 가상 환경과 물리적 환경 간에 불일치가 있는 경우에는 한계가 있다. 예를 들어, 가상 환경의 수평 규모가 실제 플레이 영역을 초과하는 경우 일대일 매핑으로 인한 탐색이 제한될 수밖에 없다. 특히, 가상현실 사용자가 가상 계단을 오를 때와 같이 바닥 형태가 다른 가상 환경과 물리적 환경 간의 불일치에 대한 연구는 매우 제한적으로 진행되어 왔다. 이러한 불일치로 인해 아바타와 사용자 간의 자세 차이가 발생하여 일대일 모션 매핑이 불가능해진다.

[0015] 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법은 사용자가 평평한 표면을 걷는 동안 가상현실 상에서는 사실적인 가상 계단 오르기 경험을 제공한다. 즉, 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법은 추가적인 하드웨어 없이 사용자의 움직임과 가상 아바타 사이의 모션만을 조작하여 가상의 높낮이 차이가 존재하는 다양한 지형을 걸을 수 있도록 한다.

[0016] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법은 현실세계(Real World)의 사용자 움직임을 가상세계(Virtual World)의 아바타에 리맵핑한다. 즉, 도 1의 좌측에 도시된 현실세계에서는 사용자가 평지에서 움직이고 있지만, 도 1의 우측에 도시된 가상세계에서는 아바타가 계단을 오르거나, 높낮이가 다른 지형물을 건너는 등의 움직임을 보여준다. 나아가, 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법은, 도 2에 도시된 바와 같이, 계단을 포함한 다양한 가상환경 지형을 아바타가 이동함에 있어서 더욱 현실감 있는 모션 리맵핑을 제공한다.

[0017] 도 1 및 2에 도시된 바와 같이, 본 발명은 가상 환경에만 존재하는 가상 계단 혹은 경사 지형 등으로 인해 발생하는 사용자의 실제 신체 움직임과 아바타의 움직임 사이의 불일치를 고려하면서 가상 환경에서 현실적인 감각을 제공한다. 또한, 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법은 동적 다중 사용자 환경에 적용할 수 있도록 한다. 이를 위하여, 본 발명은 가상 계단이나 환경에 대한 사전 정보 없이 동적으로 모션 리맵핑을 달성하여 다양한 VR 애플리케이션에서 구현을 단순화한다. 또한, 본 발명은 현실적인 1인칭 경험뿐만 아니라 주변 관찰자에게도 신뢰성 있는 3인칭 경험을 제공하는 아바타 모션을 합성하여 다중 사용자 VR 애플리케이션에 적용할 수 있다.

[0018] 종합하면, 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법은①사용자가 평평한 표면을 걷는 동안 어떠한 크기의 가상 계단이든 아바타가 오를 수 있게 하고, 1인칭 또는 3인칭의 관점에서 사실적인 아바타 모션을 합성하며, 가상 계단이나 환경에 대한 사전 정보 없이도 동적 리맵핑을 수행할 수 있다.

[0019] 도 3은 실제 계단을 오를 때의 과정을 도식화한 도면이다. 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법을 제공하기 위하여 현실공간에서의 계단 오르기를 할 때와 가상공간에서의 계단 오르기를 할 때 나타나는 자세 차이를 관찰하고 분석했다.

[0020] 현실 계단은 소정 높이(h)의 단차를 갖는다. 즉, 첫번째 계단의 높이가 h라면 두번째 계단의 높이는 2h가 된다. 이때, 현실 계단을 오르고자 하면 지지하고 있는 무릎(이하, '스탠스 레그(stance leg)'로 칭함)이 구부러지게 된다(도 3의 (b)).

[0021] 다음 단계에서, 구부러진 무릎이 펴지면서 움직이는 다리/발('스윙 레그(swing leg)' 또는 '스윙 풋(swing foot)'으로 칭함)이 형성되고, 이때 머리의 높이가 상승한다(도 3의 (c)). 이하에서는 이를 '무릎-기반 상승(Knee-based ascent)'이라 칭하기로 한다. 무릎-기반 상승으로 인해 스윙 레그 또는 스윙 풋이 h의 높이만큼 상승하게 되므로, 스윙 레그 자체는 h만큼만 들어 올리면 다음 계단을 오를 수 있게 된다.

[0022] 이에 반하여, 가상공간에서 아바타를 통해 가상 계단을 오르고자 할 때, 실질적으로 사용자는 현실공간에서 평지에 있기 때문에 무릎-기반 상승을 받지 못한다. 도 4는 가상공간에서 계단을 오를 때 현실공간에서의 사용자 동작과 가상공간에서의 바람직한 아바타 동작을 비교한 도면이다. 즉, 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵

핑 방법을 적용하면 도 4와 같은 리맵핑이 이루어져야 한다.

[0023] 도 4에 도시된 바와 같이, 가상 계단을 오르는 동안 현실 세계의 사용자는 무릎-기반 상승을 받지 못하며, 다음 단계의 계단을 밟기 위해서는 2h의 높이만큼 발을 과하게 들어올려야 하는 상황에 직면하게 된다.

[0024] 이를 감안하여, 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법은 현실에서의 무릎기반-상승을 대신하여 가상 계단을 오르는 동안 발과 머리를 올려주는 힘을 가상의 아바타에 적용한다. 이하에서는 이를 무릎-기반 상승 보조(Knee-based ascent assistance, KAA)로 칭하기로 한다.

[0025] 무릎-기반 상승 보조(KAA)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 두 발의 높이차가 존재하는 상황에서 사용자가 발을 들어 올렸다고 판별되면, 발과 머리를 h의 높이만큼 상승시키는 것이다. 이때, 현실적인 계단 오르기 느낌을 주기 위해서는 무릎-기반 상승 보조(KAA)가 발과 머리의 높이를 올려주는 속도가 실제 오르기 상황에서와 동일하거나 거의 유사해야 한다. 따라서, 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법은 현실 계단을 오를 때의 속도 데이터를 기반으로 사용자가 발을 바닥에서 뗐다고 생각하는 초기에 무릎-기반 상승 보조의 속도를 결정하고, 이를 아바타 모션에 적용하여, 보다 현실감 있는 계단 오르기 동작을 모사한다.

[0026] 도 5는 현실 세계에서 계단을 오를 때의 사용자 모션 데이터를 수집하기 위한 실험 과정을 나타낸다. 즉, 무릎-기반 상승 보조의 속도를 결정하기 위하여, 도 5에 도시된 바와 같이, 30cm의 폭과 12.5cm의 높이를 갖는 계단과, 30cm의 폭과 25cm의 높이를 가지는 계단에서 50BPM(Beat Per Minute), 75BPM, 100BPM의 세 가지 속도로 계단을 오를 때의 머리와 발의 궤적에 관한 모션 데이터를 수집했다. 즉, (12.5cm, 50BPM), (12.5cm, 75BPM), (12.5cm, 100BPM), (25cm, 50BPM), (25cm, 75BPM), (25cm, 100BPM)의 6개 조건에서 모션 관련 속도 데이터를 수집했다. 본 실험에서는 12명의 참가자(남성 9명, 여성 3명)가 준비된 계단을 반복하여 오르면서 지속적으로 데이터를 수집했다. 이렇게 수집된 사용자 모션 데이터는, 발을 떼는 순간의 발의 속도, 해당 걸음에서의 머리의 최고속도, 발을 뗀 순간 이후부터 머리의 최고속도에 도달하게 되는 시간을 포함한다.

[0027] 이에 기초하여, 머리의 최고속도와 최고속도에 도달하는 시간은 사용자가 발을 뗀 t_δ 시간의 발의 속도($V_r^f(t_\delta)$)를 이용하여 획득할 수 있다. 구체적인 방법은 아래와 같다.

[0028] ① 사용자가 발을 드는 순간의 발의 속도($V_r^f(t_\delta)$)와 계단의 높이(h)를 획득한다.

[0029] ② 계단 높이가 12.5cm인 데이터들과, 계단 높이가 25cm인 데이터들 각각에서 발의 속도($V_r^f(t_\delta)$)와 가장 유사한 값을 갖는 데이터를 찾고, 그에 해당하는 머리의 최고속도를 획득한다. 해당 데이터들은 아래 예와 같은 수식으로 표현될 수 있다.

[0030] 예) $\hat{V}^h_{12.5} = \hat{V}^h(12.5, V_r^f(t_\delta))$, $\hat{V}^h_{25.0} = \hat{V}^h(25.0, V_r^f(t_\delta))$

[0031] ③ 이후, $\hat{V}^h_{12.5}$와 $\hat{V}^h_{25.0}$을 구하면, 두 개의 값을 선형 보간하여 현재 h에 따른 머리의 최고속도($\hat{V}^h(h, V_r^f)$)를 구한다.

[0032] 이 과정을 통하여, 계단 높이가 h이고, 발의 속도가 V_r^f일때 머리의 최고속도인 $\hat{V}^h(h, V_r^f)$를 구할 수 있으며, 머리의 최고속도에 도달하는 시간도 동일한 방법으로 획득할 수 있다. 획득된 머리의 최고속도 및 머리의 최고속도에 도달하는 시간, 그리고, 계단 높이 h는 무릎-기반 상승 보조(KAA)를 적용할 때 추가되는 속도를 결정하는 기초가 된다.

[0033] 이때, 이때, 사용자 머리 및 발의 높이와 속도와 관련한 데이터는 다양한 센서를 이용하여 획득될 수 있다. 예를 들어, 사용자 머리와 발의 위치는 머리와 발에 착용하는 다양한 방식의 웨어러블 센서, VR HMD(Head mounted Display) 등을 이용하여 획득할 수 있다.

[0034] 도 6은 현실 계단을 오를 때 양 발과 머리의 궤적을 설명하기 위한 그래프이다. 구체적으로, 도 6의 (a)는 오른발의 높이(H^r), 왼발의 높이(H^l) 및 머리의 높이(H^h)를 나타내고, 도 6의 (b)는 오른발의 속도(V^r), 왼발의 속도(V^l) 및 머리의 속도(V^h)를 나타낸다. 도 6을 참조하면, 계단을 오를 때 두 단계(P1, P2)의 패턴을 갖는 것을 확

인할 수 있다.

[0035] 먼저, 도 6의 (b)의 속도 그래프를 참조하면, P1 단계에서는 머리와 발의 속도가 거의 유사함을 확인할 수 있다. 머리는 무릎을 통해서만 상승할 수 있으므로, 두 속도가 유사하다는 것은 P1 단계에서 발과 머리의 상승이 모두 무릎-기반 상승에 의해 이루어졌음을 의미한다.

[0036] 반면, P2 단계에서는 발의 속도가 머리의 속도보다 빠름을 확인할 수 있는데, 이는 발을 들어 올리는 속도에 무릎-기반 상승에 따른 속도가 더해졌기 때문이다.

[0037] 이와 같은 분석 결과를 기반으로, 본 발명은 무릎-기반 상승 보조(KAA)의 속도를 P1 단계와 P2 단계로 나누어 도 6의 그래프를 모사한다.

[0038] 무릎-기반 상승 보조(KAA)의 속도를 획득하기 위해, 먼저 머리를 상승시킬 속도를 결정한다. 이를 위하여, 사용자가 계단을 오르고자 발을 들었다고 판단되면, 그때의 발의 속도(V^{f})를 구하고, 두 발이 딛고 있던 지면의 차이를 계단의 높이(h)로 사용한다. 사용자가 계단을 오르고자 발을 들었는지는 다양한 방식으로 판단될 수 있으며, 그의 일례에 대해서는 도 9를 참조하면서 후술하기로 한다.

[0039] 이후, 사용자 모션 데이터 등의 기설정된 데이터로부터, h 높이의 계단을 V^{f}의 속도로 오르는 경우와 동일하거나 가장 유사한 현실 데이터를 추출한다. 그리고, 추출된 현실 데이터로부터 머리의 최고속도와 해당 최고속도에 도달하게 되는 시간(t_{max})을 획득한다. 이후, 해당 최고속도에 도달하게 되는 시간(t_{max})에 머리의 속도가 해당 최고속도가 되도록 선형적으로 머리의 속도를 증가시킨다.

[0040] 예를 들어, 머리의 최고속도는 h에 따라서 증가할 수 있다. h는 사용자의 오른쪽 발과 왼쪽 발의 높이 차이로 획득(추정)될 수 있다. 스윙 풋이 바닥을 떠나면서 발의 속도를 획득할 수 있다. 이후, 12.5cm 계단으로 수집된 사용자 모션 데이터를 탐색하여 스윙 풋의 이탈 속도가, 획득된 발의 속도와 유사한 동작 데이터를 찾는다. 또한, 25.0cm 계단으로 수집된 사용자 모션 데이터를 탐색하여 스윙 풋의 이탈 속도가, 획득된 발의 속도와 유사한 동작 데이터를 찾는다. 이후, 12.5cm의 계단 높이와 25.cm의 계단 높이에 따른 모션 데이터를 선형 보간하여, 획득된 h 높이의 계단에 있어서 머리의 최고속도와 머리의 최고속도에 도달하는 시간을 획득할 수 있다.

[0041] t_{max} 이후부터는 부드럽게 하락하는 그래프를 모사하고자 가우시안 함수를 사용할 수 있다. 예를 들어, 가우시안 그래프에서 V^{h}의 값을 최고 높이로 가지고, '계단 높이(h)-t_{max}까지 올려준 높이'를 넓이로 가지는 가우시안 모양의 그래프를 계산하여, 이를 머리의 상승속도로 사용한다. 이와 관련해서는 도 7을 참조하면서 후술하기로 한다.

[0042] 발의 속도를 보조해 주는 것은 t_{max} 이후부터 적용한다. 이는 실제 계단 오르기에서는 무릎-기반 상승이 주를 이루는 P1 단계부터 시작되는 반면, 가상 계단 오르기에서는 사용자가 평지에 있기 때문에 항상 발 자체를 들어 올리는 힘으로 오르기가 시작되기 때문이다. 따라서, 초기부터 무릎-기반 상승 보조를 적용해 주게 되면, '발 자체를 들어 올리는 힘'과 무릎-기반 상승 보조가 합쳐져서 P1 단계에서 발이 너무 빠르게 올라가버리는 문제가 생긴다. 따라서, 본 발명은 실제 계단 오르기에서 발 자체를 들어 올리는 힘과 무릎-기반 상승이 합쳐지는 P2 단계까지 무릎-기반 상승 보조의 적용을 미룸으로써 이러한 현상을 완화한다.

[0043] t_{max} 이후의 발의 상승을 보조는 해주는 속도는 머리 상승 보조가 끝나는 시간까지 발의 높이가 h만큼 상승하도록 하는 가우시안 함수를 구해서 적용한다. 이후, 사용자가 발을 내리기 시작하면, 현실에서의 발과 가상의 발이 땅에 닿는 순간이 일치되도록, 가상의 발이 내려가는 속도를 조절해주는 컨트롤 속도(control velocity)를 적용해준다. 컨트롤 속도는 현실에서 발과 땅 사이의 거리와 가상에서의 발과 땅 사이의 거리를 이용하여 구할 수 있다.

[0044] 이러한 과정을 통해서, 사용자가 오르고자 하는 지형의 높이와 속도에 맞춰 무릎-기반 상승 보조의 속도를 동적으로 결정할 수 있게 되며 자연스러운 모션을 생성할 수 있다. 추가로, 무릎-기반 상승은 계단뿐만 아니라 높낮이 차이가 존재하는 모든 지형에서 대해 적용되므로 본 발명은 높낮이 차이가 존재하는 다양한 지형에 모두

적용이 가능하다.

[0045] 도 6의 그래프에서 머리의 속도(V^h)는 P1 단계에서 부드럽게 상승하다가 P2 단계에서 정점을 찍고 부드럽게 하락하는 모양을 갖는데, 이를 모사하기 위하여 도 7에 도시된 가우시안 함수를 이용할 수 있다.

[0046] 먼저, 아래 [수학식 1]은 P1 단계의 속도 궤적과 P2 단계의 속도 궤적을 모사한 수식이다. 구체적으로, 아래 [수학식 1]에서 첫번째 줄은 P1 구간의 속도 궤적을 모사하는 것이고, 두번째 줄은 P2 구간의 속도 궤적을 모사한 것이다.

수학식 1

[0047]
$$V_k^h(t) = \begin{cases} (t - t_\delta)\dfrac{\hat{V}^h(h, V_r^f(t_\delta))}{t_{hmax} - t_\delta} & \text{if } t_\delta < t \le t_{hmax} \\ 2(\bar{h})G(t, t_{hmax}, \sigma_h) & \text{otherwise} \end{cases}$$

[0048] 여기서, $V_k^h(t)$ 는 무릎-기반 상승 보조에 따른 속도로써 아바타 머리 속도에 가산될 속도, t는 시간, t_δ 는 발을 바닥에서 들어올린 순간의 시간, t_{hmax} 는 머리가 최고속도에 도달하는 시간, $\hat{V}^h(h, V_r^f(t_\delta))$ 는 계단 높이가 h이고 발의 속도가 $V_r^f(t_\delta)$ 일 때 머리의 최고속도, $\bar{h}$ 는 계단 높이 h에서 't_δ 부터 t_{hmax} 의 시간까지 머리가 상승한 높이'를 차감한 값, G는 가우시안 식, σ_h 는 $2\bar{h}$ * 가우시안 함수의 최대값이 머리의 최고속도($\hat{V}^h$) 를 만족하는 분산값을 나타낸다.

[0049] 한편, 가우시안 식은 아래의 [수학식 2]와 같다.

수학식 2

[0050]
$$G(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} exp(-\frac{1}{2}(\frac{x - \mu}{\sigma})^2)$$

[0051] P2 단계의 속도 궤적은 위의 가우시안 식을 이용하며, P2 단계의 속도 궤적의 변수를 설명하면 아래와 같다.

[0052] ① $\mu = t_{hmax}$

[0053] 여기서, [수학식 2]의 가우시안 함수의 변수 x에 시간 t를 대입한다. 가우시안 함수를 이용하여 속도가 하락하는 부분, 즉, $t \ge t_{hmax}$ 일 때의 구간만을 모사하므로, $\mu = t_{hmax}$ 로 설정한다.

[0054] ② $\bar{h} = h - H_v^h(t_{hmax}) + H_v^h(t_\delta)$

[0055] 여기서, $\bar{h}$ 는 계단 높이(h)에서 't_δ 부터 t_{hmax} 의 시간까지 머리가 상승한 높이'를 차감한 값이다. 이 함수를 통해 얻은 속도를 따랐을 때 머리가 $\bar{h}$ 만큼 올라가야 하고, 가우시안 함수의 절반의 넓이는 0.5이므로 가우시안 함수에 $2\bar{h}$ 를 곱해준다.

[0056] ③ $\sigma=\sigma_h=\frac{2\bar{h}G(0,0,1)}{\hat{V}^h(h,V_r^f)}$

[0057] 여기서, $2(\bar{h})G(t_{hmax},t_{hamx},\sigma_h)=\hat{V}^h(h,V_r^f)$ 을 만족해야 하므로 [수학식 2]의 변수 중 σ는 위 ③의 수식을 따른다.

[0058] 한편, 무릎-기반 상승 보조에 따른 속도는 아래의 [수학식 3]에 의하여 결정될 수 있다. [수학식 3]에서 두번째 줄의 수식은 가우시안 함수를 이용하여 발의 상승을 모사한다. 즉, $V_k^f(t)$는 아바타의 스윙 풋(swing foot) 속도에 추가된 속도를 나타낸다.

수학식 3

[0059]
$$V_k^f(t)=\begin{cases}0 & \text{if } t\le t_{hmax}\\ h\dfrac{G(t,t_{hmax}-\sigma_h,0.5\sigma_h)}{0.95} & \text{otherwise}\end{cases}$$

[0060] [수학식 3] 및 $[\mu-2\sigma,\ \mu+2\sigma]$구간의 가우시안 함수를 모사하여 발 속도 함수를 생성하며, 이때, 각 변수는 아래와 같다.

[0061] ① $\frac{h}{0.95}$

[0062] 여기서, $[\mu-2\sigma,\ \mu+2\sigma]$구간에서의 가우시안 함수의 넓이는, 도 7에 도시된 바와 같이, 대략 0.95가 된다. 따라서, 함수를 0.95로 나누어주고, h를 곱하여 해당 속도를 따랐을 때 h만큼 발이 상승하도록 한다.

[0063] ② $\sigma=0.5\sigma_h$

[0064] 여기서, 머리는 가우시안 함수의 절반을 모사하지만, 발은 가우시안 함수의 전체를 모사한다. 그러나, 머리가 상승하는 시간과 발이 상승하는 시간은 유사해야 하므로, 머리를 상승시킬 때의 1/2에 해당하는 분산을 사용한다.

[0065] ③ $\mu=t_{hmax}+\sigma_h$

[0066] 여기서, $t_{hmax}=\mu-2\sigma$ 가 되어야 한다. 이때, $\sigma=0.5\sigma_h$이므로 $\mu=t_{hmax}+\sigma_h$가 된다.

[0067] 마지막으로, 발이 하강할 때는 아래의 [수학식 4]에 따른 컨트롤 속도($V_c^f(t)$)를 적용한다. 컨트롤 속도는 현실에서 발과 땅이 닿는 시간과 가상에서 발이 땅에 닿는 시간을 일치시키기 위해서 가상 발에 적용하는 속도를 의미한다.

수학식 4

[0068]
$$V_c^f(t)=min(V_r^f(t),0)\left(\frac{D_v^f(t)}{D_r^f(t)}-1\right)$$

[0069] 여기서, min()은 입력된 매개변수 중 최소값을 반환하는 함수, $V_v^f(t)$는 발의 속도, $D_v^f(t)$는 가상공간 아바타의 스윙 풋(swing foot)과 계단 바닥 사이의 거리, $D_v^f(t)$는 현실공간 사용자의 스윙 풋과 계단 바닥 사이의 거리를 의미한다. 여기서, 스윙 풋(swing foot)은 구부러진 무릎이 펴지면서 움직이는 발을 의미한다.

[0070] 이때, 현실공간 사용자 발의 속도($V_v^f(t)$), 무릎-기반 상승 보조(KAA)에 의하여 결정된 속도($V_k^f(t)$) 및 컨트롤 속도($V_c^f(t)$)를 고려하면, 아바타의 스윙 풋의 높이($H_v^f(t)$)는 아래의 [수학식 5]에 의하여 산출될 수 있다.

수학식 5

[0071] $$H_v^f(t) = H_v^f(t-\Delta t) + \Delta t(V_r^f(t) + V_k^f(t) + V_c^f(t))$$

[0072] 도 8은 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법을 나타내는 흐름도이고, 도 9는 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법을 시간적 흐름에 따라 도식화한 다이어그램이다. 도 8 및 9를 동시에 참조하면서, 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법의 각 단계에 대하여 설명한다.

[0073] 먼저, 계단 높이(h), 사용자 머리의 최고속도($\hat{V}^h$) 및 사용자 머리가 최고속도일 때의 시간(t_{hmax})을 획득한다(S100). 이는 사용자 발 속도 및 기구축된 사용자 모션 데이터에 기초하여 획득될 수 있으며, 위에서 설명한 바와 같다. 따라서, 도 8의 S100단계 이전에 현실 세계에서 계단을 오를 때의 사용자 모션 데이터를 수집하는 단계가 더 포함될 수 있다.

[0074] 이후, 무릎-기반 상승 보조(KAA)가 아바타 머리의 높이를 h만큼 상승시켰는지를 판단한다(S110). 그리고, 무릎-기반 상승 보조(KAA)에 의하여 아바타 머리의 높이가 상승하지 않았다면(S110-NO), 아바타 머리에 대한 모션에 대해 무릎-기반 상승 보조(KAA)를 적용한다(S120). 이때, 아바타 머리에 대한 무릎-기반 상승 보조(KAA)의 적용은 위의 [수학식 1]에 기초하며, 이에 의하여 아바타 머리의 이동 속도가 결정된다. 즉, 무릎-기반 상승 보조(KAA)가 적용되면, 아바타 머리의 속도에 무릎-기반 상승 보조(KAA)에 따른 속도가 더해져, 아바타 머리의 이동 속도가 결정될 수 있다.

[0075] 이후, 무릎-기반 상승 보조(KAA)가 아바타 발의 높이를 h만큼 상승시켰는지를 판단하고(S130), 무릎-기반 상승 보조(KAA)에 의하여 아바타 발의 높이가 h만큼 상승하지 않았다면(S130-NO), 현재 시간이 사용자 머리가 최고 속도일 때의 시간(t_{hmax}) 이상인지를 판단한다(S140).

[0076] 이때, 현재 시간이 사용자 머리가 최고 속도일 때의 시간(t_{hmax}) 이상이라면(S140-YES), 아바타 발에 대하여 무릎-기반 상승 보조(KAA)를 적용한다(S150). 이때, 아바타 발에 대한 무릎-기반 상승 보조(KAA)의 적용은 위의 [수학식 3]에 기초하며, 이에 의하여 아바타 발의 속도가 결정될 수 있다. 즉, 무릎-기반 상승 보조(KAA)가 적용되면, 아바타 발의 속도에 무릎-기반 상승 보조(KAA)에 따른 속도가 더해져, 아바타 발의 이동속도가 결정될 수 있다.

[0077] 반대로, 무릎-기반 상승 보조(KAA)에 의하여 아바타 발의 높이가 h만큼 상승했거나(S130-YES), 현재 시간이 사용자 머리가 최고 속도일 때의 시간(t_{hmax})에 도달하지 않았다면(S140-NO), 사용자 발이 하방으로 이동했는지를 판단한다(S160).

[0078] 사용자 발이 하방 이동했다면(S160-YES), 현실공간의 사용자 발이 지면에 닿는 타이밍과 가상공간의 아바타 발이 지면에 닿는 타이밍을 일치시키기 위하여, 아바타 발의 모션에 대하여 컨트롤 속도를 적용한다(S170). 컨트롤 속도의 적용은 위의 [수학식 4]에 기초하며, 이에 따라 아바타 발의 속도가 조절될 수 있다.

[0079] 현실공간에서의 사용자 발이 하방으로 이동하지 않았다면(S160-NO), 다음 프레임으로 이동하여 사용자 발과 사

용자 머리의 위치를 판단하고(S180), 사용자 발의 높이가 소정의 임계값(threshold)보다 높은지를 판단한다(S190). 이때, 소정의 임계값을 발들기 임계값(flight threshold)으로 칭하기로 한다.

[0080] 사용자 발의 높이가 발들기 임계값(flight threshold)보다 높다면(S190-YES), 사용자가 계속해서 계단이나 경사를 오르는 것으로 판단하고, S110의 단계부터 다시 반복하여 무릎-기반 상승 보조(KAA)에 기초한 아바타 머리와 발의 속도를 결정한다. 상술한 방법으로 결정한 계단 이동시의 아바타 머리 속도 및 발 속도에 기초하여, 아바타의 모션이 생성되며, 이는 현실공간에서 평지를 이동하는 사용자의 동작과 달리 가상공간에서는 실질적으로 계단을 오르는 듯한 느낌을 부여한다.

[0081] 반대로, 사용자 발의 높이가 발들기 임계값(flight threshold)보다 낮다면(S190-NO), 가상공간 내에서 계단 오르기를 멈춘 것으로 판단하여 사용자-아바타 모션 리맵핑을 종료한다.

[0082] 여기서, 발들기 임계값(flight threshold)은 사용자가 발을 들어올렸는지 판단의 기준이 되는 값을 의미한다. 즉, 사용자가 발을 들어올린 높이가 해당 임계값보다 높으면 발을 들어올렸다고 판단할 수 있다.

[0083] 도 10은 본 발명에 따른 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법에 있어서 사용자가 발을 들기 시작했는지를 판단하는 과정을 나타내는 흐름도이다. 도 10에 도시된 바와 같이, 사용자 발이 지면에 닿아 있을 때의 지면 발높이(f_g)를 미리 저장한다. 지면 발높이(f_g)와 현재 발높이(f_h)의 차이가 임계값($flightTH$)보다 높은 경우, 발이 지면에서 떨어진 것으로, 즉, 사용자가 발을 든 것으로 판단할 수 있다. 이때, 사용자 머리 및 발의 높이와 속도는 다양한 센서를 이용하여 획득될 수 있다. 예를 들어, 사용자 머리와 발의 위치는 머리와 발에 착용하는 다양한 방식의 웨어러블 센서, VR HMD 등을 이용하여 획득할 수 있다. 이때, 센서 노이즈를 방지하기 위하여, countTH개의 프레임 연속으로 높거나 $4*flightTH$보다 높은 경우에는 변경해줄 수 있다. 여기서, 임계값($flightTH$)은 1cm이고, countTH는 3일 수 있지만, 이에 한정되지 않는다. 여기서, 임계값($flightTH$)은 도 8의 190단계의 임계값에 대응한다.

[0084] 본 발명은 다양한 분야에서 활용될 수 있다. 첫번째 예로, 본 발명은 가상현실을 활용한 훈련 시뮬레이션에 활용될 수 있다. 실제 몸을 움직여서 훈련해보는 것이 중요한 군사, 비상 상황 등의 시뮬레이션에서 본 발명을 사용하면, 더욱 효과적인 훈련이 가능할 수 있다. 두번째 예로, 본 발명은 엔터테인먼트에서 활용될 수 있다. 다양한 계단, 경사, 비탈등이 등장할 수 있는 VR 게임에서 더욱 다양하고 현실적인 상호작용을 제공할 수 있을 것이다. 세번째 예로, 본 발명은 건강 및 재활 분야에 활용될 수 있다. 실제 환경을 모방하는 가상 현실을 통해, 환자들이 더 안전하고 효과적인 재활 훈련을 받을 수 있는 콘텐츠를 제작할 수 있다. 네번째 예로, 본 발명은 건축 및 디자인 분야에 활용될 수 있다. 건물이나 인테리어 디자인의 프로토타입을 가상 현실에서 체험함으로써, 더 정확하고 효율적인 설계 변경이 가능하다. 그 외에도 본 발명은 다양한 높낮이의 지형이 등장할 수 있는 모든 분야의 VR 콘텐츠에서 활용 가능할 것이다.

[0085] 본 발명은 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램은, 상술한 리맵핑 방법의 다양한 실시예를 컴퓨터에서 실행시키기 위한 것으로, 컴퓨터 판독가능한 기록매체에 기록될 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램은 아래에서 설명하는 각 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법의 각 단계를 실행시키기 위하여 매체에 저장될 수 있다.

[0086] 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램이 실행하는 상기 사용자-아바타 모션 리맵핑 방법의 각 단계는 데이터 획득 단계, 속도 결정 단계 및 모션 생성 단계로 구성될 수 있다. 데이터 획득 단계는 사용자가 가상공간 내에서 오르고자 하는 계단의 높이(h), 사용자 머리의 최고속도($\hat{v}^h$) 및 상기 사용자 머리가 최고속도에 도달하는 시간(t_{hmax})를 획득한다. 속도 결정 단계는 상기 데이터 획득 단계에서 획득된 데이터에 기초하여 가상공간 내 아바타의 머리 속도 및 발 속도를 결정한다. 더욱 구체적으로, 속도 결정 단계에서는 무릎-기반 상승 보조(Knee-based ascent assistance, KAA)에 의하여 아바타 발 속도에 가산될 속도를 산출하고, 이에 기초하여 아바타 발 속도를 결정한다. 마지막으로, 모션 생성 단계는 상기 속도 결정 단계에서 결정된 아바타의 머리 속도 및 발 속도에 기초하여 상기 아바타의 모션을 생성한다.

[0087] 구체적으로, 속도 결정 단계는, 무릎-기반 상승 보조(Knee-based ascent assistance, KAA)에 의하여 가산될 머리 속도를 산출하여 상기 아바타의 머리 속도를 결정하는 머리 속도 결정 단계, 및 상기 무릎-기반 상승 보조에 의하여 가산될 발 속도를 산출하여 상기 아바타의 발 속도를 결정하는 발 속도 결정 단계로 구성될 수 있다. 이

때, 머리 속도 결정 단계는, 무릎-기반 상승 보조에 관한 [수학식 1]을 적용하여 상기 가산될 머리 속도를 산출할 수 있다. 발 속도 결정 단계는, 상기 무릎-기반 상승 보조에 관한 [수학식 3]을 적용하여 상기 가산될 발 속도를 산출할 수 있다. 이때, 발 속도 결정 단계에서는 [수학식 3]의 조건 만족 여부를 확인하기 위하여, 현재 시간이 상기 사용자 머리가 최고속도에 도달하는 시간(t_{hmax}) 이상인지를 판단할 수 있다.

[0088] 한편, 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램은 현실공간 내 사용자 발에 대한 하방 이동 여부를 판단하는 단계, 및 상기 사용자 발이 하방으로 이동하면, 상기 사용자 발이 지면에 닿는 시간과 상기 아바타의 발이 지면에 닿는 시간이 일치하도록, 상기 아바타의 발에 대하여 컨트롤 속도를 적용하는 속도 제어 단계를 더 실행할 수 있다. 이때, 컨트롤 속도는 [수학식 5]에 의하여 결정될 수 있다.

[0089] 한편, 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램은 사용자 발의 높이가 소정의 임계값보다 높은지를 판단하는 발높이 판단 단계를 더 실행할 수 있다. 그리고, 상기 사용자 발이 상기 소정의 임계값보다 높게 위치하면, 상기 속도 결정 단계를 다시 수행할 수 있다.

[0090] 또한, 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램은 상기 현실공간의 계단 오르기에 있어서의 발과 머리의 동작과 관련한 모션 데이터를 수집하는 수집 단계를 실행할 수 있다. 이때, 데이터 획득 단계를 실행함에 있어, 기저장된 상기 모션 데이터에 기초하여 상기 사용자 머리의 최고속도($\hat{v}^h$) 및 상기 사용자 머리가 최고속도에 도달하는 시간(t_{hmax})을 획득할 수 있다. 더욱 구체적으로, 데이터 획득 단계에서는, 상기 사용자의 왼발 및 오른발의 높이차에 기초하여 상기 계단의 높이(h)를 획득하고, 상기 사용자의 발 속도 및 상기 모션 데이터에 기초하여 상기 사용자 머리의 최고속도($\hat{v}^h$) 및 상기 사용자 머리가 최고속도에 도달하는 시간(t_{hmax})을 획득할 수 있다.

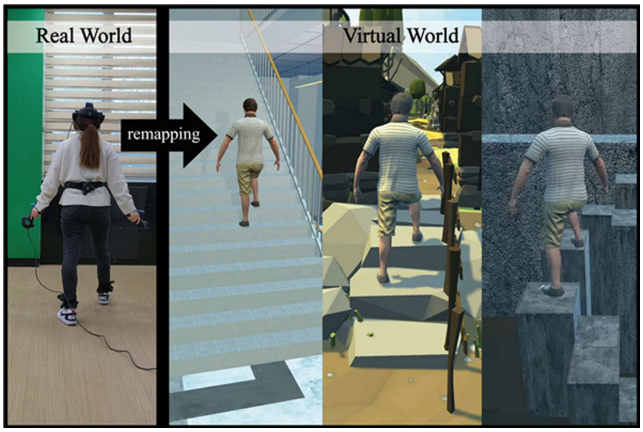
[0091] 한편, 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램은 사용자 신체에 부착된 센서, 웨어러블 디바이스, VR 컨트롤러 등으로부터 다양한 사용자 모션 정보(사용자 발 높이, 머리 높이, 발 속도, 머리 속도 등)를 입력받을 수 있고, 이에 기초하여 위에서 설명한 각 단계를 실행할 수 있다.

[0092] 본 발명에 따른 리맵핑 방법은 컴퓨터, 연산장치 등에 의하여 수행될 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 리맵핑 방법은 컴퓨터 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 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. 상기 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

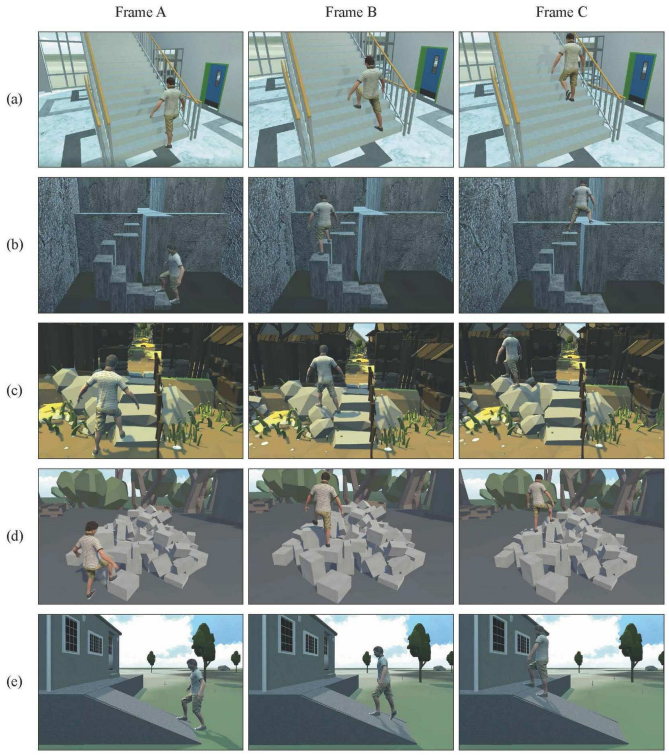
[0093] 또한, 이상에서 실시예를 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

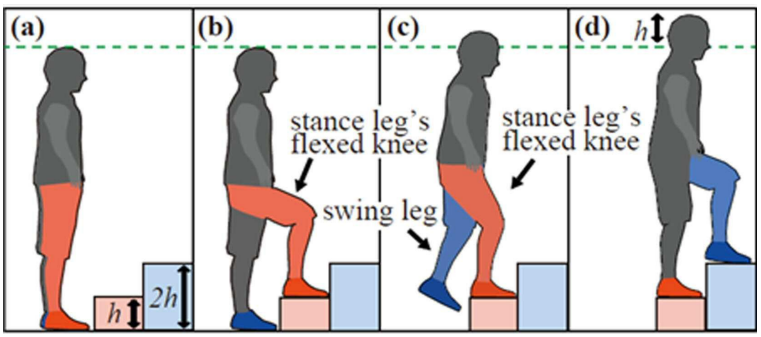
도면1



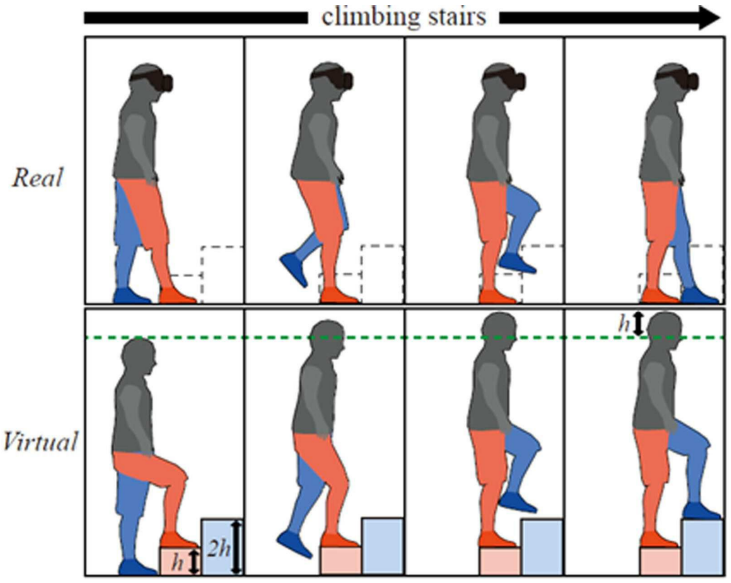
도면2



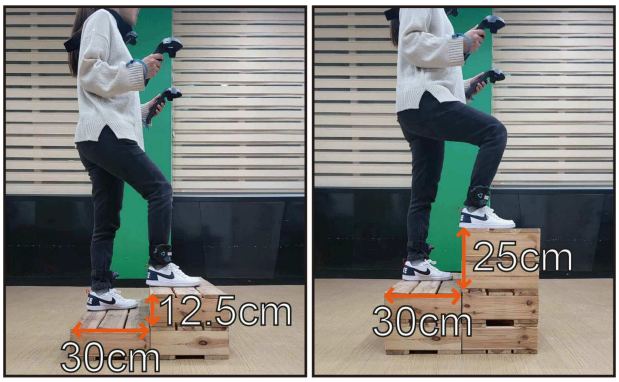
도면3



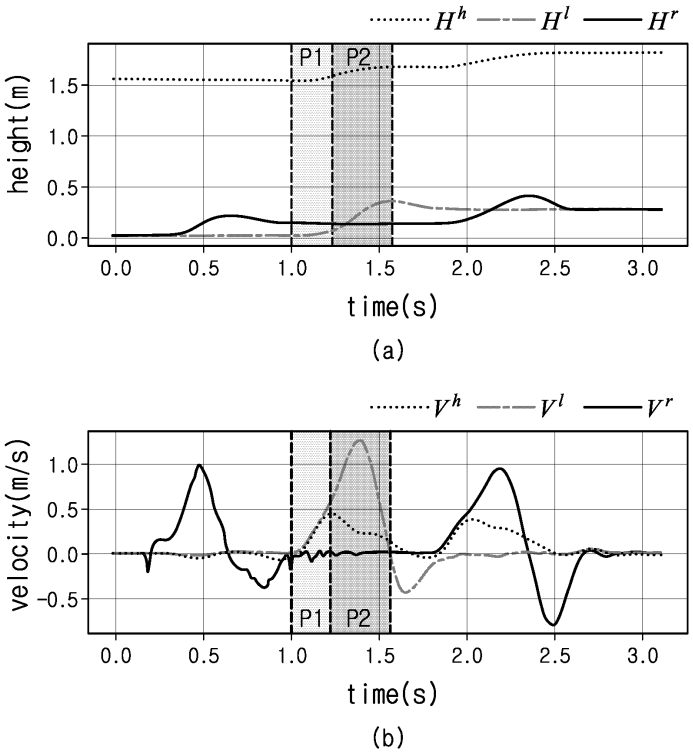
도면4



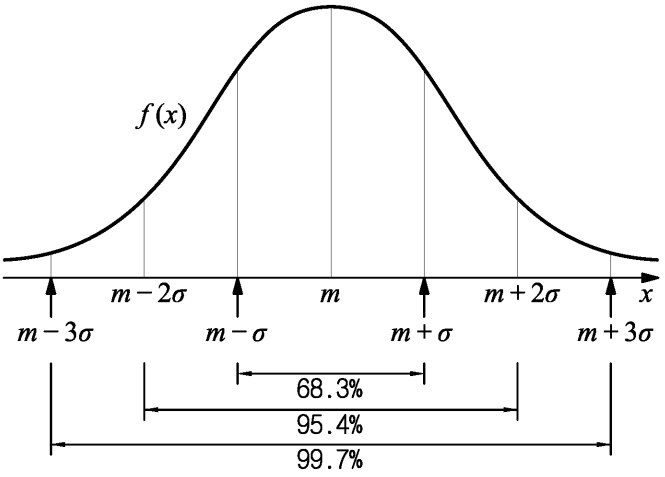
도면5



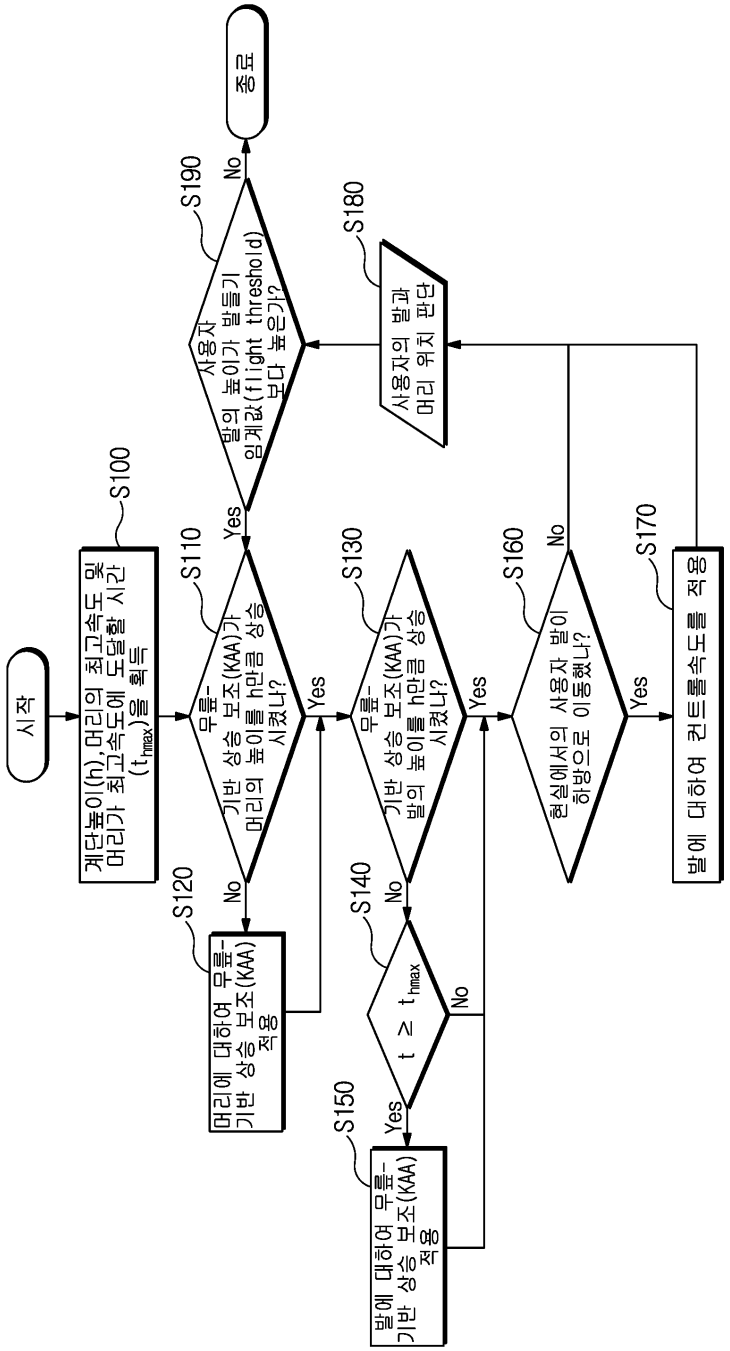
도면6


H^h H^l H^r
P1 P2
height(m)
1.5
1.0
0.5
0.0
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0
time(s)
(a)
V^h V^l V^r
velocity(m/s)
1.0
0.5
0.0
-0.5
P1 P2
0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0
time(s)
(b)

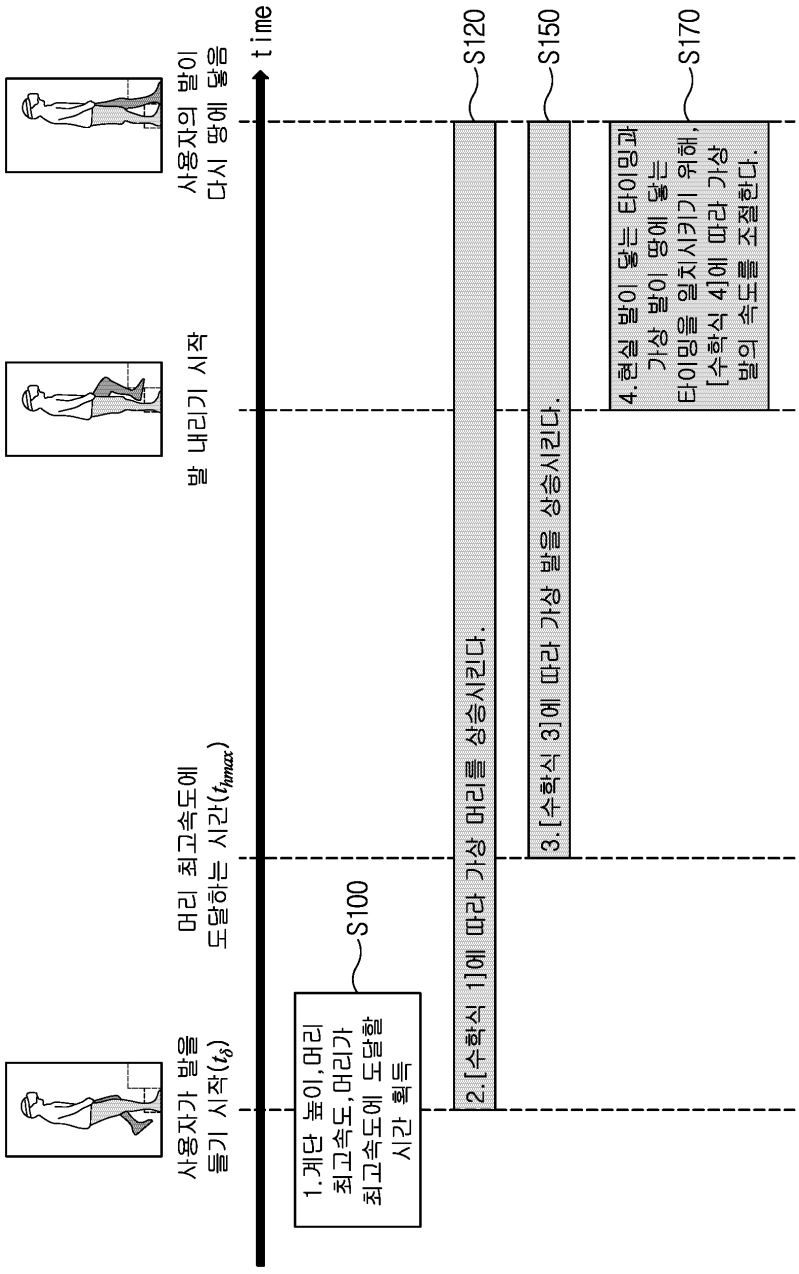
도면7


$f(x)$
$m-2\sigma$
m
$m+2\sigma$
x
$m-3\sigma$
$m-\sigma$
$m+\sigma$
$m+3\sigma$
68.3%
95.4%
99.7%

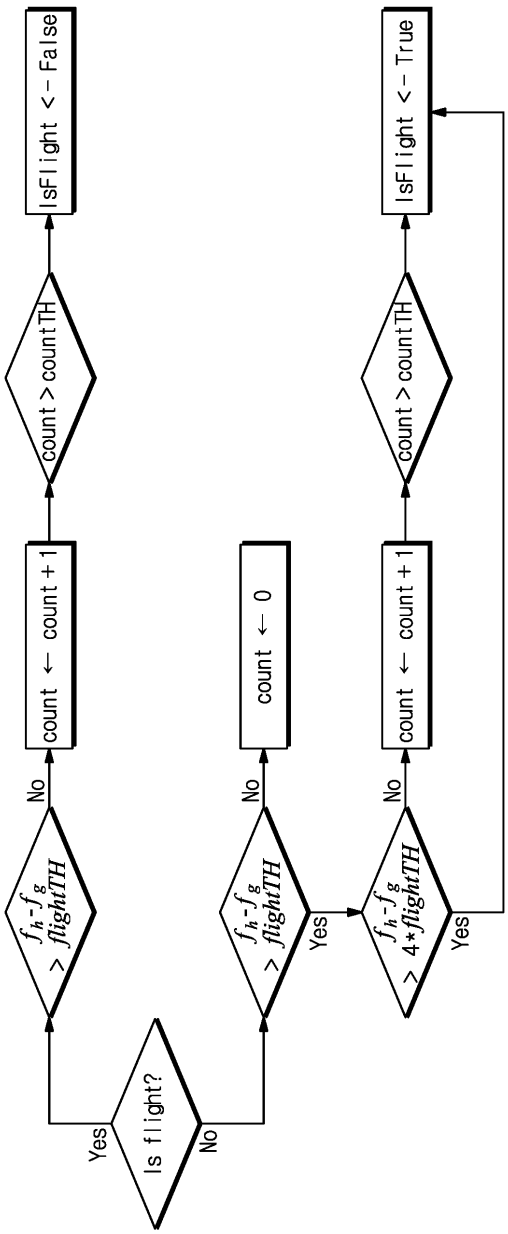
도면8


시작
S100
계단높이(h),머리의 최고속도 및 머리가 최고속도에 도달할 시간(t_{hmax})을 획득
S110
무릎-기반 상승 보조(KAA)가 머리의 높이를 h만큼 상승시켰나?
Yes
No
S120
머리에 대하여 무릎-기반 상승 보조(KAA) 적용
S130
무릎-기반 상승 보조(KAA)가 발의 높이를 h만큼 상승시켰나?
Yes
No
S140
$t \geq t_{hmax}$
Yes
No
S150
발에 대하여 무릎-기반 상승 보조(KAA) 적용
S160
현실에서의 사용자 발이 하방으로 이동했나?
Yes
No
S170
발에 대하여 컨트롤속도를 적용
S180
사용자의 발과 머리 위치 판단
S190
사용자 발의 높이가 발들기 임계값(flight threshold)보다 높은가?
Yes
No
종료

도면9


t ime
사용자가 발을
들기 시작(t_0)
머리 최고속도에
도달하는 시간(t_{hmax})
발 내리기 시작
사용자의 발이
다시 땅에 닿음
S100
1.계단 높이,머리
최고속도,머리가
최고속도에 도달할
시간 획득
S120
2.[수학식 1]에 따라 가상 머리를 상승시킨다.
S150
3.[수학식 3]에 따라 가상 발을 상승시킨다.
S170
4.현실 발이 닿는 타이밍과
가상 발이 땅에 닿는
타이밍을 일치시키기 위해,
[수학식 4]에 따라 가상
발의 속도를 조절한다.

도면10


Is flight?
Yes
No
f_h-f_g > flightTH
No
count ← count + 1
count > countTH
No
isFlight <- False
f_h-f_g > flightTH
Yes
count ← 0
f_h-f_g > 4*flightTH
Yes
count ← count + 1
count > countTH
No
isFlight <- True