(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0058577
(43) 공개일자 2025년04월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 13/40 (2011.01) *G06Q 50/10* (2012.01)
G06Q 50/20 (2012.01) *G06V 10/74* (2022.01)
G06V 40/16 (2022.01)
(52) CPC특허분류
G06T 13/40 (2013.01)
G06Q 50/10 (2015.01)
(21) 출원번호 10-2023-0142422
(22) 출원일자 2023년10월23일
심사청구일자 2023년10월23일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
대구대학교 산학협력단
경상북도 경산시 진량읍 대구대로 201 (대구대학교)
(72) 발명자
김덕환
서울특별시 양천구 목동로 230, 103동 1004호(목동, 아이파크아파트)
이미란
경상북도 경산시 진량읍 대구대로 201 (대구대학교 정보통신대학)
(74) 대리인
양성보

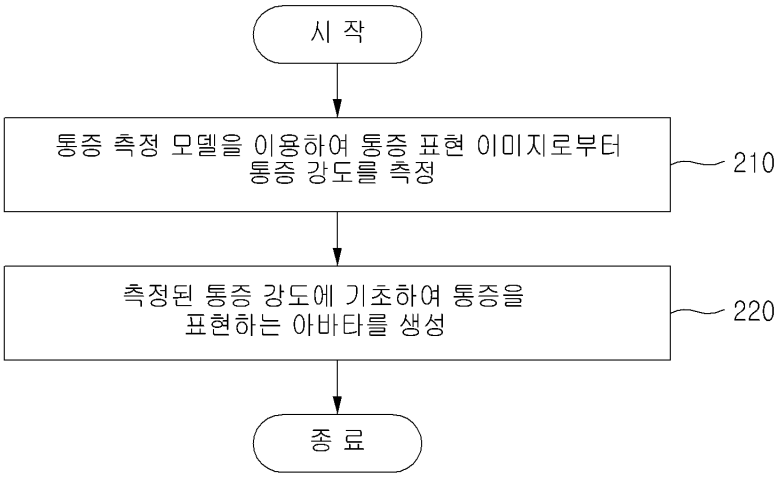
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **간호교육용 가상현실 콘텐츠를 위한 환자 아바타의 통증표현 애니메이션 제작 방법 및 시스템**

(57) 요 약

간호교육용 가상현실 콘텐츠를 위한 환자 아바타의 통증표현 애니메이션 제작 방법 및 시스템이 개시된다. 일실시예에 따른 아바타 제작 시스템에 의해 수행되는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법은, 통증 측정 모델을 이용하여 통증 표현 이미지로부터 통증 강도를 측정하는 단계; 및 상기 측정된 통증 강도에 기초하여 통증을 표현하는 아바타를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 통증 측정 모델은, 이전의 통증 표현 이미지와 현재의 통증 표현 이미지 사이의 유사성 비교를 통해 통증 강도 변화가 측정되도록 훈련된 것일 수 있다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G06Q 50/20 (2013.01)
G06V 10/761 (2023.08)
G06V 40/176 (2022.01)
G06T 2207/30201 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711184751
과제번호 2021R1F1A1050750
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)
연구과제명 [Ezbaro] IoT 데이터를 위한 연합 심층학습을 통한 블록체인지향 분산 엣지 컴퓨팅 솔루션에 대한 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 인하대학교 산학협력단
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711193481
과제번호 2022-0-00641-002
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 방송통신산업기술개발사업
연구과제명 [Ezbaro] XVoice: 멀티모달 음성 메타학습(2차년도)
기 여 율 1/2
과제수행기관명 인하대학교 산학협력단
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

아바타 제작 시스템에 의해 수행되는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법에 있어서,

통증 측정 모델을 이용하여 통증 표현 이미지로부터 통증 강도를 측정하는 단계; 및

상기 측정된 통증 강도에 기초하여 통증을 표현하는 아바타를 생성하는 단계

를 포함하고,

상기 통증 측정 모델은, 이전의 통증 표현 이미지와 현재의 통증 표현 이미지 사이의 유사성 비교를 통해 통증 강도 변화가 측정되도록 훈련된 것을 특징으로 하는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 생성하는 단계는,

얼굴 표정을 나타내는 아바타를 생성하는 단계

를 포함하는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 생성하는 단계는,

상기 생성된 아바타에 통증이 표현된 얼굴 표정을 애니메이션으로 제작하는 단계

를 포함하는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 생성하는 단계는,

유니티 프로그램에 추가된 아바타 SDK를 통해 통증 표현 이미지로부터 아바타 객체로 변환하는 단계

를 포함하는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 생성하는 단계는,

유니티 애니메이터를 이용하여 기 설정된 시간 간격마다 통증 수준을 기준으로 분류된 복수 개의 유형의 통증 그룹에 따라 아바타의 통증 표현의 전이를 애니메이션화하는 단계

를 포함하는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 측정하는 단계는,

상기 통증 강도를 통증 수준을 기준으로 복수 개의 유형의 통증 그룹으로 분류하는 단계

를 포함하는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 측정하는 단계는,

아래쪽 눈썹, 볼올리기, 눈꺼풀 조임, 코주름, 윗입술올리기, 눈을 감음을 포함하는 각 얼굴 근육의 작동에 대한 행동 단위의 합을 통해 얼굴 표정의 통증 강도를 측정하는 단계

를 포함하는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 통증 표현 이미지는, 사용자의 얼굴에 통증이 표현된 얼굴 이미지인 것을 특징으로 하는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 통증 측정 모델은, 샴(Siamese) 네트워크 또는 트리플렛(Triplet) 네트워크로 구성되고,

상기 샴 네트워크 또는 트리플렛 네트워크는, 동일한 공유 가중치와 동일한 구조의 서브 네트워크를 포함하고, 상기 서브 네트워크로부터 특징 벡터의 거리를 계산하기 위한 계층으로 구성되는 것을 특징으로 하는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법.

청구항 10

아바타 제작 시스템에 있어서,

통증 측정 모델을 이용하여 통증 표현 이미지로부터 통증 강도를 측정하는 통증 측정부; 및

상기 측정된 통증 강도에 기초하여 통증을 표현하는 아바타를 생성하는 아바타 생성부

를 포함하고,

상기 통증 측정 모델은, 이전의 통증 표현 이미지와 현재의 통증 표현 이미지 사이의 유사성 비교를 통해 통증 강도 변화가 측정되도록 훈련된 것을 특징으로 하는 아바타 제작 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 아래의 설명은 통증을 표현하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 통증은 개인이 겪는 가장 흔하며 고통스러운 증상 중의 하나이다. 그러나, 통증은 개인에 따라 다르게 측정할 수 있는 주관적인 정보이기 때문에 통증의 종류를 구별하고 새로운 입력 데이터에 대한 정확한 통증 라벨을 제공하기가 어렵다.

[0004] 로봇 머리는 로봇과 개인 간의 상호 작용을 유지할 수 있는 자연스러운 얼굴 표정을 제공한다. 일례로, 로봇 헤드 ROMAN을 이용한 로봇 얼굴 표정 제어 방법이 제안된 바 있고, 간호학과 학생들이 환자의 팔에 정맥을 주입하는 능력을 향상시키기 위해 인간과 유사한 환자 로봇이 제안된 바 있다. 이때, 로봇은 중립, 미소, 고통, 분

노 등 다양한 감정을 표현할 수 있도록 작동하는 것을 목적으로 하기 때문에 로봇의 표정이 다양하게 전달될 수 있지만 프로젝터를 사용하면 비용이 적게 들고 편안하다는 장점이 있다. 가장 큰 장점 중 하나는 얼굴 특징(예를 들면, 나이, 성별, 특정인 등)을 쉽고 편리하게 변형할 수 있다는 것이다. 프로젝터를 사용하여 획득될 수 있는 시각적 피드백은 다양한 사실적인 얼굴 표정을 나타낼 수 있다. 다른 예로써, 인간-로봇 인터페이스를 위한 복고 투영된 3D 얼굴 시스템이 제안된 바 있으며, 휴대용 프로젝터를 이용한 실물 크기의 토킹 헤드 시스템(마스크봇)가 개발되었다. 또 다른 예로써, 더 나아가, 인간과 로봇의 상호 작용을 연구하기 위해 3-DOF 목을 가진 로봇 머리를 개발함으로써 예비 마스크봇을 개선하였다. 이러한 연구에 따르면, 프로젝터 기반 로봇 헤드의 중요한 장점은 모터와 같은 복잡한 기계적 구조에 의존하지 않을 수 있다는 것이다. 따라서, 많은 모터들이 얼굴 표정을 수정하기 위해 제어될 필요가 없으며, 로봇 머리의 아바타나 모양을 변경하는 것은 쉽다. 이에, 케어 트레이닝을 위한 통증 상태와 감정을 표현하는 기술이 개발될 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 순차적인 통증 강도 추정을 기반으로 얼굴 통증을 표현하는 아바타를 생성할 수 있다.

[0007] 이전 이미지와 현재 이미지 사이의 통증 강도 변화를 측정할 수 있는 통증 측정 모델을 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 아바타 제작 시스템에 의해 수행되는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법은, 통증 측정 모델을 이용하여 통증 표현 이미지로부터 통증 강도를 측정하는 단계; 및 상기 측정된 통증 강도에 기초하여 통증을 표현하는 아바타를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 통증 측정 모델은, 이전의 통증 표현 이미지와 현재의 통증 표현 이미지 사이의 유사성 비교를 통해 통증 강도 변화가 측정되도록 훈련된 것일 수 있다.

[0010] 상기 생성하는 단계는, 얼굴 표정을 나타내는 아바타를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0011] 상기 생성하는 단계는, 상기 생성된 아바타에 통증이 표현된 얼굴 표정을 애니메이션으로 제작하는 단계를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 생성하는 단계는, 유니티 프로그램에 추가된 아바타 SDK를 통해 통증 표현 이미지로부터 아바타 객체로 변환하는 단계를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 생성하는 단계는, 유니티 애니메이터를 이용하여 기 설정된 시간 간격마다 통증 수준을 기준으로 분류된 복수 개의 유형의 통증 그룹에 따라 아바타의 통증 표현의 전이를 애니메이션화하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 측정하는 단계는, 상기 통증 강도를 통증 수준을 기준으로 복수 개의 유형의 통증 그룹으로 분류하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 측정하는 단계는, 아래쪽 눈썹, 볼올리기, 눈꺼풀 조임, 코주름, 윗입술올리기, 눈을 감음을 포함하는 각 얼굴 근육의 작동에 대한 행동 단위의 합을 통해 얼굴 표정의 통증 강도를 측정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 통증 표현 이미지는, 사용자의 얼굴에 통증이 표현된 얼굴 이미지인 것일 수 있다.

[0017] 상기 통증 측정 모델은, 샴(Siamese) 네트워크 또는 트리플렛(Triplet) 네트워크로 구성되고, 상기 샴 네트워크 또는 트리플렛 네트워크는, 동일한 공유 가중치와 동일한 구조의 서브 네트워크를 포함하고, 상기 서브 네트워크로부터 특징 벡터의 거리를 계산하기 위한 계층으로 구성되는 것일 수 있다.

[0018] 아바타 제작 시스템은, 통증 측정 모델을 이용하여 통증 표현 이미지로부터 통증 강도를 측정하는 통증 측정부; 및 상기 측정된 통증 강도에 기초하여 통증을 표현하는 아바타를 생성하는 아바타 생성부를 포함하고, 상기 통증 측정 모델은, 이전의 통증 표현 이미지와 현재의 통증 표현 이미지 사이의 유사성 비교를 통해 통증 강도 변화가 측정되도록 훈련된 것일 수 있다.

발명의 효과

[0020] 통증 측정 모델을 통해 정량적인 통증 강도를 측정하고, 측정된 통증 강도를 아바타를 통해 표현함으로써 보다 현실적인 교육용 콘텐츠를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 일 실시예에 있어서, 아바타 제작 시스템의 구성을 설명하기 위한 블록도이다.

도 2는 일 실시예에 있어서, 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3은 일 실시예에 있어서, 통증 측정 모델의 RU-PINTENS 데이터베이스의 통증 강도 평가를 위한 샴 네트워크 구조를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 일 실시예에 있어서, RU-PITENS 데이터베이스의 얼굴 이미지를 사용하여 아바타를 생성한 예이다.

도 5는 일 실시예에 있어서, 아바타의 표정을 애니메이션화하는 방법과 애니메이터를 이용한 표정 전환 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 일 실시예에 있어서, 아바타의 표정을 애니메이션화하는 방법과 애니메이터를 이용한 표정 전환의 예이다.

도 7은 일 실시예에 있어서, 피험자로부터 샴 네트워크를 사용한 통증 강도의 결과를 나타낸 그래프이다.

도 8은 일 실시예에 있어서, 아바타 기반 로봇의 통증을 표현한 예이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

[0025] 도 1은 일 실시예에 있어서, 아바타 제작 시스템의 구성을 설명하기 위한 블록도이고, 도 2는 일 실시예에 있어서, 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0026] 아바타 제작 시스템(100)의 프로세서는 통증 측정부(110) 및 아바타 생성부(120)를 포함할 수 있다. 이러한 프로세서의 구성요소들은 아바타 제작 시스템에 저장된 프로그램 코드가 제공하는 제어 명령에 따라 프로세서에 의해 수행되는 서로 다른 기능들(different functions)의 표현들일 수 있다. 프로세서 및 프로세서의 구성요소들은 도 2의 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법이 포함하는 단계들(210 내지 220)을 통해 아바타 제작 시스템을 제어할 수 있다. 이때, 프로세서 및 프로세서의 구성요소들은 메모리가 포함하는 운영체제의 코드와 적어도 하나의 프로그램의 코드에 따른 명령(instruction)을 실행하도록 구현될 수 있다.

[0027] 프로세서는 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법을 위한 프로그램의 파일에 저장된 프로그램 코드를 메모리에 로딩할 수 있다. 예를 들면, 아바타 제작 시스템에서 프로그램이 실행되면, 프로세서는 운영체제의 제어에 따라 프로그램의 파일로부터 프로그램 코드를 메모리에 로딩하도록 아바타 제작 시스템을 제어할 수 있다. 이때 프로세서는 통증 측정부(110) 및 아바타 생성부(120) 각각은 메모리에 로딩된 프로그램 코드 중 대응하는 부분의 명령을 실행하여 이후 단계들(210 내지 220)을 실행하기 위한 프로세서의 서로 다른 기능적 표현들일 수 있다.

[0028] 단계(210)에서 통증 측정부(110)는 통증 측정 모델을 이용하여 통증 표현 이미지로부터 통증 강도를 측정할 수 있다. 통증 표현 이미지는, 사용자의 얼굴에 통증이 표현된 얼굴 이미지를 포함할 수 있다. 통증 측정 모델은, 이전의 통증 표현 이미지와 현재의 통증 표현 이미지 사이의 유사성 비교를 통해 통증 강도 변화가 측정되도록 훈련된 것일 수 있다. 통증 측정 모델은, 샴(Siamese) 네트워크 또는 트리플렛(Triplet) 네트워크로 구성되고, 샴 네트워크 또는 트리플렛 네트워크는, 동일한 공유 가중치와 동일한 구조의 서브 네트워크를 포함하고, 서브 네트워크로부터 특징 벡터의 거리를 계산하기 위한 계층으로 구성되는 것일 수 있다. 통증 측정부(110)는 통증 강도를 통증 수준을 기준으로 복수 개의 유형의 통증 그룹으로 분류할 수 있다. 통증 측정부(110)는 아래쪽 눈썹, 볼올리기, 눈꺼풀 조임, 코주름, 윗입술올리기, 눈을 감음을 포함하는 각 얼굴 근육의 작동에 대한 행동 단위의 합을 통해 얼굴 표정의 통증 강도를 측정할 수 있다.

[0029] 단계(220)에서 아바타 생성부(120)는 측정된 통증 강도에 기초하여 통증을 표현하는 아바타를 생성할 수 있다. 아바타 생성부(120)는 얼굴 표정을 나타내는 아바타를 생성할 수 있다. 아바타 생성부(120)는 생성된 아바타에 통증이 표현된 얼굴 표정을 애니메이션으로 제작할 수 있다. 아바타 생성부(120)는 유니티 프로그램에 추가된 아바타 SDK를 통해 통증 표현 이미지(예를 들면, 원본 이미지)로부터 아바타 객체로 변환할 수 있다. 아바타 생성부(120)는 유니티 애니메이터를 이용하여 기 설정된 시간 간격마다 통증 수준을 기준으로 분류된 복수 개의 유형의 통증 그룹에 따라 아바타의 통증 표현의 전이를 애니메이션화 할 수 있다.

[0030] 도 3은 일 실시예에 있어서, 통증 측정 모델의 RU-PINTENS 데이터베이스의 통증 강도 평가를 위한 샴 네트워크 구조를 설명하기 위한 도면이다.

[0031] 아바타 제작 시스템은 RU-PITENS 데이터베이스의 순차적인 통증 표현 이미지에서 통증 얼굴 표정을 나타내는 아바타를 생성할 수 있다. 이때, 통증 표현 이미지에는 사용자 얼에 통증이 표현된 얼굴 이미지일 수 있다. 이외에도 얼굴뿐만 아니라 사용자 신체와 관련하여 통증이 표현되어 있을 수도 있다. 아바타 제작 시스템은 RU-PITENS 데이터베이스의 얼굴 이미지를 사용하여 아바타를 생성하지만, RU-PITENS 데이터베이스의 통증 표현 이미지는 통증 상태의 시작부터 중단까지의 표현 강도에 대한 정량적인 값(기준)을 가지고 있지 않다. 따라서, 검증된 모델을 사용하여 통증 강도를 측정할 필요가 있다. 아바타 제작 시스템은 통증 측정 모델을 이용하여 통증 표현 이미지로부터 통증 강도를 측정할 수 있다. 이러한 통증 측정 모델은 샴(Siamese) 네트워크와 트리플렛(Triplet) 네트워크로 구성되어 이전의 통증 표현 이미지(얼굴 이미지)와 현재의 통증 표현 이미지(얼굴 이미지) 사이의 통증 강도 변화가 측정되도록 학습될 수 있다.

[0032] 아바타 제작 시스템은 통증 측정 모델에 구성된 샴 네트워크와 트리플렛 네트워크를 사용하여 RU-PITENS 데이터베이스의 통증 표현 이미지의 통증 강도를 측정할 수 있다. 상기 네트워크는 두 입력 사이의 유사성을 나타내는 하나의 출력을 제공한다. 많은 연구에서 현재의 감정에서 다음 가정으로 감정을 표현하면서 얼굴 표정이 점차 변하기 때문에 얼굴 표정 분석 방법으로 활용되어 왔다. 샴 네트워크 또는 트리플렛 네트워크는 동일한 공유 가중치와 구조를 가진 두 개 또는 세개의 자매 네트워크(서브 네트워크)를 가지고 있으며, 자매 네트워크로부터 특징 벡터의 거리를 계산하기 위한 계층으로 구성된다. 손실 함수를 위해 $Loss_{siamese}$(수학식 1)와 $Loss_{triplet}$(수학식 2)을 사용하여 지수 손실이 채택될 수 있다.

[0033] 수학식 1:

$$Loss_{siamese} = \min \sum_{x_0, x_1} \exp\left(g_0(x_0) - g_1(x_1)\right)$$

[0034]

[0035] 수학식 2:

$$Loss_{triplet} = \min \sum_{x_0, x_1, x_2} \exp\left(g_0(x_0) - g_1(x_1)\right) - \exp(g_0(x_0) - g_2(x_2)))$$

[0036]

[0037] 여기서, $g_i(x_i)$는 각 분기 출력을 나타낸다. 트리플렛 네트워크의 손실에서, $g_0(x_0)$은 앵커 입력이고, 앵커에서 양의 입력까지의 거리는 최소화되고, 앵커에서 음의 입력까지의 거리는 최대화된다.

[0038] 도 3에서 보는 바와 같이, 자매 네트워크는 기본적인 ConvNet 구조를 가지며, 네트워크 아키텍처는 경험적으로 조정된 하이퍼 파라미터의 결과에 기초하여 3개의 ConvNet 계층과 48개의 유닛으로 완전 연결된 계층으로 구성될 수 있다. 자매 네트워크를 병합하기 위해, 두 샴 네트워크의 출력을 계산하는 계층이 마지막 계층에 추가될 수 있다.

[0039] 도 4는 일 실시예에 있어서, RU-PITENS 데이터베이스의 얼굴 이미지를 사용하여 아바타를 생성한 예이다.

[0040] 아바타 제작 시스템은 통증 시스템에 구성된 샴 네트워크 또는/및 트리플렛 네트워크를 사용하여 결정된 통증 표현 이미지의 통증 강도를 기반으로 RU-PITENS 데이터베이스의 통증 이미지에 대한 정량적 수준을 획득할 수 있으며, 순차적인 통증 표현을 아바타를 통해 표현할 수 있다. 로봇 헤드는 로봇과 개인 간의 상호작용을 유지할 수 있는 자연스러운 얼굴 표정을 제공한다. 아바타 제작 시스템은 케어 트레이닝을 위한 통증 상태와 감정을 표현하는 프로젝터 기반 로봇 헤드를 제공할 수 있다.

[0041] 아바타 제작 시스템은 아바타 객체(.obj)를 제작하기 위해 상용 아바타 SDK(Itsez3D, Inc., CA, USA)를 사용할

수 있다. 환자 로봇의 통증을 표현할 수 있는 아바타는 유니티 프로그램(Unity Technologies, Inc., CA, USA)에 추가된 아바타 SDK를 통해 원본 이미지(.jpg)에서 아바타 객체(.obj)로 변환될 수 있다. 도 4는 RUPITENS 데이터베이스에 있는 참가자의 얼굴 이미지에서 로봇의 아바타를 보여준다. 모든 원본 영상의 프레임에 따라 생성된 아바타는 PG1, 전혀 통증이 없는, PG2, 약한, PG3, 중간, PG4, 강한, PG5, 참을 수 없는 통증의 5가지 통증 그룹으로 분류될 수 있다. 즉, CNT 중에 통증을 느끼는 로봇의 통증 수준을 기준으로 5가지 유형의 통증 아바타를 표현할 수 있다.

[0042] 도 5는 일 실시예에 있어서, 아바타의 표정을 애니메이션화하는 방법과 애니메이터를 이용한 표정 전환 동작을 설명하기 위한 도면이다.

[0043] 아바타 제작 시스템은 애니메이션을 제작하기 위해, 유니티의 애니메이터가 아바타의 고통스러운 표정을 애니메이션화하기 위해 채택할 수 있다. 각 그룹은 약 0.5초의 간격을 유지하였으며, 도 5(a)와 같이 아바타의 표정에 따른 애니메이션이 완성될 수 있다. 도 5(b)는 아바타가 중립에서 특정한 표현(실시예에서는 고통스러운 표현)으로 변화한 후 중립 상태로 복귀함에 따라 나타나는 표현 전이를 나타낸다.

[0044] 다음으로, 실시예에서 제안된 아바타의 통증 표현 애니메이션 제작 방법과 관련하여 실험 동작 및 실험을 수행한 결과에 대하여 설명하기로 한다.

[0045] 통증 측정 모델의 훈련 방법에 대하여 설명하기로 한다. UNBC-McMaster 데이터베이스를 사용하여 통증 표현 아바타를 생성하는 데 사용된 RUPITENS 데이터베이스의 얼굴 이미지에서 통증 강도를 측정하는 통증 측정 모델이 훈련될 수 있다. UNBC-McMaster 어깨 통증 데이터베이스는 어깨 운동 범위에 대한 실험을 통해 수집된 어깨 통증 환자 25명의 통증 이미지를 포함한다. UNBC-McMaster 데이터베이스는 통증 수준의 기초 진실인 Prkachin과 PSPI(Solomon Pain Intensity) 점수를 포함하고 있기 때문에 모델 훈련에 사용할 수 있다. PSPI(범위는 0 ~ 15)는 얼굴 표정의 통증 수준을 측정하는 점수이며, 얼굴 행동 코딩 시스템(FACS)을 사용하여 여러 행동 단위(AU)에 의해 계산될 수 있다. AU는 얼굴 근육의 작동에 대한 가시적인 지표이다. PSPI 점수는 AU4(아래쪽 눈썹), AU6(볼올리기), AU7(눈꺼풀 조임), AU9(코주름), AU10(윗입술올리기), AU43(눈을 감음)을 포함한 여러 AU의 합으로 계산할 수 있다. PSPI 값은 통증 이미지에서 통증 강도를 계산하기 위해 생성된 모델을 평가하는 데 기본적인 요소이다.

[0046] UNBC-McMaster 데이터베이스는 데이터가 불균형하고 치우쳐 있기 때문에 통증 측정 모델을 훈련하기 전에 각 클래스의 데이터 항목 수를 균형 있게 조정해야 한다. PSPI 점수(0 ~ 15 범위)에 따라 UNBC-McMaster 데이터베이스의 통증 이미지는 없음(PSPI=0), 추적(PSPI=1), 약한(PSPI=2 및 3), 강한(PSPI>=4)의 네 가지 통증 레이블로 나눌 수 있다. 탭에 표시된 바와 같이, C4-unbc, UNBC-McMaster의 총 데이터 항목 수는 48,398개이다. 통증은 주관적이고 명확한 분류 기준이 없기 때문에 많은 연구에서 PSPI 라벨을 임의로 분류한다. 따라서, 실시예에서는 UNBC-McMaster 데이터베이스의 불균형 데이터를 고려하여 PSPI 라벨을 결정할 수 있다. 실시예에서는 소수 등급(소수 등급: strong (PSPI>=4))을 기준으로 균형 잡힌 데이터에 대해 각 통증군에 1,730개의 영상만을 포함하였으며, 데이터를 무작위로 추출하였다. 이 데이터베이스를 연구 목적으로 사용하기 위해 최종 사용자 라이센스 계약이 피츠버그의 Affect Analysis Group에 제출되었다.

[0047] 도 6은 일 실시예에 있어서, 아바타의 표정을 애니메이션화하는 방법과 애니메이터를 이용한 표정 전환의 예이다.

[0048] 도 6은 UNBC-McMaster 어깨 통증 데이터베이스의 통증 이미지의 예를 보여준다.

[0049] 표 1: UNBC-McMaster 어깨 통증 데이터베이스의 클래스 분류를 위한 PSPI에 기반한 통증 상태의 정의

Prkachin and Solomon Pain Intensity (PSPI)	Pain state	Number of images
0	None	40,149
1	Trace	3,037
2 and 3	Weak	3,482
from 4 to 15	Strong	1,730

[0050] a: PSPI indicates Prkachin and Solomon Pain Intensity score

[0051] 여기서, PSPI는 Prkachin과 Solomon Pain Intensity 점수를 나타낸다.

[0052] 통증 측정 모델을 테스트하기 위해 96×96 해상도의 입력 이미지를 네트워크에 입력하여 샴 및 트리플렛 네트워크가 훈련될 수 있다. 총 2,856쌍의 샘플이 훈련 세트에 사용될 수 있고, 나머지 샘플은 UNBC-McMaster 데이터베이스에 있는 테스트 세트에 사용될 수 있다. 네트워크의 추정을 위해, 실측과 비교한 네트워크를 사용하여

순차적 통증 강도를 추정하기 위해 피어슨 상관 계수(PCC)와 평균 절대 오차(MAE)가 계산될 수 있다. PCC는 두 변수 또는 표본 간의 관계를 측정하는 통계 검정이다. -1과 1 사이의 값을 가지며, 1(양의 상관 관계) 또는 -1(음의 상관 관계)에 가까울수록 상관 관계가 높다. 표 2는 ConvNet-L3 모델을 사용하는 샴 네트워크가 가장 좋은 추정치를 가지고 있음을 보여준다(PCC=0.87 및 MAE=3.13).

[0053] 표 2: 사용자의 얼굴 표정에 대한 혼동 행렬

	Siamese network	PCC	MAE
Siamese network	ConvNet-Layer 3	0.87	3.13
	ConvNet-Layer 4	0.79	4.89
	ConvNet-Layer 5	0.55	6.11
Triplet network	ConvNet-Layer 3	0.86	3.39
	ConvNet-Layer 4	0.76	4.31
	ConvNet-Layer 5	0.49	7.59

[0054]

[0055] 도 7은 일 실시예에 있어서, 피험자로부터 샴 네트워크를 사용한 통증 강도의 결과를 나타낸 그래프이다.

[0056] RU-PITENS 데이터베이스 (a)S1 (b)S38 (c)S10 (d)S15의 피험자로부터 샴 네트워크(SNPI)를 사용한 통증 강도의 결과를 나타낸 것이다. 대부분의 피험자들의 결과는 도 7과 같이 전기 자극의 강도에 따라 안면 통증의 강도가 증가하는 것으로 나타났다. 얼굴 영상(SNPI)과 설문지에서 추출한 통증 강도를 비교한 결과, S1, S10, S15, S38의 결과를 고려하여, 4명의 참가자의 SPS, 쾌감, 각성 척도는 각각 평균 약 4.0(5점 만점), 3.0(9점 만점, 점수가 높을수록 긍정적), 5.75(9점 만점)이었다. 따라서, 일반적으로 TENS 장치를 사용하여 자극 강도가 증가함에 따라 얼굴 표정에서 획득된 통증 강도와 앙케이트 결과가 유사한 패턴을 보였다. 이에 따라, TENS 소자를 이용한 자극을 통해 통증 강도를 포함한 얼굴 이미지를 획득할 수 있다는 결론을 내릴 수 있다.

[0057] 도 8은 일 실시예에 있어서, 아바타 기반 로봇의 통증을 표현한 예이다.

[0058] 실시예에서는 특정 대상의 얼굴 형태와 외모에 의존하지 않고 다양한 연령대와 성별을 고려한 환자 로봇의 아바타를 제작하고자 하였다. RU-PITENS 데이터베이스를 기반으로 아바타에 대한 여러 이미지가 사용되었다. RU-PITENS 데이터베이스의 통증 이미지는 피험자가 통증을 느꼈을 때 캡처한 이미지로, 이미지에서 획득된 통증의 강도에 따라 5개의 통증 그룹으로 구분될 수 있다.

[0059] 로봇의 얼굴 표정을 표현하기 위해 프로젝터가 실험에 사용될 수 있다. 도 8은 감정 및 통증 표현을 위한 프로젝터 기반 로봇 헤드의 테스트를 보여준다. 프로젝터는 반투명 안면 마스크 앞에 배치되며, 환자 로봇이나 사용자로부터 획득된 사실을 바탕으로 아바타의 표정을 표현한다. 게다가 명령어는 개인용 컴퓨터의 유니티 프로그램으로 전송된다.

[0060] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0061] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로

연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

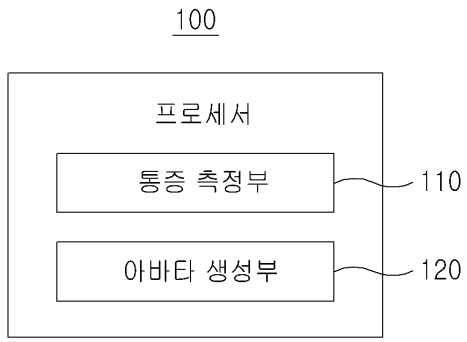
[0062] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic 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.

[0063] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

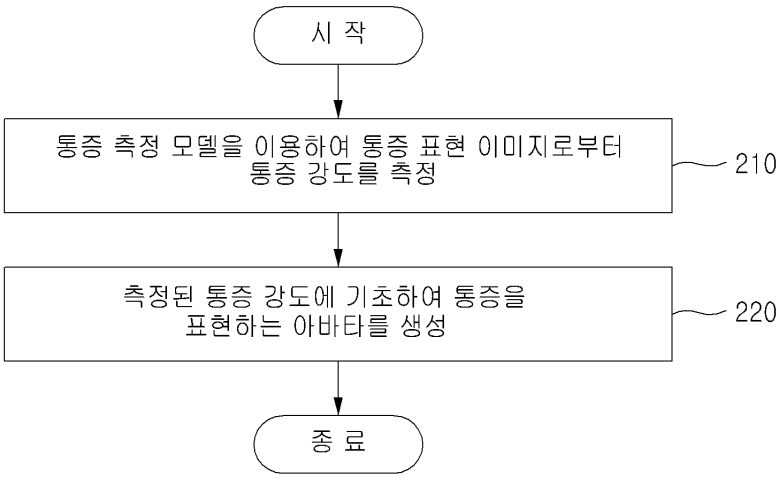
[0064] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

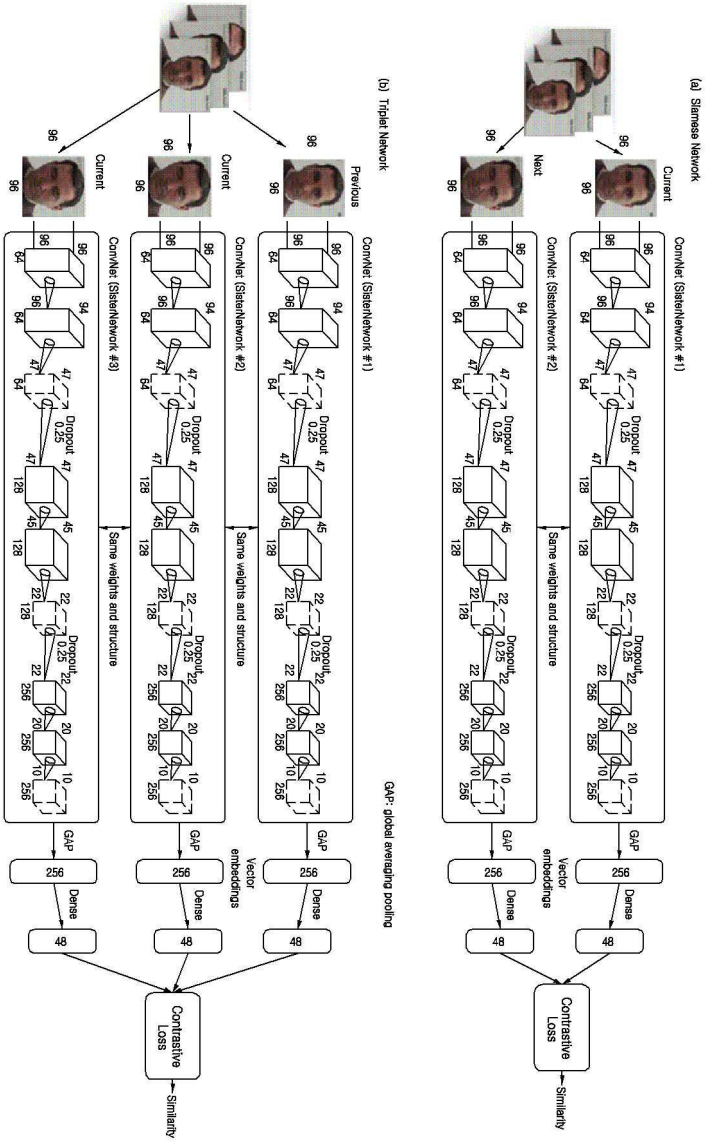
도면1



도면2


시 작
통증 측정 모델을 이용하여 통증 표현 이미지로부터 통증 강도를 측정
210
측정된 통증 강도에 기초하여 통증을 표현하는 아바타를 생성
220
종 료

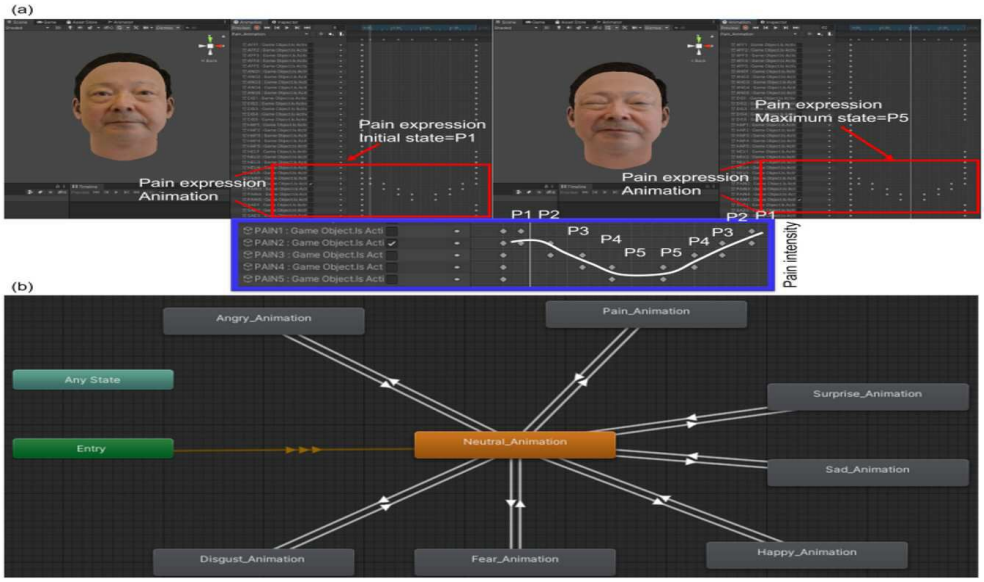
도면3


(a) Siamese Network
Current
Next
ConvNet (SisterNetwork #1)
ConvNet (SisterNetwork #2)
Same weights and structure
GAP
Vector embeddings
Dense
Contrastive Loss
Similarity
(b) Triplet Network
Current
Previous
ConvNet (SisterNetwork #1)
ConvNet (SisterNetwork #2)
ConvNet (SisterNetwork #3)
Same weights and structure
GAP
Vector embeddings
Dense
Contrastive Loss
Similarity
GAP: global averaging pooling

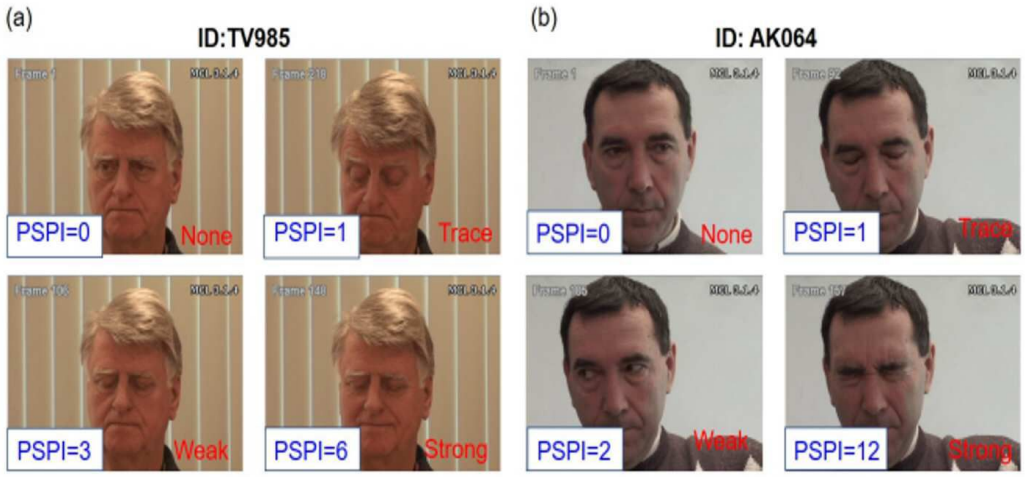
도면4



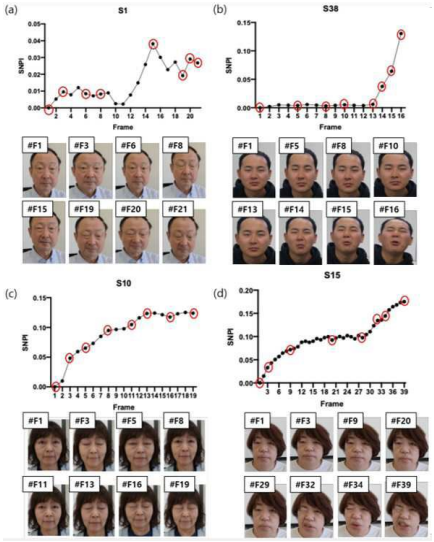
도면5


(a)
Pain expression Animation
Pain expression Initial state=P1
Pain expression Animation
Pain expression Maximum state=P5
P1 P2 P3 P4 P5 P5 P4 P3 P2 P1
PAIN1 : Game Object.Is Acti
PAIN2 : Game Object.Is Acti
PAIN3 : Game Object.Is Act
PAIN4 : Game Object.Is Act
PAIN5 : Game Object.Is Acti
Pain intensity
(b)
Angry_Animation
Pain_Animation
Any State
Surprise_Animation
Entry
Neutral_Animation
Sad_Animation
Disgust_Animation
Fear_Animation
Happy_Animation

도면6


(a)
ID:TV985
PSPI=0
None
PSPI=1
Trace
PSPI=3
Weak
PSPI=6
Strong
(b)
ID: AK064
PSPI=0
None
PSPI=1
Trace
PSPI=2
Weak
PSPI=12
Strong

도면7


(a)
S1
(b)
S38
(c)
S10
(d)
S15
SNPI
Frame

도면8

