(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년04월27일
(11) 등록번호 10-2245705
(24) 등록일자 2021년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G05D 1/02* (2020.01) *B25J 11/00* (2006.01)
*B25J 13/02* (2006.01) *B25J 9/16* (2006.01)
*G06F 3/01* (2006.01) *G06N 3/08* (2006.01)
*G06T 7/50* (2017.01)
(52) CPC특허분류
*G05D 1/0221* (2013.01)
*B25J 11/008* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0015720
(22) 출원일자 2020년02월10일
심사청구일자 2020년02월10일
(56) 선행기술조사문헌
JP2017004102 A

(73) 특허권자
**연세대학교 산학협력단**
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
**서지원**
인천광역시 연수구 송도과학로 85, 510동 201호(송도동)
**문희승**
경기도 부천시 부흥로433번길 30(원미동)
(74) 대리인
**민영준**

전체 청구항 수 : 총 13 항 심사관 : 김동성

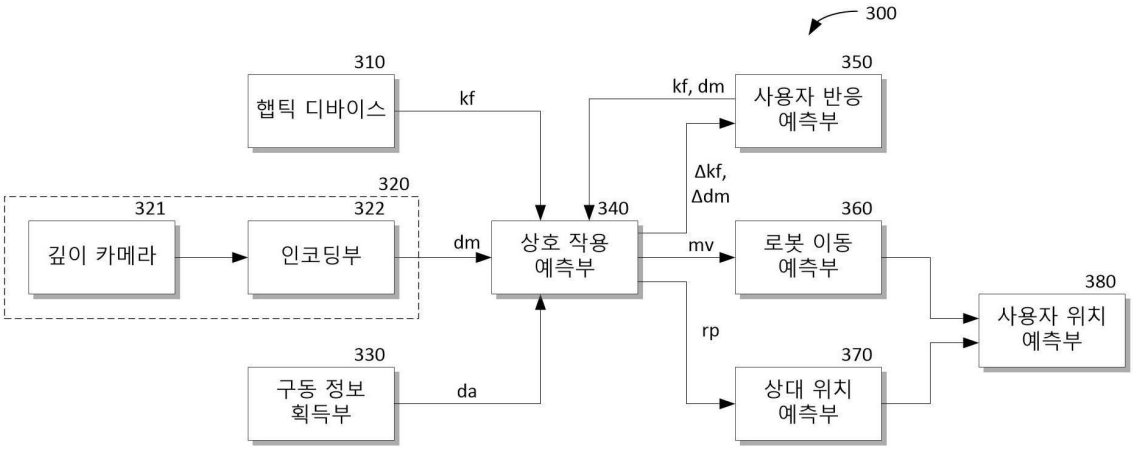
(54) 발명의 명칭 **로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 장치 및 방법**

## (57) 요 약

본 발명은 로봇 가이드와 사용자 사이의 움직임차에 대응하는 운동 벡터와 로봇 가이드로부터 사용자의 상대 위치를 분석하기 위한 깊이 벡터 및 로봇 가이드가 기지정된 경로를 따라 이동하기 위한 구동 정보를 획득하는 입력 정보 획득부, 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 구동 정보로부터 로봇 가이드의 이동 벡터를 추정하고, 구

(뒷면에 계속)

## 대 표 도



동 정보와 운동 벡터 및 깊이 벡터로부터 상대 위치 벡터와 운동 벡터의 변화량 및 깊이 벡터의 변화량을 추정하는 상호 작용 예측부, 운동 벡터의 변화량을 운동 벡터와 결합하고, 깊이 벡터의 변화량을 깊이 벡터와 결합하여, 이후 상호 작용 예측부로 인가할 운동 벡터와 깊이 벡터를 예측하는 사용자 반응 예측부 및 이동 벡터로부터 로봇 가이드의 위치를 예측하고, 상대 위치 벡터로부터 로봇 가이드와 사용자 사이의 상대 위치를 예측하며, 예측된 로봇 가이드의 위치와 로봇 가이드와 사용자 사이의 상대 위치로부터 사용자의 위치를 예측하는 사용자 위치 예측부를 포함하여, 로봇 가이드의 이동에 따른 사용자의 보행 경로를 정확하게 예측함으로써, 사용자가 장애물 등을 회피하여 안전하게 보행할 수 있도록 로봇 가이드가 이동 경로를 설정하기 위한 기반 정보를 획득할 수 있는 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 장치 및 방법을 제공할 수 있다.

(52) CPC특허분류

*B25J 13/025* (2013.01)
*B25J 9/1664* (2013.01)
*B25J 9/1679* (2013.01)
*B25J 9/1697* (2013.01)
*G06F 3/016* (2013.01)
*G06N 3/08* (2013.01)
*G06T 7/50* (2017.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | NRF-2018R1D1A1B07043580 |
| 부처명 | 교육부 |
| 과제관리(전문)기관명 | 한국연구재단 |
| 연구사업명 | 이공학개인기초연구지원사업 |
| 연구과제명 | 촉각 인터랙션을 통해 사람을 정밀한 경로로 인도하는 법을 학습하는 지능형 로봇 시스템 개발(2/3)(2018.6.1~2021.5.31) |
| 기 여 율 | 1/1 |
| 과제수행기관명 | 연세대학교 산학협력단 |
| 연구기간 | 2019.03.01 ~ 2020.02.29 |

공지예외적용 : 있음

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

로봇 가이드와 사용자 사이의 움직임차에 대응하는 운동 벡터와 상기 로봇 가이드로부터 상기 사용자의 상대 위치를 분석하기 위한 깊이 벡터 및 상기 로봇 가이드가 기지정된 경로를 따라 이동하기 위한 구동 정보를 획득하는 입력 정보 획득부;

미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 구동 정보로부터 상기 로봇 가이드의 이동 벡터를 추정하고, 상기 구동 정보와 운동 벡터 및 깊이 벡터로부터 상대 위치 벡터와 운동 벡터의 변화량 및 깊이 벡터의 변화량을 추정하는 상호 작용 예측부;

상기 운동 벡터의 변화량을 상기 운동 벡터와 결합하고, 상기 깊이 벡터의 변화량을 상기 깊이 벡터와 결합하여, 이후 상기 상호 작용 예측부로 인가할 운동 벡터와 깊이 벡터를 예측하는 사용자 반응 예측부; 및

상기 이동 벡터로부터 상기 로봇 가이드의 위치를 예측하고, 상기 상대 위치 벡터로부터 상기 로봇 가이드와 상기 사용자 사이의 상대 위치를 예측하며, 예측된 로봇 가이드의 위치와 로봇 가이드와 사용자 사이의 상대 위치로부터 상기 사용자의 위치를 예측하는 사용자 위치 예측부를 포함하는 사용자의 보행 경로 예측 장치.

### 청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 상호 작용 예측부는

상기 구동 정보를 인가받아 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 로봇 가이드의 이동 벡터를 추정하는 제1 네트워크; 및

상기 구동 정보와 상기 운동 벡터 및 상기 깊이 벡터를 인가받아 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 상대 위치 벡터와 상기 운동 벡터의 변화량 및 상기 깊이 벡터의 변화량을 추정하는 제2 네트워크를 포함하는 사용자의 보행 경로 예측 장치.

### 청구항 3

제2 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 네트워크는

LSTM(Long Short Term Memory) 네트워크로 구현되는 사용자의 보행 경로 예측 장치.

### 청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 입력 정보 획득부는

상기 로봇 가이드에 결합되고, 사용자가 그립하도록 구성되어 상기 사용자와 상기 로봇 가이드 사이의 움직임차에 의해 발생되는 운동력을 상기 운동 벡터로 획득하는 햅틱 디바이스;

상기 로봇 가이드로부터 상기 사용자가 위치하는 기지정된 방향 및 각도 범위로 깊이 영상을 촬영하여 획득하고, 획득된 깊이 영상을 인코딩하여 상기 깊이 벡터를 획득하는 깊이 정보 획득부; 및

상기 로봇 가이드로부터 상기 구동 정보를 획득하는 구동 정보 획득부; 를 포함하는 사용자의 보행 경로 예측 장치.

### 청구항 5

제4 항에 있어서, 상기 햅틱 디바이스는

상기 사용자에게 촉각으로 상기 로봇 가이드의 이동 경로에 따른 지향 방향을 제공하는 사용자의 보행 경로 예측 장치.

### 청구항 6

제4 항에 있어서, 상기 깊이 정보 획득부는

상기 로봇 가이드의 기지정된 위치에 배치되어, 상기 사용자가 위치하는 방향 및 각도 범위를 촬영하여 깊이 영상을 획득하는 깊이 카메라; 및

상기 깊이 영상을 인가받아, 상기 운동 벡터의 크기에 대응하는 미리 지정된 크기의 깊이 벡터로 인코딩하는 인코딩부; 를 포함하는 사용자의 보행 경로 예측 장치.

**청구항 7**

제6 항에 있어서, 상기 인코딩부는

미리 학습된 패턴 추출 방식에 따라 특징을 추출하는 베리에이션 오토 인코더(Variational Autoencoder: VAE)로 구현되는 사용자의 보행 경로 예측 장치.

**청구항 8**

로봇 가이드와 사용자 사이의 움직임차에 대응하는 운동 벡터와 상기 로봇 가이드로부터 상기 사용자의 상대 위치를 분석하기 위한 깊이 벡터 및 상기 로봇 가이드가 기지정된 경로를 따라 이동하기 위한 구동 정보를 획득하는 단계;

미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 구동 정보로부터 상기 로봇 가이드의 이동 벡터를 추정하고, 상기 구동 정보와 운동 벡터 및 깊이 벡터로부터 상대 위치 벡터와 운동 벡터의 변화량 및 깊이 벡터의 변화량을 추정하는 단계;

상기 운동 벡터의 변화량을 상기 운동 벡터와 결합하고, 상기 깊이 벡터의 변화량을 상기 깊이 벡터와 결합하여, 이후 운동 벡터와 깊이 벡터를 예측하는 단계; 및

상기 이동 벡터로부터 상기 로봇 가이드의 위치를 예측하고, 상기 상대 위치 벡터로부터 상기 로봇 가이드와 상기 사용자 사이의 상대 위치를 예측하며, 예측된 로봇 가이드의 위치와 로봇 가이드와 사용자 사이의 상대 위치로부터 상기 사용자의 위치를 예측하는 단계를 포함하는 사용자의 보행 경로 예측 방법.

**청구항 9**

제8 항에 있어서, 상기 변화량을 추정하는 단계는

패턴 추정 방식이 미리 학습된 인공 신경망을 이용하여, 상기 구동 정보를 인가받아 상기 로봇 가이드의 이동 벡터를 추정하는 단계; 및

패턴 추정 방식이 미리 학습된 인공 신경망을 이용하여, 상기 구동 정보와 상기 운동 벡터 및 상기 깊이 벡터를 인가받아 상기 상대 위치 벡터와 상기 운동 벡터의 변화량 및 상기 깊이 벡터의 변화량을 추정하는 단계를 포함하는 사용자의 보행 경로 예측 방법.

**청구항 10**

제9 항에 있어서, 상기 인공 신경망은

LSTM(Long Short Term Memory) 네트워크로 구현되는 사용자의 보행 경로 예측 방법.

**청구항 11**

제8 항에 있어서, 상기 구동 정보를 획득하는 단계는

상기 로봇 가이드에 결합되고, 사용자가 그립하도록 구성된 햅틱 디바이스를 통해 상기 사용자와 상기 로봇 가이드 사이의 움직임차에 의해 발생되는 운동력을 상기 운동 벡터로 획득하는 단계;

상기 로봇 가이드로부터 상기 사용자가 위치하는 기지정된 방향 및 각도 범위로 촬영하여 깊이 영상을 획득하고, 획득된 깊이 영상을 인코딩하여 상기 깊이 벡터를 획득하는 단계; 및

상기 로봇 가이드로부터 상기 구동 정보를 획득하는 단계; 를 포함하는 사용자의 보행 경로 예측 방법.

**청구항 12**

제11 항에 있어서, 상기 깊이 정보 획득부는

상기 로봇 가이드의 기지정된 위치에 배치된 깊이 카메라를 이용하여 상기 사용자가 위치하는 방향 및 각도 범위를 촬영하여 깊이 영상을 획득하는 단계; 및

상기 깊이 영상을 인가받아, 상기 운동 벡터의 크기에 대응하는 미리 지정된 크기의 깊이 벡터로 인코딩하는 단계; 를 포함하는 사용자의 보행 경로 예측 방법.

**청구항 13**

제12 항에 있어서, 상기 인코딩하는 단계는

미리 학습된 패턴 추출 방식에 따라 특징을 추출하는 베리에이션 오토 인코더(Variational Autoencoder: VAE)를 이용하여 상기 깊이 벡터로 인코딩하는 사용자의 보행 경로 예측 방법.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 보행 경로 예측 장치 및 방법에 관한 것으로, 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 장치 및 방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 로봇 기술의 발전에 의해 다양한 분야에서 자율 로봇이 이용되고 있다. 이중 보행자를 가이드하기 위한 로봇 가이드는 사용자에게 이동 방향을 안내하여 사용자가 시각을 이용하지 않고서도 목적지에 도달할 수 있도록 하여 사용자의 감각을 보조하는 감각 보조 로봇의 일종이다.

[0003] 도 1은 로봇 가이드의 일예를 나타낸다.

[0004] 도 1에 도시된 바와 같이, 로봇 가이드(10)는 미리 지정된 목적지로의 이동 경로를 기지정된 방식으로 분석하고, 분석된 이동 경로에 따라 이동한다. 이때, 로봇 가이드(10)는 가이드 수단(11)을 통해 사용자(20)와 직접 접촉하여, 사용자(20)가 이동해야 하는 방향을 촉각을 통해 제공할 수 있다. 여기서 가이드 수단(11)으로는 일예로 바(bar) 형태의 햅틱 디바이스(Haptic device) 등이 이용될 수 있다.

[0005] 로봇 가이드(10)는 다양한 방식으로 사용자(20)에게 이동 방향을 안내할 수 있으나, 일반적으로 시각적 장애를 갖는 사용자(20)에게는 촉각으로 사용자를 안내하는 햅틱 기반 로봇 가이드가 주로 이용된다.

[0006] 일반적으로 자율 로봇은 목적지까지 이동 경로를 따라 이동하는 중 이동 경로 상의 장애물이 존재하면 장애물을 감지하고, 감지된 장애물을 회피하여 이동할 수 있다. 이에 대부분의 자율 로봇의 경우, 자신만이 장애물을 회피하여 이동하도록 설계된다. 그러나 로봇 가이드(10)는 사용자(20)가 안전하게 이동할 수 있도록 가이드하는 것을 목적으로 하므로 자신뿐만 아니라 사용자(20)가 안전하게 장애물을 회피하여 이동할 수 있도록 설계되어야 한다. 일 예로 로봇 가이드(10)는 공항이나 쇼핑몰 등과 같이 다수의 보행자가 이동하거나 각종 장애물이 배치된 공간에서도 사용자가 안전하게 목적지로 이동할 수 있도록 가이드해야 한다.

[0007] 이를 위해서는 로봇 가이드(10)가 제공된 촉각에 의해 사용자(20)가 이동하는 이동 방향 및 경로를 고려하여 이동해야만 한다. 그러나 로봇 가이드(10)가 제공하는 촉각에 의존하여 이동하는 사용자(20)의 이동 방향은 로봇 가이드(10)의 이동 방향과 상이할 수 있으며, 이로 인해 사용자(20)의 실제 보행 경로는 로봇 가이드(10)의 이동 속도와 회전 등에 따라 다양한 양상으로 나타나게 되므로, 기존의 로봇 가이드(10)는 자신의 이동에 따른 사용자(20)의 이동 방향 및 경로를 정확하게 예측하지 못하며, 이로 인해 사용자(20)를 안전하게 목적지로 이동시키는데 어려움이 있다.

### *선행기술문헌*

#### *특허문헌*

[0008] (특허문헌 0001) 한국 등록 특허 제10-1639617호 (2016.07.08 등록)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 로봇 가이드의 이동에 따른 사용자의 보행 경로를 예측할 수 있는 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 사용자가 장애물 등을 회피하여 보행할 수 있도록 로봇 가이드의 이동 경로를 설정하기 위한 정보로서 사용자의 보행 경로를 예측할 수 있는 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 장치는 로봇 가이드와 사용자 사이의 움직임차에 대응하는 운동 벡터와 상기 로봇 가이드로부터 상기 사용자의 상대 위치를 분석하기 위한 깊이 벡터 및 상기 로봇 가이드가 기지정된 경로를 따라 이동하기 위한 구동 정보를 획득하는 입력 정보 획득부; 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 구동 정보로부터 상기 로봇 가이드의 이동 벡터를 추정하고, 상기 구동 정보와 운동 벡터 및 깊이 벡터로부터 상대 위치 벡터와 운동 벡터의 변화량 및 깊이 벡터의 변화량을 추정하는 상호 작용 예측부; 상기 운동 벡터의 변화량을 상기 운동 벡터와 결합하고, 상기 깊이 벡터의 변화량을 상기 깊이 벡터와 결합하여, 이후 상기 상호 작용 예측부로 인가할 운동 벡터와 깊이 벡터를 예측하는 사용자 반응 예측부; 및 상기 이동 벡터로부터 상기 로봇 가이드의 위치를 예측하고, 상기 상대 위치 벡터로부터 상기 로봇 가이드와 상기 사용자 사이의 상대 위치를 예측하며, 예측된 로봇 가이드의 위치와 로봇 가이드와 사용자 사이의 상대 위치로부터 상기 사용자의 위치를 예측하는 사용자 위치 예측부를 포함한다.

[0012] 상기 상호 작용 예측부는 상기 구동 정보를 인가받아 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 로봇 가이드의 이동 벡터를 추정하는 제1 네트워크; 및 상기 구동 정보와 상기 운동 벡터 및 상기 깊이 벡터를 인가받아 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 상대 위치 벡터와 상기 운동 벡터의 변화량 및 상기 깊이 벡터의 변화량을 추정하는 제2 네트워크를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 제1 및 제2 네트워크는 LSTM(Long Short Term Memory) 네트워크로 구현될 수 있다.

[0014] 상기 입력 정보 획득부는 상기 로봇 가이드에 결합되고, 사용자가 그립하도록 구성되어 상기 사용자와 상기 로봇 가이드 사이의 움직임차에 의해 발생되는 운동력을 상기 운동 벡터로 획득하는 햅틱 디바이스; 상기 로봇 가이드로부터 상기 사용자가 위치하는 기지정된 방향 및 각도 범위로 깊이 영상을 촬영하여 획득하고, 획득된 깊이 영상을 인코딩하여 상기 깊이 벡터를 획득하는 깊이 정보 획득부; 및 상기 로봇 가이드로부터 상기 구동 정보를 획득하는 구동 정보 획득부; 를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 햅틱 디바이스는 상기 사용자에게 촉각으로 상기 로봇 가이드의 이동 경로에 따른 지향 방향을 제공할 수 있다.

[0016] 상기 깊이 정보 획득부는 상기 로봇 가이드의 기지정된 위치에 배치되어, 상기 사용자가 위치하는 방향 및 각도 범위를 촬영하여 깊이 영상을 획득하는 깊이 카메라; 및 상기 깊이 영상을 인가받아, 상기 운동 벡터의 크기에 대응하는 미리 지정된 크기의 깊이 벡터로 인코딩하는 인코딩부; 를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 인코딩부는 미리 학습된 패턴 추출 방식에 따라 특징을 추출하는 베리에이션 오토 인코더(Variational Autoencoder: VAE)로 구현될 수 있다.

[0018] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 방법은 로봇 가이드와 사용자 사이의 움직임차에 대응하는 운동 벡터와 상기 로봇 가이드로부터 상기 사용자의 상대 위치를 분석하기 위한 깊이 벡터 및 상기 로봇 가이드가 기지정된 경로를 따라 이동하기 위한 구동 정보를 획득하는 단계; 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 상기 구동 정보로부터 상기 로봇 가이드의 이동 벡터를 추정하고, 상기 구동 정보와 운동 벡터 및 깊이 벡터로부터 상대 위치 벡터와 운동 벡터의 변화량 및 깊이 벡터의 변화량을 추정하는 단계; 상기 운동 벡터의 변화량을 상기 운동 벡터와 결합하고, 상기 깊이 벡터의 변화량을 상기 깊이 벡터와 결합하여, 이후 운동 벡터와 깊이 벡터를 예측하는 단계; 및 상기 이동 벡터로부터 상기 로봇 가이드의 위치를 예측하고, 상기 상대 위치 벡터로부터 상기 로봇 가이드와 상기 사용자 사이의 상대 위치를 예측하며, 예측된 로봇 가이드의 위치와 로봇 가이드와 사용자 사이의 상대 위치로부터 상기 사용자의

위치를 예측하는 단계를 포함한다.

## 발명의 효과

[0019] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 장치 및 방법은 현재 로봇 가이드의 이동 상태와 사용자에게서 인가되는 운동력 및 로봇과 사용자 사이의 상대 위치를 기반으로 이후, 로봇 가이드의 이동에 따른 사용자의 보행 경로를 정확하게 예측함으로써, 사용자가 장애물 등을 회피하여 안전하게 보행할 수 있도록 로봇 가이드가 이동 경로를 설정하기 위한 기반 정보를 획득할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 로봇 가이드의 일예를 나타낸다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 보행 경로 예측 장치가 구비되는 로봇 가이드와 사용자 사이의 상호 작용을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 장치의 개략적 구조를 나타낸다.

도 4는 도 3의 인코딩부의 일 예를 나타낸다.

도 5는 도 3의 상호 작용 예측부의 상세 구조의 일 예를 나타낸다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 방법을 나타낸다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

[0022] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 설명하는 실시예에 한정되는 것이 아니다. 그리고, 본 발명을 명확하게 설명하기 위하여 설명과 관계없는 부분은 생략되며, 도면의 동일한 참조부호는 동일한 부재임을 나타낸다.

[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. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈", "블록" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

[0024] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 보행 경로 예측 장치가 구비되는 로봇 가이드와 사용자 사이의 상호 작용을 설명하기 위한 도면이다.

[0025] 도 2를 참조하면, 본 실시예에 따른 사용자 보행 경로 예측 장치가 구비되는 로봇 가이드(100)는 햅틱 디바이스(310)와 깊이 카메라(321)를 구비하여 사용자(200)의 상태 정보를 획득한다.

[0026] 깊이 카메라(321)는 로봇 가이드(100)의 기지정된 위치에 배치되고, 지정된 범위를 촬영하여 깊이 영상을 획득한다. 본 실시예에서 깊이 카메라(321)는 로봇 가이드(100)에 대한 사용자(200)의 상대 위치를 분석하기 위해 구비된다. 깊이 카메라(321)는 스테레오 카메라 등으로 구현될 수 있으며, 사용자(200)를 용이하게 촬영할 수 있도록 로봇 가이드(100)의 진행 방향에 대해 반대 방향을 지향하도록 배치되고, 로봇 가이드(100)가 회전하는 경우에도 사용자(200)를 촬영할 수 있는 각도 범위를 갖는 것이 바람직하다.

[0027] 한편 햅틱 디바이스(310)는 상기한 가이드 수단(11)으로서 사용자(200)에게 이동 방향을 촉각으로 안내할 수 있을 뿐만 아니라 사용자(200)로부터 인가되는 운동력을 감지한다. 여기서 햅틱 디바이스(310)는 로봇 가이드(100)의 이동과 사용자(200)의 움직임 차에 의해 로봇 가이드(100)와 사용자(200) 사이에 발생될 수 있는 힘을 운동력으로 감지한다.

[0028] 도 2에 도시된 바와 같이 사용자(200)는 햅틱 디바이스(310)를 그립함으로써 촉각으로 통해 로봇 가이드(100)에서 제공되는 이동 방향을 감지할 수 있다. 그러나 사용자(200)가 햅틱 디바이스(310)를 그립하고 있음에 따라 로봇 가이드(100)와 사용자(200) 사이의 이동 속도 또는 이동 방향 등의 움직임 차이가 발생되는 경우, 또는 사

용자(200)가 특정 방향으로 이동하고자 하는 경우에 햅틱 디바이스(310)는 움직임 차이에 의해 발생되는 힘, 즉 운동력(kinetic force)를 감지할 수 있다.

[0029] 비록 로봇 가이드(100)가 깊이 카메라(321)를 구비하면, 로봇 가이드(100)에 대한 사용자(200)의 상대 위치를 판별할 수 있으나, 깊이 카메라(321)를 이용하여 판별되는 사용자의 상대 위치는 특정 시점에서의 정적 위치 정보로서, 사용자의 운동성에 대한 판단을 하기에는 어려움이 있다. 이에 본 실시예에서는 깊이 카메라(321) 이외에도 햅틱 디바이스(310)를 더 구비하여 운동력을 감지한다.

[0030] 그리고 사용자 보행 경로 예측 장치는 햅틱 디바이스(310)와 깊이 카메라(321)를 이용하여 획득되는 사용자(200)의 상태 정보와 로봇 가이드(100)의 예정된 이동 경로를 기반으로 로봇 가이드(100)의 이동에 따른 사용자(200)의 보행 경로를 예측한다.

[0031] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 장치의 개략적 구조를 나타내고, 도 4는 도 3의 인코딩부의 일 예를 나타내며, 도 5는 도 3의 상호 작용 예측부의 상세 구조의 일 예를 나타낸다.

[0032] 도 3에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 사용자의 보행 경로 예측 장치는 햅틱 디바이스(310), 깊이 정보 획득부(320), 구동 정보 획득부(330), 상호 작용 예측부(340), 사용자 반응 예측부(350), 로봇 이동 예측부(360), 상대 위치 예측부(370) 및 사용자 위치 획득부(380)를 포함할 수 있다.

[0033] 여기서 햅틱 디바이스(310)와 깊이 정보 획득부(320) 및 구동 정보 획득부(330)는 사용자의 보행 경로를 예측하기 위한 기반 정보를 획득하는 입력 정보 획득부로 볼 수 있다.

[0034] 우선 햅틱 디바이스(310)는 상기한 바와 같이, 로봇 가이드(100)의 이동과 사용자(200)의 움직임 차에 의해 발생되는 운동력을 운동 벡터(kf)로 감지하여 상호 작용 예측부(340)로 전달한다. 여기서 획득되는 운동 벡터(kf)는 로봇 가이드(100)에 대한 3차원 방향의 힘 벡터 형태로 획득될 수 있다.

[0035] 그리고 깊이 정보 획득부(320)는 로봇 가이드(100)에 대한 사용자의 상대 위치를 판별하기 위한 깊이 벡터(dm)를 획득하여 상호 작용 예측부(340)로 전달한다. 깊이 정보 획득부(320)는 깊이 카메라(321)와 인코딩부(322)를 포함할 수 있다. 깊이 카메라(321)는 상기한 바와 같이 기지정된 방향 및 각도 범위로 촬영하여 깊이 영상을 획득한다. 그리고 인코딩부(322)는 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 깊이 영상을 인코딩하여 깊이 벡터(dm)를 출력한다. 깊이 정보 획득부(320)가 인코딩부(322)를 구비하여 깊이 영상을 인코딩 하는 것은 데이터 크기를 줄이기 위해서이다.

[0036] 깊이 카메라(321)에서 획득되는 깊이 영상은 햅틱 디바이스(310)에서 획득된 운동 벡터(kf)에 비해 상대적으로 데이터가 매우 크게 획득된다. 즉 운동 벡터(kf)에 비해 정보량이 매우 많다. 그리고 후술하는 상호 작용 예측부(340)는 인공 신경망으로 구현된다. 따라서 깊이 카메라(321)에서 획득되는 깊이 영상이 그대로 상호 작용 예측부(340)로 인가되는 경우, 상호 작용 예측부(340)는 상대적으로 정보량이 매우 많은 깊이 영상에 큰 영향을 받게 되고, 운동 벡터(kf)에서 제공되는 정보를 반영하지 않게 될 수 있다. 이러한 정보량의 차이에 따른 불균등 문제를 저감하기 위해, 본 실시예에서는 깊이 영상의 데이터 크기를 줄이도록 인코딩하는 인코딩부(322)를 더 포함한다. 다만 인코딩부(322)가 깊이 영상을 인코딩하는 과정에서 요구되는 정보의 손실을 최소화할 수 있어야 한다. 이에 본 실시예에서는 일예로 인코딩부(322)를 패턴 추출 방식이 미리 학습된 베리에이션 오토 인코더(Variational Autoencoder: 이하 VAE)를 이용하여 구현할 수 있다.

[0037] 도 4에 도시된 바와 같이, 깊이 카메라(321)로부터 일 예로 640 X 480 크기의 깊이 영상이 인가되면, 인코딩부(322)는 우선 인가된 깊이 영상을 80 X 60 크기로 다운 샘플링할 수 있다. 그리고 다운 샘플링된 2차원의 깊이 영상을 4800 크기의 1차원 깊이 벡터로 변환하여 VAE의 입력으로 인가할 수 있다. VAE는 4800 크기의 1차원 깊이 벡터에 대해 미리 학습된 패턴 추출 방식에 따라 반복적으로 크기를 축소하면서 특징을 추출하여 축소된 n 크기의 깊이 벡터(dm)를 획득할 수 있다.

[0038] 도 4와 같이, VAE는 인코더(EN)와 디코더(DE)로 구성될 수 있으며, 인코더(EN)는 깊이 벡터로부터 n 크기의 깊이 벡터(dm)를 추출하기 위해 구비되는 반면, 디코더(DE)는 n 크기의 깊이 벡터(dm)로부터 다시 입력된 4800 크기의 1차원 깊이 벡터를 복원하기 위해 구비된다. 여기서 디코더(DE)는 VAE에 입력된 깊이 벡터와 복원된 깊이 벡터 사이의 오차를 기반으로 VAE의 특징 추출 및 복원이 정상적으로 수행되도록 학습을 시키기 위한 구성으로, VAE가 미리 학습된 상태인 경우, 인코딩부(322)는 디코더(DE)를 구비하지 않아도 된다. 즉 VAE의 인코더(EN)만을 포함하도록 구성될 수 있다.

[0039] 구동 정보 획득부(330)는 로봇 가이드(100)가 이전 설정된 경로를 따라 이동하기 위한 구동 정보(da)를 인가받는다. 로봇 가이드(100)에는 기지정된 목적지로 도달하기 위한 경로가 미리 설정되며, 설정된 경로를 따라 이동시키기 위한 구동 정보(da) 또한 미리 지정될 수 있다. 여기서 구동 정보(da)는 일 예로 로봇 가이드(100)의 바퀴를 회전시기기 위한 정보일 수 있다. 구동 정보 획득부(330)는 로봇 가이드(100)에 지정된 구동 정보(da)를 획득하여 상호 작용 예측부(340)로 전달한다.

[0040] 상호 작용 예측부(340)는 햅틱 디바이스(310)에서 획득된 운동 벡터(kf)와 깊이 정보 획득부(320)에서 획득된 깊이 벡터(dm) 및 구동 정보 획득부(330)에서 획득된 구동 정보(da)를 인가받고, 미리 학습된 패턴 추정 방식에 따라 구동 정보(da)로부터 로봇 가이드(100)의 이동 벡터(mv)를 추정하는 한편, 구동 정보(da)와 운동 벡터(kf) 및 깊이 벡터(dm)로부터 로봇 가이드(100)와 사용자(200) 사이의 상대 위치 벡터(rp)와 함께 운동 벡터의 변화량(Δkf) 및 깊이 벡터의 변화량(Δdm)을 추정한다.

[0041] 상호 작용 예측부(340)는 패턴 추정 방식이 미리 학습된 적어도 하나의 인공 신경망으로 구현될 수 있다. 도 5를 참조하면, 상호 작용 예측부(340)는 2개의 LSTM(Long Short Term Memory) 네트워크(341, 342)로 구현될 수 있다. 2개의 LSTM 네트워크(341, 342) 각각은 다수의 LSTM 셀을 포함하여 구현될 수 있으며, 2개의 LSTM 네트워크(341, 342) 중 제1 LSTM 네트워크(341)는 구동 정보(da)를 인가받아 로봇 가이드(100)의 이동 벡터(mv)를 추정하여 로봇 이동 예측부(360)로 전달한다. 그리고 제2 LSTM 네트워크(342)는 구동 정보(da)와 운동 벡터(kf) 및 깊이 벡터(dm)를 인가받아 상대 위치 벡터(rp)와 운동 벡터의 변화량(Δkf) 및 깊이 벡터의 변화량(Δdm)을 획득하고, 획득된 상대 위치 벡터(rp)를 상대 위치 예측부(370)로 전달한다. 한편, 추정된 운동 벡터의 변화량(Δkf) 및 깊이 벡터의 변화량(Δdm)을 사용자 반응 예측부(350)로 전달한다.

[0042] 여기서 LSTM은 순환 신경망(Recurrent Neural Networks: RNN)으로부터 시간축 상에서의 패턴 추정의 정확도를 향상시키기 위해 개발된 신경망으로 공지된 기술이므로 여기서는 상세한 설명을 생략한다.

[0043] 즉 상호 작용 예측부(340)는 특정 시간(t)에 대한 구동 정보(da(t))와 운동 벡터(kf(t)) 및 깊이 벡터(dm(t))를 인가받아, 다음 시간(t+1)에서의 이동 벡터(mv(t+1)), 상대 위치 벡터(rp(t+1)), 운동 벡터의 변화량(Δkf(t+1)) 및 깊이 벡터의 변화량(Δdm(t+1))을 획득한다. 그리고 상호 작용 예측부(340)는 기지정된 리셋 조건에 도달할 때까지 이후 시간에 대해서도 계속적으로 구동 정보(da(t+1))를 인가받고, 사용자 반응 예측부(350)로부터 운동 벡터(kf(t+1)) 및 깊이 벡터(dm(t+1))를 인가받아, 다음 시간(t+2)에서의 이동 벡터(mv(t+2)), 상대 위치 벡터(rp(t+2)), 운동 벡터의 변화량(Δkf(t+2)) 및 깊이 벡터의 변화량(Δdm(t+2))을 획득한다.

[0044] 상호 작용 예측부(340)가 시간의 흐름에 따른 이동 벡터(mv), 상대 위치 벡터(rp), 운동 벡터의 변화량(Δkf) 및 깊이 벡터의 변화량(Δdm)을 계속적으로 추정하는 것은 로봇 가이드(100)의 특정 시점에서의 이동에 대응하는 사용자의 보행 경로를 추정하더라도 매우 짧은 위치 변화만을 추정할 수 있다. 그리고 짧은 위치 변화로는 사용자가 장애물 등을 회피할 수 있는지 여부를 판단하기에는 정보량이 매우 부족하다. 이에 본 실시예에서 상호 작용 예측부(340)는 리셋 조건에 도달할 때까지의 이동 벡터(mv), 상대 위치 벡터(rp), 운동 벡터의 변화량(Δkf) 및 깊이 벡터의 변화량(Δdm)을 계속적으로 추정한다.

[0045] 여기서 리셋 조건은 시간 간격(예를 들면 10초), 로봇 가이드(100)의 이동 경로 변화 등 다양하게 설정될 수 있다. 시간 간격은 상기한 바와 같이, 일정 기간 동안의 사용자의 보행 경로를 추정할 수 있도록 하기 위함이다. 그리고 사용자 명령이나 환경 변화 등에 의해 기존 설정된 로봇 가이드(100)의 이동 경로에 변화가 발생되면, 이전 추정된 사용자 보행 경로 또한 변경된 로봇 가이드(100)의 이동 경로에 따라 다시 추정되어야 하기 때문이다.

[0046] 사용자 반응 예측부(350)는 상호 작용 예측부(340)로부터 운동 벡터의 변화량(Δkf) 및 깊이 벡터의 변화량(Δdm)을 인가받고, 이전 획득된 운동 벡터(kf) 및 깊이 벡터(dm)에 인가된 운동 벡터의 변화량(Δkf) 및 깊이 벡터의 변화량(Δdm)을 각각 합하여 다음 운동 벡터(kf) 및 깊이 벡터(dm)를 획득한다.

[0047] 그리고 로봇 이동 예측부(360)는 상호 작용 예측부(340)에서 추정된 이동 벡터(mv)에 기반하여 시간의 흐름에 따른 로봇 가이드(100)의 위치를 예측한다. 그리고 상대 위치 예측부(370)는 상호 작용 예측부(340)에서 추정된 상대 위치 벡터(rp)를 이용하여 로봇 가이드(100)에 대한 사용자(200)의 상대 위치를 예측한다. 사용자 위치 획득부(380)는 로봇 이동 예측부(360)에서 획득된 로봇 가이드(100)의 위치에 상대 위치 예측부(370)에서 획득된 사용자의 상대 위치를 결합하여 사용자의 위치를 획득한다.

[0048] 여기서 로봇 이동 예측부(360), 상대 위치 예측부(370) 및 사용자 위치 획득부(380)는 사용자 위치 예측부로 볼 수 있다.

[0049] 도 3에 도시된 로봇 가이드(100)를 따라 이동하는 사용자(200)의 보행 경로 예측 장치(300)는 초기에 햅틱 디바이스(310)와 깊이 정보 획득부(320)로부터 운동 벡터(kf)와 깊이 벡터(dm)를 인가받고, 로봇 가이드의 이동 경로에 따 른 구동 정보(da)를 인가받아, 인가된 운동 벡터(kf)와 깊이 벡터(dm) 및 구동 정보(da)를 기반으로 로봇 가이드의 이동에 따른 사용자 위치를 예측한다. 이와 함께 이후 사용자의 반응인 운동 벡터(kf)와 깊이 벡터(dm)를 예측하여, 다음 획득되는 구동 정보(da)와 함께 리셋 조건에 도달할 때까지 계속적으로 사용자 위치를 예측할 수 있도록 한다.

[0050] 따라서 현재 로봇 가이드의 이동 상태와 사용자에게서 인가되는 운동력 및 로봇과 사용자 사이의 상대 위치를 기반으로 이후, 로봇 가이드의 이동에 따른 사용자의 보행 경로를 정확하게 예측함으로써, 사용자가 장애물 등을 회피하여 안전하게 보행할 수 있도록 로봇 가이드가 이동 경로를 설정하기 위한 기반 정보를 획득할 수 있다.

[0051] 여기서 인코딩부(322)의 VAE는 상기한 바와 같이, 깊이 카메라(321)로부터 획득된 깊이 영상을 인코더(EN)가 인코딩한 후, 디코더(DE)가 깊이 영상을 복원하도록 하여 오차를 비교하고 역전파함으로써 학습될 수 있다.

[0052] 한편 상호 작용 예측부(340)의 적어도 하나의 인공 신경망은 실제 로봇 가이드(100)의 이동 경로에 따라 사용자(200)가 이동한 보행 경로가 지정된 학습 데이터를 사전에 수집하고, 수집된 학습 데이터에서의 사용자 위치와 사용자 위치 획득부(380)에서 예측된 사용자 위치 사이의 차를 역전파함으로써 학습될 수 있다.

[0053] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 로봇 가이드를 따라 이동하는 사용자의 보행 경로 예측 방법을 나타낸다.

[0054] 도 3 내지 도 5를 참조하여, 도 6의 보행 경로 예측 방법을 설명하면, 우선, 현재 로봇 가이드(100)를 사용하는 사용자(200)의 사용자 반응으로 운동 벡터(kf)와 깊이 벡터(dm)를 획득한다(S11).

[0055] 운동 벡터(kf)는 로봇 가이드(100)에 결합된 햅틱 디바이스(310)를 그립하고 있는 사용자(200)와 로봇 가이드(100) 사이의 움직임차에 의해 발생되는 운동력으로 햅틱 디바이스(310)를 통해 획득될 수 있다. 그리고 깊이 벡터(dm)는 로봇 가이드(100)로부터 사용자(200)가 위치하는 기지정된 방향 및 각도 범위에 대해 촬영된 깊이 영상을 기반으로 획득될 수 있다. 깊이 벡터(dm)는 운동 벡터(kf)와의 정보량 불균등 문제를 줄이기 위해, 깊이 영상을 미리 학습된 방식으로 인코딩하여 데이터 크기를 줄임으로써 획득될 수 있다.

[0056] 한편, 로봇 가이드(100)가 이전 설정된 경로를 따라 이동하기 위한 구동 정보(da)를 획득한다(S12). 로봇 가이드(100)의 이동 경로는 로봇 가이드(100)의 이동 이전에 미리 설정되어 있으므로, 로봇 가이드(100)를 구동하기 위한 구동 정보(da) 또한 미리 획득될 수 있다.

[0057] 사용자 반응(kf, dm)과 구동 정보(da)가 획득되면, 패턴 추정 방식이 미리 학습된 2개의 인공 신경망 중 하나를 이용하여, 구동 정보(da)로부터 로봇 가이드(100)의 이동 벡터(mv)를 추정한다(S13). 이동 벡터(mv)가 추정되면, 추정된 이동 벡터(mv)에 따라 이동하는 로봇 가이드(100)의 위치를 예측한다(S14).

[0058] 이와 함께 나머지 인공 신경망을 이용하여, 구동 정보(da)와 운동 벡터(kf) 및 깊이 벡터(dm)로부터 로봇 가이드(100)와 사용자(200) 사이의 상대 위치 벡터(rp)와 함께 사용자 반응 변화량을 추정한다(S15). 여기서 사용자 반응 변화량에는 운동 벡터의 변화량(Δkf) 및 깊이 벡터의 변화량(Δdm)이 포함된다. 사용자 반응 변화량(Δkf, Δdm)이 추정되면, 추정된 사용자 반응 변화량(Δkf, Δdm)에 이전 획득된 사용자 반응(kf(t), dm(t))을 결합하여, 이후 사용자 반응(kf(t+1), dm(t+1))을 예측한다(S16).

[0059] 그리고 예측된 로봇 가이드(100)의 위치와 상대 위치 벡터(rp)로부터 사용자의 위치를 예측한다(S17).

[0060] 이후 미리 지정된 리셋 조건에 도달하는지 판별한다(S18). 만일 리셋 조건에 도달한 것으로 판별되면, 다시 햅틱 디바이스(310)와 깊이 카메라(321)를 이용하여 사용자(200)의 사용자 반응으로 운동 벡터(kf)와 깊이 벡터(dm)를 획득한다(S11). 그러나 리셋 조건에 도달하지 않은 것으로 판별되면, 예측된 사용자 반응(kf(t+1), dm(t+1))을 피드백한다(S19). 그리고 다음 구동 정보(da(t+1))를 획득하여, 예측된 사용자 반응(kf(t+1), dm(t+1))과 함께 인공 신경망의 입력으로 인가한다(S12). 즉 리셋 조건에 도달할 때까지, 반복적으로 구동 정보(da)를 인가받고, 사용자 반응(kf, dm)을 예측하여 사용자 위치를 추정함으로써, 사용자의 보행 경로를 획득한다.

[0061] 본 발명에 따른 방법은 컴퓨터에서 실행시키기 위한 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 여기서 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스 될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 또한 컴퓨터 저장 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분

리형 매체를 모두 포함하며, ROM(판독 전용 메모리), RAM(랜덤 액세스 메모리), CD(컴팩트 디스크)-ROM, DVD(디지털 비디오 디스크)-ROM, 자기 테이프, 플로피 디스크, 광데이터 저장장치 등을 포함할 수 있다.

[0062] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다.

[0063] 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

## 부호의 설명

[0064] 100: 로봇 가이드 200: 사용자

300: 보행 경로 예측 장치 310: 햅틱 디바이스

320: 깊이 정보 획득부 321: 깊이 카메라

322: 인코딩부 330: 구동 정보 획득부

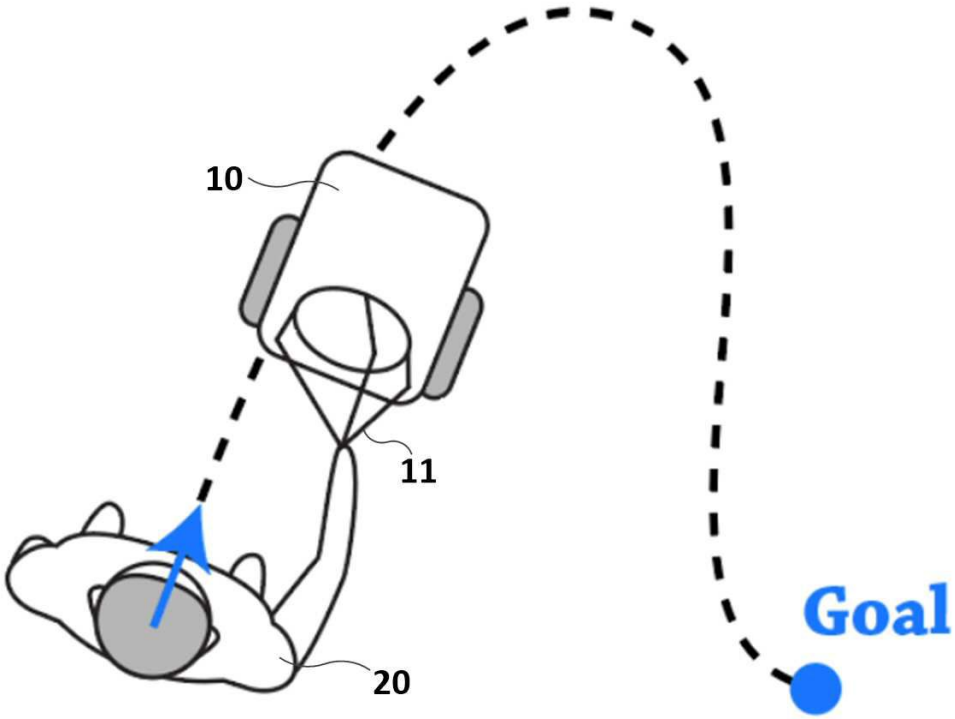
340: 상호 작용 예측부 350: 사용자 반응 예측부

360: 로봇 이동 예측부 370: 상대 위치 예측부

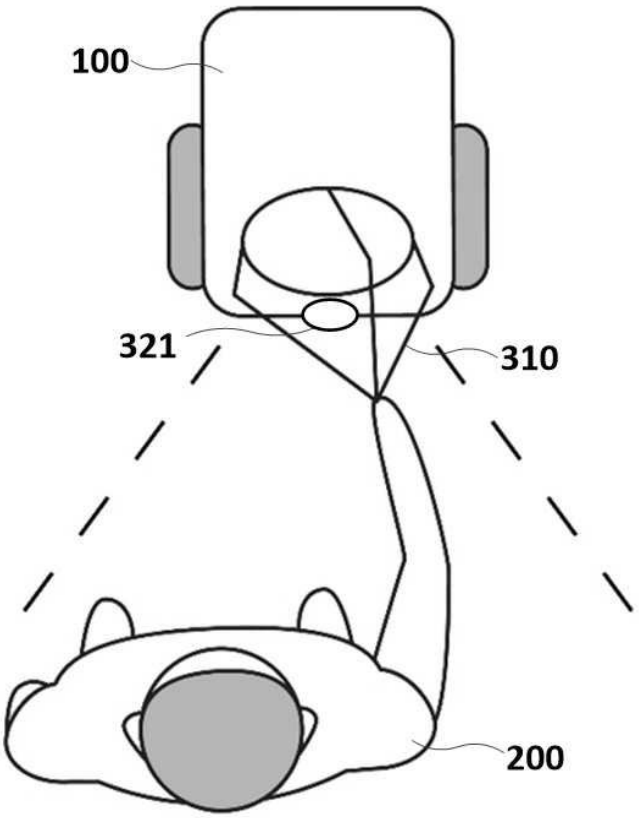
380: 사용자 위치 획득부

## 도면

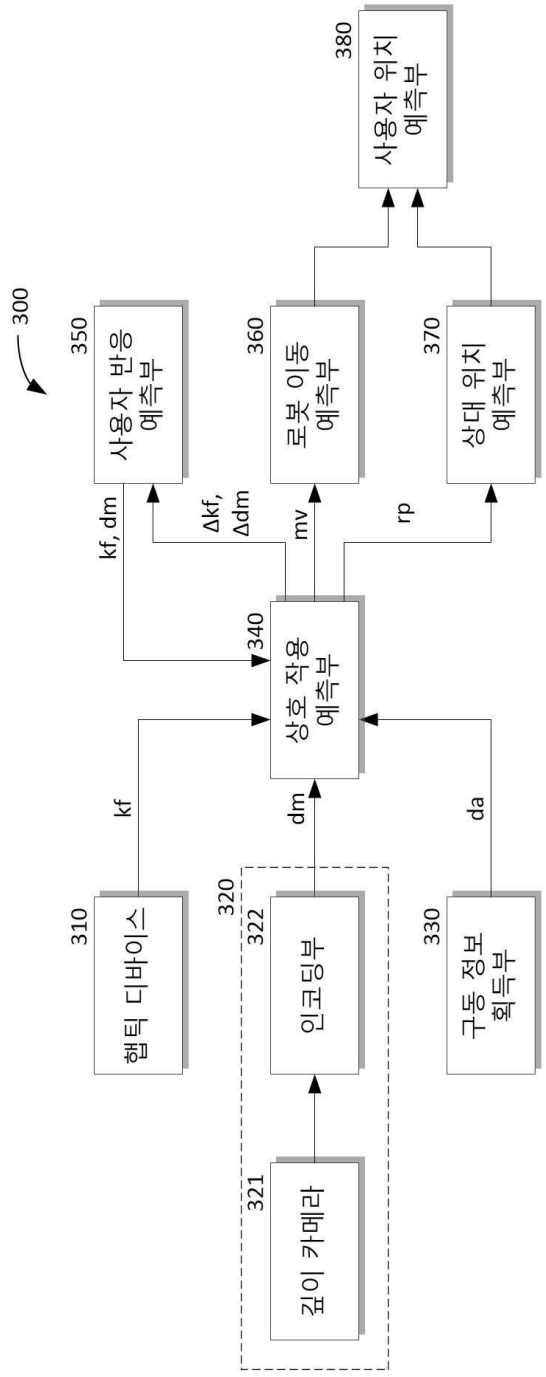
### 도면1



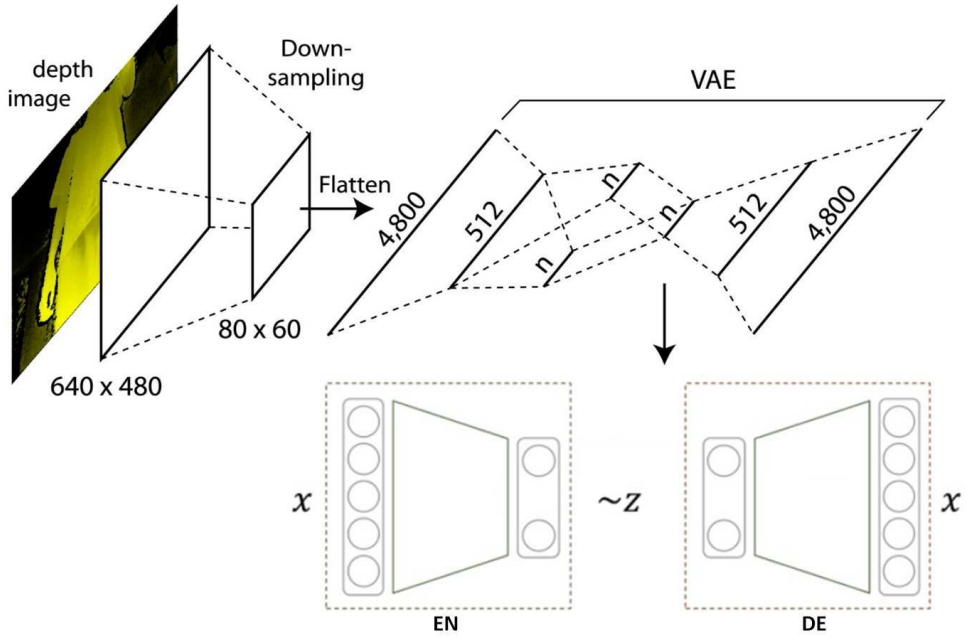
도면2



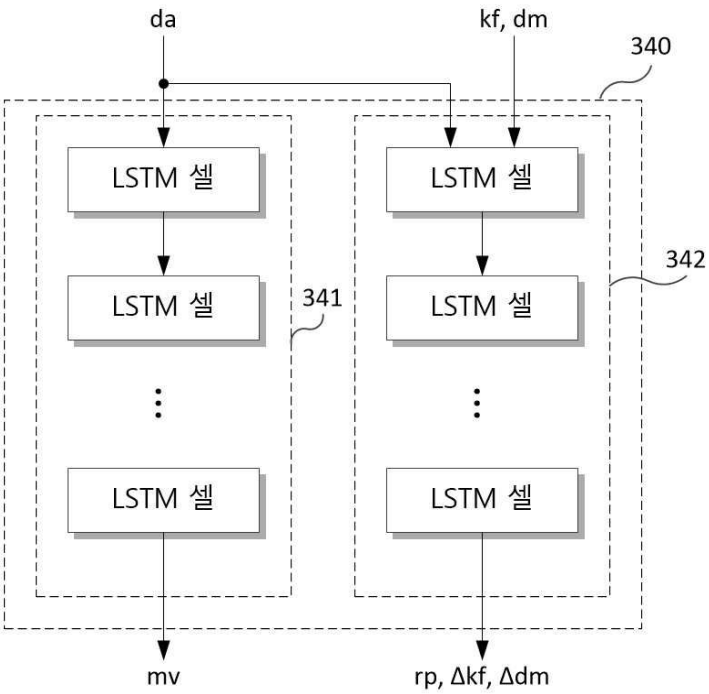
도면3


300
380
사용자 위치 예측부
350
사용자 반응 예측부
360
로봇 이동 예측부
370
상대 위치 예측부
kf, dm
Δkf, Δdm
mv
rp
340
상호 작용 예측부
kf
dm
da
310
햅틱 디바이스
320
322
인코딩부
321
깊이 카메라
330
구동 정보 획득부

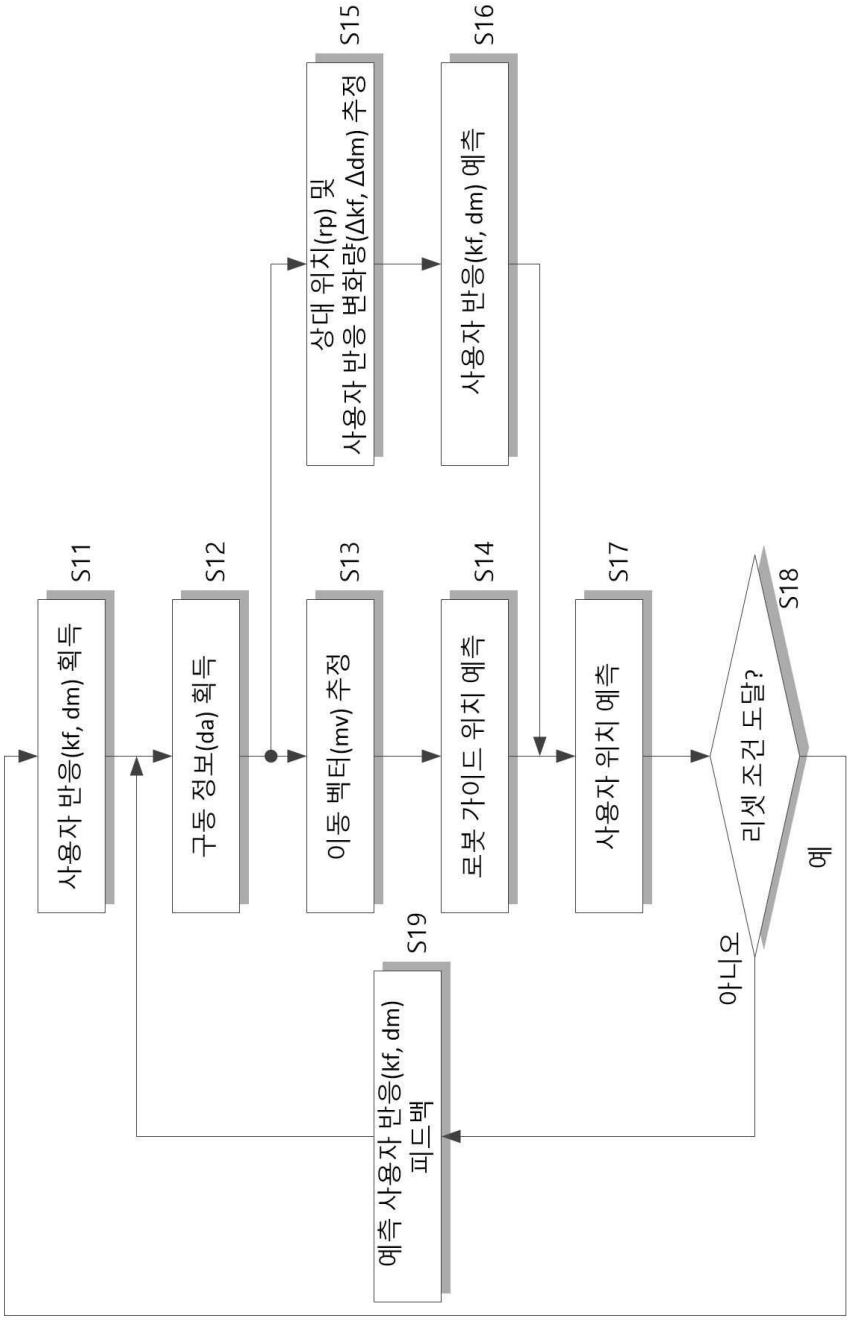
도면4


depth image
Down-sampling
Flatten
640 x 480
80 x 60
4,800
512
n
n
n
512
4,800
VAE
x
~z
x
EN
DE

도면5


da
kf, dm
340
LSTM 셀
LSTM 셀
LSTM 셀
341
LSTM 셀
LSTM 셀
LSTM 셀
342
mv
rp, Δkf, Δdm

도면6


S11
사용자 반응(kf, dm) 획득
S12
구동 정보(da) 획득
S13
이동 벡터(mv) 추정
S14
로봇 가이드 위치 예측
S15
상대 위치(rp) 및
사용자 반응 변화량(Δkf, Δdm) 추정
S16
사용자 반응(kf, dm) 예측
S17
사용자 위치 예측
S18
리셋 조건 도달?
아니오
예
S19
예측 사용자 반응(kf, dm)
피드백