(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0052646
(43) 공개일자 2025년04월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2021.01) *A61B 5/11* (2025.01)
G16H 30/20 (2018.01) *G16H 30/40* (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/4064 (2025.01)
A61B 5/1128 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0135679
(22) 출원일자 2023년10월12일
심사청구일자 2023년10월12일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
장경선
대전광역시 유성구 대학로 99 충남대학교 공과대학 5호관(W2) 406호 컴퓨터융합학부, 인공지능학과
이광희
대전광역시 유성구 대학로 99 충남대학교 공과대학 5호관(W2) 406호 컴퓨터융합학부, 인공지능학과
(74) 대리인
이은철, 김재문

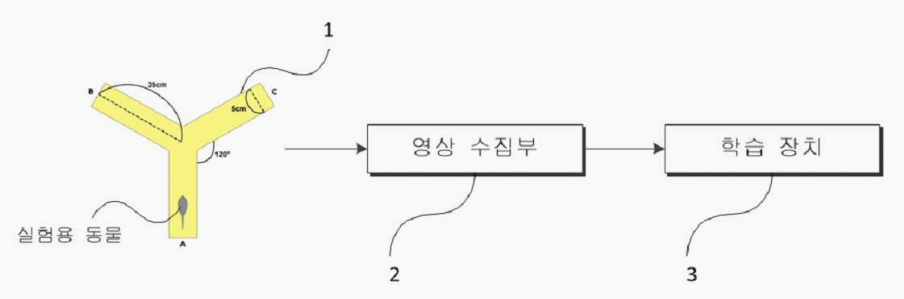
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템 및 방법**

(57) 요 약

본 기술은 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템 및 방법이 개시되어 있고, 본 기술에 대한 구체적인 실시예에 의거하면, 미로 구조물 내의 실험용 동물의 행동 영상을 입력으로 딥러닝 기반으로 학습하여 동물의 이동 궤적을 추정하고 추정된 동물의 이동 궤적으로 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석을 수행함에 따라, 실험용 동물에 대한 행동 패턴 추적을 자동화할 수 있고, 실험용 동물의 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석 결과의 정확도를 근본적으로 향상시킬 수 있고 실시간으로 분석할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
G16H 30/20 (2018.01)
G16H 30/40 (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)
A61B 2503/40 (2013.01)
A61B 2503/42 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711179294
과제번호	00155857
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	인공지능융합혁신인재양성
연구과제명	인공지능융합혁신인재양성(충남대학교)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	충남대학교산학협력단
연구기간	2022.07.01 ~ 2025.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

카메라를 통해 획득된 소정 형상의 미로 구조물 내의 실험용 동물의 행동 영상을 수집하는 영상 수집부; 및

상기 행동 영상을 입력으로 딥러닝 기반으로 학습하여 실험용 동물의 미로 구조물의 이동 궤적으로 추정하는 학습장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 영상 수집부는,

다수의 미로 구조물 내의 각 실험용 동물의 행동 영상을 하나의 영상을 획득하고,

획득된 하나의 영상을 각 미로 구조물 별 실험용 동물 행동 영상을 분리하여 상기 학습 장치로 제공하도록 구비되는 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템.

청구항 3

재1항에 있어서, 상기 학습장치는,

입력된 행동 영상을 행동 데이터로 변환하는 전처리부;

상기 전처리된 행동 데이터에 대해 히트맵회귀 기법으로 관절 및 신체부위 중 적어도 하나의 시작점과 끝점에 대한 키포인트를 추출하고 입력된 행동 데이터와 추출된 키포인트를 레이블 형태로 학습 모델을 구축하는 학습 모델 구축부; 및

입력된 행동 데이터에 대해 딥러닝 기반으로 학습하여 추정된 키포인트의 히트맵으로 실험용 동물의 위치를 추적하는 학습부를 포함하는 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 학습부는,

수신된 히트맵의 키포인트와 실측 특징맵의 키포인트 간의 오차를 토대로 도출된 손실함수를 토대로 상기 학습 모델을 훈련하여 최종 키포인트 좌표를 도출하는 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템.

청구항 5

제1항의 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템에 의거 수행되는 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 방법에 있어서,

딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템이 포함하는 적어도 하나의 프로세서가,

소정 형상의 미로 구조물 내의 실험용 동물의 행동 영상을 수집하는 영상 수집 단계;

입력된 행동 영상을 행동 데이터로 변환하는 전처리 단계;

상기 전처리된 행동 데이터에 대해 히트맵회귀 기법으로 관절 및 신체부위 중 적어도 하나의 시작점과 끝점에 대한 키포인트를 추출하고 입력된 행동 데이터와 추출된 키포인트를 레이블 형태로 학습 모델을 구축하는 학습 모델 구축 단계; 및

입력된 행동 데이터에 대해 딥러닝 기반으로 학습하여 추정된 키포인트의 히트맵으로 실험용 동물의 위치를 추적하는 학습 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서가,

수신된 히트맵의 키포인트와 실측 특징맵의 키포인트 간의 오차를 토대로 도출된 손실함수를 토대로 기 구축된 학습모델을 훈련하여 최종 키포인트를 도출하는 훈련 단계를 더 포함하는 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 방법.

청구항 7

제5항 및 제6항 중 어느 한 항의 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 방법을 컴퓨터에 실행시키기 위한 프로그램이 기록된 것을 특징으로 하는 컴퓨터에서 판독가능한 기록매체.

청구항 8

컴퓨터와 결합되어 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 방법.을 컴퓨터에 실행시키기 위해 컴퓨터에서 판독가능한 기록매체에 저장된 컴퓨터 프로그램에 있어서,

상기 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 방법은,

소정 형상의 미로 구조물 내의 실험용 동물의 행동 영상을 수집하는 영상 수집 단계;

입력된 행동 영상을 행동 데이터로 변환하는 전처리 단계;

상기 전처리된 행동 데이터에 대해 히트맵회귀 기법으로 관절 및 신체부위 중 적어도 하나의 시작점과 끝점에 대한 키포인트를 추출하고 입력된 행동 데이터와 추출된 키포인트를 레이블 형태로 학습 모델을 구축하는 학습 모델 구축 단계;

입력된 행동 데이터에 대해 딥러닝 기반으로 학습하여 추정된 키포인트의 히트맵으로 실험용 동물의 위치를 추적하는 학습 단계; 및

수신된 히트맵의 키포인트와 실측 특징맵의 키포인트 간의 오차를 토대로 도출된 손실함수를 토대로 기 구축된 학습모델을 훈련하여 최종 키포인트를 도출하는 포함하는 것을 특징으로 하는 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템의 운영 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 딥러닝을 이용한 동물의 행동 분석 시스템 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 미로 구조물 내의 실험용 동물의 행동 영상을 입력으로 딥러닝 기반으로 학습하여 동물의 이동 궤적을 추정하고 추정된 동물의 이동 궤적으로 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석을 수행하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 실험용 동물의 정상적인 뇌 기능을 테스트하기 위한 미로 장치로는 Y-maze, T-maze 테스트, 수조 테스트 등이 있으며, 미로장치를 이동하는 실험용 동물의 행동 패턴으로 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석을 수행한다. 이를 위해 실험자는 동물의 행동 패턴을 육안으로 감시하여야 한다.

[0003] 이에 장시간 계속 감시하여야 하는 환경에서 실험자의 피로와 집중력의 한계 등으로, 안정적인 실험 결과를 얻기 힘든 상황이 발생한다.

[0004] 따라서, 실험용 동물에 대한 행동 패턴을 추적 감시하는 과정에 대한 자동화가 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 특허공개공보 제102017-0022813 (공개일 : 2017.03.02)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 미로 구조물 내의 실험용 동물의 행동 영상을 입력으로 딥러닝 기반으로 학습하여 동물의 이동 궤적을 추정하고 추정된 동물의 이동 궤적으로 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석을 수행함에 따라, 실험용 동물에 대한 행동 패턴 추적을 자동화하기 위한 것이다.

[0007] 이에 본 발명은 실험용 동물의 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석 결과의 정확도를 근본적으로 향상시킬 수 있고 실시간으로 분석할 수 있다.

[0008] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 청구범위에 나타낸 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 실시 양태에 의거, 일 실시 예에 따른 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템은,

[0010] 카메라를 통해 수집된 소정 형상의 미로 구조물 내의 실험용 동물의 행동 영상을 수집하는 영상 수집부; 및

[0011] 상기 행동 영상을 입력으로 딥러닝 기반으로 학습하여 실험용 동물의 미로 구조물의 이동 궤적으로 추정하는 학습장치를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.

[0012] 바람직하게 상기 영상 수집부는,

[0013] 다수의 미로 구조물 내의 각 실험용 동물의 행동 영상을 하나의 영상을 획득하고,

[0014] 획득된 하나의 영상을 각 미로 구조물 별 실험용 동물 행동 영상을 분리하여 상기 학습 장치로 제공하도록 구비될 수 있다.

[0015] 바람직하게 상기 학습장치는,

[0016] 입력된 행동 영상을 행동 데이터로 변환하는 전처리부;

[0017] 상기 전처리된 행동 데이터에 대해 히트맵회귀 기법으로 관절 및 신체부위 중 적어도 하나의 시작점과 끝점에 대한 키포인트를 추출하고 입력된 행동 데이터와 추출된 키포인트를 레이블 형태로 학습 모델을 구축하는 학습모델 구축부; 및

[0018] 입력된 행동 데이터에 대해 딥러닝 기반으로 학습하여 추정된 키포인트의 히트맵으로 실험용 동물의 위치를 추적하는 학습부를 포함할 수 있다.

[0019] 바람직하게 상기 학습부는,

[0020] 수신된 히트맵의 키포인트와 실측 특징맵의 키포인트 간의 오차를 토대로 도출된 손실함수를 토대로 상기 학습모델을 훈련하여 최종 키포인트 좌표를 도출하도록 구비될 수 있다.

[0021] 본 발명의 다른 측면에 의거한 일 실시예의 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 방법은,

[0022] 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템이 포함하는 적어도 하나의 프로세서가,

[0023] 소정 형상의 미로 구조물 내의 실험용 동물의 행동 영상을 수집하는 영상 수집 단계;

[0024] 입력된 행동 영상을 행동 데이터로 변환하는 전처리 단계;

[0025] 상기 전처리된 행동 데이터에 대해 히트맵회귀 기법으로 관절 및 신체부위 중 적어도 하나의 시작점과 끝점에 대한 키포인트를 추출하고 입력된 행동 데이터와 추출된 키포인트를 레이블 형태로 학습 모델을 구축하는 학습모델 구축 단계; 및

[0026] 입력된 행동 데이터에 대해 딥러닝 기반으로 학습하여 추정된 키포인트의 히트맵으로 실험용 동물의 위치를 추적하는 학습 단계를 포함할 수 있다.

[0027] 바람직하게 상기 적어도 하나의 프로세서가,

[0028] 수신된 히트맵의 키포인트와 실측 특징맵의 키포인트 간의 오차를 토대로 도출된 손실함수를 토대로 기 구축된 학습모델을 훈련하여 최종 키포인트를 도출하는 훈련 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0029] 이러한 특징에 따르면, 미로 구조물 내의 실험용 동물의 행동 영상을 입력으로 딥러닝 기반으로 학습하여 동물의 이동 궤적을 추정하고 추정된 동물의 이동 궤적으로 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석을 수행함에 따라, 실험용 동물에 대한 행동 패턴 추적을 자동화할 수 있다.

[0030] 이에 본 발명에 의거하며, 실험용 동물의 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석 결과의 정확도를 근본적으로 향상시킬 수 있고 실시간으로 분석할 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명에 의하면, 동물의 행동 영상에 대한 동물의 뇌기능 진단 결과를 제공하는 서비스를 통해 과금 수익과 부수적인 광고 수입에 대해 서비스 제공자에게 적절히 제공해 줌으로써, 서비스 제공자로 하여금 별도의 수익 창출의 기회를 마련해 주는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.

도 1은 일 실시예에 따른 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템의 구성을 보인 도면이다.

도 2는 도 1의 학습장치의 세부 구성도이다.

도 3은 도 2의 학습부의 히트맵을 보인 예시도이다.

도 4는 도 3의 히트맵에 대한 키포인트 좌표를 보인 예시도이다.

도 5는 도 2의 학습부의 적응적 윙 손실함수와 적응적 윙의 제곱 손실함수에 대한 비교도이다.

도 6은 도 1의 시스템의 동작 과정을 보인 전체 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0034] 이하에서의 일 실시예는 카메라(미도시됨)를 통해 획득된 실험용 동물의 행동 영상에 대해 딥러닝 기반의 학습하여 동물의 이동 궤적을 추정하고 추정된 동물의 이동 궤적으로 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석을 수행하는 구성에 대해 구체적으로 설명한다.

[0035] 도 1은 일 실시예에 따른 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템의 구성을 보인 도면이고, 도 2는 도 1의 학습장치의 세부 구성도이며, 도 3은 도 2의 학습부의 히트맵을 보인 예시도이고, 도 4는 도 3의 히트맵에 대한 키포인트 좌표를 보인 예시도이며, 도 5는 도 2의 학습부의 적응적 윙 손실함수와 적응적 윙의 제곱 손실함수에 대한 비교도이다.

[0036] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 일 실시예의 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템은 카메라를 통해 획득된 실험장치 내의 동물의 행동을 입력으로 딥러닝 기반으로 학습하여 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석을 수행하여 뇌기능의 정상 여부를 추정하는 구성을 갖추며, 이에 시스템은 미로 구조물(1), 영상 수집부(2), 및 학습장치(3)를 포함할 수 있다.

[0037] 소정 형태의 미로 구조물 내에 실험용 동물을 기준점에 위치한 다음 미로 구조물(1)을 이동하는 실험용 동물의 행동 패턴을 분석하여 동물의 단기 공간 학습 및 기억 능력에 대한 분석을 수행한다.

[0038] 일 례로, 미로 구조물(1)은 3개의 암 A, B, C를 가지는 Y형태로 구성될 수 있으며 T 형태, Z 형태 등의 다양한 형태로 구현될 수 있고, 이에 한정하지 아니한다.

[0039] 이러한 동물의 실험으로 약물 또는 질병이 동물에 미치는 영향을 추적할 수 있다. 일 례로 알츠하이머와 같은 뇌 질환 연구 및 임상 시험을 위해 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석이 수행된다.

[0040] 한편, 영상 수집부(2)는 미로 구조물(1)의 암 A, B C 중 하나를 이동하는 동물의 행동 영상을 기 정해진 소정

주기로 수집하고 수집된 행동 영상을 학습 장치(3)로 제공한다.

[0041] 이때 영상 수집부(2)는 낮은 조도에서 동물의 위치 추적하기 위해 낮은 조도에서도 좋은 화질의 영상을 생성하는 고해상도 카메라로부터 수집된 영상과 적외선 카메라로 획득된 infrared와 같은 적외선 영상으로 실험용 동물의 행동 영상을 획득할 수 있다.

[0042] 본 명세서 상에서 영상 수집부(2)는 카메라 및 적외선 카메라 중 적어도 하나를 통해 동물의 행동 영상을 수집하는 일련의 과정에 대해 구체적으로 명시하지 아니하였으나, 이는 당업자 수준에서 이해되어야 할 것이다.

[0043] 한편, 학습 장치(3)는 수집된 행동 영상을 입력으로 딥러닝 기반으로 학습하여 획득된 동물의 위치, 예를 들어 암 A, B, C 중 오래 머무는 암의 행동 패턴을 분석하여 실험 결과를 추정하는 구성을 갖추며, 이에 학습 장치(3)는 도 3에 도시된 바와 같이, 전처리부(31), 학습모델 구축부(32), 및 학습부(33)를 포함한다.

[0044] 여기서, 일 례로 전처리부(31)는 수집된 동물의 행동 영상을 RGB 영상 데이터로 분리한 다음 분리된 Red 영상 데이터, Green 영상 데이터, Blue 영상 데이터, 또는 RGB 영상 데이터 중 적어도 하나의 행동 데이터에 대해 data augmentation 기법을 적용하여 Grayscale 영상 데이터로 변환하고, color, Contrast, Intensity 각각에 대한 지터(Jitter)를 추가할 수 있다. 이때 수집된 행동 영상은 동영상, 정지영상 등의 다양한 형태일 수 있다.

[0045] 또한 전처리부(31)는 다수의 미로 구조물(1) 각각에 한 마리의 실험용 동물을 설치하여 실험용 동물에 대한 다수의 행동 영상을 하나의 영상으로 취득한 다음 취득된 하나의 영상에 포함된 각각의 행동 영상에 대해 각 미로 구조물 별 영역을 컴퓨터 프로그램에 지정해 줌에 따라, 각 미로 구조물 내의 실험용 동물에 대한 영상의 처리를 한번에 하나씩 나누어서 처리할 수 있다.

[0046] 한편, 전처리된 행동 데이터는 학습모델 구축부(32)로 제공되며, 학습모델 구축부(33)는 기 설정된 기준점을 기준으로 동물의 이동 위치를 추적한다.

[0047] 즉, 학습모델 구축부(32)는 전처리된 행동 데이터의 자세 추정 및 얼굴 정렬에 대한 히트맵회귀(Heatmap Regression) 기법으로 히트맵을 도출하고 도출된 히트맵에 대한 키포인트 좌표를 추출하고 입력된 행동 데이터와 입력된 행동 데이터와 매칭되는 키포인트 죄표로 레이블 형태의 테스트 데이터를 생성하며, 생성된 테스트 데이터로 학습모델을 구축한다.

[0048] 여기서 키포인트는 입력된 행동 데이터에 대해 특징점에 해당하는 동물의 위치 좌표이고, 히트맵 회귀 기법은 자세 추정 및 얼굴 정렬을 입력으로 위치 식별을 구현하는 알고리즘으로 좌표가 존재할 확률을 히트맵으로 매핑된다.

[0049] 도 3을 참조하면, 전처리된 행동 데이터에 대한 히트맵을 확인할 수 있고, 도 4를 참조하면, 히트맵에 대한 키포인트 좌표를 알 수 있다.

[0050] 여기서, 일 례로 일 실시예에서 딥러닝 신경망은 백본 신경망 모델로 구현하고 있으나, VGG(Visual Geometry Group), ResNet(Residual Learning), 연산 효율을 경량화하기 위한 Inception, MobileNet(Efficient Convolution Neural Networks for Mobile Vision Application), EfficientNet, Swin Transformer, U-Net, Hourglass Net 등 다양한 신경망 구조로 구현될 수 있으며 이에 한정하지 아니한다.

[0051] 여기서, 학습부(33)은 도출된 히트맵에 soft argmax 함수를 적용하여 키포인트 좌표를 생성한다.

[0052] 여기서, argmax 함수는 1차원 벡터 X가 최대인 위치를 찾는 함수로 최대 확률값의 위치를 추출할 수 있으며, 이에 x축 좌표와 y축 좌표에 대해 2차원 행렬 X에 대한 Argmax 함수는 하기 식 1 및 식 2로 정의될 수 있다.

[0053] [식 1]

[0054] $$\mathrm{argmax}(X)_i = \{i | x_{ij} \geq x, \forall x \in X\}$$

[0055] [식 2]

[0056] $$\mathrm{argmax}(X)_j = \{j | x_{ij} \geq x, \forall x \in X\}$$

[0057] 이러한 x축 좌표와 y축 좌표에 대해 2차원 행렬 X에 대한 Argmax 함수를 용하는 soft argmax 함수는 하기 식 3 및 4로 정의될 수 있다.

[0058] [식 3]

$$\text{soft-argmax}(X)_i = \sum \frac{e^{\beta x_{ij}}}{\sum e^{\beta x}} i$$

[0059]

[0060] [식 4]

$$\text{soft-argmax}(X)_j = \sum \frac{e^{\beta x_{ij}}}{\sum e^{\beta x}} j$$

[0061]

[0062] 이러한 soft argmax 함수가 적용된 히트맵에 대해 x축 좌표와 y축 좌표계의 키포인트 위치는 하기 식 5로 정의될 수 있다.

[0063] [식 5]

$$f(x,y) = \exp\left(-\frac{(N-x)^2 + (M-y)^2}{2\sigma^2}\right)$$

[0064]

[0065] 여기서, N은 히트맵 깊이(heatmap width)에 대한 인덱스 행렬이고 M은 히트맵 높이(heatmap hight)에 대한 인덱스 행렬이며, σ 는 가우시안 분포로 [0, 1]의 범위를 가진다.

[0066] 또한, 학습부(33)는 실측 특징맵의 키포인트 좌표 $\hat{Y}_i$ 과 히트맵의 학습 결과에 따른 키포인트 좌표 Y_i 의 차로 정의된 손실함수를 토대로 기 구축된 학습모델을 훈련한다. 일 례로 손실함수는 BCE(Binary Cross Entropy) 손실 및 KL 손실로 정의될 수 있고, NME(Normalized Mean Error) 손실로 정의될 수 있고, 다른 례로 적응적 윙(Adaptive Wing) 손실함수 또는 적응적 손실의 제곱(squared Adaptive Wing) 손실함수로 정의될 수 있다.

[0067] 즉, BCE 손실 함수 및 KL 수렴 손실 함수는 하기 식 6 및 식 7로 각각 정의될 수 있고, NME 함수는 하기 식 8로 정의될 수 있다.

[0068] [식 6]

$$\text{Loss} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i \cdot \log \hat{Y}_i - (1-Y_i)\cdot \log(1-\hat{Y}_i)\right)$$

[0069]

[0070] [식 7]

$$\text{Loss} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i \cdot \log \frac{Y_i}{\hat{Y}_i}\right)$$

[0071]

[0072] [식 8]

$$\text{NME} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{\|Y_i - \hat{Y}_i\|_2^2}{d}$$

[0073]

[0074] 여기서, d는 미로 구조물의 암의 길이이다.

[0075] 또한 적응적 윙(Adaptive Wing) 손실함수는 하기 식 9 내지 식 11로 정의될 수 있다.

[0076] [식 9]

$$A = \frac{\omega \cdot (\alpha - Y)\cdot \theta^{\alpha - Y - 1}}{1 + \theta^{\alpha - Y}}$$

[0077]

[0078] [식 10]

$$C = A \cdot \theta - \omega \cdot \log 1 + \theta^{\alpha - Y}$$

[0079]

[0080] [식 11]

$$\text{AdaptiveWing Loss}(Y,\hat{Y}) = \begin{cases} \omega \cdot \log\left(1+|Y-\hat{Y}|^{\alpha-Y}\right) & ,|Y-\hat{Y}| < \theta \\ A \cdot |Y-\hat{Y}| - C & ,\text{otherwise} \end{cases}$$

[0081]

[0082] 또한, 적응적 윙의 제곱(Squared Adaptive Wing) 손실함수는 하기 식 12 내지 식 14으로 정의될 수 있다.

[0083] [식 12]

$$A = \omega' \cdot \frac{(2\alpha - 2Y) \cdot \theta^{2\alpha-2Y-1}}{1+\theta^{2\alpha-2Y}}$$

[0084]

[0085] [식 13]

$$C = \theta' \cdot A - \omega' \cdot \log\left(1+\theta^{2\alpha-2Y}\right)$$

[0086]

[0087] [식 14]

$$\text{SqAWing}(Y,\hat{Y}) = \begin{cases} A \cdot |Y-\hat{Y}| - C & \left(|Y-\hat{Y}| \geq \theta'\right) \\ \omega' \cdot \log\left(1+|Y-\hat{Y}|^{2\alpha-2Y}\right) & \left(|Y-\hat{Y}| < \theta\right) \end{cases}$$

[0088]

[0089] 여기서, $\omega' = \omega + 9 \cdot \omega \cdot Y$, $\theta' = \theta - 0.99 \cdot \theta \cdot Y$ 로 정의된다.

[0090] 이에 도 5를 참조하면, AdaptiveWing loss((a)에 도시됨)의 가중치가 적응적 윙의 제곱(Squared Adaptive Wing) 손실((b)에 도시됨)의 가중치 weight가 더 정밀하게 수렴됨을 확인할 수 있고, 손실이 0.0005일때 기울기는 4.81로 큰 편이지만, 손실이 0.0001만 되어도 기울기가 0.7까지 떨어지는 것을 알 수 있다.

[0091] 이에 학습부(33)는 입력된 행동 데이터에 대해 딥러닝 신경망 기반의 학습 모델에 의거 학습 수행하여 동물의 위치 좌표인 히트맵을 도출하고 도출된 히트맵과 가우시안 분포 형태의 실측 특징맵의 차로 학습 모델을 훈련함에 따라 실험자는 단기 공간 학습과 기억에 대한 전임상 분석을 자동화할 수 있고, 이에 실시간으로 뇌기능의 정상 여부를 추정할 수 있다.

[0092] 딥러닝 기반으로 동물행동 영상에 대한 분석을 수행하는 일 실시예의 동물 행동 분석 시스템은 웹이나 앱을 통한 서비스로 확장할 수 있다. 일 례로, 동영상 또는 cctv 영상으로 제공받은 실험용 동물의 행동 영상에 대한 스트리밍 주소가 입력되면, 입력된 행동 영상에 대해 실험용 동물의 이동 궤적 및 실험 동물의 활동 패턴에 대한 분석 결과를 제공하는 서비스를 제공할 수 있고, 이러한 서비스 제공에 따른 과금 처리할 수 있다.

[0093] 도 6는 도 1에 도시된 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 시스템의 동작 과정을 보인 흐름도로서, 도 6을 참조하면 본 발명의 다른 실시예에 따른 딥러닝을 이용한 동물 행동 분석 방법을 설명한다.

[0094] 단계(S11)에 의거, 일 실시예의 영상 수집부(2)는 미로 구조물을 이동하는 실험용 동물의 행동 영상을 수집한 다음 수집된 행동 영상을 학습장치(3)로 전달한다. 학습 장치(3)는 단계(S31)에 의거, 수집된 행동 영상에 대한 전처리를 수행하여 행동 데이터로 변환된다.

[0095] 그리고 단계(S31) 내지 단계(S33)에 의거, 일 실시예의 학습장치(3)는 전처리된 행동 데이터에 대해 히트맵회귀 기법으로 관절 및 신체부위 중 적어도 하나의 시작점과 끝점에 대한 키포인트 좌표를 추출하고 입력된 행동 데이터와 추출된 키포인트를 레이블 형태의 데이터 세트로 학습 모델을 구축한다.

[0096] 이어 단계(S34) 및 단계(S35)에 의거, 일 실시예의 학습장치(3)는 전처리된 행동 데이터의 입력에 대해 학습 모델을 통해 딥러닝 기반으로 학습하여 키포인트 좌표로 실험용 동물의 이동 궤적을 추정한다.

[0097] 단계(S34)에 의거, 일 실시예의 학습장치(3)는 추정된 키포인트 좌표와 실측된 특정맵의 키포인트 좌표를 통해 학습 모델을 훈련하여 최종 키포인트 좌표로 동물의 이동 궤적을 출력한다.

[0098] 이해의 편의를 위하여, 프로세서는 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, 프로세서는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트

롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0099] 여기서, 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.

[0100] 소프트웨어 및/또는 정보, 신호 및 데이터는, 제어부에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다.

[0101] 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.

[0102] 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.

[0103] 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-광매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다.

[0104] 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0105] 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0106] 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.

[0107] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0108] 1 : 미로 구조물

2 : 영상 수집부

3 : 학습 장치

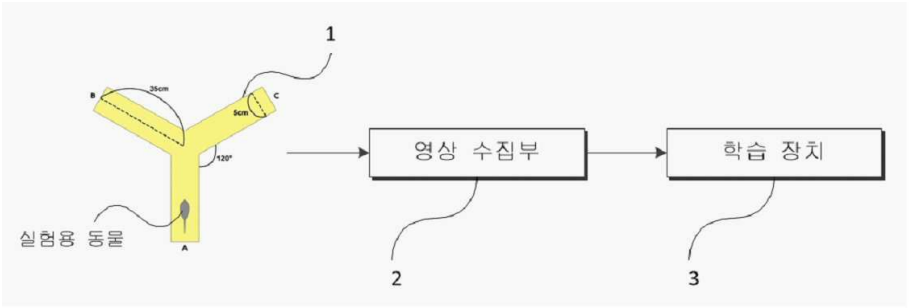
31 : 전처리부

32 : 학습모델 구축부

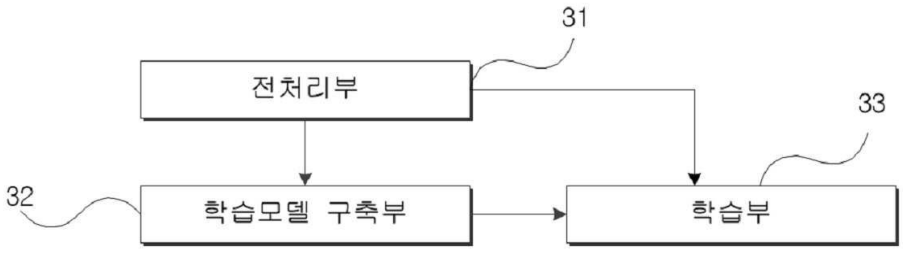
33 : 학습부

도면

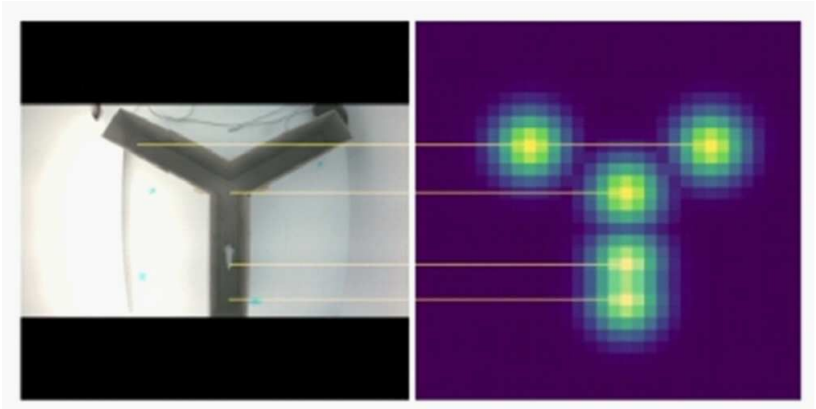
도면1



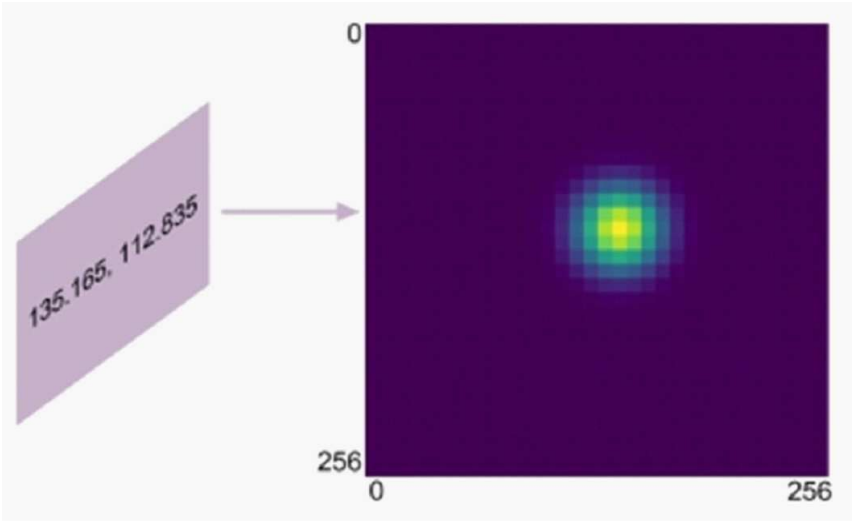
도면2



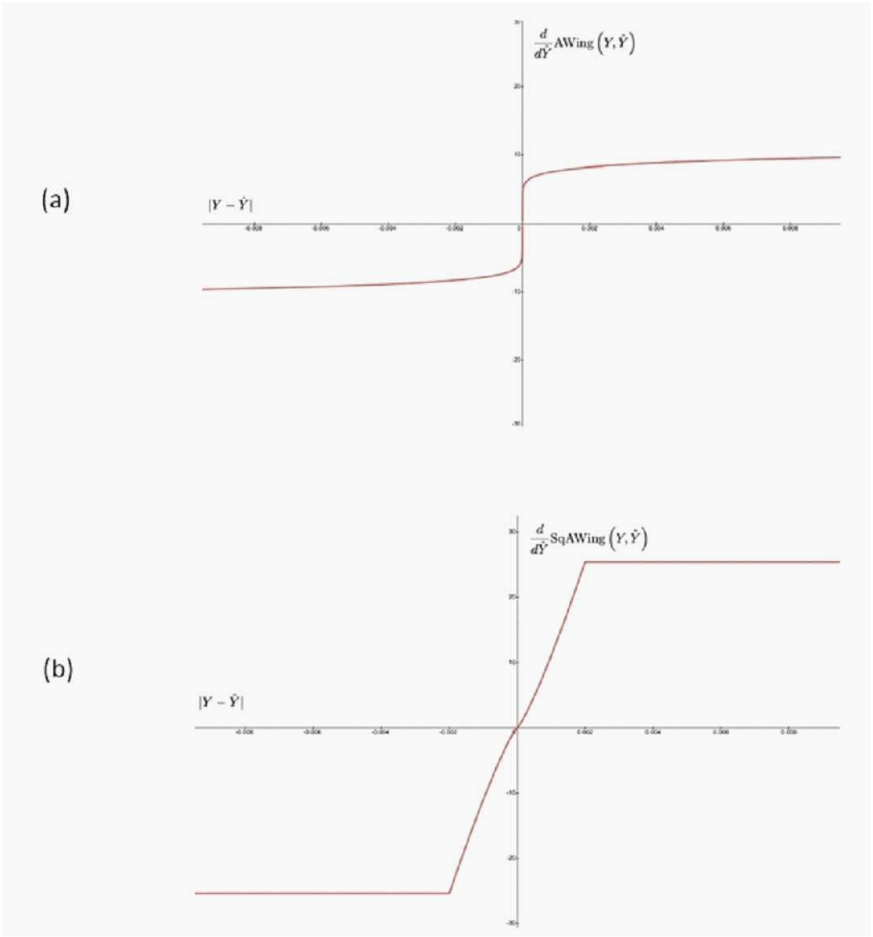
도면3



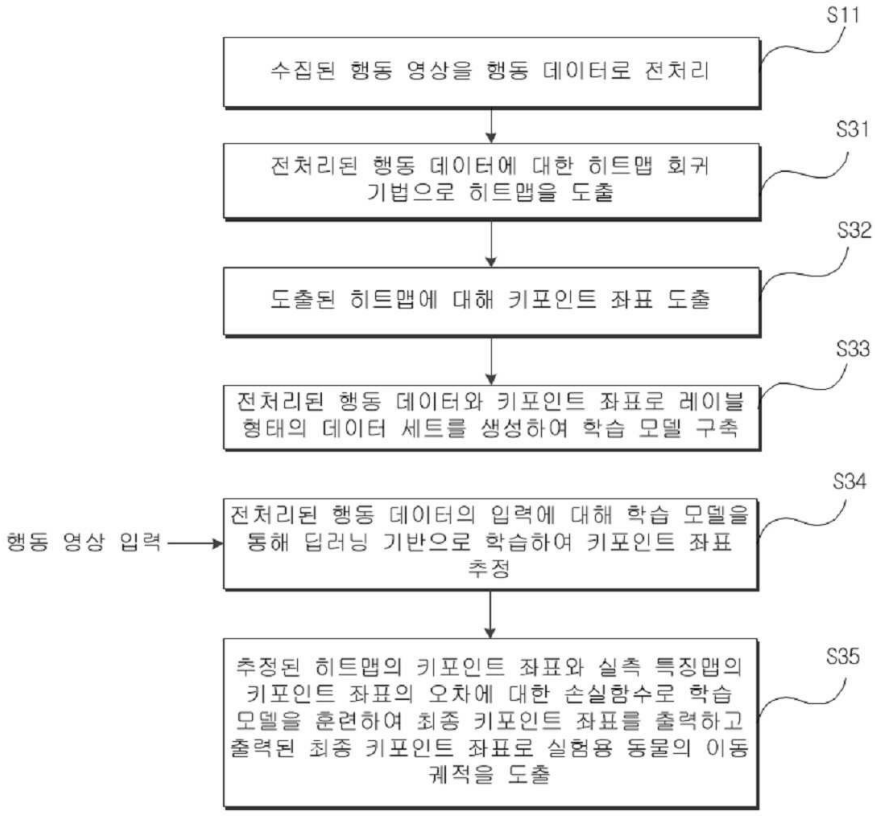
도면4


0
135.165, 112.835
256
0
256

도면5


(a)
$\frac{d}{d\hat{Y}}\mathrm{AWing}\left(Y,\hat{Y}\right)$
$|Y-\hat{Y}|$
(b)
$\frac{d}{d\hat{Y}}\mathrm{SqAWing}\left(Y,\hat{Y}\right)$
$|Y-\hat{Y}|$

도면6


S11
수집된 행동 영상을 행동 데이터로 전처리
S31
전처리된 행동 데이터에 대한 히트맵 회귀 기법으로 히트맵을 도출
S32
도출된 히트맵에 대해 키포인트 좌표 도출
S33
전처리된 행동 데이터와 키포인트 좌표로 레이블 형태의 데이터 세트를 생성하여 학습 모델 구축
S34
행동 영상 입력
전처리된 행동 데이터의 입력에 대해 학습 모델을 통해 딥러닝 기반으로 학습하여 키포인트 좌표 추정
S35
추정된 히트맵의 키포인트 좌표와 실측 특징맵의 키포인트 좌표의 오차에 대한 손실함수로 학습 모델을 훈련하여 최종 키포인트 좌표를 출력하고 출력된 최종 키포인트 좌표로 실험용 동물의 이동 궤적을 도출