(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년08월18일
(11) 등록번호 10-2433443
(24) 등록일자 2022년08월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 52/02 (2009.01) *G06N 20/00* (2019.01)
H04W 4/38 (2018.01) *H04W 84/18* (2009.01)
(52) CPC특허분류
H04W 52/0251 (2013.01)
G06N 20/00 (2021.08)
(21) 출원번호 10-2021-0118227
(22) 출원일자 2021년09월06일
심사청구일자 2021년09월06일
(56) 선행기술조사문헌
KR100683848 B1*
KR1020190101327 A*
KR102193776 B1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
유상조
서울특별시 강남구 선릉로 221, 212동 302호(도곡동, 도곡렉슬아파트)
김소명
서울특별시 관악구 남부순환로145길 23-4, 102호(신림동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양성보

전체 청구항 수 : 총 6 항 심사관 : 진상범

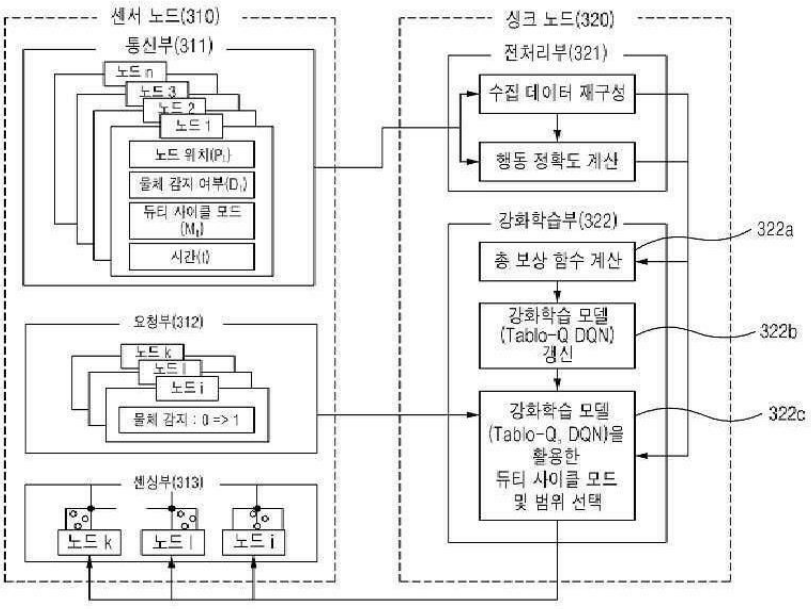
(54) 발명의 명칭 **무선센서네트워크에서 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법 및 시스템**

(57) 요 약

무선센서네트워크에서의 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법 및 시스템이 제시된다. 본 발명에서 제안하는 복수의 센서 노드 및 싱크 노드를 포함하는 무선센서네트워크에서의 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법은 센서 노드의 통신부를 통해 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 싱크 노드로 전송하는

(뒷면에 계속)

대 표 도



단계, 싱크 노드의 전처리부를 통해 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행하는 단계, 상기 전처리된 데이터를 이용하여 싱크 노드의 강화학습부를 통해 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 단계, 센서 노드가 물체를 감지한 경우, 센서 노드의 요청부를 통해 싱크 노드의 강화학습부로 감지된 물체에 대한 데이터를 전송하고, 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들에게 센싱 모드를 전달하기 위한 요청을 전송하는 단계 및 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부가 싱크 노드의 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 감지된 물체에 대한 센싱 모드를 수행하는 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류

H04W 4/38 (2020.05)

H04W 84/18 (2013.01)

Y02D 30/70 (2020.08)

(72) 발명자

윤성호

인천광역시 미추홀구 인하로91번길 54, 503호(용현동)

최수연

대구광역시 북구 침산남로37길 24, 102동 305호(침산동, 침산2차화성아파트)

윤완규

인천광역시 연수구 먼우금로83번길 12, 113동 403호(동춘동, 건영아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711139247
과제번호	2021-0-02052-001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	스마트 모빌리티를 위한 인공지능 시스템반도체 핵심 기술 개발 및 인력 양성
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교 산학협력단
연구기간	2021.07.01 ~ 2028.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 센서 노드 및 싱크 노드를 포함하는 무선센서네트워크에서의 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법에 있어서,

센서 노드의 통신부를 통해 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 싱크 노드로 전송하는 단계;

싱크 노드의 전처리부를 통해 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행하는 단계;

상기 전처리된 데이터를 이용하여 싱크 노드의 강화학습부를 통해 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 단계;

센서 노드가 물체를 감지한 경우, 센서 노드의 요청부를 통해 싱크 노드의 강화학습부로 감지된 물체에 대한 데이터를 전송하고, 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들에게 센싱 모드를 전달하기 위한 요청을 전송하는 단계; 및

선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부가 싱크 노드의 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 감지된 물체에 대한 센싱 모드를 수행하는 단계

를 포함하고,

상기 전처리된 데이터를 이용하여 싱크 노드의 강화학습부를 통해 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 단계는,

싱크 노드의 강화학습부를 통해 상기 전처리된 데이터를 이용하여 물체의 움직임을 추정하고, 상태 데이터를 구성하며,

Tablo-Q 모델 또는 Deep Q-Network 모델을 통해 최적의 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위를 선택하기 위해 특정 범위 내의 센서 노드들의 감지 비율을 이용한 보상함수를 계산하며,

계산된 보상함수를 이용한 강화학습 모델을 통해 물체의 움직임에 대한 동적 변화를 추정하고, 추정된 물체의 움직임에 대한 동적 변화를 반영하여 강화학습 모델을 갱신하는

강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 싱크 노드의 전처리부를 통해 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행하는 단계는,

수신된 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터에 대하여 시간 별로 데이터를 재구성하여 시간 및 센서 노드 별로 데이터베이스에 저장하고, 데이터베이스에 저장된 데이터에 기초하여 강화학습 모델을 위한 상태 데이터를 추출하며, 이전의 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위 선택에 대한 정확도를 계산하는

강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부가 싱크 노드의 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 센싱 모드가 변화한 해당 센서 노드에 대하여 강화학습 모델의 보상함수를 계산하기 위해 미리 정해진 시간 동안 해당 센서 노드가 센싱 모드를 수행한 후 수집된 데이터를 반영하여 강화학습 모델을 갱신하는

강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법.

청구항 5

복수의 센서 노드 및 싱크 노드를 포함하는 무선센서네트워크에서의 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 시스템에 있어서,

상기 센서 노드는,

센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수집하여 싱크 노드로 전송하는 통신부;

센서 노드가 물체를 감지한 경우, 싱크 노드의 강화학습부로 감지된 물체에 대한 데이터를 전송하고, 상기 강화학습부를 통해 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들에게 센싱 모드를 전달하기 위한 요청을 전송하는 요청부; 및

상기 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 감지된 물체에 대한 센싱 모드를 수행하는 센싱부

를 포함하고,

상기 싱크 노드는,

센서 노드의 통신부로부터 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행하는 전처리부; 및

상기 전처리된 데이터를 이용하여 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 강화학습부

를 포함하고,

상기 싱크 노드의 강화학습부는,

싱크 노드의 강화학습부를 통해 상기 전처리된 데이터를 이용하여 물체의 움직임을 추정하고, 상태 데이터를 구성하며,

Tablo-Q 모델 또는 Deep Q-Network 모델을 통해 최적의 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위를 선택하기 위해 특정 범위 내의 센서 노드들의 감지 비율을 이용한 보상함수를 계산하며,

계산된 보상함수를 이용한 강화학습 모델을 통해 물체의 움직임에 대한 동적 변화를 추정하고, 추정된 물체의 움직임에 대한 동적 변화를 반영하여 강화학습 모델을 갱신하는

강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 싱크 노드의 전처리부는,

수신된 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터에 대하여 시간 별로 데이터를 재구성하여 시간 및 센서 노드 별로 데이터베이스에 저장하고, 데이터베이스에 저장된 데이터에 기초하여 강화학습 모델을 위한 상태 데이터를 추출하며, 이전의 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위 선택에 대한 정확도를 계산하는

강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 시스템.

청구항 7

삭제

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 싱크 노드의 강화학습부는,

상기 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부가 싱크 노드의 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 센싱 모드가 변화한 해당 센서 노드에 대하여 강화학습 모델의 보상함수를 계산하기 위해 미리 정해진 시간 동안 해당 센서 노드가 센싱 모드를 수행한 후 수집된 데이터를 반영하여 강화학습 모델을 갱신하는

강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 무선센서네트워크에서 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 무선센서네트워크는 센서 노드 들 간 애드혹 네트워크(Ad-hoc Network)를 구성하여 기지국 없이 무선으로 네트워크를 구성하고 데이터를 수집 및 교환하는 기술이다.

[0003] 무선센서네트워크에서는 센서 노드의 에너지 소모를 최소화하기 위한 기법이 요구된다. 에너지 소모를 최소화하기 위한 방법으로서 센서 노드는 슬립 모드(Sleep mode)와 웨이크업 모드(Wake-up mode)를 반복적으로 전환하는 듀티 사이클 프로토콜을 사용한다.

[0004] 듀티 사이클 프로토콜에서 센서 노드는 슬립 모드 상태일 때 센서의 동작을 하지 않아 물체에 대한 데이터 수집을 하지 않고, 웨이크업 모드 상태일 때 센서의 동작을 수행하여 물체에 대한 데이터를 수집한다. 이로 인해 물체가 센싱 반경 안에 존재하더라도 물체 감지를 할 수 없는 문제가 발생할 수 있기 때문에 슬립 모드 유지 시간과 웨이크업 모드 유지 시간에 대한 고려가 요구된다.

[0005] 따라서 무선센서네트워크에서는 듀티 사이클 프로토콜을 통해 요구되는 물체에 대한 데이터 수집을 최대화 하면서도 센서 노드의 에너지 소모를 최소화 할 수 있는 센싱 모드를 선택하는 기법이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 제10-2021-0048260호(2021.05.03)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 무선센서네트워크 환경에서 물체의 움직임에 따라 센서 노드의 센싱 모드를 동적으로 선택하여, 센서 노드의 에너지를 사용량을 최소화하면서 그와 동시에 요구된 물체 감지 정보를 얻을 수 있도록 동적으로 듀티 사이클 모드와 범위를 결정하는 방법 및 시스템을 제공하는데 있다. 또한, 센싱 모드 결정 및 센싱 모드 적용 범위를 결정하기 위해 고려되는 요소들과 관련하여, 네트워크 내의 센서 노드의 물체 감지 기록을 이용하여 물체의 속력과 방향을 고려하는 방법 및 시스템을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 복수의 센서 노드 및 싱크 노드를 포함하는 무선센서네트워크에서의 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법은 센서 노드의 통신부를 통해 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 싱크 노드로 전송하는 단계, 싱크 노드의 전처리부를 통해 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행하는 단계, 상기 전처리된 데이터를 이용하여 싱크 노드의 강화학습부를 통해 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 단계, 센서 노드가 물체를 감지한 경우, 센서 노드의 요청부를 통해 싱크 노드의 강화학습부로 감지된 물체에 대한 데이터를 전송하고, 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들에게 센싱 모드를 전달하기 위한 요청을 전송하는 단계 및 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부가 싱크 노드의 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 감지된 물체에 대한 센싱 모드를 수행하는 단계를 포함한다.

[0009] 상기 싱크 노드의 전처리부를 통해 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행하는 단계는 수신된 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터에 대하여 시간 별로 데이터를 재구성하여 시간 및 센서 노드 별로 데이터베이스에 저장하고, 데이터베이스에 저장된 데이터에 기초하여 강화학습 모델을 위한 상태 데이터를 추출하며, 이전의 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위 선택에 대한 정확도를 계산한다.

[0010] 상기 전처리된 데이터를 이용하여 싱크 노드의 강화학습부를 통해 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 단계는 싱크 노드의 강화학습부를 통해 상기 전처리된 데이터를 이용하여 물체의 움직임을 추정하고, 상태 데이터를 구성하며, Tablo-Q 모델 또는 Deep Q-Network 모델을 통해 최적의 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위를 선택하기 위해 특정 범위 내의 센서 노드들의 감지 비율을 이용한 보상함수를 계산하며, 계산된 보상함수를 이용한 강화학습 모델을 통해 물체의 움직임에 대한 동적 변화를 추정하고, 추정된 물체의 움직임에 대한 동적 변화를 반영하여 강화학습 모델을 갱신한다.

[0011] 상기 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부가 싱크 노드의 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 센싱 모드가 변화한 해당 센서 노드에 대하여 강화학습 모델의 보상함수를 계산하기 위해 미리 정해진 시간 동안 해당 센서 노드가 센싱 모드를 수행한 후 수집된 데이터를 반영하여 강화학습 모델을 갱신한다.

[0012] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 복수의 센서 노드 및 싱크 노드를 포함하는 무선센서네트워크에서의 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 시스템은 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수집하여 싱크 노드로 전송하는 통신부, 센서 노드가 물체를 감지한 경우, 싱크 노드의 강화학습부로 감지된 물체에 대한 데이터를 전송하고, 상기 강화학습부를 통해 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들에게 센싱 모드를 전달하기 위한 요청을 전송하는 요청부 및 상기 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 감지된 물체에 대한 센싱 모드를 수행하는 센싱부를 포함하는 센서 노드 및 센서 노드의 통신부로부터 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행하는 전처리부 및 상기 전처리된 데이터를 이용하여 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 강화학습부를 포함하는 싱크 노드를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 실시예들에 따르면 무선센서네트워크 환경에서 물체의 움직임에 따라 센서 노드의 센싱 모드를 동적으로 선택하여, 센서 노드의 에너지를 사용량을 최소화하면서 그와 동시에 요구된 물체 감지 정보를 얻을 수 있도록 동적으로 센싱 모드와 범위를 결정할 수 있다. 또한, 네트워크 내의 센서 노드의 물체 감지 기록을 이용하여 물체의 속력과 방향을 고려하여, 센싱 모드 결정 및 센싱 모드 적용 범위를 결정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 움직이는 물체가 존재하는 무선센서네트워크 환경을 설명하기 위한 개략도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선센서네트워크에서 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선센서네트워크에서 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 모델에 이용하기 위한 데이터 재구성 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 Tablo-Q 방법 및 Deep Q-Network 방법을 이용한 강화학습 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 모델에서 선택된 듀티 사이클 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 설명하기 위한 예시도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 모델 별 상태 데이터에 따른 행동 데이터를 선택하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명은 무선센서네트워크(Wireless Sensor Network) 환경에서 강화학습 기법을 사용하여 동적으로 센서 노드의 센싱 모드(Sensing mode)를 선택하는 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 무선센서네트워크 환경에서 센서 노드가 감지한 물체의 위치 정보 기록을 이용하여 물체의 속도를 추정하고, 강화학습 기법을 사용하여 물체의 활동 범위를 고려한 특정 범위 내 센서 노드의 센싱 모드 선택하며, 선택한 센싱 모드 적용 범위와 물체 감지 횟수를 사용하여 강화학습 모델을 학습하기 위한 보상 함수를 설계하는 구성에 관한 것이다.

[0016] 본 발명의 실시예들에 따르면 무선센서네트워크 환경에서 물체의 움직임에 따라 센서 노드의 센싱 모드를 동적으로 선택하여, 센서 노드의 에너지를 사용량을 최소화하면서 그와 동시에 요구된 물체 감지 정보를 얻을 수 있도록 동적으로 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위를 결정할 수 있다. 또한, 네트워크 내의 센서 노드의 물체 감지 기록을 이용하여 물체의 속력과 방향을 고려하여, 센싱 모드 결정 및 센싱 모드 적용 범위를 결정할 수 있다. 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 움직이는 물체가 존재하는 무선센서네트워크 환경을 설명하기 위한 개략도이다.

[0019] 본 발명의 실시예에 따르면, 무선 센서 네트워크 내에서 센서 노드의 데이터를 수집하고 재구성하여, 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 전송한다.

[0020] 수집된 센서 노드의 데이터는 싱크 노드에서의 재구성 및 정확도 계산의 데이터 전처리 단계를 거쳐 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산한다. 이와 같이 재구성된 데이터를 이용하여 상태를 추정하고, 강화학습 모델의 학습 및 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 강화학습 단계를 포함한다.

[0021] 센서 노드의 데이터 통신 단계는 센서 노드들의 위치, 물체 감지여부와 센싱 모드 및 시간에 대한 데이터를 싱크 노드에 전달하는 데이터 수집 및 전송 단계, 새롭게 감지된 물체에 대한 데이터를 싱크 노드에 전달하고, 이를 이용하여 무선센서네트워크 내의 특정 범위 센서에게 센싱 모드를 전달하기 위한 행동을 요청하는 요청 단계, 브로드캐스팅(Broadcasting)을 통해 센싱 동작을 수행하도록 선택된 영역 범위 내의 센서 노드에 센싱 모드를 전달하는 단계를 포함할 수 있다.

[0022] 싱크 노드 강화학습 단계는 물체의 속도를 추측하기 위해 수집된 데이터를 데이터 베이스에 저장하고 재구성하며, 이전에 선택한 행동에 대한 정확도를 계산하는 데이터 전처리단계, 정확도를 이용하여 강화학습 모델을 통한 학습에 필요한 보상 함수를 계산하고 강화학습 모델을 학습하며, 요청 받은 센서 노드에게 현재 물체의 추정된 상태를 기반으로 강화학습 모델을 통한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

[0023] 본 발명의 실시예에 따르면, 무선센서네트워크에서 물체의 움직임, 센서 노드의 수집 데이터, 센서 노드의 위치에 대한 정보를 이용하여 특정 범위의 센서 노드의 센싱 모드를 동적으로 선택할 수 있다. 이하, 본 발명에서 주로 사용되는 용어에 대해 설명한다.

[0024] 싱크 노드(Sink node)는 다수의 센서 노드가 분포되어 있는 무선센서네트워크 환경에서 센서 노드가 수집한 데이터를 전송하는 최종 목적지에 해당하는 단말이며, 데이터를 저장하고 처리하는 단말로 정의한다.

[0025] 듀티 사이클(Duty cycle)은 센서 노드가 슬립 모드(Sleep mode)와 웨이크업 모드(Wake-up mode)를 반복적으로 전환하는 한 주기 내에서 슬립 모드의 비율로 정의한다.

[0026] 센싱 모드(Sensing mode)는 미리 정해진 듀티 사이클의 웨이크업 모드에서 센서의 동작을 수행하는 단계를 나타낸다.

[0027] 본 발명의 실시예에 따른 물체를 감지하는 무선센서네트워크는 센서 노드를 통해 일정한 거리 내에서 물체에 대한 감지 유무 데이터를 수집하여 싱크 노드로 전송하는 상황에서 고려된다. 싱크 노드는 센서 노드로부터 받은 데이터를 저장하고, 시간 별 데이터를 이용하여 물체의 움직임을 추정함으로써 특정 범위 내의 센서 노드의 적절한 센싱 모드를 선택할 수 있도록 한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 움직이는 물체가 존재하는 무선센서네트워크 환경에서 센서 수집 반경 및 물체의 움직임, 센서 노드 간 통신에 대한 개괄적인 모습을 도시한 도면이다.

[0029] 본 발명의 실시예에 따른 무선 센서 네트워크는 주어진 지리적 영역에서 i개의 센서 노드($N=\{n_1, n_2, \cdots, n_i\}$)와 싱크 노드($n_s$)가 존재하는 상황에서 고려된다. 센서 노드들은 무선 통신 채널을 통해 애드혹 네트워크를 구성하고 있으며, 센서 노드는 일정한 주기마다 물체 감지 데이터를 수집하고, 수집한 데이터를 싱크 노드에 전달한다.

[0030] 본 발명의 실시예에 따른 무선센서네트워크는 도 1에 도시된 바와 같이 임의의 물체(110)를 감지하는 센서 노드가 존재하는 환경이다. 센서 노드는 주기적으로 웨이크 업 모드(120)와 슬립 모드(130)를 번갈아 가며 동작을 한다. 센서 노드는 물체(110)가 센서 감지 범위(140)에 들어왔을 때, 센서 노드가 웨이크 업 모드(120)이면 데이터를 수집하고, 슬립 모드(130)이면 데이터를 수집하지 않는다. 수집된 데이터는 미리 구성된 애드혹 네트워크의 통신 채널(150) 중 가장 최적의 데이터 통신 경로(160)을 거쳐 싱크 노드(170)까지 전송된다. 싱크 노드(170)는 물체의 이동 경로(180)를 추정하고 이에 대한 최적의 센싱 모드와 적용 범위를 선택한다. 싱크 노드는 데이터를 전송했던 노드에 선택한 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위를 전송하고, 해당 데이터를 받은 센서 노드는 선택된 범위에서 센싱 모드에 관한 데이터를 브로드캐스팅 한다.

[0031] 도 1을 참조하면, 센서 노드는 지리적인 네트워크 영역에서 무작위적으로 존재하고 각각의 센서 노드는 물체에 대한 데이터를 수집할 수 있는 센서를 포함한다. 센서 노드는 데이터를 수집하는 데에 있어 센서가 동작하는 상태인 웨이크업 모드와 슬립 모드를 번갈아가며 동작한다. 이러한 동작은 미리 정해져 있는 센싱 모드의 주기에 따라 결정된다. 센서 노드에 존재하는 센서는 수집 반경 안에 들어온 물체의 데이터를 수집할 수 있다. 하지만, 센서가 동작하는 웨이크업 모드일 경우에만 물체에 대한 데이터 수집이 가능하며, 슬립 모드일 경우에는 수집 반경 안에 물체가 들어왔다 할지라도 물체에 대한 데이터를 수집하지 않는다.

[0032] 본 발명의 실시예에 따른 강화학습 모델을 이용한 듀티 사이클에 대한 센싱 모드 및 적용 범위 선택 방법의 동작은 크게 센서 노드의 데이터 통신 단계 및 싱크 노드의 강화학습 단계를 포함할 수 있다.

[0034] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 무선센서네트워크에서 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0035] 제안하는 복수의 센서 노드 및 싱크 노드를 포함하는 무선센서네트워크에서의 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 방법은 센서 노드의 통신부를 통해 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 싱크 노드로 전송하는 단계(210), 싱크 노드의 전처리부를 통해 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행하는 단계(220), 상기 전처리된 데이터를 이용하여 싱크 노드의 강화학습부를 통해 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 단계(230), 센서 노드가 물체를 감지한 경우, 센서 노드의 요청부를 통해 싱크 노드의 강화학습부로 감지된 물체에 대한 데이터를 전송하고, 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들에게 센싱 모드를 전달하기 위한 요청을 전송하는 단계(240) 및 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부가 싱크 노드의 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 감지된 물체에 대한 센싱 모드를 수행하는 단계(250)를 포함한다.

[0036] 단계(210)에서, 센서 노드의 통신부를 통해 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 싱크 노드로 전송한다. 예를 들어, 센서 노드들의 위치, 물체 감지여부와 센싱 모드 및 시간에 대한 데이터를 수집하여 싱크 노드에 전달할 수 있다.

[0037] 단계(220)에서, 싱크 노드의 전처리부를 통해 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행한다. 수신된 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터에 대하여 시간별로 데이터를 재구성하여 시간 및 센서 노드 별로 데이터베이스에 저장한다. 데이터베이스에 저장된 데이터에 기초하여 강화학습 모델을 위한 상태 데이터를 추출하며, 이전의 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위 선택에 대한 정확도를 계산한다.

[0038] 단계(230)에서, 상기 전처리된 데이터를 이용하여 싱크 노드의 강화학습부를 통해 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택한다. 이때, 싱크 노드의 강화학습부를 통해 상기 전처리된 데이터를 이용하여 물체의 움직임을 추정하고, 상태 데이터를 구성하다.

[0039] 본 발명의 실시예에 따르면, Tablo-Q 모델 또는 Deep Q-Network 모델을 통해 최적의 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위를 선택하기 위해 특정 범위 내의 센서 노드들의 감지 비율을 이용한 보상함수를 계산한다. 계산된 보상함수를 이용한 강화학습 모델을 통해 물체의 움직임에 대한 동적 변화를 추정하고, 추정된 물체의 움직임에 대한 동적 변화를 반영하여 강화학습 모델을 갱신한다.

[0040] 단계(240)에서, 센서 노드가 물체를 감지한 경우 센서 노드의 요청부를 통해 싱크 노드의 강화학습부로 감지된 물체에 대한 데이터를 전송하고, 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들에게 센싱 모드를 전달하기 위한 요청을 전송한다.

[0041] 단계(250)에서, 상기 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부가 싱크 노드의 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 감지된 물체에 대한 센싱 모드를 수행한다.

[0042] 이후, 상기 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부가 싱크 노드의 강화학습부로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 센싱 모드가 변화한 해당 센서 노드에 대하여 강화학습 모델의 보상함수를 계산하기 위해 미리 정해진 시간 동안 해당 센서 노드가 센싱 모드를 수행한 후 수집된 데이터를 반영하여 강화학습 모델을 갱신한다.

[0044] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 무선센서네트워크에서 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

[0045] 제안하는 무선센서네트워크에서 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 시스템은 센서 노드(310) 및 싱크 노드(320)를 포함한다.

[0046] 본 발명의 실시예에 따른 센서 노드(310)는 통신부(311), 요청부(312) 및 센싱부(313)를 포함할 수 있다.

[0047] 통신부(311)는 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수집하여 싱크 노드로 전송한다. 예를 들어, 센서 노드들의 위치, 물체 감지여부와 센싱 모드 및 시간에 대한 데이터를 수집하여 싱크 노드에 전달할 수 있다.

[0048] 요청부(312)는 센서 노드가 물체를 감지한 경우 싱크 노드의 강화학습부(230)로 감지된 물체에 대한 데이터를 전송하고, 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들에게 센싱 모드를 전달하기 위한 요청을 전송한다.

[0049] 센싱부(313)는, 상기 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부(313)가 싱크 노드의 강화학습부(230)로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 감지된 물체에 대한 센싱 모드를 수행한다.

[0050] 이후, 상기 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부(313)가 싱크 노드의 강화학습부(230)로부터 상기 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 센싱 모드가 변화한 해당 센서 노드에 대하여 강화학습 모델의 보상함수를 계산하기 위해, 미리 정해진 시간 동안 해당 센서 노드가 센싱 모드를 수행한 후 수집된 데이터를 반영하여 강화학습 모델을 갱신한다.

[0051] 본 발명의 실시예에 따른 싱크 노드(320)는 전처리부(321) 및 강화학습부(322)를 포함할 수 있다.

[0052] 전처리부(321)는 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행한다. 수신된 상기 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터에 대하여 시간 별로 데이터를 재구성하여 시간 및 센서 노드 별로 데이터베이스에 저장한다. 데이터베이스에 저장된 데이터에 기초하여 강화학습 모델을

위한 상태 데이터를 추출하며, 이전의 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위 선택에 대한 정확도를 계산한다.

[0053] 강화학습부(322)는 상기 전처리된 데이터를 이용하여 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택한다. 이때, 강화학습부(322)는 상기 전처리된 데이터를 이용하여 물체의 움직임을 추정하고, 상태 데이터를 구성하다.

[0054] 본 발명의 실시예에 따르면, Tablo-Q 모델 또는 Deep Q-Network 모델을 통해 최적의 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위를 선택하기 위해 특정 범위 내의 센서 노드들의 감지 비율을 이용한 보상함수를 계산한다. 계산된 보상함수를 이용한 강화학습 모델을 통해 물체의 움직임에 대한 동적 변화를 추정하고, 추정된 물체의 움직임에 대한 동적 변화를 반영하여 강화학습 모델을 갱신한다.

[0055] 도 3을 참조하여, 본 발명의 실시예에 따른 무선센서네트워크에서 강화학습 기반 동적 센싱 모드 선택 시스템의 동작 과정을 더욱 상세히 설명한다.

[0056] 센서 노드(310)는 주기적으로 데이터($\boldsymbol{D} = \{ P^{n_i}, D_t^{n_i}, M_t^{n_i}, t \}$)를 수집하고 통신부(311)를 통해 수집된 데이터를 싱크 노드에 전달한다.

[0057] 싱크 노드(320)에서는 센서 노드들로부터 수신 받은 데이터를 기반으로 전처리부(321)를 통한 데이터 전처리 단계에서 데이터를 저장하고, 재구성하여 강화학습 모델에 사용하기 위한 상태 데이터를 만든다. 또한, 강화학습 모델을 통한 행동(다시 말해, 센싱 모드) 선택으로 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드를 한정하여 센싱 모드 변화에 따른 물체 감지 정확도를 계산한다.

[0058] 싱크 노드(320)의 강화학습부(322)는 계산된 정확도를 기반으로 총 보상 함수를 계산(322a)하고 강화학습 모델을 갱신(322b)한다. 센서 노드 중 새롭게 물체에 대한 감지 데이터를 얻은 센서 노드의 데이터를 기반으로 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위를 도출한다(322c). 이후, 요청한 센서 노드 별로 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위에 대한 정보를 담고 있는 행동 메시지를 전달한다. 행동 메시지를 받은 센서 노드 중 해당하는 센싱 모드 적용 범위 내에 있는 센서 노드에게 변화할 센싱 모드에 대해 브로드캐스팅 한다.

[0059] 센서 노드(310)는 강화학습을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위 선택을 하기 위한 데이터를 수집하고 통신부(311)를 통해 싱크 노드(320)에 전송한다. 수집된 데이터는 센서 노드의 현재 위치(P_t^n) 물체 감지 여부(D_t^n), 현재의 센싱 모드 (M_t^n)와 데이터를 수집한 시간(t)로 구성될 수 있다. 데이터 수집 및 전송 단계 중 물체를 새롭게 감지한 센서 노드는 요청부(312)를 통해 싱크 노드(320)에게 요청을 전송할 수 있다. 물체를 새롭게 감지한 센서 노드는 자신이 수집한 데이터와 함께 싱크 노드에 센싱 모드와 적용 범위에 대한 정보를 담고 있는 행동 메시지를 보낼 것을 요청한다. 센싱부(230)에서는 요청한 메시지에 대한 행동 메시지를 받은 센서 노드들은 행동 메시지 안에 있는 범위에 있는 센서 노드에게 센싱 모드를 브로드캐스팅 한다.

[0060] 싱크 노드의 전처리부(321)에서는 센서 노드가 수집한 데이터에 대해서 시간 별로 데이터를 재구성하고, 이전의 선택에 대한 행동 정확도를 계산한다. 수집 데이터 재구성 단계에서는 시간 및 노드 별로 데이터베이스(Data base)에 저장한다. 데이터베이스에 저장된 수집 데이터들을 기반으로 강화학습 모델에 맞는 상태 데이터를 추출하며, 이는 도 6에서 더욱 상세히 설명된다. 행동 정확도 계산 단계에서는 이전에 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위를 선택한 행동에 대해서 정확도를 계산한다.

[0061] 싱크 노드의 강화학습부(322)는 센서 노드가 수집한 데이터를 기반으로 강화학습 모델에 대한 보상 함수를 계산하고(322a), 강화학습 모델 갱신(322b) 및 듀티 사이클 모드를 선택할 수 있다(322c).

[0062] 강화학습부(322)는 전처리부(3210)에서 재구성된 데이터, 행동 정확도를 기반으로 보상 함수를 계산(322a)하고 강화학습 모델을 갱신한다(322b). 갱신된 모델을 기반으로 요청 단계에서 요청한 센서 노드들에 대한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하고 해당 데이터를 요청한 센서 노드들에게 답장한다.

[0063] 총 보상 함수 계산(322a)은 [수학식 1]에 의해 수행될 수 있다:

[0064] 수학식 1

$$R = \frac{\sum_{t=0}^{t_a} \sum_{n \subset n_a} D_t^n}{\sum_{t=0}^{t_a} \sum_{n \subset n_a} (1)}$$

[0065]

[0066] [수학식 1]에서 t_a는 센싱 모드를 지속한 단위 시간을 나타내며, n_a는 행동 메시지를 통해 센싱 모드가 적용된 범위 내의 센서 노드의 집합을 나타낸다. D_t^n은 센서 노드 n이 시간 t에 물체에 대한 감지 데이터이다.

[0067] 계산된 보상 함수를 기반으로 강화학습 모델을 갱신(322b)하는 단계에서, 본 발명의 실시예에 따른 Tablo-Q 모델의 갱신 방법은 [수학식 2]으로 나타낼 수 있다.

[0068] 수학식 2

$$Q(s_t,a_t) \leftarrow (1-\alpha) Q(s_t,a_t) + \alpha R + \gamma \max_{a_{t+1}} Q(s_{t+1},a_{t+1})$$

[0069]

[0070] [수학식 2]에서 α와 γ는 각각 학습률과 할인계수를 나타낸다.

[0071] 계산된 보상 함수를 기반으로 하는 본 발명의 실시예에 따른 Deep Q-Network 모델 갱신 방법은 [수학식 3]으로 나타낼 수 있다.

[0072] 수학식 3

$$Q(s_t,a_t|\theta) \leftarrow (1-\alpha) Q(s_t,a_t|\theta) + \alpha R + \gamma \max_{a_{t+1}} Q(s_{t+1},a_{t+1}|\theta)$$

[0073]

[0074] [수학식 3]에서 α와 γ는 각각 학습률과 할인계수를 나타내며, θ는 행동을 결정하는 Q값을 도출해내는 모델의 가중치를 나타낸다.

[0075] 강화학습부(322)를 통한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위 선택 단계에서는 요청한 센서 노드에게 전달할 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 강화학습 모델을 활용하여 최적의 선택을 한다. Tablo-Q 방식과 Deep Q-Network 방식에 따라 모델은 달라지며, 도 7에서 더욱 상세히 설명된다. 이러한 일련의 과정들이 반복되어 동작하여 동적으로 물체의 움직임에 따른 센싱 모드를 선택할 수 있다.

[0077] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 모델에 이용하기 위한 데이터 재구성 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0078] 도 4를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 강화학습 모델에 활용하기 위한 센서 노드로부터 수집한 데이터를 싱크 노드의 데이터베이스(410)에 저장할 수 있다. 데이터베이스(410)에 저장된 데이터를 이용하여 강화학습 모델 별로 데이터를 재구성(411)하여 상태 데이터를 정의할 수 있다.

[0079] 본 발명의 실시예에 따르면, 센서 노드로부터 수집된 데이터는 싱크 노드로 전달된다. 이후, 싱크 노드는 데이터를 재구성하기 위해 데이터베이스에 저장하고 데이터 재구성 단계에서 데이터를 강화학습 모델에 사용하기 위한 현재 상태 데이터로 정의한다.

[0080] 본 발명의 실시예에 따르면, 싱크 노드는 센서 노드들이 수집한 데이터를 시간 별로 나누어 저장하고, 어느 시간에 센서 노드가 수집한 데이터인지 구분한다. 이와 같이 구분된 데이터들을 기반으로 강화학습 모델 별로 데이터를 재구성(411)할 수 있다.

[0082] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 Tablo-Q 방법 및 Deep Q-Network 방법을 이용한 강화학습 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0083] 도 5(a)는 Tablo-Q 방법을 이용한 강화학습 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 5(b)는 Deep Q-Network 방법을 이용한 강화학습 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0084] 도 5(a)를 참조하면, Tablo-Q 방법에서 상태 데이터는 물체의 속력과 방향의 추정치로 정의된다. 데이터베이스

의 데이터를 이용하여 정의된 상태 데이터는 물체에 대한 속도(512), 방향(513)으로 추정되어 상태 테이블(511)의 인자(index) 값으로 치환된다.

[0085] 도 5(b)를 참조하면, Deep Q-Network 방법에서 데이터베이스에 존재하는 센서의 위치, 감지 여부 및 센싱 모드에 대한 데이터를 활용하여 네트워크 이미지화(520)한다. 다시 말해, 네트워크 영역(522)을 이미지화해 상대적인 네트워크 이미지를 구성한다. 이미지화한 픽셀 속에 상대적인 위치 안에 센서 노드가 존재한다면, 해당 센서 노드가 수집한 물체 감지 여부(523) 및 센싱 모드를 인자화해 값으로 대입한다. 또한, 시간의 흐름에 따른 물체의 움직임 상태를 나타내기 위해 가장 최근에 수집한 데이터부터 일정 시간(521)이전의 과거 데이터를 모두 이미지화하여 상태 데이터로 사용한다.

[0087] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 모델에서 선택된 듀티 사이클 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 설명하기 위한 예시도이다.

[0088] 도 6를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 강화학습 모델에서 선택한 듀티 사이클 범위 및 모드를 나타내는 행동 테이블 및 행동 선택의 예시를 도시하였다.

[0089] 싱크 노드의 데이터베이스에 저장된 데이터를 기반으로 상태 데이터로 재구성된 데이터를 이용하여 행동 메시지를 요청한 센서 노드에게 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 대한 정보를 담은 행동 메시지를 전달한다.

[0090] 본 발명의 실시예에 따른 행동 메시지에 담기는 정보는 적용될 범위(611), 방향(612)과 모드(613)에 대한 정보로 행동 테이블(610)속 인자로 치환된다. 강화학습 기법의 모델에 무관하게 행동 메시지 속 센싱 모드와 센싱 모드 적용 범위는 행동 테이블에 존재하는 인자로서 정의된다.

[0091] 본 발명의 실시예에 따른 행동 정보의 범위(611)는 센싱 노드가 적용할 영역의 크기를 나타내며, 행동 메시지를 요청한 센서 노드를 기준으로 적용된 영역의 크기로 정의된다.

[0092] 본 발명의 실시예에 따른 행동 정보의 방향(612)은 센싱 노드가 적용할 영역의 방향을 나타내며, 행동 메시지를 요청한 센서 노드를 기준으로 적용된 영역의 방향으로 정의된다.

[0093] 본 발명의 실시예에 따른 행동 정보의 센싱 모드(613)는 센서 노드가 적용할 센싱 모드를 나타내며, 물체 발견 모드는 물체를 발견하기 전 슬립 모드와 웨이크업 모드가 주기적으로 반복되는 에너지 절약을 하는 듀티 사이클이 존재하는 센싱 모드를 말하며, 항상 웨이크업 모드의 경우 물체가 감지된 순간에 웨이크업 모드만을 유지해 물체에 대한 정보를 계속해서 전송하는 센싱 모드로 정의된다.

[0095] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 강화학습 모델 별 상태 데이터에 따른 행동 데이터를 선택하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0096] 도 7(a)는 Tablo-Q 방법을 이용한 행동 데이터 선택 과정을 설명하기 위한 도면이고, 도 7(b)는 Deep Q-Network 방법을 이용한 행동 데이터 선택 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0097] 도 7을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 강화학습 기법의 상태 데이터를 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 담은 행동 인자 데이터를 선택하는 방법을 도시하였다.

[0098] 본 발명의 실시예에 따르면, 물체의 움직임에 대하여 실시간으로 행동을 선택하기 위해 싱크 노드의 처리 능력에 따른 강화학습 모델을 이용하여 행동 메시지를 구성하고 전송한다. 싱크 노드의 처리 능력이 낮을 경우 실시간으로 행동을 선택하기 위해 Tablo-Q 방법을 사용한다. 싱크 노드의 처리능력이 높을 경우 Deep Q-Network를 활용하여 높은 정확도를 가지는 행동을 선택하고, 행동 메시지를 전송한다.

[0099] 도 7(a)를 참조하면, Tablo-Q 방법에서는 Q-테이블(710)을 기반으로 행동에 대한 인자를 선택한다. 데이터베이스를 기반으로 정의된 상태 데이터를 상태 인자(711)로 전환한다. Q-테이블에 존재하는 상태 인자 중 가장 높은 Q값(713)을 갖는 행동 인자(712)를 선택한다.

[0100] 도 7(b)를 참조하면, Deep Q-Network 방법은 심층 신경망(Deep Neural Network: DNN)을 기반으로 만들어진 Deep Q-Network 모델(720)을 기반으로 Q값(723)을 도출한다. Deep Q-Network 모델은 이미지를 처리하기 위한 합성곱 층(Convolution layer)(721)과 이후의 데이터를 후처리하기 위한 완전 연결 층(Fully connected layer)(722)로 구성되어 있다. 완전 연결 층으로 인해 도출된 Q값의 범위는 행동 인자의 범위와 같은 범위를 가지고 있다. Q값들 중 가장 높은 Q 값을 가지는 행동 인자를 선택한다.

[0101] 이와 같이 본 발명의 실시예들에 따르면, 무선센서네트워크 내의 센서 노드들을 통해 수집한 데이터를 싱크 노

드에서 저장하고, 해당 데이터를 이용한 물체의 이동 경로 및 속도를 추정하여 센서 노드의 센싱 모드를 동적으로 선택함으로써, 무선센서네트워크 내의 에너지 효율성을 최대화할 수 있다.

[0102] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 강화학습을 통해 데이터 수집 정도에 따른 보상함수 값을 계산함으로써, 불필요한 에너지 소모를 하는 센싱 모드를 선택하지 않고, 적합한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택해 무선센서네트워크 내에서 소비하는 에너지의 총 량을 감소시키며 물체에 대한 감지율을 높일 수 있다.

[0103] 또한, 본 발명의 실시예들은 강화학습을 통해 물체의 이동이 변화하거나, 다중 물체가 네트워크 내에 존재하여도 그에 적합한 센싱 모드를 선택하여 효율적이고 안정적인 데이터 수집을 수행할 수 있다.

[0105] 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, FPA(field programmable 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.

[0106] 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.

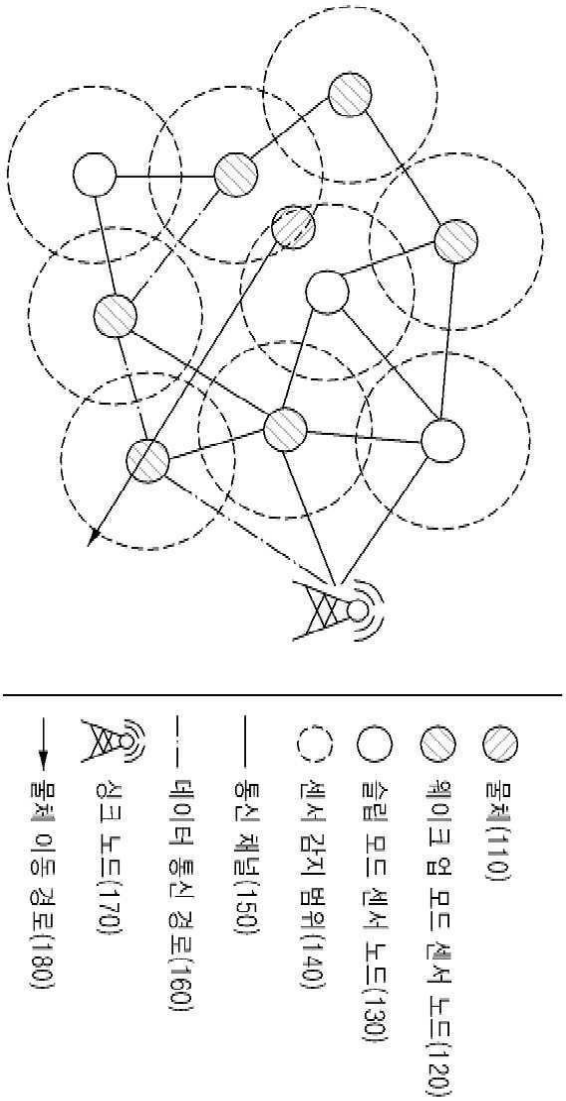
[0107] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic 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.

[0108] 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.

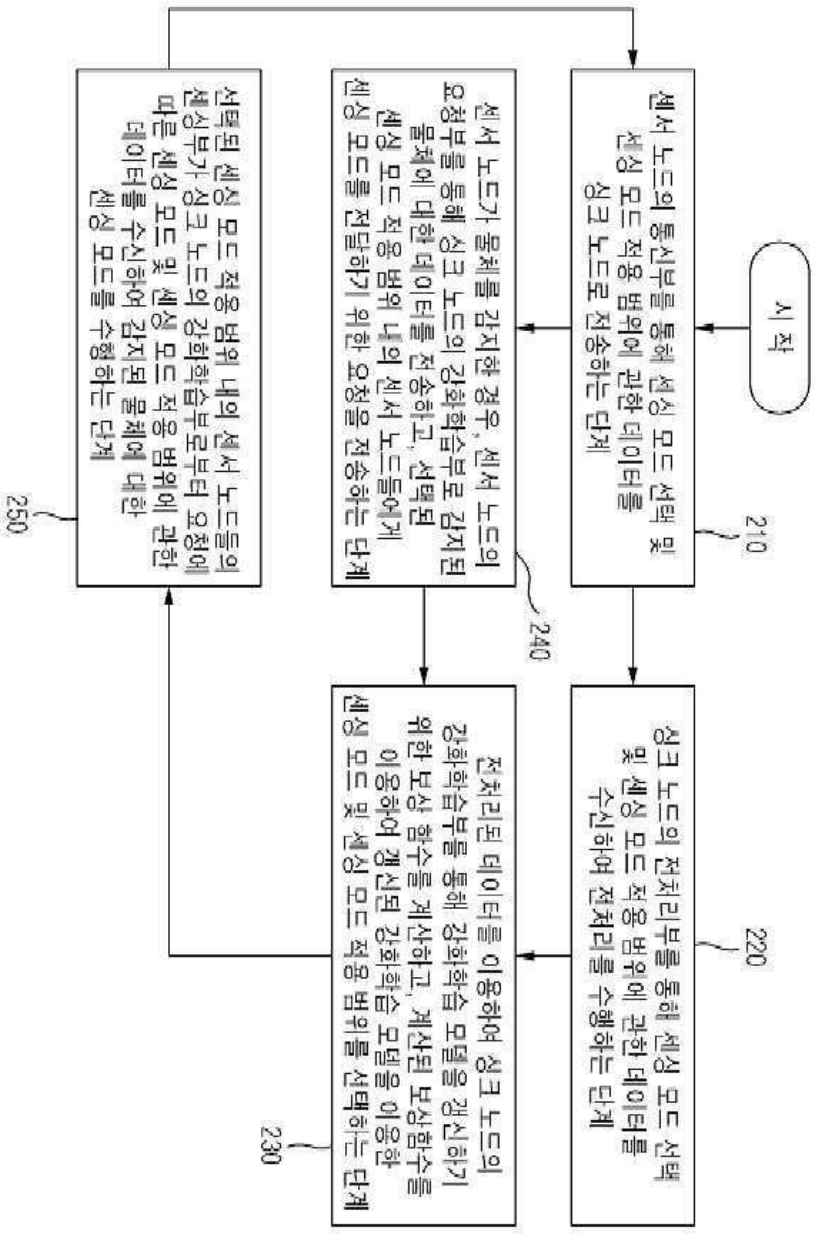
[0109] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

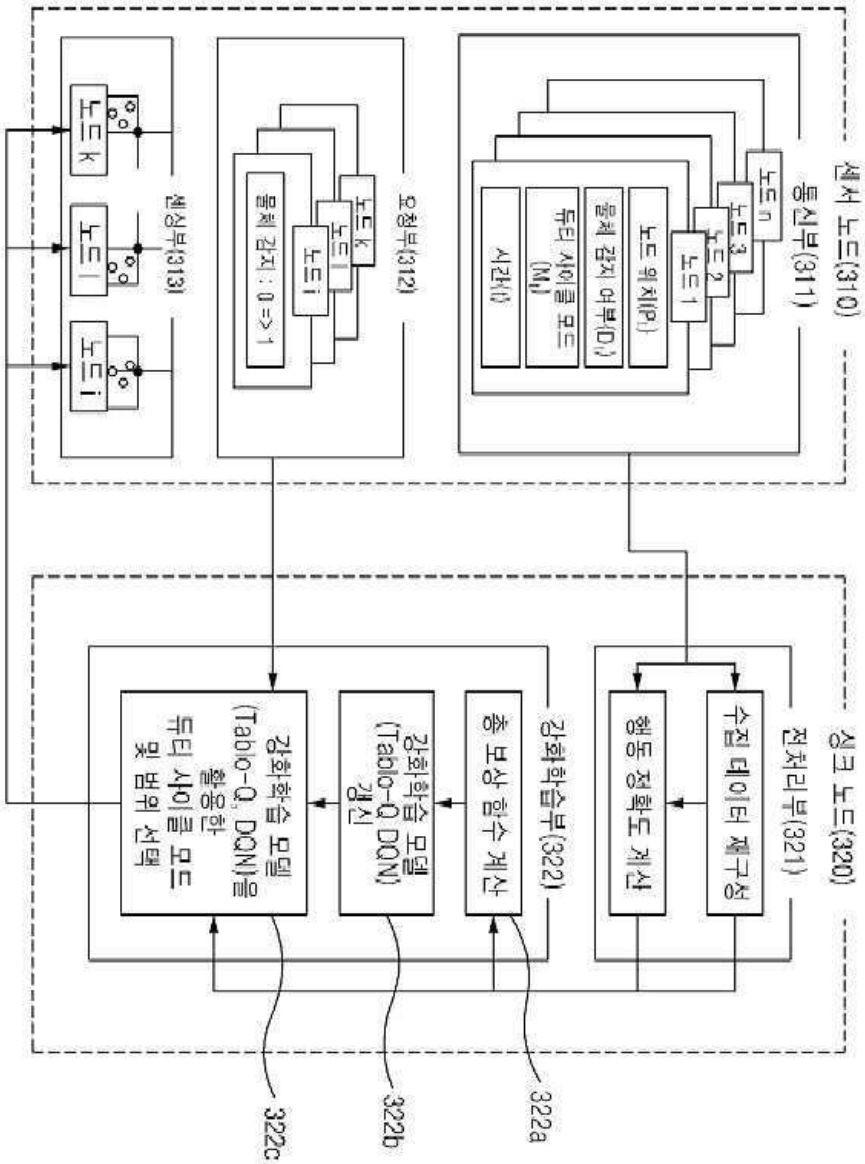
도면1


물체(110)
웨이크 업 모드 센서 노드(120)
슬립 모드 센서 노드(130)
센서 감지 범위(140)
통신 채널(150)
데이터 통신 경로(160)
싱크 노드(170)
물체 이동 경로(180)

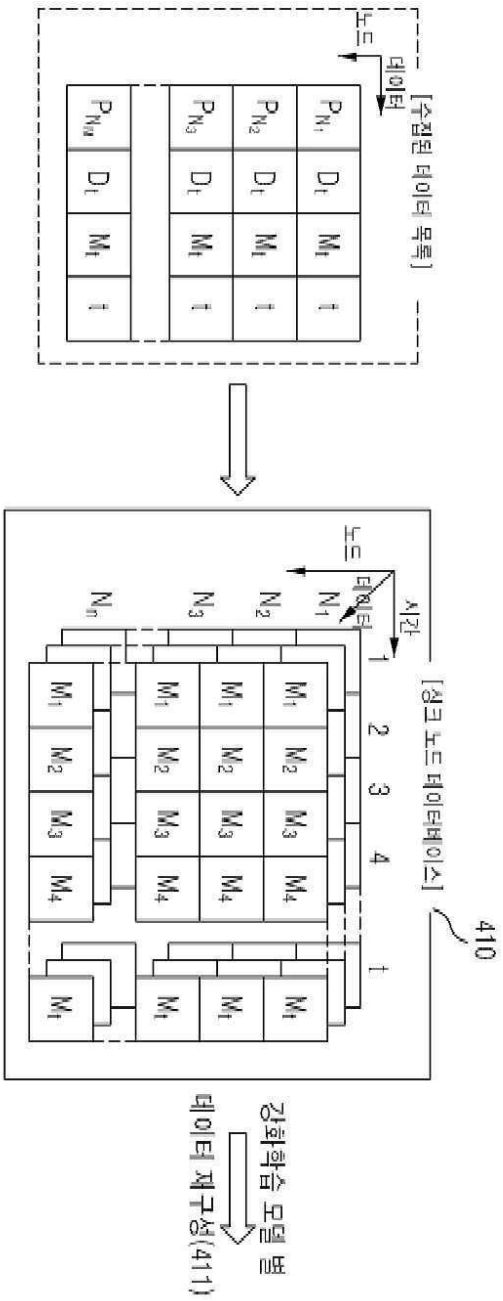
도면2


시작
센서 노드의 통신부를 통해 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 싱크 노드로 전송하는 단계
210
싱크 노드의 전처리부를 통해 센싱 모드 선택 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 전처리를 수행하는 단계
220
전처리된 데이터를 이용하여 싱크 노드의 강화학습부를 통해 강화학습 모델을 갱신하기 위한 보상 함수를 계산하고, 계산된 보상함수를 이용하여 갱신된 강화학습 모델을 이용한 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위를 선택하는 단계
230
센서 노드가 물체를 감지한 경우, 센서 노드의 요청부를 통해 싱크 노드의 강화학습부로 감지된 물체에 대한 데이터를 전송하고, 선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들에게 센싱 모드를 전달하기 위한 요청을 전송하는 단계
240
선택된 센싱 모드 적용 범위 내의 센서 노드들의 센싱부가 싱크 노드의 강화학습부로부터 요청에 따른 센싱 모드 및 센싱 모드 적용 범위에 관한 데이터를 수신하여 감지된 물체에 대한 센싱 모드를 수행하는 단계
250

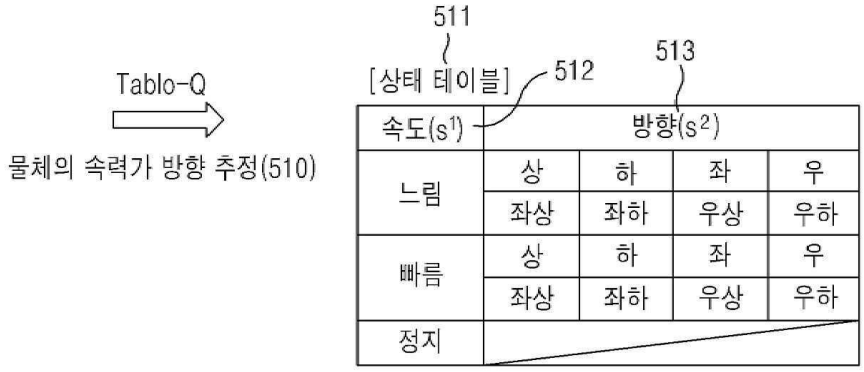
도면3


센서 노드(310)
통신부(311)
노드 n
노드 3
노드 2
노드 1
노드 위치(P_i)
물체 감지 여부(D_i)
듀티 사이클 모드 (M_i)
시간(t)
오청부(312)
노드 k
노드 i
노드 1
물체 감지 : 0 => 1
센싱부(313)
노드 k
노드 i
노드 1
싱크 노드(320)
전처리부(321)
수집 데이터 재구성
행동 정확도 계산
강화학습부(322)
총 보상 함수 계산
강화학습 모델 (Tablo-Q DQN) 갱신
강화학습 모델 (Tablo-Q, DQN)을 활용한 듀티 사이클 모드 및 범위 선택
322a
322b
322c

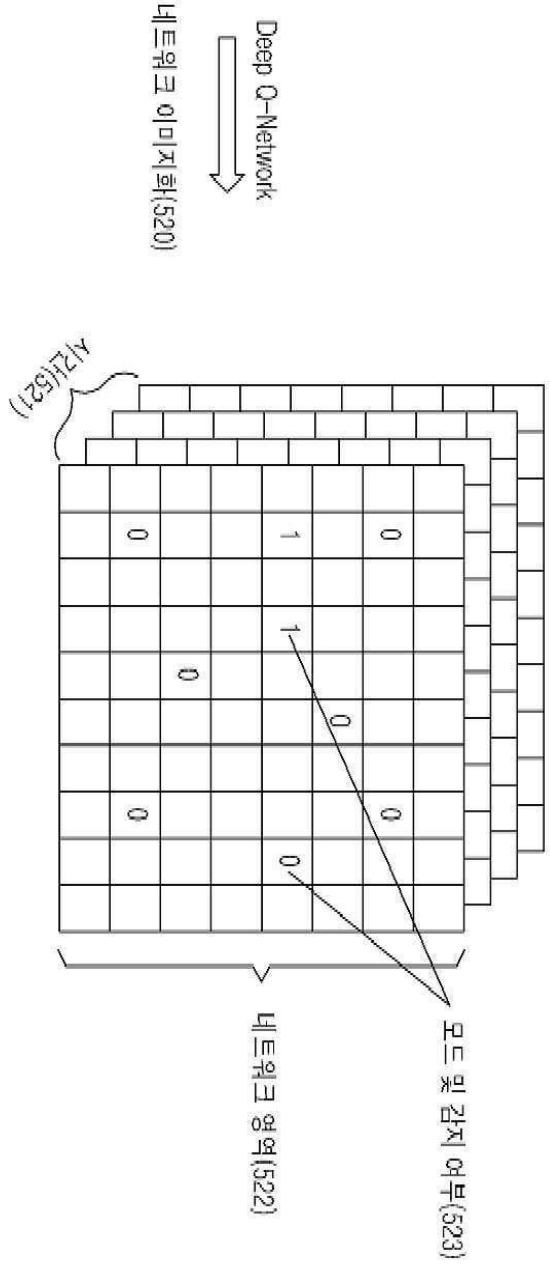
도면4



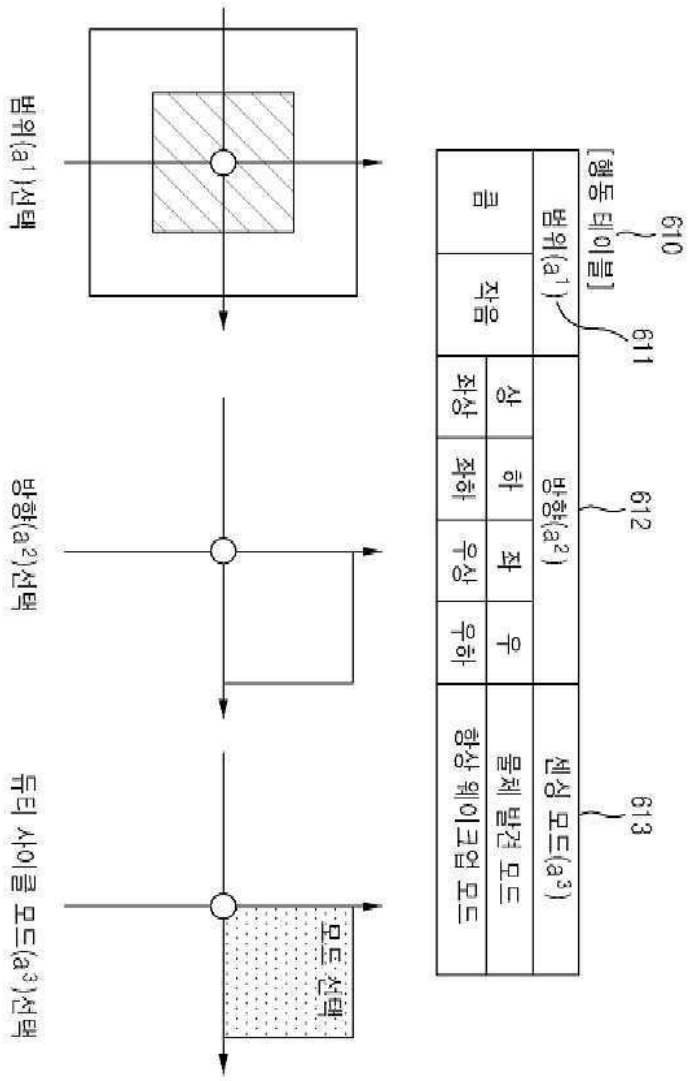
도면5a


Tablo-Q
물체의 속력가 방향 추정(510)
511
[상태 테이블]
512
513
속도(s1)
방향(s2)
느림
상
하
좌
우
좌상
좌하
우상
우하
빠름
상
하
좌
우
좌상
좌하
우상
우하
정지

도면5b



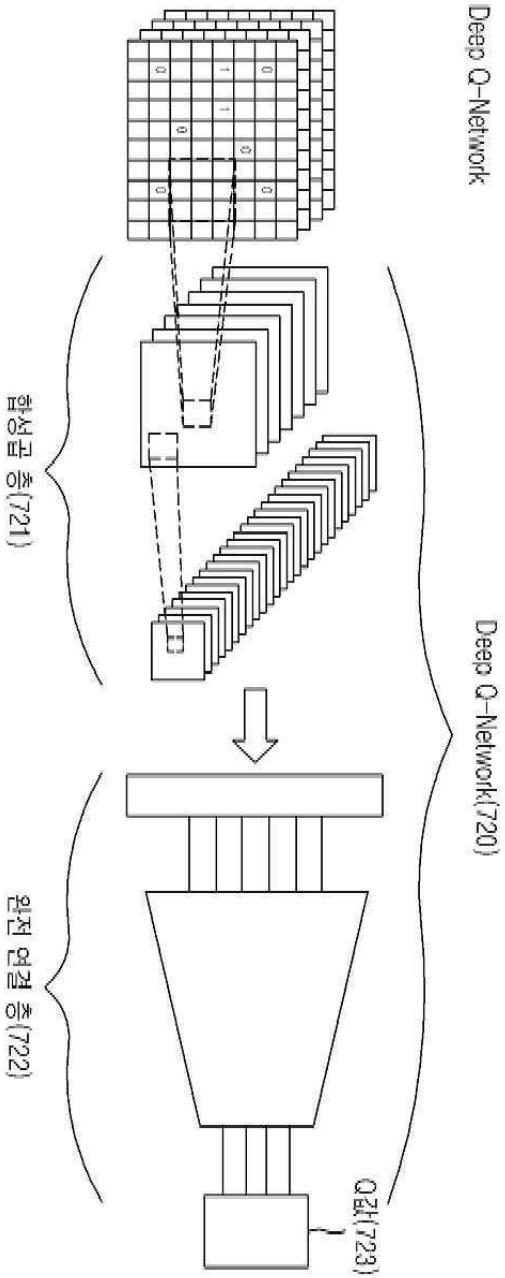
도면6



도면7a

Tablo-Q

[Q-테이블] 710

		행동 인자(712)				
		0	1	2	…	A
상태 인자 (711)	0					Q값(713)
	1					
	2					
	…					
	S					

도면7b