



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년03월24일
(11) 등록번호 10-2514146
(24) 등록일자 2023년03월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B60W 30/18 (2006.01) B60W 50/00 (2006.01)
B60W 60/00 (2020.01) G05D 1/00 (2006.01)
G06N 3/08 (2023.01)
(52) CPC특허분류
B60W 30/18163 (2013.01)
B60W 60/001 (2020.02)
(21) 출원번호 10-2021-0020232
(22) 출원일자 2021년02월16일
심사청구일자 2021년02월16일
(65) 공개번호 10-2022-0116855
(43) 공개일자 2022년08월23일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020190083317 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
충북대학교 산학협력단
충청북도 청주시 서원구 충대로 1 (개신동)
(72) 발명자
박태형
충청북도 청주시 서원구 구룡산로52번길 51, 607
동 1401호(다안채6단지아파트)
김민성
충청북도 청주시 서원구 모충로3번길 54, 303호
(74) 대리인
김정현

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 김현석

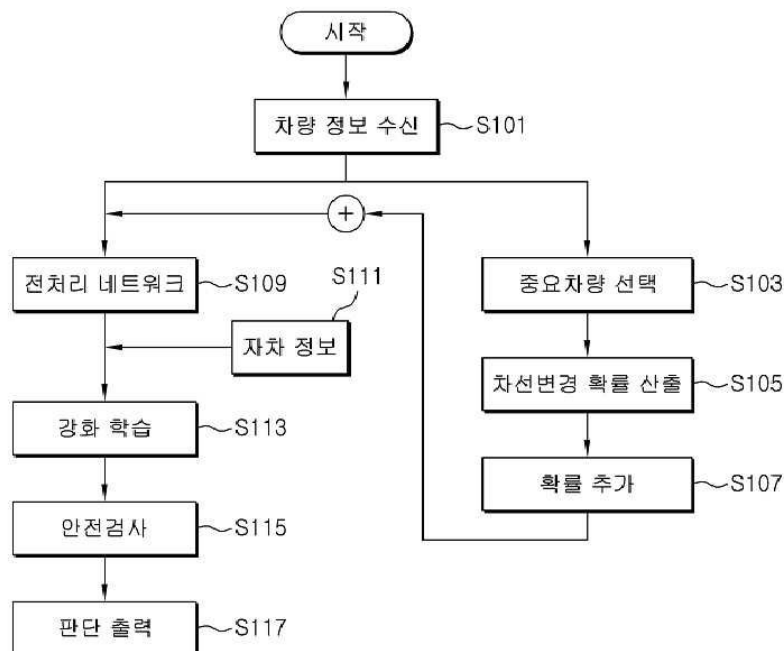
(54) 발명의 명칭 자동차 전용도로 환경에서 강화학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법 및 이를 기록한 기록매체

(57) 요약

본 발명은 자동차 전용도로 환경에서 강화학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법에 관한 것으로서, V2X 통신(Vehicle to Everything communication)을 통해 주변 차량들의 차량 정보를 수신하는 단계, 수신한 차량 정보를 이용하여 자율주행 차량의 차선 변경 판단에 있어서 가장 큰 영향을 주는 주변 차량인 중요 차량을 선

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



택하는 단계, 상기 중요 차량의 차선 변경 확률을 산출하는 단계, 차량 정보에 상기 차선 변경 확률을 추가하는 단계, 상기 차량 정보에 상기 차선 변경 확률을 추가한 정보에 대하여 전처리 네트워크를 통해 강화학습에 필요한 전처리를 수행하는 단계 및 상기 전처리 네트워크에서 전처리된 정보에 자율주행 차량의 정보를 추가하여 강화학습을 수행하고, 차선 변경 판단 결과를 출력하는 단계를 포함한다. 본 발명에 의하면, 주요 차량의 차선 변경 확률을 이용해 다른 차량의 움직임 변화에도 실시간성을 보장함과 동시에 유동적으로 대응 할 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

G05D 1/0088 (2013.01)
G06N 3/08 (2023.01)
B60W 2050/0002 (2013.01)
B60W 2556/45 (2020.02)
B60Y 2300/18166 (2013.01)
G05D 2201/0213 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020200072573 A*
 JP2019003234 A
 KR101610544 B1
 KR1020210002959 A
 KR1020200143870 A
 KR1020180040759 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711120023
과제번호	2020-0-01462-001
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신방송혁신인재양성(R&D)
연구과제명	Grand ICT 연구센터(충북대)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	충북대학교산학협력단
연구기간	2020.07.01 ~ 2020.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

자동차 전용도로 환경에서 강화학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법에서,

V2X 통신(Vehicle to Everything communication)을 통해 주변 차량들의 차량 정보를 수신하는 단계;

수신한 차량 정보를 이용하여 자율주행 차량의 차선 변경 판단에 있어서 가장 큰 영향을 주는 주변 차량인 중요 차량을 선택하는 단계;

상기 중요 차량의 차선 변경 확률을 산출하는 단계;

차량 정보에 상기 차선 변경 확률을 추가하는 단계;

상기 차량 정보에 상기 차선 변경 확률을 추가한 정보에 대하여 전처리 네트워크를 통해 강화학습에 필요한 전처리를 수행하는 단계;

상기 전처리 네트워크에서 전처리된 정보에 자율주행 차량의 정보를 추가하여 강화학습을 수행하고, 차선 변경 판단 결과를 출력하는 단계; 및

상기 강화학습을 통한 판단 결과에 대해 안전 검사를 실시하여 안전하다고 확인된 판단 결과를 출력하는 단계를 포함하고,

상기 전처리 네트워크와 상기 강화학습은 완전 연결 계층(fully connected layer)으로 구성되며,

상기 V2X 통신(Vehicle to Everything communication)을 통해 수신한 차량 정보를 $\vec{x}_{dun,i}$ (단, $i=1, 2, \dots, n-1, n$)이라고 하고,

dr_i = 자차(ego vehicle)와 i 번째 주변 차량 간의 종 방향 상대 거리,

dv_i = 상대 속도,

da_i = 상대 가속도,

dl_i = 상대 차선,

$L_{l,i}, L_{o,i}, L_{r,i}$ = 각각 왼쪽 차도, 현재 차도, 오른쪽 차도가 존재하는 거리라고 할 때,

$$\vec{x}_{dun,i} = [dr_i, dv_i, da_i, dl_i, L_{l,i}, L_{o,i}, L_{r,i}]^T \quad (\text{수학식 1})$$

$$dr_i = \frac{p_{ego} - p_i}{p_{ego}} \in R \quad dv_i = \frac{v_{ego} - v_i}{v_{ego}} \in R \quad da_i = \frac{a_{ego} - a_i}{a_{ego}} \in R \quad dl_i = l_i - l_{ego} \in N \quad (\text{수학식 2})$$

로 나타낼 수 있고, 여기서, R은 실수영역, N은 정수 영역을 의미하고,

상기 중요 차량의 차선 변경 확률을 산출하는 단계에서, LSTM 네트워크를 이용하여 상기 중요 차량의 차선 변경 확률을 산출하되, 시각 t (초기 0), 해당 차량 종 방향 위치, 해당 차량 속도, 해당 차량 가속도, 해당 차량 해당 각, 횡 방향 오차 미분, 양 옆 차선과의 유효거리, 전방 차량과의 상대 거리, 상대 속도, 상대 가속도, 후방 차량과의 상대 거리, 상대 속도, 상대 가속도, 왼쪽 차선 전, 후방 차량과의 상대 거리, 상대 속도, 상대 가속도를 포함하는 특징 정보가 상기 LSTM 네트워크에 입력되는 것을 특징으로 하는 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1의 방법을 컴퓨터로 실행시킬 수 있는 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자율주행 차량의 제어 기술에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 자동차 전용도로 환경에서 강화학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 자율주행 자동차에 대한 개발이 가속화되고 있다. 자율주행 자동차는 운전자가 브레이크, 핸들, 가속 페달 등을 제어하지 않아도 도로의 상황을 파악해 자동으로 주행할 수 있도록 하는 차량이다. 정확하게는 무인 자동차와 다른 개념이지만 혼용돼 사용하고 있다.

[0003] 이러한 자율주행 자동차를 위해서는 다수의 운전 지원 시스템이 지원되어야 한다. 예컨대 운전 지원 시스템에는 고속도로 주행 지원 시스템(HDA, 자동차 간 거리를 자동으로 유지해 주는 기술)을 비롯해 후측방 경고 시스템(BSD, 후진 중 후측방 사각지대 차량을 감지, 경보를 울리는 기술), 자동 긴급 제동 시스템(AEB, 앞차를 인식하지 못할 시 제동 장치를 가동하는 기술), 차선 이탈 경고 시스템(LDWS), 차선 유지 지원 시스템(LKAS, 방향 지시등 없이 차선을 벗어나는 것을 보완하는 기술), 어드밴스드 스마트 크루즈 컨트롤(ASCC, 설정된 속도로 차 간 거리를 유지하며 정속 주행하는 기술), 혼잡 구간 주행 지원 시스템(TJA) 등이 구현돼야 한다.

[0004] 자율주행차량의 안전한 주행에 관한 연구들은 최근 몇 년간 많이 발전해왔다. 안전 자율주행에 관한 가장 중요한 주제 중 하나는 운전자에게 안전성과 편안함을 제공할 수 있는 운전 정책(driving policy)을 찾는 것이다. 이 문제의 어려움은 운전 정책이 다양한 도로 상황과 쉽게 변할 수 있는 차량 파라미터들에 대해 강건성을 가져야 한다는 것이다.

[0005] 기존 자율주행차량 주行的 경우 인지, 계획, 제어의 단계를 거쳐 진행된다. 먼저 센서를 통해 주변 차량, 도로 및 환경에 대한 정보를 인지하고 이를 바탕으로 차량이 주행할 경로를 계획한다. 마지막으로 최종 경로가 결정되면 해당 경로를 따라갈 수 있도록 차량 제어를 수행한다. 이때 자율주행차량의 제어의 경우 일반적으로 제어에서 사용되는 PID, 슬라이딩 모드 제어(sliding mode control), 모델 예측 제어(model predictive control) 등의 기법을 통해 직접적으로 핸들이나 브레이크, 엑셀 등을 제어하게 된다.

[0006] 강화학습을 통해서 자율주행차량을 제어하려는 시도도 과거에 존재했다. 대부분의 경우 강화학습을 이용하여 직접적으로 차량의 핸들, 브레이크, 엑셀레이터(accelerator) 등을 제어하는 방법이었으며, 운전자가 설정한 목표를 따라 최적의 제어 값을 도출하는 방식으로 학습을 진행하였다. 그러나, 종래 기술의 경우 인지, 판단 그리고 제어의 부분에 있어 모든 것을 사람이 직접 결정하여 설정하는 룰-기반(rule-based)이다. 이런 경우 설계자가 고려한 상황에 대해서는 잘 대응하고 제어할 수 있지만, 고려하지 못한 특별한 상황이 생기는 경우 이에 대한 대처가 어렵다. 자율주행차량의 주행은 확률적이며 다양한 상황이 발생할 수 있는 환경이다. 이에 따라 사람이 주행 중에 일어날 수 있는 모든 상황에 대해 대응하는 것은 매우 어려운 일이다.

[0007] 이처럼 자율주행 차량에서 목적지에 빨리 도착하기 위해 주의를 하게 되는데, 차량의 수가 많은 복잡한 도로 환경에서 룰 기반(rule-based)으로 차선 변경의 판단시 구현이 어려우며 성능의 한계가 있다.

[0008] 기존 강화학습 기반 알고리즘들은 차선 변화가 없는 일반적인 상황에서 다수의 선행 차량이 존재 시 목적지에 빨리 도착하도록 판단을 내리지만, 주변 차량들의 차선 예측 변화와 도로 차선 변화가 발생 시 잘 대응하지 못

한다는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 10-2021-0002959

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 자동차 전용도로 환경에서 주변 차량의 행동 변화와 도로 차선 변화 상황에 대응하기 위하여, 강화 학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0011] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 이와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명은 자동차 전용도로 환경에서 강화학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법에 관한 것으로서, V2X 통신(Vehicle to Everything communication)을 통해 주변 차량들의 차량 정보를 수신하는 단계, 수신한 차량 정보를 이용하여 자율주행 차량의 차선 변경 판단에 있어서 가장 큰 영향을 주는 주변 차량인 중요 차량을 선택하는 단계, 상기 중요 차량의 차선 변경 확률을 산출하는 단계, 차량 정보에 상기 차선 변경 확률을 추가하는 단계, 상기 차량 정보에 상기 차선 변경 확률을 추가한 정보에 대하여 전처리 네트워크를 통해 강화학습에 필요한 전처리를 수행하는 단계 및 상기 전처리 네트워크에서 전처리된 정보에 자율주행 차량의 정보를 추가하여 강화학습을 수행하고, 차선 변경 판단 결과를 출력하는 단계를 포함한다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에서 상기 강화학습을 통한 판단 결과에 대해 안전 검사를 실시하여 안전하다고 확인된 판단 결과를 출력하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 전처리 네트워크와 상기 강화학습은 완전 연결 계층(fully connected layer)으로 구성될 수 있다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명에 의하면, 자동차 전용도로 환경에서 강화 학습을 이용하여 자율주행 차량의 차선 변경을 판단함으로써, 주요 차량의 차선 변경 확률을 이용해 다른 차량의 움직임 변화에도 실시간성을 보장함과 동시에 유동적으로 대응 할 수 있는 효과가 있다.
- [0016] 또한, 본 발명에 의하면, 차선 변화에 대한 직접적 특징 정보를 넣어 차선이 변화하는 도로 환경에서도 더 나은 성능을 나타낼 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동차 전용도로 환경에서 강화 학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법을 보여주는 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 중요 차량 선택 과정을 수학적으로 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 중요 차량의 차선 변경 확률 산출 과정을 설명하기 위해 도로를 예시한 것이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 안전 검사 과정을 설명하기 위해 도로를 예시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 본 명세서에서 개시된 실시 예의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 개시에서 제안하고자 하는 실시 예는 이하에서 개시

되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시 예들은 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 실시 예들의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것일 뿐이다.

- [0019] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 개시된 실시 예에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0020] 본 명세서에서 사용되는 용어는 개시된 실시 예들의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 관련 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 명세서의 상세한 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 개시에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 명세서의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0021] 본 명세서에서의 단수의 표현은 문맥상 명백하게 단수인 것으로 특정하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0022] 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 있음을 의미한다. 또한, 명세서에서 사용되는 "부"라는 용어는 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, "부"는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 "부"는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. "부"는 어느레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 "부"는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 "부"들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 "부"들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 "부"들로 더 분리될 수 있다.
- [0023] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0024] 본 발명의 자동차 자율도로 환경에서 강화학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법은 일종의 소프트웨어로 구성되며, 그 수행 주체는 해당 소프트웨어가 실행되는 자율주행 차량 자체라고 할 수 있다. 즉, 본 발명에서 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법은 일종의 소프트웨어인 알고리즘으로 구성되며, 소프트웨어 알고리즘은 자율주행 차량에 구비된 컴퓨팅 장치에서 구현될 수 있다. 즉, 본 발명에서 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법은 일종의 소프트웨어인 프로그램으로 구성되며, 이러한 프로그램은 자율주행 차량에 구비된 시스템, 컴퓨터 또는 프로세서(processor)에서 실행될 수 있다.
- [0025] 본 발명에서 사용되는 용어를 정리하면 다음과 같다.
- [0026] V2X 통신은 Vehicle to Everything communication이라고도 불리며, 미래의 자동차를 위한 기반 기술로서, 차량이 유무선망을 통해 다른 차량 및 도로 등 인프라가 구축된 사물과 정보를 교환하는 것 또는 그 기술을 말한다. 다시 말해서, 자동차가 자율주행하기 위해 도로에 있는 다양한 요소와 소통하는 기술을 말하며, 전방 교통 상황과 차량 간 접근을 알리는 V2V(vehicle to vehicle) 통신, 신호등과 같은 교통 인프라와 소통하는 V2I(vehicle to infrastructure) 통신, 보행자 정보를 지원하는 V2P(vehicle to pedestrian) 통신 등으로 구성된다.
- [0027] 완전 연결 계층(Fully Connected Layer)은 한 층의 모든 뉴런이 그 다음 층의 모든 뉴런과 연결된 상태를 뜻한다.
- [0028] 행동 가치 함수는 어떠한 상태 s에서 행동 a를 수행 했을 때, 총 보상의 기댓값을 나타내는 함수이다.
- [0029] 타임 갭(time gap)은 자차가 정지한 전방 차량에 도달하는데까지 걸리는 시간이다.
- [0030] 중요 차량은 자율 주행 차의 차선 변경 판단에 가장 큰 영향을 주는 주변 차량을 말한다.
- [0031] 순서 불변(permutation invariant)이란 입력의 순서에 관계없이 출력이 동일한 특성을 갖는 것이다. 예를 들어, 순서 불변 함수는 $f(a,b,c) = f(a,c,b) = f(b,a,c) ..$ 로 표시되며, 변수 입력 순서가 달라도 출력이 동일한 함수를 나타낸다.
- [0032] 강화 학습(Reinforcement learning)은 기계 학습의 한 영역으로서, 기계 학습(Machine Learning) 중 컴퓨터가 주어진 상태(state)에 대해 최적의 행동(action)을 선택하는 학습 방법을 말한다.

- [0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자동차 전용도로 환경에서 강화 학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법을 보여주는 흐름도이다.
- [0034] 도 1을 참조하면, 본 발명의 자동차 전용도로 환경에서 강화학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법은, V2X 통신(Vehicle to Everything communication)을 통해 주변 차량들의 차량 정보를 수신한다(S101).
- [0035] 수신한 차량 정보를 이용하여 자율주행 차량의 차선 변경 판단에 있어서 가장 큰 영향을 주는 주변 차량인 중요 차량을 선택한다(S103).
- [0036] 그리고, 중요 차량의 차선 변경 확률을 산출한다(S105).
- [0037] 그리고, 차량 정보에 차선 변경 확률을 추가한다(S107).
- [0038] 그리고, 차량 정보에 차선 변경 확률을 추가한 정보에 대하여 전처리 네트워크를 통해 강화학습에 필요한 전처리를 수행한다(S109).
- [0039] 그리고, 전처리 네트워크에서 전처리된 정보에 자율주행 차량의 정보를 추가하여 강화학습을 수행하고, 차선 변경 판단 결과를 출력한다(S111, S113).
- [0040] 그리고, 강화학습을 통한 판단 결과에 대해 안전 검사를 실시하여 안전하다고 확인된 판단 결과를 출력한다(S115, S117).
- [0041] 본 발명에서 전처리 네트워크와 상기 강화학습은 완전 연결 계층(fully connected layer)으로 구성될 수 있다.
- [0042] 이제 본 발명의 자동차 전용도로 환경에서 강화 학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법에서, 도면과 수식을 이용한 예시를 들어 설명하면 다음과 같다.
- [0043] 본 발명에서 자율주행 차량은 V2X로부터 주변 차량의 정보를 수신하고, 최종적으로 왼쪽 차선, 오른쪽 차선 중 어느 차선으로 변경할지 아니면, 그대로 직진할지 여부를 판단하여 출력한다.
- [0044] 본 발명에서 중요 차량이란 자율 주행 차의 차선 변경 판단에 가장 큰 영향을 주는 주변 차량으로서, 예를 들어, 속도가 느린 전방 차량, 속도가 느린 옆 차량 등이 될 수 있다.
- [0045] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 중요 차량 선택 과정을 수학적으로 설명하기 위한 도면이다.
- [0046] 도 2를 참조하면, 본 발명에서 중요 차량 선택 단계(S103)에서 V2X통신으로부터 차량 정보인 $\vec{x}_{dim,i}$ (단, $i=1, 2, \dots, n-1, n$)을 얻는다.
- [0047] 본 발명에서 중요 차량을 선택하는 아키텍처는 다음과 같다.
- [0048] 도 2에서 ϕ 는 완전 연결 계층(fully connected layer)을 의미하며, ϕ 들은 모든 가중치를 공유한다. n 은 현재 고려중인 영역에서 주변 차량의 대수를 뜻한다.
- [0049] 도로 변화에 대응하기 위해 $L_{l,i}, L_{o,i}, L_{r,i}$ 라는 특징 정보를 추가한다.
- [0050] $(\vec{o}_1, \vec{o}_2, \dots, \vec{o}_{n-1}, \vec{o}_n)$ 중에서 중요 놈(Norm) 크기가 큰 순으로 m 개를 찾는다. 그리고, m 개의 차량을 중요 차량이라고 판단한다. 여기서, 변수 m 의 결정은 자차의 실시간성이 보장되는 최대 크기로 정한다.
- [0051] $\vec{x}_{dim,i}$ (단, $i=1, 2, \dots, n-1, n$) 은 아래 수식식과 같다.
- [0052] [수학식 1]
- [0053]
$$\vec{x}_{dim,i} = [dr_i, dv_i, da_i, dl_i, L_{l,i}, L_{o,i}, L_{r,i}]^T$$
- [0054] dr_i = 자차(ego vehicle)와 i 번째 주변 차량 간의 종 방향 상대 거리,
- [0055] dv_i = 상대 속도,
- [0056] da_i = 상대 가속도,

- [0057] dl_i = 상대 차선,
- [0058] $L_{l,i}, L_{o,i}, L_{r,i}$ = 왼쪽 차도, 현재 차도, 오른쪽 차도가 존재하는 거리이다.
- [0059] 예를 들어, 차도가 계속해서 존재하면 최대 고려 거리인 d_{max} 이고, 유효 하지 않으면 0이고, 곧 새로운 차도가 d 거리 이후 생기면 -d이고, 생기지 않으면 $-d_{max}$ 로 표현한다.
- [0060] 상대 거리 dr_i , 속도 dv_i , 가속도 da_i 는 각각 아래 수식과 같이 정규화된다.
- [0061] [수학식 2]
- [0062]
$$dr_i = \frac{p_{ego} - p_i}{p_{ego}} \in R \quad dv_i = \frac{v_{ego} - v_i}{v_{ego}} \in R \quad da_i = \frac{a_{ego} - a_i}{a_{ego}} \in R \quad dl_i = l_i - l_{ego} \in N$$
- [0063] 여기서, R은 실수영역, N은 정수 영역을 가리킨다.
- [0064] 도 3을 참조하여 중요 차량의 차선 변경 확률 산출 과정을 설명하면 다음과 같다.
- [0065] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 중요 차량의 차선 변경 확률 산출 과정을 설명하기 위해 도로를 예시한 것이다.
- [0066] 도 3의 예시에서 선택된 m개의 중요 차량들은 주변에 위치한 6개의 주변차량에 따라 차선 변경한다고 가정한다.
- [0067] 선택된 m개의 중요 차량에 대해 V2X 통신에서 추가 정보를 수신한다. 그리고, LSTM 네트워크에서 아래의 정보를 입력하면 90% 이상의 확률로 실시간성을 보장하며 차선 변경확률을 산출할 수 있다.
- [0068] <LSTM 네트워크에 들어가는 특징 정보>
- [0069] 1. 시각 t (초기 0)
- [0070] 2. 해당 차량 중 방향 위치
- [0071] 3. 해당 차량 속도
- [0072] 4. 해당 차량 가속도
- [0073] 5. 해당 차량 헤딩 각
- [0074] 6. 횡 방향 오차 미분
- [0075] 7. 양 옆 차선과의 유효거리
- [0076] 8. 전방 차량과의 상대 거리, 속도, 가속도
- [0077] 9. 후방 차량과의 상대 거리, 속도, 가속도
- [0078] 10. 왼쪽 차선 전, 후방 차량과의 상대 거리, 속도, 가속도
- [0079] 11. 오른쪽 차선 전, 후방 차량과의 상대 거리, 속도, 가속도
- [0081] i 번째 차량이 중요차량인 경우, 왼쪽 차선으로 변경할 확률, 오른쪽 차선으로 변경할 확률, 직진할 확률을 구한다. 그리고, 구한 확률을 특징 벡터 $\vec{o}_i$ 에 추가한다.
- [0082] i 번째 차량이 중요차량이 아닌 경우, 직진한다고 가정하고, $\vec{o}_i$ 의 끝에 추가한다.
- [0083] 이후 벡터 $(\vec{o}_1, \vec{o}_2, \dots, \vec{o}_{n-1}, \vec{o}_n)$ 끼리 더해 순서 불변(permutation invariant)하도록 만든다.
- [0084] 본 발명에서 전처리 네트워크 및 자차의 정보 추가 단계(S109, S111)에서, 전처리 네트워크 ρ 는 완전 연결 계층(fully connected layer)에 해당한다.

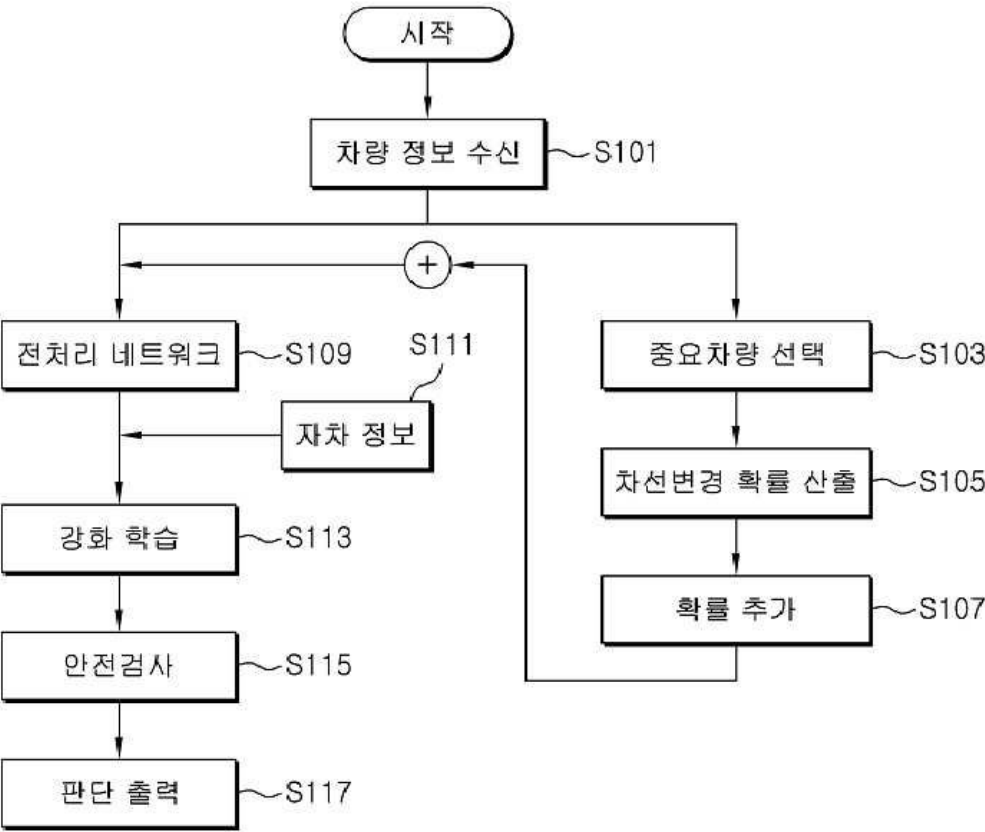
- [0085] $\vec{x}_{static}$ 는 자율주행 차량의 정보이다. 자율주행 차량의 정보 $\vec{x}_{static}$ 은 자차의 길이, 절대 속도, 가속도와 도로 정보 L_l, L_o, L_r 를 포함한다.
- [0086] 그리고, $\vec{x}_{static}$ 를 다시 한 번 β 가 뽑아낸 특징 벡터에 추가한다.
- [0087] 본 발명에서 강화 학습 단계(S113)에서 강화 학습을 구성하는 Q 네트워크는 완전 연결 계층(fully connected layer)이다.
- [0088] 그리고, 강화 학습을 통한 판단의 종류는 다음 $\vec{a}$ 와 같이 3가지가 존재한다.
- [0089]
$$\vec{a} = \begin{bmatrix} \text{왼쪽 차선 변경} \\ \text{차선 유지} \\ \text{오른쪽 차선 변경} \end{bmatrix}$$
- [0090] Q 네트워크에서 최종 출력하는 값은 각 3가지 행동에 대한 상태 가치 함수 값이다.
- [0091] 그리고, 상태 가치 함수 값이 큰 판단을 우선 순위로 하여 안전 검사를 실시한다.
- [0092] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 안전 검사 과정을 설명하기 위해 도로를 예시한 것이다.
- [0093] 도 4에서 S는 안전거리에 해당한다. 본 발명에서 안전성 판단 여부는 다음과 같이 간단한 룰 기반(rule-based)으로 판단한다. 여기서, 안전거리는 국토교통부의 안전거리를 따른다.
- [0094] [수학식 3]
- [0095]
$$S = \max(\min(V_{ALKS} \times t_{front1}, V_{ALKS} \times t_{front2}), 2)$$
- [0096] 여기서, S는 전방최소안전거리(m)이다, 단, 자동차의 실제속도 4.0m/s 이하에서는 위 공식으로 산출된 전방최소안전거리는 2미터 이상이다.
- [0097] V_{ALKS} 는 자동차로유지기능을 장착한 자동차의 실제속도(m/s)이고, t_{front1} 은 대상 자동차와 전방 자동차간 타임갭(0.2+2.9× V_{ALKS} /36.1)(초)이고, t_{front2} 는 대상 자동차와 전방 자동차간 타임갭(2)(초)이다.
- [0098] 만약 최종적으로 수행할 판단이 정해져 있을 때, 지역 경로와 설계된 컨트롤러를 통해 미래의 위치를 추정할 수 있다.
- [0099] 안전 검사 과정에서 자율주행 차량이 취한 행동이 미래에 S 영역에 들어오지 않는다면 안전하다고 판단한다.
- [0100] 안전 검사 과정에서 불안전하다고 판단 시, 강화 학습 단계(S113)에서 그 다음 순위로 큰 상태 가치 함수 값이 큰 판단에 대해 안전검사를 실시한다.
- [0101] 안전 검사 과정에서 차선 유지를 하는 판단은 항상 안전하다고 가정한다.
- [0102] 본 발명에 의하면, 자율주행 차량 운행에 있어서, 다른 자율 차량들에 비해 일반 고속도로에 다수의 차량이 있는 환경에서 더 빨리 목적지에 도착할 수 있고, 병목 현상이 발생하는 환경에서도 더 빨리 벗어날 수 있도록 적용이 가능하다.
- [0103] V2X로 다른 차량 위치, 속도, 가속도 및 도로의 상황 정보를 받을 수 있다. 강화 학습에 V2X에서 제공하는 정보를 주어 차선 변경에 대한 판단을 수행한다면, 룰 기반(rule-based) 방법 보다 더 빨리 목적지에 도착하는 판단을 내릴 수 있다.
- [0104] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 자동차 전용도로 환경에서 강화학습을 이용한 자율주행 차량의 차선 변경 판단 방법은 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현되는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다.
- [0105] 예컨대, 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체로는 롬(ROM), 램(RAM), 시디-롬(CD-ROM), 자기 테이프, 하드디스크, 플로피디스크, 이동식 저장장치, 비휘발성 메모리(Flash Memory), 광 데이터 저장장치 등이 포함된다.

[0106] 또한, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 통신망으로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 읽을 수 있는 코드로서 저장되고 실행될 수 있다.

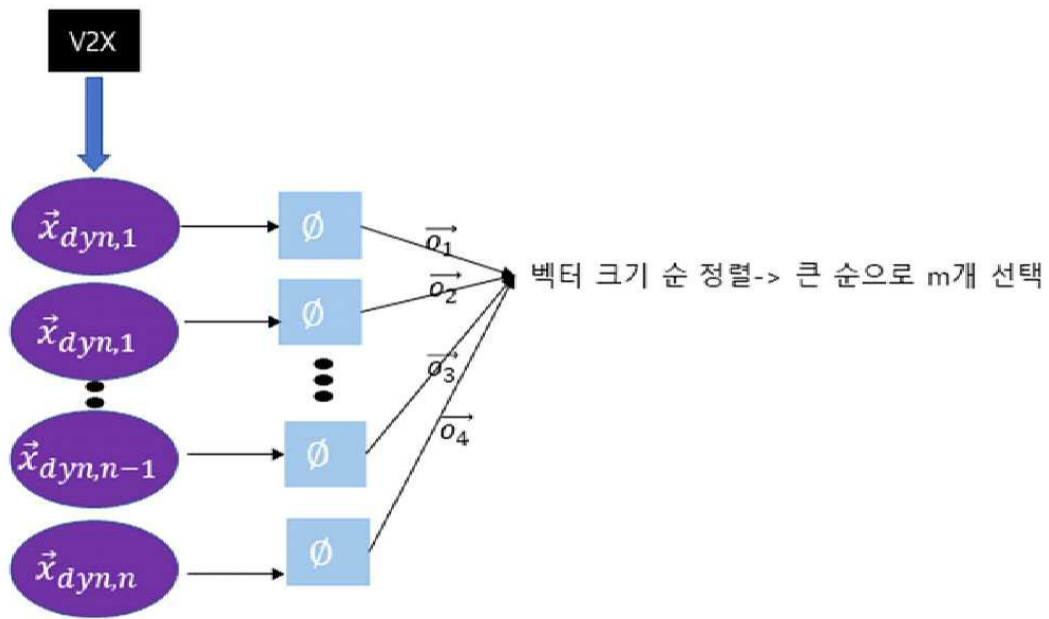
[0107] 이상 본 발명을 몇 가지 바람직한 실시 예를 사용하여 설명하였으나, 이들 실시 예는 예시적인 것이며 한정적인 것이 아니다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 지닌 자라면 본 발명의 사상과 첨부된 특허청구범위에 제시된 권리범위에서 벗어나지 않으면서 다양한 변화와 수정을 가할 수 있음을 이해할 것이다.

도면

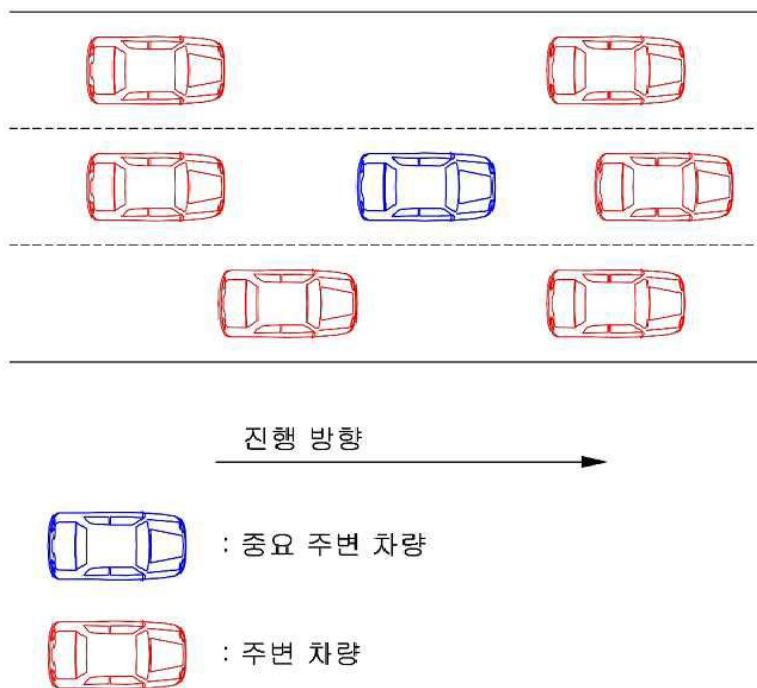
도면1



도면2



도면3



도면4

