



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0115069

(43) 공개일자 2015년10월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G05D 1/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0039341

(22) 출원일자 2014년04월02일

심사청구일자 2014년04월02일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

양지훈

서울 마포구 성암로11길 60, 104동 303호 (중동, 마포중동청구아파트)

김문중

서울 양천구 남부순환로62길 24, 307호 (신월동, 세원연립)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이지연

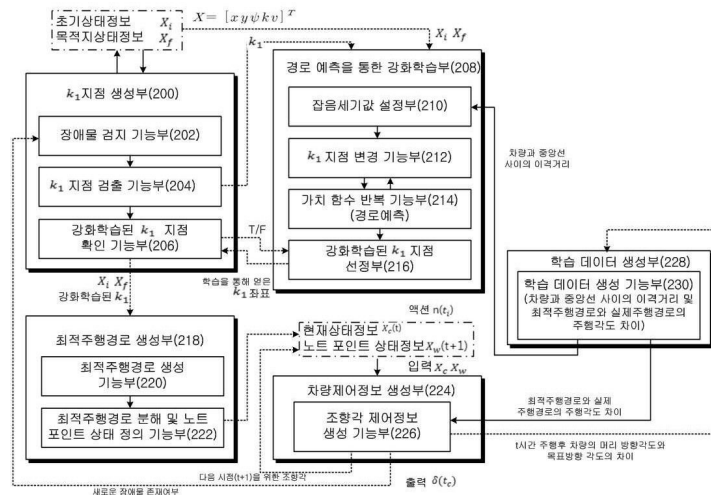
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 무인자율주행 차량의 주행경로 생성방법 및 장치

(57) 요약

본 발명에 따르는 무인자율주행 차량의 경로 생성방법은, 전체 주행경로에 대응되는 노드들에 대한 정보인 전역 경로정보를 생성하는 단계; 상기 노드들 중 어느 하나인 현재노드와 다음 하나인 목적지노드 사이의 중간지점을 구하고, 상기 중간지점을 잡음세기값에 따라 가변하면서 주행경로들을 생성하고, 그 주행경로들 중 중앙선과의 이격거리가 가장 짧은 주행경로를 검출하고, 그 중앙선과의 이격거리가 가장 짧은 주행경로를 생성할 때에 사용된 가변된 중간지점과 상기 현재노드와 목적지노드의 위치정보를 토대로 지역경로정보인 최적주행경로를 생성하는 단계;를 구비하며, 미리 정해진 시간단계마다 차량의 실제주행정보와 도로정보를 토대로 차량과 중앙선 사이의 이격거리를 검출하고, 상기 이격거리에 따라 상기 잡음세기값을 가변함을 특징으로 한다.

대표도



(72) 발명자

박운상

서울특별시 송파구 송파대로 567, 508동 304호

박수용

서울 마포구 독막로18길 5, 101동 1001호 (상수동,
상수두산위브아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

무인자율주행 차량의 경로 생성방법에 있어서,
전체 주행경로에 대응되는 노드들에 대한 정보인 전역경로정보를 생성하는 단계;
상기 노드들 중 어느 하나인 현재노드와 다음 하나인 목적지노드 사이의 중간지점을 구하고,
상기 중간지점을 잡음세기값에 따라 가변하면서 주행경로들을 생성하고, 그 주행경로들 중 중앙선과의 이격거리가 가장 짧은 주행경로를 검출하고,
그 중앙선과의 이격거리가 가장 짧은 주행경로를 생성할 때에 사용된 가변된 중간지점과 상기 현재노드와 목적지노드의 위치정보를 토대로 지역경로정보인 최적주행경로를 생성하는 단계;를 구비하며,
미리 정해진 시간단계마다 차량의 실제주행정보와 도로정보를 토대로 차량과 중앙선 사이의 이격거리를 검출하고,
상기 이격거리에 따라 상기 잡음세기값을 가변함을 특징으로 하는 무인주행차량의 경로 생성방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 최적주행경로를 다수로 분해하고, 그 분해지점들인 노트 포인트들에서의 주행상태를 정의하는 단계;
상기 주행상태에 대응되게 차량의 조향각을 제어하는 조향각 제어정보를 생성하는 단계;
를 더 구비함을 특징으로 하는 무인주행차량의 경로 생성방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 차량의 조향각 제어정보는,
미리 정해진 시간단계마다 최적주행경로에 따른 주행각도와 차량의 실제주행정보에 따른 주행각도의 차이가 작아지도록 상기 차량의 조향각을 학습함을 특징으로 하는 무인주행차량의 경로 생성방법.

청구항 4

무인자율주행 차량의 경로 생성장치에 있어서,
전체 주행경로에 대응되는 노드들에 대한 정보인 전역경로정보를 생성하는 전역경로정보 생성부;
상기 노드들 중 어느 하나인 현재노드와 다음 하나인 목적지노드 사이의 중간지점을 구하고,
상기 중간지점을 잡음세기값에 따라 가변하면서 주행경로들을 생성하고, 그 주행경로들 중 중앙선과의 이격거리가 가장 짧은 주행경로를 검출하고,
그 중앙선과의 이격거리가 가장 짧은 주행경로를 생성할 때에 사용된 가변된 중간지점과 상기 현재노드와 목적지노드의 위치정보를 토대로 지역경로정보인 최적주행경로를 생성하며,
미리 정해진 시간단계마다 차량과 중앙선 사이의 이격거리를 제공받아 상기 잡음세기값을 가변하는 지역경로정보 생성부; 및

미리 정해진 시간단계마다 차량의 실제주행정보와 도로정보를 토대로 차량과 중앙선 사이의 이격거리를 검출하여 상기 지역경로정보 생성부로 제공하는 학습 데이터 생성부;를 구비함을 특징으로 하는 무인주행차량의 경로 생성장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 최적주행경로를 다수로 분해하고, 그 분해지점들인 노트 포인트들에서의 주행상태를 정의하고,

상기 주행상태에 대응되게 차량의 조향각을 제어하는 조향각 제어정보를 생성하는 최적주행경로 생성부;를 더 구비함을 특징으로 하는 무인주행차량의 경로생성장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 학습 데이터 생성부는 미리 정해진 시간단계마다 최적주행경로에 따른 주행각도와 차량의 실제주행정보에 따른 주행각도의 차이를 검출하여 상기 최적주행경로 생성부로 제공하며,

상기 최적주행경로 생성부는, 상기 최적주행경로에 따른 주행각도와 차량의 실제주행정보에 따른 주행각도의 차이를 제공받아 그 차이가 작아지도록 상기 차량의 조향각을 학습함을 특징으로 하는 무인주행차량의 경로 생성장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 무인자율주행 차량의 제어기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 차량의 지역경로 생성시에 시작노드와 종료노드 사이의 중간지점을 생성하여 주행경로를 생성하고, 그 주행경로를 실제로 주행하였을 때의 차량과 중앙선 사이의 이격거리를 토대로 상기 중간지점의 학습범위를 가변하여, 상기 주행경로가 중앙선에 근접되도록 상기 중간지점을 학습시키는 무인자율주행 차량의 주행경로 생성방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

최근 무인자율주행 차량에 대한 사람들의 관심이 늘어나고 있다. 특히 2007년 방위고등연구계획국(DARPA)에서 주최한 무인자율주행 대회와 2010년 구글에서 무인자율주행 차량을 발표한 이후에 관심이 더 증가되고 있다. 상기 무인자율주행 차량은 인간의 수고를 덜어주는 동시에 위험으로부터 안전하게 보호해주는 기능을 하므로, 무인자율주행 차량에 대한 연구는 사회적 건강이나 경제적 측면으로 볼 때에도 매우 가치있는 분야라 할 수 있다. 특히 자동차 수요증가에 따른 교통혼잡을 해소함과 아울러 사람이나 다른 차량 등의 장애물을 안전하게 회피하기 위해, 무인자율주행 차량의 경로를 빠르고 효율적으로 생성하는 기술에 대한 관심이 높아지고 있다.

[0003]

종래에는 무인자율주행 차량의 경로 생성시에 카메라를 통해 들어오는 이미지 정보를 이용하였으나, 이는 차량의 위치나 주행해야할 경로를 정밀하게 측정하기가 어려웠다.

[0004]

그러나 근래에는 DGPS(Differential Global Positioning System)나 칼만 필터 알고리즘 등을 통해 차량의 위치를 정확하게 측정하여 경로를 생성하는 기술들이 개발되고 있다.

[0005]

상기 무인자율주행 차량의 주행경로는 크게 전역경로와 지역경로 두 가지로 나눌 수 있다. 상기 전역경로는 차량이 출발지로부터 목적지까지 도착하기 위해서 지나가야 할 지점들이고, 상기 지역경로는 상기 전역경로로부터 얻어진 지점들 사이를 주행하기 위한 경로이다.

[0006]

상기 전역경로와 상기 지역경로를 생성하기 위한 이론들로는 다익스트라 알고리즘(Dijkstra's Algorithm), 해버사인 공식(Haversine Formula), 비 스플라인 곡선(B Spline Curve), 강화 학습(Reinforcement Learning), 인공신경망(Artificial Neural Network) 등이 있으며, 이러한 기법들은 이미 공지된 기술이므로 그 상세한 설명은

생략한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007]

(특허문헌 0001) 한국특허공개 제2013-0091907호

(특허문헌 0002) 한국 특허공개 제2013-0065126호

(특허문헌 0003) 미국 특허공개 제2010-0076640호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008]

본 발명은 차량의 지역경로 생성시에 시작노드와 종료노드 사이의 중간지점을 생성하여 주행경로를 생성하고, 그 주행경로를 실제로 주행하였을 때의 차량과 중앙선 사이의 이격거리를 토대로 상기 중간지점의 학습범위를 가변하여, 상기 주행경로가 중앙선에 근접되도록 상기 중간지점을 학습시켜, 주행경로를 최적화시킬 수 있는 무인자율주행 차량의 주행경로 생성방법 및 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0009]

또한 본 발명의 다른 목적은 주행경로에 따른 차량제어정보에 포함된 조향각 제어정보를 미리 정해진 시간단계마다 주행경로에 따른 주행각도와 차량의 실제주행정보에 따른 주행각도가 작아지도록 상기 차량의 조향각을 학습시켜 실제 주행과 주행경로가 부합되게 하는 강화학습을 이용한 무인자율주행 차량의 경로 생성방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010]

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따르는 무인자율주행 차량의 경로 생성방법은, 전체 주행경로에 대응되는 노드들에 대한 정보인 전역경로정보를 생성하는 단계; 상기 노드들 중 어느 하나인 현재노드와 다음 하나인 목적지노드 사이의 중간지점을 구하고, 상기 중간지점을 잡음세기값에 따라 가변하면서 주행경로들을 생성하고, 그 주행경로들 중 중앙선과의 이격거리가 가장 짧은 주행경로를 검출하고, 그 중앙선과의 이격거리가 가장 짧은 주행경로를 생성할 때에 사용된 가변된 중간지점과 상기 현재노드와 목적지노드의 위치정보를 토대로 지역경로 정보인 최적주행경로를 생성하는 단계;를 구비하며, 미리 정해진 시간단계마다 차량의 실제주행정보와 도로정보를 토대로 차량과 중앙선 사이의 이격거리를 검출하고, 상기 이격거리에 따라 상기 잡음세기값을 가변함을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0011]

상기한 본 발명은 차량의 지역경로 생성시에 시작노드와 종료노드 사이의 중간지점을 생성하여 주행경로를 생성하고, 그 주행경로를 실제로 주행하였을 때의 차량과 중앙선 사이의 이격거리를 토대로 상기 중간지점의 학습범위를 가변하여, 상기 주행경로가 중앙선에 근접되도록 상기 중간지점을 학습시켜, 주행경로를 최적화시킬 수 있는 효과를 야기한다.

[0012]

또한 본 발명은 주행경로에 따른 차량제어정보에 포함된 조향각 제어정보를 미리 정해진 시간단계마다 주행경로에 따른 주행각도와 차량의 실제주행정보에 따른 주행각도가 작아지도록 상기 차량의 조향각을 학습시켜 실제 주행과 주행경로가 부합되게 할 수 있는 효과를 야기한다.

도면의 간단한 설명

- [0013] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 무인자율주행 차량의 경로 생성장치의 개략적인 구성도.
도 2는 도 1의 지역경로 생성부(104)의 상세 구성도.
도 3은 도 2의 k_1 검출을 위한 절차도.
- 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**
- [0014] 본 발명은 차량의 지역경로 생성시에 시작노드와 종료노드 사이의 중간지점을 생성하여 주행경로를 생성하고, 그 주행경로를 실제로 주행하였을 때의 차량과 중앙선 사이의 이격거리를 토대로 상기 중간지점의 학습범위를 가변하여, 상기 주행경로가 중앙선에 근접되도록 상기 중간지점을 학습시켜, 주행경로를 최적화시킬 수 있다.
- [0015] 또한 본 발명은 주행경로에 따른 차량제어정보에 포함된 조향각 제어정보를 미리 정해둔 시간단계마다 주행경로에 따른 주행각도와 차량의 실제주행정보에 따른 주행각도가 작아지도록 상기 차량의 조향각을 학습시켜 실제 주행과 주행경로가 부합되게 할 수 있다.
- [0016] <무인자율주행 차량의 주행경로 생성장치의 구성>
- [0017] 상기한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 무인자율주행 차량의 주행경로 생성장치의 구성을 도 1을 참조하여 설명한다.
- [0018] 상기 무인자율주행 차량의 주행경로 생성장치는 제어모듈(100)과 GPS 모듈(108)과 메모리부(110)와 바퀴각도 센서모듈(112)과 차량머리의 방위각 센서모듈(114)과 속도 센서모듈(116)을 구비한다.
- [0019] 상기 제어모듈(100)은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 무인자율주행 차량의 주행경로 생성을 수행하며, 이를 위해 전역경로 생성부(102)와 지역경로 생성부(104)와 목표지점 도달 검출부(106)를 포함한다.
- [0020] 상기 전역경로 생성부(102)는 다익스트라 알고리즘을 사용하여 전역경로정보를 생성하여 지역경로 생성부(104)로 제공한다. 상기 전역경로정보는 차량이 출발지로부터 목적지까지 도착하기 위해 지나가야 할 목표지점들인 노드들에 대한 위치정보이다.
- [0021] 상기 목표지점 도달 검출부(106)는 LBO(Lateral Boundary Offset) 방법을 토대로 차량이 어느 한 노드에 도달하였는지 여부를 검출하여 지역경로 생성부(104)로 제공한다. 상기 LBO(Lateral Boundary Offset) 방법은 도달하려는 노드의 좌표를 기준으로 일정범위를 정하고, 그 범위내에 도달하면 차량이 목표지점에 도달한 것으로 판단하는 것이다.
- [0022] 상기 지역경로 생성부(104)는 주행초기시 및 목표지점 도달 검출시마다 현재 노드에서 다음 노드까지의 주행경로를 생성하고, 그 주행경로를 주행하기 위한 차량 제어정보를 생성하여 차량제어장치로 제공한다. 상기 차량 제어정보는 조향각 제어정보 등을 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 GPS 모듈(108)은 차량의 현재위치정보를 생성하여 상기 제어모듈(100)에 제공한다. 상기 차량의 현재위치정보는 제어모듈(100)에 의해 누적되어 차량의 실제주행경로를 파악할 수 있게 한다.
- [0024] 상기 메모리부(112)는 상기 제어모듈(100)의 처리 프로그램을 포함하는 다양한 정보를 저장한다. 특히 상기 메모리부(112)는 차량이 주행하는 도로에 대한 도로정보를 구비하며, 이를 통해 도로의 중앙선과 차량이 어느 정도 이격되었는지를 파악할 수 있게 한다.
- [0025] 상기 바퀴각도 센서모듈(110)은 바퀴의 각도를 센싱하고, 이에 대한 바퀴각도 센싱정보를 상기 제어모듈(100)로 제공한다.
- [0026] 상기 차량머리의 방위각 센서모듈(114)은 자이로 센서로서 차량머리의 방위각을 센싱하고, 이에 대한 방위각 센싱정보를 상기 제어모듈(100)로 제공한다. 상기 방위각 센싱정보는 제어모듈(100)에 의한 조향각 산출시에 이용된다.
- [0027] 상기 속도 센서모듈(116)은 상기 차량의 속도를 센싱하고, 이에 대한 속도정보를 상기 제어모듈(100)로 제공한다. 상기 속도 센싱정보는 제어모듈(100)에 의한 주행경로 분해시에 이용된다.

- [0028] <지역경로 생성부(104)의 상세 구성>
- [0029] 상기한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 지역경로 생성부(104)의 구성을 도 2를 참조하여 좀더 설명한다.
- [0030] 상기 지역경로 생성부(104)는 k_1 지점 생성부(200)와 경로예측을 통한 강화학습부(208)와 최적주행경로 생성부(218)와 차량제어정보 생성부(224)와 학습 데이터 생성부(228)로 구성된다.
- [0031] 상기 k_1 지점 생성부(200)는 차량의 초기상태정보 x_i 와 목적지상태정보 x_f 를 입력받는다. 여기서, 상기 초기 상태정보 x_i 는 전역경로정보에 포함된 노드들 중 어느 두 노드 중 하나에 도달한 차량의 현재상태에 대한 정보이고, 상기 목적지상태정보 x_f 는 상기 두 노드 중 다른 하나에서의 차량의 상태에 대한 정보이다.
- [0032] 상기 k_1 지점 생성부(200)는 상기 차량의 초기상태정보 x_i 와 목적지상태정보 x_f 를 입력받으면, 초기상태정보 x_i 에 포함된 위치정보와 목적지상태정보 x_f 에 포함된 위치정보의 중간지점인 k_1 지점을 검출한다. 여기서, 상기 k_1 지점은 장애물을 회피하거나 커브구간 등을 매끄럽게 주행하는 경로를 생성하기 위해 선정되는 중간지점이다. 상기 k_1 지점 생성부(200)는 k_1 지점을 검출하기 위해 시작점과 도착점의 중간점을 찾고, 그 중간점으로부터 도로의 곡률반경의 비율과 장애물의 길이 등을 고려하여 적절한 k_1 지점을 찾는다. 여기서, 도로의 곡률반경 및 장애물에 대한 정보는 미리 저장될 수 있다.
- [0033] 이후 상기 k_1 지점 생성부(200)는 상기 k_1 지점에 대한 정보를 경로 예측을 통한 강화학습부(202)로 제공하고, 상기 경로 예측을 통한 강화학습부(202)로부터 강화학습된 k_1 지점에 대한 정보가 제공되면, 그 강화학습된 k_1 지점과 초기상태정보 x_i 에 포함된 위치정보와 목적지상태정보 x_f 에 포함된 위치정보를 이용하여 주행경로를 생성하고, 그 주행경로와 장애물의 위치가 겹치는지를 확인하고, 상기 주행경로와 장애물의 위치가 겹치지 않으면 상기 강화학습된 k_1 지점에 대한 정보 및 상기 초기상태정보 x_i 와 목적지상태정보 x_f 를 최적주행경로 생성부(218)에 제공한다.
- [0034] 상기 경로 예측을 통한 강화학습부(208)는 상기 k_1 지점 생성부(200)가 생성한 k_1 지점이 최적의 지점이 아닐 수 있다는 전제하에, 상기 k_1 지점을 잡음세기값에 따라 변경하면서 가치함수를 반복실행하여 보상값이 제일 높게 나오는 변경된 k_1 지점을 찾고, 그 때의 k_1 지점에 대한 정보를 강화학습된 k_1 지점에 대한 정보로서 상기 k_1 지점 생성부(200)로 제공한다. 상기 경로 예측을 통한 강화학습부(208)는 학습 데이터 생성부(228)가 노트 포인트들 각각에 대응되는 타임 스텝마다 제공하는 차량과 중앙선 사이의 이격거리를 토대로 상기 잡음세기값을 가변한다.
- [0035] 상기 최적주행경로 생성부(218)는 상기 k_1 지점 생성부(200)로부터 상기 강화학습된 k_1 지점에 대한 정보 및 상기 초기상태정보 x_i 와 목적지상태정보 x_f 를 제공받아 최적주행경로를 생성하고, 그 최적주행경로를 다수로 분해하고, 각 분해점인 노트 포인트(knot point)에 대응되는 타임 스텝에서의 주행상태를 정의하고, 그 주행상태에 대한 정보를 차량제어정보 생성부(224)에 제공한다. 특히 상기 최적주행경로 생성부(218)는 차량의 현재시각에 대응되는 현재상태정보 $x_c(t)$ 와 다음 노트 포인트의 타임 스텝의 상태정보 $x_w(t+1)$ 를 차량제어정보 생성부(224)로 제공한다.
- [0036] 상기 차량제어정보 생성부(224)는 현재상태정보 $x_c(t)$ 와 다음 노트 포인트 상태정보 $x_w(t+1)$ 를 입력받아, 차

량이 최적주행경로를 따라갈 수 있도록 상기 노트 포인트들 각각에 대응되는 타임스텝마다 차량의 조향각 제어 정보 $\delta(t_c)$ 를 생성하고, 이를 출력한다. 특히 상기 차량제어정보 생성부(224)는 노트 포인트들 각각에 대응되는 타임 스텝마다 학습 데이터 생성부(228)로부터 최적주행경로의 주행각도와 실제주행경로의 주행각도의 차이값을 제공받아, 그 차이값이 작아지도록 인공지능망 학습을 수행한다.

[0037] 상기 학습 데이터 생성부(228)는 노트 포인트들 각각에 대응되는 타임 스텝마다 중앙선과 차량 사이의 이격거리를 검출하여 상기 경로 예측을 통한 강화학습부(208)로 제공하고, 최적주행경로와 실제주행경로의 주행각도의 차이를 검출하여 상기 차량제어정보 생성부(224)에 제공한다.

[0038] 상기한 바와 같은 지역경로 생성부(104)의 주행 및 학습은 전역경로에서 생성한 모든 주행경로에 대해 이루어지며, 이러한 과정을 여러번 반복할 때에 최적의 주행경로가 획득될 수 있다.

[0039] 이제 상기한 지역경로 생성부(104)의 각부에 대해 좀더 상세히 설명한다.

[0040] $\langle k_1$ 지점 생성부(200)>

[0041] 이러한 k_1 지점 생성부(200)의 동작 설명에 앞서 본 발명에서 사용되는 상태정보를 정의한다.

[0042] 무인자율주행 차량의 주행경로를 생성하기 위한 문제 중 하나는 차량이 스스로 자신의 위치를 파악하고 정보를 얻어내어 경로를 생성해야 한다는 것이다. 더욱이 인간이 보는 3인칭 시점이 아니기 때문에 GPS를 통한 위치 추정과 이차원 평면으로 투영시킨 지도상에서 경로를 생성해야 한다. 이에따라 본 발명은 차량의 기본적인 상태를 다음과 같이 정의한다.

수학식 1

[0043]
$$X = [x \ y \ \psi \ k \ v]^T$$

[0044] 상기 수학식 1은 차량의 상태를 나타내는 요소들로, 상기 x, y 는 각각 GPS를 기반으로 한 위도값과 경도값이고, 상기 ψ 는 북쪽을 기준으로 시계방향으로 계산한 차량머리의 방위각(단위:도)이고, 상기 k 는 현재 차량의 바퀴각도이다. 그리고 상기 v 는 차량의 속도를 나타낸다.

[0045] 본 발명에 따라 주행경로를 생성하기 위해서는 초기 차량의 상태에 대한 초기상태정보와 목적지에 도달한 차량의 상태에 대한 목적지상태정보가 요구되며, 이에 초기상태정보는 x_i 로, 목적지상태정보는 x_f 로 표현한다. 이는 지역경로를 생성하기 위한 값으로 사용된다.

[0046] 상기 k_1 지점 생성부(200)는 크게 장애물 검지 기능부(202)와 k_1 지점 검출기능부(204)와 강화학습된 k_1 지점 확인 기능부(206)로 구성된다.

[0047] 상기 장애물 검지 기능부(202)는 랜덤 장애물 생성을 이행한다. 여기서, 본 발명은 비전 정보가 없는 상황에서 주행하는 경로에 장애물이 있을 시에 이를 회피하는 지역경로를 생성하는 것을 목표로, 이동하려는 노드 사이에 장애물이 있다면 차량과의 거리와는 상관없이 검지(detection)된다고 가정하고 있다. 또한 랜덤 장애물 생성은 장애물의 넓이를 고정시켜 놓은 상태에서 차량이 주행해야하는 경로의 중간 지점에서 좌 또는 우로 랜덤하게 쉬프트(shift)시켜놓은 곳에 장애물 정보를 만들어 놓는 것으로, 이렇게 장애물 정보를 생성해 놓으면 차량이 주

행경로를 생성할 때 장애물이 경로로부터 떨어진 길이만큼 고려하여 경로를 생성한다.

[0048] 그리고 상기 k_1 지점 검출 기능부(204)는 상기 초기상태정보 x_i 와 목적지상태정보 x_f 를 토대로 초기위치와 목적지 사이의 중간 지점인 k_1 지점을 검출하며, 이는 도 3에 도시한 절차에 따라 이루어진다.

[0049] 상기 도 3을 참조하면, 상기 k_1 지점 검출 기능부(204)는 초기상태정보 x_i 의 위치정보에 따른 시작점과 목적지상태정보 x_f 의 위치정보에 따른 도착점의 중앙점 X_m 을 검출한다(300단계). 여기서 중앙점 X_m 을 찾는 이유는 중앙점 X_m 을 기준으로 한 경로가 가장 완만한 곡선을 가지기 때문이다.

[0050] 이후 상기 k_1 지점 검출 기능부(204)는 차량의 주행방향을 검출한다(302단계). 이와 같이 차량의 주행방향을 검출하는 것은 장애물을 회피할 수 있는 경로가 왼쪽과 오른쪽 두 방향이 있다면, 주행하던 차선의 진행방향에 맞추어 주행하도록 경로를 설정할 때에 사용할 수 있게 하기 위함이다.

[0051] 이후 상기 k_1 지점 검출 기능부(204)는 시작점과 도착점 사이의 거리 d_m 및 각도 θ_m 를 검출한다(304, 306단계).

[0052] 그리고 상기 k_1 지점 검출 기능부(204)는 메모리부(110)에 저장된 도로정보를 토대로 실제 도로에서 커브가 시작되는 구간에서 끝나는 구간까지의 직선 거리와 그 직선거리의 중점과 직교하는 커브 구간의 거리의 비율인 곡률반경의 비율 ϵ 를 구한다(308단계). 상기 커브구간의 각도는 최대 90도까지 고려하여 직선주행부터 90도까지의 각도를 각도의 차이만큼 계산된 곡률반경의 비율 ϵ 에 곱하여 계산한다.

[0053] 여기서, 상기 곡률반경의 비율 ϵ 에 대해 좀 더 설명한다. 상기 곡률반경의 비율 ϵ 는 이동해야 하는 두 노드가 있고, 두 노드 사이의 실제 주행경로가 곡선의 모양을 가지고 있을 때 이를 Rad라 하고 이를 이용해 구한다. 즉, 곡률반경의 비율을 구하기 위해서는, 먼저 두 노드 사이를 직선으로 연결한 선분의 길이 x 와, 선분 x 의 중점인 지점에서 직교한 선분이 Rad에 도달하는 거리 y 를 가지고 y/x 를 계산하여 0 ~ 1사이의 값을 갖는 곡률반경의 비율을 산출한다. 이는 처음 k_1 지점을 선정하기 위해 이동해야 하는 두 노드 사이의 곡선 경로가 어느 정도 굽었는지를 산출하기 위함이다.

[0054] 상기 k_1 지점 검출 기능부(204)는 상기 시작점과 도착점 사이의 거리 d_m 및 각도 θ_m 과 곡률반경의 비율 ϵ 를 토대로 k_1 지점을 검출하며, 이는 수학적 식 2에 따른다(310단계).

[0055]

수학적 식 2

$$\begin{aligned} dist &= d_m / \epsilon \\ bearingShift &= dist / 90 (\text{단, } 90\text{도가 넘는 커브 구간은 고려하지 않음}) \\ k_1 \text{ point 거리} &= dist - (bearingShift * (90 - \theta_m)) \end{aligned}$$

[0056]

[0057] 상기 k_1 지점 검출 기능부(204)는 상기 k_1 지점에 대한 정보를 경로 예측을 통한 강화학습부(208)로 제공한다.

[0058] 상기 경로 예측을 통한 강화학습부(208)는 강화학습된 k_1 지점에 대한 정보를 상기 강화학습된 k_1 지점 확인

기능부(206)로 반환한다.

[0059] 상기 강화학습된 k_1 지점 확인 기능부(206)는 상기 강화학습된 k_1 지점과 초기상태정보 x_i 에 포함된 위치정보와 목적지상태정보 x_f 에 포함된 위치정보를 이용하여 주행경로를 생성하고, 그 주행경로와 장애물의 위치가 겹치는지를 확인하고, 상기 주행경로와 장애물의 위치가 겹치지 않으면 상기 강화학습된 k_1 지점에 대한 정보 및 상기 초기상태정보 x_i 와 목적지상태정보 x_f 를 최적주행경로 생성부(218)에 제공한다.

[0060] 또한 상기 강화학습된 k_1 지점 확인 기능부(206)는 상기 강화학습된 k_1 지점을 토대로 생성된 주행경로와 장애물의 위치가 겹치는지 여부에 대한 정보(T/F)를 경로 예측을 통한 강화학습부(208)로 제공하며, 그 정보(T/F)를 토대로 상기 경로 예측을 통한 강화학습부(208)는 상기 강화학습된 k_1 지점을 토대로 생성된 주행경로가 장애물의 위치가 겹쳐지지 않을때까지 새로운 k_1 지점에 대한 정보를 상기 강화학습된 k_1 지점 확인 기능부(206)로 제공한다.

[0061] 이러한 본 발명은 시뮬레이션을 위한 장애물 생성시에는 주행경로와 장애물이 겹치는 것을 전제로 하고 장애물을 생성하고, 이를 회피하기 위해 k_1 지점을 찾는 것을 목표로 하고 있으며, k_1 지점이 장애물을 벗어나면서 주행거리를 단축시키는 최적의 경로가 아님을 가정하고 있기 때문에 가치함수반복(value function iteration)을 통하여 최적의 k_1 지점을 찾아 나가는 것을 목표로 한다. 상기 가치함수반복(value function iteration)을 통해 얻어진 k_1 지점으로 생성한 주행경로와 장애물이 겹칠 때에는 그 경로를 채택하지 않고 다른 k_1 지점을 선택하여 주행경로를 생성하여 경로가 장애물과 겹치지 않는지 여부를 파악하게 된다. 기본적으로 k_1 지점이 거리와 곡률반경에 의해 계산된 지점이기 때문에 가치함수반복(value function iteration)을 전 범위에 걸쳐 k_1 지점을 찾게 되면 주행경로가 장애물과 겹치지 않는 경로는 반드시 존재하게 된다.

[0062] <경로 예측을 통한 강화학습부(208)>

[0063] 상기 경로 예측을 통한 강화학습부(208)는 크게 잡음세기값 설정부(210)와 k_1 지점 변경 기능부(212)와 가치함수 반복 기능부(214)와 강화학습된 k_1 지점 선정부(216)로 나눌 수 있다.

[0064] 상기 잡음세기값 설정부(210)는 초기에는 초기 잡음 세기값을 출력하며 주행중에는 매 노트 포인트(knot point)에 대응되는 시간단계마다 학습 데이터 생성부(228)가 제공하는 차량과 중앙선 사이의 이격거리에 따라 보상값 및 잡음세기값을 산출하여 출력한다. 상기 잡음 세기값은 k_1 지점을 기준으로 얼마만큼 떨어진 곳에 변경된 k_1 지점을 생성할 것인지를 결정하는 값이다.

[0065] 상기 보상값은 수학식 3에 따라 산출된다.

수학식 3

$$r_{k1} = 1 - (d_{k1} \times 1 / w)$$

[0067] 상기 수학식 3에서 r_{k1} 는 보상값이며, d_{k1} 는 도로의 중앙선과 차량 사이의 이격거리이며, w 는 도로의 폭이다.

[0068] 상기 잡음 세기값은 수학식 4에 따라 산출된다.

수학식 4

$$\tau = \left(\sum_{t=0}^n d_t \right) / \zeta$$

상기 수학식 4에서 τ 는 잡음 세기값이고, t 는 시간단계이고, d_t 는 중앙선과 차량 사이의 이격거리이고, ζ 는 최적주행경로의 분해값이다.

상기한 바와 같이 잡음 세기값이 결정되면, 이는 k_1 지점 변경 기능부(212)로 제공된다.

상기 k_1 지점 변경 기능부(212)는 k_1 지점 생성부(200)가 제공한 k_1 지점을 상기 보상값과 잡음세기값에 따라 변경하면서 새로운 k_1 지점들을 생성하기 위한 잡음의 거리를 산출하고, 상기 k_1 지점을 상기 잡음의 거리내에서 변경하여 출력한다.

상기 잡음의 거리는 수학식 5에 따라 산출한다.

수학식 5

$$n = (1 - r_{k1}) \times \tau$$

상기 수학식 5에서, n 은 잡음의 거리이고, r_{k1} 는 보상값이고, τ 는 잡음 세기값이다.

상기 k_1 지점 변경 기능부(212)가 출력하는 상기 잡음의 거리내에서 변경된 k_1 지점들은 가치함수반복 기능부(214)로 입력된다.

상기 가치함수반복 기능부(214)는 변경된 k_1 지점들을 기준으로 주행경로를 생성하여 먼거리 보상값(Long Reward)을 산출한다. 좀 더 설명하면, 상기 k_1 지점을 변경하여 비 스플라인 곡선을 사용하여 주행경로를 생성하여, 시간단계 t 동안에 중앙선으로부터 이격된 거리를 검출하고, 그 거리를 보상값으로 환산하여 합을 구하여 먼거리 보상값을 산출할 수 있다.

상기 먼거리 보상값 산출식은 수학식 6과 같다.

수학식 6

$$r_l = \sum_{t=0}^n r_t$$

상기 수학식 6에서 r_l 은 먼거리의 보상값이고, r_t 는 시간단계 t 동안에 주행경로와 중앙선이 이격된

거리이다.

[0081] 상기 수학식 6에 따른 얻어진 먼거리 보상값 r_l 은 가치함수반복을 통해 반복 계산되어 강화학습된 k_1 지점 선정부(216)로 제공된다. 특히 상기 가치함수반복 기능부(214)는 북쪽을 기준으로 시계 방향으로 10도씩 돌아가며 36회 계산하며, 이는 전 방향(360도)을 고려하기 위한 것이다.

[0082] 상기 강화학습된 k_1 지점 선정부(216)는 상기 가치함수반복 기능부(214)가 출력하는 먼거리 보상값들은 제공받아, 가장 큰 먼거리 보상값을 검출하며, 이는 수학식 7에 따른다.

수학식 7

[0083]
$$r_l = \operatorname{argmax}(r_o, r_n)$$

[0084] 상기 수학식 7에서 r_l 는 먼거리 보상값이고, r_o 내지 r_n 은 가치함수반복 기능부(214)가 출력하는 먼거리 보상값들이다.

[0085] 상기 강화학습된 k_1 지점 선정부(216)는 가장 큰 먼거리 보상값을 검출하면, 그 먼거리 보상값에 해당하는 k_1 지점을 강화학습된 k_1 지점으로서 k_1 지점 생성부(200)로 반환한다.

[0086] <최적주행경로 생성부(218)>

[0087] 상기 최적주행경로 생성부(218)는 최적주행경로 생성 기능부(220)와 최적주행경로 분해 및 노트 포인트 상태 정의 기능부(222)로 구성된다.

[0088] 상기 최적주행경로 생성 기능부(220)는 상기 경로 생성부(200)로부터 초기상태정보 X_i 와 목적지상태정보 X_f 와 강화학습된 k_1 지점에 대한 정보를 입력받아 비 스플라인 곡선을 이용하여 최적주행경로를 생성하여 최적주행경로 분해 및 노트 포인트 상태정의 기능부(222)로 제공한다.

[0089] 상기 최적주행경로 분해 및 노트 포인트 상태정의 기능부(222)는 최적주행경로 생성 기능부(220)에 의해 생성된 최적주행경로를 다수로 분해한다.

[0090] 상기 최적주행경로의 분해값은 수학식 8에 따른다.

수학식 8

[0091]
$$\zeta = d_{node} / v$$

[0092] 상기 수학식 8에서 ζ 는 최적주행경로의 분해값이고, d_{node} 는 비 스플라인 곡선을 이용하여 최적주행경로를 실제로 생성하기 전에 시작점과 도착점, 그리고 k_1 지점 사이의 거리의 합인 주행거리이고, 상기 v 는 차량의 속도이다. 여기서, 상기 차량의 속도는 미리 정해진다.

[0093] 참고로, 상기 d_{node} 거리는 주행경로의 분해 값을 결정하기 위한 요소로서, 실제 주행경로를 생성하는 데에는 영향을 주지 않는다. 또한 실제 비스플라인 함수를 통해 생성한 경로를 주행할 때 실질적으로 조향각을 결정하

는 부분은 인공신경망에서 학습하기 때문에 d_{node} 의 거리가 주행 경로와 조향각을 결정하는데 영향을 주지 않는다.

상기 최적주행경로 분해 및 노트 포인트 상태정의 기능부(222)는 상기 분해값에 대응되게 최적주행경로를 다수로 분해하며, 그 분해지점을 노트 포인트라 한다. 상기 최적주행경로 분해 및 노트 포인트 상태정의 기능부(222)는 상기 노트 포인트에 대응되는 시간단계를 결정하고, 그 시간단계에 대응되는 상태정보들을 생성하여 차량제어정보 생성부(224)에 제공한다. 특히 상기 최적주행경로 분해 및 노트 포인트 상태정의 기능부(222)는 현재시각에 대응되는 시간단계의 현재상태정보 $x_c(t)$ 와 다음 시간단계의 노트 포인트 상태정보 $x_w(t+1)$ 를 차량제어정보 생성부(224)에 제공한다. 여기서, 상기 t는 시간단계를 일컫는다.

<차량제어정보 생성부(224)>

상기 차량제어정보 생성부(224)는 조향각 제어정보 생성기능부(226)를 구비한다.

상기 조향각 제어정보 생성기능부(226)는 상기 최적주행경로 생성부(218)로부터 현재시각에 대응되는 시간단계의 현재상태정보 $x_c(t)$ 와 다음 시간단계의 노트 포인트 상태정보 $x_w(t+1)$ 를 제공받아, 현재시각에 대응되는 시간단계의 상태에서 다음 시간단계의 상태까지의 조향각의 차이값을 산출하며, 그 조향각 차이값의 산출은 수학식 9에 따른다.

수학식 9

$$\delta_c = \psi_w - \psi_c$$

상기 수학식 9에서 δ_c 는 현재시각에 대응되는 시간단계의 상태에서 다음 시간단계의 상태까지의 조향각의 차이값이고, ψ_w 는 다음 시간단계의 상태에서의 차량머리에 대한 방위각이고, ψ_c 는 현재 시간단계의 상태에서의 차량머리의 방위각이다.

상기 수학식 8에 따르면, 상기 차량제어정보 생성부(226)는 다음 시간단계의 상태에서의 차량머리에 대한 방위각에서 현재 시간단계의 상태에서의 차량머리의 방위각을 감산하여 조향각 차이값을 생성하며, 이는 조향각의 차이가 시계방향으로 발생할 때에는 양수의 값이 산출되고, 반시계방향으로 발생할 때에는 음수의 값이 산출되게 한다.

상기 차량제어정보 생성부(226)는 상기 조향각 차이값이 산출되면, 이를 인공신경망 처리하여 실제 제어를 위한 조향각 제어정보를 생성한다.

상기 인공 신경망에 입력되는 입력값과 출력값은 표 1과 같이 정의된다.

표 1

입력	범위	구간 수
$\delta_{ic}(\text{degree})$	[-40, 40]	81

인공 신경망의 입력값 정의

출력	범위	구간 수
$\delta_{oc}(\text{degree})$	[-40, 40]	81

인공 신경망의 출력값 정의

- [0104] 상기 인공 신경망의 입력값과 출력값은 $-40 \sim +40$ 도로 정해지며, 이는 차량의 최대 조향각에 대응된다. 상기 인공 신경망은 학습이 이루어지지 않았을 때에는 입력값과 출력값이 각각 매칭되며, 출력값과 그 출력값을 토대로 조향한 차량의 상태를 피드백받아 웨이트 값을 변경시키면서 출력값과 예상 출력값의 차이를 줄여나간다. 상기 차이를 줄여나가는 방법으로는 역전파 알고리즘이 사용될 수 있다.
- [0105] 참고로, 본 발명에서는 차량이 이동할 수 있는 최적의 경로를 생성하는 것을 목표로 하고 있기 때문에 차량의 속도는 제어하지 않는다. 그러나 차량의 속도를 제어하게 되면 실제 속도에 따른 바퀴의 마찰, 구심력 등을 고려해야 하며, 본 발명의 시뮬레이션에서는 5 m/sec로 속도를 고정하였다.
- [0106] <학습 데이터 생성부(228)>
- [0107] 상기 학습 데이터 생성부(228)는 학습 데이터 생성 기능부(230)를 구비한다.
- [0108] 상기 학습 데이터 생성 기능부(230)는 상기 다음 시간단계(t+1)에서 차량과 중앙선 사이의 이격거리에 대한 보상값을 생성하여 상기 보상값을 상기 경로 예측을 통한 강화학습부(208)에 제공하고, 상기 현재 시간단계(t)에서 다음 시간단계(t+1) 사이의 최적 주행경로와 실제 주행경로의 주행각도의 차이를 검출하여 상기 차량제어정보 생성부(224)로 제공한다. 이러한 학습 데이터는 센서의 오차, 계산 지연시간, 외부 환경의 요인 등으로 생긴 오차의 값을 줄여나가기 위한 것이다.
- [0109] 그리고 상기 최적주행경로의 주행각도와 실제 주행경로의 주행각도는 실제 차량이 이동했을 때의 상태정보(차량의 머리 방향, 위도 및 경도 좌표, 차량의 속도 등)를 시뮬레이션 주행하여 획득한다.
- [0110] 상기한 본 발명에 따르는 경로 예측을 통한 강화학습부(208)에서의 강화학습에 대해 좀더 상세히 설명한다.
- [0111] 상기 강화학습을 통해 얻어지는 것은 잡음세기값이며, 이는 수학적 식 3에 따라 학습된다.
- [0112] 상기 수학적 식 3은 실제 주행을 하고 얻어진 차량과 중앙선 사이의 이격거리의 합을 총 주행시간으로 나눈 것으로, 이는 중앙선과 차량 사이의 이격거리가 클수록 잡음세기값이 커지고 중앙선과 차량 사이의 이격거리가 작을수록 잡음세기값이 작아진다. 예를들어 설명하면, 실제 주행시 중앙선과 차량 사이의 이격거리의 합이 0m에 근접하면 최적상태의 주행이 이루어졌다고 판단하여 잡음세기를 0에 가깝게 정하고, 중앙선과 차량 사이의 이격거리의 합이 커지면 차량과 중앙선 사이의 거리를 좁히기 위해 경로 생성부(200)가 처음 생성한 k_1 지점을 멀리 떨어진 위치까지 변경해가면서 예측 주행 경로를 생성하여 가능한 중앙선과 가까이 위치하게 하는 k_1 지점을 찾는다.
- [0113] 그리고 상기한 본 발명에 따르는 차량제어정보 생성부(224)의 인공 신경망에서의 학습에 대해 좀더 상세히 설명한다.
- [0114] 인공 신경망의 출력값을 통해 차량이 실제로 제어해야 하는 조향각의 정보를 얻어 낼 수 있었다. 하지만 상기 조향각이 초기 설정시에 최적화되지 않았을 수도 있으며, 최적화가 된 조향각이라 할지라도 실제 환경에서 차량 제어의 문제나 제어하기 위한 전달 시간, 타이어와 지면의 상태, 지면의 높낮음 등의 변수에 따라 최적주행경로를 정확하게 추종할 수 없을 수도 있다. 이에따라 본 발명은 차량제어정보 생성부(224)가 생성한 조향각 제어정보에 따라 실제 주행하고, 그 실제 주행시에 최적주행경로와 얼마나 차이가 있는지를 검출하여 상기 조향각을 수정한다.
- [0115] 본 발명에 따르는 조향각은 $-40 \sim +40$ 도까지 도의 단위로 나누어져 있으므로, 상기 차량제어정보 생성부(224)는 출력값으로 얻은 조향각에 학습할 각도를 더해서 상기 조향각을 학습시킨다.

수학식 10

$$\delta_{train} = \delta_{t_e} + (\delta_{w_e} - \delta_{real})$$

[0116]

[0117]

상기 수학식 10에서 δ_{train} 는 학습된 차량의 조향각이고, δ_{real} 는 실제 차량이 주행하고 난 후의 차량의 각도이고, δ_{t_e} 는 현재 학습되어있는 차량의 조향각이고, δ_{w_e} 는 시간 t시점에서 차량이 조작해야 하는 조향각이다.

[0118]

이와같이 본 발명은 매 시간단계마다 주행경로의 차량의 주행각도와 실제 주행시의 차량의 주행각도를 토대로 차량의 조향각을 학습함으로써, 주행경로에 대응되게 차량이 주행할 수 있도록 한다.

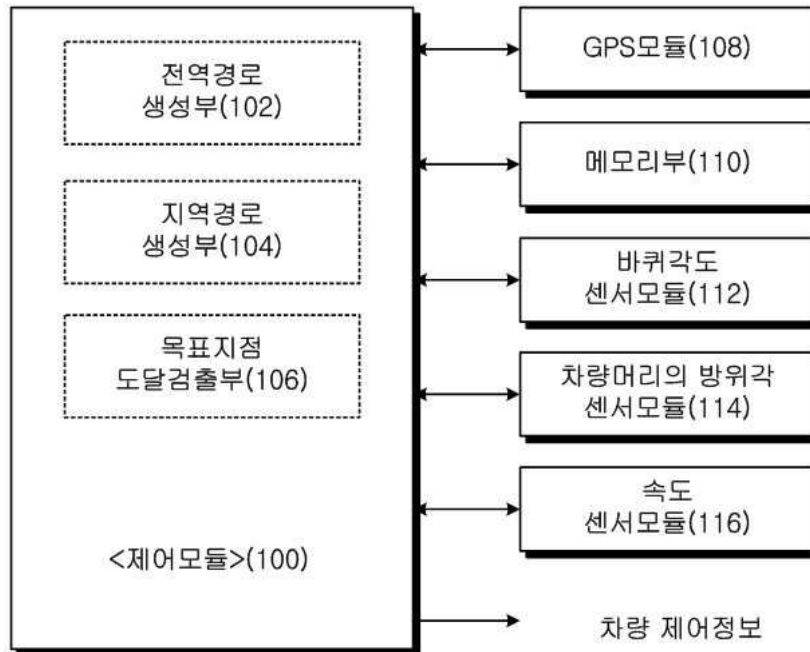
부호의 설명

[0119]

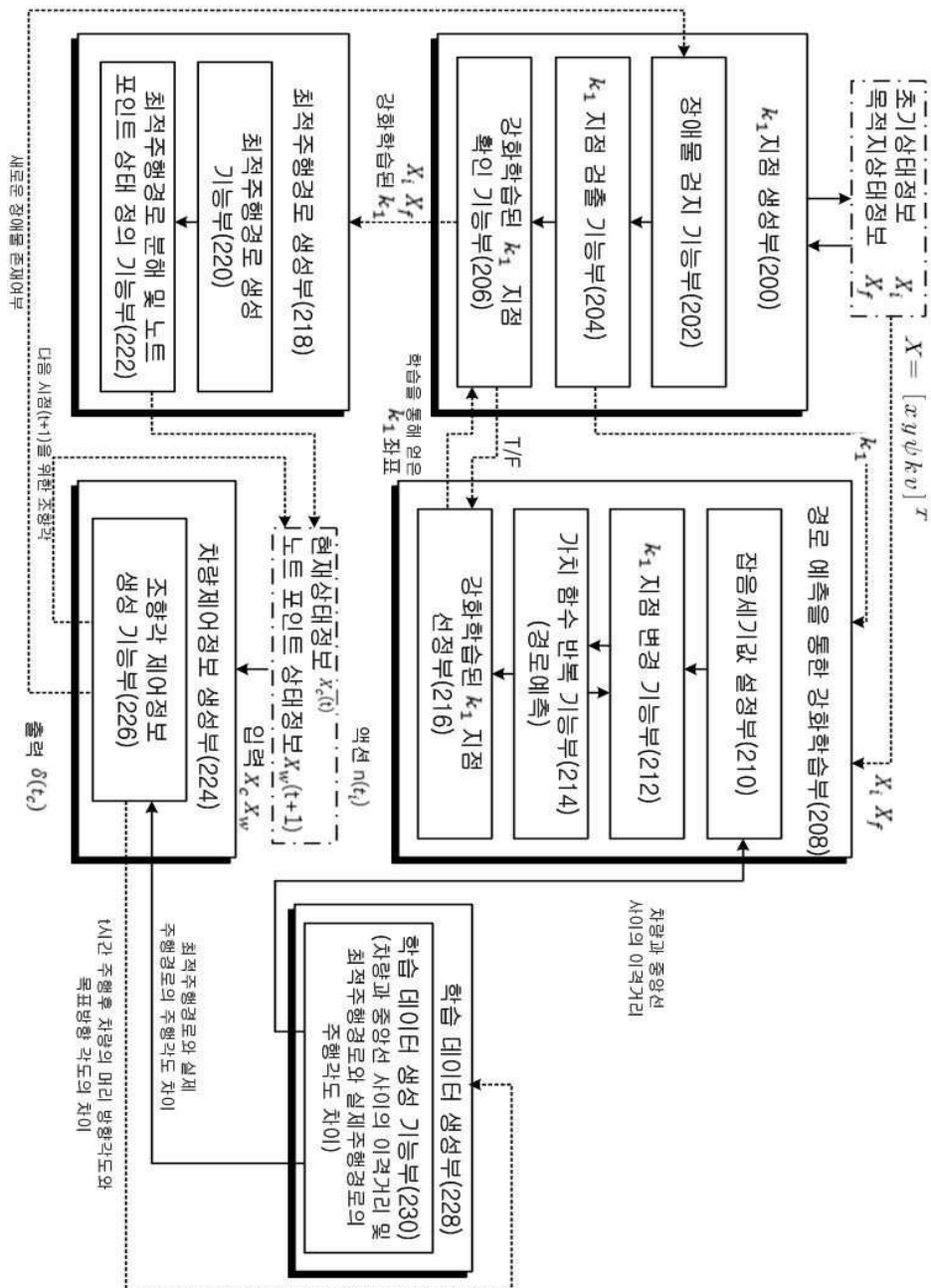
100 : 제어모듈
102 : 전역경로 생성부
104 : 지역경로 생성부
106 : 목표지점 도달 검출부
108 : GPS 모듈
110 : 메모리부
112 : 바퀴각도 센서모듈
114 : 차량머리의 방위각 센서모듈
116 : 속도 센서모듈

도면

도면1



도면2



도면3

