



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월23일
(11) 등록번호 10-1620807
(24) 등록일자 2016년05월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 17/18 (2006.01) G06F 9/44 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2010-0079442
(22) 출원일자 2010년08월17일
심사청구일자 2015년08월17일
- (65) 공개번호 10-2011-0018847
(43) 공개일자 2011년02월24일
- (30) 우선권주장
12/544,706 2009년08월20일 미국(US)
61/234,898 2009년08월18일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
JP2004046580 A
JP2007531110 A
JP2009181587 A
JP2007106170 A
- (73) 특허권자
팔로 알토 리서치 센터 인코포레이티드
미국 캘리포니아주 94304 팔로 알토 코요테 힐 로드 3333
- (72) 발명자
호프만 가브리엘 엠.
미국 캘리포니아 94306 팔로 알토 세레자 드라이브 765
- (74) 대리인
장훈

전체 청구항 수 : 총 14 항

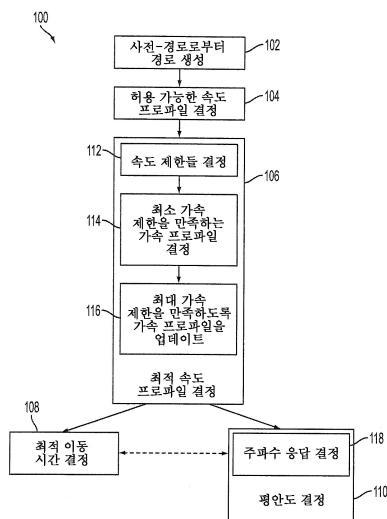
심사관 : 김형근

(54) 발명의 명칭 이동 시간의 도로 곡률 효과 및 루트 플래닝에 대한 평안함을 평가하기 위한 모델 기반 방법

(57) 요약

본 발명은 이동 시간에 도로 곡률 효과 및 지면 기반 루트 플래닝 시스템에 의해 결정된 경로의 평안도를 평가하는 방법들 및 시스템들을 개시한다. 상기 방법들 및 시스템들은 경로를 식별하고 경로의 허용가능한 속도 프로파일을 결정하고, 허용가능한 속도 프로파일은 트랙 횡단 가속 제한을 만족한다. 이후, 방법들 및 시스템들은 경로의 최적 속도 프로파일을 결정하고, 최적 속도 프로파일은 트랙 도중 가속 제한 및 속도 제한 모두를 만족한다. 최적 속도 프로파일을 이용하여, 경로의 도로 곡률은 경로의 이동 시간의 결정으로 팩터링될 수 있다. 추가로, 최적 속도 프로파일을 이용하여, 경로의 도로 곡률은 경로의 평안도를 유출하고 및/또는 운전자에게 도움을 제공하기 위해 이용될 수 있다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

복수의 경유 지점들을 포함하는 경로의 도로 곡률을 평가하는 방법에 있어서,

- a) 복수의 경유 지점들을 포함하는, 사전-경로를 수신하는 단계;
- b) 상기 사전-경로로부터 경로를 생성하는 단계로서, 상기 생성하는 단계는 상기 경로의 복수의 경유 지점을 만들기 위해 상기 사전-경로의 복수의 경유 지점들로부터 정밀한 경유 지점들의 샘플링을 생성하는 단계를 포함하는, 상기 사전-경로로부터 경로를 생성하는 단계;
- c) 상기 경로의 허용 가능한 속도 프로파일을 결정하는 단계로서, 상기 허용 가능한 속도 프로파일은 복수의 경유 지점들 각각에 대한 허용 가능한 속도를 포함하고, 상기 복수의 경유 지점들 각각에 대한 상기 허용 가능한 속도는 진로 횡단 가속도 제한(cross track acceleration constraint)을 만족하는, 상기 허용 가능한 속도 프로파일 결정 단계; 및
- d) 상기 경로의 최적 속도 프로파일을 결정하는 단계를 포함하고, 상기 최적 속도 프로파일은 상기 복수의 경유 지점들 각각에 대한 최적 속도를 포함하고, 상기 복수의 경유 지점들 각각에 대한 최적 속도는 진로를 따른 가속도 제한(along track acceleration constraint) 및 속도 제한 둘 다를 만족하고, 상기 속도 제한은 원하는 속도 및 상기 허용 가능한 속도 중 최소값이고,

상기 최적 속도 프로파일을 결정하는 단계는:

트랙을 따른 가속도 프로파일을 결정하기 위해 상기 복수의 경유 지점들을 제 1 방향으로 스위핑(sweeping) 하고, 상기 트랙을 따른 가속도 프로파일은 음의 가속도 제한을 만족하는 단계;

트랙을 따른 가속도 프로파일을 업데이트하기 위해 상기 복수의 경유 지점들을 제 2 방향으로 스위핑하고, 상기 업데이트된 트랙을 따른 가속도 프로파일은 음의 가속도 제한 및 양의 가속도 제한을 만족하는 단계를 포함하는, 상기 최적 속도 프로파일 결정 단계를 포함하고;

상기 방법은 적어도 하나의 프로세서의 사용에 의해 수행되는, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 경로는 공간-색인된(space-indexed) 경로인, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 복수의 경유 지점들 각각의 원하는 속도는 운전 속도 제한인, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 허용가능한 속도 프로파일은 상기 경로의 대략적인 도로 곡률을 이용하여 결정되는, 도로 곡률 평가 방법,

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 최적 속도 프로파일에 기초하여 상기 경로의 최적 이동 시간을 결정하는 단계를 더 포함하는, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 경로의 주파수 응답에 기초하여 상기 경로의 편안도(comfort level)을 결정하는 단계를 더 포함하는, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 경로의 주파수 응답은 상기 최적 속도 프로파일에 기초하는, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 최적 속도 프로파일은 상기 경로와 동시에 결정되는, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 9

경로의 도로 곡률을 평가하는 시스템으로서, 상기 경로는 복수의 경유 지점들을 포함하고, 상기 복수의 경유 지점들 각각은 원하는 속도를 포함하는, 상기 도로 곡률 평가 시스템에 있어서,

제 1 항에 따른 방법을 수행하는 적어도 하나의 프로세서를 포함하는, 도로 곡률 평가 시스템.

청구항 10

복수의 경유 지점들을 포함하는 경로의 도로 곡률을 평가하는 방법에 있어서,

- a) 상기 경로의 허용 가능한 속도 프로파일을 결정하는 단계로서, 상기 허용 가능한 속도 프로파일은 복수의 경유 지점들 각각에 대한 허용 가능한 속도를 포함하고, 상기 복수의 경유 지점들 각각에 대한 허용 가능한 속도는 진로 횡단 가속도 제한을 만족하는, 상기 허용 가능한 속도 프로파일 결정 단계;
- b) 상기 경로의 최적 속도 프로파일을 결정하는 단계로서, 상기 최적 속도 프로파일은 상기 복수의 경유 지점들 각각에 대한 최적 속도를 포함하고, 상기 복수의 경유 지점들 각각에 대한 최적 속도는 트랙을 따른 가속도 제한 및 속도 제한 둘 다를 만족하고, 상기 속도 제한은 원하는 속도 및 상기 허용 가능한 속도중 최소값인, 상기 경로의 최적 속도 프로파일을 결정하는 단계;
- c) 상기 최적 속도 프로파일의 진로를 따른 가속도 프로파일과 상기 최적 속도 프로파일의 진로 횡단 가속도 프로파일 각각의 주파수 응답을 결정하는 단계;
- d) 상기 최적 속도 프로파일에 따라 상기 경로를 횡단하는 평안도를 결정하기 위해 상기 가속도 프로파일이 대략 0.15 헤르츠와 대략 0.25헤르츠 사이의 주파수들을 포함하고 있는지 여부를 결정하는 단계; 및
- e) 복수의 잠재적인 서브-경로들로부터 상기 경로를 생성하는 단계로서, 상기 잠재적인 서브-경로들의 각각은 주파수 응답에 기초하여 불리하게 되고(penalized), 상기 주파수 응답은: 1) 상기 잠재적인 서브-경로들의 최적 속도 프로파일의 진로를 따른 가속도 프로파일; 및 2) 상기 잠재적인 서브-경로들의 최적 속도 프로파일의 진로 횡단 가속도 프로파일 중 하나의 주파수 응답인, 상기 경로 생성 단계를 포함하고,

상기 방법은 적어도 하나의 프로세서의 사용에 의해 수행되는, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 11

제 6 항에 있어서, 상기 경로의 상기 주파수 응답은:

- 1) 상기 최적 속도 프로파일의 진로를 따른 가속도 프로파일; 및 2) 상기 최적 속도 프로파일의 진로 횡단 가속도 프로파일 중 하나의 주파수 응답인, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 상기 평안도가 미리 결정된 수준보다 낮아지는 것에 응답하여 사용자에게 알리는 단계를 추가로 포함하는, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서, 상기 평안도를 위해 사용자로부터 요청을 수신하는 단계; 및 상기 요청을 수신하는 것에 응답하여 상기 사용자에게 상기 평안도의 지표를 제공하는 단계를 추가로 포함하는, 도로 곡률 평가 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서, 상기 경로의 상기 평안도가 미리 결정된 수준보다 낮아지는 것에 응답하여 미리 결정된 수준보다 낮은 평안도를 포함하는 새로운 경로를 생성하는 단계를 추가로 포함하는, 도로 곡률 평가 방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 일반적으로 지면 기반 루트 플래닝(ground based route planning)에 관한 것이다. 구체적으로 본 출원은 이동 시간(travel time)의 도로 곡률 효과 및 지면 기반 루트 플래닝 시스템에 의해 결정된 경로의 평안도(comfort level)을 평가하는 방법들 및 시스템들을 제공한다. 그러나, 현재 개시된 주제는 응용들 및/또는 환경들과 같은 다른 것들에 균등하게 수정 가능하다는 것이 이해될 것이다.

배경 기술

- [0002] MapQuestTM과 같은 종래의 지면 기반 루트 플래닝 시스템들 및/또는 방법들은 일반적으로 두 지점들간의 최단 경로 또는 가장 빠른 경로를 제공하도록 탐색한다. 이를 실행하는데 있어, 이러한 시스템들은 주로 두 지점들을 연결하는 도로들에 대한 개시된 속도 제한들에 의존하며 운전자가 경로를 횡단하는 동안 개시된 속도 제한들에 근접할 것이라고 가정한다. 그러나, 이러한 가정은 잘못되었다. 즉, 회전 또는 커브 도로에 접근할 때, 일반적으로 감속할 필요가 있어서, 도로에 대해 개시된 속도 제한이 50MPH이라는 것을 봐도, 사용자는 20MPH에서 안전하게 이동할 수 있다. 그 결과, 회전 또는 커브에서 감속하여 횡단한 이후, 속도 한도까지 재가속할 필요가 있고, 이는 부가적인 시간이 소요된다. 따라서, 도로의 곡률을 고려하지 않는 것은 경로를 횡단하는데 필요한 시간의 근사치를 부정확하게 할 수 있고, 따라서 시스템 및/또는 방법이 경로의 횡단에 대한 추정된 시간에 도로의 곡률 팩터들을 고려하는 것이 유리할 수 있다. 또한, 개시된 속도 제한들의 가정에 영향을 미칠 다른 인자로는 속도 제한들 또는 예상되는 속도 제한들을 부과할 수 있는 정지 신호들 및 정지 등들이 존재한다고도 또한 언급되어야 할 것이다.
- [0003] 일부 지면 기반 루트 플래닝 시스템들 및/또는 방법들은 전문 운전자들로부터 기록된 데이터를 이용하여 경로를 따른 추정된 횡단 시간들을 정제한다. 그러나, 이러한 정제들은 운전자 선호도들에 특정하고, 교통 조건들에 의존한다. 또한, 이러한 정제들은 운전자가 모든 경로를 따라 모든 도로를 횡단할 필요가 있다는 면에서 노동 집약적이며 비용이 많이 든다. 따라서, 운전자 선호도들 및 특정 교통 조건들에 불가지론적이며, 운전자가 경로에 대해 사용될 수 있는 모든 경로를 횡단할 필요가 없는 시스템 및/또는 방법을 갖는 것이 유리할 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 횡단 속도에도 불구하고, 종래의 지면 기반 루트 플래닝 시스템들 및/또는 방법들은 일반적으로 지면 기반 루트 플래닝 시스템의 사용자가 경로를 횡단하는 동안 경험하는 평안도에 속하는 고려사항들을 고려하는 데 실패한다. 대신, 이러한 시스템들은 두 지점들간의 최단 또는 가장 빠른 경로에 초점을 맞춘다. 그러나, 많은 사용자들이 경로를 횡단하는 동안 평안함과 안전도를 증가시키기 위해 부가적인 이동 시간 중 몇 분 또는 이동의 추가의 몇 마일들(miles)을 교환하고자 할 것임이 자명해 보인다. 따라서, 사용자가 경로 횡단 동안 경험할 평안도 및 안전을 고려하는 지면 기반 루트 플래닝 시스템 및/또는 방법을 갖는 것이 유리할 것이다.
- [0005] 일부 지면 기반 루트 플래닝 시스템들이 고속도로들의 사용을 장려함으로써 운전자의 평안함을 고려할 수 있지만, 이들은 경로를 횡단하는 동안 사용자의 평안도에 직접 영향을 미치는 하나의 특정한 고려사항 : 경로의 곡률을 고려하는데 실패한다. 즉, NASA 스터디는 차멸미의 위험이 특정 주파수의 가속에 의해 증가한다는 것을 발견하였다. 일반적으로 이 주파수는 약 0.2 헤르츠 마크내에 있다. 도로의 곡률 변동이 트랙을 통과(cross track)하거나 트랙 도중(along track)의 차량의 가속에 직접 영향을 미치기 때문에, 도로의 곡률은 개개인의 평안도에 영향을 미칠 수 있다. 또한, 커브 도로들은 이러한 도로들을 통과하는데 필요한 증가된 경계(alertness)로 인해 보다 많은 운전 도전(driving challenge)을 제공하고, 따라서 도로의 곡률은 멀리에도 불구하고 개개인의 평안도에 영향을 미칠 수 있다. 반면에, 일부 개개인들은 커브 도로의 통과로부터 증가한 운전자 경각심 및 즐거움으로 인해 직선 도로보다 커브 도로에서 보다 평안함을 느낄 수 있다. 그러므로, 적어도 상술한 이유들을 위해, 도로의 곡률은 사용자의 평안도에 영향을 미치며, 이에 의해 경로를 결정하는 동안 도로들의 곡률을 고려하고 및/또는 사용자에게 발생할 수 있는 임의의 잠재적인 불편함을 통지하는 시스템 및/또는 방법을 갖는 것이 유리할 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 양태에 따라, 경로의 도로 곡률을 평가하는 방법 및 시스템이 개시된다. 경로는 복수의 경유 지점들을 포함한다. 경로의 허용가능한 속도 프로파일이 결정된다. 허용 가능한 속도 프로파일은 복수의 경유 지점들 각각에 대한 허용 가능한 속도를 포함한다. 복수의 경유 지점들 각각에 대한 허용 가능한 속도는 트랙 횡단 가속 제한을 만족한다. 경로의 최적 속도 프로파일이 또한 결정된다. 최적 속도 프로파일은 복수의 경유 지점들 각각에 대한 최적 속도를 포함한다. 복수의 경유 지점들 각각에 대한 최적 속도는 트랙 도중 가속 제한 및 속도 제한을 만족한다. 속도 제한은 원하는 속도 및 허용가능한 속도의 최소치이다.

발명의 효과

[0007] 본 발명은 상술한 문제들 및 그 외의 것들을 극복하는 새로운 및 개선된 시스템 및/또는 방법을 고려한다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 경로의 도로 곡률을 평가하는 예시적인 방법을 도시하는 도면.
 도 2는 경로의 그래프 도면.
 도 3은 경유 지점의 곡률의 반지름의 결정을 예시하는 도 2의 경로의 일부의 그래프 도면.
 도 4는 도 2에서 경로의 횡단시에 존재하는 속도 제약들의 그래프 도면.
 도 5는 도 2의 경로의 최적 속도 프로파일의 그래프 도면.
 도 6은 경로의 곡률을 평가하는 예시적인 시스템을 도시하는 도면.
 도 7은 경로의 도로 곡률을 평가하는 예시적인 방법을 이용하는 예시적인 도로 곡률 평가기를 도시하는 도면.
 도 8 및 도 9는 두 지점들 간의 최단 경로를 발견하는 2개의 예시적인 알고리즘에 따라 생성된 경로들의 그래프 도면들.
 도 10 내지 도 13은 도 8에서 예시된 제 1 예시적인 알고리즘에 따라 생성된 경로에서 본 출원의 예시적인 방법의 수행의 결과들의 그래프 도면들.
 도 14 내지 도 17은 도 9에서 예시된 제 2 예시적인 알고리즘에 따라 생성된 경로에서 본 출원의 예시적인 방법의 수행의 결과들의 그래프 도면들.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 경로의 도로 곡률을 평가하는 예시적인 방법은 지면 기반 루트 플래닝 시스템에 의해 생성된 경로를 전제로 한다. 지면 기반 루트 플래닝 시스템은 MapQuest™, TmoTmo™, 및 다른 유사한 서비스들과 같은 전자 서비스들을 지칭한다. 또한, 지면 기반 루트 플래닝 시스템은 웹사이트(예를 들어, MapQuest™), 포켓용 GPS 유닛(예를 들어, TmoTmo™), 또는 다른 유사한 변형들을 지칭할 수 있다.

[0010] 일반적으로, 지면 기반 루트 플래닝 시스템은 지면 기반 루트 플래닝 시스템의 사용자에 의해 입력된 시작 어드레스 및 종료 어드레스간의 경로를 생성한다. 원래, 이러한 응용 하에서, 생성된 경로는 일반적으로 운전 방향들 및/또는 운전 시간을 생성하는데 사용되어서, 생성된 경로는 도로들, 고속도로들, 무료 간선도로(freeway), 및 다른 유사한 지면 기반 경로들을 추적한다. 따라서, 생성된 경로는 개별적인 도로들, 고속도로들 등에 대응하는 복수의 경로들(또는 보조-경로들)로 구성될 수 있다. 그러나, 알고 있는 바와 같이, 본 출원은 지면 기반 루트 플래닝 시스템의 사용자가 예를 들어, 시작 좌표들 및 종료 좌표들을 입력할 수 있는 경우 "오프 로드(off-load)" 경로 생성, 또는 그 변동들로 동등하게 수정 가능하다.

[0011] 지면 기반 루트 플래닝 시스템의 응용에도 불구하고, 경로는 일반적으로 두 지점들간의 가장 빠른 및/또는 최단 경로를 지칭한다. 당업자가 이해하는 바와 같이, 상술한 형태들의 경로들에 관한 변동들이 본 출원에 동등하게 수정 가능하다. 경로는 가시성 그래프들을 구비한 A^* , 기울기 감소를 갖는 패스트 마칭(fast marching), 또는 두 지점들간의 경로를 생성하도록 동작하는 임의의 다른 알고리즘을 이용하여 생성될 수 있다. 그러나, 본 출원의 일 실시예 하에서, 시간 복잡성이 낮은 알고리즘들이 이용된다. 경로는 또한 복수의 경유 지점들을 더 포함하고, 여기서, 경유 지점들은 지면 기반 루트 플래닝 시스템에 의해 생성된 경로에 따른 지점들에 대응한다.

[0012] 이 관점에서, 예시적인 방법이 도 1에 도시된 바와 같이 기술될 것이다. 예시적인 방법은 경로에 대한 이동 시

간 및/또는 경로의 평안도를 결정하기 위해 예를 들어, MapQuest™에 의해 생성된 경로의 곡률을 평가하고자 한다. 예시적인 방법을 설명하는데 있어, 도 1의 단계들이 도 2 내지 도 5와 함께 적절히 기술될 것이다. 보다 명백하게 되는 바와 같이, 도 2 내지 도 5의 각 지점은 경유 지점에 대응한다. 도 2는 경로의 그래프 도면이다. 도 3은 경유 지점의 곡률의 반지름의 결정을 예시하는 도 2의 경로의 일부의 그래프 도면이다. 도 4는 도 2의 경로의 횡단에 존재하는 속도 제한들의 그래프 도면이다. 도 5는 도 2의 그래프의 최적 속도 프로파일의 그래프 도면이다.

[0013] 도 1을 참조하여, 경로의 도로 곡률을 평가하는 예시적인 방법이 개시된다. 이 방법은 사전-경로로부터 경로를 생성하는 단계(선택적인 단계(102)); 허용 가능한 속도 프로파일을 결정하는 단계(단계(104)); 및 최적 속도 프로파일을 결정하는 단계(단계(106))를 포함한다. 이 방법은 최적 속도 프로파일의 최적 이동 시간을 결정하는 단계(단계(108)), 및 평안도를 결정하는 단계(단계(110))를 더 포함한다. 최적 속도 프로파일을 결정하는 단계(단계(106))는 속도 제한들을 결정하는 단계(단계(112)), 음(negative)의 가속 제한을 만족하는 속도 프로파일을 결정하는 단계(단계(114)), 및 양의 가속 제한을 만족하도록 속도 프로파일을 업데이트하는 단계(단계(116))를 포함한다. 평안도를 결정하는 단계(단계(110))는 경로의 주파수 응답을 결정하는 단계(단계(118))를 포함한다.

[0014] 선택적이긴 하지만, 첫번째 단계는 사전-경로로부터 경로를 생성(단계(102))한다. 사전-경로는 지면 기반 루트 플래닝 시스템에 의해 제공된 경로이다. 이 단계는 사전-경로보다 정밀한 경유 지점들의 샘플링의 생성을 수반하여, 경유 지점들의 보다 정밀한 샘플링은 숫자로 추정될 수 있는 곡률을 가진 공간 표시된 경로 $w \in \mathbb{R}^{N \times 2}$ 를 정의한다. N 은 경유 지점들의 수이다. 언급한 바와 같이, 사전-경로는 시간-표시 또는 공간-표시될 수 있다. 사전-경로가 시간-표시인 경우, 공간-표시된 경로로 변환된다. 또한, 이해될 수 있는 바와 같이, 경유 지점들의 샘플이 보다 정밀할수록, 예시적인 방법이 보다 정확히 도로 곡률을 평가할 수 있을 것이다. 그러나, 경유 지점들의 보다 정밀한 샘플링이 일반적으로 보다 양호하면, 계산 시간의 비용이 증가한다. 따라서, 사전-경로의 분리의 양은 계산 시간 및 정확도의 경합하는 관심을 고려하여 선택되어야 한다.

[0015] 경유 지점들의 공간-표시된 경로를 가정하면, 다음 단계는 경로에 대한 허용 가능한 속도 프로파일을 결정하는 것이다(단계(104)). 이 단계는 대략적인 경로 곡률을 이용하여, 트랙 횡단 가속 제한($a_{\max}$)을 만족하는 모든 경유 지점($w_i=(x_i, y_i)$)에서의 최대 허용 가능한 속도 $v_{i, \text{allow}}$ 를 계산하는 것을 수반한다. 이해할 수 있는 바와 같이, 트랙 횡단 가속 제한($a_{\max}$)은 평안함, 차량 성능, 도로 조건들, 및/또는 다른 유사한 고려사항들을 포함하지만, 이것으로 제한되지 않는 다수의 고려사항들에 의존한다. 경유 지점(w_i)에서의 트랙 횡단 가속($a_{\text{ct}, i}$)은 속력(v_i) 및 곡률의 반지름(r_i)의 함수이다.

[0016]
$$a_{\text{ct}, i} = \frac{v_i^2}{r_i}$$

[0017] $a_{\max}$ 보다 작은 크기가 되도록 트랙 횡단 가속을 제한하는 것은 w_i 에서의 최대 허용가능한 속력($v_{i, \text{allow}}$)를 발생시킨다.

[0018]
$$v_{i, \text{allow}} \leq \sqrt{a_{\max} r_i}$$

[0019] 곡률의 반지름(r_i)을 결정하기 위해, 경유 지점들(w_{i-1}, w_i, w_{i+1})이 이 경유 지점들을 통과하는 원을 정의하는데 사용된다. 이 원은, 이해할 수 있는 바와 같이, 경유 지점들이 그 곡률에 대해 정밀하게 이격되었을 때 유효한 가정이기 때문에, 곡률(r_i)의 반지름을 가지도록 가정된다. 경유 지점들(w_{i-1}, w_i)은 제 1 라인을 정의하고, 경유 지점들(w_i, w_{i+1})은 제 2 라인을 정의한다. 제 1 라인 및 제 2 라인의 경유 지점을 통과하는 수직선들은 원의 중심에서 교차한다. 교점을 해석하면 중심 지점 $c_i = (x_i^c, y_i^c)$ 을 산출한다.

$$x_i^c = \frac{(x_{i-1}^2 + y_{i-1}^2)(y_i - y_{i+1}) + (x_i^2 + y_i^2)(y_{i+1} - y_{i-1}) + (x_{i+1}^2 + y_{i+1}^2)(y_{i-1} - y_i)}{d_i}$$

$$y_i^c = \frac{(x_{i-1}^2 + y_{i-1}^2)(x_{i+1} - x_i) + (x_i^2 + y_i^2)(x_{i-1} - x_{i+1}) + (x_{i+1}^2 + y_{i+1}^2)(x_i - x_{i-1})}{d_i}$$

$$d_i = 2(y_{i+1}(x_i - x_{i-1}) + y_i(x_{i-1} - x_{i+1}) + y_{i-1}(x_{i+1} - x_i))$$

[0020]

[0021]

곡물의 반지름이 무한대인 임의의 직선 세그먼트의 경우 그 값이 0이기 때문에 분모 d_i 는 미리 계산되어야 한다. 그렇지 않으면, 중심 지점은 위에 식들을 이용하여 계산될 수 있다. 곡물의 반지름(r_i)은 벡터 연결(vector connecting)(w_i) 및 중심(c_i)의 놈(norm)이다. 곡선의 방향은 제 1 및 제 2 라인 세그먼트들의 외적의 부호를 이용하여 곡물(r_i)의 유한한 반지름에 대해 계산될 수 있다.

[0022]

도 2 및 도 3을 참조하여, 경유 지점(w_i)에 대해 곡물의 반지름(r_i)이 어떻게 결정되는지에 대한 예가 그래픽으로 예시된다. 도 2를 참조하여, 경로의 그래프가 예시되는데, 이 경로는 복수의 경유 지점들을 포함한다. 그래프는 x-축 및 y-축을 포함하는데, 그래프상의 각 점은 경유 지점에 대응한다. 그래프는 3개의 경유 지점들(w_{i-1}, w_i, w_{i+1})을 감싸고 있는 점선의 박스를 또한 보여준다. 이들 3개의 경유 지점들은 경유 지점(w_i)의 곡물의 반지름(r_i)이 어떻게 결정되는지를 예시하는데 사용될 것이다.

[0023]

도 3을 참조하여, 도 2에 개시된 3개의 경유 지점들(w_{i-1}, w_i, w_{i+1})이 도시된다. 첫번째 단계는 도 2에 도시된 바와 같이, 경유 지점들(w_{i-1}, w_i)간의 제 1 라인(302) 및 경유 지점들(w_i, w_{i+1})간의 제 2 라인(304)을 결정하는 것이다. 그 후, 제 1 수직선(306) 및 제 2 수직선(308)간의 교점이 결정된다. 교점은 경유 지점들(w_{i-1}, w_i, w_{i+1})을 통한 원의 중심(c_i)에 대응한다. 제 1 수직선(306)은 제 1 라인(302)에 수직이고, 제 1 라인(302)의 경유 지점을 통해 진행한다. 제 2 수직선(308)은 제 2 라인(304)에 수직이며, 제 2 라인(304)의 경유 지점을 통해 진행한다. 곡물의 반지름(r_i)은 단순히 원의 중심(c_i)와 경유 지점(w_i) 사이를 연장하는 라인의 길이(또는 놈)이다.

[0024]

일단 경유 지점(w_i)의 곡물의 반지름(r_i)이 결정되면, 경유 지점(w_i)에서 트랙 횡단 가속 제한(a_{max})에 의해 과해지는 최대 허용되는 속도($v_{i,allow}$)를 결정하는 것이 가능하다. 이해되는 바와 같이, 이 단계는 허용 가능한 속도 프로파일을 결정하기 위해 각 경유 지점(w_i)에 대해 반복된다.

[0025]

도 1을 재차 참조하여, 경로의 허용 가능한 속도 프로파일이 결정(단계(104))된 이후, 경로의 최적 속도 프로파일이 결정된다(단계(106)). 이 단계는 구분 방식의 선형의 트랙 도중 가속 제한들을 만족하는 최적 속도 프로파일을 결정하고, 이전 단계로부터 원하는 속도 및 허용 가능한 속도의 최소치를 결정하는 것을 수반한다. 이 단계는 속도 제한들을 결정(단계(112))하고 음의 트랙 도중 가속 제한을 만족하는 속도 프로파일을 결정(단계(114))하고, 및 양의 트랙 도중 가속 제한을 만족하도록 속도 프로파일을 업데이트(단계(116))하는 보조 단계들을 포함한다.

[0026]

속도 제한의 결정(단계(112))에 대해, 모든 경유 지점들에서의 속도는 원하는 속력($v_{i,max}$) 및 및 트랙 횡단 가속 제한($v_{i,allow}$)에 대해 과해진 제한 둘 다에 의해 억제된다. 사전 경로는 원하는 속력을 정의하는 것이 바람직하다. 특정한 경유 지점에 대한 원하는 속력은 예를 들어, 경유 지점에 대응하는 도로에 따른 속도 한도일 수 있다. 대안으로, 원하는 속도는 차량의 최고 속도와 같이 경로를 횡단하는 차량의 성능들에 의존할 수 있다. 원하는 속력이 어떻게 선택되든지 간에, 이들 두 제한들의 최소치는 만족되어야 하고, 이에 의해 각 경유 지점에서 허용되는 최대 속도($\bar{v}_i$)는 아래에 보여지는 바와 같이 정의된다.

$$\bar{v}_i = \min(v_{i,max}, v_{i,allow})$$

[0027]

[0028]

도 4를 참조하여, 위에서 논의된 다양한 속도 프로파일들이 도시되는데, 여기서 각 경유 지점은 도 2의 경로에

따른 속도 및 위치에 따라 그래프로 그려진다. 그래프상에서 보여지는 바와 같이, 허용되는 속도는 트랙 횡단 가속 제한(즉, 단계(104))에 따라 허용되는 속도에 대응한다. 원하는 속도는 앞서 논의된 바와 같은 원하는 속도에 대응한다. 이 경우, 각 경유 지점에 대한 원하는 속도는 예시적인 목적들을 위해 임의로 선택된다. 마지막으로, 최대 속도(즉, 속도 제한)는 원하는 속도 및 허용되는 속도의 최소치에 대응한다.

[0029] 도 1을 다시 참조하여, 속도 제한이 결정된 이후(단계(112)), 음의 트랙 도중 가속 제한을 만족하는 속도 프로파일이 먼저 결정된다(단계(114)). 그 후, 단계(114)로부터의 속도 프로파일은 양의 트랙 도중 가속 제한을 만족하도록 업데이트된다(단계(116)). 그러나, 알수 있는 바와 같이, 이 단계들은 3개의 수식들: 경유 지점들간의 시간(Δt), 다음 경유 지점에서의 속도(v_{i+1}), 및 트랙 도중 가속($a_{at,i}$)에 의존한다. 또한, 이 단계들은 알고리즘 1에 의존한다. 따라서, 알고리즘 1뿐만 아니라 상기 수식들이 이하에 제공된다.

[0030] 위에서 참조된 수식들에 대해, 경유 지점들(w_i , w_{i+1})간의 트랙 가속($a_{at,i}$)에 따른 구분적인 상수를 고려한다. 현재 속도(v_i), 및 경유 지점들간의 시간(Δt)가 제공되면, 다음 경유 지점에서의 속도(v_{i+1})는 다음과 같다.

[0031]
$$v_{i+1} = v_i + a_{at,i} \Delta t$$

[0032] 경유 지점(w_i)의 트랙 도중 위치는 경로의 시작으로부터 측정된 s_i 즉, $\|w_{i+1} - w_i\|_2 = s_{i+1} - s_i$ 가 된다.

[0033]
$$s_i = \sum_{j=1}^{i-1} \|w_{j+1} - w_j\|_2$$

[0034] 경유 지점들간의 시간(Δt)을 결정하기 위해, 경유 지점들간의 시간(Δt)에 대해 다음 경유 지점에서의 속도(v_{i+1})에 대한 앞선 수식을 적분하고, 이에 의해 다음의 수식이 산출된다.

[0035]
$$\frac{1}{2} a_{at,i} \Delta t^2 + v_i \Delta t + (s_i - s_{i+1}) = 0$$

[0036] 경유 지점들간의 시간(Δt)을 풀면 다음의 수식을 산출한다. 속도는 반드시 양(positive)이기 때문에 경유 지점들간의 시간(Δt)에 대한 수식의 양의 루트(root)만이 물리적인 해석을 갖는다는 점에 주의한다.

[0037]
$$\Delta t = \frac{-v_i \pm \sqrt{v_i^2 - 2a_{at,i}(s_i - s_{i+1})}}{a_{at,i}}$$

[0038] 경유 지점들간의 시간(Δt)에 대한 수식을 다음 경유 지점에서의 속도(v_{i+1})에 대응하는 수식으로 대체하면 다음 경유 지점에서의 속도(v_{i+1})에 대한 다음과 같은 수식이 산출된다.

[0039]
$$v_{i+1} = \sqrt{v_i^2 - 2a_{at,i}(s_i - s_{i+1})}$$

[0040] 주어진 거리에 걸친 주어진 속도의 변화를 달성하도록 가속을 풀면 다음이 산출된다.

[0041]
$$a_{at,i} = \frac{v_i^2 - v_{i+1}^2}{2(s_i - s_{i+1})}$$

[0042] 알고리즘 1, 즉 스위핑 알고리즘에 대해, 알고리즘 1은 경유 지점들을 통해 증분시킴으로써 동작한다. 경유 지점(w_i)에서, w_i 및 w_{i+1} 간에 가속이 가능한지를 먼저 결정한다. 가속이 가능하다면, 필요한 만큼 빠르게 가속하거나 a_{max} 를 포화시킨다. 가속이 불가능하다면, $\bar{v}_{i+1}$ 를 만족하기 위해 감속해야 하는지를 다음으로 확인한다.

감속해야 한다면, $a_{at,i} < -a_{max}$ 가 필요한 경우일지라도 필요한 가속은 무엇이든 이용하여 해당 속도로 감속한

다. 감속을 위해 $a_{\max}$ 만을 위반한다는 것에 주의한다. 감속이 필요하지 않으면, 현재 속도를 유지한다. 마지막으로, 계산된 속도 프로파일(v), 가속 프로파일(a), 및 시간 프로파일(Δt)을 반환한다. Δt 는 알고리즘이 공간-표시되기 때문에 반드시 계산되어야 한다는 것에 주의한다. 이해할 수 있는 바와 같이, 이 알고리즘은 $O(N)$ 회 실행되는데, 여기서 N 은 경유 지점들의 수이다.

[0043]

알고리즘 1 속도-플랜-스위프($v_0, s, v, a_{\max}$)

```

 $v_i \leftarrow v_0$ 
for  $i = 1$  to  $N$  do
  if  $v_i < \bar{v}_i + 1$  then
     $a_i \leftarrow \min \left( a_{\max}, \frac{v_i^2 - (\bar{v}_i + 1)^2}{2(s_i - s_{i+1})} \right)$ 
     $v_{i+1} \leftarrow \sqrt{v_i^2 - 2a_i(s_i - s_{i+1})}$ 
     $\Delta t_i \leftarrow \frac{-v_i + \sqrt{v_i^2 - 2a_i(s_i - s_{i+1})}}{a_i}$ 
  else
    if  $v_i > \bar{v}_i + 1$  then
       $v_{i+1} \leftarrow \bar{v}_i + 1$ 
       $a_i \leftarrow \frac{v_i^2 - v_{i+1}^2 + 1}{2(s_i - s_{i+1})}$ 
       $\Delta t_i \leftarrow \frac{-v_i + \sqrt{v_i^2 - 2a_i(s_i - s_{i+1})}}{a_i}$ 
    else
       $v_{i+1} \leftarrow v_i$ 
       $a_i \leftarrow 0$ 
       $\Delta t_i \leftarrow \frac{s_{i+1} - s_i}{v_i}$ 
    end if
  end if
end for
return  $v, a, \Delta t$ 

```

[0044]

[0045]

상술한 배경을 고려하여, 다음 단계는 음의 트랙 도중 가속 억제를 만족하는 가속 프로파일을 결정하는 것이다(단계(114)). 이 단계는 경유 지점들의 역 스위프를 수행하기 위해 위에서 도시된 알고리즘 1을 이용함으로써 달성된다. 먼저, 모든 트랙 도중 위치들이 s 로 저장되고, 모든 최대 속도들이 $\bar{v}$ 로 저장된다. 이해될 수 있는 바와 같이, 최대 속도들은 단계(112)에서 결정된다(즉, 속도 제한). 그 후, 도착지(end)로부터 출발지(beginning)까지의 지점들을 통한 스위핑을 준비하기 위해, 상기 어레이들(s 및 $\bar{v}$)이 시간적으로 반전되고, s

는 무효로 된다. 알고리즘 1에 대한 입력들이 준비되면, 알고리즘 1은 속도 프로파일 및 $a_i > -a_{\max} \forall i$ 를 만족하는 대응하는 트랙 도중 가속 프로파일(a)을 생성하기 위해 $v_0 = \bar{v}_N$ 로 반전된 데이터를 실행한다. 이해될 수 있는 바와 같이, 결과는 속도 프로파일이 음의 트랙 도중 가속 제한($-a_{\max}$)을 만족한다는 것이다.

[0046]

음의 트랙 도중 가속 제한을 만족하는 속도 프로파일이 결정된 이후(단계(114)), 속도 프로파일은 알고리즘 1을 이용하여 양의 트랙 도중 가속 제한을 추가로 만족하도록 업데이트된다(단계(116)). 이는 경유 지점들의 순방향 스위프를 통해 달성된다. 먼저, 속도 제한($\bar{v}$)이 단계(114)로부터 결과적인 v 로 설정된다(즉, 역 스위프). 그 후, 출발지로부터 도착지까지의 지점들을 통한 스위핑을 준비하도록 어레이들(s 및 $\bar{v}$)이 재차 시간적으로 반전되고 s 도 재차 무효화된다. 알고리즘 1에 대한 입력들이 준비되면, 알고리즘은 선행 단계들로부터, 속도 프로파일 및 대응하는 트랙 도중 가속 프로파일을 업데이트하도록 $v_0 = \bar{v}_1$ 로 순방향 데이터를 실행하고, 이에 따라 $a_i < a_{\max} \forall i$ 가 된다. 또한, 이 스위프에서, $a_i > -a_{\max} \forall i$ 는 이전의 역 스위프에 의해 부과된 속도 한계들

로 인해 불가능하다.

[0047] 이들 반전 및 순방향 스위칭들이 완료되면, 결과는 속도 프로파일(음의 트랙 도중 가속 제한 및 양의 트랙 도중 가속 제한 및 단계(112)로부터의 속도 제한을 만족한다는 것이다. 즉, 최적 속도 프로파일이 생성된다. 또한, 이해될 수 있는 바와 같이, 속도 프로파일을 생성하는 처리에서, 대응하는 가속 프로파일 및 대응하는 시간 프로파일이 생성된다. 또한, 음의 트랙 도중 가속 제한($-a_{\max}$)이 양의 트랙 도중 가속 제한($a_{\max}$)의 반대로 도식되었지만, 이들은 대칭적이 될 필요가 없다는 것을 이해할 것이다.

[0048] 도 5를 참조하여, 도 2의 그래프의 스위칭 2 이후의 속도 프로파일(즉, 최적 속도 프로파일)의 그래프 도면이 도시된다. 도 5는 스위칭 1 이후의 속도 프로파일 및 단계(112)로부터의 속도 제한을 더 포함한다. 속도 제한은 제 1 스위칭에 대한 속도들에 대한 상한이 되어서, 제 1 스위칭의 속도 프로파일 내의 속도들이 원하는 속도 및 트랙 횡단 가속 제한을 초과하지 않게 한다. 제 1 스위칭 이후의 속도 프로파일은 제 2 스위칭에 대한 속도들에 대한 상한이 되어서, 제 2 스위칭의 속도 프로파일 내의 속도들이 원하는 속도, 트랙 횡단 가속 제한, 및 음의 트랙 도중 가속 제한을 초과하지 않게 한다. 따라서, 이해될 수 있는 바와 같이, 스위칭 1의 속도 프로파일 내의 속도들은 속도 제한 프로파일의 속도들을 초과하지 않고, 스위칭 2의 속도 프로파일 내의 속도들은 스위칭 1의 속도 프로파일의 속도들을 초과하지 않을 것이다. 스위칭 1 이후의 속도 프로파일은 속도가 속도 제한에 도달할 때까지 우로부터 좌로의 가속을 도식한다. 스위칭 2 이후의 속도 프로파일은 속도가 제 1 스위칭으로부터의 속도 프로파일에 도달할 때까지 좌로부터 우로 가속한다.

[0049] 최적 속도 프로파일이 결정된 이후(단계(104)), 방법은 2개의 선택적인 단계들 중 하나 또는 둘 다에 따라 진행할 수 있다. 제 1 선택은 경로의 통과에 최적 이동 시간(t)을 결정하는 것이다(단계(108)). 이해될 수 있는 바와 같이, 이는 경유 지점들간의 시간(Δt)의 합만큼 단순하다.

$$t = \sum_{i=2}^N t_i - t_{i-1}$$

[0050]

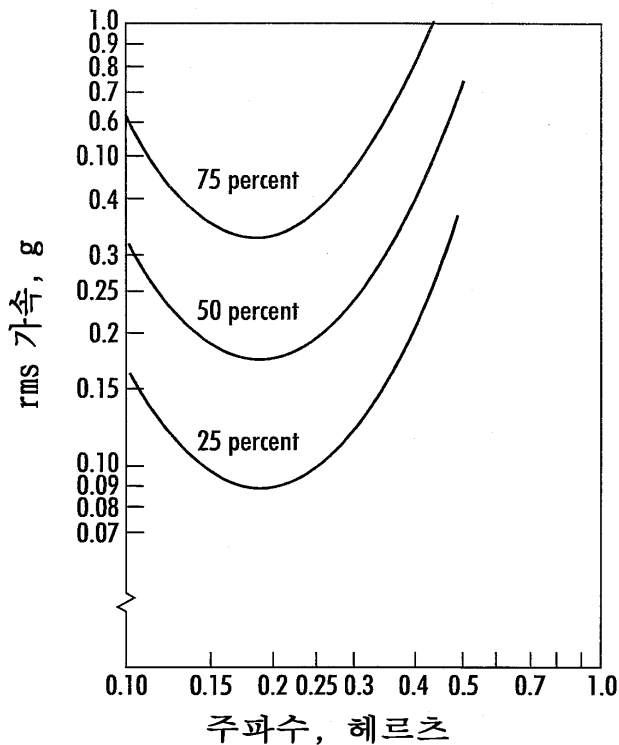
[0051] 최적 이동 시간(t)의 이용은 종래의 근사치들이 도로의 곡률, 및 커브 및/또는 회전을 위한 느려짐에 대응하는 필요성을 설명하는데 실패하였기 때문에, 종래의 근사치들보다 통과하는데 필요한 시간의 훨씬 양호한 근사치를 제공한다.

[0052] 이제 본 출원의 다른 양태로 넘어가서, 경로의 평안도의 결정(단계(110))을 허용하는 선택이 개시된다. 이 단계는 경로의 주파수 응답을 결정하는 보조 단계(단계(118))를 포함한다. 경로의 주파수 응답을 결정하기 위해, 2 방법들 중 하나가 이용될 수 있다. 첫번째는 경로에 대한 실시간 운전 데이터를 수집하는 것이다. 명백하게 되는 바와 같이, 이러한 방법 하에서, 경로를 물리적으로 통과하고 경로의 주파수 응답에 대한 데이터를 수집할 필요가 있다. 대안으로 및 바람직하게는, 주파수 응답이 최적 속도 프로파일 및 대응하는 트랙 횡단 및/또는 트랙 도중 가속 프로파일들로부터 결정된다. 이 방법을 이용하여, 가속 프로파일들이 변환되어, 이들이 공간 표시되는 것과 반대로 시간-표시된다. 그 후, 주파수 응답을 얻기 위해, 유한 임펄스 응답과 같은 디지털 필터링 방법, 푸리에 변환 등이 적절한 가속 프로파일들상에서 수행된다.

[0053] 주파수 응답에 있어서, 주파수 응답이 멀미를 유발하기 쉬운 주파수들을 포함하는지가 결정될 수 있다. 앞서 언급된 바와 같이, NASA로부터의 연구는 멀미를 유발하기 쉬운 주파수들을 상세하는 표(이하의 표 1 참조)를 발표하였다. 구체적으로 표 1는 주파수(헤르츠) 대 가속(중력 단위)을 구획한다. 생성된 곡선들(25 퍼센트, 50 퍼센트, 75 퍼센트)은 수직의 정현파 운동(sinusoidal motion)에 노출된 500 남자 대상자에 대해 2시간 내의 구토의 백분율에 기초하여 균등한 멀미 율곡선을 나타낸다. 보여지는 바와 같이, 멀미의 상당한 증가가 대략 0.15 헤르츠와 0.25 헤르츠 사이에서 발생하며, 대략 0.20 헤르츠에서 최고이다. 이 결정에 기초하여, 경로를 횡단하는 자가 경험하는 평안도의 근사치가 유도될 수 있다. 또한, 또는 대안으로, 평안도는 주파수 응답이 보다 높은 주파수들을 포함하는지에 기초하여 유도될 수 있다. 근본적으로, 보다 높은 주파수들이 존재할수록, 경로에 따른 도로들이 갖는 커브들 및/또는 회전들이 많게 되고, 길을 건너는 데 더 많은 도전들이 있다. 따라서, 평안도는 보다 높은 주파수들에 기초할 수 있다. 표 1의 데이터는 전통적으로 인용된 멀미의 예이다. 그러나, 다른 스터디들은 상이한 레벨들을 정의할 수 있다. 그러므로, 상기는 단순한 예이며, 본 개념들은 상기와 같은 다른 스터디들로부터의 데이터를 이용하여 구현될 수 있다는 것이 이해될 것이다. 또한, 자동차 타이어들은 통상적으로 최대 사용자의 평안도들 내에서 머무르는 동안 0.3g's까지 핸들링할 수 있다는 것이 언급된다.

[0054] 결정된 평안도에 의존하여, 사용자는 평안도가 미리 규정된 임계치 아래에 있는지를 통지받을 수 있다. 일 실시예에서, 이 임계치는 사용자에게 의해 설정되고, 다른 실시예들에서, 임계치는 모든 사용자에게 대해 전역적으로 설정된다. 대안으로, 사용자는 경로를 본 이후에 경로의 평안도를 요청할 수 있다. 또 다른 대안으로, 경로의 평안도가 미리 규정된 임계치 아래에 있을 때 자동으로 새로운 경로가 생성된다. 또 다른 대안으로, 경로가 생성되는 동안, 서브-경로(예를 들어, 도로)의 주파수 응답 및 이동 시간이 서브-경로에 페널티를 과하기 위해 사용될 수 있다. 예를 들어, 지면 기반 루트 플래닝 시스템은 커브 도로의 2분 스트레치(stretch)가 이동 시간의 30분을 절약하는데 수용 가능하고, 반면에 커브 도로의 30분 스트레치가 이동 시간의 30분을 절약하는데 수용 가능하지 않다는 것을 알아낼 수 있다. 이러한 방식으로, 경로의 주파수 응답은 경로를 횡단하는 사용자의 평안함을 개선하기 위해 유리하게 이용된다.

[0055] 표 1



[0056] 다른 예시적인 실시예에 따라, 상술된 예시적인 방법이 지면 기반 루트 플래닝 시스템들의 데이터베이스를 분석 및 논의하기 위해 변형된다. 일 실시예에 따라, 상술된 예시적인 방법은 속도 프로파일들, 가속 프로파일들, 시간 프로파일들, 주파수 응답들 및/또는 지면 기반 루트 플래닝 시스템의 데이터베이스를 포함하는 경로들(예를 들어, 도로들)에 대한 운전자 평안함을 사전-계산하는데 이용될 수 있다. 그 후, 지면 기반 루트 플래닝 시스템들은 두 지점들(예를 들어, 출발지 주소 및 도착지 주소)간의 경로를 결정하기 위해 논의된 데이터베이스들을 이용할 수 있고, 이에 따라 서브-경로들(예를 들어, 도로들)이 예를 들어, 주파수 응답들과 같은 미리-계산된 데이터로 인해 페널티가 부과될 수 있다. 이는 유리하게는 두 지점들간의 경로를 생성하는 동안 지면 기반 루트 플래닝 시스템이 도로의 곡률을 고려하는 것을 허용하여, 경로가 예를 들어, 보다 정확한 이동 시간들, 서브-경로들(예를 들어, 도로들)의 주파수 응답, 및 운전자 평안함에 기초하게 될 수 있다. 또한, 이해될 수 있는 바와 같이, 상술한 데이터를 사전-계산함으로써, 지면 기반 루트 플래닝 시스템에 의해 사용된 경로 생성 알고리즘들의 시간 및 공간 복잡성에 관한 효과는 경미할 수 있다. 대안 실시예에서, 지면 기반 루트 플래닝 시스템들의 데이터베이스들은 두 지점들간의 경로들을 생성하는 동안(즉, 실행시간) 논의된다. 또 다른 대안 실시예에서, 속도 프로파일들, 가속 프로파일들, 시간 프로파일들, 주파수 응답들 및/또는 두 지점들 간의 경로의 중간 및 적절한 서브-경로들(예를 들어, 도로들)에 대한 운전자 평안함은 두 지점들간의 경로를 생성하는 동안(즉, 실행시간) 생성된다.

[0058] 도 6을 참조하여, 앞서 개시된 경로의 곡률을 평가하는 예시적인 시스템(600)이 예시된다. 시스템은 하나 이상의 사용자들(602), 지면 기반 루트 플래닝 시스템(604) 및 자동차(614)를 포함한다. 지면 기반 루트 플래닝 시스템은 인터페이스(606), 경로 생성기(608), 제어기(610) 및 도로 곡률 평가기(612)를 포함한다.

- [0059] 인터페이스(606)는 하나 이상의 사용자들(602)과 인터페이스하고 하나 이상의 사용자들(602)로부터 요청들을 수신한다. 인터페이스(606)는 MapQuestTM과 같은 웹 인터페이스일 수 있다. 대안으로, 인터페이스(606)는 TomTomTM과 같은 휴대용 GPS 유닛의 것과 같은 컴퓨터 인터페이스일 수 있다. 요청들은 운전 방향들, 경로의 평안도, 경로의 이동 시간에 대한 요청들, 및/또는 다른 유사한 요청들일 수 있다. 요청이 운전하는 길안내(driving direction)에 대한 것이면, 요청은 시작 지점 및 종료 지점을 포함한다. 요청이 경로의 평안도 및/또는 이동 시간에 대한 것이면, 요청은 경로 또는 경로의 위치를 포함한다. 경로 생성기(608)는 예를 들어, 운전하는 길안내에 대한 요청과 같은 경로 요청에 응답하여 경로를 생성한다. 경로 생성기(608)는 가시성 그래픽들을 구비한 A*, 기울기 감소를 갖는 패스트 마칭, 또는 두 지점들간의 경로를 생성하도록 동작하는 임의의 다른 알고리즘을 이용하여 경로를 생성할 수 있다. 도로 곡률 평가기(612)는 평가 요청에 응답하여 아래의 도 7에서 기술되는 바와 같이 경로의 곡률을 평가한다.
- [0060] 제어기(610)는 지면 기반 루트 플래닝 시스템(604)의 구성요소들 사이에서 통신들을 연결 및/또는 중계하도록 작동한다. 제어기(610)는 인터페이스(606)를 통해 하나 이상의 사용자들로부터 요청들을 수신한다. 그 후, 제어기(610)는 요청에 어떻게 응답할지를 결정하고, 요청을 적절히 중계한다. 제어기(610)는 운전하는 길안내(즉, 경로 요청)에 대한 요청을 수신하면, 제어기(610)는 경로 생성기(608)에 요청을 중계하고, 생성된 경로를 인터페이스(606)를 통해 적절한 사용자에게 되돌려준다. 제어기(610)가 경로의 이동 시간 또는 경로의 평안도(즉, 평가 요청)에 대한 요청을 수신하면, 다음 단계는 요청에서 수신된 정보에 의존한다. 요청이 경로를 포함하면, 제어기(610)는 단순히 요청을 도로 곡률 평가기(612)에 중계하고, 인터페이스(606)를 통해 도로 곡률 평가기(612)로부터의 평가로 요청에 응답한다. 그러나, 요청이 운전하는 길안내(즉, 경로 요청)에 대한 요청도 포함하고 있으면, 제어기(610)는 먼저 경로를 생성하기 위해 경로 생성기(608)에 요청을 송신한다. 그 후, 제어기는 경로 생성기(608)로부터의 경로를 도로 곡률 평가기(612)에 중계하고, 경로 및 도로 곡률 평가기(612)의 평가로 요청에 응답한다.
- [0061] 지면 기반 루트 플래닝 시스템(604)은 자동차(614)를 또한 수반할 수 있다. 자동차(614)는 현 위치 지시기(616) 및/또는 속도 조절기(618)를 포함한다. 현 위치 지시기(616)는 지면 기반 루트 플래닝 시스템에 의해 생성된 경로를 따르는 자동차(614)의 현 위치를 지면 기반 루트 플래닝 시스템(604)의 제어기(610)에 제공할 수 있다. 현 위치 지시기(616)는 GPS 유닛 및/또는 지면 기반 네비게이션을 위한 다른 시스템일 수 있다. 경로를 따르는 자동차(614)의 현 위치로, 제어기(610)는 자동차(614)의 속도 조절기(618)를 제어하기 위해 경로의 최적 속도 프로파일을 이용할 수 있다. 속도 조절기(618)는 예를 들어, 크루즈 제어(cruise control)를 포함한다. 이는 유리하게는, 크루즈 제어와 같은 속도 조절기(618)를 이용할 때, 자동차(614)가 회전을 위해 감속하는 것을 허용한다. 대안으로, 제어기(610)는 제어기(610)가 사용자-제공 파라미터들 또는 사전 프로그래밍된 파라미터들에 기초하여 운전자에게 속도 한도를 부과하는 "일방 크루즈 제어(one-sided cruise control)"를 용이하게 할 수 있다. 예를 들어, 이러한 파라미터들은 도로 조건들에 대해 지나치게 빠른 커브를 입력하는 운전자의 능력을 제한할 수 있다. 이해되는 바와 같이, 이는 안전을 향상시키는데 유리하다. 다른 실시예에 따라, 제어기(610)는 운전자에게 감속을 위한 오디오 및/또는 비주얼 경고를 제공할 수 있다. 이 또한 안전을 향상시키는데 유리하다. 앞선 논의가 상술한 특징들을 조정하는 제어기를 계획했지만, 제어기는 단순히 자동차(614)에 경로에 대한 속도 프로파일만을 제공할 수 있고, 이에 의해 자동차(614)는 속도 조절기(618)를 제어하는 등의 앞선 특징들 중 하나 이상을 수행할 수 있다.
- [0062] 도 7을 참조하여, 경로의 곡률을 평가하는 시스템(700)의 대안 실시예가 예시된다. 시스템(700)은 컴퓨터(710), 마이크로프로세서, 마이크로제어기, 그래픽 처리 유닛(GPU) 등과 같은 디지털 처리기 및 저장장치를 포함하는 다른 디지털 처리 디바이스에 의해 적합하게 구현된다. 다른 실시예들에서, 도로 곡률을 평가하는 시스템(700)은 디지털 처리기를 포함하고 디지털 데이터 저장장치를 포함하거나 액세스할 수 있고 인터넷 또는 로컬 영역 네트워크를 통해 적합하게 액세스되는 서버, 또는 디지털 처리기 및 디지털 데이터 저장장치 등을 포함하는 개인 휴대 정보 단말(PDA)에 의해 구현될 수 있다. 컴퓨터 또는 다른 디지털 처리 디바이스는 도로 곡률 평가를 제어하기 위한 사용자 입력을 수신하는 예시된 키보드(714)와 같은 하나 이상의 사용자 입력 디바이스를 적절히 포함하거나 동작하게 연결되고, 추가로 도로 곡률 평가기(700)의 출력에 기초하여 생성된 출력을 디스플레이하는 예시된 디스플레이(712)와 같은 하나 이상의 디스플레이 디바이스들을 더 포함하거나 동작하게 연결된다. 다른 실시예들에서, 도로 곡률 평가기(700)를 제어하는 입력이 컴퓨터(710)상의 도로 곡률 평가기(700)에 앞서 또는 동시에 실행하는 다른 프로그램 또는 네트워크 연결 등으로부터 수신된다. 유사하게, 다른 실시예들에서, 출력은 컴퓨터상의 시스템(700)과 동시에 또는 후속적으로 실행하는 다른 프로그램에 대한 입력으로서 역

할 수 있거나, 네트워크 연결 등을 통해 전송될 수 있다.

- [0063] 도로 곡률 평가기 시스템(700)은 선택적인 사전-경로 모듈(702); 허용 가능한 속도 모듈(704); 최적 속도 모듈(706); 및 사용자 모듈(708)을 포함한다. 사용되면, 선택적인 사전-경로 모듈(702)이 도로 곡률 평가기 시스템(700) 외부의 소스(예를 들어, 인터넷)로부터 사전-경로를 수신하고, 도 1의 단계(102)와 연계하여 기술된 바와 같이 사전-경로로부터 경로를 생성한다. 그 후, 허용 가능한 속도 모듈(704)이 사전-경로 모듈(702)로부터 경로를 수신한다. 선택적인 사전-경로 모듈(702)이 이용되지 않는 경우, 허용 가능한 속도 모듈(704)은 도로 곡률 평가기 시스템(700) 외부의 소스(예를 들어, 인터넷)로부터 경로를 수신하고, 허용 가능한 속도 프로파일을 생성한다. 허용 가능한 속도 프로파일은 도 1의 단계(104)와 연계하여 기술된 바와 같이 생성되는 것이 바람직하다. 최적 속도 모듈(706)은 경로 및 허용 가능한 속도 모듈(704)로부터 허용 가능한 속도 프로파일을 수신한다. 최적 속도 모듈(706)은 그 후 수신된 경로 및 허용 가능한 속도 프로파일을 이용하여 가속 제한들 및 속도 제한들을 만족하는 최적 속도 프로파일을 생성한다. 최적 속도 모듈은 도 1의 단계(106)와 연계하여 기술된 바와 같이 최적 속도 프로파일을 생성한다. 그 후, 최적 속도 프로파일은 디스플레이에 출력되거나, 인쇄출력 및/또는 플래너들(planners)과 같은 부가적인 판단 메커니즘들내로 구현된다. 대안으로, 최적 속도 프로파일이 생성된 이후, 사용자 모듈(708)은 최적 속도 모듈로부터 최적 속도 프로파일 및 대응하는 가속 프로파일을 수신한다. 또한, 사용자 모듈(708)은 최적의 이동 시간, 평안도, 또는 다른 유사한 요청들 중 하나 이상에 대한 외부 요청을 수신한다. 요청에 의존하여, 사용자 모듈(708)은 도 1의 단계들(108 및 110)과 연계하여 논의한 바와 같이, 속도 프로파일 및/또는 가속 프로파일을 분석한다. 그 후, 요청에 대한 응답이 디스플레이에 출력되거나, 인쇄출력 및/또는 플래너와 같은 부가적인 판단 메커니즘들내로 구현된다.
- [0064] 일부 실시예들에서, 본 출원의 상술한 예시적인 방법들, 이 방법을 이용하는 도로 곡률 평가기 등은 예시적인 방법들 및/또는 도로 곡률 평가를 구현하기 위해 실행가능한 명령들(예를 들어, 디지털 처리기에 의한)을 저장한 저장 매체에 의해 구현된다. 저장 매체는 예를 들어, 마그네틱 디스크 또는 다른 마그네틱 저장 매체; 광학 디스크 또는 다른 광학 저장 매체; 랜덤 액세스 메모리(RAM), 판독 전용 메모리(ROM), 또는 다른 전자 메모리 디바이스 또는 칩 또는 동작 가능하게 서로 연결된 칩들의 세트; 및 저장된 명령들이 인터넷 또는 로컬 영역 네트워크를 통해 검색될 수 있는 인터넷 서버 등을 포함할 수 있다.
- [0065] 도 8 내지 도 17을 참조하여, 상술한 시간 최적 스위핑 알고리즘의 실험적인 테스트 결과들이 예시된다. 시간 최적 스위핑 알고리즘은 2개의 예시적인 경로 플래닝 알고리즘들: A^* 알고리즘 및 패스트 마칭 알고리즘에 적용된다. 또한, 모든 실험들은 3.4 GHz 펜티엄 IV 컴퓨터를 이용하여 실행된다. 아래에서 보다 상세히 기술되는 바와 같이, 시간 최적 스위핑 알고리즘을 실행하기 위한 시간은 $O(n)$ 시간 복잡성에 의해 예상되는 바와 같이 이 알고리즘이 계산적으로 미미하다는 것을 나타낸다.
- [0066] 도 8에 도시된 가시성 그래프를 통해 최단 거리를 찾기 위해 A^* 를 이용하여 생성된 경로를 고려하여, 최단 경로의 생성은 Matlab를 이용하여 20ms 이하로 요구된다. 그러나, 이 방법은 자동차가 가파른 코너들에서 정지하기 위해 느려질 필요가 있어야 한다는 동적인 제한들을 무시한다. 최적 시간 스위핑 알고리즘을 실행하기 위해, 최단 경로는 0.2m 증분들로 구획되고 그 결과 최적 시간 스위핑을 실행하기 위해 1ms 이하의 계산 시간이 발생한다. 결과들이 도 10 내지 도 13에 도시된다. 가속 및 속도 제한들 하에서 경로를 횡단하는 최소 시간은 13.6sec이다.
- [0067] 제시된 방법의 한 단점은 구획의 섬세함에 의존하여 많은 경로 플래닝 알고리즘들에 공통인 문제인 코너들이 잘려질 수 있다는 것이다. 그러나, 충분히 정밀한 구획을 선택하는 계산 비용은 스위핑 알고리즘의 낮은 실행 시간을 고려하면 낮고, 이에 의해 임의의 정밀함이 장애물들을 피하는데 사용될 수 있다. 공간 구획의 정밀함을 증가시키는 효과는 근원적인 소정의 경로의 각 턴(turn)에서 속력이 0으로 느려지기 때문에 탄도(trajjectory)를 완료하는데 총 시간이 증가한다는 것이다. 임의의 문제 공식들에서, 원 플랜(plan)의 생성에 사용된 장애물들의 해상도에서 충분한 여유가 존재하는 경우 코너들이 잘려지는 것이 바람직하다. 이는 경로들에서 가파른 코너들이 멈춤 없이 횡단되는 것을 허용하고, 이는 가시성 그래프의 경우에서와 같이 경로에서 가파른 코너가 존재할 때 유리하다.
- [0068] 도 9에 도시된 플래너 파형 근사치를 갖는 패스트 마칭을 이용하여 생성된 경로를 고려하여, 구획 그리드를 이용하는 이 방법은 거리가 증가함에 따라 코스트(the cost)를 늘려서 목적지(goal) 외부로부터 목적지에 도달한다. 장애물들로 가까이 근접하면 이 코스트가 증가하여 표면들 주변 앞에 파형의 굴절을 발생시킨다. 결과적인 코스트 맵을 이용하여, 기울기 감소는 코스트 맵에 따라 타겟까지의 최고의 경로를 발견하는데 이용된다. 도시된 예에서, 완성 경로 발견 알고리즘은 재차 20ms 이하에서 실행된다. 장애물들에 대한 회피로 인해, 이

코스트 맵은 장애물들에 근접하게 되는 경우 차량이 페널티를 받기 때문에 목적지까지의 시간이 정확하지는 않다. 최적의 시간 스위핑 알고리즘을 실행하기 위해, 패스트 마칭 경로는 재차 0.2m 증분들로 구획되고, 1 ms 이하의 계산 시간이 발생한다.

[0069] 도 14 내지 도 17에 결과들이 도시된다. 가속 및 속도 제한들 하에서 경로를 횡단하기 위한 최소 시간은 13.8sec였다. 패스트 마칭에 대한 결과들은 가시성 그래프의 결과들과 상이하다. 장애물들에 대한 회피가 보다 매끄러운 경로들을 발생시키지만, 경로들은 가시성 그래프보다 항상 긴 것은 아니다. 그 결과, 때때로 가시성 그래프가 더 빠르고, 때때로 패스트 마칭 경로가 더 빠르다. 장애물들에 대한 회피는 패스트 마칭이 가능하면 작은 간극들을 통해 진행하는 것을 방지하는 경향을 갖게 하고, 이는 구불구불한 코너들이 존재하는 경우 유리하지만, 단순한 간극이 존재하는 경우 성능에 지장을 준다. 결과적인 최소 시간 가속은 코너들의 부재로 인해 가시성 그래프의 경우보다 훨씬 매끄럽게 변형된 패스트 마칭 경로가 차지한다. 트랙 횡단 가속으로 인한 최대 속도 제한은 가시성 그래프 경로보다 더 많은 시간동안 활성이고, 최소 값들은 낮지 않아서, 평균 속도는 두 예들에 경우 동등한 것에 가깝다.

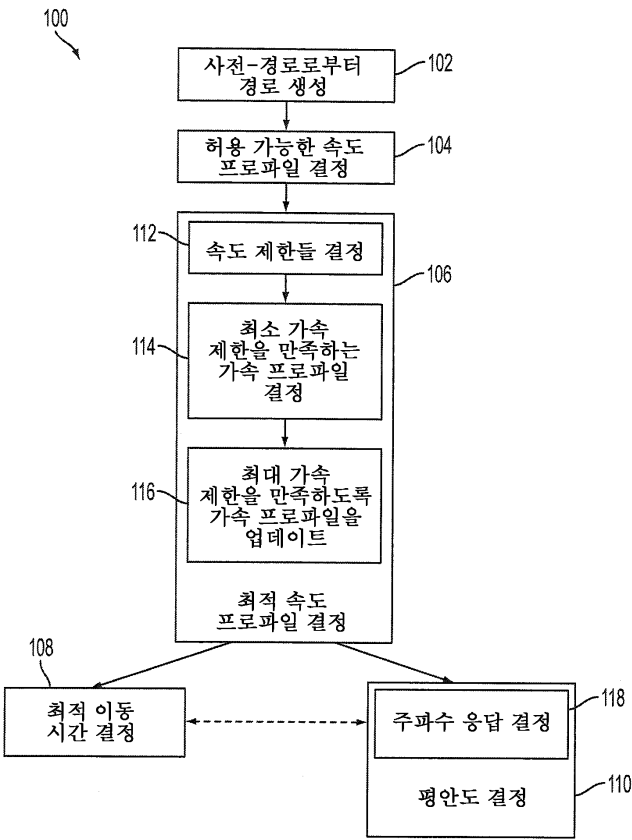
[0070] 두 예들에서, 주변을 통과하는 경로를 발견하기 위한 계산 시간은, 우선 동적인 제한들이 경로를 발견하는데 무시되고, 이후 최적 시간 스위핑 알고리즘에 의해 포함되기 때문에, 낮다. 차량 동력 및 경로 계획들을 개별적으로 고려함으로써, 전체적인 경로들은 최적이지 않다. 그러나, 이미 양호한 경로들이 주어지면, 최적 시간 스위핑 알고리즘은 최소 시간에 경로를 횡단하는 제어 입력 및 속도 계획을 생성한다.

부호의 설명

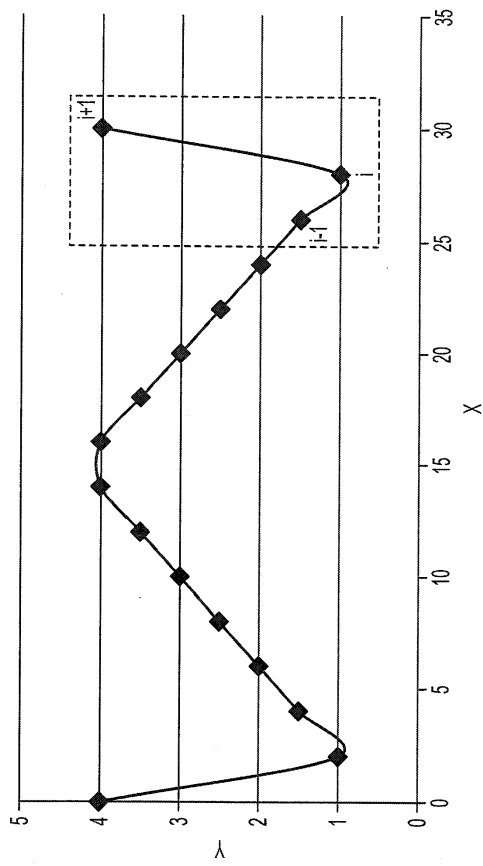
[0071]	602: 사용자	606: 인터페이스
	604: 지면 기반 루트 플래닝 시스템	608: 경로 생성기
	610: 제어기	612: 도로 곡률 평가기
	616: 현 위치 지시기	618: 속도 조절기
	702: 사전-경로 모듈	704: 허용 가능한 속도 모듈
	706: 최적 속도 모듈	708: 사용자 모듈
	710: 컴퓨터	712: 디스플레이

도면

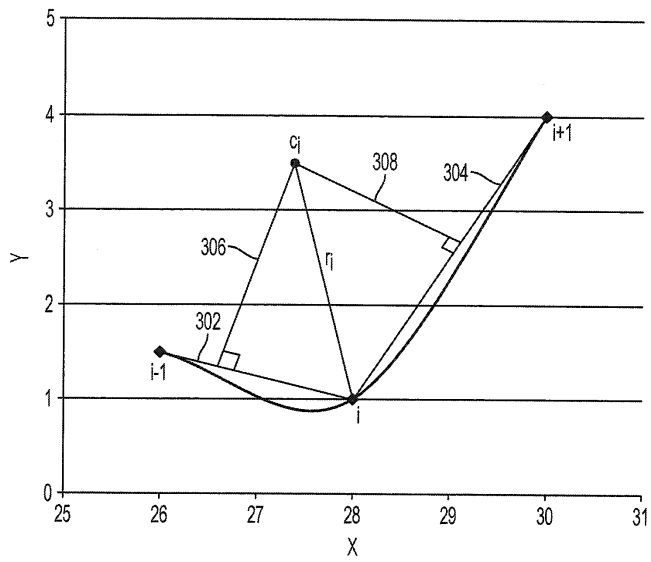
도면1



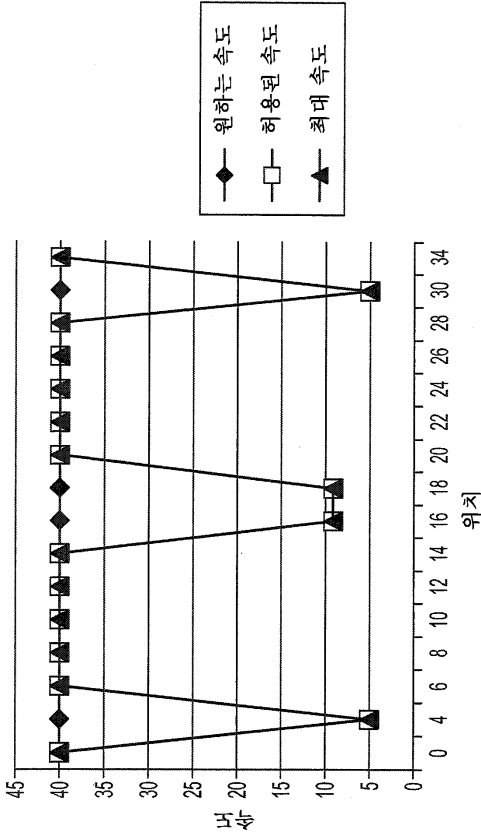
도면2



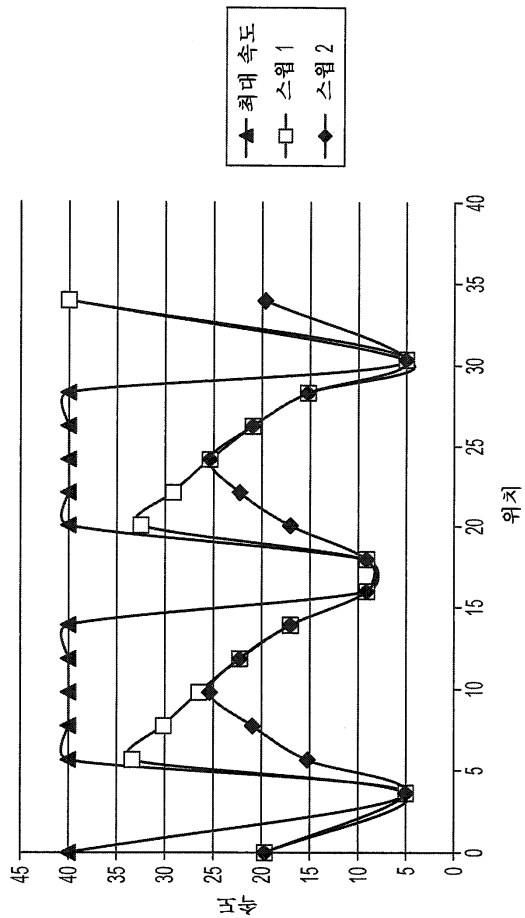
도면3



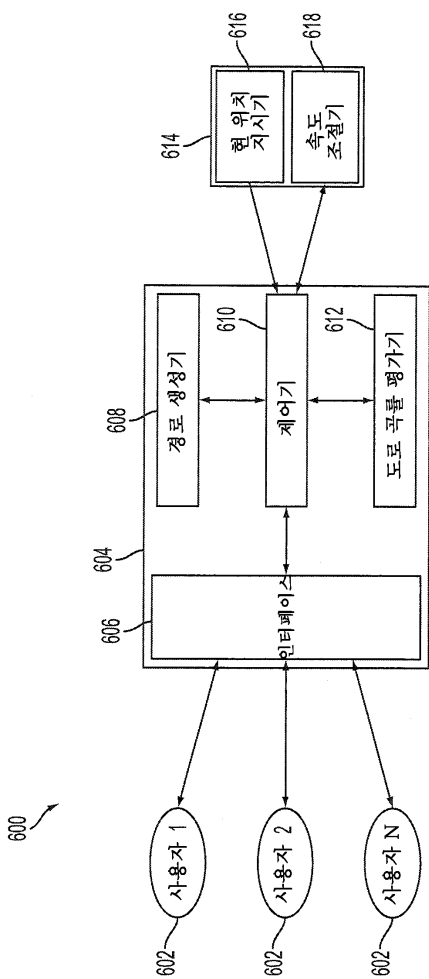
도면4



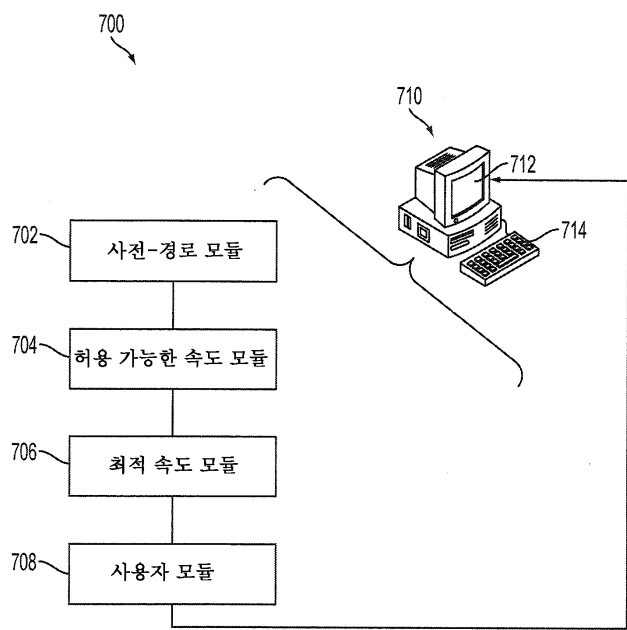
도면5



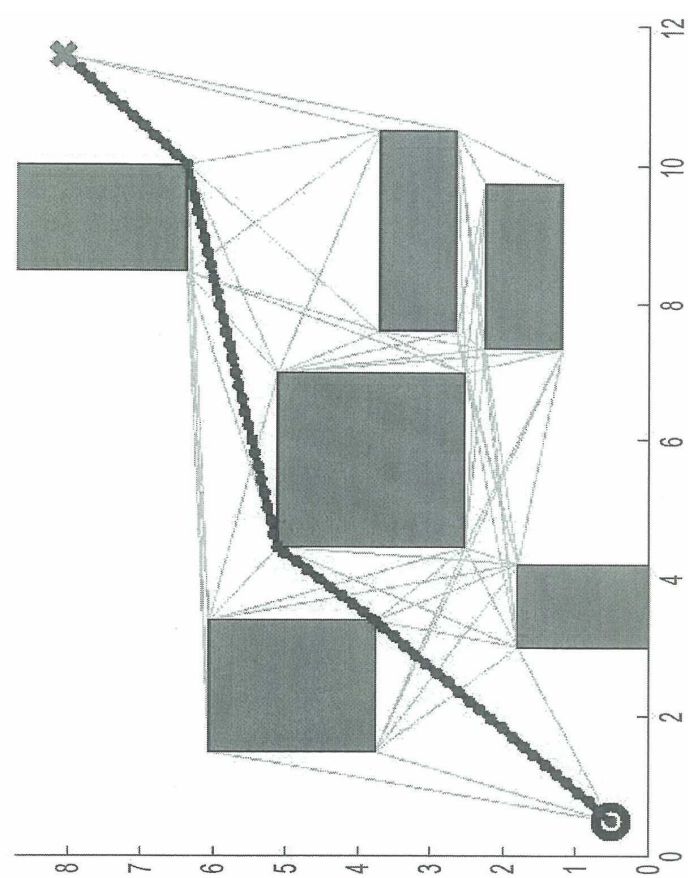
도면6



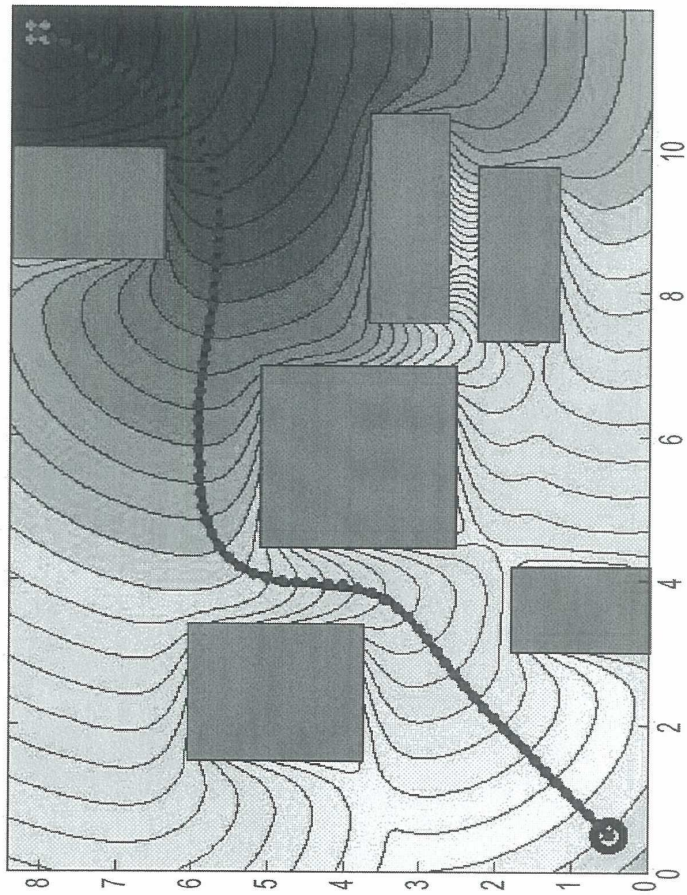
도면7



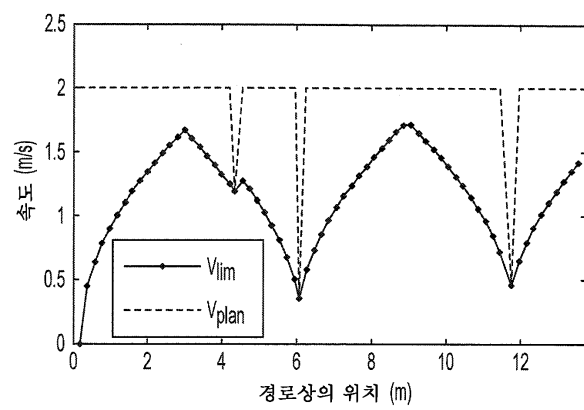
도면8



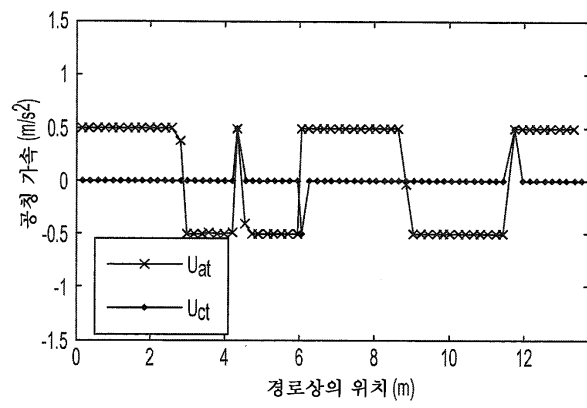
도면9



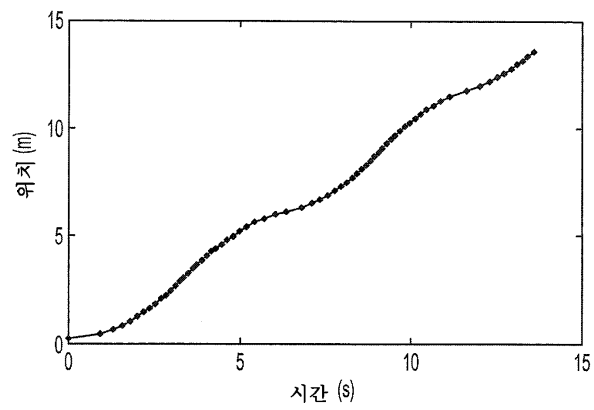
도면10



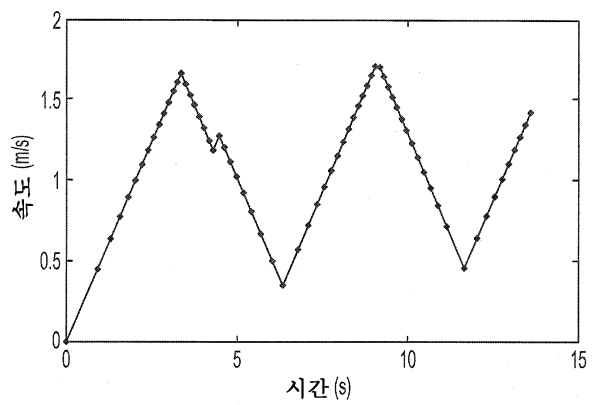
도면11



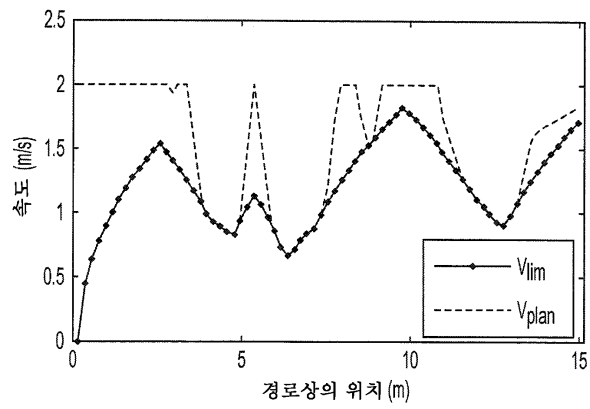
도면12



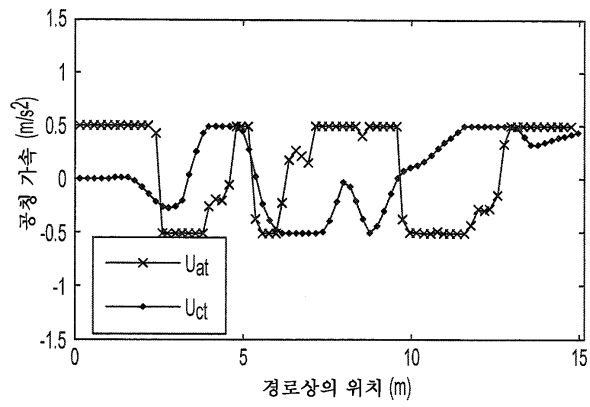
도면13



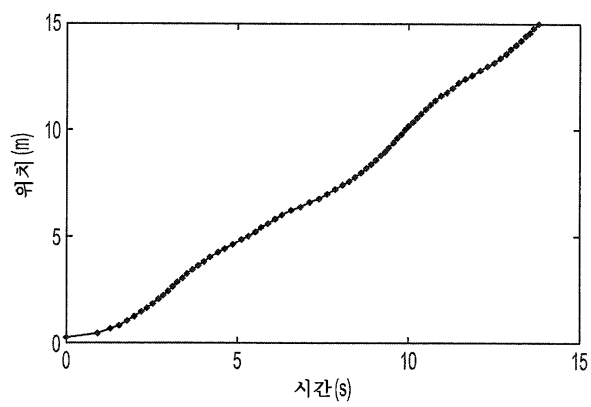
도면14



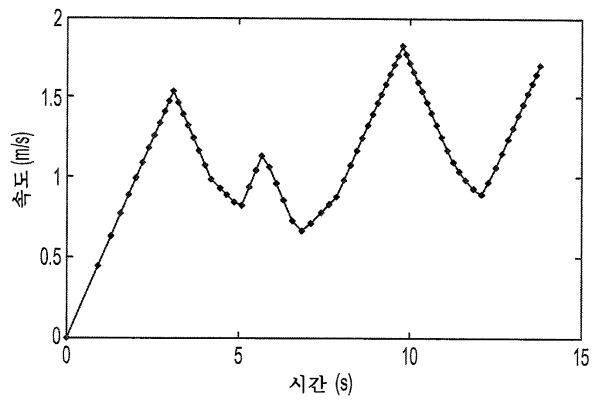
도면15



도면16



도면17



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

상기 원하는 속도

【변경후】

원하는 속도

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 14

【변경전】

상기 미리 결정된

【변경후】

미리 결정된

【직권보정 3】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 10

【변경전】

상기 가속 프로파일

【변경후】

상기 가속도 프로파일