

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0077566 (43) 공개일자 2014년06월24일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) B60K 28/02 (2006.01) B60W 50/08 (2006.01) (21) 출원번호 10-2012-0146516 (22) 출원일자 2012년12월14일 심사청구일자 2012년12월14일		(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가) (72) 발명자 이성환 서울 강남구 언주로30길 13, B동 2406호 (도곡동, 대림아크로빌) 김일화 서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교안암캠퍼스 미래융합기술관 214호 (74) 대리인 최관락, 송인호, 민영준

전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 뇌파를 이용한 주행체 제어 방법, 장치 및 그 방법을 수행하기 위한 프로그램을 기록한 기록매체

(57) 요약

뇌파를 이용한 주행체 제어 방법 및 장치가 개시된다. 뇌파를 이용한 주행체 제어 방법은, 운전 상황에 따른 시각 자극, 청각 자극 및 진동 자극 중 적어도 하나의 자극을 운전자에게 제공하도록 시뮬레이션 환경을 제공하고, 시뮬레이션 환경에 따른 운전자 뇌파를 측정 한 후 측정된 뇌파를 분석하여 유발적 뇌파와 자발적 뇌파를 검출하고, 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파를 이용하여 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별하여 운전 상황에 따른 운전자의 의도를 반영하여 주행체를 제어할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012005741

부처명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원_도약연구

연구과제명 뇌 신호 자동 분석을 통한 차량 운전 및 위험 상황 인지 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2012.05.01 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

운전 상황에 따른 시각자극, 청각 자극 및 진동 자극 중 적어도 하나의 자극을 운전자에게 제공하도록 시뮬레이션 환경을 제공하는 운전 시뮬레이션부;

상기 시뮬레이션 환경에 따른 운전자 뇌파를 측정하는 뇌파 측정부;

상기 측정된 뇌파를 분석하여 유발적 뇌파와 자발적 뇌파를 검출하고, 상기 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파를 이용하여 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별하는 판별부; 및

상기 판별된 운전 상황에 따른 운전자 의도를 반영하여 주행체를 제어하는 제어부를 포함하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 판별부의 판별 성능을 평가하는 성능 평가부를 더 포함하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 평가에 따른 결과를 상기 판별부의 운전 상황에 따른 운전자 의도 판별에 반영하는 갱신부를 더 포함하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 판별부는,

상기 유발적 뇌파의 P300 성분과 상기 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파 중 적어도 하나의 준비전위(RP, Readiness Potential)를 특징 벡터로 설정하는 것을 특징으로 하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 판별부는,

상기 P300 성분과 상기 준비 전위를 이용하여 운전자의 의도를 판별하는 것을 특징으로 하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 판별부는,

상기 뇌파의 SMR(Sensorymotor Rhythm) 영역을 대역 통과 필터를 통해 검출하고,

상기 검출된 SMR 영역 분석을 통해 동작 상상을 판별하고, 판별된 동작 상상에 따른 운전 상황 분류에 따라 운전자의 제어, 가속, 감속 및 조향 의도 중 적어도 하나를 판별하는 것을 특징으로 하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 동작 상상은 왼손, 오른손 및 혀 동작 상상 중 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 뇌파를 이용한 주행체

제어 장치.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 동작 상상에 따른 운전 상황 분류는 RLDA(regularized linear discriminant analysis) 및 상기 RP 및 상기 P300를 이용하여 구성된 특징 벡터를 이용하는 것을 특징으로 하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 판별부는 상기 유발적 뇌파와 상기 자발적 뇌파를 동시에 검출하기 위해 뇌파를 시간, 공간 주파수 영역 기반의 특징 벡터들 사이에 상관 관계를 반영하여 계층적 베이지안 확률 네트워크 모델에 적용하여 주행체 제어를 위한 운전자 의도를 판별하는 것을 특징으로 하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 주행체 제어는 제동, 가속, 감속 및 조향 중 적어도 하나에 대한 제어인 것을 특징으로 하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 뇌파 측정부는,

운전자가 두피에 착용한 복수의 전극을 통해 뇌파를 측정하되,

상기 복수의 전극은 10 ~ 20 전극 배치 방법에 따라 Cz, C3, C4, P9, P10, T7, T8에 배치되는 것을 특징으로 하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 12

운전 상황에 따른 운전자 뇌파를 측정하는 뇌파 측정부;

상기 측정된 뇌파를 분석하여 유발적 뇌파와 자발적 뇌파를 검출하고, 상기 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파를 이용하여 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별하는 판별부; 및

상기 판별된 운전 상황에 따른 운전자 의도를 반영하여 주행체를 제어하는 제어부를 포함하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 판별부는,

상기 유발적 뇌파의 P300 성분과 상기 자발적 뇌파의 준비전위(RP, Readiness Potential)를 특징 벡터로 설정하는 상기 운전자 의도를 판별하는 주행체 제어 장치.

청구항 14

운전 상황에 따른 시각 자극, 청각 자극 및 진동 자극 중 적어도 하나의 자극을 운전자에게 제공하도록 시뮬레이션 환경을 제공하는 단계;

상기 시뮬레이션 환경에 따른 운전자 뇌파를 측정하는 단계;

상기 측정된 뇌파를 분석하여 유발적 뇌파와 자발적 뇌파를 검출하고, 상기 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파를 이용하여 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별하는 단계; 및

상기 판별된 운전 상황에 따른 운전자 의도를 반영하여 주행체를 제어하는 단계를 포함하는 뇌파를 이용한 차량 제어 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별하는 단계는,

상기 유발적 뇌파의 P300 성분과 상기 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파 중 적어도 하나의 준비전위(RP)를 특징 벡터로 설정하여 검출하고, 상기 P300 성분과 상기 준비전위를 이용하여 운전자의 의도를 판별하는 것을 특징으로 하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 방법.

청구항 16

제14항에 따른 방법을 수행하는 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 주행체 제어에 관한 것으로, 보다 상세하게 본 발명은 유발전위와 자발전위를 모두 이용하여 차량과 같은 주행체를 제어할 수 있는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 기존에는 뇌파를 이용하여 신체 마비환자를 위한 보철 기구 제어, 의사소통을 위한 스펠러, 또한 주의력 결핍이나 과잉활동 장애(ADD/ADHD)와 같은 의료 분야에서 주로 기술이 사용되었다. 그러나, 최근에는 뇌파를 이용하여 로봇이나 차량, 텔레비전을 인간 친화적으로 제어하기 위한 기술 개발 및 연구 활동이 활발하게 진행되고 있다.

[0003] 그러나, 뇌파를 이용하여 로봇, 차량, 텔레비전을 제어하기 위한 기술들은 크게 세가지 문제점이 있다. 첫째, 긴급 상황(위험 상황)이라는 시각적인 자극에서 오는 유발적인 뇌파만을 이용하여 차량 제동을 하기 때문에 긴급 상황(위험 상황)을 제외한 훨씬 다양한 차량 제동 상황에서 운전자의 의도를 제대로 반영하지 못하고 제동하게 되어 오히려 더 많은 위험을 뒤따르게 만든다.

[0004] 한국공개특허 제10-2012-68625호(발명의 명칭: 뇌파센서를 이용한 장애인용 드라이빙 시뮬레이터의 가감속 시스템 및 뇌파센서를 이용한 장애인용 차량의 가감속 제어 방법)에 따르면, 뇌파 신호와 함께 안구의 움직임 및 이물기를 통한 자작근 신호를 이용하여 가감속을 제어한다는 점을 개시하고 있습니다.

[0005] 그러나, 종래에는 운전자의 동작 관련 뇌파를 이용한 운전 제어 시스템이 제안되지 않기 때문에 정확히 제어가 이루어지지 못하는 문제점이 있었다.

[0006] 또한, 개개인마다 뇌파의 차이가 있으나, 이를 반영하지 않고, 고정된 판별 시스템을 사용함으로써 운전자 개개인에 적합한 최적의 시스템을 제공하지 못하는 문제를 가지고 있다.

[0007] 마지막으로, 차량의 제동만을 제어하기 때문에 근본적으로 완벽히 인간친화적인 차량 자율 주행 시스템을 구현하기에는 조향, 가속과 같은 운전자의 의도를 충분히 반영하지 못한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 운전자의 유발적인 뇌파와 자발적인 뇌파를 동시에 고려하여 운전자의 의도를 정확하게 파악하여 차량에 대한 주행을 위한 제어가 가능하도록 할 수 있는 뇌파를 이용한 주행체 제어 방법 및 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0009] 또한, 본 발명은 개개인마다 차이가 있는 뇌파 특성을 반영한 운전자의 의도를 판별하여 차량 제어를 위한 성능을 향상시킬 수 있는 뇌파를 이용한 주행체 제어 방법 및 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 측면에 따르면, 운전자의 유발전위와 자발전위를 모두 이용하여 주행체를 제어할 수 있는 장치가 제공된다.
- [0011] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 운전 상황에 따른 시각자극, 청각 자극 및 진동 자극 중 적어도 하나의 자극을 운전자에게 제공하도록 시뮬레이션 환경을 제공하는 운전 시뮬레이션부; 상기 시뮬레이션 환경에 따른 운전자 뇌파를 측정하는 뇌파 측정부; 상기 측정된 뇌파를 분석하여 유발적 뇌파와 자발적 뇌파를 검출하고, 상기 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파를 이용하여 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별하는 판별부; 및 상기 판별된 운전 상황에 따른 운전자 의도를 반영하여 주행체를 제어하는 제어부를 포함하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치가 제공된다.
- [0012] 상기 판별부의 판별 성능을 평가하는 성능 평가부를 더 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 평가에 따른 결과를 상기 판별부의 운전 상황에 따른 운전자 의도 판별에 반영하는 갱신부를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 판별부는, 상기 유발적 뇌파의 P300 성분과 상기 자발적 뇌파의 준비전위(RP, Readiness Potential)를 특징 벡터로 설정할 수 있다.
- [0015] 상기 판별부는, 상기 P300 성분과 상기 준비전위를 이용하여 운전자의 의도를 판별할 수 있다.
- [0016] 상기 판별부는, 상기 뇌파의 SMR(Sensorymotor Rhythm) 영역을 대역 통과 필터를 통해 검출하고, 상기 검출된 SMR 영역 분석을 통해 동작 상상을 판별하고, 판별된 동작 상상에 따른 운전 상황 분류에 따라 운전자의 제어, 가속, 감속 및 조향 의도 중 적어도 하나를 판별할 수 있다.
- [0017] 상기 동작 상상은 왼손, 오른손 및 허 동작 상상 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0018] 상기 동작 상상에 따른 운전 상황 분류는 RLDA(regularized linear discriminant analysis)를 이용할 수 있다.
- [0019] 상기 판별부는 상기 유발적 뇌파와 상기 자발적 뇌파를 동시에 검출하기 위해 뇌파를 시간, 공간 주파수 영역 기반의 특징 벡터를 사이에 상관 관계를 반영하여 계층적 베이지안 확률 네트워크 모델에 적용하여 주행체 제어를 위한 운전자 의도를 판별할 수 있다.
- [0020] 상기 주행체 제어는 제동, 가속, 감속 및 조향 중 적어도 하나에 대한 제어일 수 있다.
- [0021] 상기 뇌파 측정부는, 운전자가 두피에 착용한 복수의 전극을 통해 뇌파를 측정하되, 상기 복수의 전극은 10 ~ 20 전극 배치 방법에 따라 Cz, C3, C4, P9, P10, T7, T8에 배치될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 운전 상황에 따른 운전자 뇌파를 측정하는 뇌파 측정부; 상기 측정된 뇌파를 분석하여 유발적 뇌파와 자발적 뇌파를 검출하고, 상기 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파를 이용하여 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별하는 판별부; 및 상기 판별된 운전 상황에 따른 운전자 의도를 반영하여 주행체를 제어하는 제어부를 포함하는 뇌파를 이용한 주행체 제어 장치가 제공된다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 운전 상황에 따른 시각자극, 청각 자극 및 진동 자극 중 적어도 하나의 자극을 운전자에게 제공하도록 시뮬레이션 환경을 제공하는 단계; 상기 시뮬레이션 환경에 따른 운전자 뇌파를 측정하는 단계; 상기 측정된 뇌파를 분석하여 유발적 뇌파와 자발적 뇌파를 검출하고, 상기 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파를 이용하여 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별하는 단계; 및 상기 판별된 운전 상황에 따른 운전자 의도를 반영하여 주행체를 제어하는 단계를 포함하는 뇌파를 이용한 차량 제어 방법이 제공된다.
- [0024] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기한 방법을 수행하는 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능한 기록매체가 제공된다.

발명의 효과

- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌파를 이용한 주행체 제어 방법 및 장치를 제공함으로써, 운전자의 유발적인 뇌파와 자발적인 뇌파를 동시에 고려하여 운전자의 의도를 정확하게 파악하여 주행을 위한 제어가 가능하도록 할 수 있다.
- [0026] 또한, 본 발명은 개개인마다 차이가 있는 뇌파 특성을 반영한 운전자의 의도를 판별하여 제어 성능을 향상시킬

수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌파를 이용한 차량 제어를 설명하기 위해 도시한 도면.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 10 ~20 전극 배치 방법을 설명하기 위해 도시한 도면.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌파를 위한 차량 제어 장치의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도.
 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 발동작과 관련된 뇌파 영역을 예시한 도면.
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 계층적 베이지안 확률 네트워크 모델의 추상 레벨을 도시한 도면.
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 특정 상태에서의 계층적 베이지안 네트워크 구성을 도시한 도면.
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌파를 이용하여 차량을 제어하는 방법을 나타낸 순서도.
 도 9 내지 11은 다양한 위험 상황에서의 뇌파 활성화 상태를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0029] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0030] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0031] 이하, 본 발명의 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0032] 본 발명은 뇌파를 이용하여 차량과 같은 운전자의 조작에 의해 주행되는 대상물(주행체)을 제어하기 위한 기술에 관한 것이다. 뇌파(EEG: Electroencephalography)는 뇌에서 발생한 신호를 전극으로 측정한 신호를 의미한다.
- [0033] 뇌파는 일반적으로 유발적 뇌파(유발전위)와 자발적 뇌파(자발전위)로 구분된다. 유발적 뇌파는 위험 상황에 따른 외부 자극(예를 들어, 위험 상황에 따른 브레이크 등 점멸, 차량의 움직임)에 의해 운전자의 비자발적 의도에 의해 발현되는 뇌파를 의미한다.
- [0034] 반면, 자발적 뇌파는 운전자가 자발적으로 차량의 페달을 밟거나 스티어링 휠을 회전하는 것과 같은 동작을 취하는 경우 발생하는 뇌파를 의미한다.
- [0035] 이러한 뇌파의 주파수에 따른 대역별 특성, 시간 영역에서의 특성 등은 사람의 어떤 뇌가 기능을 하고 있는지에 따라 변화하게 되며, 주파수와 전압의 범위에 따라 델타, 세타, 알파, 베타, 감마파 등으로 나뉜다.
- [0036] 뇌파의 각 주파수별 특징은 아래와 같다.
- [0037] 델타(δ)파는 0.1~3Hz의 주파수와 20~200 μV 의 진폭을 보이며, 정상인의 깊은 수면 상태나 신생아들로부터 주로 나타난다.
- [0038] 세타(θ)파는 4~7Hz의 주파수와 20~100 μV 의 진폭을 보이며, 정서적으로 안정된 상태나 수면상태에서 나타난다.
- [0039] 알파(α)파는 8~12Hz의 주파수와 20~60 μV 의 진폭을 보이며, 긴장이 이완된 편안한 상태에서 나타나며 안정된

상태일수록 진폭이 증가한다.

- [0040] 베타(β)파는 12~30Hz의 주파수와 2~20 μV 의 진폭을 보이며, 깨어 있거나 의식적인 활동을 할 때 나타난다.
- [0041] 감마(γ)파는 30~50Hz의 주파수와 2~20 μV 의 진폭을 보이며, 강한 흥분 상태에서 나타난다.
- [0042] 이 밖에도 사람의 움직임을 관장하는 뇌의 영역(Sensorymotor cortex)에서 발생하는 12~15Hz 주파수 영역의 SMR(Sensorymotor Rhythm)파가 있다.
- [0043] 이하, 뇌파를 이용하여 주행체를 제어하기 위한 방법에 대해 구체적으로 기술하기로 한다. 이하에서는 주행체가 차량인 것을 중심으로 설명할 것이나, 이에 한정됨이 없이 주행체는 운전자의 조작에 의해 제어될 수 있는 전동 휠체어 및 그밖에 대상물을 모두 포함할 수 있다.
- [0044] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌파를 이용한 차량 제어를 설명하기 위해 도시한 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 10 ~20 전극 배치 방법을 설명하기 위해 도시한 도면이다.
- [0045] 도 1에 도시된 바와 같이, 운전 시뮬레이션 상황에서 운전자의 뇌파를 정확하게 측정하기 위해 복수의 전극이 지정된 방법에 따라 배치되어 운전자의 신체 일 영역(예를 들어, 두피)에 배치된다. 복수의 전극은 10~20 전극 배치 방법에 따라 운전자의 신체 일 영역에 배치 부착된다. 예를 들어, 복수의 전극은 10 ~20 전극 배치 방법에 따른 Cz, C3, C4, P9, P10, T7, T8 위치에 운전자의 신체 일 영역에 배치/부착될 수 있다(도 2 참조).
- [0046] 이와 같이, 운전자의 신체 일 영역에 복수의 전극을 배치하여 부착시킨 상태에서, 차량 제어 장치는 운전자에게 실제 운전 상태와 동일한 운전 시뮬레이션 환경을 제공하여 운전자의 유발적인 뇌파(즉, 유발전위)와 자발적인 뇌파(자발전위)를 측정/고려하여 운전 상황을 다양하게 모델링함으로써 차량을 제어할 수 있다. 여기서, 운전 시뮬레이션 환경은 운전 상황에 따른 시각 자극, 청각 자극 및 진동 자극 중 적어도 하나의 자극을 포함하여 운전자에게 제공될 수 있다.
- [0047] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌파를 위한 차량 제어 장치의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도이고, 도 4 및 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 발동작과 관련된 뇌파 영역을 예시한 도면이며, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 계층적 베이지안(Bayesian) 확률 네트워크 모델의 추상 레벨을 도시한 도면이고, 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 특정 상태에서의 계층적 베이지안 네트워크 구성을 도시한 도면이다.
- [0048] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 차량 제어 장치(300)는, 운전 시뮬레이션부(310), 뇌파 측정부(315), 의도 및 상황 판별부(320), 차량 제어부(325), 성능 평가부(330) 및 갱신부(335)를 포함하여 구성된다.
- [0049] 운전 시뮬레이션부(310)는 도 1에서 설명한 바와 같이, 복수의 전극을 신체 일 영역에 배치/부착한 운전자에게 실제 차량 운전과 유사한 운전 상황에 대한 시뮬레이션 환경을 제공하기 위한 수단이다. 이때, 운전 시뮬레이션 부(310)는 운전자가 차량을 실제 운전하는 것과 유사한 환경을 제공하기 위해, 시각 자극, 청각 자극 및 진동 자극 중 적어도 하나를 포함하도록 운전 시뮬레이션 환경을 제공할 수 있다.
- [0050] 예를 들어, 운전 시뮬레이션부(310)는 노면의 마찰력, 차량의 감속과 가속을 할 때 생기는 관성력, 회전을 할 때 생기는 원심력을 위해 운전자의 좌석 및 스티어링 휠의 진동과 움직임을 제어하여 운전 상황을 시뮬레이션할 수 있다. 또한, 운전자에게 시각 자극을 제공하기 위해 운전 시뮬레이션부(310)는 앞 차량의 브레이크브 밝을 때 발생하는 차량의 움직임과 후미등 상태, 갑작스런 다른 차량의 끼어들기, 보행자의 출현, 맞은편 차선 차량의 중앙성 침범 등과 같은 다양한 위험 상황을 포함하여 운전 상황을 시뮬레이션할 수 있다.
- [0051] 또한, 운전 시뮬레이션부(310)는 도로 상의 신호등 점멸 상태 변경 및 일반적인 도시의 환경을 모두 포함하여 실제 운전 환경과 유사하게 운전 상황을 시뮬레이션할 수 있다.
- [0052] 뇌파 측정부(315)는 운전 시뮬레이션부(310)를 통해 운전자에게 제공되는 운전 상황에 따른 뇌파를 측정하기 위한 수단이다. 예를 들어, 뇌파 측정부(315)는 운전자의 신체 일 영역(예를 들어, 두피)에 배치/부착된 복수의 전극을 통해 뇌파를 측정할 수 있다. 이때, 뇌파 측정은 비침습적 방식으로 측정되며, N(4 이상 자연수)개 채널을 통해 측정하는 것이 바람직하다.
- [0053] 뇌파 측정부(315)를 통해 측정된 뇌파(EEG, Electroencephalography)는 다양한 잡음(noise)을 포함한다. 측정된 뇌파에 포함된 잡음은 근전도(EMG), 눈의 깜빡임, 안구의 움직임(EOG, 이하 안전도라 칭하기로 함) 성분이다.

이러한 잡음은 일반적으로 뇌전도 신호와 비교하여 수배에 달하므로, 효과적으로 차량을 제어하도록 하기 위해 반드시 제거되어야 한다.

- [0054] 잡음을 제거하는 방법으로는 근전도(EMG), 안전도(EOG) 신호의 시간 주파수 성분을 파악하여 선형 분리하는 방법이나 독립 성분 분석 방법(independent component analysis)을 이용하여 제거할 수 있다. 이와 같은 시간 주파수 성분 분석을 통한 선형 분리 방법, 독립 성분 분석 방법은 당업자에게는 자명한 사항이므로 이를 이용하여 잡음을 제거하는 방법에 대해서는 별도의 설명을 생략하기로 한다.
- [0055] 도 3에서는 뇌파 측정부(315)가 뇌파의 잡음 제거를 위한 신호 처리 기능을 포함하는 것을 가정하여 이를 중심으로 설명하나, 구현 방법에 따라 뇌파 측정부(315)를 통해 측정된 뇌파의 잡음을 제거하기 위한 신호 처리 수단이 별도의 구성으로 포함될 수도 있다. 이와 같은 경우, 뇌파 측정부(315)는 측정된 뇌파를 신호 처리 수단으로 출력하고, 신호 처리 수단에서 뇌파에 포함된 잡음을 미리 정해진 알고리즘을 통해 제거하도록 구현할 수도 있다.
- [0056] 판별부(320)는 뇌파 측정부(315)를 통해 측정된 뇌파를 시간 공간 주파수 영역으로 변환하여 분석함으로써 유발적인 뇌파와 자발적인 뇌파를 동시에 검출하고, 이를 이용하여 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별하기 위한 수단이다.
- [0057] 예를 들어, 운전자의 브레이크 제동과 같은 차량에 대한 제동 의도는 시간 영역에서 유발적인 자극에 의해 발현되는 P300(positive 300ms) 성분과 자발적 또는 유발적인 의도에 의해 발현되는 준비전위(RP: Readiness Potential)를 동시에 관찰함으로써 판별할 수 있다. 여기서, P300 성분은 유발적인 자극 발현 300ms 이후에 관찰되는 양의 값을 가지는 뇌파 성분을 나타내고, RP는 사람이 실제 동작하기 600ms 이전에 관찰되는 뇌파 성분을 나타낸다. RP는 주로 자발적 의도에 의해 발현되나, 이에 한정없이 없이 유발적으로 발현되며, 예를 들어, 갑작스럽게 앞차가 정지하여 브레이크를 밟는 경우에도 발현된다. 물론 운전자 본인의 의지로 브레이크를 밟는 경우는 자발적인 의도에 의해 발현되는 것으로 볼 수 있다.
- [0058] 유발적인 의도에 의해 발현되는 RP는 약 250ms 이전에서 관찰된다.
- [0059] 예를 들어, 도 4 및 도 5는 발동작과 관련된 뇌파 영역을 출력한 것으로, 위에서부터 차례대로 FCz, Cz, CPz 영역을 나타낸 것이다. 도 4 및 도 5에서 알 수 있듯이, 준비 전위(RP: Readiness Potential)는 어떠한 시각적인 자극에 의해 유발적으로 발동작을 통한 브레이크를 밟는 것과 자발적으로 브레이크를 밟을 때 준비전위(RP) 발현 이후 뇌파의 양상이 다르게 나타나는 것을 알 수 있다.
- [0060] 즉, 응급 상황이 발생하여 브레이크를 밟는 경우, 준비전위(RP)는 보통의 브레이크를 밟는 상황에 비해 훨씬 가파르게 음의 전압으로 상승하는 것을 확인할 수 있다. 준비전위(RP)는 음의 영역의 전압 값을 가지는데 0uV 기점이 준비전위(RP) 시작 지점일 수 있다. 또한, 응급 상황이 발생하여 브레이크를 밟는 경우의 준비전위(RP)의 시작 기점이 보통의 브레이크를 밟는 상황에 비해 약 150ms 늦게 발현되는 특징이 있다.
- [0061] 이와 같은 특성들에 기반하여 판별부(320)는 유발적인 뇌파의 P300영역과 준비전위(RP) 영역을 각각 특징 벡터로 설정하고, 공간 시간적인 특징들을 고려하여 시간 임계값과 기울기 임계값을 이용하여 운전 상황을 판별할 수 있다. 여기서, 운전 상황은 예를 들어, 응급 상황, 일반적인 제동 상황 및 평상 운전 상황 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 또한, 평상 운전 상황은 좌회전 상황, 직진 상황 및 우회전 상황 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0062] 이에 따라, 운전자의 차량 제동 의도는 시간 영역 분석을 통해 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파의 특징 벡터를 동시에 검출 관찰하여 판별할 수 있다.
- [0063] 이와 같이, 측정된 뇌파에 대한 시간 영역 분석을 통해 유발적인 뇌파와 자발적인 뇌파를 동시에 검출하기 위해 약 1500ms 정도의 이동 창(window)을 만들고, 이동 창(window)을 실시간으로 각 구간안에서 채널마다 파워(power)의 분산, 표준편차, 상관계수 등을) 특징 벡터로 설정 추출하여 시간 영역에서 자발적인 뇌파 및 유발적인 뇌파를 동시에 검출할 수 있다.
- [0064] 다른 예를 들어, 운전자의 가속 및 조향 제어 의도는 공간, 주파수 영역에서 운전자의 동작 상상 판별을 통해 알 수 있다. 이를 위해, 판별부(320)는 주파수 성분을 대역 통과 필터를 이용하여 SMR 영역을 추출, 이를 분석하여 동작 상상을 판별할 수 있다. 여기서, 동작 상상은 왼손, 오른손 및 혀 동작 상상 중 어느 하나일 수 있다.
- [0065] 판별부(320)는 특정 시간에서 운전자의 의도를 정확하게 파악하기 위해, 시간, 공간, 주파수 영역을 동시에 분

석하기 위해 토포그래프 맵이나, 시간 주파수 파워 스펙트럼을 이용하여 설정된 특징 벡터들을 추출할 수 있다.

[0066] 도 9 내지 11은 다양한 위험 상황에서의 뇌파 활성화 상태를 도시한 도면이다.

[0067] 도 9 내지 도 11을 통해 3가지의 위험상황에 따른 시간, 공간(채널) 영역에서의 뇌파 활성화를 확인 할 수 있다. 300ms이후에 제일 붉게 나타나는 부분은 P300을 의미하고 그 이후 푸르게 나타나는 부분은 RP 를 의미한다.

[0068] 또한 이 유발적 뇌신호의 통계적 검증을 위해 AUC 점수를 통한 맵을 살펴보면, 점수가 높을수록 신뢰성이 높은 뇌파를 의미하고 여기서 또한 P300을 확인할 수 있다.

[0069] 또한, 동작 상상을 통해 운전자의 동작 의도를 판별하기 위해, 판별부(320)는 시간 영역에서 운전자의 어떤 동작으로 인해 뇌파가 억제되는 현상을 의미하는 ERD(Event Related Desynchronization)와 반대로 운전자의 동작에 의해 뇌파의 진폭이 증가하는 ERS(Event Related Synchronization)의 상반된 특징을 특징 벡터로 사용할 수 있다.

[0070] 또한, 판별부(320)는 전술한 시간, 공간, 주파수 영역의 특징 벡터들을 운전자의 가속, 감속, 조향(좌, 우)의 도와 같은 다중 클래스를 동시에 판별하기 위해 다중 특징 정보를 동시에 표현 가능한(특징 벡터들 사이의 상관관계를 반영하여) 계층적 베이지안 확률 네트워크 모델에 적용하여 운전자의 차량 제어 의도를 판별할 수 있다(도 6 참조).

[0071] 도 7는 도 6의 계층적 베이지안 확률 네트워크 모델에 따른 계층 구조에서 특정 상태를 모델링한 것으로, 전술한 유발전위(P300)과 자발전위(RP)와 같은 특징 벡터들 간의 상관관계를 추정하는 것을 예시하고 있다.

[0072] 또한, 판별부(320)는 실시간으로 다양한 채널과 높은 샘플링 주파수로 인한 뇌파의 높은 차원의 문제를 해결하기 위해 주성분 분석과 같은 차원 축소 알고리즘을 뇌파에 적용한 후 뇌파를 분석할 수 있다. 또한, 판별부(320)는 뇌파의 근본적인 차이와 변화가 큰 것을 극복하기 위해 CSP(Common Spatial Pattern)와 SSA(Stationary Subspace Analysis)와 같은 필터 알고리즘을 뇌파 분석 이전에 뇌파에 적용할 수도 있다.

[0073] 이해와 설명의 편의를 도모하기 위해 판별부(320)가 뇌파의 시간, 공간, 주파수 영역에서 설정된 특징 벡터들을 추출하는 방법에 대해 간략하게 설명하기로 하자.

[0074] 예를 들어, 판별부(320)는 Point-biserial correlation coefficient 사용하여 특징 벡터 추출할 수 있다.

[0075] 예를 들어, 특징 벡터는 하기 수학적 식 1을 이용하여 추출할 수 있다.

수학적 식 1

$$r_{pb} = \frac{M_1 - M_0}{s_n} \sqrt{\frac{n_1 n_0}{n^2}}$$

[0076]

[0077] 여기서, M_1 은 Class1의 평균을 나타내고, M_0 는 Class2의 평균을 나타내며, N_1 은 Class1의 데이터 개수를 나타내고, N_0 는 Class2의 데이터 개수를 나타낸다. 또한, N 은 전체 데이터 개수를 나타내고, S_n 은 표준편차를 나타낸다.

$$S_n = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - \bar{x})^2}$$

[0078]

[0079] r_{pb} 값이 큰 순서대로 상위 10개 데이터 구간(i_n)을 선택하여 각 구간에 해당하는 데이터들의 평균을 구해 1번 시도마다 10개의 특징점으로 특징 벡터를 구성할 수 있다.

[0080] 또한, 판별부(320)는 특징 벡터들을 이용하여 운전 상황을 구분하기 위해, RLDA(regularized linear discriminant analysis)를 이용하여 운전 상황을 분류할 수 있다.

[0081] 예를 들어, RLDA를 이용한 분류는 수학적 식 2와 같다.

수학적 식 2

$$y(x) = W^T X + b$$

[0082]

[0083] 여기서, X 는 특징벡터를 나타내고, b 는 결정 경계를 나타낸다. 또한, μ_2 , μ_1 는 각각의 Class의 특징 값 평균을 나타내며, Σ 는 공통 특징 공분산 행렬을 나타낸다.

[0084] 수학적 식 2에 대해 하기 수학적 식 3과 같은 출력 값을 얻기 위해, W 와 B 를 수학적 식 3과 같이 설정할 수 있다.

수학적 식 3

$$y(\mu_1) = -1, y(\mu_2) = 1$$

[0085]

수학적 식 4

$$W \leftarrow 2W / [W^T(\mu_2 - \mu_1)], b = 1 - W^T \mu_2$$

[0086]

[0087] 판별부(320)는 이와 같은 RLDA를 이용하여 특정 동작 상상에 따른 운전 상황과 RP와 P300을 이용하여 구성된 특징 벡터를 이용하여 운전자의 정확한 의도를 분류할 수 있다.

[0088] 차량 제어부(325)는 판별부(320)를 통해 판별된 운전 상황에 따른 운전자 제어 의도에 따라 차량을 제어하기 위한 제어 신호를 생성하기 위한 수단이다. 도 3에서는 차량 제어부(325)가 차량의 전자 제어 장치(ECU)와 유무선 형태로 연결되거나, 전자 제어 장치인 것을 가정하기로 한다.

[0089] 예를 들어, 뇌파 성분의 클래스가 왼손, 오른손 동작 상상과 관련된 것이라면, 의도 및 상황 판별부(320)는 운전자가 좌회전 또는 우회전 하려는 의도로 판별할 수 있다. 이에 따라, 차량 제어부(325)는 정해진 감도에 따라 좌회전 또는 우회전하도록 차량 제어를 위한 제어 신호를 생성할 수 있다.

[0090] 이와 같이, 차량 제어부(325)는 의도 및 상황 판별부(320)에 의해 판별된 운전 상황에 따른 운전자 의도에 따라 차량을 제어하기 위한 제어 신호를 생성할 수 있다. 여기서, 차량의 제어는 실시간 제동, 가속, 조향장치 제어 등과 같은 차량의 주행과 관련된 전반적인 제어를 모두 포함할 수 있다.

[0091] 성능 평가부(330)는 차량 제어부(325)의 차량 제어에 따른 결과를 평가하기 위한 수단이다. 예를 들어, 성능 평가부(330)는 운전자의 뇌파를 이용하여 운전자의 의도에 맞도록 차량을 제어한 것뿐만 아니라 틀리게 차량을 제어한 것까지도 모두 고려하여 성능 판별을 할 수 있는 AUC(Area Under the Curve) 점수를 이용하여 판별 성능을 평가할 수 있다.

[0092] AUC 점수는 하기 수학적 식 5를 이용하여 도출될 수 있다.

수학식 5

$$AUC_1 = \frac{U_1}{n_1 n_2}, AUC_2 = \frac{U_2}{n_1 n_2}$$

[0093]

[0094]

여기서 $U_1 = R_1 - \frac{n_1(n_1 + 1)}{2}$, $U_2 = R_2 - \frac{n_2(n_2 + 1)}{2}$ 이며, n_1 은 샘플1의 개수이고, R_1 은 샘플1의 랭크(rank) 합이고, n_2 은 샘플2의 개수이고, R_2 은 샘플2의 랭크(rank) 합을 나타낸다.

[0095]

이에 따라, 성능 평가부(330)는 하기 수학식 6을 이용하여 성능을 판별할 수 있다.

수학식 6

$$M = \frac{1}{c(c-1)}(AUC_1 + AUC_2)$$

[0096]

[0097]

여기서, c 는 클래스 개수를 나타낸다.

[0098]

갱신부(335)는 교차 상관 분석(Cross validation)을 통해 이전 및 현재의 판별부(320)를 통한 운전 상황에 따른 운전자 제어 의도 판별에 따른 상관관계를 고려하여 다음 판별 과정에 반영하기 위한 수단이다.

[0099]

예를 들어, 갱신부(335)는 성능 평가부(330)의 성능 평가 결과를 이용하여 판별부(320)의 운전 상황 분류를 위한 RLDA의 변수를 갱신함으로써 판별부(320)의 성능을 최적화시킬 수 있다.

[0100]

상기한 바와 같이, 성능 평가까지 완료된 이후, 각 운전자의 의도를 정확히 반영할 수 있으며, 실제 운전 상황에서 뇌파 측정부(315)는 운전 상황에 따른 운전자 뇌파를 측정하고, 판별부(320)는 측정된 뇌파를 분석하여 유발적 뇌파와 자발적 뇌파를 검출하고 이를 통해 운전자의 의도를 판별하며, 제어부(325)가 운전자의 의도대로 차량을 제어하게 된다.

[0101]

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌파를 이용하여 차량을 제어하는 방법을 나타낸 순서도이다.

[0102]

단계 810에서 차량 제어 장치(300)는 두피에 복수의 전극을 부착한 운전자에게 실제 운전 상황과 동일 또는 유사한 운전 상황에 대한 시뮬레이션 환경을 제공한다. 여기서, 운전 상황 시뮬레이션 환경은 시각, 청각 및 진동 자극 중 적어도 하나를 포함하여 제공할 수 있다. 차량 제어 장치(300)는 운전 상황에 대한 시뮬레이션 환경을 지속적으로 제공할 수 있다.

[0103]

단계 815에서 차량 제어 장치(300)는 제공된 시뮬레이션 환경에 따른 운전자의 뇌파를 측정한다. 여기서, 뇌파는 복수의 채널을 통해 측정될 수 있다.

[0104]

단계 820에서 차량 제어 장치(300)는 측정된 뇌파를 시간, 공간 및 주파수 영역으로 분석하여 유발적 뇌파와 자발적 뇌파를 검출하고, 유발적 뇌파 및 자발적 뇌파를 이용하여 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별한다.

[0105]

차량 제어 장치(300)가 뇌파를 시간, 공간 및 주파수 영역을 기반으로 각 특징 벡터들을 검출하고, 특징 벡터들 간의 상관관계를 반영하여 계층적 베이지안 확률 네트워크 모델에 적용함으로써 운전 상황에 따른 운전자의 차량 제어 의도를 판별할 수 있다.

[0106]

시간, 공간, 주파수 영역에서 특징 벡터들을 구성/검출하는 방법, 운전 상황에 따른 운전자 의도를 판별하는 방법에 대해서는 도 3을 이용하여 설명한 바와 동일하므로 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0107]

단계 825에서 차량 제어 장치(300)는 판별된 운전 상황에 따른 운전자 의도에 따라 차량 제어를 위한 제어 신호

를 생성하고, 제어 신호에 따라 차량을 제어하거나 차량을 제어할 수 있는 전자 제어 장치(ECU)로 출력한다.

[0108] 단계 830에서 차량 제어 장치(300)는 판별된 운전 상황에 따른 운전자 의도에 대한 판별 성능을 평가한다.

[0109] 단계 835에서 차량 제어 장치(300)는 판별 성능 평가 결과를 운전 상황에 따른 운전자 의도 판별에 반영하여 최적화시킨다.

[0110] 한편, 본 발명의 실시예에 따른 뇌파를 이용한 차량을 제어하는 방법은 다양한 전자적으로 정보를 처리하는 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 저장 매체에 기록될 수 있다. 저장 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다.

[0111] 저장 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 소프트웨어 분야 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 저장 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 전자적으로 정보를 처리하는 장치, 예를 들어, 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.

[0112] 상술한 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0113] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

[0114] 310: 운전 시뮬레이션부

315: 뇌파 측정부

320: 판별부

325: 성능 평가부

330: 차량 제어부

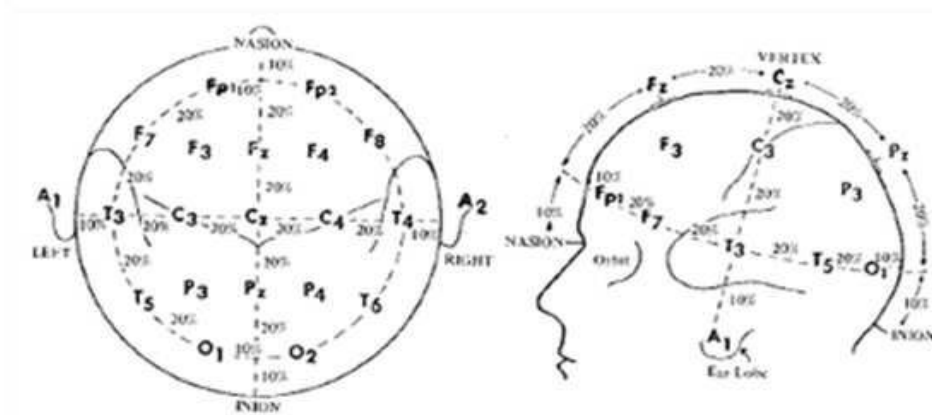
335: 갱신부

도면

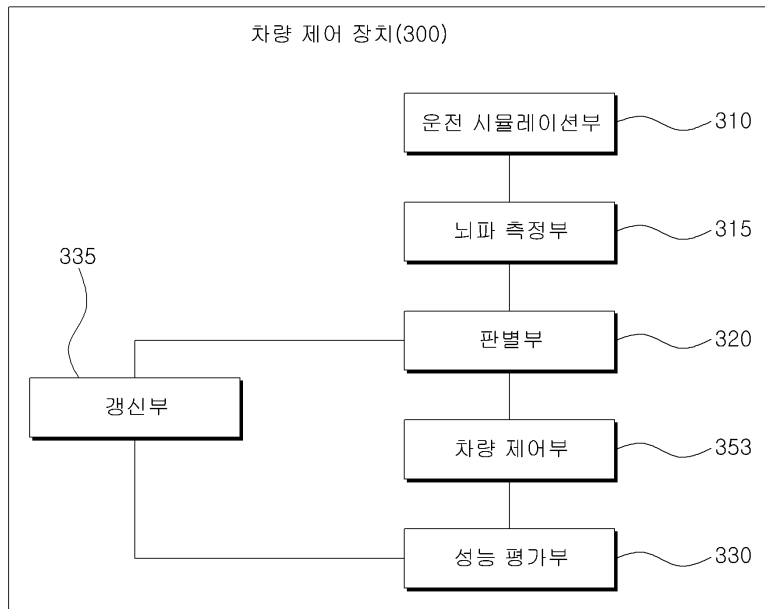
도면1



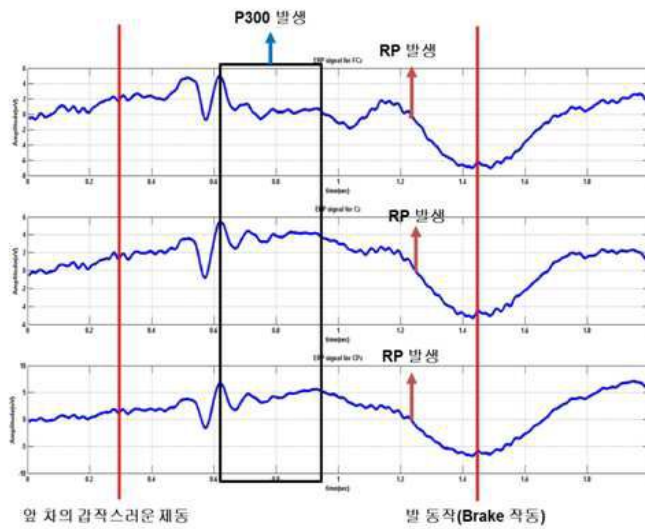
도면2



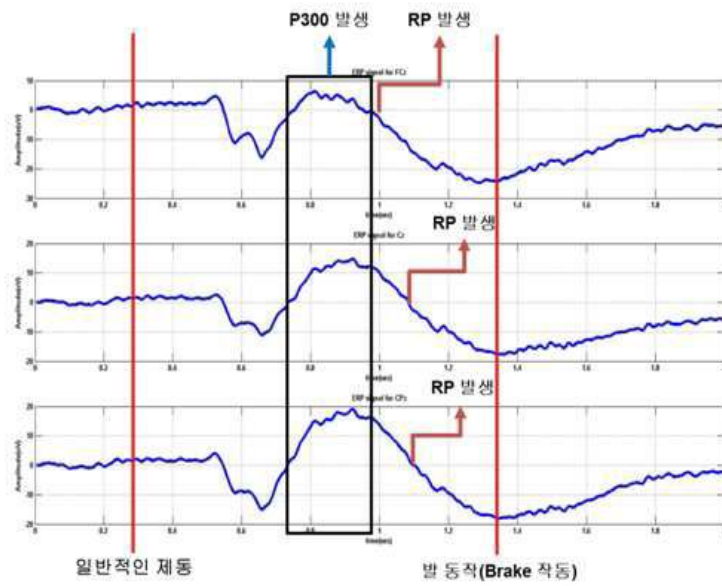
도면3



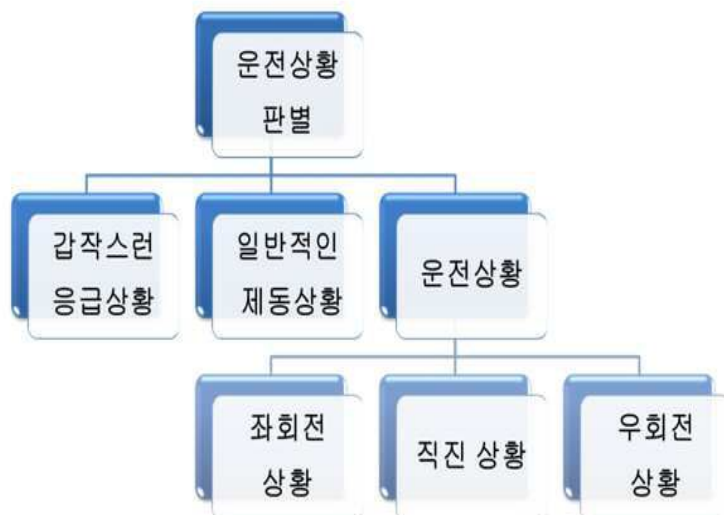
도면4



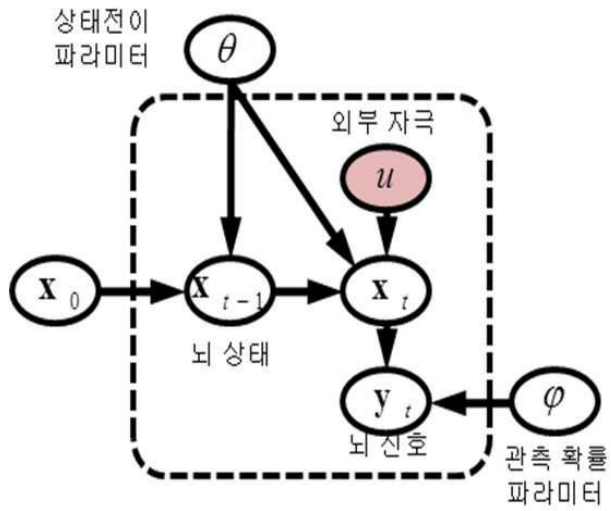
도면5



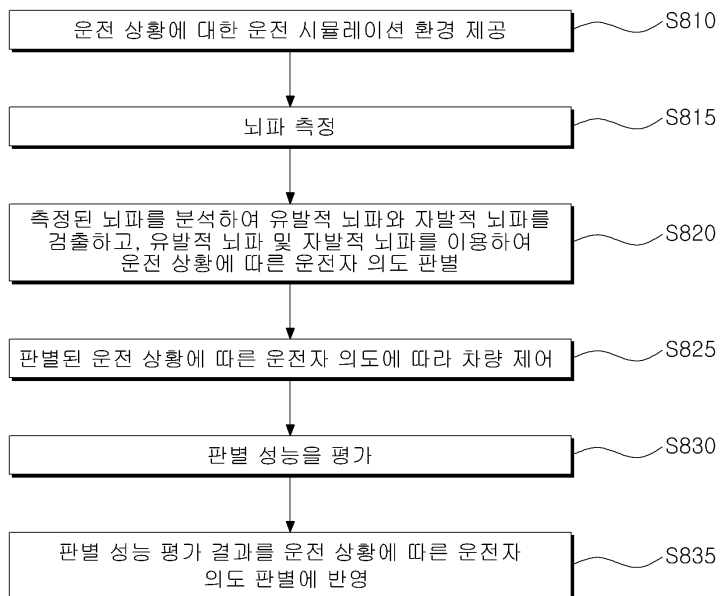
도면6



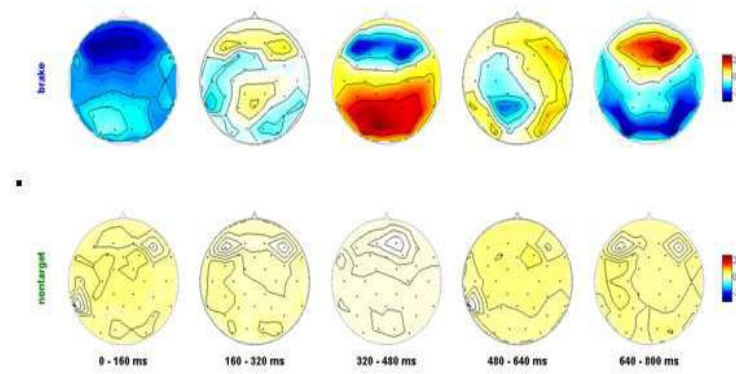
도면7



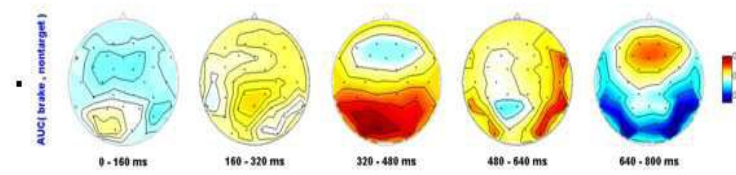
도면8



도면9

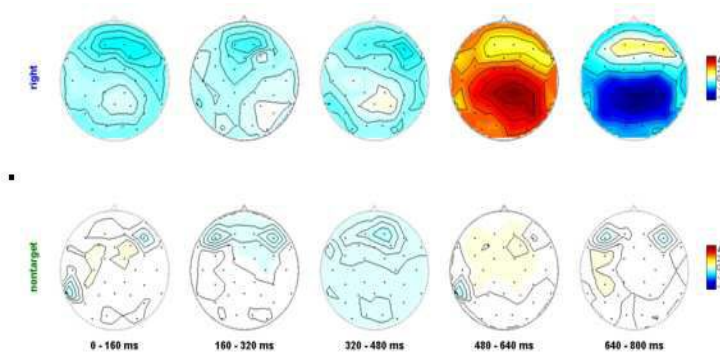


앞자 급정지와 보통 운전상황

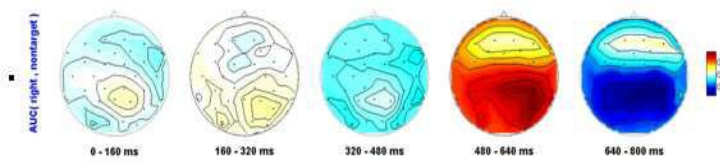


앞자 급정지와 보통 운전상황 간의 AUC점수

도면10

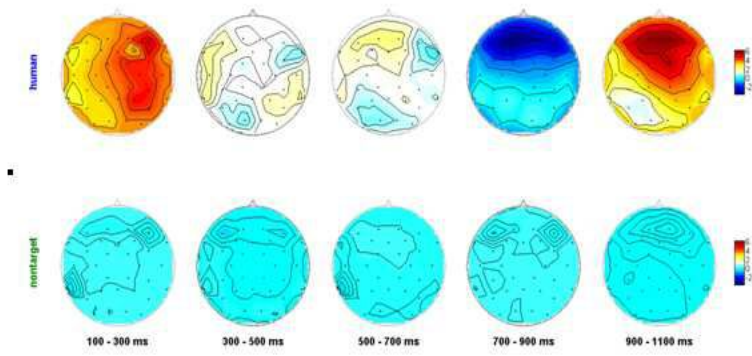


옆자 끼어들기와 보통 운전상황

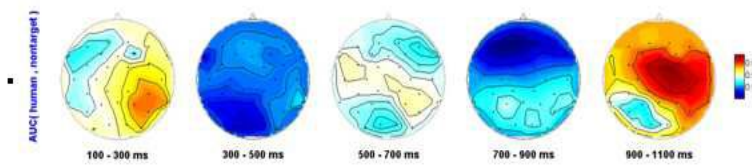


옆자 끼어들기와 보통 운전상황 AUC점수

도면11



보행자 뛰어들기와 보통 운전상황



보행자 뛰어들기와 보통 운전상황에 관한 AUC점수