

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2019 년 12 월 12 일 (12.12.2019) WIPO | PCT



(10) 국제공개번호

WO 2019/235741 A1

(51) 국제특허분류:

A61B 5/16 (2006.01)

A61B 5/08 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

A61B 5/053 (2006.01)

A61B 5/0476 (2006.01)

A61B 5/18 (2006.01)

A61B 5/024 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2019/005293

(22) 국제출원일:

2019 년 5 월 3 일 (03.05.2019)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2018-0064916 2018 년 6 월 5 일 (05.06.2018) KR

(71) 출원인: 국방과학연구소 (AGENCY FOR DEFENSE DEVELOPMENT) [KR/KR]; 34060 대전시 유성구 북유성대로488번길 160, Daejeon (KR). 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR).

(72) 발명자: 오태근 (OH, Tae Geun); 34060 대전시 유성구 북유성대로488번길 160, Daejeon (KR). 윤형식 (YOON, Hyung Sik); 34060 대전시 유성구 북유성대로488번길 160, Daejeon (KR). 이성환 (LEE, Seong Whan); 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR). 한수연 (HAN, Soo Yeon); 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR). 김정우 (KIM, Jeong Woo); 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR).

(74) 대리인: 리앤목 특허법인 (Y.P.LEE, MOCK & PARTNERS); 06292 서울시 강남구 언주로 30길 13 대림아크로텔 12층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

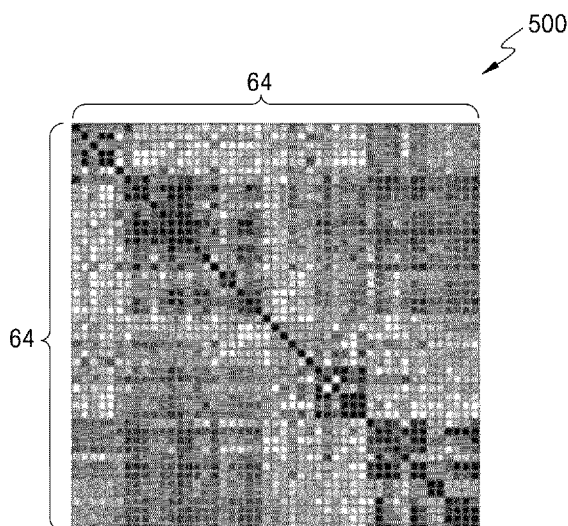
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR QUANTIFYING AWARENESS OF PILOT

(54) 발명의 명칭: 조종사의 각성 상태를 정량화하는 장치 및 방법



(57) Abstract: The present invention provides a method and an apparatus for quantifying awareness of a pilot. A device for quantifying awareness according to one embodiment may provide a method for receiving a pilot's biosignal in flight, classifying the pilot's awareness into any one of a plurality of state categories on the basis of the pilot's biosignal, and analyzing the pilot's biosignal, thereby quantifying the pilot's awareness classified according to the state category.

(57) 요약서: 본 발명은 조종사의 각성 상태를 정량화하는 방법 및 장치를 제공한다. 일 실시예에 따른 각성 상태 정량화 장치는 비행 중 조종사의 생체 신호를 수신하고, 조종사의 생체 신호에 기초하여, 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하며, 조종사의 생체 신호를 분석함으로써, 분류된 상태 카테고리에 따른 조종사의 각성 상태를 정량화하는 방법을 제공할 수 있다.

WO 2019/235741 A1

명세서

발명의 명칭: 조종사의 각성 상태를 정량화하는 장치 및 방법 기술분야

- [1] 본 개시는 조종사의 각성 상태를 정량화하는 장치 및 방법을 제공한다.

배경기술

- [2] 최근 유/무인항공기 기술의 발전과 비행기를 이용한 해외 여행객들의 지속적인 증가로 인해 조종사의 수요가 증대하고 있지만, 그에 따른 공급이 부족한 실정이다. 비행 임무는 고도의 주의력이 요구되지만 조종사의 증가된 임무 지속 시간과 함께 장시간의 소음 및 진동에 노출되어 피로도 증가 및 주의력 저하 등이 유발된다. 이러한 조종사의 비행에 부적합한 각성 상태는 조종사의 인지적 과실로 인한 비행기 사고로 이어질 확률이 높다. 그러므로 조종사의 안전한 임무 수행과 사고 예방을 위해 조종사의 각성 상태 변화는 객관적으로 평가되어야 한다.
- [3] 종래에 조종사의 다양한 생체 신호를 이용하여 비행 중 각성 상태를 감지하고 지속적인 각성 상태 유지를 위한 피드백을 제공하는 기술이 발명되었으나, 해당 기술의 경우 조종사의 비행에 부적합한 상태로 인한 인지적 기능 저하 정도의 정량화 방법을 고려한 피드백을 제공하지 않았기 때문에 조종사의 각성 상태 유지 효과가 떨어진다는 한계가 있다. 실제 비행 환경에서는 소음이 심하고 복잡한 임무 수행이 요구되기 때문에 기존 다른 발명들에서 제시되었던 알람이나 각성 유도 뇌파 등의 인위적인 발현을 위한 시각, 청각 등의 감각기관을 대상으로 하는 인지 자극 피드백을 조종사의 각성 상태 수준을 고려하지 않은 채 무작위로 제공하는 방법은 오히려 조종사의 정신적 작업 부하와 집중력 분산 등의 주의력 분산을 야기할 수 있다. 따라서 조종사 생체 신호의 실시간 분석을 통해 조종사의 각성 상태를 지속적으로 유지시키기 위한 기술이 실제 비행 환경에서 활용되기 위해서는 조종사의 정밀하게 정량화된 각성 상태 정보가 반영되어야 한다.
- [4] 이에 따라, 조종사의 각성 상태를 정량화하는 기술의 필요성이 요구되는 실정이다.

발명의 상세한 설명

과제 해결 수단

- [5] 본 발명에 따른 각성 상태 정량화 장치는 비행 중 조종사의 생체 신호를 수신하고, 조종사의 생체 신호에 기초하여 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하며, 조종사의 생체 신호를 분석함으로써 분류된 상태 카테고리에 따른 조종사의 각성 상태를 정량화한다.

발명의 효과

- [6] 본 발명에 따르면, 조종사의 생체 신호 분석을 기반으로 비행 중인 조종사의

임무 수행 능력을 실시간으로 감시할 수 있다. 구체적으로, 조종사의 정신적 각성 상태(정신적 작업 부하, 주의력, 피로도 등)에 대한 정량화된 평가를 수행함으로써 조종사의 임무 수행 능력을 실시간으로 감시하고, 비행에 적합한 일정한 수준의 각성 상태 유지가 가능한 피드백을 제공함으로써 안전한 비행 운항 임무 수행을 보장할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [7] 도 1은 일 실시예에 따른 조종사의 각성 상태를 정량화하는 방법의 흐름도이다.
- [8] 도 2는 일 실시예에 따른 조종사의 각성 상태를 분류하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [9] 도 3은 일 실시예에 따른 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값을 설명하기 위한 도면이다.
- [10] 도 4는 일 실시예에 따른 기능적 뇌 신경망(Functional Brain Network)을 설명하기 위한 도면이다.
- [11] 도 5는 일 실시예에 따른 기능적 연결성(Functional Connectivity) 행렬을 설명하기 위한 도면이다.
- [12] 도 6은 일 실시예에 따른 분류된 상태 카테고리에 따른 조종사의 각성 상태를 정량화하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [13] 도 7은 일 실시예에 따른 각성 상태 정량화 장치의 하드웨어 구성을 도시한 블록도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [14] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 개시의 제1 측면은, 조종사의 각성 상태를 정량화하는 방법에 있어서, 비행 중 조종사의 생체 신호를 수신하는 단계; 상기 조종사의 생체 신호를 분석함으로써, 상기 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하는 단계; 및 상기 생체 신호에 포함된 뇌파를 분석함으로써, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 정량화하는 단계;를 포함하는, 방법을 제공할 수 있다.
- [15] 또한, 상기 조종사에 부착된 적어도 하나의 생체 신호 센서로부터, 비행 중 상기 조종사의 뇌파, 심박도, 호흡 및 피부 전기활동 중 적어도 일부에 대한 신호를 상기 생체 신호로서 수신하는 단계;를 포함하는, 방법을 제공할 수 있다.
- [16] 또한, 상기 생체 신호를 분류기에 입력함으로써, 상기 조종사의 각성 상태를 상기 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하는 단계;를 포함하는, 방법을 제공할 수 있다.
- [17] 또한, 상기 분류기는 LDA(Linear Discriminant Analysis), SVM(Support Vector Machines) 및 인공신경망 모델을 포함하는 것인, 방법을 제공할 수 있다.
- [18] 또한, 상기 복수의 상태 카테고리는 적합 상태, 집중력 저하, 피로, 작업 부하 및 무의식을 포함하는 것인, 방법을 제공할 수 있다.

- [19] 또한, 비행 중 상기 조종사의 뇌파 신호 쌍들 간의 위상 지연 지수(Phase Lag Index)를 산출하는 단계; 상기 위상 지연 지수를 이용하여 기능적 연결성(Functional Connectivity) 행렬을 생성하는 단계; 및 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 상기 기능적 연결성 행렬을 분석함으로써, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 정량화하는 단계;를 포함하는, 방법을 제공할 수 있다.
- [20] 또한, 상기 조종사가 비행 적합 상태일 때 상기 조종사의 생체 신호를 획득하는 단계;를 더 포함하고, 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 상기 기능적 연결성 행렬의 Global efficiency 값 또는 Local efficiency 값을 산출하는 단계; 비행 적합 상태일 때 상기 조종사의 생체 신호를 기준으로, 상기 Global efficiency 값 또는 상기 Local efficiency 값을 조정하는 단계; 및 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 상기 조정된 Global efficiency 값 또는 상기 조정된 Local efficiency 값으로 정량화하는 단계;를 포함하는, 방법을 제공할 수 있다.
- [21] 또한, 상기 복수의 상태 카테고리 별 분류 결과 값 및 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 정량화된 각성 상태 정보를 제공하는 단계;를 더 포함하는, 방법을 제공할 수 있다.
- [22] 또한, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 정량화된 각성 상태에 기초하여, 상기 조종사에게 적절한 피드백을 제공하는 단계;를 더 포함하는, 방법을 제공할 수 있다.
- [23] 본 개시의 제2 측면은, 비행 중 조종사의 생체 신호를 수신하는 통신부; 및
- [24] 상기 조종사의 생체 신호를 분석함으로써, 상기 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하고, 상기 생체 신호에 포함된 뇌파를 분석함으로써, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 정량화하는 제어부;를 포함하는, 장치를 제공할 수 있다.
- [25] 또한, 상기 통신부는, 상기 조종사에 부착된 적어도 하나의 생체 신호 센서로부터, 비행 중 상기 조종사의 뇌파, 심박도, 호흡 및 피부 전기활동 중 적어도 일부에 대한 신호를 상기 생체 신호로서 수신하는 것인, 장치를 제공할 수 있다.
- [26] 또한, 상기 제어부는, 상기 생체 신호를 분류기에 입력함으로써, 상기 조종사의 각성 상태를 상기 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하는 것인, 장치를 제공할 수 있다.
- [27] 또한, 상기 분류기는 LDA(Linear Discriminant Analysis), SVM(Support Vector Machines) 및 인공신경망 모델을 포함하는 것인, 장치를 제공할 수 있다.
- [28] 또한, 상기 복수의 상태 카테고리는 적합 상태, 집중력 저하, 피로, 작업 부하 및 무의식을 포함하는 것인, 장치를 제공할 수 있다.
- [29] 또한, 상기 제어부는, 비행 중 상기 조종사의 뇌파 신호 쌍들 간의 위상 지연 지수(Phase Lag Index)를 산출하고, 상기 위상 지연 지수를 이용하여 기능적 연결성(Functional Connectivity) 행렬을 생성하며, 그래프 이론(Graph Theory)을

이용하여 상기 기능적 연결성 행렬을 분석함으로써, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 정량화하는 것인, 장치를 제공할 수 있다.

- [30] 또한, 상기 통신부는, 상기 조종사가 비행 적합 상태일 때 상기 조종사의 생체 신호를 획득하고, 상기 제어부는, 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 상기 기능적 연결성 행렬의 Global efficiency 값 또는 Local efficiency 값을 산출하고, 비행 적합 상태일 때 상기 조종사의 생체 신호를 기준으로, 상기 Global efficiency 값 또는 상기 Local efficiency 값을 조정하며, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 상기 조정된 Global efficiency 값 또는 상기 조정된 Local efficiency 값으로 정량화하는 것인, 장치를 제공할 수 있다.
- [31] 또한, 상기 복수의 상태 카테고리 별 분류 결과 값 및 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 정량화된 각성 상태 정보를 제공하는 디스플레이;를 더 포함하는, 장치를 제공할 수 있다.
- [32] 또한, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 정량화된 각성 상태에 기초하여, 상기 조종사에게 적절한 피드백을 제공하는 피드백 제공부;를 더 포함하는, 장치를 제공할 수 있다.
- [33] 본 개시의 제 3 측면은, 제 1 측면의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 형태

- [34] 본 명세서에서 다양한 곳에 등장하는 "일부 실시예에서" 또는 "일 실시예에서" 등의 어구는 반드시 모두 동일한 실시예를 가리키는 것은 아니다.
- [35] 본 개시의 일부 실시예는 기능적인 블록 구성들 및 다양한 처리 단계들로 나타내어질 수 있다. 이러한 기능 블록들의 일부 또는 전부는, 특정 기능들을 실행하는 다양한 개수의 하드웨어 및/또는 소프트웨어 구성들로 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 개시의 기능 블록들은 하나 이상의 마이크로프로세서들에 의해 구현되거나, 소정의 기능을 위한 회로 구성들에 의해 구현될 수 있다. 또한, 예를 들어, 본 개시의 기능 블록들은 다양한 프로그래밍 또는 스크립팅 언어로 구현될 수 있다. 기능 블록들은 하나 이상의 프로세서들에서 실행되는 알고리즘으로 구현될 수 있다. 또한, 본 개시는 전자적인 환경 설정, 신호 처리, 및/또는 데이터 처리 등을 위하여 종래 기술을 채용할 수 있다. “매커니즘”, “요소”, “수단” 및 “구성”등과 같은 용어는 넓게 사용될 수 있으며, 기계적이고 물리적인 구성들로서 한정되는 것은 아니다. 또한, 명세서에 기재된 “편부”, “편모듈” 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [36] 또한, 도면에 도시된 구성 요소들 간의 연결 선 또는 연결 부재들은 기능적인 연결 및/또는 물리적 또는 회로적 연결들을 예시적으로 나타낸 것일 뿐이다.

실제 장치에서는 대체 가능하거나 추가된 다양한 기능적인 연결, 물리적인 연결, 또는 회로 연결들에 의해 구성 요소들 간의 연결이 나타내어질 수 있다.

[37] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다.

[38] 도 1은 일 실시예에 따른 조종사의 각성 상태를 정량화하는 방법의 흐름도이다.

[39] 도 1을 참조하면, 단계 110에서 각성 상태 정량화 장치는 비행 중 조종사의 생체 신호를 수신할 수 있다.

[40] 각성 상태 정량화 장치는 조종사가 비행기를 조종하는 동안 조종사의 생체 신호를 수신할 수 있다. 조종사가 비행기를 장시간 조종함에 따라 피로도가 증가하거나 주의력이 저하될 수 있으며, 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 각성 상태에 따라 변화하는 생체 신호를 수신함으로써 조종사의 각성 상태를 분석할 수 있다.

[41] 각성 상태 정량화 장치는 비행 중인 조종사의 다양한 종류의 생체 신호를 수신할 수 있다. 예를 들어, 생체 신호는 뇌파, 심박도, 호흡 및 피부 전기활동에 관한 신호를 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[42] 각성 상태 정량화 장치는 다양한 종류의 생체 신호 별 시간 영역과 주파수 영역에서 조종사의 각성 상태와 관련이 높은 특징을 추출할 수 있다.

[43] 구체적으로, 뇌파란 시냅스의 전기적 활동에 따른 전기적 신호를 의미한다. 뇌파의 주파수에 따른 대역 별 특징, 시간 영역에서의 특징 등은 조종사의 의도 및 상태에 따라 변한다. 각성 상태 정량화 장치는 뇌파의 델타, 세타, 알파, 베타파에 대해 1Hz~30Hz의 대역폭 필터링을 적용할 수 있다. 조종사의 각성 상태와 관련이 높은 특징을 추출하기 위해, 각성 상태 정량화 장치는 뇌파의 델타, 세타, 알파, 베타파의 주파수 영역의 활성화 에너지의 변화 정도를 분석할 수 있다.

[44] 또한, 심전도란 심박동과 관련된 전위를 신체 표면에서 도형으로 기록한 것을 의미한다.. 조종사의 각성 상태와 관련이 높은 특징을 추출하기 위해, 각성 상태 정량화 장치는 시간 영역에서 분당 심박수를 분석하고, 주파수 영역을 0.04Hz~0.15Hz의 주파수와 0.15Hz~0.4Hz의 주파수로 구분하여 대역 별 크기의 변화를 분석할 수 있다.

[45] 또한, 호흡과 관련하여, 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 각성 상태와 관련이 높은 특징을 추출하기 위해, 시간 영역에서 분당 호흡수를 분석하고, 주파수 영역에서 DRF(Dominant Respiration Frequency)인 0.1Hz~1.5Hz 영역 대의 에너지 크기 변화를 분석할 수 있다.

[46] 또한, 피부 전기 활동은 조종사의 각성 상태에 따라 자율신경계의 교감 신경과 부교감 신경의 제어 작용으로 땀 분비 양이 달라지는 것을 이용한 것이다. 각성 상태 정량화 장치는 시간 영역에서 땀의 분비 양에 따라서 피부의 습도가 변화하고 그에 따른 전기 전도도의 변화에 기초하여 조종사의 각성 상태와 관련이 높은 특징을 추출할 수 있다.

[47] 한편, 조종사의 각종 생체 신호를 감지하기 위한 생체 신호 센서는 조종사의

신체에 부착될 수 있다. 구체적으로, 조종사의 뇌파는 비침습적 방식으로 조종사의 두피에서 측정될 수 있다. 예를 들어, 10-20 국제 전극 배치 방법에 따라 일반적으로 Cz, C3, C4, Oz, O3, O4 등의 64개의 채널을 사용해 운동 영역을 포함하는 두정엽, 시각 영역을 포함하는 후두엽, 집중도 관련 영역을 포함하는 전두엽 등 전반적인 뇌의 영역에서의 신호를 측정할 수 있다. 또한, 심전도, 심박수 등은 일반적으로 RA, LA, LL의 3 전극 시스템을 이용하여 측정될 수 있다. 호흡, 혈압 등은 웨어러블 장치(예를 들어, 스마트 밴드)를 이용하여 측정될 수 있다. 또한, 피부 전기활동은 조종사의 팔이나 손가락에 센서를 부착시켜 측정할 수 있다.

[48] 단계 120에서 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 생체 신호를 분석함으로써, 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류할 수 있다.

[49] 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 생체 신호를 분류기에 입력함으로써, 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류할 수 있다. 단계 110에서 각성 상태 정량화 장치는 다양한 종류의 생체 신호 별 시간 영역과 주파수 영역에서 조종사의 각성 상태와 관련이 높은 특징을 추출하므로, 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 다양한 종류의 생체 신호로부터 추출된 조종사의 각성 상태와 관련이 높은 특징 데이터를 분류기에 입력할 수 있다. 일 실시예에서 상태 카테고리는 "적합 상태", "집중력 저하", "피로", "작업 부하" 및 "무의식"을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[50] 일 실시예에서 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하는 분류기는 LDA(Linear Discriminant Analysis) 또는 SVM(Support Vector Machines)일 수 있다. LDA(Linear Discriminant Analysis)는 선형 분류에 용이하고, RBF(Radial Basis Function) 커널을 이용하는 SVM(Support Vector Machines)은 비선형 분류에 용이하다. 또한, 분류기는 RCNN(Recurrent Convolutional Neural Network)과 같은 인공 신경망 모델일 수도 있다. 그러나, 분류기의 종류는 이에 제한되지 않는다.

[51] 일 실시예에서 조종사의 생체 신호로부터 추출된 각성 상태와 높은 관련성을 갖는 데이터가 분류기에 입력되면, 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값이 산출될 수 있다. 예를 들어, 상태 카테고리가 "적합 상태", "집중력 저하", "피로", "작업 부하" 및 "무의식"을 포함하는 경우, 다섯 가지 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값이 산출될 수 있다. 이 경우, 각성 상태 정량화 장치는 다섯 가지 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값을 비교한 후, 가장 큰 분류 결과 값을 갖는 카테고리로 조종사의 각성 상태를 분류할 수 있다.

[52] 각성 상태 정량화 장치는 분류기로부터 출력된 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값에 Softmax Function을 적용할 수 있다. Softmax Function이 적용됨으로써, 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값의 총합이 1이 될 수 있다. 즉, 분류 결과 값을 정규화할 수 있다.

[53] 단계 130에서 각성 상태 정량화 장치는 생체 신호에 포함된 뇌파를

분석함으로써, 분류된 상태 카테고리에 따른 조종사의 각성 상태를 정량화할 수 있다.

- [54] 각성 상태 정량화 장치는 비행 중 조종사의 뇌파 신호 쌍들 간의 위상 지연 지수(Phase Lag Index, 이하 PLI)를 산출할 수 있다. PLI는 뇌파 신호 쌍들 간의 위상 차 분포의 비대칭 측정 방법이다. 일 실시예에서 PLI는 EEG(Electroencephalogram) 전극(electrode)에서 획득된 뇌파 신호 쌍을 이용하여 산출될 수 있다.
- [55] PLI는 EEG 신호의 단점인 볼륨 전도에 민감하지 않고, 계산이 비교적 복잡하지 않으므로, 실시간으로 정확한 분석이 필요한 조종사의 각성 상태 정량화 방법에 사용하기 적합하다.
- [56] PLI는 아래의 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.
- [57] [수식1]

$$PLI(k,l) = |\langle \text{sign}[\Delta\varphi_{k,l}(t_i)] \rangle|$$

» $\Delta\varphi_{k,l}(t) = t$ 시간에서의 k 와 l 번째 electrode 신호의 위상 차이

» $i = 1, 2, \dots, N$ (N 은 전체 EEG electrode 수)

[58]

- [59] 일 실시예에서 각성 상태 정량화 장치는 비행 중 조종사의 뇌파의 세타, 알파, 베타파에 대해 대역 필터링을 적용할 수 있다. 각성 상태 정량화 장치는 대역 필터링된 뇌파 신호 쌍들 간의 PLI를 산출할 수 있다.

- [60] 각성 상태 정량화 장치는 위상 지연 지수를 이용하여 기능적 연결성(Functional Connectivity) 행렬을 생성할 수 있다. 또한, 각성 상태 정량화 장치는 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 기능적 연결성 행렬을 분석함으로써, 분류된 상태 카테고리에 따른 조종사의 각성 상태를 정량화할 수 있다. 일 실시예에서 각성 상태 정량화 장치는 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 기능적 연결성 행렬의 Global efficiency 값 또는 Local efficiency 값을 산출함으로써, Global/Local efficiency 값으로 조종사의 각성 상태를 정량화할 수 있다.

- [61] 기능적 연결성 행렬을 생성하는 내용과 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 조종사의 각성 상태를 정량화하는 구체적인 설명은 도 5에서 후술하기로 한다.

- [62] 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 각성 상태를 정량화한 Global/Local efficiency 값을 조종사에게 시각적으로 제공할 수 있다. 또한, 각성 상태 정량화 장치는 Global/Local efficiency 값에 기초하여 조종사에게 적절한 피드백을 제공할 수 있다.

- [63] 실제 비행 환경에서 조종사는 다양한 변화 요인 및 외부의 영향을 받을 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 비행에 부적합한 각성 상태로 인한 인지 기능 저하 수준 등을 정밀하게 측정할 수 있다. 또한, 정밀하게 측정된 조종사의 각성 상태에 기초하여 조종사에게 피드백을 제공함으로써, 부적합한 각성 상태를 적절하게 완화시킬 수 있다.

- [64] 한편, 도 1에서는 조종사의 비행 중 각성 상태를 정량화하는 방법으로 한정하였으나, 각성 상태 정량화 장치는 유/무인항공기를 조종하는 조종사 외에도, 버스, 열차, 자동차 등을 운행하는 운전자의 운행 중 각성 상태를 정량화할 수 있음은 통상의 기술자에게 자명하다. 즉, 본 발명에 따른 각성 상태 정량화 장치는 항공기뿐만이 아니라 버스, 열차 등의 대중교통 운전자들의 사고 예방에 활용될 수 있다.
- [65] 도 2는 일 실시예에 따른 조종사의 각성 상태를 분류하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [66] 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 생체 신호를 분류기에 입력함으로써, 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류할 수 있다. 즉, 조종사의 다양한 종류의 생체 신호로부터 추출된 조종사의 각성 상태와 관련이 높은 특징 데이터가 분류기에 입력될 수 있다.
- [67] 일 실시예에서 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하는 분류기는 LDA(Linear Discriminant Analysis) 또는 SVM(Support Vector Machines)일 수 있다. LDA(Linear Discriminant Analysis)는 선형 분류에 용이하고, RBF(Radial Basis Function) 커널을 이용하는 SVM(Support Vector Machines)은 비선형 분류에 용이하다. 또한, 분류기는 RCNN(Recurrent Convolutional Neural Network)과 같은 인공 신경망 모델일 수도 있다. 그러나, 분류기의 종류는 이에 제한되지 않는다.
- [68] 일 실시예에서 상태 카테고리는 집중력 저하, 피로, 작업 부하 및 적합 상태를 포함할 수 있다. 조종사의 생체 신호로부터 추출된 각성 상태와 관련이 높은 특징 데이터가 분류기에 입력되면, 분류기로부터 출력된 결과값을 통해 네 가지 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값을 산출할 수 있다.
- [69] 예를 들어, 조종사의 다양한 종류의 생체 신호로부터 추출된 조종사의 각성 상태와 관련이 높은 특징 데이터(250)가 그래프(200)에 표시된 경우, 특징 데이터(250)와 네 가지 상태 카테고리에 대응되는 결정 경계들(Decision Boundary)(210, 220, 230 및 240) 간의 거리(251, 252, 253 및 254)가 산출될 수 있다. 이 때, 거리(251, 252, 253 및 254)의 역수는 결정 경계들(210, 220, 230 및 240)에 대응되는 네 가지 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값일 수 있다.
- [70] 각성 상태 정량화 장치는 특징 데이터(250)와 결정 경계들(210, 220, 230 및 240) 간의 거리(251, 252, 253 및 254)를 비교한 후, 조종사의 각성 상태를 가장 짧은 거리(252)를 갖는 결정 경계(220)에 대응하는 카테고리로 분류할 수 있다. 즉, 조종사의 각성 상태는 '피로'로 결정될 수 있다.
- [71] 한편, 각성 상태 정량화 장치는 분류기로부터 출력된 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값에 Softmax Function을 적용할 수 있다. Softmax Function이 적용됨으로써, 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값의 총합이 1이 될 수 있다. 즉, 각성 상태 정량화 장치는 특징 데이터(250)와 결정 경계들(210, 220, 230 및 240) 간의 거리(251, 252, 253 및 254)를 산출한 후, 산출된

- 거리(251, 252, 253 및 254)에 Softmax Function을 적용할 수 있다. Softmax Function이 적용을 통해 거리(251, 252, 253 및 254)의 총합이 되도록 정규화할 수 있다.
- [72] 도 3은 일 실시예에 따른 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값을 설명하기 위한 도면이다.
- [73] 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 생체 신호를 분류기에 입력함으로써, 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류할 수 있다.
- [74] 일 실시예에서 상태 카테고리는 적합 상태, 피로, 작업 부하 및 집중력 저하를 포함할 수 있다. 조종사의 생체 신호로부터 추출된 각성 상태와 관련이 높은 특징 데이터가 분류기에 입력되면, 분류기로부터 출력된 결과값을 통해 네 가지 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값을 산출할 수 있다.
- [75] 도 3을 참조하면, 적합 상태, 피로, 작업 부하 및 집중력 저하 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값은 0.6, 0.1, 0.2 및 0.1임을 알 수 있다. 네 가지 카테고리에 대한 분류 결과 값의 총합은 1이 되는데, 각성 상태 정량화 장치는 분류기로부터 출력된 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값에 Softmax Function을 적용함으로써, 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값의 총합이 1이 될 수 있다. 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값이 도 3과 같이 도출된 경우, 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 각성 상태를 "적합 상태"로 분류할 수 있다.
- [76] 도 4는 일 실시예에 따른 기능적 뇌 신경망(Functional Brain Network)을 설명하기 위한 도면이다.
- [77] 도 4를 참조하면, 기능적 뇌 신경망(Functional Brain Network)은 뇌의 영역 별 연결성을 특징으로 하는 신경망이다. 기능적 뇌 신경망은 노드(또는 버텍스)(410)와 노드(410)를 연결하는 링크(또는 에지)(420)로 구성된다. 노드(410)는 뇌의 각 영역을 나타내며, 링크(420)는 노드(410) 간의 anatomical, functional, 또는 effective 연결을 나타낼 수 있다. 일 실시예에서 기능적 뇌 신경망을 구성하는 노드(410)는 EEG 전극을 나타내고, 링크(420)는 각 EEG 전극으로부터 수신된 신호 간의 상관성을 나타낼 수 있다.
- [78] 도 5는 일 실시예에 따른 기능적 연결성(Functional Connectivity) 행렬을 설명하기 위한 도면이다.
- [79] 기능적 연결성 행렬(500)은, 도 4에서 상술한 기능적 뇌 신경망을 노드 간의 연결성(또는 인접성)으로 나타낸 것이다. 즉, 기능적 연결성 행렬(500)은 Functional datasets(예를 들어, functional MRI, MEG, EEG)의 노드 간 연결성(correlation)을 행렬 요소로 갖는다.
- [80] 일 실시예에서 각성 상태 정량화 장치는 PLI를 이용하여 기능적 연결성 행렬(500)의 행렬 요소 즉, 노드 간의 연결성을 산출함으로써 기능적 연결성 행렬(500)을 생성할 수 있다. PLI는 EEG 전극에서 획득된 뇌파 신호 쌍을 이용하여 산출될 수 있다. 예를 들어, 64개의 EEG 전극으로부터 획득된 신호를

입력으로 했을 때, 64x64 크기를 갖는 기능적 연결성 행렬(500)이 생성될 수 있다. 예를 들어, 기능적 연결성 행렬(500)에서 붉은 색으로 표시된 행렬 요소는 노드 간 연결성이 높음을 나타내고, 푸른 색으로 행렬 요소는 노드 간 연결성이 낮음을 나타낼 수 있다.

- [81] 각성 상태 정량화 장치는 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 기능적 연결성 행렬(500)을 분석함으로써, 분류된 상태 카테고리에 따른 조종사의 각성 상태를 정량화할 수 있다.
- [82] 구체적으로, 각성 상태 정량화 장치는 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 기능적 연결성 행렬(500)에 대한 기능적 통합(Functional Integration) 정도를 수치적으로 계산할 수 있다. 기능적 통합이란, 뇌 영역 간 분산된 정보를 얼마나 효율적으로 통합하고 처리하는지를 나타내는 개념이다. 뇌의 기능적 통합 정도를 수치적으로 계산하기 위해, 뇌의 각 영역 간의 상호 정보 교환의 용이성을 측정하고 경로 개념을 적용한다. 여기서, 경로란 노드(예를 들어, EEG 전극) 간의 링크를 의미하며, 경로의 길이가 짧을수록 뇌의 영역 간 기능적 통합 정도가 높다는 것을 의미할 수 있다.
- [83] 일 실시예에서 기능적 연결성 행렬(500)에 대한 기능적 통합 정도를 계산하는 방법으로서, 각성 상태 정량화 장치는 기능적 연결성 행렬(500)의 Global efficiency 값 또는 Local efficiency 값을 산출할 수 있다. Global efficiency 값은 기능적 뇌 신경망에서 상호 정보 교환의 전체적인 효율성을 나타내고, Local efficiency 값은 Local 클러스터 내부에서의 정보 전달의 효율성을 나타낸다.
- [84] 기능적 연결성 행렬(500)의 Global efficiency 값은 아래의 수학식 2와 같이 표현되고, Local efficiency 값은 아래의 수학식 3과 같이 표현될 수 있다.
- [85] [수식2]

$$E_{global} = \frac{1}{N} \sum_{i \in N} \frac{\sum_{j \in N, j \neq i} d_{ij}^{-1}}{N-1}$$

» $i=1,2,\dots,N$ (N 은 전체 EEG electrode 수)

» $j=1,2,\dots,N$

» d_{ij} : i 번째 노드와 j 번째 노드 간의 거리

- [86] [수식3]

$$E_{local} = \frac{1}{N} \sum_{i \in N} E_{local,i} = \frac{1}{N} \sum_{i \in N} \frac{\sum_{j,h \in N, j \neq i} a_{ij} a_{ih} [d_{jh}(N_i)]^{-1}}{k_i(k_i-1)}$$

- $E_{local,i}$: i 번째 노드의 local efficiency
- $i, j, h = 1, \dots, N$ (N 은 전체 EEG Electrode 수)
- $d_{jh}(N_i)$: i 번째 노드의 이웃들만을 포함하는 j 번째 노드와 h 번째 노드 사이의 최단 경로의 길이
- a_{ij} : i 번째 노드와 j 번째 노드의 연결 상태 (0과 1 값을 가짐); i 번째 노드와 j 번째 노드의 link가 존재할 경우, $a_{ij}=1$.
- k_i : i 번째 노드와 연결된 links의 수를 말함; $k_i = \sum_{j \in N} a_{ij}$

- [87]

- [88] 일 실시예에서 조종사가 비행 적합 상태일 때 Global/Local efficiency 값은 큰 값을 가지고, 작업 부하나 집중력 분산 등의 주의력 부족과 같은 비행 부적합 상태일 때 Global/Local efficiency 값은 작은 값을 가질 수 있다.
- [89] 한편, 조종사의 각성 상태 정도는 조종사 별로 다른 기준 값을 갖는다. 이에 따라, Global/Local efficiency 값이 조종사 별로 조정될 필요가 있다. 이를 위해, 각성 상태 정량화 장치는 조종사가 비행 적합 상태일 때 조종사의 생체 신호를 획득할 수 있다. 예를 들어, 조종사가 비행기를 조종하기 전, 조종사의 피로도가 누적되지 않은 상태에서 조종사의 생체 신호를 획득할 수 있다. 비행 적합 상태일 때 조종사의 생체 신호는 주기적으로 갱신됨으로써 데이터베이스화될 수 있다.
- [90] 각성 상태 정량화 장치는 조종사가 비행 적합 상태일 때 조종사의 생체 신호를 획득한 후, 비행 적합 상태일 때 조종사의 생체 신호를 기준으로 Global/Local efficiency 값을 조정할 수 있다. 일 실시예에서 각성 상태 정량화 장치는 조종사 별로 가장 큰 efficiency 값을 1로 설정하고, 가장 작은 efficiency 값을 0으로 설정함으로써, 조종사의 Global/Local efficiency 값이 0~1 사이로 정규화되도록 Global/Local efficiency 값을 조정할 수 있다.
- [91] 도 6은 일 실시예에 따른 분류된 상태 카테고리에 따른 조종사의 각성 상태를 정량화하는 예시를 설명하기 위한 도면이다.
- [92] 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 생체 신호를 분류기에 입력함으로써, 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류할 수 있다.
- [93] 일 실시예에서 상태 카테고리는 적합 상태, 피로, 작업 부하 및 집중력 저하를 포함할 수 있다. 조종사의 생체 신호로부터 추출된 각성 상태와 관련이 높은 특징 데이터가 분류기에 입력되면, 분류기로부터 출력된 결과값을 통해 네 가지 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값을 산출할 수 있다.
- [94] 도 6을 참조하면, 적합 상태, 피로, 작업 부하 및 집중력 저하 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값은 0.2, 0.6, 0.2 및 0.1임을 알 수 있다. 네 가지 카테고리에 대한 분류 결과 값의 총합은 1이 되는데, 각성 상태 정량화 장치는 분류기로부터 출력된 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값에 Softmax Function을 적용함으로써, 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값의 총합이 1이 될 수 있다. 복수의 상태 카테고리 각각에 대한 분류 결과 값이 도 6과 같이 도출된 경우, 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 각성 상태를 "피로"로 분류할 수 있다.
- [95] 각성 상태 정량화 장치는 PLI를 이용하여 기능적 연결성 행렬의 행렬 요소를 산출함으로써 기능적 연결성 행렬을 생성할 수 있다. 또한, 각성 상태 정량화 장치는 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 기능적 연결성 행렬을 분석함으로써, 분류된 상태 카테고리에 따른 조종사의 각성 상태를 정량화할 수 있다.
- [96] 일 실시예에서 조종사의 각성 상태는 기능적 연결성 행렬에 그래프 이론을 적용하여 산출된 Global/Local efficiency 값으로 정량화될 수 있다. 조종사가 비행

적합 상태일 때 Global/Local efficiency 값은 큰 값을 가지고, 작업 부하나 집중력 분산 등의 주의력 부족과 같은 비행 부적합 상태일 때 Global/Local efficiency 값은 작은 값을 가질 수 있다.

- [97] 한편, 조종사의 각성 상태 정도는 조종사 별로 다른 기준 값을 갖는다. 이에 따라, Global/Local efficiency 값이 조종사 별로 조정될 필요가 있다. 이를 위해, 각성 상태 정량화 장치는 조종사가 비행 적합 상태일 때 조종사의 생체 신호를 획득할 수 있다. 각성 상태 정량화 장치는 조종사가 비행 적합 상태일 때 조종사의 생체 신호를 획득한 후, 비행 적합 상태일 때 조종사의 생체 신호를 기준으로 Global/Local efficiency 값을 조정할 수 있다. 일 실시예에서 각성 상태 정량화 장치는 조종사 별로 가장 큰 efficiency 값을 1로 설정하고, 가장 작은 efficiency 값을 0으로 설정함으로써, 조종사의 Global/Local efficiency 값이 0~1 사이로 정규화되도록 Global/Local efficiency 값을 조정할 수 있다.
- [98] 도 6을 참조하면, 비행 중 조종사의 각성 상태를 정량화한 Global efficiency 값이 0.75의 비교적 높은 값을 가짐을 확인할 수 있다. 즉, 이 경우 조종사는 피로가 약간 누적된 상태임을 나타낸다. 한편, 도 6에 도시된 Global efficiency 값은 비행 적합 상태일 때 조종사의 생체 신호를 기준으로 조정된 값일 수 있다.
- [99] 각성 상태 정량화 장치는 분류된 상태 카테고리에 따른 조종사의 정량화된 각성 상태 정보를 조종사에게 제공할 수 있다. 일 실시예에서 각성 상태 정량화 장치는 디스플레이를 통해, 도 6에 도시된 바와 같이, 상태 카테고리 별 분류 결과 값 및 분류된 상태 카테고리에 따른 각성 상태 수치를 조종사에게 제공할 수 있다. 예를 들어, 상태 카테고리 별 분류 결과 값 및 분류된 상태 카테고리에 따른 각성 상태 수치는, 헤드 업 디스플레이(Head Up Display, HUD), 헤드 마운트 디스플레이(Head Mount Display, HMD), 또는 계기판 등을 통해 조종사에게 제공될 수 있다. 또는, 각성 상태 정량화 장치는 상태 카테고리 별 분류 결과 값 및 분류된 상태 카테고리에 따른 각성 상태 수치를 관제탑 등에 전송할 수 있다.
- [100] 또한, 각성 상태 정량화 장치는 분류된 상태 카테고리에 따른 조종사의 정량화된 각성 상태에 기초하여, 조종사에게 적절한 피드백을 제공할 수 있다. 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 정량적인 각성 상태 결과를 바탕으로 직접 또는 간접적인 피드백을 조종사에게 제공할 수 있다.
- [101] 예를 들어, 상태 카테고리가 "피로"로 분류되었으나 Global/Local efficiency 값이 비교적 높은 경우 즉, 피로도가 높지 않은 경우에, 각성 상태 정량화 장치는 현재 비행 환경 정보를 고려해 조종실의 산소 농도나 습도를 높이는 등 조종실 환경을 제어하는 등의 간접적인 피드백을 제공할 수 있다. 반면에, Global/Local efficiency 값이 0에 가까워 조종사의 피로도가 높은 것으로 판단되면, 각성 상태 정량화 장치는 조종사의 비행에 적합한 각성 상태를 직접적으로 유도하는 진동 등의 피드백을 제공할 수 있다.
- [102] 도 7은 일 실시예에 따른 각성 상태 정량화 장치의 하드웨어 구성을 도시한 블록도이다.

- [103] 도 7을 참조하면, 각성 상태 정량화 장치(700)는 제어부(710), 통신부(720), 메모리(730) 및 디스플레이(740)를 포함할 수 있다. 도 7의 각성 상태 정량화 장치(700)에는 실시예와 관련된 구성요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 도 7에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음을 당해 기술분야의 통상의 기술자라면 이해할 수 있다.
- [104] 각성 상태 정량화 장치(700)는 PC(personal computer), 서버 디바이스, 모바일 디바이스, 임베디드 디바이스 등의 다양한 종류의 디바이스들로 구현될 수 있다.
- [105] 제어부(710)는 도 1 내지 도 6에서 상술한 조종사의 각성 상태를 정량화하기 위한 일련의 프로세스를 제어할 수 있다. 제어부(710)는 각성 상태 정량화 장치(700)를 제어하기 위한 전반적인 기능들을 제어하는 역할을 한다. 예를 들어, 제어부(710)는 각성 상태 정량화 장치(700) 내의 메모리(730)에 저장된 프로그램들을 실행함으로써, 각성 상태 정량화 장치(700)를 전반적으로 제어한다. 제어부(710)는 각성 상태 정량화 장치(700) 내에 구비된 CPU(central processing unit), GPU(graphics processing unit), AP(application processor) 등으로 구현될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [106] 통신부(720)는 근거리 통신부, 이동 통신부, 방송 수신부를 포함할 수 있다. 통신부(720)는 비행 중 조종사의 생체 신호를 수신할 수 있다. 구체적으로, 통신부(720)는 조종사에 부착된 적어도 하나의 생체 신호 센서로부터, 비행 중 조종사의 뇌파, 심박도, 호흡 및 피부 전기활동 중 적어도 일부에 대한 신호를 생체 신호로서 수신할 수 있다. 또한, 통신부(720)는 외부 서버 등으로부터 조종사가 비행 적합 상태일 때 조종사의 생체 신호를 수신할 수 있다.
- [107] 메모리(730)는 각성 상태 정량화 장치(700) 내에서 처리되는 각종 데이터들을 저장하는 하드웨어로서, 예를 들어, 메모리(730)는 통신부(720)에서 수신한 비행 중 조종사의 생체 신호 및 비행 적합 상태일 때 조종사의 생체 신호 관련 데이터, 각성 상태 정량화 장치(700)에서 처리된 데이터들 및 처리될 데이터들을 저장할 수 있다. 또한, 메모리(730)는 각성 상태 정량화 장치(700)에 의해 구동될 애플리케이션들, 드라이버들 등을 저장할 수 있다. 메모리(730)는 DRAM(dynamic random access memory), SRAM(static random access memory) 등과 같은 RAM(random access memory), ROM(read-only memory), EEPROM(electrically erasable programmable read-only memory), CD-ROM, 블루레이 또는 다른 광학 디스크 스토리지, HDD(hard disk drive), SSD(solid state drive), 또는 플래시 메모리를 포함할 수 있다.
- [108] 디스플레이(740)는 각성 상태 정량화 장치(700)에서 처리되는 정보를 표시한다. 예를 들어, 디스플레이(740)는, 상태 카테고리 별 분류 결과 값 및 분류된 상태 카테고리에 따른 각성 상태 수치를 디스플레이할 수 있다.
- [109] 한편, 디스플레이(740)와 터치패드가 레이어 구조를 이루어 터치 스크린으로 구성되는 경우, 디스플레이(740)는 출력 장치 이외에 입력 장치로도 사용될 수 있다. 디스플레이(740)는 액정 디스플레이(liquid crystal display), 박막 트랜지스터

액정 디스플레이(thin film transistor-liquid crystal display), 유기 발광 다이오드(organic light-emitting diode), 플렉시블 디스플레이(flexible display), 3차원 디스플레이(3D display), 전기영동 디스플레이(electrophoretic display) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또한, 디스플레이(740)는 헤드 업 디스플레이(Head Up Display, HUD), 헤드 마운트 디스플레이(Head Mount Display, HMD), 또는 계기판을 포함할 수 있다.

- [110] 일 실시예에서 각성 상태 정량화 장치(700)는 피드백 제공부를 더 포함할 수 있다. 피드백 제공부는 시각 정보를 출력하는 디스플레이 또는 램프, 촉각 정보를 출력하는 모터, 소리 정보를 출력하는 스피커를 포함할 수 있다. 또한, 피드백 제공부는 산소, 습도 조절 장치를 포함할 수 있다.
- [111] 본 실시예들은 전자 디바이스에 의해 실행 가능한 명령어 및 데이터를 저장하는 전자 디바이스로 읽을 수 있는 기록매체에 저장된 어플리케이션의 형태로 구현될 수 있다. 상기 명령어는 프로그램 코드의 형태로 저장될 수 있으며, 프로세서에 의해 실행되었을 때, 소정의 프로그램 모듈을 생성하여 소정의 동작을 수행할 수 있다. 또한, 상기 명령어는 프로세서에 의해 실행되었을 때, 개시된 실시예들의 소정의 동작들을 수행할 수 있다.
- [112] 본 실시예들은 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈과 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 메커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.
- [113] 또한, 본 명세서에서, "부"는 프로세서 또는 회로와 같은 하드웨어 구성(hardware component), 및/또는 프로세서와 같은 하드웨어 구성에 의해 실행되는 소프트웨어 구성(software component)일 수 있다.
- [114] 전술한 본 명세서의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 명세서의 내용이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [115] 본 실시예의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여

나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

청구범위

- [청구항 1] 조종사의 각성 상태를 정량화하는 방법에 있어서,
비행 중 조종사의 생체 신호를 수신하는 단계;
상기 조종사의 생체 신호를 분석함으로써, 상기 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하는 단계; 및
상기 생체 신호에 포함된 뇌파를 분석함으로써, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 정량화하는 단계;
를 포함하는, 방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 생체 신호를 수신하는 단계는,
상기 조종사에 부착된 적어도 하나의 생체 신호 센서로부터, 비행 중 상기 조종사의 뇌파, 심박도, 호흡 및 피부 전기활동 중 적어도 일부에 대한 신호를 상기 생체 신호로서 수신하는 단계;
를 포함하는, 방법.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 분류하는 단계는,
상기 생체 신호를 분류기에 입력함으로써, 상기 조종사의 각성 상태를 상기 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하는 단계;
를 포함하는, 방법.
- [청구항 4] 제 3 항에 있어서,
상기 분류기는 LDA(Linear Discriminant Analysis), SVM(Support Vector Machines) 및 인공신경망 모델을 포함하는 것인, 방법.
- [청구항 5] 제 3 항에 있어서,
상기 복수의 상태 카테고리는 적합 상태, 집중력 저하, 피로, 작업 부하 및 무의식을 포함하는 것인, 방법.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 정량화하는 단계는,
비행 중 상기 조종사의 뇌파 신호 쌍들 간의 위상 지연 지수(Phase Lag Index)를 산출하는 단계;
상기 위상 지연 지수를 이용하여 기능적 연결성(Functional Connectivity) 행렬을 생성하는 단계; 및
그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 상기 기능적 연결성 행렬을 분석함으로써, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 정량화하는 단계;
를 포함하는, 방법.
- [청구항 7] 제 6 항에 있어서,
상기 방법은,

상기 조종사가 비행 적합 상태일 때 상기 조종사의 생체 신호를 획득하는 단계;

를 더 포함하고,

상기 정량화하는 단계는,

그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 상기 기능적 연결성 행렬의 Global efficiency 값 또는 Local efficiency 값을 산출하는 단계;

비행 적합 상태일 때 상기 조종사의 생체 신호를 기준으로, 상기 Global efficiency 값 또는 상기 Local efficiency 값을 조정하는 단계; 및

상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 상기 조정된 Global efficiency 값 또는 상기 조정된 Local efficiency 값으로 정량화하는 단계;

를 포함하는, 방법.

[청구항 8]

제 1 항에 있어서,

상기 방법은,

상기 복수의 상태 카테고리 별 분류 결과 값 및 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 정량화된 각성 상태 정보를 제공하는 단계;

를 더 포함하는, 방법.

[청구항 9]

제 1 항에 있어서,

상기 방법은,

상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 정량화된 각성 상태에 기초하여, 상기 조종사에게 적절한 피드백을 제공하는 단계;

를 더 포함하는, 방법.

[청구항 10]

조종사의 각성 상태를 정량화하는 장치에 있어서,

비행 중 조종사의 생체 신호를 수신하는 통신부; 및

상기 조종사의 생체 신호에 기초하여, 상기 조종사의 각성 상태를 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하고, 상기 조종사의 생체 신호를 분석함으로써, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 정량화하는 제어부;

를 포함하는, 장치.

[청구항 11]

제 10 항에 있어서,

상기 통신부는, 상기 조종사에 부착된 적어도 하나의 생체 신호

센서로부터, 비행 중 상기 조종사의 뇌파, 심박도, 호흡 및 피부 전기활동 중 적어도 일부에 대한 신호를 상기 생체 신호로서 수신하는 것인, 장치.

[청구항 12]

제 10 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 생체 신호를 분류기에 입력함으로써, 상기 조종사의 각성 상태를 상기 복수의 상태 카테고리 중 어느 하나로 분류하는 것인, 장치.

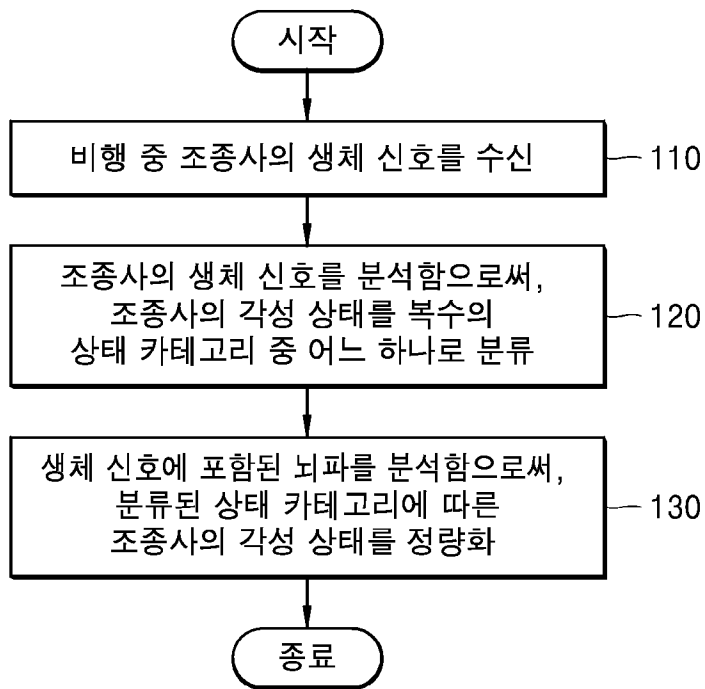
[청구항 13]

제 12 항에 있어서,

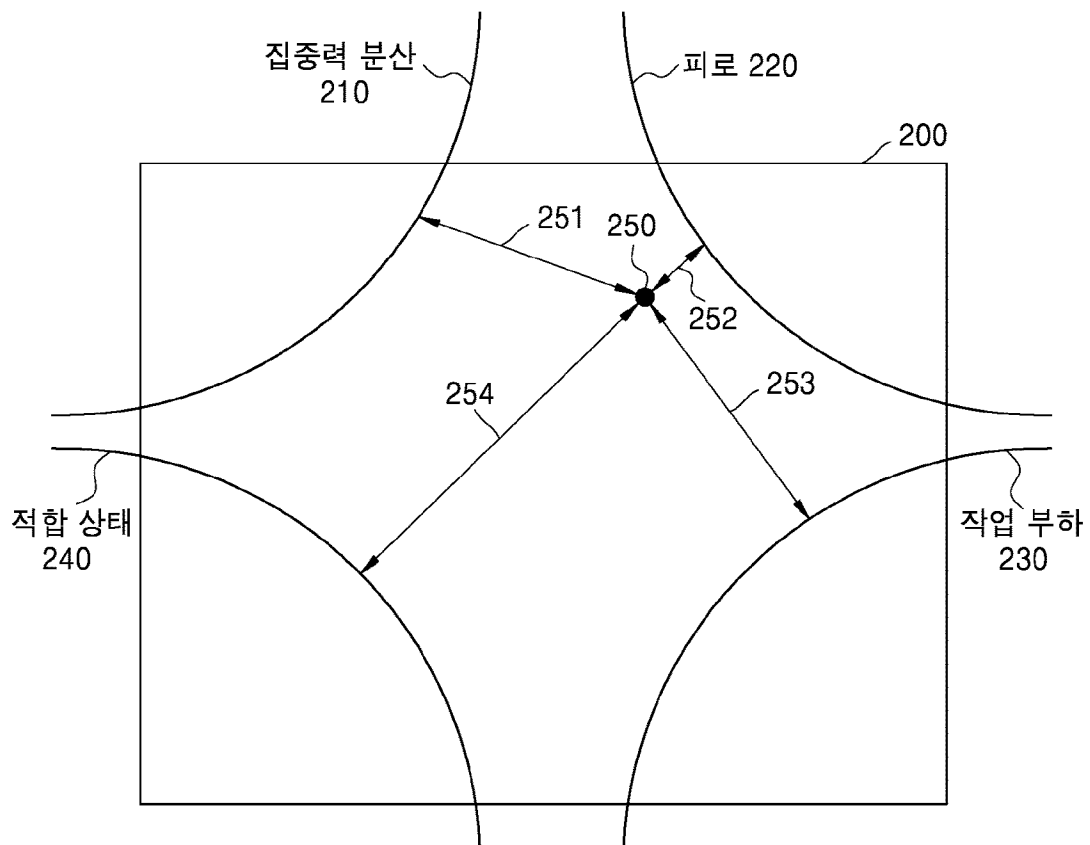
상기 분류기는 LDA(Linear Discriminant Analysis), SVM(Support Vector Machines) 및 인공신경망 모델을 포함하는 것인, 장치.

- [청구항 14] 제 12 항에 있어서,
상기 복수의 상태 카테고리는 적합 상태, 집중력 저하, 피로, 작업 부하 및 무의식을 포함하는 것인, 장치.
- [청구항 15] 제 10 항에 있어서,
상기 제어부는, 비행 중 상기 조종사의 뇌파 신호 쌍들 간의 위상 지연 지수(Phase Lag Index)를 산출하고, 상기 위상 지연 지수를 이용하여 기능적 연결성(Functional Connectivity) 행렬을 생성하며, 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 상기 기능적 연결성 행렬을 분석함으로써, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 정량화하는 것인, 장치.
- [청구항 16] 제 15 항에 있어서,
상기 통신부는, 상기 조종사가 비행 적합 상태일 때 상기 조종사의 생체 신호를 획득하고,
상기 제어부는, 그래프 이론(Graph Theory)을 이용하여 상기 기능적 연결성 행렬의 Global efficiency 값 또는 Local efficiency 값을 산출하고, 비행 적합 상태일 때 상기 조종사의 생체 신호를 기준으로, 상기 Global efficiency 값 또는 상기 Local efficiency 값을 조정하며, 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 각성 상태를 상기 조정된 Global efficiency 값 또는 상기 조정된 Local efficiency 값으로 정량화하는 것인, 장치.
- [청구항 17] 제 10 항에 있어서,
상기 장치는,
상기 복수의 상태 카테고리 별 분류 결과 값 및 상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 정량화된 각성 상태 정보를 제공하는 디스플레이;를 더 포함하는, 장치.
- [청구항 18] 제 10 항에 있어서,
상기 장치는,
상기 분류된 상태 카테고리에 따른 상기 조종사의 정량화된 각성 상태에 기초하여, 상기 조종사에게 적절한 피드백을 제공하는 피드백 제공부;를 더 포함하는, 장치.
- [청구항 19] 제 1 항의 방법을 컴퓨터에서 실행하기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

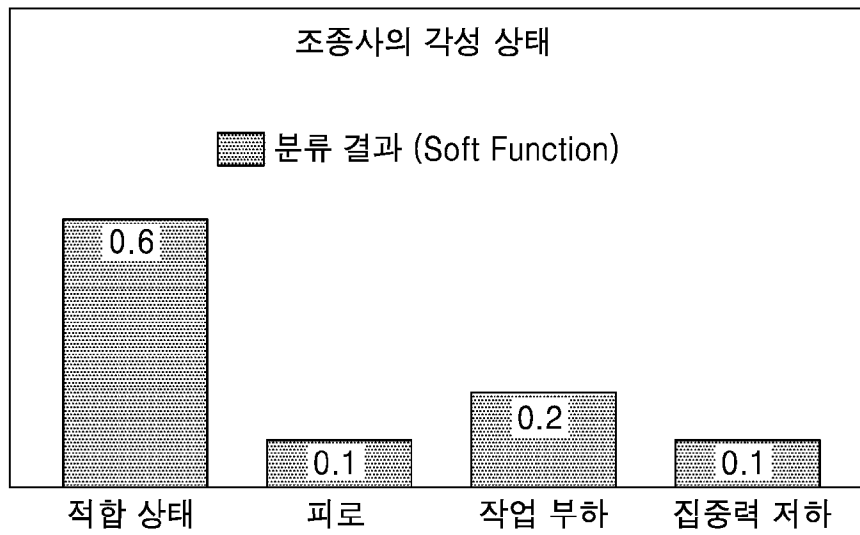
[도1]



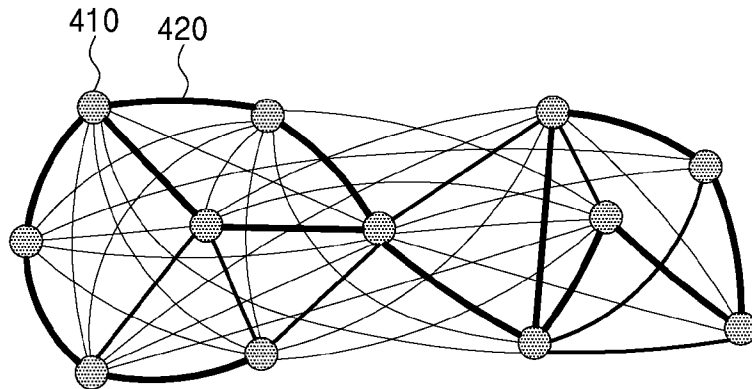
[도2]



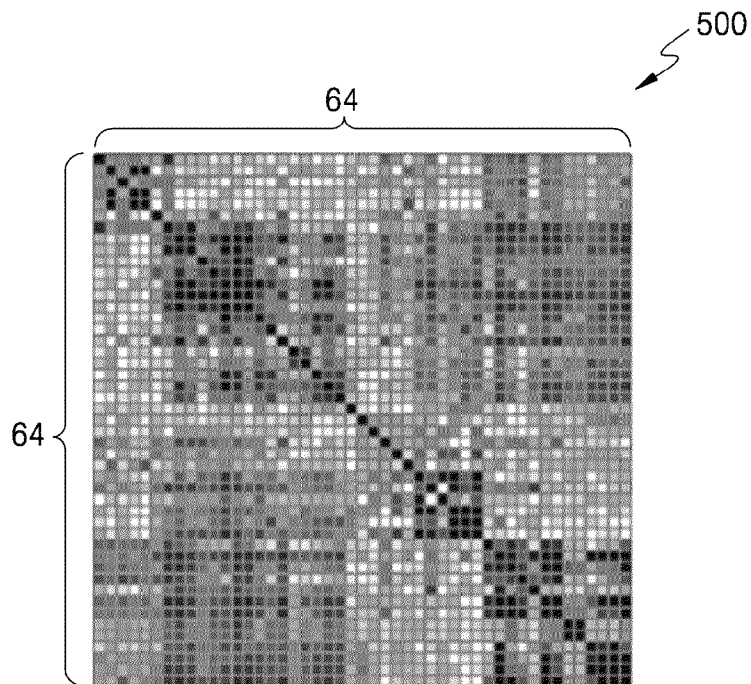
[도3]



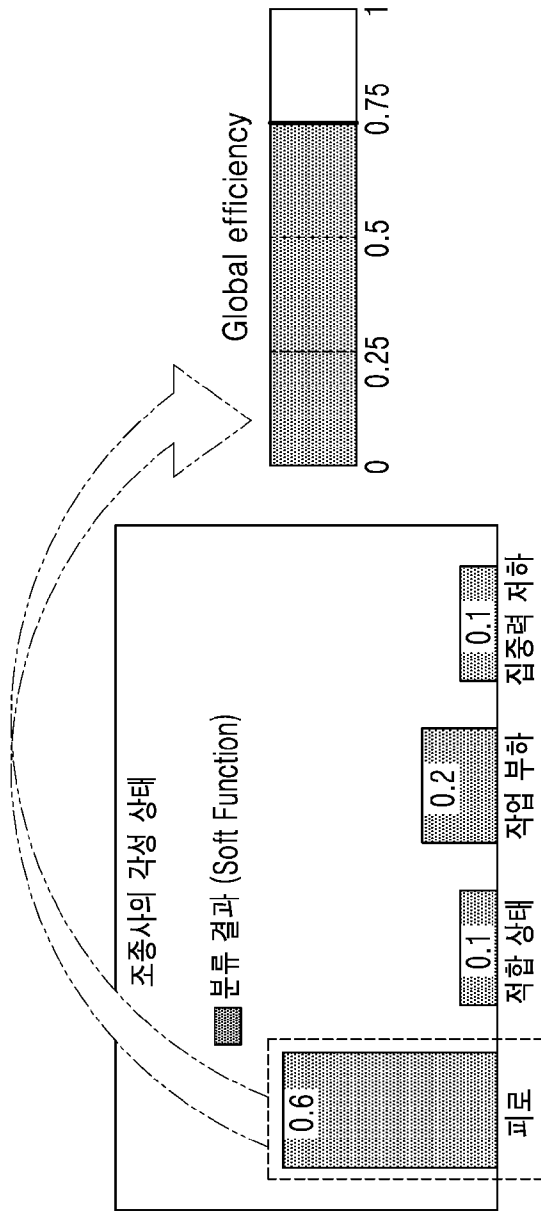
[도4]



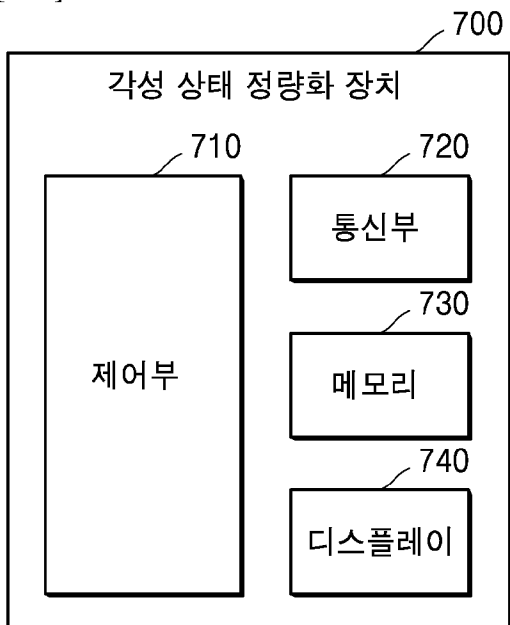
[도5]



[도6]



[도7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2019/005293

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61B 5/16(2006.01)i, A61B 5/00(2006.01)i, A61B 5/0476(2006.01)i, A61B 5/024(2006.01)i, A61B 5/08(2006.01)i, A61B 5/053(2006.01)i, A61B 5/18(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 5/16; A61B 5/00; A61B 5/02; A61B 5/0205; A61B 5/0482; A61B 5/18; B60K 28/02; G06T 7/00; A61B 5/0476; A61B 5/024; A61B 5/08; A61B 5/053

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean utility models and applications for utility models: IPC as above

Japanese utility models and applications for utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: driver, awareness, quantization, category, graph theory

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2016-0067681 A (HYUNDAI MOBIS CO., LTD.) 14 June 2016 See paragraphs [0021]-[0025], [0046]-[0065], [0089], [0091] and figure 1.	1-5,8-14,17-19
Y		6,7,15,16
Y	KR 10-1653910 B1 (UNIVERSITY INDUSTRY FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY WONJU CAMPUS) 06 September 2016 See paragraphs [0058], [0073].	6,7,15,16
A	JP 2018-064900 A (FUJITSU LTD.) 26 April 2018 See paragraphs [0028]-[0039].	1-19
A	JP 4168754 B2 (SONY CORP.) 22 October 2008 See paragraphs [0069]-[0077] and figures 5, 6.	1-19
A	US 2016-0284082 A1 (BRAINLAB AG.) 29 September 2016 See paragraph [0067] and claim 16.	1-19



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 AUGUST 2019 (19.08.2019)

Date of mailing of the international search report

20 AUGUST 2019 (20.08.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR



Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2019/005293

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2016-0067681 A	14/06/2016	None	
KR 10-1653910 B1	06/09/2016	None	
JP 2018-064900 A	26/04/2018	None	
JP 4168754 B2	22/10/2008	JP 2004-209126 A	29/07/2004
US 2016-0284082 A1	29/09/2016	EP 3066593 A1	14/09/2016
		EP 3066593 B1	02/05/2018
		US 9741114 B2	22/08/2017
		WO 2015-067299 A1	14/05/2015

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

A61B 5/16(2006.01)i, A61B 5/00(2006.01)i, A61B 5/0476(2006.01)i, A61B 5/024(2006.01)i, A61B 5/08(2006.01)i, A61B 5/053(2006.01)i, A61B 5/18(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

A61B 5/16; A61B 5/00; A61B 5/02; A61B 5/0205; A61B 5/0482; A61B 5/18; B60K 28/02; G06T 7/00; A61B 5/0476; A61B 5/024; A61B 5/08; A61B 5/053

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 조종사(driver), 각성 상태(awareness), 정량화(quantization), 카테고리(category), 그래프 이론(graph theory)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2016-0067681 A (현대모비스 주식회사) 2016.06.14 단락 [0021]-[0025], [0046]-[0065], [0089], [0091] 및 도면 1 참조.	1-5, 8-14, 17-19
Y		6, 7, 15, 16
Y	KR 10-1653910 B1 (연세대학교 원주산학협력단) 2016.09.06 단락 [0058], [0073] 참조.	6, 7, 15, 16
A	JP 2018-064900 A (FUJITSU LTD.) 2018.04.26 단락 [0028]-[0039] 참조.	1-19
A	JP 4168754 B2 (SONY CORP.) 2008.10.22 단락 [0069]-[0077] 및 도면 5, 6 참조.	1-19
A	US 2016-0284082 A1 (BRAINLAB AG) 2016.09.29 단락 [0067] 및 청구항 16 참조.	1-19

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2019년 08월 19일 (19.08.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 08월 20일 (20.08.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김연정

전화번호 +82-42-481-3325



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2016-0067681 A	2016/06/14	없음	
KR 10-1653910 B1	2016/09/06	없음	
JP 2018-064900 A	2018/04/26	없음	
JP 4168754 B2	2008/10/22	JP 2004-209126 A	2004/07/29
US 2016-0284082 A1	2016/09/29	EP 3066593 A1	2016/09/14
		EP 3066593 B1	2018/05/02
		US 9741114 B2	2017/08/22
		WO 2015-067299 A1	2015/05/14