

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2022년 1월 20일 (20.01.2022) WIPO | PCT

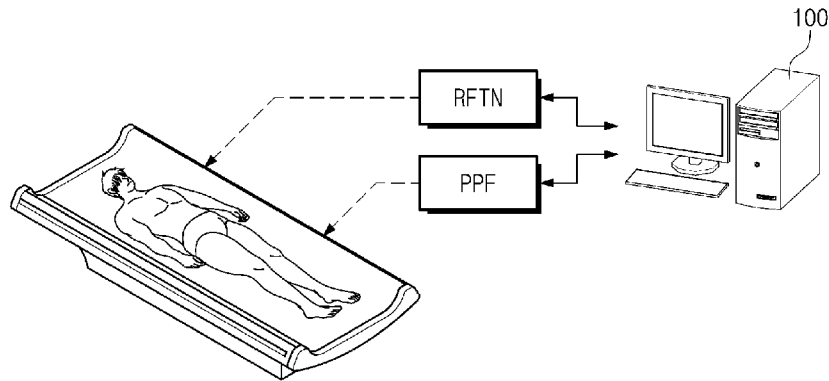


(10) 국제공개번호
WO 2022/014861 A1

- (51) 국제특허분류:
A61M 5/172 (2006.01) *G16H 20/17* (2018.01)
A61M 5/168 (2006.01) *A61M 5/142* (2006.01)
A61B 5/00 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2021/006850
- (22) 국제출원일: 2021년 6월 2일 (02.06.2021)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2020-0086957 2020년 7월 14일 (14.07.2020) KR
- (71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 02841 서울시 성북구 안암로 145, Seoul (KR). 서울대학교 산학협력단 (SEOUL NATIONAL UNIVERSITY R&DB FOUNDATION) [KR/KR]; 08826 서울시 관악구 관악로 1, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 김중현 (KIM, Joongheon); 07034 서울시 동작구 상도로 346-2 212동 201호, Seoul (KR). 신명재 (SHIN, Myung Jae); 07979 서울시 양천구 목동서로2길 22 114동 1404호, Seoul (KR). 이형철 (LEE, Hyung-Chul); 05504 서울시 송파구 올림픽로35길 104 25동 809호, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 윤귀상 (YUN, Kuisang); 08511 서울시 금천구 디지털로9길 47 804호(가산동, 한신IT타워2차), 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, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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).

(54) Title: DRUG INJECTION ADJUSTING APPARATUS AND METHOD USING REINFORCEMENT LEARNING

(54) 발명의 명칭: 강화학습을 이용한 약물 주입 조절 장치 및 방법



(57) Abstract: Provided is a drug injection adjusting apparatus which is configured to: learn a change in patient's anesthesia state information that follows a drug injection rate set such that the anesthesia state information follows the target anesthetic state information, thereby generating a policy model; learn the change in the anesthesia state information resulting from a change in the drug injection rate, thereby generating a prediction model; set a drug injection rate from the anesthesia state information on the basis of the policy model; and predict expected anesthesia state information from the set drug injection rate and previously set drug injection rate, on the basis of the prediction model.

(57) 요약서: 환자의 마취상태 정보가 목표 마취상태 정보를 추종하도록 설정되는 약물 주입 속도에 의한 마취상태 정보의 변화를 학습하여, 정책 모델을 생성하고, 약물 주입 속도의 변화에 따른 마취상태 정보의 변화를 학습하여, 예측 모델을 생성하며, 정책 모델에 기초하여, 마취상태 정보로부터 약물 주입 속도를 설정하고, 예측 모델에 기초하여, 설정된 약물 주입 속도와 이전에 설정된 약물 주입 속도로부터 예상 마취상태 정보를 예측하는, 약물 주입 조절 장치를 제공한다. [대표도] 도 1

[다음 쪽 계속]

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 강화학습을 이용한 약물 주입 조절 장치 및 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 강화학습을 이용한 약물 주입 조절 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 수술 중에 환자의 마취 상태를 유지하기 위한 약물 주입 조절 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로, 마취 전문의는 환자의 상태를 일정한 마취 상태로 유도하기 위해 약물의 주입 속도를 조절하게 된다. 현대에는, 환자의 BIS(Bispectral Index) 또는 뇌전도(EEG: Electroencephalogram)를 측정하여, 이러한 환자의 상태가 일정하게 유지되도록 약물의 주입 속도를 직접 조절하게 된다. 이때, 마취 전문의는 약물을 환자에게 주입하기 위해 주입 펌프를 이용하게 된다.
- [3] 이때, 환자를 최면 및 무통을 포함하는 마취 상태 또는 진정 상태로 유도하는 과정에서, 마취 전문의는 프로포폴(Propofol) 및 레미펜타닐(Remifentanyl) 등의 신속하게 작용되는 약물을 이용하게 되며, 이 과정에서, 약동학(PK: Pharmacokinetics) - 약력학(PD: Pharmacodynamics)이 이용된다.
- [4] 한편, 환자의 상태를 일정한 마취 상태로 유지하는 것은 마취 전문의에 의해 제어되며, 이에 따라, 마취 전문의의 건강 상태, 숙련도 등에 따라 마취 상태를 유지하는데 어려움이 발생할 수 있다. 예를 들어, 환자에게 주입되는 약물이 부족한 경우에, 환자는 수술 중에 의식을 회복하게 될 수 있으며, 환자에게 약물이 과다하게 주입되는 경우에는, 환자의 혈액학적 불안정성 및 다른 부작용 등을 유발할 수 있다.
- [5] 이에 따라, 환자의 마취 상태가 일정하게 유지되도록 환자에게 주입되는 약물을 적절히 조절하는 방안이 요구되는 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 강화학습을 이용하여 수술 중에 환자의 마취 상태를 안정적으로 유지하는 약물 주입 조절 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [7] 본 발명의 일측면은, 환자의 마취상태 정보를 산출하는 마취상태 정보 산출부; 상기 마취상태 정보에 대해 사전에 설정되는 목표 마취상태 정보를 설정하고, 상기 마취상태 정보가 상기 목표 마취상태 정보를 추종하도록 설정되는 약물 주입 속도에 의한 상기 마취상태 정보의 변화에 따른 보상 값을 학습하여, 정책 모델을 생성하는 정책 모델 학습부; 상기 약물 주입 속도의 변화에 따라 변하는 상기 마취상태 정보를 학습하여, 예측 모델을 생성하는 예측 모델 학습부; 상기

정책 모델에 기초하여, 상기 마취상태 정보로부터 상기 약물 주입 속도를 설정하는 제어부; 및 상기 예측 모델에 기초하여, 설정된 약물 주입 속도와 이전에 설정된 약물 주입 속도로부터 예상 마취상태 정보를 예측하는 예측부를 포함할 수 있다.

- [8] 또한, 상기 마취상태 정보 산출부는, 환자의 제지방량과 환자에게 주입되는 약물에 대해 사전에 마련되는 약물 모델에 기초하여, 효과 부위 농도와 혈장 농도를 각각 산출하고, 상기 효과 부위 농도와 상기 혈장 농도에 따라 환자의 상태를 나타내도록 상기 마취상태 정보를 산출할 수 있다.
- [9] 또한, 상기 제어부는, 환자의 상태로부터 산출되는 상기 마취상태 정보와 상기 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 상기 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도에 따라 상기 레미펜타닐의 주입 속도와 상기 프로포폴의 주입 속도를 제어할 수 있다.
- [10] 또한, 상기 정책 모델 학습부는, 상기 레미펜타닐의 주입 속도와 상기 프로포폴의 주입 속도가 제어되어, 상기 시간 간격이 경과된 이후, 변화된 환자의 상태로부터 산출되는 상기 마취상태 정보와 상기 목표 마취상태 정보의 차이에 따라 보상 값을 산출할 수 있다.
- [11] 또한, 상기 정책 모델 학습부는, 서로 다른 마취상태 정보의 변화로부터 산출된 복수개의 보상 값에 기초하여, 임의의 마취상태 정보로부터, 상기 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 과정에서 각각의 마취상태 정보의 변화에 매칭되는 복수개의 보상 값에 따라 기대 값을 산출할 수 있다.
- [12] 또한, 상기 정책 모델 학습부는, 상기 기대 값이 최대 값으로 산출되도록 선택된 보상 값에 매칭되는 상기 마취상태 정보의 변화에서의 약물 주입 속도에 따라 상기 정책 모델을 생성할 수 있다.
- [13] 본 발명의 다른 일측면은, 강화학습을 이용한 약물 주입 조절 장치를 이용하는 약물 주입 조절 방법에 있어서, 환자의 마취상태 정보를 산출하는 단계; 상기 마취상태 정보에 대해 사전에 설정되는 목표 마취상태 정보를 설정하고, 상기 마취상태 정보가 상기 목표 마취상태 정보를 추종하도록 설정되는 약물 주입 속도에 의한 상기 마취상태 정보의 변화에 따른 보상 값을 학습하여, 정책 모델을 생성하는 단계; 상기 약물 주입 속도의 변화에 따라 변하는 상기 마취상태 정보를 학습하여, 예측 모델을 생성하는 단계; 상기 정책 모델에 기초하여, 상기 마취상태 정보로부터 상기 약물 주입 속도를 설정하는 단계; 및 상기 예측 모델에 기초하여, 설정된 약물 주입 속도와 이전에 설정된 약물 주입 속도로부터 예상 마취상태 정보를 예측하는 단계를 포함할 수 있다.
- [14] 또한, 상기 마취상태 정보를 산출하는 단계는, 환자의 제지방량과 환자에게 주입되는 약물에 대해 사전에 마련되는 약물 모델에 기초하여, 효과 부위 농도와 혈장 농도를 각각 산출하고, 상기 효과 부위 농도와 상기 혈장 농도에 따라

환자의 상태를 나타내도록 상기 마취상태 정보를 산출할 수 있다.

- [15] 또한, 상기 약물 주입 속도를 설정하는 단계는, 환자의 상태로부터 산출되는 상기 마취상태 정보와 상기 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 상기 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도에 따라 상기 레미펜타닐의 주입 속도와 상기 프로포폴의 주입 속도를 제어할 수 있다.

- [16] 또한, 상기 정책 모델을 생성하는 단계는, 상기 레미펜타닐의 주입 속도와 상기 프로포폴의 주입 속도가 제어되어, 상기 시간 간격이 경과된 이후, 변화된 환자의 상태로부터 산출되는 상기 마취상태 정보와 상기 목표 마취상태 정보의 차이에 따라 보상 값을 산출할 수 있다.

- [17] 또한, 상기 정책 모델을 생성하는 단계는, 서로 다른 마취상태 정보의 변화로부터 산출된 복수개의 보상 값에 기초하여, 임의의 마취상태 정보로부터, 상기 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 과정에서 각각의 마취상태 정보의 변화에 매칭되는 복수개의 보상 값에 따라 기대 값을 산출할 수 있다.

- [18] 또한, 상기 정책 모델을 생성하는 단계는, 상기 기대 값이 최대 값으로 산출되도록 선택된 보상 값에 매칭되는 상기 마취상태 정보의 변화에서의 약물 주입 속도에 따라 상기 정책 모델을 생성할 수 있다.

발명의 효과

- [19] 상술한 본 발명의 일측면에 따르면, 강화학습을 이용한 약물 주입 조절 장치 및 방법을 제공함으로써, 강화학습을 이용하여 수술 중에 환자의 마취 상태를 안정적으로 유지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [20] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 약물 주입 조절 장치의 개략도이다.
 [21] 도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 약물 주입 조절 장치의 제어블록도이다.
 [22] 도3은 도2의 정책 모델 학습부에서 정책 모델을 생성하는 과정을 나타낸 블록도이다.
 [23] 도4는 도2의 예측 모델 학습부에서 예측 모델을 생성하는 과정을 나타낸 블록도이다.
 [24] 도5는 본 발명의 일 실시예에 따른 약물 주입 조절 방법의 순서도이다.
 [25] 도6은 도5의 정책 모델을 생성하는 단계의 세부 순서도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [26] 후술하는 본 발명에 대한 상세한 설명은, 본 발명이 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예와 관련하여 본

발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는, 적절하게 설명된다면, 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

- [27] 이하, 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 보다 상세하게 설명하기로 한다.
- [28] 도1은 본 발명의 일 실시예에 따른 약물 주입 조절 장치의 개략도이다.
- [29] 약물 주입 조절 장치(100)는 수술 중인 환자의 마취 상태를 일정하게 유지하도록 환자에게 주입되는 약물의 주입 속도를 조절하도록 마련될 수 있다.
- [30] 이때, 환자의 마취 상태는 BIS(Bispectral Index)를 이용하여 나타낼 수 있으며, 일반적으로, 외과 수술 중에 마취되는 환자의 BIS는 50을 유지하도록 권장될 수 있다.
- [31] 이를 위해, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자에게 주입되는 레미펜타닐(Remifentanyl)의 주입 속도와 프로포폴(Propofol)의 주입 속도를 각각 조절하여 환자의 BIS를 일정하게 유지하도록 마련된다.
- [32] 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 마취상태 정보를 산출할 수 있다. 여기에서, 마취상태 정보는 환자의 상태로부터 산출되거나, 또는 측정되는 BIS를 의미할 수 있다.
- [33] 이때, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 마취 상태를 측정할 수 있도록 마련되는 마취 심도 모니터링 장치 또는 마취 심도 감시 장치 등을 이용하여 환자의 마취 심도를 측정할 수도 있으며, 이러한 경우에, 환자의 마취상태 정보는 마취 심도 모니터링 장치 또는 마취 심도 감시 장치 등에 의해 측정된 환자의 마취 심도를 의미할 수 있다.
- [34] 이를 위해, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 신장과 체중에 따라 환자의 제지방량을 산출할 수 있으며, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 제지방량과 환자에게 주입되는 약물에 대해 사전에 마련되는 약물 모델에 기초하여, 효과 부위 농도와 혈장 농도를 각각 산출할 수 있다.
- [35] 아래의 수학식 1 내지 수학식 5는 환자의 효과 부위 농도와 혈장 농도를 산출하는데 이용되는 수식으로 이해할 수 있다.
- [36] [수학식 1]

[37]

$$lbm_{\text{male}} = 1.1 \cdot \text{weight} - 128 \cdot \frac{\text{weight}}{\text{height}}$$

$$lbm_{\text{female}} = 1.07 \cdot \text{weight} - 148 \cdot \frac{\text{weight}}{\text{height}}$$

[38]

여기에서, lbm_{male} 은 남성의 체지방량을 의미할 수 있고, lbm_{female} 은 여성의 체지방량을 의미할 수 있다. 또한, Weight 는 환자의 체중을 의미할 수 있고, Height 는 환자의 신장을 의미할 수 있다.

[39]

[수학식 2]

[40]

$$\text{Vol}_1^{\text{PPF}} = h_1, \text{Vol}_2^{\text{PPF}} = h_2 - h_3(\text{age} - h_4), \text{Vol}_3^{\text{PPF}} = h_5,$$

$$C_{l1}^{\text{PPF}} = h_6 + h_7(\text{weight} - h_8) - h_9(lbm - h_{10})$$

$$+ h_{11}(\text{height} - h_{12}),$$

$$C_{l2}^{\text{PPF}} = h_{13} - h_{14}(\text{age} - h_{15}), C_{l3}^{\text{PPF}} = h_{16},$$

$$k_{10}^{\text{PPF}} = \frac{C_{l1}^{\text{PPF}}}{\text{Vol}_1^{\text{PPF}}}, k_{12}^{\text{PPF}} = \frac{C_{l2}^{\text{PPF}}}{\text{Vol}_1^{\text{PPF}}}, k_{13}^{\text{PPF}} = \frac{C_{l3}^{\text{PPF}}}{\text{Vol}_1^{\text{PPF}}},$$

$$k_{21}^{\text{PPF}} = \frac{C_{l2}^{\text{PPF}}}{\text{Vol}_2^{\text{PPF}}}, k_{31}^{\text{PPF}} = \frac{C_{l3}^{\text{PPF}}}{\text{Vol}_3^{\text{PPF}}}, k_{e0}^{\text{PPF}} = h_{17}.$$

[41]

여기에서, PPF는 프로포폴을 의미할 수 있으며, h_1 내지 h_{17} 은 프로포폴에 대해 정의된 약물 모델인 Schinider 모델에 의한 변수 값으로 이해할 수 있으며, lbm 은 환자의 체지방량을 의미할 수 있고, age 는 환자의 나이를 의미할 수 있다. 또한, $\text{Vol}_1^{\text{PPF}}$ 내지 $\text{Vol}_3^{\text{PPF}}$ 는 프로포폴의 각 성분에 대한 약물의 양으로 이해할 수 있고, C_{l1}^{PPF} 내지 C_{l3}^{PPF} 는 프로포폴의 각 성분에 대한 체내의 약물이 제거되는 속도를 나타내는 것으로 이해할 수 있으며, k_{ij}^{PPF} 는 프로포폴의 각 성분에 대한 체내에서의 약물의 변화 또는 변형을 나타내는 변수인 것으로 이해할 수 있다.

[42]

[표 1]

[43]

Drug Parameter	Values
Propofol	Schinider
h_1	4.27
h_2	18.9
h_3	0.391
h_4	53
h_5	238
h_6	1.89
h_7	0.0456
h_8	77
h_9	0.0681
h_{10}	59
h_{11}	0.0264
h_{12}	177
h_{13}	1.29
h_{14}	0.024
h_{15}	53
h_{16}	0.836
h_{17}	0.456

[44] 표 1은 Schinider 모델에 따라 임의의 환자 상태에서의 프로포폴의 각 성분
 대한 변수를 나타내는 표이다.

[45] 이 때, Schinider 모델은 'The influence of method of administration and covariates on
 the pharmacokinetics of propofol in adult volunteers(T. Schnider, C. Minto, P.
 Gambus, C. Andresen, D. Goodale, S. Shafer, and E. Youngs, Anesthesiology, vol. 88,
 no. 5, pp. 1170-1182, 1998.)'에 공지된 바, 자세한 설명은 생략하도록 한다.

[46] [수학식 3]

$$\begin{aligned}
[47] \quad & Vol_1^{RFTN} = f_1 - f_2(age - f_{17}) + f_3(lbm - f_{18}), \\
& Vol_2^{RFTN} = f_4 - f_5(age - f_{17}) + f_6(lbm - f_{18}), Vol_3^{RFTN} = f_7, \\
& C_{l1}^{RFTN} = f_8 - f_9(age - f_{17}) + f_{10}(lbm - h_{18}), \\
& C_{l2}^{RFTN} = f_{11} - f_{12}(age - f_{17}), C_{l3}^{RFTN} = f_{13} - f_{14}(age - f_{17}), \\
& k_{10}^{RFTN} = \frac{C_{l1}^{RFTN}}{Vol_1^{RFTN}}, k_{12}^{RFTN} = \frac{C_{l2}^{RFTN}}{Vol_1^{RFTN}}, k_{13}^{RFTN} = \frac{C_{l3}^{RFTN}}{Vol_1^{RFTN}}, \\
& k_{21}^{RFTN} = \frac{C_{l2}^{RFTN}}{Vol_2^{RFTN}}, k_{31}^{RFTN} = \frac{C_{l3}^{RFTN}}{Vol_3^{RFTN}}, k_{e0}^{RFTN} = f_{15} - f_{16}(age - f_{17})
\end{aligned}$$

- [48] 여기에서, RFTN은 레미펜타닐을 의미할 수 있으며, f_1 내지 f_17은 레미펜타닐에 대해 정의된 약물 모델인 Minto 모델에 의한 변수 값으로 이해할 수 있으며, lbm은 환자의 체지방량을 의미할 수 있고, age는 환자의 나이를 의미할 수 있다. 또한, Vol_1^RFTN 내지 Vol_3^RFTN는 레미펜타닐의 각 성분에 대한 약물의 양으로 이해할 수 있고, C_l1^RFTN 내지 C_l3^RFTN는 레미펜타닐의 각 성분에 대한 체내의 약물이 제거되는 속도를 나타내는 것으로 이해할 수 있으며, k_ij^RFTN는 레미펜타닐의 각 성분에 대한 체내에서의 약물의 변화 또는 변형을 나타내는 변수인 것으로 이해할 수 있다.

- [49] [표 2]

[50]

Drug Parameter	Values
Remifentanil	Minto
f_1	5.1
f_2	0.0201
f_3	0.072
f_4	9.82
f_5	0.0811
f_6	0.108
f_7	5.42
f_8	2.6
f_9	0.0162
f_{10}	0.0191
f_{11}	2.05
f_{12}	0.0301
f_{13}	0.076
f_{14}	0.00113
f_{15}	0.595
f_{16}	0.007
f_{17}	40
f_{18}	55

[51] 표 2는 Minto 모델에 따라, 임의의 환자 상태에서의 레미펜타닐의 각 성분
 [52] 대한 변수를 나타내는 표이다.

[52] 이때, Minto 모델은 'Influence of Age and Gender on the Pharmacokinetics and
 Pharmacodynamics of Remifentanil. I. Model development (C. Minto, T. Schnider, T.
 Egan, E. Youngs, H. Lemmens, P. Gambus, V. Billard, J. Hoke, K. Moore, D.
 Hermann et al., Anesthesiology, vol. 86, no. 1, pp. 10-23, 1997.)'에 공지된 바,
 자세한 설명은 생략하도록 한다.

[53] [수학식 4]

[54]

$$\begin{aligned}\hat{x}_1(t) &= -[k_{10} + k_{12} + k_{13}]x_1 + k_{21}x_2(t) \\ &\quad + k_{31}x_3(t) + u(t), \\ \hat{x}_2(t) &= k_{12}x_1(t) - k_{21}x_2(t), \\ \hat{x}_3(t) &= k_{13}x_1(t) - k_{31}x_3(t).\end{aligned}$$

[55] 여기에서, $x_i(t)$ 는 시간에 따른 약물의 각 성분의 양을 나타내는 변수로 이해할
 수 있으며, k_{ij} 는 약물의 각 성분
 대한 체내에서의 약물의 변화 또는 변형을

나타내는 변수인 것으로 이해할 수 있다.

[56] [수학식 5]

$$\begin{aligned} \hat{x}_e(t) &= -k_{e0}x_e(t) + k_{1e}\hat{x}_1(t), \\ C_p(t) &= x_1(t)/Vol_1 \\ \hat{C}_e(t) &= k_{e0}(C_p(t) - C_e(t)). \end{aligned}$$

[58] 여기서, $x_e(t)$ 는 시간에 따른 약물의 효과 부위에서의 약물의 양을 나타내는 변수로 이해할 수 있으며, $C_p(t)$ 는 약물의 혈장 농도를 의미할 수 있고, $C_e(t)$ 는 약물의 효과 부위에서의 농도를 나타내는 효과 부위 농도를 의미할 수 있다.

[59] 이에 따라, 약물 주입 조절 장치(100)는 수학식 1 내지 수학식 5에 따라, 환자의 제지방량과 환자에게 주입되는 약물에 대해 사전에 마련되는 약물 모델에 기초하여, 효과 부위 농도와 혈장 농도를 각각 산출할 수 있다.

[60] 이때, 약물 주입 조절 장치(100)는 프로포폴 또는 레미펜타닐에 대한 각각의 효과 부위 농도와 혈장 농도를 산출할 수 있으며, 이를 위해, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 나이, 성별, 체중 및 신장 등의 정보를 입력 받을 수도 있다.

[61] 한편, 약물 주입 조절 장치(100)는 산출된 효과 부위 농도와 혈장 농도에 따라 환자의 상태를 나타내도록 마취상태 정보를 산출할 수 있다.

[62] 아래의 수학식 6은 효과 부위 농도와 혈장 농도로부터 마취상태 정보를 산출하는 수식으로 이해할 수 있다.

[63] [수학식 6]

$$BIS(t) = 98.0 \cdot (1 + \hat{C}_e^{PPF}(t)/4.47 + \hat{C}_e^{RFTN}(t)/19.3)^{-1.43} + \epsilon$$

[65] 여기서, BIS는 마취상태 정보로써 이용되는 환자의 BIS 수치를 의미할 수 있다. $\hat{C}_e^{PPF}$ 는 프로포폴에 대해 산출된 효과 부위 농도를 의미할 수 있고, $\hat{C}_e^{RFTN}$ 은 레미펜타닐에 대해 산출된 효과 부위 농도를 의미할 수 있으며, Epsilon은 BIS에 대한 가우시안 잡음(Gaussian noise)를 의미할 수 있다.

[66] 이와 관련하여, 약물 주입 조절 장치(100)는 사전에 설정되는 시간 간격에 따라 환자의 마취상태 정보를 산출할 수 있다.

[67] 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 마취상태 정보에 대해 사전에 설정되는 목표 마취상태 정보를 설정할 수 있고, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 상태에 따라 산출된 마취상태 정보가 목표 마취상태 정보를 추종하도록 설정되는 약물 주입 속도에 의한 마취상태 정보의 변화에 따라 보상 값을 산출할 수 있으며, 약물 주입 조절 장치(100)는 산출된 보상 값을 학습하여, 정책 모델을 생성할 수 있다.

[68] 여기서, 목표 마취상태 정보는 환자가 안정적인 마취 상태를 유지할 수

있도록 마련되는 마취상태 정보의 수치를 의미할 수 있으며, 예를 들어, 목표 마취상태 정보는 0과 100 사이의 값으로 나타나는 BIS 중 50으로 설정될 수 있다.

[69] 또한, 약물 주입 속도는 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도와 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도를 포함할 수 있으며, 이때, 프로포폴의 주입 속도와 레미펜타닐의 주입 속도는 서로 다른 속도로 환자에게 주입되도록 설정될 수 있다.

[70] 한편, 아래의 수학식 7은 마취상태 정보의 변화에 따라 산출되는 보상 값을 나타내는 수식으로 이해할 수 있다.

[71] [수학식 7]

$$[72] \quad R(s_t, a_t) = 1/(|g_t - BIS(t)| + \alpha) = (|BIS_{error}^{hist}(t)| + \alpha)$$

[73] 여기에서, R은 환자의 상태와 약물의 주입 속도에 의한 마취상태 정보의 변화에 따라 산출되는 보상 값을 의미할 수 있고, s_t는 환자의 마취상태 정보와 약물의 주입 속도를 나타내도록 마련되는 상태 변수를 의미할 수 있으며, a_t는 약물 주입 조절 장치(100)에 의해 제어되는 약물의 주입 속도를 나타내도록 마련되는 동작 변수를 의미할 수 있다.

[74] 또한, g_t는 환자가 안정적인 마취 상태를 유지할 수 있도록 마련되는 목표 마취상태 정보를 의미할 수 있고, 마취상태 정보는 환자의 상태에서부터 산출되는 마취상태 정보를 의미할 수 있으며, BIS_error^hist는 사전에 설정되는 시간 간격에 따라 변화된 마취상태 정보의 변화량을 의미할 수 있다. 또한, Alpha는 사전에 설정되는 최대 보상 값을 의미할 수 있다.

[75] 이에 따라, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 상태에서부터 산출된 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이의 절대 값에 사전에 설정되는 최대 보상 값을 합한 결과 값의 역수로 나타나는 보상 값을 산출할 수 있다.

[76] 이와 관련하여, 상태 변수는 환자의 상태에서부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도를 포함할 수 있다.

[77] 또한, 동작 변수는 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 약물의 주입 속도를 나타내도록 마련될 수 있다.

[78] 예를 들어, 약물 주입 조절 장치(100)는 사전에 설정되는 시간 간격을 10초로 설정할 수 있으며, 약물 주입 조절 장치(100)는 10초 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 최대량을 27.8mg으로 설정할 수 있고, 약물 주입 조절 장치(100)는 10초 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 최대량을 27.8ug로 설정할 수 있다. 이러한 경우에, 프로포폴에 대한 동작 변수는 10초당 0과 27.8mg 사이의 프로포폴의 양이 주입되는 주입 속도로 설정될 수 있고, 레미펜타닐에 대한 동작 변수는 변수는 10초당 0과 27.8ug 사이의 레미펜타닐의 양이 주입되는 주입 속도로 설정될 수 있다.

- [79] 이에 따라, 보상 값은 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도에 따라 나타나는 상태에서, 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도와 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도를 제어한 결과에 대한 보상을 나타내도록 마련되는 값일 수 있다.
- [80] 이때, 약물의 주입 속도를 제어한 결과는 레미펜타닐의 주입 속도와 프로포폴의 주입 속도를 제어한 후, 사전에 설정된 시간 간격이 경과된 이후의 상태 변수에 따른 상태를 의미하는 것으로 이해할 수 있다.
- [81] 다시 말해서, 약물 주입 조절 장치(100)는 레미펜타닐의 주입 속도와 프로포폴의 주입 속도가 제어되어, 사전에 설정된 시간 간격이 경과된 이후에, 변화된 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이에 따라 보상 값을 산출할 수 있다.
- [82] 이에 따라, 약물 주입 조절 장치(100)는 서로 다른 마취상태 정보의 변화로부터 산출된 복수개의 보상 값에 기초하여, 임의의 마취상태 정보로부터, 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 과정에서 각각의 마취상태 정보의 변화에 매칭되는 복수개의 보상 값에 따라 기대 값을 산출할 수 있다.
- [83] 아래의 수학적식 8은 보상 값으로부터 기대 값을 산출하도록 마련되는 수식이다.
- [84] [수학적식 8]
- [85]
$$\mathcal{J}(\pi_{\theta}) = \int_{\tau} P(\tau \mid \pi_{\theta}) R(\tau) = \mathbb{E}_{\tau \sim \pi_{\theta}} [R(\tau)]$$
- [86] 여기에서, $J(\Phi_{\theta})$ 는 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 경우에 산출되는 보상 값을 나타내도록 마련되는 기대 값을 의미할 수 있고, $P(\tau \mid \Phi_{\theta})$ 는 임의의 상태 변수에서 임의의 동작 변수가 발생하는 확률을 나타내도록 마련되는 확률 값을 의미할 수 있으며, $R(\tau)$ 는 보상 값을 의미할 수 있다.
- [87] 이에 따라, 약물 주입 조절 장치(100)는 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 경우에, 각각의 시간 간격에서의 확률 값과 보상 값의 곱의 총합으로 나타나는 기대 값을 산출할 수 있다.
- [88] 이와 관련하여, 아래의 수학적식 9는 확률 값을 산출하는 수식이다.
- [89] [수학적식 9]
- [90]
$$P(\tau \mid \pi_{\theta}) \triangleq \rho(s_0) \prod_{t=0}^{T-1} P(s_{t+1} \mid s_t, a_t) \pi_{\theta}(a_t \mid s_t, g_t)$$
- [91] 여기에서, $P(\tau \mid \Phi_{\theta})$ 는 임의의 상태 변수에서 임의의 동작 변수가 발생하는 확률을 나타내도록 마련되는 확률 값을 의미할 수 있고, $\rho(s_0)$ 는 환자로부터 최초로 측정되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이, 환자에게 최초로 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 환자에게 최초로

주입되는 프로포폴의 주입 속도를 포함하도록 마련되는 초기 상태 변수를 의미할 수 있다. 또한, $P(S_{t+1}|s_t, a_t)$ 는 임의의 상태 변수와 임의의 동작 변수에 의해 사전에 설정된 시간 간격이 경과된 이후에 상태 변수가 임의의 상태 변수로 변화하는 확률 값을 의미할 수 있고, $\Phi_{\theta}(a_t|s_t, g_t)$ 는 임의의 상태 변수와 목표 마취상태 정보에 따라 특정한 동작 변수를 선택하도록 마련되는 정책 모델을 의미할 수 있다.

- [92] 이에 따라, 약물 주입 조절 장치(100)는 서로 다른 시간 상에서의 상태 변수가 변화하는 확률 값과 정책 모델의 곱을 각각 곱한 값에 초기 상태 변수를 곱한 값으로 나타나는 확률 값을 산출할 수 있다.
- [93] 이때, 약물 주입 조절 장치(100)는 기대 값이 최대 값으로 산출되도록 선택된 보상 값에 매칭되는 마취상태 정보의 변화에서의 약물 주입 속도에 따라 정책 모델을 생성할 수 있다.
- [94] 다시 말해서, 약물 주입 조절 장치(100)는 임의의 약물 주입 속도에 의한 마취상태 정보의 변화에 따른 보상 값을 학습하여, 기대 값이 최대 값으로 산출되는 보상 값을 선택할 수 있으며, 약물 주입 조절 장치(100)는 선택된 보상 값에 매칭되는 마취상태 정보의 변화에 대한 약물 주입 속도가 동작 변수로 나타나도록 정책 모델을 생성할 수 있다.
- [95] 여기에서, 약물 주입 조절 장치(100)는 임의로 설정된 약물의 주입 속도에 대해 사전에 설정된 시간 간격에 따른 마취상태 정보의 변화를 포함하도록 사전에 마련되는 복수개의 데이터 세트로부터 보상 값을 학습하여 정책 모델을 생성할 수도 있다.
- [96] 이와 관련하여, 약물 주입 조절 장치(100)는 임의의 상태에서 임의의 동작을 수행하여 변화하는 상태에 따른 보상을 학습하여, 정책을 생성하고, 생성된 정책에 따라 임의의 상태에서 수행하는 동작을 선택하는 강화 학습(Reinforcement Learning) 기법을 이용하여 정책 모델을 생성할 수 있다.
- [97] 약물 주입 조절 장치(100)는 약물 주입 속도에 따른 마취상태 정보의 변화를 학습하여, 예측 모델을 생성할 수 있다.
- [98] 이를 위해, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 나이, 성별, 체중 및 신장 등의 정보에 대해, 사전에 설정된 시간 간격에 따른 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도의 변화를 학습할 수 있다.
- [99] 이때, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 나이, 성별, 체중 및 신장 등의 정보와 사전에 설정된 시간 간격에 따른 상태 변수의 변화를 각각 DNN(Deep Neural Network) 또는 LSTM(Long Short-Term Memory models)에 입력하도록 마련될 수 있다.
- [100] 여기에서, DNN은 입력층과 출력층 사이에 다수개의 은닉층을 마련하여, 입력층에 입력되는 정보로부터 특징 정보를 출력하는 기법이며, LSTM은 시간적

순서에 따라 정보를 입력 받으며, 이전에 입력된 정보와 현재 입력되는 정보에 기초하여 출력되는 정보의 양을 조절하는 기법이다.

[101] 이에 따라, 약물 주입 조절 장치(100)는 DNN 또는 LSTM으로부터 출력되는 정보를 하나의 DNN에 입력하여 정보를 융합할 수 있으며, 이때, 약물 주입 조절 장치(100)는 정보의 융합에 이용된 DNN으로부터 출력되는 정보를 예상 마취상태 정보를 출력하도록 마련되는 다른 DNN에 입력하도록 마련될 수 있다.

[102] 이에 따라, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 나이, 성별, 체중 및 신장 등의 정보와, 사전에 설정된 시간 간격에 따른 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도의 변화를 이용하여 예상 마취상태 정보를 생성할 수 있다.

[103] 약물 주입 조절 장치(100)는 정책 모델에 기초하여, 마취상태 정보로부터 약물 주입 속도를 설정할 수 있다.

[104] 이때, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도에 따라 레미펜타닐의 주입 속도와 프로포폴의 주입 속도를 제어할 수 있다.

[105] 다시 말해서, 약물 주입 조절 장치(100)는 현재의 상태 변수에 따라 정책 모델에 의해 설정된 동작 변수를 선택하여, 동작 변수에 따라 환자에게 주입되는 약물의 주입 속도를 제어할 수 있다.

[106] 약물 주입 조절 장치(100)는 예측 모델에 기초하여, 설정된 약물 주입 속도와 이전에 설정된 약물 주입 속도로부터 예상 마취상태 정보를 예측할 수 있다.

[107] 이때, 약물 주입 조절 장치(100)는 예측된 예상 마취상태 정보를 사용자가 확인할 수 있도록 그래프, 또는 수치 등의 형상으로 출력할 수 있으며, 이를 위해, 약물 주입 조절 장치(100)는 별도의 디스플레이 장치를 포함할 수 있다.

[108] 한편, 약물 주입 조절 장치(100)는 예측된 예상 마취상태 정보를 이용하여, 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보에 따른 환자의 상태로부터 예상 마취상태 정보에 따른 환자의 상태에 따라 보상 값을 산출할 수도 있으며, 이러한 경우에, 약물 주입 조절 장치(100)는 예상 마취상태 정보에 의한 보상 값을 학습하여 정책 모델을 생성할 수도 있다.

[109] 또한, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자의 마취 상태를 측정할 수 있도록 마련되는 마취 심도 모니터링 장치 또는 마취 심도 감시 장치 등을 이용하여 환자의 마취 심도를 측정할 수도 있으며, 이러한 경우에, 약물 주입 조절 장치(100)는 환자로부터 측정되는 마취 심도와 환자의 마취 상태가 안정적으로 유지될 수 있도록 설정되는 목표 마취 심도에 따라 정책 모델을 생성할 수도 있다.

- [110] 여기에서, 마취 심도 모니터링 장치 또는 마취 심도 감시 장치 등의 환자의 마취 상태를 측정하는 장치는 공지된 기술이 이용된 어느 기구, 장치 및 방법에 따른 장치일 수 있다.
- [111]
- [112] 도2는 본 발명의 일 실시예에 따른 약물 주입 조절 장치의 제어블록도이다.
- [113] 약물 주입 조절 장치(100)는 마취상태 정보 산출부(110), 정책 모델 학습부(120), 예측 모델 학습부(130), 제어부(140) 및 예측부(150)를 포함할 수 있다.
- [114] 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 마취상태 정보를 산출할 수 있으며, 이와 관련하여, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 나이, 성별, 체중 및 신장 등의 정보를 입력 받을 수도 있다.
- [115] 이를 위해, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 신장과 체중에 따라 환자의 제지방량을 산출할 수 있으며, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 제지방량과 환자에게 주입되는 약물에 대해 사전에 마련되는 약물 모델에 기초하여, 효과 부위 농도와 혈장 농도를 각각 산출할 수 있다. 이때, 마취상태 정보 산출부(110)는 프로포폴 또는 레미펜타닐에 대한 각각의 효과 부위 농도와 혈장 농도를 산출할 수 있다.
- [116] 이에 따라, 마취상태 정보 산출부(110)는 산출된 효과 부위 농도와 혈장 농도에 따라 환자의 상태를 나타내도록 마취상태 정보를 산출할 수 있으며, 이때, 마취상태 정보 산출부(110)는 사전에 설정되는 시간 간격에 따라 환자의 마취상태 정보를 산출할 수 있다.
- [117] 정책 모델 학습부(120)는 환자의 마취상태 정보에 대해 사전에 설정되는 목표 마취상태 정보를 설정할 수 있고, 정책 모델 학습부(120)는 환자의 상태에 따라 산출된 마취상태 정보가 목표 마취상태 정보를 추종하도록 설정되는 약물 주입 속도에 의한 마취상태 정보의 변화에 따라 보상 값을 산출할 수 있으며, 정책 모델 학습부(120)는 산출된 보상 값을 학습하여, 정책 모델을 생성할 수 있다.
- [118] 이때, 정책 모델 학습부(120)는 환자의 상태로부터 산출된 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이의 절대 값에 사전에 설정되는 최대 보상 값을 합한 결과 값의 역수로 나타나는 보상 값을 산출할 수 있다.
- [119] 다시 말해서, 정책 모델 학습부(120)는 레미펜타닐의 주입 속도와 프로포폴의 주입 속도가 제어되어, 사전에 설정된 시간 간격이 경과된 이후에, 변화된 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이에 따라 보상 값을 산출할 수 있다.
- [120] 또한, 정책 모델 학습부(120)는 서로 다른 마취상태 정보의 변화로부터 산출된 복수개의 보상 값에 기초하여, 임의의 마취상태 정보로부터, 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 과정에서 각각의 마취상태 정보의 변화에 매칭되는 복수개의 보상 값에 따라 기대 값을 산출할 수 있다.
- [121] 여기에서, 정책 모델 학습부(120)는 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에

설정된 시간 간격이 수회 경과되는 경우에, 각각의 시간 간격에서의 확률 값과 보상 값의 곱의 총합으로 나타나는 기대 값을 산출할 수 있다.

[122] 이와 관련하여, 정책 모델 학습부(120)는 서로 다른 시간 상에서의 상태 변수가 변화하는 확률 값과 정책 모델의 곱을 각각 곱한 값에 초기 상태 변수를 곱한 값으로 나타나는 확률 값을 산출할 수 있다.

[123] 이때, 정책 모델 학습부(120)는 기대 값이 최대 값으로 산출되도록 선택된 보상 값에 매칭되는 마취상태 정보의 변화에서의 약물 주입 속도에 따라 정책 모델을 생성할 수 있다.

[124] 다시 말해서, 정책 모델 학습부(120)는 임의의 약물 주입 속도에 의한 마취상태 정보의 변화에 따른 보상 값을 학습하여, 기대 값이 최대 값으로 산출되는 보상 값을 선택할 수 있으며, 정책 모델 학습부(120)는 선택된 보상 값에 매칭되는 마취상태 정보의 변화에 대한 약물 주입 속도가 동작 변수로 나타나도록 정책 모델을 생성할 수 있다.

[125] 여기에서, 정책 모델 학습부(120)는 임의로 설정된 약물의 주입 속도에 대해 사전에 설정된 시간 간격에 따른 마취상태 정보의 변화를 포함하도록 사전에 마련되는 복수개의 데이터 세트로부터 보상 값을 학습하여 정책 모델을 생성할 수도 있다.

[126] 이와 관련하여, 정책 모델 학습부(120)는 임의의 상태에서 임의의 동작을 수행하여 변화하는 상태에 따른 보상을 학습하여, 정책을 생성하고, 생성된 정책에 따라 임의의 상태에서 수행하는 동작을 선택하는 강화 학습(Reinforcement Learning) 기법을 이용하여 정책 모델을 생성할 수 있다.

[127] 한편, 정책 모델 학습부(120)는 예측된 예상 마취상태 정보를 이용하여, 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보에 따른 환자의 상태로부터 예상 마취상태 정보에 따른 환자의 상태에 따라 보상 값을 산출할 수도 있으며, 이러한 경우에, 정책 모델 학습부(120)는 예상 마취상태 정보에 의한 보상 값을 학습하여 정책 모델을 생성할 수도 있다.

[128] 예측 모델 학습부(130)는 약물 주입 속도에 따른 마취상태 정보의 변화를 학습하여, 예측 모델을 생성할 수 있다.

[129] 이를 위해, 예측 모델 학습부(130)는 환자의 나이, 성별, 체중 및 신장 등의 정보에 대해, 사전에 설정된 시간 간격에 따른 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도의 변화를 학습할 수 있다.

[130] 제어부(140)는 정책 모델에 기초하여, 마취상태 정보로부터 약물 주입 속도를 설정할 수 있다.

[131] 이때, 제어부(140)는 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는

프로포폴의 주입 속도에 따라 레미펜타닐의 주입 속도와 프로포폴의 주입 속도를 제어할 수 있다.

- [132] 다시 말해서, 제어부(140)는 현재의 상태 변수에 따라 정책 모델에 의해 설정된 동작 변수를 선택하여, 동작 변수에 따라 환자에게 주입되는 약물의 주입 속도를 제어할 수 있다.
- [133] 예측부(150)는 예측 모델에 기초하여, 설정된 약물 주입 속도와 이전에 설정된 약물 주입 속도로부터 예상 마취상태 정보를 예측할 수 있다.
- [134] 이때, 예측부(150)는 예측된 예상 마취상태 정보를 사용자가 확인할 수 있도록 그래프, 또는 수치 등의 형상으로 출력할 수 있으며, 이를 위해, 약물 주입 조절 장치(100)는 별도의 디스플레이 장치를 포함할 수 있다.
- [135]
- [136] 도3은 도2의 정책 모델 학습부에서 정책 모델을 생성하는 과정을 나타낸 블록도이다.
- [137] 도3을 참조하면, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 마취상태 정보를 산출할 수 있으며, 이와 관련하여, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 나이, 성별, 체중 및 신장 등의 정보를 입력 받을 수도 있다.
- [138] 이를 위해, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 신장과 체중에 따라 환자의 제지방량을 산출할 수 있으며, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 제지방량과 환자에게 주입되는 약물에 대해 사전에 마련되는 약물 모델에 기초하여, 효과 부위 농도와 혈장 농도를 각각 산출할 수 있다. 이때, 마취상태 정보 산출부(110)는 프로포폴 또는 레미펜타닐에 대한 각각의 효과 부위 농도와 혈장 농도를 산출할 수 있다.
- [139] 이에 따라, 마취상태 정보 산출부(110)는 산출된 효과 부위 농도와 혈장 농도에 따라 환자의 상태를 나타내도록 마취상태 정보를 산출할 수 있으며, 이때, 마취상태 정보 산출부(110)는 사전에 설정되는 시간 간격에 따라 환자의 마취상태 정보를 산출할 수 있다.
- [140] 이때, 정책 모델 학습부(120)는 환자의 마취상태 정보에 대해 사전에 설정되는 목표 마취상태 정보를 설정할 수 있으며, 정책 모델 학습부(120)는 환자의 마취상태 정보가 목표 마취상태 정보를 추종하도록 설정되는 약물 주입 속도에 의한 마취상태 정보의 변화에 따른 보상 값을 학습하여, 정책 모델을 생성할 수 있다.
- [141] 이때, 정책 모델 학습부(120)는 환자의 상태로부터 산출된 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이의 절대 값에 사전에 설정되는 최대 보상 값을 합한 결과 값의 역수로 나타나는 보상 값을 산출할 수 있다.
- [142] 다시 말해서, 정책 모델 학습부(120)는 레미펜타닐의 주입 속도와 프로포폴의 주입 속도가 제어되어, 사전에 설정된 시간 간격이 경과된 이후에, 변화된 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이에 따라 보상 값을 산출할 수 있다.

- [143] 또한, 정책 모델 학습부(120)는 서로 다른 마취상태 정보의 변화로부터 산출된 복수개의 보상 값에 기초하여, 임의의 마취상태 정보로부터, 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 과정에서 각각의 마취상태 정보의 변화에 매칭되는 복수개의 보상 값에 따라 기대 값을 산출할 수 있다.
- [144] 여기에서, 정책 모델 학습부(120)는 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 경우에, 각각의 시간 간격에서의 확률 값과 보상 값의 곱의 총합으로 나타나는 기대 값을 산출할 수 있다.
- [145] 이와 관련하여, 정책 모델 학습부(120)는 서로 다른 시간 상에서의 상태 변수가 변화하는 확률 값과 정책 모델의 곱을 각각 곱한 값에 초기 상태 변수를 곱한 값으로 나타나는 확률 값을 산출할 수 있다.
- [146] 이때, 정책 모델 학습부(120)는 기대 값이 최대 값으로 산출되도록 선택된 보상 값에 매칭되는 마취상태 정보의 변화에서의 약물 주입 속도에 따라 정책 모델을 생성할 수 있다.
- [147] 다시 말해서, 정책 모델 학습부(120)는 임의의 약물 주입 속도에 의한 마취상태 정보의 변화에 따른 보상 값을 학습하여, 기대 값이 최대 값으로 산출되는 보상 값을 선택할 수 있으며, 정책 모델 학습부(120)는 선택된 보상 값에 매칭되는 마취상태 정보의 변화에 대한 약물 주입 속도가 동작 변수로 나타나도록 정책 모델을 생성할 수 있다.
- [148] 여기에서, 정책 모델 학습부(120)는 임의로 설정된 약물의 주입 속도에 대해 사전에 설정된 시간 간격에 따른 마취상태 정보의 변화를 포함하도록 사전에 마련되는 복수개의 데이터 세트로부터 보상 값을 학습하여 정책 모델을 생성할 수도 있다.
- [149] 이에 따라, 제어부(140)는 정책 모델에 기초하여, 마취상태 정보로부터 약물 주입 속도를 설정할 수 있다.
- [150] 이때, 제어부(140)는 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도에 따라 레미펜타닐의 주입 속도와 프로포폴의 주입 속도를 제어할 수 있다.
- [151] 다시 말해서, 제어부(140)는 현재의 상태 변수에 따라 정책 모델에 의해 설정된 동작 변수를 선택하여, 동작 변수에 따라 환자에게 주입되는 약물의 주입 속도를 제어할 수 있다.
- [152]
- [153] 도4는 도2의 예측 모델 학습부에서 예측 모델을 생성하는 과정을 나타낸 블록도이다.
- [154] 도4를 참조하면, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 마취상태 정보를 산출할 수 있으며, 이와 관련하여, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 나이, 성별, 체중

및 신장 등의 정보를 입력 받을 수도 있다.

- [155] 이를 위해, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 신장과 체중에 따라 환자의 제지방량을 산출할 수 있으며, 마취상태 정보 산출부(110)는 환자의 제지방량과 환자에게 주입되는 약물에 대해 사전에 마련되는 약물 모델에 기초하여, 효과 부위 농도와 혈장 농도를 각각 산출할 수 있다. 이때, 마취상태 정보 산출부(110)는 프로포폴 또는 레미펜타닐에 대한 각각의 효과 부위 농도와 혈장 농도를 산출할 수 있다.
- [156] 이에 따라, 마취상태 정보 산출부(110)는 산출된 효과 부위 농도와 혈장 농도에 따라 환자의 상태를 나타내도록 마취상태 정보를 산출할 수 있으며, 이때, 마취상태 정보 산출부(110)는 사전에 설정되는 시간 간격에 따라 환자의 마취상태 정보를 산출할 수 있다.
- [157] 이때, 예측 모델 학습부(130)는 약물 주입 속도의 변화에 따라 변하는 마취상태 정보를 학습하여, 예측 모델을 생성할 수 있다.
- [158] 이를 위해, 예측 모델 학습부(130)는 환자의 나이, 성별, 체중 및 신장 등의 정보에 대해, 사전에 설정된 시간 간격에 따른 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도의 변화를 학습할 수 있다.
- [159] 이에 따라, 예측부(150)는 예측 모델에 기초하여, 설정된 약물 주입 속도와 이전에 설정된 약물 주입 속도로부터 예상 마취상태 정보를 예측할 수 있다.
- [160] 이때, 예측부(150)는 예측된 예상 마취상태 정보를 사용자가 확인할 수 있도록 그래프, 또는 수치 등의 형상으로 출력할 수 있으며, 이를 위해, 약물 주입 조절 장치(100)는 별도의 디스플레이 장치를 포함할 수 있다.
- [161] 한편, 정책 모델 학습부(120)는 예측된 예상 마취상태 정보를 이용하여, 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보에 따른 환자의 상태로부터 예상 마취상태 정보에 따른 환자의 상태에 따라 보상 값을 산출할 수도 있으며, 이러한 경우에, 정책 모델 학습부(120)는 예상 마취상태 정보에 의한 보상 값을 학습하여 정책 모델을 생성할 수도 있다.
- [162]
- [163] 도5는 본 발명의 일 실시예에 따른 약물 주입 조절 방법의 순서도이다.
- [164] 본 발명의 일 실시예에 따른 약물 주입 조절 방법은 도 1에 도시된 약물 주입 조절 장치(100)와 실질적으로 동일한 구성 상에서 진행되므로, 도 1의 약물 주입 조절 장치(100)와 동일한 구성요소에 대해 동일한 도면 부호를 부여하고, 반복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [165] 약물 주입 조절 방법은 마취상태 정보를 산출하는 단계(600), 정책 모델을 생성하는 단계(610), 예측 모델을 생성하는 단계(620), 약물 주입 속도를 설정하는 단계(630) 및 예상 마취상태 정보를 예측하는 단계(640)를 포함할 수 있다.

- [166] 마취상태 정보를 산출하는 단계(600)는 마취상태 정보 산출부(110)가 환자의 마취상태 정보를 산출하는 단계일 수 있다.
- [167] 정책 모델을 생성하는 단계(610)는 정책 모델 학습부(120)가 마취상태 정보에 대해 사전에 설정되는 목표 마취상태 정보를 설정하고, 산출된 마취상태 정보가 목표 마취상태 정보를 추종하도록 설정되는 약물 주입 속도에 의한 마취상태 정보의 변화에 따라 보상 값을 산출하며, 보상 값을 학습하여, 정책 모델을 생성하는 단계일 수 있다.
- [168] 예측 모델을 생성하는 단계(620)는 예측 모델 학습부(130)가 약물 주입 속도에 따른 마취상태 정보의 변화를 학습하여, 예측 모델을 생성하는 단계일 수 있다.
- [169] 약물 주입 속도를 설정하는 단계(630)는 제어부(140)가 정책 모델에 기초하여, 마취상태 정보로부터 약물 주입 속도를 설정하는 단계일 수 있다.
- [170] 예상 마취상태 정보를 예측하는 단계(640)는 예측부(150)가 예측 모델에 기초하여, 설정된 약물 주입 속도와 이전에 설정된 약물 주입 속도로부터 예상 마취상태 정보를 예측하는 단계일 수 있다.
- [171]
- [172] 도6은 도5의 정책 모델을 생성하는 단계의 세부 순서도이다.
- [173] 정책 모델을 생성하는 단계(610)는 마취상태 정보의 변화를 산출하는 단계(611), 보상 값을 산출하는 단계(612), 기대 값을 산출하는 단계(613) 및 보상 값을 선택하는 단계(614)를 포함할 수 있다.
- [174] 마취상태 정보의 변화를 산출하는 단계(611)는 정책 모델 학습부(120)가 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이와 관련하여, 레미펜타닐의 주입 속도와 프로포폴의 주입 속도가 제어되어, 사전에 설정된 시간 간격이 경과된 이후에, 변화된 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이로 나타나는 마취상태 정보의 변화를 산출하는 단계일 수 있다.
- [175] 보상 값을 산출하는 단계(612)는 정책 모델 학습부(120)가 환자의 상태로부터 산출된 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이의 절대 값에 사전에 설정되는 최대 보상 값을 합한 결과 값의 역수로 나타나는 보상 값을 산출하는 단계일 수 있다.
- [176] 다시 말해서, 보상 값을 산출하는 단계(612)는 정책 모델 학습부(120)가 레미펜타닐의 주입 속도와 프로포폴의 주입 속도가 제어되어, 사전에 설정된 시간 간격이 경과된 이후에, 변화된 환자의 상태로부터 산출되는 마취상태 정보와 목표 마취상태 정보의 차이에 따라 보상 값을 산출하는 단계일 수 있다.
- [177] 기대 값을 산출하는 단계(613)는 정책 모델 학습부(120)가 서로 다른 마취상태 정보의 변화로부터 산출된 복수개의 보상 값에 기초하여, 임의의 마취상태 정보로부터, 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 과정에서 각각의 마취상태 정보의 변화에 매칭되는 복수개의 보상 값에 따라 기대 값을 산출하는 단계일 수 있다.

- [178] 보상 값을 선택하는 단계(614)는 정책 모델 학습부(120)가 임의의 약물 주입 속도에 의한 마취상태 정보의 변화에 따른 보상 값을 학습하여, 기대 값이 최대 값으로 산출되는 보상 값을 선택하는 단계일 수 있으며, 이에 따라, 정책 모델 학습부(120)는 선택된 보상 값에 매칭되는 마취상태 정보의 변화에 대한 약물 주입 속도가 동작 변수로 나타나도록 정책 모델을 생성할 수 있다.
- [179] 이상에서는 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [180] [부호의 설명]
- [181] 100: 약물 주입 조절 장치
- [182] 110: 마취상태 정보 산출부
- [183] 120: 정책 모델 학습부
- [184] 130: 예측 모델 학습부
- [185] 140: 제어부
- [186] 150: 예측부

청구범위

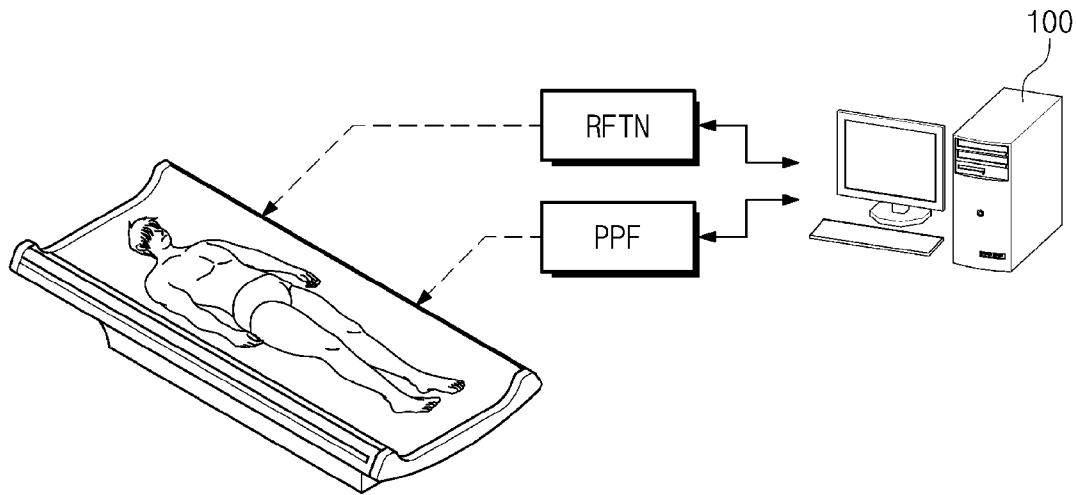
- [청구항 1] 환자의 마취상태 정보를 산출하는 마취상태 정보 산출부;
상기 마취상태 정보에 대해 사전에 설정되는 목표 마취상태 정보를 설정하고, 상기 마취상태 정보가 상기 목표 마취상태 정보를 추종하도록 설정되는 약물 주입 속도에 의한 상기 마취상태 정보의 변화에 따라 보상 값을 산출하며, 상기 보상 값을 학습하여, 정책 모델을 생성하는 정책 모델 학습부;
상기 약물 주입 속도에 따른 상기 마취상태 정보의 변화를 학습하여, 예측 모델을 생성하는 예측 모델 학습부;
상기 정책 모델에 기초하여, 상기 마취상태 정보로부터 상기 약물 주입 속도를 설정하는 제어부; 및
상기 예측 모델에 기초하여, 설정된 약물 주입 속도와 이전에 설정된 약물 주입 속도로부터 예상 마취상태 정보를 예측하는 예측부를 포함하는, 약물 주입 조절 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 마취상태 정보 산출부는,
환자의 제지방량과 환자에게 주입되는 약물에 대해 사전에 마련되는 약물 모델에 기초하여, 효과 부위 농도와 혈장 농도를 각각 산출하고, 상기 효과 부위 농도와 상기 혈장 농도에 따라 환자의 상태를 나타내도록 상기 마취상태 정보를 산출하는, 약물 주입 조절 장치.
- [청구항 3] 제1항에 있어서, 상기 제어부는,
환자의 상태로부터 산출되는 상기 마취상태 정보와 상기 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 상기 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도에 따라 상기 레미펜타닐의 주입 속도와 상기 프로포폴의 주입 속도를 제어하는, 약물 주입 조절 장치.
- [청구항 4] 제3항에 있어서, 상기 정책 모델 학습부는,
상기 레미펜타닐의 주입 속도와 상기 프로포폴의 주입 속도가 제어되어, 상기 시간 간격이 경과된 이후, 변화된 환자의 상태로부터 산출되는 상기 마취상태 정보와 상기 목표 마취상태 정보의 차이에 따라 보상 값을 산출하는, 약물 주입 조절 장치.
- [청구항 5] 제1항에 있어서, 상기 정책 모델 학습부는,
서로 다른 마취상태 정보의 변화로부터 산출된 복수개의 보상 값에 기초하여, 임의의 마취상태 정보로부터, 상기 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 과정에서 각각의 마취상태 정보의 변화에 매칭되는 복수개의 보상 값에 따라 기대 값을 산출하는, 약물 주입 조절 장치.
- [청구항 6] 제5항에 있어서, 상기 정책 모델 학습부는,

상기 기대 값이 최대 값으로 산출되도록 선택된 보상 값에 매칭되는 상기 마취상태 정보의 변화에서의 약물 주입 속도에 따라 상기 정책 모델을 생성하는, 약물 주입 조절 장치.

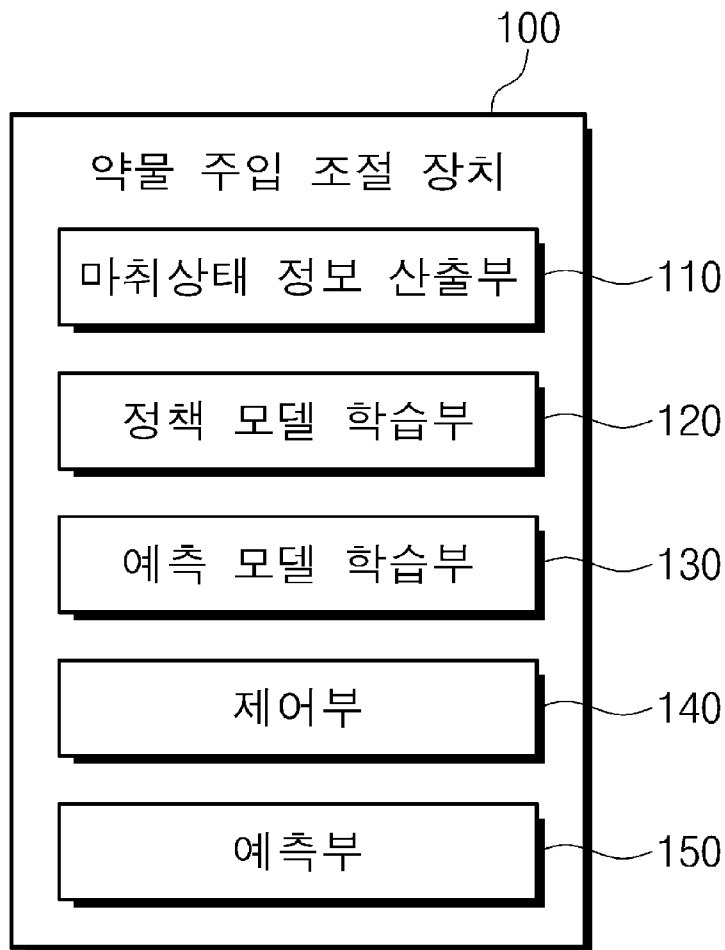
- [청구항 7] 강화학습을 이용한 약물 주입 조절 장치를 이용하는 약물 주입 조절 방법에 있어서,
환자의 마취상태 정보를 산출하는 단계;
상기 마취상태 정보에 대해 사전에 설정되는 목표 마취상태 정보를 설정하고, 상기 마취상태 정보가 상기 목표 마취상태 정보를 추종하도록 설정되는 약물 주입 속도에 의한 상기 마취상태 정보의 변화에 따라 보상 값을 산출하며, 상기 보상 값을 학습하여, 정책 모델을 생성하는 단계;
상기 약물 주입 속도에 따른 상기 마취상태 정보의 변화를 학습하여, 예측 모델을 생성하는 단계;
상기 정책 모델에 기초하여, 상기 마취상태 정보로부터 상기 약물 주입 속도를 설정하는 단계; 및
상기 예측 모델에 기초하여, 설정된 약물 주입 속도와 이전에 설정된 약물 주입 속도로부터 예상 마취상태 정보를 예측하는 단계를 포함하는, 약물 주입 조절 방법.
- [청구항 8] 제7항에 있어서, 상기 마취상태 정보를 산출하는 단계는,
환자의 제지방량과 환자에게 주입되는 약물에 대해 사전에 마련되는 약물 모델에 기초하여, 효과 부위 농도와 혈장 농도를 각각 산출하고, 상기 효과 부위 농도와 상기 혈장 농도에 따라 환자의 상태를 나타내도록 상기 마취상태 정보를 산출하는, 약물 주입 조절 방법.
- [청구항 9] 제7항에 있어서, 상기 약물 주입 속도를 설정하는 단계는,
환자의 상태로부터 산출되는 상기 마취상태 정보와 상기 목표 마취상태 정보의 차이, 사전에 설정되는 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 레미펜타닐의 주입 속도 및 상기 시간 간격 동안 환자에게 주입되는 프로포폴의 주입 속도에 따라 상기 레미펜타닐의 주입 속도와 상기 프로포폴의 주입 속도를 제어하는, 약물 주입 조절 방법.
- [청구항 10] 제9항에 있어서, 상기 정책 모델을 생성하는 단계는,
상기 레미펜타닐의 주입 속도와 상기 프로포폴의 주입 속도가 제어되어, 상기 시간 간격이 경과된 이후, 변화된 환자의 상태로부터 산출되는 상기 마취상태 정보와 상기 목표 마취상태 정보의 차이에 따라 보상 값을 산출하는, 약물 주입 조절 방법.
- [청구항 11] 제7항에 있어서, 상기 정책 모델을 생성하는 단계는,
서로 다른 마취상태 정보의 변화로부터 산출된 복수개의 보상 값에 기초하여, 임의의 마취상태 정보로부터, 상기 마취상태 정보의 변화에 대해 사전에 설정된 시간 간격이 수회 경과되는 과정에서 각각의 마취상태 정보의 변화에 매칭되는 복수개의 보상 값에 따라 기대 값을

- 산출하는, 약물 주입 조절 방법.
- [청구항 12] 제11항에 있어서, 상기 정책 모델을 생성하는 단계는,
상기 기대 값이 최대 값으로 산출되도록 선택된 보상 값에 매칭되는 상기
마취상태 정보의 변화에서의 약물 주입 속도에 따라 상기 정책 모델을
생성하는, 약물 주입 조절 방법.

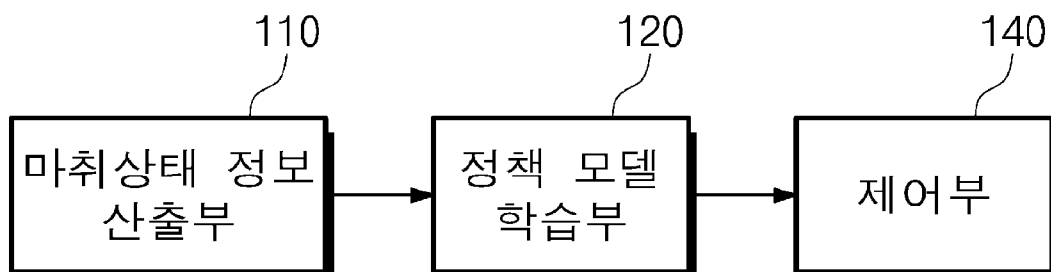
[도1]



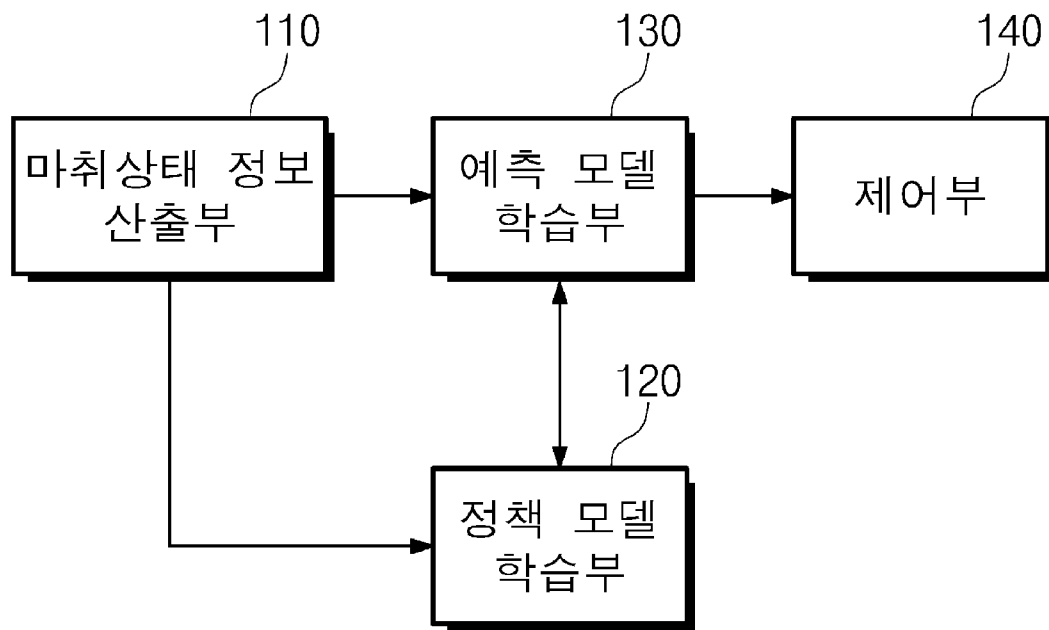
[도2]



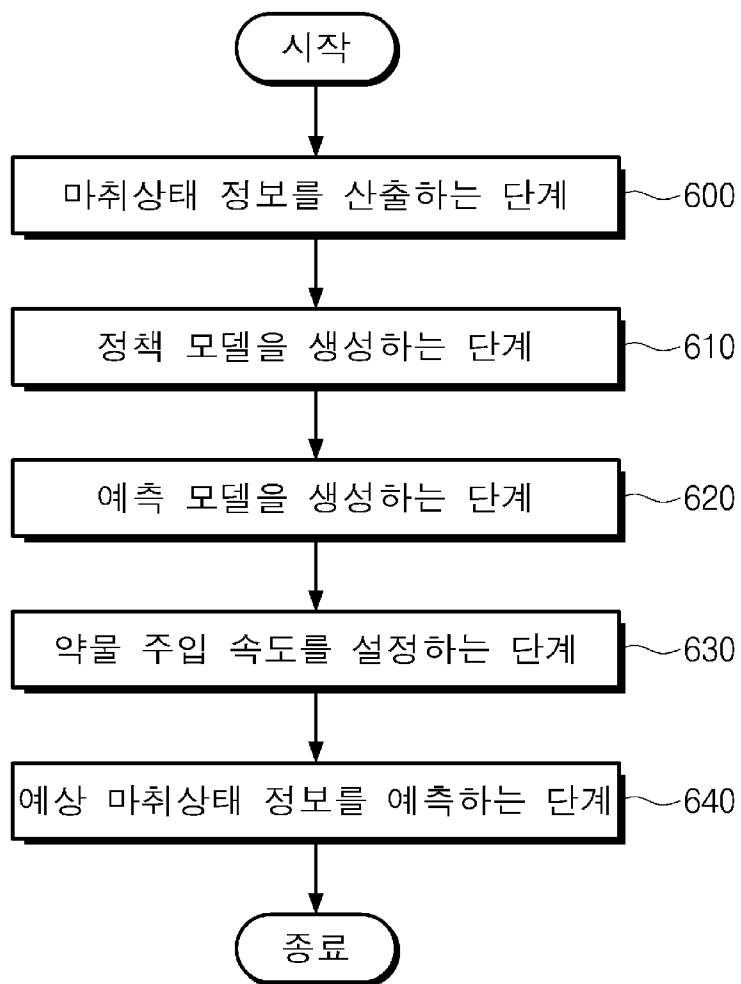
[도3]



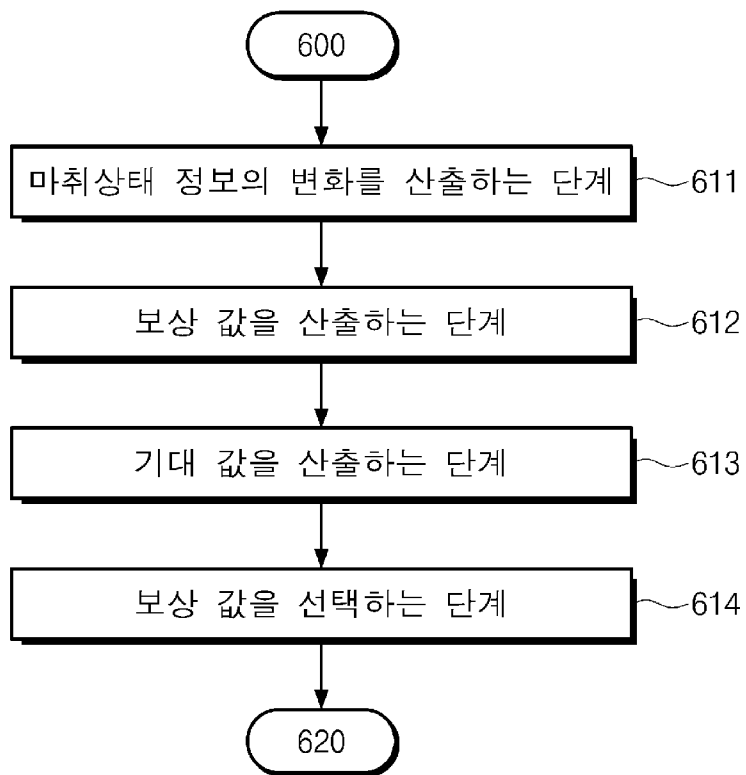
[도4]



[도5]



[도6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/006850

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61M 5/172(2006.01)i; A61M 5/168(2006.01)i; A61B 5/00(2006.01)i; G16H 20/17(2018.01)i; A61M 5/142(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)

A61M 5/172(2006.01); A61B 5/00(2006.01); A61M 5/168(2006.01); G06F 19/00(2011.01); G06Q 50/22(2012.01); G06Q 50/24(2012.01); G16H 20/10(2018.01); G16H 50/70(2018.01)

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: 강화학습(reinforcement learning), 마취 상태 정보(anesthetic condition information), 보상 값(compensation value), 예측 모델(prediction model), 주입 속도(injecting speed), 기대 값(expectation value)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2016-516514 A (FRESENIUS KABI DEUTSCHLAND GMBH) 09 June 2016 (2016-06-09) See paragraphs [0017]-[0047] and claims 1-16.	1-4,7-10 5-6,11-12
A	CN 110349642 A (TAIKANG INSURANCE GROUP CO., LTD.) 18 October 2019 (2019-10-18) See paragraphs [0003]-[0023] and claims 1-10.	1-12
A	KR 10-0461947 B1 (LEE, Young Gyu) 17 December 2004 (2004-12-17) See paragraphs [0050] and [0082] and figures 1-2.	1-12
A	KR 10-2013-0125086 A (BIONET CO., LTD.) 18 November 2013 (2013-11-18) See paragraphs [0016]-[0021].	1-12



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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

03 September 2021

Date of mailing of the international search report

06 September 2021

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2021/006850**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-1246667 B1 (KOREA ELECTRONICS TECHNOLOGY INSTITUTE) 25 March 2013 (2013-03-25) See paragraphs [0022]-[0033] and claim 1.	1-12
PX	KR 10-2234007 B1 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION et al.) 31 March 2021 (2021-03-31) See claims 1-4, 6-10 and 12. * This document is the published patent of a priority application (KR) of the present PCT application.	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2021/006850

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2016-516514	A	09 June 2016	CN	105144177	A	09 December 2015
				CN	105144177	B	28 May 2019
				EP	2989569	A1	02 March 2016
				EP	2989569	B1	23 June 2021
				JP	6446030	B2	26 December 2018
				US	2016-0074582	A1	17 March 2016
				US	9849241	B2	26 December 2017
				WO	2014-173558	A1	30 October 2014
CN	110349642	A	18 October 2019	None			
KR	10-0461947	B1	17 December 2004	KR	10-2001-0079309	A	22 August 2001
KR	10-2013-0125086	A	18 November 2013	None			
KR	10-1246667	B1	25 March 2013	KR	10-2013-0024641	A	08 March 2013
				WO	2013-032171	A2	07 March 2013
				WO	2013-032171	A3	25 April 2013
KR	10-2234007	B1	31 March 2021	None			

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) A61M 5/172(2006.01)i; A61M 5/168(2006.01)i; A61B 5/00(2006.01)i; G16H 20/17(2018.01)i; A61M 5/142(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) A61M 5/172(2006.01); A61B 5/00(2006.01); A61M 5/168(2006.01); G06F 19/00(2011.01); G06Q 50/22(2012.01); G06Q 50/24(2012.01); G16H 20/10(2018.01); G16H 50/70(2018.01) 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: 강화학습(reinforcement learning), 마취상태 정보(anesthetic condition information), 보상 값(compensation value), 예측 모델(prediction model), 주입 속도(injecting speed), 기대 값(expectation value)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X A	JP 2016-516514 A (FRESENIUS KABI DEUTSCHLAND GMBH) 2016.06.09 단락 [0017]-[0047] 및 청구항 1-16	1-4,7-10 5-6,11-12
A	CN 110349642 A (TAIKANG INSURANCE GROUP CO., LTD.) 2019.10.18 단락 [0003]-[0023] 및 청구항 1-10	1-12
A	KR 10-0461947 B1 (이영규) 2004.12.17 단락 [0050], [0082] 및 도면 1-2	1-12
A	KR 10-2013-0125086 A (주식회사 바이오넷) 2013.11.18 단락 [0016]-[0021]	1-12
A	KR 10-1246667 B1 (전자부품연구원) 2013.03.25 단락 [0022]-[0033] 및 청구항 1	1-12
☒ 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 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 “E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 “L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 “O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 “P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 “T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 “X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. “Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. “&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일 2021년09월03일(03.09.2021)		국제조사보고서 발송일 2021년09월06일(06.09.2021)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 박혜련 전화번호 +82-42-481-3463

C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
PX	KR 10-2234007 B1 (고려대학교 산학협력단 등) 2021.03.31 청구항 1-4, 6-10, 12 * 이 문헌은 본 PCT 출원의 우선권 출원(KR)의 등록 공보임.	1-12

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2016-516514 A	2016/06/09	CN 105144177 A	2015/12/09
		CN 105144177 B	2019/05/28
		EP 2989569 A1	2016/03/02
		EP 2989569 B1	2021/06/23
		JP 6446030 B2	2018/12/26
		US 2016-0074582 A1	2016/03/17
		US 9849241 B2	2017/12/26
		WO 2014-173558 A1	2014/10/30
CN 110349642 A	2019/10/18	없음	
KR 10-0461947 B1	2004/12/17	KR 10-2001-0079309 A	2001/08/22
KR 10-2013-0125086 A	2013/11/18	없음	
KR 10-1246667 B1	2013/03/25	KR 10-2013-0024641 A	2013/03/08
		WO 2013-032171 A2	2013/03/07
		WO 2013-032171 A3	2013/04/25
KR 10-2234007 B1	2021/03/31	없음	