



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0001408
(43) 공개일자 2018년01월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/048 (2006.01) A61B 5/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/048 (2013.01)
A61B 5/7225 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0127690
(22) 출원일자 2016년10월04일
심사청구일자 2016년10월04일
(30) 우선권주장
1020160079446 2016년06월24일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
곽지현
서울특별시 강남구 봉은사로109길 14-8, 702호(삼성동, 에스케이뷰아파트)
장현재
서울특별시 성북구 동소문로26다길 30, 401호(동선동3가)
(74) 대리인
송인호, 윤형근, 최영중, 최관락

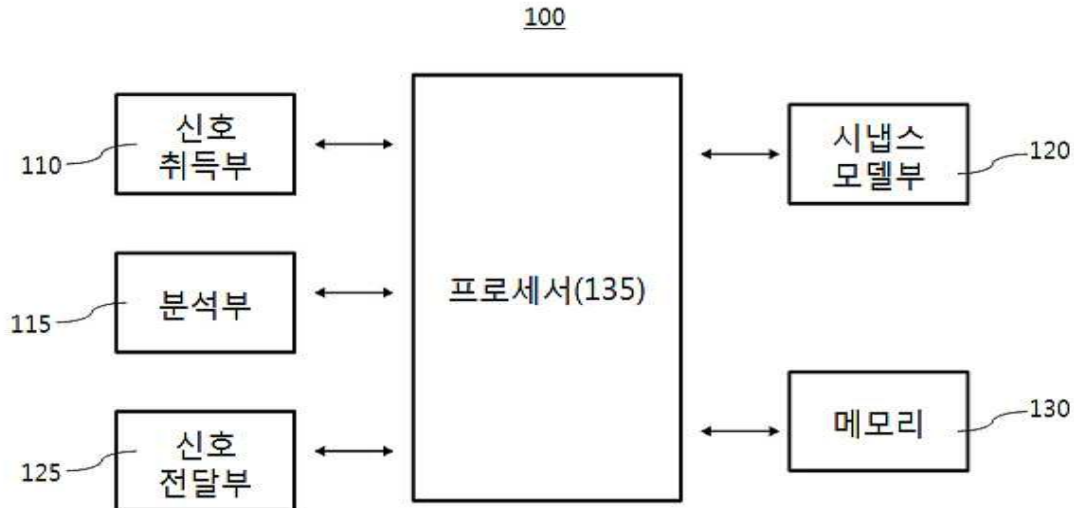
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치 및 그 방법

(57) 요약

실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치 및 그 방법이 개시된다. 뇌 신경 자극 인터페이스 장치는 적어도 하나의 미세 전극을 통해 신경 신호를 취득하는 신호 취득부; 상기 취득된 신경 신호 전위를 분석하여 시냅스 자극 유형 및 발화 활동 여부 중 적어도 하나에 따라 트리거를 발생하는 분석부; 상기 발생된 트리거에 따라 인공 신경망 모델에 기반하여 상이한 시냅스 자극을 생성하는 인공신경망 모델부; 상기 생성된 시냅스 자극을 신경세포로 전달하는 신호 전달부를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

A61B 5/7235 (2013.01)

A61B 5/7271 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013053280

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원-기본연구

연구과제명 뇌 장소정보처리 원리 기반 뉴로모픽 내비게이션 신경망 모델 연구

기 여 율 1/3

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2013.12.01 ~ 2014.11.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014068884

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원-기본연구

연구과제명 뇌 장소정보처리 원리 기반 뉴로모픽 내비게이션 신경망 모델 연구

기 여 율 1/3

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2014.12.01 ~ 2015.11.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015066881

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원-기본연구

연구과제명 뇌 장소정보처리 원리 기반 뉴로모픽 내비게이션 신경망 모델 연구

기 여 율 1/3

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2015.12.01 ~ 2016.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 신경 세포에 연결된 적어도 하나의 미세 전극을 통해 신경 신호 전위를 취득하는 단계;
- (b) 상기 취득된 신경 신호 전위를 분석하여 시냅스 자극 유형 및 발화 활동 여부 중 적어도 하나에 따라 상이한 트리거를 발생하는 단계;
- (c) 상기 발생된 트리거에 따라 인공신경망 모델에 기반하여 상이한 시냅스 자극을 생성하는 단계; 및
- (d) 상기 생성된 시냅스 자극을 신경세포로 전달하는 단계를 포함하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 (b) 단계에는,

상기 취득된 신경 신호 전위가 임계치 이상이면 발화된 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 방법.

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 (b) 단계에는,

상기 취득된 신경 신호 전위가 임계치 미만이면, 발화되지 않은 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 (b) 단계에는,

상기 취득된 신경 신호 전위가 임계치 미만이고, 기준치 보다 높게 변하는 경우 상기 시냅스 자극 유형을 흥분성 시냅스 자극으로 판단하는 단계; 및

상기 취득된 신경 신호 전위가 임계치 미만이고, 기준치 보다 낮게 변하는 경우 상기 시냅스 자극 유형을 억제성 시냅스 자극으로 판단하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 방법.

청구항 5

제4 항에 있어서, 상기 (b) 단계는,

상기 시냅스 자극 유형이 상기 흥분성 시냅스 자극이면, 제1 트리거를 발생하는 단계;

상기 시냅스 자극 유형이 상기 억제성 시냅스 자극이고, 상기 발화 활동이 일어난 경우, 제2 트리거를 발생하는 단계; 및

상기 시냅스 자극 유형이 억제성 시냅스 자극이고, 상기 발화 활동이 일어나지 않은 경우, 제3 트리거를 발생하는 단계를 포함하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 방법.

청구항 6

제5 항에 있어서,

상기 (c) 단계는,

상기 제1 트리거에 따라 상기 인공신경망 모델을 기반으로 흥분성 입력 시냅스 자극을 생성하는 단계;

상기 제2 트리거에 따라 상기 인공신경망 모델을 기반으로 피드백 억제성 입력 시냅스 자극을 생성하는 단계;
및

상기 제3 트리거에 따라 상기 인공신경망 모델을 기반으로 피드포워드 억제성 입력 시냅스 자극을 생성하는 단계를 포함하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,

상기 시냅스 자극은 하기 수학적식을 이용하여 생성되는 것을 특징으로 하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 방법..

$$PSG(t) = w \times factor \times (\exp(\frac{-t}{\tau_{decay}}) - \exp(\frac{-t}{\tau_{rise}}))$$

여기서, w 는 시냅스 연결 강도 상수를 나타내고, $factor$ 는 정규화 상수를 나타내며, t 는 시간을 나타내고, τ 는 시간 상수를 나타내며, $rise$ 는 상승을 나타내고, $decay$ 는 하강을 나타냄.

청구항 8

실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치에 있어서,

적어도 하나의 미세 전극을 통해 신경 신호를 취득하는 신호 취득부;

상기 취득된 신경 신호 전위를 분석하여 시냅스 자극 유형 및 발화 활동 여부 중 적어도 하나에 따라 트리거를 발생하는 분석부;

상기 발생된 트리거에 따라 인공신경망 모델에 기반하여 상이한 시냅스 자극을 생성하는 인공신경망 모델부;

상기 생성된 시냅스 자극을 신경세포로 전달하는 신호 전달부를 포함하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 뇌 정보처리 기전의 이해를 위해 실제 뇌에서 일어나는 전기 활동을 모사할 수 있는 인공신경망 모델을 실제 뇌와 연결하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 뇌를 구성하고 정보처리를 담당하는 신경세포는 세포내 전압의 변화로 나타나는 전기신호를 통해 정보를 처리하는 것으로 알려져 있다. 특히, 신경세포에 주어지는 전기적 입력이 특정 역치를 넘는 경우, 1ms의 길이와 약 100mV의 크기를 갖는 고전압인 활동전압 (action potential)을 생성한다. 실제 뇌에서는 하나의 신경 세포가 여

러 개의 신경세포들과 서로 인공신경망을 통해 연결된 복잡한 신경망을 구성하고 있어, 개별 신경세포가 어떠한 입력을 받는지에 따라 출력, 즉 활동 전압의 패턴이 달라진다.

[0003] 따라서, 뇌 신경세포에서의 정보처리 기전을 이해하기 위해서는 신경세포로 입력되는 입력의 종류와 형태뿐만 아니라 입력에 따른 출력의 변화를 보일 수 있는 입출력 관계의 측정이 필수적이다.

[0004] 종래에는 뇌 신경세포에 미세 전극을 삽입하여 전기적 반응을 측정하는 미세 전극 패치 클램프 실험 기법이 이용되었다. 이와 더불어 전기적 자극을 주입하거나, 약물을 이용하여 신경세포의 전기적 발화 패턴이 달라지는 것을 통해 뇌 신경망의 정보처리 기전을 연구해왔다.

[0005] 하지만, 종래의 전기적 자극 기법은 개회로(Open-loop) 방식의 단순한 전기 자극을 인가하는 방식으로는 실제 뇌에서 신경세포에 주어지는 복잡한 입력패턴을 재현할 수 없고, 특히 신경세포가 발화하면 새로운 입력이 들어오는 피드백 방식의 입력 패턴을 만들 수 없는 한계가 있다.

[0006] 또한 약물을 이용하여 신경망을 조절하여 신경세포의 발화 패턴을 연구하는 방식은 뇌 내에 있는 대량의 신경망에 동시에 적용되어 효과가 나타나는 단점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 실제 뇌 정보처리에 있어서 실제 신경세포가 뇌-신경망으로부터 받는 입력을 재현하는 인공신경망을 생성하고, 그 인공신경망과 실제 뇌를 연결할 수 있는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0008] 또한, 본 발명은 현재 신경세포의 발화활동을 인공신경망에서 실시간으로 분석하여 이를 바탕으로 실제 뇌에서 주어지는 실제 입력을 자극으로 인가할 수 있는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치 및 그 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, 실제 뇌 정보처리 당시에 신경세포에 들어오는 다양한 입력 패턴을 실시간으로 인공신경망에 전달하고, 인공신경망에서 분석된 생물학적으로 타당한 입력 패턴을 생물학적 뇌에 다시 전달하는 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치가 제공된다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 적어도 하나의 미세 전극을 통해 신경 신호를 취득하는 신호 취득부; 상기 취득된 신경 신호를 분석하여 시냅스 자극 유형 및 발화 활동 여부 중 적어도 하나에 따라 트리거를 발생하는 분석부; 상기 발생된 트리거에 따라 인공신경망 모델에 기반하여 상이한 시냅스 자극을 생성하는 인공신경망 모델부; 상기 생성된 시냅스 자극을 신경세포로 전달하는 신호 전달부를 포함하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치가 제공될 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따르면, (a) 적어도 하나의 미세 전극을 통해 신경 신호를 취득하는 단계; (b) 상기 취득된 신경 신호를 분석하여 시냅스 자극 유형 및 발화 활동 여부 중 적어도 하나에 따라 트리거를 발생하는 단계; (c) 상기 발생된 트리거에 따라 인공신경망 모델에 기반하여 상이한 시냅스 자극을 생성하는 단계; 및 (d) 상기 생성된 시냅스 자극을 신경세포로 전달하는 단계를 포함하는 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 방법이 제공될 수 있다.

[0012] 상기 취득된 신경 신호 전위가 임계치 이상이면 발화된 것으로 판단할 수 있다.

[0013] 상기 (b) 단계에는, 상기 취득된 신경 신호 전위가 임계치 미만이면, 발화되지 않은 것으로 판단할 수 있다.

[0014] 상기 (b) 단계에는, 상기 취득된 신경 신호 전위가 임계치 미만이고, 기준치 보다 높게 변하는 경우 상기 시냅스 자극 유형을 흥분성 시냅스 자극으로 판단하는 단계; 및 상기 취득된 신경 신호 전위가 임계치 미만이고, 기준치 보다 낮게 변하는 경우 상기 시냅스 자극 유형을 억제성 시냅스 자극으로 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 상기 (b) 단계는, 상기 시냅스 자극 유형이 상기 흥분성 시냅스 자극이면, 제1 트리거를 발생하는 단계; 상기 시냅스 자극 유형이 상기 억제성 시냅스 자극이고, 상기 발화 활동이 일어난 경우, 제2 트리거를 발생하는 단계; 및 상기 시냅스 자극 유형이 억제성 시냅스 자극이고, 상기 발화 활동이 일어나지 않은 경우, 제3 트리거를 발생하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 (b) 단계는, 상기 시냅스 자극 유형이 흥분성 시냅스 자극이면, 제1 트리거를 발생하는 단계; 상기 시냅스 자극 유형이 억제성 시냅스 자극이고, 상기 발화 활동이 일어난 경우, 제2 트리거를 발생하는 단계; 및 상기 시냅스 자극 유형이 억제성 시냅스 자극이고, 상기 발화 활동이 일어나지 않은 경우, 제3 트리거를 발생하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 (c) 단계는, 상기 제1 트리거에 따라 상기 인공신경망 모델을 기반으로 흥분성 입력 시냅스 자극을 생성하는 단계; 상기 제2 트리거에 따라 상기 인공신경망 모델을 기반으로 피드백 억제성 입력 시냅스 자극을 생성하는 단계; 및 상기 제3 트리거에 따라 상기 인공신경망 모델을 기반으로 피드포워드 억제성 입력 시냅스 자극을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0018] 상기 시냅스 자극은 하기 수학적식을 이용하여 생성되,

$$PSG(t) = w \times factor \times (\exp(\frac{-t}{\tau_{decay}}) - \exp(\frac{-t}{\tau_{rise}}))$$

[0019]

[0020] 여기서, w 는 시냅스 연결 강도 상수를 나타내고, factor는 정규화 상수를 나타내며, t 는 시간을 나타내고, τ 는 시간 상수를 나타내며, rise는 상승을 나타내고, decay는 하강을 나타낸다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치 및 그 방법을 제공함으로써, 인공신경망을 실제 뇌와 실시간으로 연결하여 실제 뇌 정보처리 당시에 신경세포에 들어오는 복잡한 입력 패턴을 재현할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명은 현재 신경세포의 발화활동을 인공신경망에서 실시간으로 분석하여 이를 바탕으로 실제 뇌에서 주어지는 실제 입력을 뇌로 다시 인가할 수 있는 폐회로 인터페이스를 제공하고 있으며, 이를 통해 뇌 정보처리 기전의 이해를 증진할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스장치의 구성을 개략적으로 도시한 도면.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 내의 다양한 종류의 신경 세포 연결 형태를 나타낸 도면.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 종류의 억제성 입력 시냅스 자극이 주어졌을 때 CA1 신경 세포의 반응 변화를 나타낸 도면.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 종류의 억제성 입력에 따른 해마 CA1 신경 세포의 감응도 변화에 따른 해마의 입출력 기능 조절을 나타낸 도면.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 방법을 나타낸 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 명세서에서 사용되는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "구성된다" 또는 "포함한다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 여러 구성 요소들, 또는 여러 단계들을 반드시 모두 포함하는 것으로 해석되지 않아야 하며, 그 중 일부 구성 요소들 또는 일부 단계들은 포함되지 않을 수도 있고, 또는 추가적인 구성 요소 또는 단계들을 더 포함할 수 있는 것으로 해석되어야 한다. 또한, 명

세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.

- [0025] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치의 구성을 개략적으로 도시한 도면이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 내의 다양한 종류의 신경 세포 연결 형태를 나타낸 도면이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 종류의 억제성 입력 시냅스 자극이 주어졌을 때 CA1 신경 세포의 반응 변화를 나타낸 도면이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 종류의 억제성 입력에 따른 해마 CA1 신경 세포의 감응도 변화에 따른 해마의 입출력 기능 조절을 나타낸 도면이다.
- [0027] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 신경 자극 인터페이스 장치(100)는 신호 취득부(110), 분석부(115), 인공신경망 모델부(120), 신호 전달부(125), 메모리(130) 및 프로세서(135)를 포함하여 구성된다.
- [0028] 신호 취득부(110)는 적어도 하나의 미세 전극을 통해 입력되는 뇌의 신경 신호를 증폭하고, 아날로그 형태의 신경 신호를 디지털 형태로 변환하여 분석부(115)로 출력하기 위한 수단이다.
- [0029] 신호 취득부(110)는 적어도 하나의 미세 전극과 직접적으로 연결되며, 미세 전극을 통해 일정 시간 동안 입력되는 신경 신호를 취득하여 이를 증폭할 수 있다. 여기서, 신호 취득부(110)는 적어도 하나의 미세 전극을 통해 약 2~5ms 신경 신호를 취득할 수 있다. 본 명세서에서는 이해와 설명의 편의를 도모하기 위해 약 2~5ms 신경 신호를 취득하는 것을 가정하여 이를 중심으로 설명하나, 취득되는 신경 신호의 길이는 매우 다양할 수 있음은 당연하다.
- [0030] 본 명세서에서는 별도의 구성으로 표시되어 있지 않으나, 신호 취득부(110)는 미세 전극을 통해 입력되는 신경 신호를 일정 크기로 증폭하기 위한 신호 증폭기와 아날로그 형태의 증폭된 신호를 디지털 형태로 변환하기 위한 AD 변환부의 구성을 포함하고 있을 수 있다.
- [0031] 분석부(115)는 신호 취득부(110)에서 취득된 신경 신호 전위를 분석하여 시냅스 자극 생성 여부를 결정하고, 그에 따른 트리거 신호를 발생하기 위한 수단이다.
- [0032] 보다 상세하게, 분석부(115)는 취득된 신경 신호 전위의 변화 유무가 있는 경우 신경 신호 시냅스 자극 유형 및 발화 활동 여부 중 적어도 하나에 따라 트리거 신호를 생성하도록 할 수 있다.
- [0033] 여기서, 분석부(115)는 취득된 신경 신호 전위(V_m)가 임계치(Threshold, V_T) 이상인지 여부에 따라 신경 세포의 발화 활동 여부를 결정할 수 있다. 예를 들어, 분석부(115)는 취득된 신경 신호 전위가 임계치(V_T) 이상이면, 해당 신경 세포에서 발화 활동이 일어난 것으로 판단할 수 있다.
- [0034] 또한, 취득된 신경 신호 전위(V_m)가 임계치 미만인 경우, 신경 세포 전위가 기준치(Reference, V_R) 보다 높게 변화하면, 분석부(115)는 흥분성 시냅스 자극으로 판별할 수 있다. 반면, 취득된 신경 신호 전위(V_m)가 임계치 미만이고, 신경 세포 전위가 기준치(Reference, V_R) 보다 낮게 변화하면, 분석부(115)는 억제성 시냅스 자극으로 판별할 수 있다.
- [0035] 예를 들어, 취득된 신경 신호 전위에 미분을 취하여 양의 값들이 나오면, 기준치 이상의 변화를 띠는 것으로 볼 수 있다. 따라서, 분석부(115)는 취득된 신경 신호 전위에 미분을 취하여 양의 값들이 나오면 신경 세포에서 흥분성 시냅스 자극이 일어난 것으로 판단할 수 있다.
- [0036] 이를 수식으로 정리하면, 수학식 1과 같다.

수학식 1

$$\begin{cases} V_m \geq V_T & \rightarrow \text{발 화} \\ V_R < V_m < V_T & \rightarrow \text{흥분성 입력} \\ V_R > V_m & \rightarrow \text{억제성 입력} \end{cases}$$

[0037]

- [0038] 이때, 분석부(115)는 신경 신호의 시냅스 자극 유형에 따라 발화 활동 여부에 따라 트리거 신호를 발생시킬 수도 있다.
- [0039] 예를 들어, 분석부(115)는 신경 신호의 시냅스 자극 유형이 흥분성 시냅스 자극으로 결정되면, 발화 활동 여부 판단 없이 제1 트리거 신호를 인공신경망 모델부(120)로 전달할 수 있다. 그러나 만일 신경 신호의 시냅스 자극 유형이 억제성 시냅스 자극으로 판단되면, 분석부(115)는 발화 활동 여부에 따른 트리거 신호를 인공신경망 모델부(120)로 전달할 수 있다.
- [0040] 즉, 분석부(115)는 신경 신호의 시냅스 자극 유형이 억제성 시냅스 자극이면 발화 활동 여부를 판단하여 발화 활동이 일어난 경우, 제2 트리거 신호를 인공신경망 모델부(120)로 전달하고, 발화 활동이 일어나지 않은 경우, 제3 트리거 신호를 인공신경망 모델부(120)로 전달할 수 있다.
- [0041] 인공신경망 모델부(120)는 분석부(115)로부터 입력되는 트리거 신호에 따라 시냅스 자극을 생성하기 위한 수단이다.
- [0042] 인공신경망 모델부(120)는 억제성 시냅스의 두가지 신경망 구조(Feedforwad inhibitory network, Feedback inhibitory network)와 흥분성 시냅스의 신경망 구조(excitatory network)를 인공 신경망으로 모델링한 인공신경망 모델을 이용하여 신경 세포에 대한 피드백 입력으로 시냅스 자극을 생성할 수 있다.
- [0043] 인공신경망 모델은 수학적 식 2와 같이 정의될 수 있다.

수학적 식 2

$$PSG(t) = w \times factor \times (\exp(\frac{-t}{\tau_{decay}}) - \exp(\frac{-t}{\tau_{rise}}))$$

- [0044]
- [0045] 여기서, w 는 시냅스 연결 강도 상수를 나타내며, 연결 강도 상수의 부호에 따라 흥분성(양, Positive) 및 억제성(음, Negative) 시냅스 연결을 나타낸다. factor는 정규화 상수를 나타내며, t 는 시간을 나타내고, τ 는 시간 상수를 나타내며, rise는 상승을 나타내고, decay는 하강을 나타낸다.
- [0046] 예를 들어, 인공신경망 모델부(120)는 제1 트리거 신호가 입력되면, 흥분성 입력 시냅스 자극을 생성할 수 있다. 또한, 인공신경망 모델부(120)는 제2 트리거 신호가 입력되면, 피드백(feedback) 억제성 입력 시냅스 자극을 생성할 수 있다.
- [0047] 마지막으로, 인공신경망 모델부(120)는 제3 트리거 신호가 입력되면, 피드포워드(Feedforward) 억제성 입력 시냅스 자극을 생성할 수 있다.
- [0048] 신경 세포의 시냅스 자극은 흥분성 입력 시냅스 자극과 억제성 입력 시냅스 자극이 존재한다. 신경 세포의 연결 형태에 따라 흥분성 입력 시냅스 자극과 억제성 입력 시냅스 자극이 동반되는 경우(피드포워드 억제성 입력 시냅스 자극), 흥분성 입력 시냅스 자극들에 의해 신경 세포가 발화하면 억제성 입력 시냅스 자극이 들어오는 경우(피드백 억제성 시냅스 자극), 흥분성 입력들에 의해 신경세포가 발화하면 추가적인 흥분성 입력 시냅스 자극이 들어오는 경우와 같이, 다양한 입력 패턴들이 존재한다(도 2 참조).
- [0049] 따라서, 본 발명의 일 실시예에서는 신경 신호의 시냅스 자극 유형 및 발화 발생 여부 중 적어도 하나에 따라 상이한 시냅스 자극을 생성하여 신경 세포에 전달할 수 있다.
- [0050] 신호 전달부(125)는 적어도 하나의 미세 전극과 연결되며, 연결된 미세 전극으로 시냅스 자극을 전달하기 위한 수단이다.
- [0051] 도 1에는 도시되어 있지 않으나, 신호 전달부(125)는 시냅스 자극을 아날로그 형태로 변환하기 위한 DA 변환부와 시냅스 자극을 일정 크기로 증폭하기 위한 신호 증폭부가 포함될 수 있다.
- [0052] 메모리(130)는 본 발명의 일 실시예에 따른 신경 신호를 분석하여 시냅스 자극 유형 및 발화 활동 여부에 따라 각기 다른 시냅스 자극을 생성하고, 이를 신경 세포로 전달하기 위한 방법을 수행하기 위한 알고리즘, 이 과정에서 파생되는 다양한 데이터 등이 저장된다.

- [0053] 프로세서(135)는 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)의 내부 구성 요소들(예를 들어, 신호 취득부(110), 분석부(115), 시냅스 모델부(120), 신호 전달부(125), 메모리(130) 등)을 제어하기 위한 수단이다.
- [0054] 도 3는 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 종류의 억제성 입력 시냅스 자극이 주어졌을 때 CA1 신경 세포의 반응 변화를 나타낸 것이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다른 종류의 억제성 입력에 따른 해마 CA1 신경 세포의 감응도 변화에 따른 해마의 입출력 기능 조절을 나타낸 것이다.
- [0055] 본 발명의 일 실시예에 따른 뇌 신경 자극 인터페이스 장치를 이용하여 뇌 영역 중 해마(hippocampus) 영역의 뇌 절편에서 CA1 부영역(subregion)의 신경 세포 발화의 특징을 새로 밝히는데 성공하였다.
- [0056] 해마 CA1 영역은 해마 영역의 최종 출력 영역으로 기억 정보를 처리하는 것으로 알려진 해마 영역에서 정보를 모두 처리하고 출력되는 중요한 영역이다. CA1 영역에는 다양한 종류의 억제성 입력을 주는 신경세포들이 존재하나 기존에는 실험적으로 이러한 억제성 입력들을 모두 분리해서 실험할 수 있는 방법이 없었다. 억제성 입력들은 크게 CA1영역으로 흥분성 입력이 들어올때 같이 억제성 입력이 들어오는 피드포워드 억제성 입력과 CA1영역에서 반응이 일어나면 억제성 입력이 다시 들어오는 피드백 억제성 입력으로 구분 될 수 있으며, 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 폐회로 뇌 신경 자극 인터페이스 장치를 이용하여 각 억제성 입력이 CA1영역의 정보처리에 어떠한 영향을 미치는지 살펴보았다.
- [0057] 본 발명의 일 실시예에 따라 억제성 입력을 실제 뇌 활동에 맞게 사실적으로 전달함으로써 해마 CA1 영역의 입력민감도(gain)이 다른 종류의 억제성 입력에 따라 조절된다는 새로운 해마 정보처리 기전을 밝힐 수 있었다.
- [0058] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0059] 단계 510에서 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)는 신경 세포에 연결된 적어도 하나의 미세 전극을 통해 신경 신호를 취득한다.
- [0060] 단계 515에서 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)는 취득된 신경 신호 전위의 변화 유무를 판단한다.
- [0061] 만일 신경 신호 전위가 변화가 없는 것으로 판단되면, 단계 510으로 진행한다.
- [0062] 그러나 만일 신경 신호 전위의 변화가 있는 경우, 단계 520에서 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)는 신경 신호 전위를 분석하여 시냅스 자극 유형을 판단한다. 여기서, 시냅스 자극 유형은 흥분성 시냅스 자극 또는 억제성 시냅스 자극일 수 있다.
- [0063] 예를 들어, 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)는 신경 신호 전위가 임계치 미만이고, 기준치보다 높은지 여부에 따라 시냅스 자극 유형을 결정할 수 있다. 이는 도 1에서 설명한 바와 동일하므로 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0064] 만일 흥분성 시냅스 자극으로 판단되면, 단계 525에서 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)는 제 1 트리거를 인공신경망 모델로 전달하여 흥분성 입력 시냅스 자극을 생성한다.
- [0065] 그러나 만일 억제성 시냅스 자극으로 판단되면, 단계 530에서 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)는 신경 신호 전위를 분석하여 발화 활동 발생 여부를 판단한다.
- [0066] 예를 들어, 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)는 신경 신호 전위가 임계치 이상인 경우, 발화가 발생한 것으로 판단할 수 있다.
- [0067] 만일 발화 활동이 발생한 것으로 판단되면, 단계 535에서 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)는 제2 트리거를 인공신경망 모델로 전달하여 피드백 입력 시냅스 자극을 생성한다.
- [0068] 그러나 만일 발화 활동이 발생하지 않은 것으로 판단되면, 단계540에서 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)는 제3 트리거를 인공신경망 모델로 전달하여 피드포워드 입력 시냅스 자극을 생성한다.
- [0069] 단계 545에서 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치(100)는 시냅스 자극을 신경 세포로 전달한다.
- [0070] 한편, 전술된 실시예의 구성 요소는 프로세스적인 관점에서 용이하게 파악될 수 있다. 즉, 각각의 구성 요소는

각각의 프로세스로 파악될 수 있다. 또한 전술된 실시예의 프로세스는 장치의 구성 요소 관점에서 용이하게 파악될 수 있다.

[0071] 또한 앞서 설명한 기술적 내용들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예들을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 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 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 하드웨어 장치는 실시예들의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

산업상 이용가능성

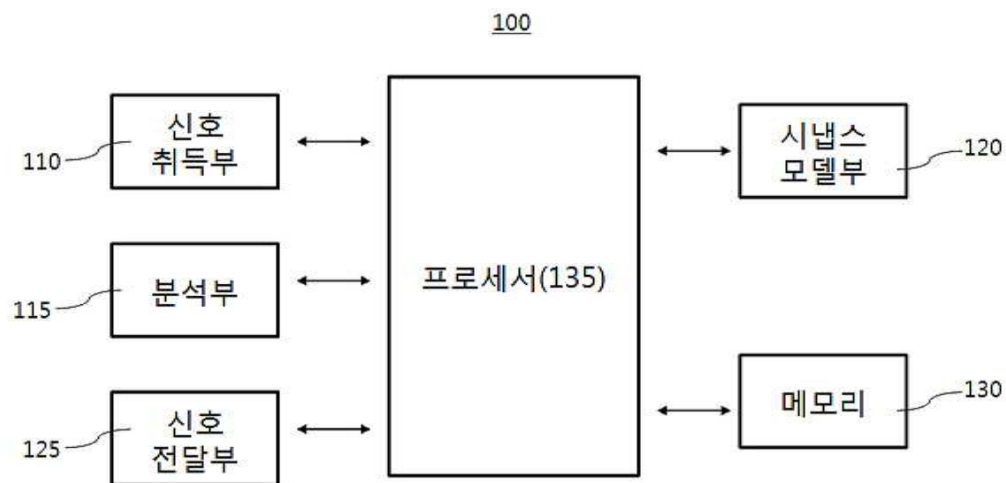
[0072] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

부호의 설명

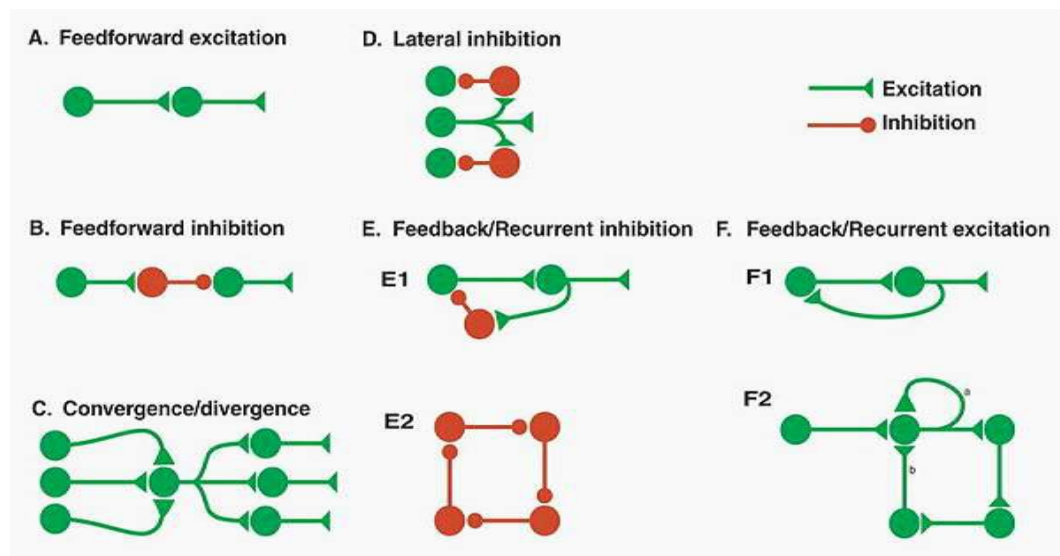
[0073] 100: 실시간 폐회로 뇌-인공신경망 인터페이스 장치
110: 신호 취득부
115: 분석부
120: 인공신경망 모델부
125: 신호 전달부
130: 메모리
135: 프로세서

도면

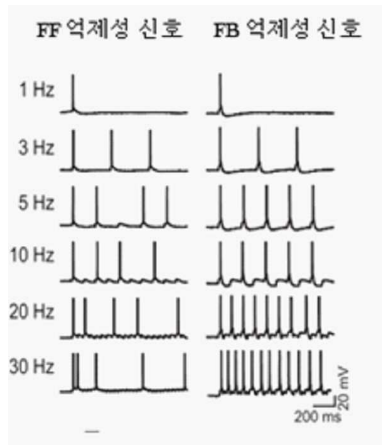
도면1



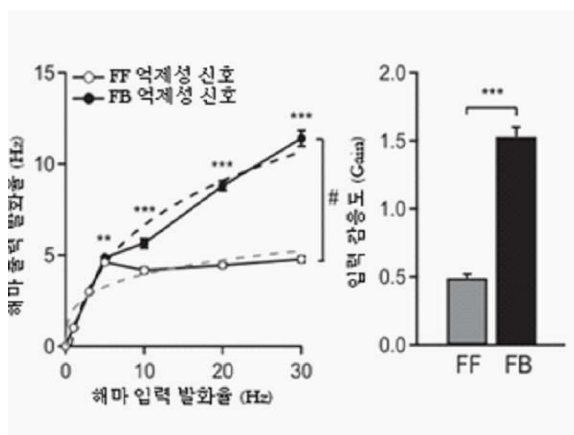
도면2



도면3



도면4



도면5

