



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0080265
(43) 공개일자 2024년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G16H 20/40 (2018.01) A61M 21/00 (2006.01)
A61N 1/36 (2006.01) G16H 20/70 (2018.01)
G16H 50/30 (2018.01) G16H 50/50 (2018.01)

(52) CPC특허분류

G16H 20/40 (2021.08)
A61B 5/383 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2022-0162445

(22) 출원일자 2022년11월29일

심사청구일자 2022년11월29일

(71) 출원인

서울과학기술대학교 산학협력단

서울특별시 노원구 공릉로 232 (공릉동, 서울과학기술대학교)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김성은

대전광역시 유성구 봉명로 94 도안신도시7단지예
미지백조의호수 708동 1505호

민병경

서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교안암캠
퍼스

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이은철, 이수찬

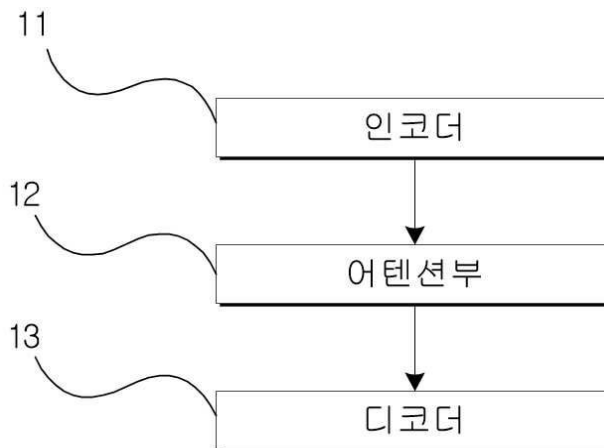
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 시스템 및 방법

(57) 요약

본 기술은 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 시스템 및 방법에 관한 것으로, 본 실시예의 구현 예에 따르면, 딥러닝 기반의 학습 결과로 현재 인지 등급을 추정하고 추정된 현재 인지 등급으로 지능 점수화한 후 지능 점수와 목표 지능 점수의 오차에 대한 PID 제어를 수행하여 뇌파 자극에 대한 변수를 보정함에 따라, 인지 능력을 개인 맞춤형으로 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

A61B 5/4836 (2021.08)
A61B 5/7264 (2023.08)
A61M 21/00 (2013.01)
A61N 1/36025 (2013.01)
A61N 1/36031 (2017.08)
G16H 20/70 (2021.08)
G16H 50/30 (2018.01)
G16H 50/50 (2018.01)
A61M 2021/0072 (2013.01)

진창균

서울특별시 노원구 동일로186길 46

(72) 발명자

김연수

서울특별시 노원구 동일로215길 23, 203-1202

박제춘

서울특별시 성북구 안암로 145 고려대학교안암캠퍼스

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711156252
과제번호	2020M3C1B8081320
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	휴먼플러스융합연구개발챌린지사업
연구과제명	뇌자극-뇌파 동조 분석 및 피드백 제어 융합 플랫폼 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	서울과학기술대학교
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711163162
과제번호	2020R1C1C1011857
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	뇌파 기반 인공지능경망을 이용한 고신뢰 마취심도 추정 시스템 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	서울과학기술대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

외부 뇌파 자극에 대한 EEG에 대해 딥러닝 기반으로 학습하여 현재 인지 능력의 등급을 추정하는 학습부;

추정된 인지 능력의 등급의 반응 속도 및 정확도를 토대로 인지 능력에 대한 지능 점수를 도출하는 지능 점수 도출부; 및

도출된 지능 점수와 타겟 지능 점수를 토대로 외부 자극의 변수를 결정하는 변수 결정부를 포함하는 것을 특징으로 하는 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 학습부는,

인코딩, 어텐션, 및 디코딩의 순환 순경망으로 구축되어 응답 신호를 입력으로 학습하여 인지 능력의 등급을 출력하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 특징으로 하는 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 지능 점수 도출부는,

각 인지 능력 등급 별 반응속도 S와 정확도 A를 토대로 인지 능력에 대한 지능 점수를 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 변수 결정부는,

도출된 지능 점수와 타겟 지능 점수의 오차에 대한 PID 제어를 통해 외부 자극에 대한 변수를 도출하도록 구비되는 것을 특징으로 하는 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 시스템.

청구항 5

제1항의 특징으로 하는 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 시스템에 의거 수행되는 특징으로 하는 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 방법에 있어서,

외부 뇌파 자극에 대한 EEG에 대해 딥러닝 기반으로 학습하여 현재 인지 능력의 등급을 추정하는 학습 단계;

추정된 인지 능력의 등급의 반응 속도 및 정확도를 토대로 지능 점수를 도출하는 지능 점수 도출단계; 및

도출된 지능 점수와 타겟 지능 점수를 토대로 외부 자극 변수를 결정하는 변수 결정 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 획득된 뇌파 신호(EEG: electroencephalography)에 대해 외부 뇌파 자극을 제어함에 따라 개인 별 맞춤형으로 인지 능력을 향상시킬 수 있는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

BCI(Brain Computer Interface)는 인간의 두뇌와 컴퓨터를 직접 연결하여 뇌파를 통해 컴퓨터를 제어하는 인터

페이스 기술을 의미하며, BCI 기술은 넓게는 HCI(Human Computer Interface) 기술에 속한다.

- [0003] 뇌파를 통해 휠체어나 로봇과 같은 기계를 조작할 수도 있기 때문에, BCI 기술은 BMI(Brain Machine Interface)라고 불리기도 한다. BCI 기술은 주로 의료적인 목적으로 많이 활용되었으며, 측정 기기의 무게가 무겁고 센서가 많이 달려 있어 착용이 번거롭다는 단점이 있었으나 최근에는 헤드셋 형태의 가볍고 착용이 간편한 기기가 개발되어 게임, 집중력 향상 연습 등 다양한 용도로 활용되고 있다.
- [0004] 뇌는 인체 머리의 내부 기관으로 신경계의 최고 중추기관이며, 대뇌, 소뇌, 중간뇌, 다리뇌, 연수로 나뉜다. 또한, 뇌는 뉴런 활동 준위의 합이 뇌의 표피에서 측정되는 신호인 뇌파를 발생하는데, 뇌파는 두뇌를 구성하는 신경세포들의 전기적 활동을 두피에서 전극을 통해 간접적으로 측정할 수 있는 전기신호를 의미한다.
- [0005] 뇌의 상태를 측정하는 기존 방법으로, 두피에 전극을 구비한 패드를 장착하여 전극으로부터 수신되는 뇌파를 측정해 검사하는 EEG(electroencephalogram) 검사, 뇌를 방사선이나 초음파를 이용하여 여러 각도에서 단층 촬영해 검사하는 CT 검사, 자기공명에 의해 뇌를 촬영하는 MRI 검사 등이 있다.
- [0006] 최근 BCI 기술의 발전 등으로 인해 뇌 건강 등에 대하여 사회적 관심이 증가하고 있으며, 이를 연구하기 위해 다양한 뇌파 신호를 수집하고 있다.
- [0007] 이를 해결하기 위해 최근 딥러닝 기술이 발전함에 따라 특정 상태에 대한 이론적인 추정을 기계가 대신 도출함으로써 뇌 공학 연구에서도 발전을 이루고 있다.
- [0008] 뇌파를 분석하여 다양한 피드백에 대한 정확한 결과를 도출하고 사람의 의도를 판단하거나 정신질환의 종류를 도출하는 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.
- [0009] 그러나, 사람의 뇌파는 개개인이 각기 다른 특성을 보유하고 있으므로 특정 대상을 중심으로 이루어지는 딥러닝으로 각각의 사람의 뇌파를 분석하고 분석 결과를 토대로 외부 자극을 보정하여 개인 별 인지 능력을 증가하는데 한계가 도달하였다.
- [0010] 이에 본 출원인은 딥러닝으로 각각의 사람의 뇌파를 분석하고 분석 결과를 토대로 외부 자극을 보정하여 개인 별 인지 능력을 증가하는 방안을 제안하고자 한다.
- [0011] 한편, 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 본 발명의 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2022-0007841호(공개일자: 2022년 01월 19일 딥러닝을 이용한 뇌파 분류장치 및 이를 포함하는 뇌파 측정 시스템)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 딥러닝 기반의 학습 결과로 현재 인지 등급을 추정하고 추정된 현재 인지 등급으로 지능 점수화한 후 지능 점수와 타겟 지능 점수의 오차에 대해 PID 제어를 수행하여 뇌파 자극에 대한 변수를 보정함에 따라, 인지 능력을 개인 맞춤형으로 향상시키기 위한 것이다.
- [0014] 본 발명의 목적은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 발명의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있으며, 본 발명의 실시예에 의해 보다 분명하게 알게 될 것이다. 또한, 본 발명의 목적 및 장점들은 청구범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 본 발명의 일 실시 양태에 의거, 일 실시 예에 따른 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 시스템은,
- [0016] 외부 뇌파 자극에 대한 EEG에 대해 딥러닝 기반으로 학습하여 현재 인지 능력의 등급을 추정하는 학습부;

- [0017] 추정된 인지 능력의 등급의 반응 속도 및 정확도를 토대로 지능 점수를 도출하는 지능 점수 도출부; 및
- [0018] 도출된 지능 점수와 타겟 지능 점수를 토대로 외부 자극 변수를 결정하는 변수 결정부를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.
- [0019] 바람직하게 상기 학습부는,
- [0020] 인코딩, 어텐션, 및 디코딩의 순환 순경망으로 구축되어 응답 신호를 입력으로 학습하여 인지 능력의 등급을 출력하도록 구비될 수 있다.
- [0021] 바람직하게 지능 점수 도출부는,
- [0022] 각 인지 능력 등급 별 반응속도 S와 정확도 A로부터 인지 능력에 대한 지능 점수를 도출하도록 구비될 수 있다.
- [0023] 바람직하게 상기 변수 결정부는,
- [0024] 도출된 지능 점수와 타겟 지능 점수의 오차에 대한 PID 제어를 통해 외부 뇌파 자극에 대한 변수를 도출하도록 구비될 수 있다.
- [0025] 본 발명의 다른 실시 양태에 의거, 일 실시 예에 따른 개인 맞춤형 뇌파 자극 보정 방법은
- [0026] 외부 뇌파 자극에 대한 EEG에 대해 딥러닝 기반으로 학습하여 현재 인지 능력의 등급을 추정하는 학습 단계;
- [0027] 추정된 인지 능력의 등급의 반응 속도 및 정확도를 토대로 지능 점수를 도출하는 지능 점수 도출단계; 및
- [0028] 도출된 지능 점수와 타겟 지능 점수를 토대로 외부 자극 변수를 결정하는 변수 결정 단계를 포함하는 것을 일 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0029] 이러한 특징에 따르면, 딥러닝 기반의 학습 결과로 현재 인지 등급을 추정하고 추정된 현재 인지 등급으로 지능 점수화한 후 지능 점수와 목표 지능 점수의 오차에 대한 PID 제어를 수행하여 뇌파 자극에 대한 변수를 보정함에 따라, 인지 능력을 개인 맞춤형으로 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 후술하는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.

도 1은 일 실시 예에 의거한 뇌파 자극 보정 시스템 구성도이다.

도 2는 도 1의 학습부의 세부 구성도이다.

도 3은 도 1의 변수 결정부의 세부 구성도이다.

도 4는 도 1의 뇌파 자극 보정 시스템의 처리 과정을 보인 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0031] 아래에서는 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [0032] 도 1은 일 실시 예에 의거한 뇌파 자극 제어 시스템 구성되고, 도 2는 도 1의 학습부의 세부 구성도이며, 도 3은 도 1의 변수 결정부의 세부 구성도이다.

- [0033] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 일 실시 예에 따른 개인 맞춤형 뇌파 자극 제어 시스템은 딥러닝 기반의 학습 결과로 현재 인지 등급을 추정하고 추정된 현재 인지 등급으로 지능 점수화한 후 지능 점수와 목표 지능 점수의 오차에 대한 PID 제어를 수행하여 뇌파 자극에 대한 변수를 보정하는 구성을 갖추며, 이에 시스템은, 학습부(1),

지능 점수 도출부(2), 및 변수 결정부(3)를 포함할 수 있다.

[0034] 학습부(1)는 도 2를 참조하면, 인코더(11), 어텐션부(12), 및 디코더(13)의 순환 신경망을 통해 한다.

[0035] 그리고 학습부(1)는 추정된 인지 능력 등급과 실측된 인지 능력을 토대로 학습 모델을 훈련하여 실측된 인지 능력과 가장 유사도가 높은 최적 인지 능력 등급을 출력한다.

[0036] 여기서 인코더(11)는 입력된 EEG를 순환 신경망 구조의 은닉 계층을 이용하여 정해진 길이로 압축하고 이때 압축 시 손실된 정보는 어텐션(Attention)부(12)에 의거 생성된 어텐션 가중치에 따라 주요 특징을 추출하여 디코더(13)의 회복 성능을 향상시킬 수 있다. 즉, 어텐션부(12)는 모든 시점 데이터에 대해 데이터의 중요도에 따라 어텐션 가중치를 부여하여 변환하고 이에 모든 시점의 필요한 데이터가 디코더로 전달될 수 있다.

[0037] 그리고 디코더(13)는 어텐션부(12)의 가중치와 압축된 인코더(11)의 데이터를 토대로 복원한다. 이에 일 실시예는 입력과 출력에 서로 대응되는 특징 정보에 대해 가중치를 부여함에 따라 특징 정보의 손실을 방지할 수 있다.

[0038] 본 명세서 상에서 인코더(11), 어텐션부(12) 및 디코더(13)으로 구성된 순환 신경망을 이용하여 EGG의 입력으로 학습하여 인지 능력에 대한 등급을 분류하는 일련의 과정에 대해 구체적으로 명시하지 아니하였으나, 일반적인 순환 신경망을 구조로 시계열 데이터에 대해 분류하는 과정에 동일 또는 유사하므로 이에 당업자 수준에서 이해되어야 할 것이다.

[0039] 이어 학습부(1)는 디코더(13)의 출력에 대해 Sternberg task로부터 얻은 반응 속도에 대해 기 정해진 기준속도로 특징 정보에 대한 라벨링을 수행하고 이에 외부 뇌파 자극에 대한 EEG의 반응 속도를 토대로 인지 능력에 대한 등급이 추정된다.

[0040] 한편, 순환 신경망 구조의 학습부(1)의 인지 능력의 등급은 지능 점수 도출부(2)로 전달된다.

[0041] 지능 점수 도출부(2)는 디코더(13)의 소정 수 (바람직하게 30개) 마지막 은닉 계층에서 얻은 데이터로 추정된 라벨을 통해 정확도 A와 평균 반응속도 S를 획득하고 획득된 데이터는 스케일링 및 유클리디안 거리 공식을 통해 지능 점수로 변환된다.

[0042] 여기서 변환되는 지능 점수(Score)는 하기 식 1로 나타낼 수 있다.

[0043] [식 1]

$$Score = 100 - \sqrt{(100 - TA)^2 + (0 - TS)^2}$$

[0045] 여기서, $TA = 100 / \frac{A}{100}$ 이고 $TS = 100 / \frac{S}{2}$ 으로 정의된다.

[0046] 도출된 지능 점수(Score)는 변수 설정부(3)로 전달된다.

[0047] 변수 설정부(3)는 도출된 지능 점수와 타겟 지능 점수를 토대로 외부 자극 변수를 결정하는 구성을 갖추며, 이에 변수 설정부(3)는 오차 도출 모듈(31), PID 제어 모듈(32), 및 변수 보정 모듈(33)을 포함할 수 있다.

[0048] 오차 도출모듈(31)는 지능 점수 도출부(2)의 지능 점수(Score)와 기 정해진 타겟 지능 점수의 차 연산을 통해 오차를 도출하고 도출된 오차는 PID 제어 모듈(32)로 전달된다.

[0049] PID 제어 모듈(32)은 도출된 오차와 타겟 지능 점수를 입력으로 각 비례(P: Proportional) 적분(I: Integral), 미분(D: Derivative)를 수행하여 입력된 오차를 근거로 외부 뇌파 자극의 출력으로 타겟 지능 점수와 매칭되는 변수가 유지하도록 가중치를 도출한다.

[0050] 본 명세서 상에서 PID 제어에 대해 보다 구체적으로 명시하지 아니하였으나 이는 당업자 수준에서 이해될 수 있을 것이다.

[0051] 그리고, 도출된 가중치는 변수 보정모듈(33)로 전달되며, 변수 보정모듈(33)을 입력된 가중치로 외부 뇌파 자극의 변수를 타겟 지능 점수의 변수로 유지되도록 보정하여 보정된 뇌파 자극 변수를 외부 뇌파 자극 생성 장치(tACS)로 전달한다.

[0052] 이에 일 실시예는 딥러닝 기반의 학습 결과로 현재 인지 등급을 추정하고 추정된 현재 인지 등급으로 지능 점수화한 후 지능 점수와 목표 지능 점수의 오차에 대한 PID 제어를 수행하여 뇌파 자극에 대한 변수를 보정함에 따

라, 인지 능력을 개인 맞춤형으로 향상시킬 수 있다.

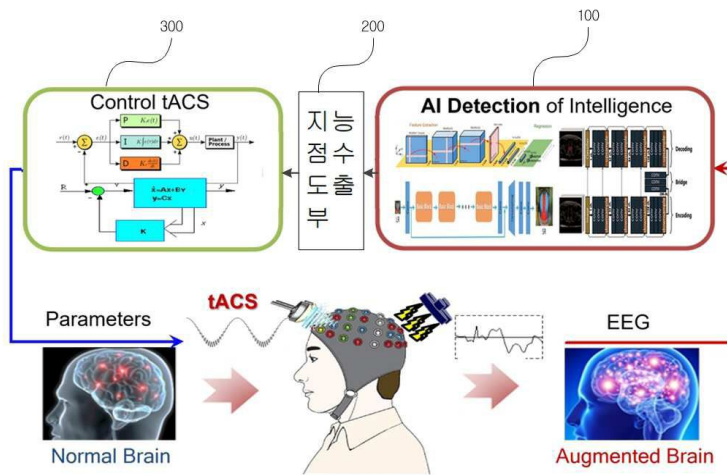
- [0053] 도 4는 도 1의 뇌파 자극 보정 시스템의 처리 과정을 보인 흐름도로서, 도 4를 참조하면, 일 실시예의 뇌파 자극 보정 방법은, 딥러닝 기반의 학습 결과로 현재 인지 등급을 추정하고 추정된 현재 인지 등급으로 지능 점수화한 후 지능 점수와 목표 지능 점수의 오차에 대한 PID 제어를 수행하여 뇌파 자극에 대한 변수를 보정하도록 구비되고, 이에 방법은, 학습 단계(100), 지능 점수 도출단계(200) 및 변수 결정단계(300)를 포함할 수 있다.
- [0054] 학습 단계(100)는 수집된 다수의 EEG의 특징 정보로 인지 능력의 등급으로 분류한 학습 모델을 구축한 다음 새로운 EEG의 입력에 대해 인코딩, 어텐션, 및 디코딩을 수행하는 순환 신경망 기반으로 학습하여 인지 능력의 등급을 출력한다. 여기서, 인지 능력 등급은 학습을 통해 도출된 특징 정보에 대한 라벨링을 통해 외부 뇌파 자극에 대한 EEG의 반응 속도를 토대로 추정될 수 있다.
- [0055] 지능 점수 도출단계(200)는 학습 단계(100)의 마지막 라벨링을 통해 획득된 정확도 A 및 평균 반응속도 S를 토대로 스케일링과 유클리디안 거리 공식을 통해 인지 능력의 지능 점수로 변환된다.
- [0056] 그리고, 변수 보정단계(300)는 입력된 지능 점수와 타겟 지능 점수 간의 오차를 도출한 다음(단계 301) 도출된 도출된 오차와 타겟 지능 점수를 입력으로 각 비례(P: Proportional) 적분(I: Integral), 미분(D: Derivative)을 수행한 후(단계 303) 각 PID 제어의 결과값을 합산하여 입력된 오차를 근거로 외부 뇌파 자극의 출력으로 타겟 지능 점수와 매칭되는 변수가 유지되는 가중치를 도출한다(단계 305).
- [0057] 그리고 변수 보정단계(300)는 도출된 가중치로 외부 자극의 변수를 보정한 다음 보정된 변수의 뇌파 자극을 외부 뇌파 자극 생성 장치로 전달한다(단계 307).
- [0058] 이에 일 실시예는 딥러닝 기반의 학습 결과로 현재 인지 등급을 추정하고 추정된 현재 인지 등급으로 지능 점수화한 후 지능 점수와 목표 지능 점수의 오차에 대한 PID 제어를 수행하여 뇌파 자극에 대한 변수를 보정함에 따라, 인지 능력을 개인 맞춤형으로 향상시킬 수 있다.
- [0059] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0060] 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 청구범위뿐 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

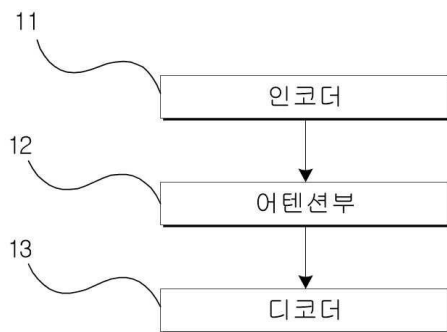
- [0061] 1 : 학습부
2 : 지능 점수 도출부
3 : 변수 결정부

도면

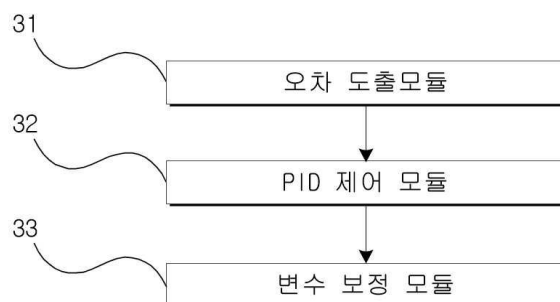
도면1



도면2



도면3



도면4

