



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0032226
(43) 공개일자 2025년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2021.01) A61B 5/055 (2006.01)
G16H 30/20 (2018.01) G16H 50/20 (2018.01)
G16H 50/50 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/4088 (2013.01)
A61B 5/0042 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0114774
(22) 출원일자 2023년08월30일
심사청구일자 2023년08월30일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
김건하
서울특별시 서초구 동광로19길 51 1105호
김보리
서울특별시 강북구 숭실로 159 벽산라이브파크아파트 101동 1602호
박창현
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(74) 대리인
특허법인한얼

전체 청구항 수 : 총 7 항

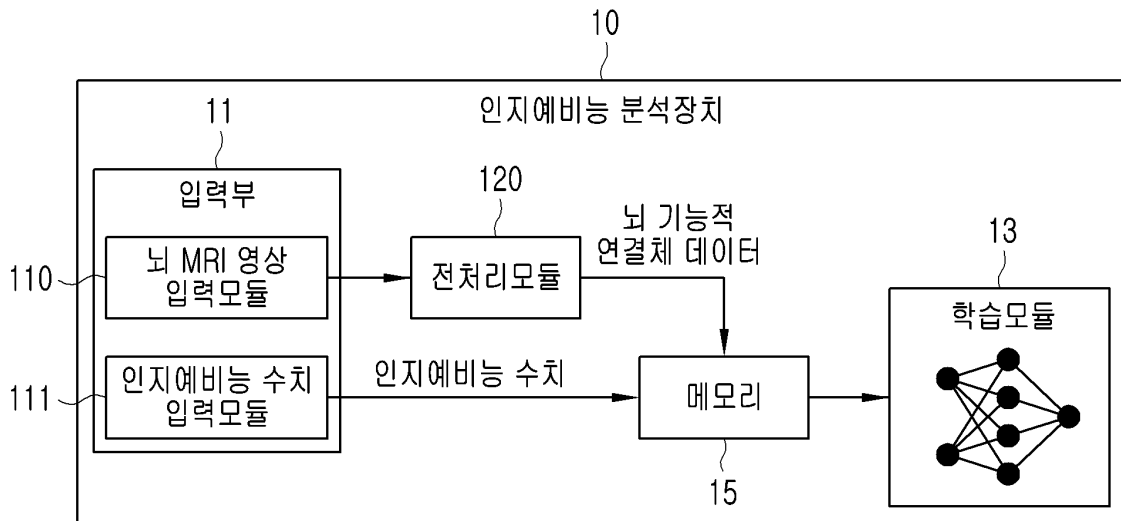
(54) 발명의 명칭 MRI 영상을 이용한 인공지능 학습모델 기반 인지예비능 분석 방법 및 시스템

(57) 요약

본 개시의 일 실시예에 의하면, 인지예비능 분석장치 및 사용자 단말기를 포함하는 시스템을 이용하여 뇌 MRI 영상로부터 인지예비능 수치를 분석하기 위한 방법에 있어서, (a1) 상기 인지예비능 분석장치에 입력된 뇌 MRI 영상이, 상기 인지예비능 분석장치에 의해 전처리되어 뇌 기능적 연결체 데이터가 생성되는 단계; (a2) 상기 뇌 기

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



능적 연결체 데이터와, 이에 대응하도록 상기 인지에비능 분석장치에 입력된 인지에비능 수치가 학습정보 데이터 세트로서 저장되는 단계; (a3) 상기 뇌 기능적 연결체 데이터를 입력자료로 하고, 상기 인지에비능 수치를 출력 자료로 하는 학습모델이 인지에비능 분석장치에 의해 학습되는 단계; (b1) 상기 사용자 단말기에 뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체 데이터가 입력되는 단계; 및 (b2) 상기 입력된 뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체 데이터가 상기 인지에비능 분석장치에 전송되고, 입력된 뇌 MRI 영상으로부터 상기 인지에비능 분석장치에 의해 생성되는 뇌 기능적 연결체 데이터 또는 입력된 뇌 기능적 연결체 데이터가 상기 학습모델에 입력됨으로써 예측 인지에비능 수치가 출력되는 단계;를 포함하는, 방법을 제공한다.

(52) CPC특허분류

A61B 5/055 (2022.01)

G16H 30/20 (2018.01)

G16H 50/20 (2018.01)

G16H 50/50 (2018.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1465039564
과제번호	HU20C0271010023
부처명	다부처
과제관리(전문)기관명	한국보건산업진흥원
연구사업명	치매극복연구개발사업(복지부, 과기부)
연구과제명	뇌영상 분석을 통한 뇌회복력(Brain Resilience) 및 인지에비능 분석
기 여 율	4/5
과제수행기관명	이화여자대학교 산학협력단
연구기간	2023.04.01 ~ 2023.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711179344
과제번호	00155966
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	인공지능융합혁신인재양성(R&D)
연구과제명	인공지능융합혁신인재양성(이화여자대학교)
기 여 율	1/5
과제수행기관명	이화여자대학교 산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

인지예비능 분석장치 및 사용자 단말기를 포함하는 시스템을 이용하여 뇌 MRI 영상로부터 인지예비능 수치를 분석하기 위한 방법에 있어서,

(a1) 상기 인지예비능 분석장치에 입력된 뇌 MRI 영상이 상기 인지예비능 분석장치에 의해 전처리되어, 뇌 기능적 연결체 데이터가 생성되는 단계;

(a2) 상기 뇌 기능적 연결체 데이터와, 이에 대응하도록 상기 인지예비능 분석장치에 입력된 인지예비능 수치가 학습정보 데이터셋으로서 저장되는 단계;

(a3) 상기 뇌 기능적 연결체 데이터를 입력자료로 하고, 상기 인지예비능 수치를 출력자료로 하는 학습모델이 인지예비능 분석장치에 의해 학습되는 단계;

(b1) 상기 사용자 단말기에 뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체 데이터가 입력되는 단계; 및

(b2) 상기 입력된 뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체 데이터가 상기 인지예비능 분석장치에 전송되고, 입력된 뇌 MRI 영상으로부터 상기 인지예비능 분석장치에 의해 생성되는 뇌 기능적 연결체 데이터 또는 입력된 뇌 기능적 연결체 데이터가 상기 학습모델에 입력됨으로써 예측 인지예비능 수치가 출력되는 단계;를 포함하는,

방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 뇌 기능적 연결체 데이터는 90 x 90 행렬인,

방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 (a1) 단계는,

(a10) 상기 인지예비능 분석장치는 상기 뇌 MRI 영상에 대해 공간 재정렬하고, 동일 좌표 프레임으로 정규화하고, 가우시안 커널을 이용한 공간 평탄화하고, 저대역 노이즈를 제거하여, 상기 뇌 MRI 영상을 전처리하는 단계; 및

(a11) 상기 인지예비능 분석장치가 상기 (a10) 단계에 의해 전처리된 뇌 MRI 영상을 90개의 노드로 구획화하는 단계;를 포함하는,

방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 (a1) 단계는,

(a12) 상기 인지예비능 분석장치가 상기 (a11) 단계에 의해 구획화된 90개의 노드에 대해 피셔변환(Fisher

Transformation)함으로써, 상기 90개 중 서로 다른 두 개의 쌍에 대한 부분 상관계수를 연산하는 단계; 및
(a13) 상기 인지에비능 분석장치가 상기 (a12) 단계에서 연산된 부분 상관계수를 이용하여 90 x 90 크기의 대칭 행렬을 연산하는 단계;를 더 포함하는,
방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 (a2) 단계에서, 상기 인지에비능 분석장치에는 신상정보가 더 저장되고,
상기 (a3) 단계에서, 상기 신상정보가 입력자료로 더 이용되고,
상기 (b1) 단계에서, 상기 사용자 단말기 및 상기 인지에비능 분석장치에 신상정보가 더 입력되면, 예측 인지에비능 수치가 출력되는,
방법.

청구항 6

인지에비능을 분석하기 위한 시스템에 있어서,
피험자의 뇌 MRI 영상을 촬영하도록 구성된 MRI 장치;
인지에비능 분석장치로서,
상기 뇌 MRI 영상 및 상기 피험자의 인지에비능 수치를 입력받는 입력부;
상기 뇌 MRI 영상을 전처리하여 뇌 기능적 연결체 데이터를 생성하는 프로세서; 및
상기 뇌 기능적 연결체를 입력자료로 하고 상기 인지에비능 수치를 출력자료로 하는 학습모델을 학습시키도록 구성된 러닝 프로세서;를 포함하는 인지에비능 분석장치; 및
뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체를 입력받아, 이를 상기 인지에비능 분석장치로 전송하는 사용자 단말기;를 포함하고,
상기 사용자 단말기에 입력된 뇌 MRI 영상으로부터 생성된 뇌 기능적 연결체 데이터 또는 상기 사용자 단말기에 입력된 뇌 기능적 연결체 데이터는 상기 인지에비능 분석장치에 전송 및 입력되고,
상기 인지에비능 분석장치는 상기 학습모델을 이용하여 예측 인지에비능 수치를 출력하여, 이를 상기 사용자 단말기에 전송하는,
시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 인지에비능 분석장치의 입력부는, 상기 피험자의 신상정보를 더 입력받고,
상기 신상정보는 상기 학습모델의 입력자료로 이용되고,
상기 사용자 단말기에는 신상정보가 더 입력되며, 상기 사용자 단말기는 입력된 신상정보를 상기 인지에비능 분석장치에 전송하는,
시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 인지예비능을 분석 방법 및 시스템에 관한 것으로, 구체적으로는 MRI 영상을 이용한 인공지능 학습모델 기반 인지예비능 분석 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 개시에 대한 배경정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.
- [0004] 인지 예비능은 뇌 가소성(brain plasticity)에 기반한 개념으로, 노화에 따른 뇌의 변화를 능동적으로 대처한다는 의미를 지닌다. 교육, 직업, 여가 활동 등 평생에 걸친 경험들이 인지 예비능을 높일 수 있다고 알려져 있으며, 기존 연구에서 높은 인지 예비능이 치매 발생 위험을 46%가량 낮출 수 있다고 한다. 따라서 개인의 인지 예비능이 어느 정도인지를 확인하는 것은 치매의 발생이나 중증도를 예측하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.
- [0005] 종래에는, 인지예비능을 확인하기 위하여, 지필 검사 설문지로 환자의 교육수준, 직업, 여가활동등을 설문하여 측정해왔다. 국내에서 가장 자주 사용되는 설문지는 Cognitive Reserve Index로 인지 예비능과 관련되어 있다고 알려진 교육, 직업 활동, 여가 활동 정도를 측정하는 20개의 문항으로 구성되어 면담을 통해 이루어진다.
- [0006] 다만, 종래 방법은 고령의 환자에서 인지기능에 따라 회상 편향(Recall bias)가 생길 수 있다는 점에서 한계가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 이에, 본 개시는 뇌 MRI 영상을 기준으로 노인 피험자의 인지예비능을 측정하여 치매의 발생과 진행을 예측할 수 있는 방법 및 시스템을 제공하는 데 목적이 있다.
- [0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 개시의 일 실시예에 의하면, 인지예비능 분석장치 및 사용자 단말기를 포함하는 시스템을 이용하여 뇌 MRI 영상으로부터 인지예비능 수치를 분석하기 위한 방법에 있어서, (a1) 상기 인지예비능 분석장치에 입력된 뇌 MRI 영상이, 상기 인지예비능 분석장치에 의해 전처리되어 뇌 기능적 연결체 데이터가 생성되는 단계; (a2) 상기 뇌 기능적 연결체 데이터와, 이에 대응하도록 상기 인지예비능 분석장치에 입력된 인지예비능 수치가 학습정보 데이터세트로서 저장되는 단계; (a3) 상기 뇌 기능적 연결체 데이터를 입력자료로 하고, 상기 인지예비능 수치를 출력자료로 하는 학습모델이 인지예비능 분석장치에 의해 학습되는 단계; (b1) 상기 사용자 단말기에 뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체 데이터가 입력되는 단계; 및 (b2) 상기 입력된 뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체 데이터가 상기 인지예비능 분석장치에 전송되고, 입력된 뇌 MRI 영상으로부터 상기 인지예비능 분석장치에 의해 생성되는 뇌 기능적 연결체 데이터 또는 입력된 뇌 기능적 연결체 데이터가 상기 학습모델에 입력됨으로써 예측 인지예비능 수치가 출력되는 단계;를 포함하는, 방법을 제공한다.
- [0012] 또한, 바람직하게는, 본 개시의 일 실시예에 의한 상기 뇌 기능적 연결체 데이터는 90 x 90 행렬이다.
- [0013] 또한, 바람직하게는, 본 개시의 일 실시예에 의한 상기 (a1) 단계는, (a10) 상기 인지예비능 분석장치는 상기 뇌 MRI 영상에 대해 공간 재정렬하고, 동일 좌표 프레임으로 정규화하고, 가우시안 커널을 이용한 공간 평탄화하고, 저대역 노이즈를 제거하여, 상기 뇌 MRI 영상을 전처리하는 단계; 및 (a11) 상기 인지예비능 분석장치가 상기 (a10) 단계에 의해 전처리된 뇌 MRI 영상을 90개의 노드로 구획화하는 단계;를 포함한다.

- [0014] 또한, 바람직하게는, 본 개시의 일 실시예에 의한 상기 (a1) 단계는, (a12) 상기 인지에비능 분석장치가 상기 (a11) 단계에 의해 구획화된 90개의 노드에 대해 피셔변환(Fisher Transformation)함으로써, 상기 90개 중 서로 다른 두 개의 쌍에 대한 부분 상관계수를 연산하는 단계; 및 (a13) 상기 인지에비능 분석장치가 상기 (a12) 단계에서 연산된 부분 상관계수를 이용하여 90 x 90 크기의 대칭 행렬을 연산하는 단계;를 더 포함한다.
- [0015] 또한, 본 개시의 다른 실시예에 의하면, 상기 일 실시예에 따른 방법에 있어서, 상기 (a2) 단계에서, 상기 인지에비능 분석장치에는 신상정보가 더 저장되고, 상기 (a3) 단계에서, 상기 신상정보가 입력자료로 더 이용되고, 상기 (b1) 단계에서, 상기 사용자 단말기 및 상기 인지에비능 분석장치에 신상정보가 더 입력되면, 예측 인지에비능 수치가 출력된다.
- [0016] 본 개시의 일 실시예에 의하면, 인지에비능을 분석하기 위한 시스템에 있어서, 피험자의 뇌 MRI 영상을 촬영하도록 구성된 MRI 장치; 인지에비능 분석장치로서, 상기 뇌 MRI 영상 및 상기 피험자의 인지에비능 수치를 입력받는 입력부; 상기 뇌 MRI 영상을 전처리하여 뇌 기능적 연결체 데이터를 생성하는 프로세서; 및 상기 뇌 기능적 연결체를 입력자료로 하고 상기 인지에비능 수치를 출력자료로 하는 학습모델을 학습시키도록 구성된 러닝 프로세서;를 포함하는 인지에비능 분석장치; 및 뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체를 입력받아, 이를 상기 인지에비능 분석장치로 전송하는 사용자 단말기;를 포함하고, 상기 사용자 단말기에 입력된 뇌 MRI 영상으로부터 생성된 뇌 기능적 연결체 데이터 또는 상기 사용자 단말기에 입력된 뇌 기능적 연결체 데이터는 상기 인지에비능 분석장치에 전송 및 입력되고, 상기 인지에비능 분석장치는 상기 학습모델을 이용하여 예측 인지에비능 수치를 출력하여, 이를 상기 사용자 단말기에 전송하는, 시스템을 제공한다.
- [0017] 본 개시의 다른 실시예에 의하면, 상기 일 실시예에 따른 시스템에 있어서, 상기 인지에비능 분석장치의 입력부는, 상기 피험자의 신상정보를 더 입력받고, 상기 신상정보는 상기 학습모델의 입력자료로 이용되고, 상기 사용자 단말기에는 신상정보가 더 입력되며, 상기 사용자 단말기는 입력된 신상정보를 상기 인지에비능 분석장치에 전송하는 시스템을 제공한다.

발명의 효과

- [0019] 이상에서 설명한 바와 같이 본 개시의 일 실시예에 의하면, 인지에비능 분석시스템은 뇌 MRI 영상만으로도 피험자의 인지에비능 수치를 높은 정확도로 예측할 수 있다는 효과가 있다.
- [0020] 또한, 본 개시의 다른 실시예에 의하면, 인지에비능 수치 영향을 줄 수 있는 여러가지 요인을 고려할 수 있어, 더 높은 정확도로 인지에비능 수치를 예측할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 도 1은 본 개시의 실시예들에 따른 인지에비능 분석시스템의 블록도다.
- 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 인지에비능 분석장치의 블록도이다.
- 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 인지에비능 분석장치의 학습정보 생성 방법을 나타내기 위한 것이다.
- 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 인지에비능 분석장치를 이용하여 인지에비능 수치를 예측하는 방법을 나타낸 것이다.
- 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 인지에비능 분석시스템을 이용한 방법의 순서도이다.
- 도 6은 본 개시의 다른 실시예에 따른 인지에비능 분석장치의 블록도이다.
- 도 7은 본 개시의 다른 실시예에 따른 인지에비능 분석장치의 학습정보 생성 방법을 나타내기 위한 것이다.
- 도 8은 본 개시의 다른 실시예에 따른 인지에비능 분석장치를 포함하는 인지에비능 분석시스템을 이용한 방법의 순서도이다.
- 도 9는 본 개시의 일 실시예에 따른 인지에비능 분석장치를 이용하여 예측된 인지에비능 수치와 실제 인지에비능 수치를 비교한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 이하, 본 개시의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성 요소들에 참조 부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 개시를 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 개시의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0024] 본 개시에 따른 실시예의 구성요소를 설명하는 데 있어서, 제1, 제2, i), ii), a), b) 등의 부호를 사용할 수 있다. 이러한 부호는 그 구성요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 부호에 의해 해당 구성요소의 본질 또는 차례나 순서 등이 한정되지 않는다. 명세서에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 '포함' 또는 '구비'한다고 할 때, 이는 명시적으로 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0025] 본 개시에서, "인지예비능(Cognitive Reserve)"은 뇌 가소성(brain plasticity)에 기반한 개념으로, 노화에 따른 뇌의 변화에 대해 뇌가 능동적으로 대처하는 능력, 즉, 뇌의 회복탄력성(brain resilience)을 나타내는 개념이다.
- [0026] 또한, 본 개시에서, "인지예비능 수치(Cognitive Reserve Index)"는 인지예비능 검사 결과를 의미한다. 이때, 인지예비능 검사는 Lifetime of Experiences Questionnaire, Cognitive Reserve Questionnaire, Cognitive Reserve Scale, Cognitive Reserve Index questionnaire 등일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0027] 또한, 본 개시에서, "피험자"는 뇌 MRI 영상 촬영 대상이자, 인지예비능 검사 대상이다.
- [0028] 또한, 본 개시에서, "사용자"는 피험자의 인지예비능 수치를 분석하고자 하는 자이며, 의료인, 간호인, 간병인 및 피험자 자신을 수 있다.
- [0029] 또한, 본 개시에서, "뇌 기능적 연결체 데이터"는 개인마다 나타나는 뇌 신호의 특징으로, 뇌 MRI 영상에서 획득되는 복수의 노드(신호)에서 선택되는 모든 노드 쌍에 할당되는 상관 정도 집합체를 의미한다.
- [0031] **1. 인지예비능 분석시스템의 설명**
- [0032] 도 1은 본 개시의 실시예들에 따른 인지예비능 분석시스템의 블록도다. 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 인지예비능 분석장치의 블록도이다.
- [0033] 도 1 내지 2에서는 일 실시예에 따른 인지예비능 분석장치(10)를 대표적으로 설명하나, 다른 실시예에 따른 인지예비능 분석장치(10')를 포함하여 설명됨을 양지하여야 한다.
- [0034] 본 개시의 실시예들에 따른 인지예비능 분석시스템(1)은, 인지예비능 분석장치(10), MRI 장치(20), 신상정보 데이터베이스(30) 및 사용자 단말기(40)의 전부 또는 일부를 포함한다.
- [0035] 인지예비능 분석장치(10)는 MRI 장치(20) 및/또는 신상정보 데이터베이스(30)로부터 데이터를 입력받아, 인지예비능 수치를 출력할 수 있는 학습모델을 학습시키도록 구성된다.
- [0036] 이를 위하여, 인지예비능 분석장치(10)는 데이터 처리가 가능한 전자 장치로서, 예컨대, PC, 스마트기기, 또는 서버일 수 있다.
- [0037] MRI 장치(20)는 피험자의 뇌 MRI 영상을 촬영하도록 구성되며, 촬영된 뇌 MRI 영상은 인지예비능 분석장치(10)에 전송될 수 있다. 한편, 본 개시에서 뇌 MRI 영상은 휴지 상태에서의 뇌를 촬영한 영상인 것이 바람직하다.
- [0038] 신상정보 데이터베이스(30)는 피험자의 신상정보를 저장하도록 구성되며, 인지예비능 분석장치(10)의 요청이 있는 경우, 저장된 신상정보는 인지예비능 분석장치(10)에 전송될 수 있다. 이를 위하여, 신상정보 데이터베이스(30)는 EMR(Electronic Medical Records)일 수 있다.
- [0039] 한편, 신상정보는 바람직하게는, 피험자의 나이, 성별, 임상 정보 및 학력 정보를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0040] 사용자 단말기(40)는 인지예비능 분석장치(10)와 전기적으로 연결되며, 인지예비능 분석장치(10)에 요청(request)을 송신하고, 인지예비능 분석장치(10)로부터 응답(response)을 받을 수 있다.

- [0041] 구체적으로, 사용자가 사용자 단말기(40)를 통해 뇌 기능적 연결체 데이터를 입력하면, 사용자 단말기(40)는 입력된 데이터를 인지예비능 분석장치(10)에 전송하고, 인지예비능 분석장치(10)는 입력된 데이터를 기반으로 예측 인지예비능 수치를 출력할 수 있다. 출력된 예측 인지예비능 수치는 다시 사용자 단말기(40)에 전송될 수 있다. 따라서, 사용자 단(end)에서는 피험자의 뇌 기능적 연결체 데이터만 입력하기만 해도, 해당 피험자의 인지예비능 수치를 알 수 있다.
- [0042] 대안적으로는, 사용자 단말기(40)에 뇌 MRI 영상이 입력되면, 입력된 뇌 MRI 영상이 인지예비능 분석장치(10) 내에서 전처리되어, 뇌 기능적 연결체 데이터가 생성될 수 있다. 인지예비능 분석장치(10)는 생성된 뇌 기능적 연결체 데이터를 기반으로 예측 인지예비능 수치를 예측할 수 있다. 출력된 예측 인지예비능 수치는 다시 사용자 단말기(40)에 전송될 수 있다. 따라서, 사용자 단(end)에서는 피험자의 뇌 MRI 영상만 입력하기만 해도, 해당 피험자의 인지예비능 수치를 알 수 있다.
- [0044] 도 2를 참조하여, 인지예비능 분석장치(10)의 상세 구성 및 기능에 대해 설명한다. 한편, 본 개시에서는, 인지예비능 분석을 위한 최소한의 구성이 설명되어 있으며, 그 외의 구성, 예컨대, 출력부 등은 생략되었음을 양지하여야 한다.
- [0045] 본 개시의 일 실시예에 따른 인지예비능 분석장치(10)는 입력부(11), 프로세서(12), 러닝 프로세서(13), 제어부(14), 메모리(15) 및 통신부(16)의 전부 또는 일부를 포함한다.
- [0046] 입력부(11)는 외부로부터 명령 또는 정보를 입력받도록 구성된다.
- [0047] 입력부(11)를 통해 입력된 명령 또는 정보는 인지예비능 분석장치(10)의 다른 구성요소로 전송될 수 있다. 본 개시에서는, 입력부(11)를 통해 뇌 MRI 영상 및 인지예비능 수치가 입력될 수 있다.
- [0048] 프로세서(12)는 데이터 처리 또는 연산 기능을 수행할 수 있으며, 데이터 처리 또는 연산 기능의 일부로서, 다른 구성요소로부터 수신된 명령 또는 데이터를 휘발성 메모리에 저장하며, 휘발성 메모리에 저장된 명령 또는 데이터를 차리하고, 결과 데이터를 비휘발성 메모리에 저장하도록 구성된다.
- [0049] 프로세서(12)는 인지예비능 분석장치(10)에 입력된 뇌 MRI 영상을 전처리하여 뇌 기능적 연결체 데이터를 생성할 수 있다. 관련하여, 도 3에서 상세히 설명한다.
- [0050] 러닝 프로세서(13)는 뇌 기능적 연결체 데이터를 입력자료로 하고, 인지예비능 수치를 출력자료로 하는 학습모델을 학습시키도록 구성된다.
- [0051] 제어부(14)는 인지예비능 분석장치(10)의 하나 이상의 다른 구성요소들을 제어하도록 구성된다. 여기서, 하나 이상의 다른 구성요소는, 예를 들어 하드웨어 또는 소프트웨어를 모두 포함하는 개념이다. 즉, 제어부(14)는 인지예비능 분석장치(10)의 입력부(11), 프로세서(12), 러닝 프로세서(13), 메모리(15) 및 통신부(16)를 제어할 수 있다.
- [0052] 메모리(15)는 인지예비능 분석장치(10)에 입력된 정보, 인지예비능 분석장치(10)에 의해 처리 또는 생성된 정보를 일시적 또는 영구적으로 저장하도록 구성된다.
- [0053] 예시적으로, 인지예비능 분석장치(10)가 학습모델의 학습 시 사용하는 학습정보 데이터세트는 메모리(15)에 저장될 수 있다.
- [0054] 통신부(16)는 외부 기기와의 통신을 위한 구성으로, 통신부(16)를 통해 인지예비능 분석장치(10)는 외부 기기와의 데이터 송수신이 가능하다. 여기서, 외부 기기는 MRI 장치(20), 신상정보 데이터베이스(30) 및 사용자 단말기(40)를 포함한다.
- [0056] **2. 일 실시예에 따른 인지예비능 분석장치 및 분석방법의 설명**
- [0057] **2.1. 일 실시예에 따른 학습정보 생성방법 설명**
- [0058] 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 인지예비능 분석장치의 학습정보 생성 방법을 나타내기 위한 것이다.
- [0059] 본 개시의 일 실시예에 따른 인지예비능 분석장치(10)의 입력부(11)에는 뇌 MRI 영상 입력모듈(110) 및 인지예비능 수치 입력모듈(111)이 구비된다.

- [0060] 뇌 MRI 영상 입력모듈(110)은 외부 기기, 예컨대 MRI 장치(20)로부터 피험자의 MRI 영상을 입력받도록 구성된다.
- [0061] 뇌 MRI 영상 입력모듈(110)에 입력된 뇌 MRI 영상은, 전처리모듈(120)에 의해 전처리되며, 이로 인해 뇌 기능적 연결체 데이터가 생성될 수 있다. 이때, 전처리모듈(120)은 바람직하게는 프로세서(12)에 구비되는 모듈이다.
- [0062] 전처리모듈(120)은 이하에서 설명되는 과정에 따라 뇌 MRI 영상을 전처리한다.
- [0063] 휴지상태의 뇌 MRI 영상이라도 움직임이 발생할 수 있는바, 전처리모듈(120)은 머리 움직임을 보정하기 위하여 뇌 MRI 영상에 대해 공간 재정렬한다.
- [0064] 공간 재정렬된 뇌 MRI 영상은 동일 좌표 프레임으로 정규화된다.
- [0065] 정규화된 뇌 MRI 영상은 가우시안 커널을 이용하여 공간 평탄화된다.
- [0066] 공간 평탄화된 뇌 MRI 영상은 필터 또는 통계적 모델을 이용하여 저주파수 대역의 노이즈가 제거된다.
- [0067] 상기한 과정은 기 공개된 MRI 분석 소프트웨어 패키지(예를 들어, SPM12)를 통해 수행될 수 있다.
- [0068] 노이즈가 제거된 뇌 MRI 영상은 90개의 노드로 구획화된다. 이때, 구획화는 AAL(Automated anatomical labeling) 아틀라스(atlas) 틀을 기반으로 수행될 수 있다. 한편, AAL 아틀라스 기반의 노드형성 방법은 기 공개된 신호 처리 방법인바, 본 개시에서 관련 설명은 이하에서 생략된다.
- [0069] 전처리모듈(120)은 구획화된 90개의 노드 중 서로 다른 두 개의 노드로 이루어지는 쌍에 대해 기능적 연결성(functional connectivity)을 추정한다. 여기서, 기능적 연결성이란 서로 다른 두 신호(즉, 노드) 간의 부분적 상관 관계 연산으로 추정되는 상관도를 의미한다.
- [0070] 공간 재정렬 과정에서 추정된 머리 움직임 변수와 백질 및 뇌척수액에 추출되는 비뉴런 변동은 교란 시간 요소로 간주되어, 기능적 연결성에서 제거될 수 있다.
- [0071] 한편, 전처리모듈(120)은 피셔변환(Fisher Transformation)을 이용하여 90개의 노드들끼리의 기능적 연결성을 정규화할 수 있다. 이로 인해, 뇌 기능적 연결체 데이터는 90개의 노드에서 발생할 수 있는 모든 노드 쌍에 대한 연결 강도 값을 나타내게 되며, 바람직하게는 90 x 90 대칭 행렬로 표현된다.
- [0072] 상기한 과정을 통해 생성되는 90 x 90 대칭 행렬 형태의 뇌 기능적 연결체 데이터는 학습을 위한 입력자료로서 이용된다. 90 x 90 크기 대칭 행렬 형태인 뇌 기능적 연결체 데이터는 4,005개의 특징들을 표현할 수 있다.
- [0073] 학습모델이 학습되는 과정에서 각 특징에 대하여 실제 인지에비능 수치와 예측 인지에비능 수치 사이의 상관관계를 연산하여 $p \text{ value} \leq 0.05$ 를 만족하는 경우, 해당 특징이 유의미한 중요 특징으로 선별될 수 있다.
- [0075] 인지에비능 수치 입력모듈(111)은 외부 기기, 예컨대 인지에비능 수치 데이터베이스(미도시)로부터 피험자의 인지에비능 수치를 입력받도록 구성된다.
- [0077] 상기한 과정에 따라 생성된 뇌 기능적 연결체 데이터와, 인지에비능 수치는 학습정보 데이터셋으로서 메모리(15)에 저장될 수 있다.
- [0078] 저장된 학습정보 데이터셋은 러닝 프로세서(13)에 전송되고, 러닝 프로세서(13)는 수신한 학습정보 데이터셋을 이용하여 학습모델을 학습시킨다.
- [0079] 이때, 학습모델은 결정 트리, RF(random forest), KNN(K-nearest neighbor), 나이브 베이즈(Naive Bayes), SVM(support vector machine), 인공신경망(artificial neural network) 등 통상적인 기계 학습 기법 및 최근의 딥러닝(deep learning) 기법까지 이용될 수 있다. 본 개시에서는 RF 기법에 따른 학습모델을 선택한 결과를 위주로 기술하나, 본 개시의 효과가 특정 학습 기법에 한정되는 것은 아님에 유의한다.
- [0080] 한편, 러닝 프로세서(13)에 의해 학습되는 학습모델의 파라미터는 갱신, 즉, 최적화 과정을 통해 기능이 더 고될 수 있다. 예를 들어, 제어부(14)는 기 학습된 학습모델에, 새롭게 입력되는 뇌 기능적 연결체 데이터에 기반하여 출력되는 예측 인지에비능 수치와, 실제 인지에비능 수치를 비교하여 학습모델의 파라미터를 갱신할 수 있다.

- [0081] 이때, 사이킷런(scikit-learn) 라이브러리를 이용하여 학습모델이 구축될 수 있으며, 학습모델의 학습 과정에서 5-겹 교차 검증으로 하이퍼파라미터가 조정될 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0083] 2.2. 일 실시예에 따른 인지에비능 분석장치를 이용한 인지에비능 수치 예측 방법
- [0084] 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 인지에비능 분석장치를 이용하여 인지에비능 수치를 예측하는 방법을 나타낸 것이다.
- [0085] 사용자는 사용자 단말기(40)를 통해 인지에비능 수치를 예측하고자 하는 피험자의 뇌 MRI 영상, 또는 뇌 MRI 영상을 통해 얻어진 뇌 기능적 연결체 데이터를 입력한다.
- [0086] 입력된 뇌 MRI 영상, 또는 뇌 기능적 연결체 데이터는 인지에비능 분석장치(10)에 전송되고, 뇌 MRI 영상을 통해 얻어진 뇌 기능적 연결체 데이터 또는 전송된 뇌 기능적 연결체 데이터는 학습모델에 입력된다.
- [0087] 학습모델은 예측 인지에비능 수치를 출력하고, 출력된 예측 인지에비능 수치는 사용자 단말기(40)에 전송될 수 있다.
- [0088] 이를 통해, 사용자는 사용자 단말기(40)에 뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체 데이터를 입력만 하더라도, 피험자의 인지에비능 수치를 예측할 수 있어, 치매의 발생과 진행을 예측하는 데에 도움이 된다.
- [0090] 2.3. 일 실시예에 따른 인지에비능 분석방법의 설명
- [0091] 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 인지에비능 분석시스템을 이용한 방법의 순서도이다.
- [0092] 도 5를 참조하면, 뇌 MRI 영상 입력모듈(110)에 입력된 뇌 MRI 영상이 전처리모듈(120)에 의해 전처리되어, 뇌 기능적 연결체 데이터가 생성된다(S500).
- [0093] 이때, 전처리되는 상세한 방법은 도 3의 설명으로 같음한다.
- [0095] 뇌 기능적 연결체 데이터와, 인지에비능 수치 입력모듈(111)에 입력된 인지에비능 수치가 학습정보 데이터셋으로서 생성되어, 메모리(15)에 저장된다(S510).
- [0097] 뇌 기능적 연결체 데이터를 입력자료로 하고 인지에비능 수치를 출력자료로 하는 학습모델이 러닝 프로세서(13)에 의해 학습된다(S520).
- [0099] 사용자 단말기에 뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체 데이터가 입력되면, 사용자 단말기(40)는 인지에비능 분석장치(10)에 뇌 MRI 영상 또는 기능적 연결체 데이터를 전송한다. 인지에비능 분석장치(10)는 입력된 뇌 MRI 영상으로부터 생성한 뇌 기능적 연결데이터, 또는 사용자 단말기(40)로부터 전달받은 뇌 기능적 연결체 데이터를 학습모델에 입력하여, 예측 인지에비능 수치를 출력한다(S530).
- [0100]
- [0101] 3. 다른 실시예에 따른 인지에비능 분석장치의 설명
- [0102] 3.1. 다른 실시예에 따른 학습방법의 설명
- [0103] 도 6은 본 개시의 다른 실시예에 따른 인지에비능 분석장치의 블록도이다.
- [0104] 도 6을 참조하면, 본 개시의 다른 실시예에 따른 인지에비능 분석장치(10')의 입력부(11')는 일 실시예에 따른 인지에비능 분석장치(10)에다가, 신상정보 입력모듈(112')을 더 포함할 수 있다.
- [0105] 신상정보 입력모듈(112')은 신상정보를 입력받도록 구성될 수 있다. 여기서, 신상정보란 바람직하게는, 피험자의 나이, 성별, 임상 정보 및 학력 정보를 포함하며, 신상정보 데이터베이스(30, 도 1 참조)로부터 전송될 수 있다.

- [0106] 전처리모듈(120')은 뇌 MRI 영상 입력모듈(110')에 입력된 정보들을 기반으로, 뇌 기능적 연결체 데이터를 생성할 수 있다.
- [0107] 뇌 기능적 연결체 데이터, 신상정보 및 인지에비능 수치는 학습정보 데이터세트로서 생성되어, 메모리(15')에 저장될 수 있다.
- [0108] 메모리(15')에 저장된 학습정보 데이터세트는 러닝 프로세서(13')에 입력되어, 학습모델의 데이터로 이용될 수 있다. 이때, 뇌 기능적 연결체 데이터 및 신상정보는 91 x 90 행렬로 표현되며, 상기한 행렬은 학습모델의 입력자료로 이용될 수 있으며, 인지에비능 수치는 출력자료로 이용될 수 있다.
- [0110] 도 7은 본 개시의 다른 실시예에 따른 인지에비능 분석장치의 학습정보 생성 방법을 나타내기 위한 것이다.
- [0111] 도 6에 도시된 방법에 따라 학습된 학습모델을 포함하는 러닝 프로세서(13')에, 사용자 단말기(40)를 통해 입력되어 인지에비능 분석장치(10')에 의해 생성되는 뇌 MRI 영상으로부터 뇌 기능적 연결체 데이터가 학습모델에 입력될 수 있다.
- [0112] 또는, 사용자 단말기(40)를 통해 뇌 기능적 연결체 데이터가 입력되면, 입력된 뇌 기능적 연결체 데이터가 인지에비능 분석장치(10')에 전송되고, 전송된 뇌 기능적 연결체 데이터는 학습모델에 입력될 수 있다.
- [0113] 학습모델은 뇌 기능적 연결체 데이터를 입력받으면, 예측 인지에비능 수치를 출력한다.
- [0115] 3.2. 다른 실시예에 따른 학습정보 생성방법의 설명
- [0116] 도 8은 본 개시의 다른 실시예에 따른 인지에비능 분석장치를 포함하는 인지에비능 분석시스템을 이용한 방법의 순서도이다.
- [0117] 도 8을 참조하여, 본 개시의 다른 실시예에 따른 인지에비능 분석방법을 설명한다.
- [0118] S800 단계는 도 5의 S500 단계의 설명으로 같음한다.
- [0120] 뇌 기능적 연결체 데이터와 신상정보 입력모듈(112')에 입력된 신상정보, 그리고 인지에비능 수치 입력모듈(111')에 입력되는 인지에비능 수치가 학습정보 데이터세트로서 메모리에 저장된다(S810).
- [0122] 뇌 기능적 연결체 데이터 및 신상정보를 입력자료로 하고 인지에비능 수치를 출력자료로 하는 학습모델이 러닝 프로세서(13')에 의해 학습된다(S820).
- [0124] 사용자 단말기(40)에 신상정보와, 뇌 MRI 영상 또는 뇌 기능적 연결체 데이터가 입력되면, 사용자 단말기(40)는 인지에비능 분석장치(10')에 신상정보와 뇌 MRI 영상 또는 기능적 연결체 데이터를 전송한다. 인지에비능 분석장치(10')는 신상정보와, 입력된 뇌 MRI 영상으로부터 생성한 뇌 기능적 연결체 데이터 또는 사용자 단말기(40)로부터 전달받은 뇌 기능적 연결체 데이터를 학습모델에 입력하여, 예측 인지에비능 수치를 출력한다(S830).
- [0125]
- [0126] 4. 인지에비능 분석시스템의 검증 결과
- [0127] 본 개시에서는, 인지에비능 분석장치(10)의 성능을 검증하기 위하여, 다음과 같은 검증 방법을 채택하였으나, 이는 일 예시적인 것에 불과하며, 모집단 선정 및 학습모델 선정 등은 본 개시와 상이해질 수 있음에 유의한다.
- [0128] 본 개시에서는, 만 60세 이상의 참가자들 72명을 대상으로 뇌 MRI 영상 및 인지에비능 수치 데이터가 수집되었다. 모든 참가자들은 SNSB(Seoul Neuropsychological Screening Battery)에서 정상인지기능을 가진 대상자들로 MRI를 촬영하고 인지 기능 테스트를 받았다. 정상 인지 기능은 기억력(memory), 주의력(attention), 언어 능력(language), 시공간(visuospatial) 및 전두엽 테스트에서 인구 표준 점수 기준으로 -1 이상의 표준편차를 나타내는 경우로 정의하였다.

[0129] 참여자들에 대한 정보는 아래 <표 1>과 같다..

표 1

[0131]

	일반노인 (N = 72)
Age (year)	72.0 ± 6.5
Education (year)	12.3 ± 2.6
Female, No. (%)	49 (68.1)
Attention(주의력) (Z-score)	-0.1 ± 0.9
Visuospatial function(시공간 기능)	0.2 ± 0.9
Language(언어)	-0.0 ± 0.9
Memory(기억력)	-0.1 ± 0.7
Frontal/executive function(전두엽 기능)	0.7 ± 0.9

[0133] 이때, 뇌 MRI 영상은 상용 스캐너(3.0 Tesla Philips Achieva MR scanner)를 사용하여 T1 강조 영상 및 휴지 상태 영상이 획득되었다. 구조적 영상은 3차원 T1 강조 MPRAGE(magnetization prepared rapid gradient echo) 시퀀스를 이용하여 획득되었다. 휴지 상태 영상은 EPI(echo planar imaging) 시퀀스를 이용하여 획득되었다. 뇌 MRI는 대상자가 눈을 감고 특별한 생각을 하지 않는 상태에서 획득하였다. 이후 스캐너로 획득한 MRI 처리는 본 개시의 일 실시예에 따른 인지에비능 분석장치(10)를 사용하여 수행하였다.

[0134] 모집단에 대한 전체 데이터 세트 중 80%는 학습 데이터로 이용하였고, 20%는 검증 데이터로 활용되었다.

[0136] 도 9는 본 개시의 일 실시예에 따른 인지에비능 분석장치를 이용하여 예측된 인지에비능 수치와 실제 인지에비능 수치를 비교한 결과이다.

[0137] 도 9를 참조하면, 본 개시의 일 실시예에 따른 인지에비능 분석장치(10)를 이용하여 예측된 예측 인지에비능 수치는 실제 인지에비능 수치와 상관계수가 0.952로서, 상당히 높은 성능을 보이는 것을 알 수 있다.

[0138] 이상의 설명은 본 실시예의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0140]

1: 인지에비능 분석시스템

10, 10': 인지에비능 분석장치

20: MRI 장치

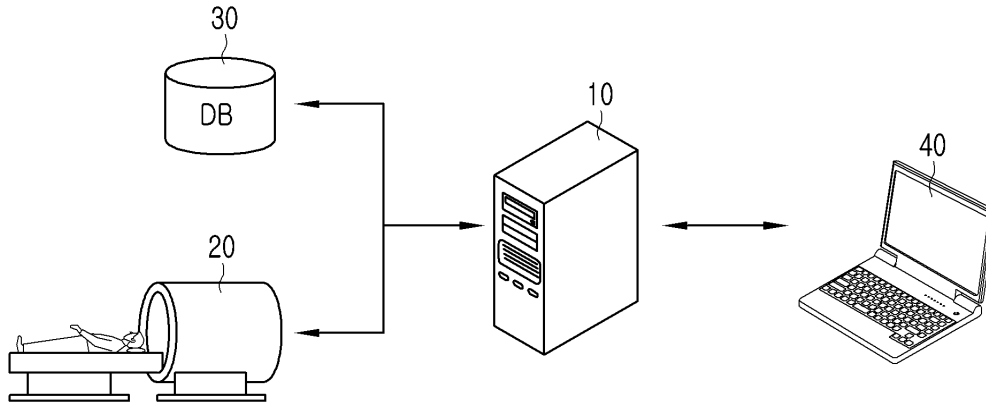
30: 신상정보 데이터베이스

40: 사용자 단말기

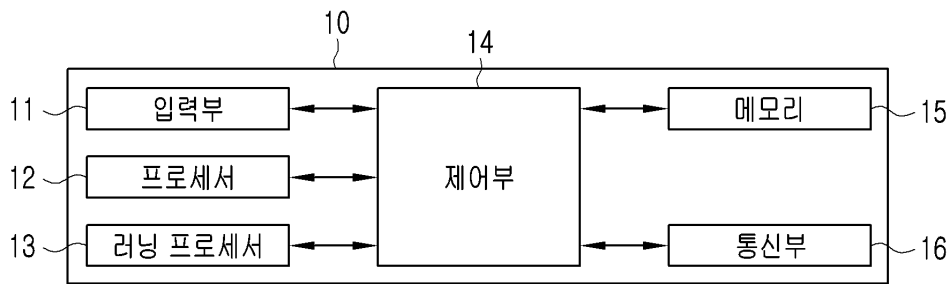
도면

도면1

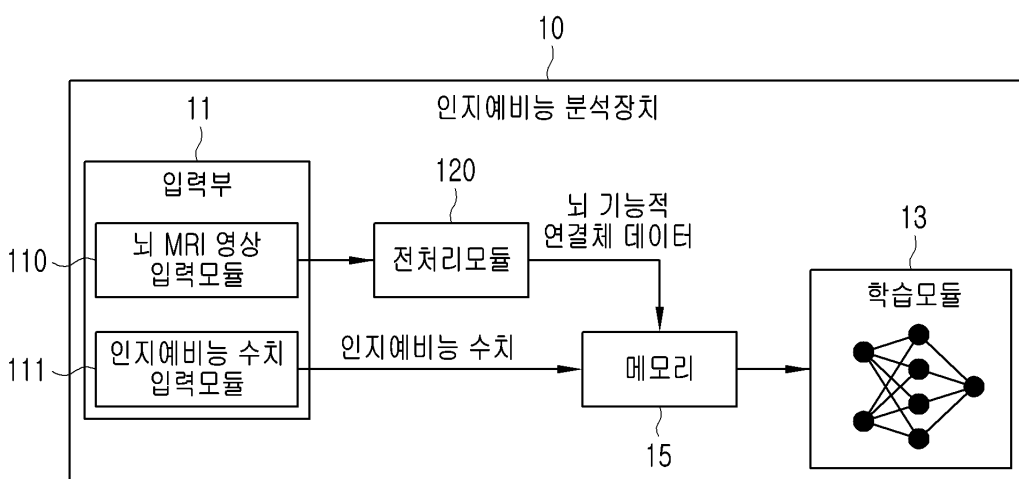
1



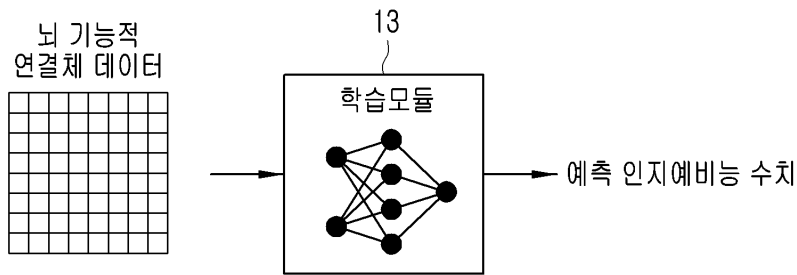
도면2



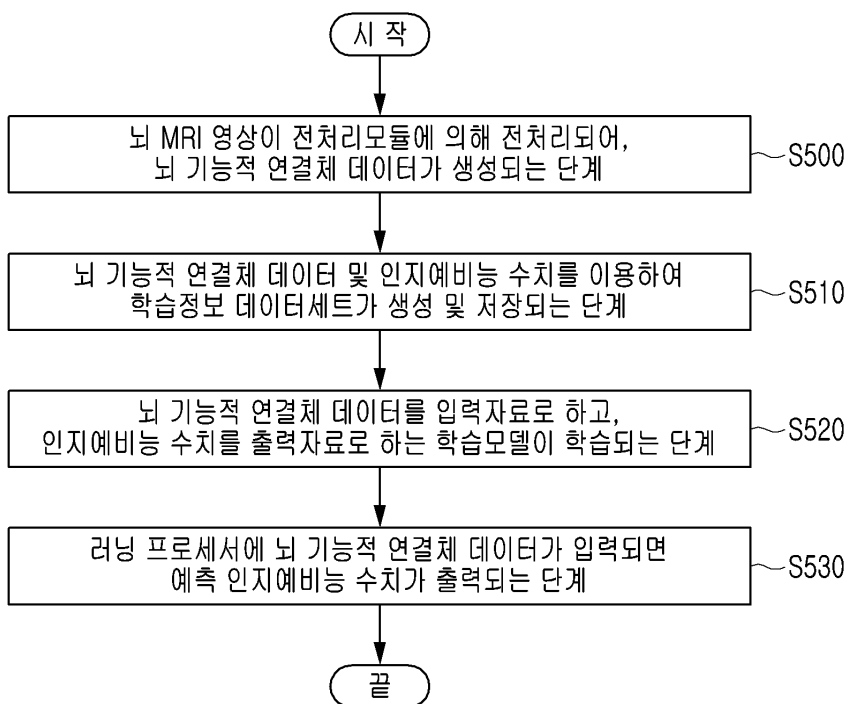
도면3



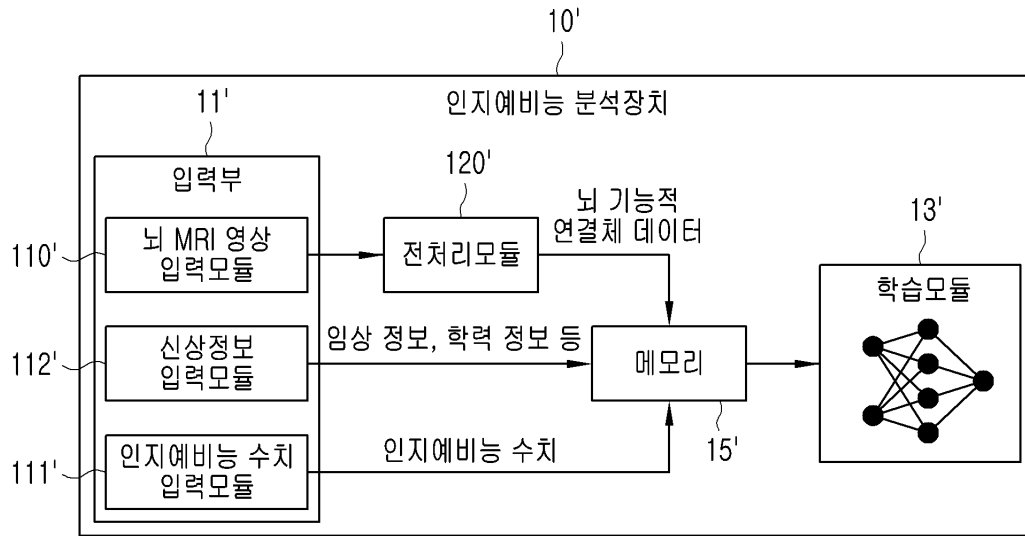
도면4



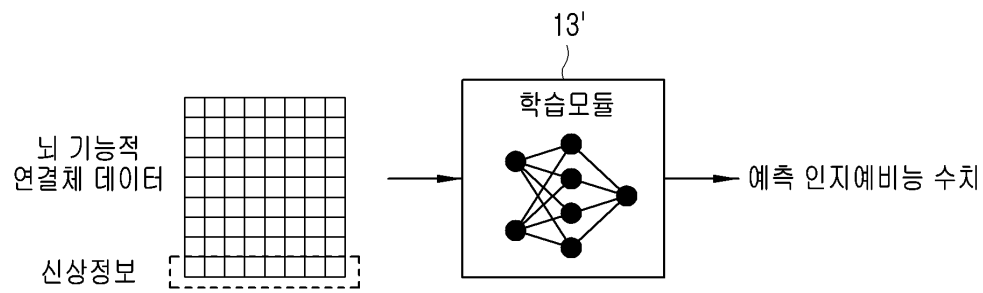
도면5



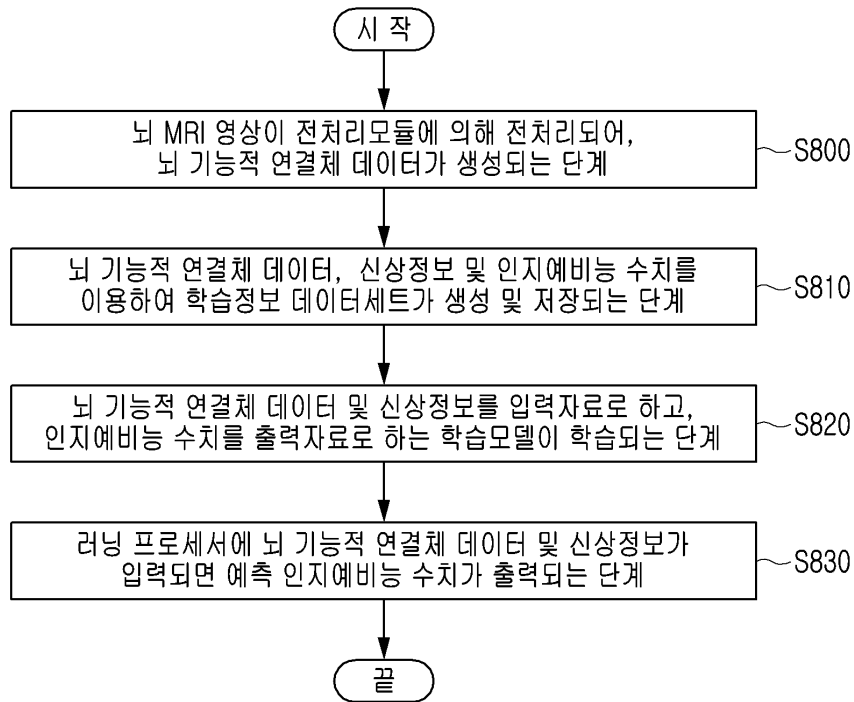
도면6



도면7



도면8



도면9

