(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0026629
(43) 공개일자 2015년03월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/055 (2006.01) *G06T 7/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0105719
(22) 출원일자 2013년09월03일
심사청구일자 2013년09월03일

(71) 출원인
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
김지은
서울 마포구 만리재로 60, 302동 501호 (신공덕동, 신공덕3차삼성래미안아파트)
류영욱
서울 서초구 신반포로 270, 114동 1702호 (반포동, 반포자이)
(74) 대리인
유미특허법인

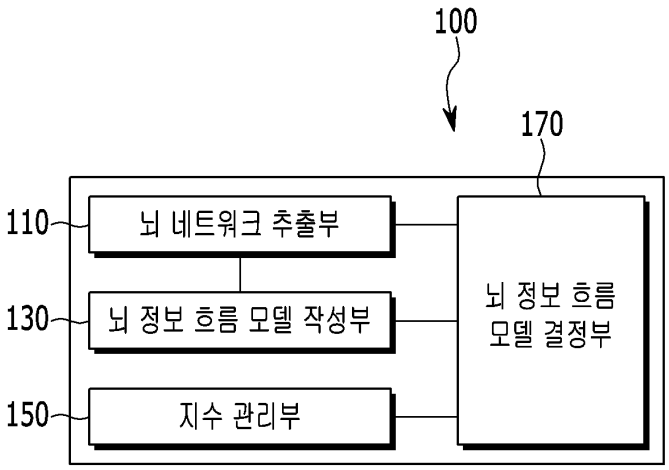
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 장치 및 방법**

(57) 요 약

뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 장치로서, 뇌 네트워크를 기초로 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 결정하고, 결정한 뇌 영역들 사이의 뇌 정보 흐름을 나타내는 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델을 만드는 뇌 정보 흐름 모델 작성부, 그리고 뇌 정보 흐름 모델별 최대 정보 전달량과 상기 특정 현상에 관계된 지수의 상관 관계를 분석하여, 상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델 중에서 상기 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름 모델을 결정하는 뇌 정보 흐름 모델 결정부를 포함한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 A112009
부처명 보건복지부
연구관리전문기관 한국보건산업진흥원
연구사업명 보건의료기술연구개발사업
연구과제명 우울 및 불안장애에서 새로운 병태생리 모델 구축 및 신치료타깃 규명
기 여 율 1/1
주관기관 이화여자대학교 산학협력단
연구기간 2011.12.01 ~ 2013.10.31

특허청구의 범위

청구항 1

뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 장치로서,

뇌 네트워크를 기초로 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 결정하고, 결정한 뇌 영역들 사이의 뇌 정보 흐름을 나타내는 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델을 만드는 뇌 정보 흐름 모델 작성부, 그리고

뇌 정보 흐름 모델별 최대 정보 전달량과 상기 특정 현상에 관계된 지수의 상관 관계를 분석하여, 상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델 중에서 상기 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름 모델을 결정하는 뇌 정보 흐름 모델 결정부

를 포함하는 장치.

청구항 2

제1항에서,

상기 뇌 정보 흐름 모델 작성부는

상기 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 신호가 입력되는 입력 영역, 중간 영역, 신호가 출력되는 출력 영역에 배치하여 입력 영역에서 출력 영역으로 정보가 흐르는 상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델들을 만드는 장치.

청구항 3

제2항에서,

상기 뇌 정보 흐름 모델 작성부는

상기 특정 현상에 관계된 연구 정보를 기초로 상기 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 배치하는 장치.

청구항 4

제1항에서,

상기 뇌 정보 흐름 모델 결정부는

복수의 분석 대상자 각각의 뇌 네트워크를 기초로 각 분석 대상자의 뇌 정보 흐름 모델별 최대 정보 전달량을 계산하는 장치.

청구항 5

제1항에서,

상기 뇌 정보 흐름 모델 결정부는

상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델 중에서 상관 관계값이 가장 큰 뇌 정보 흐름 모델을 상기 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름 모델로 결정하는 장치.

청구항 6

제1항에서,

상기 뇌 정보 흐름 모델 결정부는

복수의 분석 대상자 각각의 상기 특정 현상에 관계된 지수를 획득하고, 뇌 정보 흐름 모델별로 복수의 분석 대상자 각각의 최대 정보 전달량을 계산하고, 복수의 분석 대상자로부터 획득한 최대 정보 전달량과 지수의 상관 관계를 분석하여 각 뇌 정보 흐름 모델의 상관 관계값을 계산하는 장치.

청구항 7

제1항에서,

분석 대상자의 뇌를 촬영하여 각 분석 대상자의 뇌 네트워크를 추출하는 뇌 네트워크 추출부

를 더 포함하는 장치.

청구항 8

제7항에서,

상기 뇌 네트워크 추출부는

뇌 촬영 영상으로부터 분할된 뇌 영역과 뇌 신경망을 추출하고, 추출한 뇌 영역과 뇌 신경망을 연결하여 뇌 네트워크를 추출하는 장치.

청구항 9

제8항에서,

상기 뇌 촬영 영상은 DTI(Diffusion Tensor Imaging)를 포함하는 장치.

청구항 10

장치가 뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 방법으로서,

복수의 분석 대상자 각각의 뇌를 촬영하는 단계,

상기 복수의 분석 대상자 각각의 특정 현상에 관계된 지수를 측정하는 단계,

뇌 네트워크를 기초로 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 결정하는 단계,

결정한 뇌 영역들 사이의 뇌 정보 흐름을 나타내는 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델을 만드는 단계,

뇌 정보 흐름 모델별로 상기 복수의 분석 대상자 각각의 최대 정보 전달량을 계산하는 단계,

뇌 정보 흐름 모델별로 복수의 분석 대상자로부터 획득한 최대 정보 전달량과 상기 지수의 상관 관계를 분석하는 단계, 그리고

상관 관계의 분석 결과를 기초로 상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델 중에서 상기 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름 모델을 결정하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 11

제10항에서,

상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델을 만드는 단계는

상기 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 신호가 입력되는 입력 영역, 중간 영역, 신호가 출력되는 출력 영역에 배치하여 입력 영역에서 출력 영역으로 정보가 흐르는 상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델들을 만드는 방법.

청구항 12

제11항에서,

상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델을 만드는 단계는

상기 특정 현상에 관계된 연구 정보를 기초로 상기 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 배치하는 방법.

청구항 13

제10항에서,

상기 최대 정보 전달량을 계산하는 단계는

각 분석 대상자의 뇌 네트워크를 기초로 각 분석 대상자의 뇌 정보 흐름 모델별 최대 정보 전달량을 계산하는

방법.

청구항 14

제10항에서,

상기 뇌 정보 흐름 모델 결정부는

상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델 중에서 상관 관계값이 가장 큰 뇌 정보 흐름 모델을 상기 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름 모델로 결정하는 방법.

청구항 15

제10항에서,

각 분석 대상자의 뇌를 촬영하여 각 분석 대상자의 뇌 네트워크를 추출하는 단계

를 더 포함하는 방법.

청구항 16

제15항에서,

상기 뇌 네트워크를 추출하는 단계는

뇌 촬영 영상으로부터 분할된 뇌 영역과 뇌 신경망을 추출하고, 추출한 뇌 영역과 뇌 신경망을 연결하여 각 분석 대상자의 뇌 네트워크를 추출하는 방법.

청구항 17

제16항에서,

상기 뇌 촬영 영상은 DTI(Diffusion Tensor Imaging)를 포함하는 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 뇌를 하나의 네트워크로 보는 관점(connectomics)이 대두되면서, 기존의 회백질(grey matter) 분석에서 회백질을 잇는 백질(white matter) 네트워크 구조에 대한 연구가 진행되고 있다. 또한, 뇌 네트워크가 작은 세상 성질(Small world Property)을 가지는 구조를 가진다는 것이 알려졌고, 뇌 네트워크의 연결수 분포 또는 정도 분포(Degree Distribution)와 주요 허브 영역(Hub Region)들이 밝혀 졌다.

[0003] 그러나, 지금까지의 뇌 네트워크(Anatomical Brain Networks) 분석은 네트워크 자체의 수학적인 성질 분석에 치중하고 있다. 예를 들어, 지금까지의 뇌 네트워크 분석은 다른 영역과 많이 연결된 뇌의 허브 영역을 찾거나, 네트워크 연결성에 중요한 영향을 주는 영역을 찾는 등 특정 영역을 찾는다. 따라서, 지금까지의 뇌 네트워크 분석은 뇌의 두 영역 A, B 사이의 신경이 어떤 구조로 연결되어 있는지는 알 수 있어도, 그 신경이 A 영역에서 B 영역으로 가는 것인지, 영역 B에서 영역 A로 가는 것인지 알 수 없다. 즉, 지금까지의 뇌 네트워크 분석은 뇌 정보 흐름의 방향성을 구분하기 어려운 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름 모델을 결정하여 뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 한 실시예에 따른 뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 장치로서, 뇌 네트워크를 기초로 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 결정하고, 결정한 뇌 영역들 사이의 뇌 정보 흐름을 나타내는 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델을 만드는 뇌 정보 흐름 모델 작성부, 그리고 뇌 정보 흐름 모델별 최대 정보 전달량과 상기 특정 현상에 관계된 지수의 상관 관계를 분석하여, 상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델 중에서 상기 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름 모델을 결정하는 뇌 정보 흐름 모델 결정부를 포함한다.

[0006] 본 발명의 다른 실시예에 다른 장치가 뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 방법으로서, 복수의 분석 대상자 각각의 뇌를 촬영하는 단계, 상기 복수의 분석 대상자 각각의 특정 현상에 관계된 지수를 측정하는 단계, 뇌 네트워크를 기초로 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 결정하는 단계, 결정한 뇌 영역들 사이의 뇌 정보 흐름을 나타내는 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델을 만드는 단계, 뇌 정보 흐름 모델별로 상기 복수의 분석 대상자 각각의 최대 정보 전달량을 계산하는 단계, 뇌 정보 흐름 모델별로 복수의 분석 대상자로부터 획득한 최대 정보 전달량과 상기 지수의 상관 관계를 분석하는 단계, 그리고 상관 관계의 분석 결과를 기초로 상기 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델 중에서 상기 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름 모델을 결정하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0007] 본 발명의 실시예에 따르면 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름 모델을 기초로 뇌 연결성(connectivity) 연구에 기여할 수 있다. 본 발명의 실시예에 따르면 특정 현상에 관계된 뇌 영역 간의 정보 흐름을 통해 뇌의 각 영역의 기능을 밝힐 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 장치의 블록도 이다.

도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 뇌 네트워크 추출 방법에 대해 설명하는 도면이다.

도 3부터 도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 뇌 정보 흐름 모델의 예시 도면이다.

도 6은 본 발명의 한 실시예에 따른 최대 정보 전송량을 설명하는 도면이다.

도 7부터 9는 본 발명의 한 실시예에 따른 뇌 정보 흐름 모델 결정 방법을 설명하는 도면이다.

도 10은 본 발명의 한 실시예에 따른 뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 방법의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 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.

[0010] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0011] 이제 도면을 참고하여 뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 장치 및 방법에 대해 설명한다.

[0012] 도 1은 본 발명의 한 실시예에 따른 장치의 블록도이다.

[0013] 도 1을 참고하면, 뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 장치(앞으로 "장치"라고 한다)(100)는 뇌 네트워크 추출부(110), 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130), 지수 관리부(150) 그리고 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)를 포함한다.

[0014] 뇌 네트워크 추출부(110)는 뇌 촬영 영상을 기초로 뇌 영역과 뇌 신경망을 추출한다. 뇌 네트워크 추출부(110)는 뇌 영역과 뇌 신경망 분포를 종합하여 뇌 영역 사이에 신경들이 연결된 구조, 즉 뇌 네트워크(Anatomical Brain Network)를 추출한다. 뇌 네트워크 추출부(110)는 분석 대상자 각각의 뇌 네트워크를 추출한다.

[0015] 뇌 네트워크 추출부(110)는 DTI(Diffusion Tensor Imaging) 등의 MRI(Magnetic Resonance Imaging) 영상으로부터 뇌 신경망 정보와 뇌 영역 정보를 획득할 수 있다.

[0016] 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 임의의 뇌 네트워크를 기초로 특정 현상에 관계된 적어도 하나의 뇌 정보 흐

름 모델을 만든다. 즉, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 뇌의 일반적 구조를 기초로 뇌 정보 흐름 모델을 만들거나, 분석 대상자들의 뇌 네트워크를 기초로 뇌 정보 흐름 모델을 만들 수 있다. 여기서 특정 현상은 뇌와 관계된 각종 현상으로서, 예를 들면, 시각, 청각, 지능(IQ), 각종 뇌질환과 같이 뇌의 작용에 의해 나타나는 현상을 의미한다.

[0017] 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 결정한다. 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 결정한 뇌 영역들의 뇌 신경망 구조를 기초로, 결정한 뇌 영역들 사이의 뇌 정보 흐름일 가능성이 있는 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델을 선정한다. 즉, A, B, C 영역이 현상 X에 관계된 경우, 뇌 네트워크를 통해 A, B, C 영역 사이의 연결 여부는 알 수 있지만, 실제로 뇌 정보가 어느 영역에서 어느 영역으로 전달되는지 뇌 정보 흐름의 방향성은 알 수 없다. 따라서, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 특정 현상에 관계된 뇌 영역들의 뇌 신경 연결 구조를 기초로 뇌 정보 흐름 모델이 될 수 있는 후보들을 만든다.

[0018] 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 특정 현상에 관계된 뇌 영역들 중에서 신호가 입력되는 입력 영역, 중간 영역, 신호가 출력되는 출력 영역을 무작위로 설정하고, 이들을 조합하여 뇌 정보 흐름 모델들을 만들 수 있다. 이때, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 특정 현상에 관계된 기존의 연구 결과를 사전 정보로 이용하여 뇌 정보 흐름 모델들을 만들 수 있다. 즉, 일부 영역에 대한 기능이 밝혀진 경우, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 해당 영역의 위치를 고정하여 뇌 정보 흐름 모델들을 만들 수 있다.

[0019] 지수 관리부(150)는 특정 현상과 관련된 지수를 관리한다. 여기서 지수란 특정 현상을 객관화하기 위하여 정량화한 수치 값으로서, 특정 현상에 따라 다양한 방법으로 측정될 수 있다. 예를 들어, 지능에 대한 지수로 지능지수(IQ)가 있고, 비만에 대한 지수로 체질량지수(BMI)가 있을 것이다. 지수는 뇌 촬영 영상으로부터 측정될 수도 있고, 뇌 촬영과 직접적 관련이 적은 값일 수 있다. 지수 관리부(150)는 분석 대상자 각각의 특정 현상에 관계된 지수를 추출한다. 이때, 이런 지수는 가능하면 각 분석 대상자의 뇌 촬영 시점으로부터 일정 시간 내에 측정되는 것이 바람직하다. 왜냐하면, 뇌 촬영과 지수 측정에 시간적 격차가 생기면 지수나 뇌가 변할 수 있기 때문이다.

[0020] 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 뇌 정보 흐름 모델별로 최대 정보 전달량(Max flow)과 특정 현상에 관계된 지수의 상관 관계를 분석한다. 이때, 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 복수의 분석 대상자 각각으로부터 뇌 정보 흐름 모델별 최대 정보 전달량을 획득하고, 복수의 분석 대상자로부터 획득한 최대 정보 전달량과 지수를 상관 분석하여, 각 뇌 정보 흐름 모델의 상관 관계값을 계산한다.

[0021] 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 복수의 뇌 정보 흐름 모델 중에서 상관 관계값이 가장 큰 모델을 특정 현상의 뇌 정보 흐름 모델로 결정한다. 즉, 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 상관 관계값이 큰 모델이 특정 현상의 타당한 뇌 정보 흐름이라고 판단한다. 여기서, 최대 정보 전달량은 뇌 영역들이 연결된 뇌 정보 흐름 모델에서, 입력 영역에서 출력 영역으로 흐를 수 있는 최대 정보 전달량이다. 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 뇌 네트워크로부터 각 분석 대상자의 영역 간 정보 전달량을 추출하고, 영역간의 정보 전달량을 기초로 각 분석 대상자의 뇌 정보 흐름 모델별 최대 정보 전달량을 계산할 수 있다.

[0022] 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 뇌 네트워크 추출 방법에 대해 설명하는 도면이다.

[0023] 도 2를 참고하면, 뇌 네트워크 추출부(110)는 뇌 촬영 영상을 기초로 뇌 영역과 뇌 신경망을 추출한다. 그리고 뇌 네트워크 추출부(110)는 뇌 영역과 뇌 신경망 분포를 종합하여 뇌 영역 사이에 신경들이 연결된 구조, 즉 뇌 네트워크(Anatomical Brain Network)를 추출한다.

[0024] 뇌 네트워크 추출부(110)는 분석 대상자의 뇌 촬영 영상(10)으로부터 뇌 신경망(30)을 추출할 수 있다. 뇌 촬영 영상(10)으로부터 뇌 신경망(30)을 추출하는 방법은 다양할 수 있다. 예를 들어, 뇌 촬영 영상(10)은 DTI 영상일 수 있다. 뇌 네트워크 추출부(110)는 뇌 촬영 영상(10)에서 각 픽셀에 대해 확산텐서(Diffusion Tensor, DT)를 계산하여 영상(20)을 획득한다. 뇌 네트워크 추출부(110)는 영상(20)에서 트랙토그래피(tractography)를 통해 뇌 신경망(30)을 획득한다. 여기서, 트랙토그래피는 텐서 영상분석을 통해 뇌신경섬유의 경로를 추적할 수 있는 3차원 모델링 기법이다.

[0025] 뇌 네트워크 추출부(110)는 분석 대상자의 뇌를 여러 개의 뇌 영역으로 나누어 뇌 영역(50)을 추출한다. 예를 들어, 뇌 네트워크 추출부(110)는 MNI space의 표준 뇌가 분할된 뇌 영역(40)을 분석 대상자의 뇌 촬영 영상(10)에 적용하여, 분석 대상자의 뇌 영역(50)을 추출한다. 뇌 네트워크 추출부(110)는 뇌 촬영 영상(10)에서 표준 뇌로의 비선형 변환(nonlinear transform)을 한 뒤, 그 역변환을 표준 뇌가 분할된 뇌 영역(40)에 적용하여 분석 대상자의 뇌 영역(50)을 추출할 수 있다.

[0026] 뇌 네트워크 추출부(110)는 분석 대상자의 뇌 신경망(30)과 뇌 영역(50) 분포를 연결하여 뇌 영역 사이에 신경들이 연결된 뇌 네트워크(60)를 추출한다.

[0027] 도 3부터 도 5는 본 발명의 한 실시예에 따른 뇌 정보 흐름 모델의 예시 도면이다.

[0028] 도 3부터 도 5를 참고하면, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 특정 현상에 관계된 뇌 영역들 예를 들면, 뇌 영역 A, B, C, D를 결정할 수 있다. 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 각 현상에 관계된 뇌 영역들, 그리고 각 현상에 관계된 각종 정보를 데이터베이스로 관리하고, 데이터베이스에서 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 추출할 수 있다. 또는 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 입력 받을 수 있다.

[0029] 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 특정 현상에 관계된 기존의 연구 결과를 사전 정보로 이용하여 뇌 영역들을 결정할 수 있다. 만약, 사전 정보가 없더라도, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 whole brain-wise 분석법 등을 통해 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 결정할 수 있다.

[0030] 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 연결하여뇌 영역들 간의 정보 흐름을 나타내는 뇌 정보 흐름 모델을 만든다. 즉, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 뇌 영역간의 뇌 신경 연결 구조를 기초로 정보가 흐를 것으로 예측되는 뇌 영역들을 순차적으로 배치하여 뇌 정보 흐름 모델을 만들 수 있다.

[0031] 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 특정 현상에 관계된 뇌 영역들 중에서 신호가 입력되는 입력 영역, 중간 영역, 신호가 출력되는 출력 영역을 무작위로 설정하고, 이들을 조합하여 뇌 정보 흐름 모델들을 만들 수 있다. 또는, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 특정 현상에 관계된 기존의 연구 결과를 사전 정보로 이용하여 뇌 정보 흐름 모델들을 만들 수 있다. 즉, 일부 영역에 대한 기능이 밝혀진 경우, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 해당 영역의 위치를 고정하여 뇌 정보 흐름 모델들을 만들 수 있다.

[0032] 예를 들어, 소리를 듣고 음의 상대적 진동수를 유추하는 현상(상대 음감)에 대한 뇌 정보 흐름 모델을 작성하는 방법에 대해 설명한다.

[0033] 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 상대 음감과 관련된 뇌 영역 A, B, C, D 영역을 추출한다. 이때, 상대 음감은 상대 음감 관련 정보 흐름의 순서를 고려해 볼 때, 청각을 처리하는 영역, 예를 들면 A 영역 및 B 영역이 입력 영역이다. 따라서, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 A 영역 및 B 영역을 입력 영역으로 고정한다. 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 나머지 C 및 D 영역을 최종 분석이 이루어 지는 출력 영역과 중간 영역에 다양하게 배치하여 복수의 뇌 정보 흐름 모델을 만든다.

[0034] 예를 들면, 뇌 정보 흐름 모델 작성부(130)는 도 3과 같이, D 영역이 출력 영역인 모델, 도 4와 같이, C 영역이 출력 영역인 모델, 또는 도 5와 같이, D 및 C가 출력 영역인 모델을 만들 수 있다.

[0035] 도 6은 본 발명의 한 실시예에 따른 최대 정보 전송량을 설명하는 도면이다.

[0036] 도 6을 참고하면, 최대 정보 전달량은 입력 영역에서 출력 영역으로 흐를 수 있는 최대 정보 전달량이다. 영역간 정보 전달량은 뇌 네트워크를 기초로 추출될 수 있다.

[0037] 노드 1이 입력 영역이고, 노드 6이 출력 영역이며, 입력 영역과 출력 영역 사이에 중간 영역인 노드 2, 3, 4, 5가 연결된 네트워크 구조를 예로 들어 설명한다.

[0038] 각 노드 사이는 전송될 수 있는 정보 전달량이 정해져 있다. 따라서, 노드 1에서 노드 2로 전송하는 정보량이 3이고, 노드 1에서 노드 3으로 전송하는 정보량이 2이며, 노드 1에서 노드 4로 전송하는 정보량이 2이더라도, 출력 영역에 연결된 노드 3, 4, 5의 정보 전달량이 1이라면, 최대 정보 전달량은 3이다.

[0039] 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 이러한 최대 정보 전달량을 기초로 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출한다.

[0040] 도 7부터 9는 본 발명의 한 실시예에 따른 뇌 정보 흐름 모델 결정 방법을 예시적으로 설명하는 도면이다.

[0041] 도 7부터 도 9를 참고하면, 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 뇌 정보 흐름 모델별로 최대 정보 전달량과 특정 현상에 관계된 지수의 상관 관계를 분석한다. 여기서, 최대 정보 전달량 값, 지수, 그리고 이들의 상관 관계값은 설명을 위해 임의로 표시한 값이다.

[0042] 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 뇌 정보 흐름 모델별로 복수의 분석 대상자 각각의 최대 정보 전달량을 획득한다. 분석 대상자의 최대 정보 전달량은 분석 대상자의 뇌 네트워크를 기초로 추출될 수 있다.

[0043] 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 복수의 분석 대상자로부터 획득한 최대 정보 전달량과 지수의 상관 관계를 분석한다. 여기서 상관 관계는 다양한 방법으로 분석될 수 있다.

[0044] 예를 들어, 10명의 분석 대상자의 정보를 기초로 도 3부터 도 5의 뇌 정보 흐름 모델을 검증하는 방법에 대해 예시적으로 설명한다.

[0045] 도 7을 참고하면, 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 도 3의 뇌 정보 흐름 모델에 대해, 각 분석 대상자의 지수와 최대 정보 전달량을 획득한다. 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 복수의 분석 대상자로부터 획득한 최대 정보 전달량과 지수의 상관 관계를 분석한다.

[0046] 도 8을 참고하면, 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 도 4의 뇌 정보 흐름 모델에 대해, 복수의 분석 대상자로부터 획득한 최대 정보 전달량과 지수의 상관 관계를 분석한다.

[0047] 도 9를 참고하면, 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 도 5의 뇌 정보 흐름 모델에 대해, 복수의 분석 대상자로부터 획득한 최대 정보 전달량과 지수의 상관 관계를 분석한다.

[0048] 뇌 정보 흐름 모델들의 상관 관계 분석 결과를 보면, 도 4의 뇌 정보 흐름 모델의 상관 계수(correlation coefficient)값이 가장 크다. 즉, 도 4의 뇌 정보 흐름 모델이 상대 음감이라는 특정 현상의 정보 흐름을 가장 잘 나타낸다고 볼 수 있다.

[0049] 따라서, 뇌 정보 흐름 모델 결정부(170)는 상관 관계값이 가장 큰 뇌 정보 흐름 모델을 특정 현상의 뇌 정보 흐름 모델로 결정한다. 즉, 상대 음감과 관련된 뇌의 정보 흐름은 청각에 관련된 A 및 B 영역으로 정보가 입력되면, D 영역을 거쳐, C 영역에서 최종적인 분석이 수행된다고 검증된다.

[0050] 도 10은 본 발명의 한 실시예에 따른 뇌 네트워크에서 뇌 정보 흐름의 방향성을 추출하는 방법의 흐름도이다.

[0051] 도 10을 참고하면, 장치(100)는 각 분석 대상자의 뇌 네트워크를 추출하고, 특정 현상에 관계된 지수를 측정한다(S110). 장치(100)는 뇌 촬영 영상을 기초로 뇌 영역과 뇌 신경망을 추출한다. 장치(100)는 뇌 영역과 뇌 신경망 분포를 종합하여 뇌 영역 사이에 신경들이 연결된 구조, 즉 뇌 네트워크를 추출한다. 특정 현상에 관계된 지수는 뇌를 촬영하는 전후에 별개로 측정될 수 있다.

[0052] 장치(100)는 뇌 네트워크를 기초로 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 결정한다(S120).

[0053] 장치(100)는 결정한 뇌 영역들의 뇌 신경망 구조를 기초로, 결정한 뇌 영역들 사이의 뇌 정보 흐름을 나타내는 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델을 선정한다(S130).

[0054] 장치(100)는 복수의 분석 대상자의 뇌 네트워크로부터 각 분석 대상자의 뇌 정보 흐름 모델별 최대 정보 전달량을 계산한다(S140).

[0055] 장치(100)는 뇌 정보 흐름 모델별로 복수의 분석 대상자로부터 획득한 최대 정보 전달량과 지수의 상관 관계를 분석한다(S150).

[0056] 장치(100)는 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델 중에서 상관 관계값이 가장 큰 뇌 정보 흐름 모델을 특정 현상의 뇌 정보 흐름 모델로 결정한다(S160).

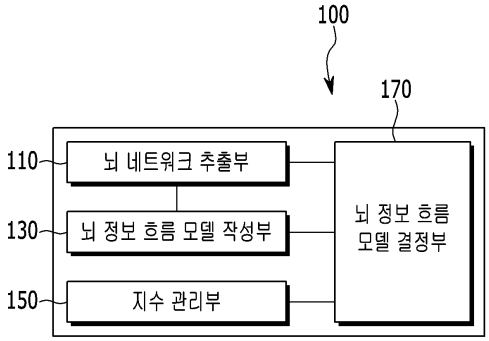
[0057] 이와 같이, 장치(100)는 방향성 정보가 없는 뇌 구조 네트워크에서, 뇌 정보의 방향성 있는 흐름을 모델링하고, 모델들을 비교하여 특정 현상을 잘 설명하는 뇌 정보 흐름 모델을 추출할 수 있다. 특히, 장치(100)는 뇌 구조 영상만으로 특정 현상에 대한 뇌 정보 흐름을 파악할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따르면, 특정 현상에 관계된 뇌 정보 흐름 모델을 기초로 뇌 연결성(connectivity) 연구에 기여할 수 있고, 다 특정 현상에 관계된 뇌 영역 간의 정보 흐름을 통해 뇌의 각 영역의 기능을 밝힐 수 있다.

[0058] 이상에서 설명한 본 발명의 실시예는 장치 및 방법을 통해서만 구현이 되는 것은 아니며, 본 발명의 실시예의 구성에 대응하는 기능을 실현하는 프로그램 또는 그 프로그램이 기록된 기록 매체를 통해 구현될 수도 있다.

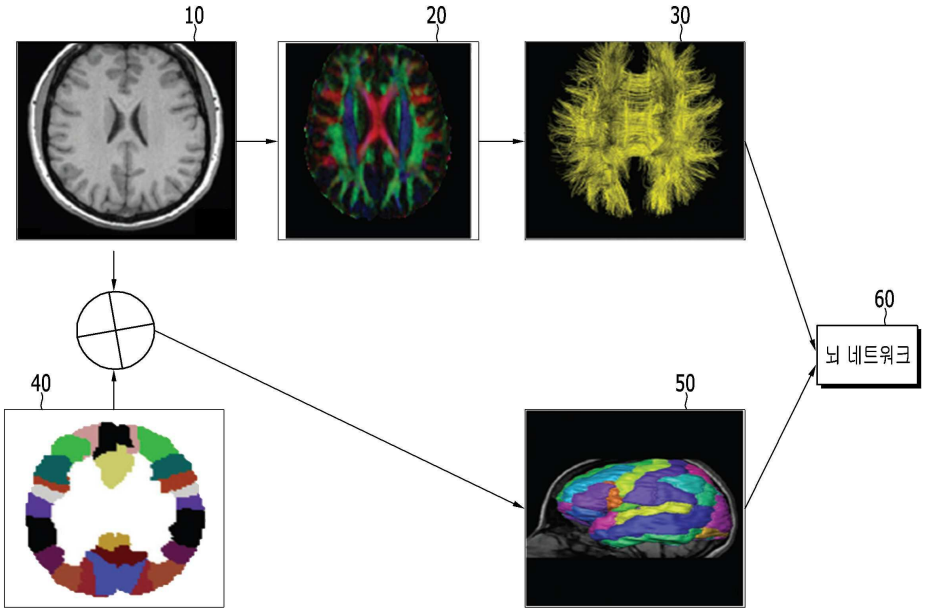
[0059] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

도면

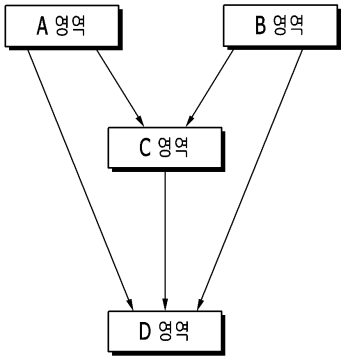
도면1


100
170
110
뇌 네트워크 추출부
130
뇌 정보 흐름 모델 작성부
150
지수 관리부
뇌 정보 흐름
모델 결정부

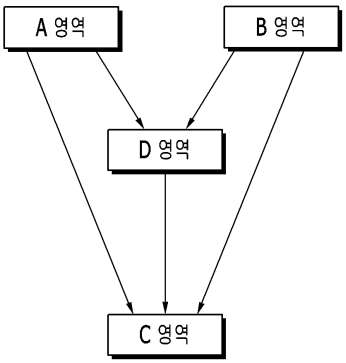
도면2


10
20
30
40
50
60
뇌 네트워크

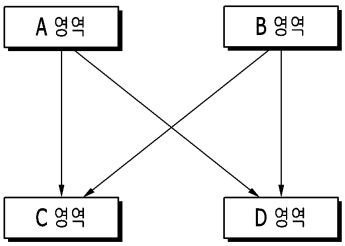
도면3



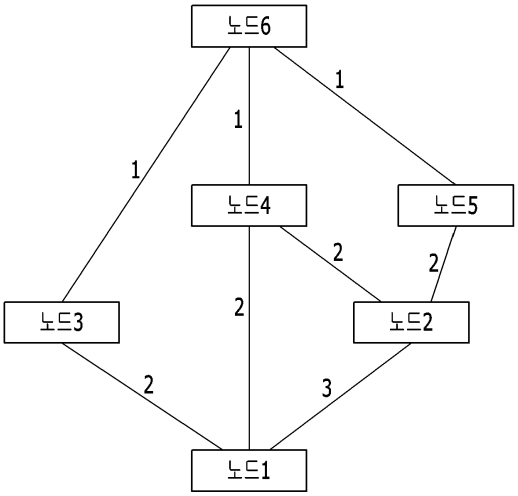
도면4



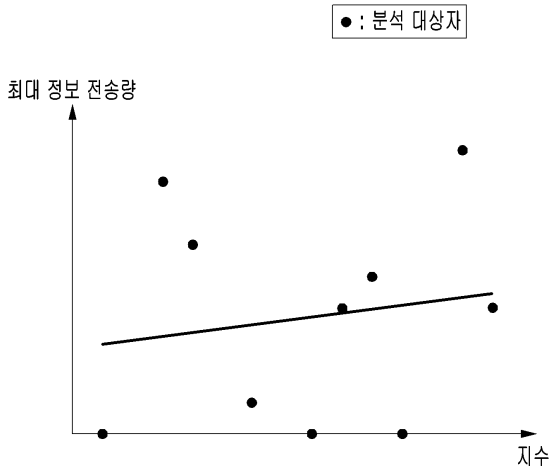
도면5



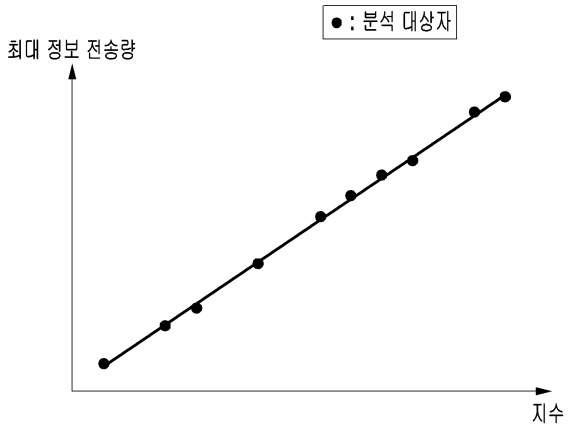
도면6



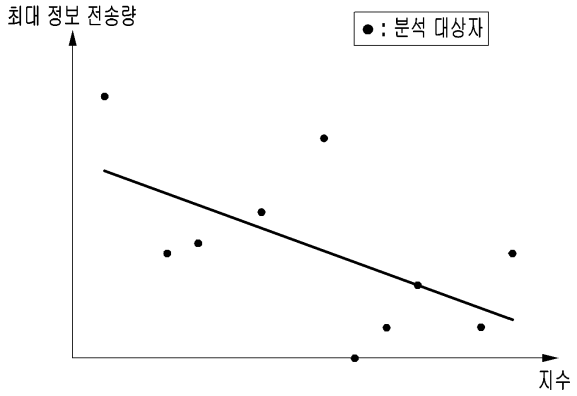
도면7



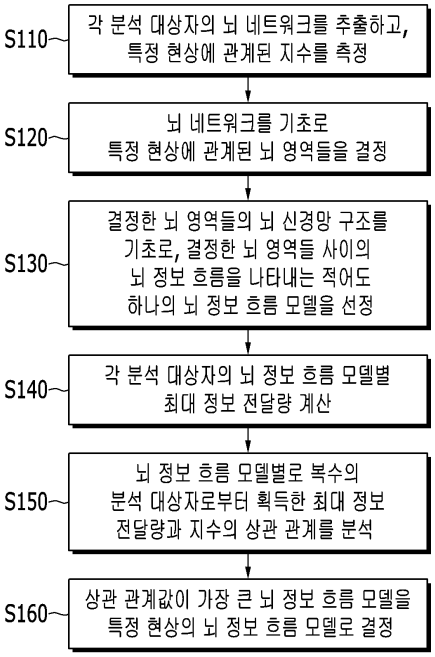
도면8



도면9



도면10


S110
각 분석 대상자의 뇌 네트워크를 추출하고, 특정 현상에 관계된 지수를 측정
S120
뇌 네트워크를 기초로 특정 현상에 관계된 뇌 영역들을 결정
S130
결정한 뇌 영역들의 뇌 신경망 구조를 기초로, 결정한 뇌 영역들 사이의 뇌 정보 흐름을 나타내는 적어도 하나의 뇌 정보 흐름 모델을 선정
S140
각 분석 대상자의 뇌 정보 흐름 모델별 최대 정보 전달량 계산
S150
뇌 정보 흐름 모델별로 복수의 분석 대상자로부터 획득한 최대 정보 전달량과 지수의 상관 관계를 분석
S160
상관 관계값이 가장 큰 뇌 정보 흐름 모델을 특정 현상의 뇌 정보 흐름 모델로 결정