



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0150171
(43) 공개일자 2021년12월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 8/08 (2006.01) G06T 7/00 (2017.01)
G16H 30/40 (2018.01) G16H 50/20 (2018.01)
(52) CPC특허분류
A61B 8/5223 (2013.01)
A61B 8/085 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0067199
(22) 출원일자 2020년06월03일
심사청구일자 2020년06월03일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김범석
서울특별시 송파구 동남로 160, 13동 1301호 (문정동, 현대아파트)
윤준식
서울특별시 서초구 방배중앙로 207-10, 104동 1904호 (방배동, 아크로리버)
(74) 대리인
특허법인 무한

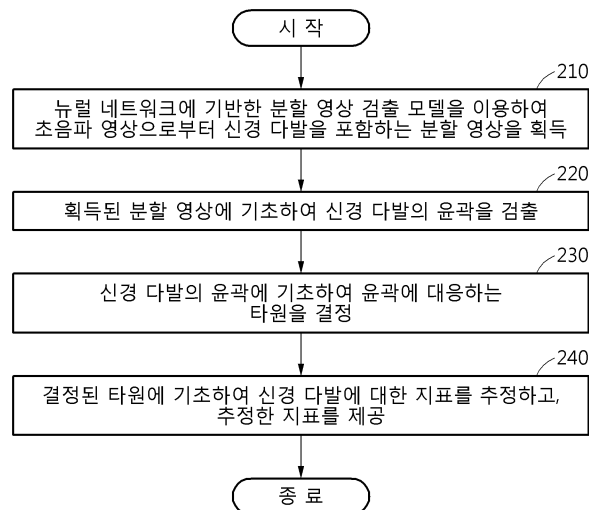
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 딥러닝 알고리즘 기반의 초음파 영상에서의 말초신경 자동 인식 및 신경 지표 측정 방법 및 장치

(57) 요약

딥러닝 알고리즘 기반의 초음파 영상에서의 말초신경 자동 인식 및 신경 지표 측정 방법 및 장치가 개시된다. 신경 지표 측정 방법은, 뉴럴 네트워크에 기반한 분할 영상 검출 모델을 이용하여 초음파 영상으로부터 신경 다발을 포함하는 분할 영상을 획득하는 단계, 상기 획득된 분할 영상에 기초하여 상기 신경 다발의 윤곽을 검출하는 단계, 상기 신경 다발의 윤곽에 기초하여 상기 윤곽에 대응하는 타원을 결정하는 단계, 및 상기 결정된 타원에 기초하여 상기 신경 다발에 대한 지표를 추정하고, 추정된 지표를 제공하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

A61B 8/5269 (2013.01)
G06T 7/0012 (2013.01)
G16H 30/40 (2018.01)
G16H 50/20 (2018.01)
G06T 2207/10132 (2013.01)
G06T 2207/20081 (2013.01)
G06T 2207/20084 (2013.01)

김선우

서울특별시 성북구 종암로24가길 53, 102동 1001호
 (종암동, 종암에스케이아파트)

(72) 발명자

백승준

서울특별시 서초구 바우피로27길 23, D호(양재동,
 현대빌라 7차)

유민형

대전광역시 유성구 가정로 43, 111동 201호 (신성
 동, 한울아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711085732
과제번호	2018R1A2B6007130
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	자율주행시 사용자 체감품질 향상을 위한 mmWave기반의 V2X 통신 및 모바일 엣지 컴퓨팅
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711107441
과제번호	2020R1A2C1009024
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	정밀의료 병원정보시스템(P-HIS)과 연계된 정밀초음파 기반 “한국형 말초신경지도
개발 연구	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2020.03.01 ~ 2021.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

딥러닝 알고리즘 기반의 신경 지표 측정 방법에 있어서,
 뉴럴 네트워크에 기반한 분할 영상 검출 모델을 이용하여 초음파 영상으로부터 신경 다발을 포함하는 분할 영상을 획득하는 단계;
 상기 획득된 분할 영상에 기초하여 상기 신경 다발의 윤곽을 검출하는 단계;
 상기 신경 다발의 윤곽에 기초하여 상기 윤곽에 대응하는 타원을 결정하는 단계; 및
 상기 결정된 타원에 기초하여 상기 신경 다발에 대한 지표를 추정하고, 추정된 지표를 제공하는 단계를 포함하는,
 신경 지표 측정 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 분할 영상 검출 모델은,
 부호기(encoder) 및 해석기(decoder)를 포함하고, 경사 하강법(Gradient Descent)을 통해 학습되는,
 신경 지표 측정 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 부호기는,
 상기 초음파 영상에서 노이즈를 제거하고, 상기 노이즈가 제거된 초음파 영상을 압축하고, 상기 초음파 영상이 압축된 결과 값을 상기 해석기에 전달하고,
 상기 해석기는,
 상기 결과 값에 기초하여 압축된 정보를 해독함으로써 상기 초음파 영상을 획득하고, 상기 초음파 영상의 각 픽셀을 미리 정해진 분류(class) 중 하나로 지정함으로써 상기 분할 영상을 획득하는,
 신경 지표 측정 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,
 상기 부호기는,
 상기 부호기의 중간 값인 다수의 특성 맵(Feature map)을 상기 해석기의 특성 맵과 결합한 값을 상기 해석기에 입력하는 넘김-연결(skip-connection) 구조를 포함하고,
 신경 지표 측정 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,
 상기 부호기는,

학습 가능한 필터를 거친 후, 다운 샘플링(down sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 줄이는 단계를 반복하고, 상기 해석기는,

두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 업 샘플링(up sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 늘리는 단계를, 상기 부호기가 다운 샘플링을 수행하여 특성 맵의 크기를 줄이는 횟수만큼 반복하며,

상기 학습 가능한 필터는,

멀티 맥스 액셉션(Multi-Max-Xception)이 사용되는,

신경 지표 측정 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 타원을 결정하는 단계는,

상기 검출된 윤곽에 기초하여 상기 신경 다발의 넓이 및 상기 신경 다발의 둘레 길이를 측정하는 단계;

상기 검출된 넓이 및 둘레에 기초하여 상기 신경 다발의 무게 중심점을 결정하는 단계;

상기 무게 중심점에 기초하여 상기 신경 다발의 최대 내접원 및 최소 외접원을 획득하는 단계; 및

상기 최대 내접원 및 상기 최소 외접원에 기초하여 상기 윤곽의 가장 근사한 타원을 결정하는 단계를 포함하는,

신경 지표 측정 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 지표를 추정하는 단계는,

상기 타원의 장축에 대한 길이, 상기 타원의 단축에 대한 길이, 상기 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 상기 단축에 대한 끝점의 좌표 값을 산출하는 단계; 및

상기 타원의 장축에 대한 길이, 상기 타원의 단축에 대한 길이, 상기 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 상기 단축에 대한 끝점의 좌표 값에 기초하여 상기 신경 다발의 지표를 추정하는 단계

를 포함하는,

신경 지표 측정 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 지표는,

상기 신경 다발의 단경, 상기 신경 다발의 장경, 상기 신경 다발의 둘레 및 상기 신경 다발의 단면적 중 적어도 하나를 포함하는,

신경 지표 측정 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 하나의 항의 방법을 실행시키기 위한 인스트럭션들을 저장하는 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체.

청구항 10

신경 지표 측정 장치에 있어서,

초음파 영상을 입력받는 입력부;

뉴럴 네트워크에 기반한 분할 영상 검출 모델을 이용하여 상기 초음파 영상으로부터 신경 다발을 포함하는 분할 영상을 획득하는 분할 영상 검출부;

상기 획득된 분할 영상에 기초하여 상기 신경 다발의 윤곽을 검출하고, 상기 신경 다발의 윤곽에 기초하여 상기 윤곽에 대응하는 타원을 결정하고, 상기 결정된 타원에 기초하여 상기 신경 다발에 대한 지표를 추정하는 신경 지표 추정부; 및

상기 추정한 지표를 제공하는 출력부

를 포함하는,

신경 지표 측정 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 분할 영상 검출 모델은,

부호기(encoder) 및 해석기(decoder)를 포함하고, 경사 하강법(Gradient Descent)을 통해 학습되는,

신경 지표 측정 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 부호기는,

상기 초음파 영상에서 노이즈를 제거하고, 상기 노이즈가 제거된 초음파 영상을 압축하고, 상기 초음파 영상이 압축된 결과 값을 상기 해석기에 전달하고,

상기 해석기는,

상기 결과 값에 기초하여 압축된 정보를 해독함으로써 상기 초음파 영상을 획득하고, 상기 초음파 영상의 각 픽셀을 미리 정해진 분류(class) 중 하나로 지정함으로써 상기 분할 영상을 획득하는,

신경 지표 측정 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 부호기는,

상기 부호기의 중간 값인 다수의 특성 맵(Feature map)을 상기 해석기의 특성 맵과 결합한 값을 상기 해석기에 입력하는 넘김-연결(skip-connection) 구조를 포함하는,

신경 지표 측정 장치.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 부호기는,

두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 다운 샘플링(down sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 줄이는 단계를 반복하고,

상기 해석기는,

두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 업 샘플링(up sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 늘리는 단계를, 상기 부호기가 다운 샘플링을 수행하여 특성 맵의 크기를 줄이는 횟수만큼 반복하는,

신경 지표 측정 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 학습 가능한 필터는,

멀티 맥스 엑셉션(Multi-Max-Xception)이 사용되는,

신경 지표 측정 장치.

청구항 16

제10항에 있어서,

상기 신경 지표 추정부는,

상기 검출된 윤곽에 기초하여 상기 신경 다발의 넓이 및 상기 신경 다발의 둘레 길이를 측정하고, 상기 검출된 넓이 및 둘레에 기초하여 상기 신경 다발의 무게 중심점을 결정하고, 상기 무게 중심점에 기초하여 상기 신경 다발의 최대 내접원 및 최소 외접원을 획득하고, 상기 최대 내접원 및 상기 최소 외접원에 기초하여 상기 윤곽의 가장 근사한 타원을 결정하는,

신경 지표 측정 장치.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 신경 지표 추정부는,

상기 타원의 장축에 대한 길이, 상기 타원의 단축에 대한 길이, 상기 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 상기 단축에 대한 끝점의 좌표 값을 산출하고, 상기 타원의 장축에 대한 길이, 상기 타원의 단축에 대한 길이, 상기 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 상기 단축에 대한 끝점의 좌표 값에 기초하여 상기 신경 다발의 지표를 추정하는,

신경 지표 측정 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 아래 실시예들은 딥러닝 알고리즘 기반의 초음파 영상에서의 말초신경 자동 인식 및 신경 지표 측정 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 말초신경 손상 혹은 말초신경병증은 기계적 압박과 허혈, 외상, 대사성전신질환(당뇨병, 신장질환 등), 악성종양과 항암치료(항암화학요법 혹은 방사선치료), 유전성 질환 등에 의해 발생하며, 운동과 감각기능 이상 및 보행 장애 등 심각한 기능적 손상을 초래할 수 있다. 말초신경 국소 손상은 신체의 특정 부위에 국한되어 신경손상이 발생하는 경우를 지칭하고, 대개 기계적 압박과 외상에 의해 발생할 수 있다. 말초신경 국소 손상의 대표 질환으로는 손목 터널 증후군, 팔꿈치 터널 증후군, 앞뻘사이 신경 증후군, 이상근 증후군, 비골 신경병증, 족관중증후군 및 의인성 말초신경병증 등이 있다.

[0003] 말초신경 국소 손상은 대증적 치료가 주류를 이루는 전신성 말초신경 손상과는 다르게, 진단적, 치료적 중재의 여지가 많고 관해율도 높아 임상연구의 가치가 크다. 말초신경의 위치는 해당 신경이 분포하는 위치와 분지하는 양상을 뜻한다. 말초신경의 위치는 환자에 따라 다른 것으로 알려져 있는데, 한 예로 발목내측에서 후경골 신경이 내측종골신경을 분지하고 내외측발바닥 신경으로 갈라지는 패턴은 3가지가 있는 것으로 보고된 바 있다. 이러한 말초신경의 위치적 다양성은 말초신경 질환의 진단(전기진단학적검사) 혹은 치료적 중재(시술 및 수술) 시 매우 중요한 고려사항이 된다.

[0004] 고해상도 초음파는 말초신경의 구조를 정확하게 평가할 수 있는 유일한 진단적 도구이다. 고해상도 초음파는

자기공명영상(MRI)과 비교하여 정밀한 평가가 가능하고 비용적 측면에서도 효율적이며, 간편하게 적용 가능하여 매우 유용한 검사이다. 또한, 고해상도 초음파는 검사자가 특정 구조물의 해부학적 변화 및 움직임을 실시간으로 평가할 수 있는 장점이 있고, 비침습적 검사이기에 피검자가 느끼는 불편감도 미미하다는 특징을 가진다. 고해상도 초음파를 말초신경에 적용할 경우, 검사자는 자기공명영상으로는 관찰할 수 없는 세밀한 신경 분지도 관찰할 수 있고, 신경의 주행 방향에 직각으로 단자를 적용할 경우 단면적, 장경 및 단경과 같은 특성을 정확하게 평가할 수 있다. 따라서 특정 말초신경의 위치와 특성을 평가하는 데에 있어, 고해상도 초음파 검사는 가장 적절한 수단이다.

[0005] 그러나 종래의 고해상도 초음파는, 신경 검사의 정확도가 검사자의 숙련도에 크게 좌우된다는 특징을 가진다. 초음파 영상을 캡처해 놓고 특정 구조물을 인식할 시 검사자의 숙련도에 따라 구조물 인식 결과가 차이가 나고, 숙련도에 따른 결과의 차이는 초음파학적 지표 값 측정 값의 경우에도 마찬가지일 수 있다. 초음파 상 신경과 비신경 구조물이 형태학적으로 유사하여 분간이 어려운 경우도 상당수 관찰되었다. 만약 검사자가 비신경 구조물을 신경으로 잘못 인식하거나 그 반대로 신경을 비신경 구조물로 인식할 경우, 환자에게 중대한 위해가 가해질 수 있다. 따라서, 이러한 한계를 보완하기 위한 연구가 필요한 실정이다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0006] 일 실시예에 따른 딥러닝 알고리즘 기반의 신경 지표 측정 방법은, 뉴럴 네트워크에 기반한 분할 영상 검출 모델을 이용하여 초음파 영상으로부터 신경 다발을 포함하는 분할 영상을 획득하는 단계; 상기 획득된 분할 영상에 기초하여 상기 신경 다발의 윤곽을 검출하는 단계; 상기 신경 다발의 윤곽에 기초하여 상기 윤곽에 대응하는 타원을 결정하는 단계; 및 상기 결정된 타원에 기초하여 상기 신경 다발에 대한 지표를 추정하고, 추정된 지표를 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

[0007] 상기 분할 영상 검출 모델은, 부호기(encoder) 및 해석기(decoder)를 포함하고, 경사 하강법(Gradient Descent)을 통해 학습될 수 있다.

[0008] 상기 부호기는, 상기 초음파 영상에서 노이즈를 제거하고, 상기 노이즈가 제거된 초음파 영상을 압축하고, 상기 초음파 영상이 압축된 결과 값을 상기 해석기에 전달할 수 있다.

[0009] 상기 해석기는, 상기 결과 값에 기초하여 압축된 정보를 해독함으로써 상기 초음파 영상을 획득하고, 상기 초음파 영상의 각 픽셀을 미리 정해진 분류(class) 중 하나로 지정함으로써 상기 분할 영상을 획득할 수 있다.

[0010] 상기 부호기는, 상기 부호기의 중간 값인 다수의 특성 맵(feature map)을 상기 해석기의 특성 맵과 결합한 값을 상기 해석기에 입력하는 넘김-연결(skip-connection) 구조로 이루어질 수 있다.

[0011] 상기 부호기는, 두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 다운 샘플링(down sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 줄이는 단계를 반복할 수 있다.

[0012] 상기 해석기는, 두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 업 샘플링(up sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 늘리는 단계를, 상기 부호기가 다운 샘플링을 수행하여 특성 맵의 크기를 줄이는 횟수만큼 반복할 수 있다.

[0013] 상기 학습 가능한 필터는, 멀티 맥스 액셉션(Multi-Max-Xception)이 사용될 수 있다.

[0014] 상기 분할 영상 검출 모델은, 반복적으로 경사 하강법이 수행되는 중에 생성되는 특성 맵을 결합(concatenate)하여 결과 값을 산출할 수 있다.

[0015] 상기 타원을 결정하는 단계는, 상기 검출된 윤곽에 기초하여 상기 신경 다발의 넓이 및 상기 신경 다발의 둘레 길이를 측정하는 단계; 상기 검출된 넓이 및 둘레에 기초하여 상기 신경 다발의 무게 중심점을 결정하는 단계; 상기 무게 중심점에 기초하여 상기 신경 다발의 최대 내접원 및 최소 외접원을 획득하는 단계; 및 상기 최대 내접원 및 상기 최소 외접원에 기초하여 상기 윤곽의 가장 근사한 타원을 결정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 지표를 추정하는 단계는, 상기 타원의 장축에 대한 길이, 상기 타원의 단축에 대한 길이, 상기 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 상기 단축에 대한 끝점의 좌표 값을 산출하는 단계; 및 상기 타원의 장축에 대한 길이, 상기 타원의 단축에 대한 길이, 상기 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 상기 단축에 대한 끝점의 좌표 값에 기초하여 상기 신경 다발의 지표를 추정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 지표는, 상기 신경 다발의 단경, 상기 신경 다발의 장경, 상기 신경 다발의 둘레 및 상기 신경 다발의 단

면적 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

- [0018] 일 실시예에 따른 신경 지표 측정 장치는, 초음파 영상을 입력받는 입력부; 뉴럴 네트워크에 기반한 분할 영상 검출 모델을 이용하여 상기 초음파 영상으로부터 신경 다발을 포함하는 분할 영상을 획득하는 분할 영상 검출부; 상기 획득된 분할 영상에 기초하여 상기 신경 다발의 윤곽을 검출하고, 상기 신경 다발의 윤곽에 기초하여 상기 윤곽에 대응하는 타원을 결정하고, 상기 결정된 타원에 기초하여 상기 신경 다발에 대한 지표를 추정하는 신경 지표 추정부; 및 상기 추정한 지표를 제공하는 출력부를 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 분할 영상 검출 모델은, 부호기(encoder) 및 해석기(decoder)를 포함하고, 경사 하강법(Gradient Descent)을 통해 학습될 수 있다.
- [0020] 상기 부호기는, 상기 초음파 영상에서 노이즈를 제거하고, 상기 노이즈가 제거된 초음파 영상을 압축하고, 상기 초음파 영상이 압축된 결과 값을 상기 해석기에 전달할 수 있다.
- [0021] 상기 해석기는, 상기 결과 값에 기초하여 압축된 정보를 해독함으로써 상기 초음파 영상을 획득하고, 상기 초음파 영상의 각 픽셀을 미리 정해진 분류(class) 중 하나로 지정함으로써 상기 분할 영상을 획득할 수 있다.
- [0022] 상기 부호기는, 상기 부호기의 중간 값인 다수의 특성 맵(feature map)을 상기 해석기의 특성 맵과 결합한 값을 상기 해석기에 입력하는 넘김-연결(skip-connection) 구조를 포함할 수 있다.
- [0023] 상기 부호기는, 두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 다운 샘플링(down sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 줄이는 단계를 반복하고, 상기 해석기는, 두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 업 샘플링(up sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 늘리는 단계를, 상기 부호기가 다운 샘플링을 수행하여 특성 맵의 크기를 줄이는 횟수만큼 반복할 수 있다.
- [0024] 상기 학습 가능한 필터는, 멀티 맥스 액셉션(Multi-Max-Xception)이 사용될 수 있다.
- [0025] 상기 신경 지표 추정부는, 상기 검출된 윤곽에 기초하여 상기 신경 다발의 넓이 및 상기 신경 다발의 둘레 길이를 측정하고, 상기 검출된 넓이 및 둘레에 기초하여 상기 신경 다발의 무게 중심점을 결정하고, 상기 무게 중심점에 기초하여 상기 신경 다발의 최대 내접원 및 최소 외접원을 획득하고, 상기 최대 내접원 및 상기 최소 외접원에 기초하여 상기 윤곽의 가장 근사한 타원을 결정할 수 있다.
- [0026] 상기 신경 지표 추정부는, 상기 타원의 장축에 대한 길이, 상기 타원의 단축에 대한 길이, 상기 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 상기 단축에 대한 끝점의 좌표 값을 산출하고, 상기 타원의 장축에 대한 길이, 상기 타원의 단축에 대한 길이, 상기 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 상기 단축에 대한 끝점의 좌표 값에 기초하여 상기 신경 다발의 지표를 추정할 수 있다.

발명의 효과

- [0027] 일 실시예에 따르면 초음파 영상에서 신경을 자동으로 인식할 수 있다.
- [0028] 일 실시예에 따르면 신경의 초음파 지표를 자동적으로 계산할 수 있다.
- [0029] 일 실시예에 따르면 초음파 영상 상 말초신경을 정확히 분할하고 초음파학적 지표도 자동으로 측정하여 말초신경계 질환에 대한 진단 정확도를 높일 수 있다.
- [0030] 일 실시예에 따르면 초음파 유도 하의 중재술 또는 시술(주사술) 시에 안전성과 정확성을 향상시킬 수 있다.
- [0031] 일 실시예에 따르면 딥러닝 기술을 이용하여 초음파 영상에서 신경을 효과적이고 정확하게 검출하고, 관련 지표 정보를 용이하게 검출할 수 있다.
- [0032] 일 실시예에 따르면 초음파 영상에서 검출된 신경 다발의 지표들을 자동으로 분석하여 의사에게 정보를 제공하는 것으로, 환자의 신경 다발 비대여부 및 신경 다발 이상 여부를 판단하는데 있어서 정확도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 일 실시예에 따른 딥러닝 알고리즘 기반의 신경 지표 측정 시스템의 개요를 도시하는 도면이다.
- 도 2는 일 실시예에 따른 딥러닝 알고리즘 기반의 신경 지표 측정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3은 일 실시예에 따른 신경 지표 측정하는 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 4a 및 도 4b는 일 실시예에 따른 분할 영상의 획득 방법을 설명하기 위한 도면들이다.

도 5a 및 도 5b는 일 실시예에 따른 신경 다발의 윤곽에 대응하는 타원을 결정하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.

도 6 내지 도 9는 일 실시예에 따른 분할 영상 검출 모델의 동작 방법을 설명하기 위한 도면들이다.

도 10은 일 실시예에 따른 신경 지표 측정 장치의 구성을 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 실시예들을 상세하게 설명한다. 그러나, 실시예들에는 다양한 변경이 가해질 수 있어서 특허출원의 권리 범위가 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 실시예들에 대한 모든 변경, 균등물 내지 대체물이 권리 범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.
- [0035] 실시예에서 사용한 용어는 단지 설명을 목적으로 사용된 것으로, 한정하려는 의도로 해석되어서는 안된다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0036] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0037] 또한, 첨부 도면을 참조하여 설명함에 있어, 도면 부호에 관계없이 동일한 구성 요소는 동일한 참조부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 실시예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 실시예의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0038] 또한, 실시 예의 구성 요소를 설명하는 데 있어서, 제 1, 제 2, A, B, (a), (b) 등의 용어를 사용할 수 있다. 이러한 용어는 그 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하기 위한 것일 뿐, 그 용어에 의해 해당 구성 요소의 본질이나 차례 또는 순서 등이 한정되지 않는다. 어떤 구성 요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 그 구성 요소는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나 접속될 수 있지만, 각 구성 요소 사이에 또 다른 구성 요소가 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.
- [0039] 어느 하나의 실시 예에 포함된 구성요소와, 공통적인 기능을 포함하는 구성요소는, 다른 실시 예에서 동일한 명칭을 사용하여 설명하기로 한다. 반대되는 기재가 없는 이상, 어느 하나의 실시 예에 기재한 설명은 다른 실시 예에도 적용될 수 있으며, 중복되는 범위에서 구체적인 설명은 생략하기로 한다.
- [0040] 도 1은 일 실시예에 따른 딥러닝 알고리즘 기반의 신경 지표 측정 시스템의 개요를 도시하는 도면이다.
- [0041] 본 명세서에서 설명하는 딥러닝 알고리즘 기반의 신경 지표 측정 시스템은 초음파 영상을 이용하여 말초신경을 평가하는 방법 및 시스템에 관한 것일 수 있다. 신경 지표 측정 시스템은 초음파 영상에 대해 딥러닝(deep learning) 알고리즘에 기초하여, 말초신경을 자동인식하고 신경과 관련된 지표를 자동 측정하는 시스템에 관한 것일 수 있다. 신경 지표 측정 시스템은 보건의료와 관련된 의공학 기술로, 초음파 검사 시 사용자(또는 의료진)에게 말초신경의 위치 및 특성에 대해 정보를 제공할 수 있다. 사용자(또는 의료진)는 신경 지표 측정 시스템으로부터 제공받은 정보를 말초신경계 질환의 진단 및 치료에 적용할 수 있다.
- [0042] 신경 지표 측정 시스템은 초음파 영상에서 필요한 부분을 추출하여 분할 영상 검출 모델에 입력하면 부호기를 통해 압축된 결과 값을 해석기에 전달하고, 해석기를 통해 말초신경 부위를 분할한 결과를 제공받고, 결과에 기초하여 신경 다발의 크기와 면적을 계산하여 제공할 수 있다.
- [0043] 도 1을 참조하면, 신경 지표 측정 시스템은 입력부(110), 분할 영상 획득 장치(120), 신경 지표 추정 장치(130), 출력부(140) 및 데이터베이스(150)를 포함할 수 있다.
- [0044] 입력부(110)는 외부 장치로부터 초음파 영상과 영상을 입력받아 분할 영상 획득 장치(120)로 전달할 수 있다. 분할 영

상 획득 장치(120)는 초음파 영상을 분할 영상 검출 모델에 입력하여, 분할 영상 검출 모델로부터 신경 다발을 포함하는 분할 영상을 획득할 수 있다.

- [0045] 데이터베이스(150)는 뉴럴 네트워크 기반의 분할 영상 검출 모델이 최적의 분할 영상을 출력할 수 있도록 하는 설정 정보를 저장할 수 있다.
- [0046] 신경 지표 추정 장치(130)는 분할 영상에 기초하여 신경 다발의 지표를 추정할 수 있다. 신경 지표 추정 장치(130)는 분할 영상에 기초하여 신경 다발의 윤곽을 검출할 수 있다. 신경 지표 추정 장치(130)는 신경 다발의 윤곽에 기초하여 윤곽에 대응하는 타원을 결정할 수 있다. 신경 지표 추정 장치(130)는 타원에 기초하여 신경 다발에 대한 지표를 추정할 수 있다.
- [0047] 출력부(140)는 신경 지표 추정 장치(130)가 검출한 윤곽, 신경 지표 추정 장치(130)가 결정한 타원, 최대 내접 원, 최소 외접원 및 신경 지표 추정 장치(130)가 추정한 신경 다발의 지표를 출력할 수 있다.
- [0048] 도 2는 일 실시예에 따른 딥러닝 알고리즘 기반의 신경 지표 측정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0049] 도 2를 참조하면 단계(210)에서 신경 지표 측정 장치는 뉴럴 네트워크에 기반한 분할 영상 검출 모델을 이용하여 초음파 영상으로부터 신경 다발을 포함하는 분할 영상을 획득할 수 있다.
- [0050] 일 실시예에서, 분할 영상 검출 모델은 부호기(encoder) 및 해석기(decoder)를 포함하고, 경사 하강법(Gradient Descent)을 통해 학습될 수 있다. 부호기와 해석기는 분리된 구조가 아닌 하나로 연결된 구조일 수 있고, 심층 신경망(Deep Neural Network)으로 구성되어 있을 수 있다. 분할 영상 검출 모델은 반복적으로 경사 하강법이 수행되는 중에 생성되는 특성 맵을 결합(concatenate)하여 결과 값을 산출할 수 있다.
- [0051] 부호기는 초음파 영상에서 노이즈를 제거하고, 노이즈가 제거된 초음파 영상을 압축하고, 초음파 영상이 압축된 결과 값을 해석기에 전달할 수 있다. 여기서, 초음파 영상은 의료진 등과 같은 사용자가 프로브(probe)를 고정 시킨 상태에서 입력한 프리즈(freeze)에 대한 사용자 입력에 기초하여 캡처된 영상일 수 있다.
- [0052] 부호기는 부호기의 중간 값인 다수의 특성 맵(Feature map)을 해석기의 특성 맵과 결합한 값을 해석기에 입력하는 넘김-연결(skip-connection) 구조를 포함할 수 있다. 즉, 부호기는 부호기의 다층 구조에서 나오는 여러 특성을 해석기의 다층 구조에 함께 입력하여 부호기의 압축 과정에서 발생할 수 있는 오류를 보완하는 구조로 이루어져 있을 수 있다. 부호기는 예를 들어 U-net의 구조를 가질 수 있다.
- [0053] 부호기는 초음파 영상이 두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 다운 샘플링(down sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 줄이는 단계를 반복할 수 있다. 여기서, 다운 샘플링은 풀링(pooling) 방법에 따라 시행되며 예를 들어 맥스 풀링(max pooling) 등이 있을 수 있다. 이때, 두 번의 학습 가능한 필터를 거친 특성 맵이 해석기의 중간에 입력될 수 있다.
- [0054] 해석기는 결과 값에 기초하여 압축된 정보를 해독함으로써 초음파 영상을 획득하고, 초음파 영상의 각 픽셀을 미리 정해진 분류(class) 중 하나로 지정함으로써 분할 영상을 획득할 수 있다.
- [0055] 해석기는 두 번의 학습 가능한 필터를 거치기 전에, 해석기의 특성 맵은 같은 크기에 대응하는 부호기의 넘김-연결된 특성 맵과 결합될 수 있다.
- [0056] 해석기는 두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 업 샘플링(up sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 늘리는 단계를, 부호기가 다운 샘플링을 수행하여 특성 맵의 크기를 줄이는 횟수만큼 반복할 수 있다. 업 샘플링은 근접 이웃(Nearest-neighbor) 보간법 등에 의해 시행될 수 있다.
- [0057] 학습 가능한 필터는, 멀티 맥스 엑셉션(Multi-Max-Xception)이 사용될 수 있다. 필터는 공간(Spatial)과 채널(Channel)을 분리하여 학습하는 깊이-분할 컨볼루션이 사용되며, 반영 영역(Receptive Field)을 키우기 위해서 같은 크기의 컨볼루션을 비선형함수 없이 연속적으로 사용하여 연산 효과를 줄이는 방법을 이용할 수 있다. 필터는 비선형함수를 사용하지 않아 각각의 스케일마다 정보의 손실 없이 특성을 추출할 수 있다.
- [0058] 필터는 반복되는 컨볼루션과 깊이-분할 컨볼루션의 중간에 생성되는 특성 맵을 결합하여 결과 값을 만들면 반영 영역의 스케일이 채널별로 다양하게 분포된 결과를 얻을 수 있다. 이 오퍼레이션은 Multi-Xception이라 지칭될 수 있고, Multi-Xception의 앞뒤에 1x1 컨볼루션이 추가될 수 있다. 앞쪽의 1x1 컨볼루션은 채널의 수를 아웃풋 채널의 1/4로 줄여서 연산량을 줄일 수 있다. 뒤쪽의 1x1 컨볼루션은 채널별로 분리된 스케일 정보를 통합하고 아웃풋의 크기를 맞추는 스트라이드(stride)를 수행할 수 있다.

- [0059] 일 실시예에서 Multi-Xception을 각각 2개의 스케일로 적용한 후 Elementwise Max-out 활성화함수에 통과시킨 값을 하나의 모듈로 볼 수 있다. 이 모듈은 Multi-Max-Xception이라 지칭될 수 있고, 부호기와 해석기는 Multi-Max-Xception을 두 번 거친 후 다운 샘플링 혹은 업 샘플링하여 크기를 조절하는 방식을 여러 번 반복 수행할 수 있다. Multi-Max-Xception 모듈에서 2개의 스케일로 Multi-Xception가 수행되는 이유는, 입력 값에 맞는 가장 효과적인 반영 영역의 크기를 자동으로 얻어내기 위해서일 수 있다. 여러 스케일의 반영 영역 정보를 얻는 Multi-Xception의 특징을 이용하여, 2개의 Multi-Xception을 비교하여 분할 영상 검출 모델은 작은 스케일에 집중할지, 큰 스케일에 집중할지 상황에 맞는 적절한 선택을 할 수 있다.
- [0060] 본 명세서에서 제안하는 Multi-Max-Xception 모듈 기반의 분할 영상 검출 모델은 이미지 상에서 물체의 다양한 스케일을 고려할 수 있어, 카메라와 대상의 거리가 일정하지 않아 발생하는 이미지의 스케일 문제를 해결할 수 있다.
- [0061] 단계(220)에서 신경 지표 측정 장치는 획득된 분할 영상에 기초하여 신경 다발의 윤곽을 검출할 수 있다.
- [0062] 일 실시예에서 신경 지표 측정 장치는 예를 들어 OpenCV(open computer vision library)를 이용하여 윤곽을 검출할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 초음파 영상에서 검출된 신경 다발 이미지로부터 마스크(mask) 이미지를 생성하고, 경계선을 검출함으로써 윤곽을 검출할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 도 4a의 초음파 영상에서 도 4b의 마스크 이미지를 획득할 수 있다.
- [0063] 단계(230)에서 신경 지표 측정 장치는 신경 다발의 윤곽에 기초하여 윤곽에 대응하는 타원을 결정할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 검출된 윤곽에 기초하여 신경 다발의 넓이 및 신경 다발의 둘레 길이를 측정하고, 검출된 넓이 및 둘레에 기초하여 신경 다발의 무게 중심점을 결정하고, 무게 중심점에 기초하여 신경 다발의 최대 내접원 및 최소 외접원을 획득하며, 최대 내접원 및 최소 외접원에 기초하여 윤곽의 가장 근사한 타원을 결정할 수 있다.
- [0064] 단계(240)에서 신경 지표 측정 장치는 결정된 타원에 기초하여 신경 다발에 대한 지표를 추정하고, 추정한 지표를 제공할 수 있다.
- [0065] 신경 지표 측정 장치는 타원의 장축에 대한 길이, 타원의 단축에 대한 길이, 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 단축에 대한 끝점의 좌표 값을 산출할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 타원의 장축에 대한 길이, 타원의 단축에 대한 길이, 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 단축에 대한 끝점의 좌표 값에 기초하여 신경 다발의 지표를 추정할 수 있다. 여기서, 지표는, 신경 다발의 단경, 신경 다발의 장경, 신경 다발의 둘레 및 신경 다발의 단면적 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0066] 신경 지표 측정 장치는 추정된 신경 다발의 지표를 초음파 영상에 표시하여 제공할 수 있다.
- [0067] 도 3은 일 실시예에 따른 신경 지표 측정하는 과정을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0068] 도 3을 참조하면, 단계(310)에서 신경 지표 측정 장치는 초음파 영상으로부터 분할 영상을 획득하고 신경 다발의 윤곽을 검출할 수 있다. 여기서, 신경 지표 측정 장치가 초음파 영상으로부터 분할 영상을 획득하는 방법은 도 2의 구체적인 내용에서 단계(210)에 대한 설명에 대응할 수 있다.
- [0069] 신경 지표 측정 장치는 딥 러닝 알고리즘을 이용하여 분할 영상으로부터 신경 다발의 윤곽을 검출할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 예를 들어 OpenCV에서 제공하는 컨투어 검출 기법에 기초하여 분할 영상으로부터 신경 다발의 윤곽을 검출할 수 있다. 이때, 신경 지표 측정 장치는 초음파 영상에서 검출된 신경 다발 이미지로부터 마스크(mask) 이미지를 생성하고, 경계선을 검출함으로써 윤곽을 검출할 수 있다.
- [0070] 단계(320)에서 신경 지표 측정 장치는 검출된 윤곽에 기초하여 신경 다발의 넓이 및 둘레 길이를 측정할 수 있다. 또한, 신경 지표 측정 장치는 단계(330)에서, 측정된 넓이 및 둘레에 기초하여 신경 다발의 무게 중심점을 결정할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 단계(340)에서, 결정된 무게 중심점에 기초하여 신경 다발의 최대 내접원 및 최소 외접원을 획득할 수 있다.
- [0071] 신경 지표 측정 장치는 단계(350)에서, 최대 내접원 및 최소 외접원에 기초하여 윤곽에 가장 근사한 타원을 결정할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 단계(360)에서 타원에 기초하여 신경 다발의 지표를 측정할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 신경 지표 측정 장치는 타원의 장축에 대한 길이, 타원의 단축에 대한 길이, 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 단축에 대한 끝점의 좌표 값을 산출할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 타원의 장축에 대한 길이, 타원의 단축에 대한 길이, 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 단축에 대한 끝점의 좌표 값에 기초하여, 신경 다발의 장경, 신경 다발의 둘레 및 신경 다발의 단면적 중 적어도 하나를 포함하는 신경 다발의 지표를 추

정할 수 있다.

- [0072] 도 4a 및 도 4b는 일 실시예에 따른 윤곽 검출 방법을 설명하기 위한 도면들이다. 신경 지표 측정 장치는 도 2의 구체적인 내용 중에서 단계(220)를 수행하여 도 4a의 초음파 영상으로부터 도 4b와 같은 마스크 영상을 획득함으로써 신경 다발의 윤곽을 검출할 수 있다.
- [0073] 도 5a 및 도 5b는 일 실시예에 따른 신경 다발의 윤곽에 대응하는 타원을 결정하는 과정을 설명하기 위한 도면들이다.
- [0074] 도 5a는 초음파 영상으로 입력 영상이 될 수 있고, 도 5b는 출력 영상이 될 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 도 5a를 입력받고, 도 5b에 기초하여 도 5b의 출력 영상을 사용자에게 제공할 수 있다. 도 5b는 사용자에게 제공하는 인터페이스일 수 있다. 도 5b는 신경 다발의 윤곽(530), 신경 다발의 윤곽에 가장 근사한 타원(520), 윤곽(530)에 기초한 최소 외접원(510), 최대 내접원을 포함할 수 있다. 또한, 도 5b는 신경 다발의 넓이, 둘레, 무게 중심점, 장축과 단축의 길이, 장축과 단축 끝점의 좌표 값 중 적어도 하나를 포함하는 지표 등을 포함할 수 있다.
- [0075] 신경 지표 측정 장치는 도 5a의 초음파 영상으로부터 분할 영상을 획득할 수 있다. 도 5b를 참조하면, 신경 지표 측정 장치는 분할 영상으로부터 신경 다발의 윤곽(530)을 검출할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 윤곽(530)에 기초하여 신경 다발의 넓이 및 둘레 길이를 측정할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 측정된 넓이 및 둘레 길이에 기초하여 신경 다발의 무게 중심점을 결정할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 무게 중심점에 기초하여 신경 다발의 최대 내접원과 최소 외접원(510)을 획득할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 최대 내접원과 최소 외접원(510)에 기초하여 윤곽(530)에 가장 근사한 타원(520)을 결정할 수 있다. 신경 지표 측정 장치는 윤곽(530)에 가장 근사한 타원(520)에 기초하여 신경 다발의 지표를 추정하여 사용자에게 제공할 수 있다.
- [0076] 도 6 내지 도 9는 일 실시예에 따른 분할 영상 검출 모델의 동작 방법을 설명하기 위한 도면들이다.
- [0077] 도 6은 일 실시예에 따른 공간(spatial)과 채널(channel)이 분리되어 학습되는 깊이-분할 컨볼루션의 구조를 도시하는 도면일 수 있다. 도 6의 구조는 부호기와 해석기의 학습 가능한 필터에 포함되어 있을 수 있다.
- [0078] 필터는 반복되는 깊이-분할 컨볼루션(DSC)의 중간에 생성되는 특성 맵을 결합하여 결과 값을 산출하여, 반영 영역의 스케일이 채널별로 다양하게 분포된 결과를 얻을 수 있다. 이러한 방법을 Multi-Xception이라 지칭하며, 도 7과 같이 앞뒤에 1x1 컨볼루션을 추가한 구조를 가질 수 있다. 앞쪽의 1x1 컨볼루션은 채널의 수를 아웃풋 채널의 4분의 1로 줄여서 연산량을 줄일 수 있다. 뒤쪽의 1x1 컨볼루션은 채널별로 분리된 스케일 정보를 통합하고 아웃풋의 크기를 맞추는 방법을 수행할 수 있다. 도 7의 구조는 반영 영역을 키우기 위해 같은 크기의 컨볼루션을 비선형함수 없이 연속적으로 사용하여 연산 효과를 줄이는 방법을 이용할 수 있다. 여기서 비선형 함수가 사용되지 않아 도 7의 구조는 각각의 스케일마다 정보의 손실 없이 특성을 추출할 수 있다.
- [0079] Multi-Xception을 각각 2개의 스케일로 적용한 후 Elementwise Max-out 적용하는 것을 하나의 모듈로서 Multi-Max-Xception이라 지칭할 수 있다. Multi-Max-Xception의 구조는 도 8과 같을 수 있다. 부호기와 해석기는 Multi-Max-Xception이 두 번 거친 후 다운 샘플링 혹은 업 샘플링하여 크기를 조절하는 방식을 여러 번 반복할 수 있다.
- [0080] 도 9는 일 실시예에 따른 Multi-Max-Xception 모듈 기반의 U-net의 구조를 나타낼 수 있다. 참조번호(910)은 부호기이고, 참조번호(915)는 해석기일 수 있다.
- [0081] 각 블록들(920 내지 955)의 좌측의 두 블록들은 각 스케일 별로 수행된 Multi-Max-Xception에 대응할 수 있고, 우측의 블록은 맥스 풀링과 업 샘플링에 대응할 수 있다. 부호기(910)에 대응하는 블록들(920 내지 935)의 우측 블록은 맥스 풀링에 대응할 수 있다. 또한, 해석기(915)에 대응하는 블록들(940 내지 955)의 우측 블록은 업 샘플링에 대응할 수 있다. 참조번호(960)은 풀링은 수행되지 않고 Multi-Max-Xception에 대응하는 블록들만 포함할 수 있다.
- [0082] 부호기(910)는 Multi-Max-Xception $n \times 2$ (920), Multi-Max-Xception $n \times 2 \times 4$ (925), Multi-Max-Xception $n \times 4 \times 8$ (930) 및 Multi-Max-Xception $n \times 8 \times 16$ (935)를 순서대로 수행할 수 있고, 해석기(915)는 Multi-Max-Xception $n \times 16$ (940), Multi-Max-Xception $n \times 8 \times 16$ (945), Multi-Max-Xception $n \times 4 \times 8$ (950), Multi-Max-Xception $n \times 2 \times 4$ (955) 및 Multi-Max-Xception $n \times 2$ (960)의 순서대로 수행할 수 있다.
- [0083] 여기서, $n \times 2$, $n \times 2 \times 4$, $n \times 4 \times 8$ 등은 인풋 채널의 수-아웃풋 채널의 수를 나타낼 수 있다. n 은 자연수가 될 수 있고, 예를 들어 n 은 32가 될 수 있다. n 이 32경우, 인풋 채널의 수-아웃풋 채널의 수는 32-64, 64-128,

128-256, 256-512일 수 있다.

- [0084] 도 9의 실시예에서는 인풋 채널의 수와 아웃풋 채널의 수가 각 n , $n*2$, $n*4$, $n*8$, $n*16$ 로 5개의 값을 가지지만, 이에 한정되지 않고 실시예에 따라 인풋 채널의 수와 아웃풋 채널의 수는 그 이상 또는 그 이하의 값을 가질 수 있다. 예를 들어, 인풋 채널의 수와 아웃풋 채널의 수는 n , $n*2$, $n*4$, $n*8$, $n*16$, $n*32$ 및 $n*64$ 와 같이 도 9의 실시예보다 더 많은 값을 가지거나, 또는 n , $n*2$ 및 $n*4$ 와 같이 도 9의 실시예보다 더 적은 값을 가질 수도 있다.
- [0085] 각 스케일이 같은 Multi-Max-Xception은 넘김-연결 구조를 가질 수 있다.
- [0086] 도 10은 일 실시예에 따른 신경 지표 측정 장치의 구성을 도시하는 도면이다.
- [0087] 도 10을 참조하면, 신경 지표 측정 장치(1000)는 입력부(1010), 분할 영상 검출부(1020), 신경 지표 추정부(1030) 및 출력부(1040)를 포함할 수 있다. 여기서, 신경 지표 측정 장치(1000)는 본 명세서에서 설명하는 신경 지표 측정 장치에 대응할 수 있다.
- [0088] 입력부(1010)는 초음파 영상을 입력받을 수 있다. 입력부(1010)는 예를 들어, 초음파 영상의 촬영 장치로부터 환자의 초음파 영상을 입력받을 수 있다. 실시예에 따라 입력부(1010)는 입력받은 초음파 영상을 출력부(1040)로 전달하여, 출력부(1040)가 초음파 영상을 사용자에게 제공하도록 할 수 있다.
- [0089] 분할 영상 검출부(1020)는 뉴럴 네트워크에 기반한 분할 영상 검출 모델을 이용하여 초음파 영상으로부터 신경 다발을 포함하는 분할 영상을 획득할 수 있다. 분할 영상 검출 모델은, 부호기 및 해석기를 포함하고, 경사 하강법을 통해 학습될 수 있다. 부호기는 초음파 영상에서 노이즈를 제거하고, 노이즈가 제거된 초음파 영상을 압축하고, 초음파 영상이 압축된 결과 값을 해석기에 전달할 수 있다. 해석기는 결과 값에 기초하여 압축된 정보를 해독함으로써 초음파 영상을 획득하고, 초음파 영상의 각 픽셀을 미리 정해진 분류(class) 중 하나로 지정함으로써 분할 영상을 획득할 수 있다. 부호기는 부호기의 중간 값인 다수의 특성 맵(feature map)을 해석기의 특성 맵과 결합한 값을 해석기에 입력하는 넘김-연결(skip-connection) 구조를 포함할 수 있고, 두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 다운 샘플링(down sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 줄이는 단계를 반복할 수 있다. 해석기는 두 번의 학습 가능한 필터를 거친 후, 업 샘플링(up sampling)을 통해 특성 맵의 크기를 늘리는 단계를, 부호기가 다운 샘플링을 수행하여 특성 맵의 크기를 줄이는 횟수만큼 반복할 수 있다. 학습 가능한 필터는 멀티 맥스 액셉션(Multi-Max-Xception)이 사용될 수 있다.
- [0090] 신경 지표 추정부(1030)는 획득된 분할 영상에 기초하여 신경 다발의 윤곽을 검출하고, 신경 다발의 윤곽에 기초하여 윤곽에 대응하는 타원을 결정하고, 결정된 타원에 기초하여 신경 다발에 대한 지표를 추정할 수 있다. 신경 지표 추정부(1030)는 검출된 윤곽에 기초하여 신경 다발의 넓이 및 신경 다발의 둘레 길이를 측정하고, 검출된 넓이 및 둘레에 기초하여 신경 다발의 무게 중심점을 결정하고, 무게 중심점에 기초하여 신경 다발의 최대 내접원 및 최소 외접원을 획득하고, 최대 내접원 및 최소 외접원에 기초하여 윤곽의 가장 근사한 타원을 결정할 수 있다. 신경 지표 추정부(1030)는 타원의 장축에 대한 길이, 타원의 단축에 대한 길이, 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 단축에 대한 끝점의 좌표 값을 산출하고, 타원의 장축에 대한 길이, 타원의 단축에 대한 길이, 장축에 대한 끝점의 좌표 값 및 단축에 대한 끝점의 좌표 값에 기초하여 신경 다발의 지표를 추정할 수 있다.
- [0091] 실시예에 따른 방법은 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 실시예를 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. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0092] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나

처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0093] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기를 기초로 다양한 기술적 수정 및 변형을 적용할 수 있다. 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.

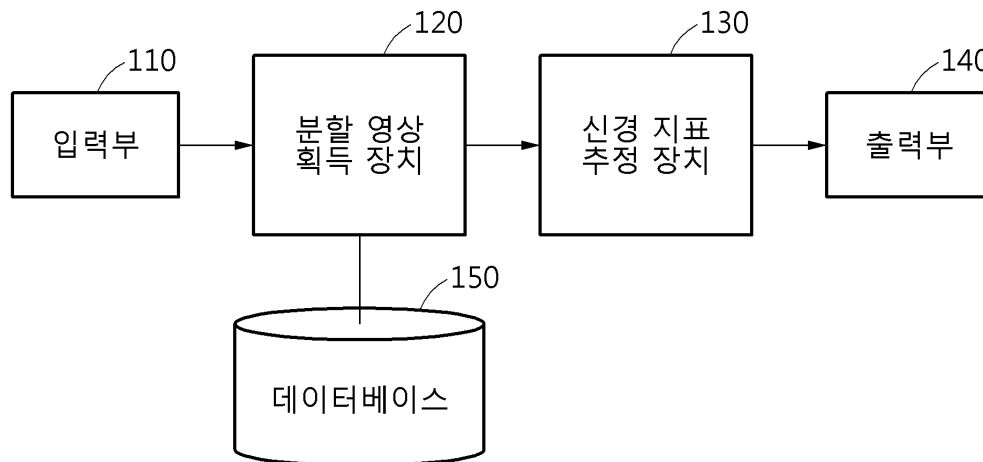
[0094] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

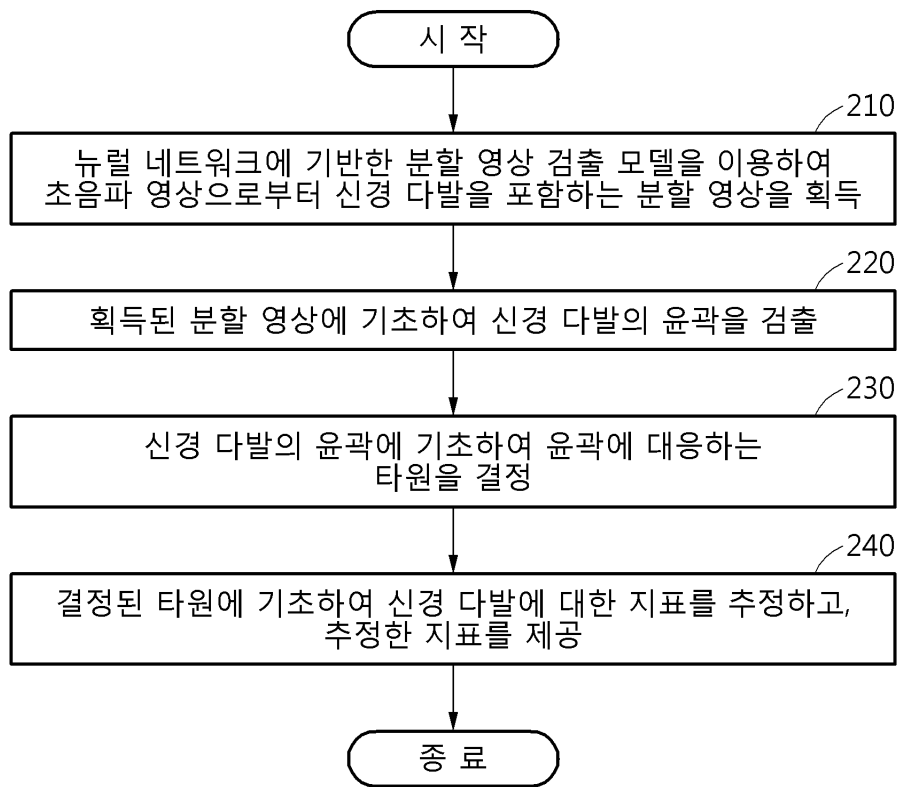
[0095] 110: 입력부 120: 분할 영상 획득 장치
130: 신경 지표 추정 장치 140: 출력부
150: 데이터베이스 1000: 신경 지표 측정 장치
1010: 입력부 1020: 분할 영상 검출부
1030: 신경 지표 추정부 1040: 출력부

도면

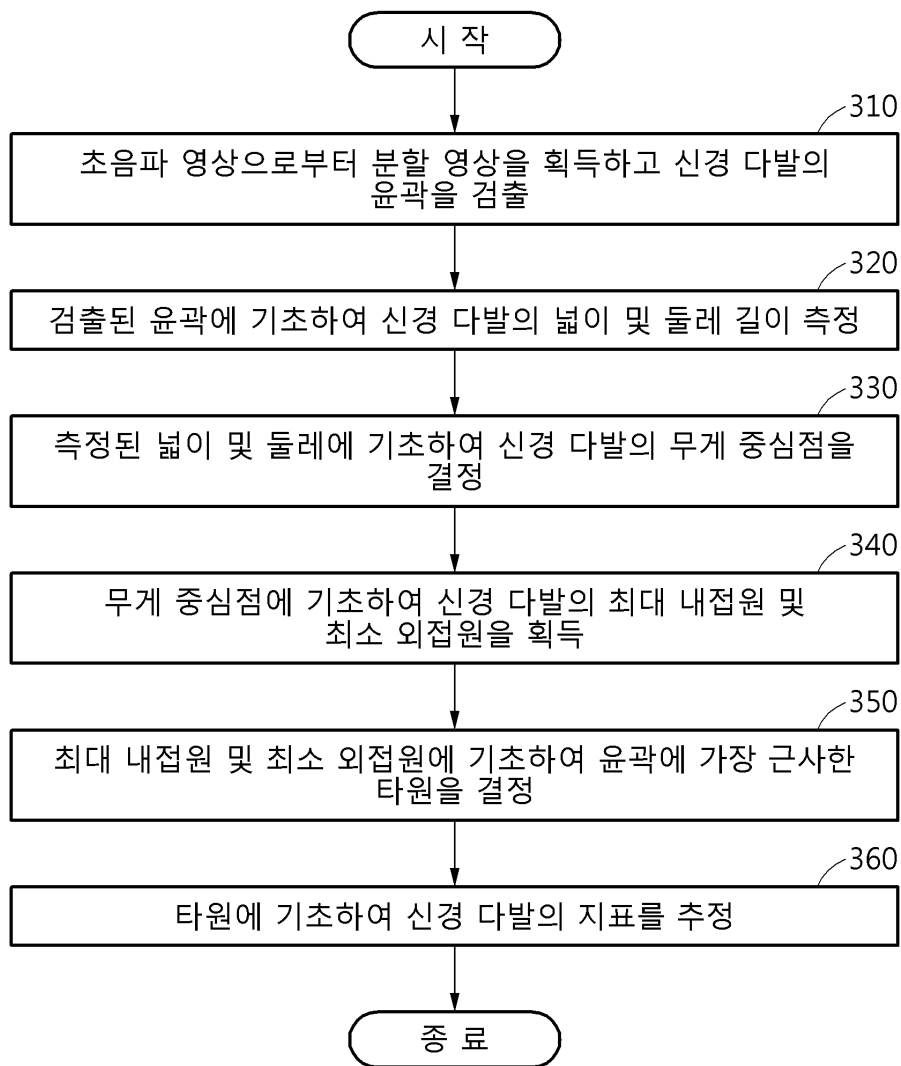
도면1



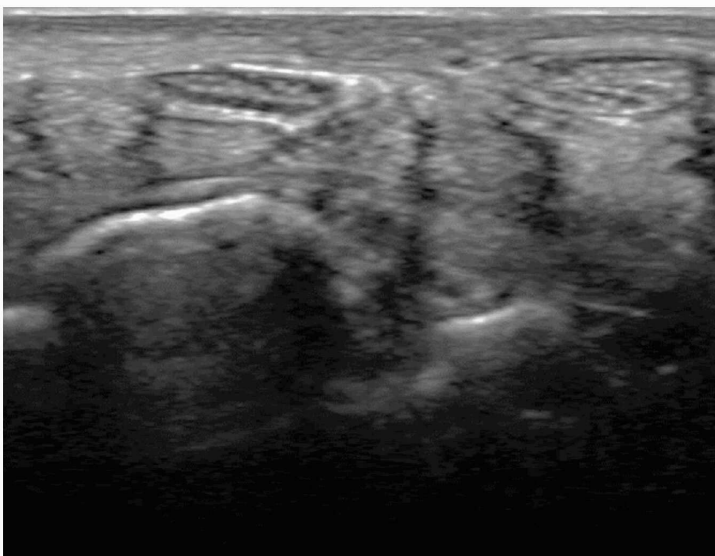
도면2



도면3



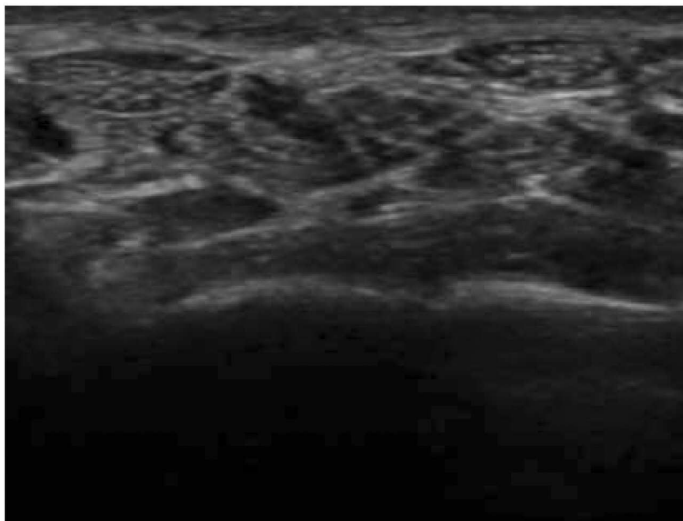
도면4a



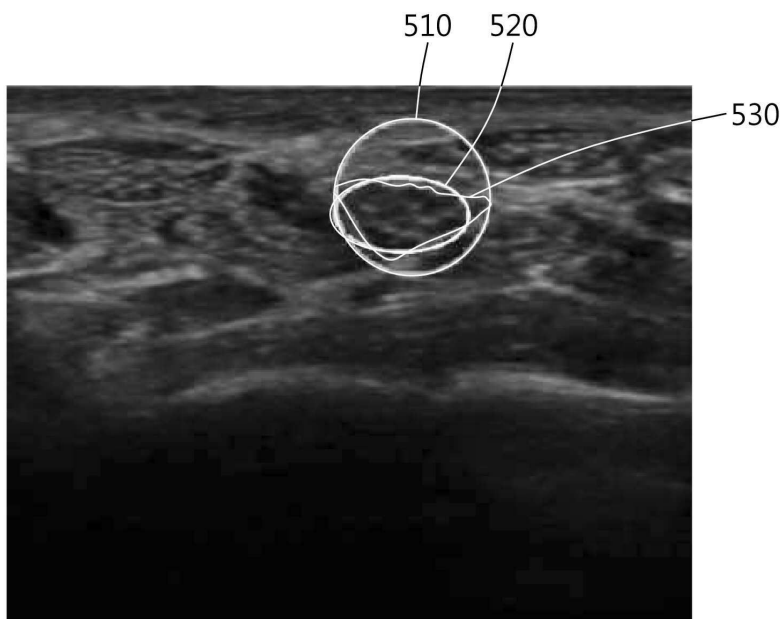
도면4b



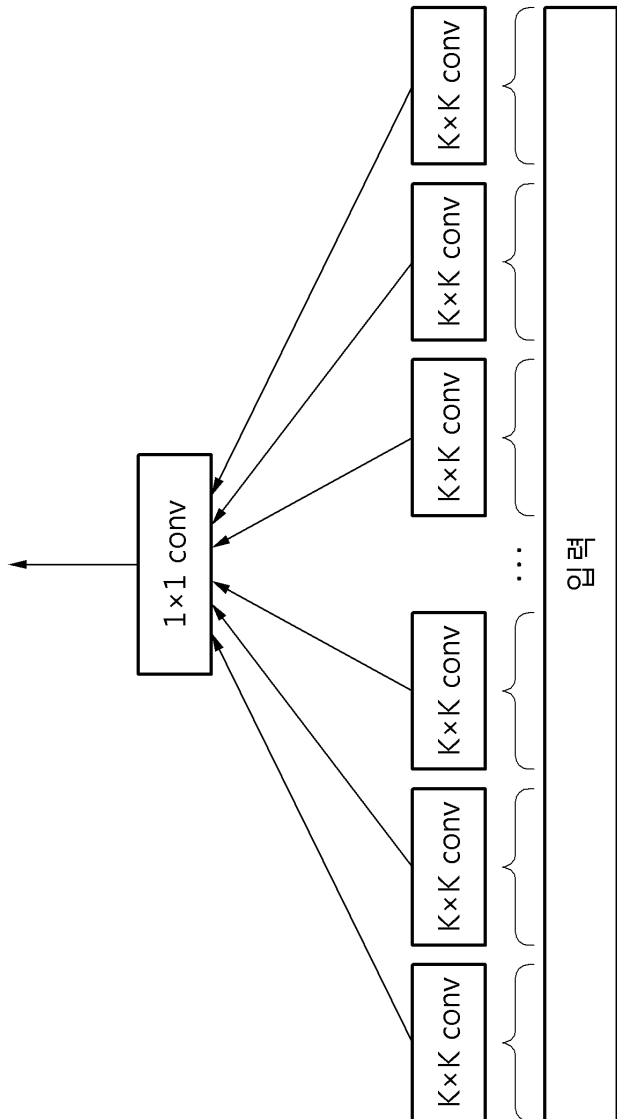
도면5a



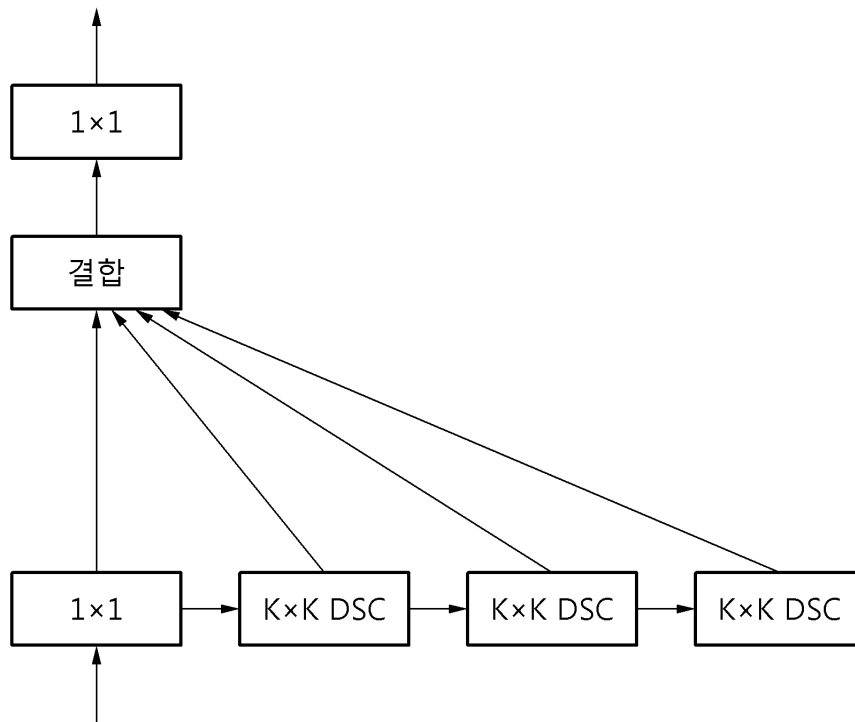
도면5



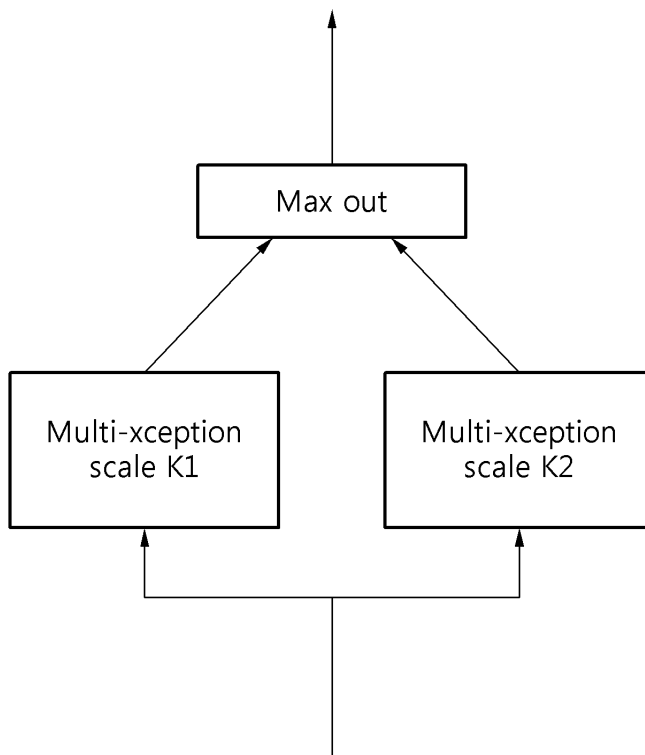
도면6



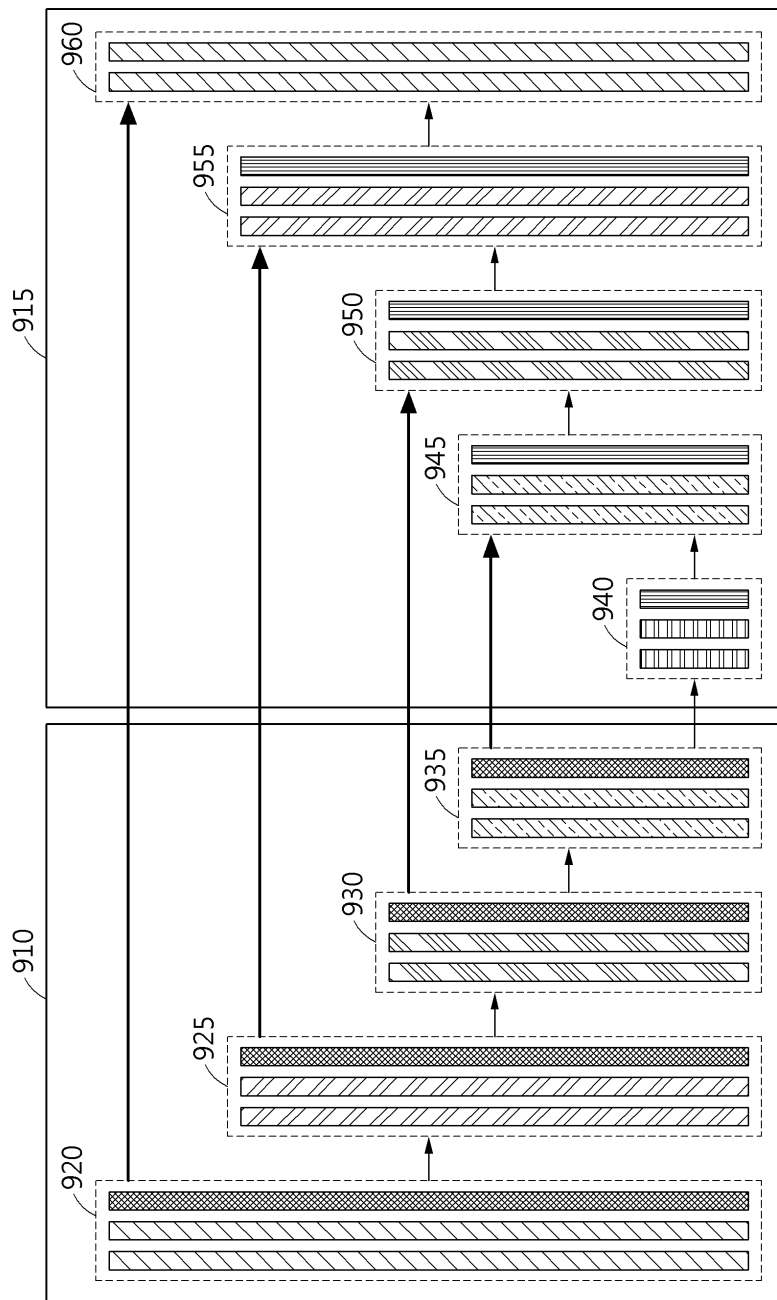
도면7



도면8



도면9



도면10

