(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0113336
(43) 공개일자 2020년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/00 (2006.01) *A61B 5/026* (2006.01)
(52) CPC특허분류
A61B 5/0033 (2018.08)
A61B 5/0055 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0033332
(22) 출원일자 2019년03월25일
심사청구일자 2019년03월25일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
건국대학교 글로컬산학협력단
충청북도 충주시 충원대로 268 (단월동,건국대학교글로컬캠퍼스)
가톨릭대학교 산학협력단
서울특별시 서초구 반포대로 222, 가톨릭대학교 성의교정내 (반포동)
(72) 발명자
곽진태
서울특별시 송파구 오금로 87, 1102호(방이동)
민웅웬낫토
서울특별시 광진구 동일로42길 16-4(군자동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
민영준

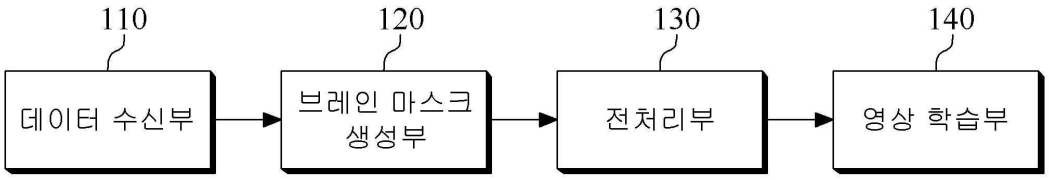
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법 및 기계 학습을 이용한 다중시기 측부혈류 영상 생성 방법**

(57) 요 약

뇌졸중 등 다양한 뇌혈관 질환의 진단 및 예후 판단에 이용될 수 있는 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법과, 기계 학습을 이용하여 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 방법이 개시된다. 개시된 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법은 두부에 대한 MRI 영상 및 상기 MRI 영상에 기반하여 생성된 다중시기 측부혈류 영상을 입력받는 단계; 상기 MRI 영상을 이용하여, 브레인 마스크를 생성하는 단계; 상기 브레인 마스크에 의해 마스킹된 MRI 영상 및 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 단계; 및 학습 네트워크를 이용하여, 상기 마스킹된 MRI 영상에 대한 상기 마스킹된 다중시기 측부혈류 영상을 학습하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
A61B 5/026 (2013.01)
(72) 발명자
김현정
대전광역시 유성구 엑스포로 123번길 65-38, 스마트시티 201동 1704호

노홍기
서울특별시 송파구 올림픽로 99, 106동 2003호(잠실동, 잠실엘스)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711072268
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 전립선암 진단 기술 향상을 위한 자기공명 영상과 디지털 병리학 영상 분석 컴퓨터 기반 기술개발
기 여 율 2/5
과제수행기관명 세종대학교 산학협력단
연구기간 2016.06.01 ~ 2020.05.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711068531
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 급성 허혈성 뇌졸중 환자의 측부혈류량과 관류평가를 위한 영상지료 개발
기 여 율 3/5
과제수행기관명 가톨릭대학교 산학협력단
연구기간 2017.03.01 ~ 2020.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

두부에 대한 MRI 영상 및 상기 MRI 영상에 기반하여 생성된 다중시기 측부혈류 영상을 입력받는 단계;

상기 MRI 영상을 이용하여, 브레인 마스크를 생성하는 단계;

상기 브레인 마스크에 의해 마스킹된 MRI 영상 및 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 단계; 및

학습 네트워크를 이용하여, 상기 마스킹된 MRI 영상에 대한 상기 마스킹된 다중시기 측부혈류 영상을 학습하는 단계

를 포함하는 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 브레인 마스크를 생성하는 단계는

상기 두부의 미리 설정된 위치에 대해, 시간의 흐름에 따라 생성된 복수의 MRI 영상을 합하는 단계;

상기 합해진 MRI 영상의 화소값을 미리 설정된 범위로 정규화하는 단계; 및

상기 정규화된 화소값 중 임계값 이상의 화소값을 이용하여, 상기 브레인 마스크를 생성하는 단계

를 포함하는 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 마스킹된 다중시기 측부혈류 영상을 학습하는 단계는

상기 다중시기 측부혈류 영상의 화소값별 빈도수에 따라서, 학습에 이용되는 필터의 가중치를 조절하여 상기 마스킹된 다중시기 측부혈류 영상을 학습하는

다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 MRI 영상은

상기 두부의 미리 설정된 위치에 대해, 시간의 흐름에 따라 생성된 복수의 MRI 영상인

다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 MRI 영상은

DSC-MRP 영상 또는 4D MRA 영상인

다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법.

청구항 6

피검자의 두부에 대한 MRI 영상을 입력받는 단계; 및

학습 네트워크를 이용하여, 상기 MRI 영상에 대한 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 단계를 포함하며,

상기 학습 네트워크는 레퍼런스 MRI 영상에 대한 레퍼런스 다중시기 측부혈류 영상이 학습된 네트워크인

기계 학습을 이용한 다중시기 측부혈류 영상 생성 방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 학습 네트워크는

컨벌루션을 통해 상기 MRI 영상에 대한 피쳐맵을 생성하는 인코딩 레이어; 및

디컨벌루션을 통해 상기 피쳐맵의 사이즈를 확대시켜, 상기 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 디코딩 레이어

를 포함하는 기계 학습을 이용한 다중시기 측부혈류 영상 생성 방법.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 MRI 영상을 이용하여, 상기 피검자에 대한 브레인 마스크를 생성하는 단계; 및

상기 브레인 마스크를 상기 다중시기 측부혈류 영상에 적용하는 단계

를 더 포함하는 기계 학습을 이용한 다중시기 측부혈류 영상 생성 방법.

청구항 9

제 6항에 있어서,

상기 MRI 영상은

DSC-MRP 영상 또는 4D MRA 영상인

다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 뇌졸중 등 다양한 뇌혈관 질환의 진단 및 예후 판단에 이용될 수 있는 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법과, 기계 학습을 이용하여 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 급성 허혈성 뇌졸중은 전 세계적으로 수많은 사람들의 생명과 건강을 위협하는 주요 질병의 하나이며, 최초 발병시 빠르고 정확한 진단과 치료가 중요하다. 최근 혈전제거치료 등을 비롯한 신경중재치료의 기술 발전은, 뇌

졸중으로 인한 사망률 개선에 많은 기여를 하고 있지만, 여전히 상당수의 환자들이 사망에 이르거나 정상 기능을 회복하지 못하고 있다.

[0004] 임상 전문의는 뇌졸중의 진단과 치료를 위해 다양한 영상, 임상 정보를 종합하여 최적의 의사결정을 내려야 한다. 특히 뇌졸중의 진단에서 영상정보가 차지하는 중요성이 매우 크고 결정적인데, 의료영상기기와 영상 수준의 발전으로 의료영상의 활용률이 점차 더 증가하고 있어서, 의료영상 획득, 재구성, 영상검사 해석의 복잡성 및 판독수가 꾸준히 증가하고 있다. 이로 인해 임상 전문의에게 부과되는 업무량의 증가와 진단의 정확성 및 효율성 감소를 야기하고 있다.

[0005] 뇌졸중의 여러 예후 인자 중, 측부혈류(collateral)는 뇌경색 부위 주변 허혈조직의 혈액공급을 유지시키는 생체반응기전으로 폐색된 뇌혈관의 원위부 뇌관류에 결정적인 영향을 미치는 독립인자로 밝혀졌다. 측부혈류와 관련된 기존 연구는 다중 시기 CT 혈관 조영술과 자기 공명 관류 영상을 이용한 연구가 주를 이루고 있는데, 다중 시기 CT 혈관 조영술은 경색 범위를 정확하게 알 수 없고 방사선 피폭의 단점이 있다. 그리고, 자기 공명 관류 영상에 기반을 둔 다중 시기 영상 방법은 혈관정보를 알 수 없어 혈관영상을 추가할 경우 검사시간과 조영제 사용량이 증하가는 단점이 있다.

[0006] 또한, 기존의 측부혈류량 측정과 평가는 경험적 기법에 기반을 둔 다중시기 영상 재구성 방식과 재구성된 영상의 정성적 평가가 일반적이다. 따라서, 결과 해석의 객관성이 떨어질 수 있고, 환자 개개인의 혈역학적 차이를 반영하지 못하는 한계가 있다.

[0007] 관련 선행문헌으로 대한민국 등록특허 제10-1885998호 및 대한민국 공개특허 제2017-0096083호가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 보다 빠르고 정확하게 다중시기 측부혈류 영상을 생성할 수 있는 학습 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0010] 또한 본 발명은 기계 학습을 이용한 다중시기 측부혈류 영상 생성 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따르면, 두부에 대한 MRI 영상 및 상기 MRI 영상에 기반하여 생성된 다중시기 측부혈류 영상을 입력받는 단계; 상기 MRI 영상을 이용하여, 브레인 마스크를 생성하는 단계; 상기 브레인 마스크에 의해 마스킹된 MRI 영상 및 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 단계; 및 학습 네트워크를 이용하여, 상기 마스킹된 MRI 영상에 대한 상기 마스킹된 다중시기 측부혈류 영상을 학습하는 단계를 포함하는 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법이 제공된다.

[0013] 또한 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 피검자의 두부에 대한 MRI 영상을 입력받는 단계; 및 학습 네트워크를 이용하여, 상기 MRI 영상에 대한 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 단계를 포함하며, 상기 학습 네트워크는 레퍼런스 MRI 영상에 대한 레퍼런스 다중시기 측부혈류 영상이 학습된 네트워크인 기계 학습을 이용한 다중시기 측부혈류 영상 생성 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0015] 본 발명에 따르면, 기계 학습을 통해 다중시기 측부혈류 영상을 예측함으로써, 보다 빠르게 다중시기 측부혈류 영상을 생성할 수 있으며, 뇌졸중과 같은 뇌혈관 질환의 진단 속도 역시 빨리 질 수 있다.

[0016] 또한 본 발명에 따르면, 전문가별로 서로 다를 수 있는 주관적인 판단없이 다중시기 측부혈류 영상을 생성함으로써, 다중시기 측부혈류 영상의 생성과 뇌혈관 질환의 진단이 보다 객관적으로 이루어질 수 있다.

[0017] 또한 본 발명에 따르면, 브레인 마스크를 이용하여 뇌에 대한 MRI 영상에 대해서만 학습을 수행하므로, 학습 속도가 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 장치의 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 4D-MRA 영상을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 브레인 마스크를 생성하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 5는 MRI 영상과 브레인 마스크를 도시하는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 학습 네트워크를 도시하는 도면이다.

도 7은 컨벌루션 및 디컨벌루션을 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 기계 학습을 이용한 다중시기 측부혈류 영상 생성 장치를 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 기계 학습을 이용한 다중시기 측부혈류 영상 생성 방법을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0022] 다중시기 측부혈류 영상이란, 동맥기(artery phase), 모세혈관기(capillary phase), 초기 및 후기 정맥기(early and late venous phase), 지연기(delayed phase)의 5가지의 혈류시기에 대한 영상을 말한다.

[0023] 뇌에 대한 다중시기 측부혈류 영상을 통해, 뇌졸중과 같은 뇌혈관 질환을 진단하거나 수술 이후의 예후를 판단해볼 수 있는데, 다중시기 측부혈류 영상은 MRI(Magnetic Resonance Imaging) 장치를 통해 얻어진 환자의 두부에 대한 영상을 후처리하여 얻어질 수 있다. 그런데 이러한 후처리는, 일반적으로 임상 전문의가 경험에 기반하여 MRI 영상을 조작하는 방식으로 이루어진다. 즉, 임상 전문가가 컴퓨터를 직접 조작하여, 이미 생성된 MRI 영상으로부터 다중시기 측부혈류 영상을 생성한다.

[0024] 따라서, 다중시기 측부혈류 영상의 생성에 많은 시간이 소요되며, 다중시기 측부혈류 영상을 해석하는데 객관성이 떨어질 수 있다. 특히 급성 뇌혈관 질환이 발생한 급박한 상황에서는, 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위해 소요되는 시간이, 매우 치명적일 수 있다.

[0025] 이에 본 발명은 기계 학습을 이용하여 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 방법과 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법을 제안한다. 본 발명은 기계 학습 기반으로, 사람의 두부, 즉 머리에 대한 MRI 영상을 이용하여, 뇌에 대한 다중시기 측부혈류 영상을 예측함으로써, 보다 빠르게 다중시기 측부혈류 영상을 생성할 수 있다.

[0026] 본 발명에 따른 영상 생성 방법과 학습 방법은 프로세서를 포함하는 컴퓨팅 장치에서 수행될 수 있으며, 실시예에 따라서 별도의 영상 생성 장치와 학습 장치에서 수행될 수 있다. 물론, 동일한 컴퓨팅 장치에서 영상 생성 방법과 학습 방법이 수행될 수도 있으며, MRI 장치에서 다중시기 측부혈류 영상 생성 방법이 생성될 수도 있다.

[0027] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0029] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 장치의 블록도이다.

[0030] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 학습 장치는 데이터 수신부(110), 브레인 마스크 생성부(120), 전처리부(130)

및 영상 학습부(140)를 포함한다.

[0031] 데이터 수신부(110)는 두부에 대한 MRI 영상 및 MRI 영상에 기반하여 생성된 다중시기 측부혈류 영상을 수신하며, 수신된 MRI 영상 및 수신된 MRI 영상에 대한 다중시기 측부혈류 영상은 학습을 위한 훈련 데이터이다. 학습을 위한 MRI 영상은 뇌혈관 질환을 가진 환자 뿐만 아니라, 정상인에 대한 MRI 영상도 포함된다.

[0032] MRI 영상은 MRI 장치로부터 제공될 수 있으며, 일실시예로서, DSC-MRP(Dynamic Susceptibility Contrast-Magnetic Resonance Perfusion) 영상 또는 4D MRA(Magnetic Resonance Angiography) 영상일 수 있다. 그리고 학습을 위한 다중시기 측부혈류 영상은 임상 전문의와 같은 전문가에 의해 생성될 수 있다.

[0033] 브레인 마스크 생성부(120)는 수신된 MRI 영상을 이용하여, 브레인 마스크(brain mask)를 생성한다. 두부에 대한 MRI 영상은, 뇌 뿐만 아니라, 두개골, 뇌척수액 등 두부를 구성하는 다양한 조직에 대한 영상인데, 뇌혈관 질환의 진단을 위해서는 뇌 이외 다른 조직에 대한 MRI 영상은 불필요하므로, MRI 영상에서 뇌에 대한 영상을 추출하기 위해 브레인 마스크를 생성한다.

[0034] 전처리부(130)는 브레인 마스크에 의해 마스킹된 MRI 영상 및 다중시기 측부혈류 영상을 생성한다. 마스킹된 MRI 영상 및 마스킹된 다중시기 측부혈류 영상은 수신된 MRI 영상 및 다중시기 측부혈류 영상에서 뇌영역을 제외한 나머지 부분이 필터링된 영상이다.

[0035] 영상 학습부(140)는 학습 네트워크를 이용하여, 마스킹된 MRI 영상에 대한 마스킹된 다중시기 측부혈류 영상을 학습한다.

[0037] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 다중시기 측부혈류 영상을 생성하기 위한 학습 방법을 설명하기 위한 도면이며, 도 3은 4D-MRA 영상을 설명하기 위한 도면이다. 도 2에서는 도 1의 학습 장치에서 수행되는 학습 방법이 일실시예로서 설명된다.

[0038] 본 발명에 따른 학습 장치는 훈련 데이터인 두부에 대한 MRI 영상 및 MRI 영상에 기반하여 생성된 다중시기 측부혈류 영상을 입력받고(S210), 입력된 MRI 영상을 이용하여, 브레인 마스크를 생성(S220)한다. 그리고 브레인 마스크에 의해 마스킹된 MRI 영상 및 다중시기 측부혈류 영상을 생성(S230)하며, 학습 네트워크를 이용하여, 마스킹된 MRI 영상에 대한 마스킹된 다중시기 측부혈류 영상을 학습(S240)한다.

[0039] 도 2에서 이용되는 MRI 영상은 MRI 영상은 두부의 미리 설정된 위치에 대해, 시간의 흐름에 따라 생성된 복수의 MRI 영상으로서, 4차원 영상이다. DSC-MRP 영상이나, 4D-MRA 영상은 두부, 즉 뇌의 미리 설정된 위치(slice)별로 시간의 흐름에 따라 생성된 복수의 영상으로 구성된다.

[0040] 도 3을 참조하면, 예를 들어, 뇌의 특정 위치(310)에서 시간의 흐름에 따라 촬영된 영상이 제1영상(311)을 포함해 60장일 경우, 60장의 영상으로부터 5장의 다중시기 측부혈류 영상이 만들어질 수 있다. 그리고 학습 장치는 60장의 마스킹된 MRI 영상에 대한, 5장의 마스킹된 다중시기 측부혈류 영상을 학습한다. 60장의 마스킹된 MRI 영상이 학습 네트워크의 입력 영상이 되며, 마스킹된 5장의 다중시기 측부혈류 영상이 학습 네트워크에 대한 레이블(lable)로 주어진다.

[0041] 본 발명에 다른 학습 네트워크는 3차원 심층 회귀 신경망(3D Deep Regression Neural Network)로서, 컨벌루션(convolution)을 통해 마스킹된 MRI 영상에 대한 피처맵을 생성하는 인코딩 레이어 및 디컨벌루션(deconvolution)을 통해 피처맵의 사이즈를 확대시키는 디코딩 레이어를 포함한다. 인코딩 레이어는 학습 과정에서 마스킹된 MRI 영상의 특징값을 추출하는 역할을 하며, 디코딩 레이어는 후술되는 영상 생성 과정, 즉 다중시기 측부혈류 영상의 예측 과정에서, 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 역할을 수행한다.

[0042] 학습 네트워크에 대한 입력 영상과 레이블 사이의 관계에 따라서, 컨벌루션 및 디컨벌루션에 이용되는 필터의 가중치가 학습될 수 있으며, 따라서, 학습 네트워크로 입력되는 타겟 영상에 대한 다중시기 측부혈류 영상이 예측될 수 있다.

[0043] 한편, 도 2에서는 브레인 마스크를 이용하는 실시예가 설명되었으나, 실시예에 따라서는 브레인 마스크를 이용하지 않고 학습이 이루어질 수 있다. 즉, 단계 S240에서 학습 장치는 학습 네트워크를 이용하여, 입력된 MRI 영상에 대한 입력된 다중시기 측부혈류 영상을 학습할 수 있다.

[0045] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 브레인 마스크를 생성하는 방법을 설명하는 도면이며, 도 5는 MRI 영상과 브레인 마스크를 도시하는 도면이다.

[0046] 본 발명에 따른 학습 장치는 두부의 미리 설정된 위치에 대해, 시간의 흐름에 따라 생성된 복수의 MRI 영상을 합한다(S410). 예컨대, 도 3과 같이 60장의 MRI 영상이 생성되는 경우, 학습 장치는 60장의 MRI 영상을 모두 합한다. 여기서 합한다는 것은 서로 다른 MRI 영상의 동일 위치의 화소에 대한 화소값을 더한다는 것을 의미한다.

[0047] 그리고 합해진 MRI 영상의 화소값을 미리 설정된 범위로 정규화(S420)한다. 일예로서 학습 장치는, 0에서 1 사이로 화소값을 정규화할 수 있다.

[0048] 그리고 학습 장치는 정규화된 화소값 중 임계값 이상의 화소값을 이용하여, 브레인 마스크를 생성(S430)한다. 브레인 마스크는 MRI 영상과 동일한 사이즈이며, MRI 영상에서 정규화된 화소값 중 임계값 이상의 화소값이 위치하는 영역을, 뇌가 위치하는 영역으로 추출시키는 마스크이다.

[0049] 한편, 임계값 이상의 화소값을 취하는 과정에서, 아티팩트(artifact) 등에 의해 브레인 마스크의 형상이 실제 뇌의 형상과 달라질 수 있으므로, 학습 장치는 다양한 모폴로지 연산(closing, erosion, dilation) 을 통해 브레인 마스크를 생성할 수 있다.

[0050] 도 5(b)는 도 5(a)에 도시된 MRI 영상에 대한 브레인 마스크를 나타내며, 도 5(c)는 마스킹된 MRI 영상을 나타낸다. 도 5(a)의 MRI 영상과 비교하여, 도 5(c)의 영상은 뇌 부분만 포함되어 있음을 확인할 수 있다.

[0051] 본 발명에 따르면, 브레인 마스크를 이용하여 뇌에 대한 MRI 영상에 대해서만 학습을 수행하므로, 학습 속도가 향상될 수 있다.

[0053] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 학습 네트워크를 도시하는 도면으로서, 도 6에는 60장의 MRI 영상(611)에 대한 5장의 다중시기 측부혈류 영상(621)을 학습하는 네트워크가 일예로서 도시되어 있다.

[0054] 인코딩 레이어(610)는 입력 영상인 60장의 MRI 영상에 대해 컨벌루션을 수행하여 피쳐맵을 생성한다. 인코딩 레이어(610)는 하나의 계층을 차후의 모든 계층에 연결하여, 특징정보의 재사용과, 특징정보와 그래디언트(gradient)의 원할한 흐름을 촉진하는 DenseNet(Densely Connected Convolutional Networks) 구조로 이루어질 수 있다.

[0055] 디코딩 레이어(620)는 디컨벌루션을 통해 피쳐맵의 사이즈를 입력 영상의 사이즈만큼 확대시킨다. 디코딩 레이어(620)를 통해, 훈련 데이터의 사이즈에 대응되는 다중시기 측부혈류 영상이 예측될 수 있다.

[0056] 컨벌루션 및 디컨벌루션에 이용되는 필터의 사이즈나, 각 레이어의 세부 구성은 실시예에 따라서 달라질 수 있으며, 활성화 함수 역시 Tanh 외에 다른 활성화 함수가 이용될 수 있다.

[0057] 본 발명에 따른 학습 장치는 기계 학습에 이용되는 최적화 알고리즘 중에서 ADAM을 이용할 수 있으며, Yuxin Wu와 Kaiming He에 의해 최근 공개된 group normalization을 이용하여 작은 batch 크기에서도 효율적인 학습을 유도할 수 있다.

[0058] 한편, 본 발명에 따른 학습 장치는 학습 효율을 높이기 위해, 다중시기 측부혈류 영상의 화소값별 빈도수에 따라서, 학습에 이용되는 필터의 가중치를 조절하여 마스킹된 다중시기 측부혈류 영상을 학습할 수 있다. 실시예에 따라서, 학습 장치는 5장의 다중시기 측부혈류 영상 전체를 대상으로 화소값별 빈도수를 계산한 후 학습을 수행하거나, 5장의 다중시기 측부혈류 영상 각각의 화소값별 빈도수를 계산한 후 학습을 수행할 수 있다.

[0059] 레이블로 주어지는 다중시기 측부혈류 영상은, 화소값이 일정 범위 예컨대 -0.9에서 0.9 사이로 정규화된 영상일 수 있는데, 다중시기 측부혈류 영상의 화소 각각의 화소값이 특정 화소값에 집중된 경우, 즉, 화소 각각의 화소값 중에서, 특정 화소값이 상대적으로 많은 경우, 특정 화소값에 대한 가중치가 커져 학습 효율이 떨어질 수 있다. 이에 본 발명에 따른 학습 장치는 다중시기 측부혈류 영상의 화소값 크기의 분포 패턴에 따라서, 가중치 벡터를 생성하여, 정규화(Regularization)를 수행함으로써, 학습 효율을 높일 수 있다. 정규화 방법으로 기계 학습에 이용되는 L2 정규화 또는 L1 정규화가 이용될 수 있다.

[0060] 가중치 벡터를 생성하기 위해, 학습 장치는 다중시기 측부혈류 영상의 화소값을 미리 설정된 개수만큼의 빈(bin)으로 구분하여 히스토그램을 생성하고, 미리 설정된 범위로 정규화한다. 히스토그램의 빈은 특정 화소값에 대응되며, 다중시기 측부혈류 영상의 특정 화소값의 빈도수 정보를 포함한다. 학습 장치는 히스토그램을 이용하

여, 각 빈에 대응되는 화소값의 빈도수의 역수에 로그를 취하여, 다중시기 측부혈류 영상의 화소값에 대한 가중치 벡터를 생성할 수 있다.

[0061] 빈도수의 역수를 이용하여 가중치 벡터를 생성하기 때문에, 정규화에 의해, 빈도수가 높은 화소값에 대해 가중치가 높아지는 현상이 방지될 수 있고, 학습 효율이 증가할 수 있다.

[0063] 도 7은 컨벌루션 및 디컨벌루션을 설명하기 위한 도면이다.

[0064] 도 7을 참조하면, 도 7(a)는 컨벌루션을 통해 피쳐맵이 생성되는 과정을 설명하기 위한 도면이며, 도 7(b)는 디컨벌루션을 통해 피쳐맵의 사이즈가 확대되는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

[0065] 도 7(a)에서, 학습 네트워크에 대한 입력 영상(710)의 사이즈는 3x3이며, 컨벌루션에 이용되는 필터(720)의 사이즈는 2x2이다. 입력 영상(710)에 기재된 숫자는 픽셀값을 나타내며 필터(720)에 기재된 숫자는 가중치를 나타낸다. 필터(720)는 레퍼런스 영상(710)에 대해 상하 좌우로 이동하며, 픽셀값과 가중치가 곱해진 후 더해져 피쳐맵(730)이 생성된다.

[0066] 도 7(b)에서 디컨벌루션에 이용되는 필터(740)의 사이즈는 2x2이다. 컨벌루션을 통해 생성된 피쳐맵(730)의 피쳐값 각각에 대해 필터(740)의 4개의 가중치가 곱해지면서 하나의 피쳐값이 4개의 피쳐값으로 확장(750)된다. 예컨대, 피쳐맵(730)의 피쳐값 5는 필터의 가중치 4, 3, 2, 1과 각각 곱해져, 20, 15, 10, 5로 확장된다. 이와 같이 확장된 피쳐값들이 더해져 3x3 크기의 피쳐맵(760)이 생성된다. 확장된 피쳐값을 나타내는 블록(750)에서 빗금친 부분은 서로 오버랩되어 더해지는 영역을 나타낸다. 예컨대, 디컨벌루션에 의해 생성된 피쳐맵(760)에서 가운데 피쳐값 35는, 확장된 피쳐값을 나타내는 블록(750)에서 5, 2, 12 및 16이 더해진 값이다. 실시예에 따라서, 디컨벌루션은 전술된 방법 이외에 패딩(padding) 등 다양한 방법으로 이루어질 수 있다.

[0068] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 기계 학습을 이용한 다중시기 측부혈류 영상 생성 장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0069] 본 발명에 따른 다중시기 측부혈류 영상 생성 장치는 영상 수신부(810), 학습 데이터 저장부(820) 및 영상 예측부(830)를 포함한다.

[0070] 영상 수신부(810)는 피검자의 두부에 대한 MRI 영상을 수신하며, 이러한 MIR 영상은 MRI 장치로부터 제공될 수 있다.

[0071] 학습 데이터 저장부(820)는 기계 학습을 통해 얻어진 학습 데이터를 저장하며, 일예로서 학습 네트워크와 같은 인공 신경망일 수 있다. 학습 네트워크는 도 2에서 설명된 바와 같이, 레퍼런스 MRI 영상에 대한 레퍼런스 다중시기 측부혈류 영상이 학습된 네트워크이다. 여기서, 레퍼런스는 학습에 이용된 훈련 데이터를 나타낸다.

[0072] 영상 예측부(830)는 학습 데이터 저장부(820)에 저장된 학습 네트워크를 이용하여, 수신된 MRI 영상에 대한 다중시기 측부혈류 영상을 생성한다.

[0074] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 기계 학습을 이용한 다중시기 측부혈류 영상 생성 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0075] 본 발명에 따른 다중시기 측부혈류 영상 생성 장치는 피검자의 두부에 대한 MRI 영상을 입력받고(S910), 학습 네트워크를 이용하여, 입력된 MRI 영상에 대한 다중시기 측부혈류 영상을 생성(S920)한다.

[0076] 학습 네트워크는 컨벌루션을 통해 입력된 MRI 영상에 대한 피쳐맵을 생성하는 인코딩 레이어 및 디컨벌루션을 통해 피쳐맵의 사이즈를 확대시켜, 다중시기 측부혈류 영상을 생성하는 디코딩 레이어를 포함한다.

[0077] 한편, 실시예에 따라서, 본 발명에 따른 다중시기 측부혈류 영상 생성 장치는 입력된 MRI 영상을 이용하여, 피검자에 대한 브레인 마스크를 생성하고, 브레인 마스크를 단계 S920에서 생성된 다중시기 측부혈류 영상에 적용할 수 있다. 브레인 마스크는 도 4에서 설명된 바와 같이 생성될 수 있다.

[0078] 본 발명에 따르면, 기계 학습을 통해 다중시기 측부혈류 영상을 예측함으로써, 보다 빠르게 다중시기 측부혈류 영상을 생성할 수 있으며, 뇌졸중과 같은 뇌혈관 질환의 진단 속도 역시 빨리 질 수 있다.

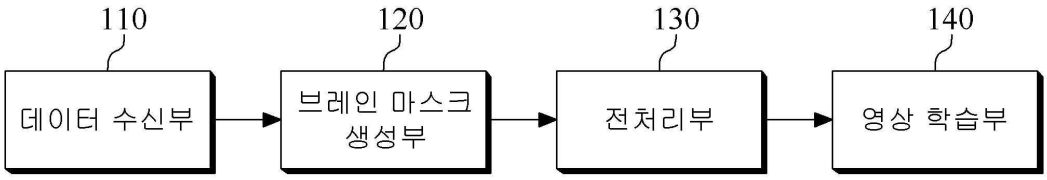
[0079] 또한 본 발명에 따르면, 전문가별로 서로 다를 수 있는 주관적인 판단없이 다중시기 측부혈류 영상을 생성함으로써, 다중시기 측부혈류 영상의 생성과 뇌혈관 질환의 진단이 보다 객관적으로 이루어질 수 있다.

[0081] 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.

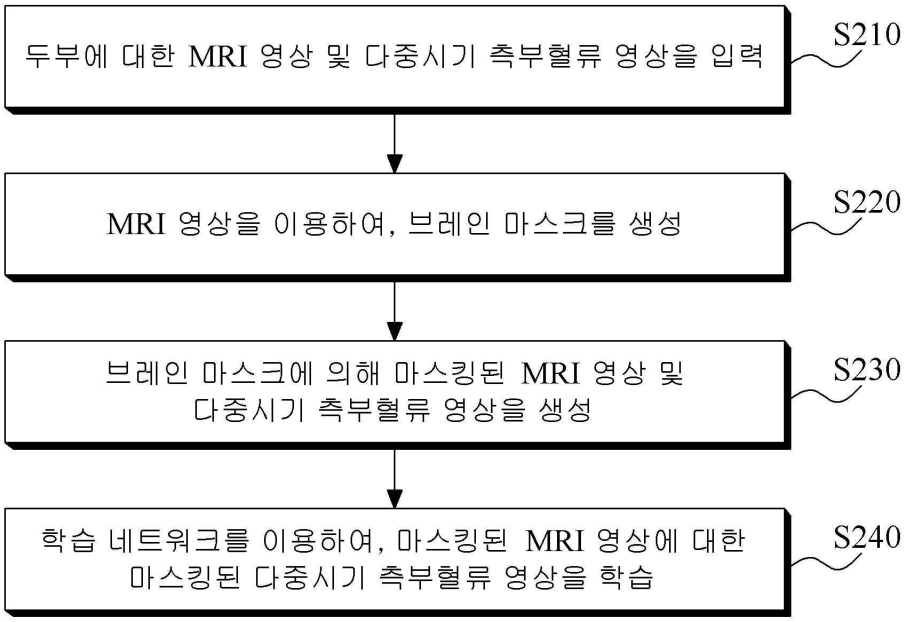
[0083] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

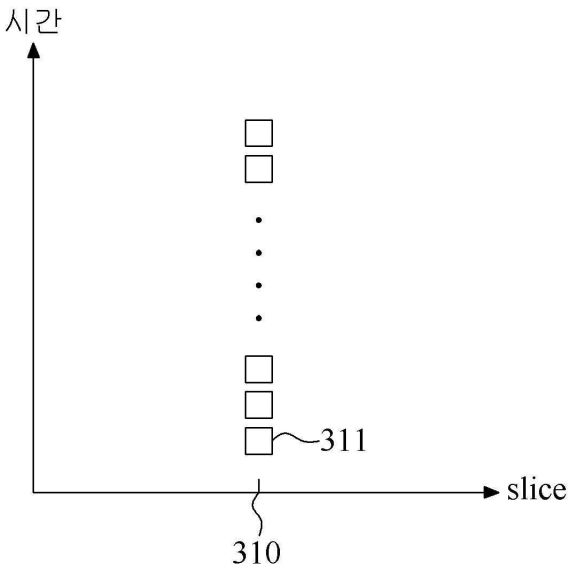
도면1



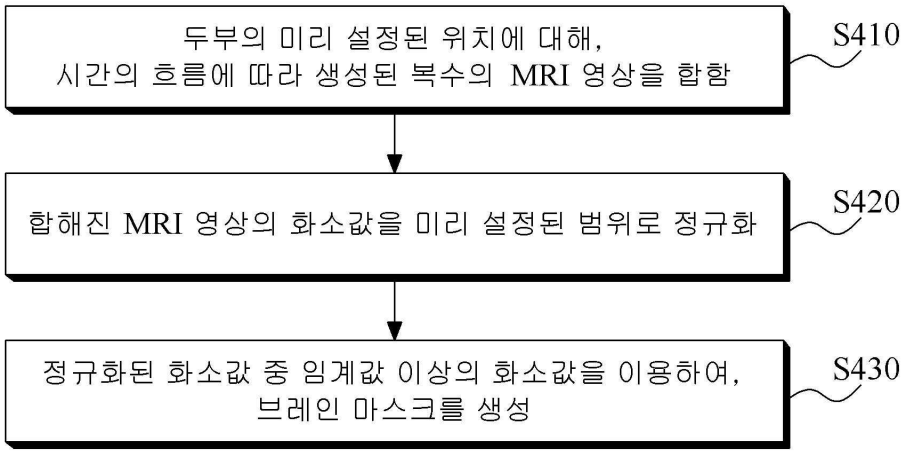
도면2


두부에 대한 MRI 영상 및 다중시기 측부혈류 영상을 입력
S210
MRI 영상을 이용하여, 브레인 마스크를 생성
S220
브레인 마스크에 의해 마스킹된 MRI 영상 및
다중시기 측부혈류 영상을 생성
S230
학습 네트워크를 이용하여, 마스킹된 MRI 영상에 대한
마스킹된 다중시기 측부혈류 영상을 학습
S240

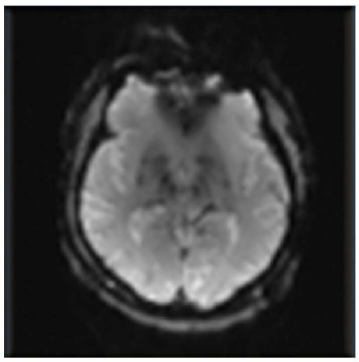
도면3


시간
311
slice
310

도면4


두부의 미리 설정된 위치에 대해,
시간의 흐름에 따라 생성된 복수의 MRI 영상을 합함
S410
합해진 MRI 영상의 화소값을 미리 설정된 범위로 정규화
S420
정규화된 화소값 중 임계값 이상의 화소값을 이용하여,
브레인 마스크를 생성
S430

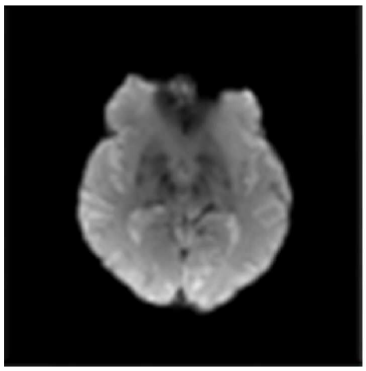
도면5



(a)

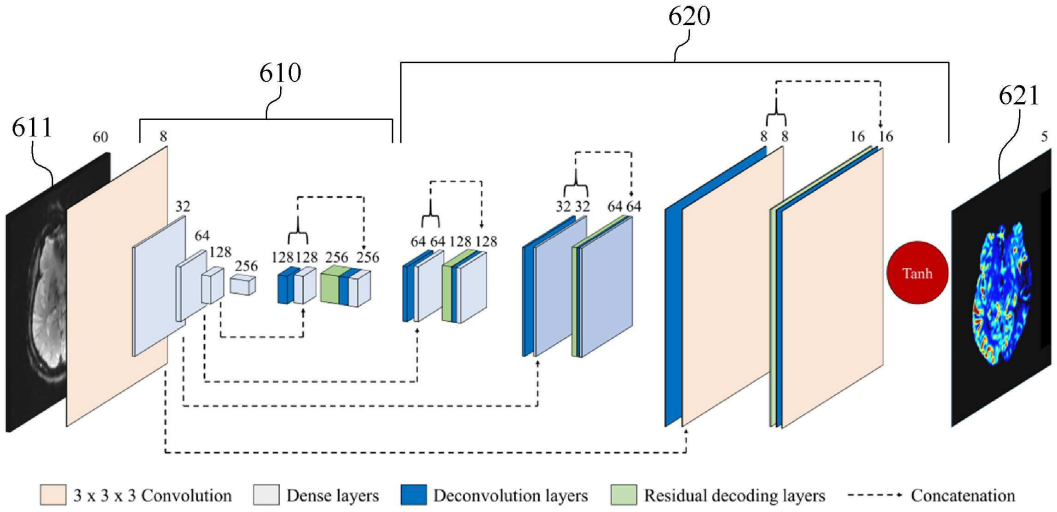


(b)

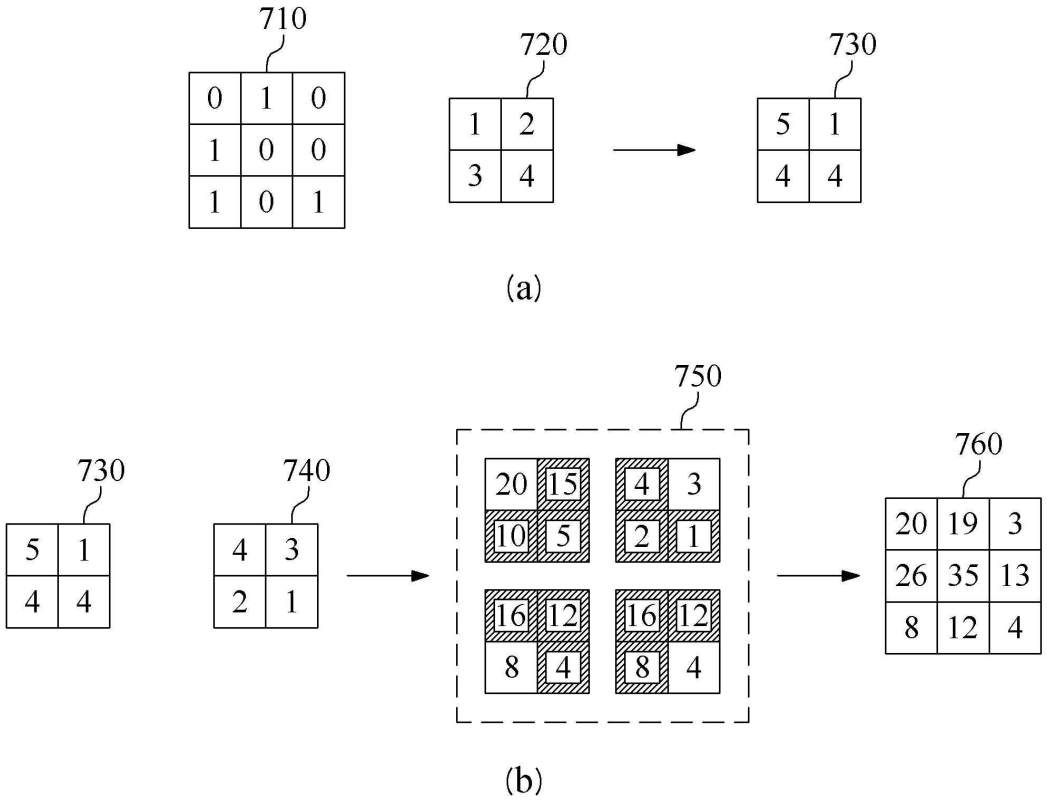


(c)

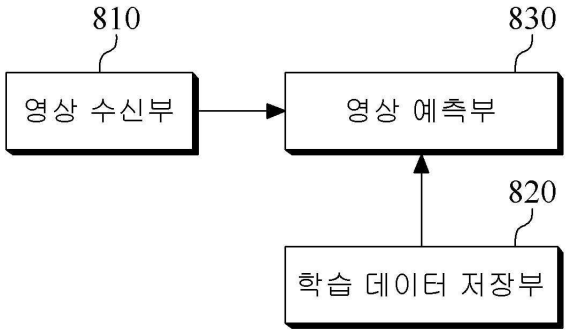
도면6


620
610
611
621
60
8
32
64
128
256
128 128
256 256
64 64
128 128
32 32
64 64
8 8
16 16
5
Tanh
3 x 3 x 3 Convolution
Dense layers
Deconvolution layers
Residual decoding layers
Concatenation

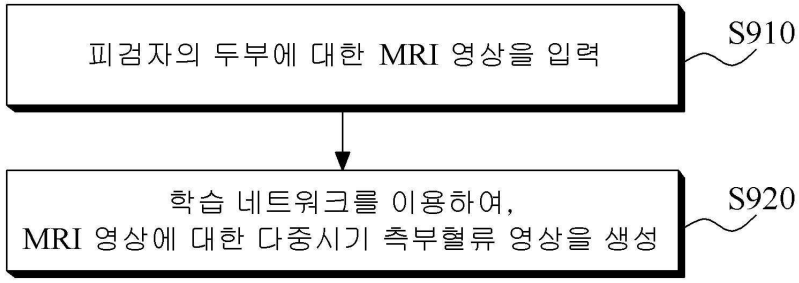
도면7


710
0 1 0
1 0 0
1 0 1
720
1 2
3 4
730
5 1
4 4
(a)
750
730
5 1
4 4
740
4 3
2 1
20 15
10 5
4 3
2 1
16 12
8 4
16 12
8 4
760
20 19 3
26 35 13
8 12 4
(b)

도면8


810
830
영상 수신부
영상 예측부
820
학습 데이터 저장부

도면9


피검자의 두부에 대한 MRI 영상을 입력
S910
학습 네트워크를 이용하여,
MRI 영상에 대한 다중시기 측부혈류 영상을 생성
S920