

【서지사항】**【서류명】** 특허출원서**【참조번호】** SDP20244397**【출원구분】** 특허출원**【출원인】****【명칭】** 연세대학교 산학협력단**【특허고객번호】** 2-2005-009509-9**【대리인】****【명칭】** 특허법인시공**【대리인번호】** 9-2023-100041-2**【지정된변리사】** 조예찬**【포괄위임등록번호】** 2023-059479-9**【발명의 국문명칭】** 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법 및 장치**【발명의 영문명칭】** TRI-AXIS BASED MULTIMODAL BRAIN TUMOR SEGMENTATION
METHOD AND APPARATUS**【발명자】****【성명】** 박상현**【성명의 영문표기】** SANGHYUN PARK**【주민등록번호】** 670101-1XXXXXX**【우편번호】** 08004**【주소】** 서울특별시 양천구 오목로 300, 204동 3701호**【발명자】**

【성명】 김현진

【성명의 영문표기】 HYUNJIN KIM

【주민등록번호】 990120-2XXXXXX

【우편번호】 04381

【주소】 서울특별시 용산구 이촌로34길 29, 104동 1501호

【발명자】

【성명】 조영완

【성명의 영문표기】 YOUNGWAN JO

【주민등록번호】 990312-1XXXXXX

【우편번호】 03726

【주소】 서울특별시 서대문구 성산로17길 5, 402호

【발명자】

【성명】 이효정

【성명의 영문표기】 HYOJEONG LEE

【주민등록번호】 970502-2XXXXXX

【우편번호】 04319

【주소】 서울특별시 용산구 백범로43길 8

【출원언어】 국어

【심사청구】 청구

【이 발명을 지원한 국가연구개발사업】

【과제고유번호】 1711198526

【과제번호】 00229822

【부처명】 과학기술정보통신부

【과제관리(전문)기관명】 한국연구재단

【연구사업명】 인공지능활용혁신신약발굴

【연구과제명】 난치성 질환 극복을 위한 인공지능 기반의 다중 약물 적응
증 최적화 플랫폼 개발 및 혁신신약 발굴

【과제수행기관명】 연세대학교

【연구기간】 2024.01.01 ~ 2024.12.31

【취지】 위와 같이 특허청장에게 제출합니다.

대리인 특허법인시공 (서명 또는 인)

【수수료】

【출원료】 0 면 46,000 원

【가산출원료】 49 면 0 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 13 항 829,000 원

【합계】 875,000원

【감면사유】 전담조직(50%감면)[1]

【감면후 수수료】 437,500 원

【발명의 설명】

【발명의 명칭】

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법 및 장치{TRI-AXIS BASED MULTIMODAL BRAIN TUMOR SEGMENTATION METHOD AND APPARATUS}

【기술분야】

【0001】 본 개시는 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법 및 장치에 관한 것으로, 구체적으로, 3D 영상 데이터에서 뇌종양에 대응하는 영역을 정밀하게 분할하기 위한 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법 및 장치에 관한 것이다.

【발명의 배경이 되는 기술】

【0002】 최근 인공지능 기술이 발전함에 따라 MRI 등의 3D 영상을 분석하여 환자의 조직학적 정보를 획득하기 위한 기술이 개발되고 있다. 특히, 인공지능 모델을 이용하여 3D 영상에서의 뇌종양을 검출하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다. 그러나, 종래의 기술들은 3D 영상의 3축 구조를 충분히 활용하지 못하고 단편적인 정보만을 활용하고 있어, 3D 영상에서 뇌종양을 정밀하게 검출하지 못하는 문제가 있다.

【발명의 내용】

【해결하고자 하는 과제】

【0003】 본 개시는 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법, 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램, 컴퓨터

프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능 매체 및 장치(시스템)를 제공한다.

【과제의 해결 수단】

【0004】 본 개시는 방법, 장치(시스템), 컴퓨터 판독 가능 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램 또는 컴퓨터 프로그램이 저장된 컴퓨터 판독 가능 매체를 포함한 다양한 방식으로 구현될 수 있다.

【0005】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치는, 뇌를 촬영한 3D 영상 데이터를 기초로 제1 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제1 특징맵을 생성하는 제1 3축 채널 감소 모듈, 3D 영상 데이터를 기초로 제2 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제2 특징맵을 생성하는 제2 3축 채널 감소 모듈, 제1 특징맵 및 제2 특징맵을 기초로 뇌종양과 연관된 상황 정보를 포함하는 상황 특징맵을 생성하는 다중 규모 상황별 융합 모듈 및 생성된 상황 특징맵을 기초로 축 어텐션 및 역방향 어텐션을 수행하여 뇌종양의 경계를 포함하는 정제 특징맵을 생성하는 3D 축 역방향 어텐션 모듈을 포함한다.

【0006】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 적어도 하나의 콘볼루션 블록을 기초로 3D 영상 데이터의 의미론적 특징을 추출하여 제1 3축 채널 감소 모듈 및 제2 3축 채널 감소 모듈에 제공하는 인코더를 더 포함한다.

【0007】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 제1 3축 채널 감소 모듈은, 제1 분기를 통해 3D 영상 데이터의 전역 특징을 추출하고, 제2 분기를 통해 축 방향 평면

에 대응하는 제1 커널 사이즈에 기초하여 3D 영상 데이터의 축 방향 특징을 추출하고, 제3 분기를 통해 관상 방향 평면에 대응하는 제2 커널 사이즈에 기초하여 3D 영상 데이터의 관상 방향 특징을 추출하고, 제4 분기를 통해 시상 방향 평면에 대응하는 제3 커널 사이즈에 기초하여 3D 영상 데이터의 시상 방향 특징을 추출한다.

【0008】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 제1 3축 채널 감소 모듈은, 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 채널 방향으로 연결한 채널 정보를 SE 블록에 제공하여 중요 특징 정보를 추출한다.

【0009】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 제1 3축 채널 감소 모듈은, 추출된 중요 특징 정보와 추출된 전역 특징을 결합하여 제1 특징맵을 생성한다.

【0010】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 제1 특징맵과 제2 특징맵을 병렬 연결하여 전역 특징맵을 생성하는 부분 디코더를 더 포함한다.

【0011】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 제1 특징맵의 해상도와 대응하도록 제2 특징맵의 해상도를 스케일링하여 다중 규모 상황별 융합 모듈에 제공하는 다중 해상도 융합 모듈을 더 포함한다.

【0012】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 다중 규모 상황별 융합 모듈은, 아트리스 공간 피라미드 풀링 및 상황별 특징 피라미드를 이용하여 상황 특징맵을 생성한다.

【0013】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 3D 축 역방향 주의 모듈은, 상황 특징맵을 기초로 축 방향에 대응하는 1차 축 어텐션을 수행하고, 관상 방향에 대응하

는 2차 축 어텐션을 수행하고, 시상 방향에 대응하는 3차 축 어텐션을 수행하여 제 1 어텐션 맵을 생성한다.

【0014】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 3D 축 역방향 주의 모듈은, 전역 특징맵 상에 업스케일링 및 활성화 함수를 적용하여 생성된 활성화 값을 단일 행렬에서 감산하여 제2 어텐션 맵을 생성한다.

【0015】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 3D 축 역방향 주의 모듈은, 제1 어텐션 맵 및 제2 어텐션 맵에 대한 요소별 곱셈을 수행하여 정제 특징맵을 생성한다.

【0016】 본 개시의 일 실시예에 따르면, 적어도 하나의 프로세서에 의해 수행되는 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법은, 뇌를 촬영한 3D 영상 데이터를 기초로 제1 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제1 특징맵을 생성하는 단계, 3D 영상 데이터를 기초로 제2 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제2 특징맵을 생성하는 단계, 제1 특징맵 및 제2 특징맵을 기초로 뇌종양과 연관된 상황 정보를 포함하는 상황 특징맵을 생성하는 단계 및 생성된 상황 특징맵을 기초로 축 어텐션 및 역방향 어텐션을 수행하여 뇌종양의 경계를 포함하는 정제 특징맵을 생성하는 단계를 포함한다.

【0017】 본 개시의 일 실시예에 따른 상술된 방법을 컴퓨터에서 실행하기 위해 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램이 제공된다.

【발명의 효과】

【0018】 본 개시의 다양한 실시예에서 멀티모달 뇌종양 분할 장치는 각각의 모듈의 처리 과정에 의해 생성되는 정제 특징맵을 이용하여 3D 영상 데이터에 포함된 뇌종양의 영역과 경계를 보다 정밀하게 특정할 수 있다.

【0019】 본 개시의 다양한 실시예에서 각각의 이점이 상이한 4개의 모달리티 영상을 조합하여 이용하여, 멀티모달 뇌종양 분할 장치는 다양한 조직병리학적 매개변수를 포착하여 뇌종양 분할에 활용할 수 있다.

【0020】 본 개시의 다양한 실시예에서 멀티모달 뇌종양 분할 장치는 3개의 서로 다른 방향에서 3D 영상 데이터의 특징을 추출하고, 이와 같이 추출된 특징을 종합적으로 활용하여 뇌종양의 영역을 정밀하게 검출할 수 있다.

【도면의 간단한 설명】

【0021】 본 개시의 실시예들은, 이하 설명하는 첨부 도면들을 참조하여 설명될 것이며, 여기서 유사한 참조 번호는 유사한 요소들을 나타내지만, 이에 한정되지는 않는다.

도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치의 구성을 나타내는 개략도이다.

도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 3D 영상 데이터의 예시를 나타내는 이미지이다.

도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 3축 채널 감소 모듈의 연결 구조를 나타

내는 예시적인 블록도이다.

도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 3축 채널 감소 모듈이 특징맵을 생성하는 과정을 나타내는 예시적인 도면이다.

도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 각각의 방향에서 뇌종양에 대응하는 영역을 시각화한 3D 영상 데이터의 예시를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 개시의 일 실시예에 따른 다중 해상도 융합 모듈 및 다중 규모 상황별 융합 모듈의 연결 구조를 나타내는 예시적인 블록도이다.

도 7은 본 개시의 일 실시예에 따른 다중 규모 상황별 융합 모듈이 상황 특징맵을 생성하는 과정을 나타내는 예시적인 도면이다.

도 8은 본 개시의 일 실시예에 따른 3D 축 역방향 어텐션 모듈의 연결 구조를 나타내는 예시적인 블록도이다.

도 9는 본 개시의 일 실시예에 따른 3D 축 역방향 어텐션 모듈이 정제 특징맵을 생성하는 과정을 나타내는 예시적인 도면이다.

도 10은 본 개시의 일 실시예에 따른 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법의 예시를 나타내는 흐름도이다.

도 11은 본 개시의 일 실시예에 따른 컴퓨팅 장치의 내부 구성을 나타내는 블록도이다.

【발명을 실시하기 위한 구체적인 내용】

【0022】 이하, 본 개시의 실시를 위한 구체적인 내용을 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 다만, 이하의 설명에서는 본 개시의 요지를 불필요하게 흐릴 우려가 있는 경우, 널리 알려진 기능이나 구성에 관한 구체적 설명은 생략하기로 한다.

【0023】 첨부된 도면에서, 동일하거나 대응하는 구성요소에는 동일한 참조부호가 부여되어 있다. 또한, 이하의 실시예들의 설명에 있어서, 동일하거나 대응되는 구성요소를 중복하여 기술하는 것이 생략될 수 있다. 그러나, 구성요소에 관한 기술이 생략되어도, 그러한 구성요소가 어떤 실시예에 포함되지 않는 것으로 의도되지는 않는다.

【0024】 개시된 실시예의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명이 완전하도록 하고, 본 발명이 통상의 기술자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것일 뿐이다.

【0025】 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 개시된 실시예에 대해 구체적으로 설명하기로 한다. 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 관련 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있

으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서, 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 개시의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

【0026】 본 명세서에서의 단수의 표현은 문맥상 명백하게 단수인 것으로 특정하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한, 복수의 표현은 문맥상 명백하게 복수인 것으로 특정하지 않는 한, 단수의 표현을 포함한다. 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 포함한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다.

【0027】 본 개시에서, "포함하다", "포함하는" 등의 용어는 특징들, 단계들, 동작들, 요소들 및/또는 구성 요소들이 존재하는 것을 나타낼 수 있으나, 이러한 용어가 하나 이상의 다른 기능들, 단계들, 동작들, 요소들, 구성 요소들 및/또는 이들의 조합이 추가되는 것을 배제하지는 않는다.

【0028】 본 개시에서, 특정 구성 요소가 임의의 다른 구성 요소에 "결합", "조합", "연결" 되거나, "반응" 하는 것으로 언급된 경우, 특정 구성 요소는 다른 구성 요소에 직접 결합, 조합 및/또는 연결되거나, 반응할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 특정 구성 요소와 다른 구성 요소 사이에 하나 이상의 중간 구성 요소가 존재할 수 있다. 또한, 본 발명에서 "및/또는"은 열거된 하나 이상의 항목의 각각 또는 하나 이상의 항목의 적어도 일부의 조합을 포함할 수 있다.

【0029】 본 개시에서, "제1", "제2" 등의 용어는 특정 구성 요소를 다른 구

성 요소와 구별하기 위해 사용되는 것으로, 이러한 용어에 의해 상술된 구성 요소가 제한되진 않는다. 예를 들어, "제1" 구성 요소는 "제2" 구성 요소와 동일하거나 유사한 형태의 요소일 수 있다.

【0030】 본 개시에서, "3D 영상 데이터"는 MRI(magnetic resonance imaging) 데이터로서, 복수의 모달리티(modality)를 가질 수 있다. 예를 들어, 3D 영상 데이터는 T1 강조 영상, T1ce 영상, T2 강조 영상, FLAIR 영상 등을 포함할 수 있다.

【0032】 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치(100)의 구성을 나타내는 개략도이다. 일 실시예에 따르면, 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치(100)는 뇌를 촬영한 3D 영상 데이터(102) 상에서 뇌종양에 대응하는 부위 및/또는 영역을 결정하고 분할하기 위한 장치를 지칭할 수 있다. 도시된 것과 같이, 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치(100)는 제1 3축 채널 감소 모듈(tri-axis channel reduction module; TACR)(110_1), 제2 3축 채널 감소 모듈(110_2), 다중 규모 상황별 융합 모듈(multiscale contextual fusion module; MSCF)(120), 3D 축 역방향 어텐션 모듈(3D axis reverse attention module; 3D ARA)(130) 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

【0033】 일 실시예에 따르면, 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치(100)는 뇌종양에 대응하는 부위 및/또는 영역을 정밀하게 분할하기 위해 3D 영상 데이터(102)를 3개의 방향을 기준으로 분석할 수 있다. 예를 들어, 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치(100)는 인체의 뇌를 상측과 하측으로 관통하는 축(axial) 방향,

좌측과 우측으로 관통하는 관상(coronal) 방향, 정면과 후면을 관통하는 시상(sagittal) 방향의 3개의 방향을 기준으로 분석하여 뇌종양에 대응하는 부위 및/또는 영역을 결정하거나 분석할 수 있다.

【0034】 일 실시예에 따르면, 제1 3축 채널 감소 모듈(110_1) 및/또는 제2 3축 채널 감소 모듈(110_2)은 3D 영상 데이터(102)의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 특징맵(feature map)을 생성할 수 있다. 예를 들어, 3D 영상 데이터(102)로부터 의미론적 특징(semantic feature)이 추출될 수 있으며, 제1 3축 채널 감소 모듈(110_1)과 제2 3축 채널 감소 모듈(110_2)은 서로 다른 해상도의 의미론적 특징을 입력받아 제1 특징맵 및 제2 특징맵을 생성할 수 있다. 즉, 이와 같이 생성된 제1 특징맵 및 제2 특징맵은 3D 영상 데이터(102)의 3축 기반의 특징 정보를 포함할 수 있으며, 상이한 해상도를 가질 수 있다.

【0035】 일 실시예에 따르면, 다중 규모 상황별 융합 모듈(120)은 제1 특징맵 및 제2 특징맵을 기초로 뇌종양과 연관된 상황 정보(contextual information)를 포함하는 상황 특징맵(contextual feature map)을 생성할 수 있다. 여기서, 상황 정보 및 상황 특징맵은 광범위한 수용 필드에서 추출되어 지역적 특징(local feature) 및 전역적 특징(global feature)을 모두 포함하는 특징 정보 및 특징맵을 지칭할 수 있다. 예를 들어, 다중 규모 상황별 융합 모듈(120)은 아트리스 공간 피라미드 풀링(atrous spatial pyramid pooling; ASPP) 및 상황별 특징 피라미드(contextual feature pyramid; CFP)이 결합된 하이브리드 방식을 이용하여 다양한 규모(scale)의 상황 정보를 포함하는 상황 특징맵을 생성할 수 있다.

【0036】 일 실시예에 따르면, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 뇌종양의 경계선을 효과적으로 인식하기 위해 축 어텐션(axis attention) 및 역방향 어텐션(reverse attention)을 수행하여 뇌종양의 경계를 포함하는 정제 특징맵(refined feature map)을 생성할 수 있다. 여기서, 축 어텐션은 3축 특징을 다시 한번 강조하기 위한 3축에 대응하는 3번의 어텐션 동작을 지칭할 수 있으며, 역방향 어텐션은 뇌종양의 경계를 구분하기 위해 단일 행렬 기반의 감산을 수행하는 어텐션 동작을 지칭할 수 있다. 즉, 축 어텐션 및 역방향 어텐션이 수행되는 경우, 3축 특징과 뇌종양의 경계를 강조하는 정제 특징맵이 생성될 수 있다.

【0037】 도 1에서는 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치(100)가 2개의 3축 채널 감소 모듈(110_1, 110_2), 하나의 다중 규모 상황별 융합 모듈(120) 및 하나의 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)을 포함하는 것으로 도시되었으나, 이는 각각의 모듈 구성의 기능을 설명하기 위한 것으로, 각 모듈 구성의 수는 상이하게 결정될 수 있다. 이와 같은 구성에 의해, 멀티모달 뇌종양 분할 장치(100)는 각각의 모듈의 처리 과정에 의해 생성되는 정제 특징맵을 이용하여 3D 영상 데이터(102)에 포함된 뇌종양의 영역과 경계를 보다 정밀하게 특정할 수 있다.

【0039】 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 3D 영상 데이터의 예시를 나타내는 이미지이다. 일 실시예에 따르면, 멀티모달 뇌종양 분할 장치(도 1의 100)의 입력으로 사용되는 3D 영상 데이터(도 1의 102)는 MRI 영상 데이터를 지칭할 수 있으며, 다양한 데이터 형식, 즉 모달리티(modality)를 가질 수 있다.

【0040】 도시된 예에서, 제1 이미지(210)는 T1 강조 영상을 지칭할 수 있다. 여기서, T1 강조 영상은 짧은 TR(예: 펄스 사이의 시간 간격을 나타내는 반복 시간)과 짧은 TE(예: 90도 펄스부터 신호발생 사이의 시간 간격을 나타내는 에코 시간)를 이용한 스핀에코(spin echo) 기법으로서 조직의 T1 이완 시간의 차이를 신호 차이로 반영한 영상을 지칭할 수 있다. 이와 같이, T1 강조 영상을 이용하는 경우 신호 강도가 높아 해부학적 구조물을 더욱 명확히 구별할 수 있는 이점이 있다. 또한, 제2 이미지(210)는 T1 강조 영상보다 종양 영역의 대조도를 증폭시킨 T1ce(T1 contrast enhanced) 영상을 지칭할 수 있다.

【0041】 추가적으로, 제3 이미지(230)는 T2 강조 영상을 지칭할 수 있다. 여기서, T2 강조 영상은 긴 TR과 긴 TE를 이용한 스핀에코 기법으로서 조직의 T2 이완 시간의 차이를 신호 차이로 반영한 이미지를 지칭할 수 있다. 이와 같이, T2 강조 영상을 이용하는 경우 물에 대한 명확한 구분이 가능하여, 물을 많이 함유하는 병적 조직을 더욱 명확히 구별할 수 있는 이점이 있다.

【0042】 또한, 제4 이미지(240)는 FLAIR(fluid attenuated inversion recovery) 영상을 지칭할 수 있다. 여기서, FLAIR 영상은 긴 T2 이완 시간과 뇌척수액의 신호 강도를 억제하여 뇌실질내 병변과 주위 뇌척수액과의 대조도를 증가시킨 영상을 지칭할 수 있다. 이와 같이, FLAIR 영상을 이용하는 경우 뇌실질의 병변을 진단하는데 유리한 이점이 있다.

【0043】 도 2에서 도시된 것과 같이, 3D 영상 데이터는 상술된 4개의 모달리티의 영상이 결합된 형태로 형성될 수 있다. 이와 같이 각각의 이점이 상이한 4개

의 모달리티 영상을 조합하여 이용하는 경우, 멀티모달 뇌종양 분할 장치는 다양한 조직병리학적 매개변수를 포착하여 뇌종양 분할에 활용할 수 있다.

【0045】 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 3축 채널 감소 모듈(110_1, 110_2, 110_3)의 연결 구조를 나타내는 예시적인 블록도이다. 상술된 것과 같이, 멀티모달 뇌종양 분할 장치(도 1의 100)는 뇌를 촬영한 3D 영상 데이터(102)를 기초로 제1 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제1 특징맵을 생성하고, 제2 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제2 특징맵을 생성할 수 있다.

【0046】 도시된 것과 같이, 멀티모달 뇌종양 분할 장치는 인코더(encoder)(310)를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 인코더(310)는 적어도 하나의 컨볼루션 블록(convolution block)을 포함할 수 있다. 즉, 3D 영상 데이터(102)가 인코더(310)에 제공되는 경우, 인코더(310)는 컨볼루션 블록을 기초로 3D 영상 데이터(102)의 의미론적 특징을 추출할 수 있다.

【0047】 일 실시예에 따르면, 인코더(310)에 의해 $\{f_i, i=1, \dots, 5\}$ 와 같은 다양한 레벨(level)의 의미론적 특징이 추출될 수 있다. 이와 같이 추출된 다양한 레벨의 의미론적 특징 중 $\{f_i, i=3, 4, 5\}$ 와 같은 상위 레벨의 의미론적 특징이 3축 채널 감소 모듈(110_1, 110_2, 110_3)에 제공될 수 있다. 예를 들어, 하위 레벨의 의미론적 특징은 상위 레벨의 의미론적 특징보다 큰 공간 해상도를 가지고 높은 리소스(resource)를 요구할 수 있으므로, 뇌종양 분류 성능을 위해 상위 레벨

의 의미론적 특징만이 활용될 수 있다.

【0048】 일 실시예에 따르면, 제1 해상도의 의미론적 특징(f_3)은 제1 3축 채널 감소 모듈(110_1)에 제공되고, 제2 해상도의 의미론적 특징(f_4)은 제2 3축 채널 감소 모듈(110_2)에 제공되고, 제3 해상도의 의미론적 특징(f_5)은 제3 3축 채널 감소 모듈(110_3)에 제공될 수 있다. 이 경우, 제1 3축 채널 감소 모듈(110_1)은 3축 방향의 특징을 포함하는 제1 특징맵을 생성하고, 제2 3축 채널 감소 모듈(110_2)은 3축 방향의 특징을 포함하는 제2 특징맵을 생성하고, 제3 3축 채널 감소 모듈(110_3)은 3축 방향의 특징을 포함하는 제3 특징맵을 생성할 수 있다.

【0049】 일 실시예에 따르면, 멀티모달 뇌종양 분할 장치는 부분 디코더(partial decoder)(320)를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 부분 디코더(320)는 3축 채널 감소 모듈(110_1, 110_2, 110_3)에 의해 생성된 특징맵들을 병렬 연결하여 전역 특징맵(global feature map)을 생성할 수 있다. 즉, 부분 디코더(320)는 상위 레벨의 특징맵들을 병렬 연결함으로써, 다운샘플링(downsampling) 과정에서 발생할 수 있는 정보 손실을 최소화하고 뇌종양의 모양, 위치 및 크기 등을 정밀하게 나타내는 전역 특징맵을 생성할 수 있다.

【0051】 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 3축 채널 감소 모듈(110)이 특징맵(412)을 생성하는 과정을 나타내는 예시적인 도면이다. 상술된 것과 같이, 3축 채널 감소 모듈(110)은 뇌를 촬영한 3D 영상 데이터(102)를 기초로 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 특징맵(412)을 생성할 수 있다. 예

를 들어, 3D 영상 데이터(102)는 인코더에 의해 의미론적 특징으로 변환되어 3축 채널 감소 모듈(110)에 제공될 수 있다.

【0052】 일 실시예에 따르면, 3축 채널 감소 모듈(110)은 복수의 분기를 통해 3축 방향의 특징을 추출하고 이를 결합하여 특징맵(412)을 생성할 수 있다. 예를 들어, 3축 채널 감소 모듈(110)은 제1 분기(402)를 통해 3D 영상 데이터(102)의 전역 특징을 추출하고, 제2 분기(404)를 통해 축 방향 평면에 대응하는 제1 커널 사이즈에 기초하여 3D 영상 데이터(102)의 축 방향 특징을 추출할 수 있다. 또한, 3축 채널 감소 모듈(110)은 제3 분기(406)를 통해 관상 방향 평면에 대응하는 제2 커널 사이즈에 기초하여 3D 영상 데이터(102)의 관상 방향 특징을 추출하고, 제4 분기(408)를 통해 시상 방향 평면에 대응하는 제3 커널 사이즈에 기초하여 3D 영상 데이터의 시상 방향 특징을 추출할 수 있다.

【0053】 일 실시예에 따르면, 제1 분기(402)의 경우, 3축 채널 감소 모듈(110)은 커널 사이즈(kernel size)가 각각 $k=1$ 및 $k=3$ 인 2개의 커널(kernel)을 이용하여 콘볼루션 연산을 수행할 수 있다. 이 경우, 3D 영상 데이터(102)의 광범위한 전역 특징이 추출될 수 있다. 또한, 제2 분기(404), 제3 분기(406) 및 제4 분기(408)의 경우, 3축 채널 감소 모듈(110)은 커널 사이즈가 각각 $k=1$ 및 $k=3$ 인 2개의 커널 이외에 각각의 3축 방향에 따른 특징을 추출하기 위한 추가적인 커널을 사용하여 3축 방향에 대응하는 특징을 추출할 수 있다.

【0054】 일 실시예에 따르면, 제2 분기(404)의 경우, 3축 채널 감소 모듈(110)은 $k=(3, 3, 1)$ 의 커널 사이즈(예: 제1 커널 사이즈)를 갖는 제1 커널을 이용

하여 축 방향 평면에 대응하는 축 방향 특징을 추출할 수 있다. 또한, 제3 분기(406)의 경우, 3축 채널 감소 모듈(110)은 $k=(1, 3, 3)$ 의 커널 사이즈(예: 제2 커널 사이즈)를 갖는 제2 커널을 이용하여 관상 방향 평면에 대응하는 관상 방향 특징을 추출할 수 있다. 마찬가지로, 제4 분기(408)의 경우, 3축 채널 감소 모듈(110)은 $k=(3, 1, 3)$ 의 커널 사이즈(예: 제3 커널 사이즈)를 갖는 제3 커널을 이용하여 시상 방향 평면에 대응하는 시상 방향 특징을 추출할 수 있다.

【0055】 일 실시예에 따르면, 추출된 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징은 채널 방향 연결(channel-wise concatenation)을 통해 결합되어 채널 정보를 형성할 수 있다. 이와 같이 형성된 채널 정보는 SE 블록(SE block)(410)에 제공될 수 있다. 여기서, SE 블록(410)은 획득된 채널 정보로부터 중요한 채널에 집중하기 위한 모듈을 지칭할 수 있으며, SE 블록(410)에 의해 중요 특징 정보가 추출될 수 있다. 그리고 나서, SE 블록(410)에 의해 추출된 중요 특징 정보와 제1 분기(402)를 통해 생성된 전역 특징이 결합되어 3축 방향 특징 및 전역 특징을 모두 반영한 특징맵(412)이 생성될 수 있다.

【0056】 추가적으로, 생성된 특징맵(412)은 3D 영상 데이터(102)로부터 추출된 초기의 의미론적 특징과 통합될 수 있다. 이와 같이 초기의 의미론적 특징을 결합하는 경우 정보 손실과 기울기 소실 문제가 효과적으로 방지될 수 있다. 또한, 3축 채널 감소 모듈(110)의 출력 채널 수가 줄어들어 모델의 복잡성이 감소될 수 있다.

【0057】 도 3에서는 3축 채널 감소 모듈(110)이 3개 존재하는 것으로 도시되었으나, 이에 한정되지 않으며, 3축 채널 감소 모듈(110)의 수는 선택적으로 변경될 수 있다. 또한, 도 4에서는 3D 영상 데이터(102)가 각각의 분기로 제공되는 것으로 도시되었으나, 3D 영상 데이터(102)로부터 추출된 의미론적 특징이 각각의 분기로 제공되는 것일 수 있다. 이와 같은 구성에 의해, 멀티모달 뇌종양 분할 장치는 3개의 서로 다른 방향에서 3D 영상 데이터(102)의 특징을 추출하고, 이와 같이 추출된 특징을 종합적으로 활용하여 뇌종양의 영역을 정밀하게 검출할 수 있다.

【0059】 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 각각의 방향에서 뇌종양에 대응하는 영역을 시각화한 3D 영상 데이터의 예시를 나타내는 도면이다. 도시된 예에서, 제1 이미지(510)는 축 방향에서 3D 영상 데이터를 바라보는 것을 시각화한 이미지를 나타내고, 제2 이미지(520)는 관상 방향에서 3D 영상 데이터를 바라보는 것을 시각화한 이미지를 나타내고, 제3 이미지(530)는 시상 방향에서 3D 영상 데이터를 바라보는 것을 시각화한 이미지를 나타낸다. 각각의 이미지에서 빨간색 영역은 괴사 및 비증강 종양(necrosis; NCR/non-enhancing tumor; NET)을 나타내고, 노란색 영역은 증강 종양(enhancing tumor; ET)을 나타내고, 초록색 영역은 부종(edema; ED)을 나타낼 수 있다.

【0060】 도시된 것과 같이, 뇌종양은 입체적으로 형성되는 것이어서, 각각의 방향에서 바라볼 때의 형상이 다르게 결정될 수 있다. 즉, 3D 평면 상에서의 뇌종양의 영역 및/또는 좌표를 정밀하게 결정하기 위해서는 3축 방향에서 입체적인 특

징을 추출하는 것이 필요할 수 있다. 따라서, 상술된 바와 같이 3축 채널 감소 모듈(110)에 의해 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징이 추출되는 경우 뇌종양의 영역이 정밀하게 검출될 수 있다.

【0062】 도 6은 본 개시의 일 실시예에 따른 다중 해상도 융합 모듈(610) 및 다중 규모 상황별 융합 모듈(120_1, 120_2, 120_3)의 연결 구조를 나타내는 예시적인 블록도이다. 상술된 것과 같이, 멀티모달 뇌종양 분할 장치(도 1의 100)는 3축 채널 감소 모듈로부터 생성된 특징맵들을 이용하여 뇌종양과 연관된 상황 정보를 포함하는 상황 특징맵을 생성할 수 있다.

【0063】 일 실시예에 따르면, 상황 정보를 추출하기 이전에, 제1 3축 채널 감소 모듈로부터 생성된 제1 특징맵, 제2 3축 채널 감소 모듈로부터 생성된 제2 특징맵 및 제3 3축 채널 감소 모듈로부터 생성된 제3 특징맵의 해상도를 일치시키기 위한 과정이 수행될 수 있다. 즉, 제1 특징맵 및 제2 특징맵 및 제3 특징맵의 해상도는 서로 상이할 수 있으며, 예를 들어, 제1 특징맵, 제2 특징맵 및 제3 특징맵의 순서로 해상도가 낮을 수 있다.

【0064】 일 실시예에 따르면, 다중 해상도 융합 모듈(multi resolution fusion module)(610)은 각각의 특징맵을 스케일링(scaling)하여 다중 규모 상황별 융합 모듈(120_1, 120_2, 120_3)에 제공할 수 있다. 예를 들어, 다중 해상도 융합 모듈(610)은 제1 특징맵의 제1 해상도에 대응하도록 제2 특징맵 및 제3 특징맵을 업스케일링(upsampling)할 수 있다. 이 경우, 제1 해상도를 갖는 제1 특징맵, 제2

특징맵 및 제3 특징맵이 연결되어 제1 다중 규모 상황별 융합 모듈(120_1)에 제공될 수 있다.

【0065】 추가적으로, 다중 해상도 융합 모듈(610)은 제2 특징맵의 제2 해상도에 대응하도록 제1 특징맵을 다운스케일링(downscaling)하고, 제3 특징맵을 업스케일링할 수 있다. 이 경우, 제2 해상도를 갖는 제1 특징맵, 제2 특징맵 및 제3 특징맵이 연결되어 제2 다중 규모 상황별 융합 모듈(120_2)에 제공될 수 있다. 또한, 다중 해상도 융합 모듈(610)은 제3 특징맵의 제3 해상도에 대응하도록 제1 특징맵 및 제2 특징맵을 다운스케일링할 수 있다. 이 경우, 제3 해상도를 갖는 제1 특징맵, 제2 특징맵 및 제3 특징맵이 연결되어 제3 다중 규모 상황별 융합 모듈(120_3)에 제공될 수 있다.

【0066】 일 실시예에 따르면, 제1 다중 규모 상황별 융합 모듈(120_1), 제2 다중 규모 상황별 융합 모듈(120_2) 및 제3 다중 규모 상황별 융합 모듈(120_3)은 서로 다른 해상도의 특징맵을 처리할 수 있다. 이와 같이 다양한 해상도로 특징맵을 처리하는 경우 다양한 공간 정보가 통합된 상황 정보가 생성될 수 있어 분할 성능이 향상될 수 있다.

【0068】 도 7은 본 개시의 일 실시예에 따른 다중 규모 상황별 융합 모듈(120)이 상황 특징맵(704)을 생성하는 과정을 나타내는 예시적인 도면이다. 상술된 것과 같이, 다중 규모 상황별 융합 모듈(120)은 특징맵(702)을 이용하여 뇌종양과 연관된 상황 정보를 포함하는 상황 특징맵을 생성할 수 있다. 예를 들어, 다중 규

모 상황별 융합 모듈(120)은 아트리스 공간 피라미드 풀링(atrous spatial pyramid pooling; ASPP)(710) 및 상황별 특징 피라미드(contextual feature pyramid; CFP)(720)를 이용하여 상황 특징맵(704)을 생성할 수 있다.

【0069】 일 실시예에 따르면, 아트리스 공간 피라미드 풀링(710) 및 상황별 특징 피라미드(720)는 필터 사이의 간격을 갖는 확장된 컨볼루션(dilated convolution)을 수행할 수 있다. 확장된 컨볼루션을 수행하는 경우, 수용 필드(receptive field)를 효과적으로 확장시킬 수 있으며, 연산 효율을 향상시킬 수 있다.

【0070】 일 실시예에 따르면, 아트리스 공간 피라미드 풀링(710)은 필터 사이의 간격을 갖는 복수의 필터의 아트리스 풀링 레이어(atrous pooling layer)를 병렬로 나열하여 아트리스 컨볼루션 연산을 수행할 수 있다. 예를 들어, 아트리스 공간 피라미드 풀링(710)은 $r_{ASPP} \in [1, 16, 12, 18]$ 의 팽창률(dilation rate)을 기초로 아트리스 컨볼루션 연산을 수행할 수 있다. 이와 같이 병렬 연결을 통해 아트리스 컨볼루션 연산을 수행하는 경우, 특징맵(702)의 공간적인 정보가 유지될 수 있으며, 필터가 커버할 수 있는 범위가 넓어져 상황 정보가 효과적으로 추출될 수 있다.

【0071】 또한, 상황별 특징 피라미드(720)는 점진적으로 필터 사이의 간격이 넓어지는 복수의 필터를 이용하여 컨볼루션 연산을 수행할 수 있다. 예를 들어, 상황별 특징 피라미드(720)는 $r_{CEP} \in [1, 2, 4]$ 의 팽창률을 기초로 컨볼루션 연산을 수

행할 수 있다. 이와 같이 점진적으로 크기가 증가하는 복수의 필터를 이용하여 콘볼루션 연산을 수행하는 경우, 상황 정보를 점진적으로 포착하여 다양한 스케일에서 공간 관계를 식별하는 성능이 향상될 수 있다.

【0072】 도 7에서는 아트리스 공간 피라미드 풀링(710) 및 상황별 특징 피라미드(720)가 특정 팽창률을 갖는 것으로 상술되었으나, 이에 한정되지 않으며, 팽창률은 다양한 값으로 변경될 수 있다. 이와 같은 구성에 의해, 다중 규모 상황별 융합 모듈(120)은 아트리스 공간 피라미드 풀링(710)과 상황별 특징 피라미드(720)가 결합된 네트워크를 이용함으로써 뇌종양 크기의 복잡성과 가변성을 효과적으로 인식할 수 있다.

【0074】 도 8은 본 개시의 일 실시예에 따른 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130_1, 130_2, 130_3)의 연결 구조를 나타내는 예시적인 블록도이다. 상술된 것과 같이, 멀티모달 뇌종양 분할 장치(도 1의 100)는 상황 특징맵을 기초로 축 어텐션(axis attention) 및 역방향 어텐션(reverse attention)을 수행하여 뇌종양의 경계를 포함하는 정제 특징맵을 생성할 수 있다.

【0075】 일 실시예에 따르면, 다중 규모 상황별 융합 모듈에 의해 생성된 상황 특징맵과 부분 디코더(320)에 의해 생성된 전역 특징맵이 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130_1, 130_2, 130_3)에 제공될 수 있다. 이 경우, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130_1, 130_2, 130_3)은 다운샘플링 중에 억제된 세부 정보를 강조하여 지역적으로 중요한 정보에 대한 집중도를 향상시킬 수 있다.

【0076】 일 실시예에 따르면, 부분 디코더(320)에 의해 생성된 전역 특징맵은 제3 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130_3)에 제공될 수 있다. 그리고 나서, 제3 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130_3)의 출력값은 제2 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130_2)에 제공되고, 다시 제2 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130_2)의 출력값은 제1 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130_1)에 순차적으로 제공될 수 있다. 이 때, 제1 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130_1)은 축 어텐션 및 역방향 어텐션을 수행하여 최종적인 정제 특징맵을 생성할 수 있다.

【0078】 도 9는 본 개시의 일 실시예에 따른 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)이 정제 특징맵(912)을 생성하는 과정을 나타내는 예시적인 도면이다. 상술된 것과 같이, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 상황 특징맵(704) 및 전역 특징맵(902)을 이용하여 뇌종양의 경계를 포함하는 정제 특징맵(912)을 생성할 수 있다. 예를 들어, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 상황 특징맵(704)에 대한 축 어텐션을 수행하고, 전역 특징맵(902)에 대한 역방향 어텐션을 수행하여 정제 특징맵(912)을 생성할 수 있다.

【0079】 일 실시예에 따르면, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 3차원에 걸쳐 어텐션 연산을 수행할 수 있다. 예를 들어, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 상황 특징맵(704)을 기초로 축 방향에 대응하는 1차 축 어텐션(910)을 수행하고, 관상 방향에 대응하는 2차 축 어텐션(920)을 수행하고, 시상 방향에 대응하는 3차 축 어텐션(930)을 수행하여 제1 어텐션 맵(906)을 생성할 수 있다. 이와 같이 각각

의 방향에서 어텐션 연산을 수행하는 경우, 공간 차원에 대한 정밀한 특징이 강조될 수 있다.

【0080】 일 실시예에 따르면, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 전역 특징맵(902)을 기초로 역방향 어텐션을 수행할 수 있다. 먼저, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 전역 특징맵(902)의 해상도를 향상시키기 위해 업스케일링을 수행할 수 있다. 그리고 나서, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 비선형 효과(non-linear effect)를 위한 활성화 함수(예: 시그모이드 활성화 함수)를 적용하여 활성화 값(904)을 생성할 수 있다. 활성화 값(904)이 생성되면, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 생성된 활성화 값(904)을 단일 행렬에서 감산하여 제2 어텐션 맵(908)을 생성할 수 있다. 이와 같이 단일 행렬에서 활성화 값(904)을 감산하는 경우, 뇌종양의 경계가 두드러진 제2 어텐션 맵(908)이 생성될 수 있다.

【0081】 일 실시예에 따르면, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 제1 어텐션 맵(906) 및 제2 어텐션 맵(908)에 대한 요소별 곱셈(element-wise multiplication)을 수행하여 정제 특징맵(912)을 생성할 수 있다. 즉, 이와 같이 생성되는 정제 특징맵(912)은 제1 어텐션 맵(906) 및 제2 어텐션 맵(908)의 특징을 모두 포함하고 있어 3축 특징 및 뇌종양의 경계를 효과적으로 포착하는데 유용할 수 있다. 이와 같은 구성에 의해, 3D 축 역방향 어텐션 모듈(130)은 3축에서 3D 영상 데이터를 분석하여 뇌종양의 일반적인 영역을 식별할 수 있을 뿐만 아니라, 뇌종양의 정확한 경계 및/또는 윤곽을 매핑(mapping)할 수 있다.

【0083】 도 10은 본 개시의 일 실시예에 따른 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법(1000)의 예시를 나타내는 흐름도이다. 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법(1000)은 프로세서(예를 들어, 컴퓨팅 장치의 적어도 하나의 프로세서)에 의해 수행될 수 있다. 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법(1000)은 프로세서가 뇌를 촬영한 3D 영상 데이터를 기초로 제1 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제1 특징맵 및 제2 특징맵을 생성함으로써 개시될 수 있다(S1010).

【0084】 일 실시예에 따르면, 프로세서는 적어도 하나의 콘볼루션 블록을 기초로 3D 영상 데이터의 의미론적 특징을 추출할 수 있다. 이와 같이 추출된 의미론적 특징은 특징맵을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 프로세서는 3D 영상 데이터의 전역 특징을 추출할 수 있다. 또한, 프로세서는 축 방향 평면에 대응하는 제1 커널 사이즈에 기초하여 3D 영상 데이터의 축 방향 특징을 추출하고, 관상 방향 평면에 대응하는 제2 커널 사이즈에 기초하여 3D 영상 데이터의 관상 방향 특징을 추출하고, 시상 방향 평면에 대응하는 제3 커널 사이즈에 기초하여 3D 영상 데이터의 시상 방향 특징을 추출할 수 있다.

【0085】 일 실시예에 따르면, 프로세서는 제1 특징맵 및 제2 특징맵을 기초로 뇌종양과 연관된 상황 정보를 포함하는 상황 특징맵을 생성할 수 있다(S1020). 먼저, 프로세서는 제1 특징맵의 해상도와 대응하도록 제2 특징맵의 해상도를 스케일링할 수 있다. 그리고 나서, 프로세서는 아트리스 공간 피라미드 풀링 및 상황별 특징 피라미드를 이용하여 상황 특징맵을 생성할 수 있다.

【0086】 일 실시예에 따르면, 프로세서는 생성된 상황 특징맵을 기초로 축 어텐션 및 역방향 어텐션을 수행하여 뇌종양의 경계를 포함하는 정제 특징맵을 생성할 수 있다(S1030). 예를 들어, 프로세서는 상황 특징맵을 기초로 축 방향에 대응하는 1차 축 어텐션을 수행하고, 관상 방향에 대응하는 2차 축 어텐션을 수행하고, 시상 방향에 대응하는 3차 축 어텐션을 수행하여 제1 어텐션 맵을 생성할 수 있다. 또한, 프로세서는 전역 특징맵 상에 업스케일링 및 활성화 함수를 적용하여 생성된 활성화 값을 단일 행렬에서 감산하여 제2 어텐션 맵을 생성할 수 있다. 그리고 나서, 프로세서는 제1 어텐션 맵 및 제2 어텐션 맵에 대한 요소별 곱셈을 수행하여 정제 특징맵을 생성할 수 있다. 이와 같이 생성된 정제 특징맵은 3D 영상 데이터에서 뇌종양 영역을 인식하거나 분할하기 위해 사용될 수 있다.

【0088】 도 11은 본 개시의 일 실시예에 따른 컴퓨팅 장치(1100)의 내부 구성을 나타내는 블록도이다. 일 실시예에 따르면, 컴퓨팅 장치(1100)는 상술된 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치를 포함할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨팅 장치(1100)는 메모리(1110), 프로세서(1120), 통신 모듈(1130) 및 입출력 인터페이스(1140)를 포함할 수 있으며, 도 11에 도시된 바와 같이, 컴퓨팅 장치(1100)는 통신 모듈(1130)을 이용하여 네트워크를 통해 정보 및/또는 데이터를 통신할 수 있도록 구성될 수 있다.

【0089】 메모리(1110)는 비-일시적인 임의의 컴퓨터 판독 가능한 기록매체를 포함할 수 있다. 일 실시예에 따르면, 메모리(1110)는 RAM(random access memory),

ROM(read only memory), 디스크 드라이브, SSD(solid state drive), 플래시 메모리(flash memory) 등과 같은 비소멸성 대용량 저장 장치(permanent mass storage device)를 포함할 수 있다. 다른 예로서, ROM, SSD, 플래시 메모리, 디스크 드라이브 등과 같은 비소멸성 대용량 저장 장치는 메모리와는 구분되는 별도의 영구 저장 장치로서 컴퓨팅 장치(1100)에 포함될 수 있다. 또한, 메모리(1110)에는 운영체제와 적어도 하나의 프로그램 코드가 저장될 수 있다.

【0090】 이러한 소프트웨어 구성요소들은 메모리(1110)와는 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체로부터 로딩될 수 있다. 이러한 별도의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체는 이러한 컴퓨팅 장치(1100)에 직접 연결가능한 기록 매체를 포함할 수 있는데, 예를 들어, 플로피 드라이브, 디스크, 테이프, DVD/CD-ROM 드라이브, 메모리 카드 등의 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체를 포함할 수 있다. 다른 예로서, 소프트웨어 구성요소들은 컴퓨터에서 판독 가능한 기록매체가 아닌 통신 모듈(1130)을 통해 메모리(1110)에 로딩될 수도 있다. 예를 들어, 적어도 하나의 프로그램은 개발자들 또는 애플리케이션의 설치 파일을 배포하는 파일 배포 시스템이 통신 모듈(1130)을 통해 제공하는 파일들에 의해 설치되는 컴퓨터 프로그램에 기반하여 메모리(1110)에 로딩될 수 있다.

【0091】 프로세서(1120)는 기본적인 산술, 로직 및 입출력 연산을 수행함으로써, 컴퓨터 프로그램의 명령을 처리하도록 구성될 수 있다. 명령은 메모리(1110) 또는 통신 모듈(1130)에 의해 다른 사용자 단말(미도시) 또는 다른 외부 시스템으로 제공될 수 있다.

【0092】 통신 모듈(1130)은 네트워크를 통해 사용자 단말(미도시)과 컴퓨팅 장치(1100)가 서로 통신하기 위한 구성 또는 기능을 제공할 수 있으며, 컴퓨팅 장치(1100)가 외부 시스템(일례로 별도의 클라우드 시스템 등)과 통신하기 위한 구성 또는 기능을 제공할 수 있다. 일례로, 컴퓨팅 장치(1100)의 프로세서(1120)의 제어에 따라 제공되는 제어 신호, 명령, 데이터 등이 통신 모듈(1130)과 네트워크를 거쳐 사용자 단말 및/또는 외부 시스템의 통신 모듈을 통해 사용자 단말 및/또는 외부 시스템으로 전송될 수 있다.

【0093】 또한, 컴퓨팅 장치(1100)의 입출력 인터페이스(1140)는 컴퓨팅 장치(1100)와 연결되거나 컴퓨팅 장치(1100)가 포함할 수 있는 입력 또는 출력을 위한 장치(미도시)와의 인터페이스를 위한 수단일 수 있다. 도 11에서는 입출력 인터페이스(1140)가 프로세서(1120)와 별도로 구성된 요소로서 도시되었으나, 이에 한정되지 않으며, 입출력 인터페이스(1140)가 프로세서(1120)에 포함되도록 구성될 수 있다. 컴퓨팅 장치(1100)는 도 11의 구성요소들보다 더 많은 구성요소들을 포함할 수 있다. 그러나, 대부분의 종래기술적 구성요소들을 명확하게 도시할 필요성은 없다.

【0094】 컴퓨팅 장치(1100)의 프로세서(1120)는 복수의 사용자 단말 및/또는 복수의 외부 시스템으로부터 수신된 정보 및/또는 데이터를 관리, 처리 및/또는 저장하도록 구성될 수 있다.

【0095】 상술된 방법 및/또는 다양한 실시예들은, 디지털 전자 회로, 컴퓨터 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 및/또는 이들의 조합으로 실현될 수 있다. 본 개시

의 다양한 실시예들은 데이터 처리 장치, 예를 들어, 프로그래밍 가능한 하나 이상의 프로세서 및/또는 하나 이상의 컴퓨팅 장치에 의해 실행되거나, 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체 및/또는 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램으로 구현될 수 있다. 상술된 컴퓨터 프로그램은 컴파일된 언어 또는 해석된 언어를 포함하여 임의의 형태의 프로그래밍 언어로 작성될 수 있으며, 독립 실행형 프로그램, 모듈, 서브 루틴 등의 임의의 형태로 배포될 수 있다. 컴퓨터 프로그램은 하나의 컴퓨팅 장치, 동일한 네트워크를 통해 연결된 복수의 컴퓨팅 장치 및/또는 복수의 상이한 네트워크를 통해 연결되도록 분산된 복수의 컴퓨팅 장치를 통해 배포될 수 있다.

【0096】 상술된 방법 및/또는 다양한 실시예들은, 입력 데이터를 기초로 동작하거나 출력 데이터를 생성함으로써, 임의의 기능, 함수 등을 처리, 저장 및/또는 관리하는 하나 이상의 컴퓨터 프로그램을 실행하도록 구성된 하나 이상의 프로세서에 의해 수행될 수 있다. 예를 들어, 본 개시의 방법 및/또는 다양한 실시예는 FPGA(Field Programmable Gate Array) 또는 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)과 같은 특수 목적 논리 회로에 의해 수행될 수 있으며, 본 개시의 방법 및/또는 실시예들을 수행하기 위한 장치 및/또는 시스템은 FPGA 또는 ASIC와 같은 특수 목적 논리 회로로서 구현될 수 있다.

【0097】 컴퓨터 프로그램을 실행하는 하나 이상의 프로세서는, 범용 목적 또는 특수 목적의 마이크로 프로세서 및/또는 임의의 종류의 디지털 컴퓨팅 장치의 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있다. 프로세서는 읽기 전용 메모리, 랜덤 액세스

스 메모리의 각각으로부터 명령 및/또는 데이터를 수신하거나, 읽기 전용 메모리와 랜덤 액세스 메모리로부터 명령 및/또는 데이터를 수신할 수 있다. 본 발명에서, 방법 및/또는 실시예들을 수행하는 컴퓨팅 장치의 구성 요소들은 명령어들을 실행하기 위한 하나 이상의 프로세서, 명령어들 및/또는 데이터를 저장하기 위한 하나 이상의 메모리 디바이스를 포함할 수 있다.

【0098】 일 실시예에 따르면, 컴퓨팅 장치는 데이터를 저장하기 위한 하나 이상의 대용량 저장 장치와 데이터를 주고받을 수 있다. 예를 들어, 컴퓨팅 장치는 자기 디스크(magnetic disc) 또는 광 디스크(optical disc)로부터 데이터를 수신하거나/수신하고, 자기 디스크 또는 광 디스크로 데이터를 전송할 수 있다. 컴퓨터 프로그램과 연관된 명령어들 및/또는 데이터를 저장하기에 적합한 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는, EPROM(Erasable Programmable Read-Only Memory), EEPROM(Electrically Erasable PROM), 플래시 메모리 장치 등의 반도체 메모리 장치를 포함하는 임의의 형태의 비 휘발성 메모리를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 컴퓨터 판독 가능한 저장 매체는 내부 하드 디스크 또는 이동식 디스크와 같은 자기 디스크, 광 자기 디스크, CD-ROM 및 DVD-ROM 디스크를 포함할 수 있다.

【0099】 사용자와의 상호 작용을 제공하기 위해, 컴퓨팅 장치는 정보를 사용자에게 제공하거나 디스플레이하기 위한 디스플레이 장치(예를 들어, CRT (Cathode Ray Tube), LCD(Liquid Crystal Display) 등) 및 사용자가 컴퓨팅 장치 상에 입력 및/또는 명령 등을 제공할 수 있는 포인팅 장치(예를 들어, 키보드, 마우스, 트랙

볼 등)를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 즉, 컴퓨팅 장치는 사용자와의 상호 작용을 제공하기 위한 임의의 다른 종류의 장치들을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨팅 장치는 사용자와의 상호 작용을 위해, 시각적 피드백, 청각 피드백 및/또는 촉각 피드백 등을 포함하는 임의의 형태의 감각 피드백을 사용자에게 제공할 수 있다. 이에 대해, 사용자는 시각, 음성, 동작 등의 다양한 제스처를 통해 컴퓨팅 장치로 입력을 제공할 수 있다.

【0100】 본 발명에서, 다양한 실시예들은 백엔드 구성 요소(예: 데이터 서버), 미들웨어 구성 요소(예: 애플리케이션 서버) 및/또는 프론트 엔드 구성 요소를 포함하는 컴퓨팅 시스템에서 구현될 수 있다. 이 경우, 구성 요소들은 통신 네트워크와 같은 디지털 데이터 통신의 임의의 형태 또는 매체에 의해 상호 연결될 수 있다. 예를 들어, 통신 네트워크는 LAN(Local Area Network), WAN(Wide Area Network) 등을 포함할 수 있다.

【0101】 본 명세서에서 기술된 예시적인 실시예들에 기반한 컴퓨팅 장치는, 사용자 디바이스, 사용자 인터페이스(UI) 디바이스, 사용자 단말 또는 클라이언트 디바이스를 포함하여 사용자와 상호 작용하도록 구성된 하드웨어 및/또는 소프트웨어를 사용하여 구현될 수 있다. 예를 들어, 컴퓨팅 장치는 랩톱(laptop) 컴퓨터와 같은 휴대용 컴퓨팅 장치를 포함할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 컴퓨팅 장치는, PDA(Personal Digital Assistants), 태블릿 PC, 게임 콘솔(game console), 웨어러블 디바이스(wearable device), IoT(internet of things) 디바이스, VR(virtual reality) 디바이스, AR(augmented reality) 디바이스 등을 포함할 수

있으나, 이에 한정되지 않는다. 컴퓨팅 장치는 사용자와 상호 작용하도록 구성된 다른 유형의 장치를 더 포함할 수 있다. 또한, 컴퓨팅 장치는 이동 통신 네트워크 등의 네트워크를 통한 무선 통신에 적합한 휴대용 통신 디바이스(예를 들어, 이동 전화, 스마트 전화, 무선 셀룰러 전화 등) 등을 포함할 수 있다. 컴퓨팅 장치는, 무선 주파수(RF; Radio Frequency), 마이크로파 주파수(MWF; Microwave Frequency) 및/또는 적외선 주파수(IRF; Infrared Ray Frequency)와 같은 무선 통신 기술들 및/또는 프로토콜들을 사용하여 네트워크 서버와 무선으로 통신하도록 구성될 수 있다.

【0102】 본 발명에서 특정 구조적 및 기능적 세부 사항을 포함하는 다양한 실시예들은 예시적인 것이다. 따라서, 본 개시의 실시예들은 상술된 것으로 한정되지 않으며, 여러 가지 다른 형태로 구현될 수 있다. 또한, 본 발명에서 사용된 용어는 일부 실시예를 설명하기 위한 것이며 실시예를 제한하는 것으로 해석되지 않는다. 예를 들어, 단수형 단어 및 상기는 문맥상 달리 명확하게 나타내지 않는 한 복수형도 포함하는 것으로 해석될 수 있다.

【0103】 본 발명에서, 달리 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함하여 본 명세서에서 사용되는 모든 용어는 이러한 개념이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 갖는다. 또한, 사전에 정의된 용어와 같이 일반적으로 사용되는 용어들은 관련 기술의 맥락에서의 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 한다.

【0104】본 명세서에서는 본 발명이 일부 실시예들과 관련하여 설명되었지만, 본 개시의 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자가 이해할 수 있는 본 개시의 범위를 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변형 및 변경이 이루어질 수 있다. 또한, 그러한 변형 및 변경은 본 명세서에 첨부된 특허청구의 범위 내에 속하는 것으로 생각되어야 한다.

【부호의 설명】

【0105】 100: 멀티모달 뇌종양 분할 장치

102: 3D 영상 데이터

110: 3축 채널 감소 모듈

120: 다중 규모 상황별 융합 모듈

130: 3D 축 역방향 어텐션 모듈

【청구범위】

【청구항 1】

뇌를 촬영한 3D 영상 데이터를 기초로 제1 해상도의 축(axial) 방향 특징, 관상(coronal) 방향 특징 및 시상(sagittal) 방향 특징을 포함하는 제1 특징맵을 생성하는 제1 3축 채널 감소 모듈(tri-axis channel reduction module; TACR);

상기 3D 영상 데이터를 기초로 제2 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제2 특징맵을 생성하는 제2 3축 채널 감소 모듈;

상기 제1 특징맵 및 상기 제2 특징맵을 기초로 뇌종양과 연관된 상황 정보(contextual information)를 포함하는 상황 특징맵을 생성하는 다중 규모 상황별 융합 모듈(multiscale contextual fusion module; MSCF); 및

상기 생성된 상황 특징맵을 기초로 축 어텐션(axis attention) 및 역방향 어텐션(reverse attention)을 수행하여 상기 뇌종양의 경계를 포함하는 정제 특징맵을 생성하는 3D 축 역방향 어텐션 모듈(3D axis reverse attention module; 3D ARA)을 포함하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 2】

제1항에 있어서,

적어도 하나의 컨볼루션 블록(convolution block)을 기초로 상기 3D 영상 데

이터의 의미론적 특징을 추출하여 상기 제1 3축 채널 감소 모듈 및 상기 제2 3축 채널 감소 모듈에 제공하는 인코더(encoder)를 더 포함하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 3】

제1항에 있어서,

상기 제1 3축 채널 감소 모듈은,

제1 분기를 통해 상기 3D 영상 데이터의 전역 특징을 추출하고,

제2 분기를 통해 축 방향 평면에 대응하는 제1 커널 사이즈에 기초하여 상기 3D 영상 데이터의 축 방향 특징을 추출하고,

제3 분기를 통해 관상 방향 평면에 대응하는 제2 커널 사이즈에 기초하여 상기 3D 영상 데이터의 관상 방향 특징을 추출하고,

제4 분기를 통해 시상 방향 평면에 대응하는 제3 커널 사이즈에 기초하여 상기 3D 영상 데이터의 시상 방향 특징을 추출하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 4】

제3항에 있어서,

상기 제1 3축 채널 감소 모듈은,

상기 축 방향 특징, 상기 관상 방향 특징 및 상기 시상 방향 특징을 채널 방향으로 연결한 채널 정보를 SE 블록(SE block)에 제공하여 중요 특징 정보를 추출하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 5】

제4항에 있어서,

상기 제1 3축 채널 감소 모듈은,

상기 추출된 중요 특징 정보와 상기 추출된 전역 특징을 결합하여 상기 제1 특징맵을 생성하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 6】

제1항에 있어서,

상기 제1 특징맵과 상기 제2 특징맵을 병렬 연결하여 전역 특징맵을 생성하는 부분 디코더(partial decoder)를 더 포함하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 7】

제1항에 있어서,

상기 제1 특징맵의 해상도와 대응하도록 상기 제2 특징맵의 해상도를 스케일링(scaling)하여 상기 다중 규모 상황별 융합 모듈에 제공하는 다중 해상도 융합 모듈(multi resolution fusion module)을 더 포함하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 8】

제1항에 있어서,

상기 다중 규모 상황별 융합 모듈은,

아트러스 공간 피라미드 풀링(atrous spatial pyramid pooling; ASPP) 및 상황별 특징 피라미드(contextual feature pyramid; CFP)를 이용하여 상기 상황 특징맵을 생성하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 9】

제1항에 있어서,

상기 3D 축 역방향 어텐션 모듈은,

상기 상황 특징맵을 기초로 축 방향에 대응하는 1차 축 어텐션을 수행하고,

관상 방향에 대응하는 2차 축 어텐션을 수행하고, 시상 방향에 대응하는 3차 축 어텐션을 수행하여 제1 어텐션 맵을 생성하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 10】

제9항에 있어서,

상기 3D 축 역방향 어텐션 모듈은,

전역 특징맵 상에 업스케일링(upsampling) 및 활성화 함수를 적용하여 생성된 활성 값을 단일 행렬에서 감산하여 제2 어텐션 맵을 생성하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 11】

제10항에 있어서,

상기 3D 축 역방향 어텐션 모듈은,

상기 제1 어텐션 맵 및 상기 제2 어텐션 맵에 대한 요소별 곱셈을 수행하여 상기 정제 특징맵을 생성하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치.

【청구항 12】

적어도 하나의 프로세서에 의해 수행되는 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법으로서,

뇌를 촬영한 3D 영상 데이터를 기초로 제1 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제1 특징맵을 생성하는 단계;

상기 3D 영상 데이터를 기초로 제2 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제2 특징맵을 생성하는 단계;

상기 제1 특징맵 및 상기 제2 특징맵을 기초로 뇌종양과 연관된 상황 정보를 포함하는 상황 특징맵을 생성하는 단계; 및

상기 생성된 상황 특징맵을 기초로 축 어텐션 및 역방향 어텐션을 수행하여 상기 뇌종양의 경계를 포함하는 정제 특징맵을 생성하는 단계를 포함하는

3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 방법.

【청구항 13】

제12항에 따른 방법을 컴퓨터에서 실행하기 위해 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

【요약서】**【요약】**

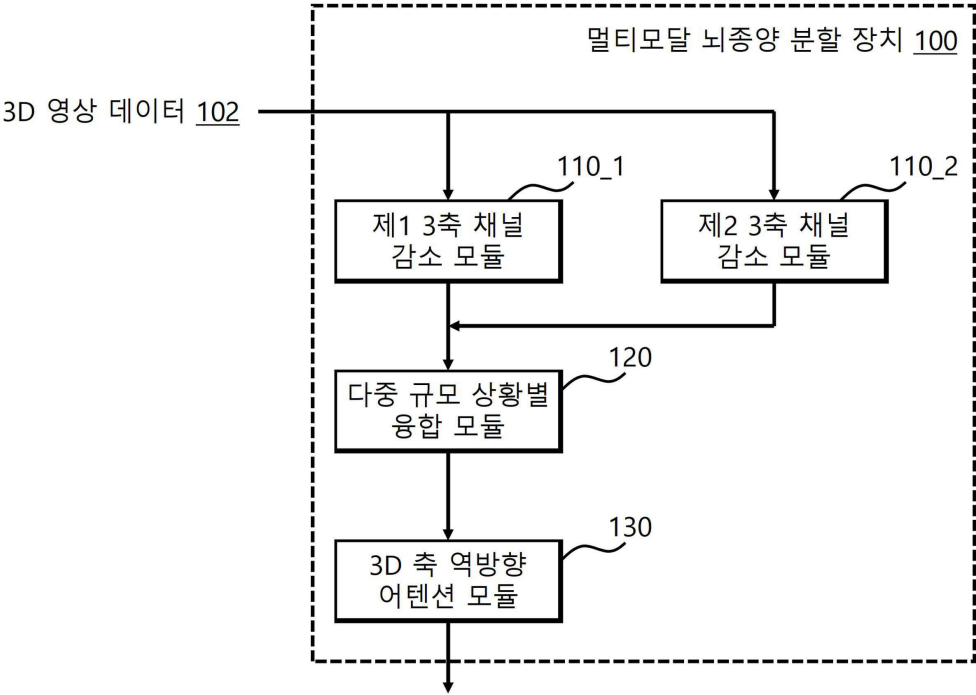
본 발명의 3축 기반의 멀티모달 뇌종양 분할 장치는, 뇌를 촬영한 3D 영상 데이터를 기초로 제1 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제1 특징맵을 생성하는 제1 3축 채널 감소 모듈, 3D 영상 데이터를 기초로 제2 해상도의 축 방향 특징, 관상 방향 특징 및 시상 방향 특징을 포함하는 제2 특징맵을 생성하는 제2 3축 채널 감소 모듈, 제1 특징맵 및 제2 특징맵을 기초로 뇌종양과 연관된 상황 정보를 포함하는 상황 특징맵을 생성하는 다중 규모 상황별 융합 모듈 및 생성된 상황 특징맵을 기초로 축 어텐션 및 역방향 어텐션을 수행하여 뇌종양의 경계를 포함하는 정제 특징맵을 생성하는 3D 축 역방향 어텐션 모듈을 포함한다.

【대표도】

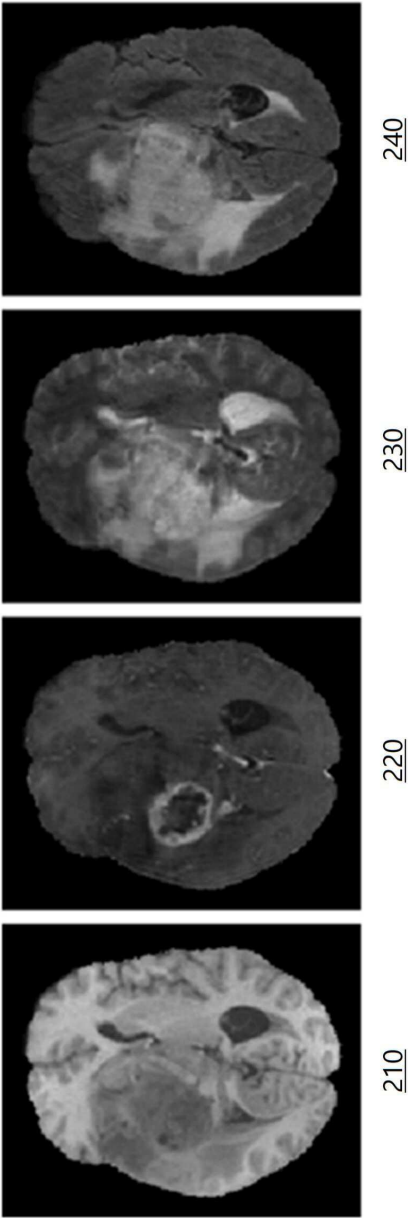
도 1

【도면】

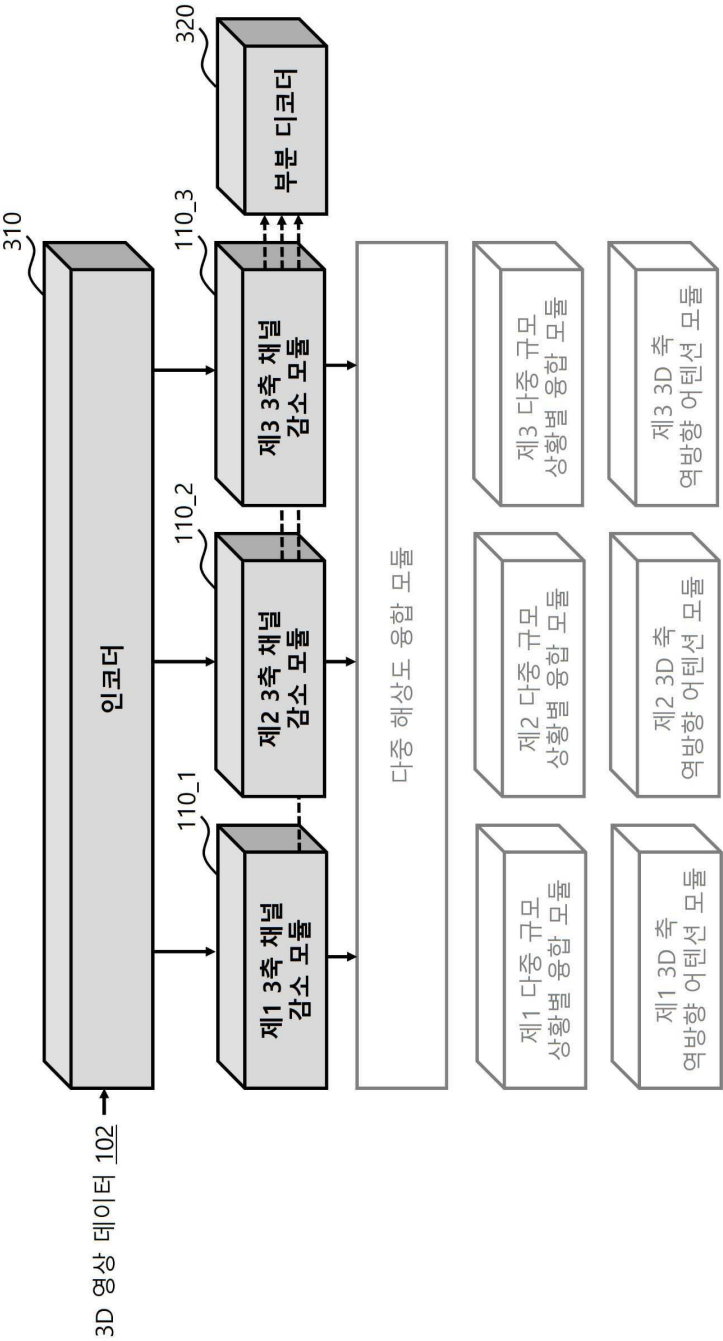
【도 1】



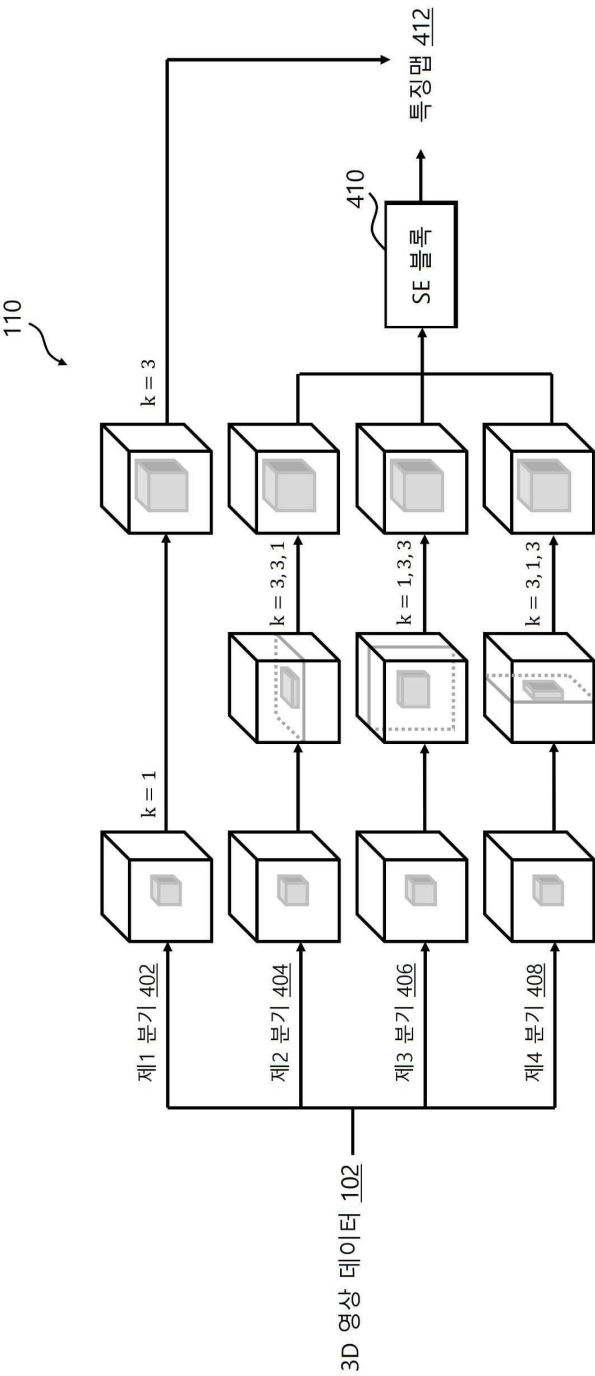
【도 2】



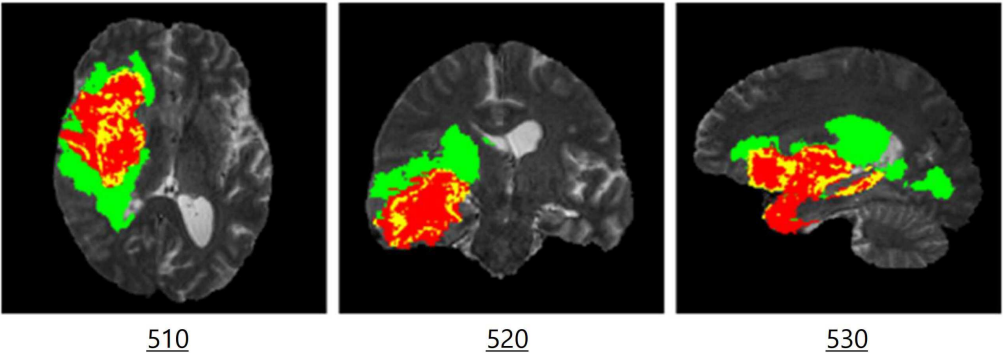
【도 3】



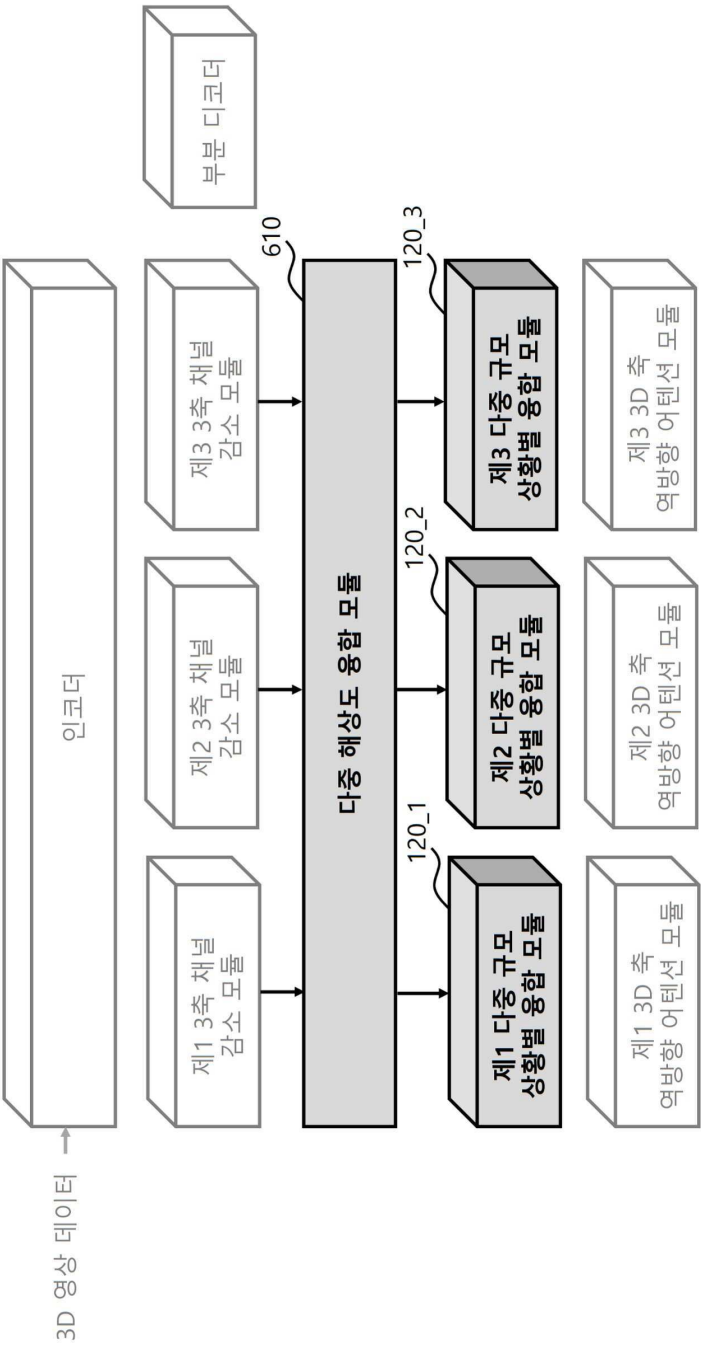
【도 4】



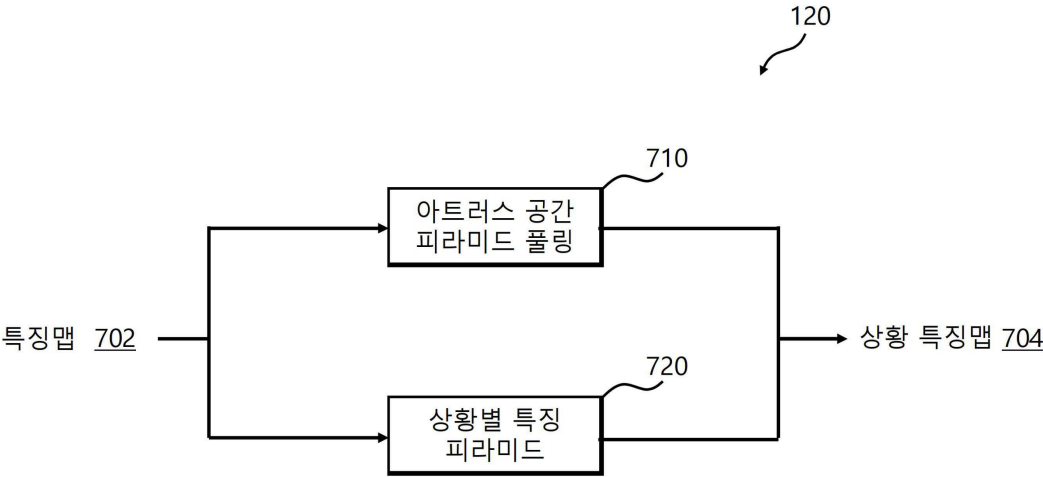
【도 5】



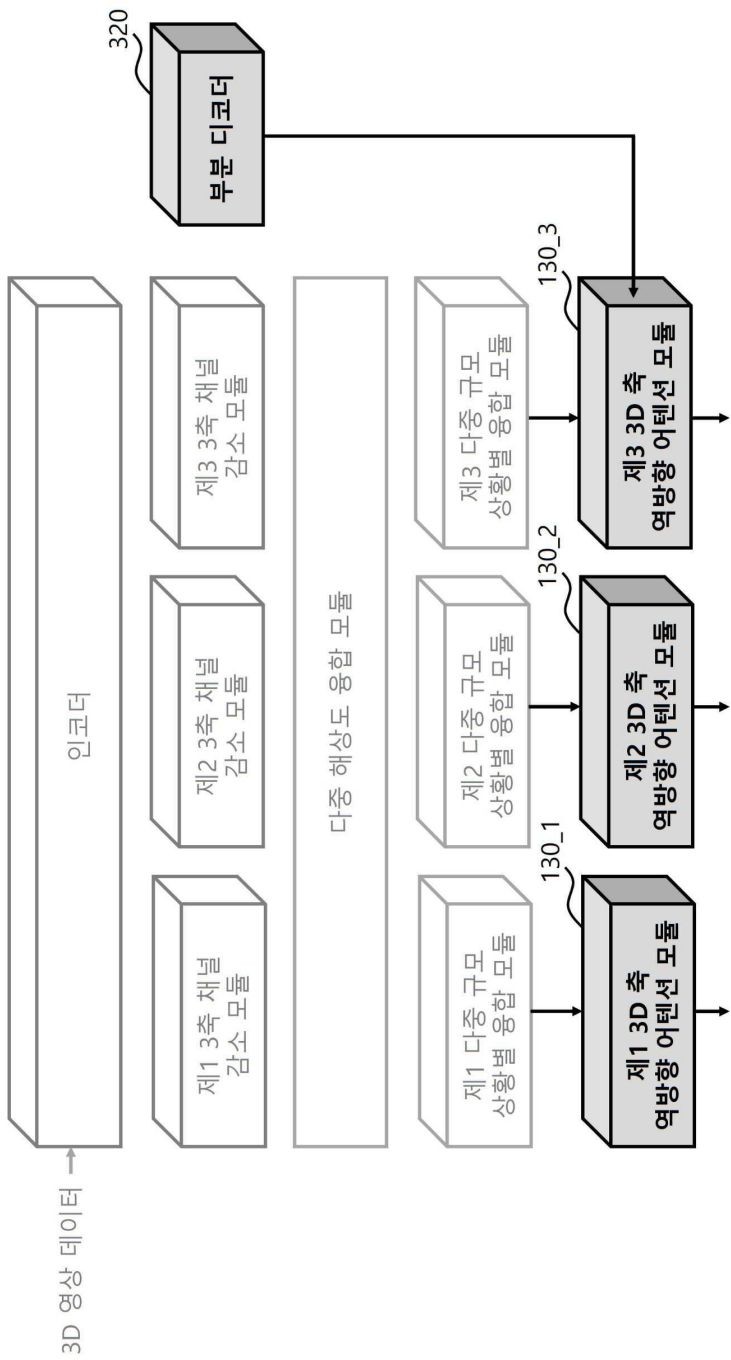
【도 6】



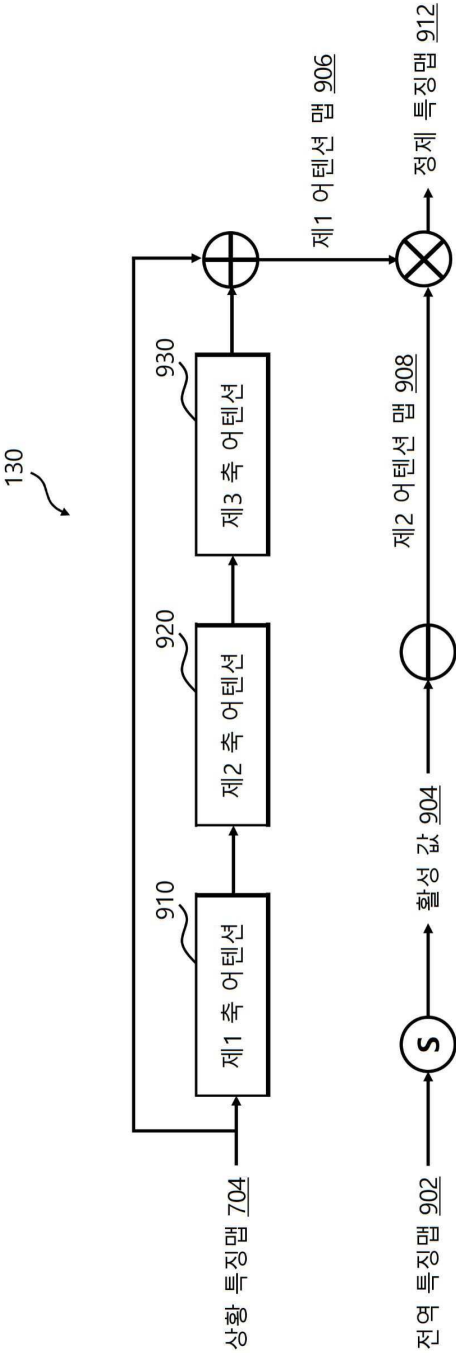
【도 7】



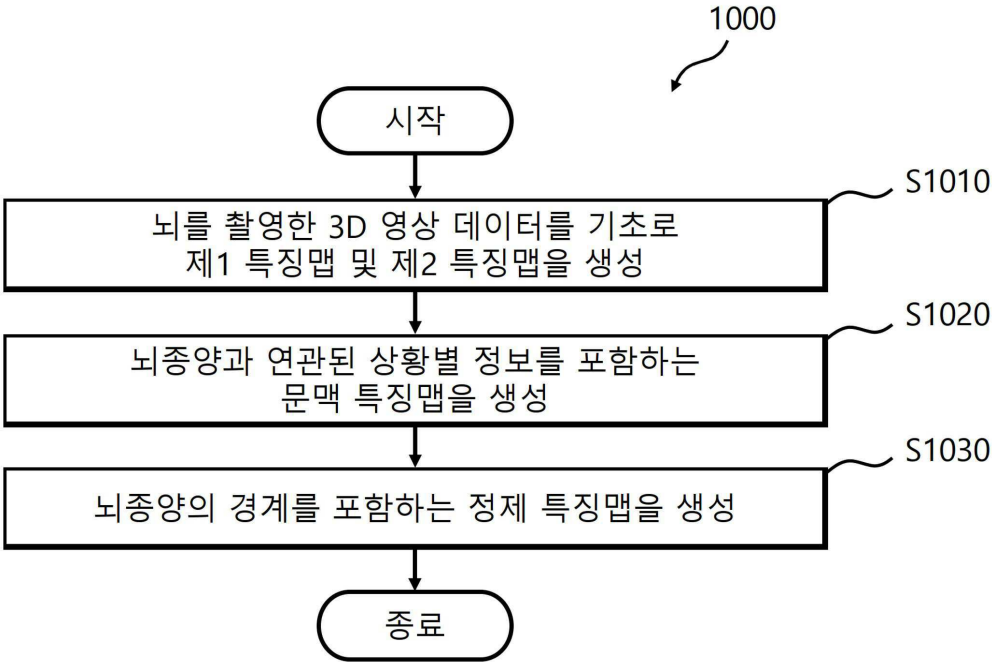
【도 8】



【도 9】



【도 10】



【도 11】

