



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년10월02일  
(11) 등록번호 10-2027773  
(24) 등록일자 2019년09월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
A61B 5/055 (2006.01) G06T 5/00 (2019.01)  
(52) CPC특허분류  
A61B 5/055 (2018.08)  
G06T 5/001 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0184352  
(22) 출원일자 2017년12월29일  
심사청구일자 2017년12월29일  
(65) 공개번호 10-2019-0081656  
(43) 공개일자 2019년07월09일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020100097858 A  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
한국과학기술원  
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)  
(72) 발명자  
박현욱  
대전광역시 유성구 대학로 291  
권기남  
대전광역시 유성구 대학로 291  
(74) 대리인  
이철희

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 최성수

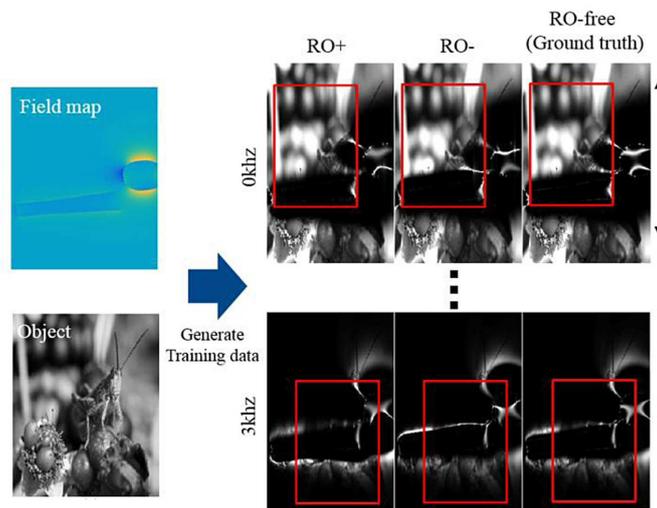
(54) 발명의 명칭 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 방법 및 이를 적용한 자기공명영상 장치

(57) 요약

자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 방법 및 이를 적용한 자기공명영상 장치를 개시한다.

자장불균질(field inhomogeneities)에 의한 자기공명영상의 왜곡을 보정하기 위한 방법에 있어서, 대상체에 대한 자기공명신호 획득 과정에서, 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득하는 과정; 상기 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 왜곡된 복수의 영상으로부터 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 학습된 신경망 기반의 영상 보정 모델에 기초하여, 상기 복수의 자기공명영상으로부터 왜곡이 보정된 자기공명영상을 출력하는 과정을 포함하는 자기공명영상의 왜곡 보정 방법을 제공한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

G06T 2207/10088 (2013.01)  
G06T 2207/20081 (2013.01)  
G06T 2207/20084 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110049570 A  
KR1020130045544 A  
KR1020130071572 A  
KR101359206 B1  
KR101659578 B1  
KR1020130046517 A

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20170017780011001  
부처명 미래창조과학부  
연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터  
연구사업명 인공지능 국가전략프로젝트 사업  
연구과제명 (EZBARO)설명 가능한 인간 수준의 딥 기계학습 추론 프레임워크 개발(2017)  
기 여 율 1/1  
주관기관 정보통신기술진흥센터  
연구기간 2017.07.01 ~ 2018.03.31

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

자장불균질(field inhomogeneities)에 의한 자기공명영상의 왜곡을 보정하기 위한 방법에 있어서,  
 대상체에 대한 자기공명신호 획득 과정에서, 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득하는 과정;

상기 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 왜곡된 복수의 영상으로부터 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 학습된 신경망 기반의 영상 보정 모델에 기초하여, 상기 복수의 자기공명영상으로부터 왜곡이 보정된 자기공명영상을 출력하는 과정

을 포함하는 자기공명영상의 왜곡 보정 방법.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 복수의 리드아웃 그라디언트는, 제1 리드아웃 그라디언트 및 제2 리드아웃 그라디언트를 포함하고,

상기 제1 리드아웃 그라디언트 및 상기 제2 리드아웃 그라디언트는 서로 다른 극성을 갖는 것을 특징으로 하는, 자기공명영상의 왜곡 보정 방법.

**청구항 3**

제2항에 있어서,

상기 영상 보정 모델은, 임의의 물질의 자화율(susceptibility)에 따라 계산된 필드 맵을 이용하여 미리 생성된 학습 데이터를 학습한 모델이고,

상기 학습 데이터는,

상기 제1 리드아웃 그라디언트에 의한 제1 왜곡 영상 및 상기 제2 리드아웃 그라디언트에 의한 제2 왜곡 영상을 포함하는 입력 데이터; 및

리드아웃 그라디언트에 의한 왜곡이 없는 영상을 포함하는 출력 데이터

를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기공명영상의 왜곡 보정 방법.

**청구항 4**

제1항에 있어서,

상기 복수의 자기공명영상을 획득하는 과정은,

다중 오프셋 주파수에서 상기 자기공명신호를 획득하고, 각 주파수 대역별로 상기 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득하는 것을 특징으로 하는, 자기공명영상의 왜곡 보정 방법.

**청구항 5**

자장불균질에 의한 자기공명영상의 왜곡을 보정하는 자기공명영상 장치에 있어서,

대상체에 대한 자기공명신호 획득 과정에서, 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득하는 영상정보획득부; 및

상기 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 왜곡된 복수의 영상으로부터 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 학습된 신경망 기반의 영상 보정 모델에 기초하여, 상기 복수의 자기공명영상으로부터 왜곡이 보정된 자기공명영상을 출력하는 영상처리부

를 포함하는 자기공명영상 장치.

**청구항 6**

제5항에 있어서,

상기 복수의 리드아웃 그라디언트는, 제1 리드아웃 그라디언트 및 제2 리드아웃 그라디언트를 포함하고,

상기 제1 리드아웃 그라디언트 및 상기 제2 리드아웃 그라디언트는 서로 다른 극성을 갖는 것을 특징으로 하는, 자기공명영상 장치.

**청구항 7**

제6항에 있어서,

상기 영상 보정 모델은, 임의의 물질의 자화율에 따라 계산된 필드 맵을 이용하여 미리 생성된 학습 데이터를 학습한 모델이고,

상기 학습 데이터는,

상기 제1 리드아웃 그라디언트에 의한 제1 왜곡 영상 및 상기 제2 리드아웃 그라디언트에 의한 제2 왜곡 영상을 포함하는 입력 데이터; 및

리드아웃 그라디언트에 의한 왜곡이 없는 영상을 포함하는 출력 데이터

를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기공명영상 장치.

**청구항 8**

제5항에 있어서,

상기 영상정보획득부는,

다중 오프셋 주파수에서 상기 자기공명신호를 획득하고, 각 주파수 대역별로 상기 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득하는 것을 특징으로 하는, 자기공명영상 장치.

**청구항 9**

자장불균질에 의한 자기공명영상의 왜곡을 보정하기 위한 학습 방법에 있어서,

임의의 물질의 자화율에 따라 필드 맵을 계산하여 생성하는 과정;

원본 영상에 상기 필드 맵을 고려하여 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 서로 다른 왜곡 정보를 갖는 복수의 왜곡 영상을 획득하는 과정;

상기 원본 영상에 리드아웃 그라디언트 없이 상기 필드 맵을 고려한 위상 인코딩만을 수행하여 왜곡이 없는 영상을 획득하는 과정; 및

상기 복수의 왜곡 영상에서 영상 특징을 추출하고, 추출한 영상 특징을 기초로 상기 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 인공지능망 기반의 영상 보정 모델을 학습시키는 과정

을 포함하는 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법.

**청구항 10**

제9항에 있어서,

상기 복수의 리드아웃 그라디언트는, 제1 리드아웃 그라디언트 및 제2 리드아웃 그라디언트를 포함하고,

상기 제1 리드아웃 그라디언트 및 상기 제2 리드아웃 그라디언트는 서로 다른 극성을 갖는 것을 특징으로 하는, 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법.

**청구항 11**

제9항에 있어서,

상기 복수의 왜곡 영상을 획득하는 과정 및 상기 왜곡이 없는 영상을 획득하는 과정은,

다중 오프셋 주파수 환경에서, 각 주파수 대역별로 상기 복수의 리드아웃 그래디언트에 의한 복수의 왜곡 영상 및 상기 왜곡이 없는 영상을 획득하는 것을 특징으로 하는, 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법.

**청구항 12**

제 9항에 있어서,

상기 영상 보정 모델을 학습시키는 과정은,

상기 왜곡 영상 및 상기 왜곡이 없는 영상에서 일부분을 추출하여 상기 영상 보정 모델을 학습시키는 것을 특징으로 하는, 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법.

**청구항 13**

제 9항에 있어서,

상기 필드 맵을 계산하여 생성하는 과정은,

상기 물질의 침식, 팽창 또는 회전을 고려하여 하나의 물질에 대해 다양한 필드 맵을 생성하는 것을 특징으로 하는 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법.

**청구항 14**

프로세서에 의해 실행 가능한 컴퓨터 프로그램 명령어들을 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 기록된 시나리오 생성을 위한 컴퓨터 프로그램으로서, 컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해 실행되는 경우에 컴퓨팅 장치로 하여금,

대상체에 대한 자기공명신호 획득 과정에서, 복수의 리드아웃 그래디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득하는 과정;

상기 복수의 리드아웃 그래디언트에 의해 왜곡된 복수의 영상으로부터 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 학습된 신경망 기반의 영상 보정 모델에 기초하여, 상기 복수의 자기공명영상으로부터 왜곡이 보정된 자기공명영상을 출력하는 과정

을 수행하도록 하는 명령어들을 포함하는 컴퓨터 프로그램.

**청구항 15**

프로세서에 의해 실행 가능한 컴퓨터 프로그램 명령어들을 포함하는 컴퓨터 판독 가능한 기록매체에 기록된 시나리오 생성을 위한 컴퓨터 프로그램으로서, 컴퓨팅 장치의 프로세서에 의해 실행되는 경우에 컴퓨팅 장치로 하여금,

입력의 물질의 자화율에 따라 필드 맵을 계산하여 생성하는 과정;

원본 영상에 상기 필드 맵을 고려하여 복수의 리드아웃 그래디언트에 의해 서로 다른 왜곡 정보를 갖는 복수의 왜곡 영상을 획득하는 과정;

상기 원본 영상에 리드아웃 그래디언트 없이 상기 필드 맵을 고려한 위상 인코딩만을 수행하여 왜곡이 없는 영상을 획득하는 과정; 및

상기 복수의 왜곡 영상에서 영상 특징을 추출하고, 추출한 영상 특징을 기초로 상기 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 인공지능망 기반의 영상 보정 모델을 학습시키는 과정

을 수행하도록 하는 명령어들을 포함하는 컴퓨터 프로그램.

**발명의 설명**

**기술 분야**

본 발명은 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 방법 및 이를 적용한 자기공명영상 장치에 관한 것이다.

[0001]

**배경 기술**

- [0002] 이 부분에 기술된 내용은 단순히 본 실시예에 대한 배경 정보를 제공할 뿐 종래기술을 구성하는 것은 아니다.
- [0003] 자기공명영상(Magnetic Resonance Image, MR Image)은 핵자기공명 원리를 이용한 영상 기술 중 하나이다. 자기공명영상 장치는 마그넷 안에서의 세차 운동하는 생체 신호를 RF를 통해 공명 시키고, 신체의 수소 원자핵이 공명하면서 방출하는 신호의 차이를 측정하고, 컴퓨터를 통해 이를 재구성하고 영상화한다. 자장의 변화를 이용하여 위치정보를 인코딩하여 영상을 획득한다. 자기공명영상 장치는 해부학적 구조, 생리학적인 기능 등 다양한 정보를 얻어낼 수 있는 장점이 있어, 뇌, 근골격계, 장기 기관 등 다양한 부분의 병변을 진단하기 위해 널리 이용된다.
- [0004] 한편, 금속 임플란트의 외과적 시술 증가로 인해, 인체에 금속 물질을 지니고 있는 환자의 자기공명영상 촬영을 필요로 한 일이 흔히 발생한다. 이때 금속 성분은 마그넷 안에서 자기장의 왜곡을 발생시키기 때문에, 영상의 위치 정보가 왜곡되어 신호의 void 혹은 pile-up, voxel의 크기 변화 등의 형태로 최종 획득 영상에 아티팩트(artifacts)가 발생하는 문제가 있다.
- [0005] 이러한 아티팩트를 제거하기 위한 방법으로는 여러 기술들이 제안된 바 있다.
- [0006] VAT(view angle tilting)는, 주파수 인코딩과 동시에 슬라이스 선택(slice selection)을 위해 이용되었던 슬라이스 그라디언트(slice gradient, Gz)를 부가적으로 걸어주는 방식을 제안하고 있는데, 보상을 위해 추가적으로 인가된 슬라이스 그라디언트에 의해 투영된 영상을 얻게 되기 때문에 약간의 블러(blur)가 발생하고, 한 복셀(voxel) 내에서 발생하는 급격한 경사자장에 의해 발생하는 복셀의 크기 변화는 보정할 수 없다는 단점이 있다.
- [0007] SEMAC(slice encoding for metal artifact correction)은 부가적인 슬라이스 선택 방향으로의 인코딩을 통해 영상 왜곡을 보정하고자 하는 방식이고, MAVRIC(multi-acquisition variable-resonance image combination)은 다중 offset 주파수를 이용한 multispectral 인코딩을 통해 영상 왜곡을 보정하고자 하는 방식이다. 그러나 이러한 방법들은 별도의 추가적인 인코딩을 해야하기 때문에 영상획득 시간이 오래 걸리고, multispectral 영상들을 합칠 때 블러가 발생하는 문제가 있다. 또한, 이러한 방식들은 주로 VAT 방식이 동시에 사용되기 때문에, VAT에 의해 발생하는 문제 또한 함께 발생하게 된다.
- [0008] 이외에도, SR-FPE(spectrally resolved fully phase-encoded)는 슬라이스 선택 없이, multispectral imaging으로 세 방향 모두 위상 인코딩을 이용하여 금속 물질에 의한 왜곡이 발생하지 않도록 하는 방식이다. 그러나 비현실적으로 긴 영상 획득 시간을 필요로 하기 때문에, 실제로 적용되기에는 어려움이 있다.
- [0009] (비특허문헌 1) Cho, Z. H., D. J. Kim, and Y. K. Kim. "Total inhomogeneity correction including chemical shifts and susceptibility by view angle tilting." Medical physics 15.1 (1988): 7-11.
- [0010] (비특허문헌 2) Lu, Wenmiao, et al. "SEMAC: slice encoding for metal artifact correction in MRI." Magnetic resonance in medicine 62.1 (2009): 66-76
- [0011] (비특허문헌 3) Koch, Kevin M., et al. "A multispectral three-dimensional acquisition technique for imaging near metal implants." Magnetic resonance in medicine 61.2 (2009): 381-390.
- [0012] (비특허문헌 4) Artz, Nathan S., et al. "Spectrally resolved fully phase-encoded three-dimensional fast spin-echo imaging." Magnetic resonance in medicine 71.2 (2014): 681-690.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0013] 본 발명은, 자기공명영상 생성에 있어, 대상체의 자기장 분포의 왜곡을 발생시키는 물질에 의해 발생하는 자기공명영상의 왜곡을 보정할 수 있는 방법을 제공하는 데 주된 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

- [0014] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 자장불균질(field inhomogeneities)에 의한 자기공명영상의 왜곡을 보정하기 위한 방법에 있어서, 대상체에 대한 자기공명신호 획득 과정에서, 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득하는 과정, 상기 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 왜곡된 복수의 영상으로부터 왜곡이 없

는 영상을 출력하도록 학습된 신경망 기반의 영상 보정 모델에 기초하여, 상기 복수의 자기공명영상으로부터 왜곡이 보정된 자기공명영상을 출력하는 과정을 포함하는 자기공명영상의 왜곡 보정 방법을 제공한다.

- [0015] 상기 자기공명영상의 왜곡 보정 방법의 실시예들은 다음의 특징들을 하나 이상 더 포함할 수 있다.
- [0016] 상기 복수의 리드아웃 그라디언트는, 제1 리드아웃 그라디언트 및 제2 리드아웃 그라디언트를 포함하고, 상기 제1 리드아웃 그라디언트 및 상기 제2 리드아웃 그라디언트는 서로 다른 극성을 갖을 수 있다.
- [0017] 상기 영상 보정 모델은, 임의의 물질의 자화율(susceptibility)에 따라 계산된 필드 맵을 이용하여 미리 생성된 학습 데이터를 학습한 모델이고, 상기 학습 데이터는, 상기 제1 리드아웃 그라디언트에 의한 제1 왜곡 영상 및 상기 제2 리드아웃 그라디언트에 의한 제2 왜곡 영상을 포함하는 입력 데이터 및 리드아웃 그라디언트에 의한 왜곡이 없는 영상을 포함하는 출력 데이터를 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 자장불균질에 의한 자기공명영상의 왜곡을 보정하는 자기공명영상 장치에 있어서, 대상체에 대한 자기공명신호 획득 과정에서, 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득하는 영상정보획득부 및 상기 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 왜곡된 복수의 영상으로부터 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 학습된 신경망 기반의 영상 보정 모델에 기초하여, 상기 복수의 자기공명영상으로부터 왜곡이 보정된 자기공명영상을 출력하는 영상처리부를 포함하는 자기공명영상 장치를 제공한다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 자장불균질에 의한 자기공명영상의 왜곡을 보정하기 위한 학습 방법에 있어서, 임의의 물질의 자화율에 따라 필드 맵을 계산하여 생성하는 과정, 원본 영상에 상기 필드 맵을 고려하여 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 서로 다른 왜곡 정보를 갖는 복수의 왜곡 영상을 획득하는 과정, 상기 원본 영상에 리드아웃 그라디언트 없이 상기 필드 맵을 고려한 위상 인코딩만을 수행하여 왜곡이 없는 영상을 획득하는 과정 및 상기 복수의 왜곡 영상에서 영상 특징을 추출하고, 추출한 영상 특징을 기초로 상기 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 인공신경망 기반의 영상 보정 모델을 학습시키는 과정을 포함하는 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법을 제공한다.
- [0020] 상기 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법의 실시예들은 다음의 특징들을 하나 이상 더 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 복수의 왜곡 영상을 획득하는 과정 및 상기 왜곡이 없는 영상을 획득하는 과정에서, 다중 오프셋 주파수 환경에서, 각 주파수 대역별로 상기 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 왜곡 영상 및 상기 왜곡이 없는 영상을 획득할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0022] 이상에서 설명한 바와 같이 본 실시예에 의하면, 신경망 기반의 학습 모델을 이용하여 보정 결과를 출력함으로써, 추가적인 인코딩 없이도 대상체 내부에서 자기장 분포의 변화를 일으키는 물질에 의해 발생한 왜곡이 보정된 자기공명영상을 얻을 수 있는 효과가 있다.
- [0023] 또한, 본 실시예에 의하면, 임의의 물질 및 임의의 영상을 이용하여 생성된 학습 데이터를 이용할 수 있어, 실제 의료영상인 자기공명영상에 접근하기 어려운 경우에도, 다양한 왜곡 상황을 효율적으로 학습할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기공명영상 장치의 구성요소를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기공명영상 왜곡 보정 방법을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 필드 맵 생성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법에서 사용되는 펄스 시퀀스를 도시한 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 학습 데이터의 생성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 7은 종래 기술 및 본 발명의 일 실시예에 의해 왜곡 보정된 자기공명영상을 도시한 도면이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기공명영상의 왜곡 보정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0025] 이하, 본 발명의 일부 실시예들을 예시적인 도면을 통해 상세하게 설명한다. 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0026] 또한, 본 발명의 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. 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 '포함', '구비' 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 '~부', '모듈' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어 또는 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [0027] 아래에서는 첨부한 도면을 참고하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략한다.
- [0028] 본 명세서에서 영상은 이산적인 이미지 요소들(예를 들어, 2차원 이미지에 있어서의 픽셀들 및 3차원 이미지에 있어서의 복셀들)로 구성된 다차원(multi-dimensional) 데이터를 의미할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 명세서에서 대상체(object)는 사람 또는 동물, 또는 사람 또는 동물의 일부를 포함할 수 있다. 예를 들어, 대상체는 간, 심장, 자궁, 뇌, 유방, 복부 등의 장기, 또는 혈관을 포함할 수 있다. 또한, 대상체는 팬텀(phantom)을 포함할 수도 있다. 팬텀은 생물의 밀도와 실효 원자 번호에 아주 근사한 부피를 갖는 물질을 의미하는 것으로, 신체와 유사한 성질을 갖는 구형(sphere)의 팬텀을 포함할 수 있다.
- [0030] 또한, 본 명세서에서 자기공명영상(MR image: Magnetic Resonance image)이란 핵자기 공명 원리를 이용하여 획득된 대상체에 대한 영상을 의미한다.
- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기공명영상 장치의 구성요소를 개략적으로 나타낸 도면이다.
- [0032] 도 1을 참조하면, 자기공명영상 장치(100)는 영상정보획득부(110), 영상처리부(120) 및 디스플레이부(130)를 포함하여 구성된다.
- [0033] 영상정보획득부(110)는 대상체로부터 수신되는 자기공명신호를 처리하여, 대상체에 대한 자기공명 데이터를 생성한다. 영상처리부(120)는 자기공명신호를 전송받고, 전송받은 자기 공명 신호에 증폭, 주파수 변환, 위상 검파, 저주파 증폭, 필터링(filtering) 등과 같은 각종의 신호 처리를 가한다. 예컨대, 영상처리부(120)는 메모리의 k 공간(주파수 공간)에 디지털 데이터를 배치하고, 이러한 데이터를 2차원 또는 3차원 푸리에 변환하여 영상 데이터로 재구성할 수 있다.
- [0034] 영상정보획득부(110)가 자기공명신호에 대해 적용하는 각종 신호처리는 병렬적으로 수행될 수 있다. 예컨대, 다 채널 RF 코일에 의해 수신되는 복수의 자기공명신호에 신호 처리를 병렬적으로 가하여 복수의 자기공명신호를 영상 데이터로 재구성할 수 있다.
- [0035] 영상정보획득부(110)는 대상체 내부에 자기장 분포에 영향을 미치는 물질이 포함되어 있는 경우에, 물질에 의한 자기공명영상의 왜곡을 보정하기 위하여, 대상체에 대한 자기공명신호 획득 과정에서 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득한다.
- [0036] 영상처리부(120)는 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 왜곡된 복수의 영상으로부터 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 학습된 신경망 기반의 영상 보정 모델에 기초하여, 대상체의 자기공명영상에 포함된 왜곡을 보정할 수 있다.
- [0037] 디스플레이부(130)는 영상정보획득부(110)에 의해 획득된 자기공명영상 또는 영상처리부(120)에 의해 왜곡이 보정된 자기공명영상을 디스플레이할 수 있다. 또한, 디스플레이부(130)는 GUI를 디스플레이할 수 있고, 사용자 정보 또는 대상체 정보 등 사용자가 MRI 시스템을 조작하기 위해 필요한 정보를 디스플레이할 수 있다.
- [0038] 자기공명영상 장치(100)는, 도면에 도시된 구성 이외에, 대상체에 자기장을 인가하기 위한 주 자석, 경사 코일,

RF 코일 등을 포함할 수 있으며, 대상체로부터 자기공명신호를 수신하기 위한 다채널 수신 코일을 포함할 수 있다.

- [0039] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기공명영상 왜곡 보정 방법을 설명하기 위한 개념도이다.
- [0040] 도 2를 참조하면, 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 왜곡된 복수의 자기공명영상을 획득하고, 왜곡된 자기공명영상들을 입력으로 하고 리드아웃 그라디언트에 의한 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 하는 신경망 기반의 영상 보정 모델을 통해 자기공명영상의 왜곡을 보정한다. 여기서, 복수의 리드아웃 그라디언트는, 복수 회차의 리드아웃 그라디언트를 의미한다. 예컨대, 복수의 리드아웃 그라디언트는 서로 다른 극성을 갖는 두 번의 리드아웃 그라디언트일 수 있다.
- [0041] 영상 보정 모델은 인공신경망 기반의 학습 모델로, 임의의 물질의 자화율(susceptibility)에 따라 계산된 필드 맵을 이용하여 미리 생성된 학습 데이터를 학습한 모델이다. 학습 데이터는 입력 데이터인 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 왜곡된 복수의 영상과 출력 데이터인 리드아웃 그라디언트에 의한 왜곡이 없는 영상을 포함하며, 동일한 원본 영상 및 동일한 필드 맵을 이용하여 각 리드아웃 그라디언트를 포함한 인코딩 및 리드아웃 그라디언트를 제외한 인코딩을 통해 획득한 입력 데이터-출력 데이터 쌍으로 이루어진다. 영상 보정 모델은 이러한 입력 데이터-출력 데이터 쌍을 이용하여, 입력 데이터와 출력 데이터의 상관 관계를 학습하며, 학습 결과에 기초하여 왜곡된 영상으로부터 왜곡이 없는 영상을 출력할 수 있도록 학습한다.
- [0042] 도 2에 도시된 실시예에 따르면, 복수의 그라디언트를 가하여 왜곡된 영상을 획득하고, 복수의 왜곡된 영상과 왜곡이 없는 영상의 상관 관계를 학습한 신경망 기반 모델에 입력함으로써, 별도의 인코딩 과정 없이도 왜곡이 없는 영상을 획득할 수 있어 영상 획득 시간을 단축할 수 있고, 왜곡 보정된 영상의 질을 향상시킬 수 있으며 왜곡 보정의 정확도를 높일 수 있다.
- [0043] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0044] 본 발명의 일 실시예는, 대상체 내부에 금속과 같이 자기장 왜곡을 일으키는 물질이 존재하는 경우, 자기공명영상을 획득하는 과정에서 위치 정보가 왜곡되어 발생하는 void, pile-up이나 voxel의 크기 변화 같은 아티팩트를 보정하기 위한 것이다. 본 실시예에서, 동일한 조건(동일한 원본 영상 및 동일한 물질)에서 아티팩트가 발생하여 왜곡된 영상과 아티팩트가 없는 왜곡 없는 영상을 획득하여 학습 데이터로 수집하고, 신경망 기반의 영상 보정 모델이 이를 학습한다.
- [0045] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 필드 맵 생성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0046] 먼저, 영상 왜곡 상황에 대한 학습 데이터 수집을 위해 임의의 물질을 가정하고, 도 4와 같이, 임의의 물질의 자화율(susceptibility)에 따라 필드 맵을 계산하여 생성한다. 이 때, 상기 물질의 침식, 팽창 또는 회전을 고려하여 하나의 물질에 대해 다양한 필드 맵을 생성할 수 있다. 예컨대, 금속 임플란트의 종류 및 크기를 특정하고, 자기공명영상 장치의 사양, 금속 임플란트의 각도 등에 따라 다양하게 발생할 수 있는 자기장의 분포 변화를 계산하여 필드 맵을 생성할 수 있다. 실제 사용되는 금속 임플란트의 사양 및 발생 가능한 변화들을 고려하여 다양한 필드 맵을 생성하여, 다양한 왜곡 케이스에 대해 학습할 수 있다.
- [0047] 이후, 과정 S301 및 S302를 통해 학습 데이터를 수집한다.
- [0048] 원본 영상에 필드 맵을 고려하여 두 방향의 리드아웃 인코딩을 통해 왜곡된 영상을 획득한다(S301). 두 방향의 리드아웃 인코딩을 통해 두 개의 왜곡된 영상을 획득할 수 있으며, 왜곡된 영상은 영상 보정 모델이 학습하는 입력 데이터로 사용된다.
- [0049] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기공명영상의 왜곡 보정을 위한 학습 방법에서 사용되는 펄스 시퀀스를 도시한 도면이다.
- [0050] 자기장의 분포 변화가 발생하는 경우 리드아웃 그라디언트에 의해 해당 방향으로 부가적인 위상이 축적되어 다 음과 같이 영상에 왜곡이 발생한다.

**수학식 1**

$$S_{readout+}(x,y) = S_{readout-frees}(x + \frac{f}{r_{BW}}, y)$$

[0051]

수학식 2

[0052] 
$$S_{readout-}(x,y) = S_{readout-free}(x - \frac{f}{rBW}, y)$$

[0053] 여기서,  $S_{readout+}(x,y)$  는 양의 값을 가지는 리드아웃 그라디언트에 의해서 획득된 신호를 의미하고,  $S_{readout-}(x,y)$  는 음의 값을 가지는 리드아웃 그라디언트에 의해서 획득된 신호를 의미한다.  $S_{readout-free}(x,y)$  는 리드아웃 그라디언트 없이 영상이 왜곡되지 않은 신호를 의미한다. rBW는 리드아웃 그라디언트의 대역폭이며, f는 (x,y) 위치의 voxel의 off-resonance 주파수를 의미한다.

[0054] 수학식1 및 수학식 2를 참조하면, 리드아웃 그라디언트의 대역폭 rBW에 따라 해당 voxel이 off-resonance 주파수 f를 가질 때 영상이 왜곡된다.

[0055] 도 5와 같이, 리드아웃 그라디언트를 양의 값(실선)과 음의 값(점선)으로 두 번 획득 할 경우, 서로 다른 왜곡 정보(수학식 1 및 수학식 2)를 갖는 두 왜곡 영상을 획득 할 수 있고, 이를 수집하여 입력 데이터를 구성할 수 있다.

[0056] 본 실시예에서는, 리드아웃 그라디언트가 서로 방향을 달리하고 크기는 같은 경우를 가정하여 설명하였으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 크기 및 방향이 다른 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 서로 다른 왜곡 정보를 포함하는 복수의 왜곡 영상을 획득하여 입력 데이터를 수집할 수 있다. 다만, 자기공명영상 장치에서 영상 보정 모델에 입력하기 위한 데이터를 수집하는 과정은 이러한 입력 데이터의 수집 과정과 동일한 것이 바람직하다.

[0057] 원본 영상에 리드아웃 그라디언트 없이 필드 맵을 고려한 위상 인코딩만을 수행하여 왜곡이 없는 영상을 획득한다(S302). 과정 S301에서와 동일한 원본 영상 및 동일한 필드 맵을 사용하여 리드아웃 그라디언트에 의한 왜곡이 발생하지 않은 상황을 가정하여 왜곡되지 않은 영상을 획득한다. 획득한 영상은 영상 보정 모델이 학습하는 출력 데이터로 사용된다.

[0058] 과정 S301 및 과정 S302를 통해, 임의의 물질의 자화율에 따른 필드 맵을 통해 왜곡이 발생한 상황 및 왜곡이 없는 상황을 가정하여 복수의 입력 영상에 대응하는 하나의 출력 영상을 획득한다. 본 발명의 일 실시예는, 영상 보정 모델이 왜곡 상황을 학습하는 방법에 관한 것으로, 물질에 의한 자기장의 분포 변화를 보정하기 위한 것이기 때문에 원본 영상이 반드시 자기공명영상일 필요는 없다.

[0059] 학습 데이터 기반의 감독 학습을 위해서는 학습 데이터가 필요하지만, 의료 영상에서 환자의 데이터를 모으는 것은 쉽지 않을뿐더러, label로 이용될 ground truth를 얻기 위해서는 SR-FPE같은 방법을 이용하여야 하는데, 너무 긴 영상 획득 시간을 필요로 하므로, 사실상 실제 자기공명영상을 학습 데이터로 수집하는 것은 불가능하다. 따라서, 본 발명의 일 실시예와 같이, 임의의 영상에 대해 임의의 물질의 자화율에 따른 자기장 분포의 변화를 가정하여 학습 데이터를 수집한다.

[0060] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 학습 데이터의 생성을 설명하기 위한 도면이다.

[0061] 자기장 분포에 영향을 미치는 임의의 물질에 대해 자화율에 따른 필드 맵을 계산하여 생성하고, 임의의 영상에 필드 맵을 고려한 학습 데이터를 생성한다. 학습 데이터는 두 개의 입력 영상과 하나의 출력 영상이 쌍으로 이루어진 입력 데이터-출력 데이터 세트로 구성된다. 영상 보정 모델이 왜곡 상황을 하는 방법에 관한 것으로, 물질에 의한 자기장의 분포 변화를 보정하기 위한 것이기 때문에 임의의 영상은 반드시 자기공명영상일 필요는 없다. 도 6에 도시된 바와 같이 자연 영상(Object)을 이용하더라도, 학습 데이터를 생성할 수 있다.

[0062] 실제 자기공명영상에서 왜곡이 발생할 수 있는 다양한 상황에 대해 많은 학습 데이터를 확보하여 학습할수록 더 정확한 왜곡 보정 결과를 얻을 수 있으므로, 임의의 물질에 대한 침식, 팽창 또는 회전을 고려하여 하나의 물질에 대해 다양한 필드 맵을 생성하고 다양한 영상을 사용하여 학습 데이터를 생성한다.

[0063] 도 6의 오른쪽에 도시된 바와 같이, 양의 방향의 리드아웃 그라디언트를 가하여 획득한 왜곡 영상과 음의 방향의 리드아웃 그라디언트를 가하여 두 개의 왜곡 영상을 획득하고, 리드아웃 그라디언트를 가하지 않고 위상 인코딩만을 통해 획득한 왜곡이 없는 영상을 획득하여 학습 데이터로 이용한다. 왜곡이 없는 영상을 ground truth로 이용하고, 두 개의 왜곡 영상으로부터 왜곡이 없는 영상이 출력될 수 있도록 영상 보정 모델을 학습시킨다.

- [0064] 또한, multispectral 영상법으로의 확장을 위해 다중 오프셋 주파수 환경에서, 각 주파수 대역별로 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 왜곡 영상 및 왜곡이 없는 영상을 획득하여 학습 데이터를 생성할 수 있다.
- [0065] 또한, 획득한 영상에서 일부분을 추출하여 학습 데이터를 생성할 수도 있다.
- [0066] 과정 S301 및 S302를 통해 생성된 학습 데이터를 이용해, 복수의 왜곡 영상에서 영상 특징을 추출하고 추출한 영상 특징을 기초로 왜곡되지 않은 영상을 출력하도록 왜곡 영상과 왜곡이 없는 영상간의 상관관계를 학습한다(S303).
- [0067] 수학식 1 및 수학식 2를 참조하면, 임의의 물질에 의해 발생하는 자기장의 분포 변화는 영상 왜곡에 직접적인 영향을 주고, 그 자기장의 분포는 물질의 위치에 기반한 지역적인 특성을 가진다. 따라서, 이러한 지역적인 연관성 분석에 효율적인 컨볼루션 기반의 인공 신경망 모델을 이용하여 입력 데이터 및 출력 데이터 간의 상관관계를 학습할 수 있다. 뿐만 아니라, 이러한 컨볼루션 기반의 인공신경망을 이용하여 제안된 알려진 다른 네트워크들, 예컨대 U-net이나 residual network 등의 네트워크들을 이용하는 것도 가능하다.
- [0068] 도 7은 종래 기술 및 본 발명의 일 실시예에 의해 왜곡 보정된 자기공명영상을 도시한 도면이다.
- [0069] 실제 자기공명영상 장치를 이용하여 얻은 인공물 데이터에 본 실시예를 적용하여 성능을 검토해 보았다. 3T system에서 fast spin echo를 기반으로 실험하여 획득된 자기공명영상 데이터의 파라미터들은 matrix size = 160 (readout)×512 (phase encoding)×20 (slice), resolution = 1×1×5mm<sup>3</sup>, readout bandwidth = 780hz/px, RF duration = 400us, offset frequency = 1khz, number of bins=25와 같다.
- [0070] 도시된 것과 같이, 기존의 MAVRIC 방법을 통한 왜곡 보정보다 제안된 방법을 통해 왜곡 보정이 더 잘 이루어짐을 확인할 수 있었으며, offset 주파수를 크게 설정할수록 제안된 방법에 비해 종래 기술의 아티팩트가 더 심각하게 나타나는 것으로 확인되었다.
- [0071] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기공명영상의 왜곡 보정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 8을 참조하여, 도 3에서 설명한 학습 방법을 통해 학습한 영상 보정 모델을 이용하여 대상체에 가해진 리드아웃 그라디언트에 의해 왜곡된 자기공명영상을 보정하는 방법에 대해 설명한다.
- [0072] 대상체에 대한 자기공명신호 획득 과정에서, 두 방향의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득한다(S801). 본 실시예에서, 대상체 내부에는 자기장 분포에 영향을 미치는 물질 예컨대, 금속 임플란트가 있으므로, 리드아웃 그라디언트를 가하여 획득된 자기공명영상에는 왜곡이 발생하게 된다. 두 방향의 리드아웃 그라디언트에 의해 서로 다른 왜곡 정보를 포함하는 두 개의 자기공명영상을 획득할 수 있다. 과정 S801은 영상 보정 모델에서 출력을 얻기 위한 입력 자기공명영상을 획득하는 과정으로, 영상 보정 모델이 학습한 데이터에 기반하여 다른 방식으로 이루어질 수도 있다.
- [0073] 복수의 리드아웃 그라디언트에 의해 왜곡된 복수의 영상으로부터 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 학습된 신경망 기반의 영상 보정 모델에 기초하여, 과정 S801에서 획득한 영상으로부터 왜곡이 보정된 자기공명영상을 출력한다(S802). 영상 보정 모델은 왜곡 영상들을 입력받아 왜곡이 없는 영상을 출력하도록 학습하였으므로, 과정 S801에서 획득한 왜곡 자기공명영상으로부터 왜곡이 없는 자기공명영상을 출력할 수 있다.
- [0074] 본 실시예는, 물질에 의해 유발된 자기장의 분포 변화와 그에 따라 발생하는 영상 왜곡을 제거하기 위해, 신경망 기반의 학습 모델을 이용한 왜곡 보정 방법을 제안한다. 자기장 분포에 영향을 미치는 물질을 포함하고 있는 대상체에서 왜곡이 없는 자기공명영상을 얻기 위하여, 대상체에 복수의 리드아웃 그라디언트를 가하여 의도적으로 복수의 왜곡된 영상을 획득하고 이를 신경망 기반의 영상 보정 모델에 입력하여 왜곡이 없는 영상을 출력하는 방식을 통해 자기공명영상의 왜곡을 보정할 수 있다.
- [0075] 영상 보정 모델이 이용하는 학습 데이터는 실제 자기공명영상을 이용하는 것이 현실적으로 불가능 하기 때문에, 모의실험 데이터를 생성하여 학습하고, 실제 적용 시에는 alternating readout gradients로 두 번 영상을 얻어 학습된 모델에 적용시켜 영상으로부터 왜곡을 보정한다.
- [0076] 또한, 본 실시예는 다중 오프셋 주파수에서 자기공명신호를 획득하고, 각 주파수 대역별로 복수의 리드아웃 그라디언트에 의한 복수의 자기공명영상을 획득하는 방식을 통해 multispectral 복원 방법에도 적용 가능하다.
- [0077] 이상의 설명은 본 실시예의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 실시예가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 실시예들은 본 실시예의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위

한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 실시예의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 실시예의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 실시예의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

[0078] 전술한 바와 같이, 도 3 및 도 8에 기재된 방법은 프로그램으로 구현되고 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 기록될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 유사 수확문제 검색방법을 구현하기 위한 프로그램이 기록되고 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 이러한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광 데이터 저장장치 등을 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어, 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수도 있다. 또한, 본 실시예를 구현하기 위한 기능적인(Functional) 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 실시예가 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있을 것이다.

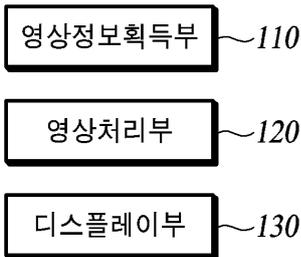
**부호의 설명**

[0079] 100: 자기공명영상 장치

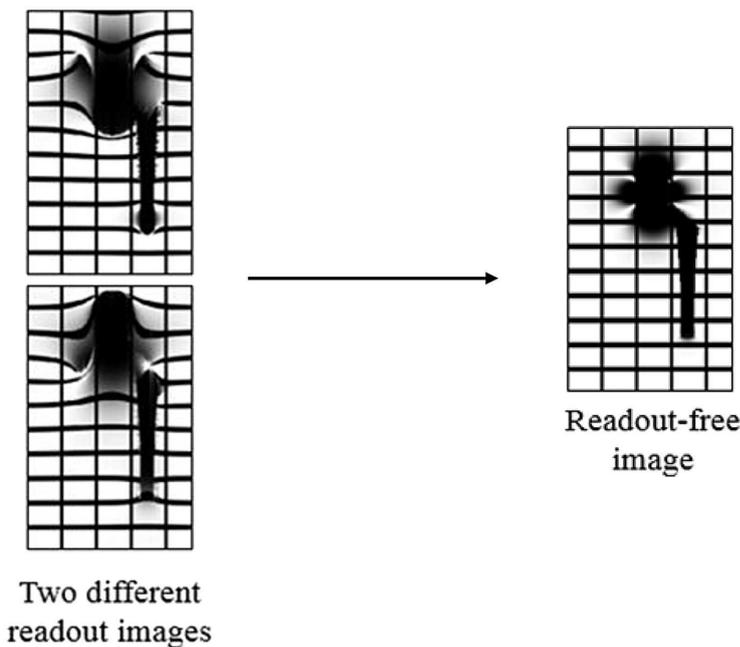
**도면**

**도면1**

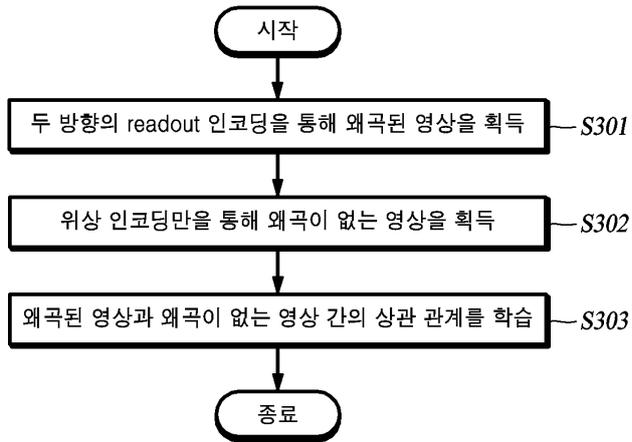
100



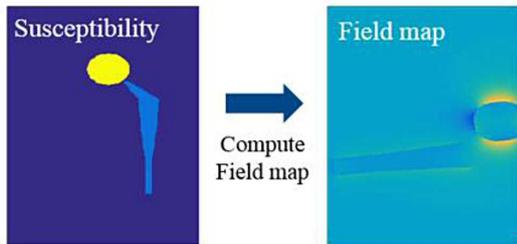
**도면2**



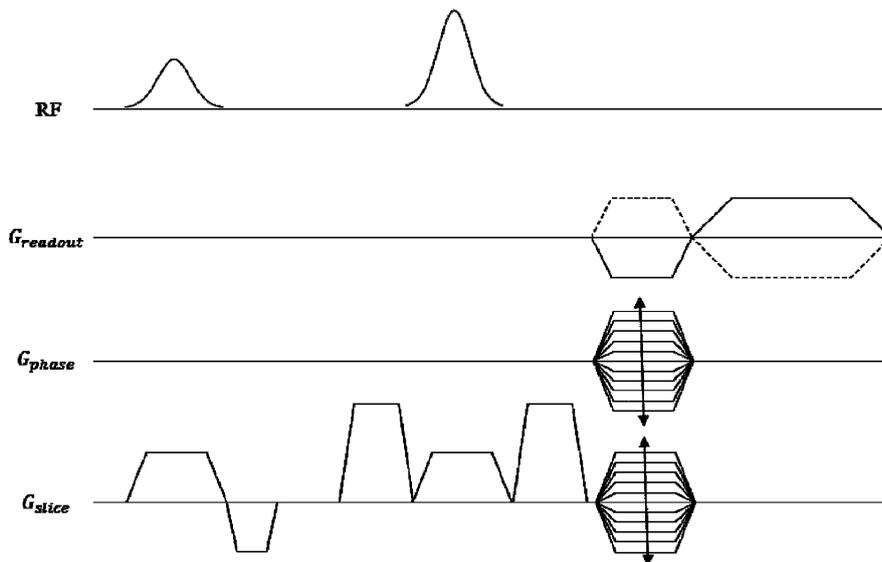
도면3



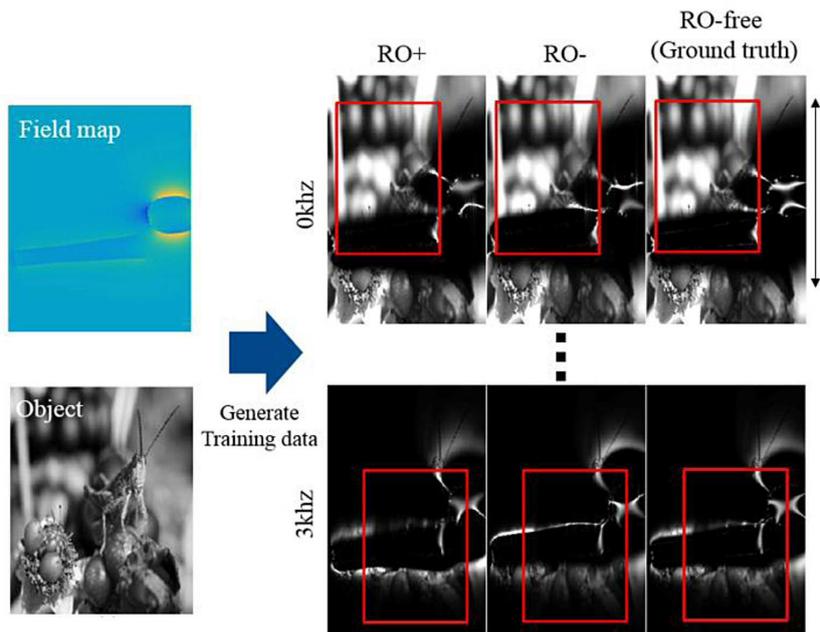
도면4



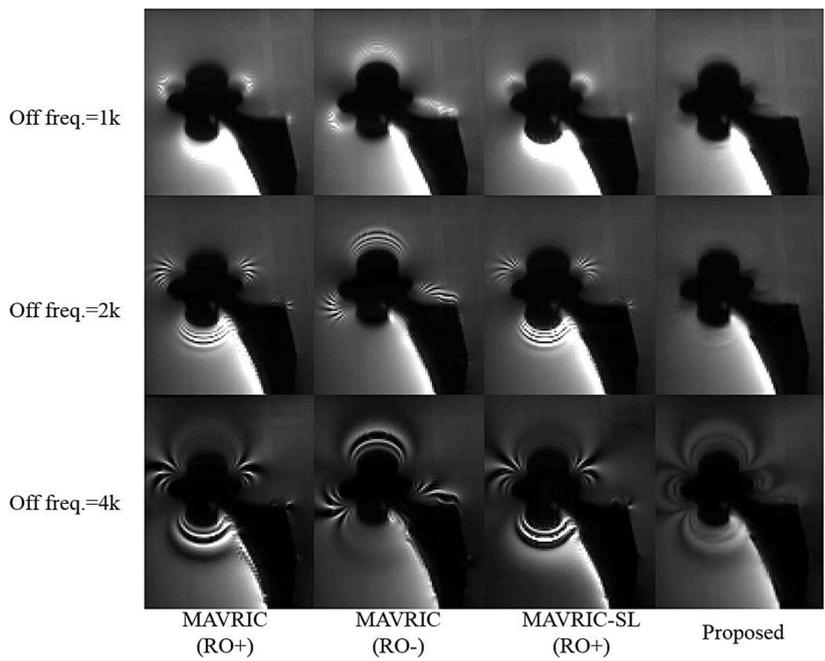
도면5



도면6



도면7



도면8

