(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0051749
(43) 공개일자 2014년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A61B 5/055 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0129106
(22) 출원일자 2012년11월14일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020120117906 2012년10월23일 대한민국(KR)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김영범
경기 수원시 장안구 대평로39번길 8, 231동 803호 (정자동, 꽃뫼노을마을대동아파트)
류연철
경기 화성시 동탄지성로 42, 225동 2303호 (반송동, 시범한빛마을동탄아이파크아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

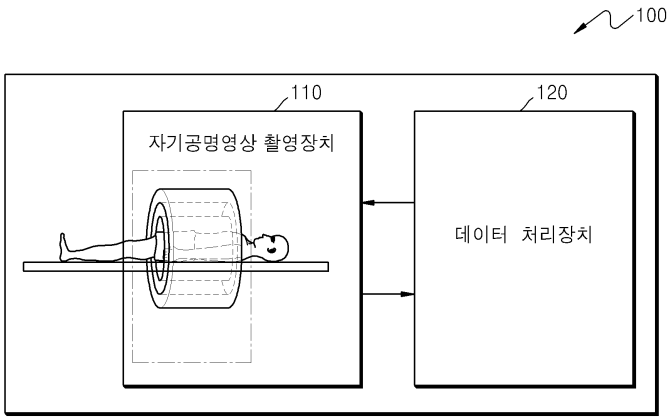
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **자기공명영상 시스템 및 자기공명영상 방법**

(57) 요 약

자기공명영상 방법은 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF 펄스들 및 선택 그레디언트를 상기 피사체에 인가하고, 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩을 수행하며, 복수의 서브-볼륨들으로부터 자기공명 신호들을 획득하고, 획득된 자기공명 신호들을 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

손종범

경기 성남시 분당구 느티로 22, A-2713 (정자동, 백궁동양파라곤)

이재목

경기 화성시 동탄반석로 231, 142동 501호 (석우동, 예당마을롯데캐슬아파트)

이성덕

경기 성남시 분당구 양현로94번길 29, 602동 1103호 (이매동, 이매촌청구아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging: MRI) 방법에 있어서,

피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨(sub-volume)들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기(excitation)되도록, 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF(Radio Frequency) 펄스들 및 선택 그레디언트(gradient)를 상기 피사체에 인가하는 단계;

상기 여기된 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩(encoding)을 수행하며, 상기 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 획득하는 단계; 및

상기 획득된 자기공명 신호들을 상기 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원(reconstruct)하는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 두 개 이상의 그룹들이 제1 그룹 내지 제N 그룹을 포함하는 경우, 상기 복수의 서브-볼륨들 각각은 순차적으로 제1 그룹 내지 제N 그룹에 순환하여 포함되고, 상기 N은 2 이상의 자연수인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 3차원 인코딩의 수행은 제1 방향에 대한 제1 인코딩 그레디언트 및 제2 방향에 대한 제2 인코딩 그레디언트를 상기 피사체에 인가하여, 상기 여기된 서브-볼륨들 각각을 3차원 인코딩하고,

상기 제1 방향 또는 제2 방향 중 어느 하나의 방향은 상기 선택 그레디언트가 인가된 방향과 동일한 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

리드아웃(readout) 그레디언트를 인가하여 상기 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 리드아웃(readout)하는 단계;를 더 포함하고,

상기 획득하는 단계는 상기 리드아웃된 신호들을 멀티-채널(multi-channel) 수신 코일(coil)들을 이용하여 획득하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 복원하는 단계는 멀티-채널 수신 코일들의 채널 정보를 고려한 병렬 영상(parallel imaging) 알고리즘을 사용하여, 상기 획득된 자기공명 신호들을 상기 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원하는 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 RF 펄스들 각각은 서로 다른 위상을 가질 수 있는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 복원하는 단계는 멀티-채널 수신 코일들의 채널 정보 및 상기 RF 펄스들 각각의 위상을 고려한 병렬 영상 알고리즘을 사용하여, 상기 획득된 자기공명 신호들을 상기 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 두 개 이상의 그룹들 각각에 대하여 상기 인가하는 단계, 상기 획득하는 단계, 및 상기 복원하는 단계를 수행하여 획득되는 이미지데이터를 합성(fusion)하는 단계;를 더 포함하는 방법.

청구항 9

자기공명영상 방법에 있어서,

피사체에 소정의 펄스 시퀀스를 인가하여, 상기 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들 중 어느 하나의 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터를 복원하는 단계;

상기 피사체를 구성하는 모든 그룹들에 대하여 상기 이미지데이터를 복원하는 단계가 수행되었는지 여부를 결정하는 단계; 및

상기 피사체를 구성하는 모든 그룹들에 대하여 상기 이미지데이터를 복원하는 단계가 수행된 경우, 상기 피사체를 구성하는 모든 그룹들 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터를 결합(fusion)하여, 3차원 볼륨 영상을 생성하는 단계;를 포함하는 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 적어도 두 개 이상의 그룹들이 제1 그룹 내지 제N 그룹을 포함하는 경우, 상기 복수의 서브-볼륨들 각각은 순차적으로 제1 그룹 내지 제N 그룹에 순환하여 포함되고, 상기 N은 2 이상의 자연수인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 복원하는 단계는 상기 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 획득하는 멀티-채널 수신 코일들의 채널 정보를 고려한 병렬 영상(parallel imaging) 알고리즘을 사용하여, 상기 획득된 자기공명 신호들을 상기 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원하는 방법.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램을 저장한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

청구항 13

자기공명영상 시스템에 있어서,

피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기되도록, 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF 펄스들 및 선택 그레디언트를 상기 피사체에 인가하고, 상기 여기된 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩을 수행하며 상기 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 획득하는 자기공명영상 촬영장치; 및

상기 획득된 자기공명 신호들을 상기 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원하는 데이터 처리장치;를 포함하는 자기공명영상 시스템.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 적어도 두 개 이상의 그룹들이 제1 그룹 내지 제N 그룹을 포함하는 경우, 상기 복수의 서브-볼륨들 각각은 순차적으로 제1 그룹 내지 제N 그룹에 순환하여 포함되고, 상기 N은 2 이상의 자연수인 것을 특징으로 하는 자기공명영상 시스템.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 자기공명영상 촬영장치는 상기 여기된 서브-볼륨들 각각을 3차원 인코딩하기 위하여, 제1 방향에 대한 제1 인코딩 그레디언트 및 제2 방향에 대한 제2 인코딩 그레디언트를 상기 피사체에 인가하는 그레디언트 코일들;을 포함하고,

상기 제1 방향 또는 제2 방향 중 어느 하나의 방향은 상기 선택 그레디언트가 인가된 방향과 동일한 것을 특징으로 하는 자기공명영상 시스템.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 자기공명영상 촬영장치는

상기 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 리드아웃하기 위하여, 리드아웃 그레디언트를 상기 피사체에 인가하는 그레디언트 코일들; 및

상기 자기공명 신호들을 획득하는 RF 코일들;을 더 포함하고,

상기 데이터 처리장치는 상기 RF 코일들에서 획득된 자기공명 신호들을 상기 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원하는 복원부;를 더 포함하는 자기공명영상 시스템.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

상기 데이터 처리장치는 멀티-채널 수신 코일들의 채널 정보를 고려한 병렬 영상 알고리즘을 사용하여, 상기 획득된 자기공명 신호들을 상기 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원하는 자기공명영상 시스템.

청구항 18

제 13 항에 있어서,

상기 자기공명영상 촬영장치는 서로 다른 위상을 가질 수 있는 RF 펄스들을 상기 피사체에 인가하는 RF 코일들;을 포함하는 자기공명영상 시스템.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 데이터 처리장치는 멀티-채널 수신 코일들의 채널 정보 및 상기 RF 펄스들 각각의 위상을 고려한 병렬 영상 알고리즘을 사용하여, 상기 획득된 자기공명 신호들을 상기 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원하는 복원부;를 포함하는 자기공명영상 시스템.

청구항 20

제 13 항에 있어서,

상기 데이터 처리장치는 상기 획득된 자기공명 신호들을 상기 그룹 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원하고, 복원된 이미지데이터를 합성하는 합성부;를 포함하는 자기공명영상 시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 자기공명영상 시스템 및 자기공명영상 방법이 개시된다.

배 경 기 술

[0002] 자기공명영상 시스템은 자력에 의하여 발생하는 자기장을 이용하여 인체의 생체조직들에 대한 영상을 획득할 수 있다. 또한, 자기공명영상 시스템은 생체조직으로부터 공명현상을 유발하기 위하여 생체조직에 고주파 신호를 인가하고, 생체조직에 대한 공간정보를 획득하기 위하여 생체조직에 그레디언트 신호들을 인가한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 촬영시간을 단축하면서 고해상도의 이미지데이터를 복원하는 자기공명영상 시스템 및 자기공명영상 방법이 개시된다. 또한, 상기 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다. 해결하려는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging: MRI) 방법은 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨(sub-volume)들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기(excitation)되도록, 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF(Radio Frequency) 펄스들 및 선택 그레디언트(gradient)를 상기 피사체에 인가하는 단계; 상기 여기된 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩(encoding)을 수행하며, 상기 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 획득하는 단계; 및 상기 획득된 자기공명 신호들을 상기 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원(reconstruct)하는 단계;를 포함한다.

[0005] 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위한 자기공명영상 방법은 피사체에 소정의 펄스 시퀀스를 인가하여, 상기 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들 중 어느 하나의 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터를 복원하는 단계; 상기 피사체를 구성하는 모든 그룹들에 대하여 상기 이미지데이터를 복원하는 단계가 수행되었는지 여부를 결정하는 단계; 및 상기 피사체를 구성하는 모든 그룹들에 대하여 상기 이미지데이터를 복원하는 단계가 수행된 경우, 상기 피사체를 구성하는 모든 그룹들 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터를 결합(fusion)하여, 3차원 볼륨 영상을 생성하는 단계;를 포함한다.

[0006] 상기 또 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여 상기된 자기공명영상 방법들을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공한다.

[0007] 상기 또 다른 기술적 과제를 해결하기 위한 자기공명영상 시스템은 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기되도록, 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF 펄스들 및 선택 그레디언트를 상기 피사체에 인가하고, 상기 여기된 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩을 수행하며, 상기 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 획득하는 자기공명영상 촬영장치; 및 상기 획득된 자기공명 신호들을 상기 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원하는 데이터 처리장치;를 포함한다.

발명의 효과

[0008] 상기된 바에 따르면, 빠른 속도로 고해상도의 이미지데이터 또는 고해상도의 볼륨 영상을 획득할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 일 실시예에 따른 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging: MRI) 시스템의 일 예를 도시한 도면이다.

도 2a 내지 도 2b는 복수의 서브-볼륨들의 그룹핑 방법을 도시한 도면이다.

도 3은 복수의 그룹들 각각에 대한 멀티-볼륨 이미징 기법을 도시한 도면이다.

도 4는 자기공명영상 시스템의 다른 실시예를 도시한 도면이다.

도 5는 피사체에 인가되는 펄스 시퀀스의 일 예를 도시한 도면이다.

도 6은 본 실시예에 따른 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기되는 일 예를 도시한 도면이다.

도 7은 본 실시예에 따른 이미지데이터의 복원 작업의 일 예를 도시한 도면이다.

도 8은 본 실시예에 따른 자기공명영상 방법의 일 예를 나타낸 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하에서는 도면을 참조하여 실시예들을 상세히 설명한다.

[0011] 도 1은 자기공명영상(Magnetic Resonance Image: MRI) 시스템의 일 실시예를 도시한 도면이다. 도 1을 참조하면, 자기공명영상 시스템(100)은 자기공명영상 촬영장치(110) 및 데이터 처리장치(120)를 포함한다.

[0012] 도 1에 도시된 자기공명영상 시스템(100)은 본 실시예와 관련된 구성요소들만이 도시되어 있다. 따라서, 도 1에 도시된 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성요소들이 더 포함될 수 있음을 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다.

[0013] 자기공명영상 시스템(100)은 피사체의 생체 조직에 대한 정보를 포함하는 영상을 비침습적으로 획득하는 장치이다. 예를 들어, 자기공명영상 시스템(100)은 자력에 의하여 발생하는 자기장을 이용하여 피사체에 대한 진단영상을 획득하는 장치가 될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 또한, 피사체는 인체, 뇌, 척추, 심장, 간, 태아 등을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 또한, 자기공명영상 시스템(100)은 PET(Positron Emission Tomography) 등의 다른 의료영상기기와 결합된 형태인 하이브리드 자기공영영상 시스템을 포함할 수도 있다.

[0014] 자기공명영상 촬영장치(110)는 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨(sub-volume)들로부터 자기공명 신호들을 획득한다. 이때, 복수의 서브-볼륨들 각각은 소정의 개수의 슬라이스(slice)들을 포함할 수 있다. 소정의 개수는 피사체의 특성, 사용환경에 따라 자동으로 결정되거나, 또는, 사용자의 의하여 결정될 수 있다. 또한, 슬라이스들의 두께는 피사체의 특성, 사용환경에 따라 자동으로 결정되거나, 또는, 사용자의 의하여 결정될 수 있다.

[0015] 예를 들어, 자기공명영상 촬영장치(110)는 복수의 서브-볼륨들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기(excitation)되도록, 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF(Radio Frequency) 펄스들 및 선택 그레디언트(gradient)를 피사체에 인가하고, 여기된 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩(encoding)을 수행하며, 복수의 서브-볼륨들으로부터 자기공명 신호들을 획득한다.

[0016] 자기공명영상 촬영장치(110)는 정자장(static magnetic field) 내에 위치한 피사체에 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF 펄스들 및 선택 그레디언트를 인가한다. 이에 따라, 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기된다. 적어도 두 개 이상의 그룹들이 제1 그룹 내지 제N 그룹을 포함하는 경우, 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨들 각각은 순차적으로 제1 그룹 내지 제N 그룹에 순환하여 포함된다. 복수의 서브-볼륨들이 제1 서브-볼륨 내지 제S 서브-볼륨을 포함하는 경우, 복수의 서브-볼륨들 각각은 순차적으로 제1 그룹 내지 제N 그룹에 포함되기에, 제1 서브-볼륨은 제1 그룹에 포함되고, 제2 서브-볼륨은 제2 그룹에 포함되고, 이와 같은 형식으로 제N 서브-볼륨은 제N 그룹에 포함된다. 또한, 순환하여 제(N+1) 서브-볼륨은 제1 그룹에 포함되고, 제(N+2) 서브-볼륨은 제2 그룹에 포함되고, 제(2N) 서브-볼륨은 제N 그룹에 포함되고, 이와 같은 형식으로 제S 서브-볼륨은 제(S-N) 그룹에 포함된다. 이에 따라, 제1 서브-볼륨 내지 제S 서브-볼륨 각각은 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑될 수 있다.

[0017] 이때, 피사체를 구성하는 제1 서브-볼륨 내지 제S 서브-볼륨은 어느 하나의 방향을 기준으로 순차적으로 설정될 수 있다. 예를 들어, 피사체에 선택 그레디언트가 인가되는 방향을 기준으로, 첫 번째 서브-볼륨은 제1 서브-볼륨, 마지막 서브-볼륨은 제S 서브-볼륨이 될 수 있다. 이때, 피사체의 볼륨이 x축, y축 및 z축에 대하여 정의되

는 경우, 선택 그레디언트가 인가되는 방향은 z축이 될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들어 설명하면, x축은 새지털(sagittal) 평면 방향, y축은 코로널(coronal) 평면 방향, z축은 액시얼(axial) 평면 방향, 트랜스벌스(transverse) 평면 방향, 또는 슬라이스 방향을 나타낼 수 있다.

[0018] 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨(sub-volume)들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들의 일 예에 관하여 이하 도 2a 내지 도 2b에서 설명한다.

[0019] 자기공명영상 촬영장치(110)는 적어도 두 개 이상의 그룹들 중 제1 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기되도록, 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF 펄스들 및 선택 그레디언트를 피사체에 인가한다. RF 펄스들 각각은 서로 다른 위상을 가질 수 있다.

[0020] M개의 서브-볼륨들을 동시에 여기시키는 경우를 예로 들면, 피사체로 인가되는 RF 펄스들은 단일-볼륨 선택(single volume selective) RF 펄스를 M개로 모듈레이션한 멀티-밴드(multi-band) RF 펄스들이 될 수 있다.

[0021] 다른 예로, 피사체로 인가되는 RF 펄스들은 M개의 지정된 서브-볼륨들을 여기시키도록 하는 하다마르 인코딩(Hadamard Encoding) 방식 또는 위상 오프셋 멀티플레너 볼륨 이미징(phase offset multiplanar volume imaging) 방식 등의 공간 인코딩(spatial encoding) RF 펄스들이 될 수 있다.

[0022] 이에 따라, RF 펄스들 각각은 주파수 오프셋(offset)을 가지거나, 또는 주파수 오프셋 및 위상 오프셋을 가질 수 있다. 예를 들어, 본 실시예에 따른 RF 펄스들은 수학식 1에 의하여 정의될 수 있다.

수학식 1

[0023]
$$\Psi(t) = A\sum_m sinc(\gamma GDt)e^{j\gamma Gd(m)t}e^{j\phi(m)}$$

[0024] 수학식 1에서 Ψ(t)는 RF 펄스들, A는 상수, m은 동시에 여기되는 M개의 서브-볼륨들 중 m번째 서브-볼륨을 나타내고, γ는 자기 회전비(Gyromagnetic Ratio), G는 그레디언트, D는 서브-볼륨의 두께, d(m)은 m번째 서브-볼륨의 위치, ϕ(m)은 m번째 서브-볼륨의 위상, t는 시간을 나타낸다. 예를 들어, 수학식 1의 그레디언트 G는 약 1KHz/cm가 될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 이러한 RF 펄스들에 주파수 모듈레이션 및 위상 모듈레이션이 수행됨에 의하여, RF 펄스들에 주파수 오프셋 및 위상 오프셋이 구현될 수 있다. 또한, RF 펄스들 각각이 서로 다른 위상을 가짐으로 인하여 RF 위상 인코딩을 수행할 수도 있다.

[0025] 주파수 오프셋의 구현에 관한 예를 들면, 자기공명영상 촬영장치(110)는 정자장 내에 위치한 피사체에 소정의 축 방향을 기준으로 선택 그레디언트를 인가하면서, 제1 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각의 라모 주파수(Lamor Frequency)에 대응하는 주파수 성분을 포함하는 RF 펄스들을 피사체에 인가할 수 있다.

[0026] 라모 주파수는 원자핵 자기모멘트(magnetic moment)의 세차운동 주파수이다. 원자핵은 스핀운동으로 인하여 자기 모멘트 또는 자기 쌍극자 모멘트(magnetic dipole moment)를 가지게 된다. 원자에 외부 자계가 없는 경우 원자핵의 자기 모멘트는 방향에 일정한 규칙이 없는 무작위성을 가지지만, 원자가 정자장 내에 위치하게 되면 원자핵들은 낮은 에너지 상태로 가기 위하여 정자장 방향으로 정렬하게 된다. 이때, 원자핵이 스핀운동함에 따라, 원자핵의 자기 모멘트는 세차운동(precessional motion)을 하게 된다. 이러한 원자핵의 자기 모멘트의 세차운동 주파수를 라모 주파수라고 한다. 예를 들어, 라모 주파수는 자기 회전비 및 외부에서 인가된 자기장의 세기의 곱에 의하여 결정될 수 있다.

[0027] 자기공명영상 촬영장치(110)는 정자장 내에 위치한 피사체에 소정의 방향을 기준으로 선형적으로 변화하는 자기장을 분포시키기 위하여 선택 그레디언트를 인가하고, 제1 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들을 동시에 여기시키기 위하여 제1 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각의 라모 주파수에 대응하는 주파수 성분을 포함하는 RF 펄스들을 피사체에 인가한다.

[0028] 도 1 및 도 5를 참조하면, 자기공명영상 촬영장치(110)는 피사체에 RF 펄스들(511) 및 선택 그레디언트(512)가 인가됨에 따라 여기된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩을 수행하기 위하여, 그레디언트 신호들(513, 514, 516)을 피사체에 인가한다. 예를 들어, 자기공명영상 촬영장치(110)는 제1 방향에 대한 제1 인코딩 그레디언트(513) 및 제2 방향에 대한 제2 인코딩 그레디언트(514), 제3 방향에 대한 주파수 인코딩 그레디언트

(516)를 피사체에 인가하여 3차원 인코딩을 수행할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 이때, 제1 방향 또는 제2 방향 중 어느 하나의 방향은 선택 그레디언트(512)가 인가된 방향과 동일할 수 있다.

[0029] 예를 들어, 제1 인코딩 그레디언트(513)는 y축 방향의 위치정보, 제2 인코딩 그레디언트(514)는 z축 방향의 위치정보, 주파수 인코딩 그레디언트(516)는 x축 방향의 위치정보를 제공하기 위하여 피사체에 인가될 수 있다. 이에 따라, 제1 인코딩 그레디언트(513)는 y축 방향 위상 인코딩을 수행하고, 제2 인코딩 그레디언트(514)는 z축 방향의 슬라이스 인코딩 또는 슬라이스 방향 인코딩을 수행할 수 있다. z축 방향의 슬라이스 인코딩에 관하여 이하 도 3에서 예를 들어 설명한다.

[0030] 다시 도 1을 참조하면, 자기공명영상 촬영장치(110)는 주파수 인코딩 그레디언트를 피사체에 인가함에 따라 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 리드아웃(readout)할 수 있다. 이때, 주파수 인코딩 그레디언트는 리드아웃 그레디언트가 될 수 있다. 예를 들어, 자기공명영상 촬영장치(110)는 자기공명 신호들을 샘플링하기 위하여, 리드아웃 그레디언트를 피사체에 인가할 수 있고, 리드아웃 그레디언트가 피사체에 인가되는 동안 선택 그레디언트가 인가된 방향에 대한 그레디언트는 인가되지 않을 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 선택 그레디언트가 z축 방향으로 인가되는 경우, 리드아웃 그레디언트는 x축 방향으로 인가될 수 있다.

[0031] 그레디언트 에코(Gradient Echo) 방식을 예로 들면, 피사체에 인가되는 리드아웃 그레디언트의 극성은 음(negative)에서 양(positive)로 변화할 수 있다. 이처럼, 음의 극성을 가지는 리드아웃 그레디언트가 피사체에 인가됨에 따라 원자핵의 스핀이 디페이즈(dephase)되고, 양의 극성을 가지는 리드아웃 그레디언트가 피사체에 인가됨에 따라 원자핵의 스핀이 디페이즈된 크기만큼 리페이즈(rephase)된다. 음에서 양으로 극성이 변화하는 리드아웃 그레디언트가 피사체에 인가됨에 따른 리포커싱(refocusing)에 의하여, 동일한 주파수를 가지는 자기공명 신호들이 획득될 수 있다. 이처럼, 자기공명영상 촬영장치(110)에서 동일한 주파수를 가지는 자기공명 신호들이 획득됨에 따라 틸트(tilt)가 발생하지 않기에, 자기공명영상 시스템(100)은 고해상도의 영상을 생성할 수 있다.

[0032] 스핀 에코(Spin Echo) 방식을 예로 들면, 피사체에 인가되는 리드아웃 그레디언트는 양의 극성을 가질 수 있다. 이러한 경우, 자기공명영상 촬영장치(110)는 리포커싱을 위한 180° 펄스를 피사체에 인가할 수 있다.

[0033] 자기공명영상 촬영장치(110)는 여기된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩을 수행하며, 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 획득한다. 이때, 복수의 서브-볼륨들은 RF 펄스들 및 선택 그레디언트에 의하여 여기된 제1 그룹에 포함된 서브-볼륨들을 나타낼 수 있다. 예를 들어, 자기공명영상 촬영장치(110)는 멀티-채널(multi-channel) 수신 코일(coil)들을 이용하여 자기공명 신호들을 획득할 수 있고, 획득된 자기공명 신호들은 리드아웃 그레디언트에 의하여 획득된 신호들이 될 수 있다.

[0034] 데이터 처리장치(120)는 자기공명영상 촬영장치(110)에서 획득된 자기공명 신호들을 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원한다. 예를 들어, 데이터 처리장치(120)는 멀티-채널 수신 코일들의 채널 정보를 고려한 병렬 영상 알고리즘을 사용하여, 자기공명 신호들을 이미지데이터로 복원할 수 있다. 이때, 멀티-채널 수신 코일들의 채널 정보는 멀티-채널 수신 코일들 각각의 코일 센시티비티(coil sensitivity)를 나타낼 수 있다. 다만, 이에 한정되지 않고, 데이터 처리장치(120)는 RF 코일의 전류 엘리먼트(current element)들에 대한 정보를 고려한 병렬 영상 알고리즘을 사용하여, 자기공명 신호들을 이미지데이터로 복원할 수도 있다.

[0035] 부연하면, 멀티-채널 수신 코일들 각각에서 획득된 자기공명 신호들은 복수의 서브-볼륨들에 대한 정보들이 중첩되어 있다. 그러하기에, 데이터 처리장치(120)는 멀티-채널 수신 코일들의 채널 정보를 고려한 병렬 영상 알고리즘을 이용하여, 복수의 서브-볼륨들에 대하여 중첩되어 있는 정보들을 분리함에 따라, 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원할 수 있다. 병렬 영상 알고리즘은 SENSE(Sensitivity encoding), GRAPPA(Generalized Autocalibrating Partially Parallel Acquisitions), SMASH(Simultaneous Acquisition of Spatial Harmonics), PILS(Partially Parallel Imaging with Localized Sensitivities) 등을 이용할 수 있다.

[0036] 이에 따라, 데이터 처리장치(120)는 병렬 영상 알고리즘에 따른 디알리아싱(de-aliasing) 기법과 멀티-채널 수신 코일들의 채널정보를 고려하여, 복수의 서브-볼륨들에 대한 정보가 중첩된 자기공명 신호들을 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 분리하여 복원할 수 있다.

[0037] 본 실시예에 따른 자기공명영상 시스템(100)에 따르면, 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들 중 제1 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기되기에, 자기공명영상 촬영속도를 증가시키면서도, SNR(Signal to Noise Ratio)이 높은 고해상도의 3차원 볼륨 영상을 생성할 수 있다.

[0038] 도 2a 내지 도 2b는 복수의 서브-볼륨들의 그룹핑 방법을 도시한 도면이다. 도 2a 내지 도 2b에서는 설명의 편의를 위하여, 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 두 개의 그룹들을 도시하고 있으나, 이에 한정되지 않고, 세 개 이상의 그룹들을 포함할 수도 있다.

[0039] 도 2a를 참조하면, 제1 그룹(211) 및 제2 그룹(212)이 도시되어 있고, 제1 그룹(211) 및 제2 그룹(212) 각각은 세 개의 서브-볼륨들을 포함한다. 제1 그룹(211) 및 제2 그룹(212) 각각에 포함된 서브-볼륨들 각각은 네 개의 슬라이스들이 축적된 형태를 도시하고 있으나, 이에 한정되지 않고, 서브-볼륨들은 적어도 두 개 이상의 슬라이스들이 축적된 형태를 모두 포함할 수 있다.

[0040] 이처럼, 복수의 슬라이스들이 축적된 형태인 서브-볼륨들을 여기시키는 방법은 슬라이스 단위로 여기시키는 2차원 자기공명영상 기법에 비하여 인접 영상 간의 빈 공간(inter-slice gap)이 발생함에 따른 영상정보의 누락이 발생하는 것을 방지할 수 있다.

[0041] 또한, 도 2a를 참조하면, z축 방향을 기준으로 제1 서브-볼륨(201), 제3 서브-볼륨(203) 및 제5 서브-볼륨(205)은 제1 그룹(211)에 포함되고, z축 방향을 기준으로 제2 서브-볼륨(202), 제4 서브-볼륨(204) 및 제6 서브-볼륨(206)은 제2 그룹(212)에 포함될 수 있다. 이에 따라, 자기공명영상 촬영장치(110)는 제1 그룹(211)에 포함된 복수의 서브-볼륨들(201, 203, 205)이 동시에 여기되도록, RF 펄스들 및 선택 그레디언트를 피사체에 인가한다. 또한, 제1 그룹(211)에 대한 이미지데이터 복원작업이 모두 완료된 후, 자기공명영상 촬영장치(110)는 제2 그룹(212)에 포함된 복수의 서브-볼륨들(202, 204, 206)이 동시에 여기되도록, RF 펄스들 및 선택 그레디언트를 피사체에 인가한다.

[0042] 부연하면, 자기공명영상 촬영장치(110)는 제1 RF 펄스들 및 제1 선택 그레디언트를 피사체에 인가하여, 제1 그룹(211)에 포함된 복수의 서브-볼륨들(201, 203, 205)이 동시에 여기되도록 할 수 있다. 제1 RF 펄스들은 복수의 주파수 성분들을 포함할 수 있다. 복수의 주파수 성분들은 제1 서브-볼륨(201)을 여기시키기 위한 제1 주파수 성분, 제3 서브-볼륨(203)을 여기시키기 위한 제2 주파수 성분 및 제5 서브-볼륨(205)을 여기시키기 위한 제3 주파수 성분을 포함할 수 있다. 추가적으로, 복수의 주파수 성분들을 포함하는 제1 RF 펄스들 각각은 서로 다른 위상을 가질 수 있다. 이와 같이, 제1 RF 펄스들은 주파수 오프셋 및 위상 오프셋을 가질 수 있다. 이러한 경우, 제1 서브-볼륨(201)은 제1 RF 펄스들 중 제1 주파수 성분 및 제1 위상을 가지는 RF 펄스에 의하여 여기되고, 제3 서브-볼륨(203)은 제1 RF 펄스들 중 제2 주파수 성분 및 제2 위상을 가지는 RF 펄스에 의하여 여기되고, 제5 서브-볼륨(205)은 제1 RF 펄스들 중 제3 주파수 성분 및 제3 위상을 가지는 RF 펄스에 의하여 여기될 수 있다.

[0043] 제1 그룹(211)에 포함된 복수의 서브 볼륨들(201, 203, 205)을 여기한 이후 동일한 형식으로 자기공명영상 촬영장치(110)는 제2 RF 펄스들 및 제2 선택 그레디언트를 피사체에 인가하여, 제2 그룹(212)에 포함된 복수의 서브-볼륨들(202, 204, 206)이 동시에 여기되도록 할 수 있다.

[0044] 도 2b를 참조하면, 제1 그룹(221) 및 제2 그룹(222)이 도시되어 있다. 도 2b를 참조하면, z축 방향을 기준으로 첫 번째 서브-볼륨, 세 번째 서브-볼륨, 다섯 번째 서브-볼륨 및 일곱 번째 서브-볼륨은 제1 그룹(221)에 포함되고, z축 방향을 기준으로 두 번째 서브-볼륨, 네 번째 서브-볼륨, 여섯 번째 서브-볼륨 및 여덟 번째 서브-볼륨은 제2 그룹(222)에 포함될 수 있다. 이러한 경우, 도 1의 자기공명영상 촬영장치(110)에서 3차원 인코딩을 수행하기 위하여, 제1 방향에 대한 제1 인코딩 그레디언트(예를 들어, 위상 인코딩 그레디언트) 및 제2 방향에 대한 제2 인코딩 그레디언트(예를 들어, 슬라이스 인코딩 그레디언트)를 피사체에 인가하는 경우, 제1 방향은 y축 방향, 제2 방향은 z축 방향이 될 수 있다.

[0045] 복수의 서브-볼륨들을 동시에 여기시키는 방식은 제2 방향에 대한 슬라이스 인코딩을 수행하는 시간을 감소시킬 수 있다. 제2 방향에 대한 슬라이스 인코딩의 수행 횟수는 그룹들 각각에 포함된 서브-볼륨의 수에 비례하여 감소될 수 있다. 도 2b에 도시된 바와 같이, 제1 그룹(221) 및 제2 그룹(222) 각각에 4개의 서브-볼륨들이 포함된 경우를 예로 들어 설명하면, z축 방향에 대한 슬라이스 인코딩의 수행 횟수는 그룹핑을 수행하지 않는 경우에 비하여 1/4로 감소될 수 있다. 스캔 시간을 단축시킴에 따라 자기공명영상 시스템(100)은 빠른 속도로 고해상도 3차원 전체(full) 볼륨 영상을 생성할 수 있다.

[0046] 도 3은 복수의 그룹들 각각에 대한 멀티-볼륨 이미징 기법을 도시한 도면이다. 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기된 도면(31)을 참조하면, 제1 그룹(311)에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기되고, 또한, 제2 그룹(312)에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기된다. 그룹들의 수가 n개 이고, 그룹들 각각에 포함되어 동시

에 여기되는 서브-볼륨의 수가 M개 인 경우, 피사체의 전체 볼륨은 M×n개로 나누어진 상태로 3차원 자기공명영상이 수행될 수 있다. 도 3을 참조하면, 제1 그룹(311) 및 제2 그룹(312)에 각각 세 개의 서브-볼륨들이 포함되어 있기에, 피사체는 6개로 나누어진 상태로 3차원 자기공명 영상화된다.

[0047] 또한, z축 방향 인코딩을 나타낸 도면(32)을 참조하면, 제1 그룹(311)에 대한 z축 방향 인코딩(321)의 수행 및 제2 그룹(312)에 대한 z축 방향 인코딩(322)의 수행이 도시되어 있다.

[0048] x축 방향에 대하여 주파수 인코딩, y축 방향에 대하여 위상 인코딩, z축 방향에 대한 슬라이스 인코딩이 수행된다고 가정한다. 피사체를 구성하는 복수의 서브-볼륨들을 복수의 그룹들로 그룹핑 하지 않은 경우 피사체의 전체 볼륨에 대한 z축 방향 슬라이스 인코딩 횟수가 Nz라고 하면, 본 실시예에 따른 자기공명영상 시스템(100)은 피사체의 전체 볼륨을 M×n개로 나누어 3차원 자기공명영상을 수행하기에 z축 방향에 대한 슬라이스 인코딩 횟수는 Nz/(M)가 된다.

[0049] 그러하기에, 피사체를 구성하는 복수의 서브-볼륨들을 복수의 그룹들로 그룹핑 하지 않은 경우, 피사체의 전체 볼륨에 대한 y축 방향 위상 인코딩 횟수가 Ny, 피사체의 전체 볼륨에 대한 z축 방향 슬라이스 인코딩 횟수가 Nz, 피사체의 전체 볼륨에 대한 전체 스캔시간이 TA=(Ny)×(Nz)라고 하면, 본 실시예에 따른 자기공명영상 시스템(100)은 피사체의 전체 볼륨에 대한 전체 스캔시간이 TA`=(Ny)×((Nz)/(M))=TA/M이 된다.

[0050] 다만, 상기에서 기재된 자기공명영상 시스템(100)에서의 인코딩 횟수 및 전체 스캔시간은 본 실시예에 따른 최소 인코딩 횟수 및 최소 전체 스캔시간이 될 수 있다. 예를 들어, 복수의 서브-볼륨들 간에 서로 겹치는 영역이 존재할 경우 z축 방향에 대한 슬라이스 인코딩 횟수는 Nz/(M) 보다 더 증가할 수 있고, 이에 따른, 전체 스캔시간도 증가할 수 있다.

[0051] 이처럼, 본 실시예에 따른 자기공명영상 기법은 복수의 슬라이스들이 축적된 형태인 서브-볼륨들을 동시에 여기시키면서 3차원 인코딩을 수행하기에, z축 방향 슬라이스 인코딩의 수행 횟수를 감소시킴에 따라, 피사체의 전체 볼륨 영상을 획득하는데 소요되는 스캔 시간이 감소될 수 있다. 또한, 복수의 슬라이스들이 축적된 형태인 서브-볼륨들 단위로 3차원 인코딩을 수행함에 따라, 슬라이스들이 축적된 형태인 슬랩(slab) 단위로 2차원 인코딩을 수행하는 경우 슬랩들 간의 공극(gap)을 없애기 위하여 복수의 방향들(orientations)에서 자기공명영상 촬영을 수행하는 것을 방지할 수 있다.

[0052] 도 4는 자기공명영상 시스템의 다른 실시예를 도시한 도면이다. 도 4를 참조하면, 자기공명영상 시스템(100)은 자기공명영상 촬영장치(110), 데이터 처리장치(120) 및 사용자 인터페이스부(130)를 포함하고, 자기공명영상 촬영장치(110)는 제어부(111), RF 구동부(112), 그레디언트 구동부(113), 마그넷 장치(114), 신호 획득부(115)로 구성되고, 마그넷 장치(114)는 자력 발생부(1141), RF 코일들(1142), 그레디언트 코일들(1143)을 포함하고, 데이터 처리장치(120)는 복원부(122) 및 합성부(124)를 포함하고, 사용자 인터페이스부(130)는 입력장치(132) 및 출력장치(134)를 포함한다. 도 4에 도시된 자기공명영상 시스템(100)은 도 1에 도시된 자기공명영상 시스템(100)의 일 예에 해당한다. 따라서, 도 1에서 자기공명영상 시스템(100)와 관련하여 기재된 설명은 도 4의 자기공명영상 시스템(100)에도 적용이 가능하기에, 중복되는 설명은 생략한다.

[0053] 자기공명영상 시스템(100)은 피사체의 생체 조직에 대한 정보를 포함하는 영상을 비침습적으로 획득하는 장치이다. 이때, 영상은 3차원 볼륨 영상이 될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 자기공명영상 촬영장치(110)는 피사체에 소정의 펄스 시퀀스를 인가하여 피사체로부터 방출되는 자기공명신호들을 획득한다.

[0054] 제어부(111)는 자기공명영상 촬영장치(110)의 전반적인 동작을 제어한다. 예를 들어, 제어부(111)는 RF 구동부(112), 그레디언트 구동부(113), 마그넷 장치(114) 및 신호 획득부(115)를 제어할 수 있다. RF 구동부(112)는 RF 코일들(1142)을 제어하고, 그레디언트 구동부(113)는 그레디언트 코일들(1143)을 제어한다.

[0055] 마그넷 장치(114)는 피사체에 자기장, RF 펄스들 및 그레디언트를 인가하고, 피사체로부터 자기공명 신호들을 획득한다. 피사체의 자기적 성질을 측정하기 위하여, 마그넷 장치(114)는 외부공간과 차폐(shield)된 공간 안에 존재하게 될 수 있으나, 이에 한정되지 않고, 개방형으로 구현될 수도 있다.

[0056] 자력 발생부(114)는 피사체를 정자장 내에 위치하도록 하기 위하여 자력을 발생시킨다.

[0057] RF 코일들(1142)은 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF 펄스들을 피사체에 인가하고, 피사체로부터 자기공명신호들을 획득한다. 이때, RF 코일들(1142)은 송신용 RF 코일들 및 수신용 RF 코일들을 모두 포함하거나, 또는, 송수신용 RF 코일들을 포함할 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위하여, RF 코일들(1142)을 RF 송신 코일 및 RF 수신 코일로 구별하여 설명하나, 이에 한정되지 않는다.

[0058] RF 코일들(1142) 중 RF 송신 코일에서 피사체로 인가되는 RF 펄스들은 멀티-밴드 RF 펄스들 또는 공간 인코딩 RF 펄스들을 모두 포함할 수 있다. RF 코일들(1142) 중 RF 수신 코일은 피사체로부터 신호들을 획득하고, 획득된 신호들을 데이터 처리장치(120)로 출력한다. 이때, RF 수신 코일은 멀티-채널 수신 코일들이 될 수 있다. 예를 들어, RF 수신 코일은 32개의 채널들을 포함하는 멀티-채널 수신 코일들이 될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0059] 그레디언트 코일들(1143)은 선택 그레디언트, 제1 인코딩 그레디언트, 제2 인코딩 그레디언트 및 주파수 인코딩 그레디언트를 피사체에 인가한다. 예를 들어, 그레디언트 코일들(1143)은 선택 그레디언트, 제2 인코딩 그레디언트를 인가하는 z 코일, 주파수 인코딩 그레디언트를 인가하는 x 코일 및 제1 인코딩 그레디언트를 인가하는 y 코일을 포함한다.

[0060] RF 코일들 (1142) 및 그레디언트 코일들(1143)에서 피사체로 인가되는 신호들에 대한 펄스 시퀀스에 관하여 이하 도 5에서 상세히 설명한다.

[0061] 신호 획득부(115)는 RF 코일들(1142)에서 출력된 자기공명 신호들을 획득하여 소정의 작업들을 수행한다. 예를 들어, 신호 획득부(115)는 획득된 자기공명 신호들을 증폭하는 증폭기, 증폭된 자기공명 신호들을 복조하는 복조기, 복조된 자기공명 신호들을 디지털 형태로 변환하는 ADC(Analog to Digital Converter) 등으로 구현될 수 있으며, 디지털 형태로 변환된 자기공명 신호를 저장할 수 있는 스토리지를 구비할 수도 있다.

[0062] 데이터 처리장치(120)는 자기공명영상 촬영장치(110)로부터 출력된 자기공명 신호들에 대한 소정의 처리작업들을 수행한다.

[0063] 복원부(122)는 자기공명영상 촬영장치(110)로부터 출력된 자기공명 신호들을 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원한다.

[0064] 또한, 복원부(122)는 복원 작업을 수행하기 위하여, 자기공명영상 촬영장치(110)로부터 출력된 자기공명 신호들을 이용하여 k-space를 구성하고, k-space를 구성하는 k-space 데이터에 푸리에 트랜스폼(Fourier Transform)을 수행할 수도 있다. 이때, k-space 데이터는 복수의 서브-볼륨들에 대한 이미지데이터가 모두 중첩된 형태로 존재하게 된다.

[0065] 복원 작업에 대하여 좀 더 상세히 설명하면, 멀티-채널 수신 코일들은 여기된 복수의 서브-볼륨들 전체에 대하여 중첩된 영상에 대한 자기공명 신호들을 수신한다. 그러하기에, 복원부(122)는 멀티-채널 수신 코일들의 채널 정보를 고려하여, 중첩된 영상에 대한 자기공명 신호들을 복수의 서브-볼륨들 각각에 대한 이미지데이터로 분리한다. 추가적으로, RF 코일들(1142)에서 피사체로 인가되는 RF 펄스들 각각이 서로 다른 위상을 가지는 경우, 복원부(122)는 멀티-채널 수신 코일들의 채널 정보 및 RF 펄스들 각각의 위상을 더 고려할 수 있다.

[0066] 병렬 영상 알고리즘은 촬영속도 증가를 위하여 신호획득을 위한 샘플링 라인의 수가 감소함에 따라 발생하는 알리아싱(aliasing)을 디알리아싱(dealiasing)하기 위한 기법이다. 예를 들어, 병렬 영상 알고리즘은 멀티-채널 수신 코일들 각각의 채널정보에 대응하는 코일 필드 센시티비티(coil field sensitivity)를 이용하는 SENSE 기법 또는 획득한 자기공명 신호들의 주변 미획득된 신호라인의 값을 ACS(autocalibration signal) 커널을 사용하는 추정하는 GRAPPA 기법 등이 있다. 복원부(122)는 멀티-채널 수신 코일들의 채널정보 및 병렬 영상 알고리즘의 디알리아싱 기법을 사용하여, 중첩된 자기공명 신호들을 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원한다. 이에 관하여, 이하 도 7에서 좀 더 상세히 설명한다.

[0067] 합성부(124)는 복원부(122)에서 복원된 이미지데이터를 합성한다. 합성은 결합(fusion) 작업이 될 수도 있다. 피사체가 제1 그룹 내지 제2 그룹으로 구성된 경우를 예로 들어 설명하면, 자기공명영상 촬영장치(110)는 제1 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기되도록, 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF 펄스들 및 선택 그레디언트를 피사체에 인가하고, 여기된 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩을 수행하며, 복수의 서브-볼륨들으로부터 자기공명 신호들을 획득하고, 복원부(122)는 제1 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원한다. 동일한 방식으로, 자기공명영상 촬영장치(110)는 제2 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들으로부터 자기공명 신호들을 획득하고, 복원부(122)는 제2 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원한다. 합성부(124)는 제1 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터와 제2 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터를 합성하여, 피사체의 전체 볼륨 영상을 생성할 수 있다.

[0068] 사용자 인터페이스부(130)는 사용자로부터 입력정보를 획득하고, 출력정보를 표시한다. 도 4에서 설명의 편의를

위하여 입력장치(132) 및 표시장치(134)가 분리되어 도시되어 있으나, 이에 한정되지 않고, 입력장치(132) 및 표시장치(134)는 하나의 장치로 통합되어 동작될 수도 있다.

[0069] 입력장치(132)는 사용자로부터 자기공명영상의 해상도, 슬라이스들의 두께 등을 선택하는 입력정보를 획득하고, 표시장치(134)는 합성부(124)에 의하여 생성된 피사체의 전체 볼륨 영상 또는 피사체의 전체 볼륨 영상 중 관심 영역에 대한 영상을 표시한다. 도 4는 자기공명영상 시스템(100)이 표시장치(134)를 포함하는 것으로 도시하였으나, 이에 한정되지 않고, 표시장치(134)는 자기공명영상 시스템(100)의 외부에 마련될 수도 있다.

[0070] 도 5는 피사체에 인가되는 펄스 시퀀스(51)의 일 예를 도시한 도면이다. 도 4 내지 도 5를 참조하면, 피사체를 구성하는 복수의 그룹들 중 제1 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기되도록, RF 펄스들(511) 및 선택 그레디언트(512)가 피사체로 인가된다.

[0071] 이때, RF 펄스들(511)은 RF 코일들(1142)에 의하여 피사체에 인가되고, 선택 그레디언트(512)는 그레디언트 코일들(1143) 중 z 코일에 의하여 인가될 수 있다.

[0072] 여기된 복수의 서브-볼륨들에 대하여 3차원 인코딩을 수행하기 위하여, 제1 인코딩 그레디언트(513) 및 제2 인코딩 그레디언트(514)가 피사체로 인가된다. 이때, 제1 인코딩 그레디언트(513) 및 제2 인코딩 그레디언트(514) 각각은 그레디언트 코일들(1143) 중 y 코일 및 z 코일에 의하여 인가될 수 있다. 이러한 경우, 제1 인코딩 그레디언트(513)는 y축 방향에 대한 위상 인코딩을 수행하고, 제2 인코딩 그레디언트(514)는 z축 방향에 대한 슬라이스 인코딩을 수행한다.

[0073] 또한, 제1 인코딩 그레디언트(513) 및 제2 인코딩 그레디언트(514)와 함께 추가적으로 주파수 인코딩 그레디언트(515)가 인가될 수도 있으나, 이에 한정되지 않는다. 이때, 주파수 인코딩 그레디언트(515)는 그레디언트 코일들(1143) 중 x 코일에 의하여 인가될 수 있다.

[0074] 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 리드아웃하기 위하여, 주파수 인코딩 그레디언트(516)가 피사체로 인가된다. 이때, 주파수 인코딩 그레디언트(516)는 그레디언트 코일들(1143) 중 x 코일에 의하여 인가된다. 이처럼, 제1 인코딩 그레디언트(513) 및 제2 인코딩 그레디언트(514)가 인가된 후, 주파수 인코딩 그레디언트(515)가 인가됨에 따라, 자기공명영상 촬영장치(110)는 3차원 인코딩을 수행할 수 있다. 이때, 제1 인코딩 그레디언트(513), 제2 인코딩 그레디언트(514) 및 주파수 인코딩 그레디언트(515)는 상호 연계하여 피사체에 대한 공간 인코딩을 수행할 수 있다.

[0075] 또한, 도 5에 도시된 펄스 시퀀스(51)가 그레디언트 에코 방식인 경우라면, 주파수 인코딩 그레디언트(516) 의 극성은 음에서 양으로 변화할 수 있다.

[0076] 도 6은 본 실시예에 따른 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기되는 일 예를 도시한 도면이다. 도 5의 펄스 시퀀스(51) 및 도 6의 멀티-볼륨 이미징 기법(61)을 참조하면, 정자장 내에 존재하는 피사체에 선택 그레디언트(512)가 인가됨에 따라, 피사체에는 선형적으로 변화하는 경사자장(magnetic field gradient)(611)이 생성된다. 이에 따라, 피사체를 구성하는 복수의 서브-볼륨들(612 내지 616) 각각은 서로 다른 라모 주파수를 가질 수 있다.

[0077] 제1 서브-볼륨(612), 제3 서브-볼륨(613) 및 제5 서브-볼륨(614)이 제1 그룹에 포함되는 경우, 제1 서브-볼륨(612), 제3 서브-볼륨(613) 및 제5 서브-볼륨(614)을 여기시키는 복수의 주파수 성분들을 가지는 RF 펄스들(511)이 피사체에 인가됨에 따라, 제1 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들(612 내지 614)이 동시에 여기될 수 있다. 추가적으로, 복수의 주파수 성분들을 가지는 RF 펄스들(511)이 서로 다른 위상을 가지는 경우, 제1 서브-볼륨(612)은 제1 라모 주파수 및 제1 위상을 가지는 RF 펄스에 의하여 여기되고, 제3 서브-볼륨(613)은 제3 라모 주파수 및 제3 위상을 가지는 RF 펄스에 의하여 여기되고, 제5 서브 볼륨(614)은 제5 라모 주파수 및 제5 위상을 가지는 RF 펄스에 의하여 여기될 수 있다. 이와 같이, RF 펄스들(511)이 서로 다른 위상을 가지는 경우, 동시에 여기된 제1 서브-볼륨(612), 제3 서브-볼륨(613) 및 제5 서브-볼륨(614)에 대한 이미지데이터 복원작업을 수행함에 있어서, 제1 위상, 제3 위상 및 제5 위상을 더 고려함에 따라, 왜곡이 적은 이미지데이터를 복원할 수 있다.

[0078] 도 7은 본 실시예에 따른 이미지데이터의 복원 작업의 일 예를 도시한 도면이다. 도 7을 참조하면, L개의 채널들을 포함하는 멀티-채널 RF 수신 코일들(71) 및 해당 코일들 각각에 대한 코일 필드 맵(coil field map)(72)이 도시되어 있다. 이때, 코일 필드 맵(72)은 멀티-채널 RF 수신 코일들(71)에 포함된 각각의 코일에 대한 센시티비티 프로파일(sensitivity profile)이 될 수도 있다. 피사체를 구성하는 복수의 서브-볼륨들 중 제1 그룹(73)에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기됨에 따라, 멀티-채널 RF 수신 코일들(71)은 제1 그룹(73)에 포함

된 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 획득한다.

[0079] 32개의 채널들을 포함하는 멀티-채널 RF 수신 코일들(71)에서 수신된 신호가 S, 멀티-채널 RF 수신 코일들(71) 각각에 대한 코일 필드 맵(72)이 B이고, 제1 그룹(73)에 포함된 복수의 서브-볼륨들에 대하여 복원된 이미지데이터를 나타내는 신호가 F인 경우, S, B 및 F는 수학식 2 내지 3과 같이 정의될 수 있다.

수학식 2

[0080] $$S = (bR)F = BF$$

[0081] 수학식 2에서, b는 멀티-채널 RF 수신 코일들(71)에 포함된 각각의 코일에 대한 센시티비티 프로파일을 나타낸다. 또한, 복수의 주파수 성분들 및 복수의 위상들을 가지는 RF 펄스들이 제1 그룹(73)에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대하여 인가된 경우, R은 복수의 서브-볼륨들 각각에 대한 위상정보를 나타낼 수 있다. 추가적으로, R은 위상의 변화를 주는 RF 인코딩 구성을 나타내는 행렬이 될 수 있다. 예를 들어, 제1 그룹(73)에 포함된 제1 서브-볼륨은 제1 라모 주파수 및 제1 위상을 가지는 RF 펄스에 의하여 여기되고, 제1 그룹(73)에 포함된 제2 서브-볼륨은 제2 라모 주파수 및 제2 위상을 가지는 RF 펄스에 의하여 여기되고, 이와 같은 형식으로 제1 그룹(73)에 포함된 다른 서브-볼륨들 각각이 서로 다른 라모 주파수 및 서로 다른 위상에 의하여 여기될 수 있다. 수학식 2에서 정의된 바와 같이, 코일 필드 맵(72)을 나타내는 B는 RF 펄스들의 위상정보를 나타내는 R 및 멀티-채널 RF 수신 코일들(71)에 포함된 각각의 코일에 대한 센시티비티 프로파일에 의하여 정의될 수 있다.

[0082] 다만, 복수의 주파수 성분들을 가지는 RF 펄스들이 동일한 위상을 가지는 경우, 코일 필드 맵(72)은 RF 펄스들의 위상정보를 고려하지 않고 정의될 수도 있다. 이러한 경우, 수학식 2의 위상정보에 대응하는 R은 단위 행렬(identity matrix)로 사용될 수도 있다.

수학식 3

[0083] $$\begin{bmatrix} S_0 \\ S_1 \\ S_2 \\ \vdots \\ S_{31} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_0^0 & \cdots & B_0^3 \\ B_1^0 & \cdots & B_1^3 \\ B_2^0 & \cdots & B_2^3 \\ \vdots & & \vdots \\ B_{31}^0 & \cdots & B_{31}^3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f^0 \\ f^1 \\ f^2 \\ f^3 \end{bmatrix}$$

[0084] 수학식 3에서, S_p은 멀티-채널 RF 수신 코일들(71) 중 p번째 채널의 코일에서 수신된 신호를 나타낸다. B^m_p은 제1 그룹(73)에 포함된 복수의 서브-볼륨들 중 m번째 서브-볼륨 및 멀티-채널 RF 수신 코일들(71) 중 p번째 채널의 코일에 대한 코일 필드 맵을 나타낸다. 또한, f^m은 제1 그룹(73)에 포함된 복수의 서브-볼륨들 중 m번째 서브-볼륨에 대한 이미지데이터를 나타낸다. 따라서, 도 4에 도시된 복원부(122)는 수학식 4와 같은 연산을 수행하여, 멀티-채널 RF 수신 코일들(71)에서 수신된 자기공명 신호들을 제1 그룹(73)에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원할 수 있다.

수학식 4

[0085] $$F = (B^T \cdot B)^{-1} \cdot B^T \cdot S$$

[0086] 수학식 4에서, 행렬의 위첨자 T는 행렬에 대한 전치행렬(transpose matrix)을 나타낸다.

[0087] 이와 같이, 도 4의 복원부(122)는 멀티-채널 수신 코일들(71)의 채널정보 및 병렬 영상 알고리즘의 디알리아싱 기법을 사용하여, 중첩된 자기공명 신호들을 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원할 수 있다.

[0088] 자기공명 신호들이 멀티-채널 RF 수신 코일들(71)에서 중첩되어 수신됨에 따라, k-space에서 중첩되어 있는 자기공명 신호들을 코일 센시티비티 및 RF 펄스들의 위상정보를 고려한 RF 디코딩 작업을 이용하여 분리할 수 있다. 다만, RF 펄스들의 위상정보가 사용되지 않은 경우에는, RF 펄스들의 위상정보에 대한 고려없이 RF 디코딩 작업을 수행할 수도 있다.

[0089] 도 8은 본 실시예에 따른 자기공명영상 방법을 나타낸 흐름도들이다. 도 8을 참조하면, 자기공명영상 방법은 도 1 및 도 4에 도시된 자기공명영상 시스템에서 시계열적으로 처리되는 단계들로 구성된다. 따라서, 이하에서 생략된 내용이라 하더라도 도 1 및 도 4에 도시된 자기공명영상 시스템에 관하여 이상에서 기술된 내용은 도 8의 자기공명영상 방법에도 적용됨을 알 수 있다. 이하에서는 설명의 편의를 위하여, 피사체가 N 그룹들로 구성된 경우를 예로 들어 설명한다.

[0090] 801 단계에서 자기공명영상 촬영장치(110)의 제어부(111)는 n을 1로 설정한다.

[0091] 802 단계에서 자기공명영상 촬영장치(110)는 피사체의 볼륨을 구성하는 복수의 서브-볼륨들 중 인접하는 서브-볼륨들이 서로 다른 그룹에 속하도록 그룹핑된 적어도 두 개 이상의 그룹들 중 제n 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들이 동시에 여기되도록, 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF 펄스들 및 선택 그레디언트를 피사체에 인가한다. 이때, RF 펄스들은 자기공명영상 촬영장치(110)의 RF 구동부(112)의 제어에 의하여 RF 코일들(1142)에서 인가될 수 있고, 선택 그레디언트는 자기공명영상 촬영장치(110)의 그레디언트 구동부(113)의 제어에 의하여 그레디언트 코일들(1143)에서 인가될 수 있다.

[0092] 803 단계에서 자기공명영상 촬영장치(110)는 여기된 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩을 수행하며, 복수의 서브-볼륨들으로부터 자기공명 신호들을 획득한한다. 예를 들어, 자기공명영상 촬영장치(110)는 3차원 인코딩을 수행하기 위하여, 피사체에 제1 방향에 대한 제1 인코딩 그레디언트 및 제2 방향에 대한 제2 인코딩 그레디언트를 피사체에 인가할 수 있고, 이때, 제1 방향 또는 제2 방향 중 어느 하나의 방향은 상기 801 단계에서 선택 그레디언트가 인가된 방향과 동일할 수 있다. 또한, 제1 내지 제2 인코딩 그레디언트들은 자기공명영상 촬영장치(110)의 그레디언트 구동부(113)의 제어에 의하여 그레디언트 코일들(1143)에서 인가될 수 있다.

[0093] 804 단계에서 데이터 처리장치(120)의 복원부(122)는 상기 803 단계에서 획득된 자기공명 신호들을 제n 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원한다.

[0094] 805 단계에서 자기공명영상 촬영장치(110)의 제어부(111)는 피사체를 구성하는 모든 그룹들에 대하여 802 단계 내지 804 단계가 수행되었는지 여부를 결정한다. 결정결과에 따라, 피사체를 구성하는 모든 그룹들에 대하여 802 단계 내지 804 단계가 수행되지 않은 경우에는 806 단계로 진행하고, 피사체를 구성하는 모든 그룹들에 대하여 802 단계 내지 804 단계가 수행된 경우 807 단계로 진행한다.

[0095] 806 단계에서 자기공명영상 촬영장치(110)의 제어부(111)는 n을 1만큼 증가된 값으로 설정하고, 802 단계로 진행한다.

[0096] 807 단계에서 합성부(124)는 피사체를 구성하는 모든 그룹들 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터를 결합하여, 3차원 볼륨 영상을 생성한다. 이때, 피사체를 구성하는 모든 그룹들은 제1 내지 제N 그룹이 될 수 있다.

[0097] 이에 따라, 본 실시예에 따른 자기공명영상 방법은 빠른 속도로 고해상도의 3차원 볼륨 영상을 생성할 수 있다.

[0098] 본 실시예에 따른 자기공명영상 방법 및 자기공명영상 시스템(100)에 따르면, 복수의 서브-볼륨들을 동시에 여

기시키는 멀티-볼륨(multi-volume) 여기 기법을 사용하고, x축, y축 및 z축에 대한 3차원 그레디언트 인코딩을 수행하고, RF 펄스들이 서로 다른 위상을 가짐으로 인한 RF 인코딩을 수행하고, 코일 센시티비티 및 RF 디코딩을 이용하여 영상을 복원할 수 있다.

[0099] 한편, 상술한 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성 가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 또한, 상술한 방법에서 사용된 데이터의 구조는 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 여러 수단을 통하여 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 램, USB, 플로피 디스크, 하드 디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등), PC 인터페이스(PC Interface)(예를 들면, PCI, PCI-express, Wifi 등)와 같은 저장매체를 포함한다.

[0100] 본 실시예와 관련된 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상기된 기재의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 방법들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다.

부호의 설명

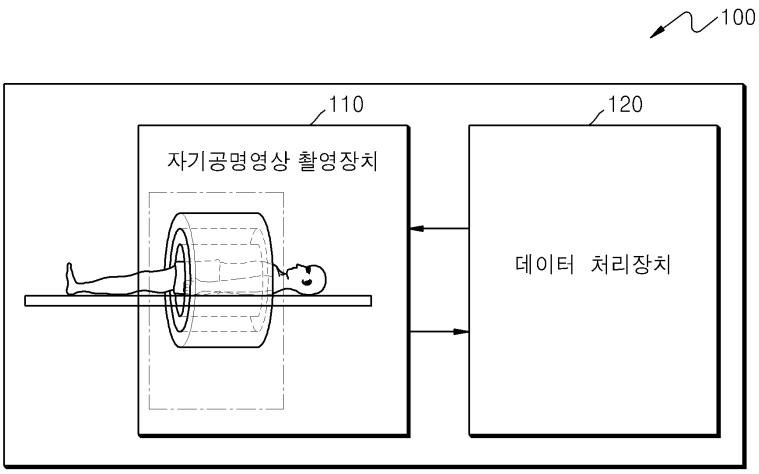
[0101] 100 ... 자기공명영상 시스템

110 ... 자기공명영상 촬영장치

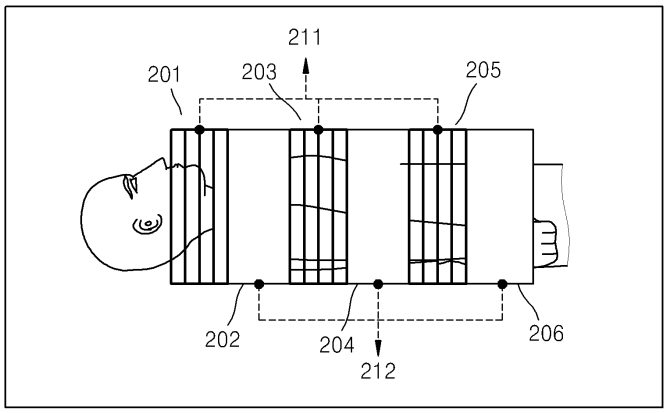
120 ... 데이터 처리장치

도면

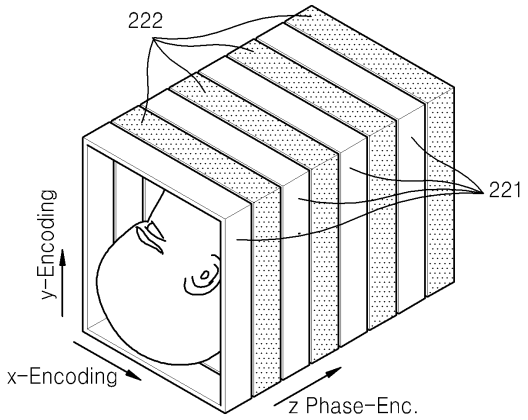
도면1



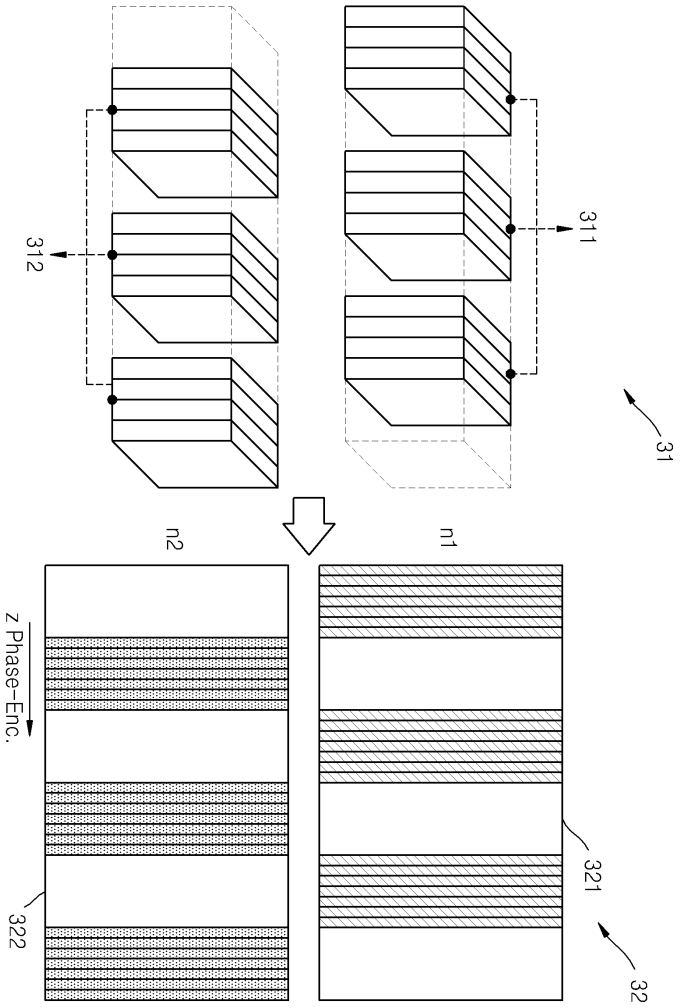
도면2a


211
201
203
205
202
204
206
212

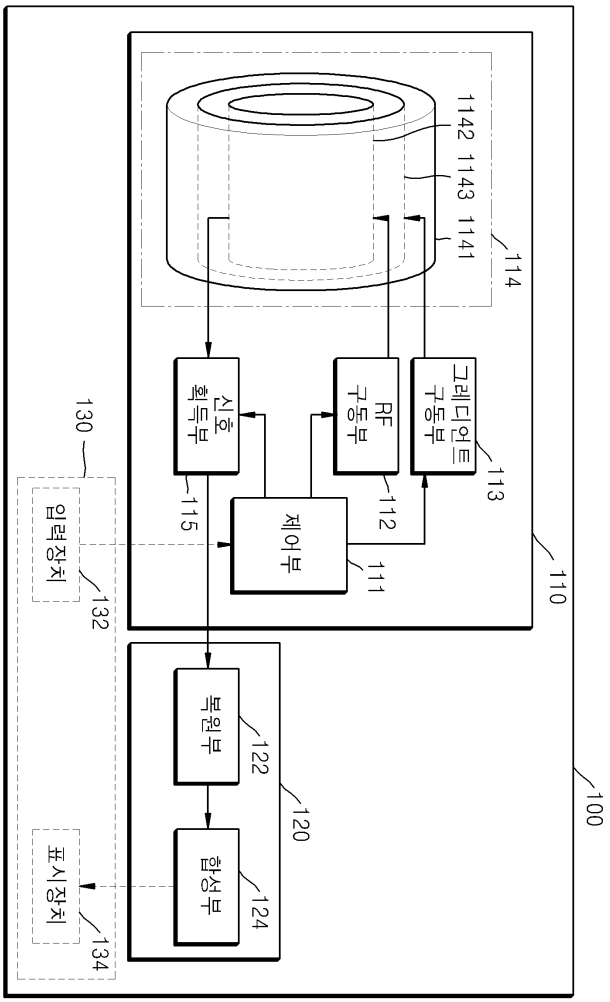
도면2b


222
221
y-Encoding
x-Encoding
z Phase-Enc.

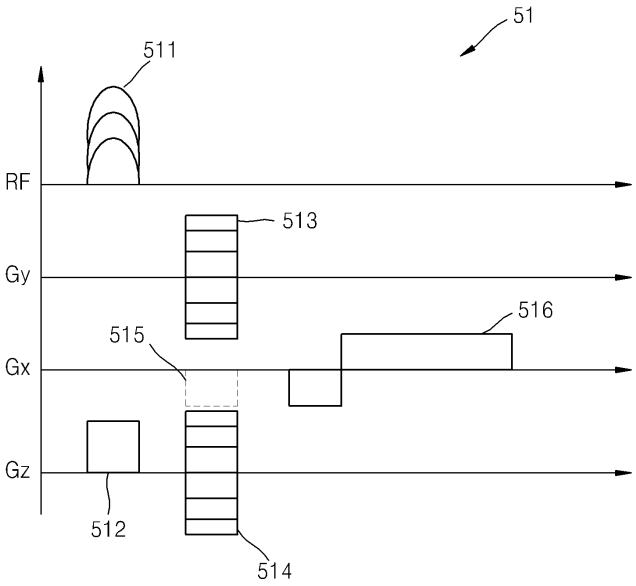
도면3



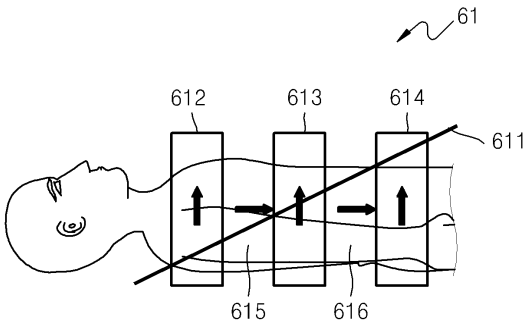
도면4


1142
1143
1141
114
신호 획득부
RF 구동부
그레디언트 구동부
113
130
115
112
입력장치
제어부
111
110
132
복원부
122
120
100
표시장치
합성부
124
134

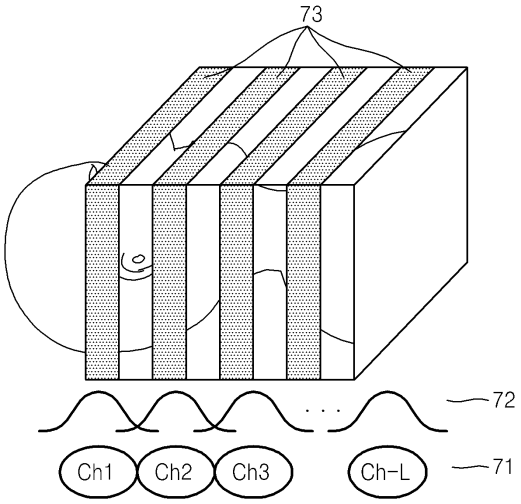
도면5


51
511
RF
513
Gy
516
515
Gx
Gz
512
514

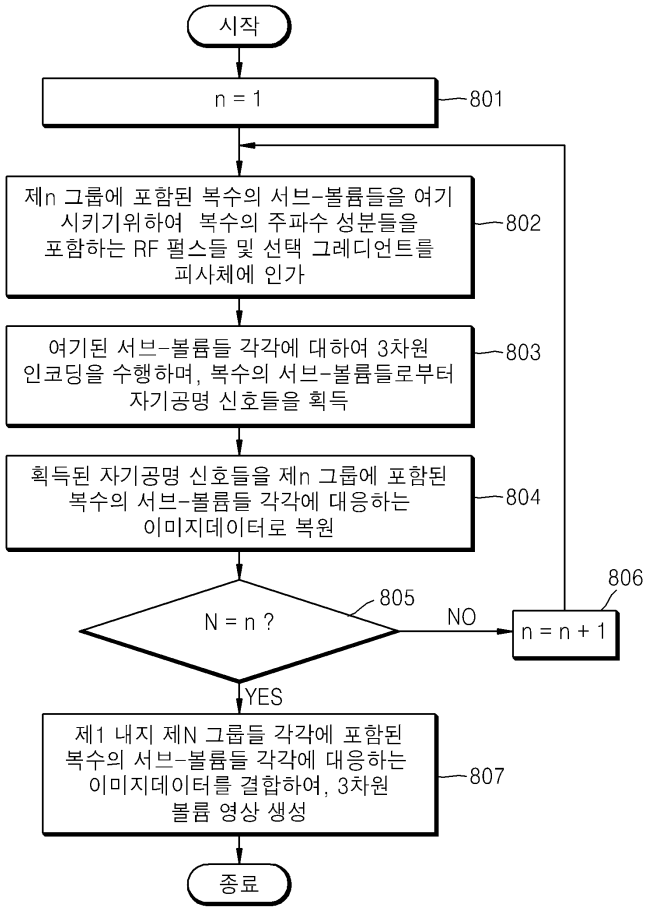
도면6



도면7



도면8


시작
n = 1
801
제n 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들을 여기 시키기위하여 복수의 주파수 성분들을 포함하는 RF 펄스들 및 선택 그레디언트를 피사체에 인가
802
여기된 서브-볼륨들 각각에 대하여 3차원 인코딩을 수행하며, 복수의 서브-볼륨들로부터 자기공명 신호들을 획득
803
획득된 자기공명 신호들을 제n 그룹에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터로 복원
804
N = n ?
805
NO
n = n + 1
806
YES
제1 내지 제N 그룹들 각각에 포함된 복수의 서브-볼륨들 각각에 대응하는 이미지데이터를 결합하여, 3차원 볼륨 영상 생성
807
종료