



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0045332

(43) 공개일자 2015년04월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/055 (2006.01) G06F 19/00 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2013-0124925

(22) 출원일자 2013년10월18일

심사청구일자 2013년10월18일

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

박수형

서울 성북구 안암로 145, 과학도서관 612 (안암동5가, 고려대학교이과대학)

성열민

서울 구로구 구일로10길 53, 101동 903호 (구로동, 현대아파트)

최상천

서울 용산구 후암로30길 8, 401호 (후암동, 리더스빌)

(74) 대리인

리엔목특허법인

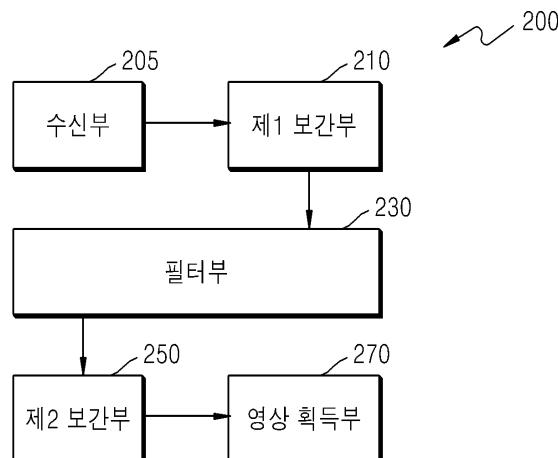
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 자기 공명 영상 장치 및 그에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법

(57) 요약

고주파 멀티 코일에 포함되는 복수개의 채널 코일들 각각에서 획득된 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 캘리브레이션하여 복수개의 제1 보간 데이터를 생성하는 제1 보간부, 및 상기 제1 보간 데이터들 복수개의 하이 패스 필터들을 이용하여 필터링하여 획득된 복수개의 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션 하여 복수개의 제2 보간 데이터를 생성하는 제2 보간부를 포함하며, 복원된 자기 공명 영상의 화질을 높일 수 있는 자기 공명 영상 장치가 개시된다.

대표도 - 도2



명세서

청구범위

청구항 1

고주파 멀티 코일에 포함되는 복수개의 채널 코일들 각각에서 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터들을 획득하고, 상기 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성하는 제1 보간부;

복수개의 주파수 대역들 별로, 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 필터링하여 복수개의 필터링 데이터들을 생성하는 필터 부;

상기 복수개의 필터링된 데이터들 중 적어도 하나를 이용하여 캘리브레이션하여 상기 복수개의 채널 코일들에 각각 대응되는 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성하는 제2 보간부; 및

상기 복수개의 주파수 대역들 중 소정 대역에 대응되는 필터링 데이터들 및 상기 복수개의 제2 보간 데이터들을 이용하여 최종 자기 공명 영상을 획득하는 영상 획득부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 필터 부는

상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 로우 패스 필터링하여 복수개의 로우 패스 필터링 데이터들을 생성하는 로우 패스 필터; 및

복수개의 제1 보간 데이터들을 하이 패스 필터링하여 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들을 생성하는 하이 패스 필터를 복수개 포함하는 하이 패스 필터 부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상 장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 하이 패스 필터 부는

서로 다른 필터 특성을 갖는 복수개의 상기 하이 패스 필터들을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상 장치.

청구항 4

제2항에 있어서, 제2 보간부는

상기 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션하여 공간 상관 계수를 계산하고, 상기 공간 상관 계수를 이용하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 획득하며, 상기 미 획득된 라인 데이터를 이용하여 복원된 K 공간 데이터인 상기 제2 보간 데이터들을 생성하는 자기 공명 영상 장치.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 영상 획득부는

복수개의 채널 별로, 상기 로우 패스 필터링 데이터와 상기 제2 보간 데이터를 조합하여 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들을 획득하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 영상 획득부는

상기 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들을 역 푸리에 변환하고, 상기 역 푸리에 변환된 채널 별 자기 공명 영상들을 채널 합성하여, 상기 최종 자기 공명 영상을 생성하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상 장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 제1 보간부는

상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터에서 획득된 라인 데이터와 캘리브레이션 라인 데이터를 이용하여 공간 상관 계수를 계산하고, 상기 공간 상관 계수를 이용하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 획득하며, 상기 미 획득된 라인 데이터에 근거하여, 초기 복원된 K 공간 데이터인 상기 제1 보간 데이터를 생성하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 제1 보간부는

상기 복수개의 채널 코일들 각각에서 소정 간격으로 언더 샘플링된 제1 데이터를 획득하고, K 공간의 저주파수 영역에서 나이퀴스트 샘플링 간격으로 샘플링된 제2 데이터를 획득하며, 상기 제1 데이터와 상기 제2 데이터를 조합하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 획득하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상 장치.

청구항 9

고주파 멀티 코일에 포함되는 복수개의 채널 코일들 각각에서 획득된 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터를 생성하는 제1 보간부; 및

상기 제1 보간 데이터를 복수개의 하이 패스 필터들을 이용하여 필터링하여 획득된 복수개의 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션 하여 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성하는 제2 보간부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상 장치.

청구항 10

복수개의 채널 코일들을 포함하는 고주파 멀티 코일을 이용하여 자기 공명 영상을 이미징하는 방법에 있어서,

상기 복수개의 채널 코일들 각각에서 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 획득하고, 상기 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계;

복수개의 주파수 대역들 별로, 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 필터링하여 복수개의 필터링 데이터들을 생성하는 단계;

상기 복수개의 필터링된 데이터들 중 적어도 하나를 이용하여 캘리브레이션하여 상기 복수개의 채널 코일들에 각각 대응되는 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성하는 단계;

상기 복수개의 주파수 대역들 중 소정 대역에 대응되는 필터링 데이터들 및 상기 복수개의 제2 보간 데이터들을 이용하여 최종 자기 공명 영상을 획득하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상의 이미징 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 복수개의 필터링 데이터들을 생성하는 단계는

하나의 로우 패스 필터를 이용하여, 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 로우 패스 필터링하여 복수개의 로우 패스 필터링 데이터들을 생성하는 단계; 및

복수개의 하이 패스 필터들을 이용하여, 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 하이 패스 필터링하여 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상의 이미징 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성하는 단계는

상기 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션하여 공간 상관 계수를 계산하는 단계;

상기 공간 상관 계수를 이용하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 획득하는 단계; 및

상기 미 획득된 라인 데이터를 이용하여 복원된 K 공간 데이터인 상기 제2 보간 데이터들을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상의 이미징 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 자기 공명 영상을 획득하는 단계는

복수개의 채널 별로, 상기 로우 패스 필터링 데이터와 상기 제2 보간 데이터를 조합하여 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들을 획득하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상의 이미징 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 자기 공명 영상을 획득하는 단계는

상기 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들을 역 푸리에 변환하는 단계; 및

상기 역 푸리에 변환된 채널 별 자기 공명 영상들을 채널 합성하여, 상기 최종 자기 공명 영상을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상의 이미징 방법.

청구항 15

제10항에 있어서, 상기 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계는

상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터에서 획득된 라인 데이터와 캘리브레이션 라인 데이터를 이용하여 공간 상관 계수를 계산하는 단계;

상기 공간 상관 계수를 이용하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 획득하는 단계; 및

상기 미 획득된 라인 데이터에 근거하여, 초기 복원된 K 공간 데이터인 상기 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상의 이미징 방법.

청구항 16

제10항에 있어서, 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계는

상기 복수개의 채널 코일들 각각에서 소정 간격의 언더 샘플링된 제1 데이터를 획득하는 단계;

K 공간의 저주파수 영역에서 나이퀴스트 샘플링 간격으로 샘플링된 제2 데이터를 획득하는 단계; 및

상기 제1 데이터와 상기 제2 데이터를 조합하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 획득하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상의 이미징 방법.

청구항 17

복수개의 채널 코일들을 포함하는 고주파 멀티 코일을 이용하여 자기 공명 영상을 이미징하는 방법에 있어서,

상기 복수개의 채널 코일들 각각에서 획득된 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계; 및

상기 제1 보간 데이터들 복수개의 하이 패스 필터들을 이용하여 필터링하여 획득된 복수개의 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션하여 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기 공명 영상 생성 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원 발명은 자기 공명 영상 장치 및 그에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법에 관한 것이다.

[0002] 보다 상세하게, 본원 발명은 고주파 멀티 코일을 이용하여 획득된 복수개의 K 공간 데이터들을 병렬적으로 처리하는 자기 공명 영상 장치 및 그에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 자기 공명 영상(MRI: magnetic resonance imaging) 촬영 장치는 자기장을 이용해 피사체를 촬영하는 장치로, 뼈

는 물론 디스크, 관절, 신경 인대 등을 원하는 각도에서 입체적으로 보여주기 때문에 정확한 질병 진단을 위해서 널리 이용되고 있다.

- [0004] 자기 공명 영상 장치는 자기 공명(MR: magnetic resonance) 신호를 획득하고, 획득된 신호를 영상으로 재구성하여 출력한다. 구체적으로, 자기 공명 영상 장치는 RF 코일들, 영구자석 및 그레디언트 코일 등을 이용하여 자기 공명 신호를 획득한다. RF 코일들에서 획득된 K 공간 데이터가 자기 공명 영상으로 복원되는 과정에서, K 공간 데이터에 존재하던 노이즈가 증폭되어 나타날 수 있다.
- [0005] 그에 따라서, 전술한 결함과 노이즈가 제거된 자기 공명 영상을 최종적으로 출력하기 위해서, 획득된 자기 공명 신호를 캘리브레이션(calibration) 등의 영상 처리를 수행하여 보정하여야한다.
- [0006] 획득된 자기 공명 신호를 처리하는 자기 공명 영상의 이미징 방법으로는 K 공간(K-space)에 기반한 그라파(GRAPPA, Generalized Auto-calibrating Partially Parallel Acquisition) 기법 등이 있다.
- [0007] 그라파(GRAPPA: generalized autocalibrating partially parallel acquisitions) 기법은 K 공간 기반의 이미징 방법으로, 셀프 캘리브레이션을 통해 캘리브레이션 신호와 인접하는 측정된 소스 신호 사이의 공간 상호작용 값인 공간 상관(spatial correlations 또는 convolution kernels) 계수를 계산하고, 계산된 공간 상관 계수를 이용하여 미측정된 신호를 추정한다.
- [0008] 구체적으로, 그라파 기법은 언더샘플링(undersampling)된 데이터인 측정된 신호와 추가적인 오토캘리브레이팅 라인(ACS line: autocalibrating line)을 사용하여 얻어지지 않은 K 공간의 라인들을 채널별로 복원한다.
- [0009] 캘리브레이션을 수행하여 K 공간 데이터를 복원하는데 있어서, 영상 신호의 데이터가 노이즈에 의해 훼손되거나 공간 상호작용 값이 변화되는 경우에는, 최종적으로 획득되는 자기 공명 영상의 앨리어싱 결함(aliasing artifacts) 및 증폭된 노이즈가 발생하게 되는 문제가 있다.
- [0010] 따라서, 앨리어싱 결함의 양을 감소시키고 증폭된 잡음을 억제하여 개선된 화질을 갖는 자기 공명 영상을 복원할 수 있는 이미징 방법 및 장치를 제공할 필요가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 자기 공명 영상의 복원 정확도를 높일 수 있는 자기 공명 영상 장치 및 그에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법의 제공을 목적으로 한다.
- [0012] 보다 상세하게, 자기 공명 영상에 나타나는 앨리어싱 결함의 양을 감소시키고 증폭된 잡음을 억제하여 화질을 개선할 수 있는 자기 공명 영상 장치 및 그에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치는 고주파 멀티 코일에 포함되는 복수개의 채널 코일들을 각각에서 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터들을 획득하고, 상기 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성하는 제1 보간부, 복수개의 주파수 대역들 별로, 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 필터링하여 복수개의 필터링 데이터들을 생성하는 필터 부, 상기 복수개의 필터링된 데이터들 중 적어도 하나를 이용하여 캘리브레이션하여 상기 복수개의 채널 코일들에 각각 대응되는 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성하는 제2 보간부, 및 상기 복수개의 주파수 대역들 중 소정 대역에 대응되는 필터링 데이터들 및 상기 복수개의 제2 보간 데이터들을 이용하여 최종 자기 공명 영상을 획득하는 영상 획득부를 포함한다.
- [0014] 또한, 상기 필터 부는 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 로우 패스 필터링하여 복수개의 로우 패스 필터링 데이터들을 생성하는 로우 패스 필터, 및 복수개의 제1 보간 데이터들을 하이 패스 필터링하여 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들을 생성하는 하이 패스 필터를 복수개 포함하는 하이 패스 필터 부를 포함할 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 하이 패스 필터 부는 서로 다른 필터 특성을 갖는 복수개의 상기 하이 패스 필터들을 포함할 수 있다.
- [0016] 또한, 제2 보간부는 상기 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션하여 공간 상관 계수를 계산하고, 상기 공간 상관 계수를 이용하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 획득하며, 상기 미 획득된 라인 데이터를 이용하여 복원된 K 공간 데이터인 상기 제2 보간 데이터들을 생성할 수

있다.

- [0017] 또한, 상기 영상 획득부는 복수개의 채널 별로, 상기 로우 패스 필터링 데이터와 상기 제2 보간 데이터를 조합하여 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들을 획득할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 영상 획득부는 상기 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들을 역 푸리에 변환하고, 상기 역 푸리에 변환된 채널 별 자기 공명 영상들을 채널 합성하여, 상기 최종 자기 공명 영상을 생성할 수 있다.
- [0019] 또한, 상기 제1 보간부는 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터에서 획득된 라인 데이터와 캘리브레이션 라인 데이터를 이용하여 공간 상관 계수를 계산하고, 상기 공간 상관 계수를 이용하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 획득하며, 상기 미 획득된 라인 데이터에 근거하여, 초기 복원된 K 공간 데이터인 상기 제1 보간 데이터들을 생성할 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 제1 보간부는 상기 복수개의 채널 코일들 각각에서 소정 간격으로 언더 샘플링된 제1 데이터를 획득하고, K 공간의 저주파수 영역에서 나이퀴스트 샘플링 간격으로 샘플링된 제2 데이터를 획득하며, 상기 제1 데이터와 상기 제2 데이터를 조합하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 획득할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치는 고주파 멀티 코일에 포함되는 복수개의 채널 코일들 각각에서 획득된 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성하는 제1 보간부, 및 상기 제1 보간 데이터들 복수개의 하이 패스 필터들을 이용하여 필터링하여 획득된 복수개의 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션 하여 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성하는 제2 보간부를 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법은 복수개의 채널 코일들을 포함하는 고주파 멀티 코일을 이용하여 자기 공명 영상을 이미징하는 방법이다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법은 상기 복수개의 채널 코일들 각각에서 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 획득하고, 상기 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계, 복수개의 주파수 대역들 별로, 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 필터링하여 복수개의 필터링 데이터들을 생성하는 단계, 상기 복수개의 필터링된 데이터들 중 적어도 하나를 이용하여 캘리브레이션하여 상기 복수개의 채널 코일들에 각각 대응되는 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성하는 단계, 상기 복수개의 주파수 대역들 중 소정 대역에 대응되는 필터링 데이터들 및 상기 복수개의 제2 보간 데이터들을 이용하여 최종 자기 공명 영상을 획득하는 단계를 포함한다.
- [0024] 또한, 상기 복수개의 필터링 데이터들을 생성하는 단계는 하나의 로우 패스 필터를 이용하여, 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 로우 패스 필터링하여 복수개의 로우 패스 필터링 데이터들을 생성하는 단계, 및 복수개의 하이 패스 필터들을 이용하여, 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 하이 패스 필터링하여 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성하는 단계는 상기 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션하여 공간 상관 계수를 계산하는 단계, 상기 공간 상관 계수를 이용하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 획득하는 단계, 및 상기 미 획득된 라인 데이터를 이용하여 복원된 K 공간 데이터인 상기 제2 보간 데이터들을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0026] 또한, 상기 자기 공명 영상을 획득하는 단계는 복수개의 채널 별로, 상기 로우 패스 필터링 데이터와 상기 제2 보간 데이터를 조합하여 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들을 획득하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 자기 공명 영상을 획득하는 단계는 상기 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들을 역 푸리에 변환하는 단계, 및 상기 역 푸리에 변환된 채널 별 자기 공명 영상들을 채널 합성하여, 상기 최종 자기 공명 영상을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계는 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터에서 획득된 라인 데이터와 캘리브레이션 라인 데이터를 이용하여 공간 상관 계수를 계산하는 단계, 상기 공간 상관 계수를 이용하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 획득하는 단계, 및 상기 미 획득된 라인 데이터에 근거하여, 초기 복원된 K 공간 데이터인 상기 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계는 상기 복수개의 채널 코일들 각각에서 소정 간격의 언더 샘플링된 제1 데이터를 획득하는 단계, K 공간의 저주파수 영역에서 나이퀴스트 샘플링 간격으로 샘플링된 제2 데이터를 획득하는 단계, 및 상기 제1 데이터와 상기 제2 데이터를 조합하여 상기 언더 샘플링된 K 공간 데

이터를 획득하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0030] 본 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법은 복수개의 채널 코일들을 포함하는 고주파 멀티 코일을 이용하여 자기 공명 영상을 이미징하는 방법이다.

[0031] 본 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법은 상기 복수개의 채널 코일들 각각에서 획득된 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계, 및 상기 제1 보간 데이터들 복수개의 하이 패스 필터들을 이용하여 필터링하여 획득된 복수개의 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션하여 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 일반적인 MRI 시스템의 개략도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 생성 장치를 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치를 나타내는 도면이다.

도 4는 도 3의 필터 부를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 도 3의 제2 보간부를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법을 나타내는 플로우차트이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법(600)을 상세히 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 그라파 기법에 따라 획득된 자기 공명 영상 및 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치에서 획득된 자기 공명 영상을 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법을 나타내는 플로우차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법 및 장치는 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 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0034] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[0035] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 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 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[0036] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에서 사용되는 "부"라는 용어는 소프트웨어, FPGA 또는 ASIC과 같은 하드웨어 구성요소를 의미하며, "부"는 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 "부"는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. "부"는 어드레싱 할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 "부"는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다. 구성요소들과 "부"들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 "부"들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 "부"들로 더 분리될 수 있다.

[0037] 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.

- [0038] 본 명세서에서 "이미지"는 이산적인 이미지 요소들(예를 들어, 2차원 이미지에 있어서의 픽셀들 및 3차원 이미지에 있어서의 볼셀들)로 구성된 다차원(multi-dimensional) 데이터를 의미할 수 있다. 예를 들어, 이미지는 X-ray, CT, MRI, 초음파 및 다른 의료 영상 시스템에 의해 획득된 대상체의 의료 이미지 등을 포함할 수 있다.
- [0039] 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, "대상체"는 팬텀(phantom)을 포함할 수도 있다. 팬텀은 생물의 밀도와 실험 원자 번호에 아주 근사한 부피를 갖는 물질을 의미하는 것으로, 신체와 유사한 성질을 갖는 구형(sphere)의 팬텀을 포함할 수 있다.
- [0040] 또한, 본 명세서에서 "사용자"는 의료 전문가로서 의사, 간호사, 임상 병리사, 의료 영상 전문가 등이 될 수 있으며, 의료 장치를 수리하는 기술자가 될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0041] 또한, 본 명세서에서 "자기 공명 영상 (MRI: Magnetic Resonance Image)"이란 핵자기 공명 원리를 이용하여 획득된 대상체에 대한 영상을 의미한다.
- [0042] 또한, 본 명세서에서 "펄스 시퀀스"란, MRI 시스템에서 반복적으로 인가되는 신호의 연속을 의미한다. 펄스 시퀀스는 RF 펄스의 시간 파라미터, 예를 들어, 반복 시간(Repetition Time, TR) 및 에코 시간(Time to Echo, TE) 등을 포함할 수 있다.
- [0043] MRI 시스템은 특정 세기의 자기장에서 발생하는 RF(Radio Frequency) 신호에 대한 MR(Magnetic Resonance) 신호의 세기를 명암 대비로 표현하여 대상체의 단층 부위에 대한 이미지를 획득하는 기기이다. 예를 들어, 대상체를 강력한 자기장 속에 놓은 후 특정의 원자핵(예컨대, 수소 원자핵 등)만을 공명시키는 RF 신호를 대상체에 순간적으로 조사했다가 중단하면 상기 특정의 원자핵에서 MR 신호가 방출되는데, MRI 시스템은 이 MR 신호를 수신하여 MR 이미지를 획득할 수 있다. MR 신호는 대상체로부터 방사되는 RF 신호를 의미한다. MR 신호의 크기는 대상체에 포함된 소정의 원자(예컨대, 수소 등)의 농도, 이완시간 T1, 이완시간 T2 및 혈류 등의 흐름에 의해 결정될 수 있다.
- [0044] MRI 시스템은 다른 이미징 장치들과는 다른 특징들을 포함한다. 이미지의 획득이 감지 하드웨어(detecting hardware)의 방향에 의존하는 CT와 같은 이미징 장치들과 달리, MRI 시스템은 임의의 지점으로 지향된 2D 이미지 또는 3D 볼륨 이미지를 획득할 수 있다. 또한, MRI 시스템은, CT, X-ray, PET 및 SPECT와 달리, 대상체 및 검사자에게 방사선을 노출시키지 않으며, 높은 연부 조직(soft tissue) 대조도를 갖는 이미지의 획득이 가능하며, 비정상적인 조직의 명확한 묘사가 중요한 신경(neurological) 이미지, 혈관 내부(intravascular) 이미지, 근 골격(musculoskeletal) 이미지 및 종양(oncologic) 이미지 등을 획득할 수 있다.
- [0045] 도 1은 일반적인 MRI 시스템의 개략도이다. 도 1을 참조하면, MRI 시스템은 갠트리(gantry)(20), 신호 송수신부(30), 모니터링부(40), 시스템 제어부(50) 및 오퍼레이팅부(60)를 포함할 수 있다.
- [0046] 갠트리(20)는 주 자석(22), 경사 코일(24), RF 코일(26) 등에 의하여 생성된 전자파가 외부로 방사되는 것을 차단한다. 갠트리(20) 내 보어(bore)에는 정자기장 및 경사자장이 형성되며, 대상체(10)를 향하여 RF 신호가 조사된다.
- [0047] 주 자석(22), 경사 코일(24) 및 RF 코일(26)은 갠트리(20)의 소정의 방향을 따라 배치될 수 있다. 소정의 방향은 동축 원통 방향 등을 포함할 수 있다. 원통의 수평축을 따라 원통 내부로 삽입 가능한 테이블(table)(28)상에서 대상체(10)가 위치될 수 있다.
- [0048] 주 자석(22)은 대상체(10)에 포함된 원자핵들의 자기 쌍극자 모멘트(magnetic dipole moment)의 방향을 일정한 방향으로 정렬하기 위한 정자기장 또는 정자장(static magnetic field)을 생성한다. 주 자석에 의하여 생성된 자장이 강하고 균일할수록 대상체(10)에 대한 비교적 정밀하고 정확한 MR 영상을 획득할 수 있다.
- [0049] 경사 코일(Gradient coil)(24)은 서로 직교하는 X축, Y축 및 Z축 방향의 경사자장을 발생시키는 X, Y, Z 코일을 포함한다. 경사 코일(24)은 대상체(10)의 부위 별로 공명 주파수를 서로 다르게 유도하여 대상체(10)의 각 부위의 위치 정보를 제공할 수 있다.
- [0050] RF 코일(26)은 환자에게 RF 신호를 조사하고, 환자로부터 방출되는 MR 신호를 수신할 수 있다. 구체적으로, RF 코일(26)은, 세차 운동을 하는 원자핵을 향하여 세차운동의 주파수와 동일한 주파수의 RF 신호를 환자에게 전송한 후 RF 신호의 전송을 중단하고, 환자로부터 방출되는 MR 신호를 수신할 수 있다.

- [0051] 예를 들어, RF 코일(26)은 어떤 원자핵을 낮은 에너지 상태에서부터 높은 에너지 상태로 천이시키기 위하여 이 원자핵의 종류에 대응하는 무선 주파수(Radio Frequency)를 갖는 전자파 신호, 예컨대 RF 신호를 생성하여 대상체(10)에 인가할 수 있다. RF 코일(26)에 의해 생성된 전자파 신호가 어떤 원자핵에 가해지면, 이 원자핵은 낮은 에너지 상태에서부터 높은 에너지 상태로 천이될 수 있다. 이후에, RF 코일(26)에 의해 생성된 전자파가 사라지면, 전자파가 가해졌던 원자핵은 높은 에너지 상태에서부터 낮은 에너지 상태로 천이하면서 라모어 주파수를 갖는 전자파를 방사할 수 있다. 다시 말해서, 원자핵에 대하여 전자파 신호의 인가가 중단되면, 전자파가 가해졌던 원자핵에서는 높은 에너지에서 낮은 에너지로의 에너지 준위의 변화가 발생하면서 라모어 주파수를 갖는 전자파가 방사될 수 있다. RF 코일(26)은 대상체(10) 내부의 원자핵들로부터 방사된 전자파 신호를 수신할 수 있다.
- [0052] RF 코일(26)은 원자핵의 종류에 대응하는 무선 주파수를 갖는 전자파를 생성하는 기능과 원자핵으로부터 방사된 전자파를 수신하는 기능을 함께 갖는 하나의 RF 송수신 코일로서 구현될 수도 있다. 또한, 원자핵의 종류에 대응하는 무선 주파수를 갖는 전자파를 생성하는 기능을 갖는 송신 RF 코일과 원자핵으로부터 방사된 전자파를 수신하는 기능을 갖는 수신 RF 코일로서 각각 구현될 수도 있다.
- [0053] 또한, 이러한 RF 코일(26)은 갠트리(20)에 고정된 형태일 수 있고, 착탈이 가능한 형태일 수 있다. 착탈이 가능한 RF 코일(26)은 머리 RF 코일, 흉부 RF 코일, 다리 RF 코일, 목 RF 코일, 어깨 RF 코일, 손목 RF 코일 및 발목 RF 코일 등을 포함한 대상체의 일부분에 대한 RF 코일을 포함할 수 있다.
- [0054] 또한, RF 코일(26)은 유선 및/또는 무선으로 외부 장치와 통신할 수 있으며, 통신 주파수 대역에 따른 듀얼 튠(dual tune) 통신도 수행할 수 있다.
- [0055] 또한, RF 코일(26)은 코일의 구조에 따라 새장형 코일(birdcage coil), 표면 부착형 코일(surface coil) 및 횡전자기파 코일(TEM 코일)을 포함할 수 있다.
- [0056] 또한, RF 코일(26)은 RF 신호 송수신 방법에 따라, 송신 전용 코일, 수신 전용 코일 및 송/수신 겸용 코일을 포함할 수 있다.
- [0057] 또한, RF 코일(26)은 16 채널, 32 채널, 72채널 및 144 채널 등 다양한 채널의 RF 코일을 포함할 수 있다.
- [0058] 이하에서는, RF 코일(26)이 다수개의 채널들인 제1 내지 제 N 채널에 각각 대응되는 N 개의 코일들을 포함하는 고주파 멀티 코일(Radio Frequency multi coil)인 경우를 예로 들어 설명한다. 여기서, 고주파 멀티 코일은 다 채널 RF 코일이라 칭할 수도 있다.
- [0059] 갠트리(20)는 갠트리(20)의 외측에 위치하는 디스플레이(29)와 갠트리(20)의 내측에 위치하는 디스플레이(미도시)를 더 포함할 수 있다. 갠트리(20)의 내측 및 외측에 위치하는 디스플레이를 통해 사용자 또는 대상체에게 소정의 정보를 제공할 수 있다.
- [0060] 신호 송수신부(30)는 소정의 MR 시퀀스에 따라 갠트리(20) 내부, 즉 보어에 형성되는 경사자장을 제어하고, RF 신호와 MR 신호의 송수신을 제어할 수 있다.
- [0061] 신호 송수신부(30)는 경사자장 증폭기(32), 송수신 스위치(34), RF 송신부(36) 및 RF 수신부(38)를 포함할 수 있다.
- [0062] 경사자장 증폭기(Gradient Amplifier)(32)는 갠트리(20)에 포함된 경사 코일(24)을 구동시키며, 경사자장 제어부(54)의 제어 하에 경사자장을 발생시키기 위한 펄스 신호를 경사 코일(24)에 공급할 수 있다. 경사자장 증폭기(32)로부터 경사 코일(24)에 공급되는 펄스 신호를 제어함으로써, X축, Y축, Z축 방향의 경사 자장이 합성될 수 있다.
- [0063] RF 송신부(36) 및 RF 수신부(38)는 RF 코일(26)을 구동시킬 수 있다. RF 송신부(36)는 라모어 주파수(Larmor frequency)의 RF 펄스를 RF 코일(26)에 공급하고, RF 수신부(38)는 RF 코일(26)이 수신한 MR 신호를 수신할 수 있다.
- [0064] 송수신 스위치(34)는 RF 신호와 MR 신호의 송수신 방향을 조절할 수 있다. 예를 들어, 송신 모드 동안에 RF 코일(26)을 통하여 대상체(10)로 RF 신호가 조사되게 하고, 수신 모드 동안에는 RF 코일(26)을 통하여 대상체(10)로부터의 MR 신호가 수신되게 할 수 있다. 이러한 송수신 스위치(34)는 RF 제어부(56)로부터의 제어 신호에 의하여 제어될 수 있다.
- [0065] 모니터링부(40)는 갠트리(20) 또는 갠트리(20)에 장착된 기기들을 모니터링 또는 제어할 수 있다. 모니터링부

(40)는 시스템 모니터링부(42), 대상체 모니터링부(44), 테이블 제어부(46) 및 디스플레이 제어부(48)를 포함할 수 있다.

[0066] 시스템 모니터링부(42)는 정자기장의 상태, 경사자장의 상태, RF 신호의 상태, RF 코일의 상태, 테이블의 상태, 대상체의 신체 정보를 측정하는 기기의 상태, 전원 공급 상태, 열 교환기의 상태, 컴프레서의 상태 등을 모니터링하고 제어할 수 있다.

[0067] 대상체 모니터링부(44)는 대상체(10)의 상태를 모니터링한다. 구체적으로, 대상체 모니터링부(44)는 대상체(10)의 움직임 또는 위치를 관찰하기 위한 카메라, 대상체(10)의 호흡을 측정하기 위한 호흡 측정기, 대상체(10)의 심전도를 측정하기 위한 ECG 측정기, 또는 대상체(10)의 체온을 측정하기 위한 체온 측정기를 포함할 수 있다.

[0068] 테이블 제어부(46)는 대상체(10)가 위치하는 테이블(28)의 이동을 제어한다. 테이블 제어부(46)는 시퀀스 제어부(52)의 시퀀스 제어에 따라 테이블(28)의 이동을 제어할 수도 있다. 예를 들어, 대상체의 이동 영상 촬영(moving imaging)에 있어서, 테이블 제어부(46)는 시퀀스 제어부(50)에 의한 시퀀스 제어에 따라 지속적으로 또는 단속적으로 테이블(28)을 이동시킬 수 있으며, 이에 의해, 갱트리의 FOV(field of view)보다 큰 FOV로 대상체를 촬영할 수 있다.

[0069] 디스플레이 제어부(48)는 갱트리(20)의 외측 및 내측에 위치하는 디스플레이를 제어한다. 구체적으로, 디스플레이 제어부(48)는 갱트리(20)의 외측 및 내측에 위치하는 디스플레이의 온/오프 또는 디스플레이에 출력될 화면 등을 제어할 수 있다. 또한, 갱트리(20) 내측 또는 외측에 스피커가 위치하는 경우, 디스플레이 제어부(48)는 스피커의 온/오프 또는 스피커를 통해 출력될 사운드 등을 제어할 수도 있다.

[0070] 시스템 제어부(50)는 갱트리(20) 내부에서 형성되는 신호들의 시퀀스를 제어하는 시퀀스 제어부(52), 및 갱트리(20)와 갱트리(20)에 장착된 기기들을 제어하는 갱트리 제어부(58)를 포함할 수 있다.

[0071] 시퀀스 제어부(52)는 경사자장 증폭기(32)를 제어하는 경사자장 제어부(54), 및 RF 송신부(36), RF 수신부(38) 및 송수신 스위치(34)를 제어하는 RF 제어부(56)를 포함할 수 있다. 시퀀스 제어부(52)는 오퍼레이팅부(60)로부터 수신된 펄스 시퀀스에 따라 경사자장 증폭기(32), RF 송신부(36), RF 수신부(38) 및 송수신 스위치(34)를 제어할 수 있다. 여기에서, 펄스 시퀀스(pulse sequence)란, 경사자장 증폭기(32), RF 송신부(36), RF 수신부(38) 및 송수신 스위치(34)를 제어하기 위해 필요한 모든 정보를 포함하며, 예를 들면 경사 코일(24)에 인가하는 펄스(pulse) 신호의 강도, 인가 시간, 인가 타이밍(timing) 등에 관한 정보 등을 포함할 수 있다.

[0072] 오퍼레이팅부(60)는 시스템 제어부(50)에 펄스 시퀀스 정보를 지령하는 것과 동시에, MRI 시스템 전체의 동작을 제어할 수 있다.

[0073] 오퍼레이팅부(60)는 RF 수신부(38)로부터 수신되는 MR 신호를 처리하는 영상 처리부(62), 출력부(64) 및 입력부(66)를 포함할 수 있다.

[0074] 영상 처리부(62)는 RF 수신부(38)로부터 수신되는 MR 신호를 처리하여, 대상체(10)에 대한 MR 화상 데이터를 생성할 수 있다.

[0075] 영상 처리부(62)는 RF 수신부(38)가 수신한 MR 신호에 증폭, 주파수 변환, 위상 검파, 저주파 증폭, 필터링(filtering) 등과 같은 각종의 신호 처리를 가한다.

[0076] 영상 처리부(62)는, 예를 들어, 메모리의 k 공간에 디지털 데이터를 배치하고, 이러한 데이터를 2차원 또는 3차원 푸리에 변환을 하여 화상 데이터로 재구성할 수 있다.

[0077] 또한, 영상 처리부(62)는 필요에 따라, 화상 데이터(data)의 합성 처리나 차분 연산 처리 등도 수행할 수 있다. 합성 처리는, 픽셀에 대한 가산 처리, 최대치 투영(MIP)처리 등을 포함할 수 있다. 또한, 영상 처리부(62)는 재구성되는 화상 데이터뿐만 아니라 합성 처리나 차분 연산 처리가 행해진 화상 데이터를 메모리(미도시) 또는 외부의 서버에 저장할 수 있다.

[0078] 또한, 영상 처리부(62)가 MR 신호에 대해 적용하는 각종 신호 처리는 병렬적으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 다채널 RF 코일에 의해 수신되는 복수의 MR 신호에 신호 처리를 병렬적으로 가하여 복수의 MR 신호를 화상 데이터로 재구성할 수도 있다.

[0079] 출력부(64)는 영상 처리부(62)에 의해 생성된 화상 데이터 또는 재구성 화상 데이터를 사용자에게 출력할 수 있다. 또한, 출력부(64)는 UI(user interface), 사용자 정보 또는 대상체 정보 등 사용자가 MRI 시스템을 조작하

기 위해 필요한 정보를 출력할 수 있다. 출력부(64)는 스피커, 프린터, CRT 디스플레이, LCD 디스플레이, PDP 디스플레이, OLED 디스플레이, FED 디스플레이, LED 디스플레이, VFD 디스플레이, DLP 디스플레이, PFD 디스플레이, 3D 디스플레이, 투명 디스플레이 등을 포함할 수 있고, 기타 당업자에게 자명한 범위 내에서 다양한 출력 장치들을 포함할 수 있다.

[0080] 사용자는 입력부(66)를 이용하여 대상체 정보, 파라미터 정보, 스캔 조건, 펄스 시퀀스, 화상 합성이나 차분의 연산에 관한 정보 등을 입력할 수 있다. 입력부(66)는 키보드, 마우스, 트랙볼, 음성 인식부, 제스처 인식부, 터치 스크린 등을 포함할 수 있고, 기타 당업자에게 자명한 범위 내에서 다양한 입력 장치들을 포함할 수 있다.

[0081] 도 1은 신호 송수신부(30), 모니터링부(40), 시스템 제어부(50) 및 오퍼레이팅부(60)를 서로 분리된 객체로 도시하였지만, 신호 송수신부(30), 모니터링부(40), 시스템 제어부(50) 및 오퍼레이팅부(60) 각각에 의해 수행되는 기능들이 다른 객체에서 수행될 수도 있다는 것은 당업자라면 충분히 이해할 수 있을 것이다. 예를 들어, 영상 처리부(62)는, RF 수신부(38)가 수신한 MR 신호를 디지털 신호로 변환한다고 전술하였지만, 이 디지털 신호로의 변환은 RF 수신부(38) 또는 RF 코일(26)이 직접 수행할 수도 있다.

[0082] 갠트리(20), RF 코일(26), 신호 송수신부(30), 모니터링부(40), 시스템 제어부(50) 및 오퍼레이팅부(60)는 서로 무선 또는 유선으로 연결될 수 있고, 무선으로 연결된 경우에는 서로 간의 클럭(clock)을 동기화하기 위한 장치(미도시)를 더 포함할 수 있다. 갠트리(20), RF 코일(26), 신호 송수신부(30), 모니터링부(40), 시스템 제어부(50) 및 오퍼레이팅부(60) 사이의 통신은, LVDS(Low Voltage Differential Signaling) 등의 고속 디지털 인터페이스, UART(universal asynchronous receiver transmitter) 등의 비동기 시리얼 통신, 과오 동기 시리얼 통신 또는 CAN(Controller Area Network) 등의 저지연형의 네트워크 프로토콜, 광통신 등이 이용될 수 있으며, 당업자에게 자명한 범위 내에서 다양한 통신 방법이 이용될 수 있다.

[0083] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치를 나타내는 도면이다.

[0084] 도 2를 참조하면, 자기 공명 영상 장치(200)는 제1 보간부(210), 필터 부(230), 제2 보간부(250), 및 영상 획득부(270)를 포함한다. 또한, 자기 공명 영상 장치(200)는 수신부(205)를 더 포함할 수 있다. 본 발명의 자기 공명 영상 장치(200)는 도 1에서 설명한 영상 처리부(62)에 대응될 수 있다.

[0085] 자기 공명 영상 장치(200)는 복수개의 채널 코일들을 포함하는 고주파 멀티 코일에서 획득된 데이터를 이용하여 자기 공명 영상을 이미징하는 장치이다.

[0086] 구체적으로, 자기 공명 영상 장치(200)는 복수개의 코일들을 포함하는 고주파 멀티 코일(RF multi coil)인 RF 코일(26)에서 획득된 복수개의 데이터들을 수신하고, 수신된 복수개의 데이터를 이용하여 자기 공명 영상을 생성할 수 있다. 여기서, 자기 공명 영상 장치(200)가 수신하는 복수개의 데이터는 K 공간에서 생성된 러 데이터(raw data)가 될 수 있다. 구체적으로, 러 데이터는 고주파 멀티 코일에 포함되는 채널 별 코일들을 각각에서 수신된 고주파(RF: radio frequency) 신호를 K 공간에 배치하여 생성된 신호로, 언더 샘플링된 K 공간 데이터가 될 수 있다.

[0087] 수신부(205)는 RF 수신부(38)에서 수신한 RF 신호를 전송받는다. 여기서, 수신부(205)가 전송받는 RF 신호는 RF 코일(26)에 포함되는 복수개의 채널 코일들에서 수신된 K 공간 데이터이다. 여기서, RF 코일(26)은 다수개의 채널들에 대응되는 다수개의 코일들을 포함하는 고주파 멀티 코일이다. 구체적으로, RF 코일(26)은 제1 내지 제 n 채널 코일들을 포함하며, n 개의 채널 코일들 각각은 RF 신호를 수신한다. 이 경우, RF 수신부(38)는 RF 코일(26)에서 수신한 RF 신호를 K 공간에 배치하여 n 개의 러 데이터들을 생성하여, 수신부(205)로 전송할 수 있다.

[0088] 이하에서는, RF 코일(26)을 고주파 멀티 코일이라 칭한다.

[0089] 또한, 수신부(205)는 RF 코일(26)에서 수신되는 RF 신호들을 직접 수신할 수 있다. 이 경우, 수신부(205)는 RF 신호들을 K 공간에 배치하여 n 개의 채널 코일들에 각각 대응되는 n 개의 러 데이터들을 생성할 수 있다.

[0090] 이하에서는, n 개의 채널 코일들 각각에서 수신한 RF 신호를 K 공간에 배치하여 획득된 신호를 언더 샘플링된 K 공간 데이터라 한다. 언더 샘플링된 K 공간 데이터는 캘리브레이션 되기 이전의 신호이며, 소정 간격으로 언더 샘플링(under-sampling) 된 신호이다. 언더 샘플링된 K 공간 데이터는 이하에서 도 4를 참조하여 상세히 설명한다.

[0091] 또한, 자기 공명 영상 장치(200)에 있어서, 수신부(205)는 제1 보간부(210)의 내부에 포함될 수 있으며, 이 경우, 제1 보간부(210)는 자체적으로 RF 신호들을 직접 수신하여 n 개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터들을 생성하

거나, n 개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터들을 직접 수신할 수 도 있다.

- [0092] 제1 보간부(210)는 고주파 멀티 코일에 포함되는 복수개의 채널 코일들 각각에 대응되는 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 획득하고, 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화(initialization)하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성한다. 전술한 바와 같이, 제1 보간부(210)는 언더 샘플링된 K 공간 데이터들을 수신부(205)로부터 수신하거나, 또는 복수개의 채널 코일들 각각에서 수신된 RF 신호들을 직접 수신하여 n 개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터들을 생성할 수도 있다.
- [0093] 구체적으로, 제1 보간부(210)는 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 캘리브레이션하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성할 수 있다. 이하에서는 제1 보간부(210)가 수행하는 캘리브레이션을 제1 캘리브레이션이라 한다.
- [0094] 필터 부(230)는 복수개의 주파수 대역들 별로, 복수개의 제1 보간 데이터들을 필터링하여 복수개의 필터링 데이터들을 생성한다. 여기서, 복수개의 주파수 대역은 저 주파수 대역과 고 주파수 대역을 포함할 수 있다. 또한, 필터 부(230)는 적어도 하나의 로우 패스 필터와 복수개의 하이 패스 필터들을 포함할 수 있다.
- [0095] 구체적으로, 필터 부(230)는 저 주파수 대역에서 n 개의 채널 코일들에 대응되는 n 개의 제1 보간 데이터들을 필터링하여 n 개의 로우 패스 필터링 데이터들을 출력할 수 있다. 그리고, 필터 부(230)는 고 주파수 대역에서 서로 다른 필터 특성들을 갖는 m 개의 하이 패스 필터들을 이용하여, n 개의 제1 보간 데이터들을 각각의 하이 패스 필터에 통과시켜 m 묶음의 하이 패스 필터링 데이터들을 생성할 수 있다. 여기서, 하나의 묶음에는 n 개의 채널 코일들에 대응하는 n 개의 하이 패스 필터링 데이터들이 포함된다.
- [0096] 제2 보간부(250)는 복수개의 필터링된 데이터들 중 적어도 하나를 이용하여 캘리브레이션하여 복수개의 채널 코일들에 각각 대응되는 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성한다. 구체적으로, m 묶음의 하이 패스 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션하여 n 개의 채널 코일들 각각에 대응되는 n 개의 제2 보간 데이터들을 생성할 수 있다. 이하에서는 제2 보간부(250)가 수행하는 캘리브레이션을 제2 캘리브레이션이라 한다.
- [0097] 영상 획득부(270)는 복수개의 주파수 대역들 중 소정 대역에 대응되는 필터링 데이터들 및 복수개의 제2 보간 데이터들을 이용하여 자기 공명 영상을 획득한다. 구체적으로, 영상 획득부(270)는 로우 패스 필터링 데이터들 및 제2 보간 데이터들을 이용하여 자기 공명 영상을 획득한다.
- [0098] 상세하게, 영상 획득부(270)는 n 개의 로우 패스 필터링 데이터들 각각과 n 개의 제2 보간 데이터들 각각을 채널 별로 결합하여 n 개의 채널 코일에 대응되는 n 개의 자기 공명 영상을 생성할 수 있다. 구체적으로, 영상 획득부(270)는 소정 채널에 대응되는 로우 패스 필터링 데이터와 제2 보간 데이터를 단순 조합하여 소정 채널에 대응되는 자기 공명 영상을 생성할 수 있다.
- [0099] 그리고, 영상 획득부(270)는 n 개의 자기 공명 영상을 채널 합성하여 하나의 최종 자기 공명 영상을 생성할 수 있다.
- [0100] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치를 나타내는 도면이다. 도 3에 있어서, 자기 공명 영상 장치(300)는 제1 보간부(310), 필터 부(330), 제2 보간부(350), 및 영상 획득부(370)를 포함한다. 또한, 자기 공명 영상 장치(300)는 수신부(305)를 더 포함할 수 있다. 자기 공명 영상 장치(300)에 있어서, 제1 보간부(310), 필터 부(330), 제2 보간부(350), 영상 획득부(370) 및 수신부(305)는 각각 도 2에 도시된 자기 공명 영상 장치(200)의 제1 보간부(210), 필터 부(230), 제2 보간부(250), 영상 획득부(270), 및 수신부(205)와 동일 대응된다. 따라서, 도 2에서와 중복되는 설명은 생략한다.
- [0101] 수신부(305)는 고주파 멀티 코일인 RF 코일(26)에 포함되는 n 개의 채널 코일들에 대응되는 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 생성할 수 있다. 또한, 수신부(305)는 n 개의 채널 코일들에 대응되는 n 개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 외부적으로 수신할 수도 있다. 또한, 수신부(305)는 n 개의 채널 코일들 각각에서 획득된 RF 신호를 수신할 수도 있다.
- [0102] 도 3에서는, n 개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터들이 수신부(305)에서 생성된 경우를 예로 들어 도시하였다. 도 3에 있어서, 맨 앞에 배치되는 언더 샘플링된 K 공간 데이터(301)가 제1 채널 코일에서 획득된 K 공간 데이터이며, 맨 뒤에 배치된 언더 샘플링된 K 공간 데이터(302)가 제 n 채널 코일에서 획득된 K 공간 데이터이다.
- [0103] 제1 보간부(310)는 n 개의 채널 코일들에 대응되는 n 개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터들을 초기화(initialization)하여 n 개의 제1 보간 데이터들을 생성한다. 구체적으로, 제1 보간부(310)는 n 개의 언더 샘플

링된 K 공간 데이터들을 캘리브레이션하여 n 개의 제1 보간 데이터들을 생성할 수 있다.

[0104] 구체적으로, 언더 샘플링된 K 공간 데이터에 있어서, 전체적으로 소정 간격마다 라인 데이터를 획득한다. 이하에서는, 소정 간격마다 획득된 데이터를 '획득된 라인 데이터'라 한다. 그리고, K 공간에서 소정 라인을 캘리브레이션 라인으로 설정하여 획득된 라인 데이터를 '캘리브레이션 라인 데이터'라 한다. 그리고, 획득되지 않은 라인의 데이터를 '미획득 라인 데이터'라 한다.

[0105] 구체적으로, 제1 보간부(310)는 언더 샘플링된 K 공간 데이터에서 획득된 라인 데이터와 캘리브레이션 라인 데이터를 이용하여 공간 상관 계수(spatial correlations coefficient)를 계산하고, 공간 상관 계수를 이용하여 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 추정하여 획득한다. 그리고, 미 획득된 라인 데이터에 근거하여, 초기 복원된 K 공간 데이터인 제1 보간 데이터들을 생성한다.

[0106] 또한, 제1 보간부(310)는 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 획득하는데 있어서, n 개의 채널 코일들 각각에서 소정 간격의 언더 샘플링 데이터를 획득하고, K 공간의 저주파수 영역에서 나이퀴스트 샘플링(Nyquist sampling) 간격으로 데이터를 획득할 수 있다. 그리고, 언더 샘플링 데이터와 나이퀴스트 샘플링 간격으로 획득된 데이터를 조합하여 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 획득할 수 있다. 여기서, 나이퀴스트 샘플링이 수행되는 K 공간의 저주파수 영역은 K 공간의 중앙부가 될 수 있다.

[0107] 필터 부(330)는 하나의 로우 패스 필터(331)와 복수개의 하이 패스 필터를 포함하는 하이 패스 필터 부(334)를 포함할 수 있다. 이하에서는, 도 3에서는 하이 패스 필터 부(334)에서 제1 내지 제 m 하이 패스 필터들(335, 336, 337)을 포함하는 경우를 예로 들어 도시하였다.

[0108] 로우 패스 필터(331)는 n 개의 채널 코일들에 대응되는 n 개의 제1 보간 데이터들을 로우 패스 필터링(low pass filtering)하여, 저 주파수 대역에 해당하며 n 개의 채널 코일들에 대응되는 n 개의 로우 패스 필터링 데이터들을 출력한다.

[0109] 제1 내지 제 m 하이 패스 필터들(335, 336, 337) 각각은 n 개의 제1 보간 데이터들을 하이 패스 필터링하며, 고 주파수 대역에 해당하며 n 개의 채널 코일들에 대응되는 n 개의 하이 패스 필터링 신호들을 출력한다.

[0110] 구체적으로, 제1 내지 제 m 하이 패스 필터들(335, 336, 337) 각각은 서로 다른 필터 특성을 가진다. 필터 특성은 소정 신호가 필터링될 때의 주파수 구간 및 신호의 크기가 변화되는 특성을 의미한다. 구체적으로, m 개의 하이 패스 필터들(335, 336, 337)은 필터링 구간, 출력 신호의 크기, 필터의 컷 오프 주파수, 필터 특성 곡선의 전이 구간에서의 기울기 중 적어도 하나의 값에 있어서, 서로 다른 값을 가진다.

[0111] 예를 들어, 필터 특성은 필터의 컷 오프 주파수(cutoff frequency)를 조절하는 계수(c), 또는 필터 특성 곡선의 전이 구간에서의 기울기(smoothness of transition period)를 조절하는 계수(w) 등에 따라서 달라질 수 있다.

[0112] 로우 패스 필터(331) 및 m 개의 하이 패스 필터들(335, 336, 337)의 필터 특성은 이하에서 도 4를 참조하여 상세히 설명한다.

[0113] 도 4는 도 3의 필터 부를 설명하기 위한 도면이다.

[0114] 도 4에 도시된 그래프에 있어서, x 축은 주파수를 나타내며, y 축은 필터링된 신호의 진폭(filtered amplitude) 값을 나타낸다. y 축에 도시된 필터링된 신호의 진폭(filtered amplitude) 값에 있어서, 원 신호의 진폭이 100% 유지되어 필터링 된 경우를 1 값으로 나타내고, 원 신호가 차단되어 출력되지 못한 경우를 0 값으로 나타냈다. 또한, 도 4에서는, 하이 패스 필터부(334)가 m=3 개의 하이 패스 필터들을 포함하는 경우를 예로 들어 도시하였다.

[0115] 도 4를 참조하면, 410 곡선은 로우 패스 필터(331)의 필터 특성 곡선을 나타내고, 420 곡선은 제1 하이 패스 필터(335)의 필터 특성 곡선을 나타낸다. 그리고, 430 곡선은 제2 하이 패스 필터(336)의 필터 특성 곡선을 나타내며, 440 곡선은 제3 하이 패스 필터(337)의 필터 특성 곡선을 나타낸다.

[0116] 일예로서, 로우 패스 필터(331)에서 출력되는 신호값은 이하의 [수학식 1]에 의하여 산출될 수 있으며, 하이 패스 필터들(335, 336, 337) 각각에서 출력되는 신호값은 이하의 [수학식 2]에 의하여 산출될 수 있다.

[0117] [수학식 1]

$$LPF = \left[1 + \exp \left\{ \left(\sqrt{k_x^2 + k_y^2} - c \right) / w \right\} \right]^{-1} - \left[1 + \exp \left\{ \left(\sqrt{k_x^2 + k_y^2} + c \right) / w \right\} \right]^{-1}$$

[0118]

[0119] [수학식 2]

$$HPF = 1 - \left[1 + \exp \left\{ \left(\sqrt{k_x^2 + k_y^2} - c \right) / w \right\} \right]^{-1} + \left[1 + \exp \left\{ \left(\sqrt{k_x^2 + k_y^2} + c \right) / w \right\} \right]^{-1}$$

[0120]

[0121] 여기서, K_x 는 K 공간 데이터의 x 축 좌표의 신호값을 나타내고, K_y 는 K 공간 데이터의 y축 좌표의 신호값을 나타낸다. 그리고, c 는 필터의 컷 오프 주파수(cutoff frequency)를 조절하는 계수 값이고, w 는 필터 특성 곡선의 천이 구간에서의 기율기(smoothness of transition period)를 조절하는 계수 값이다. 그리고, [수학식 1]의 'LPF' 는 로우 패스 필터(331)에서 필터링되어 출력되는 신호 값이고, [수학식 2]의 'HPF' 는 하이 패스 필터들(335, 336, 337) 각각에서 필터링되어 출력되는 신호 값이다.

[0122] 도시된 [수학식 1] 및 [수학식 2]는 필터부(330)에 포함되는 로우 패스 필터 및 하이 패스 필터의 필터 특성에 따라서 다르게 설계될 수 도 있다.

[0123] 도 4 및 [수학식 1]을 참조하면, 로우 패스 필터(331)는 저 주파수 대역의 신호 성분을 통과시켜 출력하며, 고 주파수 대역의 신호를 차단시킨다. 로우 패스 필터(331)에 있어서, 고 주파수 대역의 신호를 차단하는 정도는 [수학식 1]의 계수 c 및 w 값에 따라서 달라질 있다.

[0124] 도 4 및 [수학식 2]를 참조하면, 하이 패스 필터들(335, 336, 337) 각각은 저 주파수 대역의 신호를 차단시키고, 고 주파수 대역의 신호를 통과시켜 출력한다. 하이 패스 필터들(335, 336, 337) 각각에 있어서, 저 주파수 대역에서의 신호를 차단하는 정도는 [수학식 2]의 계수 c 및 w 값에 따라서 달라질 있다.

[0125] 또한, 로우 패스 필터(331)가 필터링하는 저 주파수 대역의 범위는 도 4에 도시된 로우 패스 필터의 특성 곡선(410)에서 나타나는 필터링 대역인 f3 내지 f4 의 주파수 값, 또는 f1 내지 f2의 주파수 값에 따라서 달라질 수 있다. 또한, 하이 패스 필터들(335, 336, 337) 각각이 필터링하는 고 주파수 대역의 범위는 도 4에 도시된 하이 패스 필터의 특성 곡선(420, 430, 440)에서 나타내는 필터링 대역인 f2 내지 f6 사이의 소정 주파수 값 이상이 되는 주파수 대역으로 결정될 수 있다.

[0126] 도 3에 있어서, 로우 패스 필터(331)가 출력하는 데이터들(340) 중 맨 앞에 도시된 로우 패스 필터링 데이터(341)는 제1 채널 코일에 대응되는 제1 로우 패스 필터링 데이터이며, 맨 마지막에 도시된 로우 패스 필터링 데이터(342)는 제n 채널 코일에 대응되는 제 n 로우 패스 필터링 데이터를 나타낸다.

[0127] 또한, 도 3에 있어서, 제1 하이 패스 필터(335)가 출력하는 데이터들(343) 중 맨 앞에 도시된 하이 패스 필터링 데이터(344)는 제1 채널 코일에 대응되는 제1 하이 패스 필터링 데이터이며, 맨 마지막에 도시된 하이 패스 필터링 데이터(345)는 제n 채널 코일에 대응되는 제 n 하이 패스 필터링 데이터를 나타낸다.

[0128] 또한, 도 3에 있어서, 제2 하이 패스 필터(336)가 출력하는 데이터들(346) 중 맨 앞에 도시된 하이 패스 필터링 데이터(347)는 제1 채널 코일에 대응되는 제1 하이 패스 필터링 데이터이며, 맨 마지막에 도시된 하이 패스 필터링 데이터(348)는 제n 채널 코일에 대응되는 제 n 하이 패스 필터링 데이터를 나타낸다.

[0129] 또한, 도 3에 있어서, 제m 하이 패스 필터(337)가 출력하는 데이터들(349) 중 맨 앞에 도시된 하이 패스 필터링 데이터(351)는 제1 채널 코일에 대응되는 제1 하이 패스 필터링 데이터이며, 맨 마지막에 도시된 하이 패스 필터링 데이터(352)는 제n 채널 코일에 대응되는 제 n 하이 패스 필터링 데이터를 나타낸다.

[0130] 제2 보간부(350)는 하이 패스 필터 부(334)에서 출력되는 m 묶음의 하이 패스 필터링 데이터들(343, 346, 349)을 이용하여 캘리브레이션하여 n 개의 채널 코일들 각각에 대응되는 n 개의 제2 보간 데이터들(360)을 생성할 수 있다.

[0131] 제2 보간부(350)의 동작은 이하에서 도 5를 참조하여 상세히 설명한다.

[0132] 도 5는 도 3의 제2 보간부를 설명하기 위한 도면이다.

[0133] 도 5를 참조하면, 510 데이터, 520 데이터, 및 530 데이터는 각각 도 3의 제1 하이 패스 필터(335)가 출력하는 데이터들(343), 제2 하이 패스 필터(336)가 출력하는 데이터들(346), 및 제m 하이 패스 필터(337)가 출력하는 데이터들(349)을 나타낸다. 또한, Coil 1, Coil 2, 및 Coil 3은 각각 제1 채널 코일, 제2 채널 코일, 및 제3 채널 코일을 나타낸다. 그리고, 521 데이터는 제1 채널 코일에서 획득된 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 나타내고, 523 데이터는 제2 채널 코일에서 획득된 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 나타내고, 524 데이터는 제3 채널 코일에서 획득된 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 나타낸다. 도 5에서는 고주파 멀티 코일이 3개의 채널 코일을

포함하는 경우를 예로 들어 도시하였다.

- [0134] 제2 보간부(350)는 하이 패스 필터 부(334)에서 생성된 m 묶음의 하이 패스 필터링 신호들을 캘리브레이션하여 n 개의 제2 보간 데이터들(360)을 생성한다.
- [0135] 구체적으로, 제2 보간부(350)는 m 묶음의 하이 패스 필터링 데이터들(343, 346, 349)을 이용하여 캘리브레이션하여 공간 상관 계수를 계산한다. 그리고, 공간 상관 계수를 이용하여 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 m 획득된 라인 데이터를 획득하며, m 획득된 라인 데이터에 근거하여 K 공간 데이터를 복원하여 제2 보간 데이터들(360)을 생성한다.
- [0136] 도 5를 참조하면, 소정 채널, 예로 들어 제2 채널의 캘리브레이션 라인에 포함되는 신호 값(550)을 획득하기 위해서, 동일한 하이 패스 필터인 제2 하이 패스 필터(336)에서 출력된 데이터들(520) 중 동일 채널 내에 K_y 방향으로 인접한 신호 값들 및 인접 채널들 내의 K_y 방향으로 인접한 신호 값들(525, 526), 및 다른 하이 패스 필터들에서 출력된 데이터들(510, 530) 중 K_y 방향으로 인접한 신호 값들 및 인접 채널들 내의 K_y 방향으로 인접한 신호 값들(511, 512, 531, 532)이 이용된다.
- [0137] 구체적으로, 공간 상관 계수 K_c 를 구하기 위하여, 제2 채널의 캘리브레이션 라인에 포함되는 신호 값(550)인 매트릭스의 우향 값(570) 및 전술한 신호 값들(511, 512, 525, 526, 531, 532)인 매트릭스의 좌향 값(560)이 이용된다.
- [0138] 제2 보간부(350)는 도 5에 도시된 매트릭스의 역행렬 연산을 통하여 공간 상관 계수(K_c)를 구할 수 있다. 그리고, 공간 상관 계수(K_c)를 이용하여 m 획득된 라인 데이터를 추정할 있다. 그에 따라서, 제2 보간부(350)는 n 개의 채널 코일들에 대응되는 n 개의 제2 보간 데이터를 생성할 수 있다.
- [0139] 영상 획득부(370)는 복수개의 채널 별로, 로우 패스 필터링 데이터들(340)과 제2 보간 데이터들(360)을 조합하여 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들을 획득한다. 구체적으로, 제1 채널 코일에 대응되는 로우 패스 필터링 데이터(341)와 제1 채널 코일에 대응되는 하이 패스 필터링 데이터(361)를 조합하여 제1 채널에 대응되는 K 공간 데이터인 제1 채널 자기 공명 영상(372)을 생성할 수 있다. 또한, 제 n 채널 코일에 대응되는 로우 패스 필터링 데이터(342)와 제 n 채널 코일에 대응되는 하이 패스 필터링 데이터(362)를 조합하여 제 n 채널에 대응되는 K 공간 데이터인 제 n 채널 자기 공명 영상(373)을 생성할 수 있다.
- [0140] 그리고, 영상 획득부(370)는 n 개의 자기 공명 영상(371)을 주파수 영역에서 공간 영역으로 변환한 후 채널 합성하여 최종 자기 공명 영상(380)을 생성할 수 있다. 구체적으로, 영상 획득부(370)는 n 개의 자기 공명 영상(371)을 역 고속 푸리에 변환(Inverse Fast Fourier Transform)하고, 역 고속 푸리에 변환된 n 개의 자기 공명 영상(371)을 제곱 합(sum of squares)하여 최종 자기 공명 영상(380)을 획득할 수 있다.
- [0141] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법을 나타내는 플로우차트이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법(600)은 도 1 내지 도 5를 참조하여 설명한 본 발명의 일 또는 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치와 기술적 사상이 동일하다. 따라서, 본 발명의 일 또는 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치(200, 300)의 설명과 중복되는 설명은 생략한다. 또한, 자기 공명 영상의 이미징 방법(600)은 도 2에서 설명한 자기 공명 영상 장치(200)를 통하여 수행될 수 있으므로, 이하에서는 도 2 및 도 6을 참조하여 자기 공명 영상의 이미징 방법(600)을 설명한다.
- [0142] 자기 공명 영상의 이미징 방법(600)은 복수개의 채널 코일들을 포함하는 고주파 멀티 코일을 이용하여 자기 공명 영상을 이미징하는 방법이다.
- [0143] 도 6을 참조하면, 자기 공명 영상의 이미징 방법(600)은 복수개의 채널 코일들 각각에서 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 획득하고, 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성한다(610 단계). 610 단계의 동작은 제1 보간부(210)에서 수행될 수 있다.
- [0144] 복수개의 주파수 대역들 별로, 복수개의 제1 보간 데이터들을 필터링하여 복수개의 필터링 데이터들을 생성한다(620 단계). 620 단계의 동작은 필터 부(230)에서 수행될 수 있다.
- [0145] 복수개의 필터링된 데이터들 중 적어도 하나를 이용하여 캘리브레이션하여 복수개의 채널 코일들에 각각 대응되는 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성한다(630 단계). 630 단계의 동작은 제2 보간부(250)에서 수행될 수 있다.
- [0146] 복수개의 주파수 대역들 중 소정 대역에 대응되는 필터링 데이터들 및 복수개의 제2 보간 데이터들을 이용하여

자기 공명 영상을 획득한다(640 단계). 640 단계의 동작은 영상 획득부(270)에서 수행될 수 있다.

- [0147] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법(600)을 상세히 설명하기 위한 도면이다. 도 7에 도시된 710 단계, 720 단계, 730 단계 및 740 단계는 각각 도 6에 도시된 610 단계, 620 단계, 630 단계 및 640 단계에 동일 대응된다. 따라서, 도 6에서와 중복되는 설명은 생략한다. 또한, 도 7에 도시된 자기 공명 영상의 이미징 방법(700)은 도 3에서 설명한 자기 공명 영상 장치(300)와 기술적 사상이 동일하며, 자기 공명 영상 장치(300)를 통하여 수행될 수 있다. 따라서, 이하에서는 도 3 및 도 7을 참조하여, 자기 공명 영상의 이미징 방법(700)을 설명한다.
- [0148] 도 7을 참조하면, 복수개의 채널 코일들에 대응되는 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터들을 수신한다(705 단계). 705 단계의 동작은 수신부(305)에서 수행될 수 있다. 또한, 705 단계의 동작은 제1 보간부(310)에서 직접 언더 샘플링된 K 공간 데이터들을 수신함으로써 수행될 수도 있다.
- [0149] 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성한다(710 단계). 710 단계의 동작은 제1 보간부(310)에서 수행될 수 있다. 구체적으로, 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 캘리브레이션하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성할 수 있다.
- [0150] 구체적으로 710 단계는 언더 샘플링된 K 공간 데이터에서 획득된 라인 데이터와 캘리브레이션 라인 데이터를 이용하여 공간 상관 계수를 계산하는 단계, 공간 상관 계수를 이용하여 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 획득하는 단계, 및 미 획득된 라인 데이터에 근거하여, 초기 복원된 K 공간 데이터인 제1 보간 데이터들을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0151] 또한, 복수개의 채널 코일들 각각에서 소정 간격의 언더 샘플링 데이터를 획득하고, K 공간의 저주파수 영역에서 나이퀴스트 샘플링 간격으로 데이터를 획득하여, 언더 샘플링된 K공간 데이터를 획득할 수 있다.
- [0152] 복수개의 주파수 대역들 별로, 복수개의 제1 보간 데이터들을 필터링하여 복수개의 필터링 데이터들을 생성한다(720 단계). 720 단계의 동작은 필터 부(330)에서 수행될 수 있다.
- [0153] 구체적으로, 720 단계는 하나의 로우 패스 필터(331)를 이용하여, 복수개의 제1 보간 데이터들을 로우 패스 필터링하여 복수개의 로우 패스 필터링 데이터들(735)을 생성하는 단계(721), 및 복수개의 하이 패스 필터들(335, 336, 337)을 이용하여, 복수개의 제1 보간 데이터들을 하이 패스 필터링하여 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들(736)을 생성하는 단계(722)를 포함할 수 있다.
- [0154] 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들을 이용해 캘리브레이션하여 복수개의 채널 코일들에 각각 대응되는 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성한다(730 단계). 730 단계의 동작은 제2 보간부(350)에서 수행될 수 있다.
- [0155] 구체적으로, 730 단계는 복수개의 하이 패스 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션하여 공간 상관 계수를 계산하는 단계, 공간 상관 계수를 이용하여 언더 샘플링된 K 공간 데이터 중 미 획득된 라인 데이터를 획득하는 단계, 및 미 획득된 라인 데이터에 근거하여 K 공간 데이터를 복원하여 제2 보간 데이터들(736)을 생성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0156] 복수개의 로우 패스 필터링 데이터들(735) 및 복수개의 제2 보간 데이터들(736)을 이용하여 자기 공명 영상을 획득한다(740 단계). 740 단계의 동작은 영상 획득부(370)에서 수행될 수 있다.
- [0157] 구체적으로, 740 단계는 복수개의 채널 별로, 로우 패스 필터링 데이터와 제2 보간 데이터를 조합하여 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들(742)을 획득할 수 있다(741 단계). 그리고, 복수개의 채널 별 자기 공명 영상들(742)을 역 푸리에 변환, 구체적으로, 역 고속 푸리에 변환, 하고, 역 푸리에 변환된 채널 별 자기 공명 영상들을 채널 합성하여, 최종 자기 공명 영상(750)을 생성할 수 있다(743 단계).
- [0158] 도 8은 그라파 기법에 따라 획득된 자기 공명 영상 및 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치에서 획득된 자기 공명 영상을 나타내는 도면이다.
- [0159] 전술한 바와 같이, 본 발명의 일 또는 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치 및 자기 공명 영상의 이미징 방법은 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 캘리브레이션하여 로우 패스 필터를 통과시키고, 로우 패스 필터에서 출력된 영상을 최종 자기 공명 영상을 생성하는데 이용함으로써, 저주파수 영역을 복원할 때 영상에 나타날 수 있는 잔존 앨리어싱의 양을 감소시킬 수 있다.
- [0160] 또한, 본 발명의 일 또는 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치 및 자기 공명 영상의 이미징 방법은 복수개의 하이 패스 필터들을 통과한 영상을 최종 자기 공명 영상을 생성하는데 이용함으로써, 고주파수 영역의 데이

터 복원에 나타날 수 있는 증폭된 잡음을 억제할 수 있다. 구체적으로, 하이 패스 필터들을 통과한 데이터를 다시 캘리브레이션하여 공간 상관 계수를 획득함으로써, 보다 정확한 공간 상관 계수를 획득할 수 있다. 또한, 정확한 공간 상관 계수를 이용하여 미획득 라인 데이터를 복원함으로써, 자기 공명 영상의 복원 정확도를 높일 수 있다.

[0161] 또한, 본 발명의 일 또는 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치 및 자기 공명 영상의 이미징 방법은 로우 패스 필터링 데이터들과 제2 보간 데이터들을 단순 조합하여 채널 코일 별 자기 공명 영상을 획득함으로써, 저주파수 영역의 복원 정확도를 유지하면서 고주파수 영역의 증폭된 잡음을 억제할 수 있다.

[0162] 그에 따라서, 본 발명의 일 또는 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치 및 자기 공명 영상의 이미징 방법은 최종적으로 획득되는 자기 공명 영상의 영상 화질을 높일 수 있다.

[0163] 도 8의 (a)는 일반적인 그라파 기법에 따라서 획득된 자기 공명 영상을 나타내며, 도 8의 (b)는 본 발명의 일 또는 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치 및 자기 공명 영상의 이미징 방법에 따라서 획득된 자기 공명 영상을 나타낸다.

[0164] 도 8의 (a)를 참조하면, 그라파 기법에 따라서 최종적으로 복원된 자기 공명 영상에서 잔존 앨리어싱(820, 830) 및 증폭된 잡음(810)이 존재한다. 이에 비하여, 도 8의 (b)를 참조하면, 도 8의 (a)에 비하여 잔존 앨리어싱 및 증폭된 잡음이 감소되어 있는 것을 확인할 수 있다.

[0165] 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상의 이미징 방법을 나타내는 플로우차트이다. 도 9에 도시된 자기 공명 영상의 이미징 방법(900)에 있어서, 910 단계 및 920 단계는 각각 도 7에서 설명한 도 710 단계 및 731 단계와 동일 대응된다. 따라서, 도 7에서와 중복되는 설명은 생략한다.

[0166] 자기 공명 영상의 이미징 방법(900)은 복수개의 채널 코일들을 포함하는 고주파 멀티 코일을 이용하여 자기 공명 영상을 이미징하는 방법이다.

[0167] 도 9를 참조하면, 복수개의 채널 코일들 각각에서 획득된 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터를 초기화하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성한다(910 단계). 910 단계의 동작은 제1 보간부(310)에서 수행될 수 있다. 구체적으로, 복수개의 언더 샘플링된 K 공간 데이터들을 캘리브레이션하여 복수개의 제1 보간 데이터들을 생성할 수 있다.

[0168] 910 단계에서 생성된 제1 보간 데이터들 복수개의 하이 패스 필터들을 이용하여 필터링하여 획득된 복수개의 필터링 데이터들을 이용하여 캘리브레이션하여 복수개의 제2 보간 데이터들을 생성한다(920 단계). 920 단계의 동작은 제2 보간부(350)에서 수행될 수 있다.

[0169] 자기 공명 영상의 이미징 방법(900)은 제1 캘리브레이션을 수행하여 복원된 K 공간 데이터를 복수의 하이 패스 필터링한 하이 패스 필터링 데이터들을 이용하여 제2 캘리브레이션을 수행하여 공간 상관 계수를 계산함으로써, 공간 상관 계수의 정확도를 높일 수 있다. 그에 따라서, 후속 과정에서 미 획득 라인 데이터의 복원 정확도를 높일 수 있다.

[0170] 한편, 상술한 본 발명의 실시예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다.

[0171] 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등) 및 캐리어 웨이브(예를 들면, 인터넷을 통한 전송)와 같은 저장매체를 포함한다.

[0172] 이상과 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

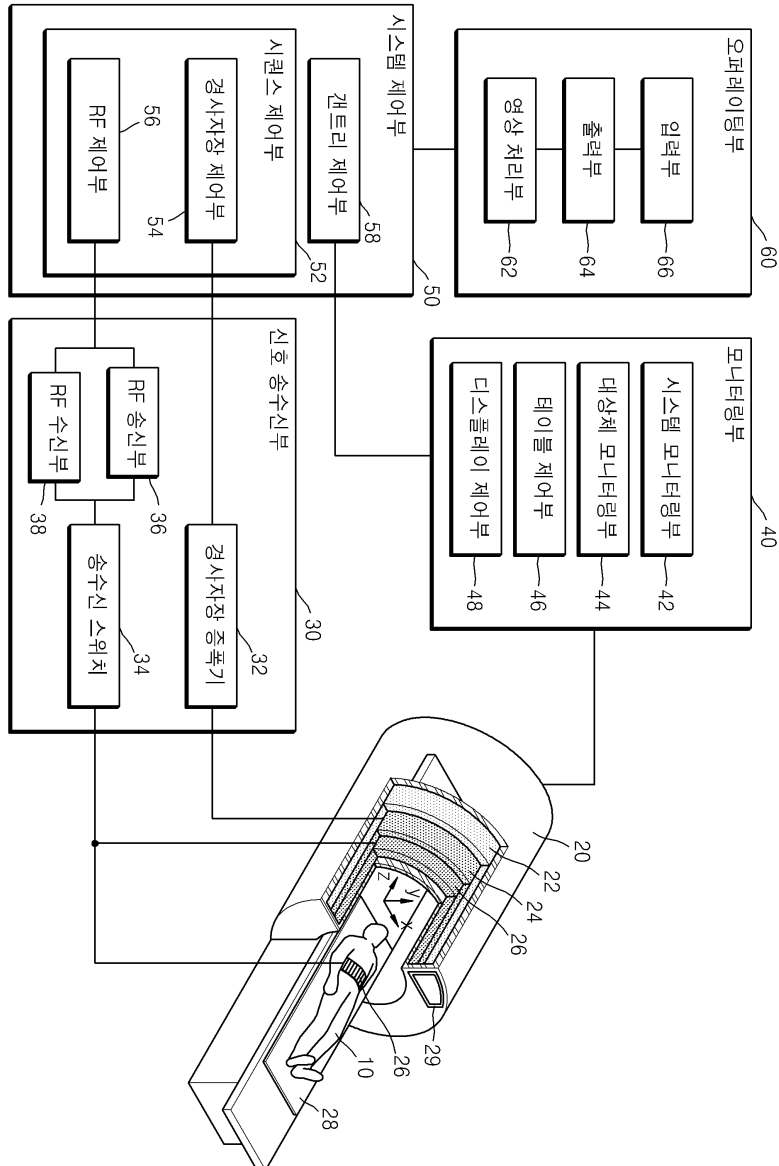
[0173] 22: 주 자석

24: 경사 코일

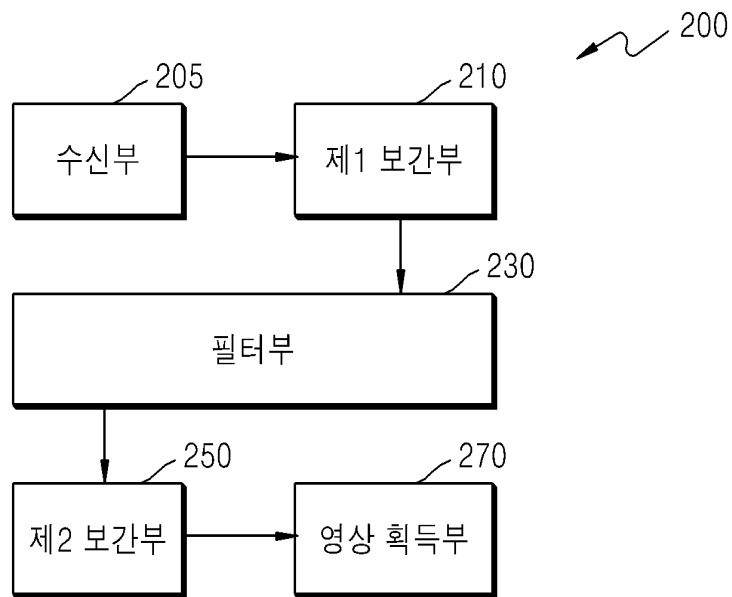
26: RF 코일
28: 테이블
30: 신호 송수신부
32: 경사자장 증폭기
34: 송수신 스위치
36: RF 송신부
38: RF 수신부
40: 모니터링부
42: 시스템 모니터링부
44: 대상체 모니터링부
46: 테이블 제어부
48: 디스플레이 제어부
50: 시스템 제어부
52: 시퀀스 제어부
54: 경사자장 제어부
56: RF 제어부
58: 갠트리 제어부
60: 오퍼레이팅부
62: 영상 처리부
64: 출력부
66: 입력부
200,300: 자기 공명 영상 장치
205, 305: 수신부
210, 310: 제1 보간부
230, 330: 필터부
250, 350: 제2 보간부
270, 370: 영상 획득부
331: 로우 패스 필터
334: 하이 패스 필터 부
335: 제1 하이 패스 필터
336: 제2 하이 패스 필터
337: 제_m 하이 패스 필터

도면

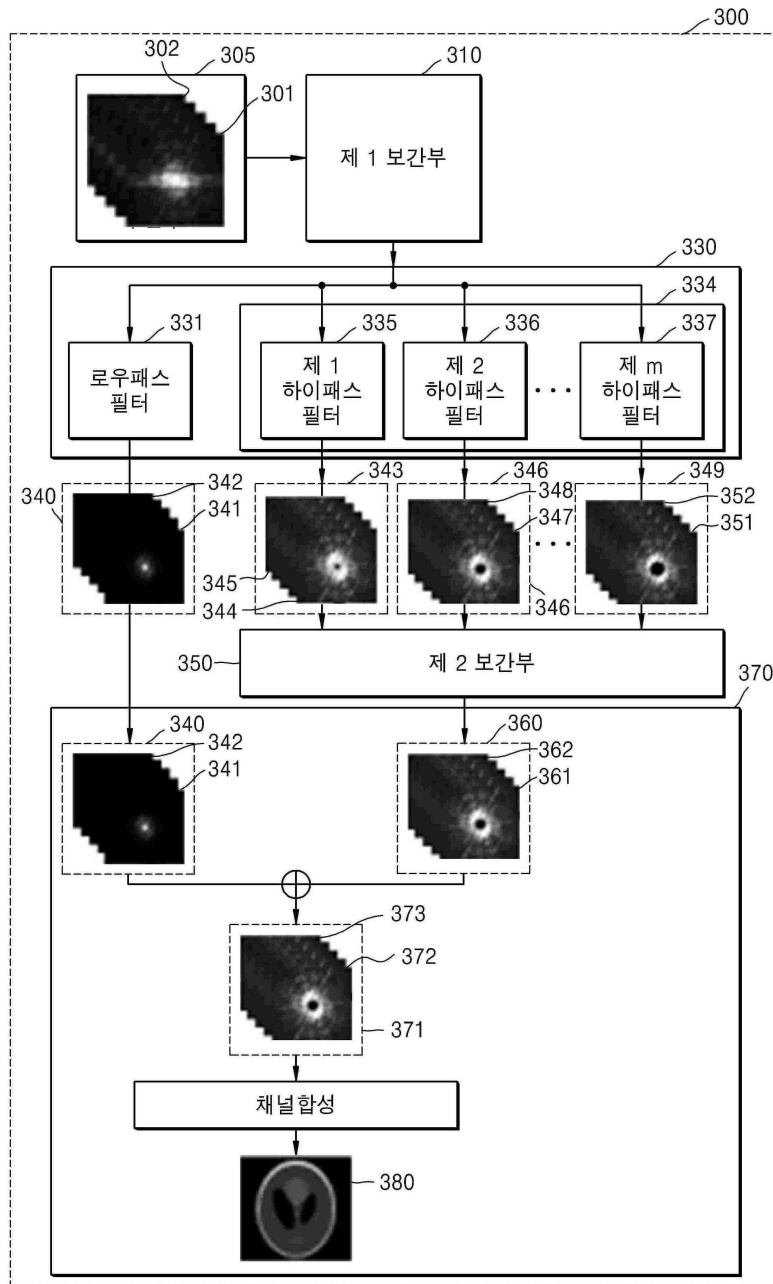
도면1



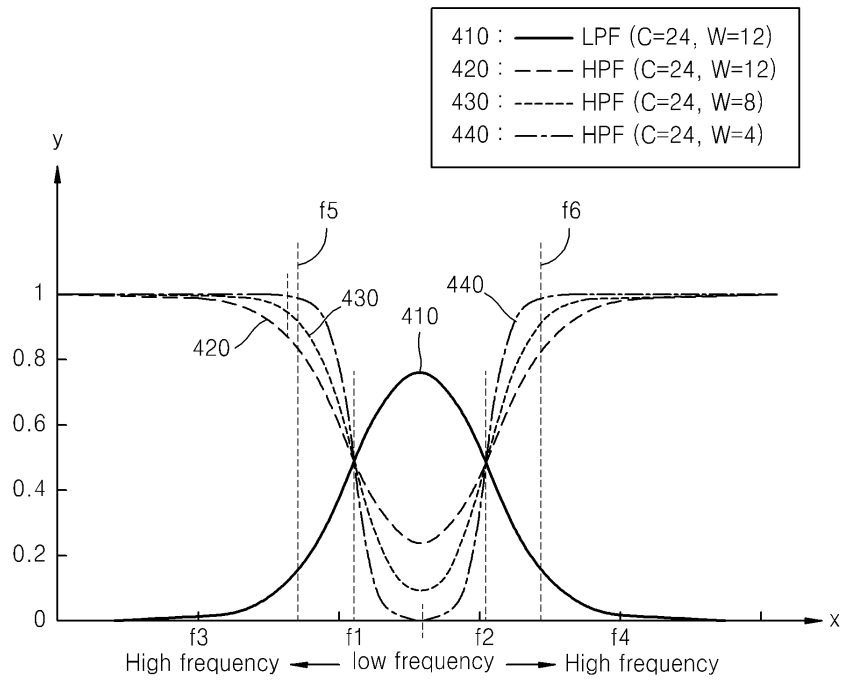
도면2



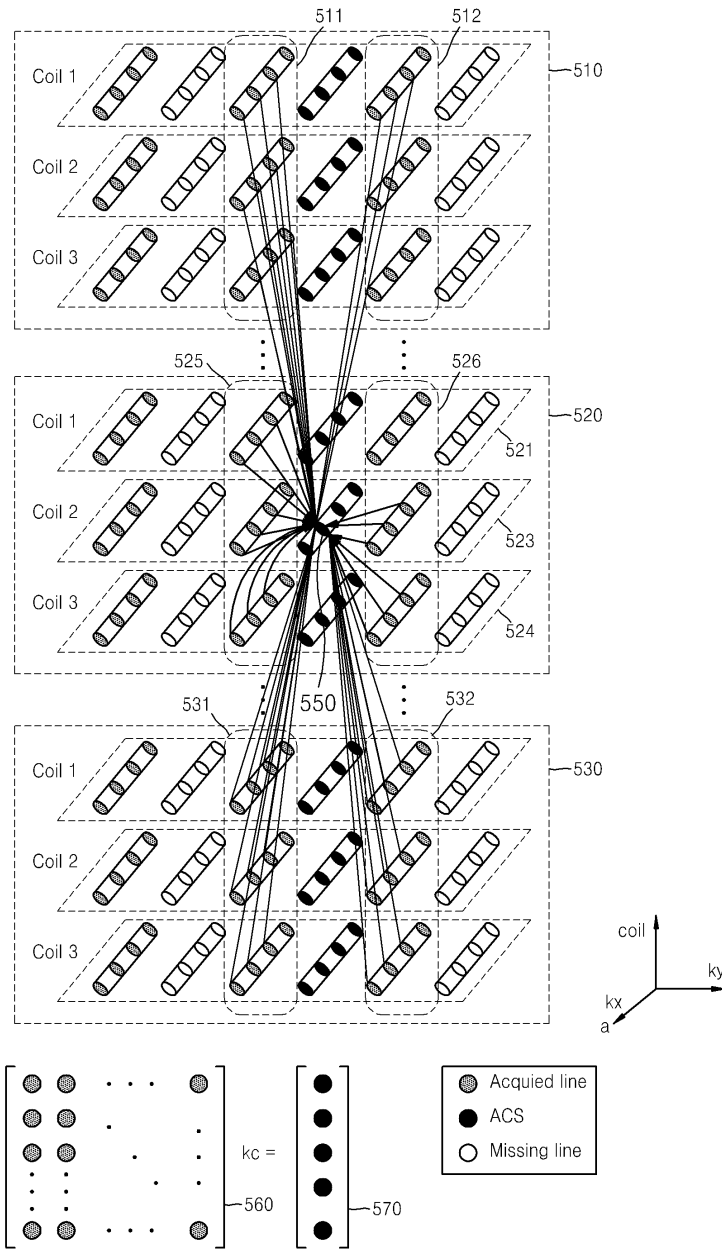
도면3



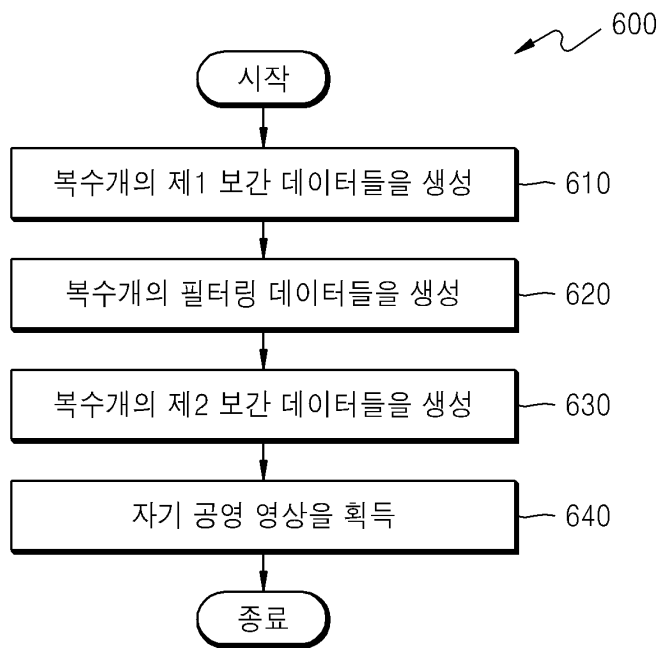
도면4



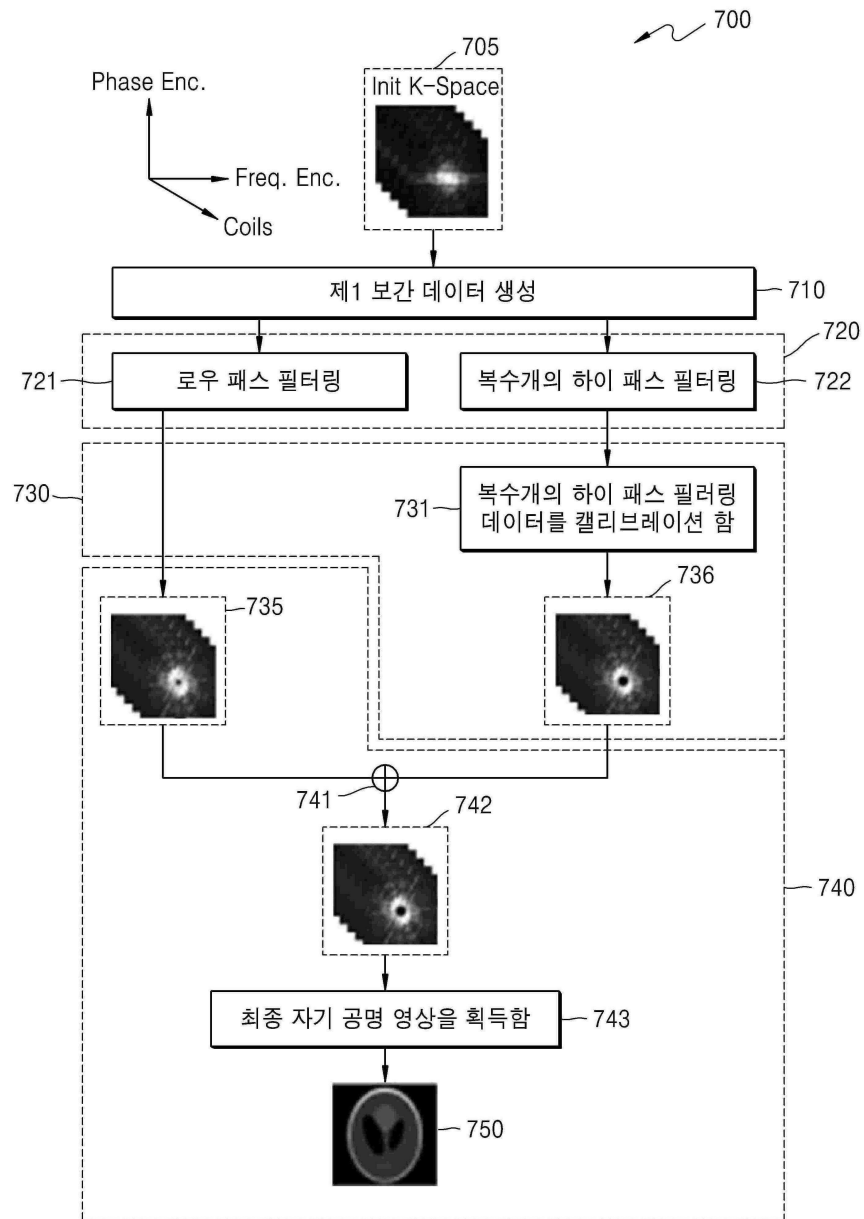
도면5



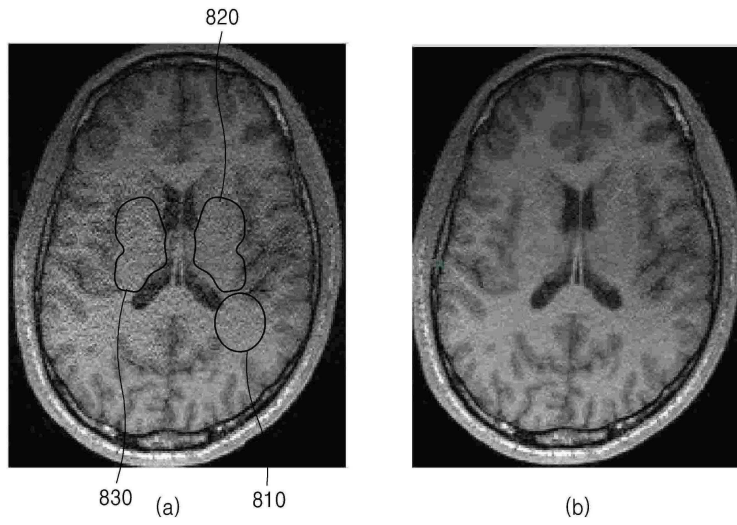
도면6



도면7



도면8



도면9

