



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0100299
(43) 공개일자 2015년09월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/055 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0021931

(22) 출원일자 2014년02월25일

심사청구일자 2014년02월25일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

박재석

서울특별시 성동구 금호로 107, 106동 1504호 (금호동2가, 래미안하이리버)

이훈재

서울특별시 광진구 능동로 31길 14, 501호 (군자동, 수정빌딩)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

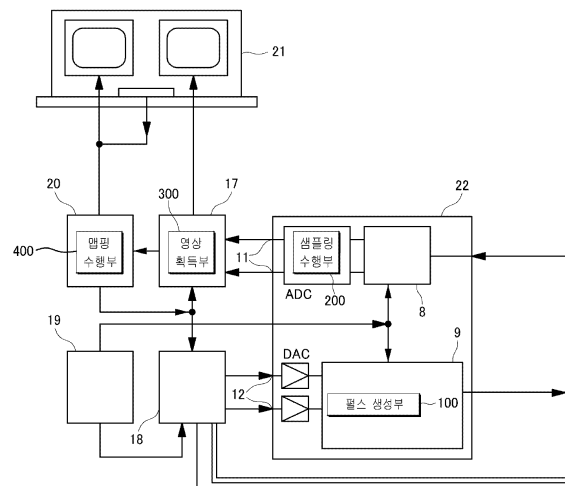
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 자기 공명 영상장치 및 이를 이용한 자기 공명 영상방법

(57) 요약

본 발명에서는 자기 공명 영상장치 및 자기 공명 영상방법이 개시된다. 특히, 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상장치는 생체 내 물 분자의 신호를 감소시키기 위한 포화 펄스 및 상기 포화 펄스를 위한 포화 시간 이후에 펄스열을 인가하는 펄스 생성부; 상기 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 반복적인 시퀀스에 따라 획득된 복수 개의 k 공간(k -space)에서 각각 샘플링을 수행하되, 각각의 k 공간의 중앙 부분 및 상기 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분을 포함하는 샘플링 영역에 대해 샘플링을 수행하는 샘플링 수행부; 및 상기 샘플링 결과로서 획득된 데이터로부터 재구성 영상을 획득하는 영상 획득부를 포함하고, 상기 펄스 생성부는 상기 시퀀스마다 서로 다른 주파수를 가진 포화 펄스를 인가하고, 상기 샘플링 수행부는 상기 중앙 부분에 대해 나이퀴스트(nyquist) 비율로 데이터를 획득한다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345197735
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 중견연구자지원
연구과제명 뇌암 저산소율 및 pH의 정량적 자기공명영상 지도화
기 여 율 1/1
주관기관 고려대학교
연구기간 2013.05.01 ~ 2014.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

자기 공명 영상장치에 있어서,

생체 내 물 분자의 신호를 감소시키기 위한 포화 펄스 및 상기 포화 펄스를 위한 포화 시간 이후에 펄스열을 인가하는 펄스 생성부;

상기 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 반복적인 시퀀스에 따라 획득된 복수 개의 k 공간(k -space)에서 각각 샘플링을 수행하되, 각각의 k 공간의 중앙 부분 및 상기 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분을 포함하는 샘플링 영역에 대해 샘플링을 수행하는 샘플링 수행부; 및

상기 샘플링 결과로서 획득된 데이터로부터 재구성 영상을 획득하는 영상 획득부를 포함하고,

상기 펄스 생성부는 상기 시퀀스마다 서로 다른 주파수를 가진 포화 펄스를 인가하고,

상기 샘플링 수행부는 상기 중앙 부분에 대해 나이퀴스트(nyquist) 비율로 데이터를 획득하는 자기 공명 영상장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 영상 획득부는

상기 획득된 데이터 중 상기 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 가중합하고, 상기 획득된 데이터 중 상기 일부분에 대해 획득된 데이터를 공유하는 중간 처리부; 및

상기 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 이용하여 상기 일부분에 대해 획득된 데이터와 상기 중간 처리부의 결과 데이터 중 적어도 하나를 보정하는 데이터 보정부를 포함하고,

상기 포화 펄스의 주파수 별 재구성 영상을 획득하는 자기 공명 영상장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 재구성 영상을 이용하여 주자기장을 지도화하고, 상기 주자기장의 퍼터베이션(perturbation)을 영상화하는 맵핑 수행부를 더 포함하는 자기 공명 영상장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 샘플링 수행부는

상기 일부분에 대해 나이퀴스트 비율 이하로 데이터를 획득하는 자기 공명 영상장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 포화 펄스의 주파수는 자기 공명 영상장치에 따라 다르게 결정되는 주자기장의 예상되는 변화량을 기초로 결정되는 것인, 자기 공명 영상장치.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 펄스 생성부는 임의의 시퀀스 내에서 동일 주파수를 가진 복수 개의 포화 펄스를 연속적으로 또는 주기적으로 인가하는 자기 공명 영상장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 샘플링 영역은 블레이드(blade) 형상, 스파이럴(spiral) 형상, 방사형(radial) 형상 또는 임의의(random) 형상인 자기 공명 영상장치.

청구항 8

자기 공명 영상방법에 있어서,

생체 내 물 분자의 신호를 감소시키기 위한 포화 펄스 및 상기 포화 펄스를 위한 포화 시간 이후에 펄스열을 인가하는 시퀀스를 반복적으로 수행하는 단계;

상기 시퀀스에 따라 획득된 복수 개의 k 공간(k-space)에서 각각 샘플링을 수행하되, 각각의 k 공간의 중앙 부분 및 상기 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분을 포함하는 샘플링 영역에 대해 샘플링을 수행하는 단계; 및

상기 샘플링 결과로서 획득된 데이터로부터 재구성 영상을 획득하는 단계를 포함하고,

상기 시퀀스를 수행하는 단계는 상기 시퀀스마다 서로 다른 주파수를 가진 포화 펄스를 인가하고,

상기 샘플링을 수행하는 단계는 상기 중앙 부분에 대해 나이퀴스트(nyquist) 비율로 데이터를 획득하는 단계를 포함하는 자기 공명 영상방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 재구성 영상을 획득하는 단계는

상기 획득된 데이터 중 상기 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 가중합하는 단계; 및

상기 획득된 데이터 중 상기 일부분에 대해 획득된 데이터를 공유하는 단계를 포함하고,

상기 가중합하는 단계의 결과 데이터 및 상기 공유하는 단계의 결과 데이터를 기초로 상기 포화 펄스의 주파수 별 재구성 영상을 획득하는 자기 공명 영상방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 재구성 영상을 획득하는 단계는

상기 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 이용하여 상기 일부분에 대해 획득된 데이터와 상기 공유하는 단계의 결과 데이터 중 적어도 하나를 보정하는 단계를 더 포함하는 자기 공명 영상방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 재구성 영상을 이용하여 주자기장을 지도화하는 단계; 및

상기 주자기장의 퍼터베이션(perturbation)을 영상화하는 단계를 더 포함하는 자기 공명 영상방법.

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 시퀀스를 수행하는 단계는 임의의 시퀀스 내에서 동일 주파수를 가진 복수 개의 포화 펄스를 연속적으로 또는 주기적으로 인가하는 자기 공명 영상방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 자기 공명 영상장치 및 이러한 자기 공명 영상장치를 이용한 자기 공명 영상방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 자기 공명 영상(MRI, Magnetic Resonance Imaging)장치를 이용하여 인체에 대한 횡축 방향, 세로축 방향, 사선 방향 등의 영상을 획득하고, 이러한 영상을 통해 피검사자의 상태를 검사 및 진단하는 경우가 늘어나고 있다.

[0003] 일반적으로 자기 공명 영상장치의 경우 측정 공간에 주자기장을 인가하게 되는데, 의도한 크기만큼의 자기장(예를 들어, 3 테슬라)이 일정하게 인가되지 않는다는 문제점이 있다.

[0004] 이러한 주자기장의 퍼터베이션(perturbation) 또는 변화는 재구성된 영상 내에 인공물을 발생시키므로, 주자기장을 지도화하여 보정하는 기술이 필요하다.

[0005] 주자기장을 보정하는 기술은 크게 2가지 방식으로 구분될 수 있는데, 위상 기반 자기장 지도화(phase based field mapping) 방식과 주파수 기반 자기장 지도화(frequency based field mapping) 방식으로 구분될 수 있다.

[0006] 위상 기반 자기장 지도화 방식의 경우, 한번의 시퀀스를 통해 영상을 재구성할 수 있어 신속하게 주자기장을 보정할 수 있다는 장점이 있다. 다만, 위상이 0도에서 360도를 초과하는 경우, 위상 랩핑(phase wrapping)이라는 문제점이 발생하고, 이를 해결하기 위한 별도의 후처리 과정이 필요했다.

[0007] 주파수 기반 자기장 지도화 방식의 경우 위상 랩핑 문제는 발생하지 않지만, 각각의 주파수 별로 한번씩의 시퀀스를 거쳐야 하기 때문에 너무 장시간의 영상 시간이 필요하다는 문제점이 있었다.

[0008] 한편, 이와 관련하여 PCT 출원인 WO 2009/042881 A1(발명의 명칭: Frequency Referencing For Chemical Exchange Saturation Transfer MRI)에서는 자기 공진 스캐너를 이용하여 수행되는 물 분자 포화 주파수 기준 보정(Water Saturation Shift Referencing; WASSR) 기법에 대해 개시하고 있다. 물 분자 포화 주파수 기준 보정 기법은 물 분자의 주파수 이동(frequency shift)을 기준으로 주자기장을 보정하는 기법이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 일부 실시예는 위상 랩핑(phase wrapping)에 대한 문제점이 없고 빠르게 재구성 영상을 획득할 수 있는 자기 공명 영상장치 및 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

[0010] 또한, 본 발명의 일부 실시예는 생체 내 물 분자의 포화 주파수를 이용하여 주자기장을 지도화하고, 지도화된 주자기장의 오차를 보다 정확하게 보정할 수 있는 자기 공명 영상장치 및 방법을 제공하는 데에 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상장치는, 생체 내 물 분자의 신호를 감소시키기 위한 포화 펄스 및 상기 포화 펄스를 위한 포화 시간 이후에 펄스열을 인가하는 펄스 생성부; 상기 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 반복적인 시퀀스에 따라 획득된 복수 개의 k 공간(k -space)에서 각각 샘플링을 수행하되, 각각의 k 공간의 중앙 부분 및 상기 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분을 포함하는 샘플링 영역에 대해 샘플링을 수행하는 샘플링 수행부; 및 상기 샘플링 결과로서 획득된 데이터로부터 재구성 영상을 획득하는 영상 획득부를 포함하고, 상기 펄스 생성부는 상기 시퀀스마다 서로 다른 주파수를 가진 포화 펄스를 인가하고, 상기 샘플링 수행부는 상기 중앙 부분에 대해 나이퀴스트(nyquist) 비율로 데이터를 획득한다.

[0012] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상방법은, 생체 내 물 분자의 신호를 감소시키기 위한 포화 펄스 및 상기 포화 펄스를 위한 포화 시간 이후에 펄스열을 인가하는 시퀀스를 반복적으로 수행하는 단계; 상기 시퀀스에 따라 획득된 복수 개의 k 공간(k -space)에서 각각 샘플링을 수행하되, 각각의 k 공간의 중앙 부분 및 상기 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분을 포함하는 샘플링 영역에 대해 샘플링을 수행하는 단계; 및 상기 샘플링 결과로서 획득된 데이터로부터 재구성 영상을 획득하는 단계를 포함하고, 상기 시퀀스를 수행하는 단계는 상기 시퀀스마다 서로 다른 주파수를 가진 포화 펄스를 인가하고, 상기 샘플링을 수행하는 단계는 상기 중앙 부분에 대해 나이퀴스트(nyquist) 비율로 데이터를 획득하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0013] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상장치 및 이를 이용한 자기 공명 영상방법을 이용하면, 위상 랩핑(phase wrapping) 문제점을 원천적으로 제거할 수 있고, 영상 시간을 획기적으로 감소시킬 수 있다.

[0014] 또한, 주자기장의 퍼터베이션 또는 변화를 신속하게 정확하게 보정하는 용도로 다양한 영역에서 활용할 수 있다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상장치를 전체적으로 나타낸 블록 구성도,
 도 2는 도 1의 일부 구성을 확대하여 나타낸 블록 구성도,
 도 3은 일 예에 따른 포화 펄스 및 펄스열을 설명하기 위한 도면,
 도 4는 도 2의 영상 획득부를 구체적으로 나타낸 블록 구성도,
 도 5는 일 예에 따라 샘플링을 수행하고 재구성 영상을 획득하는 일련의 과정을 도시한 도면,
 도 6은 다른 예에 따른 샘플링을 도시한 도면,
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [0017] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상장치를 전체적으로 나타낸 블록 구성도이다.
- [0019] 여기서, 자기 공명 영상(MRI; Magnetic Resonance Imaging)장치는 핵자기공명(NMR; Nuclear Magnetic Resonance)이라는 물리학적 원리를 영상화하기 위해 인체에 무해한 자기장과 비전리 방사선(라디오 고주파)을 이용하는 장치로서, 그 구조는 종래의 단층촬영기기의 구조와 실질적으로 동일하다.
- [0020] 주자석(Main Magnet, 1)은 예컨대 사람 신체의 검사될 부분과 같은 물체의 검사 영역 내에서 핵 스핀을 분극화 또는 정렬시키기 위한 일정한 크기의 강자계를 발생시킨다. 핵 스핀 공명 측정을 위해 필요한 주자석의 높은 균질성은 구형 측정 공간(M) 내에서 정해지며, 이러한 측정 공간(M) 내로 사람 신체의 검사될 부분이 들어가게 된다. 이때, 균질성 요구를 만족시키면서 특히 시간 불변적인 작용들을 제거하기 위해서 적합한 지점에 소위 강자성 재료로 이루어진 shim-플레이트(shim plate)가 제공된다. 시간 가변적인 작용들은 shim-전원(shim supply, 15)에 의해 구동되는 shim-코일(2)에 의해 제거된다.
- [0021] 주자석(1) 내에 3개의 부분 권선으로 이루어진 원통형 경사 코일 시스템(3)이 삽입된다. 각각의 부분 권선은 증폭기(14)에 의해서 평행 좌표계의 개별 방향으로 선형 경사 필드를 발생시키기 위해 전류를 공급받는다. 여기서, 경사 필드 시스템(3)의 제 1 부분 권선은 x 방향으로 경사(G_x)를 발생시키고, 제 2 부분 권선은 y 방향으로 경사(G_y)를 발생시키며, 제 3 부분 권선은 z 방향으로 경사(G_z)를 발생시킨다. 각각의 증폭기(14)는 디지털-아날로그 컨버터를 가지는데, 상기 디지털-아날로그 컨버터는 정확한 시간에 맞게 경사 펄스를 발생시키기 위해서 시퀀스 제어 시스템(18)에 의해 제어된다.
- [0022] 경사 필드 시스템(3) 내에는 고주파 안테나(4)가 제공되며, 이런 고주파 안테나(4)는 핵을 여기시키고 검사될 물체 또는 물체의 검사될 영역에 핵 스핀을 정렬시키기 위해 고주파 전력 증폭기(16)에 의해 방출되는 고주파 펄스를 교번자계(alternating field)로 변환시킨다. 고주파 안테나(4)에 의해서 선회하는 핵 스핀으로부터 방출된 교번자계, 즉 통상적으로 하나 이상의 고주파 펄스 및 하나 이상의 경사 펄스로 이루어진 펄스 시퀀스에 의해 야기되는 핵 스핀 에코 신호가 전압으로 변환되는데, 상기 전압은 증폭기(7)에 의해서 고주파 시스템(22)의 고주파 수신 채널(8)로 공급된다.
- [0023] 또한, 고주파 시스템(22)은 송신 채널(9)을 포함하는데, 이러한 송신 채널(9) 내에서 자기 핵 공명을 여기시키기 위한 고주파 펄스가 발생된다. 이 경우 개별 고주파 펄스는 설치 컴퓨터(20)에 의해 사전 설정되는 펄스 시퀀스에 의해 시퀀스 제어 시스템(18) 내에서 디지털 방식으로 일련의 복소수로서 표시된다. 이러한 숫자 열은 실수부 및 허수부로서 각각의 입력단(12)을 지나 고주파 시스템(22)에 결합된 디지털-아날로그 컨버터로 공급되어서, 상기 디지털-아날로그 컨버터로부터 송신 채널(9)로 공급된다. 이때, 송신 채널(9) 내에서 펄스 시퀀스가 고주파 캐리어 신호로 변조되는데, 고주파 캐리어 신호의 기본 주파수는 측정 공간 내에 있는 핵 스핀의 공명 주파수에 상응한다.
- [0024] 이때, 경사 필드 시스템(3)과 고주파 시스템(22) 간의 연결에 있어서, 송신 채널(9)에 의한 송신 동작으로부터 고주파 수신 채널(8)에 의한 수신 동작으로의 전환은 송수 전환기(Duplexer, 6)에 의해 이루어진다.
- [0025] 고주파 안테나(4)는 핵 스핀을 여기시키기 위한 고주파 펄스를 측정 공간(M) 내로 방사하고 그 결과 나타나는 에코 신호를 샘플링(sampling)한다. 이에 상응하여 획득되는 핵 공명 신호는 고주파 시스템(22)의 수신 채널(8) 내에서 위상 감응 방식으로(phase-sensitively) 복호화 되어서, 개별 아날로그-디지털 컨버터에 의해서 측정 신호의 실수부 및 허수부로 변환된다. 영상처리장치(17)는 각각의 출력단(11)을 지나 영상처리장치(17)에 공급된 신호 데이터를 처리하여 하나의 영상으로 재구성시킨다.
- [0026] 측정 데이터, 영상 데이터 및 제어 프로그램의 관리는 설치 컴퓨터(20)에 의해서 이루어지고, 제어 프로그램에 의한 프리 세팅에 의해서 시퀀스 제어 시스템(18)이 소정의 개별 펄스 시퀀스의 생성 및 이에 상응하는 k 공간(k-space)의 샘플링을 제어한다.
- [0027] 이때, 시퀀스 제어 시스템(18)이 정확한 시간에 따른 경사 전환, 정해진 위상 및 진폭을 가진 고주파 펄스의 방출 및 핵공명 신호의 수신을 제어하고, 신호 합성기(synthesizer, 19)는 고주파 시스템(22) 및 시퀀스 제어 시스템(18)을 위한 시간축(time base)을 제공한다. 핵 스핀 영상을 생성하기 위한 적합한 제어 프로그램의 선택

및 생성된 핵 스핀 영상의 하나의 키패드(keypad) 및 하나 이상의 디스플레이를 구비한 단말장치(21)에 의해서 이루어진다.

[0028] 이하, 도 2를 참고하여 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상장치에 대한 세부 구성을 설명한다. 도 2는 도 1의 일부 구성을 확대하여 나타낸 블록 구성도이다.

[0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상장치는 펄스 생성부(100), 샘플링 수행부(200), 영상 획득부(300), 맵핑 수행부(400)를 포함하고, 각 구성은 도 2에 도시된 것처럼 구현될 수 있다. 다만, 이들 구성의 구현 예는 도 2로 특별히 제한되는 것은 아니다.

[0030] 펄스 생성부(100)는 자기 공명 영상장치의 송신 채널(9) 내에 구현되거나 그와 연결되어, 생체 내 물 분자의 신호를 감소시키기 위한 포화 펄스 및 상기 포화 펄스를 위한 포화 시간 이후에 펄스열을 인가할 수 있다.

[0031] 여기서, 포화 펄스(saturation pulse)는 일종의 RF 신호로서, 생체 내 물 분자에 있는 양성자의 자화 상태를 소실시켜 물 분자의 신호를 감소시킬 수 있다. 이러한 방식은 자화 준비(Magnetization Preparation) 단계에서 이루어질 수 있다.

[0032] 또한, 펄스열은 다양한 기법에 의해 생성될 수 있고, 예를 들어 스핀 에코(Spin Echo) 기법 또는 고속 스핀 에코(Turbo Spin Echo) 기법 등에 의해 생성될 수 있다.

[0033] 펄스 생성부(100)는 상술한 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 반복적인 시퀀스마다 서로 다른 주파수를 가진 포화 펄스를 인가할 수 있다. 이때, 각 포화 펄스의 주파수는 주자기장의 예상되는 변화량을 기초로 결정될 수 있는데, 주자기장의 예상되는 변화량은 자기 공명 영상장치의 성능 또는 스펙에 따라 다르게 결정될 수 있다.

[0034] 도 3은 일 예에 따른 포화 펄스 및 펄스열을 설명하기 위한 도면이다.

[0035] 제 1 시퀀스에서 f_1 주파수를 가진 포화 펄스 및 펄스열이 인가되고, 제 2 시퀀스에서 f_2 주파수를 가진 포화 펄스 및 펄스열이 인가되며, 제 n 시퀀스에서 f_n 주파수를 가진 포화 펄스 및 펄스열이 인가된다. ($n=1, 2, 3, \dots$) 각 시퀀스는 반복시간마다 반복적으로 이루어진다.

[0036] 제 3 시퀀스를 확대하여 살펴보면, 포화 시간 동안 f_3 주파수를 가진 포화 펄스가 인가되고, 포화 시간 이후에도 도 3에 도시된 것처럼 고속 스핀 에코 기법에 의해 펄스열이 인가될 수 있다. 포화 시간이란 간헐적 또는 연속적으로 포화펄스가 가해지는 전체 시간을 의미하며, 포화 시간이 길어질수록 물 분자의 신호는 더 많이 소실될 수 있다.

[0037] 이때, 펄스 생성부(100)는 임의의 시퀀스 내에서 동일 주파수(f_n)를 가진 복수 개의 포화 펄스를 연속적으로 인가하거나, 도 3에 도시된 것처럼 포화 펄스를 주기적으로 또는 간헐적으로 인가할 수 있다. 또한, 포화 펄스 인가와 펄스열 인가 중간에 자화도는 경우에 따라 유지될 수도 있고, 변화할 수도 있다.

[0038] 이러한 제 3 시퀀스를 포함하는 반복적인 시퀀스를 통해 각각 획득된 신호는 후술할 샘플링 수행부(200)로 전달될 수 있다.

[0039] 샘플링 수행부(200)는 자기 공명 영상장치의 아날로그-디지털 컨버터 내에 구현되거나 그와 연결되어, 상술한 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 반복적인 시퀀스에 따라 획득된 복수 개의 k 공간(k -space)에서 각각 샘플링을 수행할 수 있다.

[0040] 특히, 샘플링 수행부(200)는 각각의 k 공간의 중앙 부분 및 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분을 포함하는 샘플링 영역에 대해 한정적으로 샘플링을 수행할 수 있다.

[0041] 이때, 샘플링 수행부(200)는 각각의 k 공간의 중앙 부분에 대해 나이퀴스트(nyquist) 비율로 데이터를 획득할 수 있고, 상술한 일부분에 대해 나이퀴스트 비율 이하로 데이터를 획득할 수 있다.

[0042] 샘플링 영역에 대한 구체적인 설명은 후술하기로 한다.

[0043] 영상 획득부(300)는 자기 공명 영상장치의 영상처리장치(17) 내에 구현되거나 그와 연결되어, 샘플링 수행부(200)의 샘플링 결과로서 획득된 데이터로부터 재구성 영상을 획득할 수 있다.

[0044] 영상 획득부(300)는 푸리에 변환, 다중코일 병렬영상 (Parallel Imaging) 기법, 압축 센싱(Compressed Sensing) 기법 등을 이용하여 영상을 복원할 수 있다.

- [0045] 도 4는 도 2의 영상 획득부를 구체적으로 나타낸 블록 구성도이다.
- [0046] 구체적으로, 영상 획득부(300)는 도 4에 도시된 것처럼 중간 처리부(310) 및 데이터 보정부(320)를 포함하고, 포화 펄스의 주파수 별 재구성 영상을 획득할 수 있다.
- [0047] 중간 처리부(310)는 샘플링 결과로서 획득된 데이터 중 각각의 k 공간의 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 가중합하고, 샘플링 결과로서 획득된 데이터 중 상술한 일부분에 대해 획득된 데이터를 공유할 수 있다.
- [0048] 중간 처리부(310)에 대한 구체적인 설명은 후술하기로 한다.
- [0049] 데이터 보정부(320)는 각각의 k 공간의 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 이용하여 상술한 일부분에 대해 획득된 데이터와 중간 처리부(310)의 결과 데이터 중 적어도 하나를 보정할 수 있다.
- [0050] 데이터 보정부(320)는 각각의 k 공간의 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 이용하여 위상 보정 및 움직임(회전, 이동) 보정을 수행할 수 있고, 데카르트 좌표계에서 데이터 획득이 이루어지지 않은 경우 고속 푸리에 변환을 위해 인터폴레이션 과정을 수행할 수도 있다.
- [0051] 이러한 데이터 보정부(320)의 동작으로 인해 획득된 데이터의 정확도가 향상될 수 있고, 후술할 샘플링 영역에 따라 데이터 보정부(320)의 동작은 달라질 수 있다.
- [0052] 아울러, 맵핑 수행부(400)는 자기 공명 영상장치의 설치 컴퓨터(20) 내에 구현되거나 그와 연결되어, 포화 펄스의 주파수 별 재구성 영상을 이용하여 주자기장을 지도화하고, 주자기장의 퍼터베이션 또는 변화를 영상화할 수 있다. 즉, 맵핑 수행부(400)는 포화 펄스의 각 주파수 별로 인코딩된 영상을 통해 주자기장에 의해 변화된 생체 내 물 분자의 공진 주파수를 역추적할 수 있고, 그로 인해 주자기장을 지도화할 수 있다.
- [0053] 따라서, 본 발명에서 제안하는 맵핑 수행부(400)를 포함하는 자기 공명 영상장치는 주자기장의 변화에 의해 오차가 발생할 수 있는 모든 영역에 적용될 수 있다. 대표적으로, 물-지방 분리 영상, RF 펄스의 지도화, 화학교환 포화이동 등에서 오차가 발생할 수 있고, 이를 수정하기 위해 맵핑 수행부(400)가 사용될 수 있다.
- [0054] 이하에서는, 샘플링 수행부(200) 및 영상 획득부(300)의 동작에 대해 도 5 및 도 6을 참고하여 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0055] 도 5는 일 예에 따라 샘플링을 수행하고 재구성 영상을 획득하는 일련의 과정을 도시한 도면이고, 도 6은 다른 예에 따른 샘플링을 도시한 도면이다.
- [0056] 이미 상술한 것처럼 샘플링 수행부(200)는 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 반복적인 시퀀스에 따라 획득된 복수 개의 k 공간에서 각각 샘플링을 수행하되, 각각의 k 공간의 중앙 부분 및 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분을 포함하는 샘플링 영역에 대해 한정적으로 샘플링을 수행할 수 있다.
- [0057] 즉, 서로 다른 주파수의 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 반복적인 시퀀스에 따라 복수 개의 k 공간(k -space)이 획득될 수 있다.
- [0058] 본 발명에서의 샘플링 영역은 이러한 각각의 k 공간의 중앙 부분 및 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분을 포함한다.
- [0059] 예를 들어, 도 5처럼 샘플링 영역은 블레이드(blade) 형상일 수 있다.
- [0060] f_1 주파수를 가진 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 제 1 시퀀스에 따라 제 1 k 공간이 획득되고, 샘플링 수행부(200)는 제 1 k 공간에서 제 1 블레이드 형상(3시와 9시 방향)을 따라 샘플링을 수행할 수 있다. 샘플링 영역은 제 1 k 공간의 중앙 부분(A)과 주변부(B_1)를 포함한다.
- [0061] f_2 주파수를 가진 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 제 2 시퀀스에 따라 제 2 k 공간이 획득되고, 샘플링 수행부(200)는 제 2 k 공간에서 제 2 블레이드 형상(4시와 10시 방향)을 따라 샘플링을 수행할 수 있다. 샘플링 영역은 제 2 k 공간의 중앙 부분(A)과 주변부(B_2)를 포함한다.
- [0062] f_3 주파수를 가진 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 제 3 시퀀스에 따라 제 3 k 공간이 획득되고, 샘플링 수행부(200)는 제 3 k 공간에서 제 3 블레이드 형상(5시와 10시 방향)을 따라 샘플링을 수행할 수 있다. 샘플링 영역은 제 3 k 공간의 중앙 부분(A)과 주변부(B_3)를 포함한다.

- [0063] 제 4 시퀀스 내지 제 6 시퀀스 역시 상기 제 1 시퀀스 내지 제 3 시퀀스처럼 프로펠러 기법에 의해 샘플링 과정이 이루어진다. 중앙 부분(A)은 중복되고, 각각의 주변부(B_1 , B_2 , B_3 , B_4 , B_5 , B_6)는 각각의 k 공간마다 다르게 결정된다는 것을 알 수 있다.
- [0064] 또한, 도 6처럼 샘플링 영역은 스파이럴(spiral) 형상일 수 있다.
- [0065] f_3 주파수를 가진 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 제 3 시퀀스에 따라 제 3 k 공간이 획득되고, 샘플링 수행부(200)는 제 3 k 공간에서 나선형 형상을 따라 샘플링을 수행할 수 있다. 샘플링 영역은 제 3 k 공간의 중앙 부분(A')과 주변부(B'₃)를 포함한다.
- [0066] 나머지 시퀀스 역시 상기 제 3 시퀀스처럼 스파이럴 형상으로 샘플링 과정이 이루어진다. 중앙 부분(A')은 중복되고, 각각의 주변부(B'₁, B'₂, B'₃, B'₄, B'₅, B'₆)는 각각의 k 공간마다 다르게 결정된다는 것을 알 수 있다.
- [0067] 그 밖에 도면에 도시되지 않았으나, 샘플링 영역은 방사형(radial) 형상 또는 임의의(random) 형상일 수 있고, 이들 형상으로 제한되는 것은 아니다. 즉, 각각의 k 공간의 중앙 부분 및 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분을 포함한다면, 본 발명에서 샘플링 영역일 수 있다.
- [0068] 일반적으로 k 공간의 중앙 부분으로 갈수록 주파수 인코딩 경사(frequency encoding gradient)와 위상 인코딩 경사(phase encoding gradient)가 약하므로, 신호 강도가 크고 해당 저주파 대역의 신호는 재구성 영상의 콘트라스트(contrast)에 주로 관여한다.
- [0069] 반면에, k 공간의 주변부는 인코딩 경사(encoding gradient)가 크므로, 신호강도가 작고 해당 고주파 대역의 신호는 위치정보 및 재구성 영상의 디테일에 주로 관여한다.
- [0070] 이러한 점을 고려하여, 샘플링 수행부(200)는 각각의 k 공간의 중앙 부분에 대해 나이퀴스트(nyquist) 비율로 데이터를 획득할 수 있고, 상술한 일부분에 대해 나이퀴스트 비율 이하로 데이터를 획득할 수 있다.
- [0071] 이렇게 획득된 데이터는 샘플링 수행부(200)에서 영상 획득부(300)로 전달된다. 영상 획득부(300)의 중간 처리부(310)는 샘플링 결과로서 획득된 데이터 중 각각의 k 공간의 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 가중합하고, 샘플링 결과로서 획득된 데이터 중 상술한 일부분에 대해 획득된 데이터를 공유할 수 있다. 영상 획득부(300)의 데이터 보정부(320)는 각각의 k 공간의 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 이용하여 각종 데이터를 보정할 수 있다.
- [0072] 특히, 본 발명에서는 상술한 일부분에 대해 획득된 데이터를 공유함으로써, 각각의 k 공간의 주변부 전체에 대해 샘플링을 수행한 것과 실질적으로 동일한 효과를 얻을 수 있다.
- [0073] 즉, 본 발명의 경우 한정적으로 샘플링을 수행하고 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분에 대해 나이퀴스트 비율 이하로 데이터를 획득하지만, 가중합, 공유(조합), 및 보정 과정 등을 통해 부족한 부분을 보완할 수 있다.
- [0074] 따라서 본 발명에서 제안하는 자기 공명 영상장치를 이용하면, 위상 랩핑(phase wrapping) 문제점을 원천적으로 제거할 수 있고, 영상 시간을 획기적으로 감소시킬 수 있다. 또한, 주자기장의 퍼터베이션 또는 변화를 신속하게 정확하게 보정하는 용도로 다양한 영역에서 활용할 수 있다.
- [0075] 한편, 본 발명에 따른 자기공명영상을 획득하는 방법에 대하여 도 7을 참고하여 후술하기로 한다.
- [0076] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상방법을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0077] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상장치를 이용한 자기 공명 영상방법은, 우선 생체 내 물 분자의 신호를 감소시키기 위한 포화 펄스 및 상기 포화 펄스를 위한 포화 시간 이후에 펄스열을 인가하는 시퀀스를 반복적으로 수행한다(S510).
- [0078] 이때, 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 반복적인 시퀀스마다 서로 다른 주파수를 가진 포화 펄스가 생체를 향하여 인가된다. 또한, 시퀀스를 수행하는 단계(S510)는 임의의 시퀀스 내에서 동일 주파수를 가진 복수 개의 포화 펄스를 연속적으로 또는 주기적으로 인가할 수 있다.
- [0079] 이어서, 포화 펄스 및 펄스열을 인가하는 반복적인 시퀀스에 따라 획득된 복수 개의 k 공간(k -space)에서 각각 샘플링이 수행된다.

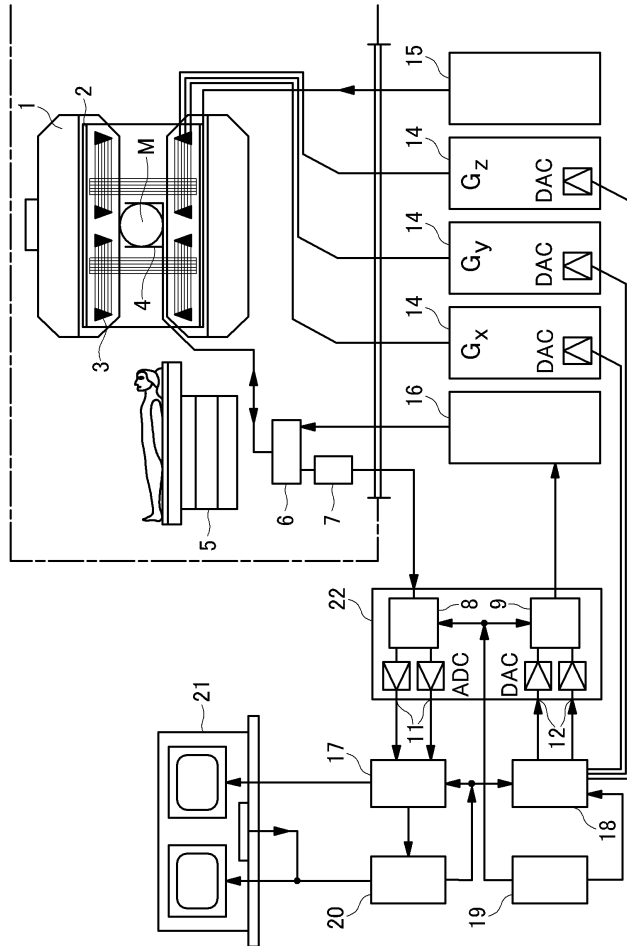
- [0080] 특히, 본 발명에서는 각각의 k 공간의 중앙 부분 및 각각의 k 공간마다 다르게 결정되는 일부분을 포함하는 샘플링 영역에 대해 한정적으로 샘플링을 수행한다(S520). 또한, 샘플링을 수행하는 단계(S520)는 각각의 k 공간의 중앙 부분에 대해 나이퀴스트(nyquist) 비율로 데이터를 획득한다.
- [0081] 다음으로, 본 발명에서는 샘플링 결과로서 획득된 데이터로부터 재구성 영상을 획득한다(S530).
- [0082] 구체적으로, 재구성 영상을 획득하는 단계(S530)는 샘플링 결과로서 획득된 데이터 중 각각의 k 공간의 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 가중합하는 단계와, 획득된 데이터 중 각각의 k 공간의 일부분에 대해 획득된 데이터를 공유하는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 가중합하는 단계의 결과 데이터 및 공유하는 단계의 결과 데이터를 기초로 포화 펄스의 주파수 별 재구성 영상이 획득될 수 있다.
- [0083] 보다 구체적으로, 재구성 영상을 획득하는 단계(S530)는 각각의 k 공간의 중앙 부분에 대해 획득된 데이터를 이용하여 각각의 k 공간의 일부분에 대해 획득된 데이터와 공유하는 단계의 결과 데이터 중 적어도 하나를 보정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0084] 계속해서, 본 발명에서는 재구성 영상을 이용하여 주자기장을 지도화하고(S540), 주자기장의 퍼터베이션(perturbation)을 영상화한다(S550).
- [0085] 지금까지 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상방법을 이용하면, 위상 랩핑(phase wrapping) 문제점을 원천적으로 제거할 수 있고, 영상 시간을 획기적으로 감소시킬 수 있다. 또한, 주자기장의 퍼터베이션 또는 변화를 신속하게 정확하게 보정하는 용도로 다양한 영역에서 활용할 수 있다.
- [0086] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0087] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

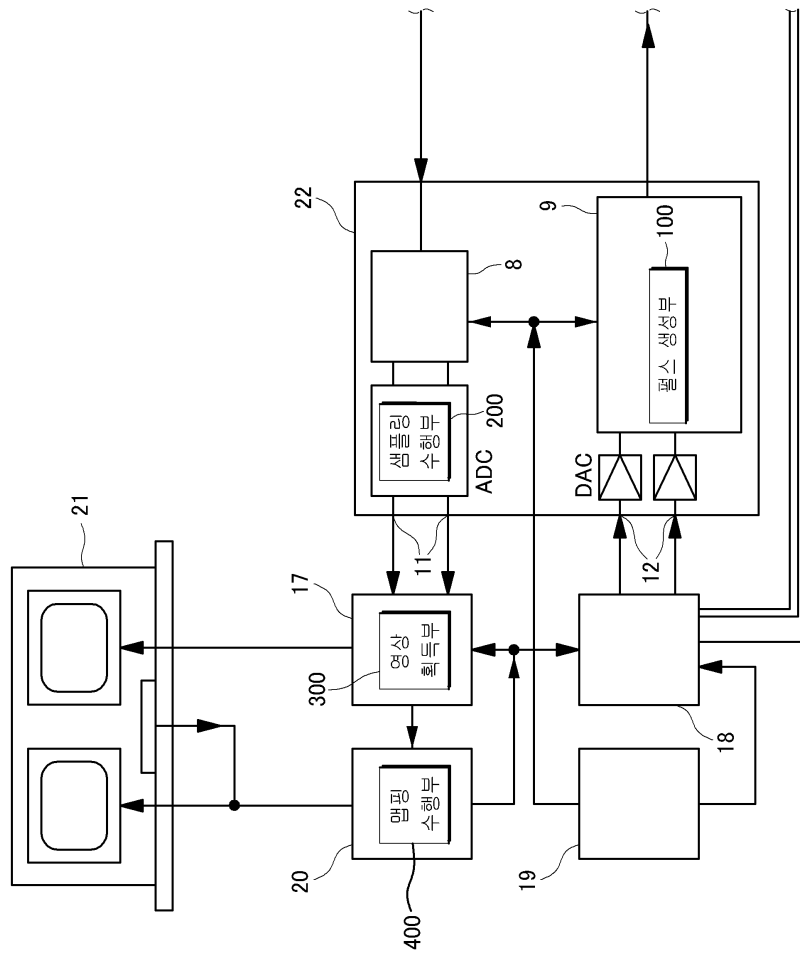
- [0088] 8: 고주파 수신 채널 9: 전송 채널
- 11: 출력단 12: 입력단
- 17: 영상처리장치 18: 시퀀스 제어 시스템
- 19: 신호 합성기 20: 설치 컴퓨터
- 21: 단말장치 22: 고주파 시스템
- 100: 펄스 생성부 200: 샘플링 수행부
- 300: 영상 획득부 400: 맵핑 수행부

도면

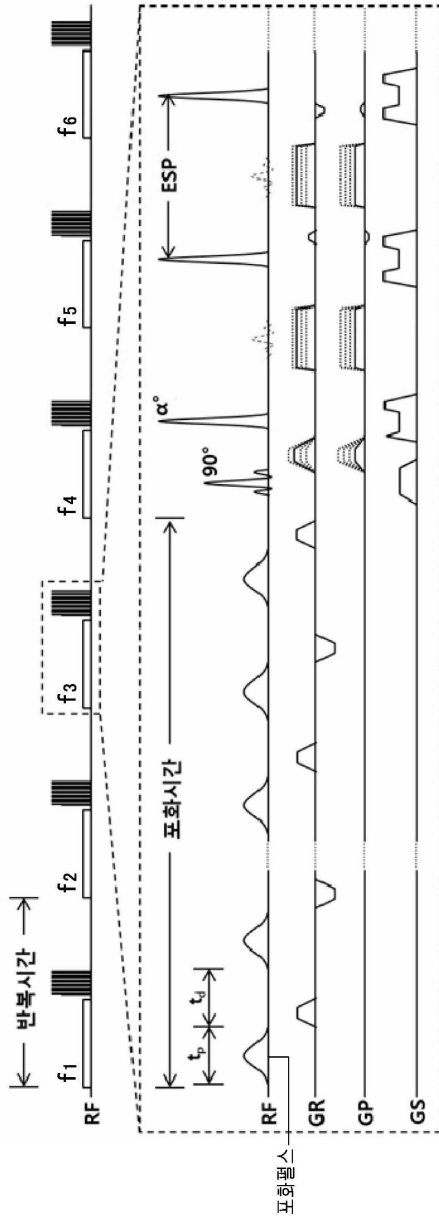
도면1



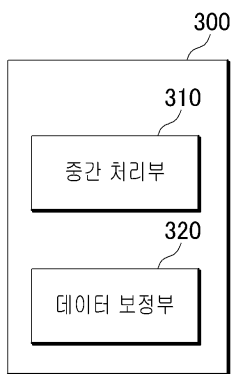
도면2



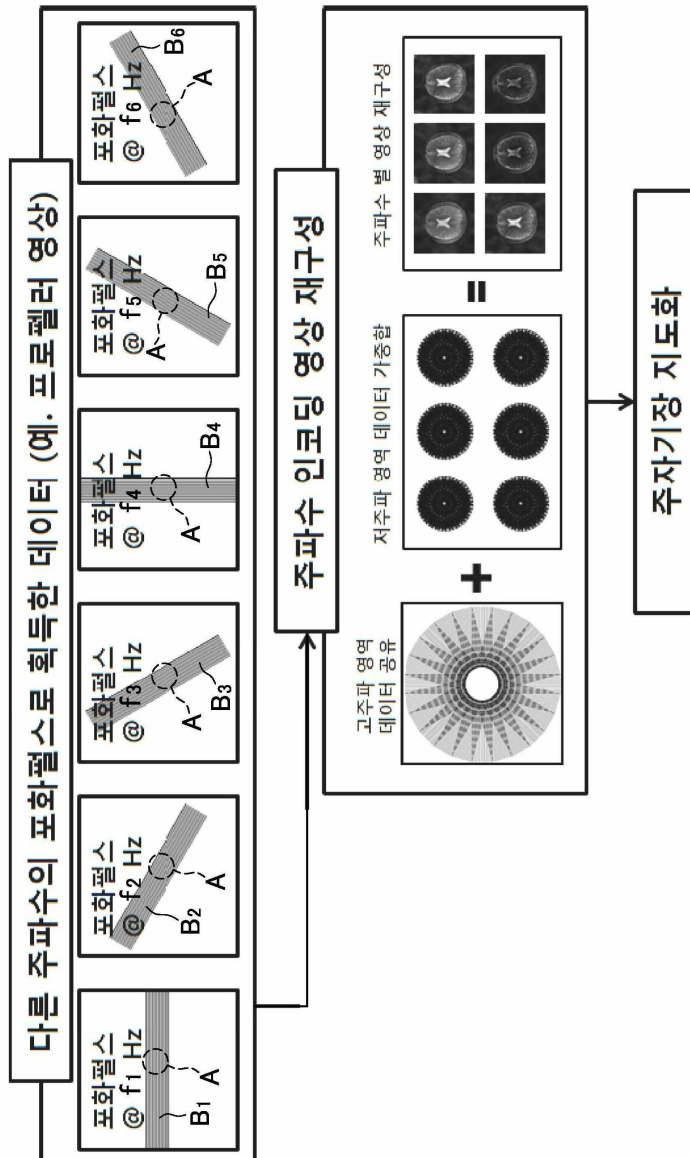
도면3



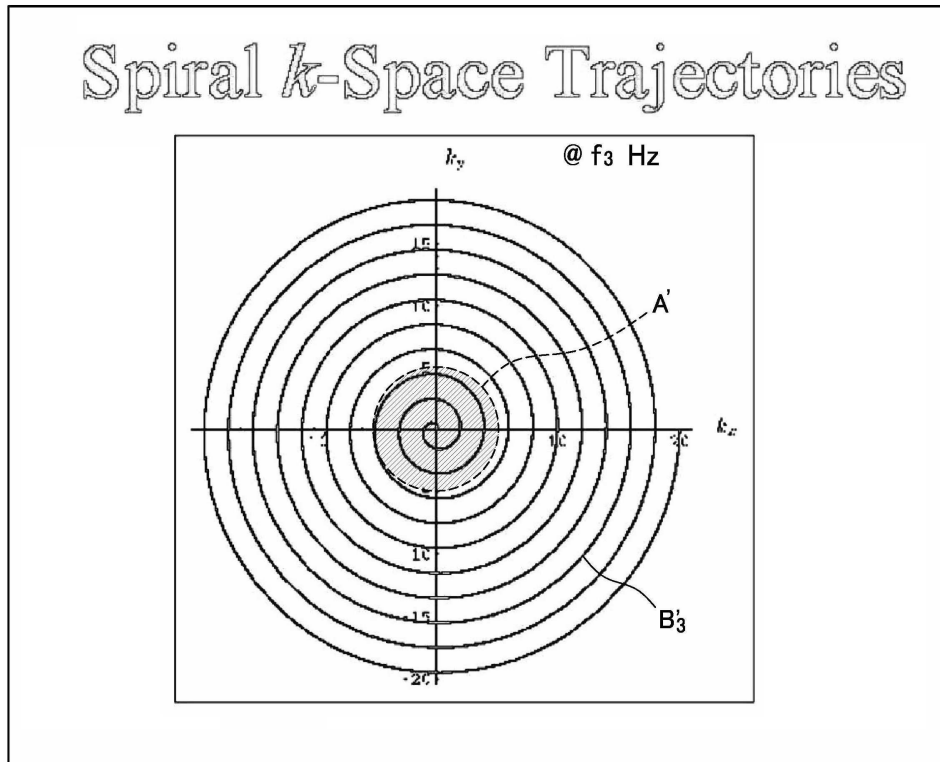
도면4



도면5



도면6



도면7

