



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0056056  
(43) 공개일자 2014년05월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>G06F 19/00</i> (2011.01)	(71) 출원인 지멘스 악티엔게젤샤프트
(21) 출원번호 10-2013-0129202	독일 뮌헨 80333 비텔스파허프라췌 2
(22) 출원일자 2013년10월29일	(72) 발명자 그로드츠키, 데이비드
심사청구일자 없음	독일 91054 에틀랑겐 외흐르스트라췌 7
(30) 우선권주장 102012219920.9 2012년10월31일 독일(DE)	(74) 대리인 백만기, 양영준, 정은진

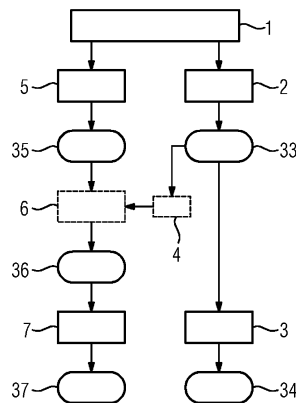
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 자기 공명 시스템의 이중 에코 노출로부터 미가공 데이터 집합을 생성하는 방법, 및 대응하게 설계된 자기 공명 시스템

**(57) 요약**

본 발명은 자기 공명 시스템(9)에 의해, 상기 자기 공명 시스템(9)의 측정 볼륨(M) 안에 위치한 이미징 영역의 이중 에코 노출(38, 39)로부터 2개의 미가공 데이터 집합(33, 36)을 생성하기 위한 방법, 컴퓨터 프로그램 제품 및 컴퓨터-판독가능 저장 매체(27), 및 자기 공명 시스템(9)에 관한 것이다. 2개의 에코 신호(38, 39)를 상이한 시간( $TE_1$ ,  $TE_2$ )에 미가공 데이터 집합(33, 35)의 형태로 획득하고 저장하는 범위 내에서, 이미징 영역에 대응하는 k-공간은 제1 미가공 데이터 집합에 대해서만 완전하게 스캔되고 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되거나 제2 미가공 데이터 집합에 대해서만 완전하게 스캔되고 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔된다. 이에 의해, 불완전한 미가공 데이터 집합의 완성(6)은 완전히 스캔된 미가공 데이터 집합을 기초로 한 모델(4)을 이용하여 이루어진다.

**대표도 - 도3**



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

자기 공명 시스템(9)에 의해, 상기 자기 공명 시스템(9)의 측정 볼륨(M) 안에 위치한 이미징 영역의 이중 에코 노출(double echo exposures)(38, 39)로부터 2개의 미가공 데이터 집합(33, 36)을 생성하기 위한 방법으로서,

- 상기 이미징 영역에 대응하는 k-공간을 스캔하는 단계로서, 다음의 단계들:

- a) 상기 자기 공명 시스템(9)의 RF 전송/수신 장치에 의해 RF 여기 펄스(8)를 방출하는 단계,
- b) 상기 방출된 여기 펄스(8) 이후 제1 시간( $TE_1$ ) 후에, 상기 RF 전송/수신 장치에 의해 제1 에코 신호(38)를 획득하고 상기 제1 에코 신호(38)를 제1 미가공 데이터 집합의 형태로 저장하는 단계,
- c) 상기 방출된 여기 펄스(8) 이후 제2 시간( $TE_2$ )(이는 제1 시간( $TE_1$ )과 같지 않음) 후에 상기 RF 전송/수신 장치에 의해 제2 에코 신호(39)를 획득하고 상기 제2 에코 신호(39)를 제2 미가공 데이터 집합의 형태로 저장하는 단계, 및
- d) 종결 기준(termination criterion)에 대응하는 최대 반복 횟수 이후에 상기 이미징 영역에 대응하는 k-공간이 상기 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전히 스캔되고 상기 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되거나 상기 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전하게 스캔되고 상기 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되도록, 상기 자기 공명 시스템(9)의 그라디언트 장 시스템(14)에 의한 공간 코딩을 위해 상이한 그라디언트들( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ )를 전환하는 동안 단계 a) 내지 c)를 반복하는 단계

를 포함하는 단계, 및

- 상기 자기 공명 시스템(9)의 평가 장치에 의해 불완전한 미가공 데이터 집합을 완성하는 단계(6) - 상기 완성 단계(6)는 완전한 미가공 데이터 집합을 기반으로 한 모델(4)의 이용을 포함함 -

를 포함하는 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 완전한 미가공 데이터 집합과 상기 완성된 미가공 데이터 집합으로부터 각 영상 데이터 집합(3, 7)이 재구성되는 방법.

### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 2개의 재구성된 영상 데이터 집합(3, 7)으로부터 차 영상(difference image)이 계산되는 방법.

### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 차 영상의 형성은 상기 이미징 영역에서 우세한 시상수(time constant)에 의존하는 가중화(weighting)를 포함하는 방법.

### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 이미징 영역에 대응하는 k-공간은 상기 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전히 스캔되고 상기 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 k-공간의 반만이 스캔되거나, 상기 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전히 스캔되고 상기 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 k-공간의 반만이 스캔되는 방법.

### 청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 시간( $TE_1$ )은 상기 RF 전송/수신 장치의 전송 모드와 수신 모드 간의 최소 전환 시간에 대응하는 방법.

**청구항 7**

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 에코 신호 데이터 집합의 획득 후에 상기 그래디언트들( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ )의 극은 플립(flip)되고, 이 이후에 상기 제2 에코 신호 데이터 집합이 획득되는 방법.

**청구항 8**

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반복 단계 d)에서 상기 이미징 영역에 대응하는 k-공간은 상기 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 k-공간의 사분원(quadrant) 내의 방사 궤적을 따라서 그리고 상기 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 k-공간의 전체를 통한 방사 궤적을 따라서 스캔되는 방법.

**청구항 9**

자기 공명 시스템(9)의 측정 볼륨(M) 안에 위치한 이미징 영역의 이중 에코 노출(38, 39)로부터 2개의 미가공 데이터 집합(33, 36)을 생성하기 위한 자기 공명 시스템(9)으로서,

상기 자기 공명 시스템(9)은 상기 측정 볼륨(M) 안에 자기장과 그래디언트 장을 생성하는 자석 유닛과 그래디언트 시스템(14)을 갖춘 단층촬영기; 상기 단층촬영기를 제어하는 제어 유닛; 상기 단층촬영기가 획득한 에코 신호(38, 39)를 수신하고 RF 여기 펄스(8)를 전송하는 전송/수신 장치; 및 상기 신호를 평가하고 2개의 미가공 데이터 집합(33, 36)을 생성하는 평가 장치를 포함하며,

상기 단층촬영기는 상기 이미징 영역에 대응하는 k-공간을 스캔하고 다음의 단계들:

- a) 상기 자기 공명 시스템(9)의 RF 전송/수신 장치에 의해 RF 여기 펄스(8)를 방출하는 단계,
- b) 상기 방출된 여기 펄스(8) 이후 제1 시간( $TE_1$ ) 후에, 상기 RF 전송/수신 장치에 의해 제1 에코 신호(38)를 획득하고 상기 제1 에코 신호(38)를 제1 미가공 데이터 집합의 형태로 저장하는 단계,
- c) 상기 방출된 여기 펄스(8) 이후 제2 시간( $TE_2$ )(이는 제1 시간( $TE_1$ )과 같지 않음) 후에 상기 RF 전송/수신 장치에 의해 제2 에코 신호(39)를 획득하고 상기 제2 에코 신호(39)를 제2 미가공 데이터 집합의 형태로 저장하는 단계, 및
- d) 종결 기준에 대응하는 최대 반복 횟수 이후에 상기 이미징 영역에 대응하는 k-공간이 상기 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전히 스캔되고 상기 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되거나 상기 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전하게 스캔되고 상기 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되도록, 상기 자기 공명 시스템(9)의 그래디언트 장 시스템(14)에 의한 공간 코딩을 위해 상이한 그래디언트들( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ )을 전환하는 동안 단계 a) 내지 c)를 반복하는 단계

를 구현하도록 설계되어 있으며,

상기 자기 공명 시스템(9)의 상기 평가 장치는 불완전한 미가공 데이터 집합의 완성(6)을 위해 설계되어 있고, 상기 완성(6)은 완전한 미가공 데이터 집합을 기반으로 한 모델(4)을 이용하여 이루어지는 자기 공명 시스템(9).

**청구항 10**

제9항에 있어서, 상기 자석 유닛과 상기 그래디언트 장 시스템(14)을 갖춘 상기 단층촬영기; 상기 제어 유닛; 상기 전송/수신 장치; 및 상기 평가 장치는 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 방법을 실행할 수 있게 설계되어 있는 자기 공명 시스템(9).

**청구항 11**

프로그램을 포함하며, 상기 프로그램이 자기 공명 시스템(9)의 프로그램가능한 제어 장치 내에서 실행될 때 제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 따른 방법의 모든 단계를 실행하기 위하여 프로그램 수단에 의해, 상기 자기 공명 시스템(9)의 상기 프로그램가능한 제어 장치의 메모리에 직접 로딩될 수 있는 컴퓨터 프로그램 제품.

**청구항 12**

전자적으로 판독가능한 제어 정보가 저장되어 있는 전자적으로 판독가능한 데이터 매체(27)로서,

상기 제어 정보는 자기 공명 시스템(9)의 제어 장치 내의 상기 데이터 매체(27)를 이용하는 경우 제1항 내지 제 8항 중 어느 한 항에 따른 방법을 구현하도록 설계되어 있는 전자적으로 판독가능한 데이터 매체(27).

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 자기 공명 시스템의 이중 에코 노출(double echo exposures)로부터 미가공 데이터 집합(raw data sets)을 생성하는 방법; 그러한 방법의 실행을 가능하게 하는 대응하는 컴퓨터 프로그램 제품; 및 이를 위한 자기 공명 시스템에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 매우 짧은 에코 시간 TE(예를 들어,  $TE < 500 \mu s$ )에 자기 공명 데이터(magnetic resonance tomography)(MR 데이터라 약칭함)를 획득함으로써 자기 공명 단층촬영에서 새로운 응용 분야가 제공된다. 그럼으로써, 종래의 시퀀스에서는 T2 시간(물질이나 조직의 횡 자화(transversal magnetization)의 이완(relaxation))이 에코 시간보다 현저히 짧아서 이들 물질이나 조직으로부터의 대응 신호가 획득 시점에서 이미 감쇄해 버리기 때문에 종래의 시퀀스 - 예를 들어, (T)SE((터보) 스핀 에코) 시퀀스 또는 GRE(그래디언트 에코) 시퀀스 - 에 의해서는 보여줄 수 없는 물질 또는 조직을 묘사하는 것이 가능하다. 예를 들어, 뼈, 이 또는 얼음의 T2 시간이 30 - 80  $\mu s$ 의 범위 내에 있다 하더라도, 대응하는 감쇄 시간의 범위 내에 속하는 에코 시간에, 뼈, 이 또는 얼음을 MR 영상으로 묘사할 수 있다.

[0003] 짧은 에코 시간을 가능하게 하는 한 접근법은 자유유도감쇄(FID:free induction decay)가 검출되는 지점에서 k-공간을 스캔하는 것이다. 그러한 방법은 또한 본질적으로 k-공간 내의 단지 하나의 미가공 데이터 지점이 RF 여기(excitation)마다 검출되기 때문에 싱글 포인트 이미징이라 표기된다. 싱글 포인트 이미징을 위한 그러한 방법의 일례는 RASP 방법("Rapid Signal Point(RASP) Imaging", O. Heid, M. Deimling, SMR, 3rd Annual Meeting, Page 684, 1995)이다. RASP 방법에 따르면, 위상이 그래디언트에 의해서 코딩된 k-공간 내의 미가공 데이터 지점은 에코 시간 TE에 대해서 RF 여기 후에 정해진 시점에서 판독된다. 그래디언트들은 각각의 미가공 데이터 지점마다 또는 각각 측정 지점마다 자기 공명 시스템에 의해서 수정되며, 그래서 k-공간은 지점마다 스캔된다.

[0004] 매우 짧은 T2 시간을 갖는 물질 또는 조직(예로, 뼈)만을 묘사하는 영상을 생성하기 위해서, 예를 들어, RASP 방법을 2회 구현하는 것이 일반적이며, 여기서 RASP 방법은 뼈(예로)가 아직 신호를 제공하는 제1 통과(pass)에서 이러한 짧은 에코 시간 TE로 동작하며, RASP 방법은 뼈가 더 이상 신호를 전달하지 않게 되는 제2 통과에서 상응하게 더 긴 에코 시간 TE로 동작한다. RASP 방법의 각 통과는 각각 영상을 전달하며, 이러한 식으로 생성된 2개의 영상은 서로 차감되어 매우 짧은 T2 시간을 갖는 조직 또는 물질만이 결과적인 차 영상(difference image)에 여전히 남게 된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 본 발명의 목적은 매우 짧은 에코 시간을 이용하는 이중 에코 측정의 측정 시간과, 자기 공명 시스템이 영상 데이터 집합을 획득하기 위한 전체 측정 시간을 최적화하는 것이다.

[0006] 이 목적은 청구항 1에 따른 방법을 통해서 성취된다. 이 목적은 청구항 9에 따른 자기 공명 시스템; 청구항 11에 따른 컴퓨터 프로그램 제품; 및 청구항 12에 따른 컴퓨터-판독가능 저장 매체를 통해서도 성취된다. 본 발명의 유리한 실시 예들은 각 관련 종속 청구항에 나타내었다.

[0007] 이하, 본 발명에 따른 목적을 성취하는 것에 대해서 청구된 발명에 관해서 설명하기로 한다. 마찬가지로 여기에 언급되는 특징부, 장점, 또는 대안적인 실시 예들은 또한 다른 청구된 주제에 전사되며 그 역도 같다. 다른 말로, 장치(예로)에 관련된 대상 청구항들은 방법에 연관되어 설명되거나 청구된 특징부들로 또한 개발될 수 있다. 따라서, 방법의 대응하는 기능 특징부들은 대응하는 대상 모듈, 특히는 하드웨어 모듈로 형성된다.

[0008] 본 발명은 매우 짧은 에코 시간을 이용하는 이중 에코 측정의 측정 시간을 현저하게 줄이기 위해서 완전히 스캔된 미가공 데이터 집합을 기반으로 샘플링되지 않은 미가공 데이터 집합의 완성을 위한 모델을 이용한다.

**과제의 해결 수단**

- [0009] 이에 의해, 자기 공명 시스템에 의해, 자기 공명 시스템의 측정 볼륨 안에 위치한 이미징 영역의 이중 에코 노출로부터 2개의 미가공 데이터 집합을 생성하는 방법이 제공되며, 이 방법은
- [0010] - 다음의 단계를 포함하는, 이미징 영역에 대응하는 k-공간을 스캔하는 단계:
- [0011] a) 자기 공명 시스템의 RF 전송/수신 장치에 의해 RF 여기 펄스를 방출하는 단계,
- [0012] b) 방출된 여기 펄스 이후 제1 시간 기간 후에, RF 전송/수신 장치에 의해 제1 에코 신호를 획득하고 제1 에코 신호를 제1 미가공 데이터 집합의 형태로 저장하는 단계,
- [0013] c) 방출된 여기 펄스 이후 제2 시간 기간(이는 제1 시간 기간과 같지 않음) 후에 RF 전송/수신 장치에 의해 제2 에코 신호를 획득하고 제2 에코 신호를 제2 미가공 데이터 집합의 형태로 저장하는 단계,
- [0014] d) 종결 기준(termination criterion)에 대응하는 최대 반복 횟수 이후에 이미징 영역에 대응하는 k-공간이 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전히 스캔되고 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되거나 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전하게 스캔되고 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되도록, 자기 공명 시스템의 그래디언트 장 시스템(gradient field system)에 의한 공간 코딩을 위해 상이한 그래디언트들을 전환하는(switching) 동안 단계 a) 내지 c)를 반복하는 단계, 및
- [0015] - 자기 공명 시스템의 평가 장치에 의해 불완전한 미가공 데이터 집합을 완성하는 단계 - 완성 단계는 완전한 미가공 데이터 집합을 기반으로 한 모델의 이용을 포함함 - 를 포함한다.
- [0016] 위에 언급한 종결 기준에 따라서 본 발명에 따른 단계 a) 내지 c)의 반복을 통하면, 2개의 미가공 데이터 집합 중 단지 한 집합을 완전하게 스캔하는 것이 가능하다. 이는 불완전하게 스캔된 미가공 데이터 집합의 완성을 위한 기초로 작용한다.
- [0017] 매우 짧은 에코 시간을 이용한 이중 에코 측정의 측정 시간은 그러한 방법들(또한 압축 감지로도 표기됨)이 영상 데이터 집합을 제공하기 위한 프로세스에 통합된다는 점에서 현저히 줄어들 수 있다.
- [0018] 양호한 실시 예에서, 각 영상 데이터 집합은 완전한 미가공 데이터 집합 및 완성된 미가공 데이터 집합으로부터 재구성된다. 각 미가공 데이터 집합으로부터 영상이 재구성될 수 있을 때까지의 시간도 전체 이중 에코 측정의 측정 시간을 줄임으로써 줄어든다.
- [0019] 유리한 실시 예에서, 차 영상은 2개의 재구성된 영상 데이터 집합으로부터 계산된다. 거의 모든 물질 및 조직(뼈, 이 및 얼음을 포함해서)으로부터의 신호는 제1 스캐닝 프로세스에서 획득되는 결과 내에 포함되어 있기 때문에, 대응하는 긴 T2 시간을 갖는 물질 및 조직의 신호만이 제2 스캐닝 프로세스에서 획득되는 결과에 포함된다. 그러므로, 차 영상은 물질과 조직이 제2 영상에는 더 이상 포함되지 않는 그러한 짧은 T2 시간을 갖는 물질과 조직만을 포함한다. 따라서, 예를 들어, 차 영상에 뼈만 여전히 보이게 하는 것이 가능하다. 예를 들어, 이를 위해서는, 뼈의 신호가 에코 시간(400  $\mu$ s) 후에 이미 감쇄되었기 때문에 제2 스캔은 RF 여기 펄스(따라서, 400  $\mu$ s의 에코 시간을 가짐) 이후 400  $\mu$ s보다 약간 더 길게 이루어지는 것으로 충분하다.
- [0020] 본 발명에 따른 실시 예는 차 영상의 계산에 있어 가중화(weighting)를 포함하며, 이 가중화는 이미징 영역에서 우세한 시상수(time constant)에 의존한다.
- [0021] 한 예시적인 실시 예에서, 이미징 영역에 대응하는 k-공간은 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전히 스캔되고 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 k-공간의 반만이 스캔되거나, 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전히 스캔되고 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 k-공간의 반만이 스캔된다. 이러한 식으로, 반복 횟수(따라서, 측정 시간)는 최대 50%까지 줄어들 수 있다.
- [0022] 유리한 예시적인 실시 예에서, 마지막 방출된 여기 펄스 이후 에코 신호의 획득이 시작될 때까지 연장하는 시간 TE1은 RF 전송/수신 장치의 전송 모드와 수신 모드 간의 최소 전환 시간과 동일하다. 본 방법에서, 에코 시간 TE1은 따라서 하드웨어 상수(constant)에 의해서만 하향식으로 한정된다.
- [0023] 적합한 응용의 경우에, 제1 에코 신호 데이터 집합의 획득 후에 그래디언트들( $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ )의 극은 플립(flip)되고, 이후에 제2 에코 신호 데이터 집합이 획득된다.
- [0024] 특히 적합한 응용의 경우에, 이미징 영역에 대응하는 k-공간은 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 k-공간의 사

분원(quadrant) 내의 방사 궤적을 따라서 그리고 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 k-공간의 전체를 통한 방사 궤적을 따라서 스캔된다.

- [0025] 본 발명의 범위 내에서, 이중 에코 노출로부터 2개의 미가공 데이터 집합을 생성하기 위한 자기 공명 시스템이 또한 제공된다. 이에 의해, 이 자기 공명 시스템은 측정 볼륨 안에 자기장과 그래디언트 장을 생성하는 자석 유닛과 그래디언트 시스템을 갖춘 단층촬영기; 단층촬영기를 제어하는 제어 유닛; 단층촬영기가 획득한 에코 신호를 수신하고 RF 여기 펄스를 전송하는 전송/수신 장치; 및 신호를 평가하고 2개의 미가공 데이터 집합을 생성하는 평가 장치를 포함한다.
- [0026] 단층촬영기는 이미징 영역에 대응하는 k-공간을 스캔하고 다음의 단계들을 구현하도록 설계되어 있다:
- [0027] a) 자기 공명 시스템의 RF 전송/수신 장치에 의해 RF 여기 펄스를 방출하는 단계,
- [0028] b) 방출된 여기 펄스 이후 제1 시간 후에, RF 전송/수신 장치에 의해 제1 에코 신호를 획득하고 제1 에코 신호를 제1 미가공 데이터 집합의 형태로 저장하는 단계,
- [0029] c) 방출된 여기 펄스 이후 제2 시간(이는 제1 시간과 같지 않음) 후에 RF 전송/수신 장치에 의해 제2 에코 신호를 획득하고 제2 에코 신호를 제2 미가공 데이터 집합의 형태로 저장하는 단계,
- [0030] d) 종결 기준에 대응하는 최대 반복 횟수 이후에 이미징 영역에 대응하는 k-공간이 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전히 스캔되고 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되거나 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전하게 스캔되고 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되도록, 자기 공명 시스템의 그래디언트 장 시스템에 의한 공간 코딩을 위해 상이한 그래디언트들을 전환하는 동안 단계 a) 내지 c)를 반복하는 단계.
- [0031] 평가 장치는 불완전한 미가공 데이터 집합의 완성을 위해 설계되어 있고, 이 완성은 완전한 미가공 데이터 집합을 기반으로 한 모델을 이용하여 이루어진다.
- [0032] 더욱이, 본 발명은 자기 공명 시스템의 프로그램가능한 제어기의 메모리 또는 컴퓨터에 각각 로딩될 수 있는 컴퓨터 프로그램 제품 - 특히는 컴퓨터 프로그램 또는 소프트웨어 - 을 기술하고 있다. 앞서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 방법의 모든 또는 다양한 실시 예는 자기 공명 시스템의 제어기 또는 제어 장치 내에서 운영될 때 이러한 컴퓨터 프로그램 제품으로 실행될 수 있다. 그러므로, 컴퓨터 프로그램 제품은 본 방법의 대응 실시 예들을 실현하기 위해서 가능한 프로그램 수단(예를 들어, 라이브러리 및 보조 기능)을 필요로 한다. 다른 말로, 특히 위에서 설명한 본 발명에 따른 방법의 실시 예들 중 한 실시 예가 실행될 수 있게 해주거나, 각각, 이 실시예를 실행하는 컴퓨터 프로그램 또는 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램 제품에 대한 청구항에 의해 보호되어야 한다. 이에 의해, 이 소프트웨어는 여전히 컴파일 및 링크되어야 하거나 단지 해석(interpret)되어야 하는 소스 코드일 수 있고, 또는 여전히 실행을 위해 해당 컴퓨터에 로딩되어야 하는 실행가능 소프트웨어 코드일 수 있다.
- [0033] 본 발명은 또한 전자적으로 판독가능한 제어 정보, 특히 소프트웨어가 저장되어 있는 컴퓨터-판독가능 저장 매체(예로, DVD, 자기 테이프 또는 USB 스틱)에 관한 것이다. 이러한 제어 정보가 데이터 매체로부터 판독되어 자기 공명 시스템의 각 제어기 또는 컴퓨터에 저장되면, 앞서 설명한 본 발명에 따른 방법의 모든 실시 예가 실행될 수 있다.
- [0034] 본 발명에 따른 자기 공명 시스템, 본 발명에 따른 컴퓨터 프로그램 제품 및 본 발명에 따른 컴퓨터-판독가능 저장 매체의 장점은 이전에 상세히 설명한 발명에 따른 방법의 장점에 기본적으로 대응하므로, 반복설명은 하지 않는다.
- [0035] 다음에는, 본 발명이 도면에 제시된 예시적인 실시 예를 이용하여 상세히 기술되고 설명된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0036] 도 1은 본 발명에 따른 자기 공명 시스템의 개략도이다.
- 도 2는 PETRA 시퀀스를 이용한 이중 에코 노출의 획득에 대한 개략도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 방법의 흐름도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0037] 도 1은 (자기 공명 이미징 또는 핵 자기 공명 단층 촬영 시스템 각각의) 자기 공명 시스템(9)의 개략도이다. 이에 의해, 기본 계자석(basic field magnet)(10)은 분극을 위해 일시적으로 일정하고 강한 자기장을 생성하고, 테이블(12)에 누워있는 대상물(11)(예로 검사 대상이 되는 인체의 일부)의 검사 영역 내의 핵 스핀들의 정렬(alignment)이 자기 공명 시스템(9)내로 들어간다. 핵 자기 공명 측정을 위해 요구되는 기본 자기장의 높은 균질성은 검사 대상인 인체의 부분들이 안쪽에 놓여 있는 통상적으로(그러나, 필수는 아닌) 구형인 측정 볼륨 M 내에 한정된다. 균질성 필요조건을 지원하기 위해서, 특히 일시적인 불변 영향을 제거하기 위해서, 강자성 재료로 이루어진 보강판(shim plates)으로 알려져 있는 것이 적정 위치에 장착된다. 일시적 불변 영향들은, 이들이 필요치 않다면, 보강 코일(shim coil)(13)에 의해 제거된다.
- [0038] 기본 계자석(10) 내에는, 원통형 그라디언트 코일 시스템(14)이 이용되고 이는 3개의 서브-권선(sub-winding)을 포함하고 있다. 각 서브-권선에는 증폭기에 의해서 전류가 공급되어, 카테시안 좌표 시스템(Cartesian coordinate system)의 각 방향으로 선형(또한 일시적 가변) 그라디언트 장이 생성된다. 이에 의해, 그라디언트 장 시스템(14)의 제1 서브-권선은 x-방향으로 그라디언트  $G_x$ 를 생성하고; 제2 서브-권선은 y-방향으로 그라디언트  $G_y$ 를 생성하고; 제3 서브-권선은 z-방향으로 그라디언트  $G_z$ 를 생성한다. 증폭기는 그라디언트 펄스들의 시간-정확한 생성을 위하여 시퀀스 제어기(15)에 의해 제어되는 디지털/아날로그 변환기 DAC를 포함한다.
- [0039] 그라디언트 장 시스템(14) 내에는 무선-주파수 전력 증폭기에 의해 방출된 무선-주파수 펄스를 검사 대상(11) 또는 검사 대상(11)의 영역의 핵의 여기 및 핵스핀의 정렬을 위한 교변 자기장으로 변환하는 적어도 하나의 무선-주파수 안테나(16)가 위치해 있다. 각각의 무선-주파수 안테나(16)는 1 이상의 RF 전송 코일 및 다수의 RF 수신 코일을 포함하거나 컴포넌트 코일들의 환형(유리하게는 선형 또는 매트릭스형) 배열 형태로 RF 수신 안테나를 포함한다. 처리 핵 스핀 - 즉, 일반적으로 1 이상의 무선-주파수 펄스와 1 이상의 그라디언트 펄스로 이루어진 펄스 시퀀스에 의해 생긴 스핀 에코 신호 - 에서 나오는 교변 장은 또한 각 무선-주파수 안테나(16)의 RF 수신 코일에 의해서 전압(측정 신호)으로 변환되며, 이 전압은 증폭기(17)를 통해서 무선-주파수 시스템(19)의 무선-주파수 수신 채널(18)에 제공된다. 무선-주파수 시스템(19)은 또한 전송 채널(20)을 포함하며, 이 전송 채널(20) 내에서 핵 자기 공명의 여기를 위한 무선-주파수 펄스가 생성된다. 이에 의해, 각 무선-주파수 펄스는 장치 컴퓨터(21)가 미리 정한 펄스 시퀀스를 기반으로 한 일련의 복소수로서 시퀀스 제어기(15)에서 디지털식으로 표현된다. 이러한 숫자 시퀀스는 실수부 및 허수부로서 각 유닛(22)을 통해서 무선-주파수 시스템(19) 내의 디지털/아날로그 변환기 DAC에 제공되고 나서 상기 디지털/아날로그 변환기 DAC로부터 전송 채널(20)에 제공된다. 전송 채널(20)에서, 펄스 시퀀스들은 무선-주파수 반송파 신호로 변조되며, 이 신호의 기본 주파수는 측정 볼륨 내의 핵 스핀들의 자원 주파수에 대응한다.
- [0040] 전송 동작에서 수신 동작으로의 전환은 전송/수신 다이플렉서(23)를 통해서 이루어진다. 무선-주파수 안테나(16)의 RF 전송 코일은 핵 스핀의 여기를 위한 무선-주파수 펄스를 측정 볼륨 M 내로 방출하고 RF 수신 코일을 통한 결과적인 에코 신호를 스캔한다. 해당하는 획득된 핵 자기 공명 신호는 수신 채널(24)(무선-주파수 시스템(19)의 제1 복조기)에서 중간 주파수로 위상-감지식으로 복조되고 아날로그/디지털 변환기 ADC에서 디지털화된다. 이 신호는 0의 주파수로 더 복조된다. 0의 주파수로의 복조와 실수부 및 허수부의 분리는 디지털 도메인으로 디지털화된 후에 제2 복조기(18)에서 이루어지며, 제2 복조기(18)는 출력(32)에 연결되어 있다.
- [0041] MR 영상은 영상 컴퓨터(25)에 의해 그러한 식으로 획득된 측정 데이터로부터 재구성된다. 측정 데이터, 영상 데이터 및 제어 프로그램의 관리는 장치 컴퓨터(21)를 통해서 이루어진다. 제어 프로그램이 있는 사양(specification)을 기반으로, 시퀀스 제어기(15)는 각 필요한 펄스 시퀀스의 생성과 k-공간의 대응하는 스캐닝을 모니터한다. 특히, 이에 의해, 시퀀스 제어기(15)는 그라디언트의 시간-정확한 전환, 정해진 위상 진폭을 갖는 무선-주파수 펄스의 방출, 및 핵 자기 공명 신호의 수신을 제어한다. 무선-주파수 시스템(19) 및 시퀀스 제어기(15)에 대한 시간 베이스는 합성기(synthesizer)(26)에 의해 제공된다. 생성된 MR 영상의 프리젠테이션은 물론이고 MR 영상을 생성하기 위한 대응하는 제어 프로그램(이 제어 프로그램은 예로 DVD(27)에 저장됨)의 선택은 키보드(29), 마우스(30) 및 모니터(31)를 포함하고 있는 단말기(28)를 통해서 이루어진다.
- [0042] 도 2는 PETRA 시퀀스를 이용한 이중 에코 노출의 획득을 위한 개략도이다. 시간 TE1 이후에 제1 에코 신호(38)의 획득 후, 그라디언트들의 극성은 역전되고, 제2 에코 신호(39)는 시간 TE2 후에 획득된다. 에코 신호들(38, 39)은 미가공 데이터 집합의 형태로 저장된다.
- [0043] 제1 미가공 데이터 집합의 획득을 위해서는 k-공간의 중심의 반-투영(half-projection)이 외측에 획득되지만, 제2 미가공 데이터 집합의 획득시는 k-공간이 완전히 스캔된다. 그러므로 최소 반복 시간은 단지 하나의 미가

공 데이터 집합의 획득에 비해서 2-3 배 증가한다.

- [0044] 반복의 횟수는 제1 미가공 데이터 집합의 k-공간을 완전하게 스캔하기 위해서 요구되는 반-투영의 수에 대응한다. 따라서, 제2 미가공 데이터 집합의 k-공간은 실제로 요구되는 만큼 조밀하게 2회 스캔된다.
- [0045] 예를 들어, 반복의 횟수가 이제 50% 감소한다면, 이 경우에 제2 미가공 데이터 집합(33)의 k-공간은 완전히 스캔되지만 제1 미가공 데이터 집합(35)의 k-공간은 필요에 따라 밀도의 단지 반만 스캔되며, 이는 일정한 반복 횟수 이후의 종결 기준(termination criterion)에 대응한다. 이때 이러한 본 발명에 따른 절차는 완전히 스캔된 미가공 데이터 집합(33)을 기준으로 샘플링되지 않은(undersampled) 미가공 데이터 집합(35)을 완성하기 위한 모델을 필요로 한다. 이는, 예를 들어, 압축 감지 알고리즘(compressed sensing algorithms)을 통해 성취된다.
- [0046] 도 2에 도시된 예시적인 실시 예에서, 그래디언트  $G_x$ ,  $G_y$ ,  $G_z$ 는 RF 여기 펄스(8)가 방출되기 전에 전환된다. 이는 기술된 PETRA 시퀀스의 특징이며 본 발명에 따른 방법의 필요조건은 아니다.
- [0047] 도 3은 본 발명에 따른 방법의 흐름도이다. 방법 단계(1)에서, 스캔 프로세스가 시작되고 방법 단계(5 및 2) 동안 k-공간은 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되고 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전하게 스캔된다. 이는 결과적으로 불완전한 제1 미가공 데이터 집합(35)과 완전한 제2 미가공 데이터 집합(33)으로 나타난다.
- [0048] 방법 단계(4)에서, 완전한 제2 미가공 데이터 집합(33)은 샘플링되지 않은 제1 미가공 데이터 집합(35)을 완성하기 위한 모델로서 이용된다. 방법 단계(6)에서, 이 모델은 샘플링되지 않은 제1 미가공 데이터 집합(35)을 완성하기 위해 미가공 데이터 집합에 적용된다. 그 결과 완성된 제1 미가공 데이터 집합(36)이 나타난다. 그러므로, 방법 단계(7)에서, 제1 영상 데이터 집합(37)은 완성된 제1 미가공 데이터 집합(36)으로부터 재구성될 수 있다.
- [0049] 완전히 스캔된 제2 미가공 데이터 집합(33)으로부터 제2 영상 데이터 집합(34)을 재구성하는 것은 방법 단계(3)에서 이루어진다.
- [0050] 대안적으로, 방법 단계들(2 및 5)의 교환(swapping)도 가능하며, 이는 k-공간이 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되고 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 완전하게 스캔되는 것을 의미한다. 후속하여, 영상 재구성은 위에 기술한 절차와 유사하게 이루어진다.
- [0051] 요약하면, 본 발명은 자기 공명 시스템은 물론이고, 상기 자기 공명 시스템에 의해 자기 공명 시스템의 측정 볼륨 안에 위치한 이미징 영역의 이중 에코 노출로부터 2개의 미가공 데이터 집합을 생성하기 위한 방법; 컴퓨터 프로그램 제품; 및 컴퓨터-판독가능 저장 매체에 관한 것이다. 2개의 에코 신호를 상이한 시간에 미가공 데이터 집합의 형태로 획득하고 저장하는 범위 내에서, 이미징 영역에 대응하는 k-공간은 제1 미가공 데이터 집합에 대해서만 완전하게 스캔되고 제2 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔되거나 제2 미가공 데이터 집합에 대해서만 완전하게 스캔되고 제1 미가공 데이터 집합에 대해서는 불완전하게 스캔된다. 이에 의해, 불완전한 미가공 데이터 집합의 완성은 완전히 스캔된 미가공 데이터 집합을 기초로 한 모델을 이용하여 이루어진다.



도면3

