

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2013년 7월 25일 (25.07.2013)



(10) 국제공개번호
WO 2013/109095 A1

- (51) 국제특허분류: *A61B 5/055* (2006.01) *G06F 19/00* (2011.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2013/000420
- (22) 국제출원일: 2013년 1월 18일 (18.01.2013)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2012-0006051 2012년 1월 19일 (19.01.2012) KR
- (71) 출원인: 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 136-075 서울시 성북구 안암동 5가 1, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 박제석 (PARK, Jaseok); 136-728 서울시 성북구 화랑로 214, 106동 501호 (석관동, 석관래미안아파트), Seoul (KR). 최상천 (CHOI, Sangcheon); 136-760 서울시 성북구 삼선교로 23길 23, 105동 1403호 (삼선동 4가, 코오롱아파트), Seoul (KR).

(74) 대리인: 특허법인 엠에이피에스 (MAPS INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 137-810 서울시 서초구 사평대로 343, 4층(반포동, 제일약품빌딩), Seoul (KR).

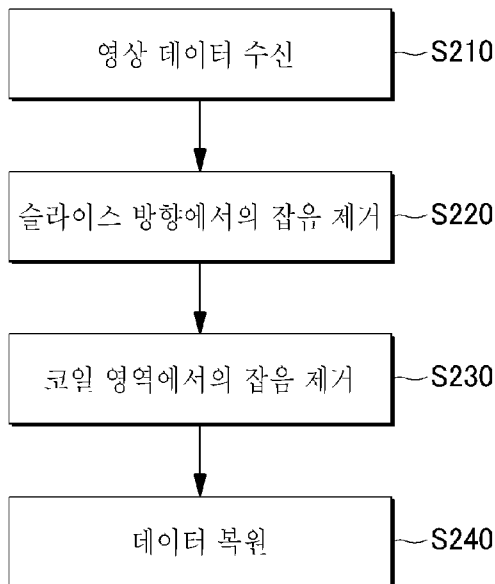
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: MAGNETIC RESONANCE IMAGE PROCESSING METHOD

(54) 발명의 명칭: 자기 공명 영상 처리 방법



S210 ... Receive image data
S220 ... Remove noise in the slice direction
S230 ... Remove noise in the coil region
S240 ... Data reconstruction

(57) Abstract: The magnetic resonance image processing method according to the present invention comprises the steps of: receiving image data generated following the application of a turbo spin echo sequence; removing noise in the slice direction and noise in the coil region from the image data; and reconstructing a distortion profile on the basis of the image data from which the noise has been removed. In the noise removing step, the noise in the slice direction is removed via the steps of: converting the image data into square matrix format; removing 0 value in 0 value and the signal value comprised in the square matrix, and generating a substitution matrix in which the remaining signal value is allocated to the central or a side region of the square matrix; and removing noise by using low-coefficient approximation via eigenvalue decomposition with respect to the substitution matrix.

(57) 요약서: 본 발명에 따른 자기 공명 영상 처리 방법은, 터보 스핀 에코 시퀀스의 인가에 따라 생성된 영상 데이터를 수신하는 단계; 상기 영상 데이터에 대하여 슬라이스 방향에서의 잡음과 코일 영역에서의 잡음을 제거하는 단계; 및 상기 잡음이 제거된 영상 데이터를 기초로 왜곡 프로파일을 복원하는 단계를 포함하되, 상기 잡음을 제거하는 단계는, 상기 영상 데이터를 정방 행렬 형태로 변환하는 단계; 상기 정방 행렬에 포함된 신호값과 0 값 중 0 값을 제거하고, 나머지 신호값을 상기 정방 행렬의 중앙 또는 일측 영역으로 배치시킨 치환 행렬을 생성하는 단계 및 상기 치환 행렬에 대하여 고유값 분해를 통해 저계수 근사법을 적용하여 잡음을 제거하는 단계를 통해 상기 슬라이스 방향에서의 잡음을 제거한다.

WO 2013/109095 A1



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, **공개:**

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,

ML, MR, NE, SN, TD, TG). — 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 자기 공명 영상 처리 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 자기 공명 영상 처리 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 자기 공명 영상 처리 장치(MRI)는 전자파 에너지의 공급에 따른 공명현상을 이용하여 환자의 특정부위에 대한 단층 이미지를 획득하는 장치이다. 이러한 자기 공명 영상 처리 장치는 X선 촬영장치나 컴퓨터 단층촬영장치(CT, computed tomography)등에서 발생하는 방사선 피폭 문제가 없고, 단층 이미지를 비교적 용이하게 얻을 수 있어 널리 사용되고 있다. 다만, 자기장을 이용하기 때문에, 환자의 몸에 부착된 금속물질(예를 들면, 임플란트용 금속, 골절 치료등을 위한 철심)에 의하여 아티팩트(artifact)가 발생하는 문제가 있다.
- [3] 이러한 아티팩트를 제거하기 위한 방법으로, 최근 SEMAC(slice Encoding for Metal Artifact Correction)이라는 영상처리방법이 소개된바 있다.
- [4] 도 1은 통상적인 SEMAC 영상 처리 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [5] SEMAC 영상 처리 방법은 시야각 틸팅(VAT:view angle tilting) 스핀 에코 시퀀스에 기초한 것으로, 여기된 각각의 슬라이스에 대하여 Z-위상 인코딩(Z-phase encoding) 단계를 적용하여 메탈 아티팩트를 보정한다. 이때, Z-위상 인코딩 단계는 왜곡된 프로파일을 분해한다. 즉, 금속으로 인하여 왜곡된 프로파일을 슬라이스 방향으로 확장함에 따라 추가된 3차원 데이터를 획득한 후, 각각의 슬라이스에 대해 동일한 방법을 적용하고, 그 영상들을 조합함으로써 금속으로 인한 아티팩트를 보정한다. 예를 들면, 도 1에 도시된 바와 같은 시퀀스를 통해, 메탈 아티팩트를 보정하는 것을 주요 구성으로 한다. 일반적으로, 메탈에 의하여 야기되는 왜곡은 인플레인(inplane) 왜곡과 관통(through) 왜곡으로 분류될 수 있으며, 인플레인 왜곡은 VAT 스핀 에코 시퀀스에 의하여 억제될 수 있다. 그러나, 관통 왜곡은 복수의 데이터를 결합한 상태에서의 보정을 수행해야 하는데, SEMAC 시퀀스를 이용하여 복원한 영상은 신호대잡음비(SNR)가 좋지 않다는 문제점이 있다.
- [6] 한편, 본 발명의 기술과 관련성이 있는 것으로, 일본공개특허 제2009-519086호(참조 센서의 모듈러 어레이를 사용한 금속 아티팩트 보상을 위한 전자적 추적 방법 및 장치)는 참조 센서의 모듈러-어레이를 사용한 금속 아티팩트 보상을 위한 전자적 추적의 방법 및 장치를 개시한다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 일부 실시예는 금속 아티팩트 보상 성능을 개선한 자기 공명 영상 처리 방법을

제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결 수단

- [8] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명에 따른 자기 공명 영상 처리 방법은, 터보 스핀 에코 시퀀스의 인가에 따라 생성된 영상 데이터를 수신하는 단계; 상기 영상 데이터에 대하여 슬라이스 방향에서의 잡음과 코일 영역에서의 잡음을 제거하는 단계; 및 상기 잡음이 제거된 영상 데이터를 기초로 왜곡 프로파일을 복원하는 단계를 포함하되, 상기 잡음을 제거하는 단계는, 상기 영상 데이터를 정방 행렬 형태로 변환하는 단계; 상기 정방 행렬에 포함된 신호값과 0 값 중 0 값을 제거하고, 나머지 신호값을 상기 정방 행렬의 중앙 또는 일측 영역으로 배치시켜 치환 행렬을 생성하는 단계 및 상기 치환 행렬에 대하여 고유값 분해를 통해 저계수 근사법을 적용하여 잡음을 제거하는 단계를 통해 상기 슬라이스 방향에서의 잡음을 제거한다.

발명의 효과

- [9] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 슬라이스 방향에서의 잡음과 코일 영역에서의 잡음을 효과적으로 모델링하여, 각 슬라이스 방향에서의 고유값 분해를 통해 최적 수준의 고유값을 구함으로써 영상 복원시 나타나는 잡음의 효과를 최대한 감소시킬 수 있다. 또한, 코일 영역에서는 코일 정보맵과 잡음 상관 매트릭스를 사용하여 각 코일의 잡음을 제거할 수 있다. 이러한 모델링을 통해 기존의 SEMAC 시퀀스를 사용한 처리 방법에 비하여 향상된 신호대잡음비를 가진 영상을 복원할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [10] 도 1은 통상적인 SEMAC 영상 처리 방법을 설명하기 위한 도면이다.
 [11] 도 2는 본원 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법을 도시한 순서도이다.
 [12] 도 3은 본원 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법에 사용되는 TSEMAC 시퀀스를 설명하기 위한 도면이다.
 [13] 도 4는 본원 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법을 설명하기 위한 도면이다.
 [14] 도 5는 본원 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법 중 저계수 근사법을 설명하기 위한 도면이다.
 [15] 도 6은 본원 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법 중 저계수 근사법을 설명하기 위한 도면이다.
 [16] 도 7은 본원 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법을 도시한 순서도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [17] 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.

- [18] 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.
- [19] 도 2는 본원 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법을 도시한 순서도이다.
- [20] 먼저, 터보스핀에코(Turbo Spin Echo)시퀀스와 SEMAC 시퀀스를 조합한 시퀀스를 이용하여 자기 공명 영상 처리장치로부터 영상 데이터를 수신한다(S210).
- [21] 터보스핀에코 시퀀스는 RF 여기 펄스의 인가 이후에 재초점 펄스를 연속적으로 복수회 인가하는 시퀀스를 의미한다. 도면을 참조하여 상세히 살펴보기로 한다.
- [22] 도 3은 본원 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법에 사용되는 TSEMAC 시퀀스를 설명하기 위한 도면이다.
- [23] TSEMAC 시퀀스는 시간 효율성을 향상시키기 위한 것으로, 종래 SEMAC 시퀀스를 이용한 영상처리 방법의 문제점을 해소하기 위한 것이다. 즉, SEMAC 시퀀스는 추가적인 Z-위상 인코딩 단계를 수행하기 때문에 스캔 타임이 증가하는 문제가 있으며, 시간 효율성을 향상시킬 필요가 있었다.
- [24] RF 여기 펄스(310)의 인가 이후에 재초점(refocus) 펄스(312, 314)를 연속적으로 복수회 인가하여, 복수의 스핀 에코 구간을 형성시킨다. 각 스핀 에코 구간은 공간적으로 인코딩되므로, 여기 펄스 인가 후에 복수의 K 공간 라인들이 샘플링될 수 있다. 이에 따라, 전체 영상 처리에 소요되는 시간이 감소될 수 있다.
- [25] 한편, 스핀 에코 구간 동안 Z-위상 인코딩(Z-phase encoding) 단계를 수행하는데, 이를 통해 왜곡된 프로파일을 분해하게 된다. 독출 구간(read out) 및 z-위상 인코딩 단계에서 측정된 K 공간 신호 $S_n(k_x, k_s, k_{zn})$ 는 하기 수학식에 따라 정의된다.
- [26] [수학식 1]
- [27]
$$S_n(k_x, k_s, k_{zn}) = \int_z \int_x dx dz \rho_e(x, z) C(x, z) \exp[-i(k_x x + k_s z + 2\pi \Delta f(x, z) t_x)] \times \exp(-ik_{zn} z).$$
- [28] 이때, $k_x = \gamma G_x t_x$, $k_s = \gamma G_s t_s$, $k_{zn} = n\gamma G_{z,n} T_z z$ 와 같은 관계식을

찾게 되며, γ 는 자기 회전비를 나타내고, G_x 는 독출 구간의 크기, G_s 는 VAT 보상 그래디언트의 크기, t_x 는 독출구간에서 소모된 시간, t_s 는 VAT 보상 구간에서 소모된 시간을 나타낸다.

[29] 다시, 도 2를 살펴보면, 수신한 영상 데이터에 대하여 슬라이스 방향(slice direction)에서의 잡음을 제거하는 동작을 수행한다(S220). 이때, 시간 공간 데이터의 특성을 잘 반영하기 위하여 매트릭스 구조를 변환한 후, 고유값 분해를 통해 저계수 근사법(Low Rank Approximation)을 사용한다.

[30] 도면을 참조하여 더욱 상세히 살펴보기로 한다.

[31] 도 4는 본원 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 5는 본원 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법 중 저계수 근사법을 설명하기 위한 도면이고, 도 6은 본원 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법 중 저계수 근사법을 설명하기 위한 도면이다.

[32] 먼저, 도 4의 좌측에 도시된 바와 같이, 관심 영역(ROI)에서 영상의 왜곡이 발생하였다고 가정한다. 영상의 왜곡으로 인하여 데이터의 형상이 불규칙하므로, 분해 데이터(resolved data)의 윈도우 사이즈는 복수의 슬라이스를 포함하도록 설정된다. 이후에, 각 분해 데이터를 중첩하여 영상 신호를 복원하게 되는데, 각 분해 데이터는 영상 신호 외에도 노이즈 신호를 포함하고 있다. 이러한 분해 데이터가 중첩됨에 따라 노이즈 신호 또한 중복적으로 포함되는 문제가 발생할 수 있다. 이에 따라, 각 분해 데이터에 대하여 노이즈 신호를 사전에 처리하는 동작을 수행하도록 한다.

[33] 이를 위하여 도 5에 도시된 바와 같이, 저계수 근사법을 이용하여 노이즈를 제거한다.

[34] TSEMAC에 의하여 측정된 신호 y_i 는, k-t공간의 카르테시안(Cartesian) 샘플링에 대응하고, 노이즈 W_i 를 포함하는 것으로서, 하기 수학식 2의 형태로 정의할 수 있다.

[35] [수학식 2]

$$[36] \quad y_i(\mathbf{k}_i, t_i) = \int_{\mathbf{x}} \ell(\mathbf{x}, t_i) \mathbf{C}(\mathbf{x}) \exp(-j\mathbf{k}_i^T \mathbf{x}) d\mathbf{x} + \mathbf{w}_i$$

[37] 다음으로, 분해 데이터 내에서 동일한 вок셀(voxel) 위치의 시간적 프로파일은 다음 수학식 3과 같이 n 차원 벡터로 확장될 수 있으며, 복수의 분해 데이터 내에서 강한 상관관계를 가진다.

[38] [수학식 3]

$$[39] \quad \mathbf{P}_j = [\ell(\mathbf{x}_j, t_0), \ell(\mathbf{x}_j, t_1), \dots, \ell(\mathbf{x}_j, t_{n-1})]^H$$

[40] 이때, $\ell(\mathbf{x}, t)$ 는 신호를 나타내는 것으로, $\mathbf{x}$ 는 공간 위치를 나타내고, t 는 시간을 나타낸다. 또한, $\mathbf{X}_j(j=0,1,2,\dots,m-1)$ 는 같은 위치에서의 j 번째 вок셀을 나타낸다.

[41] 분해 데이터 내에서의 상관관계를 이용하기 위하여, 신호 좌표 $\ell(\mathbf{x}, t)$ 를 다음

수학식4와 같이 행렬 형태로 재배열한다.

[42] [수학식 4]

[43]

$$\begin{aligned} \mathbf{L} &= \begin{bmatrix} \mathbf{P}_0 \\ \vdots \\ \mathbf{P}_{m-1} \end{bmatrix}^H \\ &= \begin{bmatrix} \ell(\mathbf{x}_0, t_0) & \dots & \ell(\mathbf{x}_0, t_{n-1}) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \ell(\mathbf{x}_{m-1}, t_0) & \dots & \ell(\mathbf{x}_{m-1}, t_{n-1}) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \mathbf{0} & \dots & \ell(\mathbf{x}_0, t_{n-1}) \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \ell(\mathbf{x}_{n-1}, t_0) & \dots & \mathbf{0} \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

[44] 상기 L 행렬의 열(row)의 개수는 TSEMAC 3D 이미지의 슬라이스 개수에 대응하고, L 행렬의 행(column)의 개수 또한 상기 슬라이스 개수와 동일한 시간 프로필을 나타낸다. L 행렬은 0값을 포함하기 때문에, 수학식 4에서와 같이 대각 행렬 형태를 가질 수 있다. 예를 들면, 도 5의 (a)에 도시된 바와 같이, n*n 형태의 대각 행렬을 가질 수 있다. 이와 같이, 영상 데이터를 정방 행렬 형태로 변환하는 과정을 수행한다.

[45] 다음으로, L 행렬에 포함된 신호값과 0(zero) 값 중 0 값을 제거하고, 나머지 신호값을 정방 행렬의 중앙 또는 일측면에 위치하도록 배치시킨 치환행렬을 생성한다.

[46] 예를 들면, 도 5의 (c)에 도시된 바와 같이, L 행렬의 측면 모서리에 위치하는 값(510, 514)들이 정방 행렬의 중앙부분(512)에 위치하도록 L 행렬을 치환(permutate)시킨다. 이와 같은 치환 행렬의 생성에 따라, 치환 행렬의 행의 개수는 슬라이스 개수(n)와 동일하지만, 치환 행렬의 열의 개수는 Z-위상 인코딩 단계를 수행한 횟수(e)와 같아진다.

[47] 한편, 다른 실시예에 따르면, 도 6에 도시된 바와 같이, L 행렬에 포함된 신호값과 0(zero) 값 중 0 값을 제거하고, 나머지 신호값(600)을 상기 정방 행렬의 좌측 측면으로 배치시킨 치환행렬을 생성할 수 있다.

[48] 따라서, 치환 행렬 Lp는 치환전 행렬 L에 비하여 더욱 강한 상관관계를 갖게 된다.

[49] 다음으로, 치환 행렬을 t를 따라 푸리에 변환한다. 이때, 도 5의 (c)에 도시된 푸리에 변환 결과에 따르면, 치환 행렬이 매우 강하게 연관되어 있음을 확인할 수 있다.

[50] 다음으로, 도 5의 (d)에 도시된 바와 같이, 특이값(singular value)이 많지 않으므로, 상기 분해 데이터는 저계수(low rank) 행렬로 근사화될 수 있음을 확인할 수 있다. 따라서, 치환 행렬 Lp의 계수(rank)는 다음 수학식과 같이 축소될 수 있다.

[51] [수학식 5]

[52] $r < n * e$

[53] 한편, 각 코일 영상에서의 치환 행렬 L_p 에 대한 특이값 분해(Singular Value Decomposition, SVD)를 수행함에 있어, 저계수 r 을 갖는 치환 행렬 L_p 는 다음 수학식과 같이 분해될 수 있다.

[54] [수학식 6]

$$[55] \quad L_p = U \Sigma V^H, \quad \Sigma = \text{diag}(\{\sigma_i\}_{1 \leq i \leq r})$$

[56] 이때, U 와 V 는 각각 $n * r$, $e * r$ 행렬이고, 특이값(σ_i)은 양수이다.

[57] 다음, 저계수 행렬 L 을 복원하는 방법을 살펴보기로 한다.

[58] 저계수 행렬 L 은 수학식 7의 해를 구함에 따라 얻을 수 있다.

[59] [수학식 7]

$$[60] \quad \tilde{L} = \underset{L_p}{\operatorname{argmin}} \|FL_p - Y\|^2 + \lambda \operatorname{rank}(L_p)$$

[61] 한편, 랭크 패널티(rank penalty)가 비볼록(nonconvex)이기 때문에, 뉴클리어 노름(nuclear norm)과 같은 컨벡스 함수로 변형되어야 하며, 이는 수학식 8과 같다.

[62] [수학식 8]

$$[63] \quad \tilde{L} = \underset{L_p}{\operatorname{argmin}} \|FL_p - Y\|^2 + \lambda \|L_p\|_*$$

[64] 한편, L 행렬의 뉴클리어 노름은 수학식 9와 같이 나타낼 수 있다.

[65] [수학식 9]

$$[66] \quad \|L_p\|_* := \sum_{i=1}^r \sigma_i$$

[67] 수학식 8에 의하여 정의되는 비용함수의 해를 구함으로써 최적 계수 근사 행렬은 다음 수학식과 같이 나타낼 수 있다.

[68] [수학식 10]

$$[69] \quad L_\nu = \sum_{i=1}^{\nu} \sigma_i u_i v_i^H$$

[70] 이와 같이, 행렬 구조를 치환하고, 치환 행렬에 대하여 고유값 분해를 통해 저계수 근사법을 사용함으로써 잡음을 제거할 수 있다.

[71] 다시 도 2를 참조하면, 슬라이스 방향에서의 잡음을 제거한 후, 코일 영역에서의 잡음을 제거한다(S230). 이를 위하여, 코일 간 잡음 상관 매트릭스를 구하여 최고 선형 불편 추정치 방법(Best Linear Unbiased Estimator, BLUE)을 사용한다.

- [72] 서로 상이한 위상-어레이(phase-array) 채널을 통해 획득한 노이즈는 부분적으로 연관되어 있기 때문에, 최고 선형 불편 추정치 방법을 사용하는 것이 적절하다. 만약, 최고 선형 불편 추정치가 노이즈 공분산(covariance)과 코일 정보맵(sensitivity map)을 포함하고 있다면, 이를 이용한 재구성된 이미지의 신호대 잡음비는 개선될 수 있다.
- [73] 최고 선형 불편 추정치를 나타내는 수식은 수학적 식 11과 같다.
- [74] [수학적 식 11]
- [75]
- $$\tilde{\mathbf{L}}_{\text{BLUE}} = (\mathbf{C}^H \mathbf{\Psi}^{-1} \mathbf{C})^{-1} \mathbf{C}^H \mathbf{\Psi}^{-1} \cdot \tilde{\mathbf{L}}$$
- [76] 이때, $\mathbf{C}$ 는 K번째 코일의 민감도 행렬을 나타내고, $\mathbf{\Psi}$ 행렬은 $n_c \times n_c$ 노이즈 공분산 행렬을 나타낸다. 수학적 식 11에서, $\mathbf{\Psi}$ 행렬은 신호대 잡음비를 최적화하기 위한, 수신 채널로부터의 노이즈의 레벨과 상관정도를 나타낸다. 따라서, 이를 통해 코일 영역에서의 노이즈 제거가 가능하다.
- [77] 상기 $\tilde{\mathbf{L}}_{\text{BLUE}}$ 행렬은 신호대 잡음비가 개선된 이미지를 나타내며, 슬라이스 방향의 노이즈 뿐만 아니라, 상이한 위상-어레이 채널에서의 노이즈도 억제할 수 있다.
- [78] 다음으로, 잡음이 제거된 영상 공간의 데이터에 대하여 왜곡된 프로파일을 복원한다(S240). 앞선 단계에서의 슬라이스 방향의 노이즈 및 위상-어레이 채널 방향에서의 잡음이 제거됨에 따라, 잔류하는 데이터는 성감 상태 또는 희소성(sparsity)을 갖게 된다. 이러한 상태의 데이터에 대하여, 하기의 수학적 식 12에 대한 해를 구함으로써 L1 최소화 노름을 구한다.
- [79] [수학적 식 12]
- [80]
- $$\min_{\tilde{\mathbf{L}}_{\text{BLUE}}} \|\tilde{\mathbf{L}}_{\text{BLUE}}\|_1 \text{ s.t. } \|\mathbf{F}\tilde{\mathbf{L}}_{\text{BLUE}} - \mathbf{Y}\|_2 \leq \varepsilon$$
- [81] 수학적 식 12의 해를 구하는 알고리즘은 여러 가지가 있을 수 있으며, 예를 들면, 기본 추구(Basic Pursuit, BP) 방법 또는 직교 매칭 추구(Orthogonal Matching Pursuit, OMP) 방법이 사용될 수 있다.
- [82] 예를 들어, 직교 매칭 추구 방법은 왜곡된 프로파일을 영상-주파수(x-f) 영역에서 복원하는 것으로, 속도가 빠르고 구현이 비교적 용이하다는 장점이 있다. 이 알고리즘은 빈 모델(empty model)로부터 시작하여 신호 모델을 생성하되, 가장 중요한 새로운 원자(atom)가 매 단계마다 추가되며, 이 단계는 반복적으로 수행된다. 이러한 반복은 x-f 영역에서의 최대 잔차가 노이즈 레벨에 도달할 때까지 계속된다. 최종 이미지는 예측된 x-f 이미지의 역 푸리에 변환을 통해서 획득할 수 있다.
- [83] 한편, 이상에서 설명한 자기 공명 영상 처리 방법은 슬라이스 방향에서의 잡음 제거 후 코일 영역에서의 잡음 제거 단계를 거치는 것을 기준으로 설명되어

있으나, 각 단계의 순서는 변경 가능하다. 즉, 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 도 2의 실시예와는 달리, 코일 영역에서의 잡음 제거 단계를 수행한 후 슬라이스 방향에서의 잡음 제거 단계를 수행하여 자기 공명 영상을 처리할 수 있다.

[84] 구체적으로, 도 7은 본원 발명의 다른 실시예에 따른 자기 공명 영상 처리 방법을 도시한 순서도이다.

[85] 도 7에서와 같이, 먼저, 터보스핀에코(Turbo Spin Echo)시퀀스와 SEMAC 시퀀스를 조합한 시퀀스를 이용하여 자기 공명 영상 처리장치로부터 영상 데이터를 수신한다(S710).

[86] 그리고, 수신한 영상 데이터에 대하여 코일 영역에서의 잡음을 제거한다(S720).

[87] 그런 다음, 슬라이스 방향에서의 잡음을 제거한다(S730).

[88] 다음으로, 잡음이 제거된 영상 공간의 데이터에 대하여 왜곡된 프로파일을 복원한다(S740).

[89] 이상, 도 7의 각 단계는, 앞서 도 2 내지 도 6을 참조하여 설명한 코일 영역에서의 잡음 제거 및 슬라이스 방향에서의 잡음 제거 방식을 적용할 수 있다.

[90] 이와 같이, 슬라이스 방향에서의 잡음 제거와 코일 영역에서의 잡음 제거의 순서는 실시자의 선택에 따라 변경 가능하다. 또한, 경우에 따라 슬라이스 방향에서의 잡음 제거와 코일 영역에서의 잡음 제거의 순서는 동시에 병렬적으로 수행될 수 있다.

[91] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 매커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.

[92] 본 발명의 방법 및 시스템은 특정 실시예와 관련하여 설명되었지만, 그것들의 구성 요소 또는 동작의 일부 또는 전부는 범용 하드웨어 아키텍처를 갖는 컴퓨터 시스템을 사용하여 구현될 수 있다.

[93] 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.

- [94] 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.

청구범위

- [청구항 1] 자기 공명 영상 처리 방법에 있어서,
 터보 스핀 에코 시퀀스의 인가에 따라 생성된 영상 데이터를 수신하는 단계;
 상기 영상 데이터에 대하여 슬라이스 방향에서의 잡음과 코일 영역에서의 잡음을 제거하는 단계; 및
 상기 잡음이 제거된 영상 데이터를 기초로 왜곡 프로파일을 복원하는 단계를 포함하되,
 상기 잡음을 제거하는 단계는,
 상기 영상 데이터를 정방 행렬 형태로 변환하는 단계;
 상기 정방 행렬에 포함된 신호값과 0 값 중 0 값을 제거하고, 나머지 신호값을 상기 정방 행렬의 중앙 또는 일측 영역으로 배치시켜 치환 행렬을 생성하는 단계; 및
 상기 치환 행렬에 대하여 고유값 분해를 통한 저계수 근사법을 적용하여 잡음을 제거하는 단계를 통해 상기 슬라이스 방향에서의 잡음을 제거하는 자기 공명 영상 처리 방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
 상기 영상 데이터를 수신하는 단계는,
 RF 여기 펄스 인가 이후, 재초점 펄스를 연속적으로 복수회 인가하는 단계 및
 상기 재초점 펄스의 인가 이후 스핀 에코 구간 동안 Z-위상 인코딩 및 독출 동작을 수행하는 단계를 포함하는 자기 공명 영상 처리 방법.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
 상기 영상 데이터를 정방 행렬 형태로 변환하는 단계에 따라 생성된 정방 행렬의 행의 개수와 열의 개수는 상기 영상 데이터의 슬라이스 개수와 동일한 것인 자기 공명 영상 처리 방법.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
 상기 치환 행렬을 생성하는 단계에 따라 생성된 치환 행렬의 행의 개수는 상기 영상 데이터의 슬라이스 개수와 동일하고, 상기 치환 행렬의 열의 개수는 Z-위상 인코딩을 수행한 횟수와 동일한 것인 자기 공명 영상 처리 방법.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
 상기 치환 행렬을 생성하는 단계는 상기 정방 행렬의 측면 모서리 영역에 배치된 신호값을 상기 정방 행렬의 중앙으로 배치시키는 자기 공명 영상 처리 방법.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,

[청구항 7]

상기 치환 행렬을 생성하는 단계는 상기 나머지 신호값을 상기 정방 행렬의 좌측 측면으로 배치시키는 자기 공명 영상 처리 방법.
제 1 항에 있어서,
상기 잡음을 제거하는 단계는,
상기 영상 데이터에 대하여 산출한 코일 간 잡음 상관 매트릭스에 대하여 최고 선형 불편 추정치 방법(Best Linear Unbiased Estimator)을 적용하여 상기 코일영역에서의 잡음을 제거하는 자기 공명 영상 처리 방법.

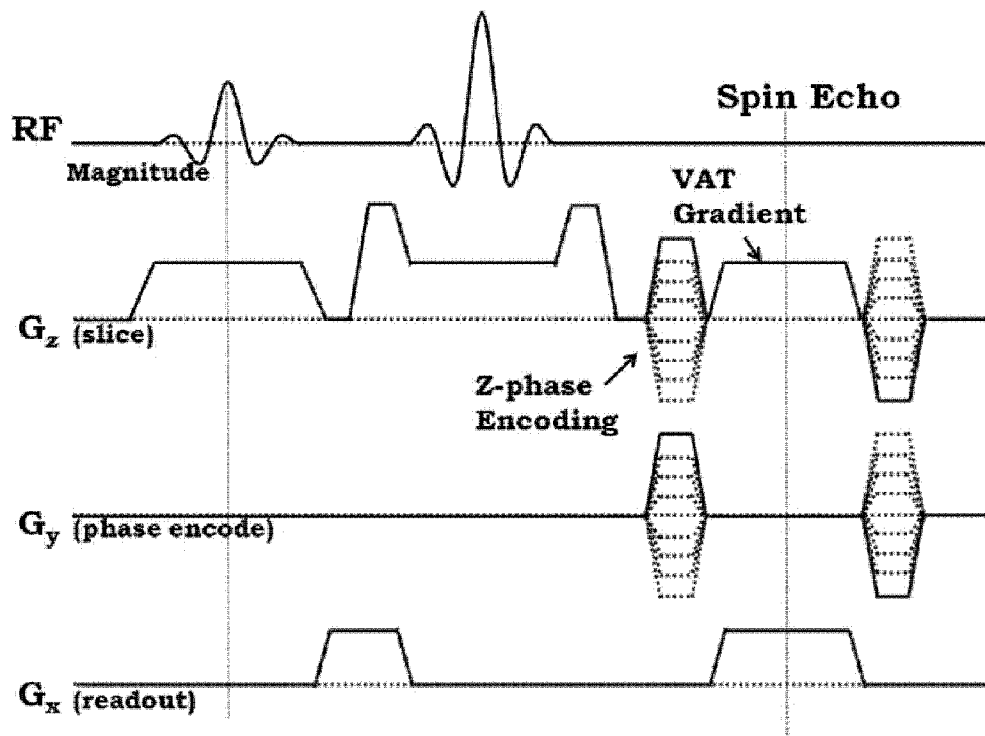
[청구항 8]

제 1 항에 있어서,
상기 왜곡 프로파일을 복원하는 단계는,
직교 매칭 추구 방법(Orthogonal Matching Pursuit)을 통해 왜곡 신호를 제거하여 상기 왜곡 프로파일을 복원하는 자기 공명 영상 처리 방법.

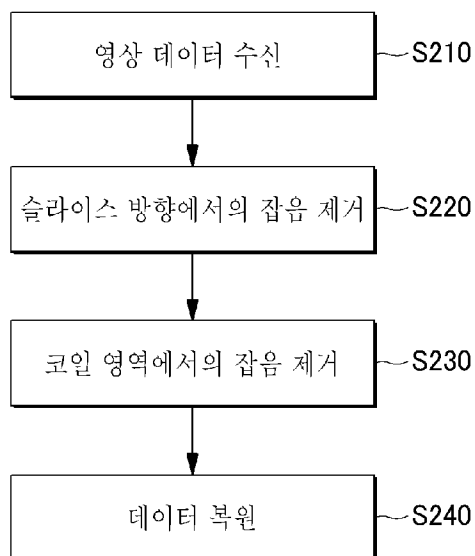
[청구항 9]

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 하나의 항에 기재된 방법을 수행하는 프로그램이 기록된 컴퓨터가 읽기 가능한 기록 매체.

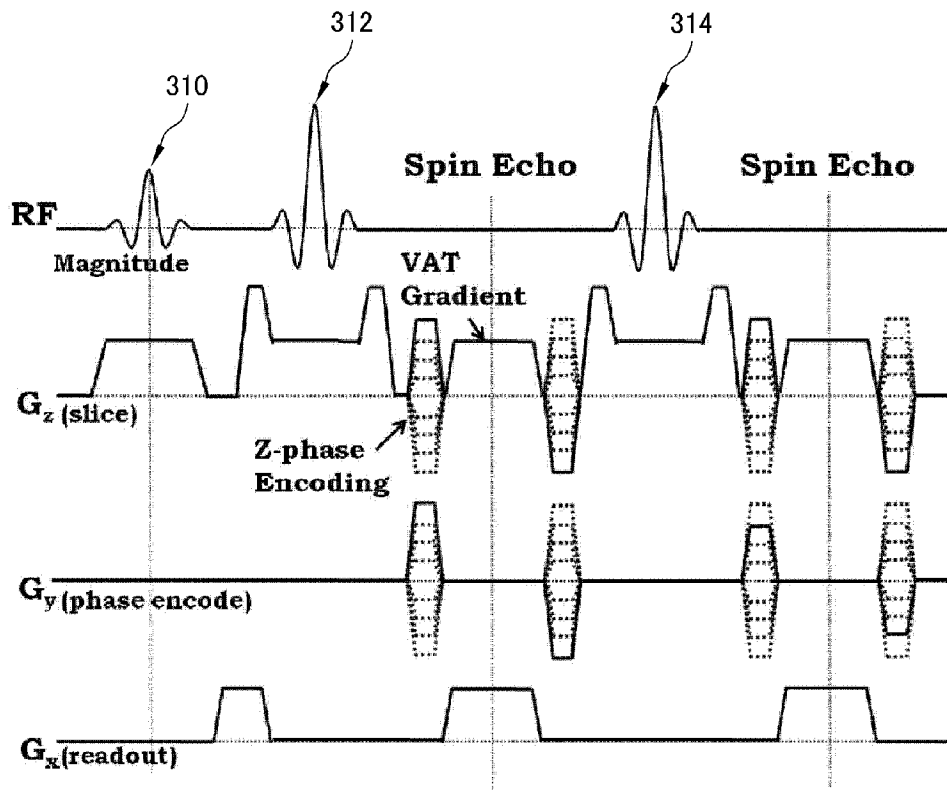
[Fig. 1]



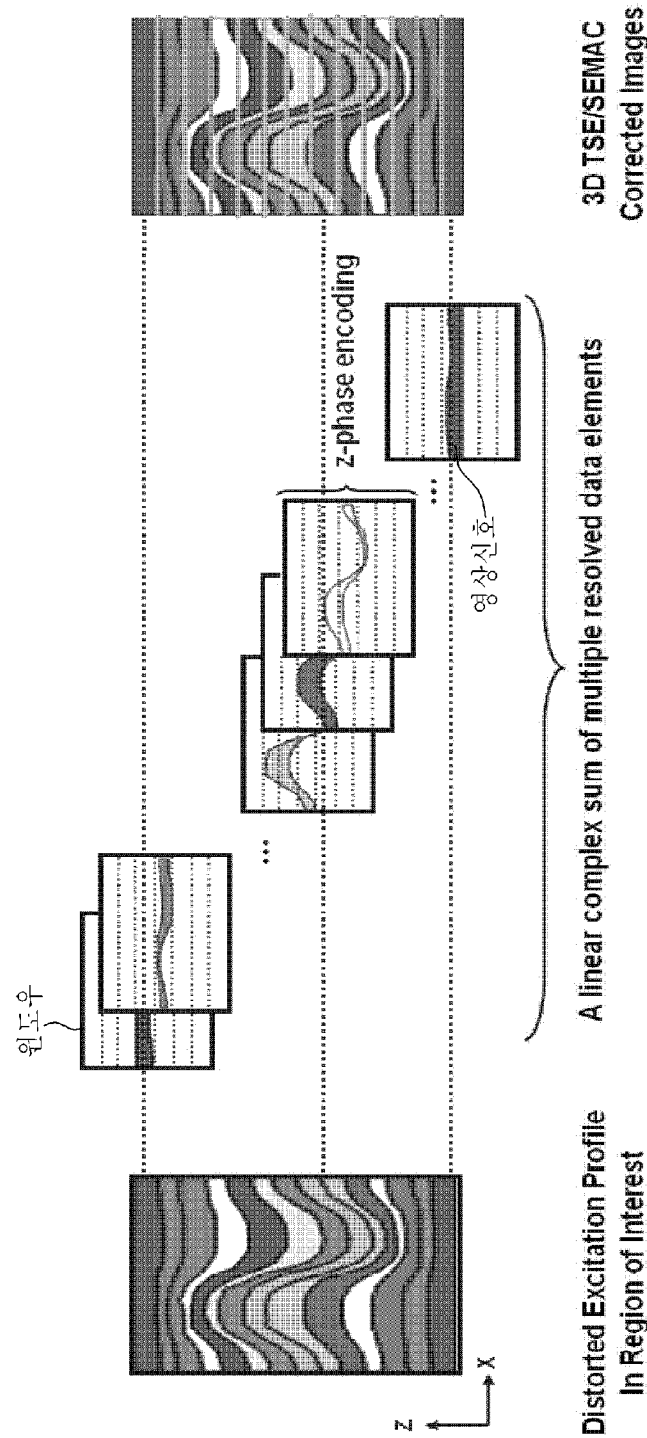
[Fig. 2]



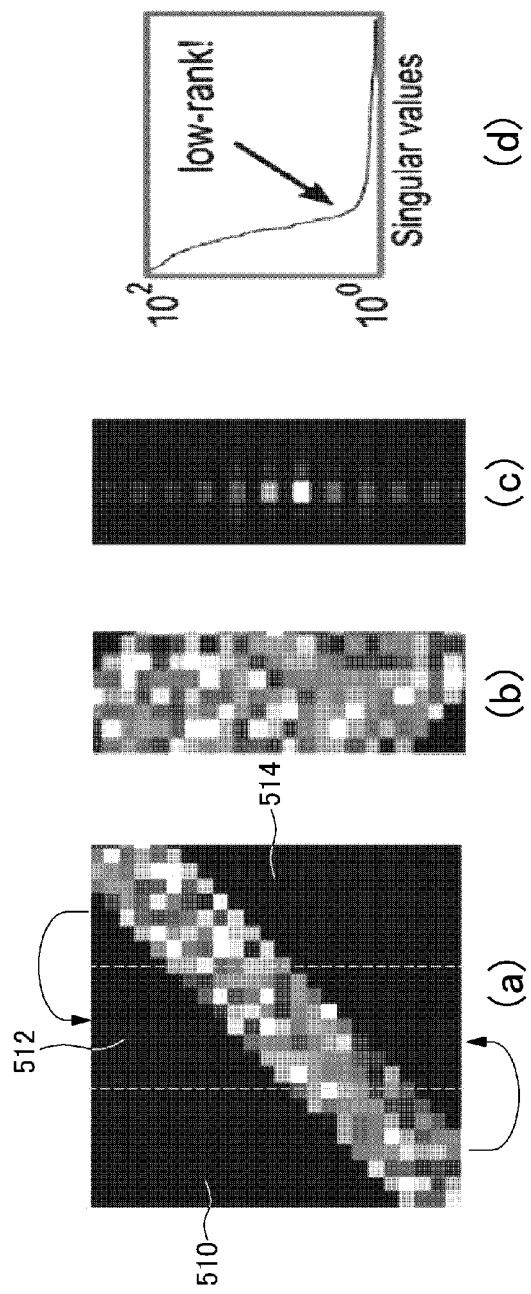
[Fig. 3]



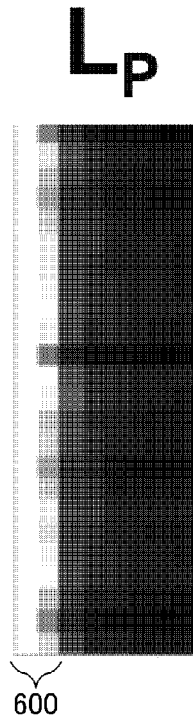
[Fig. 4]



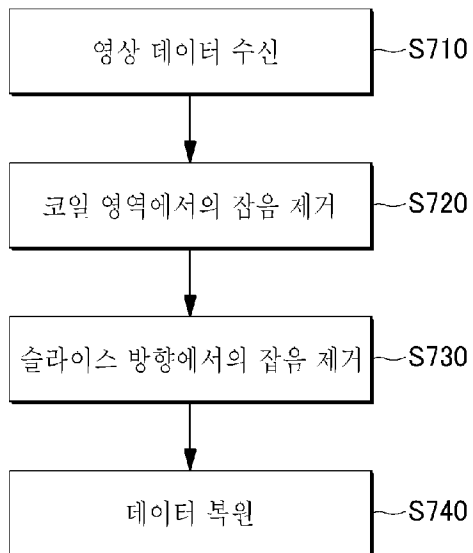
[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2013/000420**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****A61B 5/055(2006.01)i, G06F 19/00(2011.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B 5/055; A61B 5/05; G01R 33/48; G01R 33/36

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models

Japanese Utility models and applications for Utility models

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: magnetic resonance imaging, turbon spin echo, noise, slice, matrix

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WENMIAO LU et al. "SEMAC: Slice Encoding for Metal Artifact Correction in MRI", Magnetic Resonance in Medicine, 06 March 2009, Vol. 62, pp. 66-76 See abstract and pages 67-70.	1-9
A	JP 2011-092553 A (TOSHIBA CORP. et al.) 12 May 2011 See abstract, paragraphs [0034]-[0045], claims 1-6 and figure 2.	1-9
A	JP 2010-158459 A (GE MEDICAL SYSTEMS GLOBAL TECHNOLOGY CO., LLC.) 22 July 2010 See abstract, paragraphs [0045]-[0052] and figure 2.	1-9
A	US 2005-0119554 A1 (JENNISKENS, Hans Gerard et al.) 02 June 2005 See abstract, paragraphs [0025]-[0026], claim 1 and figures 1-2.	1-9
A	JP 2004-024637 A (TOSHIBA CORP.) 29 January 2004 See abstract, claim 1 and figure 4.	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 APRIL 2013 (29.04.2013)

Date of mailing of the international search report

29 APRIL 2013 (29.04.2013)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2013/000420

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2011-092553 A	12.05.2011	CN 102048538 A US 2011-0101977 A1	11.05.2011 05.05.2011
JP 2010-158459 A	22.07.2010	NONE	
US 2005-0119554 A1	02.06.2005	AU 2003-215859 A1 EP 1499909 A1 JP 2005-523052 A US 7176687 B2 WO 03-087864 A1	27.10.2003 26.01.2005 04.08.2005 13.02.2007 23.10.2003
JP 2004-024637 A	29.01.2004	JP 3970701 B2	05.09.2007

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

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

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

A61B 5/055; A61B 5/05; G01R 33/48; G01R 33/36

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌
한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))
eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 자기공명영상, 터보 스핀 에코, 잡음, 슬라이스, 행렬

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	WENMIAO LU et al. 'SEMAC: Slice Encoding for Metal Artifact Correction in MRI', Magnetic Resonance in Medicine, 06 March 2009, Vol. 62, pp. 66-76 요약 및 페이지 67-70 참조.	1-9
A	JP 2011-092553 A (TOSHIBA CORP. et al.) 2011.05.12 요약, 문단부호 [0034]-[0045], 청구항 1-6 및 도면 2 참조.	1-9
A	JP 2010-158459 A (GE MEDICAL SYSTEMS GLOBAL TECHNOLOGY CO., LLC.) 2010.07.22 요약, 문단부호 [0045]-[0052] 및 도면 2 참조.	1-9
A	US 2005-0119554 A1 (HANS GERARD JENNISKENS et al.) 2005.06.02 요약, 문단부호 [0025]-[0026], 청구항 1 및 도면 1-2 참조.	1-9
A	JP 2004-024637 A (TOSHIBA CORP.) 2004.01.29 요약, 청구항 1 및 도면 4 참조.	1-9

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

*** 인용된 문헌의 특별 카테고리:**

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2013년 04월 29일 (29.04.2013)

국제조사보고서 발송일

2013년 04월 29일 (29.04.2013)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

 대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 82-42-472-7140

심사관

최상원

전화번호 82-42-481-8291



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2011-092553 A	2011.05.12	CN 102048538 A US 2011-0101977 A1	2011.05.11 2011.05.05
JP 2010-158459 A	2010.07.22	없음	
US 2005-0119554 A1	2005.06.02	AU 2003-215859 A1 EP 1499909 A1 JP 2005-523052 A US 7176687 B2 WO 03-087864 A1	2003.10.27 2005.01.26 2005.08.04 2007.02.13 2003.10.23
JP 2004-024637 A	2004.01.29	JP 3970701 B2	2007.09.05