

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(10) 국제공개번호

(43) 국제공개일
2018년 5월 31일 (31.05.2018) **WIPO | PCT**

WO 2018/097644 A1

(51) 국제특허분류:

A61B 5/055 (2006.01)

G01R 33/561 (2006.01)

G01R 33/56 (2006.01)

G01R 33/48 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2017/013520

(22) 국제출원일:

2017년 11월 24일 (24.11.2017)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2016-0158583 2016년 11월 25일 (25.11.2016) KR

(71) 출원인: 성균관대학교산학협력단 (RESEARCH & BUSINESS FOUNDATION SUNGKYUNKWAN UNIVERSITY) [KR/KR]; 16419 경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교내 (천천동), Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자: 박재석 (PARK, Jae Seok); 16505 경기도 수원시 영통구 센트럴타운로 76, 6114동 901호 (이의동, 이편한세상광교), Gyeonggi-do (KR). 김한성 (KIM, Hahn Sung); 05092 서울시 광진구 독성로 576, 203동 801호 (자양동, 우성2차아파트), Seoul (KR).

(74) 대리인: 특허법인 엠에이피에스 (MAPS INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 06239 서울시 강남구 테헤란로8길 37, 8층 (역삼동, 한동빌딩), 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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.

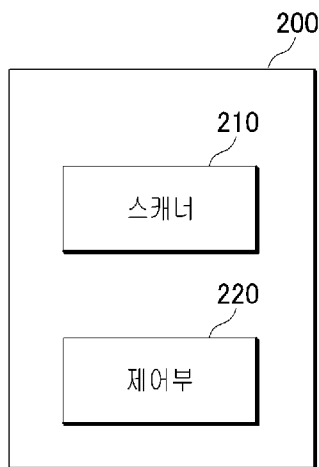
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

(54) Title: MAGNETIC RESONANCE IMAGING APPARATUS AND MAGNETIC RESONANCE IMAGE GENERATION METHOD

(54) 발명의 명칭: 자기 공명 영상 장치 및 자기 공명 영상 생성 방법



210 ... Scanner
220 ... Control unit

(57) Abstract: Disclosed is a magnetic resonance imaging apparatus for scanning a subject. The magnetic resonance imaging apparatus according to one embodiment of the present invention comprises: a scanner for forming multiple RF and gradient magnetic fields within a bore in which a subject lies, and receiving an echo signal from the subject; and a control unit for controlling the scanner according to a pulse sequence, wherein the control unit: applies at least one RF pulse and at least one space-encoding gradient pulse to the subject through the scanner; applies multiple readout gradient pulses and multiple blip pulses for acquiring multiple echo signals radiated from the subject, to the subject through the scanner; sequentially acquires multiple echo signals including different pieces of spatial information, according to the multiple blip pulses; and respectively maps the multiple echo signals to multiple k-spaces on the basis of the different pieces of spatial information.

(57) 요약서: 본 발명은 대상체를 스캔하는 자기 공명 영상 장치를 개시한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치는 대상체가 위치하는 보어 내부에 복수의 RF 및 경사자장을 형성하고, 대상체로부터 에코 신호를 수신하는 스캐너; 및 펄스 시퀀스에 따라 스캐너를 제어하는 제어부;를 포함하며, 제어부는 적어도 하나의 RF 펄스 및, 공간 부호화 경사필스를 스캐너를 통해 대상체에 적용하고, 대상체로부터 방출되는 복수의 에코 신호를 획득하기 위한 복수의 리드아웃 경사필스 및 복수의 블립필스를 스캐너를 통해 대상체에 적용하며, 복수의 블립필스에 따라 서로 다른 공간 정보를 포함하는 복수의 에코 신호들을 순차적으로 획득하며, 서로 다른 공간 정보를 기초로, 복수의 에코 신호들 각각을 복수의 k-공간 각각에 매핑한다.

WO 2018/097644 A1

명세서

발명의 명칭: 자기 공명 영상 장치 및 자기 공명 영상 생성 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 자기 공명 영상 장치 및 자기 공명 영상 생성 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로, 자기 공명 영상(MRI)을 처리하는 기기는 전자파에너지의 공급에 따른 공명현상을 이용하여 환자의 특정부위에 대한 단층 이미지를 획득하는 장치로서, X선이나 CT와 같은 촬영 기기에 비해 방사선 피폭이 없고 단층 이미지를 비교적 용이하게 얻을 수 있다. 예를 들어, MRI 기기는 뼈는 물론 디스크, 관절, 신경 인대 등을 원하는 각도에서 입체적으로 보여주기 때문에 정확한 질병 진단을 위해서 널리 이용되고 있다.
- [3] 구체적으로, 자기 공명 영상을 생성하기 위해서는 자기 공명 영상을 촬영하는 대상체에 대해 고주파의 RF 신호를 복수회 인가하여 대상체 내의 원자핵의 스핀을 여기 시키게 된다. 이와 같은 자기 공명 기기로의 펄스열 인가를 통해 자기 공명 영상 처리 기기에서는 자유 유도 감쇄 신호(FID)와 스핀 에코 등 다양한 신호가 발생되며, 이러한 신호들을 선택적으로 획득하여 자기 공명 영상을 생성한다.
- [4] 특히, 인체 내의 화학적 이동(chemical shift)으로 인한 위상 차이를 이용한 물-지방 분리 영상을 얻기 위하여 적어도 2개 이상의 다른 에코 시간에서 자기 공명 신호를 획득해야 하며, 자기장의 균질화 정도를 평가할 수 있는 필드맵(field map)을 획득하기 위해 동일한 부분의 영상을 적어도 3 번 이상의 에코 시간에 변화를 주어 획득해야 한다. 이러한, 기존의 영상 획득 방법의 긴 스캔 시간을 요구한다.
- [5] 따라서, 스캔 시간을 단축하면서 고해상도의 자기 공명 영상을 복원하기 위한 방법 및 그 장치가 필요하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 일부 실시예는 스캔 시간을 감소시키기 위한 것이다. 또한, 본 발명의 일부 실시예는 고해상도의 물-지방 자기 공명 영상을 복원하기 위한 것이다. 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제 해결 수단

- [7] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 대상체를 스캔하는 자기 공명 영상 장치는, 대상체가 위치하는 보어(bore) 내부에 복수의 RF(radio frequency) 및 경사자장(gradient)을 형성하고,

대상체로부터 에코 신호(echo signal)를 수신하는 스캐너, 및 펄스 시퀀스에 따라 스캐너를 제어하는 제어부를 포함하며, 제어부는 적어도 하나의 RF 펄스 및, 공간 부호화 경사펄스를 스캐너를 통해 대상체에 적용하고, 대상체로부터 방출되는 복수의 에코 신호를 획득하기 위한 복수의 리드아웃(readout) 경사펄스 및 복수의 블립펄스(blip pulse)를 스캐너를 통해 대상체에 적용하며, 복수의 블립펄스에 따라 서로 다른 공간 정보를 포함하는 복수의 에코 신호들을 순차적으로 획득하며, 서로 다른 공간 정보를 기초로, 복수의 에코 신호들 각각을 복수의 k-공간 각각에 매핑한다.

발명의 효과

- [8] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단에 의하면, 개시된 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치는 블립펄스에 의해 서로 다른 공간 정보를 포함하는 에코 신호들을 서로 구분되는 k-공간들로 매핑하고, 구분된 k-공간들로부터 물-지방 분리 영상을 복원함으로써, 복수의 자기 공명 영상을 복원하는데 소요되는 총 스캔 시간을 단축시킬 수 있다. 또한, 개시된 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치는 높은 SNR(signal-to-noise ratio)를 갖는 물-지방 분리 영상을 복원할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [9] 도 1은 MRI 시스템을 도시한 도면이다.
- [10] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치의 구성을 도시한 도면이다.
- [11] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 시퀀스를 도시한 도면이다.
- [12] 도 4는 도 2의 제어부가 대상체로 적용하는 RF 펄스 시퀀스를 도시한 도면이다.
- [13] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 시퀀스를 도시한 다른 도면이다.
- [14] 도 6a 및 6b는 본 발명의 일 실시예에 따라 도 2의 제어부가 에코 신호들을 서로 다른 k-공간으로 매핑하는 방법을 도시한 도면이다.
- [15] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치의 스캔 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [16] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치가 영상을 복원하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [17] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따라 제어부가 k-공간 내에서 미획득된 데이터를 보간하는 방법을 도시한 도면이다.
- [18] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 도 2의 제어부가 보간된 복수의 k-공간으로부터 물 및 지방 성분 각각에 대응하는 자기 공명 영상을 복원한 일례이다.
- [19] 도 11 및 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라 도 2의 제어부가 위상 이동을 보정하기 위한 위상 교정 스캔(phase correction scan) 작업을 수행하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [20] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 위상 교정 스캔 작업을 위한 펄스 시퀀스를

도시한 도면이다.

- [21] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상 교정 스캔 작업을 위한 펄스 시퀀스를 도시한 다른 도면이다.
- [22] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상 교정 스캔 작업을 위한 펄스 시퀀스를 도시한 또 다른 도면이다.
- [23] 도 16은 도 10의 자기 공명 영상의 위상 이동을 보정한 일례이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [24] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따른 대상체를 스캔하는 자기 공명 영상 장치는, 대상체가 위치하는 보어(bore) 내부에 복수의 RF(radio frequency) 및 경사자장(gradient)을 형성하고, 대상체로부터 에코 신호(echo signal)를 수신하는 스캐너; 및 펄스 시퀀스에 따라 스캐너를 제어하는 제어부;를 포함하며, 제어부는 적어도 하나의 RF 펄스 및, 공간 부호화 경사펄스를 스캐너를 통해 대상체에 적용하고, 대상체로부터 방출되는 복수의 에코 신호를 획득하기 위한 복수의 리드아웃(readout) 경사펄스 및 복수의 블립펄스(blip pulse)를 스캐너를 통해 대상체에 적용하며, 복수의 블립펄스에 따라 서로 다른 공간 정보를 포함하는 복수의 에코 신호들을 순차적으로 획득하며, 서로 다른 공간 정보를 기초로, 복수의 에코 신호들 각각을 복수의 k-공간 각각에 매핑한다.
- [25] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치가 대상체를 스캔하는 방법은, (a) 적어도 하나의 RF 펄스 및, 공간 부호화 경사펄스를 위한 복수의 경사자장을 대상체에 적용하는 단계; (b) 대상체로부터 방출되는 복수의 에코 신호들을 획득하기 위한 복수의 리드아웃 경사펄스 및 복수의 블립펄스를 대상체에 적용하는 단계; (c) 복수의 블립펄스에 따라 서로 다른 공간 정보를 포함하는 복수의 에코 신호들을 순차적으로 획득하는 단계; 및 (d) 서로 다른 공간 정보를 기초로, 복수의 에코 신호들 각각을 복수의 k-공간 각각에 매핑하는 단계를 포함한다.

발명의 실시를 위한 형태

- [26] 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.
- [27] 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.

- [28] 본 명세서에서 "자기 공명 영상 (MRI: Magnetic Resonance Imaging)"이란 핵자기 공명 원리를 이용하여 획득된 대상체에 대한 영상을 의미한다.
- [29] 또한, "영상(image)" 또는 "이미지"는 이산적인 요소들로 이루어진 다차원(multi-dimensional) 데이터를 의미하는 것으로, 2차원 이미지에서의 복수의 픽셀들 및 3차원 이미지에서의 복수의 볼륨들로 구성된 것을 의미한다.
- [30] 또한, "대상체(object)"는 자기 공명 영상장치의 영상 촬영의 대상이 되는 것으로, 사람이나 동물 또는 그 일부를 포함하는 것일 수 있다. 또한, 대상체는 심장, 뇌 또는 혈관과 같은 각종 장기나 다양한 종류의 팬텀(phantom)을 포함할 수 있다.
- [31] 또한, "사용자"는 의료 전문가로서 의사, 간호사, 의료 영상 전문가 등이나 장치 수리 기술자가 될 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [32] 또한, "펄스 시퀀스"란, 자기 공명 영상장치에서 반복적으로 인가되는 신호를 의미한다. 펄스 시퀀스는 RF 펄스의 시간 파라미터로서 반복 시간(Repetition Time, TR)이나 에코 시간(Time to Echo, TE) 등을 포함할 수 있다.
- [33] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 자기 공명 영상장치의 실시예들에 대해서 설명하도록 한다.
- [34] 도 1은 MRI 시스템을 도시한 도면이다.
- [35] MRI 시스템(1)은 MRI 스캐너(10), 신호 처리부(20), 제어부(40), 모니터링부(50) 및 인터페이스부(30)를 포함할 수 있다.
- [36] MRI 스캐너(10)는 자기장을 형성하고 원자핵에 대한 공명 현상을 발생시키는 것으로서, 대상체가 MRI 스캐너(10) 내부에 위치한 상태에서 자기 공명 영상이 촬영된다. MRI 스캐너(10)는 주 자석(12), 경사 코일(14), RF 코일(16) 등을 포함하고, 이를 통해 정자기장 및 경사자장이 형성되며, 대상체를 향하여 RF 신호가 조사된다.
- [37] 주 자석(12), 경사 코일(14) 및 RF 코일(16)은 미리 설정된 방향에 따라 MRI 스캐너(10)내에 배치된다. 원통의 수평축을 따라 원통 내부로 삽입 가능한 테이블상에 대상체가 위치하며, 테이블의 이동에 따라 대상체가 MRI 스캐너(10)의 보어 내부에 위치할 수 있다.
- [38] 주 자석(12)은 대상체에 포함된 원자핵들의 자기 쌍극자 모멘트(magnetic dipole moment)의 방향을 일정한 방향으로 정렬하는 정자기장(static magnetic field)을 생성한다.
- [39] 경사 코일(Gradient coil)(14)은 서로 직교하는 X축, Y축 및 Z축 방향의 경사자기장을 발생시키는 X코일, Y 코일 및 Z 코일을 포함한다. 경사 코일(14)은 대상체의 각 부위 별로 공명 주파수를 서로 다르게 유도하여 대상체의 각 부위의 위치 정보를 획득할 수 있도록 한다.
- [40] RF 코일(16)은 대상체에게 RF 신호를 조사하고, 대상체로부터 방출되는 자기

공명 영상 신호를 수신할 수 있다. RF 코일(16)은 세차 운동을 하는 원자핵을 향하여 세차운동의 주파수와 동일한 주파수의 RF 신호를 출력한 후, 대상체로부터 방출되는 자기 공명 영상 신호를 수신할 수 있다.

[41] 예를 들어, RF 코일(16)은 원자핵을 낮은 에너지 상태에서부터 높은 에너지 상태로 천이시키기 위하여, 해당 원자핵에 대응하는 주파수를 갖는 RF 신호를 생성하여 대상체에 인가한다. 이후에, RF 코일(16)이 RF 신호의 전송을 중단하면, 전자파가 가해졌던 원자핵은 높은 에너지 상태에서부터 낮은 에너지 상태로 천이하면서 라모어 주파수를 갖는 전자파를 방사하게 되며, RF 코일(16)은 해당 전자파 신호를 수신한다.

[42] RF 코일(16)은 원자핵의 종류에 대응하는 무선 주파수를 갖는 RF 신호를 송신하는 송신 RF 코일과 원자핵으로부터 방사된 전자파를 수신하는 수신 RF 코일을 각각 포함한다.

[43] 또한, RF 코일(16)은 MRI 스캐너(10)에 고정된 형태이거나, 착탈이 가능한 형태일 수 있다. 착탈이 가능한 RF 코일(16)은 대상체의 일부에 결합될 수 있는 머리 RF 코일, 흉부 RF 코일, 다리 RF 코일, 목 RF 코일, 어깨 RF 코일, 손목 RF 코일 및 발목 RF 코일 등과 같은 형태로 구현될 수 있다.

[44] MRI 스캐너(10)는 디스플레이를 통해 사용자나 대상체에게 각종 정보를 제공할 수 있으며, 외측에 배치된 디스플레이(18)와 내측에 배치된 디스플레이(미도시)를 포함할 수 있다.

[45] 신호 처리부(20)는 소정의 MR 펄스 시퀀스에 따라 MRI 스캐너(10)의 내부에 형성되는 경사자장을 제어하고, RF 신호와 자기 공명 영상 신호의 송수신을 제어할 수 있다.

[46] 신호 처리부(20)는 경사자장 증폭기(22), 스위칭부(24), RF 송신부(26) 및 RF 수신부(28)를 포함할 수 있다.

[47] 경사자장 증폭기(Gradient Amplifier)(22)는 MRI 스캐너(10)에 포함된 경사 코일(14)을 구동하며, 경사자장 제어부(44)의 제어 하에 경사자장을 발생시키는 경사펄스 신호를 경사 코일(14)에 공급한다. 경사자장 증폭기(22)로부터 경사 코일(14)에 공급되는 경사펄스 신호를 제어함으로써, X축, Y축, Z축 방향의 경사자장이 합성될 수 있다.

[48] RF 송신부(26)는 RF 펄스를 RF 코일(16)에 공급하여 RF 코일(16)을 구동한다. RF 수신부(28)는 RF 코일(16)이 수신한 후 전달한 자기 공명 영상 신호를 수신한다.

[49] 스위칭부(24)는 RF 신호와 자기 공명 영상 신호의 송수신 방향을 조절할 수 있다. 예를 들어, 송신 동작 동안에는 RF 코일(16)을 통하여 대상체로 RF 신호가 조사되게 하고, 수신 동작 동안에는 RF 코일(16)을 통하여 대상체로부터의 자기 공명 영상 신호가 수신되게 한다. 스위칭부(24)는 RF 제어부(46)로부터의 제어 신호에 의하여 스위칭 동작이 제어된다.

[50] 인터페이스부(30)는 사용자의 조작에 따라 제어부(40)에 펄스 시퀀스 정보를

- 지령하는 것과 동시에, MRI 시스템 전체의 동작을 제어하는 명령을 전달할 수 있다. 인터페이스부(30)는 RF 수신부(38)로부터 수신되는 자기 공명 영상 신호를 처리하는 영상 처리부(36), 출력부(34) 및 입력부(32)를 포함할 수 있다.
- [51] 영상 처리부(36)는 RF 수신부(28)로부터 수신되는 자기 공명 영상 신호를 처리하여, 대상체에 대한 MR 화상 데이터를 생성할 수 있다.
- [52] 영상 처리부(36)는 RF 수신부(28)가 수신한 자기 공명 영상 신호에 증폭, 주파수 변환, 위상 검파, 저주파 증폭, 필터링(filtering) 등과 같은 각종의 신호 처리를 가한다.
- [53] 영상 처리부(36)는, 예를 들어, k 공간에 디지털 데이터를 배치하고, 이러한 데이터를 2차원 또는 3차원 푸리에 변환을 하여 화상 데이터로 재구성할 수 있다.
- [54] 또한, 영상 처리부(36)가 자기 공명 영상 신호에 대해 적용하는 각종 신호 처리는 병렬적으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 다채널 RF 코일에 의해 수신되는 복수의 자기 공명 영상 신호에 신호 처리를 병렬적으로 가하여 복수의 자기 공명 영상 신호를 화상 데이터로 재구성할 수도 있다.
- [55] 출력부(34)는 영상 처리부(36)에 의해 생성된 화상 데이터 또는 재구성 화상 데이터를 사용자에게 출력할 수 있다. 또한, 출력부(34)는 UI(user interface), 사용자 정보 또는 대상체 정보 등 사용자가 MRI 시스템을 조작하기 위해 필요한 정보를 출력할 수 있다. 출력부(34)는 스피커, 프린터 또는 각종 영상 디스플레이 수단을 포함할 수 있다.
- [56] 사용자는 입력부(32)를 통해 대상체 정보, 파라미터 정보, 스캔 조건, 펄스 시퀀스, 화상 합성이나 차분의 연산에 관한 정보 등을 입력할 수 있다. 입력부(32)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.
- [57] 제어부(40)는 MRI 스캐너(10) 내부에서 형성되는 신호들의 시퀀스를 제어하는 시퀀스 제어부(42), 및 MRI 스캐너(10)와 MRI 스캐너(10)에 장착된 기기들을 제어하는 스캐너 제어부(48)를 포함할 수 있다.
- [58] 시퀀스 제어부(42)는 경사자장 증폭기(22)를 제어하는 경사자장 제어부(44), 및 RF 송신부(26), RF 수신부(28) 및 스위칭부(24)를 제어하는 RF 제어부(46)를 포함한다. 시퀀스 제어부(42)는 인터페이스부(30)로부터 수신된 펄스 시퀀스에 따라 경사자장 증폭기(22), RF 송신부(26), RF 수신부(28) 및 스위칭부(24)를 제어할 수 있다. 펄스 시퀀스는 경사자장 증폭기(22), RF 송신부(26), RF 수신부(28) 및 스위칭부(24)를 제어하기 위해 필요한 모든 정보를 포함하며, 예를 들면 경사 코일(14)에 인가하는 경사펄스(pulse) 신호의 강도, 인가 시간, 인가 타이밍(timing) 등에 관한 정보 등을 포함할 수 있다.
- [59] 모니터링부(50)는 MRI 스캐너(10) 또는 MRI 스캐너(10)에 장착된 기기들을 모니터링 또는 제어한다. 모니터링부(50)는 시스템 모니터링부(52), 대상체

- 모니터링부(54), 테이블 제어부(56) 및 디스플레이 제어부(58)를 포함할 수 있다.
- [60] 시스템 모니터링부(52)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.
- [61] 대상체 모니터링부(54)는 대상체의 상태를 모니터링하는 것으로, 대상체의 움직임 또는 위치를 촬영하는 카메라, 대상체의 호흡을 측정하는 호흡 측정기, 대상체의 심전도를 측정하기 위한 ECG 측정기, 또는 대상체의 체온을 측정하는 체온 측정기를 포함할 수 있다.
- [62] 테이블 제어부(56)는 대상체가 위치하는 테이블의 이동을 제어한다. 테이블 제어부(56)는 시퀀스 제어부(42)가 출력하는 시퀀스 제어 신호에 동기하여 테이블의 이동을 제어할 수 있다. 예를 들어, 대상체의 이동 영상 촬영(moving imaging)에 있어서, 테이블 제어부(56)는 시퀀스 제어에 따라 테이블을 이동시킬 수 있으며, 이에 의해, MRI 스캐너의 FOV(field of view)보다 큰 FOV로 대상체를 촬영할 수 있다.
- [63] 디스플레이 제어부(58)는 MRI 스캐너(10)의 외측 및 내측에 위치하는 디스플레이를 온/오프 또는 디스플레이에 출력될 화면 등을 제어한다. 또한, MRI 스캐너(10) 내측 또는 외측에 스피커가 위치하는 경우, 디스플레이 제어부(58)는 스피커의 온/오프 또는 스피커를 통해 출력될 사운드 등을 제어할 수도 있다.
- [64] MRI 스캐너(10), RF 코일(16), 신호 처리부(20), 모니터링부(50), 제어부(40) 및 인터페이스부(30)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. MRI 스캐너(10), RF 코일(16), 신호 처리부(20), 모니터링부(50), 제어부(40) 및 인터페이스부(30) 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.
- [65] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치의 구성을 도시한 도면이다.
- [66] 실시예에 따라 자기 공명 영상 장치(200)는 자기 공명 영상 촬영에 의해서 획득되는 자기 공명 신호를 이용하여 자기 공명 영상을 복원할 수 있는 모든 영상 처리 장치가 될 수 있다. 또한, 자기 공명 영상 장치(200)는 자기 공명 영상 촬영에서 자기 공명 신호의 획득을 제어할 수 있는 자기 컴퓨팅 장치가 될 수 있다.
- [67] 도 2를 참조하면, 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치(200)는 스캐너(210) 및 제어부(220)를 포함할 수 있다.
- [68] 구체적으로, 자기 공명 영상 장치(200)는 도 1에서 설명한 MRI 시스템(1)에

포함될 수 있다. 이 경우, 자기 공명 영상 장치(200)의 스캐너(210) 및 제어부(220)는 각각 도 1에 도시된 MRI 스캐너(10) 및 제어부(40)에 대응된다. 또한, 실시예에 따라 도 2의 스캐너(210)는 도 1에 도시된 신호 처리부(20)의 기능을 더 수행할 수 있다.

- [69] 실시예에 따라 스캐너(210)는, 제어부(220)의 제어에 의해 대상체가 위치하는 보어(bore) 내부에 복수의 RF 및 경사자장을 형성하고, 하나 이상의 구성 요소들을 포함한다. 예를 들어, 스캐너(210)는 다채널 RF 코일을 포함할 수 있다. 또한, 제어부(220)는 스캐너(210) 내의 다채널 RF 코일을 통해 에코 신호(즉, MR 신호)들을 수신할 수 있다. 이에 대해서는, 도 1에서 설명하였으므로 자세한 설명은 생략한다.
- [70] 실시예에 따라 제어부(220)는 적어도 하나의 RF 펄스 및 공간 부호화 경사펄스를 스캐너(210)를 통해 대상체에 적용한다. 이때 공간 부호화 경사펄스는, Z, Y, X 축 경사 코일 각각을 통해 슬라이스 선택(slice selection) 경사자장, 위상 부호화(phase encoding) 경사자장 및 주파수 부호화(frequency encoding) 경사자장을 형성하는 슬라이스 선택 경사펄스, 위상 부호화 경사펄스 및 주파수 부호화 경사펄스 중 적어도 하나를 포함한다. 따라서, 슬라이스 선택 경사펄스는 Z축에 대한 공간 정보, 위상 부호화 경사펄스는 Y축에 대한 공간 정보를 포함하며, 주파수 부호화 경사펄스는 X축에 대한 공간 정보를 포함할 수 있다. 한편, 주파수 부호화 경사펄스는 에코 신호를 획득하기 위한 리드아웃(read-out) 경사펄스일 수 있다.
- [71] 예를 들어, 제어부(220)는 그레이스(GRASE: gradient and spin echo) 기법을 기초로 적어도 하나의 RF 펄스 및 공간 부호화 경사펄스를 스캐너(210)를 통해 대상체에 적용할 수 있다. 그레이스(GRASE) 기법은, 스핀 에코(spin echo) 및 그레디언트 에코(gradient echo) 신호를 모두 이용하는 고속 이미징 기법으로서, 리드아웃 경사자장의 극성을 스위칭하여 복수의 에코 신호를 획득하는 기법일 수 있다. 이를 위해, 제어부(220)는 하나의 반복시간(repetition time, TR) 동안, 하나의 여기(excitation) RF 펄스 및 복수의 리포커싱(refocusing) RF 펄스를 포함하는 복수의 에코 트레인(echo train)을 대상체에 적용할 수 있다.
- [72] 또한, 제어부(220)는 복수의 에코 신호를 획득하기 위한 복수의 리드아웃 경사펄스를 스캐너(210)를 통해 대상체로 적용한다. 이때, 제어부(220)는 각 에코 신호들을 구분하기 위해 복수의 블립펄스(blip pulse)를 스캐너(210)로 더 인가한다. 이때, 복수의 블립펄스는, 리드아웃 경사펄스에 의해 형성되는 경사자장(즉, 리드아웃 경사자장) 이외의 적어도 하나의 다른 경사자장을 형성한다. 즉, 블립펄스는 슬라이스 선택 경사자장 및 위상 부호화 경사자장 중 적어도 하나를 형성할 수 있다.
- [73] 한편, 제어부(220)는 대상체 내의 조직 성분들 간의 위상 차이(phase difference)를 기초로 결정된 복수의 에코시간(echo time, TE)에 따라, 복수의 리드아웃 경사펄스를 대상체로 적용하며, 연속하는 리드아웃 경사펄스의

사이시간(도 3 및 도 5에 도시된 t_1, t_2 참조)에서 각 블립펄스를 대상체로 적용한다. 일반적으로, 대상체 내의 물과 지방 성분은 서로 다른 공명 주파수를 가지며, 약 3.5 ppm의 위상 차이를 발생시키며, 서로 다른 에코 시간(TE)을 갖는다. 제어부(220)는 이를 고려하여 서로 다른 TE에서 각 리드아웃 경사펄스를 대상체로 적용함으로써, 성분들의 화학적 이동(chemical shift)이 반영된 에코 신호를 획득할 수 있다. 즉, 서로 다른 에코 시간에서 획득되는 에코 신호들은 서로 다른 위상 정보를 포함한다.

- [74] 한편, 대상체에 적용되는 블립펄스의 크기는 일정할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 이후, 제어부(220)는 복수의 블립펄스에 따라 서로 다른 공간 정보를 포함하는 복수의 에코 신호들을 순차적으로 수신한다. 이때, 복수의 에코 신호는, 스핀 에코 또는 그레디언트 에코의 특성을 갖는다.
- [75] 제어부(220)는 블립펄스에 따른 공간 정보를 기초로, 복수의 에코 신호 각각을 복수의 k-공간 각각에 매핑한다. 이때, 동일한 k-공간으로 매핑되는 에코 신호들은 동일한 TE에 획득된 것으로서 동일한 위상 정보를 포함한다. 따라서, 서로 다른 k-공간 사이에는 위상 차이가 존재한다.
- [76] 또한, 제어부(220)는 도 1에 도시된 영상 처리부(36)의 기능을 더 수행할 수 있다. 제어부(220)는 복수의 k-공간으로부터 물-지방 분리 영상을 복원한다. 구체적으로, 대상체 내의 물과 지방 성분은 서로 다른 공명 주파수를 가지며, 약 3.5 ppm의 위상 차이를 발생시킨다. 제어부(220)는 이러한 위상 차이에 근거한 위상 독립 영상 복원 기법을 기초로, 복수의 k-공간으로부터 물-지방 분리 영상을 복원할 수 있다.
- [77] 또한, 제어부(220)는 위상 이동에 따른 차이를 보정하기 위한 위상 보정 작업을 수행할 수 있다. 또한, 제어부(220)는 영상의 SNR(signal-to-noise ratio)을 향상시키기 위하여, 에코 방향으로 컨볼루션 커널 벡터(convolution kernel vector)를 확장함으로써, 높은 SNR을 획득할 수 있다. 이에 대해서는, 도 12 내지 도 16을 참조하여 후술한다.
- [78] 이와 같이, 개시된 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치(200)는 블립펄스에 의해 서로 다른 공간 정보를 가지며, 물-지방의 위상 차이를 고려한 복수의 에코 신호를 획득함으로써, 스캔 시간을 효과적으로 감소시키는 한편, 높은 SNR(signal-to-noise ratio)의 물-분리 영상을 복원할 수 있다.
- [79] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 시퀀스를 도시한 도면이다.
- [80] 도 3의 펄스 시퀀스(300)를 참조하면, 제어부(220)는 하나의 여기 RF 펄스(309) 및 가변 플립각(flip angle)을 갖는 N 개의 리포커싱 RF 펄스들(310)을 대상체에 적용할 수 있다. 제어부(220)는 각 리포커싱 RF 펄스가 대상체에 적용된 후, M 개의 리드아웃 경사펄스 및 (M-1) 개의 블립펄스를 추가로 적용할 수 있다.
- [81] 구체적으로, 제어부(220)는 물과 지방 간의 위상 차이를 기초로, 각 리드아웃 경사펄스가 인가되는 타이밍(즉, TE) 및 리드아웃 경사펄스들 간의 사이시간(t_1, t_2)을 결정한다. 만약, 결정된 사이시간(t_1, t_2)이 동일하다면, 제1 에코 신호(331)

및 제3 에코 신호(333)는 그레디언트 에코이며, 제2 에코 신호(332)는 스핀 에코이다. 그러나, 결정된 사이시간(t_1 , t_2)이 상이하다면, 제1 내지 제3 에코 신호(331, 332, 333)는 모두 그레디언트 에코이다.

[82] 한편, 제어부(220)는 제1 리포커싱 RF 펄스(311)가 대상체로 적용된 후, 리드아웃 경사자장(304)을 형성하는 리드아웃 경사펄스들 간의 사이 시간(t_1 , t_2)에서, 슬라이스 선택 경사자장(302) 및 위상 부호화 경사자장(303)을 형성하는 제1 블립펄스 그룹(321) 및 제2 블립펄스 그룹(322)을 추가 적용할 수 있다. 이에 따라, 제어부(220)는 서로 다른 공간 정보(k_y - k_z)를 갖는 제1 에코 신호(331), 제2 에코 신호(332) 및 제3 에코 신호(333)를 획득할 수 있다.

[83] 제어부(220)는 제2 리포커싱 RF 펄스(312)가 대상체로 적용된 후에도 전술한 동작을 반복하여 수행함으로써, 제2 리포커싱 RF 펄스(312)에 대응하여 획득하는 에코 신호들(334, 335, 336) 각각이 서로 다른 공간 정보를 갖도록 할 수 있다.

[84] 한편, 위 설명에서는 펄스 시퀀스(300)가 하나의 에코 트레인 동안 세 개의 에코 신호들(334 내지 336)을 획득하는 것으로 도시하였으나, 펄스 시퀀스는 네 개 이상의 에코 신호들을 획득하기 위한 리드아웃 경사펄스를 포함할 수도 있다. 이 경우, 펄스 시퀀스는 세 개 이상의 블립펄스 그룹을 포함할 수 있다.

[85] 또한, 도 3에서는, 단절편 영상을 복원하기 위한, 비선택적 여기(non-selective excitation pulse) RF 펄스 및 가변 플립각을 포함한 리포커싱 RF 펄스들을 포함하는 펄스 시퀀스(300)를 도시하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않는다.

[86] 제어부(220)는, 도 4에 도시된 바와 같이, 선택적 절편 영상을 복원하기 위한, 선택적 여기(selective excitation) RF 펄스 및 가변 플립각을 포함한 리포커싱 RF 펄스들을 포함하는 펄스 시퀀스(400)를 대상체에 적용할 수도 있다.

[87] 이때, 리포커싱 RF 펄스들 각각의 크기는 직전의 리포커싱 RF 펄스가 생성한 신호의 크기를 기준으로 설정된다. 제어부(220)는 가변 플립각을 갖는 리포커싱 RF 펄스들을 대상체에 적용함으로써, 동일한 크기(예를 들어, 하나의 기준 크기)의 리포커싱 RF 펄스들을 반복하여 대상체 적용할 때보다 대상체에 미치는 자기장의 세기를 줄일 수 있어 전자파 흡수율을 낮추면서도 고속으로 자기 공명 신호(즉, 에코 신호)를 획득할 수 있다. 또한, 고속 스핀 에코 펄스 시퀀스에서 야기되는 크기 신호의 변조인 T2감쇄 현상을 극복하고 고해상도의 영상을 획득할 수 있다.

[88] 한편, 도 4의 각 리포커싱 RF 펄스가 대상체에 적용된 이후, 제어부(220)는 도 3에서 전술한 방법으로 복수의 리드아웃 경사펄스 및 블립펄스를 대상체로 적용할 수 있다.

[89] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 펄스 시퀀스를 도시한 다른 도면이다.

[90] 도 5를 참조하면, 제어부(220)는 그레디언트 에코(GE: gradient echo) 기법에 따른 N 개의 여기 RF 펄스를 포함하는 펄스 시퀀스(500)를 대상체로 적용할 수 있다. 또한, 제어부(220)는 각 여기 RF 펄스가 적용된 후, M 개의 리드아웃

경사펄스 및 (M-1) 개의 블립펄스를 대상체로 적용할 수 있다. 이 경우, 도 5의 펄스 시퀀스(500)는 각 여기 RF 펄스에 의해 여기된 원자의 공명을 프리페이징(prephasing)하기 위한 프리페이징 펄스(520)를 더 포함할 수 있다.

- [91] 제어부(220)는 물과 지방 간의 위상 차이를 기초로, 각 리드아웃 경사펄스가 인가되는 타이밍(즉, TE) 및 리드아웃 경사펄스들 간의 사이시간(t_1 , t_2)을 결정한다. 이때, 도 5의 펄스 시퀀스(500)에 의해 획득되는 제1 내지 제3 에코 신호(541, 542, 543)는 모두 그레디언트 에코이다.
- [92] 구체적으로, 제어부(220)는 도 5의 펄스 시퀀스(500)에 따라, 각 여기 RF펄스가 대상체로 적용된 후, 결정된 타이밍(즉, TE)에 따라 리드아웃 경사자장(504)을 형성하는 리드아웃 경사펄스를 대상체에 적용하고, 리드아웃 경사펄스들 간의 사이시간(t_1 , t_2)에서 슬라이스 선택 경사자장(502) 및 위상 부호화 경사자장(503)을 형성하는 제1 블립펄스 그룹(531) 및 제2 블립펄스 그룹(532)을 대상체로 추가 적용할 수 있다. 이에 따라, 제어부(220)는 서로 다른 공간 정보를 갖는 제1 에코 신호(541), 제2 에코 신호(542) 및 제3 에코 신호(543)를 획득할 수 있다.
- [93] 도 6a 및 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따라 도 2의 제어부(220)가 에코 신호들을 서로 다른 k-공간으로 매핑하는 방법을 도시한 도면이다.
- [94] 도 6a를 참조하면, 제어부(220)는 각 에코 트레인(도 3 및 도 4의 경우) 또는 반복 시간(TR: repetition time)(도 5의 경우) 내에서 에코 신호들을 제1 내지 제3 k-공간(621 내지 623)으로 각각 매핑할 수 있다. 이때, 에코 신호들은 인터리브드(interleaved) 방식으로 각 k-공간에 매핑될 수 있다.
- [95] 제어부(220)는 위상 인코딩 경사자장을 형성하며, 크기가 (+i) 인 블립펄스들을 적용할 수 있다. 이에 따라, 획득되는 제1 에코 신호(611)의 k_y 공간 정보가 (j) 인 경우, 제2 에코 신호(612)의 k_y 공간 정보는 (j+i) 이고, 제3 에코 신호(613)의 k_y 공간 정보는 (j+2*i) 일 수 있다. 따라서, 하나의 에코 트레인(또는 하나의 TR)에서 획득되는 에코 신호들 각각은 서로 다른 k_y 공간으로 매핑될 수 있다.
- [96] 구체적으로, 제어부(220)는 각 에코 신호의 k_y 공간 정보(즉, +i)를 이용하여, 각 에코 신호에 대응하는 k-공간을 결정할 수 있다. 따라서, 제1 에코 트레인(또는 제1 TR)의 제1 에코 신호(611)와 제2 에코 트레인(또는 제2 TR)의 제1 에코 신호(614)는 제1 k-공간(621)으로 매핑되며, 제1 에코 트레인(또는 제1 TR)의 제2 에코 신호(612)와 제2 에코 트레인(또는 제2 TR)의 제2 에코 신호(615)는 제2 k-공간(621)으로 매핑된다. 또한, 제1 에코 트레인(또는 제1TR)의 제3 에코 신호(613)와 제2 에코 트레인(또는 제2 TR)의 제3 에코 신호(616)는 제3 k-공간(623)으로 매핑된다. 또한, 제1 내지 제3 에코 신호들(211 내지 213, 또는 214 내지 216)은 제1 내지 제3 k-공간(621 내지 623)의 k_y 방향의 서로 다른 라인으로 매핑될 수 있다. 이때, 제1 내지 제3 에코 신호들(211 내지 213, 또는 214 내지 216) 각각이 제1 내지 제3 k-공간(621 내지 623)으로 매핑되는 라인들은 서로(+i) 만큼 떨어져 있을 수 있다. 만약, 대상체에 적용된 블립펄스들의 크기가

(+2*i) 인 경우, 제1 내지 제 3 에코 신호들(211 내지 213, 또는 214 내지 216) 각각은 제1 내지 제3 k-공간(621 내지 623)의 ky 방향으로 (+2*i)만큼 떨어진 라인들로 매핑될 수 있다.

- [97] 한편, 도 6a에서는 설명의 편의를 위하여, 제어부(220)가 에코 신호들을 k-공간의 각 라인으로 풀 샘플링(full-sampling)하는 예를 설명하였으나, 이에 제한되지 않는다. 예를 들어, 제어부(220)는 에코 신호들을 언더샘플링(under-sampling)(예를 들어, k-공간의 중심부에 대응하는 에코 신호를 샘플링하고, 그 외의 데이터는 보간하는 샘플링 기법)하여, 타원(elliptical) 형태의 k-공간을 획득할 수도 있다. 이때, 제어부(220)는 k-공간의 저주파수 영역(중앙부)에서 나이퀴스트(Nyquist) 비율로 샘플링하고, k-공간의 고주파수 영역(주변부)에서 나이퀴스트 비율보다 작은 비율로 샘플링할 수 있다.
- [98] 또한, 도 6b에 도시된 바와 같이, 제어부(220)는 삼차원 영상 복원을 위해 k-공간의 ky-kz 에 대한 샘플링을 더 수행할 수 있다. 이때, 제1 내지 제3 k 공간(631, 632, 633)은 ky-kz 공간 정보를 기초로 구분될 수 있다.
- [99] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치(200)의 스캔 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [100] 자기 공명 영상 장치(200)의 제어부(220)는 적어도 하나의 RF 펄스 및 공간 부호화 경사펄스를 대상체에 적용한다(s710).
- [101] 제어부(220)는 대상체로부터 발생되는 복수의 에코 신호를 획득하기 위한 복수의 리드아웃 경사펄스 및 복수의 블립펄스를 대상체에 적용한다(s720). 이때, 복수의 블립펄스는, 리드아웃 경사펄스에 의해 형성되는 경사자장 이외의 적어도 하나의 다른 경사자장(예를 들어, 위상 인코딩 경사자장 및/또는 슬라이스 선택 경사자장)을 형성한다.
- [102] 한편, 제어부(220)는 대상체 내의 조직 성분들 간의 위상 차이(phase difference)를 기초로 결정된 복수의 에코시간(echo time, TE)에 따라, 복수의 리드아웃 경사펄스를 대상체로 적용하며, 연속하는 리드아웃 경사펄스의 사이시간에서 각 블립펄스를 대상체로 적용한다.
- [103] 이후, 제어부(220)는 복수의 블립펄스에 따라 서로 다른 공간 정보를 포함하는 복수의 에코 신호를 순차적으로 획득한다(s730). 예를 들어, 제어부(220)는 스캐너(210)와 유무선으로 연결되어, 스캐너(210)에서 수신된 에코 신호들을 제공받을 수 있다.
- [104] 제어부(220)는 서로 다른 공간 정보를 기초로, 복수의 에코 신호 각각을 복수의 k-공간 각각에 매핑한다(s740). 이때, 동일한 k-공간으로 매핑되는 에코 신호들은 동일한 에코 시간(TE)에 획득된 것으로서 동일한 위상 정보를 포함한다. 따라서, 서로 다른 k-공간 사이에는 위상 차이가 존재한다.
- [105] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 자기 공명 영상 장치(200)가 영상을 복원하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [106] 일 실시예에 따르면, 제어부(220)는 에코 방향으로 확장된 컨볼루션 커널

벡터(convolution kernel vector)을 획득한다(s810). 구체적으로, 제어부(220)는 이하의 수학식 1 및 수학식 2를 이용하여 에코 방향으로 확장된 컨볼루션 커널 벡터(G)를 획득할 수 있다.

[107] <수학식 1>

$$[108] \quad y_{e,l}(k) = \sum_{e',l',k',m} y_{e',l'}(k - |k - k'|) g_{e,l,m} \quad 0 < |k - k'| \leq L$$

[109] 상기 수학식 1에서 e 및 e'는 에코 신호의 인덱스, l 및 l'는 RF 코일의 인덱스, 및 k 및 k'는 k-공간의 인덱스를 의미한다. 또한, $y_{e,l}$ 는 하이브리드 커널(hybrid kernel)인 $(x - k_y - k_z)$ 내에서의 e 번째 에코 신호와 l 번째 RF

코일에 대응하는 복원 신호를 의미하며, $y_{e',l'}$ 는 결측 신호와 L 반경 이내에 위치하며, e' 및 l'에 대응하여 측정된 신호를 의미한다. 또한, m은 컨볼루션 커널 ($g_{e,l,m}$)의 인덱스이며, $g_{e,l,m}$ 은 e 및 l의 결측 신호를 복원하기 위한 컨볼루션 커널 벡터(G)의 m 번째 엘리먼트를 의미한다.

[110] 한편, 수학식 1은 아래의 수학식 2로 대체된다. 여기서, $y_{e,l}^{trg}(k)$ 는 타겟 캘리브레이션 신호를 의미하며, $y_{e',l'}^{src}(k)$ 는 타겟 캘리브레이션 신호와 L 반경 이내에 위치하는 소스 캘리브레이션 신호를 의미한다.

[111] <수학식 2>

$$[112] \quad y_{e,l}^{trg}(k) = \sum_{e',l',k',m} y_{e',l'}^{src}(k - |k - k'|) g_{e,l,m} \quad 0 < |k - k'| \leq L$$

[113] 아래의 수학식 3은 수학식 2를 일반화한 수식으로, 무어-판로즈 의사 역행렬(Moore-Penrose pseudo inverse)을 수행한 예이다.

[114] <수학식 3>

$$[115] \quad \min_G \|Y^{src}G - Y^{trg}\|_2^2$$

$$G = ((Y^{src})^H (Y^{src}))^{-1} (Y^{src})^H Y^{trg}$$

[116] 도 9를 참조하여 수학식 3을 살펴보면, 제어부(220)는 서로 다른 위상 정보(E1, E2, E3)를 포함하는 복수의 k-공간으로부터, 측정된 신호를 나타내는 행렬 Y^{src} , 결측 신호를 나타내는 Y^{trg} , 및 컨볼루션 커널 벡터(G)를 획득할 수 있다.

[117] 다시 도 8을 참조하면, 제어부(220)는 컨볼루션 커널 벡터(G)를 이용하여 결측 신호에 대응하는 데이터를 보간한다(s820).

[118] 한편, 위 설명에서는 컨볼루션 보간법(convolution interpolation)에 기초하여, 에코 방향으로 확장된 컨볼루션 커널을 이용하여 결측 데이터를 보간하는 방법을 설명하였으나, 이에 제한되지 않으며, 다양한 보간법을 이용하여 결측

데이터를 보관할 수 있다. 예를 들어, 제어부(220)는 이미지 공간에 압축 센싱 기법을 적용할 수 있다.

- [119] 이후, 제어부(220)는 보관된 데이터를 기초로, 위상 독립 영상 복원 기법을 이용하여 물-지방 분리 영상을 복원한다(s830). 제어부(220)는 보관된 복수의 k-공간에 대해 에코 방향으로 확장된 컨볼루션 커널(도 9의 왼쪽 도면 참조)을 이용하여 물-지방 분리 영상을 복원할 수 있다.
- [120] 또한, 구현예에 따라, 제어부(220)는 복수의 k-공간으로부터 획득된 이미지 공간에 대한 압축 센싱 기법을 이용하여, 물 및 지방 성분 간의 위상 차이에 따른 물-지방 분리 영상을 복원할 수 있다.
- [121] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따라 제어부(220)가 보관된 복수의 k-공간으로부터 물 및 지방 성분 각각에 대응하는 자기 공명 영상을 복원한 일례이다. 제어부(220)는 전술한 방법에 의해 보관된 복수의 k-공간을 푸리에 변환(fourier transform)할 수 있다. 이후, 제어부(220)는 위상독립 영상 복원 기법을 기초로, 물 성분에 대응하는 제1 자기 공명 영상(1010) 및 지방 성분에 대응하는 제2 자기 공명 영상(1020)을 복원할 수 있다.
- [122] 도 11 및 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따라 제어부(220)가 위상 이동을 보정하기 위한 위상 교정 스캔(phase correction scan) 작업을 수행하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [123] 도 11 및 도 12를 참조하면, 제어부(220)는 도 2내지 도 10에서 전술한 이미징 스캔 작업(1101) 이외에, 위상 이동을 보정하기 위한 위상 교정 스캔 작업(1102)을 수행할 수 있다. 위상 교정 스캔 작업(1102)은 이미징 스캔 작업(1101) 내에서 획득되는 에코 신호들의 위상 차이(phase shift)를 보정하기 위한 작업으로, 이를 통해 자기 공명 영상 장치(200)는 고해상도 영상을 획득할 수 있다. 예를 들어, 제어부(220)는 위상 교정 스캔 작업(1102)에서 획득된 정보를 기초로, 각 k-공간 내의 데이터가 해당 k-공간의 중심부에 대응되도록 보정할 수 있다.
- [124] 한편, 위상 교정 스캔 작업(1102)은 이미징 스캔 작업(1101)이 수행되기 전이나 이미징 스캔 작업(1101)이 수행된 이후에 수행될 수 있다. 예를 들어, 제어부(220)는, 도 11에 도시된 바와 같이, 위상 교정 스캔 작업(1102)의 결과값을 이용하여, 이미징 스캔 작업(1101)에서 각 k-공간의 데이터들의 위상 보정을 수행할 수 있다. 이 경우, 제어부(220)는 하이브리드 도메인(hybrid domain) 내에서, 위상 보정을 수행할 수 있다.
- [125] 또는, 제어부(220)는 도 12에 도시된 바와 같이, 위상 교정 스캔 작업(1102)의 결과값을 이용하여, 이미징 스캔 작업(1101) 내의 이미지 도메인(image domain)에서 자기 공명 영상 데이터를 보정할 수도 있다.
- [126] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 위상 교정 스캔 작업(1102)을 위한 펄스 시퀀스를 도시한 도면이다.
- [127] 도 13의 펄스 시퀀스(1300)를 참조하면, 제어부(220)는 위상 교정 스캔

작업(1102)을 수행하기 위한 제1 펄스 시퀀스 그룹(1301) 및 제2 펄스 시퀀스 그룹(1302)을 대상체에 적용할 수 있다.

- [128] 구체적으로, 제1 펄스 시퀀스 그룹(1301) 및 제2 펄스 시퀀스 그룹(1302)은 여기 RF 펄스 및 리포커싱 RF 펄스를 포함하며, 이에 대응하여 복수의 에코 신호를 획득하기 위한 복수의 리드아웃 경사펄스들을 포함할 수 있다. 단, 제1 펄스 시퀀스 그룹(1301) 및 제2 펄스 시퀀스 그룹(1302)은 리드아웃 경사자장(Gfrequency) 이외의 다른 경사자장(즉, 슬라이스 선택 경사자장(Gslice) 및 위상 부호화 경사자장(Gphase))으로 인가되는 경사펄스는 포함하지 않는다.
- [129] 또한, 제1 펄스 시퀀스 그룹(1301)의 리드아웃 경사펄스와 제2 펄스 시퀀스 그룹(1302)의 리드아웃 경사펄스는 서로 다른 극성을 갖는다. 제어부(220)는 제1 및 제2 펄스 시퀀스(1301 및 1302)의 동일한 TE(제1 TE, 제2 TE 및 제3 TE)에 대응하여 서로 다른 극성의 리드아웃 경사펄스에 의해 발생된 에코 신호들의 위상 차이값을 이용하여, 이미징 스캔 작업(1101) 내에서 획득되는 데이터들의 위상 보정을 수행할 수 있다. 예를 들어, 제어부(220)는 제1 TE에 대응하여 서로 다른 극성의 리드아웃 경사펄스에 의해 발생된 에코 신호의 위상 차이값(즉, 1311 및 1312의 차이값)을 이용하여, 도 3의 제1 에코 신호(331)를 보정할 수 있다.
- [130] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상 교정 스캔 작업(1102)을 위한 펄스 시퀀스를 도시한 다른 도면이다.
- [131] 도 14를 참조하면, 펄스 시퀀스(1400)는 제1 펄스 시퀀스 그룹(1401) 및 제2 펄스 시퀀스 그룹(1402)을 포함하며, 각 펄스 시퀀스 그룹은 여기 RF 펄스 및 프리페이징 경사펄스를 더 포함하는 리드아웃 경사펄스로 구성될 수 있다.
- [132] 또한, 각 펄스 시퀀스 그룹의 리드아웃 경사펄스들은 도 13에서와 같이, 서로 다른 극성을 가질 수 있다. 따라서, 제어부(220)는 도 13에서와 같이, 제1 및 제2 펄스 시퀀스(1301 및 1302)의 동일한 TE(제1 TE, 제2 TE 및 제3 TE)에 대응하여 서로 다른 극성의 리드아웃 경사펄스에 의해 발생된 에코 신호들의 위상 차이값을 이용하여, 이미징 스캔 작업(1101) 내에서 획득되는 데이터들의 위상 보정을 수행할 수 있다.
- [133] 도 15는 본 발명의 일 실시예에 따른 위상 교정 스캔 작업(1102)을 위한 펄스 시퀀스를 도시한 또 다른 도면이다.
- [134] 도 15를 참조하면, 위상 교정 스캔 작업(1102)을 위한 펄스 시퀀스(1500 및 1600)는 하나의 펄스 시퀀스 그룹으로 구성될 수 있다. 이 경우, 제어부(220)는 서로 다른 TE에 획득된 에코 신호들을 이용하여, 이미징 스캔 작업(1101) 내에서 획득되는 데이터들의 위상 보정을 수행할 수 있다.
- [135] 구체적으로, 도 15의 펄스 시퀀스(1500)는 여기 RF 펄스 및 리포커싱 RF 펄스를 포함하며, 이에 대응하여 복수의 에코 신호를 획득하기 위한 리드아웃 경사펄스들을 포함할 수 있다. 이 경우, 제어부(220)는 sig1 과 sig3을 평균화한 값과 sig2의 위상 차이값을 기초로, 이미징 스캔 작업(1101) 내에서 획득되는

데이터들의 위상 보정을 수행할 수 있다.

- [136] 한편, 위상 교정 스캔 작업(1102)을 위한 펄스 시퀀스는 하나의 RF 여기 펄스 및 프리페이징 펄스를 더 포함하는 리드아웃 경사펄스로 구성될 수도 있으며, 이에 한정되지 않고, 위상 이동을 보정하기 위한 다양한 펄스 시퀀스가 본 발명에 적용될 수 있다.
- [137] 도 16은 도 10의 자기 공명 영상의 위상 이동을 보정한 일례이다.
- [138] 도 16에 도시된 바와 같이, 제어부(220)는 물 성분에 대응하는 제1 자기 공명 영상(1010) 및 지방 성분에 대응하는 제2 자기 공명 영상(1020)에 대하여 위상 차이를 보정함으로써, 보다 고해상도의 자기 공명 영상(1610 및 1620)을 생성할 수 있다.
- [139] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행 가능한 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.
- [140] 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.
- [141] 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] 대상체를 스캔하는 자기 공명 영상 장치에 있어서,
 상기 대상체가 위치하는 보어(bore) 내부에 복수의 RF(radio frequency) 및
 경사자장(gradient)을 형성하고, 상기 대상체로부터 에코 신호(echo
 signal)를 수신하는 스캐너; 및
 펄스 시퀀스에 따라 상기 스캐너를 제어하는 제어부;를 포함하며,
 상기 제어부는
 적어도 하나의 RF 펄스 및, 공간 부호화 경사펄스를 상기 스캐너를 통해
 상기 대상체에 적용하고,
 상기 대상체로부터 방출되는 복수의 에코 신호를 획득하기 위한 복수의
 리드아웃(readout) 경사펄스 및 복수의 블립펄스(blip pulse)를 상기
 스캐너를 통해 상기 대상체에 적용하며,
 상기 복수의 블립펄스에 따라 서로 다른 공간 정보를 포함하는 복수의
 에코 신호를 순차적으로 획득하고, 상기 서로 다른 공간 정보를 기초로,
 상기 복수의 에코 신호 각각을 복수의 k-공간 각각에 매핑하는, 자기 공명
 영상 장치.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
 상기 복수의 블립펄스는
 리드아웃 경사펄스에 의해 형성되는 경사자장 이외의 적어도 하나의
 다른 경사자장을 형성하는 것인, 자기 공명 영상 장치.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
 상기 제어부는,
 상기 대상체 내의 물-지방 성분 간의 위상 차이(phase difference)를 기초로
 결정된 에코시간(echo time, TE)에 따라, 상기 복수의 리드아웃
 경사펄스를 상기 대상체로 적용하며,
 연속하는 리드아웃 경사펄스의 사이시간에서 각 블립펄스를 상기
 대상체로 적용하는 것인, 자기 공명 영상 장치.
- [청구항 4] 제 3 항에 있어서,
 상기 제어부는
 물 및 지방 성분 간의 위상 차이를 기초로, 상기 복수의 k-공간으로부터
 물-지방 분리 영상을 복원하는 것인, 자기 공명 영상 장치.
- [청구항 5] 제 2 항에 있어서,
 상기 제어부는
 하나의 TR 동안 하나의 여기(excitation) RF 펄스 및 N 개의
 리포커싱(refocusing) RF 펄스를 상기 대상체에 적용시키며,
 각 리포커싱 RF 펄스가 적용된 후, M 개의 리드아웃 경사펄스 및 (M-1)
 개의 블립펄스를 상기 대상체로 적용하는 것인, 자기 공명 영상 장치.

- [청구항 6] 제 2 항에 있어서,
상기 제어부는
하나의 TR 동안 N 개의 여기 RF 펄스를 상기 대상체로 적용시키며,
각 여기 RF 펄스가 적용된 후, M 개의 리드아웃 경사펄스 및 $(M-1)$ 개의
플립펄스를 상기 대상체로 적용하는 것인, 자기 공명 영상 장치.
- [청구항 7] 제 2 항에 있어서,
상기 제어부는
에코 방향으로 확장된 컨볼루션 커널 벡터(convolution kernel vector)를
산출하며, 상기 컨볼루션 커널 벡터를 기초로 상기 복수의 k -공간 내의
결측 신호에 대응하는 데이터를 보간하는 것인, 자기 공명 영상 장치.
- [청구항 8] 제 2 항에 있어서,
상기 제어부는
상기 복수의 k -공간으로부터 획득된 이미지 공간에 대한 압축 센싱
기법을 이용하여, 물 및 지방 성분 간의 위상 차이에 따른 물-지방 분리
영상을 복원하는 것인, 자기 공명 영상 장치.
- [청구항 9] 제 1 항에 있어서,
상기 제어부는
각 k -공간의 위상 차이를 보정하기 위한 적어도 하나의 RF 펄스 및
리드아웃 경사 펄스를 각각 포함하는 제1 펄스 시퀀스 그룹 및 제2 펄스
시퀀스 그룹을 상기 대상체로 적용하되,
상기 제1 펄스 시퀀스 그룹 내의 리드아웃 경사펄스와 상기 제2 펄스
시퀀스 그룹 내의 리드아웃 경사펄스는 서로 다른 극성으로 구성되는
것인, 자기 공명 영상 장치.
- [청구항 10] 제 9 항에 있어서,
상기 제어부는
상기 제1 펄스 시퀀스 그룹에 대응하여 수신된 에코 신호 및 상기 제2
펄스 시퀀스 그룹에 대응하여 수신된 에코 신호의 차이에 기초하여, 상기
복수의 k -공간 내 데이터의 위상 보정을 수행하는 것인, 자기 공명 영상
장치.
- [청구항 11] 제 9 항에 있어서,
상기 제어부는
상기 제1 펄스 시퀀스 그룹에 대응하여 수신된 에코 신호 및 상기 제2
펄스 시퀀스 그룹에 대응하여 수신된 에코 신호의 차이에 기초하여, 상기
복수의 k -공간으로부터 복원된 영상 데이터의 위상 보정을 수행하는
것인, 자기 공명 영상 장치.
- [청구항 12] 제 1 항에 있어서,
상기 제어부는,
각 k -공간의 위상 차이를 보정하기 위한 적어도 하나의 RF 펄스, 제1

리드아웃 경사펄스, 제2 리드아웃 경사펄스 및 제3 리드아웃 경사펄스를 상기 대상체로 적용하며,

상기 제1 내지 제3 리드아웃 경사펄스에 대응하여, 제1 에코 신호, 제2 에코 신호 및 제3 에코 신호를 순차적으로 수신하고,

상기 제1 에코 신호와 상기 제3 에코 신호의 평균값과 상기 제2 에코 신호의 차이에 기초하여, 상기 복수의 k-공간 내의 데이터들의 위상 보정을 수행하는 것인, 자기 공명 영상 장치.

- [청구항 13] 자기 공명 영상 장치가 대상체를 스캔하는 방법에 있어서,
- (a) 적어도 하나의 RF 펄스 및, 공간 부호화 경사펄스를 대상체에 적용하는 단계;
 - (b) 상기 대상체로부터 방출되는 복수의 에코 신호를 획득하기 위한 복수의 리드아웃(read-out) 경사펄스 및 복수의 블립펄스(blip pulse)를 적용하는 단계;
 - (c) 상기 복수의 블립펄스에 따라 서로 다른 공간 정보를 포함하는 복수의 에코 신호를 순차적으로 획득하는 단계; 및
 - (d) 상기 서로 다른 공간 정보를 기초로, 상기 복수의 에코 신호 각각을 복수의 k-공간 각각에 매핑하는 단계;를 포함하는, 방법.

- [청구항 14] 제 13 항에 있어서,
- 상기 복수의 블립펄스는
- 리드아웃 경사펄스에 의해 형성되는 경사자장 이외의 적어도 하나의 다른 경사자장을 형성하는 것인, 방법.

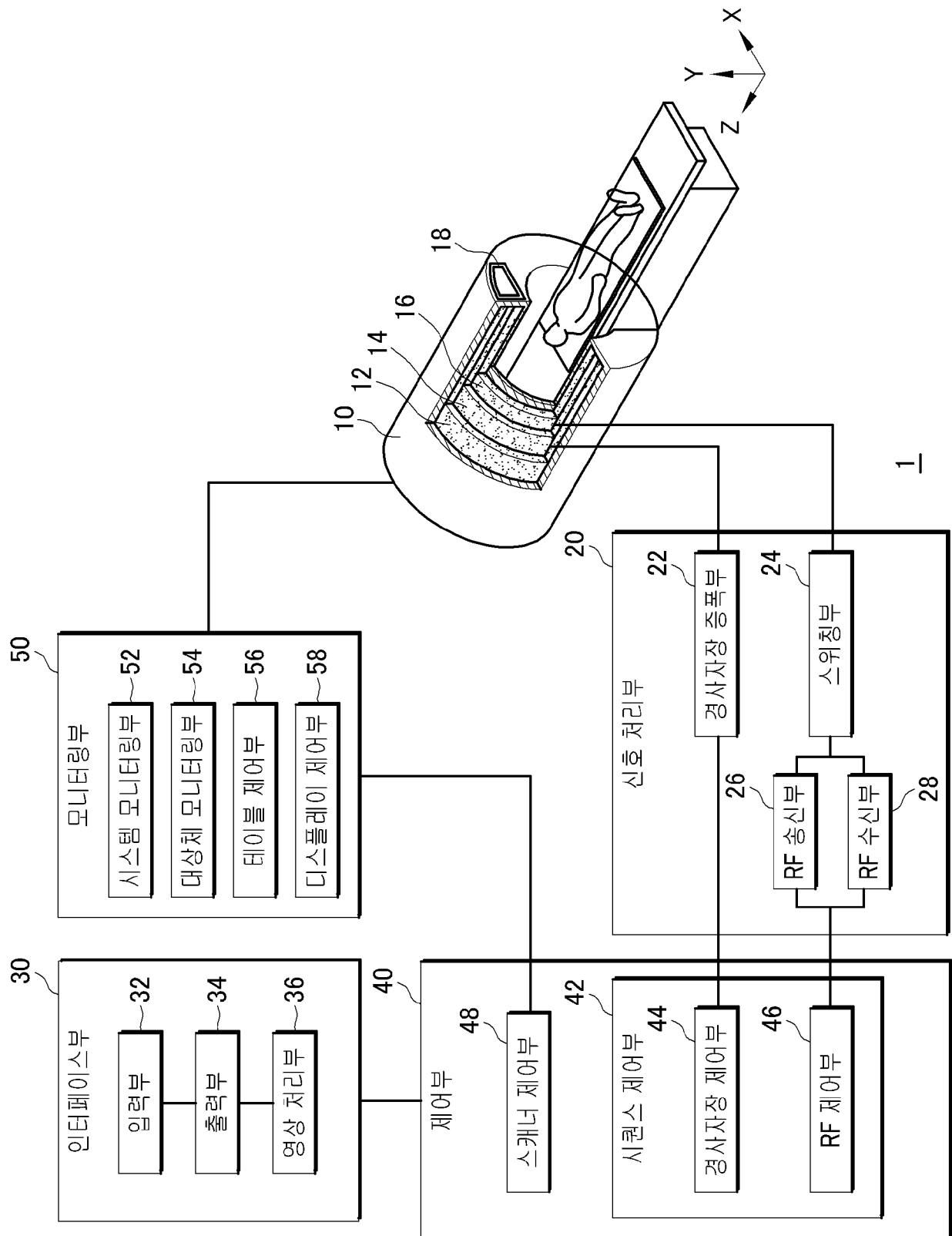
- [청구항 15] 제 14 항에 있어서,
- 상기 (b) 단계는
- 상기 대상체 내의 물-지방 성분 간의 위상 차이(phase difference)를 기초로 결정된 에코시간(echo time, TE)에 따라, 상기 복수의 리드아웃 경사펄스를 상기 대상체로 적용하며, 연속하는 리드아웃 경사펄스의 사이시간에서 각 블립펄스를 상기 대상체로 적용하는 단계;를 포함하는 것인, 방법.

- [청구항 16] 제 15 항에 있어서,
- 상기 방법은
- (c) 물 및 지방 성분 간의 위상 차이를 기초로, 상기 복수의 k-공간으로부터 물-지방 분리 영상을 복원하는 단계를 더 포함하는 것인, 방법.

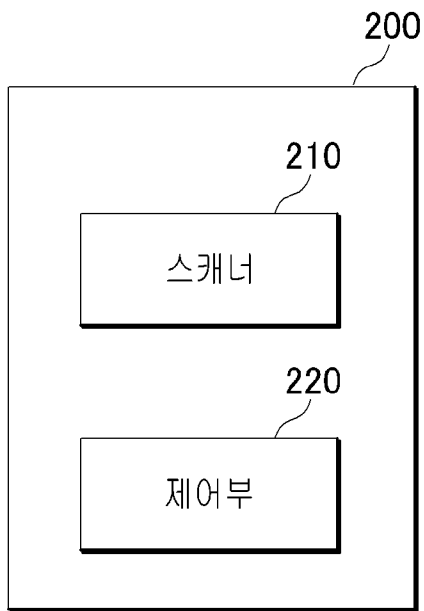
- [청구항 17] 제14 항에 있어서,
- 상기 (a) 단계는, 여기(excitation) RF 펄스 및 N 개의 리포커싱(refocusing) RF 펄스를 상기 대상체에 적용하며,
- 상기 (b) 단계는, 각 리포커싱 RF 펄스가 적용된 후, M 개의 리드아웃 경사펄스 및 (M-1) 개의 블립펄스를 상기 대상체로 적용하는 것인, 방법.

- [청구항 18] 제 14 항에 있어서,
 상기 (a) 단계는, N 개의 여기 RF 펄스를 상기 대상체로 적용시키며,
 상기 (b) 단계는
 각 여기 RF 펄스가 적용된 후, M 개의 리드아웃 경사 펄스 및 $(M-1)$ 개의
 블립펄스를 상기 대상체로 적용하는 것인, 방법.
- [청구항 19] 제 14 항에 있어서,
 상기 방법은
 (f) 에코 방향으로 확장된 컨볼루션 커널 벡터(convolution kernel vector)를
 산출하며, 상기 컨볼루션 커널 벡터를 기초로 상기 복수의 k -공간 내의
 결측 신호에 대응하는 데이터를 보간하는 단계를 더 포함하는, 방법.
- [청구항 20] 제 14 항에 있어서,
 상기 방법은,
 (g) 상기 (a) 단계 이전 또는 상기 (d) 단계 이후에, 각 k -공간의 위상 차이를
 보정하기 위한 적어도 하나의 RF 펄스 및 리드아웃 경사 펄스를 각각
 포함하는 제1 펄스 시퀀스 그룹 및 제2 펄스 시퀀스 그룹을 상기 대상체로
 적용하되,
 상기 제1 펄스 시퀀스 그룹 내의 리드아웃 경사펄스와 상기 제2 펄스
 시퀀스 그룹 내의 리드아웃 경사펄스는 서로 다른 극성으로 구성되는
 것인, 방법.
- [청구항 21] 제 20 항에 있어서,
 상기 방법은,
 (h) 상기 제1 펄스 시퀀스 그룹에 대응하여 수신된 에코 신호 및 상기 제2
 펄스 시퀀스 그룹에 대응하여 수신된 에코 신호의 차이에 기초하여, 상기
 복수의 k -공간 내의 데이터의 위상 보정을 수행하거나, 상기 복수의
 k -공간으로부터 복원된 영상 데이터의 위상 보정을 수행하는 단계를 더
 포함하는, 방법.
- [청구항 22] 제 13 항의 방법을 구현하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독
 가능한 기록 매체.

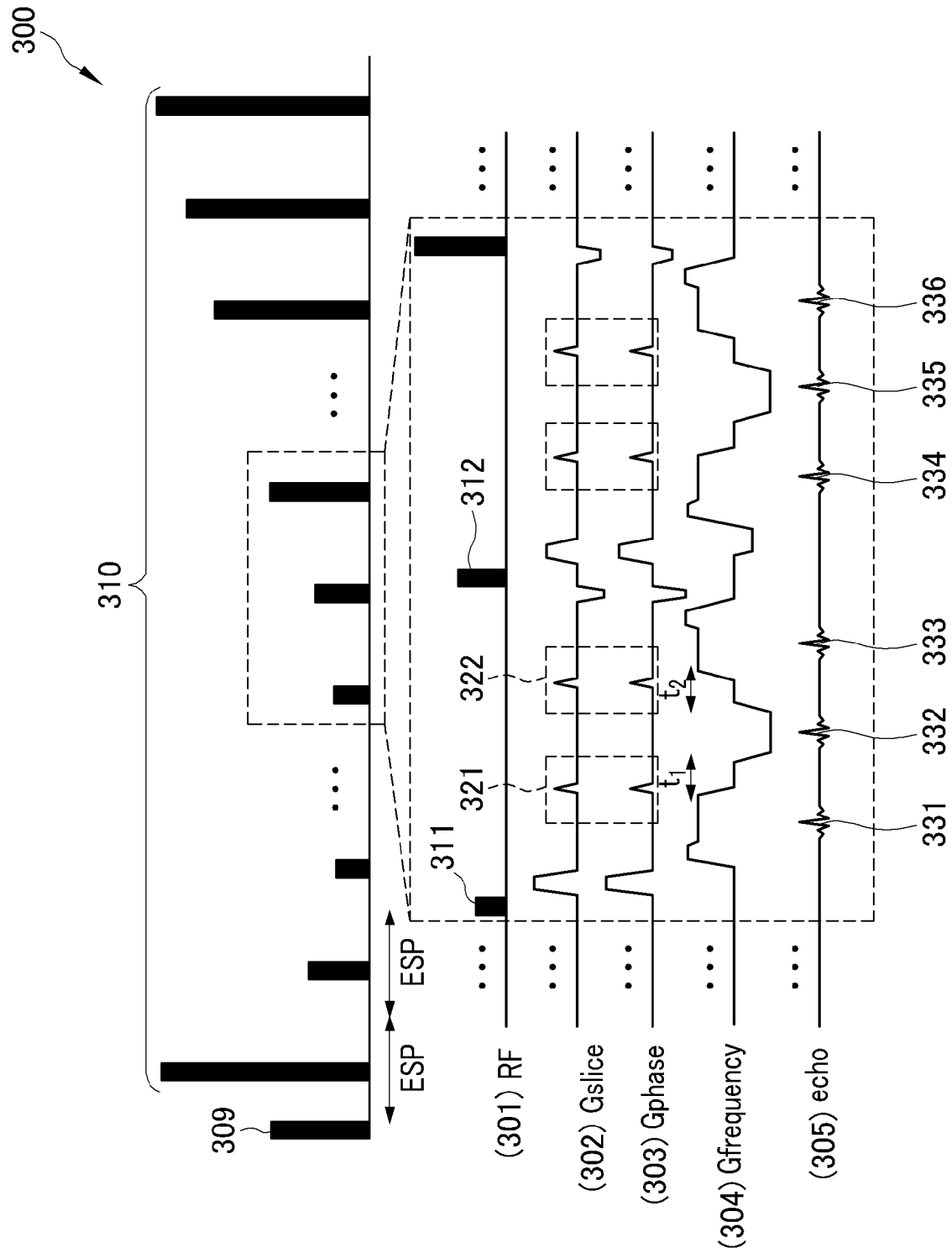
[도1]



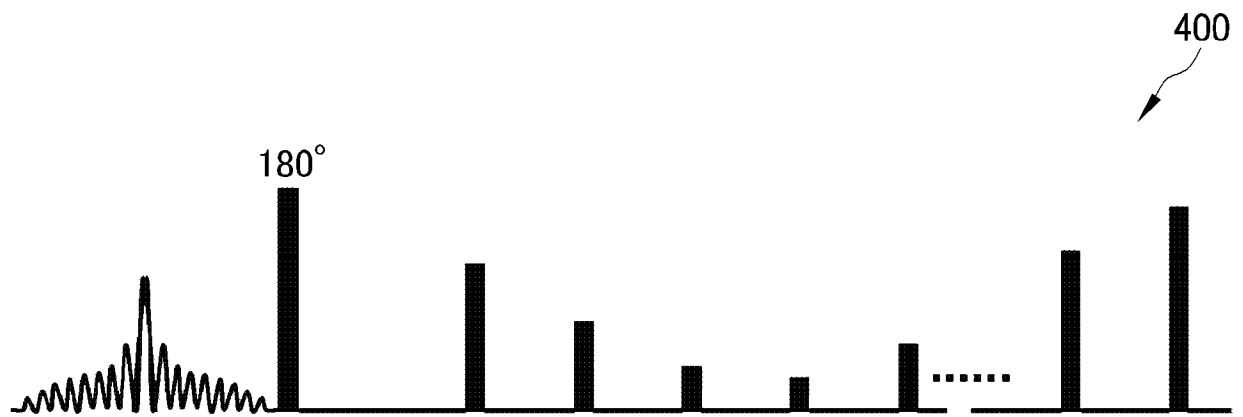
[도2]



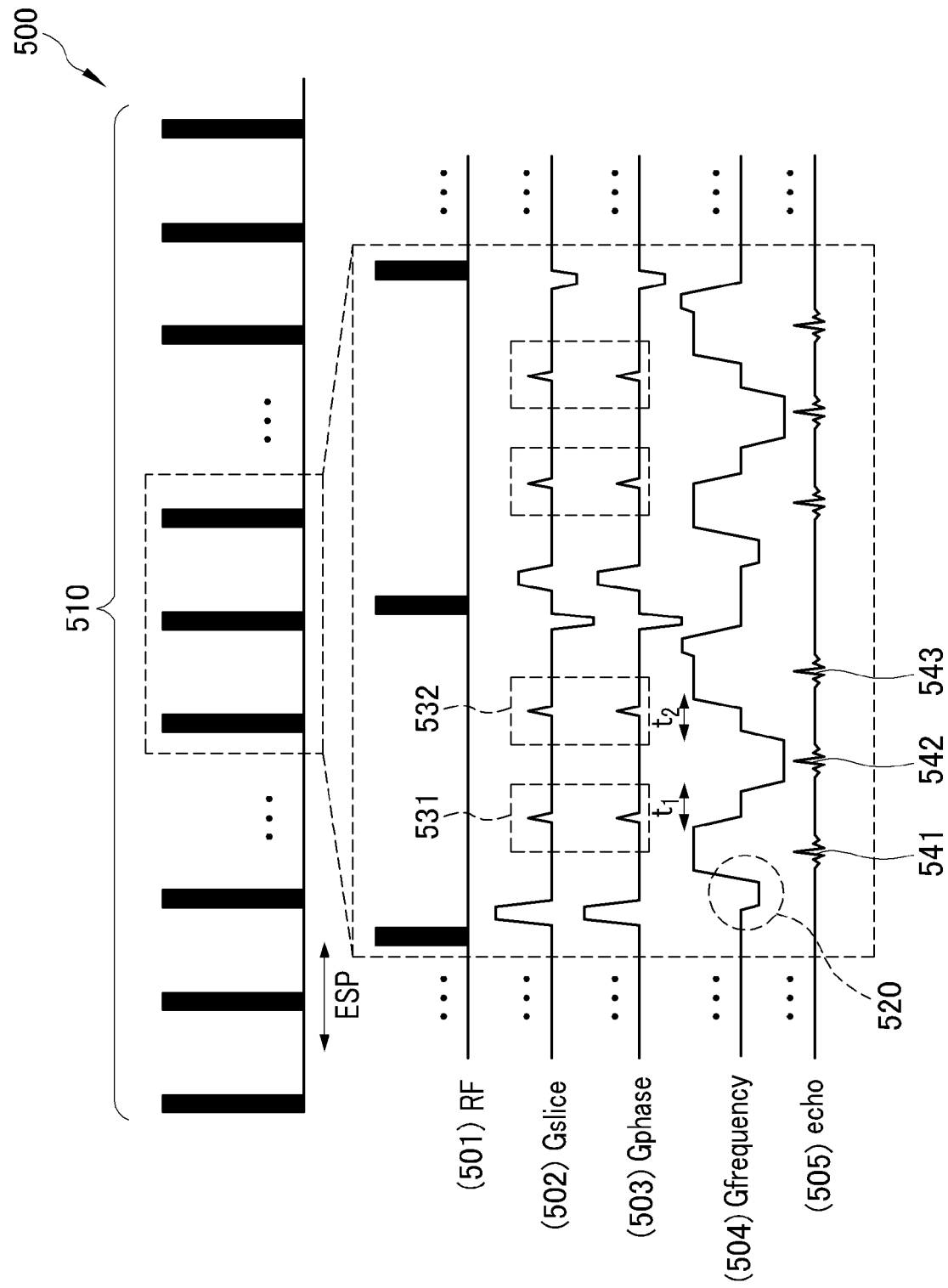
[도3]



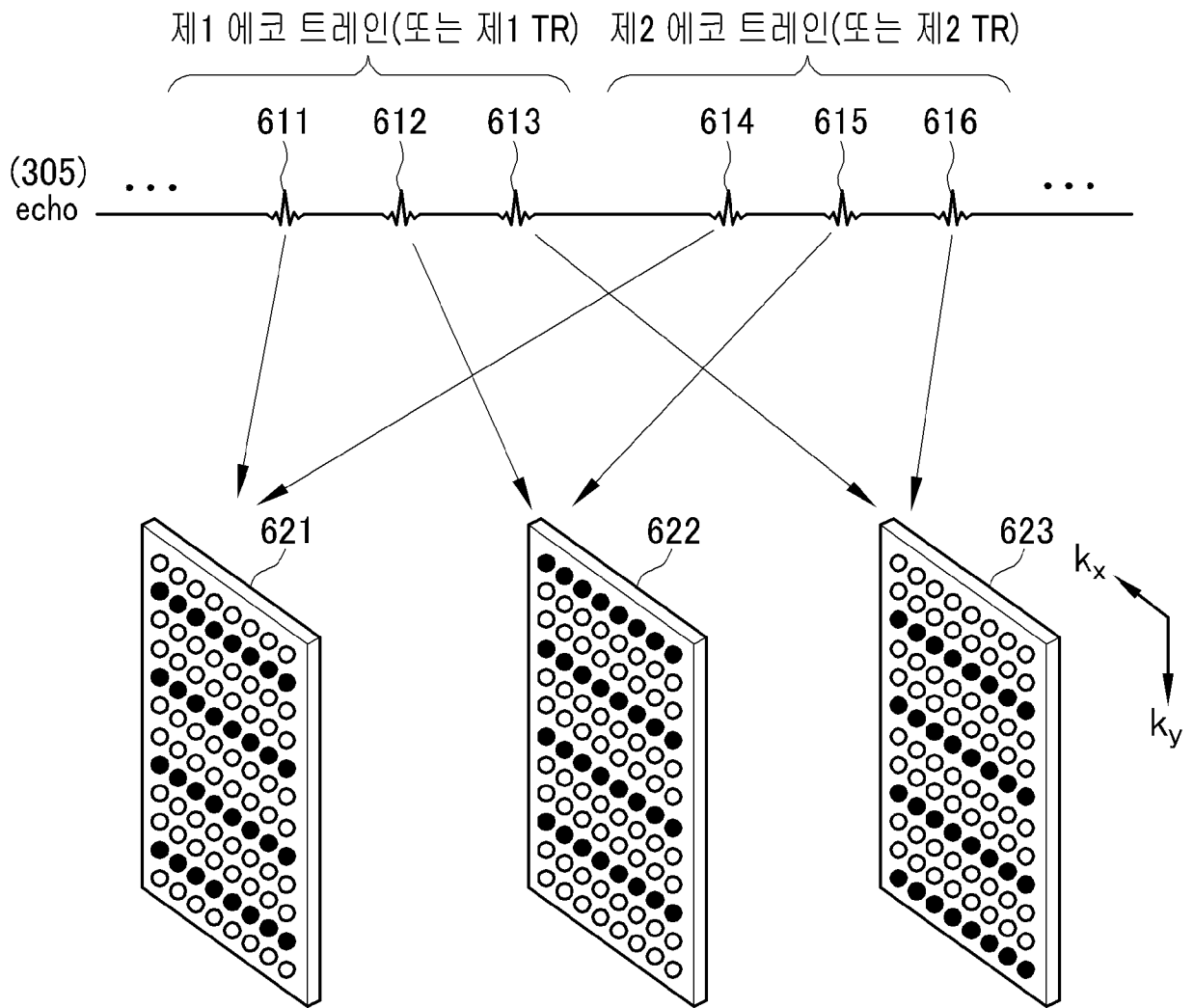
[도4]



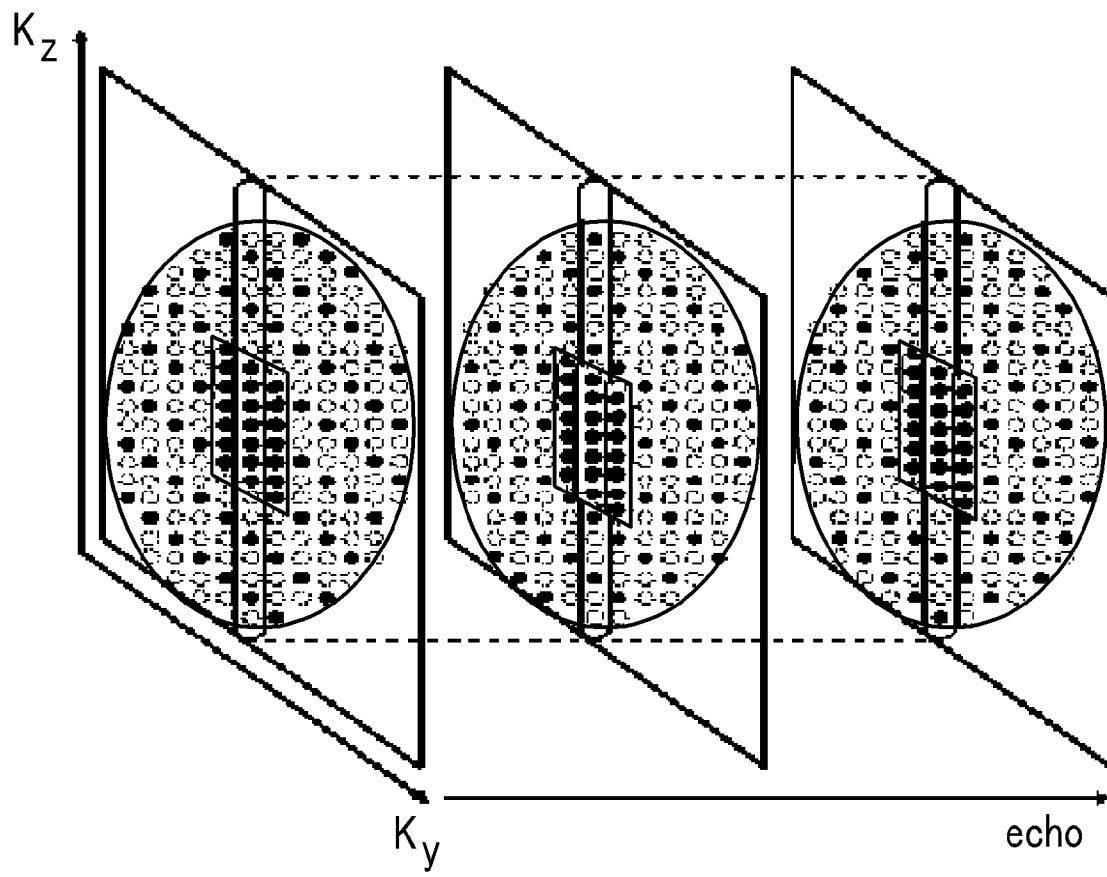
[도5]



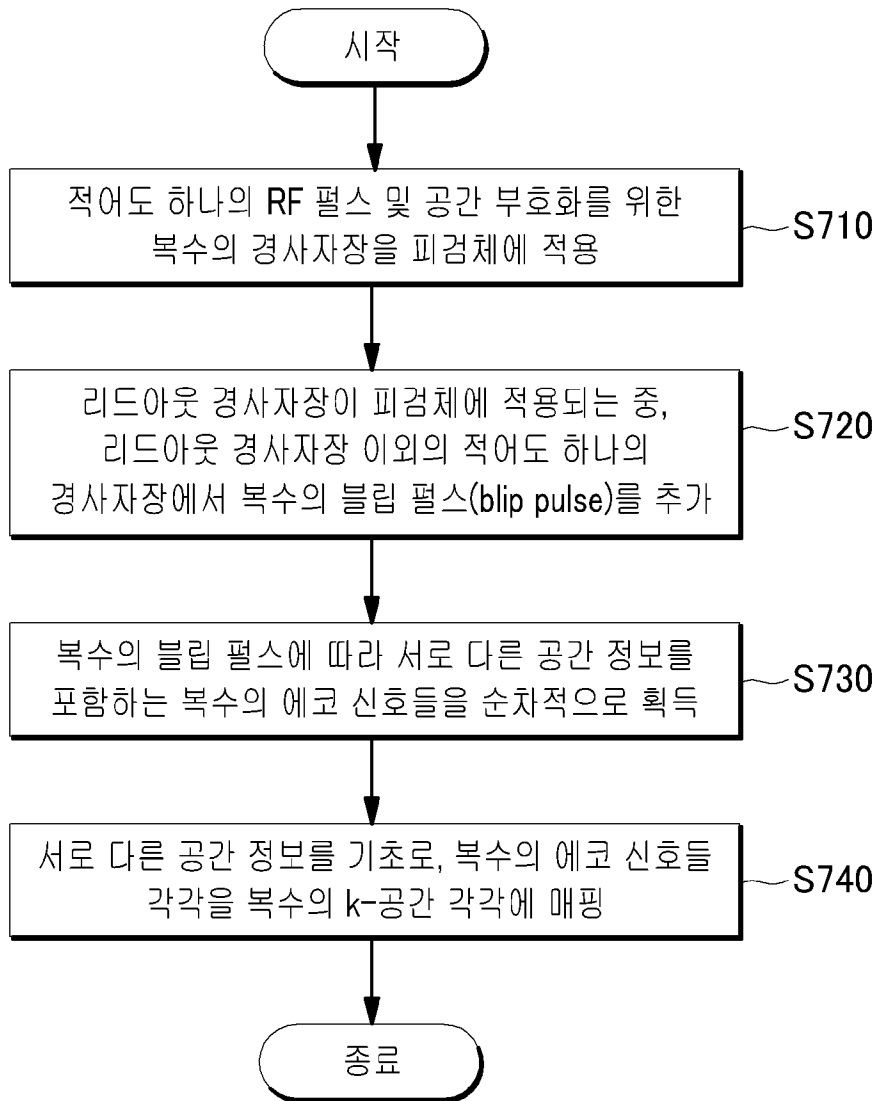
[도6a]



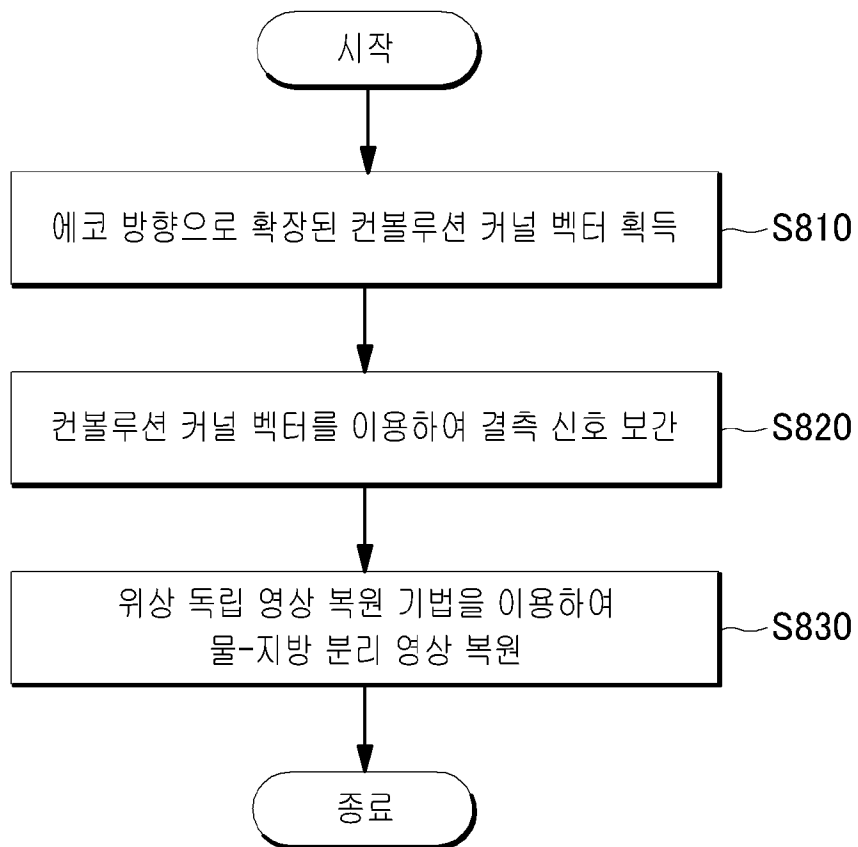
[도6b]



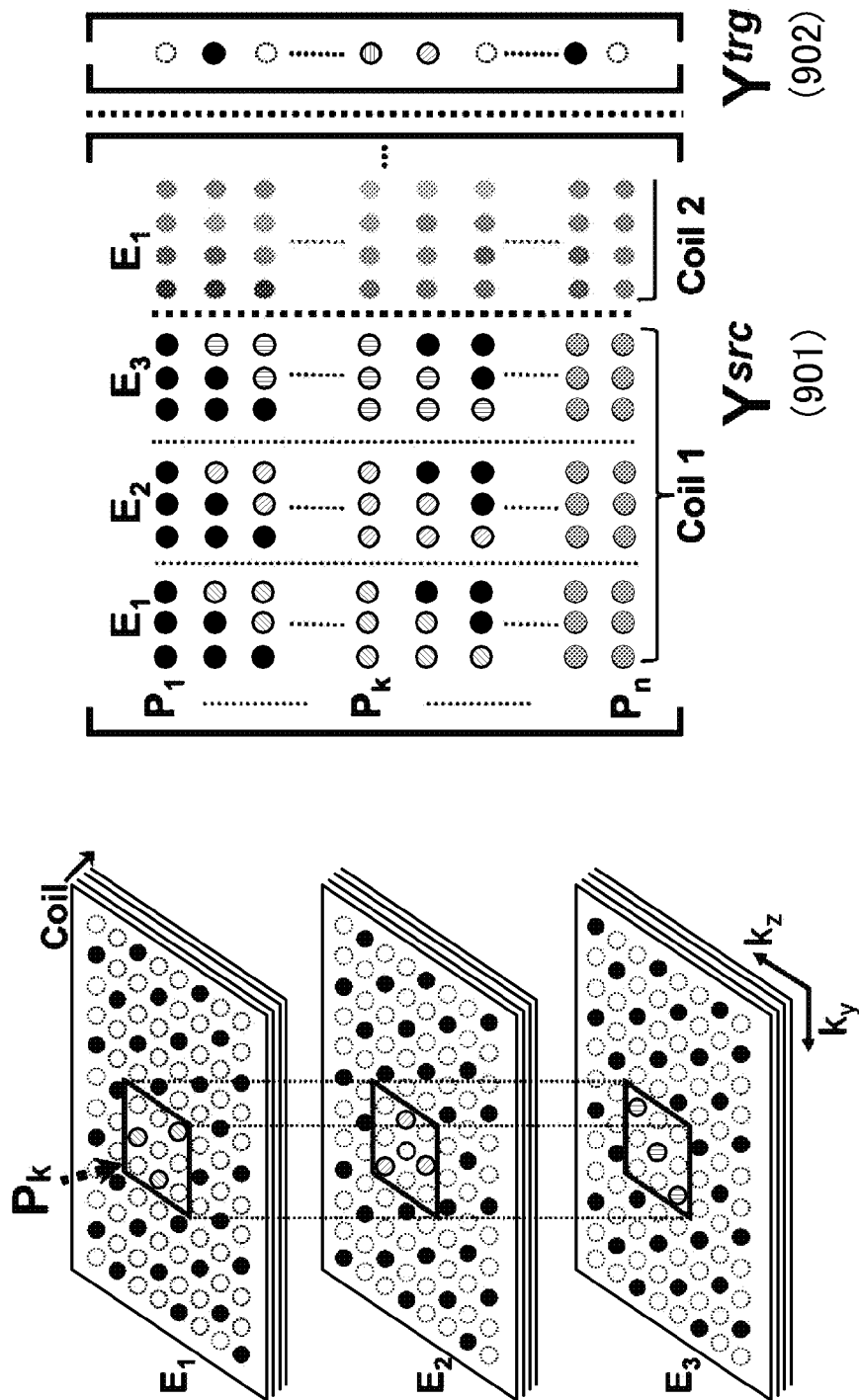
[도7]



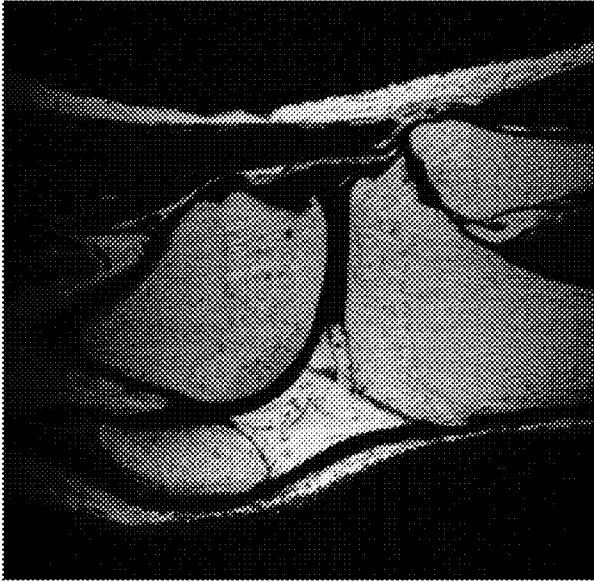
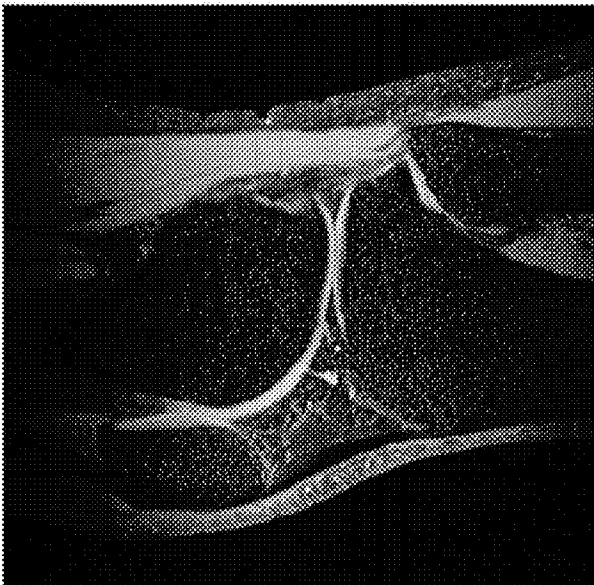
[도8]



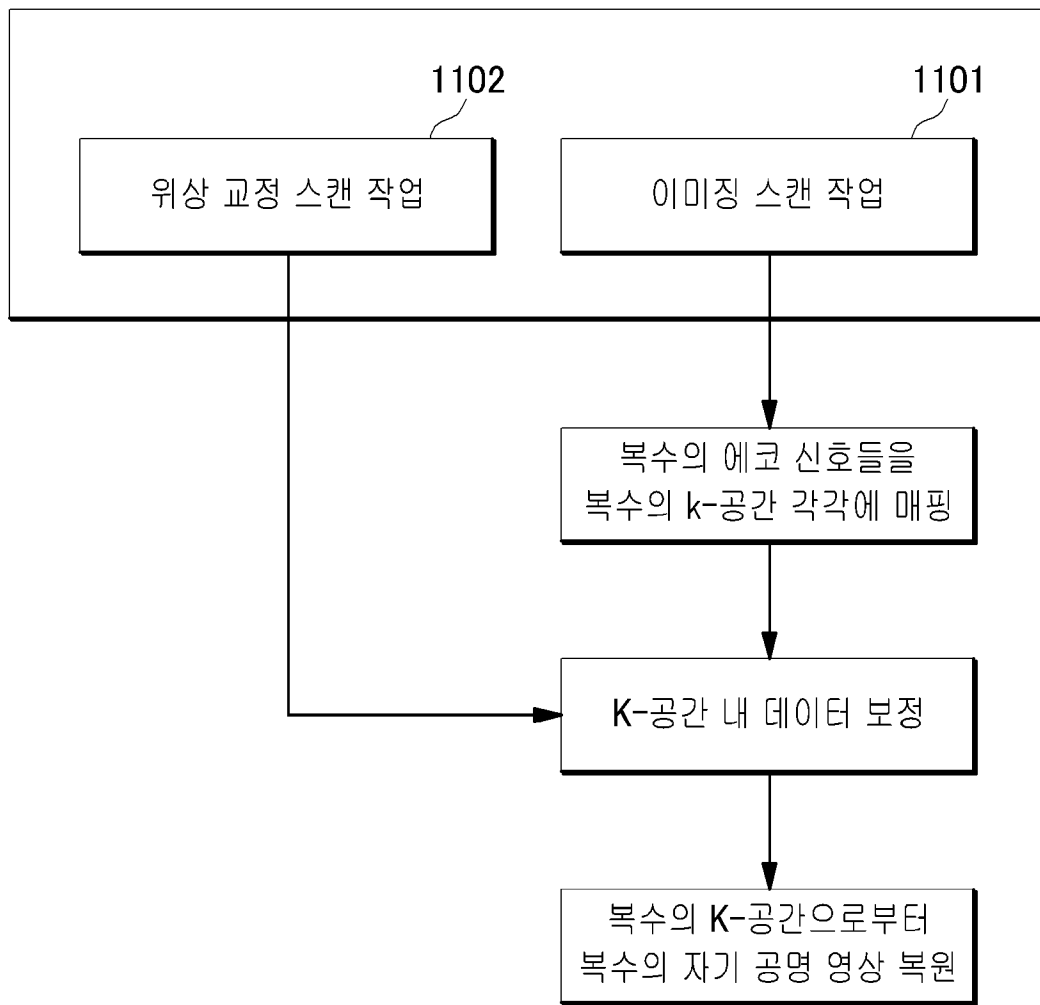
[도9]



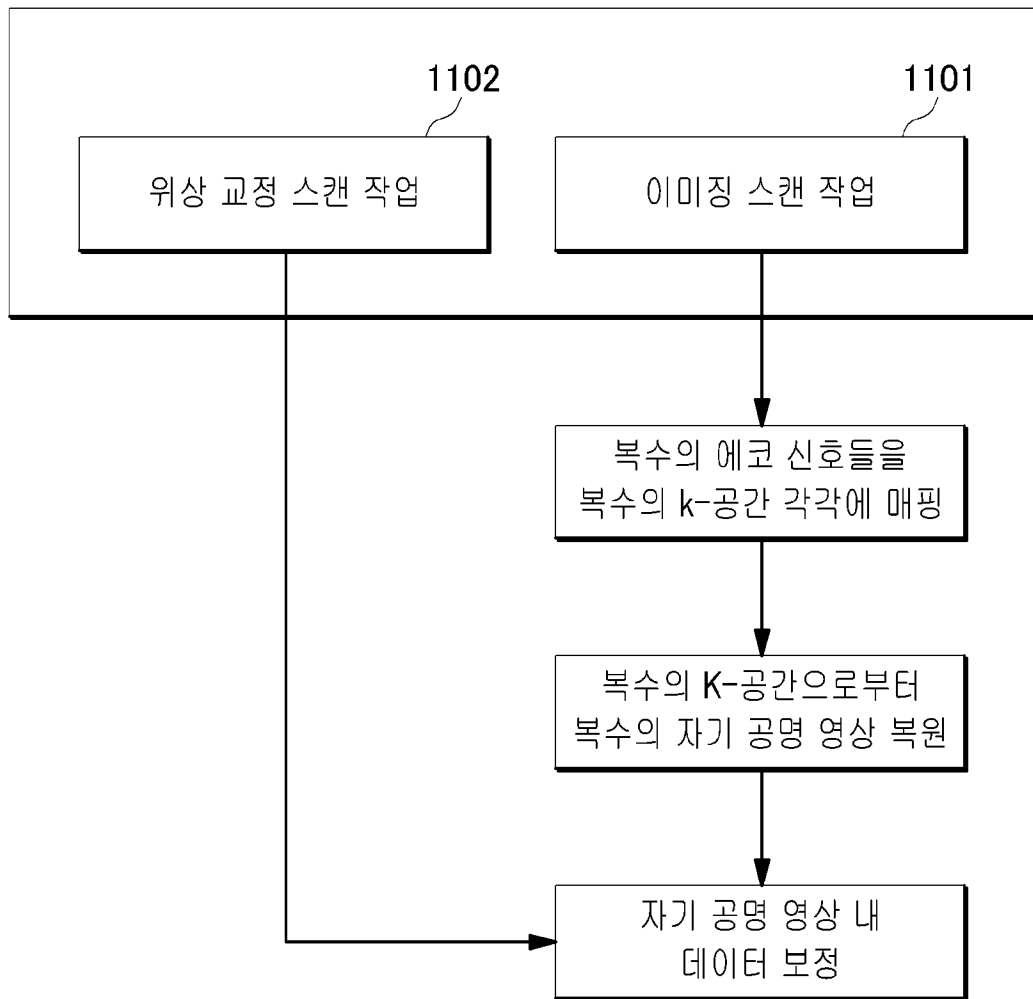
[도10]

10201010

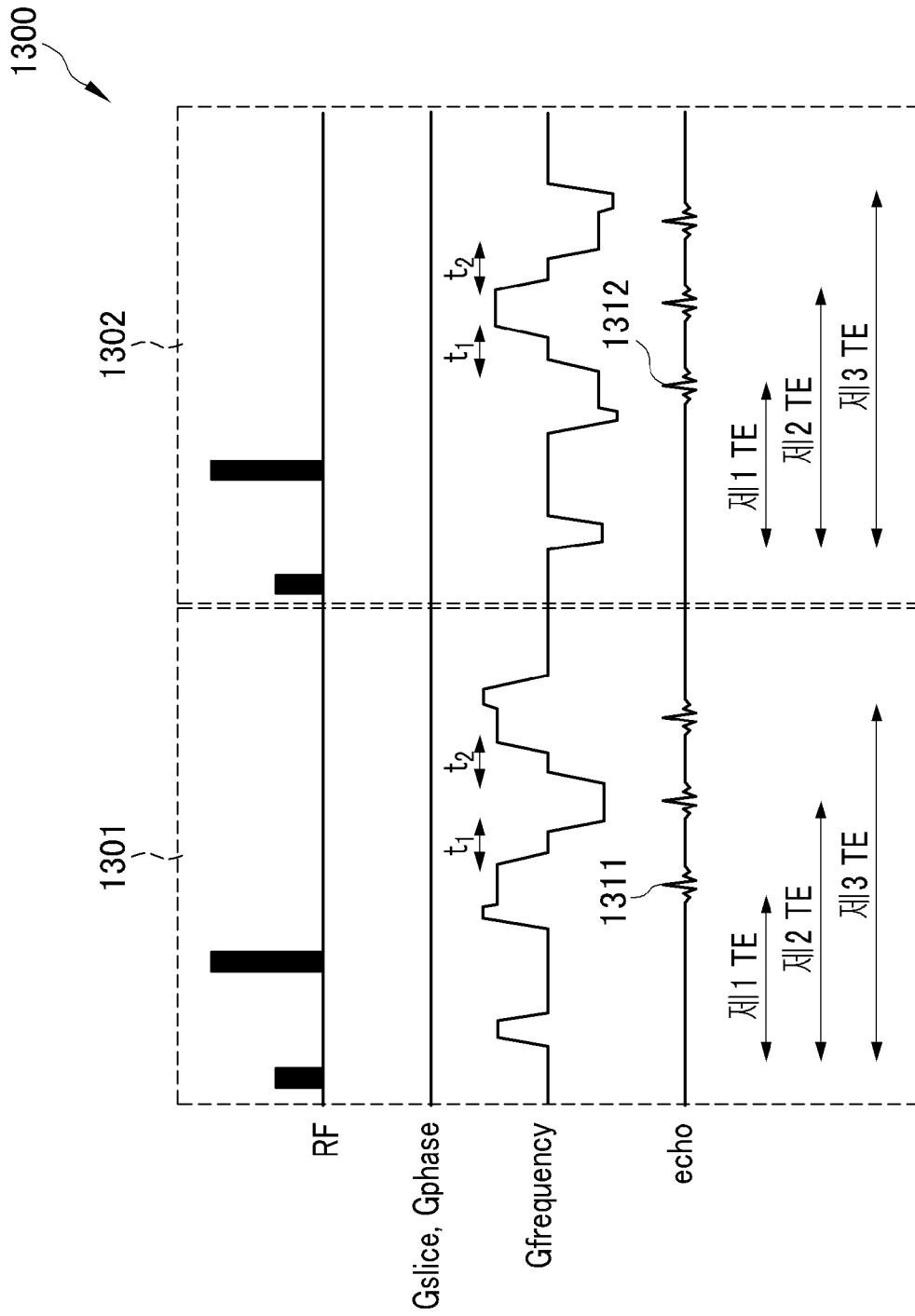
[도11]



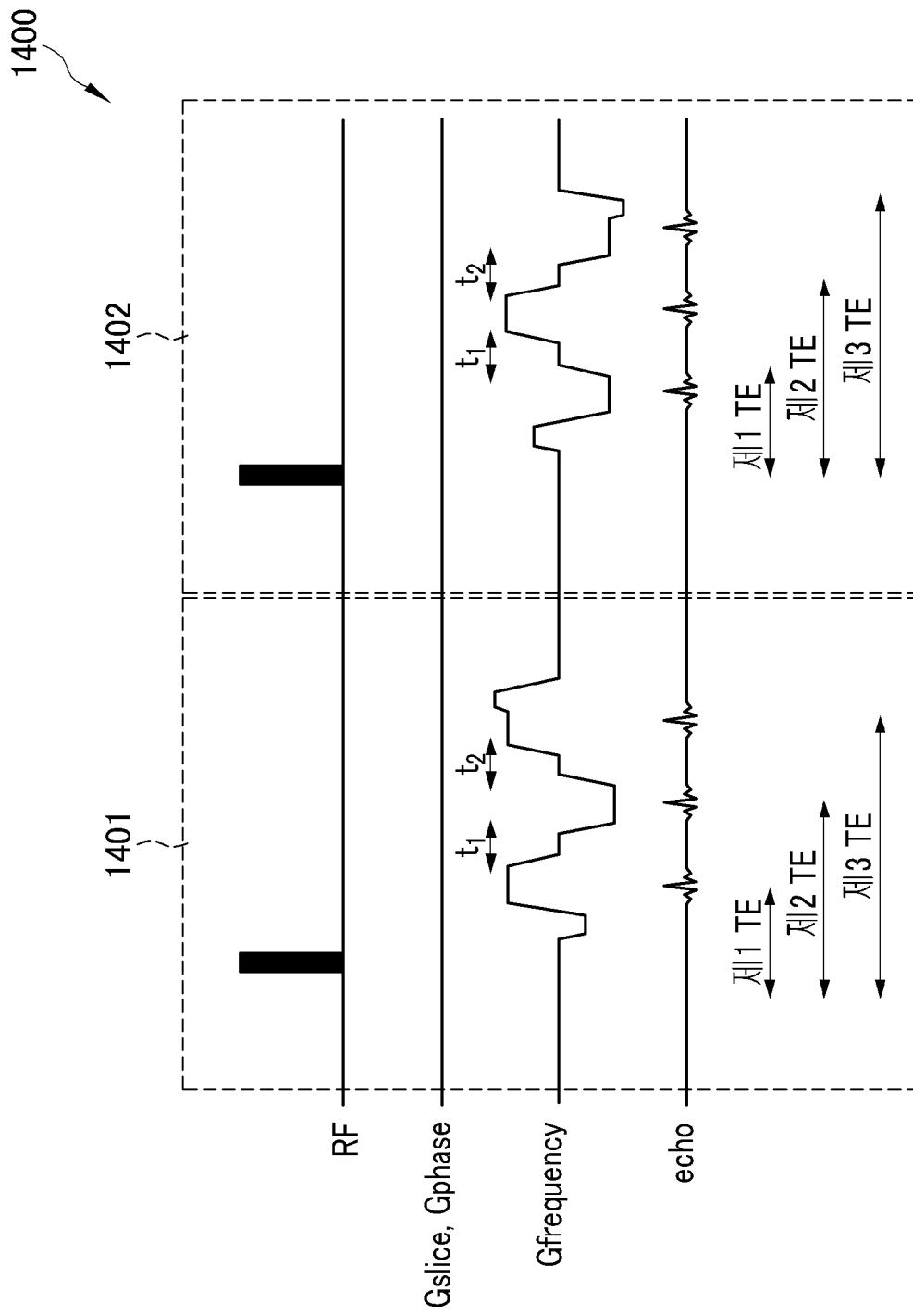
[도12]



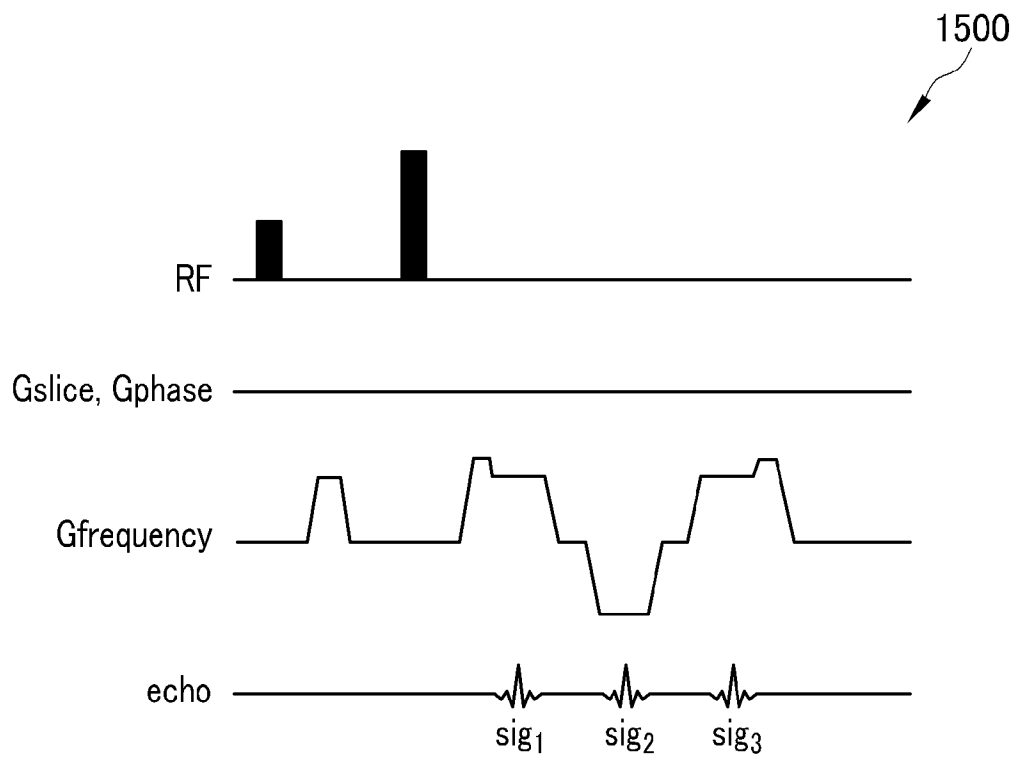
[도13]



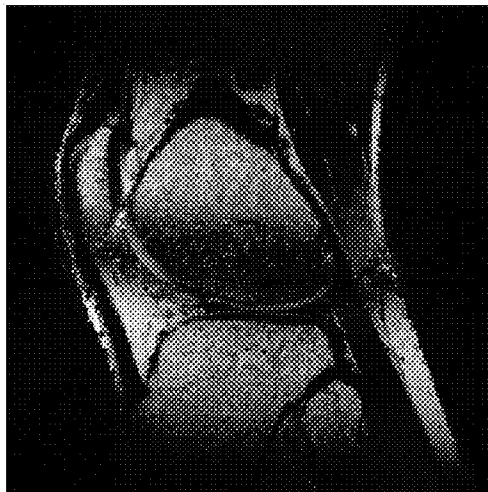
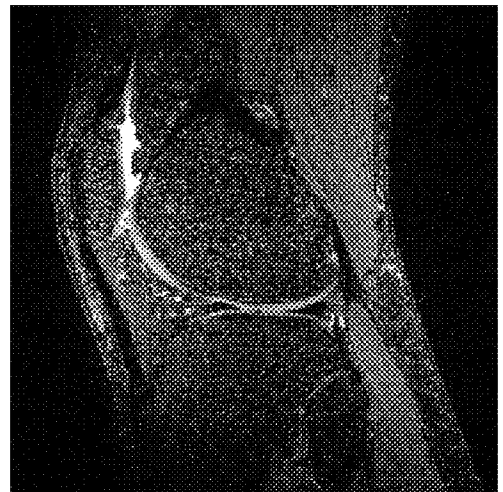
[도 14]



[도15]



[도16]

1010위상 차이 보정
→16101020위상 차이 보정
→1620

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2017/013520**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER***A61B 5/055(2006.01)i, G01R 33/56(2006.01)i, G01R 33/561(2006.01)i, G01R 33/48(2006.01)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; G01R 33/32; G01R 33/20; G01R 33/385; G01R 33/48; G01R 33/56; G01R 33/561

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: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

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

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: magnetic resonance, echo, k space, mapping, RF, space encoding, signal, incline pulse, blip pulse

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2016-0114447 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 05 October 2016 See claims 1-17 and figures 1, 2.	1-22
A	JP 2016-127952 A (TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS CORP.) 14 July 2016 See claims 1-4 and figure 1.	1-22
A	KR 10-2016-0056271 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 19 May 2016 See claims 1-20 and figure 3.	1-22
A	KR 10-2015-0018452 A (SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.) 23 February 2015 See claims 1-15 and figures 3, 4.	1-22
A	US 2012-0249143 A1 (UMEDA) 04 October 2012 See claims 1-17 and figure 1.	1-22



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

05 FEBRUARY 2018 (05.02.2018)

Date of mailing of the international search report

06 FEBRUARY 2018 (06.02.2018)

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. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2017/013520

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2016-0114447 A	05/10/2016	US 2016-0282437 A1	29/09/2016
JP 2016-127952 A	14/07/2016	CN 102727203 A	17/10/2012
		CN 102727203 B	29/07/2015
		JP 2012-213608 A	08/11/2012
		JP 2016-104229 A	09/06/2016
		JP 5925529 B2	25/05/2016
		JP 6194032 B2	06/09/2017
		JP 6194033 B2	06/09/2017
		US 2012-0249143 A1	04/10/2012
		US 9046590 B2	02/06/2015
KR 10-2016-0056271 A	19/05/2016	US 2016-0131729 A1	12/05/2016
KR 10-2015-0018452 A	23/02/2015	CN 104345289 A	11/02/2015
		CN 104345289 B	22/09/2017
		DE 102013215703 B3	05/02/2015
		JP 2015-033583 A	19/02/2015
		US 2015-0042334 A1	12/02/2015
US 2012-0249143 A1	04/10/2012	CN 102727203 A	17/10/2012
		CN 102727203 B	29/07/2015
		JP 2012-213608 A	08/11/2012
		JP 2016-104229 A	09/06/2016
		JP 2016-127952 A	14/07/2016
		JP 5925529 B2	25/05/2016
		JP 6194032 B2	06/09/2017
		JP 6194033 B2	06/09/2017
		US 9046590 B2	02/06/2015

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

A61B 5/055(2006.01)i, G01R 33/56(2006.01)i, G01R 33/561(2006.01)i, G01R 33/48(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

A61B 5/055; G01R 33/32; G01R 33/20; G01R 33/385; G01R 33/48; G01R 33/56; G01R 33/561

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 자기공명, 에코, k공간, 맵핑, RF, 공간부호화, 신호, 경사필스, 블립필스

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2016-0114447 A (삼성전자주식회사 등) 2016.10.05 청구항 1-17 및 도면 1,2 참조.	1-22
A	JP 2016-127952 A (TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS CORP.) 2016.07.14 청구항 1-4 및 도면 1 참조.	1-22
A	KR 10-2016-0056271 A (삼성전자주식회사 등) 2016.05.19 청구항 1-20 및 도면 3 참조.	1-22
A	KR 10-2015-0018452 A (지멘스 악티엔게젤샤프트 등) 2015.02.23 청구항 1-15 및 도면 3,4 참조.	1-22
A	US 2012-0249143 A1 (UMEDA) 2012.10.04 청구항 1-17 및 도면 1 참조.	1-22

☐ 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

2018년 02월 05일 (05.02.2018)

국제조사보고서 발송일

2018년 02월 06일 (06.02.2018)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

김연정

전화번호 +82-42-481-3325



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2016-0114447 A	2016/10/05	US 2016-0282437 A1	2016/09/29
JP 2016-127952 A	2016/07/14	CN 102727203 A	2012/10/17
		CN 102727203 B	2015/07/29
		JP 2012-213608 A	2012/11/08
		JP 2016-104229 A	2016/06/09
		JP 5925529 B2	2016/05/25
		JP 6194032 B2	2017/09/06
		JP 6194033 B2	2017/09/06
		US 2012-0249143 A1	2012/10/04
		US 9046590 B2	2015/06/02
KR 10-2016-0056271 A	2016/05/19	US 2016-0131729 A1	2016/05/12
KR 10-2015-0018452 A	2015/02/23	CN 104345289 A	2015/02/11
		CN 104345289 B	2017/09/22
		DE 102013215703 B3	2015/02/05
		JP 2015-033583 A	2015/02/19
		US 2015-0042334 A1	2015/02/12
US 2012-0249143 A1	2012/10/04	CN 102727203 A	2012/10/17
		CN 102727203 B	2015/07/29
		JP 2012-213608 A	2012/11/08
		JP 2016-104229 A	2016/06/09
		JP 2016-127952 A	2016/07/14
		JP 5925529 B2	2016/05/25
		JP 6194032 B2	2017/09/06
		JP 6194033 B2	2017/09/06
		US 9046590 B2	2015/06/02