

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2017년 1월 12일 (12.01.2017)



(10) 국제공개번호
WO 2017/007286 A1

- (51) 국제특허분류:
A61B 5/055 (2006.01) G01R 33/20 (2006.01)
A61B 5/00 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2016/007461
- (22) 국제출원일: 2016년 7월 8일 (08.07.2016)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2015-0097972 2015년 7월 9일 (09.07.2015) 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, 6114 동 901 호 (이의동, 이편한세상광교), Gyeonggi-do (KR). 박수형 (PARK,

Su Hyung); 02844 서울시 성북구 보문로 34 나길 24, 101 호 (동선동 3가, 우정리빙텔), Seoul (KR).

(74) 대리인: 특허법인 엠에이피에스 (MAPS INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 06543 서울시 서초구 사평대로 343, 4층 (반포동, 제일약품빌딩), Seoul (KR).

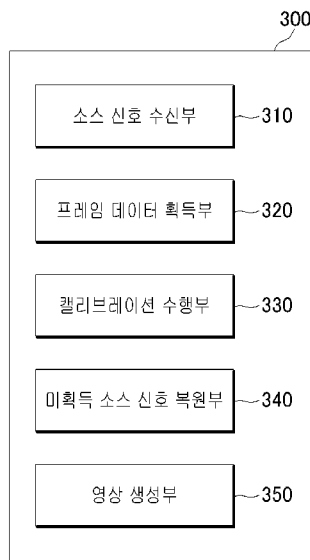
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, 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,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR PROCESSING PARALLEL MAGNETIC RESONANCE IMAGE

(54) 발명의 명칭 : 병렬 자기공명영상 처리장치 및 방법



- 310 ... Source signal receiving unit
320 ... Frame data obtaining unit
330 ... Calibrating unit
340 ... Unobtained source signal recovering unit
350 ... Image generating unit

(57) Abstract: A method for processing a parallel magnetic resonance image, according to one embodiment of the present invention, comprises: (a) a step of obtaining data on a plurality of frames by sampling source signals obtained from a subject to be inspected through a receiver coil; (b) a step of estimating spatiotemporal kernel vectors for data on each of the frames based on noise data of the receiver coil and the entire data on the plurality of frames, by considering the degree of mismatch between spatiotemporal kernel vectors for data on temporally adjacent frames; (c) a step of recovering an unobtained source signal using the estimated spatiotemporal kernel vectors; and (d) generating an image based on the data on the plurality of frames and the recovered unobtained source signal.

(57) 요약서: 본 발명의 일 실시예에 따르는, 병렬 자기공명영상 처리방법은 (a) 상기 수신 코일을 통해 피검체에 대하여 획득한 소스신호를 샘플링하여 복수의 프레임 데이터를 획득하는 단계; (b) 시간적으로 인접한 프레임 데이터들에 대한 시공간 커널 벡터들 간의 불일치 정도를 고려하여, 상기 수신 코일의 잡음 데이터와 상기 복수의 프레임 데이터 전체를 기초로 각 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하는 단계; (c) 상기 추정된 시공간 커널 벡터를 이용하여 미획득 소스신호를 복원하는 단계; 및 (d) 상기 복수의 프레임 데이터와 상기 복원된 미획득 소스신호를 기초로 영상을 생성하는 단계를 포함한다.

WO 2017/007286 A1



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 제 21 조(3))

명세서

발명의 명칭: 병렬 자기공명영상 처리장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 자기 공명 영상(Magnetic Resonance Image, MRI)을 처리하는 장치 및 방법에 관한 것으로서, 자기 공명 영상 촬영시 환자의 움직임에 의해 발생하는 엘리어싱 인공물(artifacts)과 잡음을 최소화하면서 영상 획득시간을 줄이는 고속 병렬 자기공명영상 처리장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로, 자기 공명 영상(MRI)을 처리하는 기기는 전자파 에너지의 공급에 따른 공명현상을 이용하여 환자의 특정부위에 대한 단층 영상을 획득하는 장치로서, X선이나 CT와 같은 촬영 기기에 비해 방사선 피폭이 없고 단층 영상을 비교적 용이하게 얻을 수 있어 널리 사용되고 있다. 자기 공명 영상을 생성하는 방법을 간략히 살펴보면, 자기 공명 영상을 촬영하는 피검체에 대해 고주파의 RF 신호를 복수 회 인가하여 피검체 내의 원자핵의 스핀을 여기시킨다. 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.
- [3] 자기 공명 영상 처리 방법 중 병렬 자기 공명 영상(pMRI: parallel Magnetic Resonance Imaging) 처리 방법은 코일 민감도(coil sensitivity) 정보를 이용하여, 영상 데이터의 획득과정에서 미획득된 소스신호를 추정하는 것을 특징으로 한다. 미획득 소스신호는 이미지 공간에서의 코일 민감도의 공간 변화량이나 k 공간(k-space)상에서의 인접하는 영상 신호들 사이의 공간 상호작용 값과 같은 선행정보를 활용하여 추정될 수 있다. 따라서, 이미지 재구성시 엘리어싱 인공물(artifacts)과 노이즈를 피하기 위해서는 캘리브레이션을 위한 정확한 선행 정보를 수집하는 것이 중요하다.
- [4] 그러나, 이러한 병렬 자기공명영상 기술은 캘리브레이션의 샘플 수가 감소할수록 행렬 역변환의 악조건 (ill-conditioning) 으로 인하여 영상에 잡음을 증폭시키며, 동적 움직임에 적응적인 캘리브레이션을 수행시 적은 수의 샘플로 인하여 영상에 큰 엘리어싱 인공물을 생성시키고, 시간 방향으로 평균화를 통하여 한 번의 캘리브레이션을 수행하는 경우 시간방향으로 해상도가 감소하여 동적 움직임을 추정하기 어렵다는 문제점이 있다.
- [5] 관련하여, 미국공개특허공보 제2006-0050981호와 미국등록특허공보 제7,602,183호는 병렬 자기 공명 영상 처리 방법에 대한 기술을 개시하고 있다. 그러나, 위 두 개의 선행기술은 가변 밀도 균일 샘플링을 수행하여 데이터 획득수를 줄임으로써 스캔 시간은 줄일 수 있지만, 나이퀴스트 비율로 획득한 영상에 비해 적은 수의 샘플로부터 영상을 복원하기 때문에, 획득 파라미터에 따라서

복원된 영상의 질이 달라질 수 있다. 또한, 피검체의 움직임(예를 들어, 호흡, 심장 박동)으로 인하여 변하는 정보를 추정하기 위해 정확한 캘리브레이션 정보를 추출하고 이를 기반으로 미확득 소스신호를 복원함으로써, 고해상도 영상을 출력하는 병렬 자기공명영상 처리장치 및 방법을 제공하는 데에 목적이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명의 일 실시예는 획득 데이터의 수가 줄어들 때 나타날 수 있는 잡음과 엘리어싱 인공물을 억제함과 동시에 환자의 움직임(예를 들어, 호흡, 심장 박동)으로 인하여 변하는 정보를 추정하기 위해 정확한 캘리브레이션 정보를 추출하고 이를 기반으로 미확득 소스신호를 복원함으로써, 고해상도 영상을 출력하는 병렬 자기공명영상 처리장치 및 방법을 제공하는 데에 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [7] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 일 실시예에 따르는, 병렬 자기공명영상 처리장치에 의해 수행되는 병렬 자기공명영상 처리방법은 (a) 상기 수신 코일을 통해 피검체에 대하여 획득한 소스신호를 샘플링하여 복수의 프레임 데이터를 획득하는 단계; (b) 시간적으로 인접한 프레임 데이터들에 대한 시공간 커널 벡터들 간의 불일치 정도를 고려하여, 상기 수신 코일의 잡음 데이터와 상기 복수의 프레임 데이터 전체를 기초로 각 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하는 단계; (c) 상기 추정된 시공간 커널 벡터를 이용하여 미확득 소스신호를 복원하는 단계; 및 (d) 상기 복수의 프레임 데이터와 상기 복원된 미확득 소스신호를 기초로 영상을 생성하는 단계를 포함한다.
- [8] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 따르는, 병렬 자기공명영상 처리장치는, 자기공명영상을 처리하기 위한 프로그램이 저장된 메모리; 및 상기 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하며, 상기 프로세서는, 상기 프로그램의 실행에 따라, 상기 자기공명영상 처리장치의 수신 코일을 통해 피검체에 대하여 획득한 소스신호를 샘플링하여 복수의 프레임 데이터를 획득하고, 시간적으로 인접한 프레임 데이터들에 대한 시공간 커널 벡터들 간의 불일치 정도를 고려하여, 상기 수신 코일의 잡음 데이터와 상기 복수의 프레임 데이터 전체를 기초로 각 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하며, 상기 추정된 시공간 커널 벡터를 이용하여 미확득 소스신호를 복원하고, 상기 복수의 프레임 데이터와 상기 복원된 미확득 소스신호를 기초로 영상을 생성한다.

발명의 효과

- [9] 본 발명의 일 실시예에 따르는 병렬 자기공명영상 처리장치는 하나의 타겟 프레임 데이터에 대한 캘리브레이션을 수행하기 위해, 측정된 코일의 잡음과

캘리브레이션 모델의 확률적 불확실성을 캘리브레이션 과정에 포함시키고 전체 시간에 관한 프레임 데이터 전부를 이용하여 캘리브레이션을 수행하며, 스파스 복원 기법과 캘리브레이션 방법을 결합하여 최적화함으로써, 적은 캘리브레이션 샘플 수에도 불구하고 인공물과 잡음을 제거하여 정확한 고해상도의 병렬 자기공명영상을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [10] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따르는 병렬 자기공명영상 처리장치의 구조에 관한 블록도이다.
- [11] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따르는 신호 처리부의 구조에 관한 블록도이다.
- [12] 도 3은 본 발명의 일 실시예와 종래기술에 의한 캘리브레이션 과정을 비교하기 위한 도식도이다.
- [13] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따르는 병렬 자기 공명 영상 처리 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 본 명세서에 있어서 '부(部)'란, 하드웨어에 의해 실현되는 유닛(unit), 소프트웨어에 의해 실현되는 유닛, 양방을 이용하여 실현되는 유닛을 포함한다. 또한, 1 개의 유닛이 2 개 이상의 하드웨어를 이용하여 실현되어도 되고, 2 개 이상의 유닛이 1 개의 하드웨어에 의해 실현되어도 된다. 한편, '~부'는 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니며, '~부'는 어드레싱 할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '~부'는 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을

포함한다. 구성요소들과 '~부'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '~부'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '~부'들로 더 분리될 수 있다. 뿐만 아니라, 구성요소들 및 '~부'들은 디바이스 또는 보안 멀티미디어카드 내의 하나 또는 그 이상의 CPU들을 재생시키도록 구현될 수도 있다.

- [17] 도 1은 본원 발명의 일 실시예에 따른 병렬 자기공명영상 처리장치(10)를 도시한 도면이다.
- [18] 병렬 자기공명영상 처리장치(10)는 자기 공명 기기(100), 신호 송수신부(200), 신호 처리부(300), 영상 출력부(400), 제어부(500) 및 사용자 인터페이스(600)를 포함한다.
- [19] 자기 공명 기기(100)는 촬영 대상자를 에워싸는 원통형 구조의 실드, 실드 내부에 구비된 메인 자석, 그라디언트 코일, RF 코일 등을 포함한다. 메인 자석, 그라디언트 코일, RF 코일 등은 인체 내의 원자핵들로부터 자기 공명 신호를 유도하기 위한 자기장을 생성한다. 그라디언트 코일은 메인 자석에 의해 생성된 정자장 내의 기준 위치로부터 떨어진 거리에 비례하여 복수 개의 방향들, 예를 들어 x 방향, y 방향 및 z 방향 각각에 대하여 일정한 기울기(gradient)로 변하는 경사 자계를 생성한다. 여기에서, 기준 위치는 메인 자석에 의해 생성된 정자장이 존재하는 공간을 3차원 좌표계로 표현할 때에 이 3차원 좌표계의 원점이 될 수 있다. 그라디언트 코일에 의해 생성된 경사 자계에 의해, RF 코일을 통해 수신된 자기 공명 신호들 각각은 3차원 공간에서의 위치 정보를 갖게 된다. 한편, 그라디언트 코일은 x 방향으로 변하는 경사 자계를 생성하는 X 그라디언트 코일, y 방향으로 변하는 경사 자계를 생성하는 Y 그라디언트 코일 및 z 방향으로 변하는 경사 자계를 생성하는 Z 그라디언트 코일로 구성될 수 있다.
- [20] RF 코일은 원자핵을 낮은 에너지 상태에서부터 높은 에너지 상태로 천이시키기 위하여 이 원자핵의 종류에 대응하는 라디오 주파수를 갖는 전자파 신호를 출력한다. 또한, RF 코일은 피검체 내부의 원자핵들로부터 방사된 전자파 신호를 수신하는데, 이와 같이 수신된 전자파 신호를 자유 유도 감쇠(FID, Free Induction Decay) 신호 또는 에코 신호(echo signal)라고 한다. 또한, 피검체로의 전자파 신호의 인가 시점, 즉 전자파 신호의 생성 시점부터 피검체로부터의 전자파 신호의 수신 시점까지의 구간의 길이를 에코 시간(echo time, TE)이라고 하며, 인체로의 전자파 신호의 인가가 반복되는 구간의 길이를 반복 시간(repetition time, TR)이라고 한다.
- [21] 신호 송수신부(200)는 제어부(500)로부터 입력된 제어 신호에 따라 x 방향, y 방향 및 z 방향 각각에 대하여 일정한 기울기로 주파수가 변하는 교류 신호를 생성하여 그라디언트 코일로 출력한다. 또한, 제어부(500)로부터 입력된 제어 신호에 따라 펄스 열을 갖는 교류 신호를 생성하여 RF 코일로 출력한다. 또한, 신호 송수신부(200)는 RF 코일을 통해 수신된 자기 공명 신호를 수신한다.

- [22] 이와 같이 수신된 자기 공명 신호는 신호 처리부(300)로 전송되며, 신호 처리부(300)는 이를 이용하여 자기 공명 영상을 생성한다. 신호 처리부(300)에서는 스핀 에코 신호와 경사 에코 신호를 통해 획득된 정보를 기초로 자기 공명 영상을 생성한다. 본 발명에서는 이러한 신호 처리 과정에서 동적 병렬 자기 공명 영상 처리 방법을 사용하되, 시간적으로 연속된 프레임들의 상관 관계를 나타내는 시공간 커널 벡터를 활용하는 방법을 제안하며, 이의 구체적인 방법에 대해서는 추후 설명하기로 한다.
- [23] 영상 출력부(400)는 신호 처리부(300)를 통해 생성된 자기 공명 영상을 디스플레이 등을 통해 출력한다.
- [24] 제어부(500)는 사용자 인터페이스(600)를 통해 사용자로부터 입력된 명령에 따라, 자기 공명 기기(100), 신호 송수신부(200), 신호 처리부(300), 영상 출력부(400)의 동작을 제어한다. 예를 들어, 신호 송수신부(200)가 그라디언트 코일과 RF 코일에 대하여 교류 신호를 출력하도록 제어하거나, RF 코일을 통해 수신된 자기 공명 신호가 신호 송수신부(200)를 거쳐 신호 처리부(300)로 전달되도록 제어한다.
- [25] 사용자 인터페이스(600)는 사용자로부터 명령을 입력받아 제어부(500)로 전송한다. 사용자 인터페이스(600)는 그래픽 유저 인터페이스 프로그램 및 입력 장치인 키보드, 마우스 등으로 구현될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [26] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따르는 신호 처리부(300)의 동작에 대하여 구체적으로 설명하도록 한다.
- [27] 신호 처리부(300)는 자기공명영상을 처리하기 위한 프로그램이 저장된 메모리와 이러한 프로그램을 실행하는 프로세서를 포함하여 구성될 수 있다. 여기서 프로세서는 메모리에 저장된 프로그램의 실행에 따라 다양한 기능을 수행할 수 있는데, 각 기능에 따라 프로세서에 포함되는 세부 구성요소들을 소스신호 수신부(310), 프레임 데이터 획득부(320), 캘리브레이션 수행부(330), 미획득 소스신호 복원부(340), 영상 생성부(350)로 나타낼 수 있다.
- [28] 소스신호 수신부(310)는 신호 송수신부(200)로부터 소스신호를 전달받는다. 소스신호는 수신 코일(즉, RF 코일)을 통하여 수신된 피검체에 대한 자기 공명 신호를 의미한다. 한편, 소스신호 수신부(310)는 잡음 데이터를 획득할 수도 있다. 구체적으로, 수신 코일이 작동하지 않는 비활성 상태에서 수신 코일에 대한 잡음의 평균과 표준편차를 측정함으로써 수신 코일의 잡음 데이터를 획득할 수 있다. 이러한 잡음 데이터는 추후에 설명될 캘리브레이션 과정에서 이용될 수 있다.
- [29] 프레임 데이터 획득부(320)는 소스신호들을 샘플링하여 복수의 프레임 데이터를 획득한다. 여기서 프레임 데이터란 특정 시간에서의 피검체에 대한 이미지 정보를 의미하며, 프레임 데이터 획득부(320)에서 획득한 복수의 프레임 데이터는 피검체에 대한 자기 공명 영상 촬영 시간동안 획득된 전체 시간에 대한 프레임 데이터를 의미한다. 이때, 샘플링 방식은 여러가지 방식이 있으나 임의의

방식이 채택될 수 있으며, 어느 한 가지 방식에 한정되지 않는다. 예를 들어, 가변 밀도 랜덤 언더샘플링 방식을 이용하여 복수의 프레임 데이터를 획득하는 경우, 프레임 데이터 획득부(320)는 K-공간(space)의 저주파수 영역(중앙부)에서 나이퀴스트 비율로 데이터를 획득하고, K-공간의 고주파수 영역(주변부)에서 나이퀴스트 비율보다 작은 비율로 데이터를 획득할 수 있다. 이와 같이, 카르테시안(Cartesian) 격자에서의 언더 샘플링을 수행할 수도 있으나, 주파수 부호화만을 이용하여 임의의(arbitrary) 언더 샘플링을 수행할 수도 있다.

[30] 캘리브레이션(calibration) 수행부(330)는 코일 민감도를 파악하기 위하여, 각 프레임 데이터마다 시공간 커널 벡터(spatiotemporal convolution kernel vector)를 추정하는 캘리브레이션을 수행한다. 여기서 시공간 커널 벡터란 각 시점의 프레임 데이터마다 표현되는 것으로서, 타겟 프레임 데이터와 시간적으로 인접한 주변의 프레임 데이터와 타겟 프레임 데이터 간의 상관관계를 나타내는 벡터를 의미한다.

[31] 일반적으로 시공간 커널 벡터는 코일 민감도와 영상 간의 컨볼루션으로 표현되는 것으로서, 시공간 커널 벡터의 값을 추정함으로써 코일 민감도를 파악할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따르는 캘리브레이션 수행부(330)는 셀프 캘리브레이션을 수행하는데, 셀프 캘리브레이션을 통하여 추정되는 시공간 커널 벡터에 관한 수식은 수학식 1과 같이 표현할 수 있다.

[32] [수학식 1]

$$\min_g \|Y^{src}g - y^{trg}\|_2^2$$

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

[34] 여기서, Y^{src} 는 프레임 데이터들로 구성된 행렬을 나타내며, y^{trg} 는 타겟 프레임 데이터를 나타내며, g 는 타겟 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 나타낸다.

[35] 상기 각 프레임의 시공간 커널 벡터를 추정하기 위해, 본 발명에서는 전체 프레임간의 시공간 커널 벡터의 관계를 추가적으로 고려함으로써 시공간 커널 벡터 추정의 정확도를 향상 시켰다. 실시의 예로서 크게 두 가지의 방법으로 추정할 수 있다: 1) 전체 프레임의 시공간 커널의 관계 속에서 일괄적으로 상기 각프레임의 시공간 커널을 추정하는 카소라티 행렬 (Casorati matrix) 을 이용하는 저차계수 행렬 완성 (low rank matrix completion) 알고리즘; 2) 전체 프레임의 시공간 커널의 관계를 순차적으로 이용하는 칼만 스무더 (Kalman smoother) 알고리즘. 본 명세서에서는 공간상의 제약으로 인하여, 실시의 한 예로서, 칼만 스무더 알고리즘을 이용하여 상기 프레임의 시공간 커널 벡터를 구하는 방법을 기술한다.

[36] 시공간 커널 벡터를 추정하기 위하여, 먼저, 캘리브레이션 수행부(330)는

나이퀴스트 비율로 얻어진 저주파수의 소스신호를 이용하여 환자의 움직임에 따라서 변하는 캘리브레이션 모델의 불확실성을 추정한다. 구체적으로, 캘리브레이션 수행부(330)는 State-space 모델링을 통하여 시간적으로 인접한 시공간 커널 벡터 들간의 관계를 아래 수학적 식 2와 같이 정의할 수 있다.

[37] [수학적 식 2]

$$[38] \quad g_{l,t} = g_{l,t-1} + w_{l,t}$$

$$y_{l,t} = S_t g_{l,t} + v_{l,t}$$

[39] 여기서, $g_{l,t}$ 는 t라는 시점에 있어서의 시공간 커널 벡터를 의미하며, $g_{l,t-1}$ 은 $g_{l,t}$ 바로 앞 시점의 시공간 커널 벡터를 의미하고, $y_{l,t}$ 는 타겟 프레임 데이터에 대한 벡터를 의미하며, S_t 는 타겟 프레임 데이터와 인접한 전체 프레임 데이터에 대한 행렬을 의미하며, $w_{l,t}$ 는 프로세스 잡음을 의미하고, $v_{l,t}$ 는 측정된 수신 코일의 잡음 데이터를 의미한다. 프로세스 잡음이란 피검체의 움직임에 따라 발생하는 잡음과 병렬 자기공명영상 처리장치(10)의 동작에 따라 발생하는 잡음을 포함하는 개념이다.

[40] 수학적 식 2는 인접한 시점들에 대한 시공간 커널 벡터의 상태 변화는 천천히 이루어진다는 가정을 나타낸다. 즉, 현재 시점(t)의 시공간 커널 벡터와 이전 시점(t-1)의 시공간 커널 벡터는 유사하기 때문에, 현재 시점(t)의 시공간 커널 벡터와 이전 시점(t-1)의 시공간 커널 벡터 간의 불일치 정도는 프로세스 잡음에 불과할 것이라라는 것을 나타낸다. 그리고 수학적 식 2는 이러한 가정을 바탕으로, 시공간 커널 벡터와 전체 시간에 대한 복수의 프레임 데이터들을 컨볼루션할 경우, 현재의 타겟 프레임 데이터에 대한 벡터를 획득할 수 있음을 나타낸다.

[41] 상술한 캘리브레이션 모델의 불확실성을 기초로, 특정 시점의 타겟 프레임 데이터의 시공간 커널 벡터를 구하는 수식은 수학적 식 3과 같이 정의될 수 있다.

[42] [수학적 식 3]

$$[43] \quad \min_{g_{l,t}} \frac{1}{2} \|S_t g_{l,t} - y_{l,t}\|_{R_{l,t}}^2 + \frac{1}{2} \|g_{l,t} - g_{l,t-1}\|_{Q_{l,t}}^2$$

[44] 수학적 식 1과 3을 비교해보면, 수학적 식 3은 수학적 식 1에 없는 프레임 데이터 간의 시공간 커널 벡터의 차이를 최소화하고 측정된 수신 코일의 잡음과 커널의 프로세스 잡음을 추가로 포함하고 있는 것을 확인할 수 있다. 여기서 두 번째 항(term)은 캘리브레이션 모델의 불확실성을 나타내고 첫번째 항과 두번째 항은 수신 코일의 잡음과 커널의 프로세스 잡음을 이용하여 가중 최적화를 나타내는 항이다.

[45] 또한, 캘리브레이션 수행부(330)는 타겟 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하기 위해 프레임 데이터 획득부(320)에서 획득한 전체 프레임

데이터들을 이용한다. 종래기술의 경우, 수학식 1에서 타겟 프레임 데이터와 시간적으로 인접한 일부 프레임 데이터들만으로 Y^{sc} 를 구성하여 로컬 캘리브레이션을 수행한다. 도 3을 참조하면, 종래기술의 경우, 타겟 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하기 위하여, 시간적으로 인접한 일부의 프레임 데이터만을 이용하는 로컬 캘리브레이션을 수행한다. 이 경우, 캘리브레이션에 이용되는 샘플수가 부족하므로, 환자가 움직이는 상황과 같이 피검체의 동적 움직임이 발생하는 경우, 정확한 시공간 커널 벡터를 획득할 수 없다. 이를 개선하기 위하여, 캘리브레이션 수행부(330)는 전체 시-공간에서 획득된 복수의 프레임 데이터 모두를 이용하여 캘리브레이션을 수행한다. 이를 반영한 캘리브레이션 과정에 대한 수식은 수학식 4와 같다.

[46] [수학식 4]

[47]

$$\min_{\mathbf{g}_l} \frac{1}{2} \|\mathbf{S} \mathbf{g}_l - \mathbf{y}_l\|_{\mathbf{R}_l^{-1}}^2 + \frac{1}{2} \|\mathbf{T} \mathbf{g}_l - \mathbf{z}\|_{\mathbf{Q}_l^{-1}}^2$$

[48] 여기서, $\mathbf{R}_l$ 과 $\mathbf{g}_l$, $\mathbf{T}$, $\mathbf{z}$, $\mathbf{Q}_l$, $\mathbf{S}$ 에 대한 정의는 수학식 5와 같다.

[49] [수학식 5]

[50]

$$\mathbf{R}_l = \text{diag}(\mathbf{R}_{l,t}) = \begin{bmatrix} \mathbf{R}_{l,1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \mathbf{R}_{l,2} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & \mathbf{R}_{l,M_t} \end{bmatrix}, \mathbf{g}_l = \begin{bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ \vdots \\ g_{M_t} \end{bmatrix}, \mathbf{T} = \begin{bmatrix} \mathbf{I} & 0 & & \\ -\mathbf{I} & \mathbf{I} & & \\ & & \ddots & \\ & & & -\mathbf{I} & \mathbf{I} \end{bmatrix}, \mathbf{z} = \begin{bmatrix} g_{l,0} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Q}_l = \text{diag}(\mathbf{Q}_{l,t}), \mathbf{S} = \text{diag}(\mathbf{S}_t)$$

[51] 수학식 4에 대한 해인 $\mathbf{g}_l$ 을 구할 경우, $\mathbf{g}_l$ 은 수학식 6과 같이 표현될 수 있다.

[52] [수학식 6]

[53]

$$\mathbf{g}_l = (\mathbf{S}^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{S} + \mathbf{T}^H \mathbf{Q}^{-1} \mathbf{T})^{-1} (\mathbf{S}^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{y}_l + \mathbf{T}^H \mathbf{Q}^{-1} \mathbf{z})$$

[54] 한편, 캘리브레이션 수행부(330)는 칼만 스무더(Kalman Smoother) 알고리즘을 이용하여 수많은 행렬들을 분할하여 역방향 및 순방향으로 조합하여 계산함으로써 효율적으로 시공간 커널 벡터를 산출할 수 있다.

[55] 요약하자면, 캘리브레이션 수행부(330)는 종래기술과 달리, 캘리브레이션 수행시, 캘리브레이션 모델의 불확실성을 고려하여 수신 코일의 잡음 데이터와 전체 프레임 데이터를 기초로 시공간 커널 벡터를 추정하기 때문에, 샘플 수 부족과 피검체의 잡음에 기인한 시공간 커널 벡터 추정의 정확도 하락 문제를 개선할 수 있다.

[56] 미획득 소스신호 복원부(340)는 캘리브레이션 수행부(330)를 통하여 추정된 시공간 커널 벡터를 이용하여 미획득된 소스신호를 복원할 수 있다. 구체적으로, 미획득 소스신호 복원부(340)는 추정된 시공간 커널 벡터를 이용하여 $\mathbf{k}$ - $\mathbf{t}$ 병렬

자기공명영상기법을 통해 복원한 정보와 스파스 신호 복원 기법을 이용하여 복원한 정보를 기초로 미확득 소스신호를 획득할 수 있다. 미확득 소스신호를 x_i 이라 할 경우, 미확득 소스신호에 대한 수식은 수학식 7과 같이 정의될 수 있다.

[57] [수학식 7]

[58]

$$x_l^{i+1} = S_{\lambda_1/\lambda_2}(F_t F_s A(y, g_l^{i+1})) \exp(i \arg(F_t F_s A(y, g_l^{i+1})))$$

$$S_{\lambda_1/\lambda_2}(\cdot) = \begin{cases} |\cdot| - \lambda_1/\lambda_2, & |\cdot| > \lambda_1/\lambda_2 \\ 0, & |\cdot| \leq \lambda_1/\lambda_2 \end{cases}$$

[59] 여기서 F_t, F_s 는 푸리에 연산자를 의미하며, $F_t F_s$ 는 k-t 공간의 동적 데이터들을 x-f 공간의 스파스 영역으로 변환하는 것을 의미하며, $A(\cdot)$ 는 컨볼루션 보간법 연산자를 의미한다. 그리고 λ_1 은 칼만 스무더의 캘리브레이션 일관성(consistency)과 x-f 공간의 희박성(sparsity) 간의 균형 파라미터를 의미하며, λ_2 는 이미지 재구성(reconstruction)을 제어하는 파라미터를 의미한다.

[60] 한편, 캘리브레이션 수행부(330)와 미확득 소스신호 복원부(340)에 의해 수행되는 캘리브레이션 및 신호 복원과정은 아래 수학식 8을 통하여 통합된 하나의 식으로 정리될 수 있다.

[61] [수학식 8]

[62]

$$h(g_l, x_l) = \frac{1}{2} \|S g_l - y\|_{R_l^{-1}}^2 + \frac{1}{2} \|T g_l - z\|_{Q_l^{-1}}^2 + \lambda_1 \|F_t F_s x_l\|_1 + \frac{\lambda_2}{2} \|x_l - A(y, g_l)\|_2^2$$

[63] 수학식 8에서 첫번째 및 두 번째 항은 캘리브레이션 과정을 나타내는 항이며, 세 번째 항은 미확득 소스신호 복원 과정을 나타내는 항이다. 네 번째 항은 구하고자 하는 솔루션의 특성을 나타내는 항으로서, 이상적으로는 스파스 복원기법으로 추정된 신호(x_i)와 시공간 커널 벡터를 이용하여 추정된 미확득 소스신호($A(y, g_l)$) 간의 차이가 0일 것이라 가정하에 설정된 항이다. 실제로는 두 신호의 차이가 0이 아니기 때문에, 네 번째 항의 삽입을 통하여 더욱 정확한 시공간 커널 벡터와 미확득 소스신호를 획득할 수 있다.

[64] 캘리브레이션 수행부(330)는 미확득 소스신호(x_i)를 고정시킴으로써 세 번째 항을 제거하고 수학식 8의 해를 구하여, 시공간 커널 벡터를 추정할 수 있다. 이어서, 미확득 소스신호 복원부(340)는 시공간 커널 벡터(g_i)을 고정시킴으로써 첫 번째와 두 번째 항을 제거하고 수학식 8의 해를 구하여, 미확득 소스신호를 복원할 수 있다.

[65] 또 한편, 본 발명의 일 실시예는 캘리브레이션과 미확득 소스신호 복원 과정을 반복 수행함으로써, 더욱 정확한 동적 영상을 획득할 수 있다. 구체적으로, 캘리브레이션 수행부(330)는 종전까지 수행하여 획득한 미확득 소스신호를 이용하여 캘리브레이션에 이용되는 소스신호의 샘플 수를 증가시킬 수 있다.

그리고 캘리브레이션 수행부(330)는 미획득 소스신호의 복원을 통해, 샘플링 대상이 되는 소스신호의 개수가 증가할 때마다 다시 시공간 커널 벡터를 구함으로써, 기존의 시공간 커널 벡터를 갱신할 수 있다. 이어서, 미획득 소스신호 복원부(340)는 시공간 커널 벡터가 갱신될 때마다 갱신된 시공간 커널 벡터를 이용하여 미획득 소스신호를 추가 복원한다. 이러한 방식으로, 캘리브레이션 수행부(330)와 미획득 소스신호 복원부(340)는 계속적으로 반복 동작을 수행하게 되며, 그에 따라, 캘리브레이션에 이용되는 샘플수가 보충되어 더욱 정확한 시공간 커널 벡터를 획득할 수 있게 된다.

- [66] 이러한 반복과정은 현재 획득된 시공간 커널 벡터와 미획득 소스신호가 이전 단계에서 획득된 시공간 커널 벡터와 미획득 소스신호와 미리 설정된 값 이하의 차이를 갖는 경우(즉, 시공간 커널 벡터와 미획득 소스신호가 특정 값으로 수렴하는 경우), 반복 과정을 중단할 수 있다.
- [67] 영상 생성부(350)는 복원된 미획득 소스신호와 복수의 프레임 데이터를 기초로 영상을 생성하고 영상 출력부(400)로 생성된 영상을 전달한다. 구체적으로, 영상 생성부(350)는 미획득 소스신호를 기반으로 프레임 데이터를 재구성하고, 프레임 데이터들을 영상으로 합성할 수 있다.
- [68] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따르는 병렬 자기공명영상 처리방법에 대하여 도 4를 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 이하의 방법은 도 1 내지 도 3을 통하여 설명한 병렬 자기공명영상 처리장치(10)에 의해 수행되는 것이므로, 아래에서 생략된 것이라 하더라도 도 1 내지 도 3과 관련하여 설명한 내용을 모두 포함할 수 있다.
- [69] 먼저, 병렬 자기공명영상 처리장치(10)는 수신 코일이 비활성화된 상태에서 수신 코일의 잡음 데이터를 획득할 수 있다(S410).
- [70] 병렬 자기공명영상 처리장치(10)는 자기장을 생성시키고, 그에 따라 피검체로부터 전송된 소스신호를 수신할 수 있다. 그리고 소스신호를 샘플링하여 복수의 프레임 데이터를 획득한다(S420). 이때, 가변 밀도 랜덤 언더샘플링 방식을 통하여 K-공간의 저주파수와 고주파수에서 다른 밀도로 샘플링을 수행할 수 있으나, 반드시 이에 한하지는 않으며, 여러가지 방식으로 샘플링을 수행할 수 있다.
- [71] 이어서, 병렬 자기공명영상 처리장치(10)는 커널 모델의 불확실성을 고려하여 수신코일의 잡음데이터와 전체 프레임 데이터를 기초로 시공간 커널 벡터를 추정하는 캘리브레이션 과정을 수행한다(S430).
- [72] 그리고, 병렬 자기공명영상 처리장치(10)는 추정된 시공간 커널 벡터를 이용하여 미획득 소스신호를 복원한다(S440).
- [73] 이어서, 병렬 자기공명영상 처리장치(10)는 S430 단계와 S440 단계를 한번 더 반복하게 되는데, 두 번째 반복과정부터 현재 단계와 이전 단계의 시공간 커널 벡터 및 복원된 미획득 소스신호 간 차이값이 미리 설정된 값 이하인지 판단한다(S450). 이때, 차이값이 미리 설정된 값 이하인 경우, 반복과정을

종료하며, 그렇지 않은 경우, 지속적으로 반복과정을 수행한다. 즉, 시공간 커널 벡터와 복원된 미확득 소스신호가 어느 특정값으로 수렴할 때까지 S430 및 S440 단계를 반복한다.

- [74] 반복과정이 종료된 경우, 병렬 자기공명영상 처리장치(10)는 복수의 프레임 데이터와 복원된 소스신호를 기초로 영상을 생성하고 출력한다(S460).
- [75] 이상으로 설명한 본 발명의 일 실시예는 하나의 타겟 프레임 데이터에 대한 캘리브레이션을 수행하기 위해, 측정된 코일의 잡음과 캘리브레이션 모델의 확률적 불확실성을 캘리브레이션 과정에 포함시키고 전체 시간에 관한 프레임 데이터 전부를 이용하여 캘리브레이션을 수행하며, 스파스 복원 기법과 캘리브레이션 방법을 결합하여 최적화함으로써, 적은 캘리브레이션 샘플 수에도 불구하고 인공물과 잡음을 제거하여 정확한 고해상도의 자기공명영상을 제공할 수 있다.
- [76] 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.
- [77] 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.
- [78] 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.
- [79] 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] 병렬 자기공명영상 처리장치에 의해 수행되는 병렬 자기공명영상 처리방법에 있어서,
 (a) 상기 병렬 자기공명영상 처리장치의 수신 코일을 통해 피검체에 대하여 획득한 소스신호를 샘플링하여 복수의 프레임 데이터를 획득하는 단계;
 (b) 시간적으로 인접한 프레임 데이터들에 대한 시공간 커널 벡터들 간의 불일치 정도를 고려하여, 상기 수신 코일의 잡음 데이터와 상기 복수의 프레임 데이터 전체를 기초로 각 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하는 단계;
 (c) 상기 추정된 시공간 커널 벡터를 이용하여 미획득 소스신호를 복원하는 단계; 및
 (d) 상기 복수의 프레임 데이터와 상기 복원된 미획득 소스신호를 기초로 영상을 생성하는 단계;
 를 포함하는, 병렬 자기공명영상 처리방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
 상기 병렬 자기공명영상 처리방법은,
 (a-1) 상기 (a) 단계 전, 상기 수신 코일이 작동하지 않는 상태에서 상기 수신 코일에 대한 잡음의 평균과 표준편차를 측정하여 상기 수신 코일의 잡음 데이터를 획득하는 단계를 더 포함하는, 병렬 자기공명영상 처리방법.
- [청구항 3] 제 1 항에 있어서,
 상기 (b) 단계는,
 시간적으로 인접한 프레임 데이터들에 대한 시공간 커널 벡터들은 상기 피검체의 움직임과 상기 자기공명영상 처리장치의 동작에 기인한 잡음 데이터만큼의 차이값을 갖는 점을 참조하여, 전체 프레임의 시공간 커널의 관계를 고려하여 상기 각 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하는 단계를 포함하는, 병렬 자기공명영상 처리방법.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
 상기 (b) 단계는,
 카소라티 행렬 (Casorati matrix) 을 이용한 저차계수 행렬 완성 (low rank matrix completion) 방법 또는 칼만 스무더 (Kalman Smoother) 알고리즘을 이용하여 상기 각 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하는 단계를 포함하는, 병렬 자기공명영상 처리방법.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
 상기 (c) 단계는,
 상기 추정된 시공간 커널 벡터를 이용하여 복원한 정보와 스파스 신호

복원 기법을 이용하여 복원한 정보를 기초로 상기 미획득 소스신호를 획득하는 단계를 포함하는, 병렬 자기공명영상 처리방법.

[청구항 6]

제 1 항에 있어서,

상기 병렬 자기공명영상 처리방법은,

(e) 상기 (c) 단계 후, 상기 복원된 미획득 소스신호를 기초로 상기 샘플링 대상이 되는 소스신호의 개수가 증가할 때마다, 상기 (c) 및 (d) 단계를 반복 수행하는 단계를 더 포함하는, 병렬 자기공명영상 처리방법.

[청구항 7]

제 6 항에 있어서,

상기 (e) 단계는,

현재 획득된 시공간 커널 벡터와 미획득 소스신호가 이전 단계에서 획득된 시공간 커널 벡터와 미획득 소스신호가 미리 설정된 값 이하의 차이를 갖는 경우, 상기 (c) 및 (d) 단계의 반복 수행을 중단하는 단계를 포함하는, 병렬 자기공명영상 처리방법.

[청구항 8]

병렬 자기공명영상 처리장치에 있어서,

자기공명영상을 처리하기 위한 프로그램이 저장된 메모리; 및

상기 프로그램을 실행하는 프로세서;를 포함하며,

상기 프로세서는, 상기 프로그램의 실행에 따라,

상기 병렬 자기공명영상 처리장치의 수신 코일을 통해 피검체에 대하여 획득한 소스신호를 샘플링하여 복수의 프레임 데이터를 획득하고, 시간적으로 인접한 프레임 데이터들에 대한 시공간 커널 벡터들 간의 불일치 정도를 고려하여, 상기 수신 코일의 잡음 데이터와 상기 복수의 프레임 데이터 전체를 기초로 각 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하며,

상기 추정된 시공간 커널 벡터를 이용하여 미획득 소스신호를 복원하고, 상기 복수의 프레임 데이터와 상기 복원된 미획득 소스신호를 기초로 영상을 생성하는, 병렬 자기공명영상 처리장치.

[청구항 9]

제 8 항에 있어서,

상기 프로세서는,

상기 수신 코일이 작동하지 않는 상태에서 상기 수신 코일에 대한 잡음의 평균과 표준편차를 측정하여 상기 수신 코일의 잡음 데이터를 획득하는, 병렬 자기공명영상 처리장치.

[청구항 10]

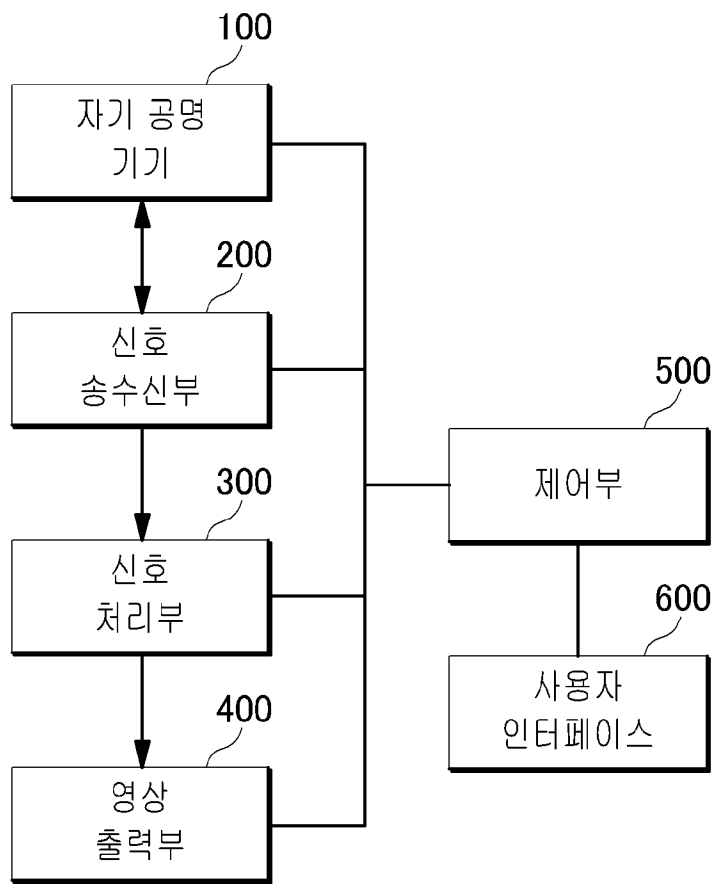
제 8 항에 있어서,

상기 프로세서는,

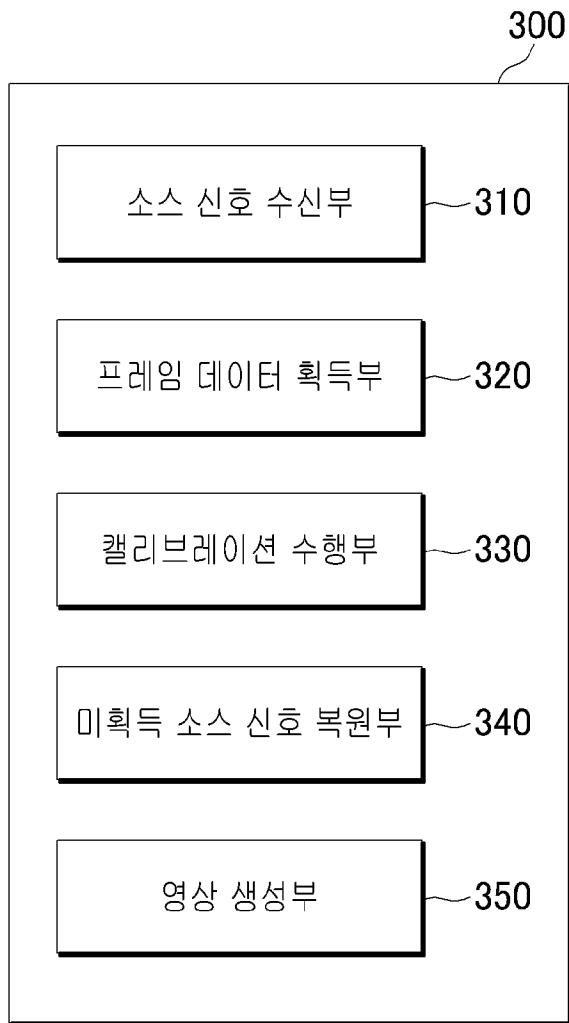
시간적으로 인접한 프레임 데이터들에 대한 시공간 커널 벡터들은 상기 피검체의 움직임과 상기 자기공명영상 처리장치의 동작에 기인한 잡음 데이터만큼의 차이값을 갖는 점을 참조하여, 전체 프레임의 시공간 커널의 관계를 고려하여 상기 각 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하는, 병렬 자기공명영상 처리장치.

- [청구항 11] 제 8 항에 있어서,
 상기 프로세서는,
 카소라티 행렬 (Casorati matrix) 을 이용한 저차계수 행렬 완성 (low rank matrix completion) 방법 또는 칼만 스무더(Kalman Smoother) 알고리즘을 이용하여 상기 각 프레임 데이터에 대한 시공간 커널 벡터를 추정하는,
 병렬 자기공명영상 처리장치.
- [청구항 12] 제 8 항에 있어서,
 상기 프로세서는,
 상기 추정된 시공간 커널 벡터를 이용하여 복원한 정보와 스파스 신호 복원 기법을 이용하여 복원한 정보를 기초로 상기 미획득 소스신호를 획득하는, 병렬 자기공명영상 처리장치.
- [청구항 13] 제 8 항에 있어서,
 상기 프로세서는,
 상기 복원된 미획득 소스신호를 기초로 상기 샘플링 대상이 되는 소스신호의 개수가 증가할 때마다, 상기 각 시공간 커널 벡터를 갱신하고, 상기 시공간 커널 벡터가 갱신될 때마다, 상기 갱신된 시공간 커널 벡터를 이용하여 미획득 소스신호를 추가 복원하는, 병렬 자기공명영상 처리장치.
- [청구항 14] 제 13 항에 있어서,
 상기 프로세서는,
 현재 획득된 시공간 커널 벡터와 미획득 소스신호가 이전 단계에서 획득된 시공간 커널벡터와 미획득 소스신호가 미리 설정된 값 이하의 차이를 갖는 경우, 상기 시공간 커널 벡터의 갱신 및 상기 미획득 소스신호의 추가 복원 과정을 중단하는, 병렬 자기공명영상 처리장치.

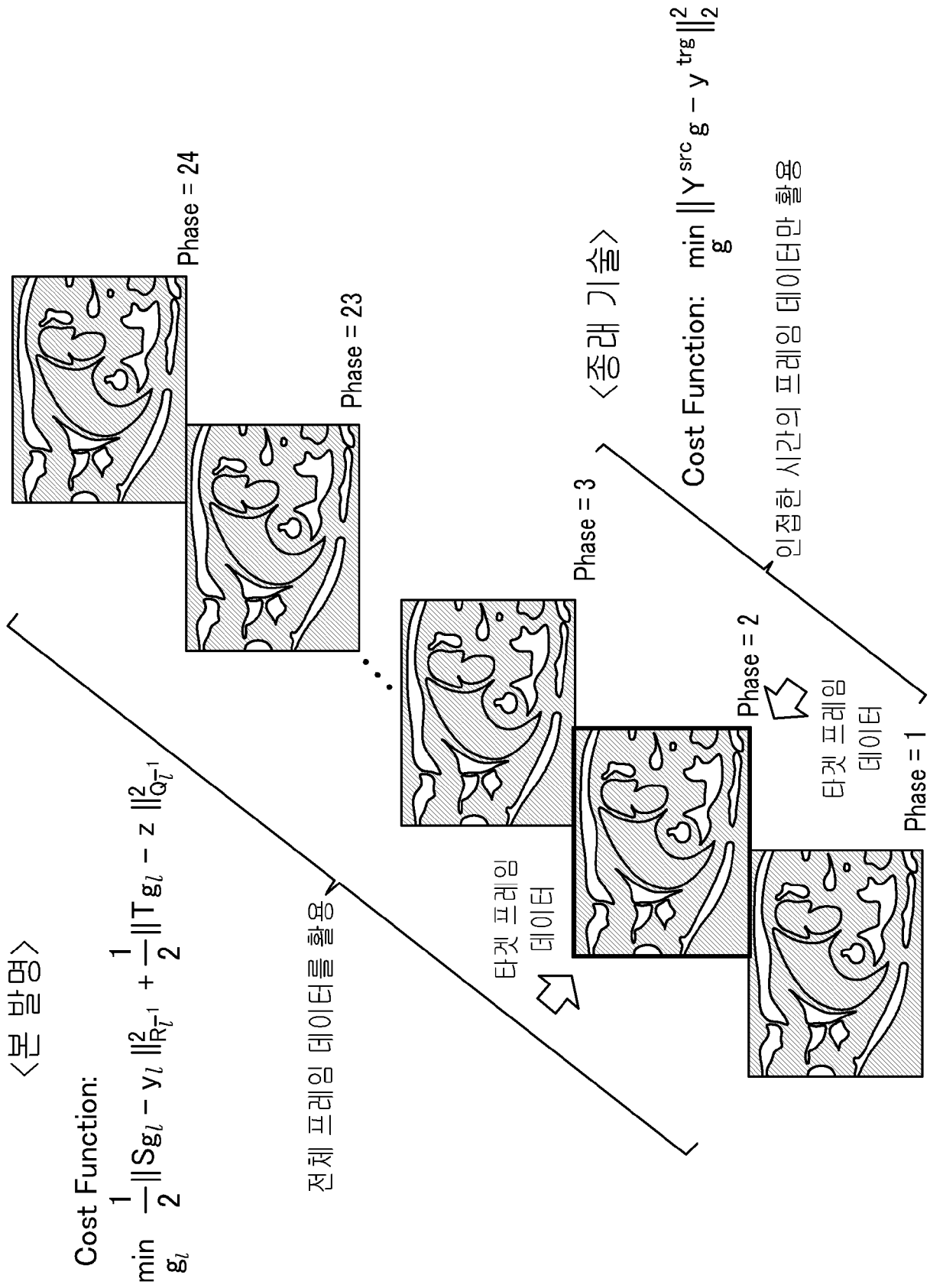
[도1]

10

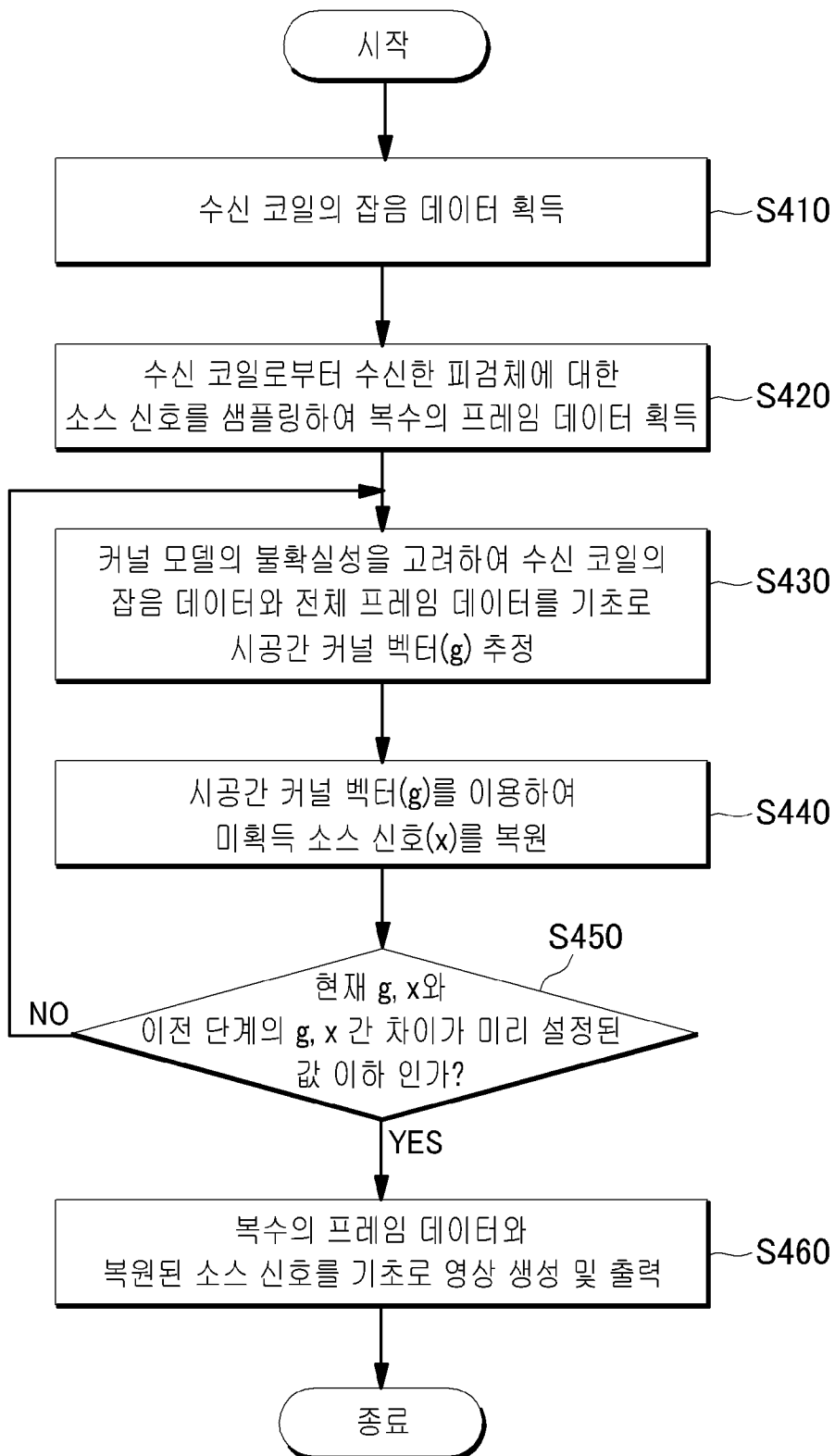
[도2]



[도3]



[도4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2016/007461**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER***A61B 5/055(2006.01)i, A61B 5/00(2006.01)i, G01R 33/20(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 33/54; G01R 33/48; A61B 5/00; G01R 33/20

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, noise, movement, space time, kernel, vector

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2015-0047019 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 04 May 2015 See abstract, claims 6-21 and figure 8.	1-14
Y	KR 10-1105352 B1 (SCIMEDIX, INC.) 16 January 2012 See abstract, claims 1, 8 and figure 4.	1-14
Y	KR 10-2010-0004321 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 13 January 2010 See abstract and claim 5.	5,12
A	JP 2010-155063 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 15 July 2010 See abstract, claims 1-9 and figure 4.	1-14
A	JP 2008-307357 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 25 December 2008 See abstract, claims 1-12 and figure 4.	1-14



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

17 OCTOBER 2016 (17.10.2016)

Date of mailing of the international search report

17 OCTOBER 2016 (17.10.2016)

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/KR2016/007461

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2015-0047019 A	04/05/2015	EP 2866044 A1 US 2015-0108977 A1	29/04/2015 23/04/2015
KR 10-1105352 B1	16/01/2012	WO 2012-033264 A1	15/03/2012
KR 10-2010-0004321 A	13/01/2010	NONE	
JP 2010-155063 A	15/07/2010	EP 2204663 A1 KR 10-1030676 B1 KR 10-2010-0081005 A US 2010-0171496 A1 US 8232800 B2	07/07/2010 22/04/2011 14/07/2010 08/07/2010 31/07/2012
JP 2008-307357 A	25/12/2008	EP 2003463 A2 EP 2003463 A3 JP 5049687 B2 KR 10-0902518 B1 KR 10-2008-0110316 A US 2008-0312525 A1 US 7746070 B2	17/12/2008 10/11/2010 17/10/2012 15/06/2009 18/12/2008 18/12/2008 29/06/2010

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

A61B 5/055(2006.01)i, A61B 5/00(2006.01)i, G01R 33/20(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

A61B 5/055; G01R 33/54; G01R 33/48; A61B 5/00; G01R 33/20

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, 잡음, 움직임, 시공간, 커널, 벡터

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2015-0047019 A (삼성전자주식회사 등) 2015.05.04 요약, 청구항 6-21 및 도면 8 참조.	1-14
Y	KR 10-1105352 B1 ((주)사이메덱스) 2012.01.16 요약, 청구항 1,8 및 도면 4 참조.	1-14
Y	KR 10-2010-0004321 A (한국과학기술원) 2010.01.13 요약 및 청구항 5 참조.	5,12
A	JP 2010-155063 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 2010.07.15 요약, 청구항 1-9 및 도면 4 참조.	1-14
A	JP 2008-307357 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 2008.12.25 요약, 청구항 1-12 및 도면 4 참조.	1-14

☐ 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

2016년 10월 17일 (17.10.2016)

국제조사보고서 발송일

2016년 10월 17일 (17.10.2016)

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 10-2015-0047019 A	2015/05/04	EP 2866044 A1 US 2015-0108977 A1	2015/04/29 2015/04/23
KR 10-1105352 B1	2012/01/16	WO 2012-033264 A1	2012/03/15
KR 10-2010-0004321 A	2010/01/13	없음	
JP 2010-155063 A	2010/07/15	EP 2204663 A1 KR 10-1030676 B1 KR 10-2010-0081005 A US 2010-0171496 A1 US 8232800 B2	2010/07/07 2011/04/22 2010/07/14 2010/07/08 2012/07/31
JP 2008-307357 A	2008/12/25	EP 2003463 A2 EP 2003463 A3 JP 5049687 B2 KR 10-0902518 B1 KR 10-2008-0110316 A US 2008-0312525 A1 US 7746070 B2	2008/12/17 2010/11/10 2012/10/17 2009/06/15 2008/12/18 2008/12/18 2010/06/29