



(51) 국제특허분류:

H04B 7/08 (2006.01)

H04B 7/0413 (2017.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2018/001004

(22) 국제출원일:

2018 년 1 월 23 일 (23.01.2018)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2017-0040759 2017 년 3 월 30 일 (30.03.2017) KR

(71) 출원인: 연세대학교 산학협력단 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) [KR/KR]; 03722 서울시 서대문구 연세로 50, Seoul (KR).

(72) 발명자: 김재석 (KIM, Jae Seok); 03722 서울시 서대문구 연세로 50, 제2공학관, Seoul (KR). 이혁연 (LEE, Hyuk Yeon); 26484 강원도 원주시 남원로 526 (단구동, 한일아파트), Gangwon-do (KR). 김현섭 (KIM, Hyun Sub); 06284 서울시 강남구 삼성로 212 (대치동, 은마아파트), Seoul (KR). 구지혜 (KOO, Ji Hye); 03918 서울시 마포구 구룡길 19, C동 (상암동, 상암 한화오벨리스크), Seoul (KR).

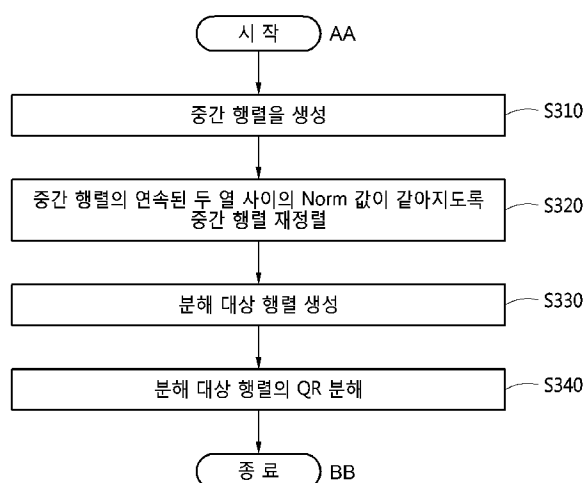
(74) 대리인: 김연권 (KIM, Youn Gwon); 06046 서울시 강남구 논현로131길 7, 4층, Seoul (KR).

(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 국내 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).

(54) Title: SORTED QR DECOMPOSITION METHOD AND DEVICE

(54) 발명의 명칭: 정렬 QR 분해 방법 및 장치



S310 ... Generate intermediate matrix

S320 ... Re-sort intermediate matrix such that Norm values between two consecutive columns of intermediate matrix are equal

S330 ... Generate matrix to be decomposed

S340 ... Perform QR Decomposition on matrix to be decomposed

AA ... Start

BB ... End

(57) Abstract: A sorted QR decomposition method for a receiver in a multiple input/multiple output system including N_r reception antennas and N_t transmission antennas comprises the steps of: dividing a channel matrix (H) included in a reception signal into real number part components (H_{Re}) and imaginary part components (H_{Im}) and generating an intermediate matrix including H_{Re} , $-H_{Im}$, H_{Im} and H_{Re} ; re-sorting each of components of H_{Re} , $-H_{Im}$, H_{Im} and H_{Re} such that Norm values between two consecutive columns of the intermediate matrix are equal; generating a matrix to be decomposed by combining a real number value decomposition vector of the reception signal with the re-sorted intermediate matrix; and performing a QR decomposition for the matrix to be decomposed.

(57) 요약서: N_r 개의 수신 안테나와 N_t 개의 송신 안테나를 포함하는 다중입력 다중출력 시스템에서 수신기의 정렬 QR 분해 방법에 있어서, 수신 신호에 포함된 채널 행렬(H)을 실수부 성분들(H_{Re}) 및 허수부 성분들(H_{Im})로 구분하고, H_{Re} , $-H_{Im}$, H_{Im} 및 H_{Re} 로 구성된 중간 행렬을 생성하는 단계; 상기 중간 행렬의 연속된 두 열 사이의 노름(Norm) 값이 같아지도록 H_{Re} , $-H_{Im}$, H_{Im} 및 H_{Re} 의 성분들 각각을 재정렬하는 단계; 상기 재정렬된 중간 행렬에 수신 신호의 실수값 분해 벡터를 결합하여 분해 대상 행렬을 생성하는 단계; 및 상기 분해 대상 행렬에 대해 QR 분해를 수행하는 단계를 포함한다.

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 정렬 QR 분해 방법 및 장치

기술분야

- [1] 다중입력 다중출력(MIMO: Multiple Input Multiple Output) 시스템에서의 정렬 QR 분해(Sorted QR Decomposition) 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 기븐스 순환 방법을 적용한 정렬 QR 분해 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 다중 안테나 시스템은 기존 무선 통신 시스템에서 다중 송신 안테나와 다중 수신 안테나를 이용하는 MIMO 기술을 도입하여 제한된 대역폭 내에서 고용량의 데이터 전송을 제공할 수 있다. QR 분해는 이러한 다중 안테나 시스템의 신호 처리 과정에 도입되어 비교적 낮은 복잡도로 높은 성능을 얻을 수 있다.
- [3] QR 분해는 임의의 행렬을 직교 행렬인 Q와 상삼각행렬(Upper Triangular Matrix)인 R로 분해하는 과정으로, Q 행렬의 역행렬은 Q의 전치 행렬을 통하여 쉽게 구할 수 있다. 이러한 특성을 활용하여 통신 시스템, 선형 알고리즘 등 다양한 분야에 활용되고 있다.
- [4] 정렬 QR 분해 방법의 경우 QR 분해 과정 도중 매 열에 대한 갱신 과정이 끝날 때마다 재정렬 과정을 삽입하여 남은 열 벡터 중 Norm 결과값이 가장 작은 열을 우선적으로 분해하여 전반적인 성능 향상을 얻을 수 있다.
- [5] QR 분해 과정에서 Norm 값이 가장 작은 성분을 우선적으로 분해하고, Norm 값이 큰 성분을 추후에 분해함으로써 신뢰성이 높은 신호 성분을 우선적으로 검출해 나가며 에러 누적을 감소시킬 수 있다.
- [6] 결과적으로 정렬 QR 분해 방법에서는, 일반 QR 분해 방법 또는 단 한 번의 재정렬 과정을 포함하는 QR 분해 방법에 비하여 큰 폭의 성능 향상을 얻을 수 있다.
- [7] 기존 QR 분해 방법을 구현하기 위하여 적용된 알고리즘에는 그람-슈미트(Gram-Schmidt) 방법, 하우스홀더(Householder) 방법 및 기븐스 순환(Givens Rotation) 방법이 있다. 그람-슈미트 방법은 곱셈, 나눗셈, 제곱근 연산을 포함하고 있어 복잡도가 높으며, 이를 개선하기 위하여 제안된 변형 그람-슈미트(MGS, Modified Gram-Schmidt) 알고리즘은 성능 열화가 발생한다는 문제점이 있다.
- [8] 하우스홀더 방법 또한 곱셈, 나눗셈, 제곱근 연산을 포함하여 복잡도가 높으며, 동시에 모든 행에 대한 연산을 필요로 하여 병렬 구현이 어렵다는 단점이 있다. 이러한 이유로 인하여, 기존에 제안된 바 있는 QR 분해 방법은 주로 기븐스 순환 방법을 기반으로 하고 있다. 기븐스 순환 방법은 구현 복잡도가 낮은 덧셈과 쉬프트 연산 기반의 코르딕(CORDIC) 알고리즘으로 대체할 수 있으며, 여러 열을

병렬로 처리할 수 있다는 장점이 있다.

- [9] 그러나 기븐스 순환 방법은 행렬의 차원이 커질수록 복잡도가 높아지며, CORDIC 알고리즘 기반 구현의 경우 CORDIC 반복(iteration)으로 인한 지연이 발생한다는 문제점이 있다.

- [10] 또한 정렬 QR 분해 방법의 경우에는 중간에 삽입되는 재정렬 과정으로 인하여 하나의 열 벡터에 대한 연산이 모두 끝난 후에 다음 열에 대한 연산을 수행하여야 한다는 치명적인 문제점이 있는데, 이는 실제 구현 시 병렬 구조를 저해하고 지연을 일으키게 된다. 기존에 구현된 정렬 QR 분해는 정렬되지 않은 일반 QR 분해에 비하여 훨씬 더 큰 지연 값을 가진다. 또한 재정렬 과정이 매 열 연산이 끝난 후 삽입됨에 따라 추가적인 복잡도가 발생하게 된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [11] 본 발명은 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 정렬 QR 분해 기법에서 구현의 복잡도를 낮추면서 지연(Latency)을 최소화 할 수 있는 방법 및 장치가 제공된다.

과제 해결 수단

- [12] 본 발명의 일실시예에 따른 수신기의 정렬 QR 분해 방법은 수신 신호에 포함된 채널 행렬()을 실수부 성분들() 및 허수부 성분들()로

$$\mathbf{H} \quad \mathbf{H}_{\text{Re}} \quad \mathbf{H}_{\text{Im}}$$

구분하고, , , 및 로 구성된 중간 행렬을

$$\mathbf{H}_{\text{Re}} \quad -\mathbf{H}_{\text{Im}} \quad \mathbf{H}_{\text{Im}} \quad \mathbf{H}_{\text{Re}}$$

생성하는 단계와, 상기 중간 행렬의 연속된 두 열 사이의 놈(Norm) 값이 같아지도록 , , 및 의 성분들 각각을

$$\mathbf{H}_{\text{Re}} \quad -\mathbf{H}_{\text{Im}} \quad \mathbf{H}_{\text{Im}} \quad \mathbf{H}_{\text{Re}}$$

재정렬하는 단계와, 상기 재정렬된 중간 행렬에 수신 신호의 실수값 분해 벡터를 결합하여 분해 대상 행렬을 생성하는 단계 및 상기 분해 대상 행렬에 대해 QR 분해를 수행하는 단계를 포함한다.

- [13] 본 발명의 일실시예에 따른 수신기의 정렬 QR 분해 장치는 수신 신호에 포함된 채널 행렬()을 실수부 성분들() 및 허수부 성분들()로

$$\mathbf{H} \quad \mathbf{H}_{\text{Re}} \quad \mathbf{H}_{\text{Im}}$$

구분하고, , , 및 로 구성된 중간 행렬을

$$\mathbf{H}_{\text{Re}} \quad -\mathbf{H}_{\text{Im}} \quad \mathbf{H}_{\text{Im}} \quad \mathbf{H}_{\text{Re}}$$

생성하는 중간 행렬 생성부와, 상기 중간 행렬의 연속된 두 열 사이의 놈(Norm)

값이 같아지도록 $\mathbf{H}_{\text{Re}}$, $-\mathbf{H}_{\text{Im}}$, $\mathbf{H}_{\text{Im}}$ 및 $\mathbf{H}_{\text{Re}}$ 의 성분들 각각을

재정렬하는 재정렬부와, 상기 재정렬된 중간 행렬에 수신 신호의 실수값 분해 벡터를 결합하여 분해 대상 행렬을 생성하는 분해 대상 행렬 생성부 및 상기 분해 대상 행렬에 대해 QR 분해를 수행하는 QR 분해부를 포함한다.

발명의 효과

- [14] 본 발명에 따르면, 기존과 동일한 성능을 내면서도 적은 연산량과 40% 이상 감소된 하드웨어 스테이지를 사용하여 지연이 감소함으로써, 고속 및 고효율의 정렬 QR 분해를 구현 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [15] 도 1은 MIMO 시스템의 수신 신호 모델을 도시하는 개략도이다.
 [16] 도 2는 본 발명의 정렬 QR 분해를 수행하는 수신기를 도시하는 구성도이다.
 [17] 도 3은 본 발명에 따른 정렬 QR 분해 방법을 도시한 순서도이다.
 [18] 도 4a는 기존의 정렬 QR 분해 방법을 이용한 행렬 분해 과정을 도시한 예시도이다.
 [19] 도 4b는 본 발명의 정렬 QR 분해 방법을 이용한 행렬 분해 과정을 도시한 예시도이다.
 [20] 도 5a는 기존의 정렬 QR 분해 방법을 이용한 열 벡터의 분해 과정을 도시한 예시도이다.
 [21] 도 5b는 본 발명의 정렬 QR 분해 방법을 이용한 열 벡터의 분해 과정을 도시한 예시도이다.
 [22] 도 6은 4X4 MIMO 시스템에서 QR분해 검출 성능을 도시한 그래프이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [23] 이하, 본 문서의 다양한 실시 예들이 첨부된 도면을 참조하여 기재된다.
 [24] 실시 예 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
 [25] 하기에서 다양한 실시 예들을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
 [26] 그리고 후술되는 용어들은 다양한 실시 예들에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
 [27] 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.
 [28] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할

수 있다.

- [29] 본 문서에서, "A 또는 B" 또는 "A 및/또는 B 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다.
- [30] "제1," "제2," "첫째," 또는 "둘째," 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다.
- [31] 어떤(예: 제1) 구성요소가 다른(예: 제2) 구성요소에 "(기능적으로 또는 통신적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.
- [32] 본 명세서에서, "~하도록 구성된(또는 설정된)(configured to)"은 상황에 따라, 예를 들면, 하드웨어적 또는 소프트웨어적으로 "~에 적합한," "~하는 능력을 가지는," "~하도록 변경된," "~하도록 만들어진," "~를 할 수 있는," 또는 "~하도록 설계된"과 상호 호환적으로(interchangeably) 사용될 수 있다.
- [33] 어떤 상황에서는, "~하도록 구성된 장치"라는 표현은, 그 장치가 다른 장치 또는 부품들과 함께 "~할 수 있는" 것을 의미할 수 있다.
- [34] 예를 들면, 문구 "A, B, 및 C를 수행하도록 구성된(또는 설정된) 프로세서"는 해당 동작을 수행하기 위한 전용 프로세서(예: 임베디드 프로세서), 또는 메모리 장치에 저장된 하나 이상의 소프트웨어 프로그램들을 실행함으로써, 해당 동작들을 수행할 수 있는 범용 프로세서(예: CPU 또는 application processor)를 의미할 수 있다.
- [35] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포합적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다.
- [36] 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포합적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [37] 상술한 구체적인 실시 예들에서, 발명에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다.
- [38] 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 상술한 실시 예들이 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.
- [39] 한편 발명의 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 다양한 실시 예들이 내포하는 기술적 사상의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다.
- [40] 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며 후술하는 청구범위뿐만 아니라 이 청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

- [41] 도 1은 MIMO 시스템의 수신 신호 모델을 도시한 개략도이다.
- [42] 도 1을 참조하면, N_t 개의 송신 안테나를 갖는 송신기(100)와, N_r 개의 수신 안테나를 갖는 수신기(200)를 구비한 MIMO 시스템의 수신신호벡터는 하기의 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

[43] [수학적 식 1]

[44]

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{s} + \mathbf{n}$$

- [45] ($\mathbf{y}$: $N_r \times 1$ 의 수신신호벡터, $\mathbf{H}$: $N_r \times N_t$ 의 채널 행렬, $\mathbf{s}$: $N_t \times 1$ 의 송신신호벡터, $\mathbf{n}$: AWGN(Additive White Gaussian Noise) 벡터)
- [46] 이하, 본 명세서에서 기술하는 신호 모델은 설명을 위한 편의상 $N_t = 4$, $N_r = 4$ 로 가정한다. 하지만 본 발명에서 제안하는 정렬 QR 분해 방법 및 장치는 N_t 및 N_r 이 2보다 큰 모든 MIMO 시스템에 일반적으로 적용될 수 있다.
- [47] 4×4 MIMO 모델의 수신 신호 모델을 다시 수학적 식 2와 같이 나타낼 수 있다.
- [48] [수학적 식 2]

[49]

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \\ \mathbf{y}_3 \\ \mathbf{y}_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{11} & \mathbf{H}_{12} & \mathbf{H}_{13} & \mathbf{H}_{14} \\ \mathbf{H}_{21} & \mathbf{H}_{22} & \mathbf{H}_{23} & \mathbf{H}_{24} \\ \mathbf{H}_{31} & \mathbf{H}_{32} & \mathbf{H}_{33} & \mathbf{H}_{34} \\ \mathbf{H}_{41} & \mathbf{H}_{42} & \mathbf{H}_{43} & \mathbf{H}_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{s}_1 \\ \mathbf{s}_2 \\ \mathbf{s}_3 \\ \mathbf{s}_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{n}_1 \\ \mathbf{n}_2 \\ \mathbf{n}_3 \\ \mathbf{n}_4 \end{bmatrix}$$

- [50] ($\mathbf{y}_i$: 수신 신호 벡터 $\mathbf{y}$ 의 i 번째 성분, $\mathbf{H}_{i,j}$: 채널 행렬 $\mathbf{H}$ 의 i 행 j 열 성분)

- [51] 수학적 식 1은 일반적인 QR 분해 구현에 가장 많이 적용되며, 기븐스 순환 기반의 QR 분해 방법의 경우에도, 복소수 행렬을 직접 QR 분해에 적용하는 것 보다 복소수 행렬을 실수부와 허수부로 나누어 변형한 중간 행렬을 생성하여 QR 분해를 하는 것이 복잡도 면에서 효율적이다.
- [52] 또한, 본 발명에서 제안된 방법에 따르면, 생성된 중간 행렬의 대칭적 특성을 활용하여 복잡도를 크게 감소시킬 수 있다. 따라서 본 발명에서는 중간 단계로 원래의 채널 행렬을 실수부와 허수부로 나누어 실수값 분해 행렬을 만드는 과정을 포함한다.
- [53] 하기의 수학적 식 3은 수학적 식 2의 실수부와 허수부를 나누어 새롭게 생성된 중간 행렬을 나타낸 것이다.

[54] [수학식 3]

$$[55] \quad \begin{bmatrix} \mathbf{y}_{\text{Re}} \\ \mathbf{y}_{\text{Im}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{\text{Re}} & -\mathbf{H}_{\text{Im}} \\ \mathbf{H}_{\text{Im}} & \mathbf{H}_{\text{Re}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{s}_{\text{Re}} \\ \mathbf{s}_{\text{Im}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{n}_{\text{Re}} \\ \mathbf{n}_{\text{Im}} \end{bmatrix}$$

[56] (Re : 실수부, Im : 허수부)

[57] 4 X 4 MIMO 시스템의 경우, 수학식 3과 같이 실수값 분해를 거친 행렬의 차원은 8 X 8로 증가하게 된다. 비록 행렬의 크기는 늘어났으나 실수값 분해를 거친 중간 행렬의 각 구성 성분은 복소수가 아닌 실수 값만을 가지므로 적은 복잡도로 기본스 순환을 적용할 수 있다.

[58] 수학식 3의 실수값 분해 모델의 채널 행렬에 QR 분해를 적용하면 채널 행렬 H는 하기의 수학식 4와 같이 Q 행렬과 R 행렬의 곱으로 표현될 수 있다.

[59] [수학식 4]

[60]

$$\mathbf{H} = \mathbf{Q}\mathbf{R}$$

[61] (Q : 직교행렬, R : 상삼각행렬)

[62] 하기의 수학식 5는 QR 분해를 활용하여 MIMO 수신 신호 y와 채널 행렬 H로부터 송신 신호 s를 검출하는 과정을 나타낸다.

[63] [수학식 5]

$$[64] \quad \begin{aligned} \hat{\mathbf{y}} &= \mathbf{Q}^H \mathbf{y} \\ &= \mathbf{Q}^H \mathbf{Q} \mathbf{R} \mathbf{s} + \mathbf{Q}^H \mathbf{n} \\ &= \mathbf{R} \mathbf{s} + \mathbf{Q}^H \mathbf{n} \end{aligned}$$

[65] 수학식 5에서 Q는 직교 행렬, Q의 역행렬은 위 첨자 H로 표기된 Hermit Transpose를 통하여 쉽게 얻을 수 있다. Q의 Hermit 행렬을 수신 신호 y에 곱하면, 상삼각행렬 R과 송신신호 s의 곱으로 다시 나타내어 진다. 이 때, 노이즈 벡터 n 성분도 Q의 Hermit 행렬과 함께 곱해지는데, 채널 행렬 H 및 QR 분해 된 Q 행렬의 특성에 따라 노이즈 분산이나 평균값은 변하지 않아 무시할 수 있다. 이후의 검출 과정에서는, R이 상삼각행렬이라는 특성을 활용하여 간단히 원래의 송신신호 s를 검출할 수 있다.

[66] 도 2는 본 발명의 정렬 QR 분해를 수행하는 수신기를 도시하는 구성도이다.

[67] 도 1 내지 도 2를 참조하면, 본 발명의 정렬 QR 분해를 수행하는 수신기(200)는 송신기(100)로부터 무선으로 송신되는 정보를 수신하는 수신부(210)와,

수신부(210)로부터 수신신호를 전달 받아 정렬 QR 분해를 수행하는 정렬 QR 분해 장치(220)를 포함 한다.

[68] 정렬 QR 분해 장치(220)는 중간 행렬 생성부(221), 재정렬부(222), 분해 대상 행렬 생성부(223) 및 QR 분해부(224)를 포함한다.

[69] 중간 행렬 생성부(221)는 수신 신호에 포함된 채널 행렬로 중간 행렬을 생성한다.

[70] 중간 행렬 생성부(221)는 수신 신호에 포함된 채널 행렬($\mathbf{H}$)을 실수부

성분들($\mathbf{H}_{\text{Re}}$) 및 허수부 성분들($\mathbf{H}_{\text{Im}}$)로 구분하고, $\mathbf{H}_{\text{Re}}$, $-\mathbf{H}_{\text{Im}}$,
 $\mathbf{H}_{\text{Im}}$ 및 $\mathbf{H}_{\text{Re}}$ 로 구성된 중간 행렬을 생성한다.

[71] 예를 들어, 중간 행렬은 [수학식 6]과 같이 정의 될 수 있다.

[72] 재정렬부(222)는 중간 행렬의 연속된 두 열 사이의 놈(Norm) 값이 같아지도록 중간 행렬의 성분들을 재정렬한다.

[73] 예를 들어, 재정렬된 중간 행렬은 [수학식 7]과 같이 정의될 수 있다.

[74] 분해 대상 행렬 생성부(223)는 재정렬된 중간 행렬로 분해 대상 행렬을 생성한다.

[75] QR 분해부(224)는 분해 대상 행렬에 대하여 QR 분해를 수행한다.

[76] 도 3은 본 발명에 따른 정렬 QR 분해 방법을 도시한 순서도이다.

[77] 도 3에 도시된 방법은 도 2의 정렬 QR 분해 장치(220)에 의해 수행될 수 있다.

[78] 도 3을 참조하면, S310 단계에서 장치는 수신 신호에 포함된 채널 행렬($\mathbf{H}$)을 실수부 성분들($\mathbf{H}_{\text{Re}}$) 및 허수부 성분들($\mathbf{H}_{\text{Im}}$)로 구분하고,

$\mathbf{H}_{\text{Re}}$, $-\mathbf{H}_{\text{Im}}$, $\mathbf{H}_{\text{Im}}$ 및 $\mathbf{H}_{\text{Re}}$ 로 구성된 중간 행렬을 생성한다.

[79] S320 단계에서 장치는 중간 행렬의 연속된 두 열 사이의 놈(Norm) 값이 같아지도록 $\mathbf{H}_{\text{Re}}$, $-\mathbf{H}_{\text{Im}}$, $\mathbf{H}_{\text{Im}}$ 및 $\mathbf{H}_{\text{Re}}$ 의 성분들 각각을

재정렬한다.

[80] 상기 재정렬된 중간 행렬은 하기의 수학식 7에 의해 생성될 수 있다.

[81] 하기의 수학식 6은 수학식 3의 채널 행렬에 대한 종래기술에 따른 재정렬 방식을 나타낸 것이고, 수학식 7-1은 수학식 3의 채널 행렬에 수학식 7을 적용한

예시를 나타낸다.

[82] [수학식 6]

[83]

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{H}_{\text{Re}} & -\mathbf{H}_{\text{Im}} \\ \mathbf{H}_{\text{Im}} & \mathbf{H}_{\text{Re}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{1,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{1,3} & -I_{1,4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{4,1} & R_{4,2} & \cdots & -I_{4,3} & -I_{4,4} \\ I_{1,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{1,3} & R_{1,4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{4,1} & I_{4,2} & \cdots & R_{4,3} & R_{4,4} \end{bmatrix}$$

[84] [수학식 7]

[85]

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} R_{1,1} & -I_{1,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{1,t} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{t,1} & -I_{r,1} & R_{t,2} & \cdots & -I_{r,t} \\ I_{1,1} & R_{1,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{1,r} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{r,1} & R_{t,1} & I_{r,2} & \cdots & R_{t,r} \end{bmatrix}$$

[86] [수학식 7-1]

[87]

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} R_{1,1} & -I_{1,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{1,4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{4,1} & -I_{4,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{4,4} \\ I_{1,1} & R_{1,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{1,4} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{4,1} & R_{4,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{4,4} \end{bmatrix}$$

[88] ($\mathbf{H}$: 재정렬 된 중간 행렬, t : 송신 안테나의 수, r : 수신 안테나의 수, $\mathbf{R}$: 실수부 성분들, $\mathbf{I}$: 허수부 성분들)

[89] 종래기술에 따른 재정렬 방식을 적용한 수학식 6의 경우 중간 행렬의 대칭성 및 기븐스 순환의 특성을 모두 활용할 수 없다는 문제가 있다.

[90] 수학식 7은 원 채널 행렬($\mathbf{H}$)의 각 열 벡터들의 개별적인 중간 행렬을 구한 후, 열 벡터의 순서대로 나열한 것이다. 즉, 수학식 7은 수학식 6에 정의된 중간 행렬의 열 순서를 [1, NT+1, 2, NT+2, ..., NT, 2NT] 순으로 변경하여 다시 표현한 형태와 같다. 이러한 형태는 연속된 두 열 사이에 Norm 값이 같아 추가적인 정렬 과정을 생략함과 동시에, 기븐스 순환 과정에서의 병렬 구조를 향상 시키고 더 적은 수의 기븐스 순환으로 더 많은 영(0) 성분을 만들어낼 수 있다.

[91] S330 단계에서 장치는 재정렬된 중간 행렬에 수신 신호의 실수값 분해 벡터를 결합하여 분해 대상 행렬($\tilde{\mathbf{R}}$)을 생성한다.

$\tilde{\mathbf{R}}$

[92] 상기 분해 대상 행렬($\tilde{\mathbf{R}}$)은 하기의 수학식 8에 의해 생성될 수 있다.

$\tilde{\mathbf{R}}$

[93] 하기의 수학식 8-1은 수학식 7-1에 수학식 8을 적용한 예시를 나타낸다.

[94] [수학식 8]

[95]

$$\tilde{\mathbf{R}} = [\mathbf{H} \quad \mathbf{y}] = \begin{bmatrix} R_{1,1} & -I_{1,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{1,t} & \mathbf{y}_{\text{Re}}(1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ R_{t,1} & -I_{r,1} & R_{t,2} & \cdots & -I_{r,t} & \mathbf{y}_{\text{Re}}(t) \\ I_{1,1} & R_{1,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{1,r} & \mathbf{y}_{\text{Im}}(1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ I_{r,1} & R_{t,1} & I_{r,2} & \cdots & R_{t,r} & \mathbf{y}_{\text{Im}}(t) \end{bmatrix}$$

[96] [수학식 8-1]

$$[97] \quad \tilde{\mathbf{R}} = [\mathbf{H} \quad \mathbf{y}] = \begin{bmatrix} R_{1,1} & -I_{1,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{1,4} & \mathbf{y}_{\text{Re}}(1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ R_{4,1} & -I_{4,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{4,4} & \mathbf{y}_{\text{Re}}(4) \\ I_{1,1} & R_{1,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{1,4} & \mathbf{y}_{\text{Im}}(1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ I_{4,1} & R_{4,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{4,4} & \mathbf{y}_{\text{Im}}(4) \end{bmatrix}$$

[98] ($\tilde{\mathbf{R}}$: 분해 대상 행렬, $\mathbf{H}$: 재정렬된 중간 행렬), t : 송신 안테나 수, r : 수신

안테나 수, y : 수신 신호 벡터, $\mathbf{R}$: 실수부 성분들, $\mathbf{I}$: 허수부 성분들)

[99] S340단계에서 장치는 분해 대상 행렬($\tilde{\mathbf{R}}$)에 대해 QR 분해를 수행한다.

[100] 수학식 8의 행렬을 기반으로 QR 분해를 수행하는 경우에 QR 분해가 끝난 이후, 분해 대상 행렬의 재정렬된 중단 행렬 부분으로부터 생성되는 상 삼각행렬 및 QR 분해의 Q 행렬 및 수신신호벡터가 결합된 행렬 $\mathbf{Q}^H \mathbf{y}$ 를

출력하는 과정을 포함할 수 있다.

[101] 따라서, Q 행렬을 생성하기 위한 별도의 연산을 수행하지 않아 Q 행렬에 대한 추가적인 기븐스 순환을 필요로 하지 않게 된다. 따라서, 종래 QR 분해와 비교할때, 복잡도 면에서 큰 이득을 가져올 수 있다.

[102] 하기의 [표1]은 본 발명의 정렬 QR 분해 과정을 나타낸다.

[103]

Input: $\mathbf{H}_{2N_R \times 2N_T}, \mathbf{y}_{2N_R \times 1}$
Output: $\mathbf{R}_{2N_R \times 2N_T}, \tilde{\mathbf{y}}_{2N_R \times 1} = \mathbf{Q}^H \mathbf{y}, \mathbf{p}_{2N_T \times 1}$
Initialization: $\mathbf{p} = [1, N_T + 1, 2, N_T + 2, \dots, N_T, 2N_T]$
 $\mathbf{R} = \mathbf{H}_p, \tilde{\mathbf{y}} = \mathbf{y}, \tilde{\mathbf{R}} = [\mathbf{R} \ \tilde{\mathbf{y}}]$

```

1 : for  $i = 1 : N_T$  do
2 :    $\mu_i = \|\tilde{\mathbf{R}}_{2i-1}\|_F^2$ 
3 : end for
4 : for  $i = 1 : N_T$  do
5 :    $\delta = \arg \min_{k=i:N_T} \mu_k$ 
6 :   Swap  $\tilde{\mathbf{R}}_{2i-1} \leftrightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{2\delta-1}$  and  $\mathbf{p}_{2i-1} \leftrightarrow \mathbf{p}_{2\delta-1}$ 
7 :   Swap  $\tilde{\mathbf{R}}_{2i} \leftrightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{2\delta}$  and  $\mathbf{p}_{2i} \leftrightarrow \mathbf{p}_{2\delta}$ 
8 :   Perform CORDIC Givens Rotation for  $\tilde{\mathbf{R}}_{2i-1}$  and  $\tilde{\mathbf{R}}_{2i}$ 
9 :   for  $j = i : N_T$  do
10 :     $\mu_j = \mu_j - \|\tilde{\mathbf{R}}_{2i-1:2i, 2j-1}\|_F^2$ 
11 :   end for
12 : end for

```

[104] S340 단계에서 장치는 표1에서 하기의 수학적 식 9를 이용하여 상기 재정렬된 중간 행렬의 열 벡터 성분을 정렬하는 과정을 포함할 수 있다.

[105] [수학적 식 9]

[106]

for $i = 1 : N_T$ **do**
 $\mu_i = \|\tilde{\mathbf{R}}_{2i-1}\|_F^2$
end for

[107] ($\tilde{\mathbf{R}}$ 은 분해 대상 행렬, N_t 는 송신 안테나의 개수)

[108] 기존의 정렬 QR 분해의 경우, 모든 열에 대하여 $2N_t$ 개의 Norm 값을 구해야 했으나 본 발명에서 제안하는 정렬 QR 분해 방법에서는 재정렬된 중간 행렬의 대칭성을 활용하여 절반에 해당하는 N_t 번만의 연산을 필요로 한다.

[109] 이때, 홀수 번째 열 벡터의 Norm 값은 수학적 식 9에 기초하여 계산할 수 있다. 짝수 번째 열 벡터의 Norm 값은 수학적 식 8의 실수값 행렬의 대칭성에 의하여 인접한 왼쪽의 홀수 번째 열 벡터의 Norm 값과 동일하다.

[110] 표1에서 하기의 수학적 식 10은 수학적 식 9를 통하여 얻은 열 벡터의 Norm 값 중 가장 작은 값을 선택하는 과정을 나타낸다.

[111] [수학적 식 10]

[112]
$$\delta = \arg \min_{k=i:N_T} \mu_k$$

[113] 이 때, 인덱스 i 는 현재 기본스 순환이 진행되고 있는 열 벡터의 인덱스에 해당하며, 이미 기본스 순환이 끝난 i 번째 열 이전의 열 벡터들에 대해서는 비교 과정이 필요 없다.

[114] 표1에서 하기의 수학적 식 11에 의하여 i 보다 큰 인덱스를 갖는 열 벡터 중 가장 작은 Norm 값을 갖는 δ 번째 열 벡터는 현재 기본스 회전이 진행될 i 번째 열 벡터와 순서가 교환된다.

[115] [수학적 식 11]

[116]
$$\begin{aligned} \tilde{\mathbf{R}}_{2i-1} &\leftrightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{2\delta-1} \text{ and } \mathbf{p}_{2i-1} \leftrightarrow \mathbf{p}_{2\delta-1} \\ \tilde{\mathbf{R}}_{2i} &\leftrightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{2\delta} \text{ and } \mathbf{p}_{2i} \leftrightarrow \mathbf{p}_{2\delta} \end{aligned}$$

[117] 이 때, 홀수 번째 열 벡터는 홀수 번째 열 벡터끼리, 짝수 번째 열 벡터는 짝수 번째 열 벡터끼리 서로 교환되며, 열 교환 과정을 저장하는 인덱스 벡터 $\mathbf{p}$ 의 원소들도 서로 동일하게 교환된다.

[118] 하기의 표2는 본 발명의 기본스 순환 과정을 나타낸다.

[119]

Input: $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k:2N_T}, \tilde{\mathbf{R}}_{n,k:2N_T}, N_{iter}, \alpha$
Output: $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k:2N_T}, \tilde{\mathbf{R}}_{n,k:2N_T}$

```

2 : if  $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k} < 0$  then
3 :    $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k} = -\tilde{\mathbf{R}}_{m,k}$ 
3 :    $\tilde{\mathbf{R}}_{n,k} = -\tilde{\mathbf{R}}_{n,k}$ 
1 : for  $i = 0 : N_{iter} - 1$  do
2 :   if  $\tilde{\mathbf{R}}_{n,k} < 0$  then
3 :      $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k} \Rightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{m,k} - 2^{-i}\tilde{\mathbf{R}}_{n,k}$ 
4 :      $\tilde{\mathbf{R}}_{n,k} \Rightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{n,k} + 2^{-i}\tilde{\mathbf{R}}_{m,k}$ 
5 :   else
6 :      $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k} \Rightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{m,k} + 2^{-i}\tilde{\mathbf{R}}_{n,k}$ 
7 :      $\tilde{\mathbf{R}}_{n,k} \Rightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{n,k} - 2^{-i}\tilde{\mathbf{R}}_{m,k}$ 
8 :   end if
9 : end for
10 :  $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k} = \alpha \tilde{\mathbf{R}}_{m,k}$ 
11 :  $\tilde{\mathbf{R}}_{n,k} = \alpha \tilde{\mathbf{R}}_{n,k}$ 

```

[120] [수학적 식 12]

[121]

```

if  $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k} < 0$  then
     $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k} = -\tilde{\mathbf{R}}_{m,k}$ 
     $\tilde{\mathbf{R}}_{n,k} = -\tilde{\mathbf{R}}_{n,k}$ 
for  $i = 0 : N_{iter} - 1$  do
    if  $\tilde{\mathbf{R}}_{n,k} < 0$  then
         $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k} \Rightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{m,k} - 2^{-i} \tilde{\mathbf{R}}_{n,k}$ 
         $\tilde{\mathbf{R}}_{n,k} \Rightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{n,k} + 2^{-i} \tilde{\mathbf{R}}_{m,k}$ 
    else
         $\tilde{\mathbf{R}}_{m,k} \Rightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{m,k} + 2^{-i} \tilde{\mathbf{R}}_{n,k}$ 
         $\tilde{\mathbf{R}}_{n,k} \Rightarrow \tilde{\mathbf{R}}_{n,k} - 2^{-i} \tilde{\mathbf{R}}_{m,k}$ 
    end if
end for

```

[122] 표2에서 수학식 12는 매 i번째 단계마다 수학식 11에 의하여 교환된 2i-1번째 열 벡터와 2i번째 열 벡터의 기븐스 순환 과정이 수행된다. 수학식 12의 CORDIC 기반 기븐스 순환 과정은 단순한 덧셈 연산 및 쉬프트 연산으로 표현되어 있어 구현 면에서 복잡도가 낮다.

[123] 도 4a는 기존의 정렬 QR 분해 방법을 이용한 행렬 분해 과정을 도시한 예시도이며, 도 4b는 본 발명의 정렬 QR 분해 방법을 이용한 행렬 분해 과정을 도시한 예시도이다.

[124] 도 5a는 기존의 정렬 QR 분해 방법을 이용한 열 벡터의 분해 과정을 도시한 예시도이며, 도 5b는 본 발명의 정렬 QR 분해 방법을 이용한 열 벡터의 분해 과정을 도시한 예시도이다.

[125] 도 4a 내지 도 5b를 참조하면, 기존의 정렬 QR 분해 방식은, 실수값 분해 행렬의 대칭성을 이용하지 않고, 매 열 연산이 끝날 때마다 재정렬 과정을 도입하여 많은 재정렬 과정과 소요 스테이지 수를 필요로 한다.

[126] 반면, 본 발명에서 제안하는 정렬 QR 분해의 행렬 분해 과정은 수학식 7에서 제안된 재정렬된 중간 행렬을 활용하여 필요한 재정렬 과정을 절반으로 줄였으며, 기븐스 순환 과정과 수학식 7의 재정렬된 중간 행렬의 특성에 따라 1, 4, 7, 9 단계에서는 하나의 기븐스 순환 과정으로 두 열의 성분을 모두 제거할 수 있게 된다. 따라서 요구되는 기븐스 순환의 수 또한 함께 감소하게 된다.

[127] 하기의 수학식 13은 일반적인 기븐스 순환 공식을 나타낸 것이다.

[128] [수학식 13]

[129]

$$\begin{bmatrix} c & -s \\ s & c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r \\ 0 \end{bmatrix}$$

[130] 이 때, r 은 $r = \sqrt{a^2 + b^2}$ 이 된다. 기븐스 순환의 목적은, 수학식 13와

같이 a 와 b 두 벡터에 미리 a 와 b 의 특성을 기반으로 하여 계산된 행렬을 곱하거나, 본 발명의 표2와 같이 CORDIC 기반의 반복 연산을 통하여 하나는 0으로, 나머지 하나는 두 벡터의 크기값으로 변형시키는 데에 있다.

[131] QR 분해는 이러한 반복 연산을 거듭 수행하여 원래의 채널 행렬 H 를 상삼각행렬 R 로 만드는 과정이다. QR 분해에서는 수학식 13에서의 입력 값인 a 와 b 가 행 벡터가 되며, 두 행 벡터 중 b 의 첫 번째 열 성분만이 0으로 변환되지만, 나머지 모든 행 성분도 마찬가지로 순환 연산을 필요로 하게 된다. 따라서 행렬의 크기가 증가할수록 많은 기븐스 순환 과정을 필요로 하게 된다. 그러나 본 발명에서는 필요로 하는 기븐스 순환 과정을 줄일 수 있다.

[132] 하기의 수학식 14는 본 발명에서 실수값 분해 행렬의 대칭성을 이용하여 기븐스 순환을 수행하는 방법을 나타낸 것이다.

[133] [수학식 14]

[134]

$$\text{Givens_Rotation} \left(\begin{bmatrix} R_{1,1} & -I_{1,1} & \cdots \\ I_{1,1} & R_{1,1} & \cdots \end{bmatrix} \right) = \begin{bmatrix} R'_{1,1} & 0 & \cdots \\ 0 & R'_{1,1} & \cdots \end{bmatrix}$$

[135] 수학식 8을 적용하여 첫번째 행과 다섯번째 행 사이의 기븐스 순환을 수행하는 것을 예를 들면, 대칭성의 특성과 수학식 12의 기븐스 순환 연산의 특성에 의하여 두 행의 I 성분을 모두 제거할 수 있다. 마찬가지로, 6행과 2행, 3행과 7행, 4행과 8행을 묶어서 기븐스 순환을 수행함에 따라 두 행에 모두 0 성분을 생성할 수 있다. 나머지 0 성분은 도면 4b와 같이 병렬로 처리하여 생성할 수 있다. 이러한 방식을 수행하고 난 뒤에도, 행렬의 대칭성이 유지 되므로, 나머지 스테이지에서도 위와 같은 방법을 그대로 적용하여 효율성을 높일 수 있다.

[136] 하기의 수학식 15-1 내지 15-7 는 본 발명에서 제안하는 분해 대상 행렬을 이용한 QR 분해 과정의 예시를 나타낸다.

[137] 중간 행렬을 생성하기 위한 채널 행렬(H)의 값이 하기의 수학식 15-1과 같다고 가정한다.

[138] [수학식 15-1]

[139] $H =$

$$\begin{bmatrix} 3.0000 & -3.0000i & 2.0000 & +1.0000i \\ 4.0000 & +1.0000i & -1.0000 & +2.0000i \end{bmatrix}$$

[140] 수학식 15-1의 채널 행렬은 수학식 7에 의하여 하기의 수학식 15-2와 같은 재정렬된 중간행렬을 생성한다.

[141] [수학식 15-2]

[142] Hr2 =

$$\begin{bmatrix} 3 & 3 & 2 & -1 \\ 4 & -1 & -1 & -2 \\ -3 & 3 & 1 & 2 \\ 1 & 4 & 2 & -1 \end{bmatrix}$$

[143] 또한, 수학식 9를 적용하여, 하기의 수학식 15-3와 같이 열 벡터 성분을 정렬을 위한 Norm 값을 계산한다.

[144] [수학식 15-3]

[145] ans =

$$\begin{bmatrix} 35 \\ 10 \end{bmatrix}$$

[146] 수학식 15-3에서 세 번째 열 벡터 및 네 번째 열 벡터의 Norm 값인 10이 첫 번째 열 벡터 및 두 번째 열 벡터인 35보다 작으므로 하기의 수학식 15-4와 같이 두 벡터를 서로 다른 두 벡터와 교환한다. 즉, [1 2 3 4] 였던 열 순서가 정렬에 의하여 두 열씩 짝지어 [3 4 1 2]로 함께 교환 된다.

[147] [수학식 15-4]

[148] R =

$$\begin{bmatrix} 2 & -1 & 3 & 3 \\ -1 & -2 & 4 & -1 \\ 1 & 2 & -3 & 3 \\ 2 & -1 & 1 & 4 \end{bmatrix}$$

[149] 교환된 행렬은 첫 번째 및 두 번째 열 벡터가 서로 동일한 Norm 값을 가지므로 추가적인 정렬 없이 함께 묶어서 기븐스 순환을 할 수 있다. 즉, 연속적으로 첫 번째 및 두 번째 열 벡터에 대한 기븐스 순환을 수행할 수 있다.

[150] 또한, 이 때의 기븐스 순환 과정은 행렬에서 (첫 번째 행, 세 번째 행), (두 번째 행, 네 번째 행)으로 묶어서 수행하고, 이렇게 짝지어진 행렬의 첫 번째 행은 (2, -1, ...), 세 번째 행은 (-1, 2, ...)로 대칭 형태를 띄므로 수학식 14에 의하여 하기의 수학식 15-5와 같이 한 번의 순환으로 두 개의 0을 생성할 수 있다. 단, (두 번째 행, 네 번째 행)에서는 네 번째 행을 중심(Pivot) 행으로 하고 두 번째 행을 0으로 만들어야 상삼각 행렬을 생성할 수 있다.

[151] [수학식 15-5]

[152] $R =$

$$\begin{bmatrix} 2.2362 & 0 & 1.3412 & 4.0254 \\ 0 & -2.2362 & 4.0251 & 0.8951 \\ 0 & 2.2362 & -4.0254 & 1.3412 \\ 2.2362 & 0 & -0.8951 & 4.0251 \end{bmatrix}$$

[153] 이후 상삼각행렬을 만들기 위하여 하기의 수학식 15-6과 같이 첫번째 열 벡터와 두번째 열벡터에 대한 나머지 기븐스 순환 과정을 수행한다.

[154] [수학식 15-6]

[155] $R =$

$$\begin{bmatrix} 3.1627 & 0 & 0.3175 & 5.6930 \\ 0 & 3.1627 & -5.6930 & 0.3175 \\ 0 & 0 & -0.0072 & -1.5810 \\ 0 & 0 & -1.5810 & 0.0072 \end{bmatrix}$$

[156] 남은 세번째 열 및 네번째 열 또한 대칭 형태를 유지하며, 서로 Norm 값이 같으므로 정렬없이 기븐스 순환을 수행하여 하기의 수학식 15-7과 같은 상삼각행렬을 완성한다.

[157] [수학식 15-7]

[158] $R =$

$$\begin{bmatrix} 3.1627 & 0 & 0.3175 & 5.6930 \\ 0 & 3.1627 & -5.6930 & 0.3175 \\ 0 & 0 & 1.5811 & 0.0008 \\ 0 & 0 & 0 & -1.5811 \end{bmatrix}$$

[159] 도 6은 4X4 MIMO 시스템에서 QR분해 검출 성능을 도시한 그래프이다.

[160] 도 6을 참조하면, 가로 축은 비트 에너지 대 잡음 전력비 (E_b/N_0)를 나타내고, 세로축은 부호화된 비트 에러율 (Coded BER: Coded Bit Error Rate)를 나타내고 있다.

[161] 또한, 본 발명에 따른 정렬 QR 분해 기법(Proposed Sorted QR Decomposition)은 기존 정렬 QR 분해(Conventional Sorted QR Decomposition)와 비교하여, 거의 동일한 검출 성능을 보여주는 것을 확인할 수 있다.

[162] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를

이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 컨트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

- [163] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다.
- [164] 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.
- [165] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

청구범위

[청구항 1] 수신 신호에 포함된 채널 행렬($\mathbf{H}$)을 실수부 성분들($\mathbf{H}_{\text{Re}}$) 및

허수부 성분들($\mathbf{H}_{\text{Im}}$)로 구분하고, $\mathbf{H}_{\text{Re}}$, $-\mathbf{H}_{\text{Im}}$, $\mathbf{H}_{\text{Im}}$ 및

로 구성된 중간 행렬을 생성하는 단계;

$\mathbf{H}_{\text{Re}}$

상기 중간 행렬의 연속된 두 열 사이의 놈(Norm) 값이 같아지도록

$\mathbf{H}_{\text{Re}}$, $-\mathbf{H}_{\text{Im}}$, $\mathbf{H}_{\text{Im}}$ 및 $\mathbf{H}_{\text{Re}}$ 의 성분들 각각을 재정렬하는

단계;

상기 재정렬된 중간 행렬에 수신 신호의 실수값 분해 벡터를 결합하여
분해 대상 행렬을 생성하는 단계; 및

상기 분해 대상 행렬에 대해 QR 분해를 수행하는 단계를 포함하는
다중입력 다중출력 시스템에서 수신기의 정렬 QR 분해 방법.

[청구항 2] 제1항에 있어서,

상기 재정렬된 중간 행렬은 하기 수학식 7에 의해 생성되는,

[수학식 7]

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} R_{1,1} & -I_{1,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{1,t} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{t,1} & -I_{r,1} & R_{t,2} & \cdots & -I_{r,t} \\ I_{1,1} & R_{1,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{1,r} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{r,1} & R_{t,1} & I_{r,2} & \cdots & R_{t,r} \end{bmatrix}$$

여기서, $\mathbf{H}$ 는 재정렬 된 중간 행렬, t 는 송신 안테나의 수, r 은 수신
안테나의 수, $\mathbf{R}$ 은 실수부 성분들, $\mathbf{I}$ 는 허수부 성분들인
정렬 QR 분해 방법.

[청구항 3] 제1항에 있어서,

상기 분해 대상 행렬은 하기 수학식 8에 의해 생성되는,

[수학식 8]

$$\tilde{\mathbf{R}} = [\mathbf{H} \quad \mathbf{y}] = \begin{bmatrix} R_{1,1} & -I_{1,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{1,t} & \mathbf{y}_{\text{Re}}(1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ R_{t,1} & -I_{r,1} & R_{t,2} & \cdots & -I_{r,t} & \mathbf{y}_{\text{Re}}(t) \\ I_{1,1} & R_{1,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{1,r} & \mathbf{y}_{\text{Im}}(1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ I_{r,1} & R_{t,1} & I_{r,2} & \cdots & R_{t,r} & \mathbf{y}_{\text{Im}}(t) \end{bmatrix}$$

여기서, $\tilde{\mathbf{R}}$ 은 분해 대상 행렬, $\mathbf{H}$ 는 재정렬된 중간 행렬, t 는 송신

안테나의 수, r 은 수신 안테나의 수, $\mathbf{y}$ 는 수신 신호 벡터, $\mathbf{R}$ 은 실수부 성분들, $\mathbf{I}$ 는 허수부 성분들인

정렬 QR 분해 방법.

[청구항 4]

제1항에 있어서,

상기 QR 분해를 수행하는 단계는,

하기 수학식 9를 이용하여 상기 재정렬된 중간 행렬의 열 벡터 성분을 정렬하는 과정을 포함하는,

[수학식 9]

for $i = 1 : N_T$ **do**
 $\mu_i = \|\tilde{\mathbf{R}}_{2i-1}\|_F^2$
end for

여기서, $\tilde{\mathbf{R}}$ 은 분해 대상 행렬, N_t 는 송신 안테나의 개수인

정렬 QR 분해 방법.

[청구항 5]

제1항에 있어서,

상기 QR 분해를 수행하는 단계는,

상기 분해 대상 행렬의 재정렬된 중간 행렬 부분으로부터 생성되는 상삼각행렬 및 QR 분해의 $\mathbf{Q}$ 행렬 및 수신신호벡터가 결합된 행렬

$\mathbf{R}$

를 출력하는 과정을 포함하는

$\mathbf{Q}^H \mathbf{y}$

다중입력 다중출력 시스템에서 수신기의 정렬 QR 분해 방법.

[청구항 6] 수신 신호에 포함된 채널 행렬($\mathbf{H}$)을 실수부 성분들($\mathbf{H}_{\text{Re}}$) 및

허수부 성분들($\mathbf{H}_{\text{Im}}$)로 구분하고, $\mathbf{H}_{\text{Re}}$, $-\mathbf{H}_{\text{Im}}$, 및 $\mathbf{H}_{\text{Im}}$

로 구성된 중간 행렬을 생성하는 중간 행렬 생성부;

$\mathbf{H}_{\text{Re}}$

상기 중간 행렬의 연속된 두 열 사이의 놈(Norm) 값이 같아지도록

$\mathbf{H}_{\text{Re}}$, $-\mathbf{H}_{\text{Im}}$, $\mathbf{H}_{\text{Im}}$ 및 $\mathbf{H}_{\text{Re}}$ 의 성분들 각각을 재정렬하는

재정렬부;

상기 재정렬된 중간 행렬에 수신 신호의 실수값 분해 벡터를 결합하여
분해 대상 행렬을 생성하는 분해 대상 행렬 생성부; 및

상기 분해 대상 행렬에 대해 QR 분해를 수행하는 QR 분해부를 포함하는
다중입력 다중출력 시스템에서 수신기의 정렬 QR 분해 장치.

[청구항 7] 제6항에 있어서,

상기 재정렬된 중간 행렬은 하기 수학식 7에 의해 생성되는,

[수학식 7]

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} R_{1,1} & -I_{1,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{1,t} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ R_{t,1} & -I_{r,1} & R_{t,2} & \cdots & -I_{r,t} \\ I_{1,1} & R_{1,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{1,r} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I_{r,1} & R_{t,1} & I_{r,2} & \cdots & R_{t,r} \end{bmatrix}$$

여기서, $\mathbf{H}$ 는 재정렬된 중간 행렬, t 는 송신 안테나의 수, r 은 수신
안테나의 수, R 은 실수부 성분들, I 는 허수부 성분들인
정렬 QR 분해 장치.

[청구항 8] 제6항에 있어서,

상기 분해 대상 행렬은 하기 수학식 8에 의해 생성되는,

[수학식 8]

$$\tilde{\mathbf{R}} = [\mathbf{H} \quad \mathbf{y}] = \begin{bmatrix} R_{1,1} & -I_{1,1} & R_{1,2} & \cdots & -I_{1,t} & \mathbf{y}_{\text{Re}}(1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ R_{t,1} & -I_{r,1} & R_{t,2} & \cdots & -I_{r,t} & \mathbf{y}_{\text{Re}}(t) \\ I_{1,1} & R_{1,1} & I_{1,2} & \cdots & R_{1,r} & \mathbf{y}_{\text{Im}}(1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ I_{r,1} & R_{t,1} & I_{r,2} & \cdots & R_{t,r} & \mathbf{y}_{\text{Im}}(t) \end{bmatrix}$$

여기서, $\tilde{\mathbf{R}}$ 은 분해 대상 행렬, $\mathbf{H}$ 는 재정렬된 중간 행렬, t 는 송신

안테나의 수, r 은 수신 안테나의 수, $\mathbf{y}$ 는 수신 신호 벡터, $\mathbf{R}$ 은 실수부 성분들, $\mathbf{I}$ 는 허수부 성분들인

정렬 QR 분해 장치.

[청구항 9]

제6항에 있어서,

상기 QR 분해부는,

하기 수학적 식 9를 이용하여 상기 재정렬된 중간 행렬의 열 벡터 성분을 정렬하는 과정을 포함하는,

[수학적 식 9]

for $i = 1 : N_T$ **do**
 $\mu_i = \|\tilde{\mathbf{R}}_{2i-1}\|_F^2$
end for

여기서, $\tilde{\mathbf{R}}$ 은 분해 대상 행렬, N_t 는 송신 안테나의 개수인

정렬 QR 분해 장치.

[청구항 10]

제6항에 있어서,

상기 QR 분해부는,

상기 분해 대상 행렬의 재정렬된 중단 행렬 부분으로부터 생성되는 상삼각행렬 및 QR 분해의 Q 행렬 및 수신신호벡터가 결합된 행렬

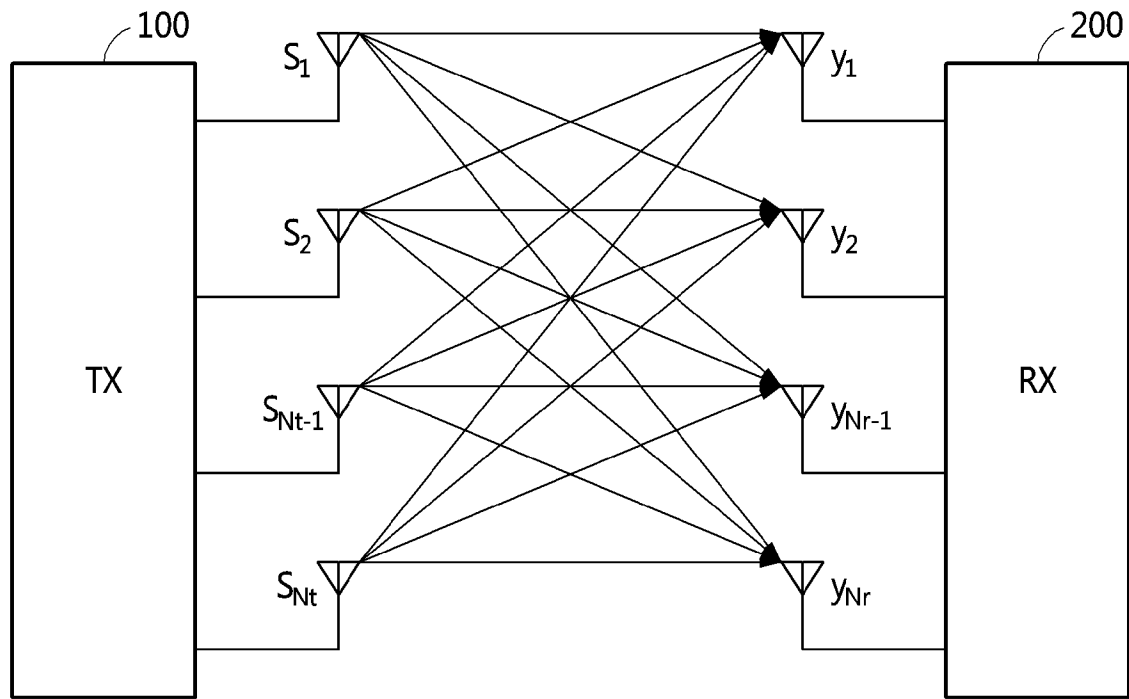
$\mathbf{R}$

를 출력하는 과정을 포함하는

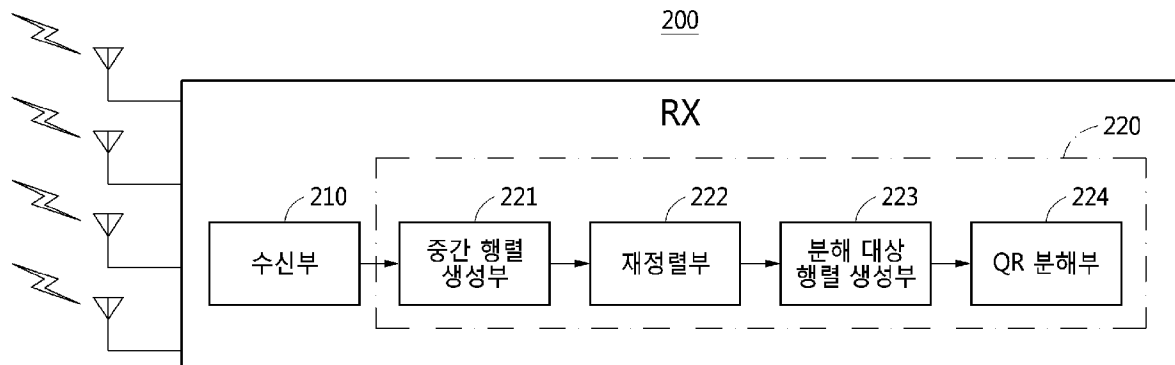
$\mathbf{Q}^H \mathbf{y}$

다중입력 다중출력 시스템에서 수신기의 정렬 QR 분해 장치.

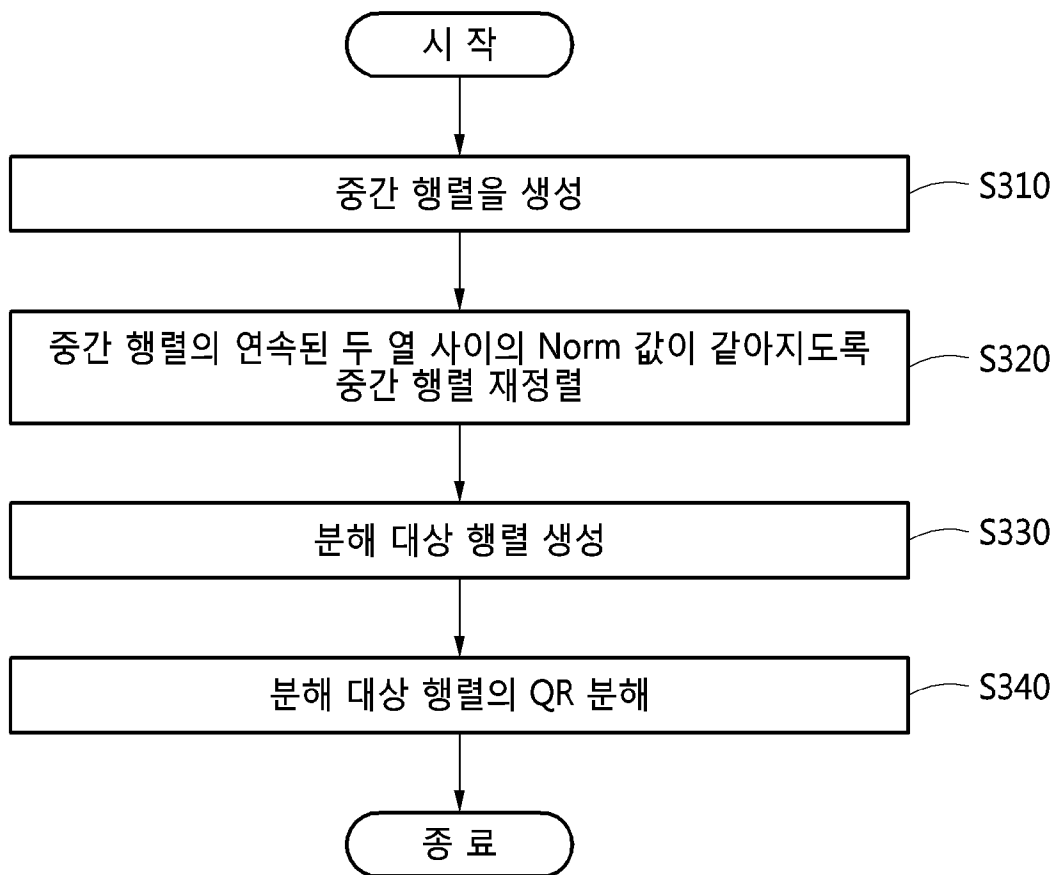
[도1]



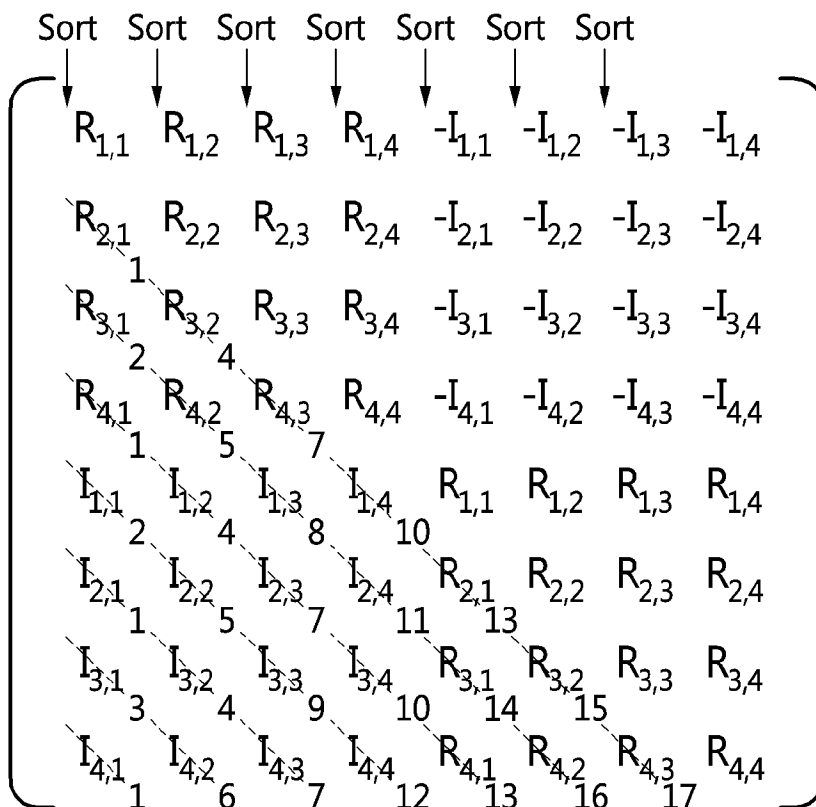
[도2]



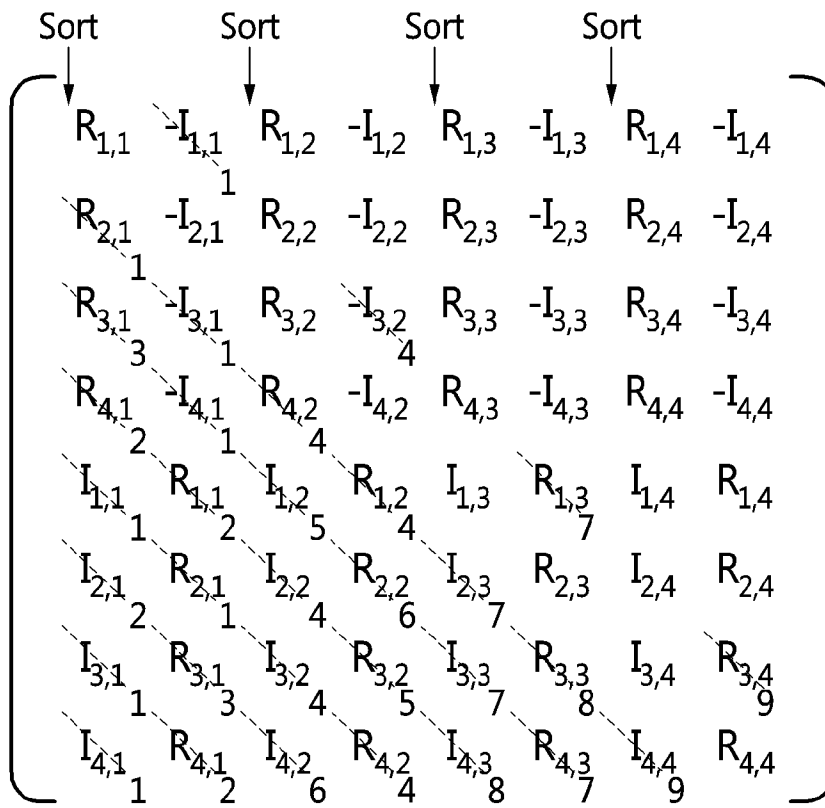
[도3]



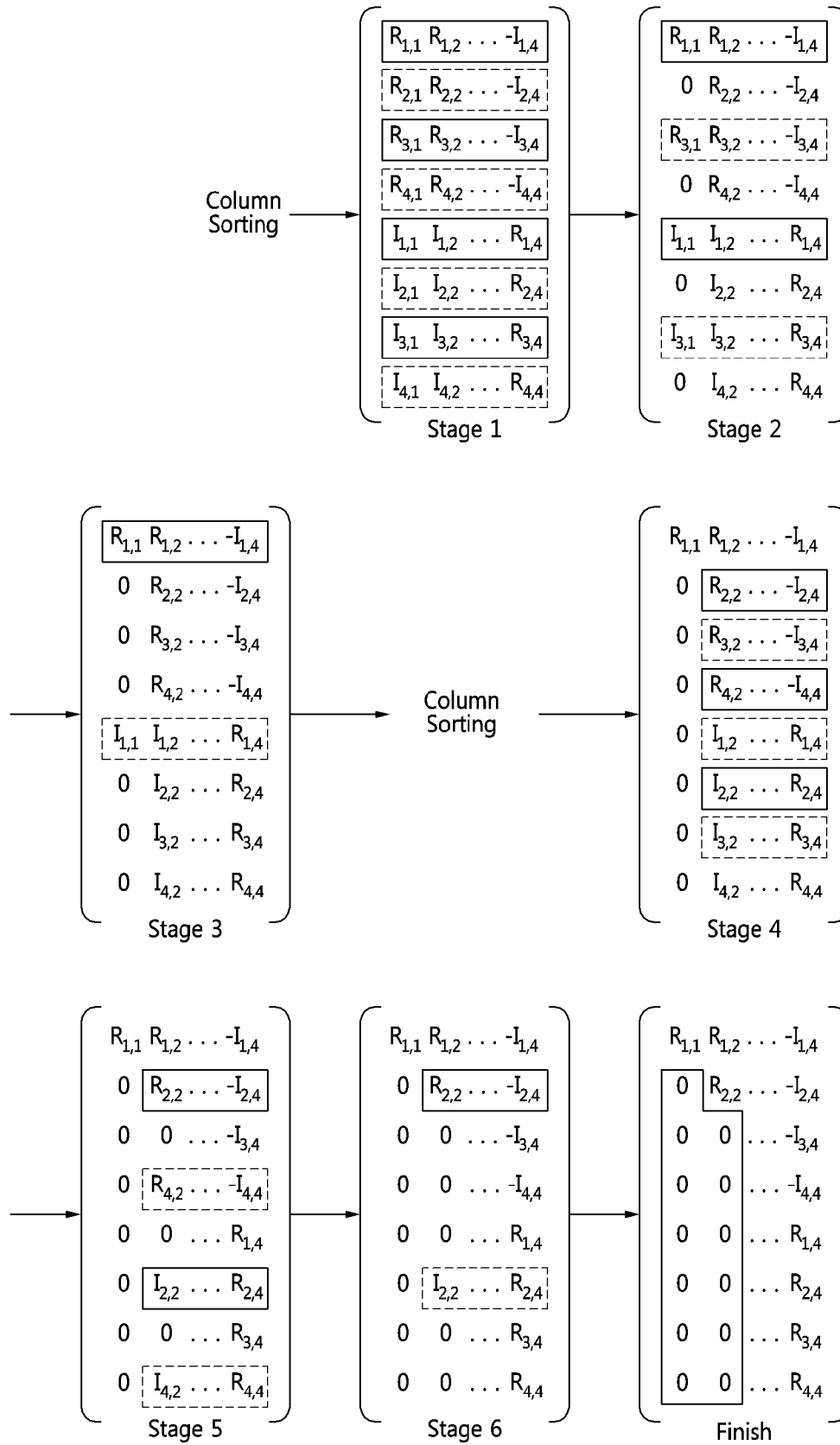
[도4a]



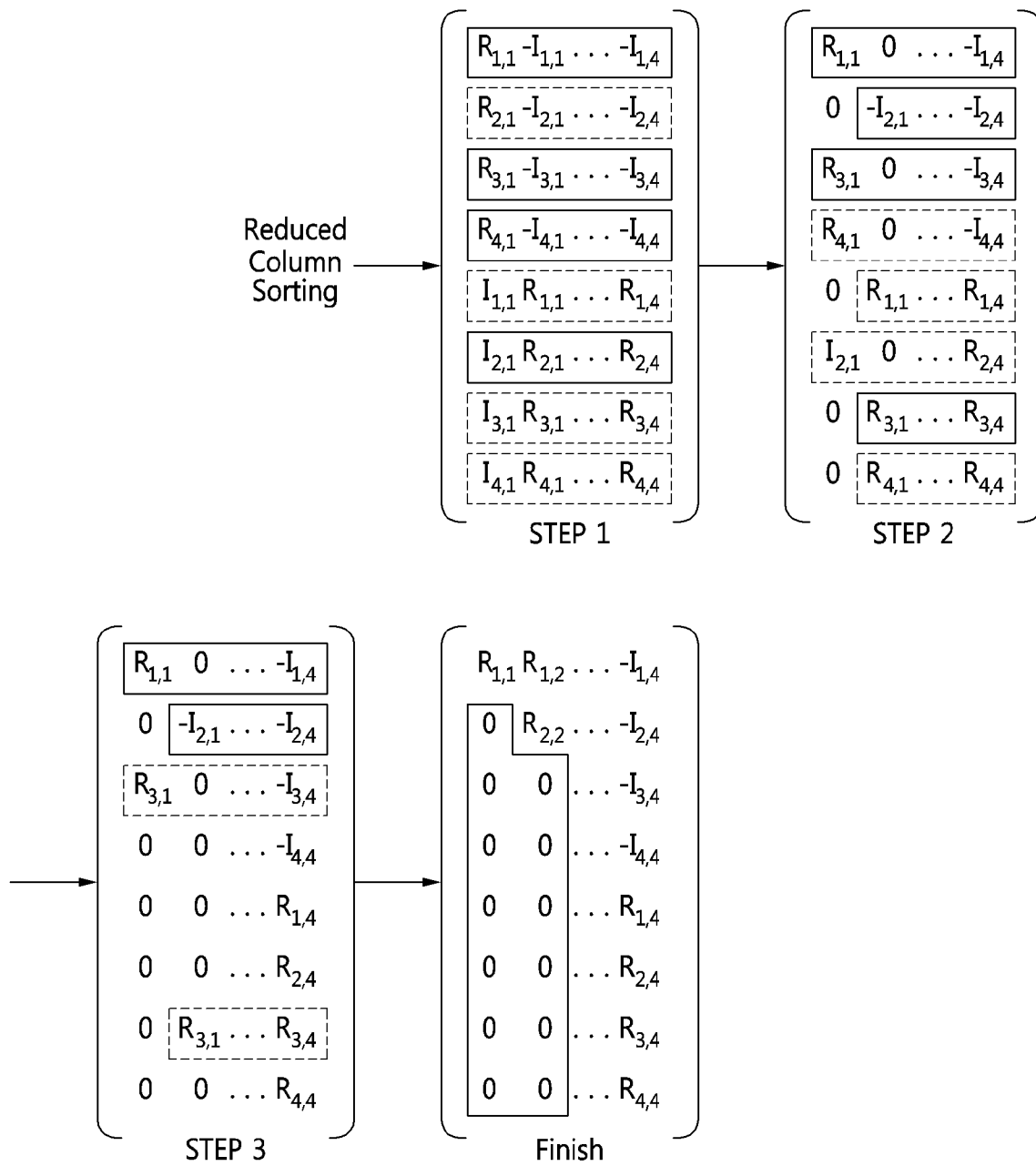
[도4b]



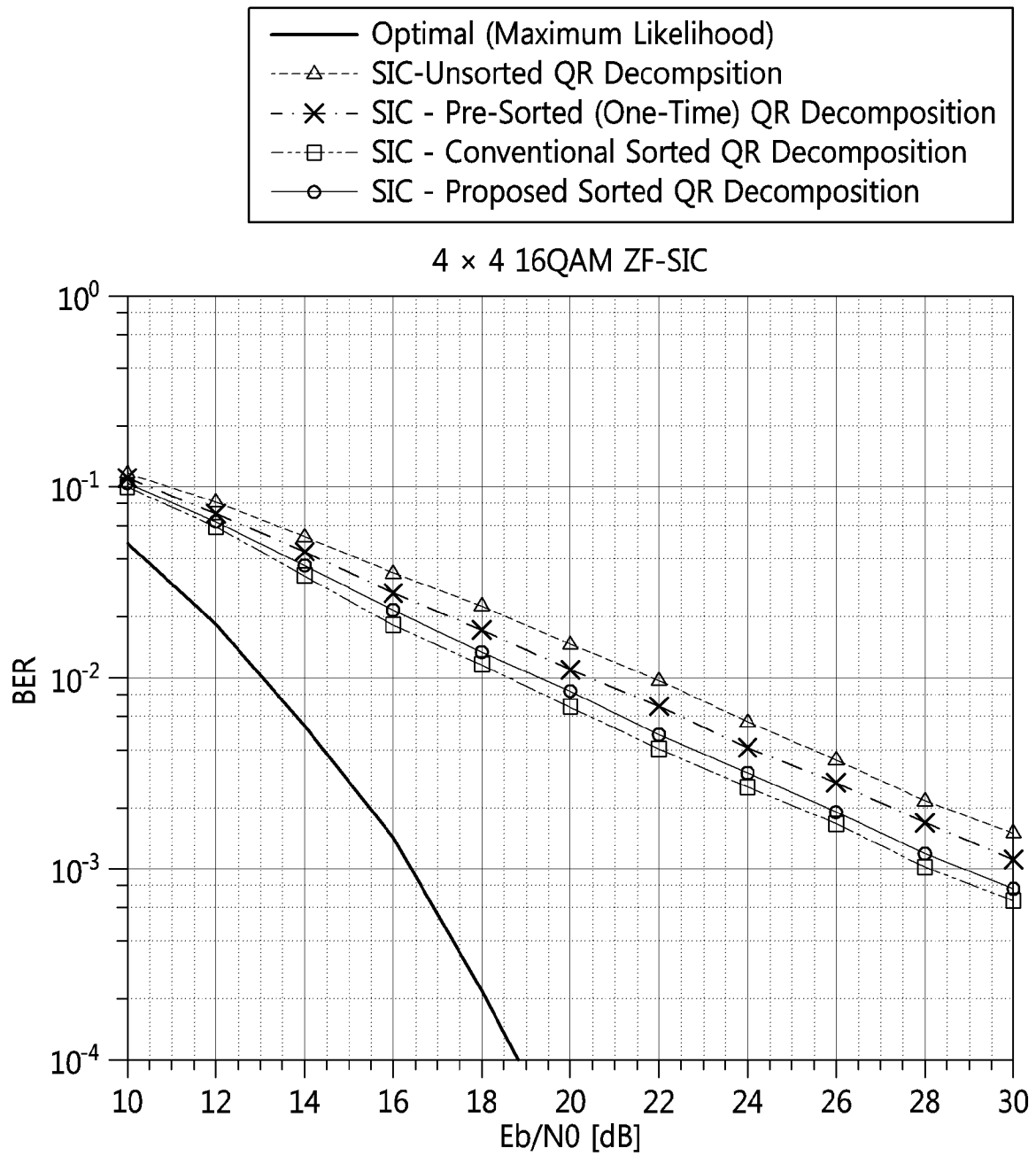
[도5a]



[도5b]



[도6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2018/001004

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/08(2006.01)i, H04B 7/0413(2017.01)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)

H04B 7/08; H04L 1/06; H03M 7/00; H04B 7/02; H04B 7/04; H04B 7/0413

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: QR decomposition, middle matrix, real number part, imaginary number part, realignment

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-1341984 B1 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) 16 December 2013 See paragraphs [0059]-[0070]; claim 1; and figures 7-10.	1-10
A	LEE, Min-Woo et al., Sign-Select Lookahead CORDIC Based High-Speed QR Decomposition Architecture for MIMO Receiver Applications., JOURNAL OF SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY AND SCIENCE., March 2011, vol. 11, no. 1, pages 6-14. See pages 7-11; and figure 3.	1-10
A	KR 10-2008-0114515 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 31 December 2008 See paragraphs [0087]-[0096]; and figure 3.	1-10
A	KR 10-2010-0056302 A (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) 27 May 2010 See paragraphs [0075]-[0097], [0116]-[0123]; and figure 3.	1-10
A	LAI, Ren-Hao et al., "A Modified Sorted-QR Decomposition Algorithm for Parallel Processing in MIMO Detection.", 2009 IEEE International Symposium on Circuits and Systems., 24 May 2009, pages 1405-1408. See pages 1405-1406; and figures 1-2.	1-10



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

12 APRIL 2018 (12.04.2018)

Date of mailing of the international search report

12 APRIL 2018 (12.04.2018)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Sconsa-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/KR2018/001004

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1341984 B1	16/12/2013	KR 10-2013-0106089 A	27/09/2013
KR 10-2008-0114515 A	31/12/2008	KR 10-0973194 B1	30/07/2010
		RU 2007-123737 A	10/01/2009
		US 2009-0003476 A1	01/01/2009
		US 8270506 B2	18/09/2012
KR 10-2010-0056302 A	27/05/2010	KR 10-1021700 B1	15/03/2011

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H04B 7/08(2006.01)i, H04B 7/0413(2017.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04B 7/08; H04L 1/06; H03M 7/00; H04B 7/02; H04B 7/04; H04B 7/0413

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: QR 분해, 중간 행렬, 실수부, 허수부, 재정렬

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-1341984 B1 (고려대학교 산학협력단) 2013.12.16 단락 [0059]-[0070]; 청구항 1; 및 도면 7-10 참조.	1-10
A	MIN-WOO LEE 등. Sign-Select Lookahead CORDIC based High-Speed QR Decomposition Architecture for MIMO Receiver Applications. JOURNAL OF SEMICONDUCTOR TECHNOLOGY AND SCIENCE. 2011.03, 11권, 1호, 페이지 6-14. 페이지 7-11; 및 도면 3 참조.	1-10
A	KR 10-2008-0114515 A (삼성전자주식회사) 2008.12.31 단락 [0087]-[0096]; 및 도면 3 참조.	1-10
A	KR 10-2010-0056302 A (고려대학교 산학협력단) 2010.05.27 단락 [0075]-[0097], [0116]-[0123]; 및 도면 3 참조.	1-10
A	REN-HAO LAI 등. 'A Modified Sorted-QR Decomposition Algorithm for Parallel Processing in MIMO Detection.' 2009 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. 2009.05.24, 페이지 1405-1408. 페이지 1405-1406; 및 도면 1-2 참조.	1-10

☐ 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 04월 12일 (12.04.2018)

국제조사보고서 발송일

2018년 04월 12일 (12.04.2018)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



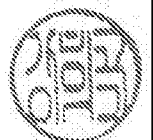
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

강희국

전화번호 +82-42-481-8264



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1341984 B1	2013/12/16	KR 10-2013-0106089 A	2013/09/27
KR 10-2008-0114515 A	2008/12/31	KR 10-0973194 B1	2010/07/30
		RU 2007-123737 A	2009/01/10
		US 2009-0003476 A1	2009/01/01
		US 8270506 B2	2012/09/18
KR 10-2010-0056302 A	2010/05/27	KR 10-1021700 B1	2011/03/15