(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2023 년 7 월 6 일 (06.07.2023)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2023/128682 A1

(51) 국제특허분류:
H04L 25/02 (2006.01) *H04B 17/373* (2015.01)
H04B 7/06 (2006.01) *H03M 7/30* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2022/021680

(22) 국제출원일: 2022 년 12 월 29 일 (29.12.2022)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2021-0192594 2021 년 12 월 30 일 (30.12.2021) KR

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

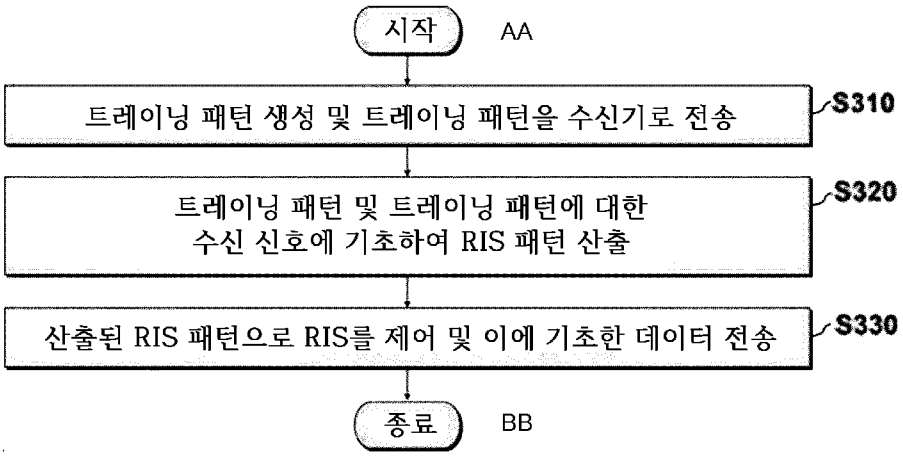
(72) 발명자: 최계원 (**CHOI, Kae Won**); 16419 경기도 수원시 장안구 서부로 2066, Gyeonggi-do (KR). 무하마드 미프타홀 암리 (**MUHAMMAD, Miftahul Amri**); 16419 경기도 수원시 장안구 서부로 2066, Gyeonggi-do (KR). 박제현 (**PARK, Je Hyeon**); 16419 경기도 수원시 장안구 서부로 2066, Gyeonggi-do (KR). 웽밍턴 (**NGUYEN, Minh Tran**); 16419 경기도 수원시 장안구 서부로 2066, Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 김준석 등 (**KIM, Joon Seok** et al.); 08500 서울특별시 금천구 가산디지털2로 173, 505호, 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH,

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR CHANNEL ESTIMATION OF WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM USING RIS

(54) **발명의 명칭:** RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치 및 이의 방법



S310 ... Generate training pattern and transmit training pattern to receiver
S320 ... Calculate RIS pattern on basis of training pattern and reception signal for training pattern
S330 ... Control RIS on basis of calculated RIS pattern and transmit data based thereon
AA ... Start
BB ... End

(57) **Abstract:** A channel estimation method of a wireless communication system using a reconfigurable intelligent surface (RIS) according to the present invention may comprise the steps of: generating a training pattern; transmitting the training pattern to a receiver by means of a transmitter; calculating an RIS pattern on the basis of the training pattern and a reception signal for the training pattern; and controlling an RIS on the basis of the calculated RIS pattern.

(57) **요약서:** 본 발명에 따른 RIS 를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법은, 트레이닝 패턴을 생성하는 과정; 송신기를 통해 상기 트레이닝 패턴을 수신기로 전송시키는 과정; 상기 트레이닝 패턴 및 상기 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 기초하여 RIS 패턴을 산출하는 과정; 상기 산출된 RIS(reconfigurable intelligent surface) 패턴에 기초하여 RIS를 제어하는 과정; 을 포함할 수 있다.

WO 2023/128682 A1

[다음 쪽 계속]

KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, 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, ME, 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))

명세서

발명의 명칭: RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치 및 이의 방법

기술분야

[1] 본 발명은 RIS(reconfigurable intelligent surface)를 활용한 무선 통신 시스템에서 채널을 추정하는 장치 및 이의 방법에 관한 것으로서, 상세하게, 압축 센싱(compressive sensing) 알고리즘을 이용하여 송·수신기 및 RIS간의 채널을 추정하고 RIS를 제어할 수 있는, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치 및 이의 방법에 관한 것이다.

배경기술

[2] 5G 이동통신 시스템 개발 및 상용화에 대한 연구가 산업계와 학계에서 활발히 진행되고 있다. 5G 이동통신 기술은 낮은 지연 시간, 현저하게 높은 신뢰성 및 데이터 속도, 효율적인 에너지 소비와 같이 이동통신에 있어 혁신적인 장점이 있지만, 높은 경로 손실 및 통신 음영지역 발생, 하드웨어 및 네트워크 복잡성과 같은 몇 가지 주요 문제에 직면할 수 있다.

[3] 이동통신기술은 5G까지 송·수신기 간 무선 환경의 인위적 제어가 불가능하다는 전제하에 통신 링크의 종단인 송신기와 수신기에 최적화된 기술로 무선 환경을 보상하도록 설계되어 왔다. 하지만, 최근 무선 환경을 제어할 수 있다는 가정으로, 무선 환경을 송신기 및 수신기와 함께 최적화 대상 변수로 상정한 많은 연구가 진행되어오고 있다. 이러한 접근방식으로 만들어진 무선 환경은 과거 설계 및 최적화 기준과 근본적 차별성을 강조하기 위해 스마트 무선 환경(Smart Radio Environment, SRE) 또는 지능형 무선 환경(Intelligent Radio Environment, IRE)으로 지칭되고 있다. SRE의 실현 기술 중 RIS(reconfigurable intelligent surface, 재설정가능 지능형 반사표면 또는 지능형 재구성 반사표면 또는 지능형 재구성 안테나로 지칭될 수 있음)가 제안되었으며, RIS는 Reconfigurable Metasurfaces, Large Intelligent Surfaces(LIS), Smart LIS (SLIS), Intelligent Reflecting Surface(IRS) 등 다양한 용어로 지칭되고 있다.

[4] RIS를 활용한 무선 통신 시스템에서 수신기에 적응적으로 RIS를 제어함으로써 커버리지 증대, 간섭 억제, 채널 랭크 증대, 빔포밍 향상, 정보전송, Security 증대 등을 실현할 수 있는데, RIS를 제어하기 위해서는 선행적으로 송·수신단 및 RIS 간 채널을 추정할 수 있어야 한다. 관련하여, 종래 비특허문헌(Passive Beamforming and Information Transfer via Large Intelligent Surface, arXiv:1905.01491v2)은 LIS에 기초한 무선 통신 시스템 및 채널 상태 정보를 산출하는 특징을 개시하고 있으나, 채널 추정을 위해 LIS에 구비된 별도의 센서를 이용하는 한계를 갖는다. 또한, 상기 종래 기술 외 선행 기술들은 RIS에 포함되는 다수의 단위셀 각각의 채널 상태를 추정하는 것을 주요 특징으로

하는데, RIS에 속하는 단위셀의 개수가 많을 수록 추정의 복잡도가 증가하게 되고, 결과적으로 채널 추정에 소요되는 시간이 증가하는 문제가 발생할 수 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[5] 전술한 바와 같이, 송·수신기 및 RIS간의 채널을 추정하기 위해 RIS에 구비되는 별도 센서 없이, 압축 센싱 (Compressive sensing) 알고리즘 기반 RIS 채널 추정을 위한 OMP(orthogonal matching pursuit) 알고리즘을 바탕으로 RIS를 활용한 무선 통신 시스템에서 RIS의 빔을 수신기의 위치로 적응적으로 추적할 수 있는 RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치 및 이의 방법을 제공하는 것에 목적이 있다.

과제 해결 수단

[6] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법은, 트레이닝 패턴을 생성하는 과정; 송신기를 통해 상기 트레이닝 패턴을 수신기로 전송시키는 과정; 상기 트레이닝 패턴 및 상기 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 기초하여 RIS 패턴을 산출하는 과정; 상기 산출된 RIS(reconfigurable intelligent surface) 패턴에 기초하여 RIS를 제어하는 과정; 을 포함할 수 있다.

[7] 실시예에 따라, 기 트레이닝 패턴 및 상기 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 기초하여 RIS 패턴을 산출하는 과정은, 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 IFFT를 곱연산하는 과정; 을 포함할 수 있다.

[8] 실시예에 따라, 상기 트레이닝 패턴 및 상기 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 기초하여 RIS 패턴을 산출하는 과정은, 앵귤러 도메인(Angular Domain)에서의 크기(magnitude)들 중 최대값을 갖는 상관값(correlation)이 포함된 열(column) 도출하는 과정; 및 앵귤러 도메인에서의 크기(magnitude)들 중 최대값을 제외한 나머지값들을 포함하는 잔여 백터를 도출하는 과정; 을 포함할 수 있다.

[9] 또한, 본 발명의 따른 RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치는, 트레이닝 패턴를 생성하는 제어부; 및 상기 트레이닝 패턴을 송신기로 전송하는 통신부; 를 포함하며, 상기 제어부는, 상기 송신기를 통해 상기 트레이닝 패턴를 수신기로 전송시키며, 상기 트레이닝 패턴 및 상기 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 기초하여 RIS 패턴을 산출하고, 상기 산출된 RIS(reconfigurable intelligent surface) 패턴에 기초하여 RIS를 제어할 수 있다.

[10] 실시예에 따라, 상기 제어부는, 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 IFFT를 곱연산할 수 있다.

[11] 실시예에 따라, 상기 제어부는, 앵귤러 도메인(Angular Domain)에서의 크기(magnitude)들 중 최대값을 갖는 상관값(correlation)이 포함된 열(column) 도출하고, 앵귤러 도메인에서의 크기(magnitude)들 중 최대값을 제외한

나머지값들을 포함하는 잔여 백터를 도출할 수 있다.

발명의 효과

[12] 본 발명의 일 실시 예로서 제공되는 RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치 및 이의 방법은, 무선 통신 품질을 유지하기 위해 빔을 수신기 위치로 적응적으로 추적할 수 있어 실시간 적응형 빔포밍을 제공할 수 있다.

[13] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 채널 추정을 위한 RF 신호와 같은 전자기파의 센싱이 수신기에서 이루어지기 때문에 RIS에 추가적인 능동 소자를 필요로 하지 않고, RIS에 용이하게 적용할 수 있는 범용성을 가질 수 있다.

[14] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 딥 러닝 기술을 활용하지 않고, 상대적으로 적은 수의 채널 추정을 위한 트레이닝 패턴을 이용함으로써 계산 복잡성이 상대적으로 낮을 수 있다.

[15] 한편, 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 이하에서 설명할 내용으로부터 통상의 기술자에게 자명한 범위 내에서 다양한 효과들이 포함될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[16] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 RIS를 활용한 무선 통신 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[17] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 RIS를 설명하기 위한 도면이다.

[18] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[19] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치를 설명하기 위한 도면이다.

[20] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 채널 추정 및 RIS 패턴을 도출하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[21] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 희소성에 따른 송신기 및 수신기 간의 상관값(correlation) 산출을 설명하기 위한 도면이다.

[22] 도 7 내지 도 9은 본 발명의 실시예에 따른 RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치 및 이의 방법의 실험 결과를 설명하기 위한 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

[23] 이하, 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용으로서 본 발명의 바람직한 실시 예의 구성과 작용에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.

[24] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는

용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.

[25] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 명세서 전체에서 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, "그 중간에 다른 구성을 사이에 두고" 연결되어 있는 경우도 포함한다.

[26] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[27] 이하, 도면을 참고하여 본 발명의 구체적인 실시 예들에 대해 설명하기로 한다.

[28] 먼저, 도 1에서 RIS를 활용한 무선 통신 시스템에 대해 설명하고, 도 2에서 RIS에 대해 설명한다. 이후, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법 및 이의 장치에 대해서 도 3 내지 도 5에서 설명한다. 특히, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법 중 채널 추정 및 RIS 패턴을 도출하는 방법에 대해 도 5에서 설명한 후, 도 6 내지 도 8에서 RIS 제어에 따른 실험 결과를 설명한다.

[29] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 RIS를 활용한 무선 통신 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

[30] 도 1을 참조하면, RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)은 RF 신호와 같은 전자기파를 전송하는 송신기(110, Tx antenna), 송신기(110)로부터 전자기파를 수신하는 수신기(120, Rx antenna) 및 송신기(110)와 수신기(20) 사이의 무선 환경을 제어할 수 있는 RIS(recon-figurable intelligent surface, 재설정가능 지능형 반사표면 또는 지능형 재구성 반사표면 또는 지능형 재구성 안테나로 지칭될 수 있음)를 포함할 수 있다. 다만, RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)은 상기 구성을 반드시 모두 포함해야 하는 것은 아니고, RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)은 추가적으로 RIS(130)를 제어할 수 있는 RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치(도면 미도시)를 포함할 수 있고, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치는 기지국이나 송신기(110), RIS(130)에 포함될 수 있다. 실시예에 따라, 송신기(110), 수신기(120) 및 RIS(130)는 적어도 하나 이상일 수 있다.

[31] 실시예에 따라, 송신기(110) 및 수신기(120)는 안테나를 포함할 수 있고, 상기 안테나는 위상 배열 안테나(phased array antenna)일 수 있으나, 단일 안테나일 수

있고, 본 발명의 실시예는 송신기(110) 및 수신기(120)에 포함되는 안테나의 종류에 한정되지 않는다.

[32] 실시예에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)은 압축 센싱(CS, compressive sensing) 알고리즘 기반의 OMP(orthogonal matching pursuit) 알고리즘을 기반으로 송·송신기(110, 120) 및 RIS(130) 간의 채널을 추정하고 RIS(130)의 빔을 수신기(120) 쪽으로 적응적으로 조정할 수 있다. RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)은 종래 기술들에 비해 매우 낮은 계산 복잡도와 적은 수의 트레이닝 패턴을 이용함으로써 수신기(120)를 향해 적응적으로 빔을 생성할 수 있다. 실시예에 따른, OMP 알고리즘은 Nyquist 샘플링 이론에 비해 훨씬 적은 수의 샘플로 신호를 추정하고, 재구성하기 위해 신호의 희소성(sparsity)을 활용하는 압축 센싱 알고리즘에 기반한다. 실시예에 따른, OMP 알고리즘은 비교적 단순한 계산만을 필요로 하고, 무선 통신, 특히 원거리장에 위치한 수신기(120)의 관점에서 채널이 희소(sparse)한 특성이 있기 때문에 채널을 추정할 수 있다. 이를 바탕으로 RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)에서의 채널은 임의의 트레이닝 패턴 세트를 사용하여 추정 및 재구성될 수 있다.

[33] 실시예에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)의 송신기(110) 또는 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치는 무작위로 균일한 RIS 트레이닝 패턴 세트(예를 들면, 16개 트레이닝 패턴)을 생성할 수 있고, 트레이닝 패턴에 기초하여 RIS(130)는 조정될 수 있고, 이 때 수신기(120)는 해당 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호를 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치(또는 기지국, 도면 미도시)으로 전송할 수 있다. 그 후, 트레이닝 패턴과 함께 수신된 해당 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호는 OMP 알고리즘에서 사용될 수 있다. 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치는 추정된 채널을 기반으로 최적의 RIS 패턴을 생성하여 RIS(130)를 조정할 수 있다. 결과적으로, RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)은, 빔을 수신기(120)의 위치로 적응적으로 추적하고 수신기(120)의 위치로 초점을 맞출 수 있다. 수신기(120)로의 빔포밍을 통해 RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)은 무선 통신과 무선 전력 전송을 동시(SWIPT, simultaneous wireless information and power transfer) 지원할 수 있다.

[34] 실시예에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)은 채널의 희소성 (Sparsity)을 활용하여 채널 추정을 위해 요구되는 트레이닝 패턴 (Training pattern) 수와 복잡성을 최소화할 수 있다. 종래, RIS를 활용한 무선 전력 전송 시스템에서 사용한 알고리즘에 비해 트레이닝 패턴의 수를 줄일 수 있다. 이에 따라, 채널 추정에 소요되는 시간이 줄어들 수 있다. 이동성이 높고 채널을 실시간으로 추정해야 하는 무선 통신 시스템의 구현 특성상 채널 추정 동작 시간의 감소는 특히 실제 사용 시나리오에서 매우 중요하다.

[35] 실시예에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)은 신호 센싱이 수신기(120)에서 이루어지기 때문에 RIS(130)에 추가 능동 소자 배치를 필요로 하지 않는다. 이는 특히 RIS(30)의 크기가 충분히 큰 시나리오에서 비용 및 운영

복잡성 측면에서 상당한 이점을 가질 수 있다.

[36] 실시예에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템(100)은 채널 추정의 계산 복잡성 관점에서 채널을 추정하기 위해 딥 러닝 기술이 필요한 다른 압축 감지 기반 RIS 채널 추정 기술과 비교할 때 계산 복잡성이 상대적으로 낮을 수 있다.

[37] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 RIS를 설명하기 위한 도면이다.

[38] 도 2를 참조하면, RIS(130)는 벽지처럼 벽, 건물, 천장 등의 일부를 덮는 얇은 전자기 재료 시트로 구현될 수 있다. 실시예에 따라, RIS(130)의 가로 및 세로의 길이는 송신기(110)로부터 송신되는 전자기파의 파장보다 매우 클 수 있고, 두께는 0에 가까울 정도로 전자기파의 파장보다 매우 작을 수 있다. RIS(130)에 포함되는 단위셀은 주기 혹은 비주기적으로 배치될 수 있고, 단위셀 간의 간격도 전자기파의 파장보다 훨씬 작을 수 있다. RIS(130)는 무선 환경 변화에 실시간으로 적극 대응할 수 있도록 기계학습을 이용하여 제어되거나, 기 설정대로 제어될 수 있다. 이에, RIS(130)를 협의로는 지능형 재구성 안테나, 광의로는 지능형 기지국이라고 할 수 있다.

[39] 실시예에 따라, RIS(130)는 복수의 단위셀(unit cell)로 구현될 수 있으며, 실시예에 따라, 수천 또는 수만개의 단위셀이 RIS(130)에 포함될 수 있다. 각각의 단위셀은 자신을 통과하거나 반사되는 전자기파와 같은 RF 신호의 위상, 전력, 편파 등의 특성을 변경시킬 수 있다. 각 단위셀은 PIN 다이오드나 버랙터(varactor) 등의 가변 소자를 포함할 수 있고, 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치는 가변 소자로의 입력 전압을 제어함으로써 단위셀의 특성을 바꿔 RIS(130)의 전체 특성을 제어할 수 있다. 실시예에 따라, RIS(130)는 복수의 단위셀이 포함되는 직사각형 모양의 RIS 타일로 분할될 수 있다. 예를 들어, 256개의 단위셀을 포함하는 RIS(130)는 64개의 단위셀을 포함하는 4개의 RIS 타일을 포함할 수 있다.

[40] 실시예에 따라, RIS(130)는 위상 천이기, 증폭기, 감쇄기 등과 같은 RF 체인으로 구성된 기존의 대규모 MIMO 및 위상 배열 안테나(phased array antenna)와는 다르게 커패시터, 인덕터, 버랙터(varactor) 등의 간단한 수동 소자로 구성될 있고, 기존의 기존의 대규모 MIMO 및 위상 배열 안테나 대비 상대적으로 비용적인 측면이나 시스템 복잡도가 현저히 낮은 등의 이점을 가질 수 있다.

[41] 실시예에 따라, RIS(130)는 PIN 다이오드를 제어 소자로 포함할 수 있고, 각 단위셀은 입사된 전자기파의 특성, 특히, 위상(Phase)을 0°혹은 180°(ON/OFF State에 따라)로 변환하여 전자기파를 반사시킬 수 있다. 결과적으로, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치는 RIS(130)의 각 단위셀에 적절한 ON/OFF 패턴(이하, RIS 패턴)을 통해 반사된 모든 전자기파 신호들이 수신기(120)에서 동일한 위상으로 합쳐지도록 원하는 방향으로 전자기파 빔을 형성시킬 수 있다.

[42] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법을 설명하기 위한 도면이며, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 RIS를 활용한

무선 통신 시스템의 채널 추정 장치를 설명하기 위한 도면이다.

[43] 도 3 및 도 4를 참조하면, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치(400)는 적어도 하나의 트레이닝 패턴을 생성하고, 생성된 트레이닝 패턴을 송신기(110)로 하여금 생성된 트레이닝 패턴을 수신기(120)로 전송하게 할 수 있다(S310).

[44] 실시예에 따라, 트레이닝 패턴은 송신기(110)에 의해 생성될 수 있고, 임의값을 가질 수 있으며, 복수의 트레이닝 패턴이 트레이닝 패턴 세트로 구성될 수 있고, 송신기(110)는 트레이닝 패턴 세트를 수신기(120)로 전송할 수 있다. RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치(400)는 RIS(130)를 생성된 트레이닝 패턴에 따라 제어할 수 있다. 실시예에 따라, 송신기(110)는 트레이닝 패턴을 파일럿 시그널에 포함시켜 수신기(120)로 전송할 수 있고, 무선 채널의 환경에 따라 RIS(130)에 의한 실시간 적응적으로 빔포밍을 수행할 수 있도록 일정 주기마다 트레이닝 패턴을 전송할 수 있다.

[45] 실시예에 따라, 수신기(120)는 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호를 측정할 수 있고, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치(400) 또는 송신기(110) 또는 RIS(130)로 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호를 전송할 수 있다. 실시예에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치(400)를 포함하는 무선 통신 시스템(100)에 포함되는 객체(Entity)들 간에 백본망이 연결되어 있을 수 있고, 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호는 백본망을 통해 전송될 수 있다.

[46] 실시예에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치(400)는 트레이닝 패턴 및 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 기초하여 RIS 패턴을 산출할 수 있다. 구체적인 산출 방법에 대해서는 도 5 및 도 6에서 설명한다.

[47] 실시예에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치(400)는 산출된 RIS 패턴으로 RIS(130)을 제어하고, 송신기(110)로 하여금 수신기(120)로 데이터 전송 또는 무선 전력을 위한 전자기파를 전송하도록 제어할 수 있다(S330).

[48] 도 5 및 도 6에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법 및 이의 장치를 설명하기 앞서, RIS를 활용한 무선 통신 시스템에서 수신기 관점에서의 수신한 전자기파가 앵귤러 도메인(Angular Domain)에서 희소성을 갖는 특성에 대해 검토하고, 채널 추정 알고리즘에 대해 선행하여 설명한다.

[49] 송신기(110)는 RF 신호와 같은 전자기파의 통신 신호를 수신기(120)로 보낼 수 있고, RIS(130)는 자신에 입사된 신호를 수신기(120) 방향으로 반사하여 무선 통신을 지원할 수 있다. 송신기(110)의 위치와 수신기(120)의 위치는 각각 [수학식 1]과 같이 3차원 벡터로 표시될 수 있다.

[50] [수학식 1]

[51] $$q^{Tx} = (q^{Tx,x}, q^{Tx,y}, q^{Tx,z})$$

[52] and

[53] $$q^{Rx}=(q^{Rx,x},q^{Rx,y},q^{Rx,z})^{T}$$

[54] 실시예에 따라, 직사각형 모양의 RIS(130)가 x-y 평면에 위치한다고 가정할 수 있고, RIS(130)는 여러 개의 직사각형 모양의 RIS 타일로 분할될 수 있다. 예를 들어, 256개의 단위셀을 포함하는 RIS는 각 64개의 단위셀을 갖는 4개의 RIS 타일을 포함할 수 있다. 또한, 각 RIS 타일을 기준으로 송신기(110)와 수신기(120)가 원거리장 영역에 놓일 만큼 충분히 작다고 가정할 수 있다. 다시 말해서, RIS(130)를 기준으로 송·수신단(110, 120)은 원거리장 영역에 위치한다고 가정할 수 있다. RIS 타일의 수는 K (1,2, ...k) 로 기재될 수 있고, RIS 타일k 중심의 3차원 위치는 [수학식 2]와 같이 표시될 수 있다.

[55] [수학식 2]

[56] $$q_k^{RIS}=(q_k^{RIS,x},q_k^{RIS,y},0)^{T}$$

[57] 실시예에 따라, 각 RIS 타일은 M x N 개의 단위셀로 구성될 수 있고, 여기서 M과 N은 각각 x 및 y 방향으로 배치된 단위셀의 수를 나타낼 수 있다. RIS 타일의에 대한 인덱스를 설정한 다음 인덱싱을 통해서 전체 어레이를 구성하기 위해, RIS 타일의 각 단위셀은 (m, n)으로 인덱싱될 수 있다. 인접한 단위셀 사이의 간격은 x 및 y 방향에서 각각 δ^x 및 δ^y 로 정의될 수 있다. x-y 평면에서 각 RIS 타일의 단위 셀 형성을 나타내는 2차원 그리드는 [수학식 3]과 같이 표시될 수 있다.

[58] [수학식 3]

[59] $$Y_{m,n}=(Y_m^x,Y_n^y)^{T}=(\delta^x K_m^M,\delta^y K_n^N)^{T}$$

[60] 여기서 K_j^i 는 원점을 중심으로 크기가 J인 균일한 격자에서 j번째 격자점이고 [수학식 4]와 같이 정의될 수 있다.

[61] [수학식 4]

[62] $$K_j^i=j-J/2-1/2,(j=1,\cdots,J.)$$

[63] RIS 타일 k의 중심점 q_k^{RIS} 를 기준으로 타일 k의 단위셀 (m, m)은 [수학식 5]와 같이 표시될 수 있다.

[64] [수학식 5]

[65] $$(\gamma_m^x,\gamma_n^y,0)+q_k^{RIS}$$

[66] 실시예에 따라, RIS 타일 k에 대한 송신기(110) 및 수신기(110) 안테나의 이득은 다음과 같이 $\Phi_k^{Tx\text{-}RIS}$ 와 $\Phi_k^{Rx\text{-}RIS}$ 로 표시될 수 있고, 송신기(110) 및 수신기(110)에 대한 RIS 타일 k의 단위셀의 이득은 다음과 같이 $\Phi_k^{RIS\text{-}Tx}$ 와 $\Phi_k^{RIS\text{-}Rx}$ 로 표시될 수 있다. 송신기(110) 및 수신기(120)가 RIS 타일의 원거리장 영역에 있기 때문에

이득은 동일한 RIS 타일의 모든 단위셀에 대해 동일하다고 가정할 수 있다.

[67] 실시예에 따라, 다양한 RIS 패턴에 따라 각 단위셀의 상태($\Gamma_{k,m,n}$)는 다양한 값을 가질 수 있고, 이 때 수신기(120)에서의 추정된 채널 이득($\hat{h}_l$)을 기반으로 RIS 채널 이득($g_{k,m,n,l}$)을 추정하는 알고리즘에 대해 설명한다. $\Gamma_{k,m,n}$은 RIS(130)의 반사 계수를 지시할 수 있다. 이를 위해 앵귤러 도메인(Angular Domain)에서 나타나는 RIS 채널 이득의 희소성을 활용할 수 있다. RIS 채널 이득을 앵귤러 도메인으로 변환하기 위해 2차원 푸리에 변환(2D-DFT) 또는 고속 푸리에 변환(FFT)이 활용될 수 있다. m=1, ..., M 및 n=1, ..., N 에 대한 $\{x_{m,n}\}$의 2차원 이산 푸리에 변환은 [수학식 6]과 같이 표시될 수 있다.

[68] [수학식 6]

[69]
$$F(\{x_{m,n}\})_{u,v}=\sum_{m=1}^{M}\sum_{n=1}^{N}x_{m,n}\exp\left(-j2\pi\frac{K_u^M K_m^M}{M}\right)\exp\left(-j2\pi\frac{K_u^M K_m^N}{M}\right)$$

[70] 파시발 정리(Parseval's)에 의해 종단간 채널1은 [수학식 7]과 같이 표시될 수 있다.

[71] [수학식 7]

[72]
$$h_l=\frac{1}{MN}\sum_{k=1}^{K}\sum_{u=1}^{M}\sum_{v=1}^{N}F(\{g_{k,m,n}\})_{u,v}F(\{\Gamma^*_{k,m,n}\})^*_{u,v}+h_l^{\text{Tx-Rx}}$$

[73]
$$=\Sigma_{k=1}^{K}\Sigma_{u=1}^{M}\Sigma_{v=1}^{N}G_{k,u,v,l}F(\{\Gamma^*_{k,m,n}\})^*_{u,v}+h_l^{\text{Tx-Rx}}$$

[74] 이 때, [수학식 8]과 같이 표시되는 $G_{k,u,v,l}$는 앵귤러 도메인에서의 RIS 채널 이득을 지시할 수 있다.

[75] [수학식 8]

[76]
$$G_{k,u,v,l}\frac{1}{MN}F(\{g_{k,m,n,l}\})_{u,v}$$

[77] $G_{k,u,v,l}$는 [수학식 9]와 같이 표현될 수 있고,

[78] [수학식 9]

[79]
$$G_{\{k,u,v,l\}}=\Omega_k\alpha_1(r_k^{\text{Tx-RIS-Rx}})B_{u,v}(s_k^{\text{Tx-RIS-Rx}})$$

[80] 이 때, [수학식 10]과 같이 표현되는 $B_{u,v}(s)$이 희소하다면, 앵귤러 도메인에서의 RIS 채널 이득 또한 희소하다고 해석될 수 있다. 이에, $B_{u,v}(s)$가 희소하다는 것을 입증하면 전체 채널 이득이 희소하다는 것을 나타낼 수 있다.

[81] [수학식 10]

[82]
$$B_{u,v}(s)=\frac{1}{MN}F(\{\beta_{m,n}(s)\})_{u,v}$$

[83] 또한, $B_{u,v}(s)$는 닫힌 형태(closed form)로 [수학식 11]과 같이 계산될 수 있다.

[84] [수학식 11]

[85]
$$B_{u,v}(s)=\frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M}\exp(j2\pi\Delta_u^x(s_x)K_m^M)\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}\exp(j2\pi\Delta_v^y(s_y)K_n^N)$$

[86]
$$=\Xi_M(2\pi\Delta_u^x(s_x))\cdot\Xi_N(2\pi\Delta_v^y(s_y))$$

[87] 이 때, $\Delta_{u,v}(s)$는 [수학식 12]와 같이 표현될 수 있고,

[88] [수학식 12]

[89]
$$\Delta_{u,v}(s)=\left(\Delta_u^x(s_x),\Delta_v^y(s_y)\right)^T=\left(\frac{\delta_x}{\lambda_c}s_x-\frac{K_u^M}{M},\frac{\delta_y}{\lambda_c}s_y-\frac{K_v^N}{N}\right)^T$$

[90] $\Xi_M(x)$는 [수학식 13]과 같이 주기를 갖는 sinc 함수이다.

[91] [수학식 13]

[92]
$$\Xi_M(x)=\frac{1}{M}\sum_{m=1}^{M}\exp(jxK_m^M)=f(x)=\begin{cases}(-1)^{l(M-1)}, & \text{if } x=2\pi l \text{ for } l=0,\pm1,\pm2,\ldots\\ \dfrac{\sin(Mx/2)}{M\sin(x/2)}, & \text{otherwise.}\end{cases}$$

[93] M이 충분히 높을 때 주기적인 sinc 함수의 크기는 입력 값이 2π의 배수일 때만 1에 가깝고 그렇지 않으면 거의 0 이다. 따라서, 그리드 포인트를 [수학식 14]와 같이 정의하면,

[94] [수학식 14]

[95]
$$\varphi_{u,v}=\left(\frac{\lambda_c K_u^M}{\delta_x M},\frac{\lambda_c K_v^N}{\delta_y N}\right)^T$$

[96] $B_{u,v}(s)$는 에 s근처에서만, 높은 값 $\varphi_{u,v}$를 가진다. 다시 말해, $B_{u,v}(s)$는 파워 대부분이 s 근처에만 집중되어 있기 때문에 희소성을 가진다고 해석될 수 있다.

[97] 채널 추정을 위해 행렬 방정식 형식으로 공식화할 수 있고, 이를 위해 먼저 종단간의 채널 방정식을 [수학식 15]와 같이 정의할 수 있다.

[98] [수학식 15]

[99]
$$h_l=\Gamma^T g_l+h_l^{Tx\text{-}Rx}$$

[100] 이 때, g_l과 Γ는 KMN의 크기를 갖는 열벡터일 수 있고, $g_{k,m,n,l}$과 $\Gamma_{k,m,n}$를 벡터화될 수 있다. 실시예에 따라, g_l과 Γ는 각각 RIS 채널 이득 벡터 그리고 반사계수 벡터라고 지칭될 수 있다. 3개의 인덱스 k, m, n에 대한 벡터화 구성 요소를 정렬할 때 인덱스 k를 메이저로, 마지막 인덱스 n을 마이너하다고 지칭할 수 있다. $x_{k,m,n}$로부터 벡터 $\overline{x}$를 정의한다고 할 때, x는 [수학식 16]과 같은 KMN 크기의 벡터일 수 있고, 벡터 g_l과 Γ도 동일한 방식으로 정의될 수 있다.

[101] [수학식 16]

[102] $$x=(x_{1,1,1},\cdots,x_{1,1,N},\cdots,x_{1,M,1},\cdots,x_{1,M,N},\cdots,x_{K,1,1},\cdots,x_{K,1,N},\cdots,x_{K,M,1},\cdots,x_{K,M,N})^{T}$$

[103] 단일 RIS 타일에서 2D-DFT 행렬 $\overline{F}^{Tile}$를 정의하고 행렬 $\overline{F}^{Tile}$의 원소는 [수학식 17]과 같이 정의될 수 있다.

[104] [수학식 17]

[105] $$F_{(u,v)}^{(m,n)}=\exp\left(-j2\pi\frac{K_u^M K_m^M}{M}\right)\exp\left(-j2\pi\frac{K_v^N K_n^N}{N}\right)$$

[106] 행렬 $\overline{F}^{Tile}$의 각 열은 (m, m)을 고정하고, 각 인덱스에서 u를 메이저로, v를 마이너로 정의하여 $F_{(u,v)}^{(m,n)}$를 배치할 수 있다. 마찬가지로 $\overline{F}^{Tile}$의 각 행은 (u, v)를 고정하고 m을 메이저로, n을 마이너로 정의하여 배치할 수 있다. $\overline{F}^{Tile}$는 [수학식 18]과 같이 정의될 수 있다.

[107] [수학식 18]

[108] $$\overline{F}^{Tile}=\begin{bmatrix} F_{(1,1)}^{(1,1)} & \cdots & F_{(1,1)}^{(1,N)} & \cdots & F_{(1,1)}^{(M,1)} & \cdots & F_{(1,1)}^{(M,N)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{(1,N)}^{(1,1)} & \cdots & F_{(1,N)}^{(1,N)} & \cdots & F_{(1,N)}^{(M,1)} & \cdots & F_{(1,N)}^{(M,N)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{(M,1)}^{(1,1)} & \cdots & F_{(M,1)}^{(1,N)} & \cdots & F_{(M,1)}^{(M,1)} & \cdots & F_{(M,1)}^{(M,N)} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{(M,N)}^{(1,1)} & \cdots & F_{(M,N)}^{(1,N)} & \cdots & F_{(M,N)}^{(M,1)} & \cdots & F_{(M,N)}^{(M,N)} \end{bmatrix}$$

[109] $\overline{F}^{Tile}$를 기반으로, KMN x KMN 크기를 가지는 대각행렬 $\overline{F}$을 정의할 수 있다. 행렬 $\overline{F}^{Tile}$ k개의 $\overline{F}$ 의 대각 원소로 배치된다. 따라서 $\overline{F}$는 [수학식 19]와 같이 정의될 수 있다.

[110] [수학식 19]

[111] $$\overline{F}=\begin{bmatrix} \overline{F}^{Tile} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \overline{F}^{Tile} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \\ 0 & 0 & \cdots & \overline{F}^{Tile} \end{bmatrix}$$

[112] 더욱이, $\overline{F}$는 [수학식 20]과 같은 성질을 가진다. 이 때, I는 단위행렬을 나타낸다.

[113] [수학식 20]

[114] $$\overline{F} * \overline{F} = MNI$$

[115] 이제, 앵귤러 도메인에서의 RIS 채널 이득은 [수학식 21], [수학식 22]와 같이 정의될 수 있다.

[116] [수학식 21]

[117] $$h_l = \frac{1}{MN} \Gamma^T \overline{F}^* \overline{F} g_l + h_l^{Tx\text{-}Rx}$$

[118] [수학식 22]

[119] $$h_l = \Gamma^T \overline{F}^* g_l + h_l^{Tx\text{-}Rx}$$

[120] 이 때, 을 기반으로 [수학식 23]와 같이 G_l을 정의할 수 있으며, 앵귤러 도메인에서의 RIS 채널이득 벡터 G_l는 희소성을 가진다.

[121] [수학식 23]

[122] $$G_l = \frac{1}{MN} \overline{F} g_l$$

[123] 실시예에 따라, RIS 채널 이득을 추정하기 위해 RIS는 2W 개의 서로 다른 반사 계수 벡터를 사용한다. 각 반사 계수 벡터는w로 인덱싱되며, Γ_w는 w번째 반사 계수 벡터를 나타낸다. 각 반사 계수 벡터에 대해 수신기는 종단 간 채널 이득을 추정하고 $\hat{h}_{t,w}$ 는 w번째 반사 계수 벡터에 대한 종단 간 채널 이득 추정을 지시할 수 있다. 그러면 $\hat{h}_{t,w}$ 는 [수학식 24], [수학식 25] 같이 나타낼 수 있다.

[124] [수학식 24]

[125] $$\hat{h}_{t,w} = \Gamma_w^T g_l + h_l^{Tx\text{-}Rx} + \hat{\eta}_{t,w}$$

[126] [수학식 25]

[127] $$\hat{h}_{t,w} = \Gamma_w^T \overline{F} * G_l + h_l^{Tx\text{-}Rx} + \hat{\eta}_{t,w}$$

[128] 이 때, $\hat{\eta}_{t,w}$ 는 w번째 반사계수에 대해 추정된 잡음으로 정의될 수 있다. 그런 다음, 모든 w에 대한 방정식을 [수학식 26], [수학식 27]과 같은 행렬 방정식으로 표현하면 아래와 같다.

[129] [수학식 26]

[130] $$\hat{h}_t = \overline{R} g_l + h_l^{Tx\text{-}Rx} 1 + \hat{\eta}_t$$

[131] [수학식 27]

[132] $$\hat{h}_t = \overline{RF}^* G_l + h_l^{Tx\text{-}Rx} 1 + \hat{\eta}_t$$

[133]

$\hat{h}_t=(\hat{h}_{t,1},\dots,\hat{h}_{t,2,w})^T$, $\hat{\eta}_t=(\hat{\eta}_{t,1},\dots,\hat{\eta}_{t,2,w})^T$, 1 은 모든 원소가 1인 벡터를 나타낸다. 위 수학식에서 2w 행벡터 $\Gamma_t^T,\dots,\Gamma_{2A}^T$ 를 위에 배치하여 2w-by-KMN 반사계수 행렬 $\overline{R}$ 을 정의할 수 있다.

[134] 채널 추정 알고리즘은 종단 간 추정 채널 이득 $\hat{h}_t$ 을 기반으로 RIS 채널 G_t 또는 g_t 를 추정할 수 있다.

[135] 실시예에 따른 채널 추정 알고리즘은 크게, 반사 계수 행렬 $\overline{R}$ 을 식별하는 과정이 선행될 수 있다. 송신단에서 수신단으로 바로 전달되는 채널은 없다고 가정한다. 이 때, 종단간의 채널 $\hat{h}_t$ 는 [수학식 28]과 같이 정의될 수 있고, 이 때, $\overline{Q}$ 는 채널 추정 알고리즘에 의해 결정된 센싱 행렬(sensing matrix)이다.

[136] [수학식 28]

[137] $\hat{h}_t'=\overline{Q}g_t+\hat{\eta}_t'$

[138] $=\overline{QF}^*G_t+\hat{\eta}_t'$

[139] 이하, 도 3 및 도 4를 참조하여, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법을 설명한다.

[140] 실시예에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치(400)는 송신기(110), 수신기(120) 및 RIS(130)와 신호 또는 데이터를 송수신하는 통신부(410), 무선 통신 시스템의 채널을 추정하는 전반적인 동작을 수행하는 제어부(420) 및 트레이닝 패턴 등을 저장하는 메모리(430)을 포함할 수 있다. 실시예에 따라, RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치(400)는 송신기(110) 또는 RIS(130)에 포함될 수 있고, 기지국(도면 미도시)에 포함될 수 있다.

[141] 실시예에 따라, 제어부(420)는 앵귤러 도메인(Angular domain)에서 RIS 채널 이득 벡터 G_t 의 희소성을 활용하여 압축 센싱 알고리즘을 통해 채널을 추정할 수 있다. 실시예에 따라, $\hat{h}_t'$, $\overline{Q}$, $\overline{F}^*$, 그리고 G_t 는 각각 센싱(sensing) 결과 벡터, 센싱 행렬(sensing matrix), 대표 행렬, 그리고 희소성 벡터를 지시할 수 있다. 압축 센싱을 사용하면 G_t 이 희소하다는 가정 아래 센싱 행렬(즉, W)의 행 수는 단위셀(즉, KMN)의 수보다 훨씬 작은 크기를 가질 수 있다. 베르누이(Bernoulli) 분포에 따라 무작위 방식으로 압축 감지를 위한 센싱 행렬 $\overline{Q}$ 를 정의할 수 있다. $\overline{Q}$ 의 각 원소는 동일한 확률로 1과 -1 사이에서 독립적으로 선택될 수 있다. 해당 알고리즘에서 대표 행렬 $\overline{F}^*$ 가 직교 기저(basis)를 갖기 때문에 이 베르누이

랜덤 행렬 구성이 제한된 등거리법 속성(RIP)을 만족할 수 있다. RIP를 만족할 때, 희소 벡터 G_t를 표준 알고리즘에 의해 재구성할 수 있다.

[142] 실시예에 따라, 제어부(420)는 OMP 알고리즘을 채널 추정에 활용할 수 있고, 먼저, 본 발명에 따른 채널 추정 알고리즘의 입력 및 출력 파라미터를 초기화할 수 있다(S510). 실시예에 따라, 채널 추정 알고리즘은 감지 결과 벡터 $\hat{h}_t$을 근사화시키기 위해 $\overline{QF}^*$의 열들 중 최적의 값을 탐색하며 선택해 나갈 수 있다. $\overline{QF}^*$의 i번째 열은 z_i로 표시되고, 얼마나 희소한 가를 나타내는 희소성 레벨 S는 z_i중에서 선택해야 하는 열의 수이며, 본 알고리즘에서 입력일 수 있다. 실시예에 따라, 희소성 레벨 S는 앵귤러 도메인에서 희소한 피크(peak) 값을 기반으로 설정될 수 있다. 현재 선택된 열의 인덱스 벡터는 χ로 나타내고 현재 선택된 열의 행렬은 Λ로 나타낸다. 현재 선택된 열로 $\hat{h}_t$을 근사한 후의 잔여벡터(Residual vector)는 r로 표시한다. 실시예에 따라, 잔여 벡터는 앵귤러 도메인에서의 크기(magnitude)들 중 최대값을 제외한 나머지값들을 지시할 수 있다. 크기의 최댓값은 알고리즘에서 채널 추정을 위해 사용되고, 다음 반복을 위해 제거되기 때문에 현재 반복에서 사용되지 않고 남아있는 벡터를 잔여벡터로 지칭할 수 있다.

[143] 실시예에 따라, 제어부(420)는 임의의 트레이닝 패턴을 생성할 수 있고, 적어도 하나 이상의 트레이닝 패턴을 생성하여 복수의 트레이닝 패턴을 포함하는 트레이닝 패턴 세트를 생성하고, 메모리(430)에 저장시킬 수 있다.

[144] 실시예에 따라, 제어부(420)는 생성한 트레이닝 패턴 또는 트레이닝 패턴 세트를 송신기(110)로 전송할 수 있고, 송신기(110)를 통해 수신기(120)로 트레이닝 패턴을 전송하게 할 수 있다.

[145] 실시예에 따라, 제어부(420)는 수신기(120)로부터 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호를 전달 받을 수 있고, 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 IFFT 행렬을 곱하고(S520), 잔여 백터 및 상관값(correlation)이 최대인 열을 도출할 수 있다(S530).

[146] 실시예에 따라, 제어부(420)는 잔여 백터 및 상관값(correlation)이 최대인 열에 기초하여 주파수 대역에서의 채널 추정할 수 있고(S540), 잔여 백터를 업데이트하고, 기 설정된 희소성 레벨 S가 본 알고리즘의 반복 회수보다 적은지 여부를 식별할 수 있다(S550).

[147] 도 6을 참조하면, 첫번째 반복에서 확인되는 최대 피크와 두번째 반복되는 피크가 희소성을 갖는 것으로 확인되며, 첫번째에서 가장 큰 크기를 갖는 피크값을 통해서 채널을 추정하고, 두번째 반복에서 두번째 큰 상관값이 고려되도록 가장 큰 크기의 상관값을 갖는 피크는 삭제될 수 있다.

[148] 실시예에 따라, 잔여 백터를 근사하는 데 가장 적합할 것으로 예상되는 하나의

열이 선택될 수 있다. 선택한 열과 해당 인덱스는 $\overline{\Lambda}$ 및 χ에 추가될 수 있다. $\hat{h}_t$을 근사화하기 위해 선택된 열의 행렬에 곱해지는 벡터 (즉, g)는 유사역행렬(pseudoinverse)을 사용하여 계산될 수 있고, 잔여 백터 r은 업데이트될 수 있다. S 열을 추가한 후 제어부(420)는 인덱스 벡터와 선택한 열의 곱셈 값을 반환한다. (즉, χ 및 g). G_t의 추정치는 χ가 있는 항목을 g의 해당 값으로 설정하고 나머지 항목을 0으로 설정될 수 있다.

[149] 실시예에 따라, 제어부(420)는 이후 최적위상값 도출 및 위상 양자화를 수행한 후, RIS 패턴을 도출할 수 있다(S580).

[150] 도 7 내지 도 9은 본 발명의 실시예에 따른 RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치 및 이의 방법의 실험 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[151] 도 7 내지 도 9을 참조하면, 5.8 GHz 대역의 RIS 제작 및 테스트베드 구현을 통해 앞서 설명한 채널 추정 알고리즘의 성능을 검증한 결과를 확인할 수 있다. 먼저 제안된 RIS 알고리즘을 검증하기 위해 시뮬레이션을 수행하였고, 결과는 도 7과 같다. RIS에 대한 수신기 위치의 각도가 10° ~ 50° 인 경우에 대해 시뮬레이션 결과를 확인할 수 있듯이 제안된 알고리즘은 수신기 쪽으로 빔을 조향할 수 있다. 또한, 도 7에서 "True Phase"와 "Est. Phase"에서 제안한 알고리즘이 채널을 추정하고 RIS 최적의 패턴을 얻을 수 있음을 알 수 있다. "Received Power Window"에서 빨간색 선(Ideal Received Power)과 파란색으로 표시된 선(Received Power)의 차이가 알고리즘이 실행됨에 따라 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

[152] 이후 제작된 RIS 하드웨어를 활용하여 실험을 진행하였다. 먼저, 시뮬레이션에서 사용한 시나리오와 동일한 환경에서 실험을 진행하여 도 6의 시뮬레이션 결과와 비교하면, 예상대로 제안된 알고리즘은 빔을 원하는 방향으로 적응적으로 조정하고 초점을 맞출 수 있음을 확인했고, 결과는 도 8에서 확인할 수 있다.

[153] 도 9를 참조하면, 해당 알고리즘을 활용한 무선시스템에서의 응용 실험을 수행했다. 해당 알고리즘을 기반으로 채널 추정 후 OFDM 신호를 전송했다. 본 실험은 제안된 모델이 원활한 무선 통신을 지원하고 서비스의 품질을 향상시킬 수 있음을 증명한다. 실험 결과, 제안한 모델이 BER(a), SNR(b), 성상도(c) 측면에서 무선 통신의 품질을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다. 도 9에서 트레이닝 패턴의 수가 현저히 적음에도 불구하고 제안된 기법과 Hadamard 알고리즘 간의 성능 차이는 미미함을 확인할 수 있다.

[154] 한편, 본 발명의 일 실시 예에 의하면, 전술한 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공할 수 있다. 다시 말해서, 전술한 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성 가능하고, 컴퓨터 판독 가능 매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 또한, 상술한 방법에서 사용된 데이터의

구조는 컴퓨터 판독 가능 매체에 여러 수단을 통하여 기록될 수 있다. 본 발명의 다양한 방법들을 수행하기 위한 실행 가능한 컴퓨터 프로그램이나 코드를 기록하는 기록 매체는, 반송파(carrier waves)나 신호들과 같이 일시적인 대상들은 포함하는 것으로 이해되지는 않아야 한다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, DVD 등)와 같은 저장 매체를 포함할 수 있다.

[155] 이상에서 대표적인 실시 예를 통하여 본 발명을 상세하게 설명하였으나, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 상술한 실시 예에 대하여 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 변형이 가능함을 이해할 것이다. 그러므로 본 발명의 권리 범위는 설명한 실시 예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 특허청구범위와 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태에 의하여 정해져야 한다.

청구범위

[청구항 1] 트레이닝 패턴을 생성하는 과정;
송신기를 통해 상기 트레이닝 패턴을 수신기로 전송시키는 과정;
상기 트레이닝 패턴 및 상기 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 기초하여 RIS 패턴을 산출하는 과정;
상기 산출된 RIS(reconfigurable intelligent surface) 패턴에 기초하여 RIS를 제어하는 과정;
을 포함하는,
RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법.

[청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 트레이닝 패턴 및 상기 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 기초하여 RIS 패턴을 산출하는 과정은,
트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 IFFT를 곱연산하는 과정;
을 포함하는,
RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법.

[청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 트레이닝 패턴 및 상기 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 기초하여 RIS 패턴을 산출하는 과정은,
앵귤러 도메인(Angular Domain)에서의 크기(magnitude)들 중 최대값을 갖는 상관값(correlation)이 포함된 열(column) 도출하는 과정; 및
앵귤러 도메인에서의 크기(magnitude)들 중 최대값을 제외한 나머지값들을 포함하는 잔여 백터를 도출하는 과정;
을 포함하는,
RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 방법.

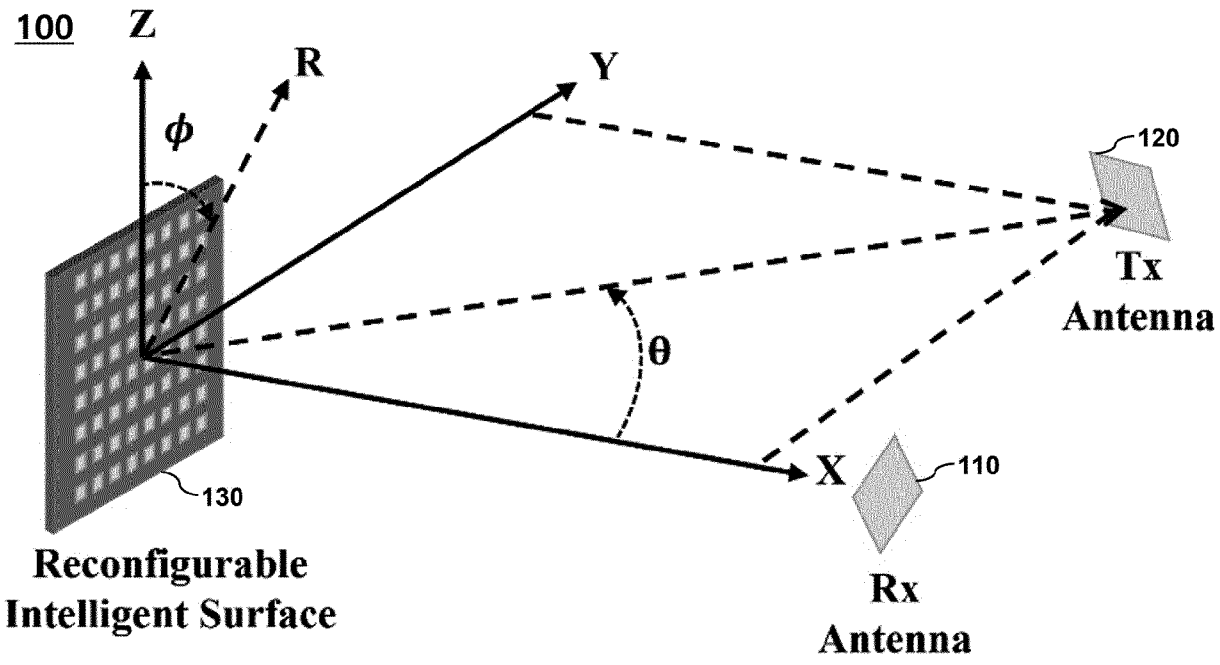
[청구항 4] 트레이닝 패턴를 생성하는 제어부; 및
상기 트레이닝 패턴을 송신기로 전송하는 통신부;
를 포함하며,
상기 제어부는,
상기 송신기를 통해 상기 트레이닝 패턴를 수신기로 전송시키며,
상기 트레이닝 패턴 및 상기 트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 기초하여 RIS 패턴을 산출하고,
상기 산출된 RIS(reconfigurable intelligent surface) 패턴에 기초하여 RIS를 제어하는,
RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치.

[청구항 5] 제 4 항에 있어서,
상기 제어부는,
트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 IFFT를 곱연산하는,

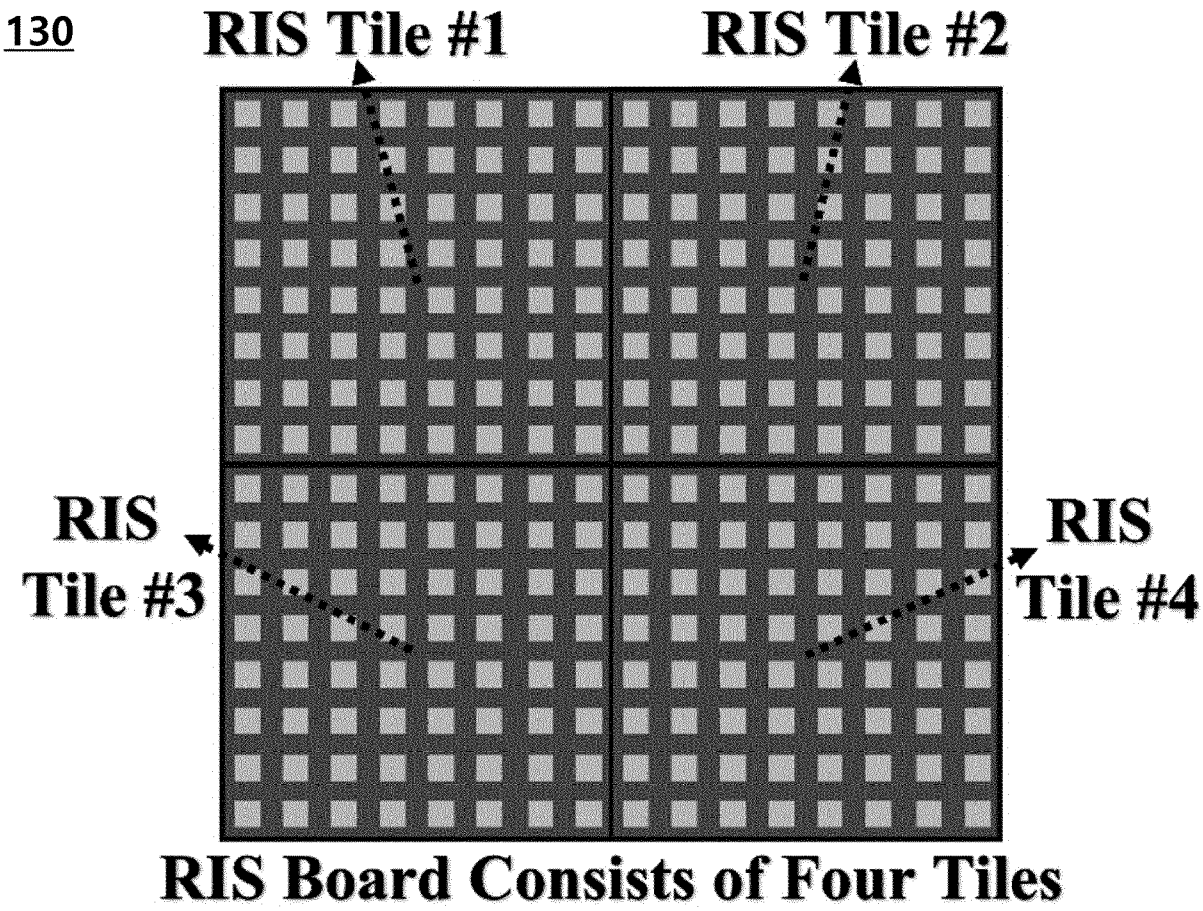
RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치.

[청구항 6] 제 4 항에 있어서,
상기 제어부는,
앵귤러 도메인(Angular Domain)에서의 크기(magnitude)들 중 최대값을 갖는 상관값(correlation)이 포함된 열(column) 도출하고,
앵귤러 도메인에서의 크기(magnitude)들 중 최대값을 제외한 나머지값들을 포함하는 잔여 백터를 도출하는,
RIS를 활용한 무선 통신 시스템의 채널 추정 장치.

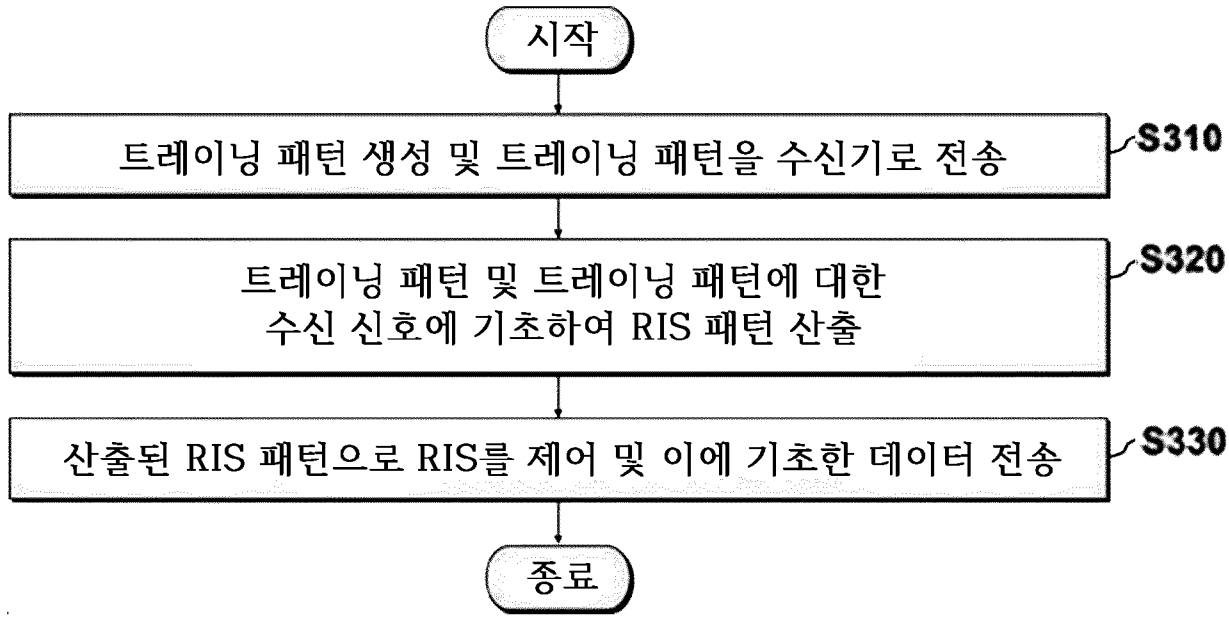
[도1]


100
Z
R
Y
ϕ
120
Tx
Antenna
θ
X
110
130
Reconfigurable
Intelligent Surface
Rx
Antenna

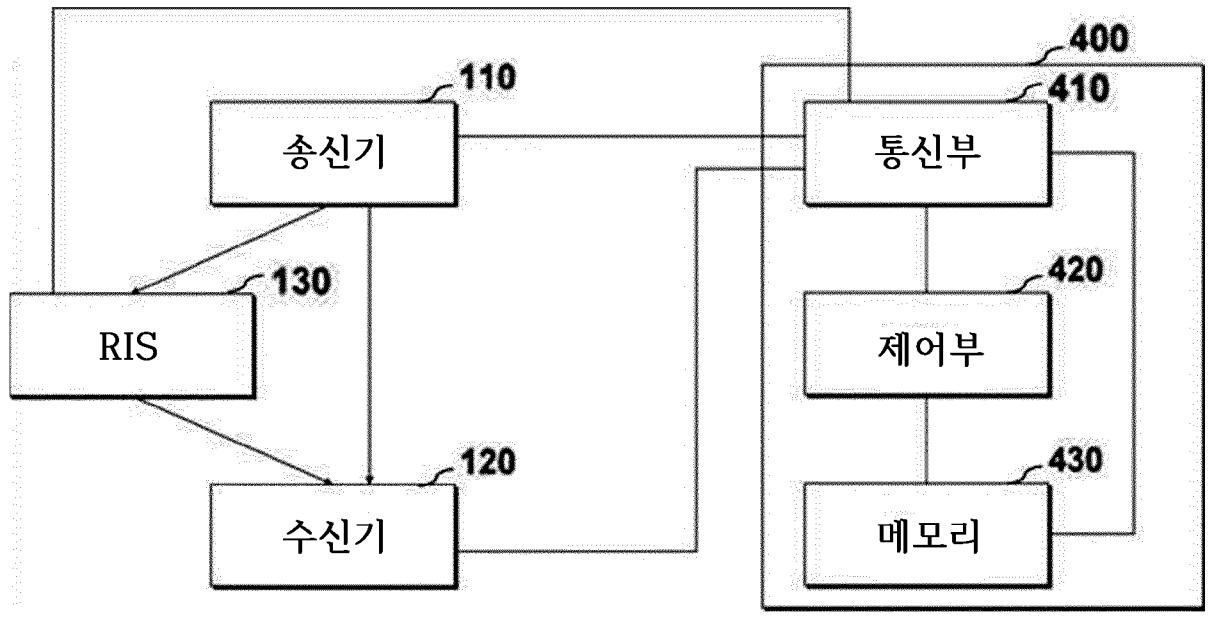
[도2]


130
RIS Tile #1
RIS Tile #2
RIS
Tile #3
RIS
Tile #4
RIS Board Consists of Four Tiles

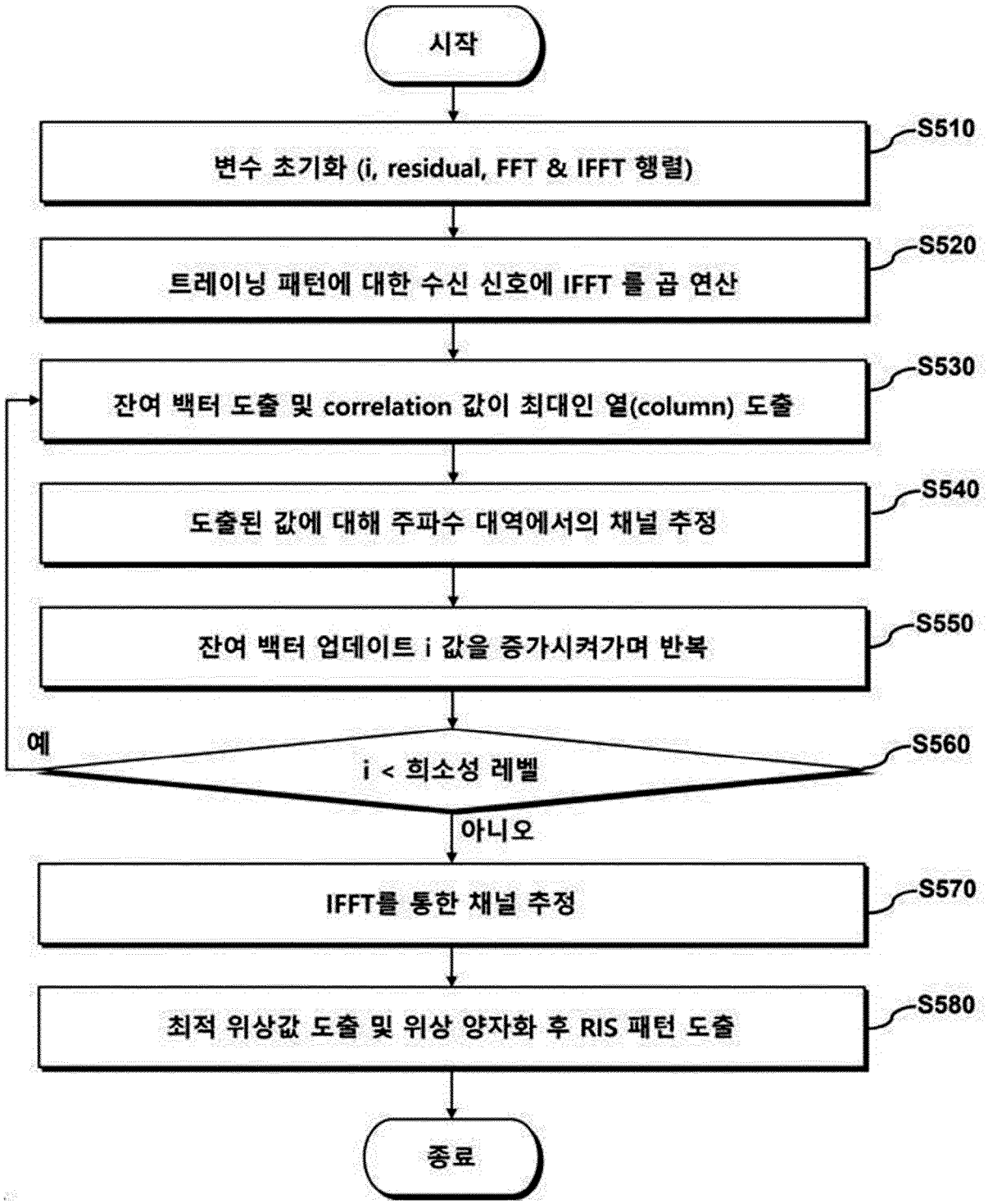
[도3]


시작
트레이닝 패턴 생성 및 트레이닝 패턴을 수신기로 전송
S310
트레이닝 패턴 및 트레이닝 패턴에 대한
수신 신호에 기초하여 RIS 패턴 산출
S320
산출된 RIS 패턴으로 RIS를 제어 및 이에 기초한 데이터 전송
S330
종료

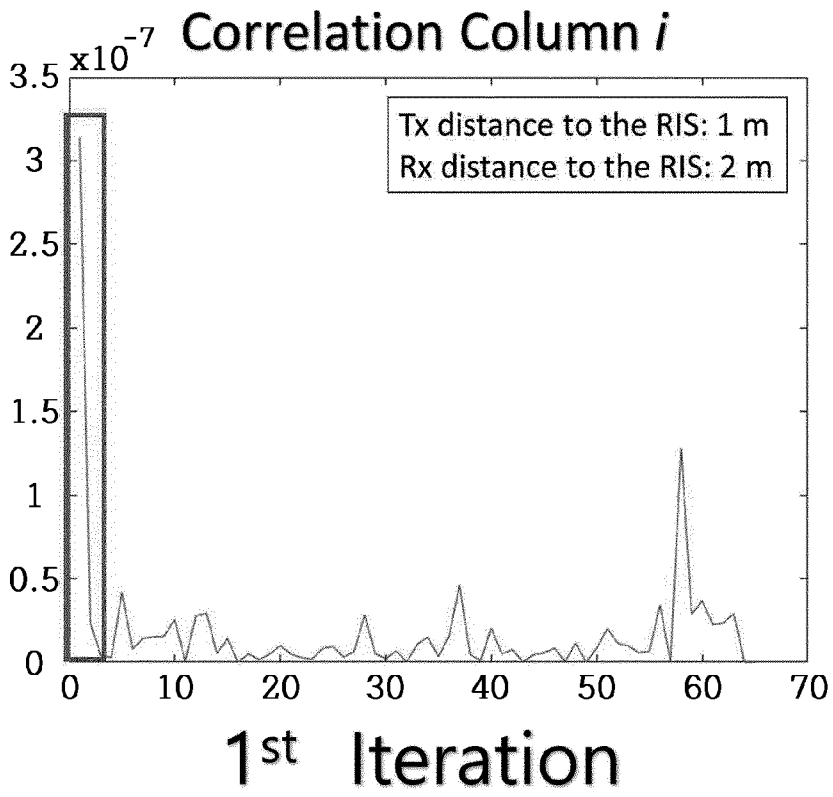
[도4]

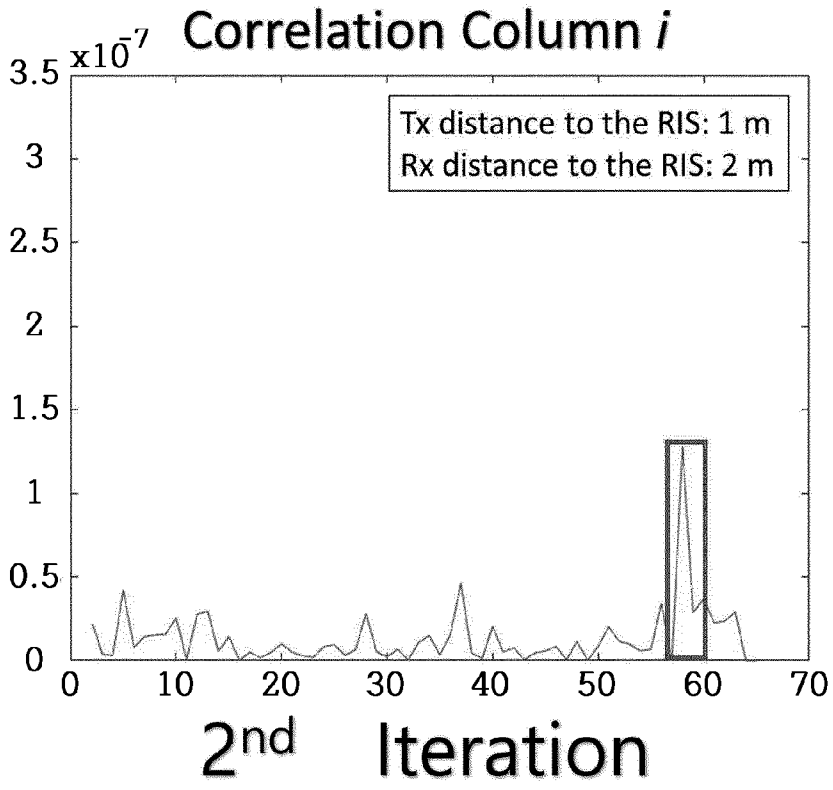

400
110
송신기
410
통신부
130
RIS
420
제어부
120
수신기
430
메모리

[도5]

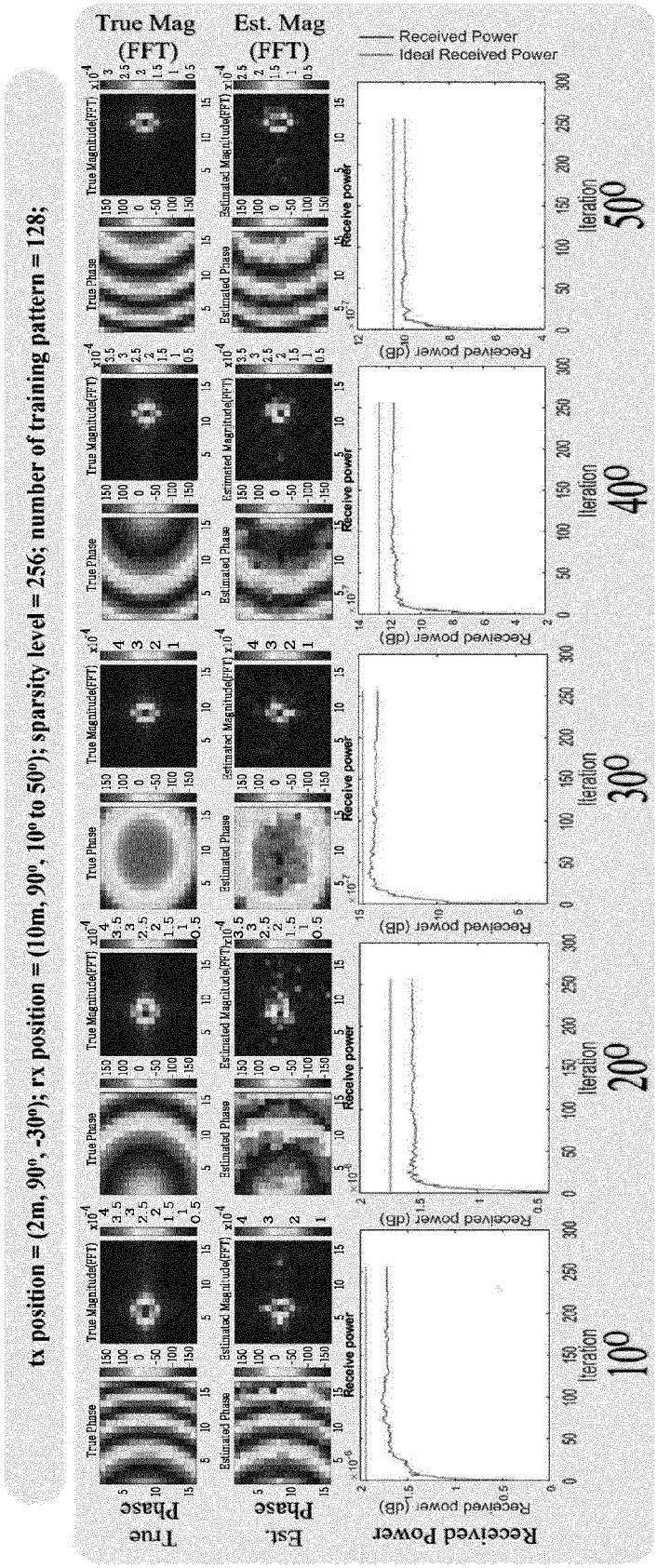

시작
변수 초기화 (i, residual, FFT & IFFT 행렬)
S510
트레이닝 패턴에 대한 수신 신호에 IFFT 를 곱 연산
S520
잔여 백터 도출 및 correlation 값이 최대인 열(column) 도출
S530
도출된 값에 대해 주파수 대역에서의 채널 추정
S540
잔여 백터 업데이트 i 값을 증가시켜가며 반복
S550
예
i < 희소성 레벨
S560
아니오
IFFT를 통한 채널 추정
S570
최적 위상값 도출 및 위상 양자화 후 RIS 패턴 도출
S580
종료

[도6]

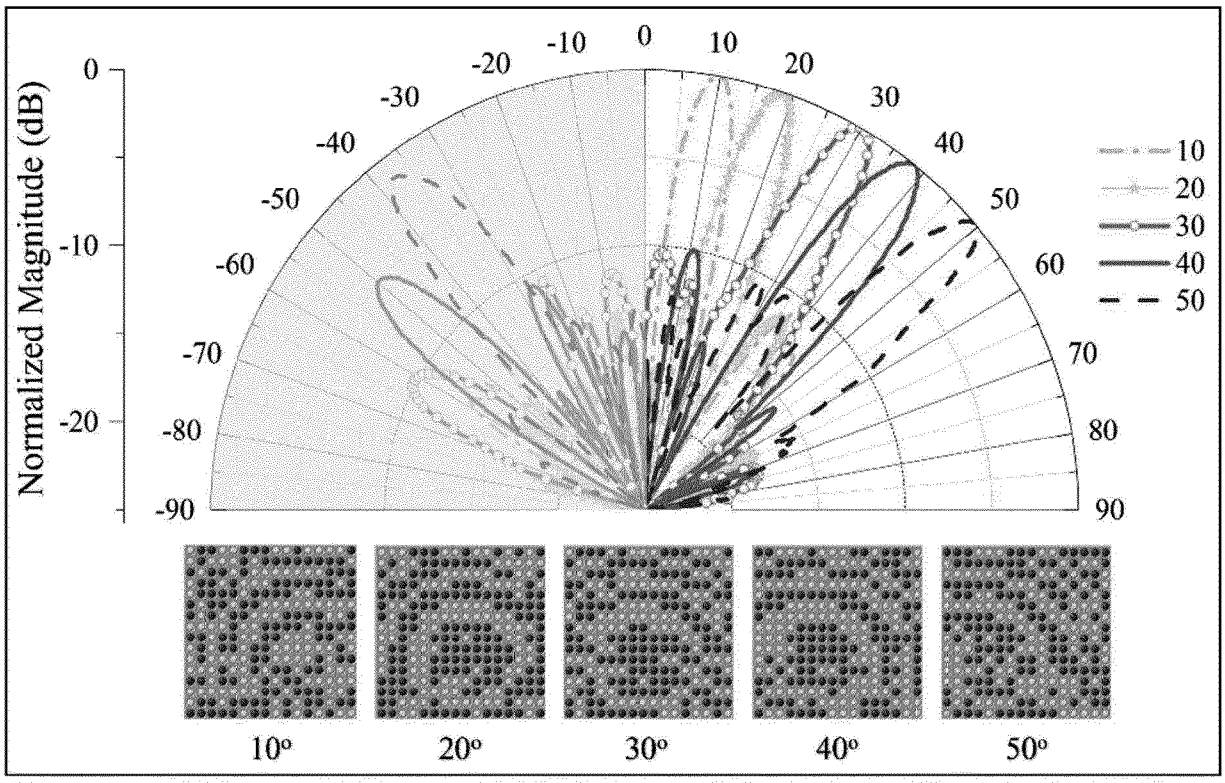

Correlation Column *i*
x10^-7
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
10
20
30
40
50
60
70
Tx distance to the RIS: 1 m
Rx distance to the RIS: 2 m
1st Iteration


Correlation Column *i*
x10^-7
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
0
10
20
30
40
50
60
70
Tx distance to the RIS: 1 m
Rx distance to the RIS: 2 m
2nd Iteration

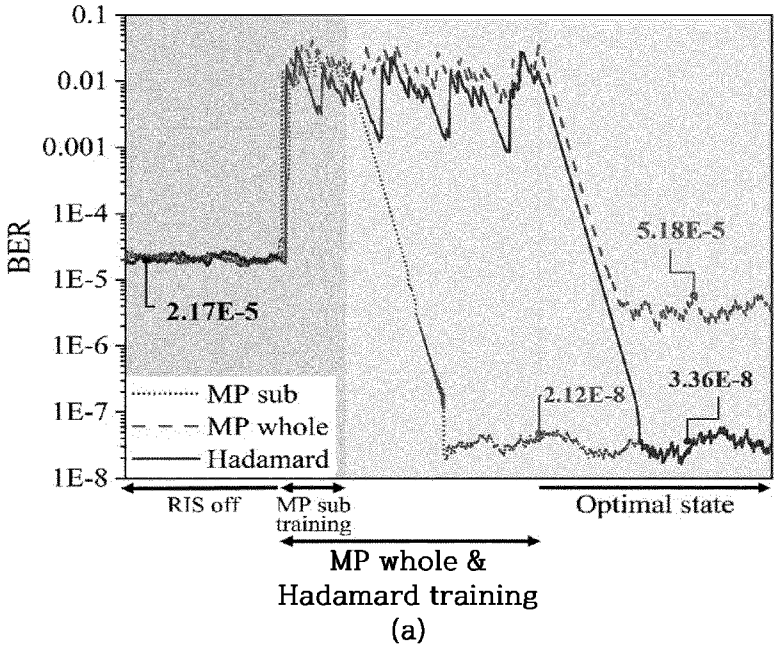
[도7]


tx position = (2m, 90°, -30°); rx position = (10m, 90°, 10° to 50°); sparsity level = 256; number of training pattern = 128;
True Mag (FFT)
Est. Mag (FFT)
Received Power
Ideal Received Power
True Phase
Est. Phase
Received Power (dB)
Iteration
10°
20°
30°
40°
50°

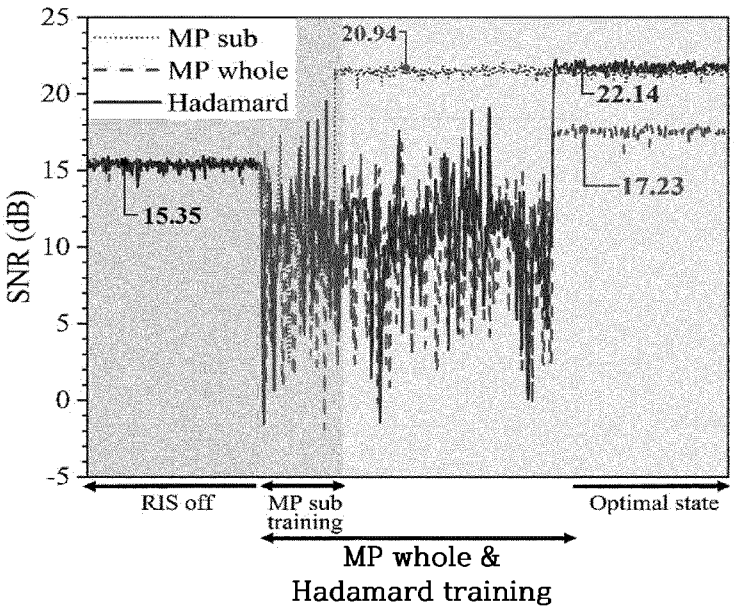
[도8]


Normalized Magnitude (dB)
0
-10
-20
-30
-40
-50
-60
-70
-80
-90
10
20
30
40
50
60
70
80
90
10
20
30
40
50
10°
20°
30°
40°
50°

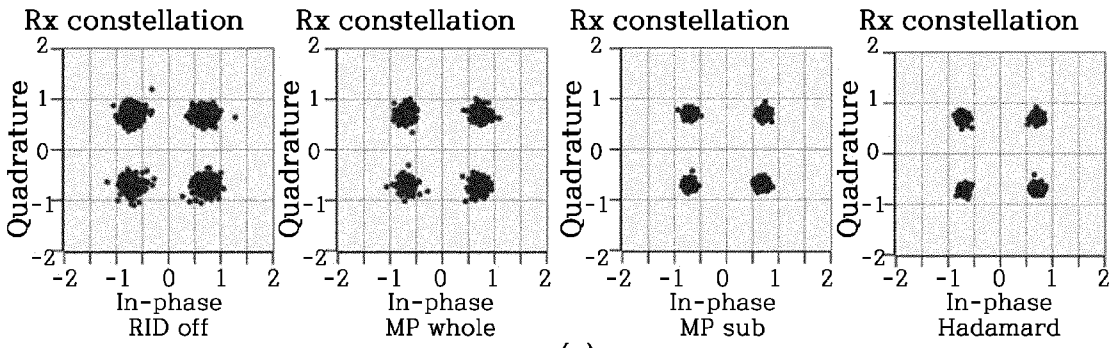
[도9]


BER
0.1
0.01
0.001
1E-4
1E-5
1E-6
1E-7
1E-8
2.17E-5
5.18E-5
2.12E-8
3.36E-8
MP sub
MP whole
Hadamard
RIS off
MP sub training
Optimal state
MP whole & Hadamard training

(a)


SNR (dB)
25
20
15
10
5
0
-5
MP sub
MP whole
Hadamard
20.94
22.14
17.23
15.35
RIS off
MP sub training
Optimal state
MP whole & Hadamard training

(b)


Rx constellation
Quadrature
In-phase
RID off
Rx constellation
In-phase
MP whole
Rx constellation
In-phase
MP sub
Rx constellation
In-phase
Hadamard

(c)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2022/021680

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 25/02(2006.01)i; **H04B 7/06**(2006.01)i; **H04B 17/373**(2015.01)i; **H03M 7/30**(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)

H04L 25/02(2006.01); G06F 13/38(2006.01); H01Q 15/00(2006.01); H01Q 15/14(2006.01); H04B 7/06(2006.01); H04B 7/145(2006.01)

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: RIS(reconfigurable intelligent surface), 트레이닝 패턴(training pattern), 채널 추정(channel estimation)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2021-0384637 A1 (NEC LABORATORIES EUROPE GMBH) 09 December 2021 (2021-12-09) See paragraphs [0043] and [0054]; and claim 1.	1,4
A		2-3,5-6
Y	WO 2021-207748 A9 (FUTUREWEI TECHNOLOGIES, INC.) 14 October 2021 (2021-10-14) See claim 16.	1,4
A	KR 10-2019-0128153 A (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 15 November 2019 (2019-11-15) See paragraph [0056].	1-6
A	WO 2021-239259 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)) 02 December 2021 (2021-12-02) See abstract.	1-6

☑ 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
"D" document cited by the applicant in the international application
"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	Date of mailing of the international search report
30 March 2023	**31 March 2023**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office **Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208**	
Facsimile No. **+82-42-481-8578**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2022/021680

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2021-0384958 A1 (COMMISSARIAT A L`ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES) 09 December 2021 (2021-12-09) See claims 1-3.	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2022/021680

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US 2021-0384637 A1	09 December 2021	US 11251537 B2	15 February 2022
WO 2021-207748 A9	14 October 2021	WO 2021-207748 A2	14 October 2021
		WO 2021-207748 A3	30 December 2021
KR 10-2019-0128153 A	15 November 2019	CN 110419202 A	05 November 2019
		CN 110419202 B	27 September 2022
		EP 3602981 A1	05 February 2020
		JP 2018-164121 A	18 October 2018
		TW 201838387 A	16 October 2018
		US 10917265 B2	09 February 2021
		US 2020-0244488 A1	30 July 2020
		WO 2018-173824 A1	27 September 2018
WO 2021-239259 A1	02 December 2021	None	
US 2021-0384958 A1	09 December 2021	EP 3919929 A1	08 December 2021
		US 11601185 B2	07 March 2023

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2022/021680

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H04L 25/02(2006.01)i; **H04B 7/06**(2006.01)i; **H04B 17/373**(2015.01)i; **H03M 7/30**(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04L 25/02(2006.01); G06F 13/38(2006.01); H01Q 15/00(2006.01); H01Q 15/14(2006.01); H04B 7/06(2006.01); H04B 7/145(2006.01)

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: RIS(reconfigurable intelligent surface), 트레이닝 패턴(training pattern), 채널 추정(channel estimation)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	US 2021-0384637 A1 (NEC LABORATORIES EUROPE GMBH) 2021.12.09 단락 [0043], [0054]; 및 청구항 1	1,4
A		2-3,5-6
Y	WO 2021-207748 A9 (FUTUREWEI TECHNOLOGIES, INC.) 2021.10.14 청구항 16	1,4
A	KR 10-2019-0128153 A (소니 세미컨덕터 솔루션즈 가부시키가이샤) 2019.11.15 단락 [0056]	1-6
A	WO 2021-239259 A1 (TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)) 2021.12.02 요약	1-6
A	US 2021-0384958 A1 (COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES) 2021.12.09 청구항 1-3	1-6

☐ 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
"D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌
"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌
"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌
"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌
"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌
"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌
"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.
"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.
"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2023년03월30일(30.03.2023)	**2023년03월31일(31.03.2023)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

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

팩스 번호 **+82-42-481-8578**

심사관

양정록

전화번호 **+82-42-481-5709**

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2022/021680

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 2021-0384637 A1	2021/12/09	US 11251537 B2	2022/02/15
WO 2021-207748 A9	2021/10/14	WO 2021-207748 A2	2021/10/14
		WO 2021-207748 A3	2021/12/30
KR 10-2019-0128153 A	2019/11/15	CN 110419202 A	2019/11/05
		CN 110419202 B	2022/09/27
		EP 3602981 A1	2020/02/05
		JP 2018-164121 A	2018/10/18
		TW 201838387 A	2018/10/16
		US 10917265 B2	2021/02/09
		US 2020-0244488 A1	2020/07/30
		WO 2018-173824 A1	2018/09/27
WO 2021-239259 A1	2021/12/02	없음	
US 2021-0384958 A1	2021/12/09	EP 3919929 A1	2021/12/08
		US 11601185 B2	2023/03/07