(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2019 년 2 월 28 일 (28.02.2019)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2019/039671 A1

(51) 국제특허분류:
H04B 17/12 (2014.01) *H04B 7/06* (2006.01)
H04B 17/10 (2014.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2017/014799

(22) 국제출원일: 2017 년 12 월 15 일 (15.12.2017)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2017-0106751 2017 년 8 월 23 일 (23.08.2017) KR

(71) 출원인: 삼성전자주식회사 (**SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.**) [KR/KR]; 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129, Gyeonggi-do (KR).

(72) 발명자: 다오만튜안 (**DAO, Manh-Tuan**); 06270 서울시 강남구 남부순환로365길 16, 102동 408호, Seoul (KR). 김용훈 (**KIM, Yonghoon**); 16694 경기도 수원시 영통구 영통로200번길 156, 1002동 2202호, Gyeonggi-do (KR). 아오키유이치 (**AOKI, Yuichi**); 16699 경기도 수원시 영통구 봉영로1517번길 30, 601동 701호, Gyeonggi-do (KR).

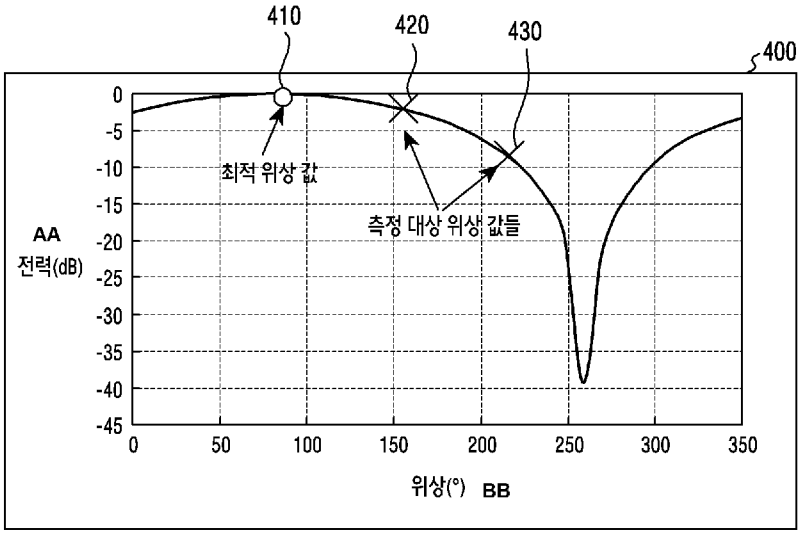
(74) 대리인: 권혁록 등 (**KWON, Hyuk-Rok** et al.); 03175 서울시 종로구 경희궁길 28, 2층, Seoul (KR).

(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.

WO 2019/039671 A1

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR CALIBRATING PHASED ARRAY ANTENNA

(54) 발명의 명칭: 위상 배열 안테나를 캘리브레이션하기 위한 장치 및 방법



410 ... Optimal phase value
420, 430 ... Measurement target phase values
AA ... Power
BB ... Phase

(57) Abstract: The present disclosure relates to a 5th generation (5G) or pre-5G communication system for supporting a higher data transmission rate after the 4th generation (4G) communication system such as Long Term Evolution (LTE). The present disclosure provides a device and a method for calibrating a phased array antenna. A method for calibrating a phased array antenna according to various embodiments of the present disclosure comprises the processes of: controlling a first radio frequency (RF) chain so as to transmit a first signal at a first phase, thereby determining the phase difference between the first phase and a reference phase; controlling the first RF chain so as to transmit a second signal at a second phase, thereby determining the phase condition of the

[다음 쪽 계속]

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

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

phase difference; and calibrating the first RF chain on the basis of the phase difference and the phase condition. The reference phase may be the phase of a reference signal transmitted from a reference RF chain. Accordingly, the time necessary for calibration may be reduced, and mass production of phased array antennas may be facilitated. The present research has been financed by the Korean government (Ministry of Science and ICT) in 2017 and conducted with the support of "Intra-ministry Giga Korean Project" (No. GK17N0100, Millimeter-wave 5G Mobile Communication System Development).

(57) 요약서: 본 개시는 LTE(Long Term Evolution)와 같은 4G(4th generation) 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 위한 5G(5th generation) 또는 pre-5G 통신 시스템에 관련된 것이다. 본 개시는 위상 배열 안테나를 캘리브레이션(calibration)하기 위한 장치 및 방법이 제공한다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 위상 배열 안테나의 캘리브레이션을 위한 방법은, 1 무선 주파수(radio frequency, RF) 체인이 제1 위상으로 제1 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 제1 위상과 기준 위상간 위상 차를 결정하는 과정과, 상기 제1 RF 체인이 제2 위상으로 제2 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 위상 차의 위상 상태를 결정하는 과정과, 상기 위상 차 및 상기 위상 상태에 기반하여, 상기 제1 RF 체인을 캘리브레이션 하는 과정을 포함한다. 상기 기준 위상은, 기준 RF 체인으로부터 송신되는 기준 신호의 위상일 수 있다. 따라서, 캘리브레이션에 소요되는 시간이 줄어들 수 있고, 위상 배열 안테나의 대량 생산이 용이해질 수 있다. 본 연구는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 '범부처 Giga KOREA 사업'의 지원을 받아 수행된 연구이다(No.GK17N0100, 밀리미터파 5G 이동통신 시스템 개발).

명세서

발명의 명칭: 위상 배열 안테나를 캘리브레이션하기 위한 장치 및 방법

기술분야

[1] 본 개시(disclosure)는 일반적으로 캘리브레이션(calibration)에 관한 것으로, 보다 구체적으로 위상 배열 안테나를 캘리브레이션하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

[2] 본 연구는 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 '범부처 Giga KOREA 사업'의 지원을 받아 수행된 연구이다(No.GK17N0100, 밀리미터파 5G 이동통신 시스템 개발).

배경기술

[3] 4G(4th generation) 통신 시스템 상용화 이후 증가 추세에 있는 무선 데이터 트래픽 수요를 충족시키기 위해, 개선된 5G(5th generation) 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템을 개발하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 이러한 이유로, 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템은 4G 네트워크 이후(Beyond 4G Network) 통신 시스템 또는 LTE(Long Term Evolution) 시스템 이후(Post LTE) 시스템이라 불리어지고 있다.

[4] 높은 데이터 전송률을 달성하기 위해, 5G 통신 시스템은 초고주파(mmWave) 대역(예를 들어, 60기가(60GHz) 대역과 같은)에서의 구현이 고려되고 있다. 초고주파 대역에서의 전파의 경로손실 완화 및 전파의 전달 거리를 증가시키기 위해, 5G 통신 시스템에서는 빔포밍(beamforming), 거대 배열 다중 입출력(massive MIMO), 전차원 다중입출력(Full Dimensional MIMO, FD-MIMO), 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beam-forming), 및 대규모 안테나(large scale antenna) 기술들이 논의되고 있다.

[5] 또한 시스템의 네트워크 개선을 위해, 5G 통신 시스템에서는 진화된 소형 셀, 개선된 소형 셀(advanced small cell), 클라우드 무선 액세스 네트워크(cloud radio access network, cloud RAN), 초고밀도 네트워크(ultra-dense network), 기기 간 통신(Device to Device communication, D2D), 무선 백홀(wireless backhaul), 이동 네트워크(moving network), 협력 통신(cooperative communication), CoMP(Coordinated Multi-Points), 및 수신 간섭제거(interference cancellation) 등의 기술 개발이 이루어지고 있다.

[6] 이 밖에도, 5G 시스템에서는 진보된 코딩 변조(Advanced Coding Modulation, ACM) 방식인 FQAM(Hybrid Frequency Shift Keying and Quadrature Amplitude Modulation) 및 SWSC(Sliding Window Superposition Coding)과, 진보된 접속 기술인 FBMC(Filter Bank Multi Carrier), NOMA(Non Orthogonal Multiple Access), 및 SCMA(Sparse Code Multiple Access) 등이 개발되고 있다.

[7] 상술한 것처럼, 밀리미터파 대역과 같은 초고주파 대역에서 통신을 수행하기 위해, 송신 신호 또는 수신 신호에 대한 빔포밍이 요구된다. 예를 들어, 빔 포밍을 위해, 위상 배열 안테나(phased array antenna)가 사용될 수 있다. 위상 배열 안테나는 위상이 조절 가능한 복수의 안테나 요소(element)들을 포함하고, 각 안테나 요소의 위상이 적절히 제어될 경우, 특정 방향으로 신호를 송신하거나, 특정 방향의 빔을 형성할 수 있다. 위상 배열 안테나가 특정 방향으로 빔을 집중시키기 위해, 임의의 시간에서 각 안테나 요소가 특정 방향으로 방사하는 전자기파의 위상은 서로 동일할 필요가 있다. 이를 위해, 위상 배열 안테나 및/또는 위상 배열 안테나를 구성하는 개별 안테나 요소에 대한 캘리브레이션(calibration)이 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[8] 상술한 바와 같은 논의를 바탕으로, 본 개시(disclosure)는, 위상 배열 안테나를 캘리브레이션하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[9] 또한, 본 개시는, 위상 배열 안테나에 포함된 각 무선 주파수(radio frequency, RF) 체인을 캘리브레이션하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[10] 또한, 본 개시는 각 RF 체인을 캘리브레이션 하는데 소요되는 시간을 줄이기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[11] 또한, 본 개시는, 대상 RF 체인의 모든 가능한 위상 값들 중 일부 위상 값들에 기반하여 대상 RF 체인을 캘리브레이션하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[12] 또한, 본 개시는, 기준 RF 체인과 대상 RF 체인으로부터 송신되는 신호의 위상 차에 기반하여 대상 RF 체인을 캘리브레이션하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[13] 또한, 본 개시는, 기준 RF 체인과 대상 RF 체인으로부터 송신되는 신호의 위상 차에 대한 위상 상태에 기반하여 대상 RF 체인을 캘리브레이션하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

과제 해결 수단

[14] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 위상 배열 안테나의 캘리브레이션(calibration)을 위한 방법은, 제1 무선 주파수(radio frequency, RF) 체인이 제1 위상으로 제1 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 제1 위상과 기준 위상간 위상 차를 결정하는 과정과, 상기 제1 RF 체인이 제2 위상으로 제2 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 위상 차의 위상 상태를 결정하는 과정과, 상기 위상 차 및 상기 위상 상태에 기반하여, 상기 제1 RF 체인을 캘리브레이션 하는 과정을 포함한다. 상기 기준 위상은, 기준 RF 체인으로부터 송신되는 기준 신호의 위상일 수 있다.

[15] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 위상 배열 안테나의 캘리브레이션(calibration)을 위한 장치는, 제1 무선 주파수(radio frequency, RF)

체인이 제1 위상으로 제1 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 제1 위상과 기준 위상간 위상 차를 결정하고, 상기 제1 RF 체인이 제2 위상으로 제2 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 위상 차의 위상 상태를 결정하고, 상기 위상 차 및 상기 위상 상태에 기반하여, 상기 제1 RF 체인을 캘리브레이션 하는 제어부를 포함한다. 상기 기준 위상은, 기준 RF 체인으로부터 송신되는 기준 신호의 위상일 수 있다.

발명의 효과

[16] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 장치 및 방법은, 위상 배열 안테나의 각 무선 주파수(radio frequency, RF) 체인에 상대적으로 적은 수의 위상 값들을 설정하여 각 RF 체인을 캘리브레이션 함으로써, 캘리브레이션에 소요되는 시간을 줄일 수 있고, 위상 배열 안테나의 대량 생산에 기여할 수 있다.

[17] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[18] 도 1은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 위상 배열 안테나를 도시한다.

[19] 도 2는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 캘리브레이션 장치의 구성을 도시한다.

[20] 도 3은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 캘리브레이션 장치의 흐름도를 도시한다.

[21] 도 4는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 최적 위상 값을 결정하기 위해 고려되는 위상 값들을 나타내는 그래프를 도시한다.

[22] 도 5는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 조합 신호들의 전력을 비교하여 캘리브레이션을 수행하기 위한 캘리브레이션 장치의 흐름도를 도시한다.

[23] 도 6은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 위상 상태와 위상 값 변경간 관계를 나타내는 위상 다이어그램(diagram)들을 도시한다.

[24] 도 7은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 위상 차의 위상 상태를 결정하여 캘리브레이션을 수행하기 위한 캘리브레이션 장치의 흐름도를 도시한다.

[25] 도 8은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 위상 상태의 결정 방법을 나타내는 위상 다이어그램을 도시한다.

[26] 도 9는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 위상 상태에 기반하여 최적 위상 값을 결정하기 위해 고려되는 위상 값들을 나타내는 그래프를 도시한다.

[27] 도 10은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 미세 조정(fine search)을 수행하기 위한 캘리브레이션 장치의 흐름도를 도시한다.

[28] 도 11은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 최적 위상 값 결정을 위한 미세 조정을 나타내는 그래프를 도시한다.

[29] 도 12a 및 12b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 기준 RF 체인을 변경하여

캘리브레이션을 수행하기 위한 캘리브레이션 장치의 흐름도를 도시한다.

[30] 도 13은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 캘리브레이션의 효과를 나타내는 그래프를 도시한다.

[31] 도 14a 내지 14f는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 캘리브레이션 장치의 변형(variation)들을 도시한다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[32] 본 개시에서 사용되는 용어들은 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 다른 실시 예의 범위를 한정하려는 의도가 아닐 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 용어들은 본 개시에 기재된 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가질 수 있다. 본 개시에 사용된 용어들 중 일반적인 사전에 정의된 용어들은, 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 동일 또는 유사한 의미로 해석될 수 있으며, 본 개시에서 명백하게 정의되지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 경우에 따라서, 본 개시에서 정의된 용어일지라도 본 개시의 실시 예들을 배제하도록 해석될 수 없다.

[33] 이하에서 설명되는 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어적인 접근 방법을 예시로서 설명한다. 하지만, 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어와 소프트웨어를 모두 사용하는 기술을 포함하고 있으므로, 본 개시의 다양한 실시 예들이 소프트웨어 기반의 접근 방법을 제외하는 것은 아니다.

[34] 이하 본 개시는 위상 배열 안테나를 캘리브레이션(calibration)하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 구체적으로, 본 개시는 기준 무선 주파수(radio frequency, RF) 체인으로부터 송신되는 기준 신호의 위상과 대상(target) RF 체인으로부터 송신되는 신호의 위상간 위상 차(phase difference)를 이용하여, 대상 RF 체인을 보다 빠르게 캘리브레이션하기 위한 기술을 설명한다.

[35] 이하 설명에서 사용되는 신호를 지칭하는 용어, 장치의 구성 요소를 지칭하는 용어 등은 설명의 편의를 위해 예시된 것이다. 따라서, 본 개시가 후술되는 용어들에 한정되는 것은 아니며, 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어가 사용될 수 있다.

[36] 도 1은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 위상 배열 안테나 100을 도시한다. 도 1을 참고하면, 위상 배열 안테나 100은 복수의 무선 주파수(radio frequency, RF) 체인들 110-1 내지 110-N을 포함한다. 이하, 설명의 편의를 위해, RF 체인 110-1의 구성들 및 각 구성들의 기능이 설명되나, 이는 설명의 편의를 위한 것이고, 다른 RF 체인들(예: RF 체인 110-2 내지 110-N)의 각 구성들 또한 RF 체인 110-1의 각 구성들과 유사한 기능을 수행할 수 있다.

[37] 믹서(mixer) 110-1-1은 입력 신호의 중심 주파수를 변환하고, 변환된 중심 주파수를 가지는 신호를 출력할 수 있다. 예를 들어, 믹서 110-1-1은 중간

주파수(intermediate frequency, IF) 신호를 RF 신호로 변환하거나, RF 신호를 IF 신호로 변환할 수 있다. 여기에서, RF 신호의 주파수는 IF 신호의 주파수와 국부 발진기(local oscillator, LO) 신호의 주파수의 합으로 표현되고, 반대로 IF 신호의 주파수는 RF 신호의 주파수에서 LO 신호의 주파수를 뺀 결과로 표현될 수 있다. 이를 위해, 믹서 110-1-1은 LO와 연결될 수 있다.

[38] 위상 변환기(phase shifter) 110-1-3은 입력 신호의 위상을 변환하고, 변환된 위상을 가지는 신호를 출력할 수 있다. 예를 들어, 위상 변환기 110-1-3은 입력 신호의 위상을 지연(lag)시키거나, 위상을 전진(advance)시킬 수 있다. 위상 변환기 110-1-3에는 복수의 위상 값(phase value)들 중 하나의 위상 값이 설정될 수 있다. 복수의 위상 값들은 각각 0도 내지 360도 범위의 각도들 중 하나에 대응될 수 있고, 서로 다른 위상 값들은 서로 다른 각도에 대응될 수 있다. 따라서, 위상 변환기 110-1-3이 위상 변환기 110-1-3에 현재 설정된 위상 값을 변경하기 위한 외부 제어 신호를 수신하는 경우, 위상 변환기 110-1-3은 위상 값 변화에 대응하는 각도 또는 위상만큼 입력 신호의 위상을 변환시킬 수 있다.

[39] 증폭기 110-1-5는 입력 신호를 증폭시킬 수 있다. 증폭기 110-1-5는 증폭된 신호를 방사 소자(radiator) 110-1-7에 제공할 수 있다.

[40] 방사 소자(radiator) 110-1-7은 입력된 전기적 신호를 전자기파로 변환하고, 전자기파를 자유 공간(free space)으로 방사할 수 있다.

[41] 신호 120-1은 믹서 110-1-1, 위상 변환기 110-1-3, 증폭기 110-1-5 및 방사 소자 110-1-7을 거쳐(through) RF 체인 110-1로부터 송신되거나, 방사 소자 110-1-7, 증폭기 110-1-5, 위상 변환기 110-1-3 및 믹서 110-1-1을 거쳐 RF 체인 110-1에 의해 수신될 수 있다. 유사하게, 신호 120-2는 RF 체인 110-2로부터 송신되거나, RF 체인 110-2에 의해 수신될 수 있고, 신호 120-N은 RF 체인 110-N으로부터 송신되거나, RF 체인 110-N에 의해 수신될 수 있다.

[42] 만약, 복수의 RF 체인들 110-1 내지 110-N이 동시에 송신 또는 수신하는 신호들 120-1 내지 120-N의 초기 위상(initial phase)이 동일한 경우, 신호들 120-1 내지 120-N은 전체로써 평면파를 형성하고, 특정 방향으로 전파될 수 있다. 특정 방향으로 전파되는 신호들 120-1 내지 120-N은 특정 방향의 빔(예: 빔 130)을 형성(form)할 수 있다. 신호들 120-1 내지 120-N의 초기 위상이 동일한 상태에서 각각의 복수의 위상 변환기들 110-1-3 내지 110-N-3에 설정된 위상 값이 동일한 값만큼 변경되는 경우, 신호들 120-1 내지 120-N은 여전히 전체로써 평면파를 형성할 수 있고, 특정 방향에서 위상 값 변화에 대응하는 각도만큼 변경된 방향으로 전파될 수 있다. 따라서, 일단 신호들 120-1 내지 120-N의 초기 위상이 동일하도록 각각의 복수의 위상 변환기들 110-1-3 내지 110-N-3에 위상 값이 설정되면, 위상 배열 안테나 100을 이용하는 장치는 복수의 위상 변환기들 110-1-3 내지 110-N-3에 특정 각도 변화에 대응하는 동일한 위상 값 변화를 입력하여, 원하는 방향으로 빔을 형성하거나, 빔을 조향(steer)할 수 있다. 다시 말해서, 빔 형성 및 빔 조향을 위해, 신호들 120-1 내지 120-N의 초기 위상이

동일해 지도록 각각의 복수의 위상 변환기들 110-1-3 내지 110-N-3에 위상 값이 설정될 것이 요구된다.

[43] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션은 신호 120-1 내지 120-N의 초기 위상이 동일해 지도록 위상 변환기 110-1-3 내지 110-N-3의 위상 값을 설정하는 것을 의미한다. 캘리브레이션은 각각의 RF 체인들 110-1 내지 110-N에 대해 수행될 수 있다. 예를 들어, RF 체인 110-1에 캘리브레이션이 수행되는 경우, 신호 120-1의 초기 위상이 기준 RF 체인이 송신하는 신호의 초기 위상과 동일해 지도록 RF 체인 110-1에 포함된 위상 변환기 110-1-3에 위상 값이 설정될 수 있다. 여기에서, 기준 RF 체인은 적어도 하나의 다른 RF 체인의 캘리브레이션을 위해 위상 변환기의 위상 값을 유지하는 RF 체인을 의미한다. 기준 RF 체인은 복수의 RF 체인들 110-1 내지 110-N 중 하나가 될 수 있다. 예를 들어, 기준 RF 체인이 110-1인 경우, 나머지 RF 체인들 110-2 내지 110-N에 대해 캘리브레이션이 수행될 수 있다. 이 경우, 캘리브레이션이 수행되어야 할 나머지 RF 체인들 110-2 내지 110-N은 '캘리브레이션 대상(target) RF 체인', 또는 간단히 '대상 RF 체인'으로 지칭될 수 있다.

[44] 어떤 RF 체인에 대해 캘리브레이션이 수행된 경우, 그 RF 체인은 다른 RF 체인의 캘리브레이션을 위해 기준 RF 체인으로서 기능할 수 있다. 다시 말해서, 복수의 RF 체인들을 캘리브레이션 하는 동안 기준 RF 체인은 변경될 수 있다. 예를 들어, RF 체인 110-2의 캘리브레이션을 위해 RF 체인 110-1이 기준 RF 체인으로 사용된 경우, RF 체인 110-3의 캘리브레이션을 위해 RF 체인 110-2가 기준 RF 체인으로 사용될 수 있다.

[45] 위상 배열 안테나 100에 포함된 각각의 복수의 RF 체인들 110-1 내지 110-N에 대한 캘리브레이션은 캘리브레이션 장치에 의해 수행될 수 있다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치는 위상 배열 안테나 100에 포함된 각각의 복수의 RF 체인들 110-1 내지 110-N을 캘리브레이션 할 수 있다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 위상 배열 안테나 100에 포함된 각각의 복수의 RF 체인들 110-1 내지 110-N을 캘리브레이션 하는 것은 위상 배열 안테나 100을 캘리브레이션 하는 것으로 이해될 수 있으며, 캘리브레이션이 수행될 위상 배열 안테나는 '대상 위상 배열 안테나'로 지칭될 수 있다.

[46] 위상 배열 안테나 100을 캘리브레이션하기 위한 캘리브레이션 장치(예: 캘리브레이션 장치 200)의 구성은 도 2에서 보다 상세히 설명된다.

[47] 도 2는 본 개시의 다 양한 실시 예들에 따른 캘리브레이션 장치 200의 구성을 도시한다. 이하 사용되는 '~부', '~기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 도 2에서, 설명의 편의를 위해 캘리브레이션 장치 200은 위상 배열 안테나 100을 캘리브레이션 하는 것으로 가정하나, 이는 예시적인 것이고, 캘리브레이션 장치 200은 임의의(any) 위상 배열 안테나를 캘리브레이션 할 수 있다.

[48] 도 2를 참고하면, 캘리브레이션 장치 200은 제어부 210, 수신기 220, 신호 생성기 230, 및 기준 안테나 240을 포함한다.

[49] 제어부 210은 캘리브레이션 장치 200의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 제어부 210은 신호 생성기 230이 캘리브레이션 신호를 생성하도록 제어할 수 있다. 또한, 제어부 210은 수신기 220이 기준 안테나 240을 통해 신호를 수신하도록 제어할 수 있고, 수신된 신호를 분석할 수 있다. 제어부 210은 상술한 제어 동작을 수행하기 위해, 적어도 하나의 프로세서 또는 마이크로 프로세서를 포함하거나, 또는, 프로세서의 일부일 수 있다.

[50] 다양한 실시 예들에 따라, 제어부 210은 각각의 위상 변환기 110-1-1 내지 110-N-1에 위상 값을 설정할 수 있고, 설정된 위상 값을 변경할 수 있다. 위상 변환기 110-1-1 내지 110-N-1에 위상 값을 설정하는 것은 RF 체인들 110-1 내지 110-N에 위상 값을 설정하는 것으로 이해될 수 있다. 예를 들어, 위상 변환기 110-1-1에 위상 값을 설정하는 것은 위상 변환기 110-1-1을 포함하는 RF 체인 110-1에 위상 값을 설정하는 것으로 이해될 수 있다. 따라서, 각각의 위상 변환기 110-1-1 내지 110-N-1에 설정된 위상 값은 각각의 RF 체인들 110-1 내지 110-N의 위상 값으로 이해될 수 있다. 제어부 210은 각각의 RF 체인들 110-1 내지 110-N의 위상 값을 설정하여, 각각의 RF 체인들 110-1 내지 110-N이 설정된 위상 값에 대응하는 초기 위상으로 신호를 송신하도록 제어할 수 있다.

[51] 다양한 실시 예들에 따라, 제어부 210은 각각의 RF 체인들 110-1 내지 110-N를 온/오프(on/off) 상태를 제어할 수 있다. 다시 말해서, 제어부 210은 각각의 RF 체인들 110-1 내지 110-N를 온하거나, 오프할 수 있다. 이를 위해, 제어부 210은 각각의 RF 체인들 110-1 내지 110-N의 공급 전압(supply voltage)을 차단하거나, 유지할 수 있다. 또한, 제어부 210은 각각의 RF 체인들 110-1 내지 110-N에 온/오프 상태를 제어하기 위한 제어 신호를 송신할 수 있다.

[52] 다양한 실시 예들에 따라, 제어부 210은 위상 배열 안테나 100으로부터 송신된 신호의 전력을 측정할 수 있다. 구체적으로, 제어부 210은 위상 배열 안테나 100에서 각각의 RF 체인으로부터 송신되는 신호의 전력을 측정할 수 있고, 둘 이상의 RF 체인들로부터 송신되는 신호들의 조합 신호(combined signal)에 대한 전력을 측정할 수 있다.

[53] 수신기 220은 기준 안테나 240을 통해 신호를 수신할 수 있다. 예를 들어, 수신기 220은 대상 위상 배열 안테나(예: 위상 배열 안테나 100)로부터 송신된 신호를 수신할 수 있고, 수신된 신호의 스펙트럼(spectrum)을 분석할 수 있다.

[54] 신호 생성기 230은 위상 배열 안테나 100을 캘리브레이션하기 위한 캘리브레이션 신호를 생성할 수 있다. 신호 생성기 230은 생성된 캘리브레이션 신호를 위상 배열 안테나 100에 제공하여, 위상 배열 안테나 100에서 온 상태의 RF 체인들로부터 신호가 송신되도록 할 수 있다.

[55] 캘리브레이션 장치 200은 RF 체인들 110-1 내지 110-N 중에서 기준 RF 체인을 선택하고, 기준 RF 체인을 이용하여 대상 RF 체인을 캘리브레이션 할 수 있다.

예를 들어, 캘리브레이션 장치 200은 대상 RF 체인의 위상 값을 변경해가면서, 기준 RF 체인으로부터 송신된 신호(이하, 기준 신호로 지칭된다)와 대상 RF 체인으로부터 송신된 신호(이하, 테스트(test) 신호로 지칭된다)의 조합 신호에 대한 전력이 최대가 되는 대상 RF 체인의 위상 값을 결정할 수 있다. 기준 신호의 초기 위상과 대상 RF 체인으로부터 송신된 신호의 초기 위상이 동일할 경우 조합 신호에 대한 전력이 최대가 될 수 있으므로, 캘리브레이션 장치 200은 조합 신호에 대한 전력이 최대가 되는 대상 RF 체인의 위상 값을 최적 위상 값으로 결정할 수 있다. 캘리브레이션 장치 200은 최적 위상 값을 대상 RF 체인에 설정하여, 대상 RF 체인을 캘리브레이션 할 수 있다.

[56] 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치 200이 대상 RF 체인의 가능한 모든 위상 값들에 대해 조합 신호의 전력을 결정하여, 대상 RF 체인을 캘리브레이션 할 수 있다. 그러나, 대상 RF 체인의 가능한 모든 위상 값들의 수가 많은 경우, 대상 RF 체인의 가능한 모든 위상 값들에 대해 조합 신호의 전력을 결정하는 것은 상대적으로 많은 시간이 소요될 수 있다. 예를 들어, 위상 값이 m비트로 표현되는 경우, 가능한 모든 위상 값들의 수는 2^m개 이므로, 캘리브레이션 장치 200은 위상 배열 안테나를 캘리브레이션하기 위해 각 RF 체인 마다 최대 2^m개의 위상 값들에 대한 조합 신호의 전력을 결정하여야 한다. 위상 배열 안테나를 캘리브레이션하기 위해 소요되는 시간(이하, 캘리브레이션 시간이라 지칭된다)이 상대적으로 많을 경우, 높은 캘리브레이션 시간은 위상 배열 안테나의 대량 생산(mass production)에 악영향을 미칠 수 있다.

[57] 따라서, 본 개시의 다양한 실시 예들은 위상 배열 안테나를 캘리브레이션 하는데 소요되는 시간을 줄이고, 위상 배열 안테나의 대량 생산을 가능하게 하는 장치 및 방법을 제안하며, 이는 하기에서 보다 상세히 설명된다.

[58] 도 3은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 캘리브레이션 장치의 흐름도를 도시한다. 도 3은 캘리브레이션 장치 200의 동작 방법을 예시한다.

[59] 도 3을 참고하면, 301 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인이 제1 위상으로 제1 신호를 송신하도록 제어하여, 제1 위상과 기준 위상간 위상 차를 결정한다. 제1 위상은 대상 RF 체인에 설정된 임의의(arbitrary) 위상 값에 대응하는 초기 위상일 수 있다. 기준 위상은 기준 RF 체인으로부터 송신되는 기준 신호의 초기 위상이고, 기준 RF 체인에 설정된 임의의 위상 값에 대응하는 초기 위상일 수 있다. 캘리브레이션 장치는 기준 RF 체인 및 대상 RF 체인에 캘리브레이션 신호를 제공하여 대상 RF 체인이 제1 신호를 송신하고, 기준 RF 체인이 기준 신호를 송신하도록 할 수 있다. 캘리브레이션 장치는 제1 신호와 기준 신호 중 적어도 하나를 이용하여, 제1 위상과 기준 위상간 위상 차를 결정할 수 있다. 여기에서, 제1 위상과 기준 위상간 위상 차는 제1 위상에서 기준 위상을 뺀 결과(또는, 기준 위상에서 제1 위상을 뺀 결과)의 절대 값을 의미한다.

[60] 303 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인이 제2 위상으로 제2 신호를 송신하도록 제어하여, 제1 위상과 기준 위상간 위상 차의 위상 상태를 결정한다.

캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인에 설정된 위상 값을 변경하여, 대상 RF 체인이 송신하는 신호의 초기 위상을 제1 위상에서 제2 위상으로 변경할 수 있다. 여기에서, 대상 RF 체인에 설정되는 위상 값의 변화는 제1 위상 및 제2 위상의 차이에 대응할 수 있다. 캘리브레이션 장치는 제2 신호 및 기준 신호 중 적어도 하나를 이용하여, 제1 위상과 기준 위상간 위상 차의 위상 상태를 결정할 수 있다.

[61] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 위상 차의 위상 상태는 위상 차가 정의되는 두 위상들 중 어느 위상이 선행(lead)하고, 어느 위상이 지연(lag)되는지를 지시한다. 예를 들어, 제1 위상과 기준 위상간 위상 차의 위상 상태는 제1 위상이 기준 위상보다 선행하는 상태이거나, 제1 위상이 기준 위상보다 지연되는 상태들 중 하나일 수 있다.

[62] 305 단계에서, 캘리브레이션 장치는 위상 차 및 위상 상태에 기반하여, 대상 RF 체인을 캘리브레이션 한다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치는 위상 차 및 위상 상태에 기반하여, 대상 RF 체인이 송신하는 신호의 초기 위상과 기준 위상이 동일해 지도록 대상 RF 체인의 위상 값을 설정한다. 예를 들어, 위상 상태가 기준 위상이 제1 위상보다 선행함을 지시할 경우, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인이 송신하는 신호의 초기 위상이 제1 위상에서 위상 차만큼 증가하도록 대상 RF 체인에 설정된 위상 값을 변경할 수 있다. 다른 예로, 위상 상태가 기준 위상이 제1 위상보다 지연됨을 지시할 경우, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인이 송신하는 신호의 초기 위상이 제1 위상에서 위상 차만큼 감소하도록 대상 RF 체인에 설정된 위상 값을 변경할 수 있다.

[63] 도 3에서와 같은 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인을 캘리브레이션 하기 위해 대상 RF 체인에 두 개의 위상 값(제1 위상에 대응하는 위상 값, 제2 위상에 대응하는 위상 값)을 설정한다. 다시 말해서, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인을 캘리브레이션하기 위해 대상 RF 체인의 가능한 모든 위상 값들을 고려하지 아니하므로, 위상 배열 안테나에 대한 캘리브레이션 시간을 줄일 수 있고, 위상 배열 안테나의 대량 생산을 가능하게 한다.

[64] 도 4는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 최적 위상 값을 결정하기 위해 고려되는 위상 값들을 나타내는 그래프 400을 도시한다. 그래프 400에서, 가로축은 대상 RF 체인에 설정된 각도 단위의 위상 값을, 세로축은 기준 RF 체인이 송신하는 기준 신호와 대상 RF 체인이 송신하는 테스트 신호의 조합 신호에 대한 전력(데시벨(decibel, dB) 단위)을 나타낸다.

[65] 그래프 400에 따르면, 대상 RF 체인에 위상 값 410이 설정될 경우, 조합 신호의 전력이 최대화될 수 있다. 다시 말해서, 대상 RF 체인에 위상 값 410이 설정된 경우 테스트 신호의 초기 위상과 기준 위상과 동일하므로, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값이 위상 값 410으로 설정되도록 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 수행하여야 한다.

[66] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치는 모든 위상 값들 (0° 내지 360°)에 대해 조합 신호의 전력을 고려하지 않고, 위상 값 420 및 위상 값 430(즉, 두 개의 위상 값들)에 대해 조합 신호의 전력을 고려하여 위상 값 410을 결정할 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인에 위상 값 420을 설정하여, 대상 RF 체인이 위상 값 420에 대응하는 초기 위상으로 신호를 송신하도록 제어하고, 기준 위상과 위상 420에 대응하는 초기 위상의 위상 차를 결정할 수 있다. 또한, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인에 위상 값 430을 설정하여, 대상 RF 체인이 위상 값 430에 대응하는 초기 위상으로 신호를 송신하도록 제어하고, 위상 값 420에 대응하는 초기 위상과 기준 위상간 위상 차에 대한 위상 상태를 결정할 수 있다. 그러나, 이는 예시적인 것이고, 위상 차 및 위상 상태를 결정하기 위해 그래프 400에서 임의의 위상 값들이 사용될 수 있다.

[67] 이하 기준 위상과 테스트 신호의 초기 위상간 위상 차를 결정하기 위한 상세한 알고리즘이 설명된다.

[68] 기준 RF 체인에서 송신되는 기준 신호와, 대상 RF 체인에서 송신되는 테스트 신호는 하기의 <수학식 1>과 같이 표현될 수 있다.

[69] 【수학식 1】

$$x_1 = A_1 e^{j\Theta_1}$$

$$x_2 = A_2 e^{j\Theta_2}$$

[70] 여기에서, x_1은 기준 신호, A_1은 기준 신호의 진폭(amplitude), Θ_1은 임의의 시간에서 기준 신호의 위상, x_2는 테스트 신호, A_2 는 테스트 신호의 진폭, Θ_2는 임의의 시간에서 테스트 신호의 위상을 의미한다.

[71] Θ_1 및 Θ_2는 하기의 <수학식 2>와 같이 표현될 수 있다.

[72] 【수학식 2】

$$\Theta_1 = 2\pi ft + \Psi_1$$

$$\Theta_2 = 2\pi ft + \Psi_2$$

[73] 여기에서, Θ_1은 임의의 시간에서 기준 신호의 위상, Θ_2는 임의의 시간에서 테스트 신호의 위상, f는 기준 신호 및 테스트 신호의 주파수, Ψ_1은 기준 위상, Ψ_2는 테스트 신호의 초기 위상을 의미한다.

[74] 기준 신호와 테스트 신호의 조합 신호에 대한 전력은 하기의 <수학식 3>과 같이 표현될 수 있다.

[75] 【수학식 3】

$$|y|^2 = \left|A_1 e^{j\Theta_1} + A_2 e^{j\Theta_2}\right|^2$$

[76] 여기에서, y는 기준 신호와 테스트 신호의 조합 신호, A_1은 기준 신호의 진폭, Θ_1은 임의의 시간에서 기준 신호의 위상, A_2는 테스트 신호의 진폭, Θ_2는 임의의

시간에서 테스트 신호의 위상을 의미한다. 따라서, $|y|^2$은 조합 신호의 전력으로 이해될 수 있다.

[77] <수학식 3>을 전개하면 조합 신호에 대한 전력은 하기의 <수학식 4>와 같이 표현될 수 있다.

[78] 【수학식 4】

$$|y|^2 = (A_1 \cos\Theta_1 + A_2 \cos\Theta_2)^2 + (A_1 \sin\Theta_1 + A_2 \sin\Theta_2)^2$$

[79] 여기에서, y는 기준 신호와 테스트 신호의 조합 신호, A_1은 기준 신호의 진폭, Θ_1은 임의의 시간에서 기준 신호의 위상, A_2는 테스트 신호의 진폭, Θ_2는 임의의 시간에서 테스트 신호의 위상을 의미한다.

[80] 코사인 법칙에 따라, <수학식 4>는 하기의 <수학식 5>와 같이 변형될 수 있다.

[81] 【수학식 5】

$$\cos(\Theta_1 - \Theta_2) = \frac{|y|^2 - A_1^2 - A_2^2}{2A_1A_2}$$

[82] 여기에서, y는 기준 신호와 테스트 신호의 조합 신호, A_1은 기준 신호의 진폭, Θ_1은 임의의 시간에서 기준 신호의 위상, A_2는 테스트 신호의 진폭, Θ_2는 임의의 시간에서 테스트 신호의 위상을 의미한다. A_1^2 및 A_2^2는 각각 기준 신호의 전력, 테스트 신호의 전력으로 이해될 수 있다.

[83] <수학식 5>에서, Θ_1-Θ_2는 하기의 <수학식 6>과 같이 표현될 수 있다.

[84] 【수학식 6】

$$\Theta_1 - \Theta_2 = (2\pi ft + \Psi_1) - (2\pi ft + \Psi_2) = \Psi_1 - \Psi_2$$

[85] 여기에서, Θ_1은 임의의 시간에서 기준 신호의 위상, Θ_2는 임의의 시간에서 테스트 신호의 위상, f는 기준 신호 및 테스트 신호의 주파수, Ψ_1은 기준 위상, Ψ_2는 테스트 신호의 초기 위상을 의미한다.

[86] <수학식 6>에 따르면, 임의의 시간에서 기준 신호의 위상 Θ_1에서 테스트 신호의 위상 Θ_2을 뺀 결과는 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과와 동일하다. 따라서, <수학식 6>에 의해, <수학식 5>는 하기의 <수학식 7>과 같이 표현될 수 있다.

[87] 【수학식 7】

$$\alpha = |\Psi_1 - \Psi_2| = \arccos\left[\frac{|y|^2 - A_1^2 - A_2^2}{2A_1A_2}\right]$$

[88] 여기에서, α는 기준 위상과 테스트 신호의 초기 위상간 위상 차, Ψ_1은 기준 위상, Ψ_2는 테스트 신호의 초기 위상, 여기에서, y는 기준 신호와 테스트 신호의 조합 신호, A_1은 기준 신호의 진폭, A_2는 테스트 신호의 진폭을 의미한다.

[89] <수학식 7>에서, 기준 신호의 전력 A_1^2 및 테스트 신호의 전력 A_2^2로부터 역으로 기준 신호의 진폭 A_1 및 테스트 신호의 진폭 A_2가 결정될 수 있으므로, 기준 위상과 테스트 신호의 초기 위상간 위상 차는 조합 신호의 전력 $|y|^2$, 기준 신호의

전력 A_1^2 및 테스트 신호의 전력 A_2^2에 기반하여 결정될 수 있다.

[90] 이하 도 5에서 위상 차를 이용하여 대상 RF 체인을 캘리브레이션하기 위한 동작이 보다 상세히 설명된다.

[91] 도 5는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 조합 신호들의 전력을 비교하여 캘리브레이션을 수행하기 위한 캘리브레이션 장치의 흐름도를 도시한다. 도 5는 캘리브레이션 장치 200의 동작 방법을 예시한다.

[92] 도 5를 참고하면, 501 단계에서, 캘리브레이션 장치는 기준 RF 체인에서 기준 위상으로 송신된 기준 신호의 전력을 측정한다. 기준 위상은 기준 RF 체인에 설정된 임의의 위상 값에 대응하는 초기 위상일 수 있다. 캘리브레이션 장치는 기준 신호의 전력을 측정하기 위해, 위상 배열 안테나(예: 위상 배열 안테나 100)에서 기준 RF 체인만을 온 하고, 나머지 RF 체인들을 오프할 수 있다. 캘리브레이션 장치는 기준 RF 체인에 캘리브레이션 신호를 제공하여 기준 RF 체인이 기준 신호를 송신하도록 제어할 수 있고, 기준 신호를 기준 안테나(예: 기준 안테나 240)를 통해 수신하여, 기준 신호의 전력을 측정할 수 있다.

[93] 503 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제1 위상으로 송신된 제1 신호의 전력을 측정한다. 여기에서, p는 임의의 위상 값일 수 있고, 제1 위상은 p에 대응하는 초기 위상일 수 있다. 캘리브레이션 장치는 제1 신호의 전력을 측정하기 위해, 위상 배열 안테나에서 대상 RF 체인만을 온 하고, 나머지 RF 체인들을 오프할 수 있다. 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인에 캘리브레이션 신호를 제공하여 대상 RF 체인이 제1 신호를 송신하도록 제어할 수 있고, 제1 신호를 기준 안테나를 통해 수신하여, 제1 신호의 전력을 측정할 수 있다.

[94] 505 단계에서, 캘리브레이션 장치는 기준 신호와 제1 신호의 조합 신호(y)에 대한 전력($|y|^2$)을 측정한다. 캘리브레이션 장치는 조합 신호(y)에 대한 전력($|y|^2$)을 측정하기 위해, 위상 배열 안테나에서 대상 RF 체인 및 기준 RF 체인만을 온 하고, 나머지 RF 체인들을 오프할 수 있다. 이 경우, 503 단계에서 대상 RF 체인은 이미 온 상태이므로, 캘리브레이션 장치는 505 단계에서 기준 RF 체인만을 추가적으로 온 할 수 있다. 이 때, 캘리브레이션 장치는 501 단계에서와 같이 기준 RF 체인에 기준 위상에 대응하는 위상 값을 설정할 수 있다. 캘리브레이션 장치는 기준 RF 체인 및 대상 RF 체인에 캘리브레이션 신호를 제공하여 기준 RF 체인이 기준 신호를 송신하고, 대상 RF 체인이 제1 신호를 송신하도록 제어할 수 있다. 캘리브레이션 장치는 기준 신호와 제1 신호의 조합 신호(y)를 기준 안테나를 통해 수신하여, 조합 신호(y)에 대한 전력($|y|^2$)을 측정할 수 있다.

[95] 507 단계에서, 캘리브레이션 장치는 기준 위상과 제1 위상간 위상 차($\alpha = |\Psi_1 - \Psi_2|$)를 결정한다. 여기에서, Ψ_1은 기준 위상, Ψ_2는 제1 위상일 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션 장치는 <수학식 7>과 같이, 기준 신호의 전력, 제1 신호의 전력 및 조합 신호(y)의 전력($|y|^2$)에 기반하여, 위상 차(α)를 결정할 수 있다.

[96] 509 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p-α로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제2 위상으로 송신된 제2 신호와 기준 신호의 조합 신호(y_1)에 대한 전력($|y_1|^2$)을 측정한다. 여기에서, p-α의 위상 값은 위상 값 p가 '-α'에 대응하는 위상 값만큼 변경되었을 경우의 위상 값을 의미하고, 제2 위상은 p-α에 대응하는 초기 위상일 수 있다. 다시 말해서, 제2 위상은 제1 위상에서 위상 차를 뺀 결과일 수 있다. 캘리브레이션 장치는 기준 RF 체인 및 대상 RF 체인에 캘리브레이션 신호를 제공하여 기준 RF 체인이 기준 신호를 송신하고, 대상 RF 체인이 제2 신호를 송신하도록 제어할 수 있다. 캘리브레이션 장치는 기준 신호와 제2 신호의 조합 신호(y_1)를 기준 안테나를 통해 수신하여, 조합 신호(y_1)에 대한 전력($|y_1|^2$)을 측정할 수 있다.

[97] 511 단계에서, 캘리브레이션 장치는 조합 신호(y_1)의 전력($|y_1|^2$)이 조합 신호(y)의 전력($|y|^2$)보다 큰지 여부를 결정한다.

[98] 조합 신호(y_1)의 전력($|y_1|^2$)이 조합 신호(y)의 전력($|y|^2$)보다 클 경우, 513 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p-α로 결정한다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치는 509 단계에서 대상 RF 체인에 설정한 위상 값을 유지할 수 있다. 대상 RF 체인에 위상 값 p-α가 설정된 경우의 조합 신호(y_1)에 대한 전력($|y_1|^2$)이 대상 체인에 위상 값 p가 설정된 경우의 조합 신호(y)에 대한 전력($|y|^2$)보다 크므로, 캘리브레이션 장치는 기준 위상이 제1 위상보다 위상 차(α)만큼 지연되는 것으로 위상 차의 위상 상태를 결정할 수 있고, 대상 RF 체인의 위상 값을 p-α로 결정할 수 있다. 다시 말해서, 위상 값 p-α가 설정된 대상 RF 체인으로부터 송신되는 신호의 초기 위상은 기준 위상과 동일하므로, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p-α로 설정하여, 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 완료할 수 있다.

[99] 조합 신호(y_1)의 전력($|y_1|^2$)이 조합 신호(y)의 전력($|y|^2$)보다 작을 경우, 515 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p+α로 결정한다. 대상 RF 체인에 위상 값 p-α가 설정된 경우의 조합 신호(y_1)에 대한 전력($|y_1|^2$)이 대상 체인에 위상 값 p가 설정된 경우의 조합 신호(y)에 대한 전력($|y|^2$)보다 작으므로, 캘리브레이션 장치는 기준 위상이 제1 위상보다 위상 차(α)만큼 앞서는 것으로 위상 차의 위상 상태를 결정할 수 있고, 대상 RF 체인의 위상 값을 p+α로 결정할 수 있다. 다시 말해서, 위상 값 p+α가 설정된 대상 RF 체인으로부터 송신되는 신호의 초기 위상은 기준 위상과 동일하므로, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p+α로 설정하여, 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 완료할 수 있다.

[100] 517 단계에서, 캘리브레이션 장치는 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는지 여부를 결정한다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치는 위상 배열 안테나에 포함된 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는지 여부를 결정한다. 모든 RF 체인이 캘리브레이션 된 경우, 캘리브레이션 장치는 본 알고리즘을 종료한다. 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되지 않은 경우, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인을

변경하여, 503 단계 내지 515 단계를 반복한다.

[101] 509 단계에서, 대상 RF체인의 위상 값이 p-α로 설정되었으나, 이는 예시적인 것이고, 대상 RF 체인의 위상 값은 p+α로 설정될 수 있다. 이 경우, 513 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p+α로 결정할 수 있고, 515 단계에서, 대상 RF 체인의 위상 값을 p-α로 결정할 수 있다.

[102] 이하 위상 차의 위상 상태와 대상 RF 체인에 대한 위상 값 변경간의 관계는 도 6에서 보다 상세히 설명된다.

[103] 도 6은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 위상 상태와 위상 값 변경간 관계를 나타내는 위상 다이어그램(diagram)들을 도시한다.

[104] 기준 위상 Ψ_1 및 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2간 위상 차 α가 $\alpha = |\Psi_1 - \Psi_2|$로 정의될 경우, 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과 Ψ_1-Ψ_2는 위상 다이어그램 600과 같이 위상 차의 위상 상태에 따라 α이거나, -α일 수 있다.

[105] 위상 다이어그램 610-1과 같이 위상 차의 위상 상태가 기준 위상 Ψ_1이 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2보다 앞서는 상태인 경우, 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과 Ψ_1-Ψ_2는 α일 수 있다. 이 경우, 캘리브레이션 장치는 위상 다이어그램 610-2와 같이 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2이 기준 위상 Ψ_1과 동일해 지도록, 대상 RF 체인의 위상 값을 '+α'에 대응하는 위상 값만큼 변경할 수 있다.

[106] 반면, 위상 다이어그램 620-1과 같이 위상 차의 위상 상태가 기준 위상 Ψ_1이 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2보다 지연되는 상태인 경우, 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과 Ψ_1-Ψ_2는 '-α'일 수 있다. 이 경우, 캘리브레이션 장치는 위상 다이어그램 620-2와 같이 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2이 기준 위상 Ψ_1과 동일해 지도록, 대상 RF 체인의 위상 값을 '-α'에 대응하는 위상 값만큼 변경할 수 있다.

[107] 이하 도 7에서, 캘리브레이션 장치가 위상 차의 위상 상태를 결정하여 캘리브레이션을 수행하기 위한 동작이 보다 상세히 설명된다.

[108] 도 7은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 위상 차의 위상 상태를 결정하여 캘리브레이션을 수행하기 위한 캘리브레이션 장치의 흐름도를 도시한다. 도 7은 캘리브레이션 장치 200의 동작을 예시한다. 도 7에서, 701, 703 및 705 단계는 각각 도 5의 501, 503, 505 단계와 동일하다.

[109] 707 단계에서, 캘리브레이션 장치는 기준 위상과 제1 위상간 위상 차 α에 대한 코사인 값 cos(α)의 절대 값이 1보다 작거나 같은지를 결정한다. 여기에서, 위상 차 α는 $\alpha = |\Psi_1 - \Psi_2|$로 정의될 수 있고, Ψ_1은 기준 위상, Ψ_2는 제1 위상일 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션 장치는 <수학식 5> 및 <수학식 6>과 같이, 기준 신호의 전력, 제1 신호의 전력 및 조합 신호(y)의 전력($|y|^2$)에 기반하여, cos(α)를 결정할 수 있다. 코사인 함수의 절대 값의 치역(range)은 1을 초과할 수 없으므로, 707 단계에서 cos(α)의 절대 값이 1보다 작거나 같은지를 결정하는 것은 cos(α)의 유효성을 검증하는 것으로 이해될 수 있다.

[110] cos(α)의 절대 값이 1보다 클 경우, 709 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인에 설정된 위상 값 p를 다른 값으로 변경하여, 703 단계 및 그 이후의 단계를 진행할 수 있다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 707 및 709 단계는 생략될 수 있다.

[111] cos(α)의 절대 값이 1보다 작을 경우, 711 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p+90으로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제2 위상으로 송신된 제2 신호와 기준 신호의 조합 신호(y_1)에 대한 전력($|y_1|^2$)을 측정한다. 여기에서, p+90의 위상 값은 위상 값 p가 '+90°'에 대응하는 위상 값만큼 변경되었을 경우의 위상 값을 의미하고, 제2 위상은 p+90에 대응하는 초기 위상일 수 있다. 다시 말해서, 제2 위상은 제1 위상에서 90°를 더한 결과(즉,Ψ_2 +90°)일 수 있다. 캘리브레이션 장치는 기준 신호와 제2 신호의 조합 신호 y_1를 기준 안테나를 통해 수신하여, 조합 신호(y_1)에 대한 전력($|y_1|^2$)을 측정할 수 있다.

[112] 단계 713에서, 캘리브레이션 장치는 기준 위상 Ψ_1에서 제1 위상 Ψ_2을 뺀 결과에 대한 사인 값 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$을 결정한다. 여기에서, 기준 위상 Ψ_1에서 제1 위상 Ψ_2을 뺀 결과에 대한 사인 값 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$은 기준 위상 Ψ_1에서 제2 위상을 뺀 결과에 대한 코사인 값과 동일하다. 즉, 제2 위상은 Ψ_2+90°이므로, 기준 위상 Ψ_1에서 제2 위상을 뺀 결과에 대한 코사인 값 $\cos(\Psi_1-(\Psi_2+90°))$은 $\cos(\Psi_1-\Psi_2-90°)$로 표현될 수 있고, 이는 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$과 동일하다. 따라서, 캘리브레이션 장치는 기준 위상 Ψ_1에서 제1 위상 Ψ_2을 뺀 결과에 대한 사인 값 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$을 결정하는 대신, 기준 위상 Ψ_1에서 제2 위상을 뺀 결과에 대한 코사인 값을 결정할 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션 장치는 <수학식 5> 및 <수학식 6>과 같이, 기준 신호의 전력, 제2 신호의 전력, 및 조합 신호(y_1)에 대한 전력($|y_1|^2$)에 기반하여, 기준 위상 Ψ_1에서 제2 위상을 뺀 결과에 대한 코사인 값을 결정할 수 있다. 여기에서, 제2 신호와 제1 신호는 초기 위상만을 달리하므로, 제2 신호의 전력은 제1 신호의 전력과 동일하다.

[113] 단계 715에서, 캘리브레이션 장치는 기준 위상 Ψ_1에서 제1 위상 Ψ_2을 뺀 결과에 대한 사인 값 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$이 0보다 큰지 여부를 결정한다.

[114] 기준 위상 Ψ_1에서 제1 위상 Ψ_2을 뺀 결과에 대한 사인 값 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$이 0보다 큰 경우, 717 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p+α로 결정한다. 기준 위상 Ψ_1에서 제1 위상 Ψ_2을 뺀 결과에 대한 사인 값 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$이 0보다 큰 경우, 기준 위상 Ψ_1에서 제1 위상 Ψ_2을 뺀 결과가 0보다 큰 것이므로, 캘리브레이션 장치는 기준 위상이 제1 위상보다 위상 차(α)만큼 앞서는 것으로 위상 차의 위상 상태를 결정할 수 있다. 따라서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p+α로 설정하여, 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 완료할 수 있다.

[115] 기준 위상 Ψ_1에서 제1 위상 Ψ_2을 뺀 결과에 대한 사인 값 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$이 0보다 작은 경우, 719 단계에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p-α로

결정한다. 기준 위상 Ψ_1에서 제1 위상 Ψ_2을 뺀 결과에 대한 사인 값 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$이 0보다 큰 경우, 기준 위상 Ψ_1에서 제1 위상 Ψ_2을 뺀 결과가 0보다 큰 것이므로, 캘리브레이션 장치는 기준 위상이 제1 위상보다 위상 차(α)만큼 지연되는 것으로 위상 차의 위상 상태를 결정할 수 있다. 따라서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값을 p-α로 설정하여, 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 완료할 수 있다.

[116] 721 단계에서, 캘리브레이션 장치는 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는지 여부를 결정한다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치는 위상 배열 안테나에 포함된 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는지 여부를 결정한다. 모든 RF 체인이 캘리브레이션 된 경우, 캘리브레이션 장치는 본 알고리즘을 종료한다. 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되지 않은 경우, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인을 변경하여, 703 단계 내지 719 단계를 반복한다.

[117] 이하 도 8에서, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 위상 상태의 결정 방법이 설명된다.

[118] 도 8은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 위상 상태의 결정 방법을 나타내는 위상 다이어그램을 도시한다.

[119] 기준 위상 Ψ_1 및 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2간 위상 차 α가 $\alpha = |\Psi_1 - \Psi_2|$로 정의될 경우, 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과 $\Psi_1-\Psi_2$는 위상 다이어그램 810-1 및 820-1과 같이 위상 차의 위상 상태에 따라 α이거나, -α일 수 있다.

[120] 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과에 대한 사인 값 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$이 0보다 큰 경우, 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과는 위상 다이어그램 810-2와 같이 0보다 클 수 있다. 따라서, 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과 $\Psi_1-\Psi_2$는 α이고, 이는 위상 다이어그램 810-3에 도시된 것과 같이 기준 위상 Ψ_1이 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2보다 α만큼 앞서는 것을 의미한다. 이 경우, 캘리브레이션 장치는 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2이 기준 위상 Ψ_1과 동일해 지도록, 대상 RF 체인의 위상 값을 '+α'에 대응하는 위상 값만큼 변경할 수 있다.

[121] 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과에 대한 사인 값 $\sin(\Psi_1-\Psi_2)$이 0보다 작은 경우, 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과는 위상 다이어그램 820-2와 같이 0보다 작을 수 있다. 따라서, 기준 위상 Ψ_1에서 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2을 뺀 결과 $\Psi_1-\Psi_2$는 '-α'이고, 이는 위상 다이어그램 820-3에 도시된 것과 같이 기준 위상 Ψ_1이 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2보다 α만큼 지연되는 것을 의미한다. 이 경우, 캘리브레이션 장치는 테스트 신호의 초기 위상 Ψ_2이 기준 위상 Ψ_1과 동일해 지도록, 대상 RF 체인의 위상 값을 '-α'에 대응하는 위상 값만큼 변경할 수 있다.

[122] 이하 도 9에서는 위상 상태에 기반하여 최적 위상 값을 결정하기 위해 고려되는 위상 값들이 그래프와 함께 설명된다.

[123] 도 9는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 위상 상태에 기반하여 최적 위상 값을 결정하기 위해 고려되는 위상 값들을 나타내는 그래프 900을 도시한다. 그래프 900에서, 가로축은 대상 RF 체인에 설정된 각도 단위의 위상 값을, 세로축은 기준 RF 체인이 송신하는 기준 신호와 대상 RF 체인이 송신하는 테스트 신호의 조합 신호에 대한 전력(dB 단위)을 나타낸다.

[124] 그래프 900에 따르면, 대상 RF 체인에 위상 값 910이 설정될 경우, 조합 신호의 전력이 최대화될 수 있다. 다시 말해서, 대상 RF 체인에 위상 값 910이 설정된 경우 테스트 신호의 초기 위상과 기준 위상과 동일하므로, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인의 위상 값이 위상 값 910으로 설정되도록 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 수행하여야 한다.

[125] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치는 기준 위상과 제1 위상간 위상 차를 결정하기 위해, 대상 RF 체인에 위상 값 920을 설정할 수 있다. 여기에서, 제1 위상은 테스트 신호의 초기 위상으로, 위상 값 920에 대응할 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션 장치는 <수학식 7>을 이용하여, 기준 위상과 제1 위상간 위상 차를 결정할 수 있다.

[126] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치는 기준 위상과 제1 위상간 위상 차에 대한 위상 상태를 결정하기 위해, 대상 RF 체인에 위상 값 930을 설정할 수 있다. 여기에서, 위상 값 930은 위상 값 920이 '+90°'에 대응하는 위상 값만큼 변경된 경우의 위상 값일 수 있다. 따라서, 위상 값 930에 대응하는 위상이 제2 위상으로 정의될 경우, 제2 위상은 제1 위상에 90°를 더한 결과일 수 있다. 캘리브레이션 장치는 기준 위상과 제1 위상간 위상 차에 대한 위상 상태를 결정하기 위해, 기준 위상에서 제1 위상을 뺀 결과에 대한 사인 값을 결정할 수 있다. 기준 위상에서 제1 위상을 뺀 결과에 대한 사인 값은 기준 위상에서 제2 위상(=제1 위상+90°)을 뺀 결과에 대한 코사인 값과 동일하므로, 캘리브레이션 장치는 <수학식 5> 및 <수학식 6>을 이용하여, 기준 위상에서 제1 위상을 뺀 결과에 대한 사인 값을 결정할 수 있다. 캘리브레이션 장치는 사인 값이 0보다 큰지 여부에 기반하여 기준 위상과 제1 위상간 위상 차에 대한 위상 상태를 결정할 수 있다.

[127] 캘리브레이션 장치는 기준 위상과 제1 위상간 위상 차 및 위상 차의 위상 상태에 기반하여 대상 RF 체인을 캘리브레이션 할 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션 장치는 위상 상태에 기반하여 대상 RF 체인에 설정된 위상 값 920을 위상 차에 대응하는 위상 값만큼 증가시키거나, 감소시켜, 대상 RF 체인에 위상 값 910을 설정할 수 있다.

[128] 만약 캘리브레이션에 오차(error)가 발생하는 경우, 캘리브레이션 장치가 최적 위상 값으로 추정한 위상 값은 실제의 최적 위상 값이 아닐 수 있다. 따라서, 이러한 오차를 보상하기 위해, 캘리브레이션 장치는 미세 조정(fine search)를 수행할 수 있다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, '미세 조정'은 최적 위상 값으로 추정된 위상 값으로부터 기 설정된 범위 이내의 위상 값들을 추가적으로

고려하여 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 수행하는 것을 의미한다.

[129] 이하 도 10에서, 미세 조정을 수행하기 위한 캘리브레이션 장치의 동작이 설명된다.

[130] 도 10은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 미세 조정(fine search)을 수행하기 위한 캘리브레이션 장치의 흐름도를 도시한다. 도 10은 캘리브레이션 장치 200의 동작을 예시한다. 도 10에서 단계 1001 내지 1019에서 수행되는 동작은 각각 단계 701 내지 719에서 수행되는 동작과 동일하다.

[131] 단계 1021에서, 캘리브레이션 장치는 미세 조정을 수행할지 여부를 결정한다. 캘리브레이션 장치가 미세 조정을 수행하지 않는 경우, 캘리브레이션 장치는 단계 1025의 동작을 수행한다.

[132] 캘리브레이션 장치가 미세 조정을 수행할 것으로 결정한 경우, 단계 1023에서, 캘리브레이션 장치는 기 설정된 범위에서 1017 또는 1019 단계에서 결정된 위상 값(또는, 최적 위상 값으로 추정된 위상 값)에 대한 미세 조정을 수행한다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치는 최적 위상 값으로 추정된 위상 값으로부터 기 설정된 범위 이내의 적어도 하나의 위상 값을 결정하고, 적어도 하나의 위상 값들을 추가적으로 고려하여 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 수행한다.

[133] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 미세 조정은 '최대 값 기반 조정(max search)'과 '최소 값 기반 조정(min search)'을 포함할 수 있다. 최대 값 기반 조정은 최적 위상 값으로 추정된 위상 값으로부터 기 설정된 범위 이내의 위상 값들 중에서 조합 신호의 전력을 최대화하는 위상 값을 결정하는 과정을 포함한다. 이를 위해, 캘리브레이션 장치는 기 설정된 범위 이내의 위상 값들 각각을 대상 RF 체인에 설정하고, 대상 RF 체인이 설정된 각 위상 값에 대응하는 초기 위상으로 테스트 신호를 송신하도록 제어하여, 기준 신호와 테스트 신호간 조합 신호에 대한 전력을 결정할 수 있다. 조합 신호의 전력을 최대화하는 위상 값이 최적 위상 값으로 추정된 위상 값과 동일한 경우, 캘리브레이션 장치는 최적 위상 값으로 추정된 위상 값을 최적 위상 값으로 결정할 수 있다. 반면, 조합 신호의 전력을 최대화하는 위상 값이 최적 위상 값으로 추정된 위상 값과 상이한 경우, 캘리브레이션 장치는 조합 신호의 전력을 최대화하는 위상 값을 최적 위상 값으로 결정할 수 있다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치는 조합 신호의 전력을 최대화하는 위상 값이 새롭게 검출될 경우, 기 결정된(또는, 추정된) 최적 위상 값을 새롭게 검출된 위상 값으로 갱신할 수 있다.

[134] 최소 값 기반 조정은 최적 위상 값으로 추정된 위상 값과 ±180°에 대응하는 위상 값만큼 상이한 위상 값으로부터 기 설정된 범위 이내의 위상 값들 중 조합 신호의 전력을 최소화하는 위상 값을 결정하는 과정을 포함한다. 이를 위해, 캘리브레이션 장치는 기 설정된 범위 이내의 위상 값들 각각을 대상 RF 체인에 설정하고, 대상 RF 체인이 설정된 각 위상 값에 대응하는 초기 위상으로 테스트 신호를 송신하도록 제어하여, 기준 신호와 테스트 신호간 조합 신호에 대한 전력을 결정할 수 있다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, '위상 값과

±180°에 대응하는 위상 값만큼 상이한 위상 값'은 '위상 값에 대한 반대 위상 값'으로 지칭될 수 있다.

[135] 앞서 설명된 것과 같이, 기준 신호의 기준 위상과 테스트 신호의 초기 위상이 동일할 경우, 기준 신호와 테스트 신호간 조합 신호에 대한 전력은 최대화 될 수 있다. 반대로, 기준 위상과 테스트 신호의 초기 위상이 ±180°만큼 상이할 경우, 기준 신호와 테스트 신호간 조합 신호에 대한 전력은 최소화 될 수 있다. 따라서, 캘리브레이션 장치는 조합 신호의 전력을 최대화하는 대상 RF 체인의 위상 값을 결정하는 대신, 조합 신호의 전력을 최소화하는 대상 RF 체인의 위상 값에 대한 반대 위상 값을 결정할 수 있다. 조합 신호의 전력을 최소화하는 위상 값이 최적 위상 값에 대한 반대 위상 값과 동일한 경우, 캘리브레이션 장치는 최적 위상 값으로 추정된 위상 값을 최적 위상 값으로 결정할 수 있다. 반면, 조합 신호의 전력을 최소화하는 위상 값이 최적 위상 값으로 추정된 위상 값과 상이한 경우, 캘리브레이션 장치는 조합 신호의 전력을 최소화하는 위상 값에 대한 반대 위상 값을 최적 위상 값으로 결정할 수 있다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치는 조합 신호의 전력을 최소화하는 위상 값이 새롭게 검출될 경우, 기 결정된(또는, 추정된) 최적 위상 값을 새롭게 검출된 위상 값에 대한 반대 위상 값으로 갱신할 수 있다.

[136] 최적 위상 값에 대한 반대 위상 값으로부터 기 설정된 범위에서 위상 값 변화에 대한 조합 신호 전력의 변화는, 최적 위상 값으로부터 기 설정된 범위에서 위상 값 변화에 대한 조합 신호 전력의 변화보다 상대적으로 급격할 수 있다. 따라서, 캘리브레이션 장치는 최소 값 기반 조정을 이용하여 최적 위상 값을 보다 용이하게 검출할 수 있다.

[137] 단계 1025에서, 캘리브레이션 장치는 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는지 여부를 결정한다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치는 위상 배열 안테나에 포함된 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는지 여부를 결정한다. 모든 RF 체인이 캘리브레이션 된 경우, 캘리브레이션 장치는 본 알고리즘을 종료한다. 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되지 않은 경우, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인을 변경하여, 1003 단계 내지 1023 단계를 반복한다.

[138] 이하 도 11에서, 최대 값 기반 조정 및 최소 값 기반 조정이 그래프와 함께 보다 상세히 설명된다.

[139] 도 11은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 최적 위상 값 결정을 위한 미세 조정을 나타내는 그래프 1100을 도시한다. 그래프 1100에서, 가로축은 대상 RF 체인에 설정된 각도 단위의 위상 값을, 세로축은 기준 RF 체인이 송신하는 기준 신호와 대상 RF 체인이 송신하는 테스트 신호의 조합 신호에 대한 전력(dB 단위)을 나타낸다.

[140] 그래프 1100에 따르면, 최적 위상 값으로 추정된 위상 값 1110(즉, 추정 위상 값 1110)으로부터 기 설정된 범위 이내에서 최대 값 기반 조정이 수행될 경우, 최적 위상 값 1120이 결정될 수 있다. 여기에서, 최적 위상 값 1120은 테스트 신호와

기준 신호의 조합 신호에 대한 전력을 최대화하는 위상 값에 해당한다.

[141] 또는, 추정 위상 값 1110에 대한 반대 위상 값 1150으로부터 기 설정된 범위 이내에서 최소 값 기반 조정이 수행될 경우, 최적 위상 값 1120에 대한 반대 위상 값이 결정될 수 있다. 여기에서, 최적 위상 값 1120에 대한 반대 위상 값은 테스트 신호와 기준 신호의 조합 신호에 대한 전력을 최소화하는 위상 값에 대항한다.

[142] 그래프 1100을 참고하면, 최대 값 기반 조정을 위한 위상 값 1150으로부터 기 설정된 범위 이내에서 위상 값 변화에 대한 조합 신호 전력의 변화는, 최소 값 기반 조정을 위한 위상 값 1110으로부터 기 설정된 범위에서 위상 값 변화에 대한 조합 신호 전력의 변화보다 상대적으로 크다. 따라서, 캘리브레이션 장치는 최소 값 조정 과정에서 조합 신호 전력의 변화를 보다 용이하게 검출할 수 있고, 최적 위상 값 1120에 대한 반대 위상 값을 보다 용이하게 검출할 수 있다.

[143] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 위상 값 1110은 기준 위상과 테스트 신호의 초기 위상간 위상 차 및 위상 차의 위상 상태에 기반하여 결정될 수 있다. 위상 값 1130은 위상 차를 결정하기 위한 위상 값이며, 테스트 신호의 초기 위상에 대응한다. 위상 값 1140은 위상 상태를 결정하기 위한 위상 값이며, 테스트 신호의 초기 위상이 '+90°'만큼 변화된 경우의 위상에 대응할 수 있다. 캘리브레이션 장치는 기준 위상과 테스트 신호의 초기 위상간 위상 차 및 위상 차의 위상 상태에 기반하여 대상 RF 체인을 캘리브레이션 할 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션 장치는 위상 상태에 기반하여 대상 RF 체인에 설정된 위상 값 1130을 위상 차에 대응하는 위상 값만큼 증가시키거나, 감소시켜, 대상 RF 체인에 위상 값 1110을 설정할 수 있다.

[144] 캘리브레이션 장치는 위상 배열 안테나에서 기준 RF 체인을 고정시킨 채, 대상 RF 체인을 변경해가며 대상 RF 체인들에 대한 캘리브레이션을 수행할 수 있다. 그러나, 어떤 RF 체인에 대해 일단 캘리브레이션이 완료된 경우, 그 RF 체인은 다른 RF 체인의 캘리브레이션을 위해 기준 RF 체인으로서 기능할 수 있다. 다시 말해서, 복수의 RF 체인들을 캘리브레이션 하는 동안 기준 RF 체인은 변경될 수 있다.

[145] 이하 도 12a 및 12b에서 기준 RF 체인을 변경하여 캘리브레이션을 수행하기 위한 캘리브레이션 장치의 동작이 설명된다.

[146] 도 12a 및 12b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 기준 RF 체인을 변경하여 캘리브레이션을 수행하기 위한 캘리브레이션 장치의 흐름도를 도시한다. 도 12a 및 12b는 캘리브레이션 장치 200의 동작을 예시한다. 도 12a 및 12b에서 단계 1201 내지 1223에서 수행되는 동작은 각각 단계 1001 내지 1023에서 수행되는 동작과 동일하다.

[147] 단계 1225에서, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인을 기준 RF 체인으로 설정한다. 다시 말해서, 단계 1217, 1219 또는 1223을 통해 대상 RF 체인에 최적 위상 값이 설정되어 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션이 완료되었으므로, 대상 RF 체인은 다른 RF 체인의 캘리브레이션을 위해 기준 RF 체인으로서 기능할 수

있다. 따라서, 캘리브레이션 장치는 다른 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 위해, 대상 RF 체인을 기준 RF 체인으로 설정할 수 있다.

[148] 단계 1227에서, 캘리브레이션 장치는 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는지 여부를 결정한다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치는 위상 배열 안테나에 포함된 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는지 여부를 결정한다.

[149] 모든 RF 체인이 캘리브레이션 되지 않은 경우, 캘리브레이션 장치는 대상 RF 체인을 변경하여, 1203 단계 내지 1225 단계를 반복한다. 이 때, 캘리브레이션 장치는 단계 1225에서 설정된 기준 RF 체인을 이용하여 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 수행한다.

[150] 모든 RF 체인이 캘리브레이션 된 경우, 단계 1229에서, 캘리브레이션 장치는 기준 RF 체인을 오프한다. 다시 말해서, 위상 배열 안테나의 모든 RF 체인들이 캘리브레이션 되어 기준 RF 체인의 사용을 요구하는 대상 RF 체인이 존재하지 아니하므로, 캘리브레이션 장치는 기준 RF 체인을 오프하고, 본 알고리즘을 종료한다.

[151] 이하 도 13에서 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 기준 위상 및 테스트 신호의 초기 위상간 위상 차와 위상 차의 위상 상태에 기반하여 대상 RF 체인을 캘리브레이션 하는 경우의 효과가 그래프와 함께 설명된다.

[152] 도 13은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 캘리브레이션의 효과를 나타내는 그래프 1300을 도시한다. 그래프 1300에서, 가로축은 대상 RF 체인에 설정된 위상 값(십진수로 표현된 디지털 값)을, 세로축은 기준 RF 체인이 송신하는 기준 신호와 대상 RF 체인이 송신하는 테스트 신호의 조합 신호에 대한 전력(dB 단위)을 나타낸다. 도 13에서, 위상 배열 안테나는 체인 0 내지 체인 7(8개의 RF 체인들)을 포함하고, 체인 0은 위상 값 0이 설정된 기준 RF 체인임을 가정한다.

[153] 그래프 1300에서, 곡선 1310은 체인 1에 설정된 위상 값과, 체인 0과 체인 1로부터 송신되는 조합 신호에 대한 전력간 관계를 나타낸다. 곡선 1320은 체인 2에 설정된 위상 값과, 체인 0과 체인 2로부터 송신되는 조합 신호에 대한 전력간 관계를 나타낸다. 곡선 1330은 체인 3에 설정된 위상 값과, 체인 0과 체인 3으로부터 송신되는 조합 신호에 대한 전력간 관계를 나타낸다. 곡선 1340은 체인 4에 설정된 위상 값과, 체인 0과 체인 4로부터 송신되는 조합 신호에 대한 전력간 관계를 나타낸다. 곡선 1350은 체인 5에 설정된 위상 값과, 체인 0과 체인 5로부터 송신되는 조합 신호에 대한 전력간 관계를 나타낸다. 곡선 1360은 체인 6에 설정된 위상 값과, 체인 0과 체인 6으로부터 송신되는 조합 신호에 대한 전력간 관계를 나타낸다. 곡선 1370은 체인 7에 설정된 위상 값과, 체인 0과 체인 7로부터 송신되는 조합 신호에 대한 전력간 관계를 나타낸다. 각각의 곡선들 1310 내지 1370에서 조합 신호의 전력이 최대화되는 위상 값은 기준 위상과 테스트 신호의 초기 위상을 동일하게 만드는 위상 값으로, 각각의 RF 체인들 1 내지 7에 설정되어야 하는 최적 위상 값을 나타낸다.

[154] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치는 각각의 체인들 1

내지 7의 가능한 모든 위상 값들에 대해 조합 신호의 전력을 결정하여, 최적 위상 값을 결정할 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션 장치는 체인 1의 가능한 모든 위상 값들에 대해 조합 신호의 전력을 결정하여 곡선 1310과 같은 관계를 확인하고, 조합 신호의 전력을 최대화하는 위상 값(즉, 최적 위상 값)을 결정할 수 있다. 이하, 캘리브레이션 장치가 각각의 체인들 1 내지 7의 가능한 모든 위상 값들에 대해 조합 신호의 전력을 결정하여 최적 위상 값을 결정하는 방법은 제1 방법으로 지칭된다. 제1 방법에 의해 결정된 각 RF 체인에 대한 최적 위상 값은, 각각의 곡선들 1310 내지 1370에서 최대 전력에 대응하는 위상 값과 동일할 수 있다.

[155] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치는 각각의 체인들 1 내지 7의 가능한 모든 위상 값들 중 일부 위상 값들에 기반하여 최적 위상 값을 결정할 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션 장치는 체인 1로부터 송신되는 테스트 신호의 초기 위상과 기준 위상간 위상 차를 결정하기 위한 위상 값과, 위상 차의 위상 상태를 결정하기 위한 위상 값에 기반하여 체인 1에 설정되어야 할 최적 위상 값을 결정할 수 있다. 이하, 캘리브레이션 장치가 각각의 체인들 1 내지 7의 가능한 모든 위상 값들 중 일부 위상 값들에 기반하여 최적 위상 값을 결정하는 방법은 제2 방법으로 지칭된다.

[156] 제1 방법에 의해 결정된 각 RF 체인에 대한 최적 위상 값과, 제2 방법에 의해 결정된 각 RF 체인에 대한 최적 위상 값은 하기의 <표 1>과 같다.

[157] 【표 1】

	각 RF 체인에 결정된 최적 위상 값								캘리브레이션 시간
	체인0	체인1	체인2	체인3	체인4	체인5	체인6	체인7	
제1 방법	0	2	1	5	18	17	12	17	480초
제2 방법	0	1	1	4	17	17	12	18	30초

[158] <표 1>을 참고하면, 제1 방법에 의해 결정된 각 RF 체인에 대한 최적 위상 값과, 제2 방법에 의해 결정된 각 RF 체인에 대한 최적 위상 값은 거의 동일하다. 그러나, 제2 방법에 대응하는 캘리브레이션 과정에 소요된 캘리브레이션 시간은 제1 방법에 대응하는 캘리브레이션 과정에 소요된 캘리브레이션 시간보다 훨씬 적다. 따라서, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 캘리브레이션 장치는 제2 방법과 같이 기준 위상과 테스트 신호의 초기 위상간 위상 차와, 위상 차의 위상 상태에 기반하여 대상 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 수행함으로써, 캘리브레이션에 소요되는 시간을 줄일 수 있고, 위상 배열 안테나의 대량 생산에 기여할 수 있다.

[159] 캘리브레이션 장치는 위상 배열 안테나를 캘리브레이션 하기 위해 도 2의 캘리브레이션 장치 200과 같은 구성을 가질 수 있으나, 캘리브레이션 장치의

구성에 다양한 변형이 가능하다. 이하 도 14a 내지 도 14f에서 이러한 캘리브레이션 장치의 변형이 설명된다.

[160] 도 14a 내지 14f는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 캘리브레이션 장치의 변형들을 도시한다. 이하 사용되는 '~부', '~기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 도 14a 내지 14f를 참고하면, 캘리브레이션 장치는 캘리브레이션 장치들 1410 내지 1460 중 하나의 구성을 가질 수 있다.

[161] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치 1410은 도 14a와 같이 제어부 1410-1, 송신기 1410-3, 수신기 1410-5 및 기준 안테나 1410-7을 포함할 수 있다. 여기에서, 제어부 1410-1, 송신기 1410-3, 수신기 1410-5 및 기준 안테나 1410-7은 위상 배열 안테나(예: 위상 배열 안테나 100)를 이용하여 무선 통신을 수행하는 장치(이하, 무선 통신 장치로 지칭된다)의 구성 요소(element)들일 수 있다. 다시 말해서, 캘리브레이션 장치 1410은 무선 통신 장치와 별도로 구현되지 않고, 무선 통신 장치 내부에서 구현될 수 있다. 이 경우, 무선 통신 장치는 이미 캘리브레이션이 수행된 위상 배열 안테나에 대해 필요한 경우(예: 무선 통신 장치의 내부 회로의 온도가 변화한 경우) 추가 캘리브레이션을 수행할 수 있다.

[162] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 장치는 전자 장치(electronic device), 단말(terminal), '사용자 장비(user equipment, UE)', '이동국(mobile station)', '가입자국(subscriber station)', '원격 단말(remote terminal)', '무선 단말(wireless terminal)', '사용자 장치(user device)', '기지국(base station)', '액세스 포인트(access point, AP)', '이노드비(eNodeB, eNB)', '5G 노드(5th generation node)', '무선 포인트(wireless point)', '송수신 포인트(transmission/reception point, TRP)' 또는 이와 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[163] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치 1420은 도 14b와 같이 제어부 1420-1, 송신기 1420-3, 수신기 1420-5 및 기준 안테나 1420-7을 포함할 수 있다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치 1420은 위상 배열 안테나의 각 RF 체인이 신호를 송신하도록 제어하는 대신, 위상 배열 안테나의 각 RF 체인이 신호를 수신하도록 제어하여, 각 RF 체인에 대한 캘리브레이션을 수행할 수 있다. 예를 들어, 캘리브레이션 장치 1420의 제어부 1420-1은 송신기 1420-3이 기준 안테나 1420-7을 통해 캘리브레이션 신호를 송신하도록 제어하고, 수신기 1420-5가 위상 배열 안테나 100을 통해 신호를 수신하도록 제어할 수 있다. 보다 상세하게, 캘리브레이션 장치 1420은 각각의 기준 RF 체인 및 대상 RF 체인이 캘리브레이션 신호를 수신하도록 제어하여, 기준 RF 체인에 의해 수신된 캘리브레이션 신호의 초기 위상과 대상 RF 체인에 의해 수신된 캘리브레이션 신호의 초기 위상간 위상 차를 결정할 수 있다. 또한, 캘리브레이션 장치 1420은 대상 RF 체인에 설정된 위상 값을

변경하고, 각각의 기준 RF 체인 및 대상 RF 체인이 캘리브레이션 신호를 수신하도록 제어하여, 위상 차에 대한 위상 상태를 결정할 수 있다. 캘리브레이션 장치 1420은 위상 차 및 위상 상태에 기반하여, 대상 RF 체인을 캘리브레이션 할 수 있다.

[164] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치 1430은 도 14c와 같이 제어부 1430-1, 송신기 1430-3 및 수신기 1430-5를 포함할 수 있다. 캘리브레이션 장치 1430은 캘리브레이션을 위해 적어도 하나의 RF 체인으로부터 방사된 신호를 수신하는 대신, 위상 변환기에 의해 위상 변환된 신호를 커플링(coupling) 회로를 통해 직접 수신하도록 커플링 회로를 포함할 수 있다. 예를 들어, 도 14c에 도시된 것과 같이, 커플링 회로는 각 RF 체인에 포함된 전력 증폭기의 출력단과, 수신기 1430-5를 연결하도록 구성될 수 있다.

[165] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치 1440은 도 14d와 같이 제어부 1440-1, 수신기 1440-3, 송신기 1440-5, 및 기준 안테나 1440-7을 포함할 수 있다. 도 14d에 도시된 것과 같이, 위상 배열 안테나 100의 위상 변환기는 IF 신호의 위상을 변환하도록 구성될 수 있다. 이 경우, 캘리브레이션 장치 1440의 제어부 1440-1은 위상 배열 안테나 100의 위상 변환기들을 제어하여, 송신기 1440-2로부터 송신된 캘리브레이션 신호의 위상을 IF 대역에서 변환할 수 있다.

[166] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치 1450은 도 14e와 같이 제어부 1450-1, 수신기 1450-3, 송신기 1450-5 및 기준 안테나 1450-7을 포함할 수 있다. 도 14e에 도시된 것과 같이, 위상 배열 안테나 100의 위상 변환기는 LO 신호의 위상을 변환하도록 구성될 수 있다. 이 경우, 캘리브레이션 장치 1450의 제어부 1450-1은 위상 배열 안테나 100의 위상 변환기들을 제어하여, 위상이 변환된 LO 신호들을 각 RF 체인의 믹서에 제공할 수 있다. 위상이 변환된 LO 신호에 기반하여 IF 신호로부터 변환된 RF 신호는 LO 신호에 대한 위상 변화가 반영되어 있으므로, 캘리브레이션 장치 1450은 LO 신호의 위상을 변환하도록 구성된 위상 변환기들을 제어하여 결과적으로 각 RF 체인이 송신하는 신호의 위상을 변환할 수 있다.

[167] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 캘리브레이션 장치 1460은 도 14f와 같이 제어부 1460-1, 수신기 1460-3 및 기준 안테나 1460-5를 포함할 수 있다. 도 14f에 도시된 것과 같이, 위상 배열 안테나 100은 디지털-아날로그 변환기(digital to analog converter, DAC)를 포함할 수 있다. DAC는 디지털 신호에 빔포밍 가중치를 곱하여 디지털 신호에 대한 빔포밍을 수행하고, 빔포밍된 디지털 신호들을 아날로그 신호로 변환할 수 있다. 여기에서, 빔포밍 가중치들은 신호의 크기 및/또는 위상을 변경하기 위해 사용되며, '프리코딩 행렬(precoding matrix)', '프리코더(precoder)' 등으로 지칭될 수 있다. 캘리브레이션 장치 1450은 각 RF 체인과 관련된 DAC를 제어하여 캘리브레이션 신호의 위상이 각 RF 체인마다 변경되도록 하고, 결과적으로 각 RF 체인이 송신하는 신호의 위상을 변환할 수

있다.

[168] 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합의 형태로 구현될(implemented) 수 있다.

[169] 소프트웨어로 구현하는 경우, 하나 이상의 프로그램(소프트웨어 모듈)을 저장하는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체가 제공될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장되는 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치(device) 내의 하나 이상의 프로세서에 의해 실행 가능하도록 구성된다(configured for execution). 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치로 하여금 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들을 실행하게 하는 명령어(instructions)를 포함한다.

[170] 이러한 프로그램(소프트웨어 모듈, 소프트웨어)은 랜덤 액세스 메모리 (random access memory), 플래시(flash) 메모리를 포함하는 불휘발성(non-volatile) 메모리, 롬(read only memory, ROM), 전기적 삭제가능 프로그램가능 롬(electrically erasable programmable read only memory, EEPROM), 자기 디스크 저장 장치(magnetic disc storage device), 컴팩트 디스크 롬(compact disc-ROM, CD-ROM), 디지털 다목적 디스크(digital versatile discs, DVDs) 또는 다른 형태의 광학 저장 장치, 마그네틱 카세트(magnetic cassette)에 저장될 수 있다. 또는, 이들의 일부 또는 전부의 조합으로 구성된 메모리에 저장될 수 있다. 또한, 각각의 구성 메모리는 다수 개 포함될 수도 있다.

[171] 또한, 프로그램은 인터넷(Internet), 인트라넷(Intranet), LAN(local area network), WAN(wide area network), 또는 SAN(storage area network)과 같은 통신 네트워크, 또는 이들의 조합으로 구성된 통신 네트워크를 통하여 접근(access)할 수 있는 부착 가능한(attachable) 저장 장치(storage device)에 저장될 수 있다. 이러한 저장 장치는 외부 포트를 통하여 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수 있다. 또한, 통신 네트워크상의 별도의 저장장치가 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수도 있다.

[172] 상술한 본 개시의 구체적인 실시 예들에서, 개시에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다. 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 본 개시가 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.

[173] 한편 본 개시의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 개시의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 개시의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

청구범위

[청구항 1] 위상 배열 안테나의 캘리브레이션(calibration)을 위한 방법에 있어서,
제1 무선 주파수(radio frequency, RF) 체인이 제1 위상으로 제1 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 제1 위상과 기준 위상간 위상 차를 결정하는 과정과,
상기 제1 RF 체인이 제2 위상으로 제2 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 위상 차의 위상 상태를 결정하는 과정과,
상기 위상 차 및 상기 위상 상태에 기반하여, 상기 제1 RF 체인을 캘리브레이션 하는 과정을 포함하고,
상기 기준 위상은, 기준 RF 체인으로부터 송신되는 기준 신호의 위상인 방법.

[청구항 2] 청구항 1에 있어서, 상기 위상 차를 결정하는 과정은,
상기 기준 신호의 전력을 결정하는 과정과,
상기 제1 신호의 전력을 결정하는 과정과,
상기 기준 신호 및 상기 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력을 측정하는 과정과,
상기 기준 신호의 전력, 상기 제1 신호의 전력 및 상기 조합 신호에 대한 전력에 기반하여, 상기 위상 차를 결정하는 과정을 포함하는 방법.

[청구항 3] 청구항 1에 있어서, 상기 위상 상태를 결정하는 과정은,
상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력을 결정하는 과정과,
상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력이 상기 기준 신호 및 상기 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력보다 클 경우, 상기 기준 위상이 상기 제1 위상보다 지연(lag)되는 것으로 상기 위상 상태를 결정하는 과정과,
상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력이 상기 기준 신호 및 상기 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력보다 작을 경우, 상기 기준 위상이 상기 제1 위상을 앞서는(lead) 것으로 상기 위상 상태를 결정하는 과정을 포함하고,
상기 제2 위상은, 상기 제1 위상에서 상기 위상 차를 뺀 결과인 방법.

[청구항 4] 청구항 1에 있어서, 상기 위상 상태를 결정하는 과정은,
상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력을 결정하는 과정과,
상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력이 상기

기준 신호 및 상기 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력보다 클 경우, 상기 기준 위상이 상기 제1 위상을 앞서는(lead) 것으로 상기 위상 상태를 결정하는 과정과,
상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력이 상기 기준 신호 및 상기 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력보다 작을 경우, 상기 기준 위상이 상기 제1 위상보다 지연되는(lag) 것으로 상기 위상 상태를 결정하는 과정을 포함하고,
상기 제2 위상은, 상기 제1 위상에 상기 위상 차를 더한 결과인 방법.

[청구항 5] 청구항 1에 있어서, 상기 제1 RF 체인을 캘리브레이션 하는 과정은,
상기 제1 RF 체인이 송신하는 신호의 초기 위상과 상기 기준 위상이 동일해 지도록 상기 제1 RF 체인의 최적 위상 값을 결정하는 과정을 포함하는 방법.

[청구항 6] 위상 배열 안테나의 캘리브레이션(calibration)을 위한 장치에 있어서,
제1 무선 주파수(radio frequency, RF) 체인이 제1 위상으로 제1 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 제1 위상과 기준 위상간 위상 차를 결정하고, 상기 제1 RF 체인이 제2 위상으로 제2 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 위상 차의 위상 상태를 결정하고, 상기 위상 차 및 상기 위상 상태에 기반하여, 상기 제1 RF 체인을 캘리브레이션 하는 제어부를 포함하고,
상기 기준 위상은, 기준 RF 체인으로부터 송신되는 기준 신호의 위상인 장치.

[청구항 7] 청구항 6에 있어서, 상기 제어부는, 상기 위상 차를 결정하기 위해, 상기 기준 신호의 전력을 결정하고, 상기 제1 신호의 전력을 결정하고, 상기 기준 신호 및 상기 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력을 측정하고, 상기 기준 신호의 전력, 상기 제1 신호의 전력 및 상기 조합 신호에 대한 전력에 기반하여, 상기 위상 차를 결정하는 장치.

[청구항 8] 청구항 6에 있어서, 상기 제어부는, 상기 위상 상태를 결정하기 위해, 상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력을 결정하고, 상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력이 상기 기준 신호 및 상기 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력보다 클 경우, 상기 기준 위상이 상기 제1 위상보다 지연(lag)되는 것으로 상기 위상 상태를 결정하고, 상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력이 상기 기준 신호 및 상기 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력보다 작을 경우, 상기 기준

위상이 상기 제1 위상을 앞서는(lead) 것으로 상기 위상 상태를 결정하고,
상기 제2 위상은, 상기 제1 위상에서 상기 위상 차를 뺀 결과인 장치.

[청구항 9] 청구항 6에 있어서, 상기 제어부는, 상기 위상 상태를 결정하기 위해, 상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력을 결정하고, 상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력이 상기 기준 신호 및 상기 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력보다 클 경우, 상기 기준 위상이 상기 제1 위상을 앞서는(lead) 것으로 상기 위상 상태를 결정하고, 상기 기준 신호 및 상기 제2 신호의 조합 신호에 대한 전력이 상기 기준 신호 및 상기 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력보다 작을 경우, 상기 기준 위상이 상기 제1 위상보다 지연되는(lag) 것으로 상기 위상 상태를 결정하고,
상기 제2 위상은, 상기 제1 위상에 상기 위상 차를 더한 결과인 장치.

[청구항 10] 청구항 6에 있어서, 상기 제어부는, 상기 위상 상태를 결정하기 위해, 상기 기준 위상에서 상기 제1 위상을 뺀 결과에 대한 사인 값을 결정하고, 상기 사인 값이 양수일 경우, 상기 기준 위상이 상기 제1 위상을 앞서는(lead) 것으로 상기 위상 상태를 결정하고, 상기 사인 값이 음수일 경우, 상기 기준 위상이 상기 제1 위상보다 지연되는(lag) 것으로 상기 위상 상태를 결정하고,
상기 제2 위상은, 상기 제1 위상에 직각에 대응하는 위상을 더한 결과인 장치.

[청구항 11] 청구항 6에 있어서, 상기 제어부는, 상기 제1 RF 체인을 캘리브레이션 하기 위해, 상기 제1 RF 체인이 송신하는 신호의 초기 위상과 상기 기준 위상이 동일해 지도록 상기 제1 RF 체인의 최적 위상 값을 결정하는 장치.

[청구항 12] 제11항에 있어서, 상기 제어부는, 상기 최적 위상 값을 결정하기 위해, 상기 위상 상태에 기반하여, 상기 제1 위상에서 상기 위상 차를 더하거나 뺀 결과를 결정하고,
상기 최적 위상 값은, 상기 결과에 대응하는 위상 값으로 설정되는 장치.

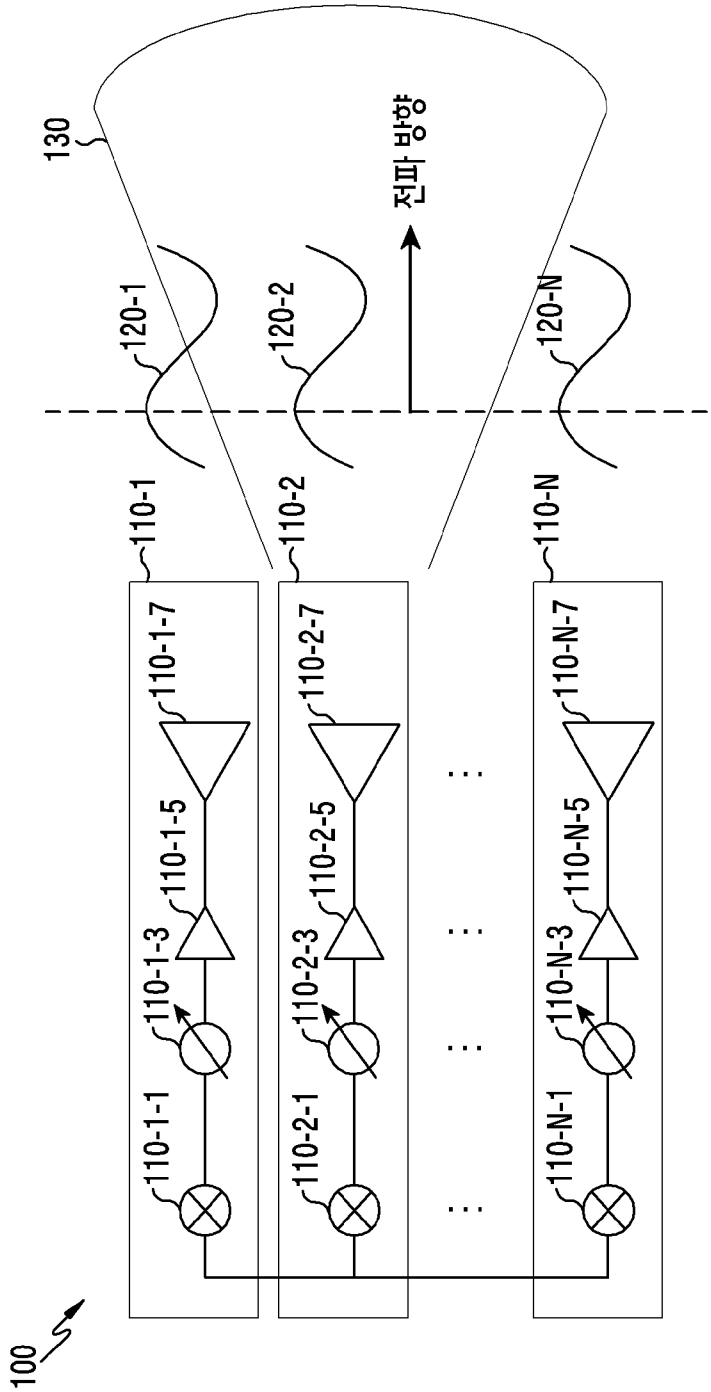
[청구항 13] 청구항 11에 있어서, 상기 제어부는, 상기 최적 위상 값으로부터 기설정된 범위 이내의 적어도 하나의 위상 값들을 결정하고, 상기 제1 RF 체인이 상기 적어도 하나의 위상 값들 각각에 대응하는 위상으로 제3 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 기준 신호 및 상기 제3 신호의 조합 신호에 대한 전력을 결정하고, 상기 조합

신호에 대한 전력에 기반하여, 상기 최적 위상 값을 갱신하는 장치.

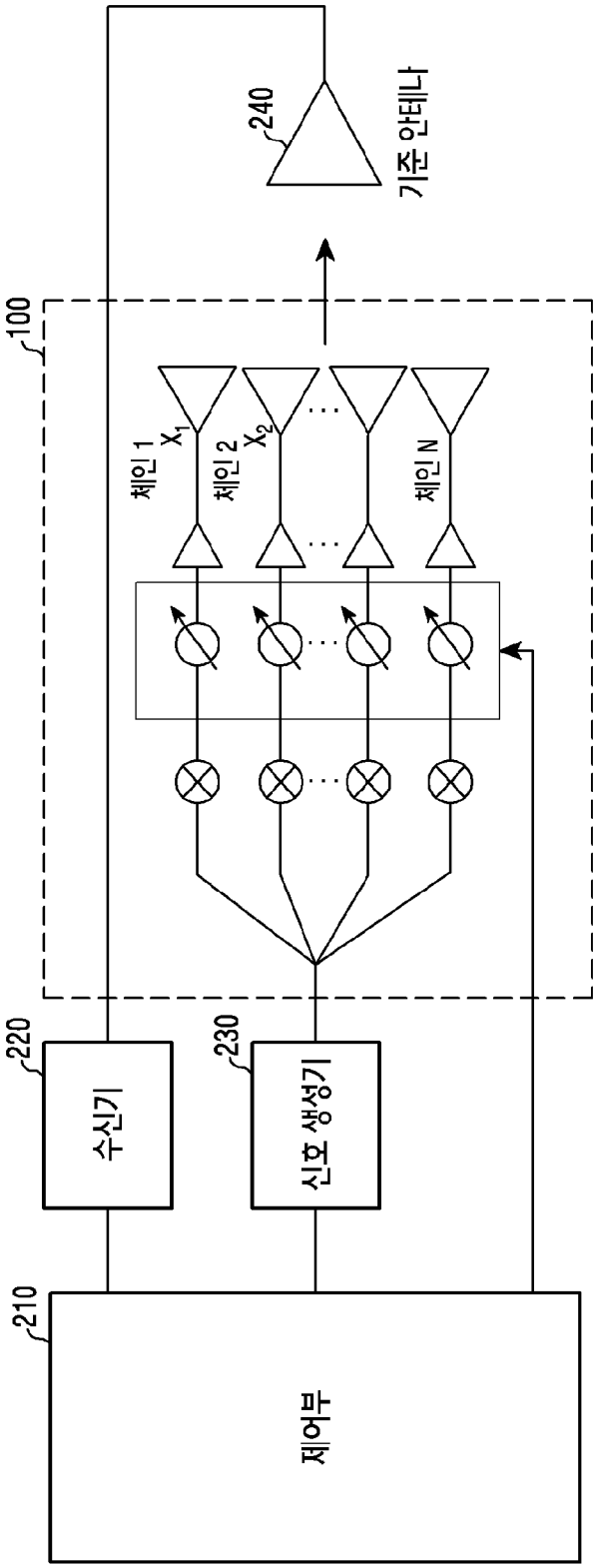
[청구항 14] 청구항 11에 있어서, 상기 제어부는, 상기 최적 위상 값에 대한 반대 위상 값을 결정하고, 상기 반대 위상 값으로부터 기 설정된 범위 이내의 적어도 하나의 위상 값들을 결정하고, 상기 제1 RF 체인이 상기 적어도 하나의 위상 값들 각각에 대응하는 위상으로 제3 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 기준 신호 및 상기 제3 신호의 조합 신호에 대한 전력을 결정하고, 상기 조합 신호에 대한 전력에 기반하여, 상기 최적 위상 값을 갱신하는 장치.

[청구항 15] 청구항 11에 있어서, 상기 제어부는, 제3 RF 체인이 제3 위상으로 제3 신호를 송신하도록 제어하여, 상기 제3 위상과 상기 최적 위상 값에 대응하는 위상간 위상 차를 결정하고, 상기 제3 위상과 상기 최적 위상 값에 대응하는 위상간 위상 차에 기반하여, 상기 제3 RF 체인을 캘리브레이션 하는 장치.

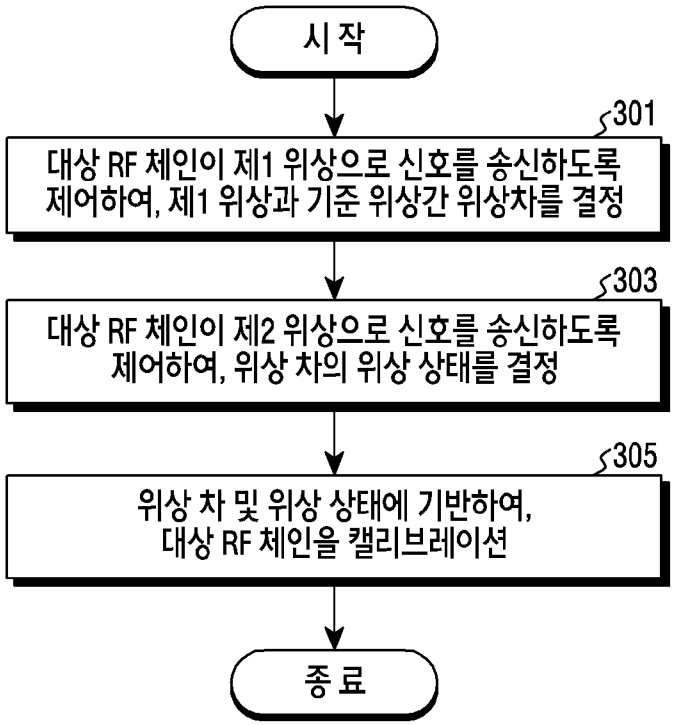
[Fig. 1]


130
전파 방향
120-1
120-2
120-N
110-1
110-2
110-N
110-1-7
110-2-7
110-N-7
110-1-5
110-2-5
110-N-5
110-1-3
110-2-3
110-N-3
110-1-1
110-2-1
110-N-1
100

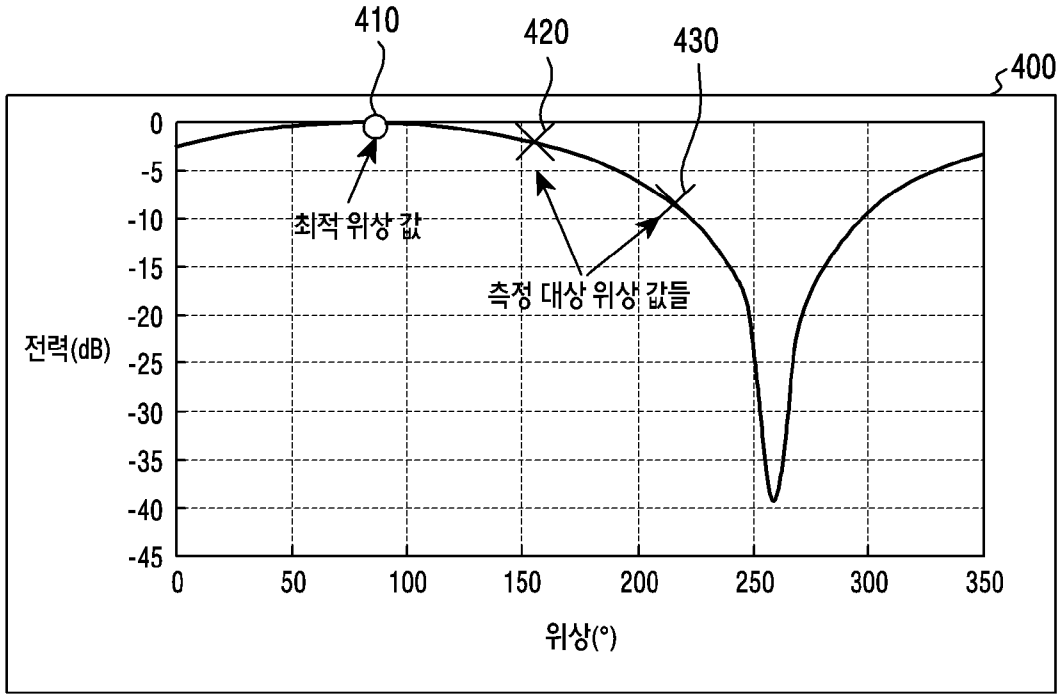
[Fig. 2]



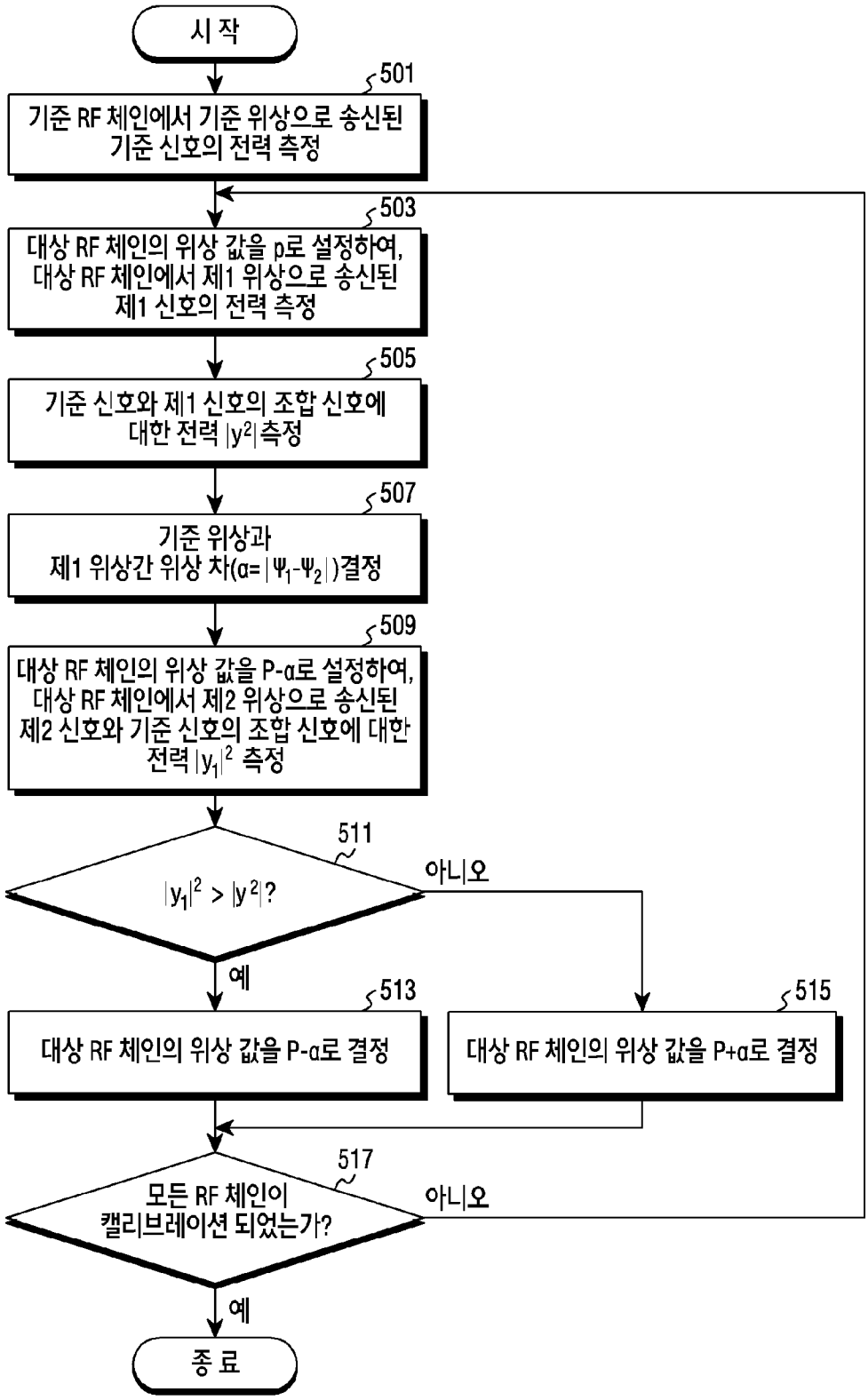
[Fig. 3]


시 작
301
대상 RF 체인이 제1 위상으로 신호를 송신하도록 제어하여, 제1 위상과 기준 위상간 위상차를 결정
303
대상 RF 체인이 제2 위상으로 신호를 송신하도록 제어하여, 위상 차의 위상 상태를 결정
305
위상 차 및 위상 상태에 기반하여, 대상 RF 체인을 캘리브레이션
종 료

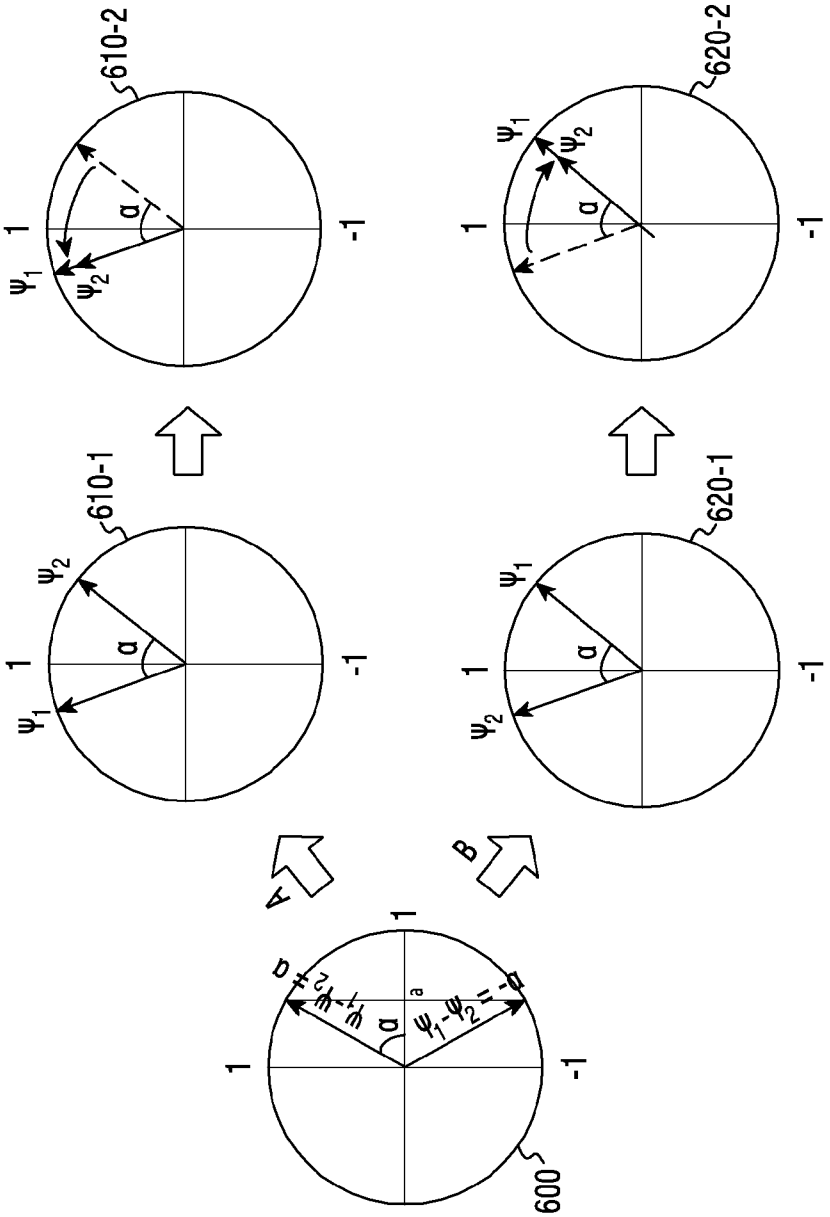
[Fig. 4]


410
420
430
400
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
전력(dB)
최적 위상 값
측정 대상 위상 값들
0
50
100
150
200
250
300
350
위상(°)

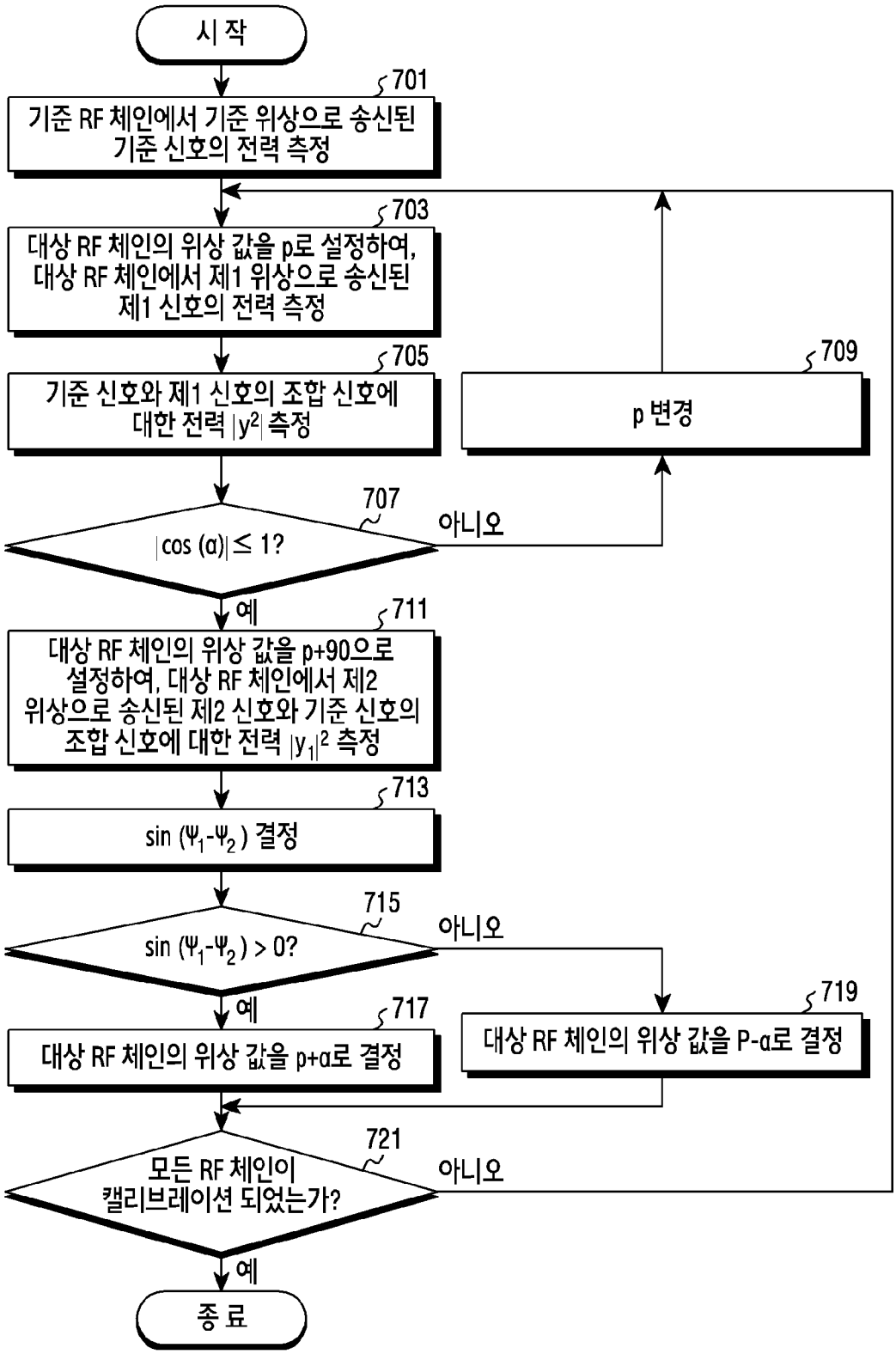
[Fig. 5]


시 작
501
기준 RF 체인에서 기준 위상으로 송신된 기준 신호의 전력 측정
503
대상 RF 체인의 위상 값을 p로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제1 위상으로 송신된 제1 신호의 전력 측정
505
기준 신호와 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력 |y2|측정
507
기준 위상과 제1 위상간 위상 차(α=|Ψ1-Ψ2|)결정
509
대상 RF 체인의 위상 값을 P-α로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제2 위상으로 송신된 제2 신호와 기준 신호의 조합 신호에 대한 전력 |y1|2 측정
511
|y1|2 > |y2|?
아니오
예
513
대상 RF 체인의 위상 값을 P-α로 결정
515
대상 RF 체인의 위상 값을 P+α로 결정
517
모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는가?
아니오
예
종 료

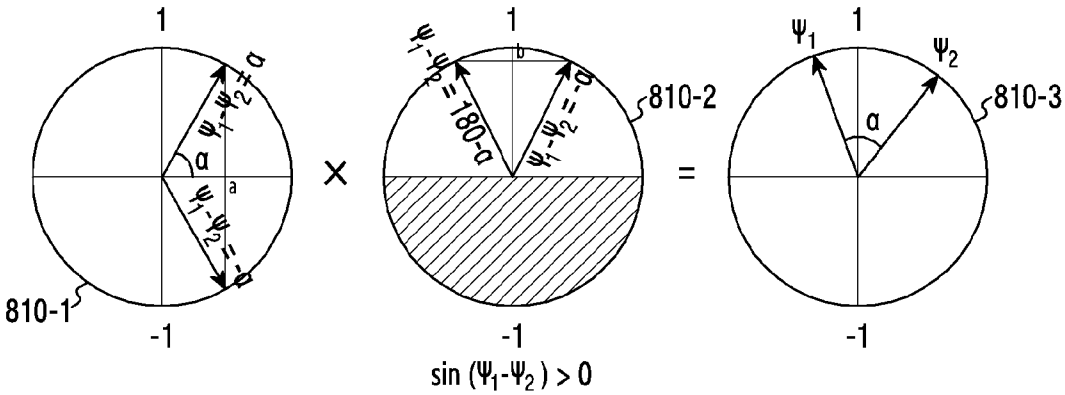
[Fig. 6]

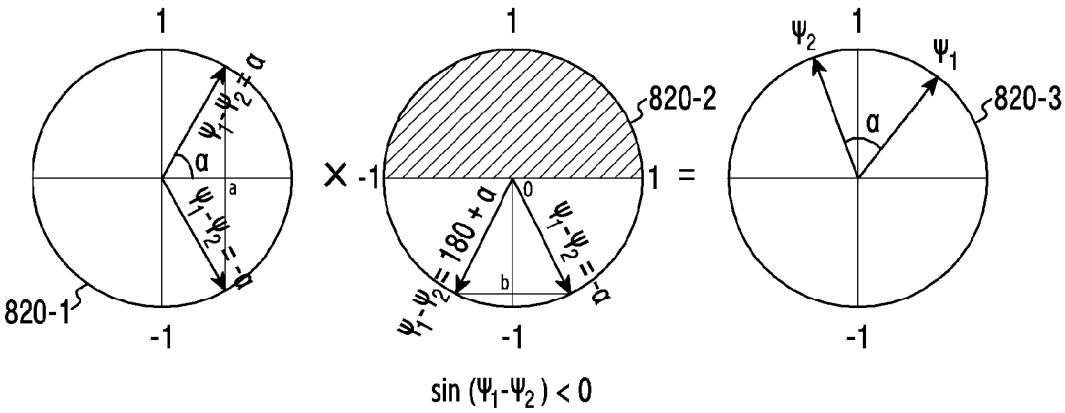


[Fig. 7]

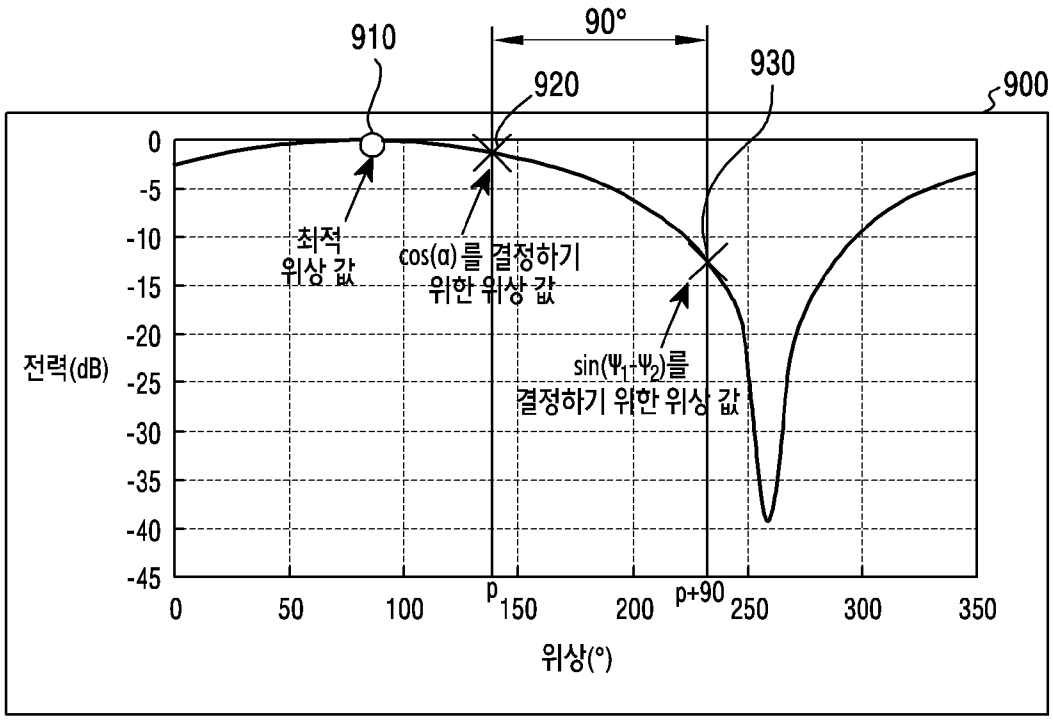

시 작
701
기준 RF 체인에서 기준 위상으로 송신된 기준 신호의 전력 측정
703
대상 RF 체인의 위상 값을 p로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제1 위상으로 송신된 제1 신호의 전력 측정
705
기준 신호와 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력 $|y^2|$ 측정
709
p 변경
707
$|\cos(\alpha)| \leq 1$?
아니오
예
711
대상 RF 체인의 위상 값을 p+90으로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제2 위상으로 송신된 제2 신호와 기준 신호의 조합 신호에 대한 전력 $|y_1|^2$ 측정
713
$\sin(\Psi_1-\Psi_2)$ 결정
715
$\sin(\Psi_1-\Psi_2) > 0$?
아니오
예
717
대상 RF 체인의 위상 값을 p+α로 결정
719
대상 RF 체인의 위상 값을 P-α로 결정
721
모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는가?
아니오
예
종 료

[Fig. 8]

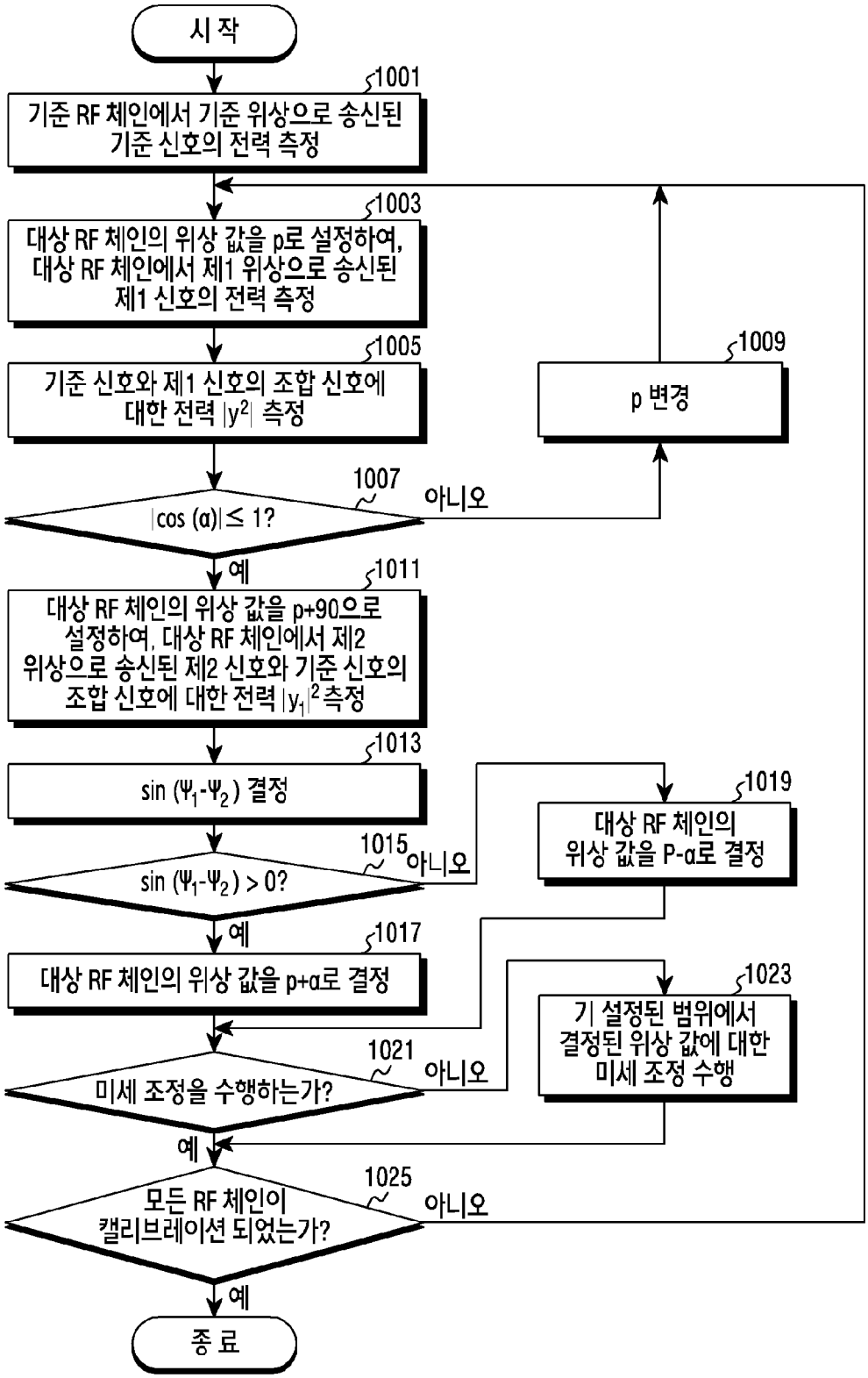

1
α
a
$\Psi_1-\Psi_2=\alpha$
$\Psi_1-\Psi_2=-\alpha$
810-1
-1
×
1
b
$\Psi_1-\Psi_2=180-\alpha$
$\Psi_1-\Psi_2=-\alpha$
810-2
-1
=
Ψ_1
Ψ_2
α
810-3
-1
$\sin(\Psi_1-\Psi_2)>0$


1
α
a
$\Psi_1-\Psi_2=\alpha$
$\Psi_1-\Psi_2=-\alpha$
820-1
-1
×
-1
1
0
b
$\Psi_1-\Psi_2=180+\alpha$
$\Psi_1-\Psi_2=-\alpha$
820-2
-1
=
Ψ_2
Ψ_1
α
820-3
-1
$\sin(\Psi_1-\Psi_2)<0$

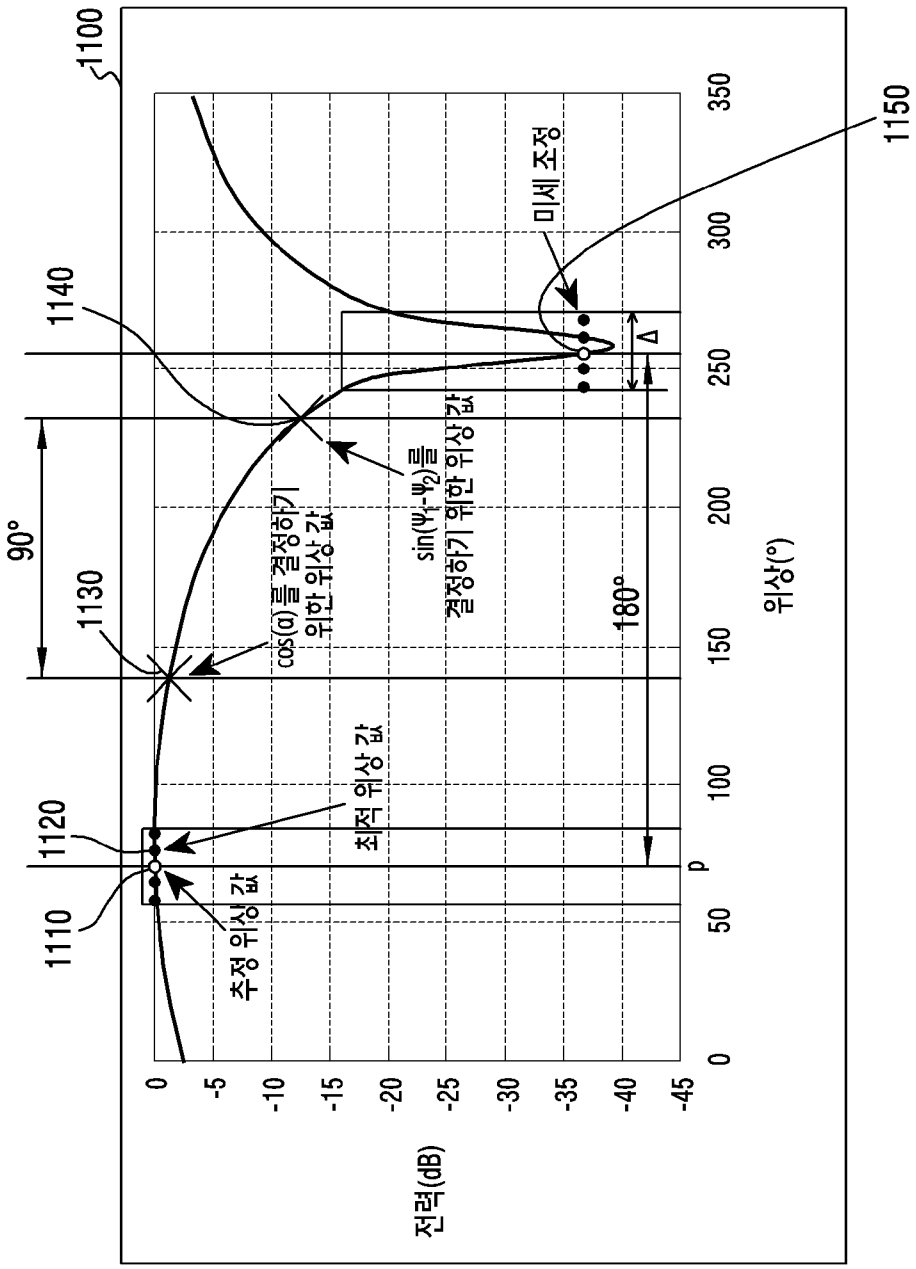
[Fig. 9]


910
90°
920
930
900
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
전력(dB)
최적
위상 값
cos(α)를 결정하기
위한 위상 값
sin(Ψ1-Ψ2)를
결정하기 위한 위상 값
0
50
100
p
150
200
p+90
250
300
350
위상(°)

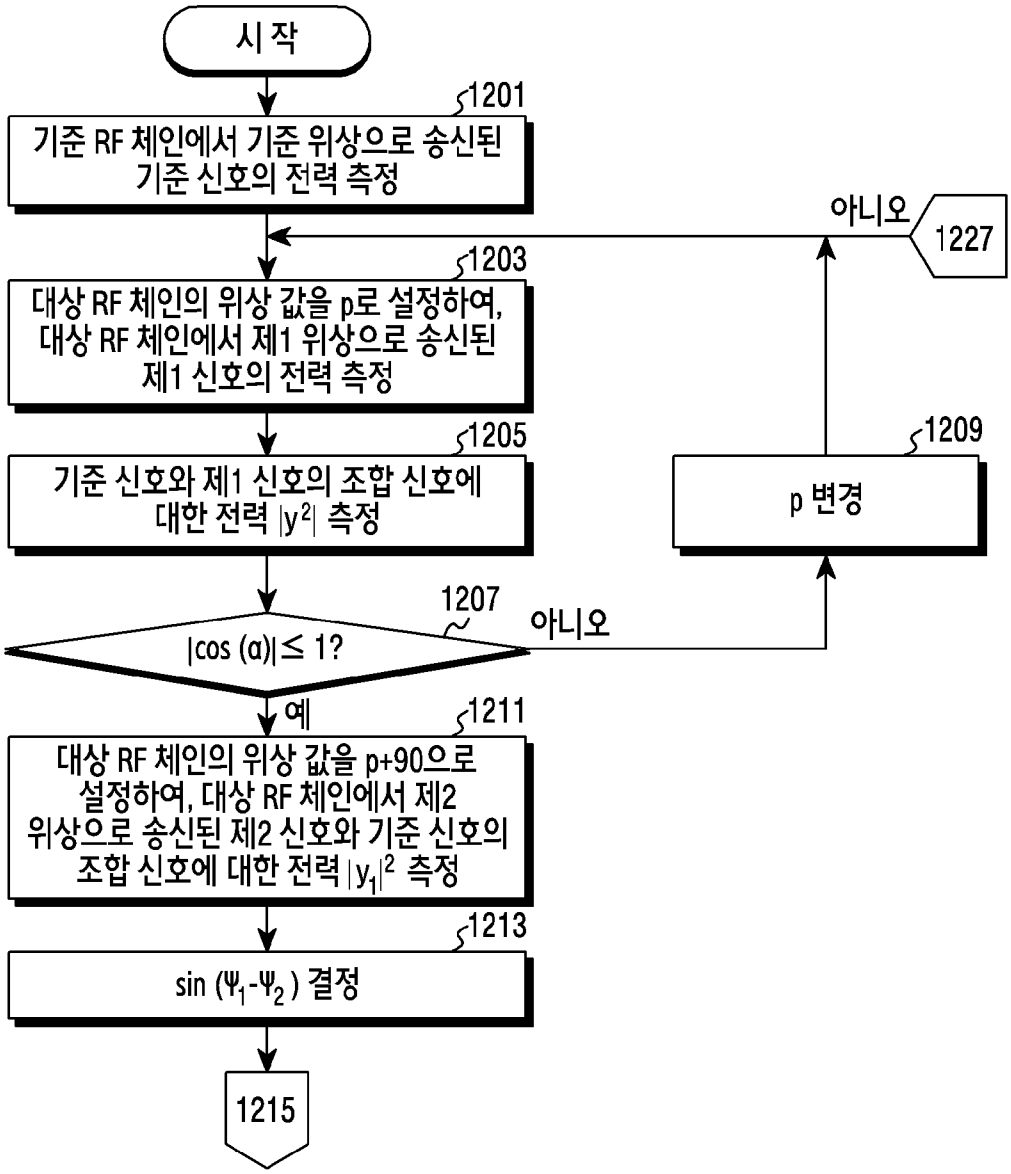
[Fig. 10]


시 작
1001
기준 RF 체인에서 기준 위상으로 송신된 기준 신호의 전력 측정
1003
대상 RF 체인의 위상 값을 p로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제1 위상으로 송신된 제1 신호의 전력 측정
1005
기준 신호와 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력 |y²| 측정
1007
|cos (α)| ≤ 1?
아니오
예
1009
p 변경
1011
대상 RF 체인의 위상 값을 p+90으로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제2 위상으로 송신된 제2 신호와 기준 신호의 조합 신호에 대한 전력 |y1|² 측정
1013
sin (Ψ1-Ψ2) 결정
1015
sin (Ψ1-Ψ2) > 0?
아니오
예
1017
대상 RF 체인의 위상 값을 p+α로 결정
1019
대상 RF 체인의 위상 값을 P-α로 결정
1021
미세 조정을 수행하는가?
아니오
예
1023
기 설정된 범위에서 결정된 위상 값에 대한 미세 조정 수행
1025
모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는가?
아니오
예
종 료

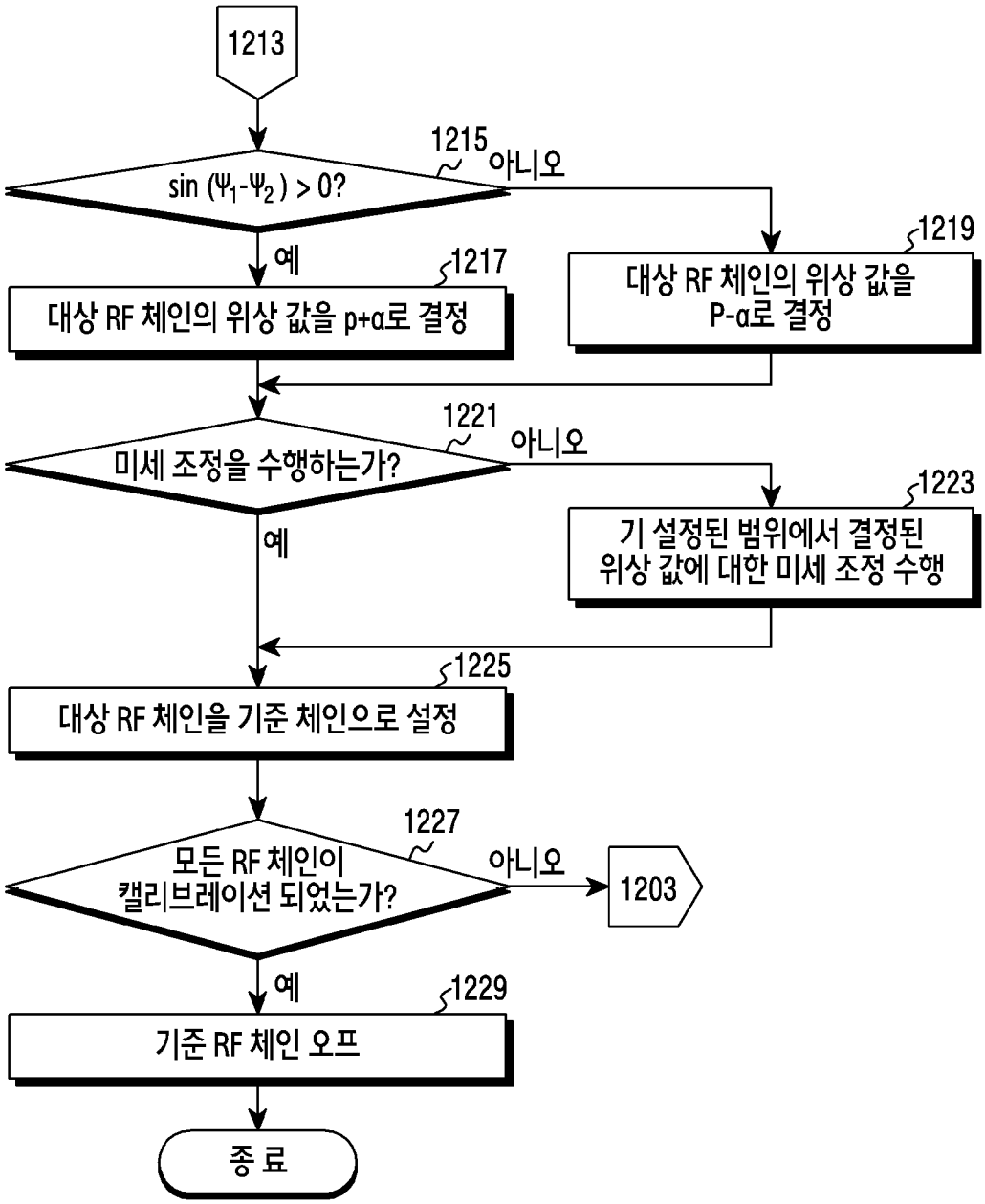
[Fig. 11]


1100
1150
1140
1130
1120
1110
90°
180°
Δ
미세 조정
cos(α)를 결정하기 위한 위상 값
sin(Ψ1-Ψ2)를 결정하기 위한 위상 값
최적 위상 값
추정 위상 값
위상(°)
전력(dB)
0
-5
-10
-15
-20
-25
-30
-35
-40
-45
0
50
100
150
200
250
300
350
p

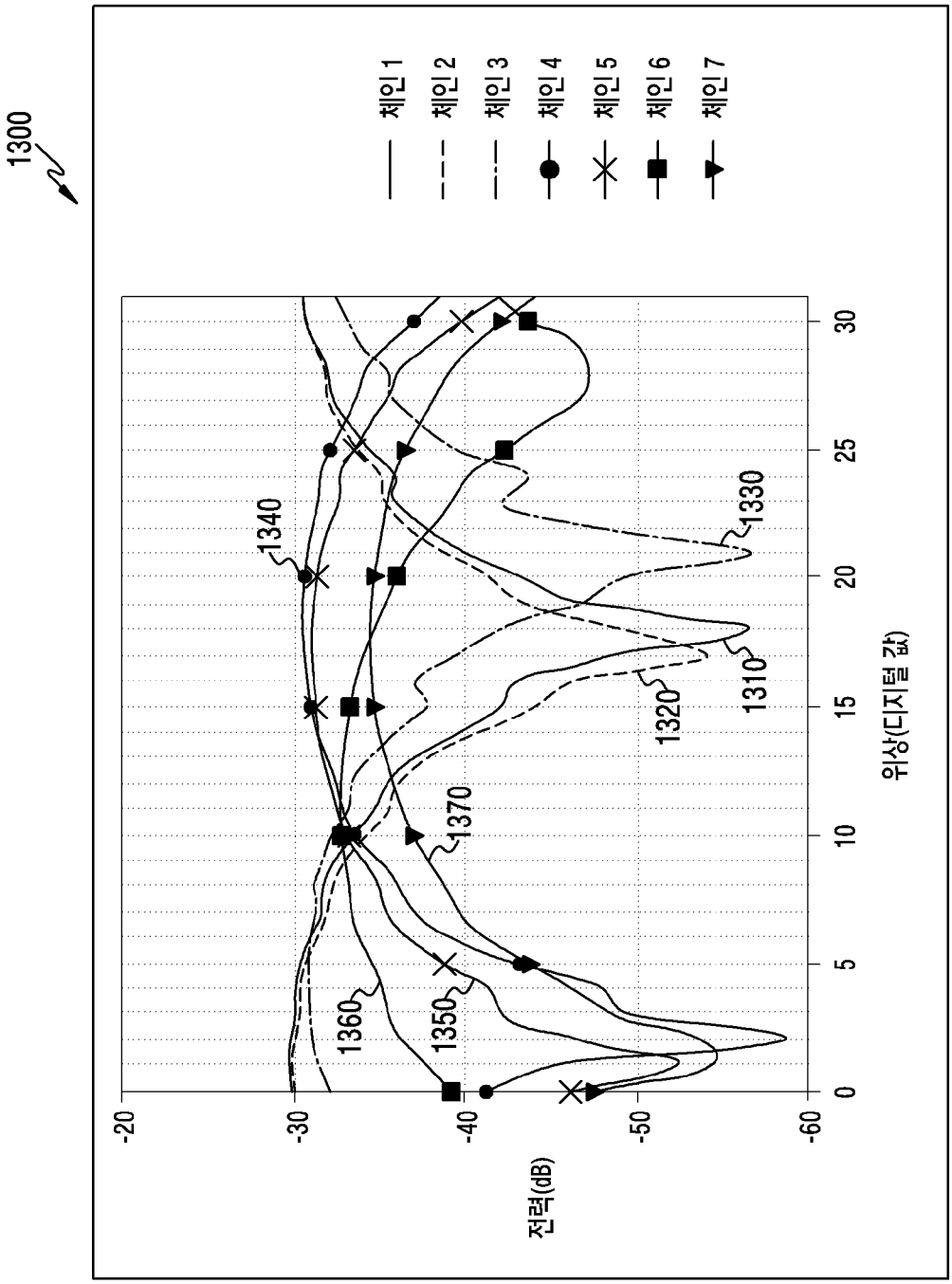
[Fig. 12a]


시작
1201
기준 RF 체인에서 기준 위상으로 송신된 기준 신호의 전력 측정
아니오
1227
1203
대상 RF 체인의 위상 값을 p로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제1 위상으로 송신된 제1 신호의 전력 측정
1205
기준 신호와 제1 신호의 조합 신호에 대한 전력 $|y^2|$ 측정
1209
p 변경
1207
$|\cos(\alpha)| \leq 1$?
아니오
예
1211
대상 RF 체인의 위상 값을 p+90으로 설정하여, 대상 RF 체인에서 제2 위상으로 송신된 제2 신호와 기준 신호의 조합 신호에 대한 전력 $|y_1|^2$ 측정
1213
$\sin(\Psi_1-\Psi_2)$ 결정
1215

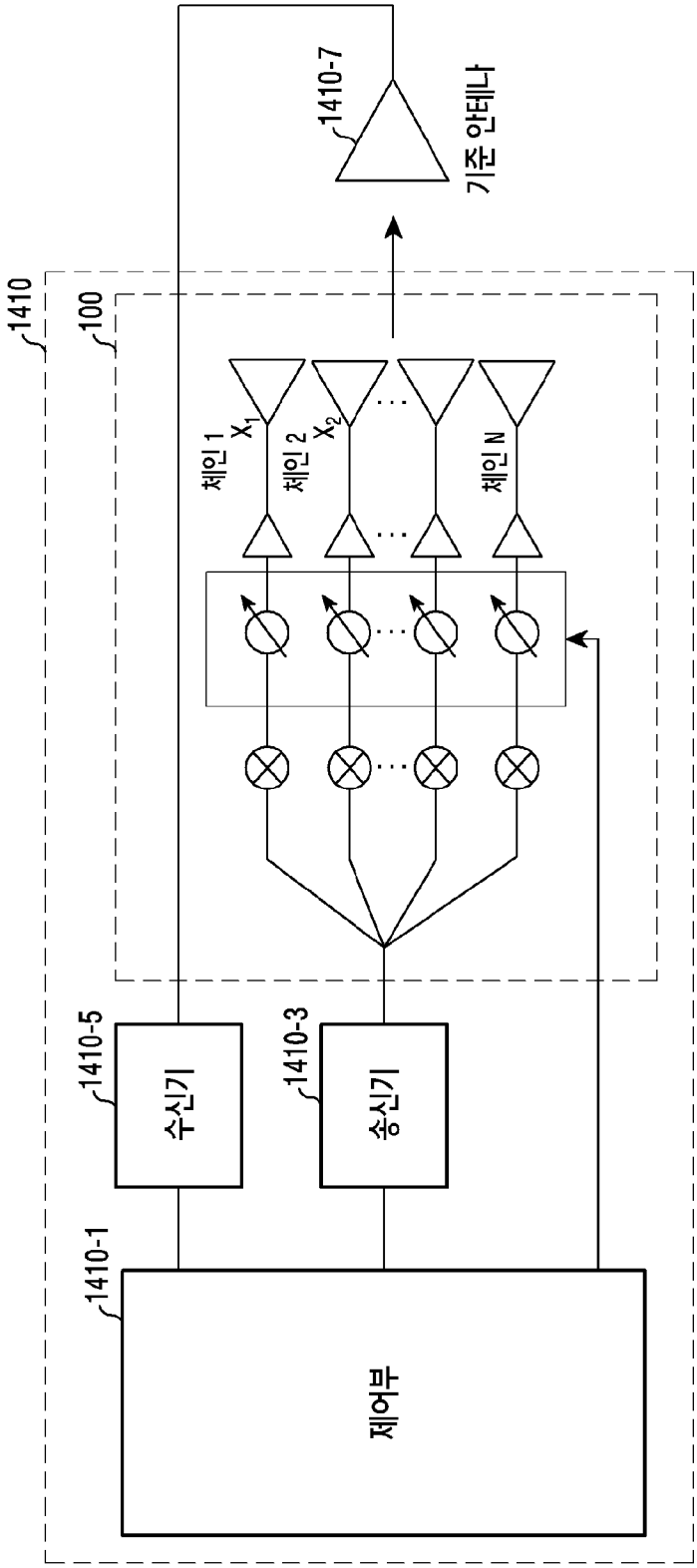
[Fig. 12b]


1213
1215
sin (Ψ1-Ψ2) > 0?
아니오
예
1217
대상 RF 체인의 위상 값을 p+α로 결정
1219
대상 RF 체인의 위상 값을 P-α로 결정
1221
미세 조정을 수행하는가?
아니오
예
1223
기 설정된 범위에서 결정된 위상 값에 대한 미세 조정 수행
1225
대상 RF 체인을 기준 체인으로 설정
1227
모든 RF 체인이 캘리브레이션 되었는가?
아니오
1203
예
1229
기준 RF 체인 오프
종 료

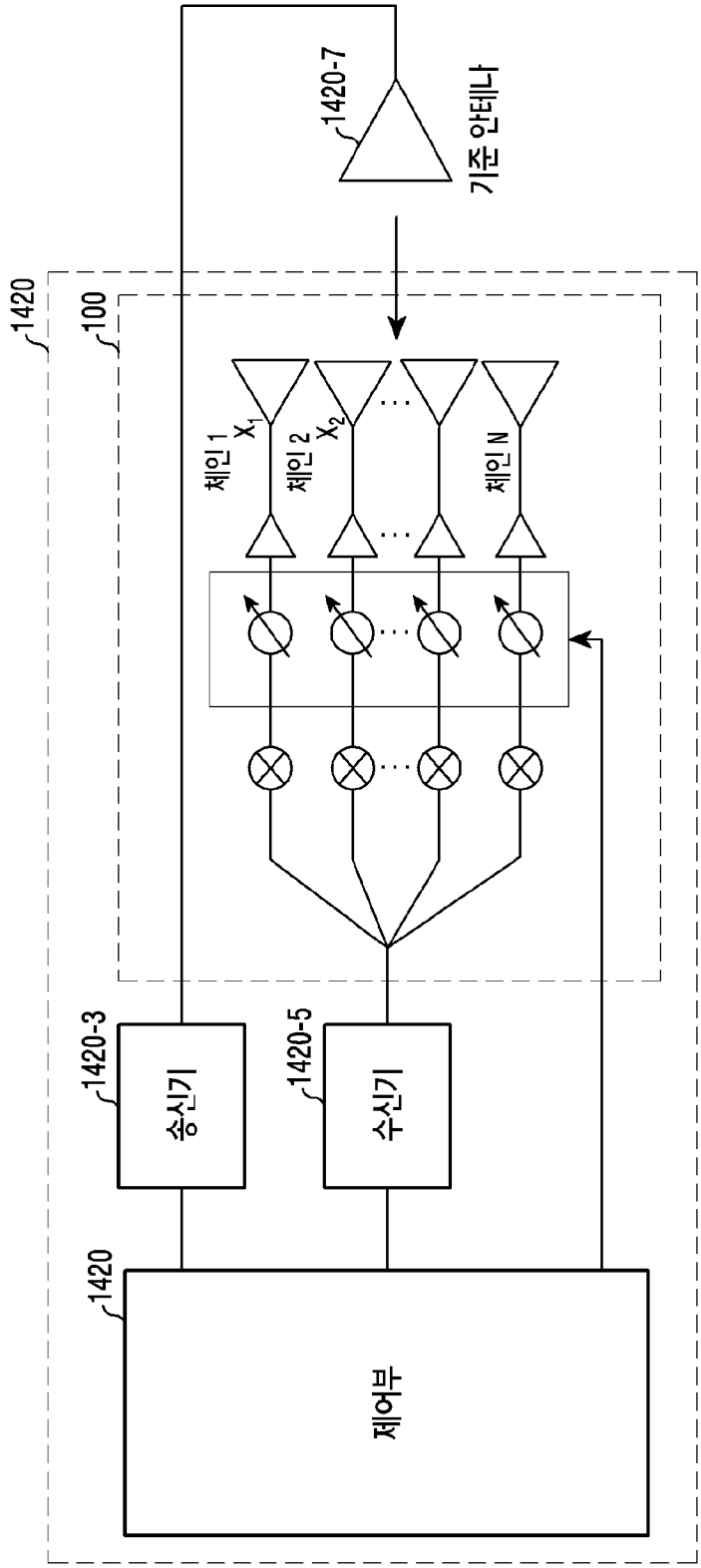
[Fig. 13]


1300
체인 1
체인 2
체인 3
체인 4
체인 5
체인 6
체인 7
1340
1330
1310
1320
1370
1360
1350
-20
-30
-40
-50
-60
전력(dB)
0
5
10
15
20
25
30
위상(디지털 값)

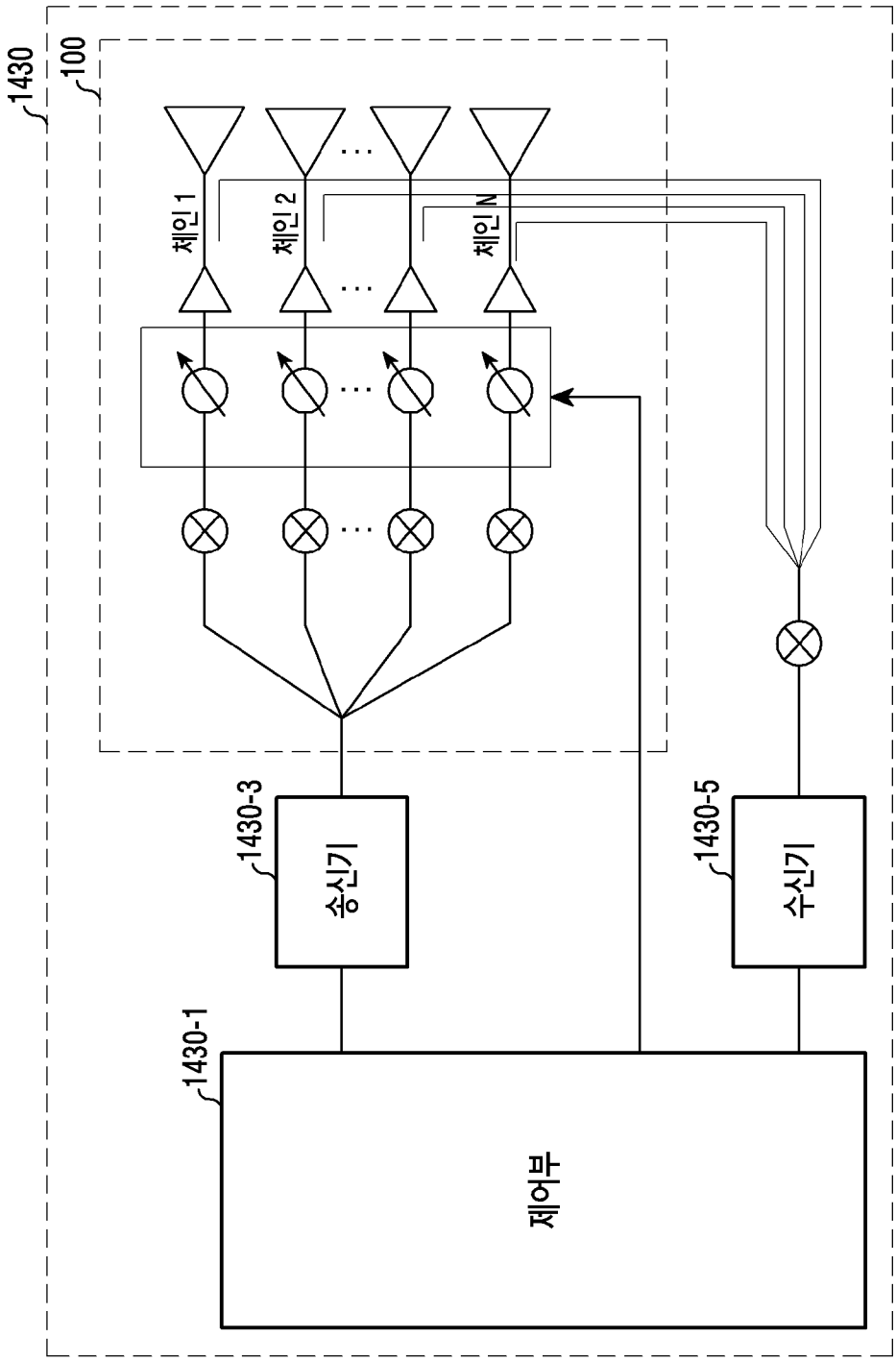
[Fig. 14a]


1410
100
1410-7
기준 안테나
체인 1
체인 2
체인 N
X_1
X_2
1410-5
수신기
1410-3
송신기
1410-1
제어부

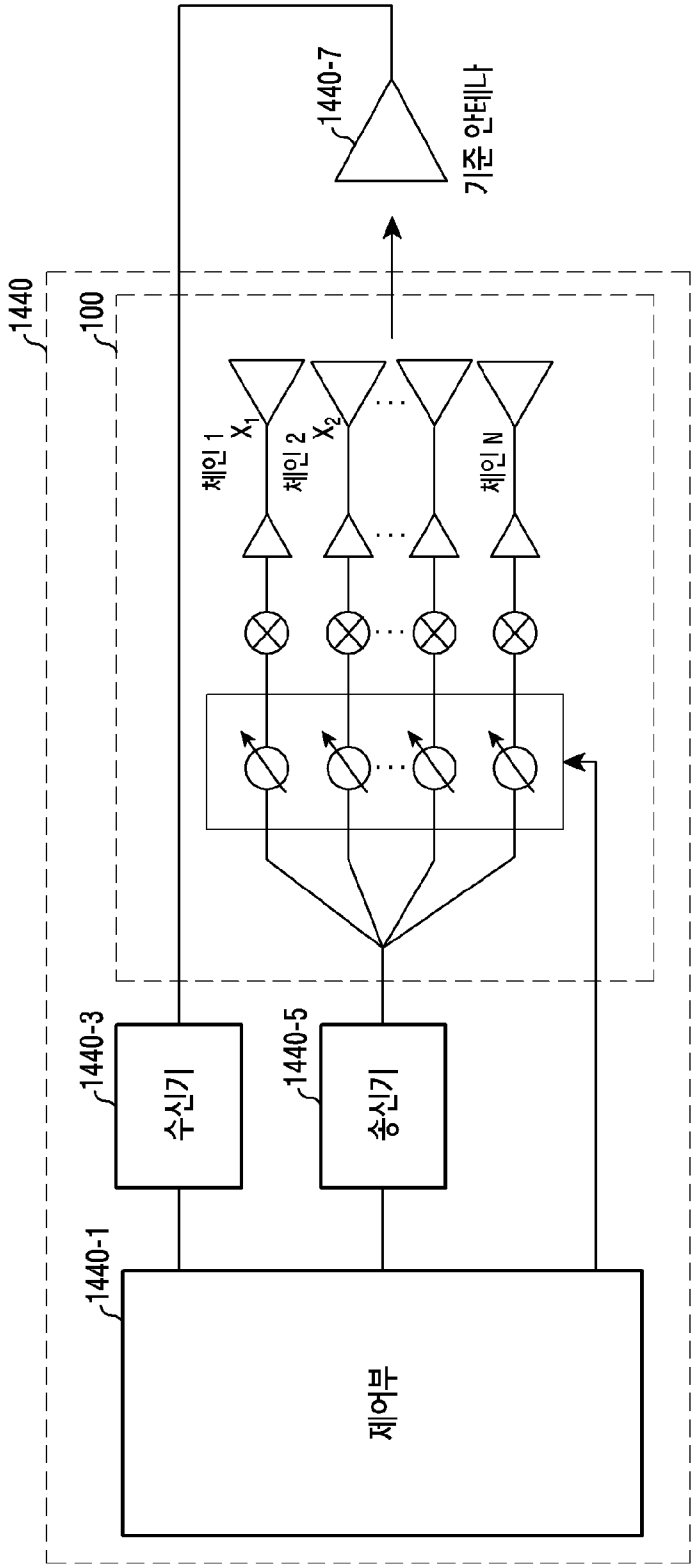
[Fig. 14b]



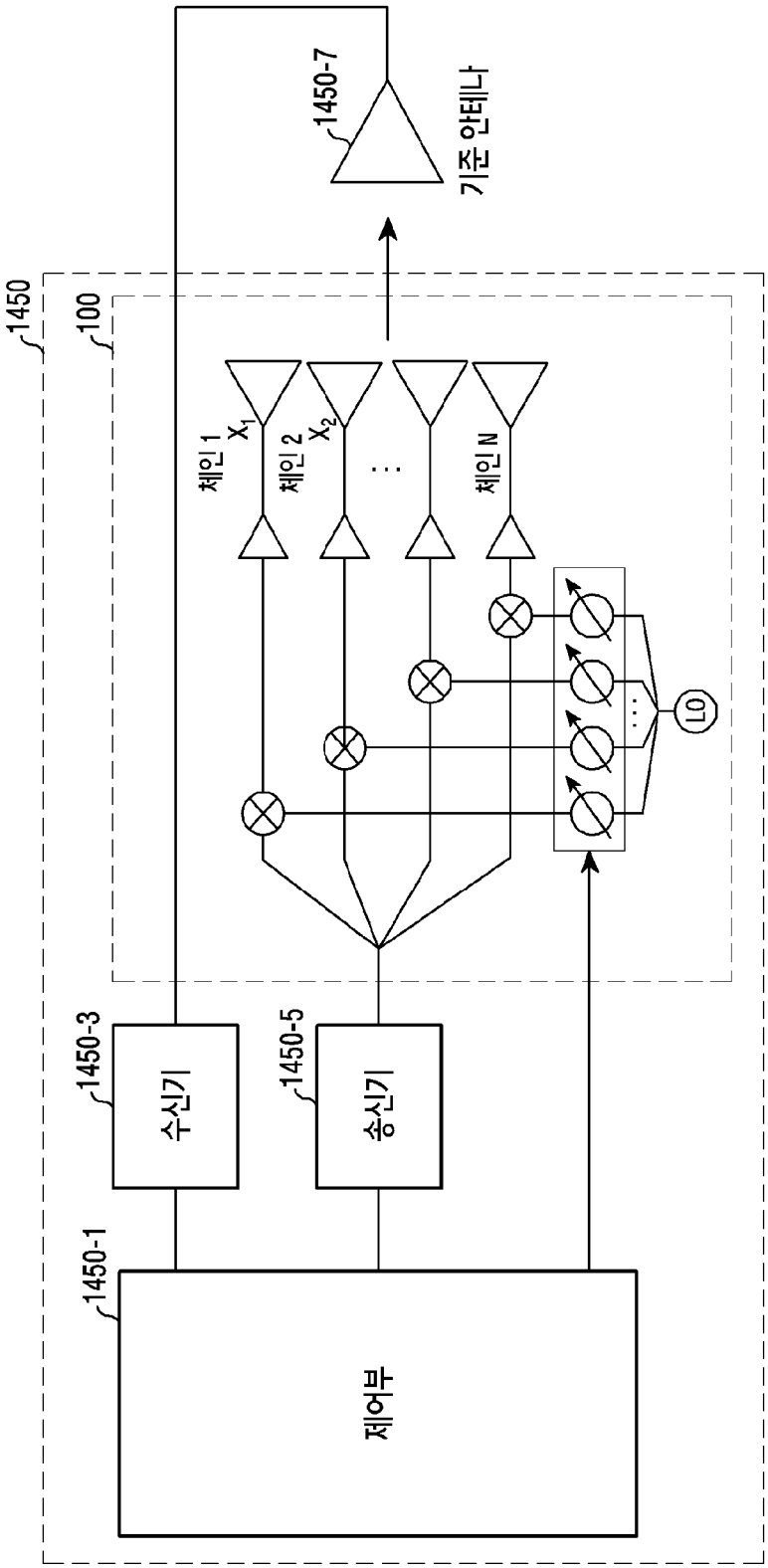
[Fig. 14c]



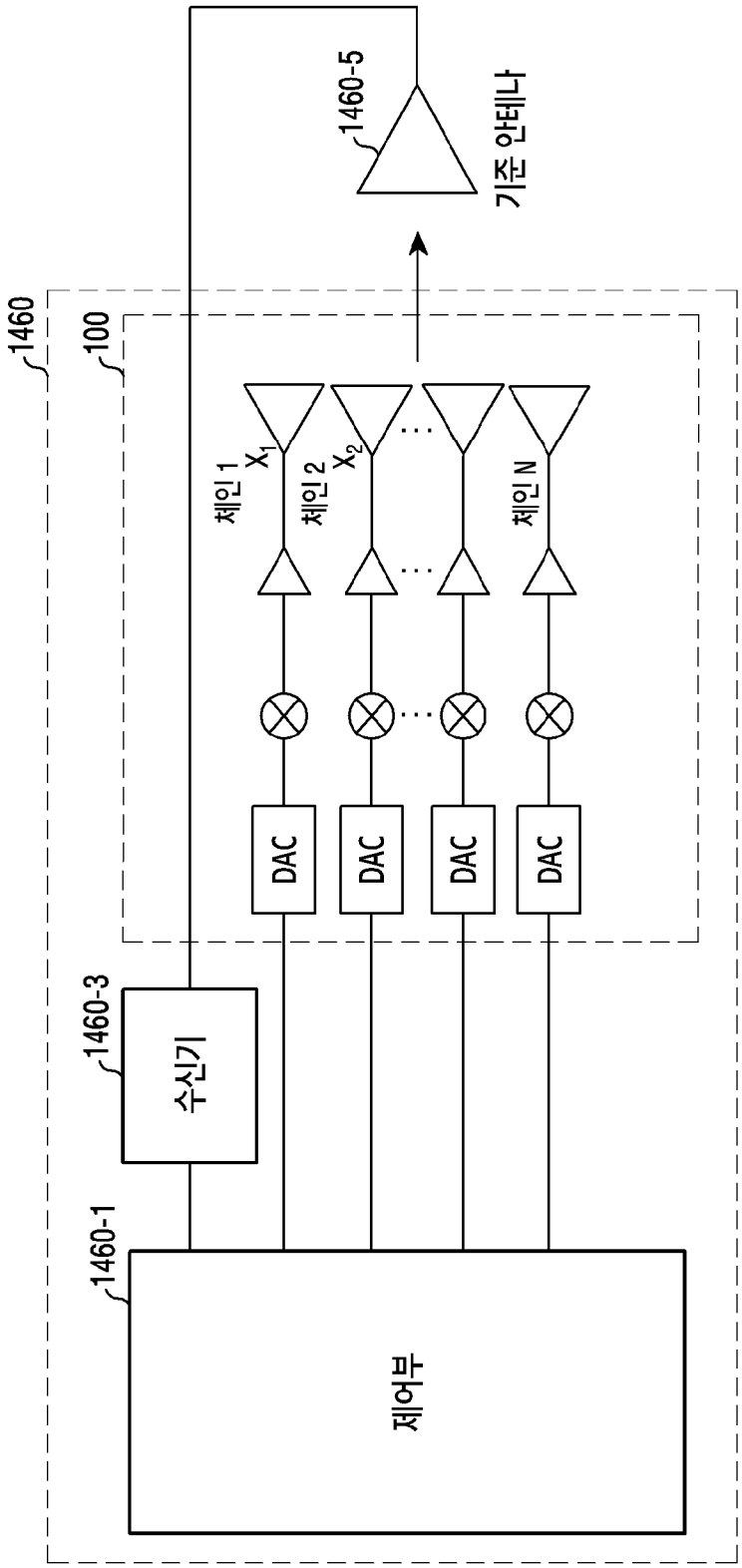
[Fig. 14d]


1440
100
1440-7
기준 안테나
체인 1
체인 2
체인 N
X_1
X_2
1440-3
수신기
1440-5
송신기
1440-1
제어부

[Fig. 14e]


1450
100
1450-7
기준 안테나
체인 1
체인 2
체인 N
LO
1450-3
수신기
1450-5
송신기
1450-1
제어부

[Fig. 14f]


1460-5
기존 안테나
1460
100
체인 1
X_1
체인 2
X_2
체인 N
DAC
DAC
DAC
DAC
1460-3
수신기
1460-1
제어부

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2017/014799

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 17/12(2014.01)i, H04B 17/10(2014.01)i, H04B 7/06(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)

H04B 17/12; H01Q 3/00; H01Q 3/24; H04B 7/10; H04B 17/00; H01Q 3/28; H04B 17/14; H04B 17/10; H04B 7/06

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: phased array antenna, calibration, phase difference, delay, power

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 8737929 B2 (COHEN, Emanuel et al.) 27 May 2014 See column 17, lines 6-47; claims 5, 21; and figures 2, 7.	1-15
Y	US 7482976 B2 (PLESINGER, Gregory H.) 27 January 2009 See column 8, line 51-column 9, line 32; column 10, lines 17-36; and figures 1, 3A-3B.	1-15
A	US 5861843 A (SORACE, Ronald E. et al.) 19 January 1999 See column 4, line 16-column 5, line 33; and figures 2-3.	1-15
A	EP 2975781 A1 (PANASONIC CORPORATION) 20 January 2016 See paragraphs [0021]-[0030], [0038]-[0039], [0041]; and figure 1.	1-15
A	KR 10-2015-0105235 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 16 September 2015 See paragraphs [0049]-[0051], [0075]-[0077]; and figures 4, 7.	1-15

☐ 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	Date of mailing of the international search report
15 MAY 2018 (15.05.2018)	**15 MAY 2018 (15.05.2018)**

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, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2017/014799

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
US 8737929 B2	27/05/2014	US 2014-0004801 A1	02/01/2014
US 7482976 B2	27/01/2009	US 2007-0247363 A1	25/10/2007
		WO 2008-011203 A2	24/01/2008
		WO 2008-011203 A3	19/06/2008
US 5861843 A	19/01/1999	DE 69831723 T2	06/07/2006
		EP 0929118 A2	14/07/1999
		EP 0929118 A3	11/10/2000
		EP 0929118 B1	28/09/2005
		JP 3007344 B2	07/02/2000
		JP H11261323 A	24/09/1999
EP 2975781 A1	20/01/2016	CN 104335507 A	04/02/2015
		CN 104335507 B	06/06/2017
		EP 2975781 A4	23/03/2016
		JP 2014-179785 A	25/09/2014
		JP 5933471 B2	08/06/2016
		US 2015-0139352 A1	21/05/2015
		US 9225411 B2	29/12/2015
		WO 2014-141705 A1	18/09/2014
KR 10-2015-0105235 A	16/09/2015	CN 106256098 A	21/12/2016
		EP 3114781 A1	11/01/2017
		EP 3114781 A4	08/11/2017
		US 2015-0255868 A1	10/09/2015
		WO 2015-133863 A1	11/09/2015

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2017/014799

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H04B 17/12(2014.01)i, H04B 17/10(2014.01)i, H04B 7/06(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04B 17/12; H01Q 3/00; H01Q 3/24; H04B 7/10; H04B 17/00; H01Q 3/28; H04B 17/14; H04B 17/10; H04B 7/06

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: 위상 배열 안테나, 캘리브레이션, 위상 차, 지연, 전력

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	US 8737929 B2 (EMANUEL COHEN 등) 2014.05.27 컬럼 17, 라인 6-47; 청구항 5, 21; 및 도면 2, 7 참조.	1-15
Y	US 7482976 B2 (GREGORY H. PLESINGER) 2009.01.27 컬럼 8, 라인 51 - 컬럼 9, 라인 32; 컬럼 10, 라인 17-36; 및 도면 1, 3A-3B 참조.	1-15
A	US 5861843 A (RONALD E. SORACE 등) 1999.01.19 컬럼 4, 라인 16 - 컬럼 5, 라인 33; 및 도면 2-3 참조.	1-15
A	EP 2975781 A1 (PANASONIC CORPORATION) 2016.01.20 단락 [0021]-[0030], [0038]-[0039], [0041]; 및 도면 1 참조.	1-15
A	KR 10-2015-0105235 A (삼성전자주식회사) 2015.09.16 단락 [0049]-[0051], [0075]-[0077]; 및 도면 4, 7 참조.	1-15

☐ 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

"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
2018년 05월 15일 (15.05.2018)	2018년 05월 15일 (15.05.2018)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관
강희곡
전화번호 +82-42-481-8264

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2017/014799

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
US 8737929 B2	2014/05/27	US 2014-0004801 A1	2014/01/02
US 7482976 B2	2009/01/27	US 2007-0247363 A1	2007/10/25
		WO 2008-011203 A2	2008/01/24
		WO 2008-011203 A3	2008/06/19
US 5861843 A	1999/01/19	DE 69831723 T2	2006/07/06
		EP 0929118 A2	1999/07/14
		EP 0929118 A3	2000/10/11
		EP 0929118 B1	2005/09/28
		JP 3007344 B2	2000/02/07
		JP H11261323 A	1999/09/24
EP 2975781 A1	2016/01/20	CN 104335507 A	2015/02/04
		CN 104335507 B	2017/06/06
		EP 2975781 A4	2016/03/23
		JP 2014-179785 A	2014/09/25
		JP 5933471 B2	2016/06/08
		US 2015-0139352 A1	2015/05/21
		US 9225411 B2	2015/12/29
		WO 2014-141705 A1	2014/09/18
KR 10-2015-0105235 A	2015/09/16	CN 106256098 A	2016/12/21
		EP 3114781 A1	2017/01/11
		EP 3114781 A4	2017/11/08
		US 2015-0255868 A1	2015/09/10
		WO 2015-133863 A1	2015/09/11