

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2022 년 1 월 13 일 (13.01.2022) WIPO | PCT

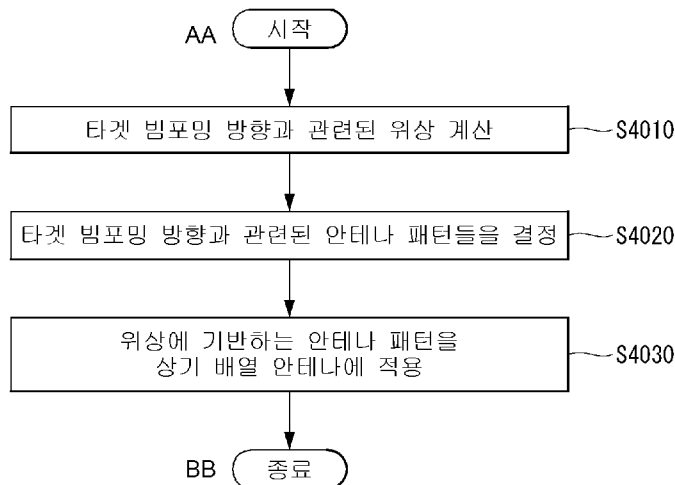


(10) 국제공개번호
WO 2022/010012 A1

- (51) 국제특허분류: *H01Q 3/30* (2006.01) *H01Q 21/24* (2006.01)
H01Q 21/06 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2020/009057
- (22) 국제출원일: 2020 년 7 월 9 일 (09.07.2020)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (71) 출원인: 엘지전자 주식회사 (LG ELECTRONICS INC.) [KR/KR]; 07336 서울시 영등포구 여의대로 128, Seoul (KR). 한국과학기술원 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [KR/KR]; 34141 대전시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 노상미 (NOH, Sangmi); 34141 대전시 유성구 대학로 291, W4-3 다솜관 303호, Daejeon (KR). 정재훈 (CHUNG, Jachoon); 06772 서울시 서초구 양재대로 11길 19 LG전자 특허센터, Seoul (KR). 이상림 (LEE, Sangrim); 06772 서울시 서초구 양재대로11길 19 LG 전자 특허센터, Seoul (KR). 김성재 (KIM, Seongjae); 34186 대전시 유성구 온천로 45, 알파동 1904호, Daejeon (KR). 김당오 (KIM, Dangoh); 30146 세종시 반곡로 15, 312동 104호, Sejong (KR). 금승원 (KEUM, Seungwon); 34193 대전시 유성구 원신흥로55번길 6-21, 302호, Daejeon (KR). 이주용 (LEE, Juyong); 35218 대전시 서구 청사로 70, 104동 1206호, Daejeon (KR). 조동호 (CHO, Dongho); 06718 서울시 서초구 서초중앙로 15, A동 1502 호, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 로얄 (ROYAL PATENT & LAW OFFICE); 06648 서울시 서초구 반포대로 104 서일빌딩 4 층, Seoul (KR).
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT,

(54) Title: BEAMFORMING METHOD AND DEVICE IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

(54) 발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 빔포밍 방법 및 그 장치



S4010 ... Calculate phase related to target beamforming direction
S4020 ... Determine antenna patterns related to target beamforming direction
S4030 ... Apply antenna pattern based on phase to array antenna
AA ... Start
BB ... End

(57) Abstract: According to an embodiment of the present specification, a beamforming method performed by a wireless device having an array antenna in a wireless communication system comprises the steps of: calculating a phase related to a target beamforming direction; determining antenna patterns related to the target beamforming direction from among antenna patterns preconfigured in relation to beamforming; and applying, to the array antenna, an antenna pattern based on the phase from among the antenna patterns related to the target beamforming direction. Each antenna included in the array antenna includes multiple feeding points and a variable reactance element connected to at least one feeding point among the multiple feeding points. The antenna pattern is related to at least one of i) a selection of at least one feeding point among the multiple feeding points and ii) a reactance value of the variable reactance element.

[다음 쪽 계속]

WO 2022/010012 A1

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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, 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, 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, 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))

(57) 요약서: 본 명세서의 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 배열 안테나를 구비한 무선 장치에 의해 수행되는 빔포밍 방법은 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상을 계산하는 단계, 빔포밍과 관련하여 미리 설정된 안테나 패턴들 중 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정하는 단계 및 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴을 상기 배열 안테나에 적용하는 단계를 포함한다. 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나는 복수의 피딩 포인트들 및 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자를 포함한다. 상기 안테나 패턴은 i) 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택 또는 ii) 상기 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값 중에서 적어도 하나와 관련된 것을 특징으로 한다.

명세서

발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 빔포밍 방법 및 그 장치 기술분야

- [1] 본 발명은 무선 통신 시스템에서 빔포밍 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 이동 통신 시스템은 사용자의 활동성을 보장하면서 음성 서비스를 제공하기 위해 개발되었다. 그러나 이동통신 시스템은 음성뿐 아니라 데이터 서비스까지 영역을 확장하였으며, 현재에는 폭발적인 트래픽의 증가로 인하여 자원의 부족 현상이 야기되고 사용자들이 보다 고속의 서비스를 요구하므로, 보다 발전된 이동 통신 시스템이 요구되고 있다.
- [3] 차세대 이동 통신 시스템의 요구 조건은 크게 폭발적인 데이터 트래픽의 수용, 사용자 당 전송률의 획기적인 증가, 대폭 증가된 연결 디바이스 개수의 수용, 매우 낮은 단대단 지연(End-to-End Latency), 고에너지 효율을 지원할 수 있어야 한다. 이를 위하여 이중 연결성(Dual Connectivity), 대규모 다중 입출력(Massive MIMO: Massive Multiple Input Multiple Output), 전이중(In-band Full Duplex), 비직교 다중접속(NOMA: Non-Orthogonal Multiple Access), 초광대역(Super wideband) 지원, 단말 네트워킹(Device Networking) 등 다양한 기술들이 연구되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [4] 본 명세서는 빔포밍 방법 및 그 장치를 제안한다.
- [5] 종래 기술의 빔포밍은 안테나에 연결된 위상 천이기(phase shifter)를 기반으로 수행된다. THz 대역의 경우 큰 빔 이득을 얻기 위해 작은 크기의 안테나를 거대 배열 안테나(massive array antenna)로 구성하게 된다. 이 경우 각 안테나에 위상 변조가 연결됨에 따라 전력소모가 매우 커지고 발열 문제가 발생하며, 위상 천이기의 삽입 손실(insertion loss)로 인해 전력손실이 발생하게 된다. THz 대역에서는 위상 천이기를 사용하여 빔포밍 시스템을 구성하기에 어려움이 있다.
- [6] 한편, 위상 천이기를 사용하지 않고 빔포밍을 수행하는 기술이 제안된바 있다. 패턴 재구성 가능 안테나(Pattern reconfigurable antenna)는 방사 패턴을 여러 가지로 조정할 수 있는 안테나이다. Pattern reconfigurability를 얻는 방법은 여러 가지가 있는데, 대표적으로 기생 요소(parasitic element)를 스위치(switch)를 통해 선택하는 방법과 ESPAR(Electronically Steerable Parasitic Array Radiator)라는 기생 요소(parasitic element)에 reactively loaded element를 연결하여 조절하는 방법이 있다.
- [7] 그러나 기생 요소 스위칭(parasitic element switching)을 이용한 방법 및

ESPAR을 이용한 방법은 모두 메인 안테나(main antenna) 주변에 다수의 기생 안테나(parasitic antenna)를 배치해야 한다. 이에 따라, 단위 안테나의 부피가 커지므로 배열 확장이 불가능하다. 또한 기존의 pattern reconfigurable antenna의 경우 parasitic element의 수에 따라 바꿀 수 있는 방사 방향의 수가 제한된다는 한계점이 존재한다.

- [8] 따라서 본 명세서는 상술한 종래 기술의 문제점을 해결할 수 있는 빔포밍 방법 및 그 장치를 제안한다.
- [9] 본 명세서에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [10] 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나는 방사 소자(radiating element), 상기 방사 소자에 신호를 인가하기 위한 피딩 라인(feeding line)이 연결되는 복수의 피딩 포인트(feeding point)들, 상기 복수의 피딩 포인트들 중 각 피딩 포인트로 인가되는 상기 신호를 온(on) 또는 오프(off)하는 스위치(switch) 및 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자(variable reactance element)를 포함한다.
- [11] 상기 복수의 피딩 포인트들은 제1 위치에 배치되는 적어도 하나의 제1 피딩 포인트(first feeding point) 및 상기 제1 위치와 다른 제2 위치에 배치되는 적어도 하나의 제2 피딩 포인트(second feeding point)를 포함한다. 상기 제2 피딩 포인트는 상기 가변 리액턴스 소자와 연결되는 것을 특징으로 한다.
- [12] 상기 제1 위치는 상기 방사 소자의 가장자리(edge)로부터 특정 길이에 기반하여 형성되는 영역 내에 위치하며, 상기 제2 위치는 상기 영역 밖에 위치할 수 있다.
- [13] 상기 특정 길이는 상기 가장자리(edge)로부터 반대편 가장자리(edge)까지의 길이의 1/3(one third)에 기반할 수 있다.
- [14] 상기 가변 리액턴스 소자는 칩 인덕터(chip inductor), 칩 커패시터(chip capacitor) 또는 버랙터 다이오드(varactor diode)에 기반할 수 있다.
- [15] 본 명세서의 다른 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 배열 안테나를 구비한 무선 장치에 의해 수행되는 빔포밍 방법은 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상을 계산하는 단계, 빔포밍과 관련하여 미리 설정된 안테나 패턴들 중 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정하는 단계 및 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴을 상기 배열 안테나에 적용하는 단계를 포함한다.
- [16] 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나는 복수의 피딩 포인트들 및 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스

소자를 포함한다. 상기 안테나 패턴은 i) 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택 또는 ii) 상기 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값 중에서 적어도 하나와 관련된 것을 특징으로 한다.

- [17] 상기 안테나 패턴은 상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택, 상기 리액턴스 값, 최대 이득 방향(peak gain direction) 또는 편파 위상(polarization phase) 중 적어도 하나와 관련된 정보를 포함할 수 있다.
- [18] 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들은 상기 최대 이득 방향이 상기 타겟 빔포밍 방향에 기반하는 특정 범위에 속할 수 있다.
- [19] 상기 편파 위상(polarization phase)과 관련된 정보는 상기 안테나 패턴에 기반하는 3차원 행렬을 포함하고, 상기 3차원 행렬은 고도각(elevation angle), 방위각(azimuth angle) 및 상기 고도각(elevation angle) 및 상기 방위각(azimuth angle)에 기반하는 편파 위상(polarization phase)을 포함할 수 있다.
- [20] 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴은 상기 타겟 빔포밍 방향 및 상기 3차원 행렬에 기반하여 결정되는 상기 편파 위상과 상기 위상 간의 차이가 최소인 안테나 패턴에 기반할 수 있다.
- [21] 상기 위상은 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나별로 계산되고, 상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택과 관련된 정보는 상기 각 안테나의 온(on) 또는 오프(off)를 나타내는 비트맵(bitmap)에 기반하며, 상기 리액턴스 값과 관련된 정보는 상기 각 안테나의 리액턴스 값을 포함할 수 있다.
- [22] 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴의 적용은 상기 비트맵 및 상기 각 안테나의 리액턴스 값에 기반할 수 있다.
- [23] 본 명세서의 또 다른 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 빔포밍을 수행하는 무선 장치는 배열 안테나, 상기 배열 안테나를 통해 무선 신호를 송수신 하는 하나 이상의 송수신기, 상기 배열 안테나 및 상기 하나 이상의 송수신기를 제어하는 하나 이상의 프로세서들, 상기 하나 이상의 프로세서들에 동작 가능하게 접속 가능하고, 상기 하나 이상의 프로세서들에 의해 상기 빔포밍이 실행될 때, 동작들을 수행하는 지시(instruction)들을 저장하는 하나 이상의 메모리들을 포함한다.
- [24] 상기 동작들은 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상을 계산하는 단계, 상기 빔포밍과 관련하여 미리 설정된 안테나 패턴들 중 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정하는 단계 및 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴을 상기 배열 안테나에 적용하는 단계를 포함한다.
- [25] 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나는 복수의 피딩 포인트들 및 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자를 포함한다. 상기 안테나 패턴은 i) 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택 또는 ii) 상기 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값 중에서 적어도 하나와 관련된 것을 특징으로 한다.

- [26] 상기 안테나 패턴은 상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택, 상기 리액턴스 값, 최대 이득 방향(peak gain direction) 또는 편파 위상(polarization phase) 중 적어도 하나와 관련된 정보를 포함할 수 있다.
- [27] 본 명세서의 또 다른 실시예에 따른 하나 이상의 명령어를 저장하는 하나 이상의 비일시적(non-transitory) 컴퓨터 판독 가능 매체에 있어서,
- [28] 하나 이상의 프로세서에 의해 실행 가능한 하나 이상의 명령어는 장치가 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상을 계산하고, 빔포밍과 관련하여 미리 설정된 안테나 패턴들 중 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정하며, 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴을 배열 안테나에 적용하도록 설정된다.
- [29] 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나는 복수의 피딩 포인트들 및 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자를 포함한다. 상기 안테나 패턴은 i) 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택 또는 ii) 상기 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값 중에서 적어도 하나와 관련된 것을 특징으로 한다.
- [30] 상기 안테나 패턴은 상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택, 상기 리액턴스 값, 최대 이득 방향(peak gain direction) 또는 편파 위상(polarization phase) 중 적어도 하나와 관련된 정보를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [31] 본 명세서의 일 실시예에 의하면, 복수의 피딩 포인트(feeding point)들, 상기 복수의 피딩 포인트들 중 각 피딩 포인트로 인가되는 상기 신호를 온(on) 또는 오프(off)하는 스위치(switch) 및 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자(variable reactance element)를 포함하는 안테나가 개시된다. 따라서 상기 안테나를 기반으로 전력이나 발열로 인한 문제 없이 효과적으로 빔포밍 시스템이 구성될 수 있다. 즉, 빔포밍 시스템을 구현함에 있어 크기, 소모 전력, 복잡도 및 비용이 감소한다.
- [32] 본 명세서의 일 실시예에 의하면, 상기 복수의 피딩 포인트들은 제1 위치에 배치되는 적어도 하나의 제1 피딩 포인트(first feeding point) 및 상기 제1 위치와 다른 제2 위치에 배치되는 적어도 하나의 제2 피딩 포인트(second feeding point)를 포함하고 상기 제2 피딩 포인트는 상기 가변 리액턴스 소자와 연결된다. 방사 소자(radiating element)에 기생 안테나(parasitic antenna)나 그 밖의 구성을 추가하지 않고서도, 상기 피딩 포인트들의 선택과 리액턴스 값의 조절을 통해 안테나의 pattern reconfigurability를 얻을 수 있다. 따라서, 본 실시예에 따른 안테나는 다양한 방사 패턴을 생성할 수 있고, 거대 배열 안테나(massive array antenna)를 구성하기 위한 모듈로써 활용되기 용이하다.
- [33] 본 명세서의 일 실시예에 의하면, 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 위상 가중치에 기반하는 안테나 패턴을 배열 안테나에 적용함으로써 빔포밍이

수행된다. 이 때, 상기 안테나 패턴은 i) 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택 또는 ii) 상기 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값 중에서 적어도 하나와 관련된다. 따라서, 위상 천이기를 사용하지 않는 배열 안테나에 기반하여 효과적으로 빔포밍이 수행될 수 있다. 구체적으로 1) 빔포밍을 수행함에 있어 기존 패턴 재구성가능 안테나(pattern reconfigurable antenna)와 달리 생성할 수 있는 방사 패턴의 수가 제한되지 않으므로 다양한 방향과 위상을 가지는 방사 패턴을 생성할 수 있다. 2) 위상 천이기로 인한 전력 소모와 삽입 손실의 문제가 발생하지 않는 바 테라헤르츠 대역에서도 효과적으로 빔포밍이 수행될 수 있다.

- [34] 본 명세서에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [35] 도 1은 3GPP 시스템에 이용되는 물리 채널들 및 일반적인 신호 전송을 예시한다.
- [36] 도 2는 6G 시스템에서 제공 가능한 통신 구조의 일례를 나타낸 도이다.
- [37] 도 3은 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 퍼셉트론의 구조를 예시한다.
- [38] 도 4는 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 다층 퍼셉트론의 구조를 예시한다.
- [39] 도 5는 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 심층 신경망의 구조를 예시한다.
- [40] 도 6은 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 컨볼루션 신경망의 구조를 예시한다.
- [41] 도 7은 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 컨볼루션 신경망에서의 필터 연산을 예시한다.
- [42] 도 8은 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 순환 루프가 존재하는 신경망 구조를 예시한다.
- [43] 도 9는 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 순환 신경망의 동작 구조를 예시한다.
- [44] 도 10은 전자기 스펙트럼의 일례를 나타낸다.
- [45] 도 11은 THz 통신 응용의 일례를 나타낸 도이다.
- [46] 도 12는 전자소자 기반 THz 무선통신 송수신기의 일례를 나타낸 도이다.
- [47] 도 13은 광 소자 기반 THz 신호를 생성하는 방법의 일례를 나타낸 도이다.
- [48] 도 14는 광 소자 기반 THz 무선통신 송수신기의 일례를 나타낸 도이다.
- [49] 도 15는 광자 소스(Photoinc source) 기반 송신기의 구조를 예시한다.
- [50] 도 16은 광 변조기(Optical modulator)의 구조를 예시한다.

- [51] 도 17은 안테나의 방사패턴을 예시한다.
- [52] 도 18은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나와 피딩 포인트의 위치 이동을 예시하는 도면이다.
- [53] 도 19는 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나의 피딩 포인트 위치에 따른 입력 임피던스와 반사 계수를 도시한 그래프이다.
- [54] 도 20은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나의 피딩 포인트가 위치하는 영역을 예시하는 도면이다.
- [55] 도 21 및 도 22는 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나의 타입 1 피딩 포인트 구성을 예시한다.
- [56] 도 23 및 도 24는 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나의 타입 1 피딩 포인트 및 타입 2 피딩 포인트 구성을 예시한다.
- [57] 도 25 및 도 26은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나의 피딩 포인트 및 가변 리액턴스 소자의 구성을 예시한다.
- [58] 도 27은 본 명세서의 일 실시예에 따른 가변 리액턴스를 포함하는 안테나의 구조를 예시한다.
- [59] 도 28은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나에 있어서, 가변 리액턴스 값 변화에 따른 안테나 패턴의 위상 변화를 설명하기 위한 도면이다.
- [60] 도 29은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나에 있어서, 피딩 포인트의 선택에 따른 빔의 변화를 나타낸 도면이다.
- [61] 도 30은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나에 있어서, 다양한 피딩 포인트 구성을 예시한다.
- [62] 도 31은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나를 예시한다.
- [63] 도 32는 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나 패턴의 매핑을 설명하기 위한 도면이다.
- [64] 도 33은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나 패턴의 적용을 설명하기 위한 도면이다.
- [65] 도 34는 본 명세서의 일 실시예에 따른 빔포밍 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [66] 도 35는 기존의 위상 천이기를 사용하는 빔포밍 시스템의 블록도를 예시한다.
- [67] 도 36은 종래기술에 기반하는 위상 천이기와 전력 증폭기의 회로도를 예시한다.
- [68] 도 37은 본 명세서의 일 실시예에 기반하는 빔포밍 시스템의 블록도를 예시한다.
- [69] 도 38a 내지 도 38c 및 도 39a 내지 도 39c는 본 명세서의 일 실시예에 따른 1X16 배열 안테나를 이용한 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.
- [70] 도 40은 본 명세서의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 배열 안테나를 구비한 무선 장치에 의해 수행되는 빔포밍 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [71] 도 41은 본 명세서에 적용되는 통신 시스템(1)을 예시한다.

- [72] 도 42는 본 명세서에 적용될 수 있는 무선 기기를 예시한다.
- [73] 도 43은 본 명세서에 적용되는 신호 처리 회로를 예시한다.
- [74] 도 44는 본 명세서에 적용되는 무선 기기의 다른 예를 나타낸다.
- [75] 도 45는 본 명세서에 적용되는 휴대 기기를 예시한다.

발명의 실시를 위한 형태

- [76] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 동일하거나 유사한 구성요소에는 동일, 유사한 도면 부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다. 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 "모듈" 및 "부"는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [77]
- [78] 본 명세서에서 기지국은 단말과 직접적으로 통신을 수행하는 네트워크의 종단 노드(**terminal node**)로서의 의미를 갖는다. 본 문서에서 기지국에 의해 수행되는 것으로 설명된 특정 동작은 경우에 따라서는 기지국의 상위 노드(**upper node**)에 의해 수행될 수도 있다. 즉, 기지국을 포함하는 다수의 네트워크 노드들(**network nodes**)로 이루어지는 네트워크에서 단말과의 통신을 위해 수행되는 다양한 동작들은 기지국 또는 기지국 이외의 다른 네트워크 노드들에 의해 수행될 수 있음은 자명하다. '기지국(**BS: Base Station**)'은 고정국(**fixed station**), Node B, eNB(**evolved-NodeB**), BTS(**base transceiver system**), 액세스 포인트(**AP: Access Point**), gNB(**general NB**) 등의 용어에 의해 대체될 수 있다. 또한, '단말(**Terminal**)'은 고정되거나 이동성을 가질 수 있으며, UE(**User Equipment**), MS(**Mobile Station**), UT(**user terminal**), MSS(**Mobile Subscriber Station**), SS(**Subscriber Station**), AMS(**Advanced Mobile Station**), WT(**Wireless terminal**), MTC(**Machine-Type Communication**) 장치, M2M(**Machine-to-Machine**) 장치, D2D(**Device-to-Device**) 장치 등의 용어로 대체될 수 있다.
- [79] 이하에서, 하향링크(**DL: downlink**)는 기지국에서 단말로의 통신을 의미하며, 상향링크(**UL: uplink**)는 단말에서 기지국으로의 통신을 의미한다. 하향링크에서 송신기는 기지국의 일부이고, 수신기는 단말의 일부일 수 있다. 상향링크에서 송신기는 단말의 일부이고, 수신기는 기지국의 일부일 수 있다.
- [80] 이하의 설명에서 사용되는 특정 용어들은 본 발명의 이해를 돕기 위해서

제공된 것이며, 이러한 특정 용어의 사용은 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다른 형태로 변경될 수 있다.

[81]

[82] 이하의 기술은 CDMA, FDMA, TDMA, OFDMA, SC-FDMA 등과 같은 다양한 무선 접속 시스템에 사용될 수 있다. CDMA는 UTRA(Universal Terrestrial Radio Access)나 CDMA2000과 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. TDMA는 GSM(Global System for Mobile communications)/GPRS(General Packet Radio Service)/EDGE(Enhanced Data Rates for GSM Evolution)와 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. OFDMA는 IEEE 802.11 (Wi-Fi), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802-20, E-UTRA(Evolved UTRA) 등과 같은 무선 기술로 구현될 수 있다. UTRA는 UMTS(Universal Mobile Telecommunications System)의 일부이다. 3GPP(3rd Generation Partnership Project) LTE(Long Term Evolution)은 E-UTRA를 사용하는 E-UMTS(Evolved UMTS)의 일부이고 LTE-A(Advanced)/LTE-A pro는 3GPP LTE의 진화된 버전이다. 3GPP NR(New Radio or New Radio Access Technology)는 3GPP LTE/LTE-A/LTE-A pro의 진화된 버전이다. 3GPP 6G는 3GPP NR의 진화된 버전일 수 있다.

[83]

[84] 설명을 명확하게 하기 위해, 3GPP 통신 시스템(예, LTE, NR 등)을 기반으로 설명하지만 본 발명의 기술적 사상이 이에 제한되는 것은 아니다. LTE는 3GPP TS 36.xxx Release 8 이후의 기술을 의미한다. 세부적으로, 3GPP TS 36.xxx Release 10 이후의 LTE 기술은 LTE-A로 지칭되고, 3GPP TS 36.xxx Release 13 이후의 LTE 기술은 LTE-A pro로 지칭된다. 3GPP NR은 TS 38.xxx Release 15 이후의 기술을 의미한다. 3GPP 6G는 TS Release 17 및/또는 Release 18 이후의 기술을 의미할 수 있다. "xxx"는 표준 문서 세부 번호를 의미한다. LTE/NR/6G는 3GPP 시스템으로 통칭될 수 있다. 본 발명의 설명에 사용된 배경기술, 용어, 약어 등에 관해서는 본 발명 이전에 공개된 표준 문서에 기재된 사항을 참조할 수 있다. 예를 들어, 다음 문서를 참조할 수 있다.

[85] 3GPP LTE

[86] - 36.211: Physical channels and modulation

[87] - 36.212: Multiplexing and channel coding

[88] - 36.213: Physical layer procedures

[89] - 36.300: Overall description

[90] - 36.331: Radio Resource Control (RRC)

[91] 3GPP NR

[92] - 38.211: Physical channels and modulation

[93] - 38.212: Multiplexing and channel coding

[94] - 38.213: Physical layer procedures for control

[95] - 38.214: Physical layer procedures for data

- [96] - 38.300: NR and NG-RAN Overall Description
- [97] - 38.331: Radio Resource Control (RRC) protocol specification
- [98]
- [99] 물리 채널 및 프레임 구조
- [100] 물리 채널 및 일반적인 신호 전송
- [101] 도 1은 3GPP 시스템에 이용되는 물리 채널들 및 일반적인 신호 전송을 예시한다. 무선 통신 시스템에서 단말은 기지국으로부터 하향링크(Downlink, DL)를 통해 정보를 수신하고, 단말은 기지국으로 상향링크(Uplink, UL)를 통해 정보를 전송한다. 기지국과 단말이 송수신하는 정보는 데이터 및 다양한 제어 정보를 포함하고, 이들이 송수신 하는 정보의 종류/용도에 따라 다양한 물리 채널이 존재한다.
- [102] 단말은 전원이 켜지거나 새로이 셀에 진입한 경우 기지국과 동기를 맞추는 등의 초기 셀 탐색(Initial cell search) 작업을 수행한다(S101). 이를 위해, 단말은 기지국으로부터 주 동기 신호(Primary Synchronization Signal, PSS) 및 부 동기 신호(Secondary Synchronization Signal, SSS)를 수신하여 기지국과 동기를 맞추고, 셀 ID 등의 정보를 획득할 수 있다. 그 후, 단말은 기지국으로부터 물리 방송 채널(Physical Broadcast Channel, PBCH)를 수신하여 셀 내 방송 정보를 획득할 수 있다. 한편, 단말은 초기 셀 탐색 단계에서 하향링크 참조 신호(Downlink Reference Signal, DL RS)를 수신하여 하향링크 채널 상태를 확인할 수 있다.
- [103]
- [104] 초기 셀 탐색을 마친 단말은 물리 하향링크 제어 채널(Physical Downlink Control Channel, PDCCH) 및 상기 PDCCH에 실린 정보에 따라 물리 하향링크 공유 채널(Physical Downlink Control Channel; PDSCH)을 수신함으로써 좀더 구체적인 시스템 정보를 획득할 수 있다(S102).
- [105]
- [106] 한편, 기지국에 최초로 접속하거나 신호 송신을 위한 무선 자원이 없는 경우, 단말은 기지국에 대해 임의 접속 과정(Random Access Procedure, RACH)을 수행할 수 있다(S103 내지 S106). 이를 위해, 단말은 물리 임의 접속 채널(Physical Random Access Channel, PRACH)을 통해 특정 시퀀스를 프리앰블로 송신하고(S103 및 S105), PDCCH 및 대응하는 PDSCH를 통해 프리앰블에 대한 응답 메시지((RAR(Random Access Response) message)를 수신할 수 있다. 경쟁 기반 RACH의 경우, 추가적으로 충돌 해결 절차(Contention Resolution Procedure)를 수행할 수 있다(S106).
- [107]
- [108] 상술한 바와 같은 절차를 수행한 단말은 이후 일반적인 상/하향링크 신호 송신 절차로서 PDCCH/PDSCH 수신(S107) 및 물리 상향링크 공유 채널(Physical Uplink Shared Channel, PUSCH)/물리 상향링크 제어 채널(Physical Uplink Control Channel; PUCCH) 송신(S108)을 수행할 수 있다. 특히 단말은 PDCCH를 통하여

하향링크 제어 정보(Downlink Control Information, DCI)를 수신할 수 있다. 여기서, DCI는 단말에 대한 자원 할당 정보와 같은 제어 정보를 포함하며, 사용 목적에 따라 포맷이 서로 다르게 적용될 수 있다.

[109]

[110] 한편, 단말이 상향링크를 통해 기지국에 송신하는 또는 단말이 기지국으로부터 수신하는 제어 정보는 하향링크/상향링크 ACK/NACK 신호, CQI(Channel Quality Indicator), PMI(Precoding Matrix 인덱스), RI(Rank Indicator) 등을 포함할 수 있다. 단말은 상술한 CQI/PMI/RI 등의 제어 정보를 PUSCH 및/또는 PUCCH를 통해 송신할 수 있다.

[111]

[112] 상향링크 및 하향링크 채널의 구조

[113] 하향링크 채널 구조

[114] 기지국은 후술하는 하향링크 채널을 통해 관련 신호를 단말에게 전송하고, 단말은 후술하는 하향링크 채널을 통해 관련 신호를 기지국으로부터 수신한다.

[115]

[116] (1) 물리 하향링크 공유 채널(PDSCH)

[117] PDSCH는 하향링크 데이터(예, DL-shared channel transport block, DL-SCH TB)를 운반하고, QPSK(Quadrature Phase Shift Keying), 16 QAM(Quadrature Amplitude Modulation), 64 QAM, 256 QAM 등의 변조 방법이 적용된다. TB를 인코딩하여 코드워드(codeword)가 생성된다. PDSCH는 다수의 코드워드들을 나눌 수 있다. 코드워드(codeword) 별로 스크램블링(scrambling) 및 변조 매핑(modulation mapping)이 수행되고, 각 코드워드로부터 생성된 변조 심볼들은 하나 이상의 레이어로 매핑된다(Layer mapping). 각 레이어는 DMRS(Demodulation Reference Signal)과 함께 자원에 매핑되어 OFDM 심볼 신호로 생성되고, 해당 안테나 포트를 통해 전송된다.

[118]

[119] (2) 물리 하향링크 제어 채널(PDCCH)

[120] PDCCH는 하향링크 제어 정보(DCI)를 운반하고 QPSK 변조 방법 등이 적용된다. 하나의 PDCCH는 AL(Aggregation Level)에 따라 1, 2, 4, 8, 16 개 등의 CCE(Control Channel Element)로 구성된다. 하나의 CCE는 6개의 REG(Resource Element Group)로 구성된다. 하나의 REG는 하나의 OFDM 심볼과 하나의 (P)RB로 정의된다.

[121]

단말은 PDCCH 후보들의 세트에 대한 디코딩(일명, 블라인드 디코딩)을 수행하여 PDCCH를 통해 전송되는 DCI를 획득한다. 단말이 디코딩하는 PDCCH 후보들의 세트는 PDCCH 검색 공간(Search Space) 세트라 정의한다. 검색 공간 세트는 공통 검색 공간(common search space) 또는 단말-특정 검색 공간(UE-specific search space)일 수 있다. 단말은 MIB 또는 상위 계층 시그널링에 의해 설정된 하나 이상의 검색 공간 세트 내 PDCCH 후보를 모니터링하여 DCI를

획득할 수 있다.

[122]

[123] 상향링크 채널 구조

[124] 단말은 후술하는 상향링크 채널을 통해 관련 신호를 기지국으로 전송하고, 기지국은 후술하는 상향링크 채널을 통해 관련 신호를 단말로부터 수신한다.

[125] (1) 물리 상향링크 공유 채널(PUSCH)

[126] PUSCH는 상향링크 데이터(예, UL-shared channel transport block, UL-SCH TB) 및/또는 상향링크 제어 정보(UCI)를 운반하고, CP-OFDM (Cyclic Prefix - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 파형(waveform), DFT-s-OFDM (Discrete Fourier Transform - spread - Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 파형 등에 기초하여 전송된다. PUSCH가 DFT-s-OFDM 파형에 기초하여 전송되는 경우, 단말은 변환 프리코딩(transform precoding)을 적용하여 PUSCH를 전송한다. 일 예로, 변환 프리코딩이 불가능한 경우(예, transform precoding is disabled) 단말은 CP-OFDM 파형에 기초하여 PUSCH를 전송하고, 변환 프리코딩이 가능한 경우(예, transform precoding is enabled) 단말은 CP-OFDM 파형 또는 DFT-s-OFDM 파형에 기초하여 PUSCH를 전송할 수 있다. PUSCH 전송은 DCI 내 UL 그랜트에 의해 동적으로 스케줄링 되거나, 상위 계층(예, RRC) 시그널링 (및/또는 Layer 1(L1) 시그널링(예, PDCCH))에 기초하여 반-정적(semi-static)으로 스케줄링 될 수 있다(configured grant). PUSCH 전송은 코드북 기반 또는 비-코드북 기반으로 수행될 수 있다.

[127] (2) 물리 상향링크 제어 채널(PUCCH)

[128] PUCCH는 상향링크 제어 정보, HARQ-ACK 및/또는 스케줄링 요청(SR)을 운반하고, PUCCH 전송 길이에 따라 다수의 PUCCH들로 구분될 수 있다.

[129]

[130] 6G 시스템 일반

[131] 6G (무선통신) 시스템은 (i) 디바이스 당 매우 높은 데이터 속도, (ii) 매우 많은 수의 연결된 디바이스들, (iii) 글로벌 연결성(global connectivity), (iv) 매우 낮은 지연, (v) 배터리-프리(battery-free) IoT 디바이스들의 에너지 소비를 낮추고, (vi) 초고신뢰성 연결, (vii) 머신 러닝 능력을 가지는 연결된 지능 등에 목적이 있다. 6G 시스템의 비전은 intelligent connectivity, deep connectivity, holographic connectivity, ubiquitous connectivity와 같은 4가지 측면일 수 있으며, 6G 시스템은 아래 표 1과 같은 요구 사항을 만족시킬 수 있다. 즉, 표 1은 6G 시스템의 요구 사항의 일례를 나타낸 표이다.

[132] [표1]

Per device peak data rate	1 Tbps
E2E latency	1 ms
Maximum spectral efficiency	100bps/Hz
Mobility support	Up to 1000km/hr
Satellite integration	Fully
AI	Fully
Autonomous vehicle	Fully
XR	Fully
Haptic Communication	Fully

[133] 6G 시스템은 Enhanced mobile broadband (eMBB), Ultra-reliable low latency communications (URLLC), massive machine-type communication (mMTC), AI integrated communication, Tactile internet, High throughput, High network capacity, High energy efficiency, Low backhaul and access network congestion, Enhanced data security와 같은 핵심 요소(key factor)들을 가질 수 있다.

[134] 도 2는 6G 시스템에서 제공 가능한 통신 구조의 일례를 나타낸 도이다.

[135] 6G 시스템은 5G 무선통신 시스템보다 50배 더 높은 동시 무선통신 연결성을 가질 것으로 예상된다. 5G의 key feature인 URLLC는 6G 통신에서 1ms보다 적은 단-대-단(end-to-end) 지연을 제공함으로써 보다 더 주요한 기술이 될 것이다. 6G 시스템은 자주 사용되는 영역 스펙트럼 효율과 달리 체적 스펙트럼 효율이 훨씬 우수할 것이다. 6G 시스템은 매우 긴 배터리 수명과 에너지 수확을 위한 고급 배터리 기술을 제공할 수 있어, 6G 시스템에서 모바일 디바이스들은 별도로 충전될 필요가 없을 것이다. 6G에서 새로운 네트워크 특성들은 다음과 같을 수 있다.

[136] - 위성 통합 네트워크(Satellites integrated network): 글로벌 모바일 집단을 제공하기 위해 6G는 위성과 통합될 것으로 예상된다. 지상파, 위성 및 공중 네트워크를 하나의 무선통신 시스템으로 통합은 6G에 매우 중요하다.

[137] - 연결된 인텔리전스(Connected intelligence): 이전 세대의 무선 통신 시스템과 달리 6G는 혁신적이며, "연결된 사물"에서 "연결된 지능"으로 무선 진화가 업데이트될 것이다. AI는 통신 절차의 각 단계(또는 후술할 신호 처리의 각 절차)에서 적용될 수 있다.

[138] - 무선 정보 및 에너지 전달의 완벽한 통합(Seamless integration wireless information and energy transfer): 6G 무선 네트워크는 스마트폰들과 센서들과 같이 디바이스들의 배터리를 충전하기 위해 전력을 전달할 것이다. 그러므로, 무선 정보 및 에너지 전송 (WIET)은 통합될 것이다.

[139] - 유비쿼터스 슈퍼 3D 연결(Ubiquitous super 3D connectivity): 드론 및 매우 낮은 지구 궤도 위성의 네트워크 및 핵심 네트워크 기능에 접속은 6G 유비쿼터스에서

슈퍼 3D 연결을 만들 것이다.

- [140] 위와 같은 6G의 새로운 네트워크 특성들에서 몇 가지 일반적인 요구 사항은 다음과 같을 수 있다.
- [141] - 스몰 셀 네트워크(small cell networks): 스몰 셀 네트워크의 아이디어는 셀룰러 시스템에서 처리량, 에너지 효율 및 스펙트럼 효율 향상의 결과로 수신 신호 품질을 향상시키기 위해 도입되었다. 결과적으로, 스몰 셀 네트워크는 5G 및 비온드 5G (5GB) 이상의 통신 시스템에 필수적인 특성이다. 따라서, 6G 통신 시스템 역시 스몰 셀 네트워크의 특성을 채택한다.
- [142] - 초 고밀도 이기종 네트워크(Ultra-dense heterogeneous network): 초 고밀도 이기종 네트워크들은 6G 통신 시스템의 또 다른 중요한 특성이 될 것이다. 이기종 네트워크로 구성된 멀티-티어 네트워크는 전체 QoS를 개선하고 비용을 줄인다.
- [143] - 대용량 백홀(High-capacity backhaul): 백홀 연결은 대용량 트래픽을 지원하기 위해 대용량 백홀 네트워크로 특징지어진다. 고속 광섬유 및 자유 공간 광학(FSO) 시스템이 이 문제에 대한 가능한 솔루션일 수 있다.
- [144] - 모바일 기술과 통합된 레이더 기술: 통신을 통한 고정밀 지역화(또는 위치 기반 서비스)는 6G 무선통신 시스템의 기능 중 하나이다. 따라서, 레이더 시스템은 6G 네트워크와 통합될 것이다.
- [145] - 소프트웨어 및 가상화(Softwareization and virtualization): 소프트웨어 및 가상화는 유연성, 재구성성 및 프로그래밍 가능성을 보장하기 위해 5GB 네트워크에서 설계 프로세스의 기초가 되는 두 가지 중요한 기능이다. 또한, 공유 물리적 인프라에서 수십억 개의 장치가 공유될 수 있다.

[146]

[147] 6G 시스템의 핵심 구현 기술

[148] 인공 지능(Artificial Intelligence)

- [149] 6G 시스템에 가장 중요하며, 새로 도입될 기술은 AI이다. 4G 시스템에는 AI가 관여하지 않았다. 5G 시스템은 부분 또는 매우 제한된 AI를 지원할 것이다. 그러나, 6G 시스템은 완전히 자동화를 위해 AI가 지원될 것이다. 머신 러닝의 발전은 6G에서 실시간 통신을 위해 보다 지능적인 네트워크를 만들 것이다. 통신에 AI를 도입하면 실시간 데이터 전송이 간소화되고 향상될 수 있다. AI는 수많은 분석을 사용하여 복잡한 대상 작업이 수행되는 방식을 결정할 수 있다. 즉, AI는 효율성을 높이고 처리 지연을 줄일 수 있다.

- [150] 핸드 오버, 네트워크 선택, 자원 스케줄링과 같은 시간 소모적인 작업은 AI를 사용함으로써 즉시 수행될 수 있다. AI는 M2M, 기계-대-인간 및 인간-대-기계 통신에서도 중요한 역할을 할 수 있다. 또한, AI는 BCI(Brain Computer Interface)에서 신속한 통신이 될 수 있다. AI 기반 통신 시스템은 메타 물질, 지능형 구조, 지능형 네트워크, 지능형 장치, 지능형 인지 라디오(radio), 자체 유지 무선 네트워크 및 머신 러닝에 의해 지원될 수 있다.

- [151] 최근에는 AI를 무선 통신 시스템과 통합하려고 하는 시도들이 나타나고 있으나, 이는 application layer, network layer 특히, 딥러닝을 wireless resource management and allocation 분야에 집중되어 왔다. 그러나, 이러한 연구는 점점 MAC layer 와 Physical layer로 발전하고 있으며, 특히 물리계층에서 딥러닝을 무선 전송(wireless transmission)과 결합하고자 하는 시도들이 나타나고 있다. AI 기반의 물리계층 전송은, 근본적인 신호 처리 및 통신 메커니즘에 있어서, 전통적인 통신 프레임워크가 아니라 AI 드라이버에 기초한 신호 처리 및 통신 메커니즘을 적용하는 것을 의미한다. 예를 들어, 딥러닝 기반의 채널 코딩 및 디코딩(channel coding and decoding), 딥러닝 기반의 신호 추정(estimation) 및 검출(detection), 딥러닝 기반의 MIMO mechanism, AI 기반의 자원 스케줄링(scheduling) 및 할당(allocation) 등을 포함할 수 있다.
- [152] 머신 러닝은 채널 추정 및 채널 트래킹을 위해 사용될 수 있으며, DL(downlink)의 물리 계층(physical layer)에서 전력 할당(power allocation), 간섭 제거 (interference cancellation) 등에 사용될 수 있다. 또한, 머신 러닝은 MIMO 시스템에서 안테나 선택, 전력 제어(power control), 심볼 검출(symbol detection) 등에도 사용될 수 있다.
- [153] 그러나 물리계층에서의 전송을 위한 DNN의 적용은 아래와 같은 문제점이 있을 수 있다.
- [154] 딥러닝 기반의 AI 알고리즘은 훈련 파라미터를 최적화하기 위해 수많은 훈련 데이터가 필요하다. 그러나 특정 채널 환경에서의 데이터를 훈련 데이터로 획득하는데 있어서의 한계로 인해, 오프라인 상에서 많은 훈련 데이터를 사용한다. 이는 특정 채널 환경에서 훈련 데이터에 대한 정적 훈련(static training)은, 무선 채널의 동적 특성 및 다이버시티(diversity) 사이에 모순(contradiction)이 생길 수 있다.
- [155] 또한, 현재 딥러닝은 주로 실제 신호(real signal)를 대상으로 한다. 그러나, 무선 통신의 물리 계층의 신호들은 복소 신호(complex signal)이다. 무선 통신 신호의 특성을 매칭시키기 위해 복소 도메인 신호의 검출하는 신경망(neural network)에 대한 연구가 더 필요하다.
- [156] 이하, 머신 러닝에 대해 보다 구체적으로 살펴본다.
- [157] 머신 러닝은 사람이 할 수 있거나 혹은 하기 어려운 작업을 대신해낼 수 있는 기계를 만들어내기 위해 기계를 학습시키는 일련의 동작을 의미한다. 머신 러닝을 위해서는 데이터와 러닝 모델이 필요하다. 머신 러닝에서 데이터의 학습 방법은 크게 3가지 즉, 지도 학습(supervised learning), 비지도 학습(unsupervised learning) 그리고 강화 학습(reinforcement learning)으로 구분될 수 있다.
- [158] 신경망 학습은 출력의 오류를 최소화하기 위한 것이다. 신경망 학습은 반복적으로 학습 데이터를 신경망에 입력시키고 학습 데이터에 대한 신경망의 출력과 타겟의 에러를 계산하고, 에러를 줄이기 위한 방향으로 신경망의 에러를 신경망의 출력 레이어에서부터 입력 레이어 방향으로 역전파(backpropagation)

하여 신경망의 각 노드의 가중치를 업데이트하는 과정이다.

- [159] 지도 학습은 학습 데이터에 정답이 라벨링된 학습 데이터를 사용하며 비지도 학습은 학습 데이터에 정답이 라벨링되어 있지 않을 수 있다. 즉, 예를 들어 데이터 분류에 관한 지도 학습의 경우의 학습 데이터는 학습 데이터 각각에 카테고리가 라벨링된 데이터 일 수 있다. 라벨링된 학습 데이터가 신경망에 입력되고 신경망의 출력(카테고리)과 학습 데이터의 라벨을 비교하여 오차(error)가 계산될 수 있다. 계산된 오차는 신경망에서 역방향(즉, 출력 레이어에서 입력 레이어 방향)으로 역전파 되며, 역전파에 따라 신경망의 각 레이어의 각 노드들의 연결 가중치가 업데이트 될 수 있다. 업데이트 되는 각 노드의 연결 가중치는 학습률(learning rate)에 따라 변화량이 결정될 수 있다. 입력 데이터에 대한 신경망의 계산과 에러의 역전파는 학습 사이클(epoch)을 구성할 수 있다. 학습률은 신경망의 학습 사이클의 반복 횟수에 따라 상이하게 적용될 수 있다. 예를 들어, 신경망의 학습 초기에는 높은 학습률을 사용하여 신경망이 빠르게 일정 수준의 성능을 확보하도록 하여 효율성을 높이고, 학습 후기에는 낮은 학습률을 사용하여 정확도를 높일 수 있다
- [160] 데이터의 특징에 따라 학습 방법은 달라질 수 있다. 예를 들어, 통신 시스템 상에서 송신단에서 전송한 데이터를 수신단에서 정확하게 예측하는 것을 목적으로 하는 경우, 비지도 학습 또는 강화 학습 보다는 지도 학습을 이용하여 학습을 수행하는 것이 바람직하다.
- [161] 러닝 모델은 인간의 뇌에 해당하는 것으로서, 가장 기본적인 선형 모델을 생각할 수 있으나, 인공 신경망(artificial neural networks)와 같은 복잡성이 높은 신경망 구조를 러닝 모델로 사용하는 머신 러닝의 패러다임을 딥러닝(deep learning)이라 한다.
- [162] 학습(learning) 방식으로 사용하는 신경망 코어(neural network cord)는 크게 심층 신경망(DNN, deep neural networks), 합성곱 신경망(CNN, convolutional deep neural networks), 순환 신경망(RNN, Recurrent Boltzmann Machine) 방식이 있다.
- [163] 인공 신경망(artificial neural network)은 여러 개의 퍼셉트론을 연결한 예시이다.
- [164] 도 3은 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 퍼셉트론의 구조를 예시한다.
- [165] 도 3을 참조하면, 입력 벡터 $x=(x_1, x_2, \dots, x_d)$ 가 입력되면 각 성분에 가중치($W_1, W_2, \dots, W_d$)를 곱하고, 그 결과를 모두 합산한 후, 활성화함수 $\sigma(\cdot)$ 를 적용하는 전체 과정을 퍼셉트론(perceptron)이라 한다. 거대한 인공 신경망 구조는 도 3에 도시한 단순화된 퍼셉트론 구조를 확장하여 입력벡터를 서로 다른 다 차원의 퍼셉트론에 적용할 수도 있다. 설명의 편의를 위해 입력값 또는 출력값을 노드(node)라 칭한다.
- [166] 한편, 도 3에 도시된 퍼셉트론 구조는 입력값, 출력값을 기준으로 총 3개의 층(layer)로 구성되는 것으로 설명할 수 있다. 1st layer와 2nd layer 사이에는 (d+1) 차원의 퍼셉트론 H개, 2nd layer와 3rd layer 사이에는 (H+1)차원 퍼셉트론이 K 개

존재하는 인공신경망을 도 4와 같이 표현할 수 있다.

[167] 도 4는 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 다층 퍼셉트론의 구조를 예시한다.

[168] 입력벡터가 위치하는 층을 입력층(input layer), 최종 출력값이 위치하는 층을 출력층(output layer), 입력층과 출력층 사이에 위치하는 모든 층을 은닉층(hidden layer)라 한다. 도 4의 예시는 3개의 층이 개시되나, 실제 인공신경망 층의 개수를 카운트할 때는 입력층을 제외하고 카운트하므로 총 2개의 층으로 볼 수 있다. 인공신경망은 기본 블록의 퍼셉트론을 2차원적으로 연결되어 구성된다.

[169] 전술한 입력층, 은닉층, 출력층은 다층 퍼셉트론 뿐 아니라 후술할 CNN, RNN 등 다양한 인공신경망 구조에서 공동적으로 적용될 수 있다. 은닉층의 개수가 많아질수록 인공신경망이 깊어진 것이며, 충분히 깊어진 인공신경망을 러닝모델로 사용하는 머신러닝 패러다임을 딥러닝(Deep Learning)이라 한다. 또한 딥러닝을 위해 사용하는 인공신경망을 심층 신경망(DNN: Deep neural network)라 한다.

[170] 도 5는 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 심층 신경망의 구조를 예시한다.

[171] 도 5에 도시된 심층 신경망은 은닉층+출력층이 8개로 구성된 다층 퍼셉트론이다. 상기 다층 퍼셉트론 구조를 완전 연결 신경망(fully-connected neural network)이라 표현한다. 완전 연결 신경망은 서로 같은 층에 위치하는 노드 간에는 연결 관계가 존재하지 않으며, 인접한 층에 위치한 노드들 간에만 연결 관계가 존재한다. DNN은 완전 연결 신경망 구조를 가지고 다수의 은닉층과 활성화함수들의 조합으로 구성되어 입력과 출력 사이의 상관관계 특성을 파악하는데 유용하게 적용될 수 있다. 여기서 상관관계 특성은 입출력의 결합확률(joint probability)을 의미할 수 있다.

[172] ‘한편, 복수의 퍼셉트론을 서로 어떻게 연결하느냐에 따라 전술한 DNN과 다른 다양한 인공 신경망 구조를 형성할 수 있다.

[173] DNN은 하나의 층 내부에 위치한 노드들이 1차원적의 세로 방향으로 배치되어 있다. 그러나, 도 6는 노드들이 2차원적으로 가로 w 개, 세로 h 개의 노드가 배치할 경우를 가정할 수 있다(도 6의 컨볼루션 신경망 구조). 이 경우, 하나의 입력노드에서 은닉층으로 이어지는 연결과정에서 연결 하나당 가중치가 부가되므로 총 $h \times w$ 개의 가중치를 고려해야한다. 입력층에 $h \times w$ 개의 노드가 존재하므로 인접한 두 층 사이에는 총 $h^2 w^2$ 개의 가중치가 필요하다.

[174] 도 6은 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 컨볼루션 신경망의 구조를 예시한다.

[175] 도 6의 컨볼루션 신경망은 연결개수에 따라 가중치의 개수가 기하급수적으로 증가하는 문제가 있어 인접한 층 간의 모든 모드의 연결을 고려하는 대신, 크기가 작은 필터(filter)가 존재하는 것으로 가정하여 도 7에서와 같이 필터가 겹치는 부분에 대해서는 가중합 및 활성화함수 연산을 수행하도록 한다.

- [176] 하나의 필터는 그 크기만큼의 개수에 해당하는 가중치를 가지며, 이미지 상의 어느 특정한 특징을 요인으로 추출하여 출력할 수 있도록 가중치의 학습이 이루어질 수 있다. 도 7에서는 3X3 크기의 필터가 입력층의 가장 좌측 상단 3X3 영역에 적용되고, 해당 노드에 대한 가중합 및 활성화함수 연산을 수행한 결과 출력값을 z_{22} 에 저장한다.
- [177] 상기 필터는 입력층을 스캔하면서 가로,세로 일정 간격 만큼 이동하면서 가중합 및 활성화함수 연산을 수행하고 그 출력값을 현재 필터의 위치에 위치시킨다. 이러한 연산 방식은 컴퓨터 비전(computer vision) 분야에서 이미지에 대한 컨볼루션(convolution) 연산과 유사하여 이러한 구조의 심층 신경망을 컨볼루션 신경망(CNN: convolutional neural network)라 하고, 컨볼루션 연산 결과 생성되는 은닉층을 컨볼루션 층(convolutional layer)라 한다. 또한, 복수의 컨볼루션 층이 존재하는 신경망을 심층 컨볼루션 신경망(DCNN: Deep convolutional)이라 한다.
- [178] 도 7은 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 컨볼루션 신경망에서의 필터 연산을 예시한다.
- [179] 컨볼루션 층에서는 현재 필터가 위치한 노드에서, 상기 필터가 커버하는 영역에 위치한 노드만을 포괄하여 가중합을 계산함으로써, 가중치의 개수를 줄여줄 수 있다. 이로 인해, 하나의 필터가 로컬(local) 영역에 대한 특징에 집중하도록 이용될 수 있다. 이에 따라 CNN은 2차원 영역 상의 물리적 거리가 중요한 판단 기준이 되는 이미지 데이터 처리에 효과적으로 적용될 수 있다. 한편, CNN은 컨볼루션 층의 직전에 복수의 필터가 적용될 수 있으며, 각 필터의 컨볼루션 연산을 통해 복수의 출력 결과를 생성할 수도 있다.
- [180] 한편, 데이터 속성에 따라 시퀀스(sequence) 특성이 중요한 데이터들이 있을 수 있다. 이러한 시퀀스 데이터들의 길이 가변성, 선후 관계를 고려하여 데이터 시퀀스 상의 원소를 매 시점(timestep) 마다 하나씩 입력하고, 특정 시점에 출력된 은닉층의 출력 벡터(은닉 벡터)를, 시퀀스 상의 바로 다음 원소와 함께 입력하는 방식을 인공 신경망에 적용한 구조를 순환 신경망 구조라 한다.
- [181] 도 8은 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 순환 루프가 존재하는 신경망 구조를 예시한다.
- [182] 도 8을 참조하면, 순환 신경망(RNN: recurrent neural network)은 데이터 시퀀스 상의 어느 시점 t 의 원소 ($x_1(t), x_2(t), \dots, x_d(t)$)를 완전 연결 신경망에 입력하는 과정에서, 바로 이전 시점 $t-1$ 은 은닉 벡터 ($z_1(t-1), z_2(t-1), \dots, z_H(t-1)$)을 함께 입력하여 가중합 및 활성화함수를 적용하는 구조이다. 이와 같이 은닉 벡터를 다음 시점으로 전달하는 이유는 앞선 시점들에서의 입력 벡터속 정보들이 현재 시점의 은닉 벡터에 누적된 것으로 간주하기 때문이다.
- [183] 도 9는 본 명세서에서 제안하는 방법이 적용될 수 있는 순환 신경망의 동작 구조를 예시한다.
- [184] 도 9를 참조하면, 순환 신경망은 입력되는 데이터 시퀀스에 대하여 소정의 시점

순서대로 동작한다.

- [185] 시점 1에서의 입력 벡터 ($x_1(t), x_2(t), \dots, x_d(t)$)가 순환 신경망에 입력되었을 때의 은닉 벡터 ($z_1(1), z_2(1), \dots, z_H(1)$)가 시점 2의 입력 벡터 ($x_1(2), x_2(2), \dots, x_d(2)$)와 함께 입력되어 가중합 및 활성화 함수를 통해 은닉층의 벡터 ($z_1(2), z_2(2), \dots, z_H(2)$)를 결정한다. 이러한 과정은 시점 2, 시점 3, ..., 시점 T 까지 반복적으로 수행된다.
- [186] 한편, 순환 신경망 내에서 복수의 은닉층이 배치될 경우, 이를 심층 순환 신경망(DRNN: Deep recurrent neural network)라 한다. 순환 신경망은 시퀀스 데이터(예를 들어, 자연어 처리(natural language processing)에 유용하게 적용되도록 설계되어 있다.
- [187] 학습(learning) 방식으로 사용하는 신경망 코어로서 DNN, CNN, RNN 외에 제한 볼츠만 머신(RBM, Restricted Boltzmann Machine), 심층 신뢰 신경망(DBN, deep belief networks), 심층 Q-네트워크(Deep Q-Network)와 같은 다양한 딥 러닝 기법들을 포함하며, 컴퓨터비전, 음성인식, 자연어처리, 음성/신호처리 등의 분야에 적용될 수 있다.
- [188] 최근에는 AI를 무선 통신 시스템과 통합하려고 하는 시도들이 나타나고 있으나, 이는 application layer, network layer 특히, 딥러닝을 wireless resource management and allocation 분야에 집중되어 왔다. 그러나, 이러한 연구는 점점 MAC layer 와 Physical layer로 발전하고 있으며, 특히 물리계층에서 딥러닝을 무선 전송(wireless transmission)과 결합하고자 하는 시도들이 나타나고 있다. AI 기반의 물리계층 전송은, 근본적인 신호 처리 및 통신 메커니즘에 있어서, 전통적인 통신 프레임워크가 아니라 AI 드라이버에 기초한 신호 처리 및 통신 메커니즘을 적용하는 것을 의미한다. 예를 들어, 딥러닝 기반의 채널 코딩 및 디코딩(channel coding and decoding), 딥러닝 기반의 신호 추정(estimation) 및 검출(detection), 딥러닝 기반의 MIMO mechanism, AI 기반의 자원 스케줄링(scheduling) 및 할당(allocation) 등을 포함할 수 있다.
- [189] THz(Terahertz) 통신
- [190] 데이터 전송률은 대역폭을 늘려 높일 수 있다. 이것은 넓은 대역폭으로 sub-THz 통신을 사용하고, 진보된 대규모 MIMO 기술을 적용하여 수행될 수 있다. 밀리미터 이하의 방사선으로도 알려진 THz파는 일반적으로 0.03mm-3mm 범위의 해당 파장을 가진 0.1THz와 10THz 사이의 주파수 대역을 나타낸다. 100GHz-300GHz 대역 범위(Sub THz 대역)는 셀룰러 통신을 위한 THz 대역의 주요 부분으로 간주된다. Sub-THz 대역 mmWave 대역에 추가하면 6G 셀룰러 통신 용량은 늘어난다.. 정의된 THz 대역 중 300GHz-3THz는 원적외선 (IR) 주파수 대역에 있다. 300GHz-3THz 대역은 광 대역의 일부이지만 광 대역의 경계에 있으며, RF 대역 바로 뒤에 있다. 따라서, 이 300 GHz-3 THz 대역은 RF와 유사성을 나타낸다.
- [191] THz 통신의 주요 특성은 (i) 매우 높은 데이터 전송률을 지원하기 위해

광범위하게 사용 가능한 대역폭, (ii) 고주파에서 발생하는 높은 경로 손실 (고지향성 안테나는 필수 불가결)을 포함한다. 높은 지향성 안테나에서 생성된 좁은 빔 폭은 간섭을 줄인다. THz 신호의 작은 파장은 훨씬 더 많은 수의 안테나 소자가 이 대역에서 동작하는 장치 및 BS에 통합될 수 있게 한다. 이를 통해 범위 제한을 극복할 수 있는 고급 적응형 배열 기술을 사용할 수 있다.

[192] 광 무선 기술 (Optical wireless technology)

[193] OWC 기술은 가능한 모든 장치-대-액세스 네트워크를 위한 RF 기반 통신 외에도 6G 통신을 위해 계획되었다. 이러한 네트워크는 네트워크-대-백홀/프론트홀 네트워크 연결에 접속한다. OWC 기술은 4G 통신 시스템 이후 이미 사용되고 있으나 6G 통신 시스템의 요구를 충족시키기 위해 더 널리 사용될 것이다. 광 충실도(light fidelity), 가시광 통신, 광 카메라 통신 및 광 대역에 기초한 FSO 통신과 같은 OWC 기술은 이미 잘 알려진 기술이다. 광 무선 기술 기반의 통신은 매우 높은 데이터 속도, 낮은 지연 시간 및 안전한 통신을 제공할 수 있다. LiDAR 또한 광 대역을 기반으로 6G 통신에서 초고해상도 3D 매핑을 위해 이용될 수 있다.

[194] FSO 백홀 네트워크

[195] FSO 시스템의 송신기 및 수신기 특성은 광섬유 네트워크의 특성과 유사하다. 따라서, FSO 시스템의 데이터 전송은 광섬유 시스템과 비슷하다. 따라서, FSO는 광섬유 네트워크와 함께 6G 시스템에서 백홀 연결을 제공하는 좋은 기술이 될 수 있다. FSO를 사용하면, 10,000km 이상의 거리에서도 매우 장거리 통신이 가능하다. FSO는 바다, 우주, 수중, 고립된 섬과 같은 원격 및 비원격 지역을 위한 대용량 백홀 연결을 지원한다. FSO는 셀룰러 BS 연결도 지원한다.

[196] 대규모 MIMO 기술

[197] 스펙트럼 효율을 향상시키는 핵심 기술 중 하나는 MIMO 기술을 적용하는 것이다. MIMO 기술이 향상되면 스펙트럼 효율도 향상된다. 따라서, 6G 시스템에서 대규모 MIMO 기술이 중요할 것이다. MIMO 기술은 다중 경로를 이용하기 때문에 데이터 신호가 하나 이상의 경로로 전송될 수 있도록 다중화 기술 및 THz 대역에 적합한 빔 생성 및 운영 기술도 중요하게 고려되어야 한다.

[198] 블록 체인

[199] 블록 체인은 미래의 통신 시스템에서 대량의 데이터를 관리하는 중요한 기술이 될 것이다. 블록 체인은 분산 원장 기술의 한 형태로서, 분산 원장은 수많은 노드 또는 컴퓨팅 장치에 분산되어 있는 데이터베이스이다. 각 노드는 동일한 원장 사본을 복제하고 저장한다. 블록 체인은 P2P 네트워크로 관리된다. 중앙 집중식 기관이나 서버에서 관리하지 않고 존재할 수 있다. 블록 체인의 데이터는 함께 수집되어 블록으로 구성된다. 블록은 서로 연결되고 암호화를 사용하여 보호된다. 블록 체인은 본질적으로 향상된 상호 운용성(interoperability), 보안, 개인 정보 보호, 안정성 및 확장성을 통해 대규모 IoT를 완벽하게 보완한다. 따라서, 블록 체인 기술은 장치 간 상호 운용성, 대용량 데이터 추적성, 다른 IoT

시스템의 자율적 상호 작용 및 6G 통신 시스템의 대규모 연결 안정성과 같은 여러 기능을 제공한다.

[200] 3D 네트워킹

[201] 6G 시스템은 지상 및 공중 네트워크를 통합하여 수직 확장의 사용자 통신을 지원한다. 3D BS는 저궤도 위성 및 UAV를 통해 제공될 것이다. 고도 및 관련 자유도 측면에서 새로운 차원을 추가하면 3D 연결이 기존 2D 네트워크와 상당히 다르다.

[202] 양자 커뮤니케이션

[203] 6G 네트워크의 맥락에서 네트워크의 감독되지 않은 강화 학습이 유망하다. 지도 학습 방식은 6G에서 생성된 방대한 양의 데이터에 레이블을 지정할 수 없다. 비지도 학습에는 라벨링이 필요하지 않다. 따라서, 이 기술은 복잡한 네트워크의 표현을 자율적으로 구축하는 데 사용할 수 있다. 강화 학습과 비지도 학습을 결합하면 진정한 자율적인 방식으로 네트워크를 운영할 수 있다.

[204] 무인 항공기

[205] UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 또는 드론은 6G 무선 통신에서 중요한 요소가 될 것이다. 대부분의 경우, UAV 기술을 사용하여 고속 데이터 무선 연결이 제공된다. BS 엔티티는 셀룰러 연결을 제공하기 위해 UAV에 설치된다. UAV는 쉬운 배치, 강력한 가시선 링크 및 이동성이 제어되는 자유도와 같은 고정 BS 인프라에서 볼 수 없는 특정 기능을 가지고 있다. 천재 지변 등의 긴급 상황 동안, 지상 통신 인프라의 배치는 경제적으로 실현 가능하지 않으며, 때로는 휘발성 환경에서 서비스를 제공할 수 없다. UAV는 이러한 상황을 쉽게 처리할 수 *?*있다. UAV는 무선 통신 분야의 새로운 패러다임이 될 것이다. 이 기술은 eMBB, URLLC 및 mMTC 인 무선 네트워크의 세 가지 기본 요구 사항을 용이하게 한다. UAV는 또한, 네트워크 연결성 향상, 화재 감지, 재난 응급 서비스, 보안 및 감시, 오염 모니터링, 주차 모니터링, 사고 모니터링 등과 같은 여러 가지 목적을 지원할 수 있다. 따라서, UAV 기술은 6G 통신에 가장 중요한 기술 중 하나로 인식되고 있다.

[206] 셀-프리 통신(Cell-free Communication)

[207] 여러 주파수와 이기종 통신 기술의 긴밀한 통합은 6G 시스템에서 매우 중요하다. 결과적으로, 사용자는 디바이스에서 어떤 수동 구성을 만들 필요 없이 네트워크에서 다른 네트워크로 원활하게 이동할 수 있다. 사용 가능한 통신 기술에서 최상의 네트워크가 자동으로 선택된다. 이것은 무선 통신에서 셀 개념의 한계를 깨뜨릴 것이다. 현재, 하나의 셀에서 다른 셀로의 사용자 이동은 고밀도 네트워크에서 너무 많은 핸드 오버를 야기하고, 핸드 오버 실패, 핸드 오버 지연, 데이터 손실 및 핑퐁 효과를 야기한다. 6G 셀-프리 통신은 이 모든 것을 극복하고 더 나은 QoS를 제공할 것이다. 셀-프리 통신은 멀티 커넥티비티 및 멀티-티어 하이브리드 기술과 장치의 서로 다른 이기종 라디오를 통해 달성될 것이다.

[208] 무선 정보 및 에너지 전송 통합

[209] WIET은 무선 통신 시스템과 같이 동일한 필드와 웨이브(wave)를 사용한다. 특히, 센서와 스마트폰은 통신 중 무선 전력 전송을 사용하여 충전될 것이다. WIET은 배터리 충전 무선 시스템의 수명을 연장하기 위한 유망한 기술이다. 따라서, 배터리가 없는 장치는 6G 통신에서 지원될 것이다.

[210] 센싱과 커뮤니케이션의 통합

[211] 자율 무선 네트워크는 동적으로 변화하는 환경 상태를 지속적으로 감지하고 서로 다른 노드간에 정보를 교환할 수 있는 기능이다. 6G에서, 감지는 자율 시스템을 지원하기 위해 통신과 긴밀하게 통합될 것이다.

[212] 액세스 백홀 네트워크의 통합

[213] 6G에서 액세스 네트워크의 밀도는 엄청날 것이다. 각 액세스 네트워크는 광섬유와 FSO 네트워크와 같은 백홀 연결로 연결된다. 매우 많은 수의 액세스 네트워크들에 대처하기 위해, 액세스 및 백홀 네트워크 사이에 긴밀한 통합이 있을 것이다.

[214] 홀로그램 빔 포밍

[215] 빔 포밍은 특정 방향으로 무선 신호를 전송하기 위해 안테나 배열을 조정하는 신호 처리 절차이다. 스마트 안테나 또는 진보된 안테나 시스템의 하위 집합이다. 빔 포밍 기술은 높은 호 대잡음비, 간섭 방지 및 거부, 높은 네트워크 효율과 같은 몇 가지 장점이 있다. 홀로그램 빔 포밍 (HBF)은 소프트웨어-정의된 안테나를 사용하기 때문에 MIMO 시스템과 상당히 다른 새로운 빔 포밍 방법이다. HBF는 6G에서 다중 안테나 통신 장치에서 신호의 효율적이고 유연한 전송 및 수신을 위해 매우 효과적인 접근 방식이 될 것이다.

[216] 빅 데이터 분석

[217] 빅 데이터 분석은 다양한 대규모 데이터 세트 또는 빅 데이터를 분석하기 위한 복잡한 프로세스이다. 이 프로세스는 숨겨진 데이터, 알 수 없는 상관 관계 및 고객 성향과 같은 정보를 찾아 완벽한 데이터 관리를 보장한다. 빅 데이터는 비디오, 소셜 네트워크, 이미지 및 센서와 같은 다양한 소스에서 수집된다. 이 기술은 6G 시스템에서 방대한 데이터를 처리하는 데 널리 사용된다.

[218] Large Intelligent Surface(LIS)

[219] THz 대역 신호의 경우 직진성이 강하여 방해물로 인한 음영 지역이 많이 생길 수 있는데, 이러한 음영 지역 근처에 LIS 설치함으로써 통신 권역을 확대하고 통신 안정성 강화 및 추가적인 부가 서비스가 가능한 LIS 기술이 중요하게 된다. LIS는 전자기 물질(electromagnetic materials)로 만들어진 인공 표면(artificial surface)이고, 들어오는 무선파와 나가는 무선파의 전파(propagation)을 변경시킬 수 있다. LIS는 massive MIMO의 확장으로 보여질 수 있으나, massive MIMO와 서로 다른 array 구조 및 동작 메커니즘이 다르다. 또한, LIS는 수동 엘리먼트(passive elements)를 가진 재구성 가능한 리플렉터(reflector)로서 동작하는 점 즉, 활성(active) RF chain을 사용하지 않고 신호를 수동적으로만

반사(reflect)하는 점에서 낮은 전력 소비를 가지는 장점이 있다. 또한, LIS의 수동적인 리플렉터 각각은 입사되는 신호의 위상 편이를 독립적으로 조절해야 하기 때문에, 무선 통신 채널에 유리할 수 있다. LIS 컨트롤러를 통해 위상 편이를 적절히 조절함으로써, 반사된 신호는 수신된 신호 전력을 부스트(boost)하기 위해 타겟 수신기에서 모여질 수 있다.

[220]

[221] 테라헤르츠(THz) 무선통신 일반

[222] THz 무선통신은 대략 0.1~10THz(1THz=10¹²Hz)의 진동수를 가지는 THz파를 이용하여 무선통신을 이용하는 것으로, 100GHz 이상의 매우 높은 캐리어 주파수를 사용하는 테라헤르츠(THz) 대역 무선통신을 의미할 수 있다. THz파는 RF(Radio Frequency)/밀리미터(mm)와 적외선 대역 사이에 위치하며, (i) 가시광/적외선에 비해 비금속/비분극성 물질을 잘 투과하며 RF/밀리미터파에 비해 파장이 짧아 높은 직진성을 가지며 빔 집속이 가능할 수 있다. 또한, THz파의 광자 에너지는 수 meV에 불과하기 때문에 인체에 무해한 특성이 있다. THz 무선통신에 이용될 것으로 기대되는 주파수 대역은 공기 중 분자 흡수에 의한 전파 손실이 작은 D-밴드(110GHz~170GHz) 혹은 H-밴드(220GHz~325GHz) 대역일 수 있다. THz 무선통신에 대한 표준화 논의는 3GPP 이외에도 IEEE 802.15 THz working group을 중심으로 논의되고 있으며, IEEE 802.15의 Task Group (TG3d, TG3e)에서 발행되는 표준문서는 본 명세서에서 설명되는 내용을 구체화하거나 보충할 수 있다. THz 무선통신은 무선 인식(wireless cognition), 센싱(sensing), 이미징(imaging), 무선 통신(wireless), THz 네비게이션(navigation) 등에 응용될 수 있다.

[223] 도 11은 THz 통신 응용의 일례를 나타낸 도이다.

[224] 도 11에 도시된 바와 같이, THz 무선통신 시나리오는 매크로 네트워크(macro network), 마이크로 네트워크(micro network), 나노스케일 네트워크(nanoscale network)로 분류될 수 있다. 매크로 네트워크에서 THz 무선통신은 vehicle-to-vehicle 연결 및 backhaul/fronthaul 연결에 응용될 수 있다. 마이크로 네트워크에서 THz 무선통신은 인도어 스몰 셀(small cell), 데이터 센터에서 무선 연결과 같은 고정된 point-to-point 또는 multi-point 연결, 키오스크 다운로드와 같은 근거리 통신(near-field communication)에 응용될 수 있다.

[225] 아래 표 2는 THz 파에서 이용될 수 있는 기술의 일례를 나타낸 표이다.

[226] [표2]

Transceivers Device	Available immature: UTC-PD, RTD and SBD
Modulation and coding	Low order modulation techniques (OOK, QPSK), LDPC, Reed Soloman, Hamming, Polar, Turbo
Antenna	Omni and Directional, phased array with low number of antenna elements
Bandwidth	69GHz (or 23 GHz) at 300GHz
Channel models	Partially
Data rate	100Gbps
Outdoor deployment	No
Free space loss	High
Coverage	Low
Radio Measurements	300GHz indoor
Device size	Few micrometers

[227] THz 무선통신은 THz 발생 및 수신을 위한 방법을 기준으로 분류할 수 있다.

THz 발생 방법은 광 소자 또는 전자소자 기반 기술로 분류할 수 있다.

[228] 도 12는 전자소자 기반 THz 무선통신 송수신기의 일례를 나타낸 도이다.

[229] 전자 소자를 이용하여 THz를 발생시키는 방법은 공명 터널링 다이오드(RTD: Resonant Tunneling Diode)와 같은 반도체 소자를 이용하는 방법, 국부 발진기와 체배기를 이용하는 방법, 화합물 반도체 HEMT(High Electron Mobility Transistor) 기반의 집적회로를 이용한 MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuits) 방법, Si-CMOS 기반의 집적회로를 이용하는 방법 등이 있다. 도 12의 경우, 주파수를 높이기 위해 체배기(doubler, tripler, multiplier)가 적용되었고, 서브하모닉 믹서를 지나 안테나에 의해 방사된다. THz 대역은 높은 주파수를 형성하므로, 체배기가 필수적이다. 여기서, 체배기는 입력 대비 N배의 출력 주파수를 갖게 하는 회로이며, 원하는 하모닉 주파수에 정합시키고, 나머지 모든 주파수는 걸러낸다. 그리고, 도 12의 안테나에 배열 안테나 등이 적용되어 빔포밍이 구현될 수도 있다. 도 12에서, IF는 중간 주파수(intermediate frequency)를 나타내며, tripler, multiplier는 체배기를 나타내며, PA 전력 증폭기(Power Amplifier)를 나타내며, LNA는 저잡음 증폭기(low noise amplifier), PLL은 위상동기회로(Phase-Locked Loop)를 나타낸다.

[230] 도 13은 광 소자 기반 THz 신호를 생성하는 방법의 일례를 나타낸 도이며, 도 14는 광 소자 기반 THz 무선통신 송수신기의 일례를 나타낸 도이다.

[231] 광 소자 기반 THz 무선통신 기술은 광소자를 이용하여 THz 신호를 발생 및 변조하는 방법을 말한다. 광 소자 기반 THz 신호 생성 기술은 레이저와 광변조기 등을 이용하여 초고속 광신호를 생성하고, 이를 초고속 광검출기를 이용하여 THz 신호로 변환하는 기술이다. 이 기술은 전자 소자만을 이용하는 기술에 비해

주파수를 증가시키기가 용이하고, 높은 전력의 신호 생성이 가능하며, 넓은 주파수 대역에서 평탄한 응답 특성을 얻을 수 있다. 광소자 기반 THz 신호 생성을 위해서는 도 13에 도시된 바와 같이, 레이저 다이오드, 광대역 광변조기, 초고속 광검출기가 필요하다. 도 13의 경우, 파장이 다른 두 레이저의 빛 신호를 합파하여 레이저 간의 파장 차이에 해당하는 THz 신호를 생성하는 것이다. 도 13에서, 광 커플러(Optical Coupler)는 회로 또는 시스템 간의 전기적 절연과의 결합을 제공하기 위해 광파를 사용하여 전기신호를 전송하도록 하는 반도체 디바이스를 의미하며, UTC-PD(Uni-Travelling Carrier Photo-Detector)은 광 검출기의 하나로서, 능동 캐리어(active carrier)로 전자를 사용하며 밴드갭 그레이딩(Bandgap Grading)으로 전자의 이동 시간을 감소시킨 소자이다.

UTC-PD는 150GHz 이상에서 광검출이 가능하다. 도 14에서, EDFA(Erbium-Doped Fiber Amplifier)는 어븀이 첨가된 광섬유 증폭기를 나타내며, PD(Photo Detector)는 광신호를 전기신호로 변환할 수 있는 반도체 디바이스를 나타내며, OSA는 각종 광통신 기능(광전 변환, 전광 변환 등)을 하나의 부품으로 모듈화시킨 광모듈(Optical Sub Assembly)을 나타내며, DSO는 디지털 스토리지 오실로스코프(digital storage oscilloscope)를 나타낸다.

[232] 도 15 및 도 16을 참조하여 광전 변환기(또는 광전 컨버터)의 구조를 설명한다. 도 15는 광자 소스(Photoinc source) 기반 송신기의 구조를 예시하며, 도 16은 광 변조기(Optical modulator)의 구조를 예시한다.

[233] 일반적으로 레이저(Laser)의 광학 소스(Optical source)를 광파 가이드(Optical wave guide)를 통과시켜 신호의 위상(phase)등을 변화시킬 수 있다. 이때, 마이크로파 컨택트(Microwave contact) 등을 통해 전기적 특성을 변화시킴으로써 데이터를 실게 된다. 따라서, 광학 변조기 출력(Optical modulator output)은 변조된(modulated) 형태의 파형으로 형성된다. 광전 변조기(O/E converter)는 비선형 크리스탈(nonlinear crystal)에 의한 광학 정류(optical rectification) 동작, 광전도 안테나(photoconductive antenna)에 의한 광전 변환(O/E conversion), 광속의 전자 다발(bunch of relativistic electrons)로부터의 방출(emission) 등에 따라 THz 펄스를 생성할 수 있다. 상기와 같은 방식으로 발생한 테라헤르츠 펄스(THz pulse)는 펨토 세컨드(femto second)부터 피코 세컨드(pico second)의 단위의 길이를 가질 수 있다. 광전 변환기(O/E converter)는 소자의 비선형성(non-linearity)을 이용하여, 하향 변환(Down conversion)을 수행한다.

[234]

[235] 테라헤르츠 스펙트럼의 용도(THz spectrum usage)를 고려할 때, 테라헤르츠 시스템을 위해서 고정된(fixed) 또는 모바일 서비스(mobile service) 용도로써 여러 개의 연속적인 기가헤르츠(contiguous GHz)의 대역들(bands)을 사용할 가능성이 높다. 아웃도어(outdoor) 시나리오 기준에 의하면, 1THz까지의 스펙트럼에서 산소 감쇠(Oxygen attenuation) 10^2 dB/km를 기준으로 가용 대역폭(Bandwidth)이 분류될 수 있다. 이에 따라 상기 가용 대역폭이 여러 개의

- 밴드 청크(band chunk)들로 구성되는 프레임워크(architecture)가 고려될 수 있다. 상기 프레임워크의 일 예시로 하나의 캐리어(carrier)에 대해 테라헤르츠 펄스(THz pulse)의 길이를 50ps로 설정한다면, 대역폭(BW)은 약 20GHz가 된다.
- [236] 적외선 대역(IR band)에서 테라헤르츠 대역(THz band)으로의 효과적인 하향 변환(Down conversion)은 광전 컨버터(O/E converter)의 비선형성(nonlinearity)을 어떻게 활용하는가에 달려 있다. 즉, 원하는 테라헤르츠 대역(THz band)으로 하향 변환(down conversion)하기 위해서는 해당 테라헤르츠 대역(THz band)에 옮기기에 가장 이상적인 비선형성(non-linearity)을 갖는 광전 변환기(O/E converter)의 설계가 요구된다. 만일 타겟으로 하는 주파수 대역에 맞지 않는 광전 변환기(O/E converter)를 사용하는 경우, 해당 펄스(pulse)의 크기(amplitude), 위상(phase)에 대하여 오류(error)가 발생할 가능성이 높다.
- [237] 단일 캐리어(single carrier) 시스템에서는 광전 변환기 1개를 이용하여 테라헤르츠 송수신 시스템이 구현될 수 있다. 채널 환경에 따라 달라지지만 멀티 캐리어(Multi carrier) 시스템에서는 캐리어 수만큼 광전 변환기가 요구될 수 있다. 특히 전술한 스펙트럼 용도와 관련된 계획에 따라 여러 개의 광대역들을 이용하는 멀티 캐리어 시스템인 경우, 그 현상이 두드러지게 될 것이다. 이와 관련하여 상기 멀티 캐리어 시스템을 위한 프레임 구조가 고려될 수 있다. 광전 변환기를 기반으로 하향 주파수 변환된 신호는 특정 자원 영역(예: 특정 프레임)에서 전송될 수 있다. 상기 특정 자원 영역의 주파수 영역은 복수의 청크(chunk)들을 포함할 수 있다. 각 청크(chunk)는 적어도 하나의 컴포넌트 캐리어(CC)로 구성될 수 있다.
- [238]
- [239] 앞서 살핀 내용들은 후술할 본 명세서에서 제안하는 실시예들과 결합되어 적용될 수 있으며, 또는 본 명세서에서 제안하는 실시예들의 기술적 특징을 명확하게 하는데 보충될 수 있다. 이하 설명되는 실시예들은 설명의 편의를 위하여 구분된 것일 뿐, 어느 한 실시예의 일부 구성이 다른 실시예의 일부 구성과 치환되거나, 상호 간에 결합되어 적용될 수 있음은 물론이다.
- [240] 이동통신에서 신호 도달거리를 높이고, 원하는 방향으로 강한 신호를 보내기 위해 빔포밍이 사용된다. 빔포밍 구현을 위해서는 배열 안테나의 각 안테나마다 위상 천이기(phase shifter)를 연결해야 한다. 하지만 이동통신 주파수가 높아짐에 따라 안테나의 크기는 작아지는 반면 안테나에 연결되는 위상 천이기(phase shifter)의 크기는 작아지지 못해 문제가 발생한다. 본 명세서에서는 위상 천이기(phase shifter)를 사용하지 않고 안테나의 방사 패턴을 조정하여 빔포밍하는 방식을 제안하려 한다.
- [241] 먼저, 빔포밍과 관련된 종래기술 및 테라헤르츠 대역에서의 빔포밍과 관련된 문제점을 살펴본다.
- [242] 이동통신에서 요구되는 전송 데이터 용량이 증가함에 따라 이동통신 주파수는 점점 높아지고 있다. 이에 따라 안테나의 크기는 작아지고 신호의 도달거리도

짧아진다. 또한 주파수가 높아짐에 따라 소자의 한계로 인해 신호 출력이 감소하는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 여러 개의 안테나를 사용하여 특정 방향으로 강한 신호를 보내는 빔포밍 기술이 연구되고 있다. 빔포밍은 배열로 구성된 여러 개의 안테나에 들어가는 신호의 위상들을 조정하여 신호가 특정 방향으로 보강 간섭이 되도록 하여 해당 방향으로 강한 신호를 보내는 기법이다. 빔포밍을 구현하기 위해서는 위상 천이기(phase shifter)를 배열 안테나의 각 안테나마다 연결해야 한다.

[243] 6G 이동통신용 주파수로 THz 대역이 논의되고 있다. THz 대역은 100 GHz ~ 10 THz 주파수를 의미한다. THz 대역은 파장이 매우 짧아서 채널의 경로 손실(path loss)이 매우 크다. 또한 신호의 출력이 매우 작기 때문에 이동통신에서 요구되는 신호 도달 거리를 지원하기 위해서는 배열 안테나를 이용한 빔포밍이 필수적이다. 하지만 THz 대역은 안테나 크기 대비 위상 천이기(phase shifter)의 크기가 커서 배열 안테나로 구성하기에 어려움이 있다.

[244] 또한 THz 대역은 매우 작은 크기의 안테나를 거대 배열(massive array)로 구성하여 매우 큰 빔 이득을 얻어야 한다. 이 때 많은 수의 안테나 각각에 위상 천이기(phase shifter)를 연결한다면 전력소모가 매우 커지고 발열 문제가 발생할 것이며, 위상 천이기(phase shifter)의 insertion loss로 인해 전력손실이 발생할 것이다. 따라서 THz 대역에서는 위상 천이기(phase shifter)를 사용하여 빔포밍 시스템을 구성하기에 어려움이 있다.

[245] 따라서 위상 천이기(phase shifter)를 사용하지 않는 빔포밍 방식이 요구된다.

[246] 기존에도 위상 천이기(phase shifter)를 사용하지 않고 신호를 특정 방향으로 강하게 보내는 기술이 존재한다. 패턴 재구성 가능 안테나(Pattern reconfigurable antenna)는 방사 패턴을 여러 가지로 조정할 수 있는 안테나이다. Pattern reconfigurability을 얻는 방법은 여러 가지가 있는데, 1) 기생 요소(parasitic element)를 스위치(switch)를 통해 선택하는 방법 2) 기생 요소(parasitic element)에 reactively loaded element를 연결하여 조절하는 ESPAR(Electronically Steerable Parasitic Array Radiator) 방식이 있다.

[247] 하지만 기생 요소 스위칭(parasitic element switching)을 이용한 방법과 ESPAR 방식은 모두 메인 안테나(main antenna) 주변에 다수의 기생 안테나(parasitic antenna)를 배치해야 한다. 따라서 상기 2가지 방법의 경우, 단위 안테나의 부피가 커지므로 배열 확장이 불가능하다. 또한 기존의 패턴 재구성가능 안테나(pattern reconfigurable antenna)의 경우 기생 요소(parasitic element)의 수에 따라 바꿀 수 있는 방사 방향의 수가 제한된다는 한계가 있다.

[248] 본 명세서에서는 안테나 방사 패턴의 위상을 활용하여 해결책을 제시하려 한다.

[249] 안테나의 방사 패턴은 다음과 같이 설명할 수 있다. 안테나에서 방사된 전기장(Electric field)는 모든 각도로 나아간다. 여기서 각도는 수직방향 각도(elevation angle) θ 와 수평방향 각도(azimuth angle) ϕ 를 의미한다.

[250] E-field의 각도(θ, ϕ)는 θ 가 $0^\circ \sim 180^\circ$ 의 범위를 가지고, ϕ 가 $-180^\circ \sim 180^\circ$ 의 범위를 갖는다. 해당 각도(θ, ϕ)마다 안테나에서 방사된 E-field가 존재한다. E-field는 수직방향(vertical polarization) 및 수평방향(horizontal polarization) 요소를 가진다. 따라서 모든 각도 (θ, ϕ) 별로 $E_v(\theta, \phi)$ 와 $E_h(\theta, \phi)$ 가 존재한다.

[251] 안테나에서 방사된 E-field는 각도마다, 그리고 수직 편파(vertical polarization) 및 수평 편파(horizontal polarization)마다 서로 다른 위상을 갖는다. 모든 각도(θ, ϕ)의 방사 패턴은 상대적인 위상 정보 $\Theta(\theta, \phi)$ 와 $\Phi(\theta, \phi)$ 를 포함한다. 따라서 안테나의 방사 패턴은 다음과 같이 수학적 식 1로 나타낼 수 있다.

[252] [수식1]

$$E(\theta, \phi) = E_v(\theta, \phi) \cdot e^{j\Theta(\theta, \phi)} + E_h(\theta, \phi) \cdot e^{j\Phi(\theta, \phi)}$$

[253] 안테나에서 방사된 E-field는 각도에 따라 다르다. 각도(θ , ϕ)마다 안테나에서 방사된 E-field의 크기를 반지름 r 로 표현한 것이 방사 패턴이다. 안테나의 방사 패턴은 일반적으로 각도와 반지름을 축으로 하는 극좌표(polar plot) 형태로 표현된다. 이하 도 17을 참조하여 안테나의 방사패턴과 관련된 사항을 구체적으로 설명한다.

[254] 도 17은 안테나의 방사패턴을 예시한다.

[255] 구체적으로 도 17(a)는 안테나의 2D 방사패턴이고, 도 17(b)는 안테나의 3D 방사패턴이다. 도 17(a) 및 도 17(b)를 참조하면, 안테나의 방사패턴을 통해 안테나의 방사 방향 및 최대 이득(peak gain), 3dB 빔 폭(3dB beam width)에 대한 정보를 얻을 수 있다. 또한 안테나의 방사패턴으로부터, 모든 방향(θ , ϕ)에 대한 수직 편파 및 수평 편파 위상 정보 $\Theta(\theta, \phi)$ 와 $\Phi(\theta, \phi)$ 를 얻을 수 있다.

[256]

[257] 이하 본 명세서에서 후술하는 실시예와 종래기술과의 차이점을 간략히 요약하여 설명한다.

[258] 본 명세서에서는 피딩 포인트(feeding point)의 위치와 피딩 포인트(feeding point)에 연결된 리액턴스(reactance)의 값을 변경하여 다양한 방사패턴을 생성할

수 있는 안테나 구조를 제안한다. 안테나의 방사 방향 및 방사 패턴의 위상은 다음과 같이 조절될 수 있다. 상기 안테나의 스위치(switch)를 이용하여 안테나의 다수 피딩 포인트(feeding point) 중 일부를 선택하거나, 선택된 피딩 포인트(feeding point) 중 일부에 연결된 가변 리액턴스 소자(variable reactance element)의 값을 변경함으로써 상기 방사 방향 및 방사 패턴의 위상이 조절될 수 있다.

- [259] 본 실시예에 따른 안테나는 기존의 기생 요소(parasitic element)를 사용하는 패턴 재구성 가능 안테나(pattern reconfigurable antenna)와 달리 다수 피딩 포인트(feeding point) 중 선택한 피딩 포인트(feeding point)의 조합 및 리액턴스(reactance) 값 조절을 통해 방사 패턴을 생성한다는 점에서 차이가 있다. 즉, 기존 방식에 따라 위상 천이기(phase shifter)를 기반으로 빔포밍을 수행하는 경우에 비해 전력이 절감되고, 발열 문제가 방지될 수 있다.
- [260] 또한 본 명세서에서는 상기 안테나를 이용한 빔포밍 방식을 제안한다. 위상 천이기(phase shifter)가 사용되지 않으므로 피딩 포인트의 선택과 리액턴스의 값 조절을 통해 빔포밍을 수행하기 위해서는 이를 활용하기 위한 안테나 패턴이 구체적으로 정의될 필요가 있다.
- [261] 구체적으로 이하 본 명세서에서는 스위치(Switch)와 가변 리액턴스 소자(variable reactance device)를 사용하여 다양한 방사 방향 및 위상 특성을 갖는 안테나 패턴을 생성하고 다양한 패턴의 조합을 이용하여 빔포밍을 수행하는 방법을 제안한다. 빔포밍 타겟 방향(beam forming target direction)과 같은 방향으로 최대 이득(peak gain)을 갖는 안테나 패턴으로 배열 안테나를 구성하여 타겟 방향(target direction)으로 최대의 빔 이득(gain)을 얻을 수 있다.
- [262] 상술한 종래기술과의 차이점에 따라 본 명세서의 실시예에 따른 안테나 및 이를 이용한 빔포밍 방법은 다음과 같은 효과를 갖는다.
- [263] 종래의 패턴 재구성가능 안테나(pattern reconfigurable antenna)와 달리, 본 명세서의 실시예에 따른 안테나는 방사 소자(radiating element)에 기생 안테나(parasitic antenna)나 그 밖의 구성을 추가하지 않고서도 하나의 안테나에서 pattern reconfigurability를 얻을 수 있다(즉, 하나의 안테나에서 패턴 재구성이 가능). 따라서 안테나의 부피가 감소하고 이에 따라 배열 확장이 용이하게 된다.
- [264] 또한 기존 패턴 재구성가능 안테나(pattern reconfigurable antenna)와 달리 생성할 수 있는 방사 패턴의 수가 제한적이지 않고 피딩 포인트(feeding point)의 조합, 가변 리액턴스(variable reactance) 값 조절을 통해 다양한 방향과 위상을 가지는 방사 패턴을 생성할 수 있다.
- [265] 또한 위상 천이기(phase shifter)를 사용하지 않고 방사 패턴의 위상 및 방사 방향을 바꿀 수 있는 안테나에 기반하여 빔포밍이 수행될 수 있다. 구체적으로 종래의 빔포밍과 달리 단위 안테나마다 다수의 피딩 포인트(feeding point) 중 일부를 선택하고 가변 리액턴스(variable reactance) 값을 조절함으로써 안테나

방사패턴의 위상을 변경될 수 있다. 이에 따라 빔포밍을 수행함에 있어, 소모 전력이 감소하고 신호 손실 또한 최소화된다. 또한 타겟 방향(target direction)으로 최대 이득(peak gain)을 가지는 안테나 패턴이 활용됨으로써 기존 빔포밍의 빔 틸팅(beam tilting)시 빔 이득이 줄어드는 현상이 개선될 수 있다.

[266]

[267] 이하에서는 본 명세서의 실시예에 따른 안테나 패턴과 관련된 사항을 구체적으로 살펴본다.

[268] 안테나의 방사 패턴은 안테나의 구조 및 안테나에 흐르는 전류 분포에 따라 달라진다. 안테나의 전류 밀도를 $\mathbf{J}$ 라고 할 때 안테나의 방사 패턴 $\mathbf{F}$ 는 다음 수학적식 2와 같이 표현될 수 있다.

[269] [수식2]

$$\mathbf{F}(\hat{\mathbf{r}}) = \frac{-jk\eta_0}{4\pi} \int_{\Omega} \mathbf{J}(\mathbf{r}) e^{jk\hat{\mathbf{r}}\mathbf{r}} dV$$

[270] 상기 수학적식 2에서 k 는 파수(wavenumber)로서

$$k = \frac{\omega}{c_0}$$

이고,

 ω

는 각속도이고

 c_0

는 빛의 속도이며,

 η_0

는 자유공간의 임피던스(impedance of free space)로서

$$\eta_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$$

이며,

 μ_0

는 진공에서의 투자율이고,

 ϵ_0

는 진공에서의 유전율이며,

 $\mathbf{r}$

은

 $\mathbb{R}^3$

에서의 위치 벡터(position vector in

 $\mathbb{R}^3$

)이고,

 $\hat{\mathbf{r}}$

는 단위 방향 벡터(unit direction vector)로서

$$\hat{r} = \frac{r}{|r|}$$

이다.

- [271] 안테나에 신호를 인가해 주는 지점을 피딩 포인트(feeding point)라 한다. 피딩 포인트(feeding point)의 위치에 따라 안테나에 흐르는 전류 분포가 달라지고 이에 따라 안테나의 방사 패턴도 달라지게 된다. 복수의 피딩 포인트(feeding point)들을 가지는 안테나에서 하나 이상의 피딩 포인트(feeding point)를 선택함으로써 안테나의 방사 패턴을 변화시킬 수 있다(즉, pattern reconfigurability를 얻을 수 있다).
- [272] 일 실시예에 의하면, 상기 복수의 피딩 포인트들은 적어도 하나의 타입1 피딩 포인트(type1 feeding point)와 적어도 하나의 타입2 피딩 포인트(type2 feeding point)를 포함할 수 있다. 이하 상기 타입1 피딩 포인트와 상기 타입2 피딩 포인트의 구성과 관련된 사항을 살펴본다.
- [273] 1) 타입1 피딩 포인트(Type1 feeding point) 구성
- [274] 타입1 피딩 포인트(Type1 feeding point)는 입력 임피던스(input impedance)가 50 옴(Ohm)이 되어 안테나를 동작하도록 하는 피딩 포인트(feeding point)이다. 50 옴(ohm)은 마이크로파 공학(microwave engineering)에 있어서 임피던스 매칭과 관련된 기준점이 되는 수치이다. 전자파 에너지의 전력 전송(Power transfer) 특성이 가장 좋은 임피던스는 약 33 옴, 신호파형의 왜곡(distortion)이 가장 작은 임피던스는 약 75 옴이다. 해당 값들의 중간 정도가 약 49옴인데, 계산의 편의를 위해 50옴이 사용된다. 즉, 입력 임피던스를 50옴으로 매칭함으로써 신호의 반사가 최소화될 수 있다. 이하 타입1 피딩 포인트의 위치와 관련하여 도 18 및 도 19를 참조하여 설명한다.
- [275] 도 18은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나와 피딩 포인트의 위치 이동을 예시하는 도면이다. 도 18(a)를 참조하면, 안테나는 원형 패치(circular patch) 형태이며, 도 18(b)를 참조하면 안테나의 피딩 포인트는 가장자리에서 가운데로 이동한다.
- [276] 도 19는 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나의 피딩 포인트 위치에 따른 입력 임피던스와 반사 계수를 도시한 그래프이다.
- [277] 도 19(a)는 도 18(b)에 따라 안테나의 피딩 포인트를 이동시켰을 때의 입력 임피던스의 값을 나타내는 그래프이다. 도 19(b)는 도 18(b)에 따라 안테나의 피딩 포인트를 이동시켰을 때의 반사 계수(S1,1)의 값을 나타내는 그래프이다.
- [278] 도 19(a)를 참조하면, 안테나 방사판의 가장자리 영역으로 갈수록 입력 임피던스(input impedance)의 실수부가 50에 가까워지고, 허수부는 0에 가까워진다. 도 19(b)를 참조하면, 안테나 방사판의 가장자리 영역에서는 반사계수가 -10dB 이하로 관찰되어 안테나가 잘 동작한다는 것을 알 수 있다.
- [279] 상기과 같이 50옴 매칭(50 Ohm matching)을 만족하는 피딩 포인트(feeding point)의 위치를 이하 도 20을 참조하여 설명한다.

- [280] 도 20은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나의 피딩 포인트가 위치하는 영역을 예시하는 도면이다. 도 20(a)는 사각 패치(rectangular patch) 안테나의 타입1 피딩 포인트와 타입2 피딩 포인트가 위치하는 영역(Type1/Type2 region)을 예시하고, 도 20(b)는 원형 패치(circular patch) 안테나의 타입1 피딩 포인트와 타입2 피딩 포인트가 위치하는 영역(Type1/Type2 region)을 예시한다.
- [281] 도 20(a) 및 도 20(b)를 참조하면, 평면 안테나의 타입1 피딩 포인트는 해당 평면 안테나의 가장자리(edge)로부터 평면 안테나의 길이의 1/3 까지의 영역에 위치할 수 있다(Type1 region). 타입2 피딩 포인트는 방사 소자(Radiating element)내에서 상기 Type1 region외의 영역에 위치할 수 있다(Type2 region).
- [282] 도 20(a)의 경우, 안테나의 가장자리(edge)로부터 반대편 가장자리(edge)까지의 거리의 1/3(W/3 및 L/3)에 기반하여 형성되는 영역(Type1 region)에 타입1 피딩 포인트가 위치할 수 있다. 여기서 상기 가장자리는 안테나의 형상에 따른 일 면을 의미하고, 상기 반대편 가장자리는 상기 일 면의 반대편인 타 면을 의미할 수 있다. 이에 따라, 상기 반대편 가장자리까지의 거리는 안테나의 형상(직사각형)에 따른 가로(W) 또는 세로(L)의 길이를 의미할 수 있다.
- [283] 도 20(b)의 경우, 안테나의 가장자리(edge)로부터 반대편 가장자리(edge)까지의 거리의 1/3(r/3)에 기반하여 형성되는 영역(Type1 region)에 타입1 피딩 포인트가 위치할 수 있다. 여기서 상기 가장자리는 안테나의 형상에 따른 한 점을 의미하고, 상기 반대편 가장자리는 상기 안테나의 중심을 기준으로 반대편 점을 의미할 수 있다. 이에 따라 상기 반대편 가장자리까지의 거리는 안테나의 형상(원)에 따른 지름(r)을 의미할 수 있다. 이하 타입1 피딩 포인트의 구성을 도 21 및 도 22을 참조하여 설명한다.
- [284] 도 21 및 도 22는 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나의 타입1 피딩 포인트 구성을 예시한다. 도 21은 사각 패치 안테나의 타입1 피딩 포인트의 구성을 예시하고, 도 22는 원형 패치 안테나의 타입1 피딩 포인트의 구성을 예시한다.
- [285] 수직 편파(v-pol) 및 수평 편파(h-pol)에 대해 타입1 피딩 포인트(Type1 feeding point)가 각각 2개씩 총 4개의 타입1 피딩 포인트(21210, 22210)가 구성될 수 있다. 복수의 타입1 피딩 포인트(Type1 feeding point)들 중 어느 하나를 스위치(switch)를 통해 선택하면 안테나의 방사 방향은 브로드사이드(broadside, $(\theta, \phi) = (90^\circ, 0^\circ)$)로 고정하면서, 방사패턴의 수직 편파 위상 $\Theta(\theta, \phi)$ 또는 수평 편파 위상 $\Phi(\theta, \phi)$ 이 180° 차이가 나는 패턴이 생성될 수 있다. 여기서 스위치(switch)는 편 다이오드(PIN diode)와 같이 신호의 on/off를 조절할 수 있는 소자를 모두 포함할 수 있다.

- [286] 2) 타입2 피딩 포인트(Type2 feeding point) 구성
- [287] 안테나의 방사판(radiating plate)은 상기 방사판 내의 위치에 따라서 전류의 크기와 전압의 크기가 다르므로 임피던스(impedance) 값도 달라진다. 따라서 안테나의 방사판에 피딩 포인트(feeding point)를 추가한다면 해당 위치에 상응하는 임피던스(impedance)를 연결하는 것과 비슷한 효과를 가진다. 여기서 임피던스(impedance)란 저항성 구성(resistive component)뿐 아니라 용량성(capacitive) 또는 유도성(inductive)의 특성을 가지는 리액티브 구성(reactive component)을 모두 포함한다. 즉, 50 옴 매칭(50 Ohm matching)과 관계없이 추가적인 피딩 포인트(feeding point)를 통해 안테나에 리액턴스(reactance)를 연결한 것과 같은 효과를 얻을 수 있다.
- [288] 상기와 같이 안테나의 리액턴스(reactance) 특성을 변화시킬 수 있는 추가적인 피딩 포인트(feeding point)를 타입2 피딩 포인트(Type2 feeding point)로 정의한다.
- [289] 본 명세서에서 타입1 피딩 포인트와 타입2 피딩 포인트는 서로 다른 피딩 포인트를 구분하여 지칭하기 위한 것으로서 해당 용어를 통해 기술적 범위를 한정하고자 사용되는 것은 아니다. 일 예로, 타입1 피딩 포인트는 제1 피딩 포인트(first feeding point)로 지칭될 수 있고, 타입2 피딩 포인트는 제2 피딩 포인트(second feeding point)로 지칭될 수 있다.
- [290] 이하 도 23 및 도 24를 참조하여, 피딩 포인트의 선택과 관련된 동작을 구체적으로 설명한다.
- [291] 도 23 및 도 24는 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나의 타입 1 피딩 포인트 및 타입 2 피딩 포인트 구성을 예시한다. 도 23은 사각 패치(rectangular patch) 안테나의 피딩 포인트 선택을 예시하고, 도 24는 원형 패치(circular patch) 안테나의 피딩 포인트 선택을 예시한다.
- [292] 상기 1)의 타입1 피딩 포인트(Type1 feeding point) 구성을 갖는 안테나에 1개 이상의 타입2 피딩 포인트(Type2 feeding point)를 다양한 위치에 배치함으로써 해당 안테나의 방사패턴에 변화를 줄 수 있다. 구체적으로 타입2 피딩 포인트를 추가함으로써 해당 안테나의 방사 방향
 $(\theta_{\text{peak}}, \phi_{\text{peak}})$
 및 방사패턴의 위상
 $\theta(\theta, \phi)$
 와
 $\Phi(\theta, \phi)$
 을 변경할 수 있다.
- [293] 구체적으로 상기 안테나에 구비된 스위치(switch)를 통해 복수의 타입1 피딩 포인트(Type1 feeding point)들(23210, 24210) 중 적어도 하나가 선택되고, 복수의 타입2 피딩 포인트(Type2 feeding point)들(23220, 24220) 중 적어도 하나가 선택될 수 있다. 상기와 같은 동작을 통해 하나의 안테나 구조가 다양한 방사 방향

$(\theta_{\text{peak}}, \phi_{\text{peak}})$

및 위상

$\theta(\theta, \phi)$

와

$\Phi(\theta, \phi)$

를 가지는 방사패턴을 생성할 수 있다. 이하 타입2 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자와 관련된 사항을 도 25 및 도 26을 참조하여 설명한다.

[294] 3) 타입2 피딩 포인트(Type2 feeding point)에 가변 리액턴스(variable reactance) 추가

[295] 도 25 및 도 26은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나의 피딩 포인트 및 가변 리액턴스 소자의 구성을 예시한다. 도 25는 사각 패치(rectangular patch) 안테나에 있어서, 타입2 피딩 포인트에 추가되는 가변 리액턴스 소자를 예시하고, 도 26은 원형 패치(circular patch) 안테나에 있어서, 타입2 피딩 포인트에 추가되는 가변 리액턴스 소자를 예시한다.

[296] 상기 도 25 및 도 26을 참조하면, 상기 2)에서 추가한 타입2 피딩 포인트(Type2 feeding point)의 끝단과 안테나의 방사 소자(radiating element) 사이에 값을 바꿀 수 있는 가변 리액턴스(variable reactance) 소자가 삽입될 수 있다. 상기와 같은 가변 리액턴스 소자의 추가는 안테나의 방사 방향

$(\theta_{\text{peak}}, \phi_{\text{peak}})$

및 방사패턴의 위상

$\theta(\theta, \phi)$

와

$\Phi(\theta, \phi)$

를 추가적으로 변화시킬 수 있다.

[297] 여기서 가변 리액턴스(variable reactance) 소자는 칩 인덕터(chip inductor), 칩 커패시터(chip capacitor) 또는 버랙터 다이오드(varactor diode) 등 등가적으로 리액턴스(reactance)를 변화시킬 수 있는 모든 소자를 의미할 수 있다.

[298] 구체적으로 상기 안테나에 구비된 스위치(switch)를 통해 복수의 타입1 피딩 포인트(Type1 feeding point)들 중 적어도 하나가 선택되고, 복수의 타입2 피딩 포인트(Type2 feeding point)들(25220, 26220) 중 적어도 하나가 선택될 수 있다. 이때, 상기 선택된 타입2 피딩 포인트(Type2 feeding point)에 연결된 가변 리액턴스(variable reactance) 소자의 값을 조정함으로써 추가적으로 방사 패턴의 방사 방향

$(\theta_{\text{peak}}, \phi_{\text{peak}})$

및 위상

$\theta(\theta, \phi)$

와

$\Phi(\theta, \phi)$

)이 변경될 수 있다.

- [299] 이하 도 27을 참조하여, 가변 리액턴스 소자를 포함하는 안테나의 구성을 설명한다.
- [300] 도 27은 본 명세서의 일 실시예에 따른 가변 리액턴스를 포함하는 안테나의 구조를 예시한다.
- [301] 도 27을 참조하면, 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나는 방사 소자(radiating element)(27100), 복수의 피딩 포인트들(27200), 가변 리액턴스 소자(variable reactance element)(27400), 피딩 라인(feeding line)(27500), 접지면(ground plane)(27600)을 포함할 수 있다. 또한 도 27에 도시된 것은 아니나 상기 안테나는 스위치(switch)를 포함할 수 있으며 해당 구성은 후술한다.
- [302] 방사 소자(radiating element)(27100)는 다양한 형태로 구현될 수 있다. 도 27의 경우, 원형의 판(circular plate)으로 구현된 방사 소자(27100)를 예시한다.
- [303] 복수의 피딩 포인트들(27200)은 적어도 하나의 타입1 피딩 포인트(27210)와 적어도 하나의 타입2 피딩 포인트(27220)를 포함할 수 있다. 도 27에서는 하나의 타입1 피딩 포인트(27210)와 2개의 타입2 피딩 포인트(27220)가 배치된 안테나를 예시한다.
- [304] 가변 리액턴스 소자(variable reactance element)(27400)는 타입2 피딩 포인트(27220)와 연결된다.
- [305] 피딩 라인(27500)은 방사 소자(27100)에 신호를 인가하며, 피딩 포인트(27210, 27220)를 통해 방사 소자(27100)와 연결된다.
- [306] 이하 도 28에서는 가변 리액턴스 소자의 값을 변경함에 따른 방사패턴의 위상(수평 편파 성분)을 살펴본다.
- [307] 도 28은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나에 있어서, 가변 리액턴스 값 변화에 따른 안테나 패턴의 위상 변화를 설명하기 위한 도면이다.
- [308] 구체적으로 도 28(a) 및 도 28(b)는 동일한 피딩 포인트(feeding point) 구성에서 타입2 피딩 포인트(Type2 feeding point)에 인가해주는 리액턴스(reactance) 값에 따른 방사패턴의 $(90^\circ, 0^\circ)$ 방향 수평 편파 위상을 나타낸다.
- [309] 도 28(a) 및 도 28(b)에서, 안테나 구성은 1개의 타입1 피딩 포인트(28210)와 2개의 타입2 피딩 포인트(28220)로 동일하다. 다만, 각 안테나의 타입1 피딩 포인트(28210)가 배치된 위치가 다르다. 도 28(a)의 안테나는 타입1 피딩 포인트(28210)가 좌측에 배치되고, 도 28(b)의 안테나는 타입1 피딩 포인트(28210)가 우측에 배치되었다.
- [310] 상기와 같은 배치에 따라, 도 28(a)의 안테나와 도 28(b)의 안테나는 방사패턴의 수평 편파 위상(horizontal polarization phase)에 있어서 약 180도의 차이가 있다.

즉, 2개의 타입2 피딩 포인트(28220)에 각각 연결되는 가변 리액턴스 소자의 값들이 각각 $X1=10$, $X2=10$ 인 경우로 예를 들어 이하 설명한다. 상단 테이블의 경우 방사패턴의 수평 편파 위상은 41.95도이고, 하단 테이블의 경우 방사패턴의 수평 편파 위상은 220.42도이다.

- [311] 2개의 타입2 피딩 포인트(Type2 feeding point)에 각각 연결되는 가변 리액턴스 소자에는 동일한 리액턴스(reactance) 값이 인가될 수도 있고, 서로 다른 리액턴스(reactance) 값이 인가될 수도 있다.
- [312] 안테나 패턴 데이터베이스(antenna pattern database)를 구성할 때 다양한 방사 방향 및 다양한 위상 특성을 얻기 위해서는 다양한 리액턴스 값이 인가되어야 한다.
- [313] 일 실시예에 의하면, 유의미한 특성 변화를 얻기 위해(즉 빔포밍을 위해 방사패턴의 편파 위상을 효과적으로 조절하기 위해) 리액턴스 소자의 값은 이전 값의 10배(또는 1/10배)가 되도록 조절될 수 있다. 도 28의 $X1$ 을 예로 들면, 해당 리액턴스($X1$)의 조절 전 값이 100이라 하였을 때, 해당 값의 10배인 1000으로 조절될 수 있다.
- [314] 상술한 1) 내지 3)과 같이 다양한 방사 방향 및 방향별 위상을 가지는 패턴 안테나는 타입1 피딩 포인트, 타입2 피딩 포인트 및 타입2 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자를 포함할 수 있다. 또한 상기 안테나로부터 다양한 방사패턴을 생성하기 위한 방법은 다음 a) 내지 c) 중 적어도 하나에 기반할 수 있다.
- [315] a) 타입1 피딩 포인트의 선택
- [316] b) 타입2 피딩 포인트의 선택
- [317] c) 타입2 피딩 포인트에 연결된 가변 리액턴스 소자의 값 조절
- [318] 이하 도 29를 참조하여, 상기 a) 내지 c)에 따른 방사패턴의 변화를 설명한다.
- [319] 도 29은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나에 있어서, 피딩 포인트의 선택에 따른 빔의 변화를 나타낸 도면이다.
- [320] 도 29(a) 내지 도 29(c)는 상술한 a) 내지 c)와 각각 대응된다. 구체적으로 도 29(a)에서 1개의 타입1 피딩 포인트(29210)가 선택되고, 도 29(b)에서는 2개의 타입2 피딩 포인트(29220)들이 추가로 선택되며, 도 29(c)에서는 상기 타입2 피딩 포인트(29220)들에 연결된 가변 리액턴스 소자 각각에 리액턴스 값($Xc1$, $Xc2$)이 인가된다.
- [321] 도 29(a) 내지 도 29(c)는 상기 피딩 포인트의 선택과 리액턴스 값에 따른 방사패턴, 방사 방향 및 broadside 방향 $(\theta, \phi) = (90^\circ, 0^\circ)$ 의 편파 위상 변화를 나타낸다.
- [322] 상술한 바와 같이 복수의 피딩 포인트들 중에서 적어도 하나 이상의 피딩 포인트가 선택됨으로써 안테나는 다양한 방사패턴이 생성할 수 있다. 이와 관련, 상기 안테나에 포함되는 복수의 피딩 포인트들의 구성을 도 30을 참조하여

설명한다.

- [323] 도 30은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나에 있어서, 다양한 피딩 포인트 구성을 예시한다.
- [324] 도 30을 참조하면, 방사 패턴의 위상 및 방사 방향을 바꿀 수 있는 안테나의 피딩 포인트(feeding point) 구성은 대칭 구조 또는 비대칭 구조가 모두 가능하다. 일 예로, 타입1 피딩 포인트(30210)는 상,하,좌,우의 위치 중 적어도 하나의 위치에 배치될 수 있고, 타입2 피딩 포인트(30220)는 상기 타입1 피딩 포인트보다 안쪽의 영역에 하나 이상 배치될 수 있다.
- [325]
- [326] 이하 스위치를 포함하는 안테나의 구조를 도 31을 참조하여 설명한다.
- [327] 도 31은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나를 예시한다.
- [328] 도 31을 참조하면, 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나는 방사 소자(31100), 복수의 피딩 포인트들(31200), 스위치(31300), 가변 리액턴스 소자(31400), 피딩 라인(31500) 및 접지면(31600)을 포함할 수 있다.
- [329] 복수의 피딩 포인트들(31200)에는 방사 소자(31100)에 신호를 인가하기 위한 피딩 라인(feeding line)이 연결된다.
- [330] 스위치(31300)는 복수의 피딩 포인트들(31200) 중 각 피딩 포인트로 인가되는 상기 신호를 온(on) 또는 오프(off)한다.
- [331] 가변 리액턴스 소자(31400)는 복수의 피딩 포인트들(31200) 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결된다.
- [332] 복수의 피딩 포인트(31200)들은 제1 위치에 배치되는 적어도 하나의 제1 피딩 포인트(first feeding point)(31210) 및 상기 제1 위치와 다른 제2 위치에 배치되는 적어도 하나의 제2 피딩 포인트(second feeding point)(31220)를 포함할 수 있다.
- [333] 제2 피딩 포인트(31220)는 가변 리액턴스 소자(31400)와 연결될 수 있다.
- [334] 일 실시예에 의하면, 상기 제1 위치는 상기 방사 소자의 가장자리(edge)로부터 특정 길이에 기반하여 형성되는 영역 내에 위치할 수 있다. 상기 제2 위치는 상기 영역 밖에 위치할 수 있다.
- [335] 상기 특정 길이는 상기 가장자리(edge)로부터 반대편 가장자리(edge)까지의 길이의 1/3(one third)에 기반할 수 있다.
- [336] 일 실시예에 의하면, 상기 가변 리액턴스 소자는 칩 인덕터(chip inductor), 칩 커패시터(chip capacitor) 또는 버랙터 다이오드(varactor diode)에 기반할 수 있다. 스위치(31300)는 편 다이오드(PIN diode)에 기반할 수 있다.
- [337] 구현적인 측면에서 상술한 실시예에 따른 안테나는 후술하는 도 41 내지 도 45의 장치의 포함되어 구현될 수 있다. 도 42를 예로 들면, 안테나(108/208)는 방사 소자(31100), 복수의 피딩 포인트들(31200), 스위치(31300), 가변 리액턴스 소자(31400), 피딩 라인(31500) 및 접지면(31600)을 포함할 수 있다.
- [338] 이하에서는 상술한 안테나를 기반으로 하는 빔포밍 방법을 구체적으로 설명한다.

- [339] [1] 안테나 패턴 데이터 베이스(database) 구성
- [340] 상술한 안테나의 구조에 따라 생성 가능한 안테나 방사 패턴의 최대 이득 방향(peak gain direction) 및 위상 정보가 안테나 패턴으로 저장될 수 있다. 상기 안테나 패턴은 후술하는 도 42, 도 44 또는 도 45의 메모리(104/204) 또는 메모리부(130)에 저장될 수 있다. 안테나 패턴 데이터 베이스는 상기 안테나의 구조에 기반하는 복수의 안테나 패턴들을 의미할 수 있다.
- [341] 상기 위상 정보는 빔 운용 시 목표로 하는 스캔 범위(scan range)에 해당하는 각도 범위
- $$\theta \in \{\theta_{\min}, \theta_{\max}\}$$
- ,
- $$\phi \in \{\phi_{\min}, \phi_{\max}\}$$
- 에 대한 편파 위상을 의미한다. 구체적으로 상기 위상 정보는 상기 각도 범위에 대한 수직 편파(vertical polarization, v-pol) 위상($\Theta(\theta, \phi)$)과 수평 편파(horizontal polarization, h-pol) 위상($\Phi(\theta, \phi)$)을 포함할 수 있다.
- [342] 상기 안테나 패턴 데이터베이스는 다음의 정보를 포함할 수 있다. 이 때, 상기 안테나에는 K 개의 피딩 포인트들을 포함하고, 그 중 L 개의 피딩 포인트들이 타입2 피딩 포인트들인 것으로 가정한다. 즉, 상기 안테나에는 K 개의 피딩 포인트(feeding point)들이 배치되고, 그 중 L 개의 피딩 포인트(feeding point)들에 가변 리액턴스 소자(variable reactance element)가 연결되어 있는 것을 가정한다.
- [343] 상기 안테나 패턴 데이터베이스 복수의 안테나 패턴들을 포함할 수 있다. 각 안테나 패턴은 다음 1) 내지 5) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [344] 1) 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택과 관련된 정보. 일 예로, 해당 정보는 K 개의 자릿수를 갖는 이진수 $\mathbf{X}$ 로 표현될 수 있다.
- [345] 2) 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값. 일 예로, 해당 정보는 길이 L 의 십진수 벡터 $\mathbf{Y}$ 로 표현될 수 있다.
- [346] 3) 최대 이득 방향(peak gain direction)
- $$(\theta_{\text{peak}}, \phi_{\text{peak}})$$
- . 구체적으로 상기 최대 이득 방향은 상기 피딩 포인트의 선택과 관련된 정보(예: $\mathbf{X}$) 및 가변 리액턴스 소자의 값(예: $\mathbf{Y}$)에 기반할 수 있다.
- [347] 4) 수직 편파 위상 정보를 포함하는 3차원 행렬
- $$\mathbf{M}_\theta$$
- . 구체적으로 상기 3차원 행렬은 상기 피딩 포인트의 선택과 관련된 정보(예: $\mathbf{X}$) 및 가변 리액턴스 소자의 값(예: $\mathbf{Y}$)에 기반하는 수직 편파 위상 정보를 포함할 수 있다.

[348] 5) 수평 편파 위상 정보를 포함하는 3차원 행렬

M_Φ

. 구체적으로 상기 3차원 행렬은 상기 피딩 포인트의 선택과 관련된 정보(예: $\mathbf{X}$) 및 가변 리액턴스 소자의 값(예: $\mathbf{Y}$)에 기반하는 수평 편파 위상 정보를 포함할 수 있다.

[349] 아래 표 3은 P개의 방사패턴들을 생성할 수 안테나에 기반하는 안테나 패턴 데이터베이스를 예시한다.

[350] [표3]

Pattern number	Feeding point selection information X	Variable reactance information Y	Peak gain direction	수직 편파 위상 정보	수평 편파 위상 정보
#1	$(x_1^1 x_2^1 \cdots x_K^1)_2$	$[y_1^1, y_2^1, \cdots, y_L^1]$	$(\theta_{peak}^1, \phi_{peak}^1)$	$M_\Theta^1[\theta, \phi, \Theta^1(\theta, \phi)]$	$M_\Phi^1[\theta, \phi, \Phi^1(\theta, \phi)]$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
#P	$(x_1^P x_2^P \cdots x_K^P)_2$	$[y_1^P, y_2^P, \cdots, y_L^P]$	$(\theta_{peak}^P, \phi_{peak}^P)$	$M_\Theta^P[\theta, \phi, \Theta^P(\theta, \phi)]$	$M_\Phi^P[\theta, \phi, \Phi^P(\theta, \phi)]$

[351]

[352] [2] 빔포밍 타겟 방향(target direction)에 따른 위상(ideal phase) 계산

[353] 빔포밍 스캔 범위($\theta \in \{\theta_{\min}, \theta_{\max}\}$, $\phi \in \{\phi_{\min}, \phi_{\max}\}$)내에서 빔포밍 타겟 방향(target direction)($\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}$)이 선정될 수 있다. 그 후 상기 빔포밍 타겟 방향과 관련된 위상이 계산될 수 있다. 상기 위상은 이상적인 DFT 빔 가중치(ideal DFT beam weight)와 관련된 것일 수 있다.

[354] 이하 NxM 배열 안테나로 예를 들어, 상기 위상을 구체적으로 설명한다.

[355] NxM 배열 안테나에서 (n, m) 위치의 안테나에 인가해줘야 하는 위상 $\varphi_{n,m}$ 은 다음 수학적 식 3과 같다. 이 때, N은 수평 방향 안테나 개수이고, M은 수직 방향 안테나 개수이다.

[356] [수식3]

$$\varphi_{n,m} = \frac{2\pi}{\lambda} (m \cdot d_h \cdot \sin(\theta_{\text{target}}) \cdot \sin(\phi_{\text{target}}) + n \cdot d_v \cdot \cos(\theta_{\text{target}}))$$

[357] 상기 수학적 식 3에서

$\varphi_{n,m}$

은 빔포밍 타겟 방향(

$\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}$

)과 관련된 위상이며, n은 NxM 행렬의 n번째 행(row)이고, m은 NxM 행렬의 m번째 열(column)이며,

d_v

은 수직 방향 안테나 간격이고,

d_h

은 수평 방향 안테나 간격이다.

λ

는 상기 빔포밍 타겟 방향에 기반하여 전송되는 무선 신호의 파장이다.

[358] [3] 빔포밍 타겟 방향과 관련된 적어도 하나의 안테나 패턴 결정

[359] 복수의 안테나 패턴들 중 상기 빔포밍 타겟 방향과 관련된 적어도 하나의 안테나 패턴이 결정될 수 있다. 이하 상술한 표 3을 예로 들어 구체적으로 설명한다.

[360] 상기 적어도 하나의 패턴은 해당 패턴의 최대 이득 방향(peak gain direction)이 타겟 빔포밍 방향(

$\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}$

)에 기반하는 특정 범위에 속하는 것일 수 있다. 구체적으로 상기 표 3의 안테나 패턴들(#1 ~#P)중에서 최대 이득 방향(peak gain direction)이 타겟 빔포밍 방향(

$\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}$

)을 기준으로 특정 범위 안에 들어오는 안테나 패턴 #p일 수 있다. 상기 적어도 하나의 패턴은 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들에 기반할 수 있다. 즉, 상술한 조건을 만족하는 안테나 패턴의 개수가

P_{sub}

개인 경우, 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들은

$\{p_1, p_2, \dots, p_{P_{\text{sub}}}\}$

일 수 있다.

[361] 상기 안테나 패턴들은 다음 수학식 4와 같이 표현될 수 있다.

[362] [수식4]

$$\{p_1, p_2, \dots, p_{P_{\text{sub}}}\} = \left\{ p \mid \begin{array}{l} \theta_{\text{peak}}^p \in \{\theta_{\text{target}} - \theta_{\text{offset}}, \theta_{\text{target}} + \theta_{\text{offset}}\} \quad \text{and} \\ \phi_{\text{peak}}^p \in \{\phi_{\text{target}} - \phi_{\text{offset}}, \phi_{\text{target}} + \phi_{\text{offset}}\} \end{array} \right\}$$

[363] 상기 안테나 패턴들

#p₁~#p_{P_{sub}}

로부터 타겟 빔포밍 방향

$(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$

에 기반하는 편파 위상 정보가 추출될 수 있다.

[364] 상기 편파 위상 정보는 i) 3차원 행렬(

$M_{\Theta}^p[\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}, \Theta^p(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})]$

)에 기반하는 수직 편파 위상(

$\Theta^p(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$

) 또는 ii) 3차원 행렬(

$M_{\Phi}^p[\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}, \Phi^p(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})]$

)에 기반하는 수평 편파 위상($\Phi^p(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$)

$\Phi^p(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$

) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 일 예로, 빔포밍에 수평 편파 위상만이 활용되는 경우, 상기 편파 위상 정보는 수평 편파 위상을 포함할 수 있다.

[365] 빔포밍에 수평 편파가 활용되는 경우로 예를 들면, 상기 편파 위상 정보에 기반하는 타겟 방향 위상(target direction phase)은 다음 표 4와 같이 나타낼 수 있다.

[366] [표4]

Pattern number	Target direction phase $\Phi(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$
$\#p_1$	$\Phi^{p_1}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$
$\#p_2$	$\Phi^{p_2}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$
$\vdots$	$\vdots$
$\#p_{p_{\text{sub}}}$	$\Phi^{p_{p_{\text{sub}}}}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$

[367] [4] 빔포밍 타겟 방향과 관련된 위상과 안테나 패턴들간의 매핑(mapping)

[368] 상기 빔포밍 타겟 방향과 관련된 위상($\varphi_{n,m}$)은 상기 안테나 패턴들과 매핑될 수 있다. 즉, 상기 빔포밍 타겟 방향과 관련된 위상($\varphi_{n,m}$)은 상기 안테나 패턴들의 편파 위상 정보에 기반하는 타겟 방향 위상에 매핑될 수 있다.

[369] 이하 NxM 배열 안테나 및 상기 표 4를 기준으로 상기 매핑 동작을 구체적으로 설명한다.

[370] 타겟 빔포밍 방향($\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}$)으로 빔을 형성하기 위한 위상

($\varphi_{1,1}, \varphi_{1,2}, \dots, \varphi_{2,1}, \varphi_{2,2}, \dots, \varphi_{n,m}, \dots, \varphi_{N,M}$)은 상기 편파 위상 정보에 기반하는 타겟 방향 위상들($\Phi^{p_1}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}), \Phi^{p_2}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}), \dots,$

$\Phi^{p_{p_{\text{sub}}}}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}), \Phi^{p_1}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}) + 2\pi$)중에서 가장 근사한 값에 매핑될 수 있다.

[371] 상기 매핑에 기반하여, (n,m) 번째 안테나에 적용될 안테나 패턴이 결정될 수 있다.

[372] 상기 (n,m) 번째 안테나에 적용되는 안테나 패턴은 다음 수학식 5와 같이 표현될 수 있다.

[373] [수식5]

$$\#p_{(n,m)} = \arg \min_{\#p} |\Phi^p(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}) - \varphi_{n,m}| \quad \Phi^p(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$$

$$\in \{ \Phi^{p_1}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}), \Phi^{p_2}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}), \dots, \Phi^{p_{p_{\text{sub}}}}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}), \Phi^{p_1}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}) + 2\pi \}$$

[374] 상기 수학식 5에서

$$\#p_{(n,m)}$$

은

$N \times M$

배열 안테나에 포함되는 안테나들 중 (n, m) 번째 안테나에 적용되는 안테나 패턴이다. 즉,

$\#p_{(n, m)}$

은 i) 상기 타겟 빔포밍 방향

$\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}$

) 및 3차원 행렬에 기반하여 결정되는 편파 위상

$\Phi^P(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$

)과 ii) 상기 타겟 빔포밍과 관련된 위상

$\varphi_{n, m}$

) 간의 차이가 최소일 때의 안테나 패턴에 기반할 수 있다. 이 때

$\Phi^{P1}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}})$

과

$\Phi^{P1}(\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}) + 2\pi$

와 가장 근사한 값을 갖는 위상은 모두

$\#p_1$

로 매핑될 수 있다. 이하 도 32를 참조하여, 안테나에 적용되는 위상과 안테나 패턴의 매핑을 설명한다.

[375] 도 32는 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나 패턴의 매핑을 설명하기 위한 도면이다.

[376] 도 32를 참조하면, 타겟 빔포밍 방향

(θ, ϕ)

은 $(20, 20)$ 이다. 이 때 상기 타겟 빔 방향(target beam direction)과 관련된 위상 φ

)은 1×4 배열 안테나에 포함되는 각 안테나 별로 계산될 수 있다. 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상들

$\varphi_{1,1}$

내지

$\varphi_{1,4}$

)은 $0^\circ, 61.6^\circ, 123.1^\circ, 184.7^\circ$ 이다. 상기 위상들은 상기 1×4 배열 안테나에 포함되는 각 안테나(Ant(1,1)~Ant(1,4))와 관련된다.

[377] 상기 1×4 배열 안테나가 생성할 수 있는 방사패턴들과 관련된 안테나 패턴들은 $\#p_1$ 내지 $\#p_5$ 이다. 상기 위상들

$\varphi_{1,1}$

내지

$\varphi_{1,4}$

)에 각각 매핑되는 안테나 패턴은, 해당 위상들($\varphi_{1,1}$

$\varphi_{1,1}$

내지

$\varphi_{1,4}$

)과 상기 안테나 패턴들(#p1 내지 #p5)에 기반하는 편파 위상간의 차이가 최소인 안테나 패턴이다. 구체적으로

$\varphi_{1,1}$

에는 안테나 패턴 #p1이 매핑되고,

$\varphi_{1,2}$

에는 안테나 패턴 #p2가 매핑되고,

$\varphi_{1,3}$

및

$\varphi_{1,4}$

에는 안테나 패턴 #p4가 매핑된다.

[378] [5] 안테나 패턴에 기반하는 배열 안테나의 제어

[379] 상기 매핑을 기반으로 하는 안테나 패턴이 배열 안테나에 적용될 수 있다.

구체적으로 상기 안테나 패턴에 기반하여 배열 안테나에 속하는 각 안테나마다 피딩 포인트 선택 또는 가변 리액턴스의 조절 중 적어도 하나의 동작이 수행될 수 있다.

[380] 상기 각 안테나에 대한 상기 안테나 패턴의 적용을 이하 구체적으로 설명한다.

[381] 상기 안테나 패턴은 상기 각 안테나의 피딩 포인트의 선택과 관련된 정보(예: X)와 리액턴스 값(예: Y)를 포함할 수 있다.

[382] 상기 비트맵으로 표현되는 피딩 포인트(feeding point) 선택과 관련된 정보 X는 (n,m)번째 안테나의 각 피딩 포인트(feeding point)에 연결된 스위치(switch)의 온(on) 또는 오프(off)를 나타낸다. 십진수 벡터로 표현되는 리액턴스 값 Y는 (n,m)번째 안테나의 피딩 포인트(feeding point)에 연결된 가변 리액턴스 소자에 각각 인가해줘야 하는 리액턴스 값(reactance) 값을 나타낸다.

[383] 각 안테나에 매핑된 안테나 패턴에 기반하여 다음의 동작이 수행될 수 있다. 상기 각 안테나의 피딩 포인트에 연결된 스위치(switch)의 on/off와 가변 리액턴스(variable reactance)의 값의 조절이 수행될 수 있다. 상기와 같은 동작을 통해 타겟 빔포밍 방향($\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}$

$\theta_{\text{target}}, \phi_{\text{target}}$

) 방향으로의 빔이 형성될 수 있다.

[384] 아래 표 5는 그림은 매핑된 안테나 패턴의 피딩 포인트 선택 정보(X) 및 리액턴스 값(Y)을 예시한다.

[385] [표5]

Pattern number	Feeding point selection information $X = (x_1 x_2 x_3 x_4 x_5 x_6)_2$	Variable reactance information $Y = [y_1, y_2, y_3, y_4]$
#1	111000	[50, 200, 0, 0]
#2	001001	[0, 100, 0, 0]
#3	111010	[10, 0, 0, 10]
#4	111010	[10, 10, 0, 100]
#5	100001	[0, 0, 0, 0]

- [386] 이하 도 33을 참조하여 상기 표 5에 기반하는 안테나의 스위치 동작을 구체적으로 설명한다.
- [387] 도 33은 본 명세서의 일 실시예에 따른 안테나 패턴의 적용을 설명하기 위한 도면이다. 구체적으로 도 34은 4개의 안테나들(Antenna 1 ~ Antenna 4)에 대한 안테나 패턴 #1 내지 안테나 패턴 #3의 적용을 나타낸다. 도 34를 참조하면, 각 안테나는 6개의 피딩 포인트들($x_1 \sim x_6$)을 포함하고, 그 중 4개의 피딩 포인트들($x_2 \sim x_5$)에는 가변 리액턴스 소자가 연결되어 있다. 스위치(switch)는 상기 6개의 피딩 포인트들($x_1 \sim x_6$)에 각각 연결되어 있다.
- [388] 안테나 패턴 #1의 경우, 피딩 포인트 선택 정보 X는 111000이다. 이에 따라, 6개의 피딩 포인트들($x_1 \sim x_6$)들 중 $x_1 \sim x_3$ 에 해당하는 피딩 포인트들에 연결된 스위치(switch)가 on되고, $x_4 \sim x_6$ 에 해당하는 피딩 포인트들에 연결된 스위치가 off된다. 가변 리액턴스 소자 값인 y_1 내지 y_4 (50, 200, 0, 0)는 $x_2 \sim x_5$ 에 각각 적용된다. x_2 와 x_3 에 해당하는 피딩 포인트에는 각각 50과 200의 리액턴스 값이 적용되고, 나머지 x_4 및 x_5 에는 0의 리액턴스 값이 적용된다.
- [389] 안테나 패턴 #3의 경우, 피딩 포인트 선택 정보 X는 111010이다. 이에 따라, 6개의 피딩 포인트들($x_1 \sim x_6$)들 중 x_4 와 x_6 에 해당하는 피딩 포인트들에 연결된 스위치(switch)만 off되고, 나머지 피딩 포인트들($x_1 \sim x_3, x_5$)에 연결된 스위치는 on된다. 가변 리액턴스 소자 값인 y_1 내지 y_4 (10, 0, 0, 10)들 중 스위치가 on된 피딩 포인트(x_2, x_5)에 10의 리액턴스 값이 적용된다.
- [390] 상술한 [1] 내지 [5]에 기반하는 빔포밍 방법을 이하 도 34를 참조하여 설명한다.
- [391] 도 34는 본 명세서의 일 실시예에 따른 빔포밍 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [392] 도 34를 참조하면, 본 명세서의 일 실시예에 따른 빔포밍 방법은 S3410 내지 S3450에 기반하여 수행될 수 있다.
- [393] S3410에서, 안테나의 구조에 기반하는 안테나 패턴 데이터베이스(antenna pattern database)가 저장된다. S3410은 상술한 [1](안테나 패턴 데이터베이스(database) 구성)에서 설명된 동작에 기반할 수 있다.

- [394] S3420에서, 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상 가중치가 계산된다. S3420은 상술한 [2](빔포밍 타겟 방향에 따른 위상)에서 설명된 동작에 기반할 수 있다.
- [395] S3430에서, 타겟 빔포밍 방향과 관련된 방사 방향(radiation direction)을 갖는 안테나 패턴들이 선택될 수 있다. S3430은 상술한 [3](빔포밍 타겟 방향과 관련된 적어도 하나의 안테나 패턴 결정)에서 설명된 동작에 기반할 수 있다.
- [396] S3440에서, 타겟 빔포밍과 관련된 위상 가중치(phase weight)와 상기 안테나 패턴들이 매핑될 수 있다. S3440은 상술한 [4](빔포밍 타겟 방향과 관련된 위상과 안테나 패턴들간의 매핑)에서 설명된 동작에 기반할 수 있다.
- [397] S3450에서, 안테나 패턴 데이터베이스에 기반하여 안테나의 피딩 포인트에 연결된 스위치 및 리액턴스 소자의 값이 제어될 수 있다. 구체적으로 매핑된 안테나 패턴에 기반하여 각 피딩 포인트에 연결된 스위치가 온 또는 오프되고, 피딩 포인트에 연결된 리액턴스 소자의 값이 특정 값으로 조절될 수 있다. S3450은 상술한 [5](안테나 패턴에 기반하는 배열 안테나의 제어)에서 설명된 동작에 기반할 수 있다.
- [398] 상술한 S3410 내지 S3510에 기반하는 빔포밍 방법은 후술하는 도 41 내지 도 45의 장치에 의해 수행될 수 있다.
- [399] 구현적인 측면에서 상술한 실시예들에 따른 장치의 동작(예: 상술한 [1] 내지 [5] 중 적어도 하나에 기반하는 빔포밍과 관련된 동작)들은 후술할 도 41 내지 도 45의 장치(예: 도 42의 프로세서(102, 202))에 의해 처리될 수 있다.
- [400] 또한 상술한 실시예에 따른 장치의 동작(예: 상술한 [1] 내지 [5] 중 적어도 하나에 기반하는 빔포밍과 관련된 동작)들은 적어도 하나의 프로세서(예: 도 42의 102, 202)를 구동하기 위한 명령어/프로그램(예: instruction, executable code)형태로 메모리(예: 도 42의 104, 204)에 저장될 수도 있다.
- [401] 이하에서는 본 명세서의 실시예에 기반하는 빔포밍 시스템과 종래 기술과에 따른 빔포밍 시스템과의 차이점을 도 35 내지 도 37을 참조하여 설명한다.
- [402] 본 명세서의 실시예에 기반하는 빔포밍 방법은 스위치(switch)와 가변 리액턴스 소자(variable reactance element)를 활용하여 방사 패턴의 위상 천이 효과를 얻으며 이에 기반하여 빔포밍을 수행한다.
- [403] 위상 천이기(phase shifter)의 삽입 손실(insertion loss)로 인해, 종래 기술에 기반하는 빔포밍 시스템은 능동(active) 소자인 전력 증폭기(power amplifier, PA)를 포함한다.
- [404] 반면, 본 실시예에 기반하는 안테나를 이용한 빔포밍 시스템의 경우, 스위치로 편 다이오드(PIN diode)가 사용되고 가변 리액턴스 소자로서 버랙터 다이오드(varactor diode)가 사용된다. 모두 수동(passive) 소자만이 사용되므로 종래 기술에 따른 빔포밍 시스템 대비 크기, 소모 전력, 복잡도 및 비용이 경감되는 효과가 있다.
- [405] 도 35는 기존의 위상 천이기를 사용하는 빔포밍 시스템의 블록도를 예시한다.
- [406] 도 36은 종래기술에 기반하는 위상 천이기와 전력 증폭기의 회로도를

예시한다. 구체적으로, 도 36(a)는 CMOS 위상 천이기(phase shifter)의 회로도를 나타내며, 도 36(b)는 위상 천이기와 관련된 전력 증폭기의 회로도를 나타낸다. 하나의 위상 천이기(phase shifter)에 매우 많은 소자가 필요하므로 위상 천이기(phase shifter)를 사용하면 시스템 구현이 매우 복잡해진다.

[407] 도 37은 본 명세서의 일 실시예에 기반하는 빔포밍 시스템의 블록도를 예시한다. 구체적으로 도 37(a)는 본 명세서의 실시예에 기반하는 안테나를 포함하는 빔포밍 시스템의 블록도를 나타낸다. 도 37(b)는 상기 빔포밍 시스템에 포함된 스위치 네트워크(switch network)를 나타낸다.

[408] 스위치(switch)는 핀 다이오드(PIN diode)로 구현될 수 있고, 가변 리액터(variable reactor)는 버랙터 다이오드(varactor diode)로 구현될 수 있다. 상기 스위치 네트워크(switch network)에서 사용되는 소자는 모두 수동(passive) 소자이므로 빔포밍 시스템의 전력 소모 및 복잡도가 경감된다.

[409] 이하 도 38 및 도 39에서는 본 명세서의 실시예에 기반하는 안테나를 활용한 빔포밍 시뮬레이션 결과를 살펴본다.

[410]

[411] 도 38a 내지 도 38c 및 도 39a 내지 도 39c는 본 명세서의 일 실시예에 따른 1X16 배열 안테나를 이용한 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.

[412] 상기 1x16 배열 안테나를 활용하는 빔포밍에 있어, 4개의 안테나 패턴이 활용되었다.

[413] 도 38a 내지 도 38c는 타겟 방향(target direction)이 -30도, -20도, -10도일 때의 빔 이득(beam gain)과 안테나 빔 패턴(antenna beam pattern)을 나타낸다.

[414] 도 39a 내지 도 39c는 타겟 방향(target direction)이 10도, 20도, 30도일 때의 빔 이득(beam gain)과 안테나 빔 패턴(antenna beam pattern)을 나타낸다.

[415] 본 명세서의 실시예에 따른 효과를 정리하면 다음과 같다.

[416] 고주파수를 사용하는 이동통신 시스템에서 빔포밍 모듈을 구성할 때 위상 천이기(phase shifter)를 사용하지 않아도 되므로 빔포밍 모듈의 크기를 줄일 수 있고 시스템 복잡도 및 비용을 줄일 수 있다. 상기 빔포밍 모듈은 다양한 배열 안테나에 활용될 수 있다. 일 예로, 상기 배열 안테나는 Uniform linear array(ULA) 또는 uniform planar array(UPA)에 기반하는 안테나를 포함할 수 있다.

[417] 또한 위상 천이기(phase shifter)를 사용하지 않고서도 거대 배열(massive array) 안테나가 구현될 수 있다. 위상 천이기(phase shifter)의 삽입 손실(insertion loss)에 따른 전력 손실이 방지되는 바, 저전력, 저손실의 특성을 갖는 거대 배열 안테나가 구현될 수 있다. 즉, 6G THz 이동통신 시스템에서 효과적으로 활용될 수 있는 거대 배열 안테나가 구현될 수 있다.

[418]

[419] 이하 상술한 실시예들을 무선 장치의 동작 측면에서 도 40을 참조하여 구체적으로 설명한다. 이하 설명되는 방법들은 설명의 편의를 위하여 구분된 것일 뿐, 어느 한 방법의 일부 구성이 다른 방법의 일부 구성과 치환되거나, 상호

간에 결합되어 적용될 수 있음은 물론이다. 상기 무선 장치는 후술하는 도 41 내지 도 45에 기반하는 무선 기기(예: 단말/기지국)일 수 있다.

[420] 도 40은 본 명세서의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 배열 안테나를 구비한 무선 장치에 의해 수행되는 빔포밍 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[421] 도 40을 참조하면, 본 명세서의 일 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 배열 안테나를 구비한 무선 장치에 의해 수행되는 빔포밍 방법은 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상 계산 단계(S4010), 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정하는 단계(S4020) 및 위상에 기반하는 안테나 패턴을 배열 안테나에 적용하는 단계(S4030)를 포함한다.

[422] 일 실시예에 의하면, 상기 배열 안테나는 상술한 도 31의 안테나에 기반할 수 있다. 구체적으로 상기 배열 안테나는 복수의 안테나들을 포함할 수 있다. 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나는 복수의 피딩 포인트들 및 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자를 포함할 수 있다. 구현적인 측면에서 상기 배열 안테나는 도 42의 하나 이상의 안테나(108/208)에 기반하여 구현될 수 있다.

[423] S4010에서, 무선 장치는 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상을 계산한다.

[424] 일 실시예에 의하면, 상기 위상은 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나별로 계산될 수 있다. 상기 위상은 상기 수학식 2에 기반할 수 있다.

[425] 상술한 S4010에 따라, 무선 장치(도 41 내지 도 45의 100/200)가 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상을 계산하는 동작은 도 41 내지 도 45의 장치에 의해 구현될 수 있다. 예를 들어, 도 42를 참조하면, 하나 이상의 프로세서(102/202)는 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상을 계산하도록 하나 이상의 트랜시버(106/206) 및/또는 하나 이상의 메모리(104/204)를 제어할 수 있다.

[426] S4020에서, 무선 장치는 빔포밍과 관련하여 미리 설정된 안테나 패턴들 중 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정한다.

[427] 일 실시예에 의하면, 상기 안테나 패턴은 i) 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택 또는 ii) 상기 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값 중에서 적어도 하나와 관련될 수 있다.

[428] 상기 안테나 패턴은 상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택, 상기 리액턴스 값, 최대 이득 방향(peak gain direction) 또는 편파 위상(polarization phase) 중 적어도 하나와 관련된 정보를 포함할 수 있다. 상기 안테나 패턴은 상술한 [1] 안테나 패턴 데이터베이스(database)에 기반하는 안테나 패턴일 수 있다.

[429] 일 실시예에 의하면, 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들은 상기 최대 이득 방향이 상기 타겟 빔포밍 방향에 기반하는 특정 범위에 속할 수 있다. 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들은 상술한 [3]에 기반하여 결정되는 적어도 하나의 안테나 패턴일 수 있다.

[430] 일 실시예에 의하면, 상기 편파 위상(polarization phase)과 관련된 정보는 상기 안테나 패턴에 기반하는 3차원 행렬을 포함할 수 있다. 상기 3차원 행렬은

고도각(elavation angle), 방위각(azimuth angle) 및 상기 고도각(elavation angle) 및 상기 방위각(azimuth angle)에 기반하는 편파 위상(polarization phase)을 포함할 수 있다.

- [431] 일 실시예에 의하면, 상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택과 관련된 정보는 상기 각 안테나의 온(on) 또는 오프(off)를 나타내는 비트맵(bitmap)에 기반할 수 있다. 상기 리액턴스 값과 관련된 정보는 상기 각 안테나의 리액턴스 값을 포함할 수 있다. 일 예로, 상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택과 관련된 정보는 Feeding point selection information X에 기반할 수 있고, 상기 리액턴스 값과 관련된 정보는 상기 표 3의 Variable reactance information Y에 기반할 수 있다.
- [432] 상술한 S4020에 따라, 무선 장치(도 41 내지 도 45의 100/200)가 빔포밍과 관련하여 미리 설정된 안테나 패턴들 중 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정하는 동작은 도 41 내지 도 45의 장치에 의해 구현될 수 있다. 예를 들어, 도 42를 참조하면, 하나 이상의 프로세서(102/202)는 빔포밍과 관련하여 미리 설정된 안테나 패턴들 중 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정하도록 하나 이상의 트랜시버(106/206) 및/또는 하나 이상의 메모리(104/204)를 제어할 수 있다.
- [433] S4030에서, 무선 장치는 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴을 상기 배열 안테나에 적용한다.
- [434] 일 실시예에 의하면, 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴은 i) 상기 타겟 빔포밍 방향 및 상기 3차원 행렬에 기반하여 결정되는 상기 편파 위상과 ii) 상기 위상 간의 차이가 최소인 안테나 패턴에 기반할 수 있다. 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴은 상술한 수학적 식 5에 기반하는 안테나 패턴일 수 있다.
- [435] 일 실시예에 의하면, 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴의 적용은 상기 비트맵 및 상기 각 안테나의 리액턴스 값에 기반할 수 있다. 본 실시예는 상술한 [5](안테나 패턴에 기반하는 배열 안테나의 제어)에서 설명된 동작에 기반할 수 있다.
- [436] 상술한 S4030에 따라, 무선 장치(도 41 내지 도 45의 100/200)가 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴을 상기 배열 안테나에 적용하는 동작은 도 41 내지 도 45의 장치에 의해 구현될 수 있다. 예를 들어, 도 42를 참조하면, 하나 이상의 프로세서(102/202)는 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴을 하나 이상의 안테나(108/208)에 적용하도록 하나 이상의 트랜시버(106/206) 및/또는 하나 이상의 메모리(104/204)를 제어할 수 있다.

[437]

[438] 본 발명이 적용되는 통신 시스템 예

[439] 이로 제한되는 것은 아니지만, 본 문서에 개시된 본 발명의 다양한 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들은 기기들간에 무선 통신/연결(예, 6G)을

필요로 하는 다양한 분야에 적용될 수 있다.

- [440] 이하, 도면을 참조하여 보다 구체적으로 예시한다. 이하의 도면/설명에서 동일한 도면 부호는 다르게 기술하지 않는 한, 동일하거나 대응되는 하드웨어 블록, 소프트웨어 블록 또는 기능 블록을 예시할 수 있다.
- [441] 도 41은 본 명세서에 적용되는 통신 시스템(1)을 예시한다.
- [442] 도 41을 참조하면, 본 명세서에 적용되는 통신 시스템(1)은 무선 기기, 기지국 및 네트워크를 포함한다. 여기서, 무선 기기는 무선 접속 기술(예, 5G NR(New RAT), LTE(Long Term Evolution))을 이용하여 통신을 수행하는 기기를 의미하며, 통신/무선/5G 기기로 지칭될 수 있다. 이로 제한되는 것은 아니지만, 무선 기기는 로봇(100a), 차량(100b-1, 100b-2), XR(eXtended Reality) 기기(100c), 휴대 기기(Hand-held device)(100d), 가전(100e), IoT(Internet of Thing) 기기(100f), AI기기/서버(400)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 차량은 무선 통신 기능이 구비된 차량, 자율 주행 차량, 차량간 통신을 수행할 수 있는 차량 등을 포함할 수 있다. 여기서, 차량은 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)(예, 드론)를 포함할 수 있다. XR 기기는 AR(Augmented Reality)/VR(Virtual Reality)/MR(Mixed Reality) 기기를 포함하며, HMD(Head-Mounted Device), 차량에 구비된 HUD(Head-Up Display), 텔레비전, 스마트폰, 컴퓨터, 웨어러블 디바이스, 가전 기기, 디지털 사이니지(signage), 차량, 로봇 등의 형태로 구현될 수 있다. 휴대 기기는 스마트폰, 스마트패드, 웨어러블 기기(예, 스마트워치, 스마트글래스), 컴퓨터(예, 노트북 등) 등을 포함할 수 있다. 가전은 TV, 냉장고, 세탁기 등을 포함할 수 있다. IoT 기기는 센서, 스마트미터 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 기지국, 네트워크는 무선 기기로도 구현될 수 있으며, 특정 무선 기기(200a)는 다른 무선 기기에게 기지국/네트워크 노드로 동작할 수도 있다.
- [443] 무선 기기(100a~100f)는 기지국(200)을 통해 네트워크(300)와 연결될 수 있다. 무선 기기(100a~100f)에는 AI(Artificial Intelligence) 기술이 적용될 수 있으며, 무선 기기(100a~100f)는 네트워크(300)를 통해 AI 서버(400)와 연결될 수 있다. 네트워크(300)는 3G 네트워크, 4G(예, LTE) 네트워크 또는 5G(예, NR) 네트워크 등을 이용하여 구성될 수 있다. 무선 기기(100a~100f)는 기지국(200)/네트워크(300)를 통해 서로 통신할 수도 있지만, 기지국/네트워크를 통하지 않고 직접 통신(e.g. 사이드링크 통신(sidelink communication))할 수도 있다. 예를 들어, 차량들(100b-1, 100b-2)은 직접 통신(e.g. V2V(Vehicle to Vehicle)/V2X(Vehicle to everything) communication)을 할 수 있다. 또한, IoT 기기(예, 센서)는 다른 IoT 기기(예, 센서) 또는 다른 무선 기기(100a~100f)와 직접 통신을 할 수 있다.
- [444] 무선 기기(100a~100f)/기지국(200), 기지국(200)/기지국(200) 간에는 무선 통신/연결(150a, 150b, 150c)이 이뤄질 수 있다. 여기서, 무선 통신/연결은 상향/하향링크 통신(150a)과 사이드링크 통신(150b)(또는, D2D 통신), 기지국간 통신(150c)(e.g. relay, IAB(Integrated Access Backhaul)과 같은 다양한 무선 접속

기술(예, 5G NR)을 통해 이뤄질 수 있다. 무선 통신/연결(150a, 150b, 150c)을 통해 무선 기기와 기지국/무선 기기, 기지국과 기지국은 서로 무선 신호를 송신/수신할 수 있다. 예를 들어, 무선 통신/연결(150a, 150b, 150c)은 다양한 물리 채널을 통해 신호를 송신/수신할 수 있다. 이를 위해, 본 발명의 다양한 제안들에 기반하여, 무선 신호의 송신/수신을 위한 다양한 구성정보 설정 과정, 다양한 신호 처리 과정(예, 채널 인코딩/디코딩, 변조/복조, 자원 매핑/디매핑 등), 자원 할당 과정 등 중 적어도 일부가 수행될 수 있다.

[445] 본 발명이 적용되는 무선 기기 예

[446] 도 42는 본 명세서에 적용될 수 있는 무선 기기를 예시한다.

[447] 도 42를 참조하면, 제1 무선 기기(100)와 제2 무선 기기(200)는 다양한 무선 접속 기술(예, LTE, NR)을 통해 무선 신호를 송수신할 수 있다. 여기서, {제1 무선 기기(100), 제2 무선 기기(200)}은 도 41의 {무선 기기(100x), 기지국(200)} 및/또는 {무선 기기(100x), 무선 기기(100x)}에 대응할 수 있다.

[448] 제1 무선 기기(100)는 하나 이상의 프로세서(102) 및 하나 이상의 메모리(104)를 포함하며, 추가적으로 하나 이상의 송수신기(106) 및/또는 하나 이상의 안테나(108)를 더 포함할 수 있다. 프로세서(102)는 메모리(104) 및/또는 송수신기(106)를 제어하며, 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들을 구현하도록 구성될 수 있다. 예를 들어, 프로세서(102)는 메모리(104) 내의 정보를 처리하여 제1 정보/신호를 생성한 뒤, 송수신기(106)을 통해 제1 정보/신호를 포함하는 무선 신호를 전송할 수 있다. 또한, 프로세서(102)는 송수신기(106)를 통해 제2 정보/신호를 포함하는 무선 신호를 수신한 뒤, 제2 정보/신호의 신호 처리로부터 얻은 정보를 메모리(104)에 저장할 수 있다. 메모리(104)는 프로세서(102)와 연결될 수 있고, 프로세서(102)의 동작과 관련한 다양한 정보를 저장할 수 있다. 예를 들어, 메모리(104)는 프로세서(102)에 의해 제어되는 프로세스들 중 일부 또는 전부를 수행하거나, 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들을 수행하기 위한 명령들을 포함하는 소프트웨어 코드를 저장할 수 있다. 여기서, 프로세서(102)와 메모리(104)는 무선 통신 기술(예, LTE, NR)을 구현하도록 설계된 통신 모듈/회로/칩의 일부일 수 있다. 송수신기(106)는 프로세서(102)와 연결될 수 있고, 하나 이상의 안테나(108)를 통해 무선 신호를 송신 및/또는 수신할 수 있다. 송수신기(106)는 송신기 및/또는 수신기를 포함할 수 있다. 송수신기(106)는 RF(Radio Frequency) 유닛과 혼용될 수 있다. 본 발명에서 무선 기기는 통신 모듈/회로/칩을 의미할 수도 있다.

[449] 제2 무선 기기(200)는 하나 이상의 프로세서(202), 하나 이상의 메모리(204)를 포함하며, 추가적으로 하나 이상의 송수신기(206) 및/또는 하나 이상의 안테나(208)를 더 포함할 수 있다. 프로세서(202)는 메모리(204) 및/또는 송수신기(206)를 제어하며, 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들을 구현하도록 구성될 수 있다. 예를 들어,

프로세서(202)는 메모리(204) 내의 정보를 처리하여 제3 정보/신호를 생성한 뒤, 송수신기(206)를 통해 제3 정보/신호를 포함하는 무선 신호를 전송할 수 있다. 또한, 프로세서(202)는 송수신기(206)를 통해 제4 정보/신호를 포함하는 무선 신호를 수신한 뒤, 제4 정보/신호의 신호 처리로부터 얻은 정보를 메모리(204)에 저장할 수 있다. 메모리(204)는 프로세서(202)와 연결될 수 있고, 프로세서(202)의 동작과 관련한 다양한 정보를 저장할 수 있다. 예를 들어, 메모리(204)는 프로세서(202)에 의해 제어되는 프로세스들 중 일부 또는 전부를 수행하거나, 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들을 수행하기 위한 명령들을 포함하는 소프트웨어 코드를 저장할 수 있다. 여기서, 프로세서(202)와 메모리(204)는 무선 통신 기술(예, LTE, NR)을 구현하도록 설계된 통신 모듈/회로/칩의 일부일 수 있다. 송수신기(206)는 프로세서(202)와 연결될 수 있고, 하나 이상의 안테나(208)를 통해 무선 신호를 송신 및/또는 수신할 수 있다. 송수신기(206)는 송신기 및/또는 수신기를 포함할 수 있다. 송수신기(206)는 RF 유닛과 혼용될 수 있다. 본 발명에서 무선 기기는 통신 모듈/회로/칩을 의미할 수도 있다.

[450] 이하, 무선 기기(100, 200)의 하드웨어 요소에 대해 보다 구체적으로 설명한다. 이로 제한되는 것은 아니지만, 하나 이상의 프로토콜 계층이 하나 이상의 프로세서(102, 202)에 의해 구현될 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 프로세서(102, 202)는 하나 이상의 계층(예, PHY, MAC, RLC, PDCP, RRC, SDAP와 같은 기능적 계층)을 구현할 수 있다. 하나 이상의 프로세서(102, 202)는 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들에 따라 하나 이상의 PDU(Protocol Data Unit) 및/또는 하나 이상의 SDU(Service Data Unit)를 생성할 수 있다. 하나 이상의 프로세서(102, 202)는 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들에 따라 메시지, 제어정보, 데이터 또는 정보를 생성할 수 있다. 하나 이상의 프로세서(102, 202)는 본 문서에 개시된 기능, 절차, 제안 및/또는 방법에 따라 PDU, SDU, 메시지, 제어정보, 데이터 또는 정보를 포함하는 신호(예, 베이스밴드 신호)를 생성하여, 하나 이상의 송수신기(106, 206)에게 제공할 수 있다. 하나 이상의 프로세서(102, 202)는 하나 이상의 송수신기(106, 206)로부터 신호(예, 베이스밴드 신호)를 수신할 수 있고, 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들에 따라 PDU, SDU, 메시지, 제어정보, 데이터 또는 정보를 획득할 수 있다.

[451] 하나 이상의 프로세서(102, 202)는 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 또는 마이크로 컴퓨터로 지칭될 수 있다. 하나 이상의 프로세서(102, 202)는 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어, 또는 이들의 조합에 의해 구현될 수 있다. 일 예로, 하나 이상의 ASIC(Application Specific Integrated Circuit), 하나 이상의 DSP(Digital Signal Processor), 하나 이상의 DSPD(Digital Signal Processing Device), 하나 이상의 PLD(Programmable Logic Device) 또는 하나 이상의 FPGA(Field

Programmable Gate Arrays)가 하나 이상의 프로세서(102, 202)에 포함될 수 있다. 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들은 펌웨어 또는 소프트웨어를 사용하여 구현될 수 있고, 펌웨어 또는 소프트웨어는 모듈, 절차, 기능 등을 포함하도록 구현될 수 있다. 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들은 수행하도록 설정된 펌웨어 또는 소프트웨어는 하나 이상의 프로세서(102, 202)에 포함되거나, 하나 이상의 메모리(104, 204)에 저장되어 하나 이상의 프로세서(102, 202)에 의해 구동될 수 있다. 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도들은 코드, 명령어 및/또는 명령어의 집합 형태로 펌웨어 또는 소프트웨어를 사용하여 구현될 수 있다.

[452] 하나 이상의 메모리(104, 204)는 하나 이상의 프로세서(102, 202)와 연결될 수 있고, 다양한 형태의 데이터, 신호, 메시지, 정보, 프로그램, 코드, 지시 및/또는 명령을 저장할 수 있다. 하나 이상의 메모리(104, 204)는 ROM, RAM, EPROM, 플래시 메모리, 하드 드라이브, 레지스터, 캐쉬 메모리, 컴퓨터 판독 저장 매체 및/또는 이들의 조합으로 구성될 수 있다. 하나 이상의 메모리(104, 204)는 하나 이상의 프로세서(102, 202)의 내부 및/또는 외부에 위치할 수 있다. 또한, 하나 이상의 메모리(104, 204)는 유선 또는 무선 연결과 같은 다양한 기술을 통해 하나 이상의 프로세서(102, 202)와 연결될 수 있다.

[453] 하나 이상의 송수신기(106, 206)는 하나 이상의 다른 장치에게 본 문서의 방법들 및/또는 동작 순서도 등에서 언급되는 사용자 데이터, 제어 정보, 무선 신호/채널 등을 전송할 수 있다. 하나 이상의 송수신기(106, 206)는 하나 이상의 다른 장치로부터 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도 등에서 언급되는 사용자 데이터, 제어 정보, 무선 신호/채널 등을 수신할 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 송수신기(106, 206)는 하나 이상의 프로세서(102, 202)와 연결될 수 있고, 무선 신호를 송수신할 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 프로세서(102, 202)는 하나 이상의 송수신기(106, 206)가 하나 이상의 다른 장치에게 사용자 데이터, 제어 정보 또는 무선 신호를 전송하도록 제어할 수 있다. 또한, 하나 이상의 프로세서(102, 202)는 하나 이상의 송수신기(106, 206)가 하나 이상의 다른 장치로부터 사용자 데이터, 제어 정보 또는 무선 신호를 수신하도록 제어할 수 있다. 또한, 하나 이상의 송수신기(106, 206)는 하나 이상의 안테나(108, 208)와 연결될 수 있고, 하나 이상의 송수신기(106, 206)는 하나 이상의 안테나(108, 208)를 통해 본 문서에 개시된 설명, 기능, 절차, 제안, 방법 및/또는 동작 순서도 등에서 언급되는 사용자 데이터, 제어 정보, 무선 신호/채널 등을 송수신하도록 설정될 수 있다. 본 문서에서, 하나 이상의 안테나는 복수의 물리 안테나이거나, 복수의 논리 안테나(예, 안테나 포트)일 수 있다. 하나 이상의 송수신기(106, 206)는 수신된 사용자 데이터, 제어 정보, 무선 신호/채널 등을 하나 이상의 프로세서(102, 202)를 이용하여 처리하기 위해, 수신된 무선 신호/채널 등을 RF 밴드 신호에서

베이스밴드 신호로 변환(Convert)할 수 있다. 하나 이상의 송수신기(106, 206)는 하나 이상의 프로세서(102, 202)를 이용하여 처리된 사용자 데이터, 제어 정보, 무선 신호/채널 등을 베이스밴드 신호에서 RF 밴드 신호로 변환할 수 있다. 이를 위하여, 하나 이상의 송수신기(106, 206)는 (아날로그) 오실레이터 및/또는 필터를 포함할 수 있다.

[454] **본 발명이 적용되는 신호 처리 회로 예**

[455] 도 43은 본 명세서에 적용되는 신호 처리 회로를 예시한다.

[456] 도 43을 참조하면, 신호 처리 회로(1000)는 스크램블러(1010), 변조기(1020), 레이어 매퍼(1030), 프리코더(1040), 자원 매퍼(1050), 신호 생성기(1060)를 포함할 수 있다. 이로 제한되는 것은 아니지만, 도 43의 동작/기능은 도 42의 프로세서(102, 202) 및/또는 송수신기(106, 206)에서 수행될 수 있다. 도 43의 하드웨어 요소는 도 42의 프로세서(102, 202) 및/또는 송수신기(106, 206)에서 구현될 수 있다. 예를 들어, 블록 1010~1060은 도 42의 프로세서(102, 202)에서 구현될 수 있다. 또한, 블록 1010~1050은 도 42의 프로세서(102, 202)에서 구현되고, 블록 1060은 도 42의 송수신기(106, 206)에서 구현될 수 있다.

[457] 코드워드는 도 43의 신호 처리 회로(1000)를 거쳐 무선 신호로 변환될 수 있다. 여기서, 코드워드는 정보블록의 부호화된 비트 시퀀스이다. 정보블록은 전송블록(예, UL-SCH 전송블록, DL-SCH 전송블록)을 포함할 수 있다. 무선 신호는 다양한 물리 채널(예, PUSCH, PDSCH)을 통해 전송될 수 있다.

[458] 구체적으로, 코드워드는 스크램블러(1010)에 의해 스크램블된 비트 시퀀스로 변환될 수 있다. 스크램블에 사용되는 스크램블 시퀀스는 초기화 값에 기반하여 생성되며, 초기화 값은 무선 기기의 ID 정보 등이 포함될 수 있다. 스크램블된 비트 시퀀스는 변조기(1020)에 의해 변조 심볼 시퀀스로 변조될 수 있다. 변조 방식은 $\pi/2$ -BPSK($\pi/2$ -Binary Phase Shift Keying), m-PSK(m-Phase Shift Keying), m-QAM(m-Quadrature Amplitude Modulation) 등을 포함할 수 있다. 복소 변조 심볼 시퀀스는 레이어 매퍼(1030)에 의해 하나 이상의 전송 레이어로 매핑될 수 있다. 각 전송 레이어의 변조 심볼들은 프리코더(1040)에 의해 해당 안테나 포트(들)로 매핑될 수 있다(프리코딩). 프리코더(1040)의 출력 z 는 레이어 매퍼(1030)의 출력 y 를 $N \times M$ 의 프리코딩 행렬 W 와 곱해 얻을 수 있다. 여기서, N 은 안테나 포트의 개수, M 은 전송 레이어의 개수이다. 여기서, 프리코더(1040)는 복소 변조 심볼들에 대한 트랜스폼(transform) 프리코딩(예, DFT 변환)을 수행한 이후에 프리코딩을 수행할 수 있다. 또한, 프리코더(1040)는 트랜스폼 프리코딩을 수행하지 않고 프리코딩을 수행할 수 있다.

[459] 자원 매퍼(1050)는 각 안테나 포트의 변조 심볼들을 시간-주파수 자원에 매핑할 수 있다. 시간-주파수 자원은 시간 도메인에서 복수의 심볼(예, CP-OFDMA 심볼, DFT-s-OFDMA 심볼)을 포함하고, 주파수 도메인에서 복수의 부반송파를 포함할 수 있다. 신호 생성기(1060)는 매핑된 변조 심볼들로부터 무선 신호를 생성하며, 생성된 무선 신호는 각 안테나를 통해 다른 기기로 전송될 수 있다. 이를 위해,

신호 생성기(1060)는 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform) 모듈 및 CP(Cyclic Prefix) 삽입기, DAC(Digital-to-Analog Converter), 주파수 상향 변환기(frequency uplink converter) 등을 포함할 수 있다.

- [460] 무선 기기에서 수신 신호를 위한 신호 처리 과정은 도 43의 신호 처리 과정(1010~1060)의 역으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 무선 기기(예, 도 42의 100, 200)는 안테나 포트/송수신기를 통해 외부로부터 무선 신호를 수신할 수 있다. 수신된 무선 신호는 신호 복원기를 통해 베이스밴드 신호로 변환될 수 있다. 이를 위해, 신호 복원기는 주파수 하향 변환기(frequency downlink converter), ADC(analog-to-digital converter), CP 제거기, FFT(Fast Fourier Transform) 모듈을 포함할 수 있다. 이후, 베이스밴드 신호는 자원 디-매핑 과정, 포스트코딩(postcoding) 과정, 복조 과정 및 디-스크램블 과정을 거쳐 코드워드로 복원될 수 있다. 코드워드는 복호(decoding)를 거쳐 원래의 정보를 블록으로 복원될 수 있다. 따라서, 수신 신호를 위한 신호 처리 회로(미도시)는 신호 복원기, 자원 디-매핑, 포스트코더, 복조기, 디-스크램블러 및 복호기를 포함할 수 있다.

[461] **본 발명이 적용되는 무선 기기 활용 예**

- [462] 도 44는 본 명세서에 적용되는 무선 기기의 다른 예를 나타낸다. 무선 기기는 사용-예/서비스에 따라 다양한 형태로 구현될 수 있다(도 41 참조).

- [463] 도 44를 참조하면, 무선 기기(100, 200)는 도 42의 무선 기기(100,200)에 대응하며, 다양한 요소(element), 성분(component), 유닛/부(unit), 및/또는 모듈(module)로 구성될 수 있다. 예를 들어, 무선 기기(100, 200)는 통신부(110), 제어부(120), 메모리부(130) 및 추가 요소(140)를 포함할 수 있다. 통신부는 통신 회로(112) 및 송수신기(들)(114)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 통신 회로(112)는 도 42의 하나 이상의 프로세서(102,202) 및/또는 하나 이상의 메모리(104,204)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 송수신기(들)(114)는 도 42의 하나 이상의 송수신기(106,206) 및/또는 하나 이상의 안테나(108,208)를 포함할 수 있다. 제어부(120)는 통신부(110), 메모리부(130) 및 추가 요소(140)와 전기적으로 연결되며 무선 기기의 제반 동작을 제어한다. 예를 들어, 제어부(120)는 메모리부(130)에 저장된 프로그램/코드/명령/정보에 기반하여 무선 기기의 전기적/기계적 동작을 제어할 수 있다. 또한, 제어부(120)는 메모리부(130)에 저장된 정보를 통신부(110)을 통해 외부(예, 다른 통신 기기)로 무선/유선 인터페이스를 통해 전송하거나, 통신부(110)를 통해 외부(예, 다른 통신 기기)로부터 무선/유선 인터페이스를 통해 수신된 정보를 메모리부(130)에 저장할 수 있다.

- [464] 추가 요소(140)는 무선 기기의 종류에 따라 다양하게 구성될 수 있다. 예를 들어, 추가 요소(140)는 파워 유닛/배터리, 입출력부(I/O unit), 구동부 및 컴퓨팅부 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이로 제한되는 것은 아니지만, 무선 기기는 로봇(도 41, 100a), 차량(도 41, 100b-1, 100b-2), XR 기기(도 41, 100c), 휴대 기기(도 41, 100d), 가전(도 41, 100e), IoT 기기(도 41, 100f), 디지털 방송용 단말,

홀로그램 장치, 공공 안전 장치, MTC 장치, 의료 장치, 핀테크 장치(또는 금융 장치), 보안 장치, 기후/환경 장치, AI 서버/기기(도 41, 400), 기지국(도 41, 200), 네트워크 노드 등의 형태로 구현될 수 있다. 무선 기기는 사용-예/서비스에 따라 이동 가능하거나 고정된 장소에서 사용될 수 있다.

- [465] 도 44에서 무선 기기(100, 200) 내의 다양한 요소, 성분, 유닛/부, 및/또는 모듈은 전체가 유선 인터페이스를 통해 상호 연결되거나, 적어도 일부가 통신부(110)를 통해 무선으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 무선 기기(100, 200) 내에서 제어부(120)와 통신부(110)는 유선으로 연결되며, 제어부(120)와 제1 유닛(예, 130, 140)은 통신부(110)를 통해 무선으로 연결될 수 있다. 또한, 무선 기기(100, 200) 내의 각 요소, 성분, 유닛/부, 및/또는 모듈은 하나 이상의 요소를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 제어부(120)는 하나 이상의 프로세서 집합으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 제어부(120)는 통신 제어 프로세서, 어플리케이션 프로세서(Application processor), ECU(Electronic Control Unit), 그래픽 처리 프로세서, 메모리 제어 프로세서 등의 집합으로 구성될 수 있다. 다른 예로, 메모리부(130)는 RAM(Random Access Memory), DRAM(Dynamic RAM), ROM(Read Only Memory), 플래시 메모리(flash memory), 휘발성 메모리(volatile memory), 비-휘발성 메모리(non-volatile memory) 및/또는 이들의 조합으로 구성될 수 있다.

[466] 본 발명이 적용되는 휴대기기 예

- [467] 도 45는 본 명세서에 적용되는 휴대 기기를 예시한다. 휴대 기기는 스마트폰, 스마트패드, 웨어러블 기기(예, 스마트워치, 스마트글래스), 휴대용 컴퓨터(예, 노트북 등)를 포함할 수 있다. 휴대 기기는 MS(Mobile Station), UT(user terminal), MSS(Mobile Subscriber Station), SS(Subscriber Station), AMS(Advanced Mobile Station) 또는 WT(Wireless terminal)로 지칭될 수 있다.

- [468] 도 45를 참조하면, 휴대 기기(100)는 안테나부(108), 통신부(110), 제어부(120), 메모리부(130), 전원공급부(140a), 인터페이스부(140b) 및 입출력부(140c)를 포함할 수 있다. 안테나부(108)는 통신부(110)의 일부로 구성될 수 있다. 블록 110~130/140a~140c는 각각 도 44의 블록 110~130/140에 대응한다.

- [469] 통신부(110)는 다른 무선 기기, 기지국들과 신호(예, 데이터, 제어 신호 등)를 송수신할 수 있다. 제어부(120)는 휴대 기기(100)의 구성 요소들을 제어하여 다양한 동작을 수행할 수 있다. 제어부(120)는 AP(Application Processor)를 포함할 수 있다. 메모리부(130)는 휴대 기기(100)의 구동에 필요한 데이터/파라미터/프로그램/코드/명령을 저장할 수 있다. 또한, 메모리부(130)는 입/출력되는 데이터/정보 등을 저장할 수 있다. 전원공급부(140a)는 휴대 기기(100)에게 전원을 공급하며, 유/무선 충전 회로, 배터리 등을 포함할 수 있다. 인터페이스부(140b)는 휴대 기기(100)와 다른 외부 기기의 연결을 지원할 수 있다. 인터페이스부(140b)는 외부 기기와의 연결을 위한 다양한 포트(예, 오디오 입/출력 포트, 비디오 입/출력 포트)를 포함할 수 있다. 입출력부(140c)는 영상

정보/신호, 오디오 정보/신호, 데이터, 및/또는 사용자로부터 입력되는 정보를 입력 받거나 출력할 수 있다. 입출력부(140c)는 카메라, 마이크로폰, 사용자 입력부, 디스플레이부(140d), 스피커 및/또는 햅틱 모듈 등을 포함할 수 있다.

- [470] 일 예로, 데이터 통신의 경우, 입출력부(140c)는 사용자로부터 입력된 정보/신호(예, 터치, 문자, 음성, 이미지, 비디오)를 획득하며, 획득된 정보/신호는 메모리부(130)에 저장될 수 있다. 통신부(110)는 메모리에 저장된 정보/신호를 무선 신호로 변환하고, 변환된 무선 신호를 다른 무선 기기에게 직접 전송하거나 기지국에게 전송할 수 있다. 또한, 통신부(110)는 다른 무선 기기 또는 기지국으로부터 무선 신호를 수신한 뒤, 수신된 무선 신호를 원래의 정보/신호로 복원할 수 있다. 복원된 정보/신호는 메모리부(130)에 저장된 뒤, 입출력부(140c)를 통해 다양한 형태(예, 문자, 음성, 이미지, 비디오, 햅틱)로 출력될 수 있다.

[471]

- [472] 본 명세서의 실시예에 따른 무선 통신 시스템에서 빔포밍 방법 및 그 장치의 효과를 설명하면 다음과 같다.

- [473] 본 명세서의 일 실시예에 의하면, 복수의 피딩 포인트(feeding point)들, 상기 복수의 피딩 포인트들 중 각 피딩 포인트로 인가되는 상기 신호를 온(on) 또는 오프(off)하는 스위치(switch) 및 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자(variable reactance element)를 포함하는 안테나가 개시된다. 따라서 상기 안테나를 기반으로 전력이나 발열로 인한 문제 없이 효과적으로 빔포밍 시스템이 구성될 수 있다. 즉, 빔포밍 시스템을 구현함에 있어 크기, 소모 전력, 복잡도 및 비용이 감소한다.

- [474] 본 명세서의 일 실시예에 의하면, 상기 복수의 피딩 포인트들은 제1 위치에 배치되는 적어도 하나의 제1 피딩 포인트(first feeding point) 및 상기 제1 위치와 다른 제2 위치에 배치되는 적어도 하나의 제2 피딩 포인트(second feeding point)를 포함하고 상기 제2 피딩 포인트는 상기 가변 리액턴스 소자와 연결된다. 방사 소자(radiating element)에 기생 안테나(parasitic antenna)나 그 밖의 구성을 추가하지 않고서도, 상기 피딩 포인트들의 선택과 리액턴스 값의 조절을 통해 안테나의 pattern reconfigurability를 얻을 수 있다. 따라서, 본 실시예에 따른 안테나는 다양한 방사 패턴을 생성할 수 있고, 거대 배열 안테나(massive array antenna)를 구성하기 위한 모듈로써 활용되기 용이하다.

- [475] 본 명세서의 일 실시예에 의하면, 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 위상 가중치에 기반하는 안테나 패턴을 배열 안테나에 적용함으로써 빔포밍이 수행된다. 이 때, 상기 안테나 패턴은 i) 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택 또는 ii) 상기 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값 중에서 적어도 하나와 관련된다. 따라서, 위상 천이기를 사용하지 않는 배열 안테나에 기반하여 효과적으로 빔포밍이 수행될 수 있다. 구체적으로 1) 빔포밍을 수행함에 있어 기존 패턴 재구성가능 안테나(pattern reconfigurable

antenna)와 달리 생성할 수 있는 방사 패턴의 수가 제한되지 않으므로 다양한 방향과 위상을 가지는 방사 패턴을 생성할 수 있다. 2) 위상 천이기로 인한 전력 소모와 삽입 손실의 문제가 발생하지 않는 바 테라헤르츠 대역에서도 효과적으로 빔포밍이 수행될 수 있다.

[476]

[477] 이상에서 설명된 실시 예들은 본 발명의 구성요소들과 특징들이 소정 형태로 결합된 것들이다. 각 구성요소 또는 특징은 별도의 명시적 언급이 없는 한 선택적인 것으로 고려되어야 한다. 각 구성요소 또는 특징은 다른 구성요소나 특징과 결합되지 않은 형태로 실시될 수 있다. 또한, 일부 구성요소들 및/또는 특징들을 결합하여 본 발명의 실시 예를 구성하는 것도 가능하다. 본 발명의 실시 예들에서 설명되는 동작들의 순서는 변경될 수 있다. 어느 실시예의 일부 구성이나 특징은 다른 실시 예에 포함될 수 있고, 또는 다른 실시예의 대응하는 구성 또는 특징과 교체될 수 있다. 특허청구범위에서 명시적인 인용 관계가 있지 않은 청구항들을 결합하여 실시 예를 구성하거나 출원 후의 보정에 의해 새로운 청구항으로 포함시킬 수 있음은 자명하다.

[478] 본 발명에 따른 실시 예는 다양한 수단, 예를 들어, 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다. 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시 예는 하나 또는 그 이상의 ASICs(application specific integrated circuits), DSPs(digital signal processors), DSPDs(digital signal processing devices), PLDs(programmable logic devices), FPGAs(field programmable gate arrays), 프로세서, 콘트롤러, 마이크로 콘트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

[479] 펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 일 실시 예는 이상에서 설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차, 함수 등의 형태로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드는 메모리에 저장되어 프로세서에 의해 구동될 수 있다. 상기 메모리는 상기 프로세서 내부 또는 외부에 위치하여, 이미 공지된 다양한 수단에 의해 상기 프로세서와 데이터를 주고 받을 수 있다.

[480] 본 발명은 본 발명의 필수적 특징을 벗어나지 않는 범위에서 다른 특정한 형태로 구체화될 수 있음은 통상의 기술자에게 자명하다. 따라서 상기의 상세한 설명은 모든 면에서 제한적으로 해석되어서는 아니되고 예시적인 것으로 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 첨부된 청구항의 합리적 해석에 의해 결정되어야 하고, 본 발명의 등가적 범위 내에서의 모든 변경은 본 발명의 범위에 포함된다.

청구범위

- [청구항 1] 안테나에 있어서,
 방사 소자(radiating element);
 상기 방사 소자에 신호를 인가하기 위한 피딩 라인(feeding line)이
 연결되는 복수의 피딩 포인트(feeding point)들;
 상기 복수의 피딩 포인트들 중 각 피딩 포인트로 인가되는 상기 신호를
 온(on) 또는 오프(off)하는 스위치(switch); 및
 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는
 가변 리액턴스 소자(variable reactance element)를 포함하고,
 상기 복수의 피딩 포인트들은,
 제1 위치에 배치되는 적어도 하나의 제1 피딩 포인트(first feeding point);
 및
 상기 제1 위치와 다른 제2 위치에 배치되는 적어도 하나의 제2 피딩
 포인트(second feeding point);를 포함하며,
 상기 제2 피딩 포인트는 상기 가변 리액턴스 소자와 연결되는 것을
 특징으로 하는 안테나.
- [청구항 2] 제1 항에 있어서,
 상기 제1 위치는 상기 방사 소자의 가장자리(edge)로부터 특정 길이에
 기반하여 형성되는 영역 내에 위치하며,
 상기 제2 위치는 상기 영역 밖에 위치하는 것을 특징으로 하는 안테나.
- [청구항 3] 제2 항에 있어서,
 상기 특정 길이는 상기 가장자리(edge)로부터 반대편
 가장자리(edge)까지의 길이의 1/3(one third)에 기반하는 것을 특징으로
 하는 안테나.
- [청구항 4] 제1 항에 있어서,
 상기 가변 리액턴스 소자는 칩 인덕터(chip inductor), 칩 커패시터(chip
 capacitor) 또는 버랙터 다이오드(varactor diode)에 기반하는 것을 특징으로
 하는 안테나.
- [청구항 5] 무선 통신 시스템에서 배열 안테나를 구비한 무선 장치에 의해 수행되는
 빔포밍 방법에 있어서,
 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상을 계산하는 단계;
 빔포밍과 관련하여 미리 설정된 안테나 패턴들 중 상기 타겟 빔포밍
 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정하는 단계; 및
 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 상기 위상에 기반하는
 안테나 패턴을 상기 배열 안테나에 적용하는 단계를 포함하고,
 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나는 복수의 피딩 포인트들 및 상기
 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변

리액턴스 소자를 포함하며,

상기 안테나 패턴은 i) 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택 또는 ii) 상기 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값 중에서 적어도 하나와 관련된 것을 특징으로 하는 방법.

[청구항 6]

제5 항에 있어서,

상기 안테나 패턴은,

상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택, 상기 리액턴스 값, 최대 이득 방향(peak gain direction) 또는 편파 위상(polarization phase) 중 적어도 하나와 관련된 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

[청구항 7]

제6 항에 있어서,

상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들은 상기 최대 이득 방향이 상기 타겟 빔포밍 방향에 기반하는 특정 범위에 속하는 것을 특징으로 하는 방법.

[청구항 8]

제6 항에 있어서,

상기 편파 위상(polarization phase)과 관련된 정보는 상기 안테나 패턴에 기반하는 3차원 행렬을 포함하고,

상기 3차원 행렬은 고도각(elevation angle), 방위각(azimuth angle) 및 상기 고도각(elevation angle) 및 상기 방위각(azimuth angle)에 기반하는 편파 위상(polarization phase)을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

[청구항 9]

제8 항에 있어서,

상기 위상에 기반하는 안테나 패턴은,

i) 상기 타겟 빔포밍 방향 및 상기 3차원 행렬에 기반하여 결정되는 상기 편파 위상과 ii) 상기 위상 간의 차이가 최소인 안테나 패턴에 기반하는 것을 특징으로 하는 방법.

[청구항 10]

제6 항에 있어서,

상기 위상은 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나별로 계산되고,

상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택과 관련된 정보는 상기 각 안테나의 온(on) 또는 오프(off)를 나타내는 비트맵(bitmap)에 기반하며, 상기 리액턴스 값과 관련된 정보는 상기 각 안테나의 리액턴스 값을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

[청구항 11]

제10 항에 있어서,

상기 위상에 기반하는 안테나 패턴의 적용은 상기 비트맵 및 상기 각 안테나의 리액턴스 값에 기반하는 것을 특징으로 하는 방법.

[청구항 12]

무선 통신 시스템에서 빔포밍을 수행하는 무선 장치에 있어서,

배열 안테나;

상기 배열 안테나를 통해 무선 신호를 송수신 하는 하나 이상의 송수신기;

상기 배열 안테나 및 상기 하나 이상의 송수신기를 제어하는 하나 이상의 프로세서들;

상기 하나 이상의 프로세서들에 동작 가능하게 접속 가능하고, 상기 하나 이상의 프로세서들에 의해 상기 빔포밍이 실행될 때, 동작들을 수행하는 지시(instruction)들을 저장하는 하나 이상의 메모리들을 포함하며, 상기 동작들은,
 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상을 계산하는 단계;
 상기 빔포밍과 관련하여 미리 설정된 안테나 패턴들 중 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정하는 단계; 및
 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴을 상기 배열 안테나에 적용하는 단계를 포함하고,
 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나는 복수의 피딩 포인트들 및 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자를 포함하며,
 상기 안테나 패턴은 i) 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택 또는 ii) 상기 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값 중에서 적어도 하나와 관련된 것을 특징으로 하는 무선 장치.

[청구항 13]

제12 항에 있어서,
 상기 안테나 패턴은,
 상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택, 상기 리액턴스 값, 최대 이득 방향(peak gain direction) 또는 편파 위상(polarization phase) 중 적어도 하나와 관련된 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선 장치.

[청구항 14]

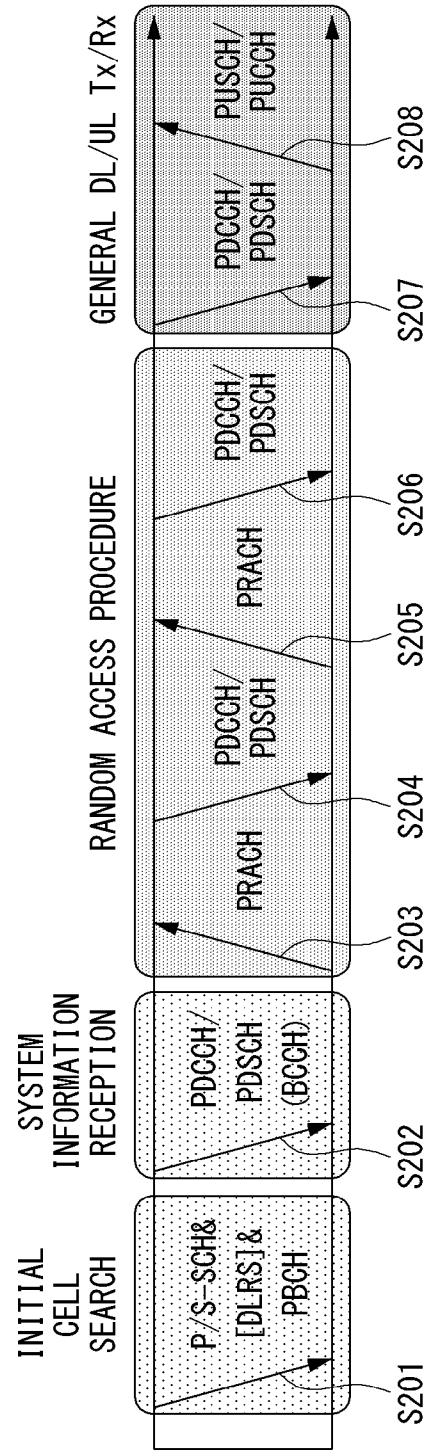
하나 이상의 명령어를 저장하는 하나 이상의 비일시적(non-transitory) 컴퓨터 판독 가능 매체에 있어서,
 하나 이상의 프로세서에 의해 실행 가능한 하나 이상의 명령어는 장치가,
 타겟 빔포밍 방향과 관련된 위상을 계산하고,
 빔포밍과 관련하여 미리 설정된 안테나 패턴들 중 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들을 결정하며,
 상기 타겟 빔포밍 방향과 관련된 안테나 패턴들 중 상기 위상에 기반하는 안테나 패턴을 배열 안테나에 적용하도록 설정되고,
 상기 배열 안테나에 포함되는 각 안테나는 복수의 피딩 포인트들 및 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트에 연결되는 가변 리액턴스 소자를 포함하며,
 상기 안테나 패턴은 i) 상기 복수의 피딩 포인트들 중 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택 또는 ii) 상기 가변 리액턴스 소자의 리액턴스 값 중에서 적어도 하나와 관련된 것을 특징으로 하는 하나 이상의 비일시적(non-transitory) 컴퓨터 판독 가능 매체.

[청구항 15]

제14 항에 있어서,
 상기 안테나 패턴은,
 상기 적어도 하나의 피딩 포인트의 선택, 상기 리액턴스 값, 최대 이득

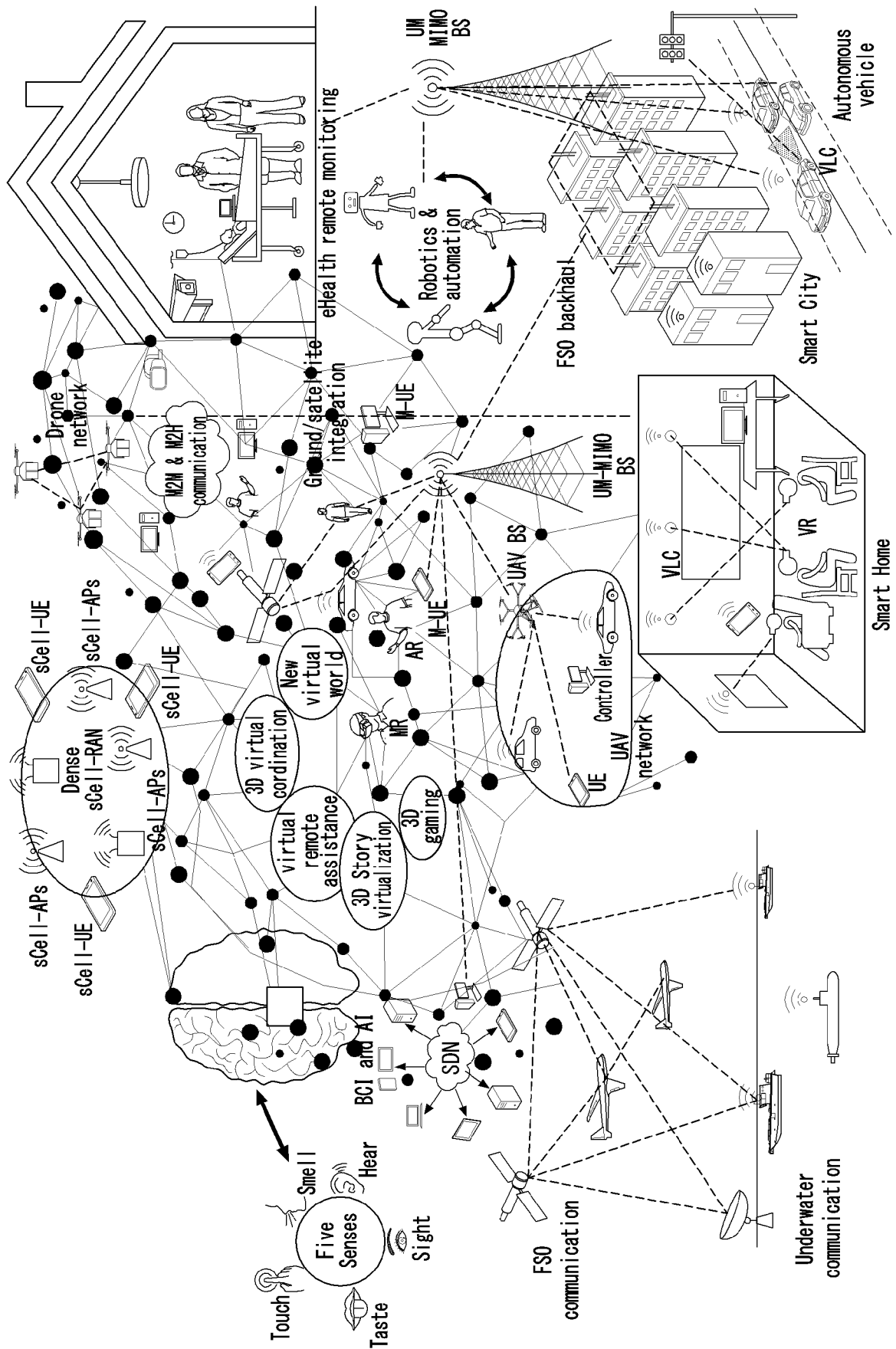
방향(peak gain direction) 또는 편파 위상(polarization phase) 중 적어도 하나와 관련된 정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 하나 이상의 비일시적(non-transitory) 컴퓨터 판독 가능 매체.

[도1]

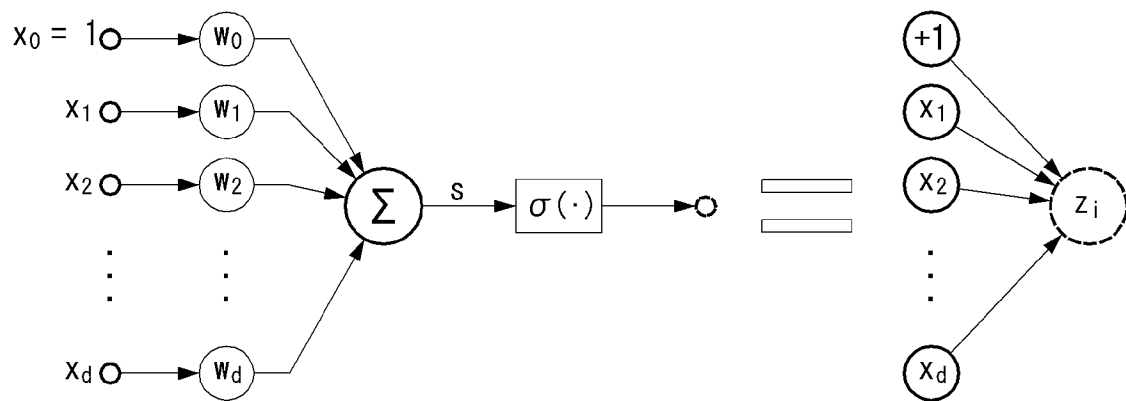


- DL/UL ACK/NACK
- UE CQI/PMI/RI REPORT
- USING PUSCH AND PUCCH

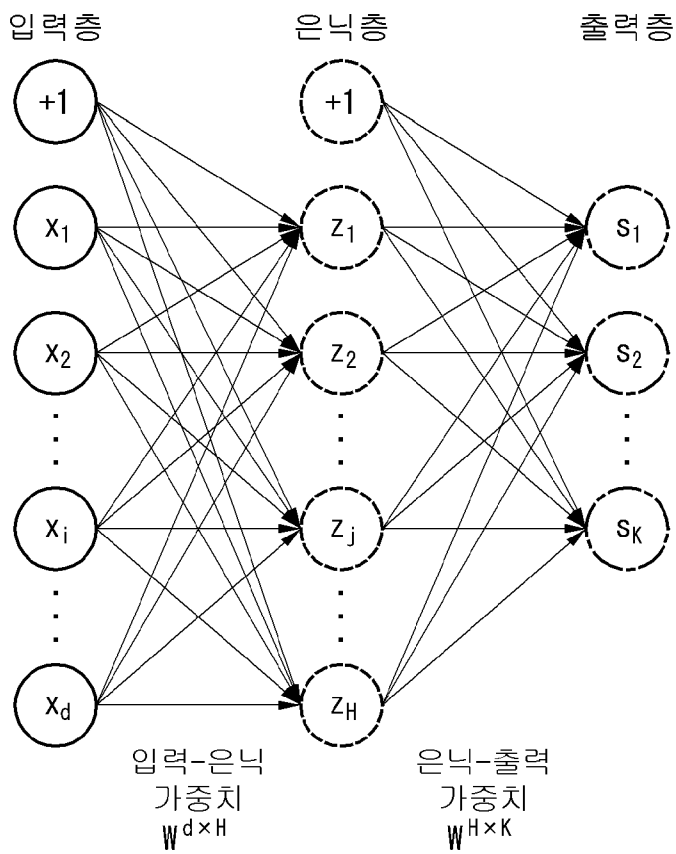
[도2]



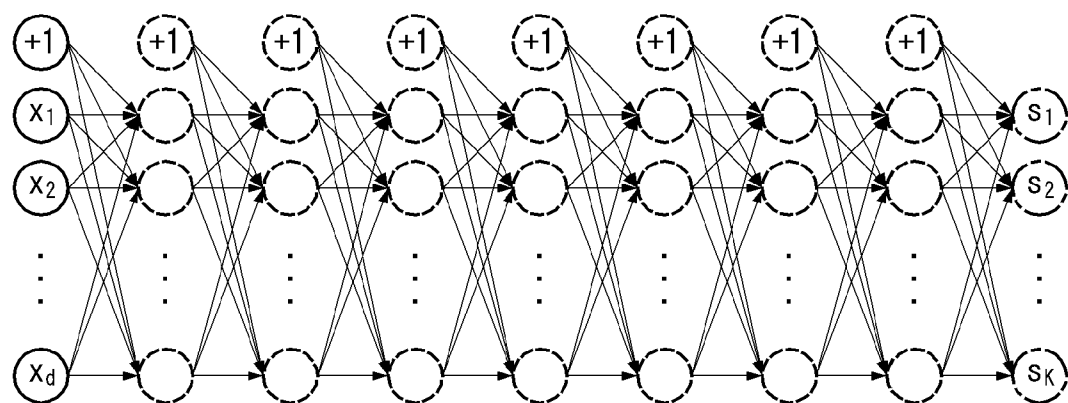
[도3]



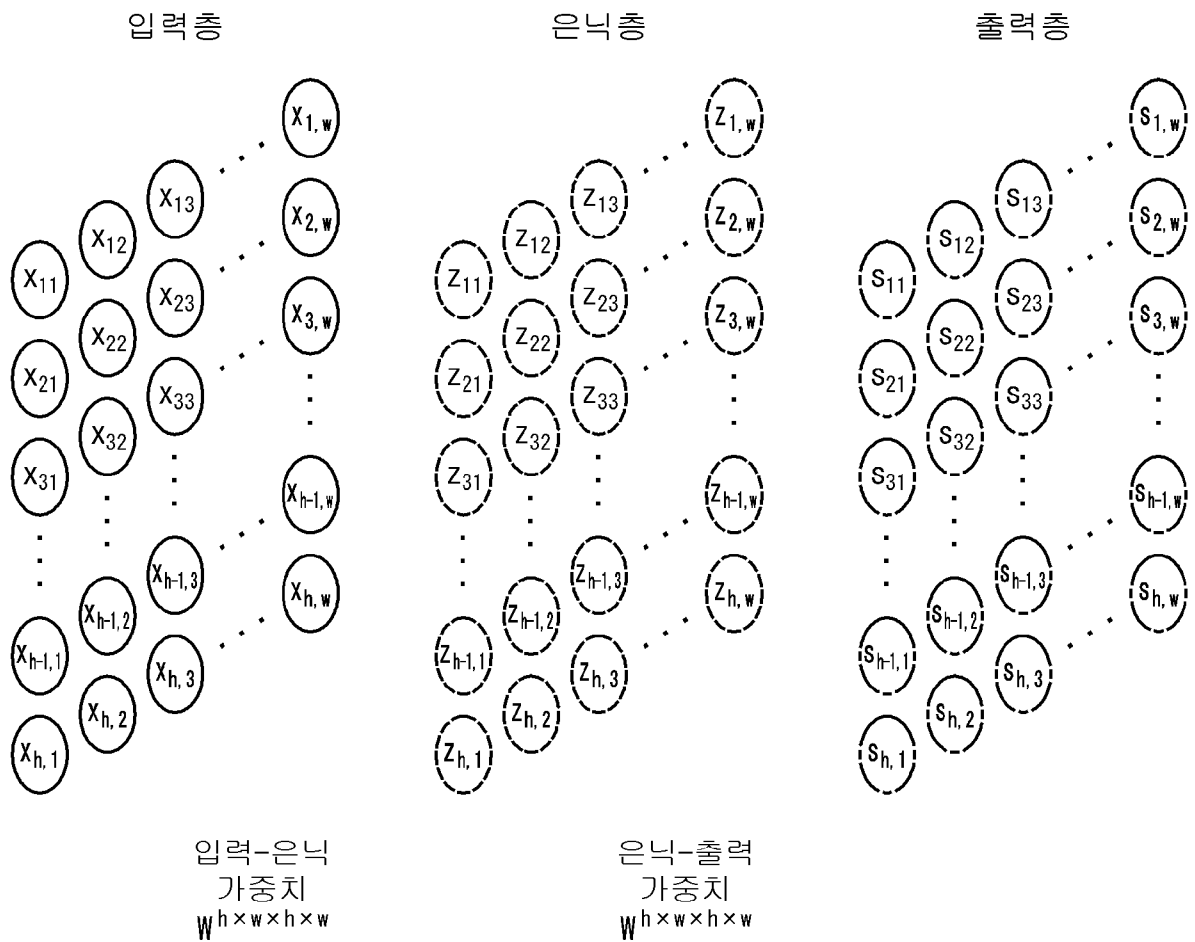
[도4]



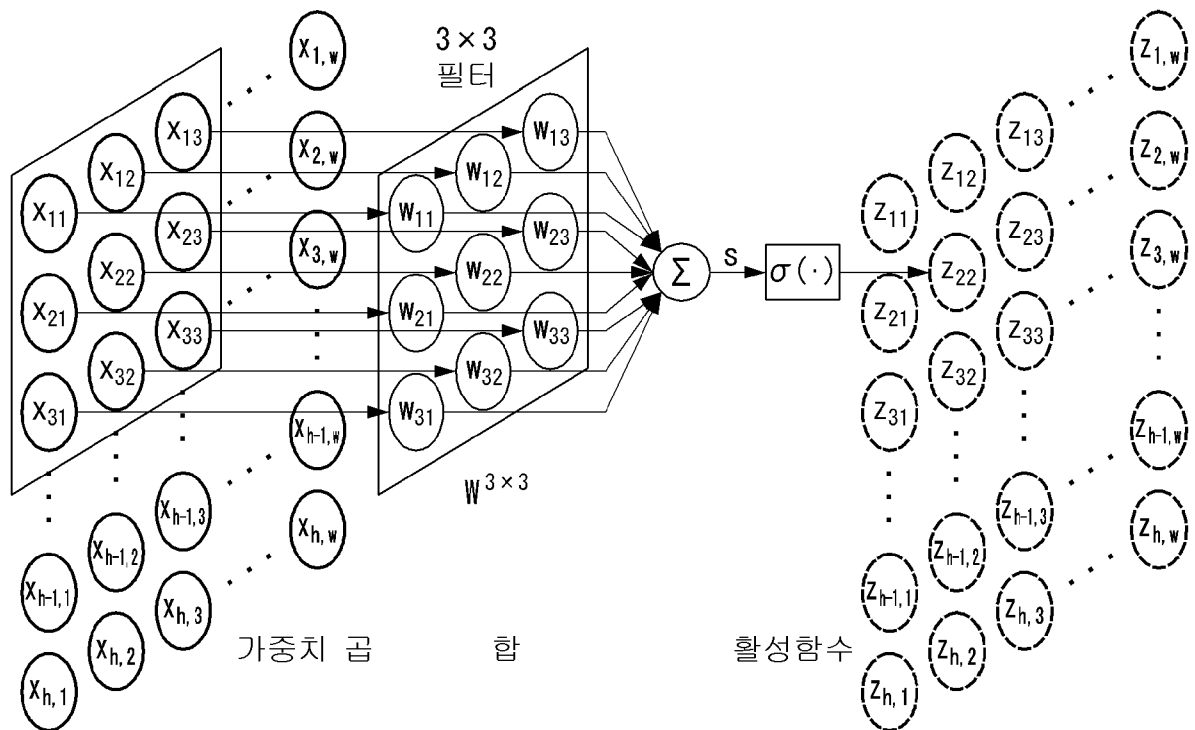
[도5]



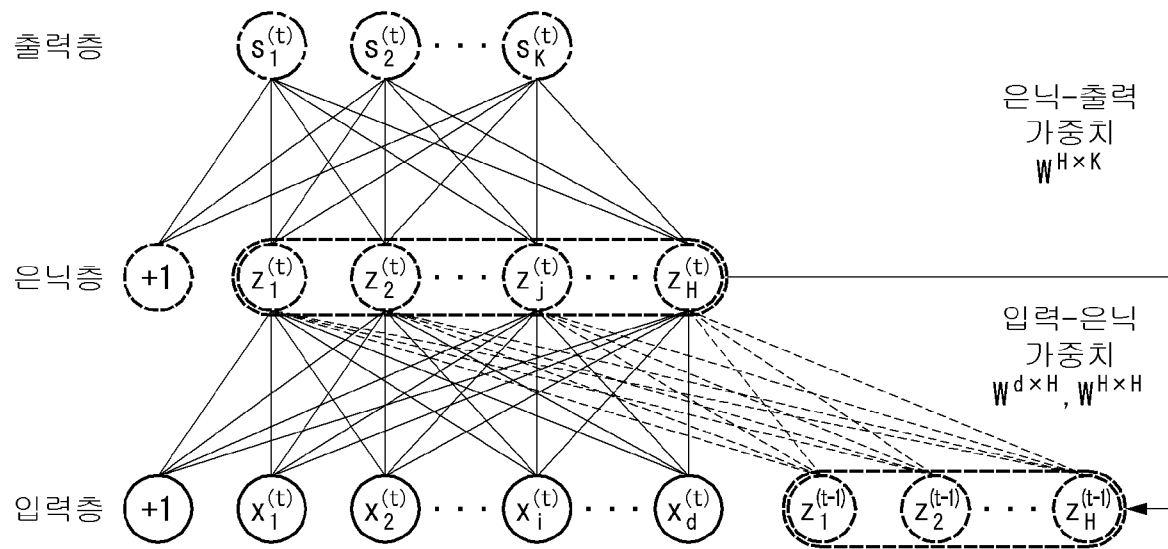
[도6]



[도7]



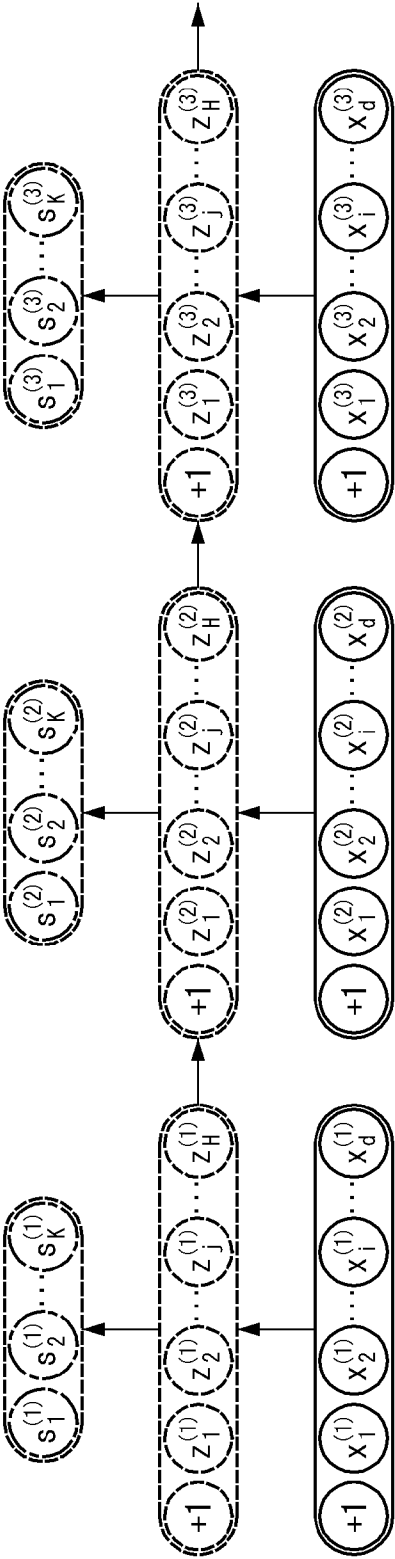
[도8]

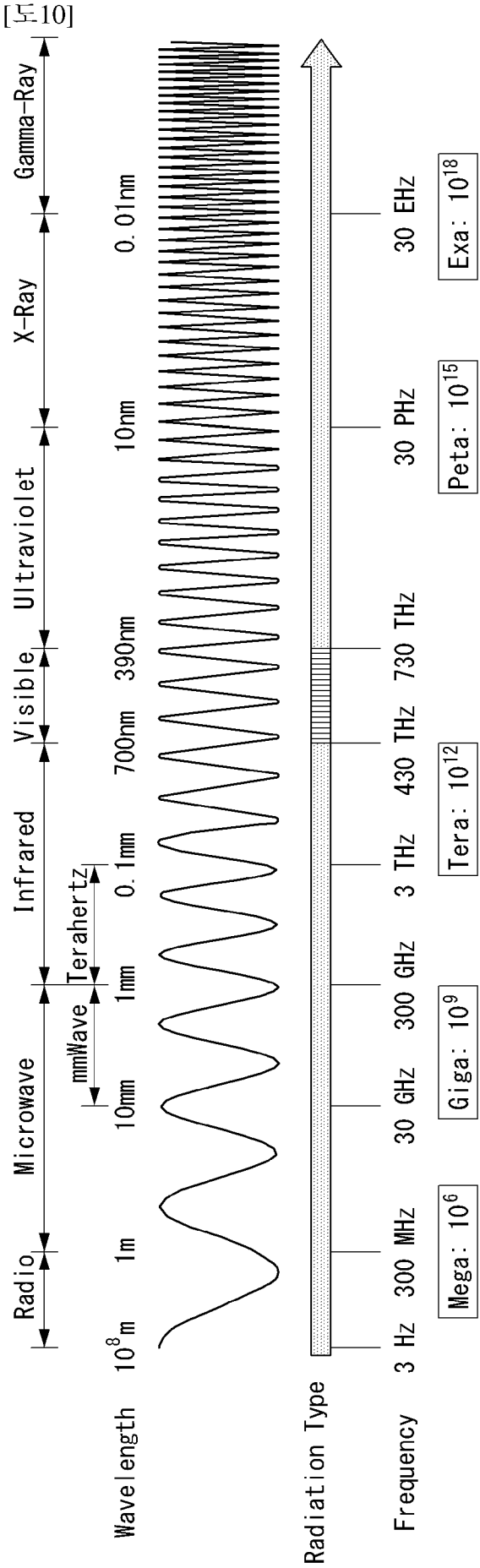


[도9]

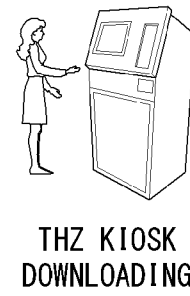
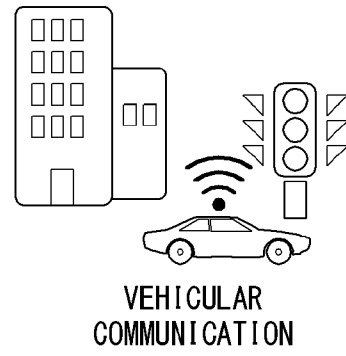
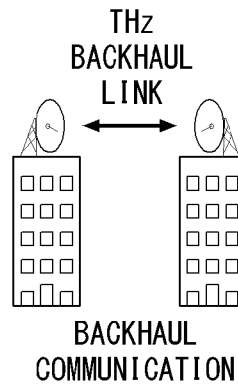
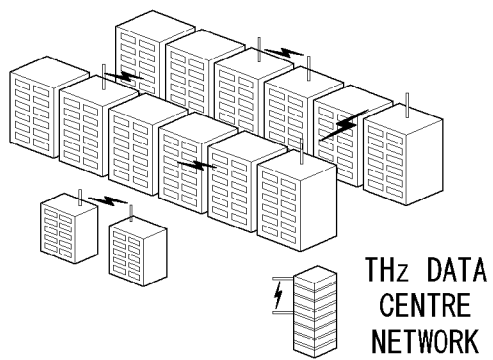
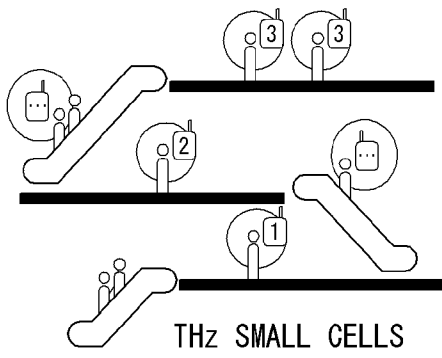
시점 입력 시퀀스

1	$(x_1^{(1)}, x_2^{(1)} \dots x_d^{(1)})$
2	$(x_1^{(2)}, x_2^{(2)} \dots x_d^{(2)})$
3	$(x_1^{(3)}, x_2^{(3)} \dots x_d^{(3)})$
	$\vdots$
t	$(x_1^{(t)}, x_2^{(t)} \dots x_d^{(t)})$
	$\vdots$
T	$(x_1^{(T)}, x_2^{(T)} \dots x_d^{(T)})$

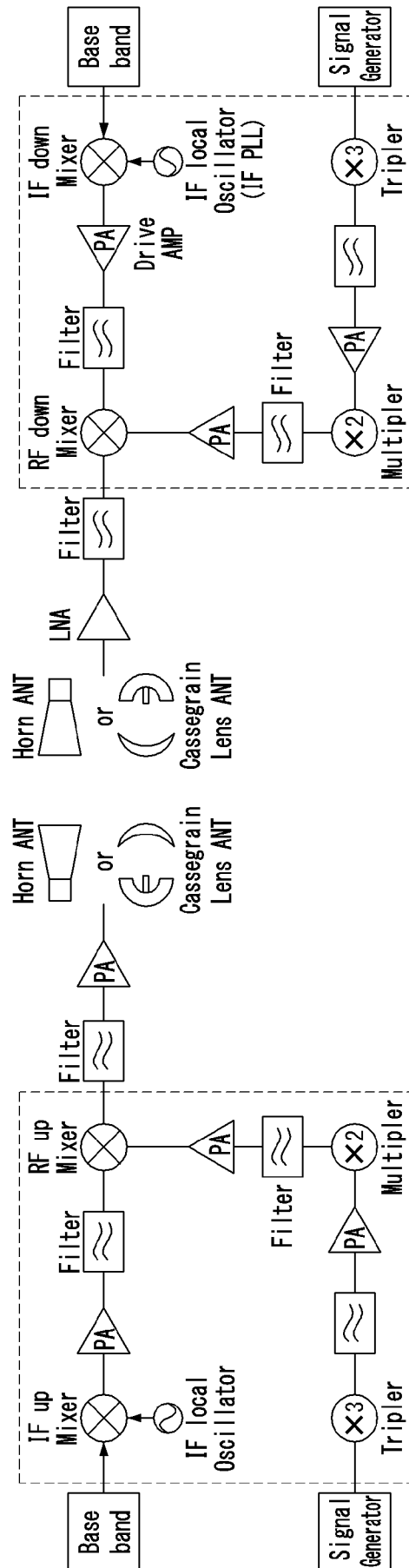




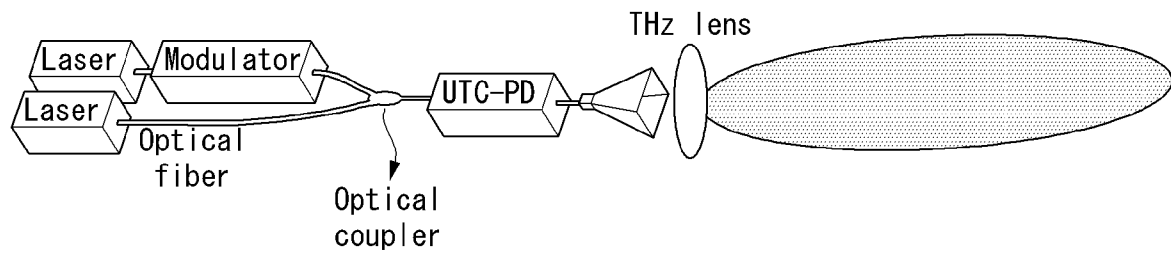
[도11]



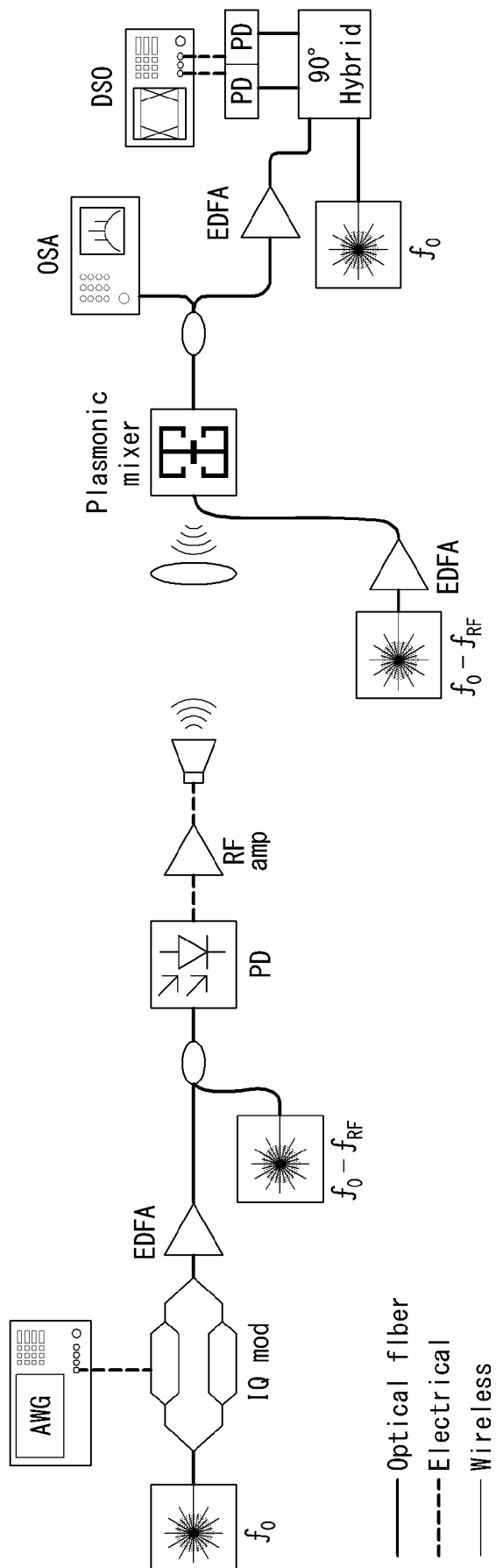
[512]



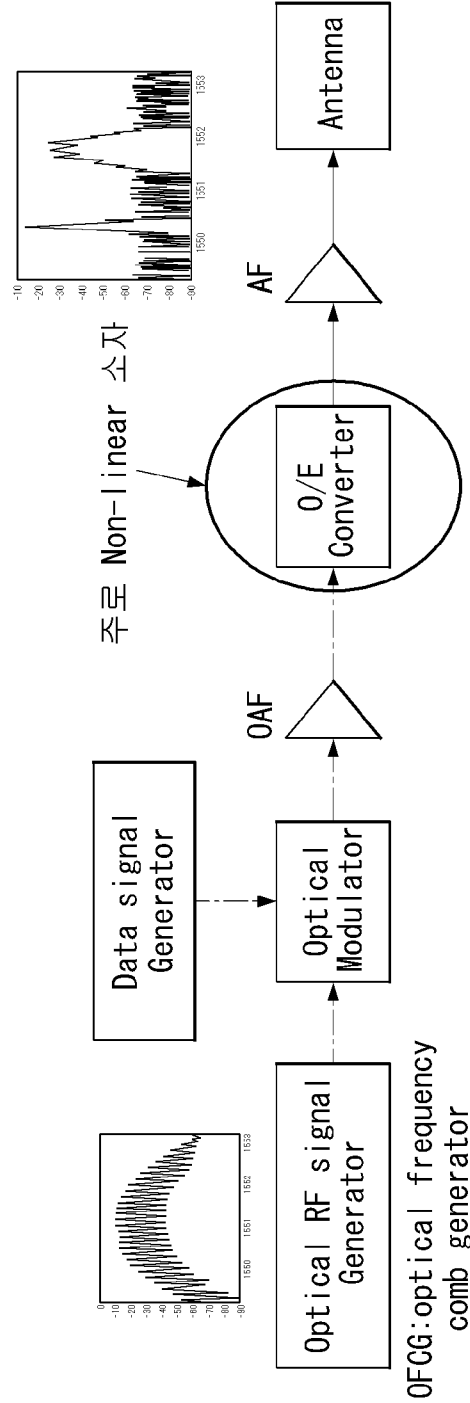
[도13]



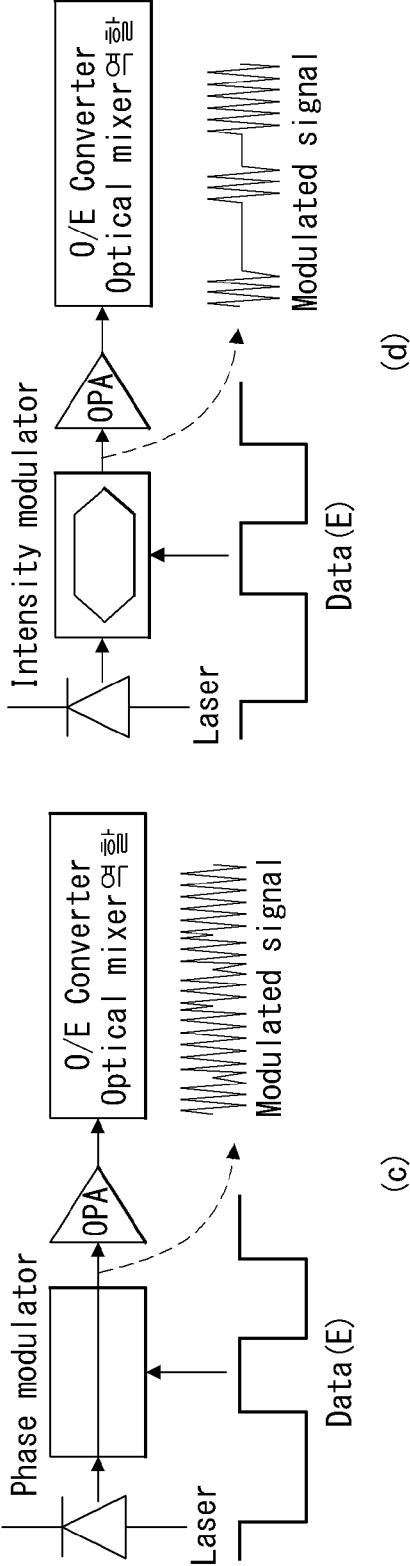
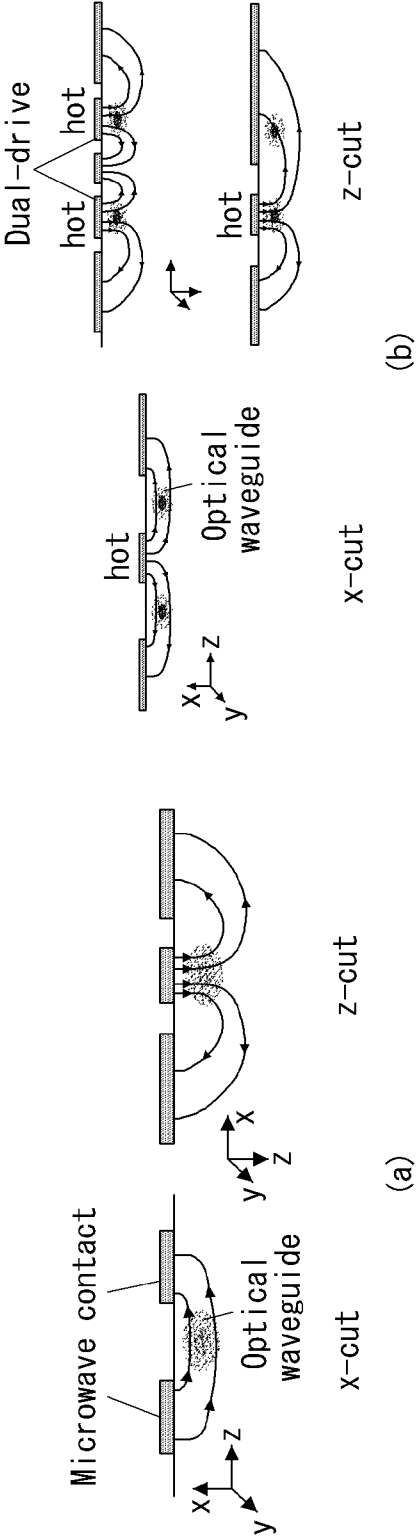
[도 14]



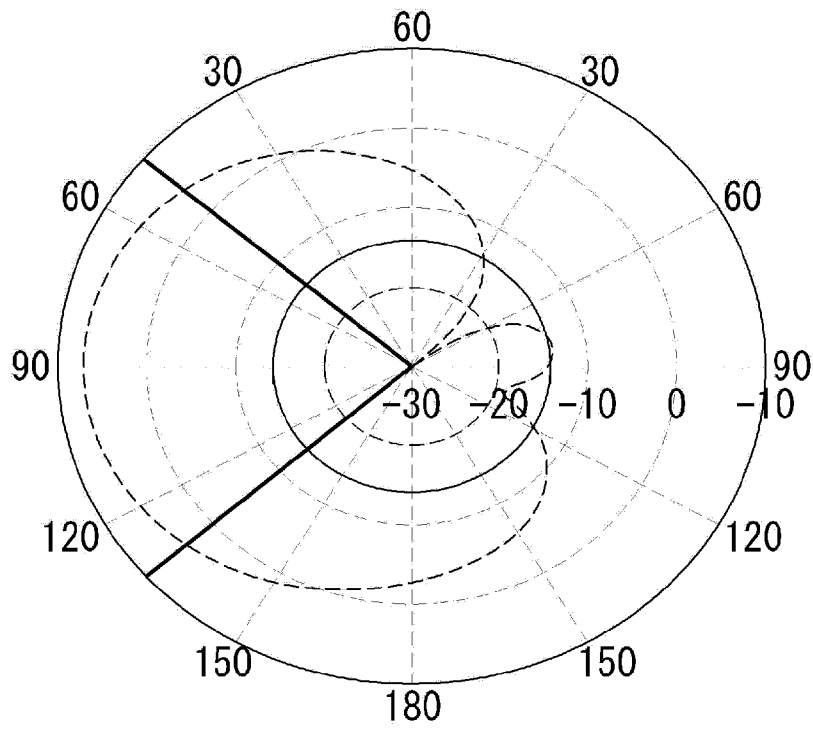
[도15]



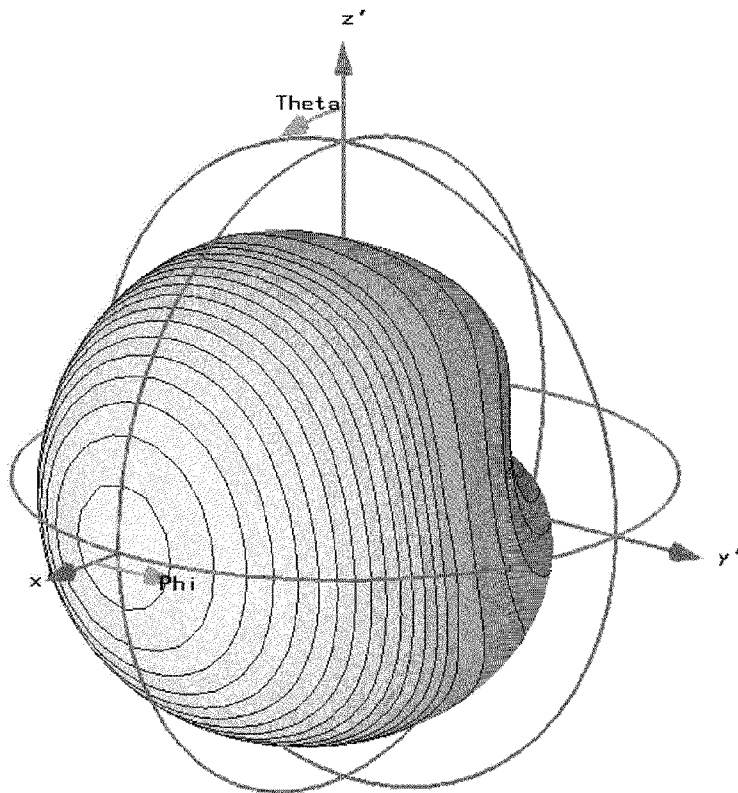
[도 16]



[도17]

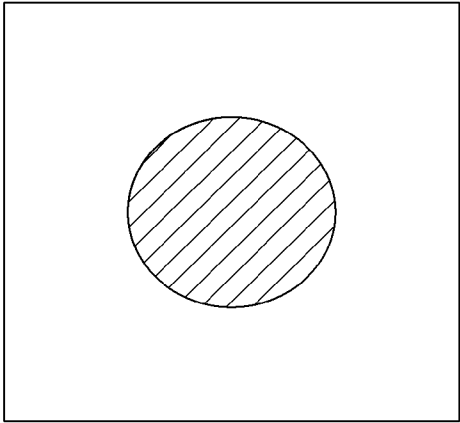


(a)

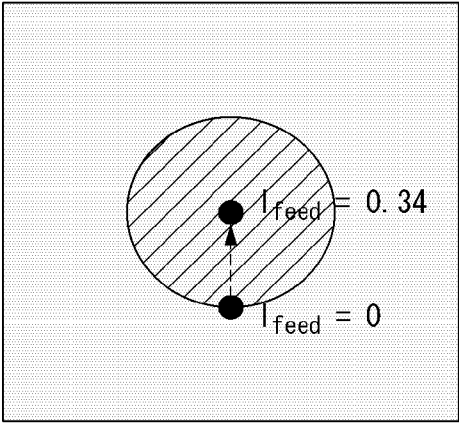


(b)

[도18]

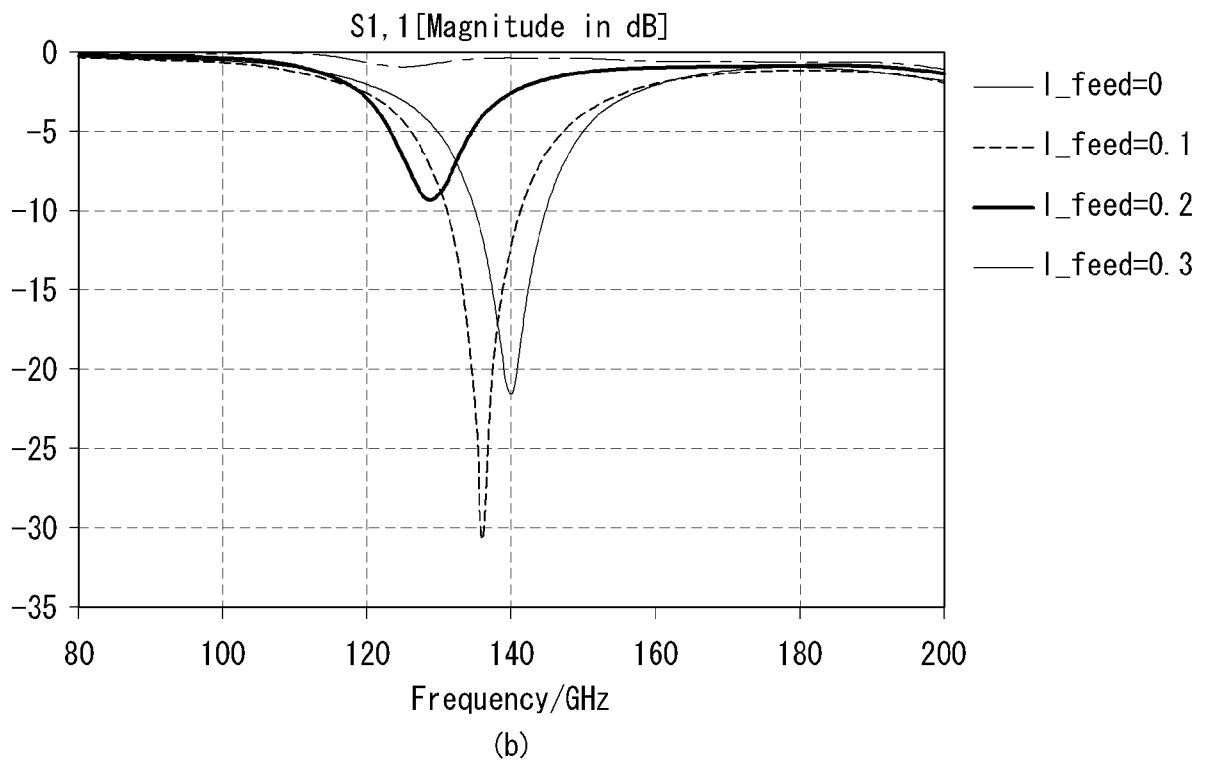
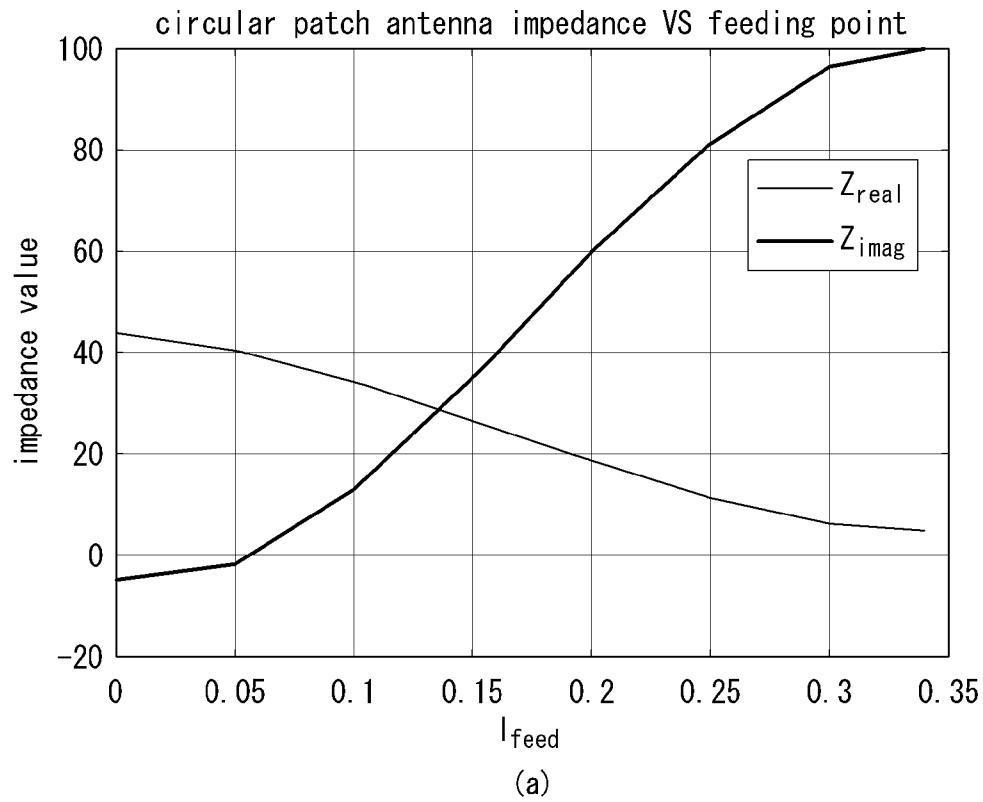


(a)

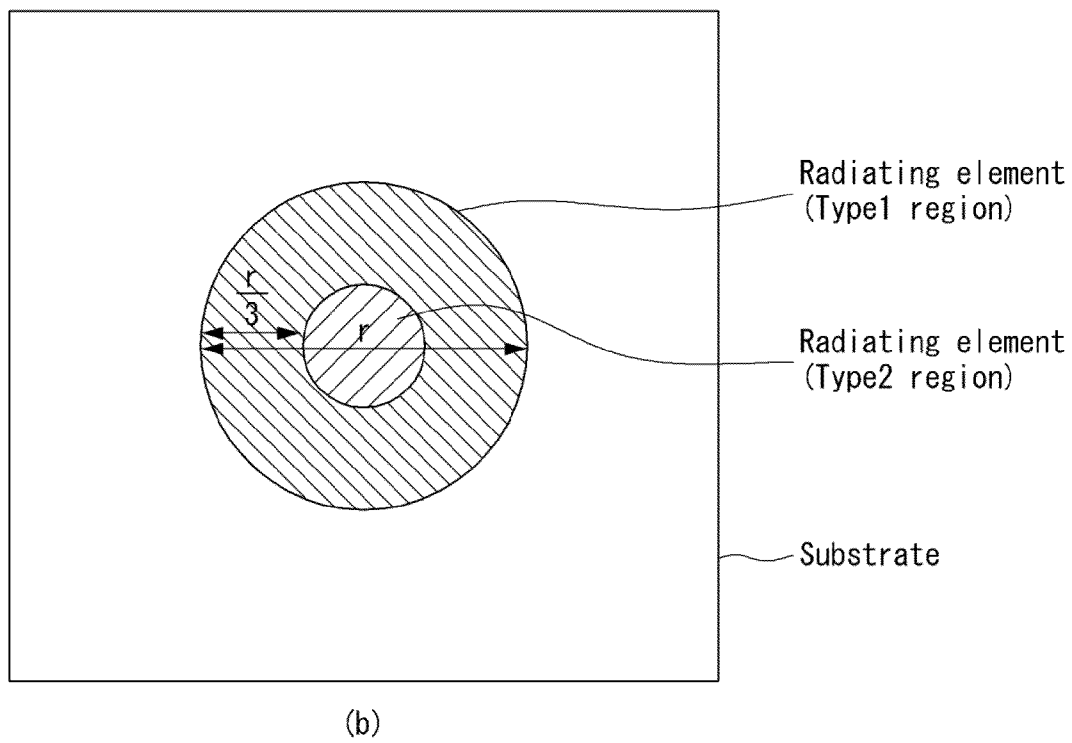
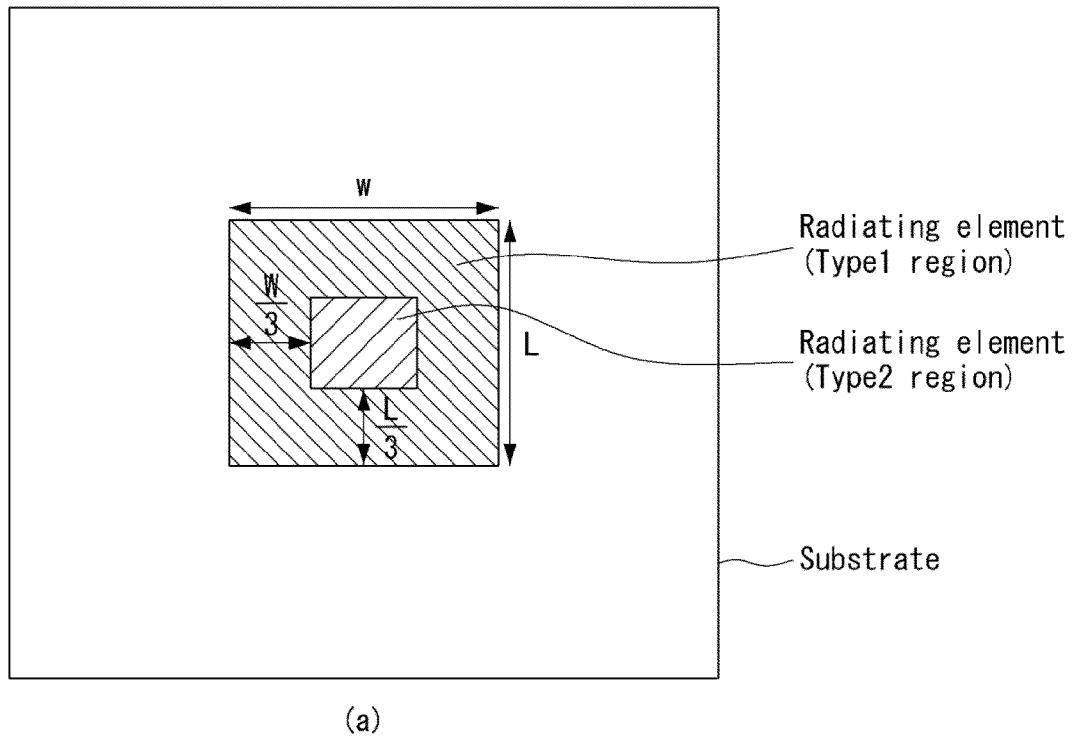


(b)

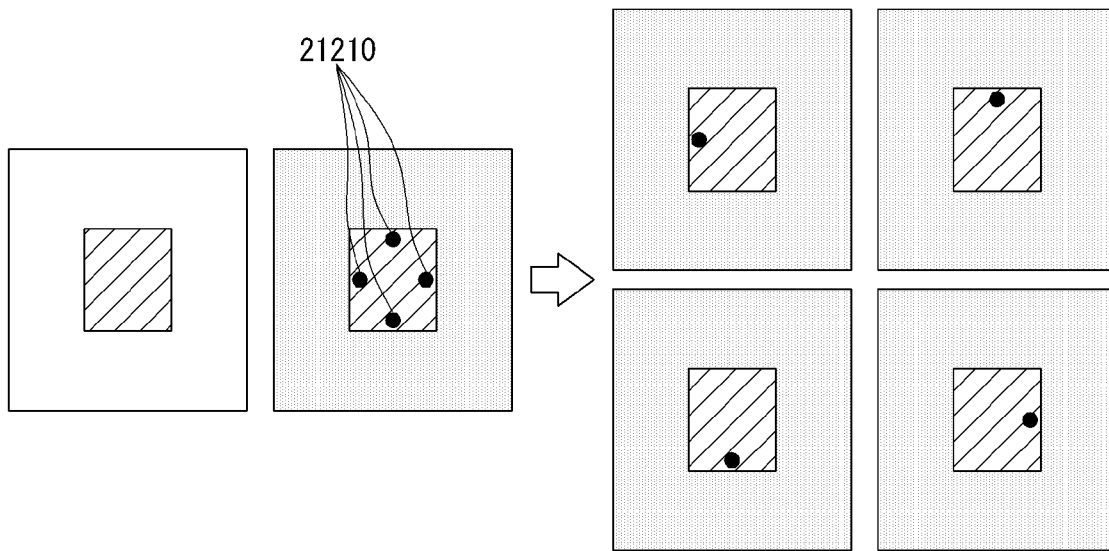
[도19]



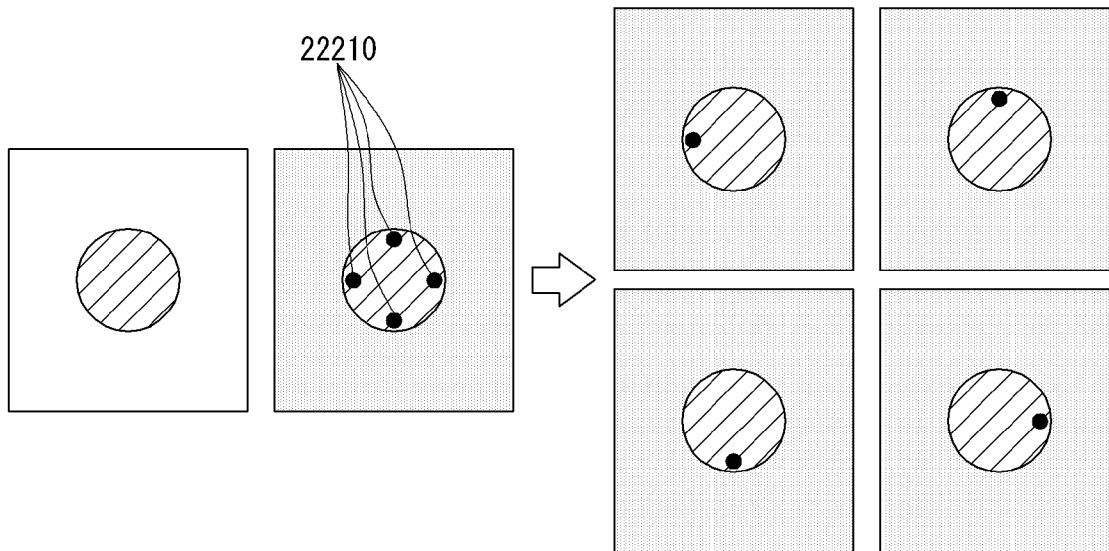
[도20]



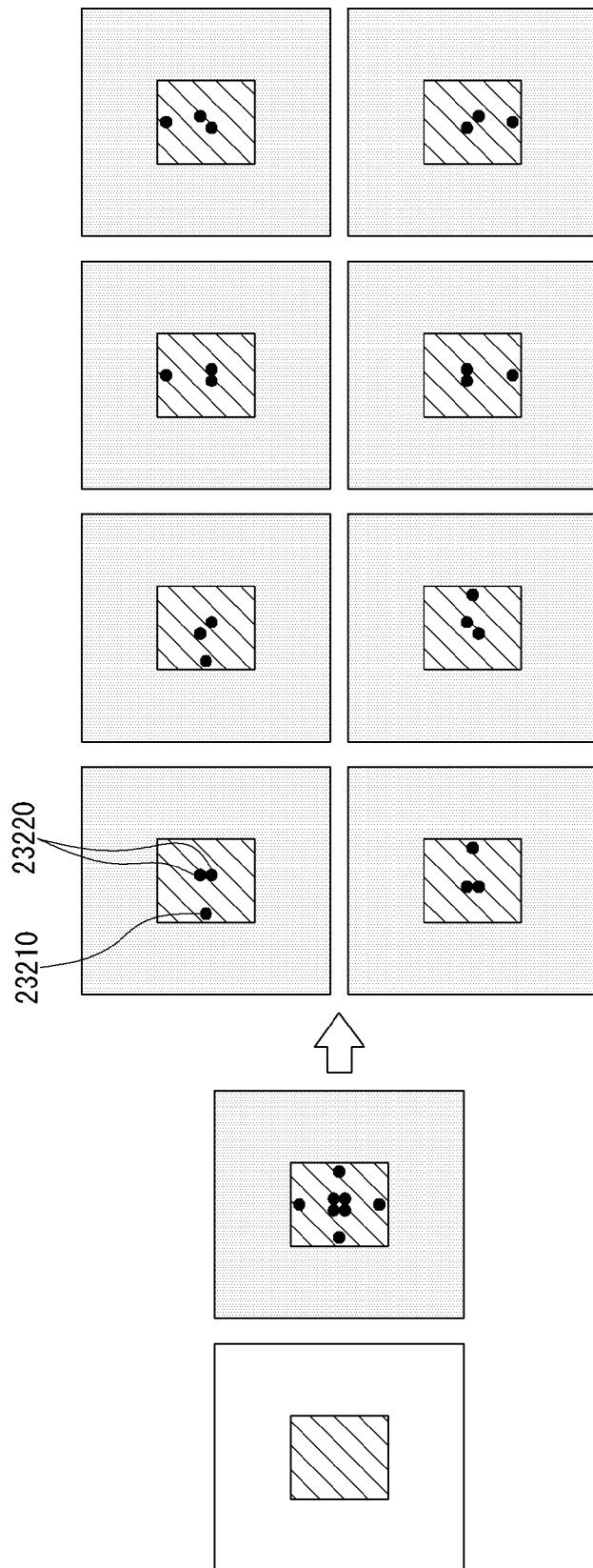
[도21]



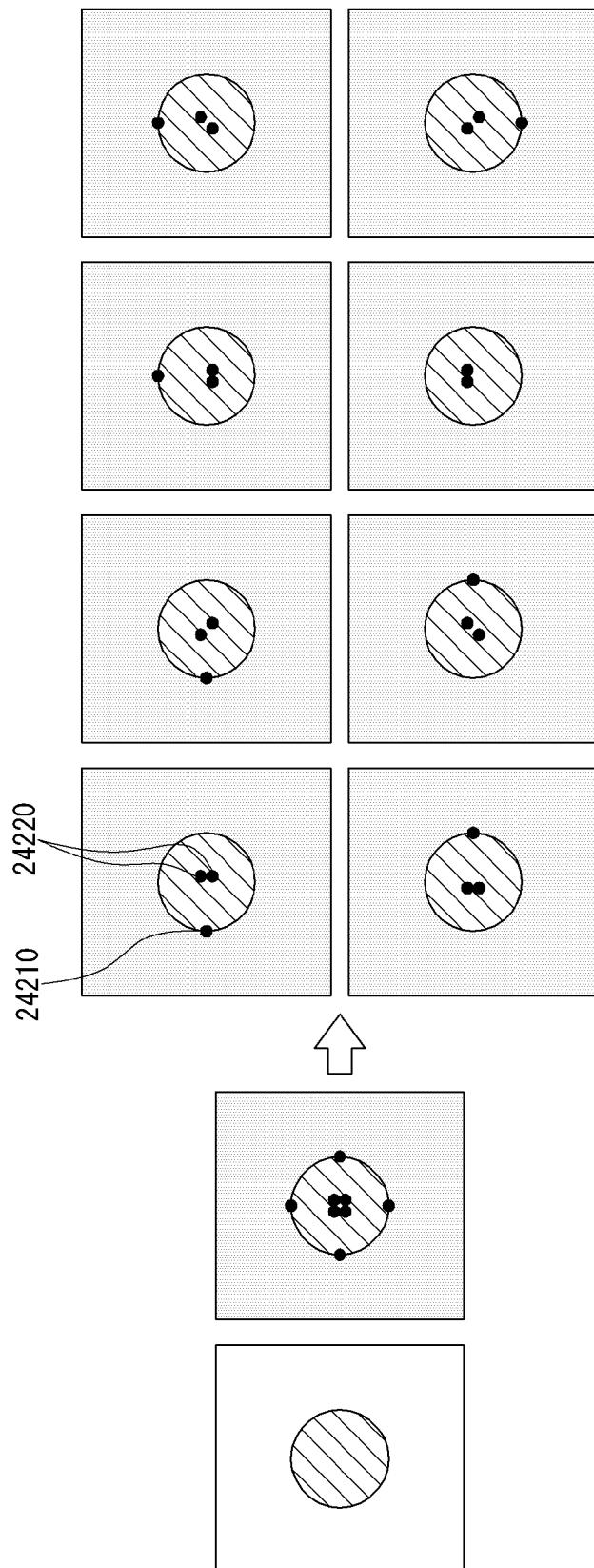
[도22]



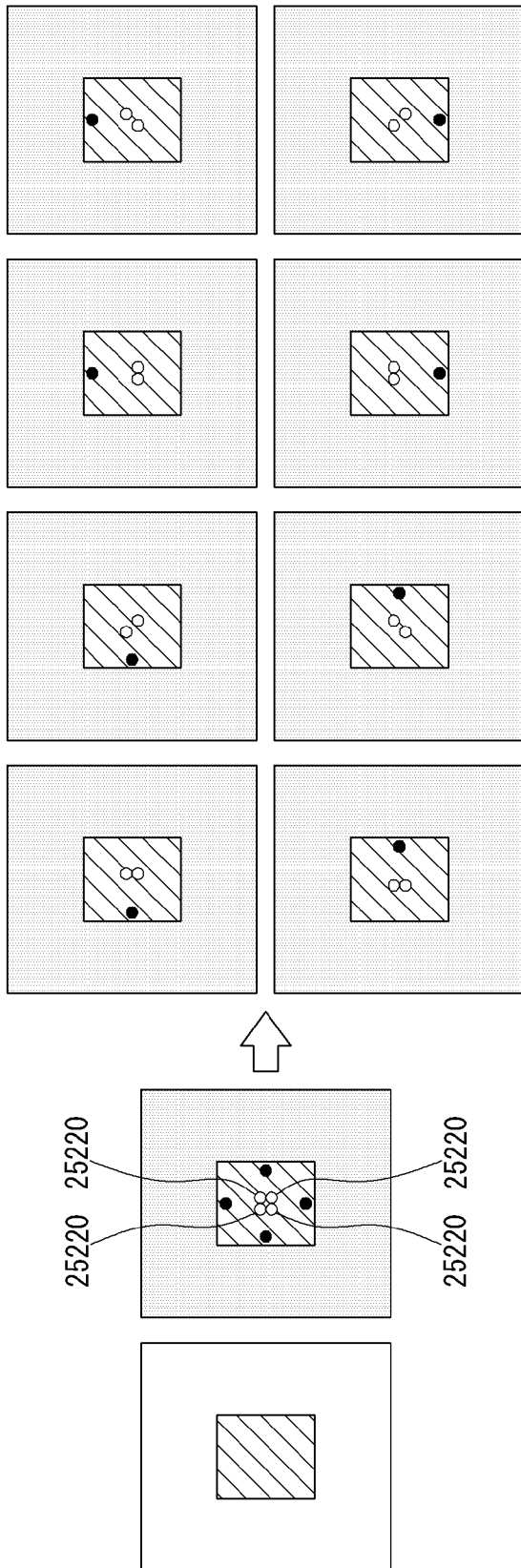
[도23]



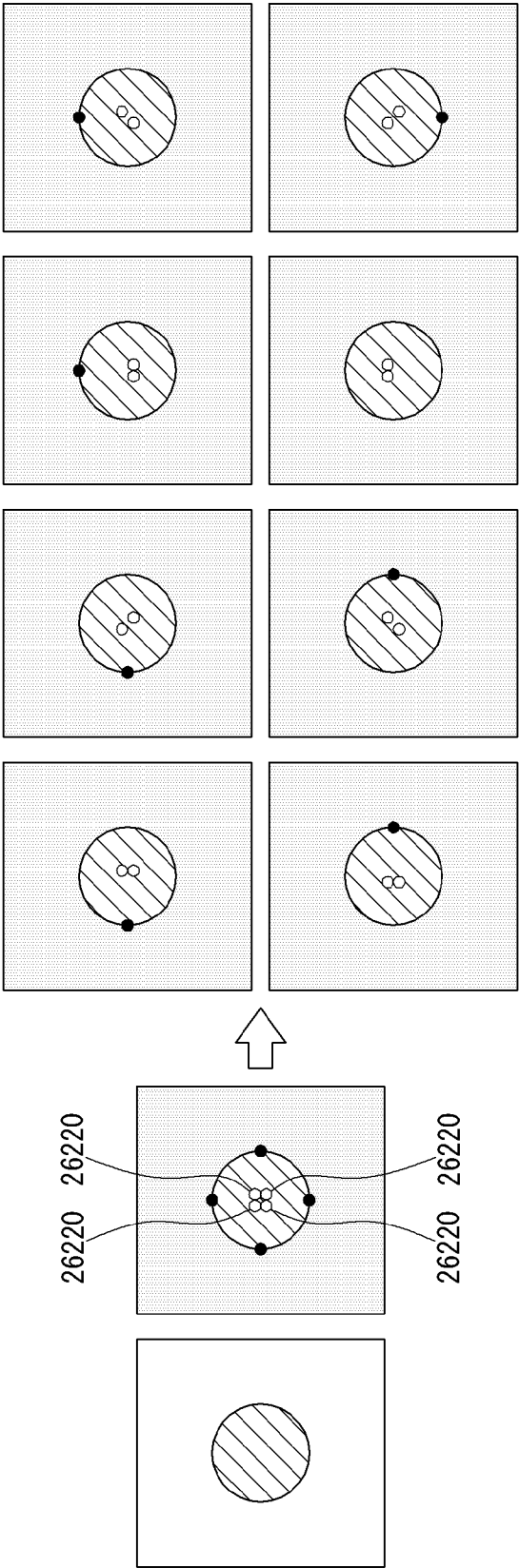
[도24]



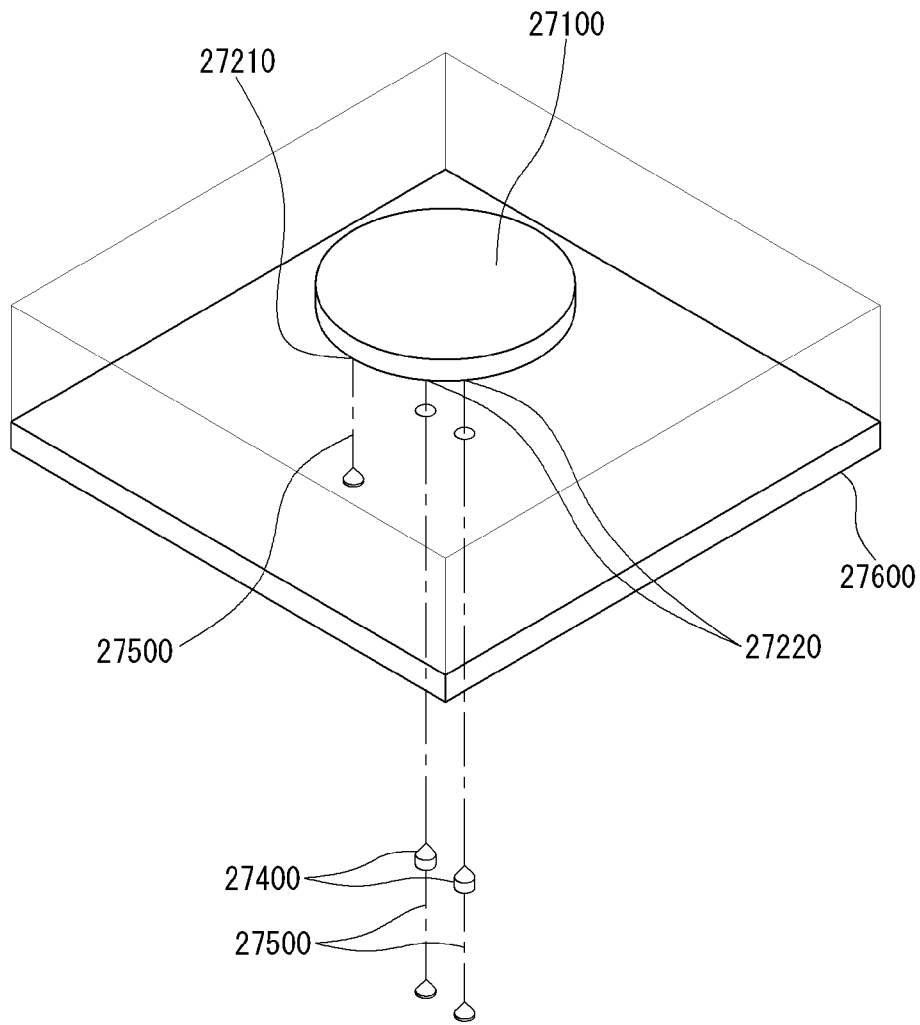
[도25]



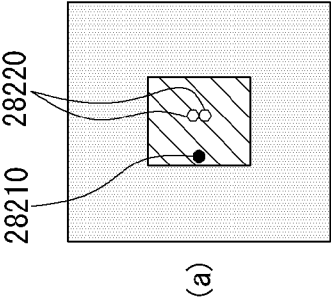
[도26]



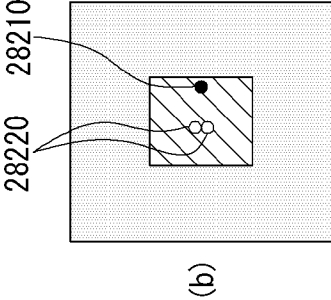
[도27]



[도28]



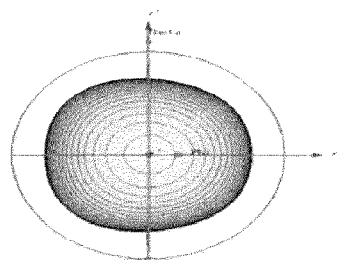
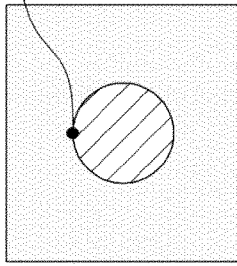
Variable reactance	X1	10	100	1000	100	1000	1000
	X2	10	100	1000	1	1	1
phase	ϕ (90° , 0°)	41.95°	45.98°	29.34°	40.67°	37.34°	



Variable reactance	X3	10	100	1000	1	1	1
	X4	10	100	1000	100	1000	1000
phase	ϕ (90° , 0°)	220.42°	226.71°	209.90°	220.66°	217.54°	

[도29]

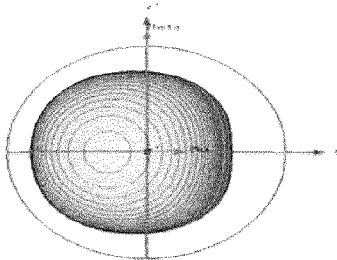
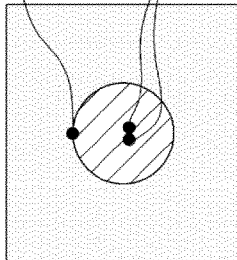
29210

Main lobe direction: $(90^\circ, 0^\circ)$ $\phi(90^\circ, 0^\circ) = 23.951^\circ$ $\theta(90^\circ, 0^\circ) = 357.063^\circ$

(a)

29210

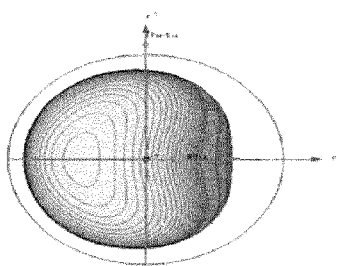
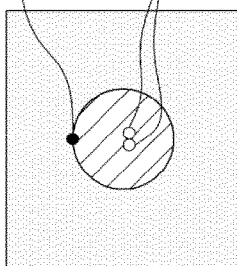
29220

Main lobe direction: $(90^\circ, -16^\circ)$ $\phi(90^\circ, 0^\circ) = 39.284^\circ$ $\theta(90^\circ, 0^\circ) = 317.536^\circ$

(b)

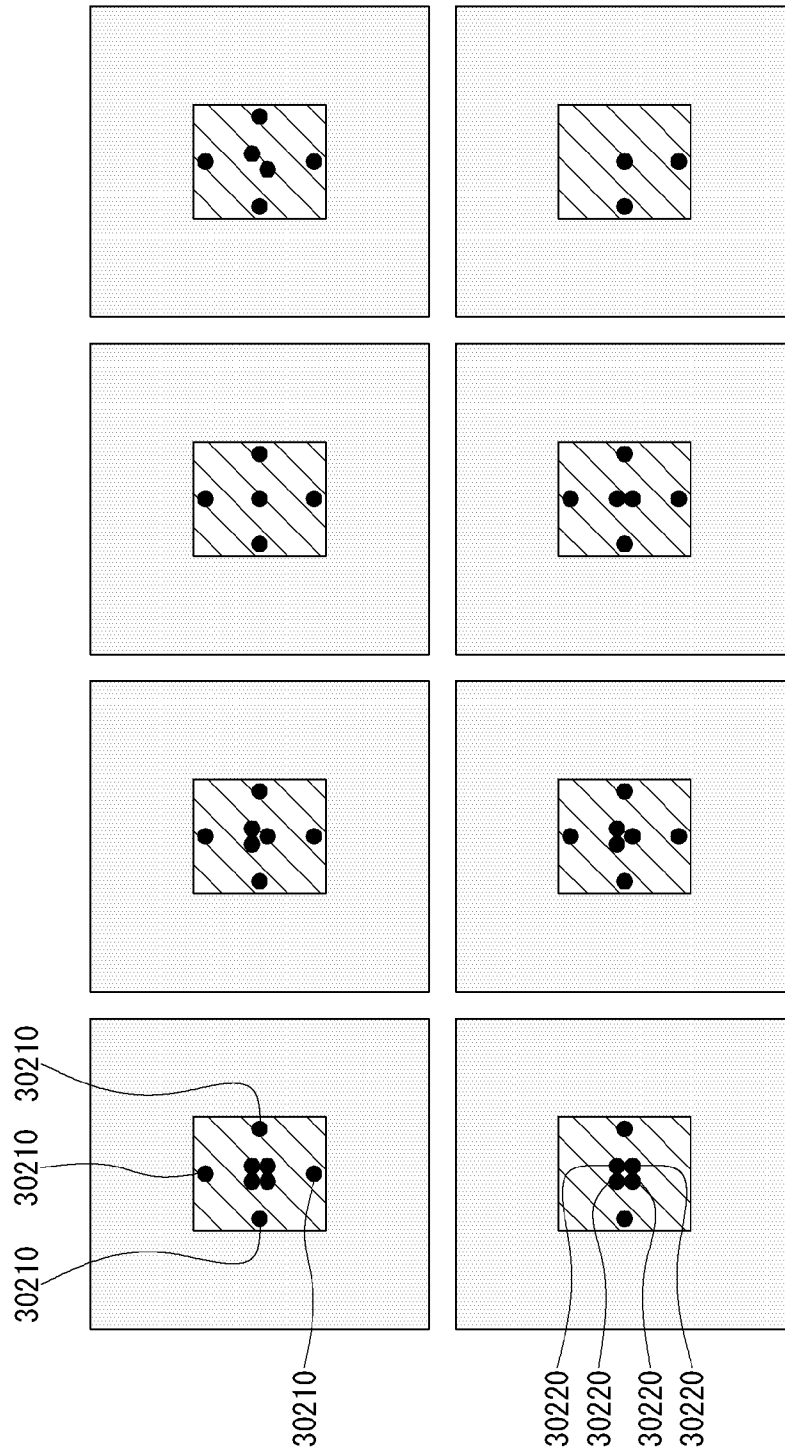
29210

29220

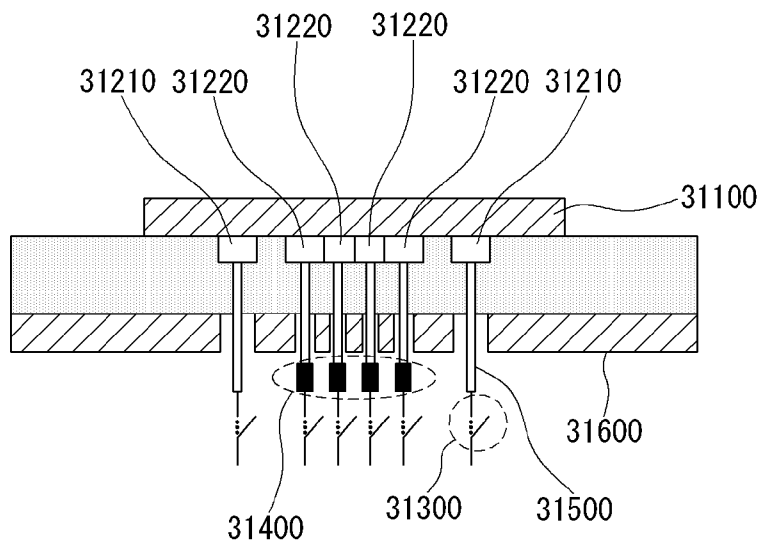
 $x_{C1}=100, x_{C2}=100$ Main lobe direction: $(90^\circ, -27^\circ)$ $\phi(90^\circ, 0^\circ) = 45.982^\circ$ $\theta(90^\circ, 0^\circ) = 341.022^\circ$

(c)

[도30]

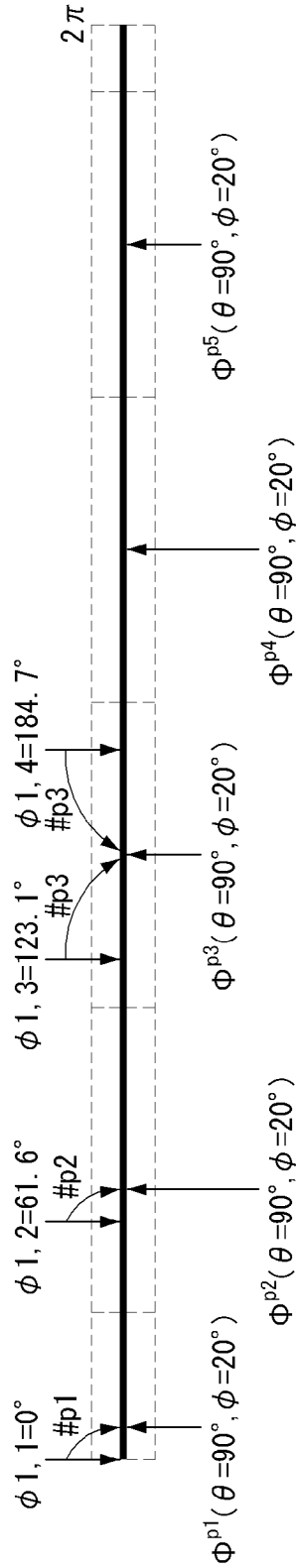


[도31]

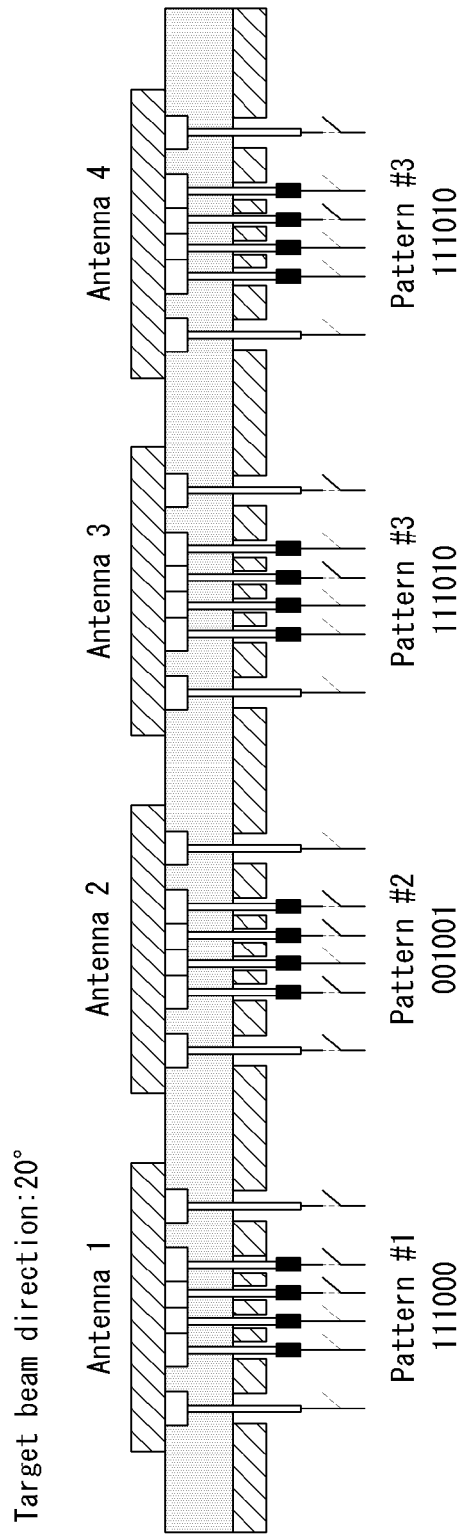


[도32]

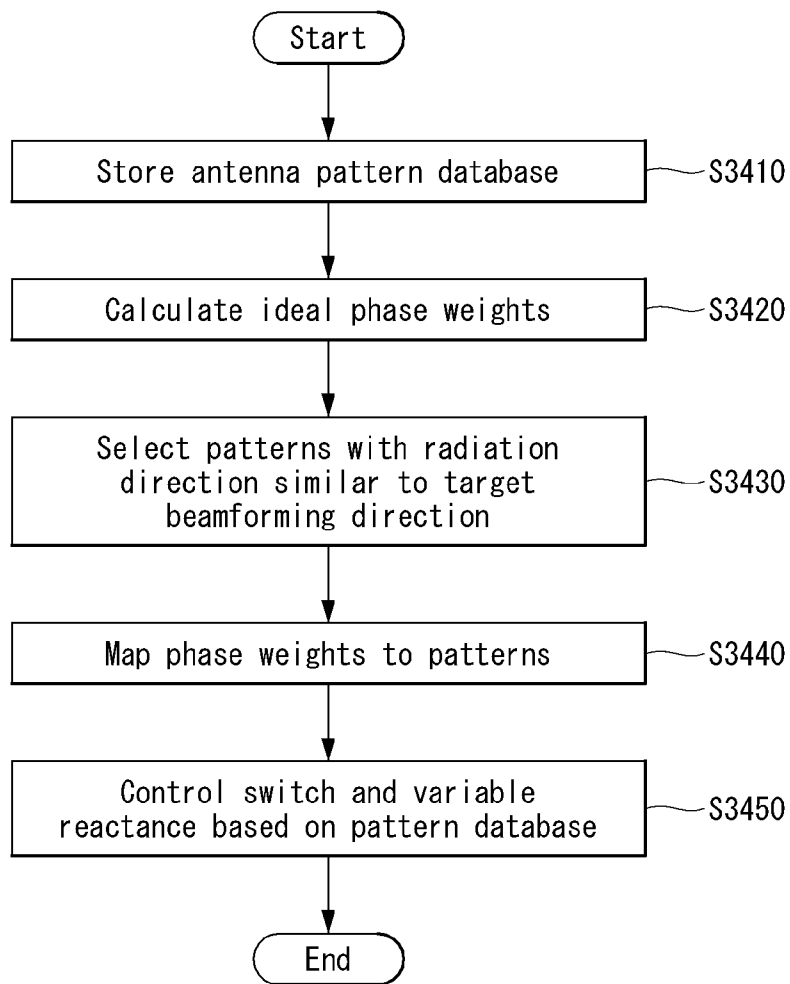
Target beam direction	Ideal phase shifter value			
	Ant (1, 1)	Ant (1, 2)	Ant (1, 3)	Ant (1, 4)
20°	0°	61.6°	123.1°	184.7°



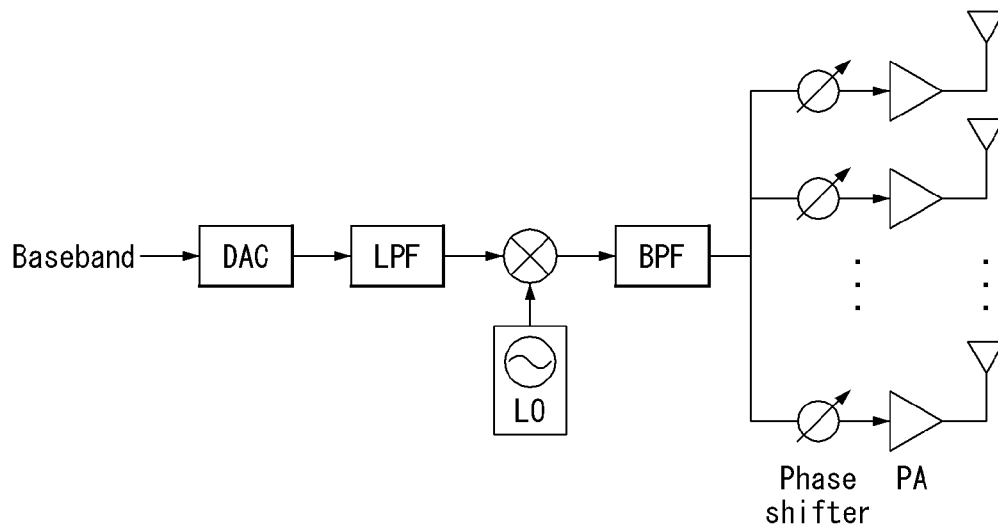
[도33]



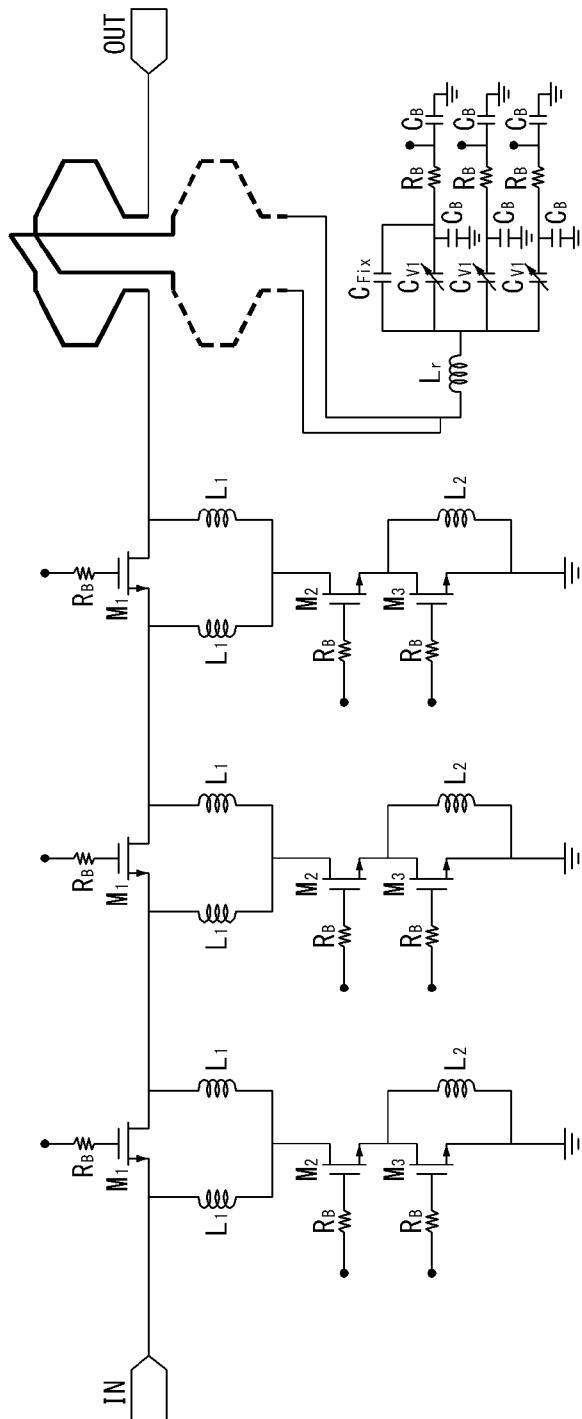
[도34]



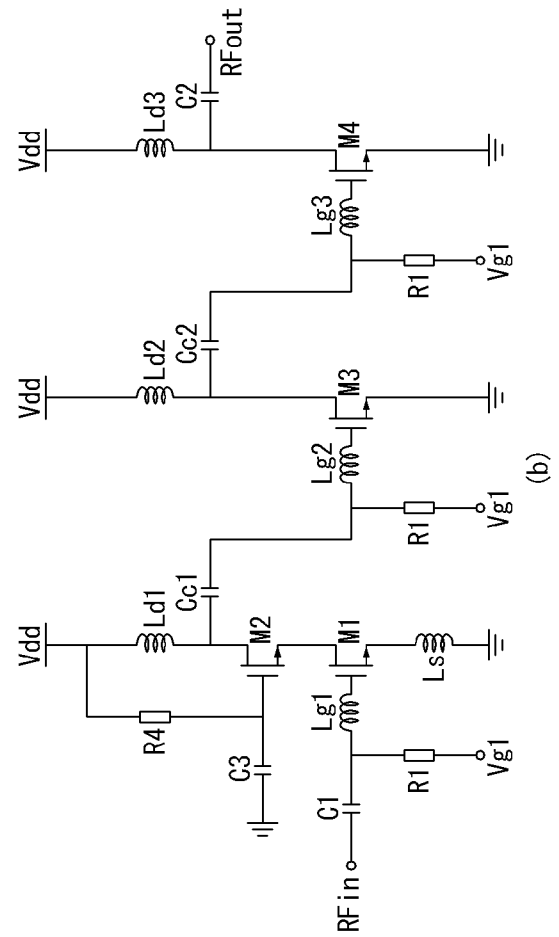
[도35]



[도36]

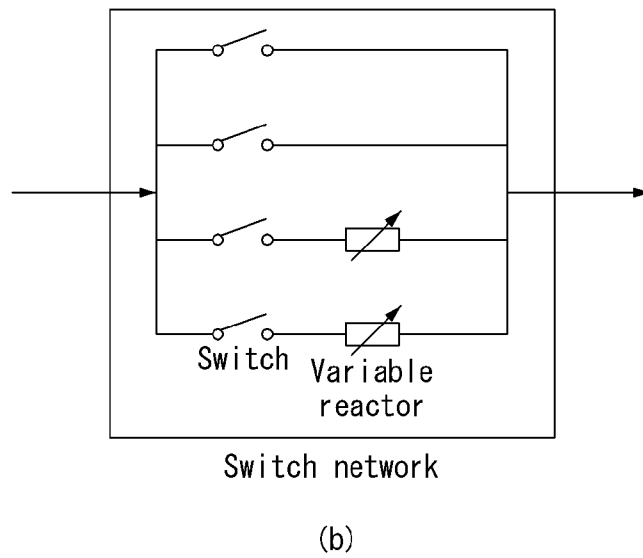
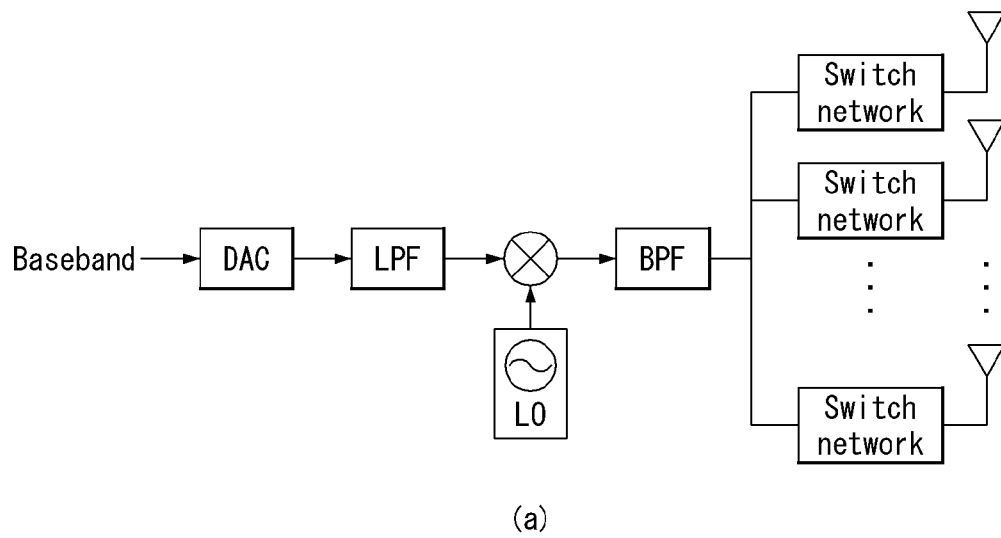


(a)

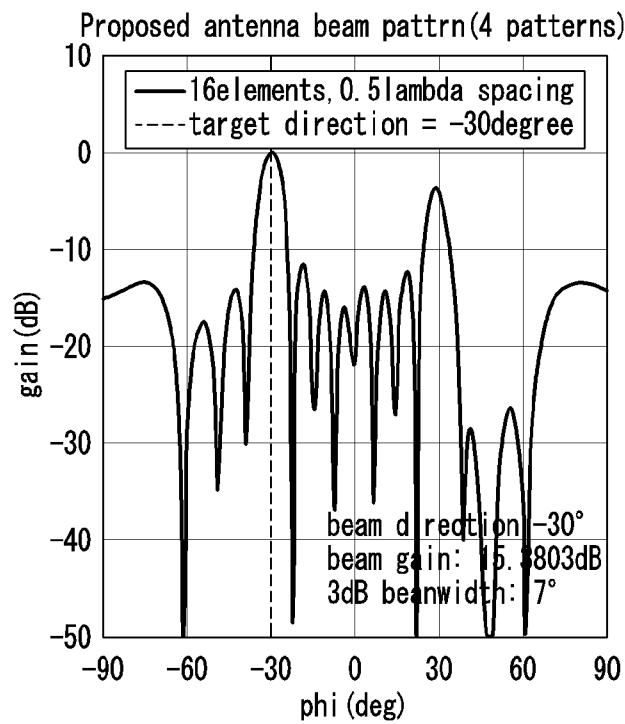


(b)

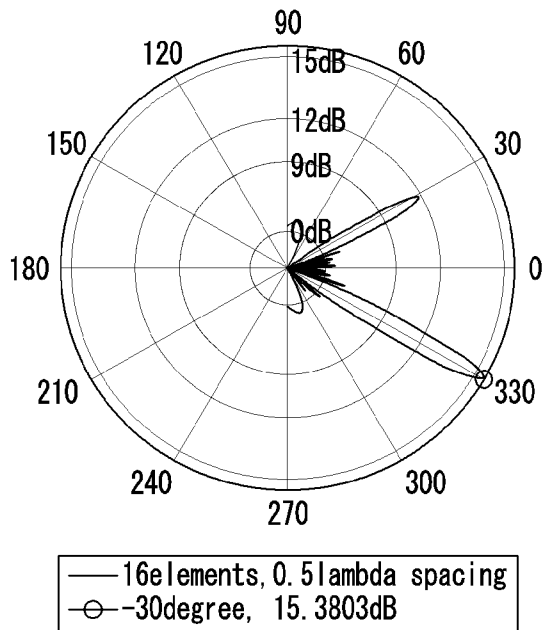
[도37]



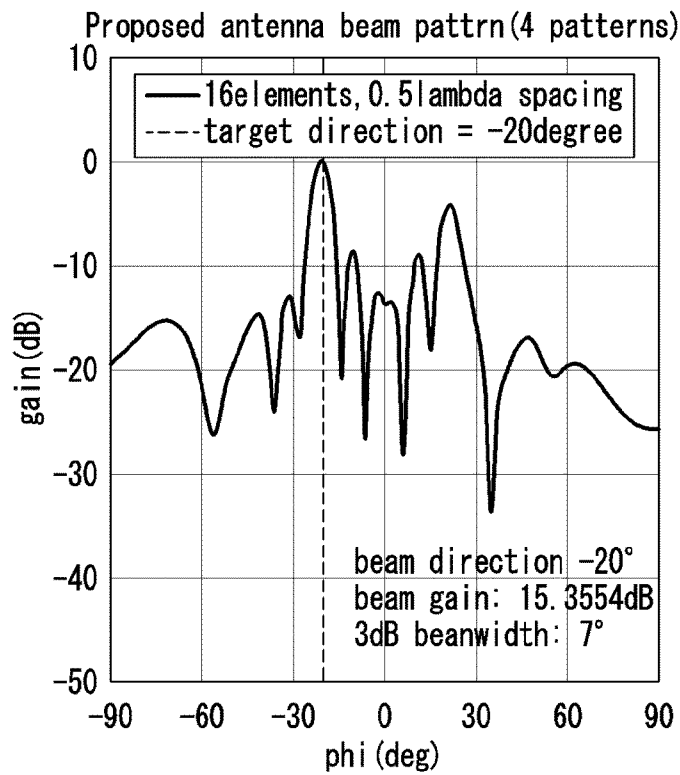
[도38a]



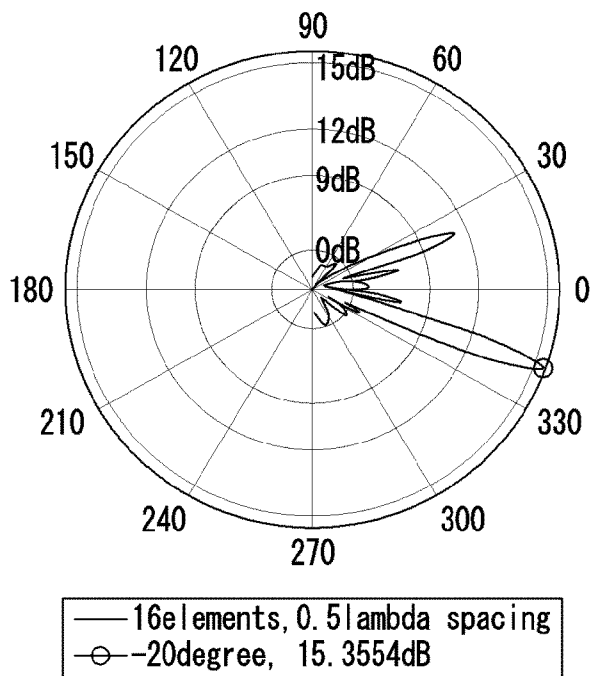
Proposed antenna beam pattern(4 patterns)



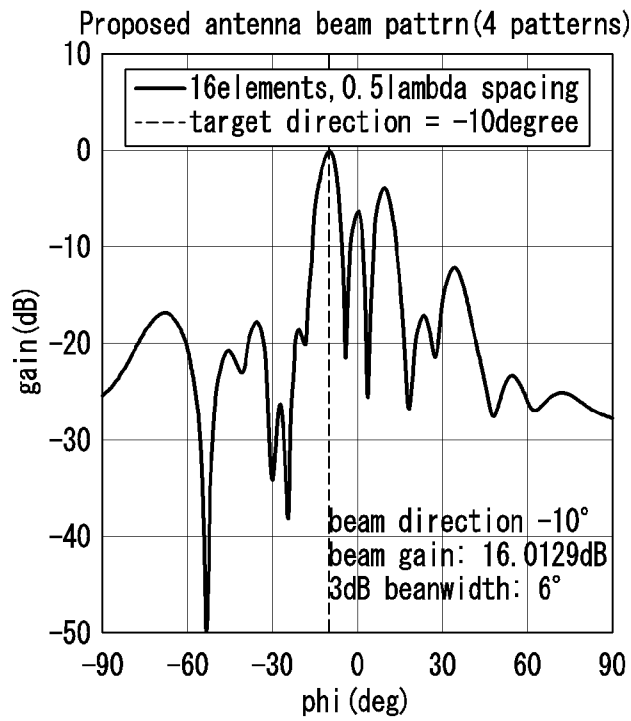
[도38b]



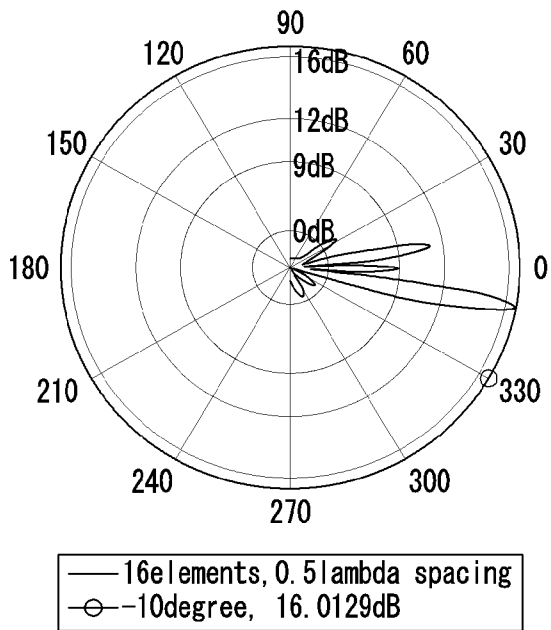
Proposed antenna beam pattern(4 patterns)



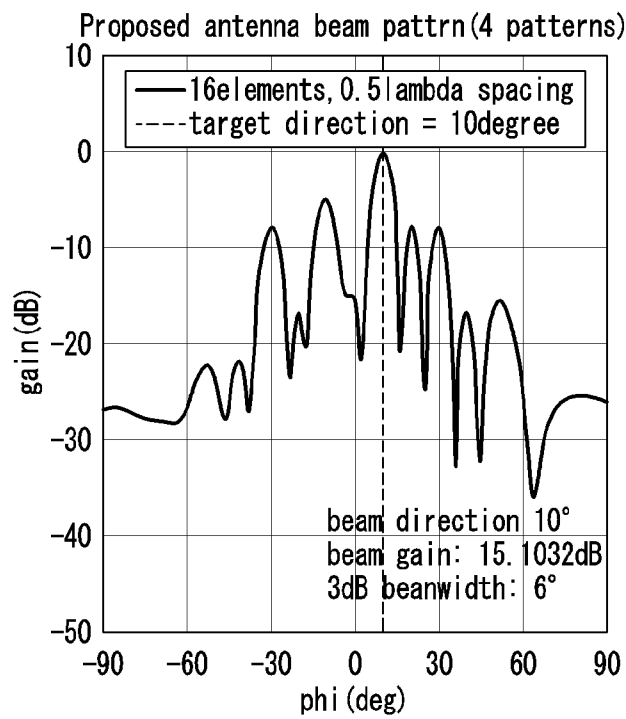
[도38c]



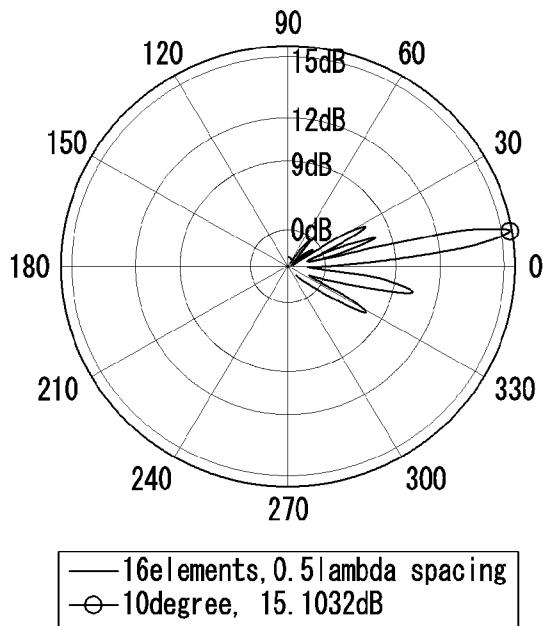
Proposed antenna beam pattern(4 patterns)



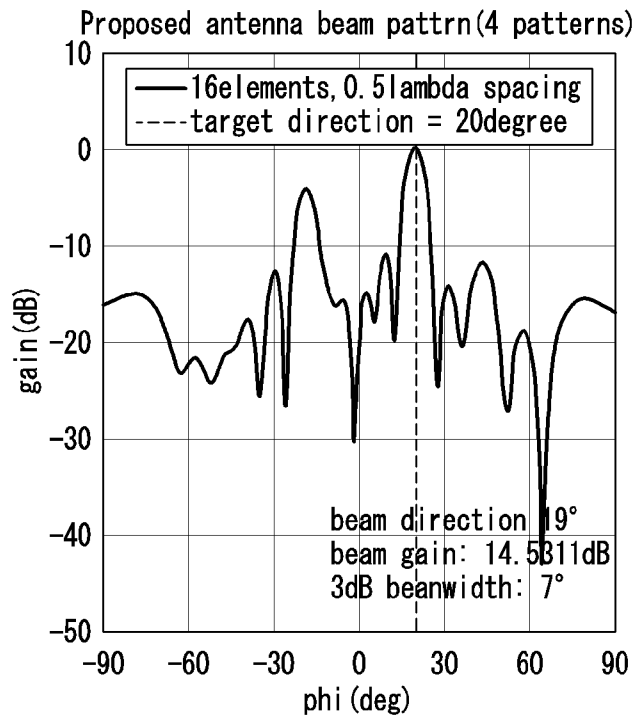
[도39a]



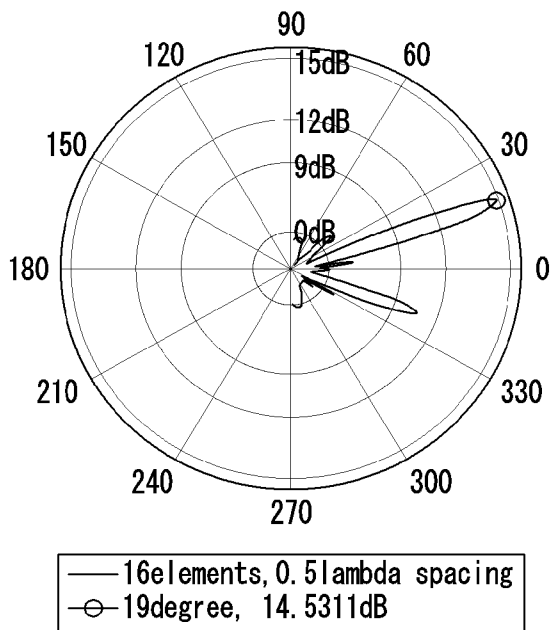
Proposed antenna beam pattern(4 patterns)



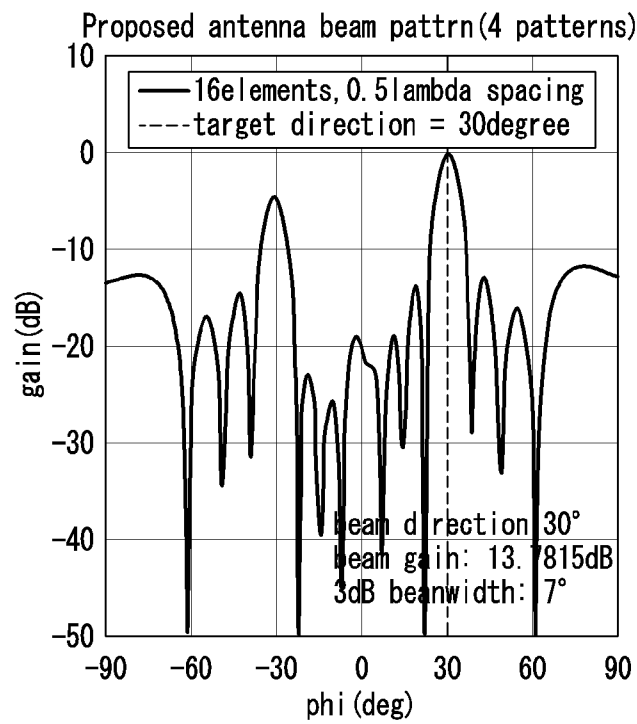
[도39b]



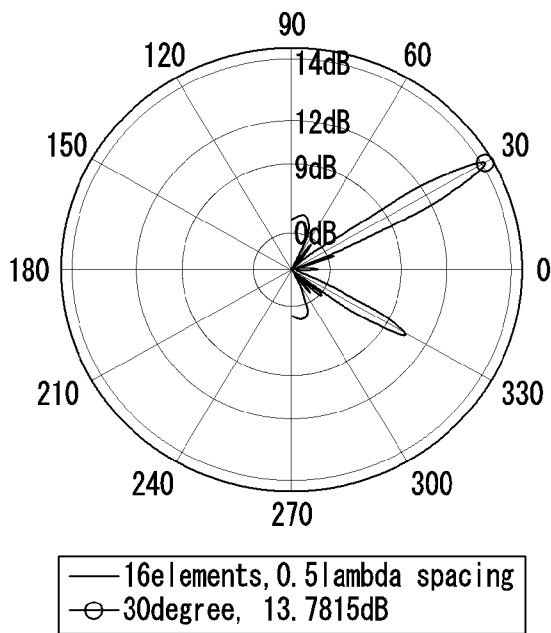
Proposed antenna beam pattern(4 patterns)



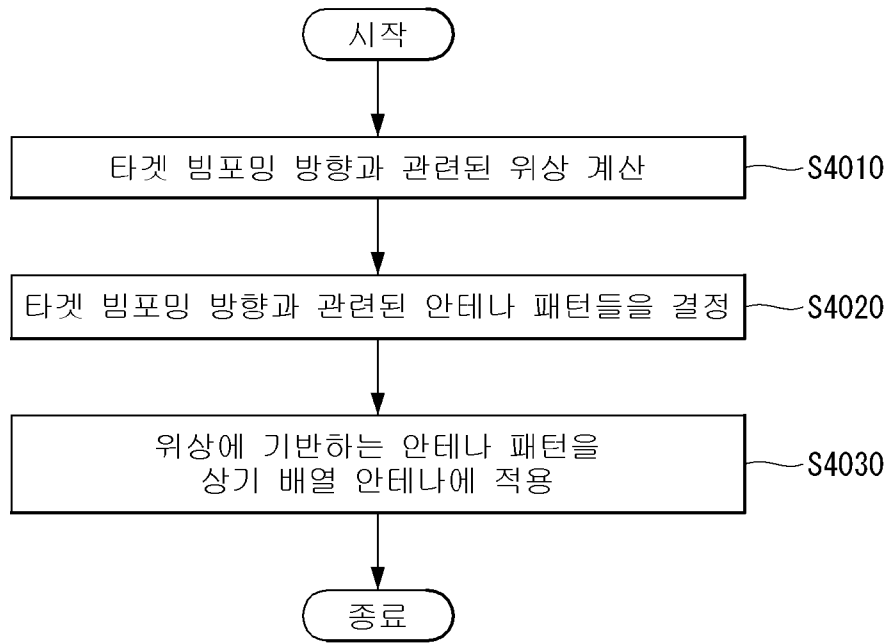
[도39c]



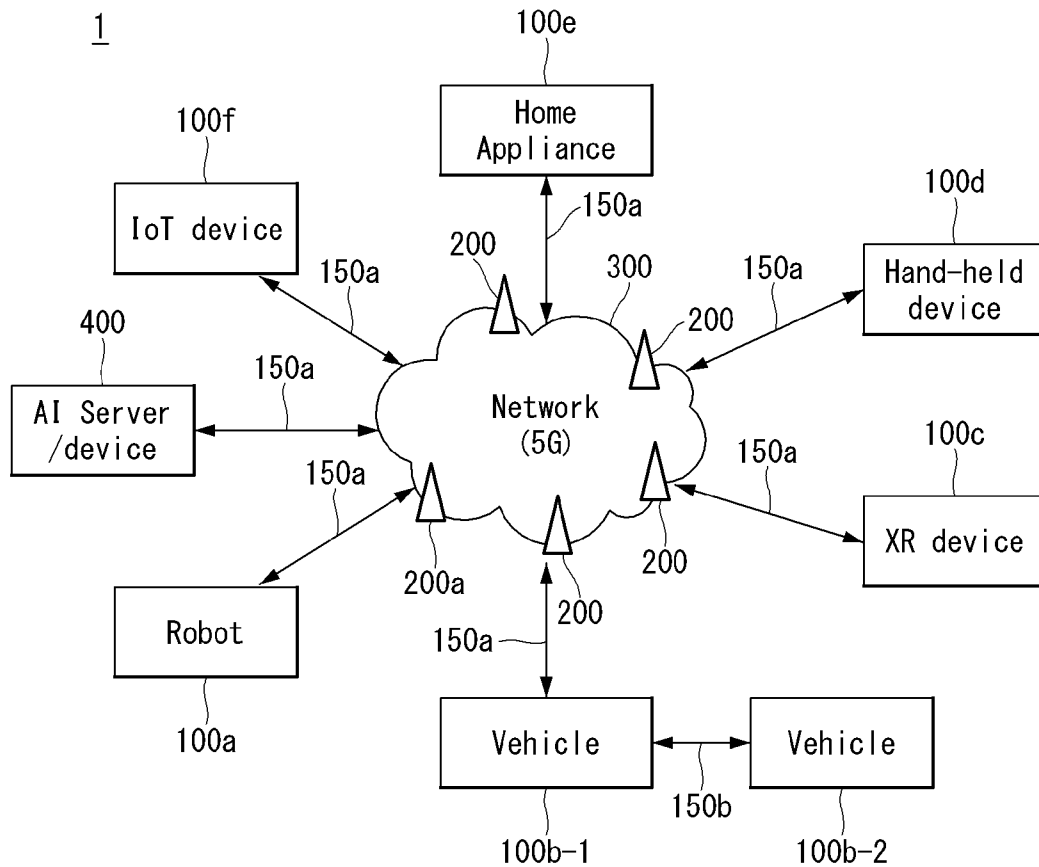
Proposed antenna beam pattern(4 patterns)



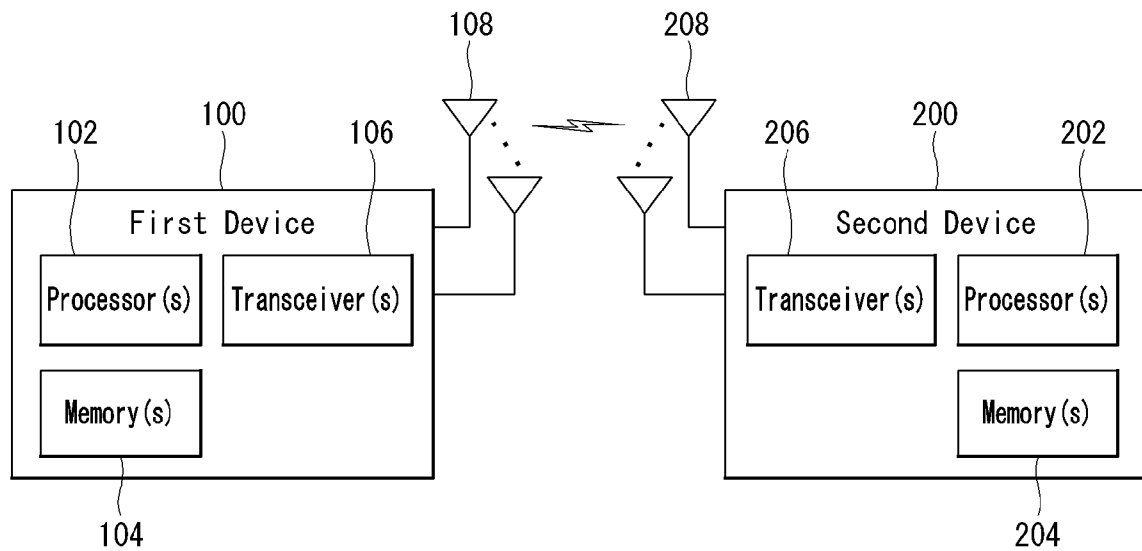
[도40]



[도41]

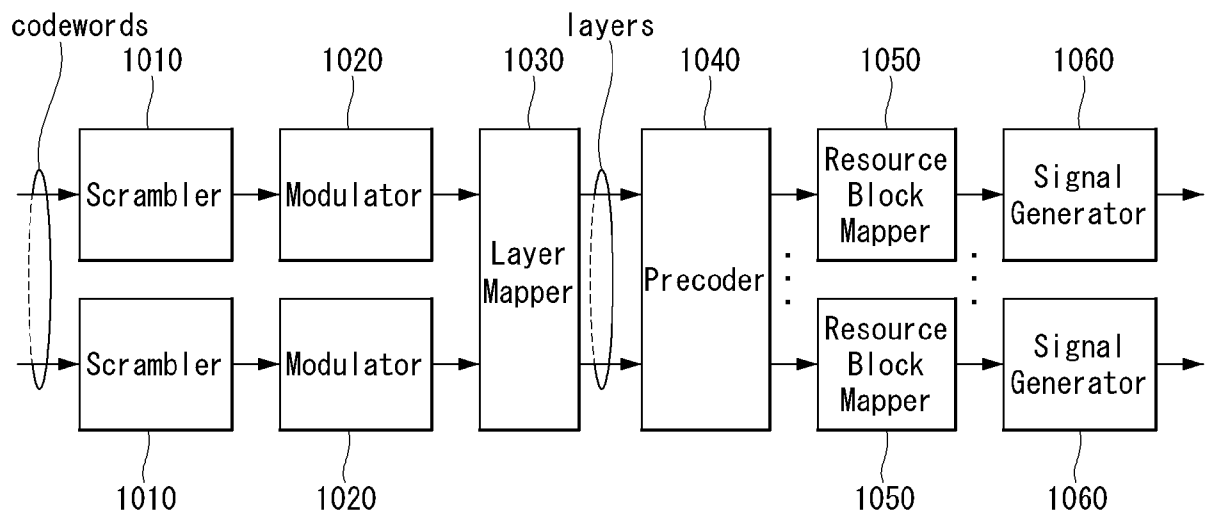


[도42]



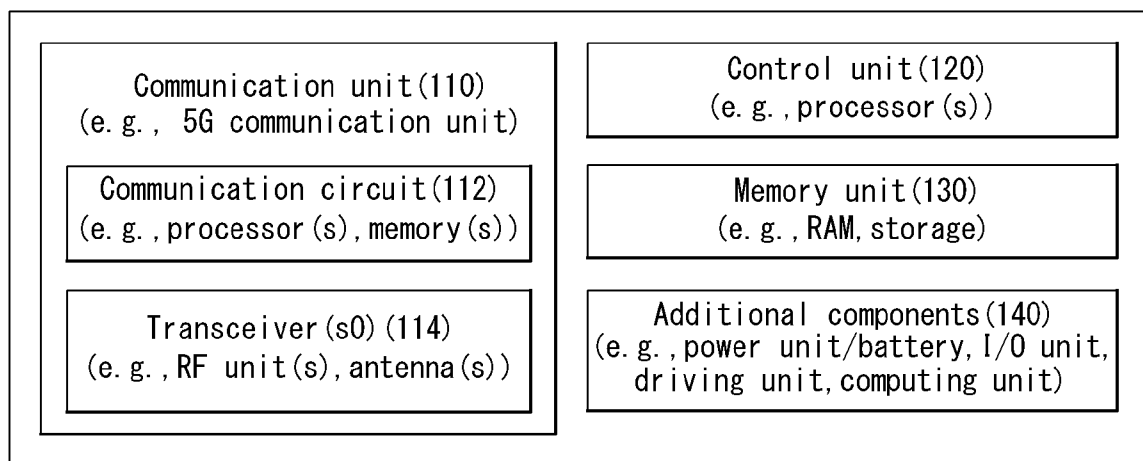
[도43]

1000 (102/106, 202/206)

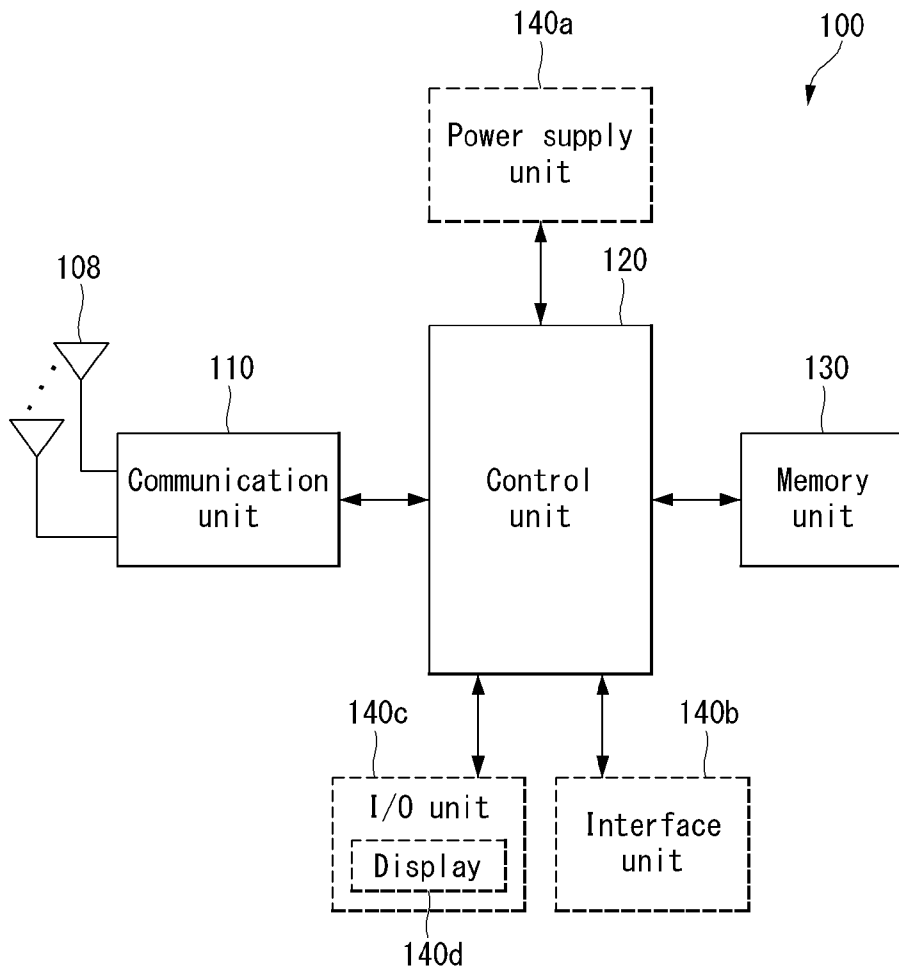


[도44]

Device (100, 200)



[도45]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/009057

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01Q 3/30(2006.01)i; H01Q 21/06(2006.01)i; H01Q 21/24(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) H01Q 3/30(2006.01); G01R 29/10(2006.01); G01S 13/04(2006.01); G01S 13/90(2006.01); H01Q 13/08(2006.01); H01Q 21/00(2006.01); H01Q 3/00(2006.01); H04B 7/0408(2017.01); H04B 7/06(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: 안테나(antenna), 피딩 라인(feeding line), 스위치(switch), 리액턴스(reactance)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011-055428 A (MURATA MFG CO., LTD.) 17 March 2011 (2011-03-17) See paragraphs [0029]-[0046], claims 1-3 and figures 1-8.	1-4
Y		5-15
Y	KR 10-1917044 B1 (HONGIK UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIA COOPERATION FOUNDATION et al.) 08 November 2018 (2018-11-08) See paragraphs [0085]-[0090], claim 1 and figures 1-5.	5-15
Y	KR 10-1894240 B1 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 04 September 2018 (2018-09-04) See paragraphs [0048]-[0049] and figures 1-6.	8-9
A	US 2020-0166623 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 28 May 2020 (2020-05-28) See claim 1 and figures 1-15.	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 "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 07 April 2021		Date of mailing of the international search report 08 April 2021
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208 Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2020/009057

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2014-0049440 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 20 February 2014 (2014-02-20) See claims 2-4 and figures 2A-9.	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2020/009057

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2011-055428	A	17 March 2011	JP	5487818	B2	14 May 2014
KR	10-1917044	B1	08 November 2018	None			
KR	10-1894240	B1	04 September 2018	WO	2018-190495	A1	18 October 2018
US	2020-0166623	A1	28 May 2020	None			
US	2014-0049440	A1	20 February 2014	CN	103534874	A	22 January 2014
				CN	103534874	B	25 November 2015
				JP	2014-153690	A1	31 July 2014
				JP	5505561	B2	28 May 2014
				US	8912972	B2	16 December 2014
				WO	2012-153690	A1	15 November 2012

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H01Q 3/30(2006.01)i; H01Q 21/06(2006.01)i; H01Q 21/24(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H01Q 3/30(2006.01); G01R 29/10(2006.01); G01S 13/04(2006.01); G01S 13/90(2006.01); H01Q 13/08(2006.01); H01Q 21/00(2006.01); H01Q 3/00(2006.01); H04B 7/0408(2017.01); H04B 7/06(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: 안테나(antenna), 피딩 라인(feeding line), 스위치(switch), 리액턴스(reactance)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	JP 2011-055428 A (MURATA MFG CO., LTD.) 2011.03.17 단락 [0029]-[0046], 청구항 1-3 및 도면 1-8	1-4
Y		5-15
Y	KR 10-1917044 B1 (홍익대학교 산학협력단 등) 2018.11.08 단락 [0085]-[0090], 청구항 1 및 도면 1-5	5-15
Y	KR 10-1894240 B1 (한국과학기술원) 2018.09.04 단락 [0048]-[0049] 및 도면 1-6	8-9
A	US 2020-0166623 A1 (QUALCOMM INCORPORATED) 2020.05.28 청구항 1 및 도면 1-15	1-15
A	US 2014-0049440 A1 (MURATA MANUFACTURING CO., LTD.) 2014.02.20 청구항 2-4 및 도면 2A-9	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 “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 2021년04월07일(07.04.2021)		국제조사보고서 발송일 2021년04월08일(08.04.2021)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578		심사관 박혜련 전화번호 +82-42-481-3463

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2011-055428 A	2011/03/17	JP 5487818 B2	2014/05/14
KR 10-1917044 B1	2018/11/08	없음	
KR 10-1894240 B1	2018/09/04	WO 2018-190495 A1	2018/10/18
US 2020-0166623 A1	2020/05/28	없음	
US 2014-0049440 A1	2014/02/20	CN 103534874 A	2014/01/22
		CN 103534874 B	2015/11/25
		JP 2014-153690 A1	2014/07/31
		JP 5505561 B2	2014/05/28
		US 8912972 B2	2014/12/16
		WO 2012-153690 A1	2012/11/15