

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2015년 5월 14일 (14.05.2015)



(10) 국제공개번호  
WO 2015/069035 A1

(51) 국제특허분류:  
H04B 7/08 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2014/010611

(22) 국제출원일: 2014년 11월 6일 (06.11.2014)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:  
10-2013-0134125 2013년 11월 6일 (06.11.2013) KR

(71) 출원인: 삼성전자 주식회사 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) [KR/KR]; 443-742 경기도 수원시 영통구 삼성로 129, Gyeonggi-do (KR). 한국과학기술원 (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [KR/KR]; 305-701 대전시 유성구 대학로 291, Daejeon (KR).

(72) 발명자: 최상혁 (CHOI, Sang-Hyoun); 380-170 충청북도 충주시 소가주 1길 105, Chungcheongbuk-do (KR). 김용훈 (KIM, Yong-Hoon); 443-745 경기도 수원시 영통구 영통로 200 번길 156 방죽마을영통뜨란채아파트 1002 동 2202 호, Gyeonggi-do (KR). 양희성 (YANG, Hee-Seong); 135-957 서울시 강남구 압구정로 79길 83-1 우성빌라 라동 302 호, Seoul (KR). 전주환 (CHUN,

Joo-Hwan); 305-761 대전시 유성구 엑스포로 448 엑스포아파트 107 동 1603 호, Daejeon (KR).

(74) 대리인: 이견주 (LEE, Keon-Joo) 등; 110-524 서울시 종로구 대학로 9길 16, 미화빌딩, Seoul (KR).

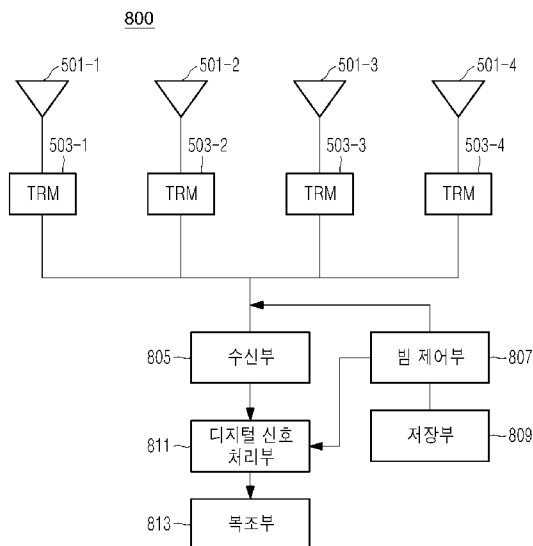
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, 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).

[다음 쪽 계속]

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TRANSMITTING AND RECEIVING SIGNAL BY USING MULTIPLE BEAMS IN WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM

(54) 발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 다중 빔을 이용하여 신호를 송수신하기 위한 방법 및 장치



805 ... Receiving unit  
807 ... Beam control unit  
809 ... Storage unit  
811 ... Digital signal processing unit  
813 ... Demodulation unit

(57) Abstract: A method for receiving a signal by using M multiple beams in a multi-antenna system including N antenna elements, provided by one embodiment of the present specification, comprises the steps of: setting, by M beams, a beam direction for the M beams and a modulation frequency for frequency modulation of a beam response; generating the M beams according to the beam direction and the modulation frequency set by the beams; generating M beam responses for a receiving signal by using the generated M beams; frequency-modulating the generated M beam responses by using the modulation frequency set by the beams; band-pass-filtering the frequency-modulated M beam responses so as to separate the M beam responses; and respectively demodulating the separated M beam responses.

(57) 요약서: 본 개시의 실시예가 제공하는 N 개의 안테나 소자를 포함하는 다중 안테나 시스템에서 M 개의 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법은, 상기 M 개의 빔에 대한 빔 방향과, 빔 응답의 주파수 변조를 위한 변조 주파수를 상기 M 개의 빔 별로 설정하는 과정과, 상기 빔 별로 설정된 빔 방향과 변조 주파수에 따라 상기 M 개의 빔을 생성하는 과정과, 상기 생성된 M 개의 빔들을 이용하여 수신 신호에 대한 M 개의 빔 응답을 생성하는 과정과, 상기 생성된 M 개의 빔 응답을 상기 빔 별로 설정된 변조 주파수를 이용하여 주파수 변조하는 과정과, 상기 주파수 변조된 M 개의 빔 응답을 대역 통과 필터링하여, 상기 M 개의 빔 응답 별로 분리하는 과정과, 상기 분리된 M 개의 빔 응답을 각각 복조하는 과정을 포함한다.

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

## 명세서

### 발명의 명칭: 무선 통신 시스템에서 다중 빔을 이용하여 신호를 송수신하기 위한 방법 및 장치

#### 기술분야

- [1] 본 개시는 무선 통신 시스템에서 다중 빔을 이용하여 신호를 송수신하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [2] 무선 또는 이동 통신 시스템에서 고속 데이터 통신의 트래픽이 급격하게 증가함에 따라 차세대 통신 시스템에서는 빔 분할 다중 접속 통신(Beam Division Multiple Access: BDMA) 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [3] 현재 국내의 주요 통신사에서 사용하고 있는 캐리어 주파수는 약 2Ghz대역이다. 통신 시스템을 구성하는 하드웨어들은 협대역 시스템(narrow band system)을 가정하여 구성되는데, 통상 협대역 시스템은 시스템 캐리어 주파수의 1/8 에서 1/10 정도를 대역폭을 사용하는 것이 일반적이며, 따라서 현재는 2GHz 캐리어 주파수를 기준으로 하면 최대 약 200Mhz 정도의 대역폭을 사용하고 있다. 그러나 최근의 스마트폰 보급 등으로 이동 데이터 트래픽이 폭발적으로 증가함에 따라 넓은 대역폭이 필요하다. 이를 위하여 현재의 캐리어 주파수 대역보다 10배 이상 높은 28~30GHz 대역의 캐리어 주파수에 대한 연구가 진행되고 있다.
- [4] 한편, 수신 전력은 파장의 제곱에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다. 따라서 캐리어 주파수가 10배 증가하면 캐리어의 파장은 1/10로 감소하기 때문에 동일한 거리를 기준으로 하면, 수신 전력은 1/100로 감소한다. 결국 이렇게 고대역 캐리어를 사용하게 되면 수신기에서 극심한 신호 감쇄가 생긴다. 이러한 신호 감쇄를 극복하기 위하여 기지국 셀의 크기를 작게 하고, 기지국과 단말 간 신호 송수신 시 SNR을 최대화하는 빔을 생성하여 통신을 수행하는 방안이 유력하다. 따라서 단말은 기존의 통신 시스템에 비하여 훨씬 밀집된 복수 개의 기지국들 중에서 SRN을 최대화하는 기지국을 찾고, 해당 기지국과 SNR을 최대화하는 빔을 찾아서 이 빔을 이용하여 기지국과 통신을 수행해야 한다. 이러한 상황들이 BDMA 시스템에서의 기본 전제가 된다.

#### 발명의 상세한 설명

##### 기술적 과제

- [5] 상술한 BDMA 시스템을 비롯하여 다중 빔을 이용하여 신호를 송수신하는 무선 통신 시스템에서 효율적으로 빔을 송수신할 필요가 있다.
- [6] 따라서 본 개시의 일 실시예는 무선 통신 시스템에서 다중 빔을 이용하여 신호를 송수신하기 위한 방법 및 장치를 제공한다.
- [7] 본 개시의 일 실시예는 하나의 멀티 빔을 지원하는 안테나 시스템에서 하나의

빔 형성기를 이용하여 복수 개의 멀티 빔을 생성 또는 수신하기 위한 방법 및 장치를 제공한다.

- [8] 본 개시의 일 실시예는 배열 안테나 소자를 이용하는 멀티 안테나 시스템에서 하나의 수신기를 이용하여 복수 개의 빔 응답을 동시에 획득할 수 있는 안테나 장치 및 동작 방법을 제공한다.

### 과제 해결 수단

- [9] 본 개시의 실시예가 제공하는 N개의 안테나 소자를 포함하는 다중 안테나 시스템에서 M 개의 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법은, 상기 M개의 빔에 대한 빔 방향과, 빔 응답의 주파수 변조를 위한 변조 주파수를 상기 M개의 빔 별로 설정하는 과정과, 상기 빔 별로 설정된 빔 방향과 변조 주파수에 따라 상기 M 개의 빔을 생성하는 과정과, 상기 생성된 M개의 빔들을 이용하여 수신 신호에 대한 M개의 빔 응답을 생성하는 과정과, 상기 생성된 M개의 빔 응답을 상기 빔 별로 설정된 변조 주파수를 이용하여 주파수 변조하는 과정과, 상기 주파수 변조된 M개의 빔 응답을 대역 통과 필터링하여, 상기 M개의 빔 응답 별로 분리하는 과정과, 상기 분리된 M개의 빔 응답을 각각 복조하는 과정을 포함한다.
- [10] 상기 빔 방향과 변조 주파수를 설정하는 과정은, k번째 안테나 소자에 설정되는 상기 M개의 빔 각각에 상기 빔 별 변조 주파수를 곱한 값의 합이, 상기 k번째 안테나 소자에 연결된 송수신 모듈(TRM)에 의하여 표현될 수 있는 복소 이득값들 중 하나가 되는 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들을 결정하는 과정과, 상기 M개의 빔 각각에 대한 빔 방향 및 변조 주파수를, 상기 결정된 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들 중에서 선택하는 과정을 포함하며, 상기 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들을 결정하는 과정은, 상기 M개의 빔 각각에 상기 빔 별 변조 주파수를 곱한 값의 합을 크기와 위상을 가지는 복소수로 변환하는 과정과, 상기 변환된 위상이 상기 TRM 내의 위상천이기가 표현할 수 있는 위상값의 배수가 되도록 하고, 상기 변환된 크기가 상기 TRM 내의 감쇄기가 표현할 수 있는 크기값의 배수가 되도록 하는 상기 빔 방향 및 변조 주파수 쌍을 결정하는 과정을 포함한다.
- [11] 상기 위상천이기가 표현할 수 있는 위상값은,  $2\pi \times (1/2)^{N_p}$ 이며, 여기서  $N_p$ 는 위상 천이기의 비트 수이며, 상기 감쇄기가 표현할 수 있는 위상값은,  $2\pi \times (1/2)^{N_a}$ 이며, 여기서  $N_a$ 는 위상 천이기의 비트 수이다.
- [12] 또한, 상기 방법은, 상기 결정된 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들을 테이블 형태로 저장하는 과정을 더 포함하며,
- [13] 상기 M개의 빔 각각에 상기 빔 별 변조 주파수를 곱한 값의 합은, 시간에 따라 변하는 값임을 특징으로 한다.
- [14] 한편, 본 개시의 실시예가 제공하는 N개의 안테나 소자를 포함하는 다중 안테나 시스템에서 M 개의 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 장치는, 상기 M개의 빔에 대한 빔 방향과, 빔 응답의 주파수 변조를 위한 변조 주파수를 상기

M개의 빔 별로 설정하는 빔 제어부와, 상기 빔 별로 설정된 빔 방향과 변조 주파수에 따라 상기 M 개의 빔을 생성하는 빔 형성기와, 상기 생성된 M개의 빔들을 이용하여 수신 신호에 대한 M개의 빔 응답을 생성하는 수신부와, 상기 생성된 M개의 빔 응답을 상기 빔 별로 설정된 변조 주파수를 이용하여 주파수 변조하고, 상기 주파수 변조된 M개의 빔 응답을 대역 통과 필터링하여 상기 M개의 빔 응답 별로 분리하는 디지털 신호 처리부와, 상기 분리된 M개의 빔 응답을 각각 복조하는 복조부를 포함한다.

### 도면의 간단한 설명

- [15] 도 1은 빔을 선택하기 위하여 일반적으로 사용되는 수신기를 설명하는 도면,
- [16] 도 2는 복수 개의 빔 응답을 동시에 획득하기 위한 일반적인 수신기(200)를 설명하는 도면,
- [17] 도 3은 도 2의 TRM의 구조를 설명하는 도면,
- [18] 도 4는 도 3의 TRM에서 위상 천이기와 감쇄기를 이용하여 생성할 수 있는 복소 이득의 값들을 나타내는 도면,
- [19] 도 5는 하나의 안테나 소자에 복수 개의 TRM이 연결되고, 복수 개의 TRM이 하나의 수신부를 공유하는 경우를 가정할 때의 신호 수신을 설명하는 도면,
- [20] 도 6은 본 개시의 실시예에 따라 두 개의 빔 응답을 변조 주파수 f1과 f2에 따라 주파수 변조한 이후의 주파수 응답을 나타내는 도면,
- [21] 도 7은 본 개시의 실시예에 따라 f1과 f2에 의하여 주파수 변조된 주파수 응답 신호를 대역 통과 필터를 이용하여 필터링한 결과를 나타내는 도면,
- [22] 도 8은 본 개시의 실시예에 따라 하나의 빔 형성기를 이용하여 복수 개의 빔을 생성하기 위한 수신기를 설명하는 도면,
- [23] 도 9는 본 개시의 실시예에 따라 하나의 빔 형성기를 이용하여 복수개의 빔을 생성하고, 생성된 복수 개의 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법을 설명하는 도면.

### 발명의 실시를 위한 형태

- [24] 후술하는 본 개시에 대한 상세한 설명은, 본 개시가 실시될 수 있는 특정 실시예를 예시로서 도시하는 첨부 도면을 참조한다. 이들 실시예는 당업자가 본 개시를 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 개시의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 개시의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 개시의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 개시의 범위는 적절하게 설명된다면 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서

동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

- [25] 이하, 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 개시를 용이하게 실시할 수 있도록 하기 위하여, 본 개시의 바람직한 실시 예들에 관하여 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.
- [26] 본 개시의 실시예의 기본 개념은 복수 개의 안테나 소자를 포함하는 다중 안테나 시스템에서 하나의 빔 형성기를 사용하여 여러 방향으로부터 수신되는 빔의 응답을 동시에 획득한 수 있는 방법 및 장치를 제안한다. 이하에서 본 개시의 실시예를 상세히 설명한다.
- [27] 도 1은 빔을 선택하기 위하여 일반적으로 사용되는 수신기를 설명하는 도면이다.
- [28] 도 1에서는 통상적으로 배열 안테나들(101)이 사용되는 것으로 가정하였는데, 도 1의 수신기(100)는 배열 안테나들(101) 각각에 수신부들(103)을 연결하여 모든 배열 안테나들의 응답 값을 디지털 신호 처리부(105)에서 디지털화한다.
- [29] 그러나 모든 배열 안테나마다 수신부들(103)을 연결할 경우 그 비용이 매우 크다. 따라서 실제로는 복수 개의 배열 안테나 소자에 하나의 수신부를 연결하는 “서브 어레이” 안테나가 많이 사용된다. 통상적으로 여러 개의 안테나를 이용하면 적응적 처리(adaptive processing) 등과 같은 여러 가지 알고리즘을 통하여 배열 안테나의 응답을 얻을 수 있으나, 수신부가 하나인 저가형 수신기의 경우에는 적응적 처리가 불가능하다.
- [30] 그 대안으로 차세대 WPAN(Wireless Personal Area Networks) 표준인 WiGiG(Wireless Gigabit Alliance), 802.15.3c에서는 “빔 스위핑(beam sweeping)”이라는 간단한 방식을 사용하여 송수신 빔을 찾아내고 있다. 그러나 빔 스위핑 방식은 빔을 검색하기 위한 시간이 많이 소모되는 등의 단점이 있다.
- [31] 도 2는 복수 개의 빔 응답을 동시에 획득하기 위한 일반적인 수신기(200)를 설명하는 도면이다.
- [32] 복수 개의 빔 응답을 획득하는 가장 기본적인 방식은 빔의 개수만큼 송수신 모듈들(Transmit/Receive Module: TRM)(203)을 이용하여 빔을 생성하고, 이를 배열 안테나(201)에 연결하여 각각의 TRM들(203)에 따라 설정된 빔 방향에 따라 안테나 소자의 빔을 조향하고, 상기 TRM들(203) 후단에 각각 수신부들(207)을 연결하여 빔의 응답을 획득하는 구조이다. 통상적으로 도 2와 같은 시스템을 “빔공간 어레이 안테나 시스템”이라고 부른다.
- [33] 도 3은 도 2의 TRM의 구조를 설명하는 도면이다.
- [34] TRM(300)은 위상 천이기(phase shifter)(303)와 감쇄기(Attenuator)(301)를 포함하고 있으며, 이들이 빔을 조향하기 위한 복소 빔 이득(complex beam gain)을 각 배열 안테나 소자에 곱해주는 기능을 한다.
- [35] 즉, 감쇄기(301)는 복소 이득(complex gain)의 크기(magnitude)를 담당하여 설정된 복소 이득에 해당하는 크기로 변경하는 역할을 한다. 위상 천이기(303)는 설정된 복소 이득의 위상을 담당하여 설정된 복소 이득에 해당하는 위상으로

변경하는 역할을 한다. 또한, TRM(300)은 신호 송수신 시 스위칭을 수행하기 위한 스위치(305), 드라이버(309)와 전력 증폭기(311)로 구성되는 송신 기능부와, 신호 수신을 위한 저잡음 증폭기(: LNA)(307), 신호 송수신 시 송신측 신호 체인과 수신측 신호 체인을 각각 안테나와 연결시키는 교환기(313)를 포함한다.

[36] 도 4는 도 3의 TRM에서 위상 천이기와 감쇄기를 이용하여 생성할 수 있는 복소 이득의 값들을 나타내는 도면이다.

[37] 도 4에서 작은 동그라미들은 위상 천이기와 감쇄기를 이용하여 TRM이 생성할 수 있는 복소 이득값들을 나타낸다. 그런데 도 4에 보는 것처럼 위상 천이기와 감쇄기를 이용하여 얻을 수 있는 복소 이득값들의 개수는 한정되어 있다. 이처럼 복소 이득이 제한적인 이유는 아래와 같다.

[38] 위상 천이기(303)와 감쇄기(301)는 특정한 비트를 가지도록 설계된다. 예를 들어, N비트로 설계된 감쇄기의 경우 보통 LSB(Least significant bit)에 0.5dB가 할당되고, 다음 비트부터  $2^0, 2^1, 2^2, \dots, 2^{N-2}$  dB를 감쇄할 수 있도록 설계되어 최대  $2^{N-1} - 0.5$  dB 까지 감쇄하도록 설계되는 것이 일반적이다.

[39] 또한, N 비트로 설계된 위상 천이기의 경우 위상 천이기가 표현할 수 있는 최소 위상은  $<2\pi \times (1/N)>$ 이며, 그에 따라 위상 천이기는 상기 최소 위상  $<2\pi \times (1/N)>$ 의 정수배만큼 위상을 증가시킬 수 있도록 설계된다. 따라서 위상 천이기(303)와 감쇄기(301)로 생성할 수 있는 복소 이득의 값의 개수는 도 4에서 보여지는 것처럼 한정적이다.

[40] 한편, 상술한 도 2와 같은 빔공간 어레이 안테나를 이용하여 30GHz 대역의 신호를 검출하고자 할 경우에는 그 구현 상에서 상당한 어려움이 있다. 구체적으로, 캐리어 주파수가 30 GHz가 되면 신호의 파장은 1cm가 된다. 배열 안테나를 설계할 때 일반적으로 배열 소자의 간격을 파장의 절반으로 결정한다. 이 경우 배열 소자의 간격은 5mm가 된다. 5mm 마다 배치된 배열 안테나 소자를 여러 개 연결하기 위해서는 배열 소자마다 연결된 도선을 다시 빔의 개수만큼 나누어 각각의 TRM들에 연결하여야 한다. 그런데 각각의 TRM들의 빔 응답 간에 상관(correlation) 또는 커플링(coupling)을 최소화하기 위해서는 TRM들 간의 공간확보가 필수적이다.

[41] 그러나 5mm 간격으로 배치된 배열 소자들로부터 커플링을 고려하여 여러 개의 TRM들을 연결하는 것은 매우 어렵다. 또한, 각 도선간의 커플링을 피해서 배열 안테나에 공간을 넓게 마련할 수 있다고 하여도 단말의 크기가 커지는 문제가 발생한다.

[42] 또한, 단말에는 하나의 TRM과 하나의 수신부만을 사용하여 빔 스위핑 기술을 사용한다고 가정하고, 기지국에서만 빔 공간 어레이 구조로 여러 개의 빔 응답을 측정한다고 가정하여도 구현 비용의 문제가 발생한다. 기지국의 경우 최소 1미터 이상의 배열 안테나를 사용하게 될 것으로 예상되는데 1미터당 200개의 배열 소자가 배치되므로 배열 소자마다 수신부를 연결하는 방식의 경우 수신부가 약 200개가 필요하므로 구현 비용이 상당하다. 또한, 빔 공간의 경우

수백 개의 배열소자를 다시 수천 개의 TRM과 연결하고 이를 각각의 수신부로 연결해야 하기 때문에 설비를 제작할 시의 인건비 문제와 도선간의 커플링 문제, 그리고 여러 개의 수신부 사용으로 인한 비용 상승과 같은 다양한 문제가 발생한다.

- [43] 본 개시의 실시예는 복수 개의 빔을 사용하는 통신 시스템에서 기존의 방식과는 다른 방식으로 빔을 운용한다.
- [44] 기존의 방식에 있어서, 복수 개의 빔을 사용하는 통신 시스템에서 신호를 송신하거나 수신할 때는 목표로 하는 방향 또는 임의의 채널에 대하여 안테나 별로 최적으로 판단되는 복소 이득값을 미리 계산하여 계산된 복소 이득값을 사용하거나, 또는 적응적 프로세싱을 통해 복소 이득값을 계산한 후 계산된 복소 이득값을 사용한다. 또한, 신호의 송신 또는 수신 중에는 신호의 진행 방향이나 채널이 변하지 않기 때문에 통상적으로 빔을 형성하기 위한 복소 이득값을 변경하지 않고 고정된 빔을 사용하는 것이 일반적이다.
- [45] 반면, 본 개시의 실시예에서는 하나의 수신부를 사용하여 복수의 빔을 생성 또는 수신하기 위하여, 기존의 시간에 따라 고정된 복소 이득값을 가지는 빔을 사용하는 방식과는 달리 시간에 따라 복소 이득값이 변화하는 “시변 빔 가중치(time varying beam weight)” 방식을 사용한다. 즉, 신호를 송수신 하는 중에 빔에 대한 복소 이득값을 변화시킴으로써, 빔 별 응답을 주파수 변조하여 하나의 수신부를 통하여 출력되는 결과 값이, 빔 별 응답들이 단순히 더해진 값이 아니라 특정 주파수 대역으로 이동(shift)되도록 하여, 신호를 디지털 처리하는 과정에서 빔 별 응답들 각각을 분리할 수 있도록 한다.
- [46] 이를 위하여 본 개시의 실시예에서는  $M$ 개의 빔들을 동시에 생성하기 위하여 임의의 배열 안테나 소자에 대한  $M$ 개의 빔들에 각각의 변조 주파수를 곱한 값들의 합을 크기와 위상으로 표현되는 복소수 형식으로 변환하고, 도 4에서 도시된 위상 천이기와 감쇄기에 의하여 얻을 수 있는 복소 이득값 중 하나가 되도록 하는 빔 방향과 변조 주파수 쌍들을 결정한다. 구체적으로 상기  $M$ 개의 빔들에 변조 주파수를 곱한 값들의 합이, 도 4의 복소 이득값이 되기 위한 “복소 이득값 조건”을 설정한다. 상기 복소 이득값 조건은 “위상 조건”과 “크기 조건”으로 나눌 수 있다. 상기 위상 조건은 상기  $M$ 개의 빔들에 각각의 변조 주파수를 곱한 값들의 합을 크기와 위상으로 표현한 경우, 상기 크기와 위상 각각이 도 4의 복소 이득값들이 표현할 수 있는 크기와 위상의 배수를 만족하는 것이다.
- [47] 상기 위상 조건과 크기 조건으로부터 선형 방정식을 구할 수 있는데, 상기 선형 방정식에 포함되는 설정 파라미터에 임의의 값을 대입하면, 상기 복소 이득값 조건을 만족하는 복수 개의 {빔 방향, 변조 주파수} 값들을 구할 수 있다.
- [48] 이렇게 결정된 {빔 방향, 변조 주파수} 쌍들 중 하나의 쌍을 선택하고, 선택된 {빔 방향, 변조 주파수}에 따라 위상 천이기의 위상과 감쇄기의 레벨을 조정하면, 하나의 빔 형성기를 이용하여 복수 개의 빔을 동시에 생성한 효과를 낼 수 있다.

또한, 상기 선택된 빔 방향과 변조 주파수는 선택된 이후에는 고정된 것이지만, 본 개시의 실시예에서는 임의의 안테나 소자에 연결된 TRM의 복소 이득값은 시간에 따라 변화하도록 설정되었기 때문에, 그에 따라 TRM을 구성하는 위상 천이기의 위상과 감쇄기의 레벨도 시간에 따라 계속적으로 조정되도록 한다. 다만, 시간에 따라 변화하는 TRM의 복소 이득값은 도 4에 도시된 복소 이득값의 범위 내에 있을 것이다.

- [49] 한편, 본 개시의 실시예는 OFDM과 같이 대역 제한된 신호를 사용하는 통신 시스템을 가정한다. 본 개시의 실시예에서 있어서 송신기의 동작과 수신기의 동작은 상호 대응(reciprocal)하며, 이하에서는 편의 상 수신기의 동작을 중심으로 설명될 것이다.
- [50] 본 개시의 실시예의 설명에 앞서 본 명세서에서 사용하는 용어를 정의한다.
- [51] “빔”이란 복수 개의 안테나 소자를 가지는 통신 시스템에서 특정 방향이나 채널의 하위 공간(subspace)에 송신 신호의 전력이 최대가 되도록 신호를 방사하거나, 특정 방향 또는 특정 채널 하위 공간으로 도달하는 수신 신호의 전력을 최대화하여 신호를 수신하기 위하여 각 안테나 소자들에 복소 이득의 값을 곱해주는 것을 의미한다.
- [52] “빔 응답”이란 복수 개의 안테나 소자들에서 수신된 수신 신호를 특정하게 설정된 빔 가중치 값을 이용하여 가중된 합 (weighted sum)을 구한 값을 말한다.
- [53] “하나의 빔 형성기”는 복수 개(N)의 안테나 소자들에 각각 하나의 TRM이 연결되고, 각각의 TRM이 하나의 수신부를 공유하는 것을 의미한다.
- [54] 본 개시의 실시예는 복수 개(N)의 안테나 소자들을 포함하는 수신 시스템에서 하나의 빔 형성기를 이용하여 복수 개(M)의 빔을 생성하기 위한 것이다. 본 개시의 실시예에 따른 송신 시스템도 수신 시스템과 상응하여 구현될 수 있다. 이러한 본 개시의 실시예와 비교하여 도 2에서 설명된 기존의 수신 시스템은 3개의 빔 형성기를 이용하여 3개의 빔을 형성하는 것에서 차이가 있다.
- [55] 이하에서는 하나의 안테나 소자에 복수 개의 TRM이 연결되고, 복수 개의 TRM이 하나의 수신부를 공유한다고 가정할 때, 수신부에서 복수 개의 빔 응답을 분리하기 어려운 점에 대하여 설명한다.
- [56] 도 5는 하나의 안테나 소자에 복수 개의 TRM이 연결되고, 복수 개의 TRM이 하나의 수신부를 공유하는 경우를 가정할 때의 신호 수신을 설명하는 도면이다.
- [57] 도 5에서는 하나의 수신기(500)이 4개의 안테나 소자(501-1~501-4)를 포함하고 있고, 2개의 빔(제1 빔, 제2 빔)을 이용하여 수신 신호를 복원하고자 하는 경우를 가정한다. 또한, 각 안테나 소자에는 2개의 TRM이 연결되어 있어서 제1 빔의 빔 가중치와 제2 빔의 빔 가중치가 각각의 안테나 소자로 입력되는 수신 신호에 곱해질 것이다. 예를 들어, 안테나 소자 501-1에는 2개의 TRM(503-1, 504-1)이 연결되어 있다. 다른 안테나 소자들도 동일한 방식으로 TRM이 연결되어 있다. 또한, 제1 빔을 구성하는 4개의 빔 가중치들은 4개의 TRM(503-1 ~ 503-4)을 이용하여 각 안테나 소자들(501-1~501-4)에 곱해지고, 제2 빔을 구성하는 4개의

빔 가중치들은 4개의 TRM(504-1 ~ 504-4)을 이용하여 각 안테나 소자들(501-1~501-4)에 곱해질 것이다. 한편, 제1 빔을 위한 4개의 TRM(503-1 ~ 503-4)과 제2 빔을 위한 4개의 TRM(504-1 ~ 504-4)은 하나의 수신부(505)를 공유하는 것으로 가정한다.

[58] 이러한 가정하에서 수신기(500)를 이용하여 신호가 수신되는 상황을 설명한다.

[59] 우선 도 5에서 4개의 안테나 소자들(501-1~501-4)을 통하여 수신 신호 값  $\begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{bmatrix}$

이 순서대로 입력되었다고 가정하고, 제1 빔은 4개의 빔 가중치(즉, 복소 이득값)

$\begin{bmatrix} e^{j\pi} \\ e^{j2\pi} \\ e^{j\pi} \\ e^{j2\pi} \end{bmatrix}$ 를 가지는 것으로 설정되었다면, 상기 제1 빔( $\begin{bmatrix} e^{j\pi} \\ e^{j2\pi} \\ e^{j\pi} \\ e^{j2\pi} \end{bmatrix}$ )에 의한 빔 응답은

하기 <수학식 1>이 된다.

[60] <수학식 1>

[61] 
$$1e^{j\pi} + 2e^{j2\pi} + 3e^{j\pi} + 4e^{j2\pi} = -1 + 2 - 3 + 4 = 2$$

[62] 또한, 제2 빔의 가중치 값이  $\begin{bmatrix} e^{j\pi} \\ e^{j2\pi} \\ e^{j\pi} \\ e^{j2\pi} \end{bmatrix}$ 로 설정되었다면, 상기 제2 빔에 의한 빔 응답

값은 하기 <수학식 2>가 된다.

[63] <수학식 2>

[64] 
$$1e^{j2\pi} + 2e^{j\pi} + 3e^{j2\pi} + 4e^{j\pi} = 1 - 2 + 3 - 4 = -2$$

[65] 그런데 도 5에서는 두 개의 빔 형성기가 하나의 수신부를 공유하는 형태이기 때문에, 상기 수신부(505)의 전체 빔 응답은 제1 빔 응답과 제2 빔 응답의 합이 될 것이다. 참고로 앞서 하나의 빔 형성기는 “복수 개(N)의 안테나 소자들에 각각 하나의 TRM이 연결되고, 각각의 TRM이 하나의 수신부를 공유하는 것”이라고 정의하였다. 따라서 도 5에서는 제1 빔을 위한 4개의 TRM들(503-1 ~ 503-4)과 수신부(505)가 하나의 빔 형성기가 되고, 제2 빔을 위한 4개의 RM들(504-1 ~ 504-4)이 다른 하나의 빔 형성기가 된다. 그러나 도 5에서는 하나의 수신부(505)가 두 개의 빔 형성기에서 공유되고 있기 때문에, 수신부(505)에서 획득하는 최종적인 출력은 제1 빔의 빔 응답 값(+2)과 제2 빔의 빔 응답 값(-2)을 합한 값인 “0”이 될 것이다.

[66] 그런데 수신부(505)의 최종 출력이 0이 되면 4개의 안테나 소자들(501-1

~501-4)을 통하여 어떠한 신호값이 수신되었는지 알 수 없다. 두 수의 합이 0이 되는 경우는 무한히 많기 때문이다. 따라서 이와 같은 경우라면 수신 신호의 복원이 어려울 것이다.

[67] 그러나 두 개의 빔 응답들 각각에 임의의 신호 변조가 수행되고, 신호 변조가 수행된 빔 응답 값들이 합해진다면, 신호 변조된 두 신호의 합으로부터 두 개의 빔 응답을 복원해낼 수 있을 것이다.

[68] 그러나 4개의 안테나 소자들(501-1 ~ 501-4)로 입력된 수신 신호의 경우 송신기에서 변조된 신호이다. 한편, 아날로그 빔 형성기는 아날로그 소자들로 구성되기 때문에 이들을 이용할 수 있는 신호 변조의 방법에는 한계가 있다. 그러나 상술한 바와 같이 본 개시의 실시예에서는 신호 송수신 시 OFDM을 이용한 신호 변조를 가정하고 있으며, OFDM 변조는 대역 제한된(band-limited) 신호라는 성질을 갖는다. 참고로 대역 제한된 신호는 아날로그 소자만으로도 신호 변조가 가능하다. 따라서 본 개시의 실시예에서는 빔 응답에 대한 신호 변조 시 주파수 변조 방식을 사용하기로 한다. 다만, 이는 본 개시의 일 실시예일 뿐, 신호 변조 방식이 주파수 변조 방식에 한정되는 것은 아니며, 아날로그 소자를 이용하여 가능한 변조 방식이라면 사용될 수 있다.

[69] 이하에서 도 5와 같은 수신기에서 본 개시의 실시예에 따라 복수 개의 빔 응답에 대하여 각각 주파수 변조를 수행한 이후 각각의 빔 응답을 분리하기 위한 개념을 설명한다.

[70] 수신 신호  $\begin{bmatrix} e^{j\pi} \\ e^{j2\pi} \\ e^{j\pi} \\ e^{j2\pi} \end{bmatrix} e^{j2\pi f_1 t}$  가 4개의 안테나 소자들(501-1 ~ 501-4)로 입력된다고

가정하자. 여기서  $p(t)$ 는 송신기에서 송신된 OFDM신호이며, 상기  $p(t)$ 를 가정한 이유는 앞서 설명된 바와 같이 본 개시의 실시예는 OFDM 신호 송수신을 전제로 하고 있기 때문이다. 또한,  $p(t)$ 에 곱해지는 값들 (1, 2, 3, 4)은 채널 이득 값이다. OFDM 신호  $p(t)$ 가 채널을 통과하면서 상기 채널 이득 값들이 OFDM 신호  $p(t)$ 에 곱해지고, 그 값들이 4개의 안테나 소자들(501-1 ~ 501-4)로 입력된다.

[71] 또한, 상기 4개의 안테나 소자들(501-1 ~ 501-4)의 각각에 제1 빔의 빔 가중치로 이 사용되었다고 가정하자. 상기 제1 빔의 빔 가중치에서  $f_1$ 은 빔 응답을 주파수 변조하기 위한 변조 주파수이다. 이 경우 제1 빔의 빔 응답 값은 하기 <수학식 3>이 된다.

[72] <수학식 3>

[73]

$$(1e^{j\pi} + 2e^{j2\pi} + 3e^{j\pi} + 4e^{j2\pi})p(t)e^{j2\pi f_1 t} = 2p(t)e^{j2\pi f_1 t}$$

[74]

를 사용하였고 가정하자.  $f_2$ 는 빔 응답을 주파수 변조하기 위한 변조 주파수이다. 이 경우 제2 빔의 빔 응답은 하기 <수학식 4>가 된다.

$$\begin{bmatrix} e^{j2\pi} \\ e^{j\pi} \\ e^{j2\pi} \\ e^{j\pi} \end{bmatrix} e^{j2\pi f_2 t}$$

[75] <수학식 4>

[76]

$$(1e^{j2\pi} + 2e^{j\pi} + 3e^{j2\pi} + 4e^{j\pi}) p(t) e^{j2\pi f_2 t} = -2p(t) e^{j2\pi f_2 t}$$

[77] 한편, 수신부(505)의 출력 값은 <수학식 3>과 <수학식 4>를 합한 값이 되고, 그 결과 값은 하기 <수학식 5>가 된다.

[78] <수학식 5>

[79]

$$2p(t) e^{j2\pi f_1 t} - 2p(t) e^{j2\pi f_2 t}$$

[80] 상기 <수학식 5>는 변조 주파수  $f_1$ 을 포함하는 신호 성분과 변조 주파수  $f_2$ 를 포함하는 신호 성분으로 구성됨을 볼 수 있다.

[81] 따라서 디지털 신호 처리를 통하여 상기 <수학식 5>를 구성하는 두 개의 신호 성분을 FFT(Fast Fourier Transform)하면 송신 신호인  $p(t)$ 의 스펙트럼이 주파수  $f_1$ 과  $f_2$ 를 시작점으로 하여 두 개가 나타난다.

[82] 도 6은 본 개시의 실시예에 따라 두 개의 빔 응답을 변조 주파수  $f_1$ 과  $f_2$ 에 따라 주파수 변조한 이후의 주파수 응답을 나타내는 도면이다.

[83] 만일 도 6의 주파수 응답 신호에서 알리아싱(aliasing)이 없다고 가정하면, 상기 도 6의 주파수 응답 신호는 대역 통과 필터를 통해 각각  $f_1$ 과  $f_2$  주파수를 시작으로 하는 신호로 분리할 수 있다.

[84] 도 7은 본 개시의 실시예에 따라  $f_1$ 과  $f_2$ 에 의하여 주파수 변조된 주파수 응답 신호를 대역 통과 필터를 이용하여 필터링한 결과를 나타내는 도면이다. 도 7에서 두 개의 신호가 대역 통과 필터링 이후에  $f_1$ 과  $f_2$ 를 시작점으로 하는 각각의 신호로 분리된 것을 볼 수 있다.

[85] 한편, 도 7에서 분리된 신호를 각각의 변조 주파수에 해당하는  $f_1$ 과  $f_2$ 로 각각 복조(demodulation)하면 원래의 수신 신호를 복구할 수 있다. 이때 원래의 수신 신호에 곱해진 이득값은 제1 빔과 제2 빔에 의한 응답이다. 따라서 이러한 과정을 통하여 빔 응답을 알 수 있다.

[86] 지금까지 도 5와 같이 복수 개의 빔 형성기가 하나의 수신부(505)를 공유하여 사용하는 경우 빔 응답들을 주파수 변조함으로써 빔 응답들을 분리할 수 있음을 살펴보았다.

[87] 이하에서는 본 개시의 실시예에 따라 하나의 빔 형성기를 이용하여 복수 개의

빔을 생성하고, 생성된 빔들에 대한 빔 응답들 각각을 주파수 변조하는 내용을 설명한다.

- [88] 도 8은 본 개시의 실시예에 따라 하나의 빔 형성기를 이용하여 복수 개의 빔을 생성하기 위한 수신기를 설명하는 도면이다.
- [89] 도 8의 수신기(800)를 도 5의 수신기(500)와 비교하면, 하나의 빔 형성기만을 포함하고 있다는 점에 차이가 있다. 즉, 4개의 TRM들(503-1, 503-2, 503-3, 503-4)과 하나의 수신부(505)가 하나의 빔 형성기를 구성하고 있다. 또한, 빔 제어부(807)를 포함하고, 저장부(809)를 더 포함할 수 있다.
- [90] 빔 제어부(807)는 복수 개의 빔 생성을 위하여 복수 개의 빔들 각각에 대한 {빔의 방향, 변조 주파수}쌍을 결정한다. 이때 {빔 방향, 변조 주파수}를 결정할 때, 임의의 배열 안테나 소자에 대한 M개의 빔들에 각각의 변조 주파수를 곱한 값들의 합이, 도 4에서 도시된 위상 천이기와 감쇄기에 의하여 얻을 수 있는 복소 이득값 중 하나가 되도록 하는 빔 방향과 변조 주파수 쌍들을 결정한다.
- [91] 또한, 수신부(505)는 복수 개의 빔에 의한 빔 응답을 획득하고, 이를 디지털 신호 처리부(811)로 전달한다.
- [92] 디지털 신호 처리부(811)는 빔 제어부(807)로부터 {빔 방향, 변조 주파수} 정보를 전달받고, 이 정보에 따라 M개의 빔들에 대하여 상기 변조 주파수를 이용하여 주파수 변조를 수행하고, 주파수 변조된 빔 응답들을 대역 통과 필터링한다. 상기 주파수 변조, 대역 통과 필터링에 대해서는 도 6과 도 7을 참조하여 설명한 바 있으므로 이에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [93] 복조부(813)는 대역 통과 필터링되어 분리된 빔 응답들은 복조하여 분리된 빔 응답을 획득할 수 있다.
- [94] 이하에서 상기 빔 제어부(807)에서 빔 방향과 변조 주파수 쌍들을 결정하는 과정을 설명한다. 설명의 편의상 상기 M개의 빔들에 변조 주파수를 곱한 값들의 합이, 도 4의 복소 이득값이 되기 위한 조건을 “복소 이득값 조건”이라고 칭할 것이다. 상기 “복소 이득값 조건”은 “위상 조건”과 “크기 조건”으로 나눌 수 있고, 이 조건들을 만족하는 {빔 방향, 변조 주파수} 쌍을 결정하는 방식은 후술될 것이다.
- [95] 한편, 복소 이득값 조건을 만족하는 {빔 방향, 변조 주파수} 쌍은 빔의 방향 별로 다수 개가 될 수 있다. 따라서 복소 이득값 조건을 만족하는 {빔 방향, 변조 주파수}을 테이블 형식으로 저장부(909)에 미리 저장하고, 이 테이블에서 복수 개의 빔들에 사용할 {빔 방향, 변조 주파수} 쌍을 선택할 수 있다. 즉, 빔을 특정한 방향으로 설정하고자 할 경우 미리 저장된 {빔 방향, 변조 주파수} 테이블로부터 해당 방향에 대응하는 {빔 방향, 변조 주파수}를 선택할 수 있다.
- [96] 도 9는 본 개시의 실시예에 따라 하나의 빔 형성기를 이용하여 복수개의 빔을 생성하고, 생성된 복수 개의 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법을 설명하는 도면이다.
- [97] 901 단계에서 빔 제어부(807)는 복수 개의 빔들 각각에 대한 (빔의 방향, 변조

주파수)를 설정한다. 상술한 바와 같이, {빔 방향, 변조 주파수}를 설정할 때 저장부(809)에 {빔 방향, 변조 주파수} 값을 미리 테이블 형태로 저장하고, 테이블에 저장된 값들 중 하나를 선택할 수 있다.

- [98] 903단계에서는 상기 설정된 복수 개의 빔들 각각에 대한 (빔의 방향, 변조 주파수) 값에 따라 각 빔들에 연결된 TRM 내에 포함된 위상 천이기와 감쇄기의 값들을 제어하여 복수 개의 빔들을 생성한다.
- [99] 905단계에서 수신부(505)는 생성된 빔들에 의하여 빔 응답을 획득한다.
- [100] 907단계에서는 수신부(505)는 획득된 빔 응답에 대하여 복수 개의 변조 주파수 값들을 이용하여 빔 응답에 대한 주파수 변조를 수행한다.
- [101] 909단계에서 상기 주파수 변조된 빔 응답들 각각을 대역 통과 필터링한다. 이렇게 하면 각각의 빔 별로 응답을 분리할 수 있다.
- [102] 911단계에서는 상기 대역 통과 필터링을 통하여 분리된 주파수 변조 신호들을 각각의 신호 별로 주파수 복조하여, 복수 개의 빔 응답을 획득한다.
- [103] 한편, 도 9의 과정들 중, 905단계 이전의 과정들은 아날로그 신호 처리를 통하여 수행됨이 일반적이고, 905단계 이하의 동작은 디지털 신호 처리를 통하여 수행됨이 일반적이지만, 이에 본 개시의 실시예가 한정되는 것은 아니다.
- [104] 이하에서는 빔 제어부(807)가 “복소 이득값 조건”을 만족하는 {빔 방향, 변조 주파수} 쌍을 결정하는 방식에 대하여 설명한다.
- [105] 앞서 도 4에서 설명하였듯이 빔형성기를 구성하는 TRM들은 위상 천이기와 감쇄기를 포함하며, 상기 위상 천이기와 감쇄기를 이용하여 해당 안테나 소자의 빔 이득값을 설정한다. 그런데 위상 천이기와 감쇄기를 이용하여 생성될 수 있는 복소 이득값은 도 4에 도시된 복소 이득값들로 한정된다. 이하의 설명들은 이러한 복소 이득값 조건을 만족하는 빔 방향과 변조 주파수를 찾는 과정을 설명한다.
- [106] 1. 빔 방향과 변조 주파수 설정-901단계
- [107] 901단계에서 안테나 소자 별로 빔 방향과 변조 주파수 설정을 수행하는 이유는 앞서 설명된 바와 같다. 즉, 하나의 아날로그 빔 형성기로 복수 개의 빔을 동시에 생성하고, 생성된 빔들에 따른 빔 응답 각각을 주파수 변조를 하면, 이는 수학적으로 시간에 따라 변하는 복소수들의 합으로 표현된다. 이는 결국 시간에 따라서 변하는 복소수들의 합이 도 4에 도시된 복소 이득값들 중 하나가 되도록 하는 것이고, 이것을 가능하게 하는 특정 빔의 방향과 변조 주파수를 찾으려면, 하나의 빔 형성기로 복수 개의 빔을 동시에 생성한 결과가 된다.
- [108] 이하에서 빔의 방향과 변조 주파수를 설정하는 방식을 설명한다.
- [109] 먼저 N개의 안테나 소자들에 대하여 모두 특정한 방향( $\theta_1$ )으로 빔( $b_1$ )을 설정하고자 할 경우 아날로그 빔 형성기는 TRM에서 안테나 소자들에 설정되는 복소 이득 값들은 하기 <수학식 6>으로 표현된다.
- [110] <수학식 6>

[111]

$$\mathbf{b}_1 = [1, e^{jkd \sin \theta_1}, \dots, e^{j(N-1)kd \sin \theta_1}]^T$$

[112] 여기서  $kd$ 는 파장과 안테나 소자의 간격을 곱한 값이며, 통상적으로 그 값은  $\pi$ 가 되도록 설정된다.

[113] 한편, 상기 빔( $\mathbf{b}_1$ )에 주파수 변조를 위하여 설정된 임의의 변조 주파수( $f_1$ )이 곱하면, 하기 <수학식 7>으로 표현된다.

[114] <수학식 7>

[115]

$$\mathbf{b}_1 e^{j2\pi f_1 t} = [1, e^{jkd \sin \theta_1}, \dots, e^{j(N-1)kd \sin \theta_1}]^T e^{j2\pi f_1 t}$$

[116] 본 개시의 실시예의 가정에 따라, 하나의 아날로그 빔 형성기가  $M$ 개의 빔들( $\mathbf{b}_1, \mathbf{b}_2, \dots, \mathbf{b}_M$ )을 동시에 생성한다고 가정할 때, 생성된  $M$ 개의 빔들을 각각 주파수 변조한 후 그 값들을 더하면 하기 <수학식 8>로 표현된다. 여기서  $M$ 개의 빔 방향은 각각  $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_M$ 이고, 변조 주파수는 각각  $f_1, f_2, \dots, f_M$ 으로 가정한다.

[117] <수학식 8>

[118]

$$\mathbf{b}(t) = \mathbf{b}_1 e^{j2\pi f_1 t} + \mathbf{b}_2 e^{j2\pi f_2 t} + \dots + \mathbf{b}_N e^{j2\pi f_N t} = \sum_{n=1}^M \mathbf{b}_n e^{j2\pi f_n t}$$

[119] 상기 <수학식 8>에 전력의 정규화(normalize)를 위하여 빔의 개수( $M$ )를 나누면 하기 <수학식 9>가 된다.

[120] <수학식 9>

[121]

$$\mathbf{b}(t) = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \mathbf{b}_n e^{j2\pi f_n t}$$

[122] 한편,  $k$ 번째 안테나 소자에 상기  $M$ 개의 빔들이 설정되었다면, 상기  $k$ 번째 안테나 소자에 연결된 TRM이 나타내야 하는 복소 이득은 하기 <수학식 10>이 된다.

[123] <수학식 10>

[124]

$$w_k(t) = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M e^{j(k-1)\pi \sin \theta_n} e^{j2\pi f_n t}$$

[125] 이때, 상기 <수학식 10>의 값이 도 4에서 도시된 복소 이득값들 중 하나가 되면, 하나의 아날로그 빔 형성기와 수신기를 이용하여  $M$ 개의 빔을 생성할 수 있다. 즉, 본 개시의 실시예에서는 하나의 TRM과 하나의 수신부로 구성되는 빔 형성기를 이용하여  $N$ 개의 안테나 소자들에 대하여,  $M$ 개의 빔을 생성한다.

[126] 그런데 이러한 하나의 빔 형성기를 이용하여 복수 개의 빔을 생성하는 것으로

가정한 상태에서  $k$ 번째 안테나 소자에 대하여 상기 <수학식 10>과 같은 복소 이득을 생성하는 빔 방향들( $\theta_1 \sim \theta_N$ )과, 변조 주파수들( $f_1 \sim f_N$ )을 구할 수 있다면, 이는 결국 하나의 빔 형성기를 이용하여 동시에 서로 다른 방향들( $\theta_1 \sim \theta_N$ )을 가지는 복수 개의 빔을 생성한 것과 동일한 효과를 얻을 수 있는 것이다. 즉,  $k$ 번째 안테나 소자에 대하여 연결된 하나의 아날로그 빔 형성기(1 TRM+ 1 수신부)가 상기  $W_k(t)$ 를 구현하게 된다.

[127] 따라서 본 개시의 실시예에서는,  $N$ 개의 안테나 소자에 연결된 하나의 아날로그 빔 형성기가  $M$ 개의 빔을 동시에 생성하고, 상기 생성된  $M$ 개의 빔들 각각을 주파수 변조한다고 가정하고, 이때의  $k$ 번째 안테나 소자에 대한 복수 개의 빔들의 복소 이득값의 합이 도 4에 도시된 복소 이득값들 중 하나가 되도록 하는 빔 방향들과 변조 주파수들을 구하고, 상기 구해진 빔 방향들과 변조 주파수에 따라 TRM의 위상 천이기와 감쇄기를 조정하면, 하나의 TRM이 복수 개의 빔을 동시에 생성한 효과를 얻을 수 있다.

[128] 한편, 도 4의 복소 이득값들에서 그 위상은 모두  $2\pi \times (1/2)^{N_p}$ 의 배수로 표현된다. 따라서 상기 <수학식 10>의 전체 복소수 값의 위상 부분이  $2\pi \times (1/2)^{N_p}$ 의 배수가 되는 것이 복소 이득값 조건 중 위상 조건에 해당한다. 여기서  $N_p$ 는 위상 천이기가 가지는 비트 수이다.

[129] 다만, 도 4의 복소 이득값들에서 그 크기는 정확히 수학적인 규칙성을 발견하기는 어렵다. 따라서 본 개시의 실시예에서는 <수학식 10>의 전체 복소수 값의 크기 부분이 최대한 도 4의 복소 이득값들의 크기 부분에 근접하도록 하는 조건을 설정하였다. 이에 대해서는 후술될 것이지만, 그 결론은 <수학식 10>의 전체 복소수 값의 크기 부분이  $2\pi \times (1/2)^{N_p}$ 의 배수가 되는 것이다. 이것이 복소 이득값 조건 중 크기 조건에 해당한다. 여기서  $N_p$ 는 감쇄기가 가지는 비트 수를 의미한다.

[130] 그러면 상기 <수학식 10>을 기초로 하여, 이하에서 내용을 상세히 설명한다.

[131] 상기 <수학식 10>을 살펴보면, <수학식 10>은 크기가 1인 복소수들을  $N$ 번 더하는 과정이고, 이때 각 복소수들의 값들이 시간  $t$ 에 따라 달라지고 있음을 알 수 있다. 다만, 실제 시스템 구현 상에서는 상기 <수학식 10>을 구성하는 복소수의 값들이 아날로그/디지털 변환기(A/D converter)에 의하여 디지털화된다. 따라서 <수학식 10>을 시간 연속 신호인  $t$ 가 아니라 이산 신호의 관점에서 <수학식 10>을 변형하여 <수학식 10>이 이산 신호에 대하여 도 4에서 도시된 조건을 만족시키도록 빔의 방향들과 변조 주파수들을 찾을 수 있다.

[132] 참고로, 복소수를 아래의 오일러 형식으로 표현하면 그 크기와 위상을 나타낼 수 있으며, 오일러 형식은 하기 <수학식 11>과 같은 형태가 된다.

[133] <수학식 11>

[134]  $ae^{jb}$

[135] ,a, b 는 각각 복소수의 크기와 위상을 나타낸다.

[136] 본 개시의 실시예에서는 <수학식 10>을 구성하는 복소수 성분들 각각을 오일러 형식으로 변환하고, 오일러 형식으로 변환된 각각의 복소수 성분들의 전체 합도 오일러 형식이 되도록 한다. 즉, <수학식 10>을 하나의 오일러 형식으로 변환하면, 오일러 형식으로 변환된 복소수의 위상 부분은 위상 천이기가 담당하는 위상에 해당하고 크기 부분은 감쇄기가 담당하는 크기에 해당하게 된다.

[137] 한편, 상기 <수학식 10>을 이산 신호에 대한 표현으로 변환하면, <수학식 10>은 하기 <수학식 12>로 표현될 수 있다.

[138] <수학식 12>

[139]

$$w_k(l) = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M e^{j\{2\pi f_n T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_n\}}$$

[140] 이하에서는 상기 k번째 안테나 소자에 대하여 M개의 빔 응답을 합한 값을 이산 신호로 표현한 형태인 <수학식 12>를 이용하여 빔의 방향과 변조 주파수를 구하는 과정을 설명한다.

[141] 하기 <수학식 13> 내지 <수학식 16>은 상기 <수학식 12>를 오일러 형식으로 변환하는 과정을 설명한다

[142] 먼저 크기가 1인 두 복소수의 합은 오일러 형식으로 하기 <수학식 13>과 같이 표현될 수 있다.

[143] <수학식 13>

[144]

$$\begin{aligned} e^{jA} + e^{jB} &= e^{jA} (1 + e^{j(B-A)}) \\ &= e^{jA} e^{j\frac{(B-A)}{2}} \left( e^{-j\frac{(B-A)}{2}} + e^{j\frac{(B-A)}{2}} \right) \\ &= 2e^{j\frac{(A+B)}{2}} \cos\left(\frac{B-A}{2}\right) \end{aligned}$$

[145] 만일 크기가 1인 복소수 4개가 있다면 크기가 1인 4개의 복소수의 합은 하기 <수학식 14>로 표현될 수 있다.

[146] <수학식 14>

[147]

$$e^{jA} + e^{jB} + e^{jC} + e^{jD} = 2e^{j\frac{(A+B)}{2}} \cos\left(\frac{B-A}{2}\right) + 2e^{j\frac{(C+D)}{2}} \cos\left(\frac{D-C}{2}\right)$$

[148] <수학식 14>를 보면, 4개의 오일러 형식의 복소수가 2개의 하위(sub) 오일러 형식의 합으로 표현되어 있다.

[149] 만일 크기 1인 복소수가  $2^N$ 개가 있다면 그들의 합은 하기 <수학식 15>의 형태를 가지는 하위 오일러 형식의 복소수를  $2^{(N-1)}$ 개 얻을 수 있을 것이다.

[150] <수학식 15>

[151]

$$2e^{j\frac{(A+B)}{2}} \cos\left(\frac{B-A}{2}\right)$$

[152] 한편, 상기 <수학식 15>의 하위 오일러 형식 부분은 특별한 조건을 이용하여 하나의 오일러 형식으로 묶을 수 있다. 여기서 상기 특별한 조건이란 최종적인 수학식의 형태가 하나의 오일러 형식이 되도록 하는 것이다. 즉, 최종적인 수학식의 형태를 위상 부분과 크기 부분의 곱으로 나타내는 것인데 이러한 조건을 만드는 방법은 아래와 같다.

[153] 두 개의 하위 오일러 형식으로 구성된 복소수의 합에서 두 개의 하위 오일러 형식의 복소수 크기 부분이 같다고 가정하거나, 또는 두 개의 하위 오일러 형식의 복소수 위상 부분이 같다고 가정하는 것이다. 이렇게 하면, 두 개의 하위 오일러 형식을 가지는 복소수가 다시 하나의 하위 오일러 형식을 가지는 부분으로 축소된다. 이러한 과정을 반복적으로 수행하면 최종적으로 복소수는 하나의 오일러 형식을 가지게 된다. 따라서 최종적으로 얻어지는 복소수는 하나의 오일러 형식을 가지게 되어 위상 부분과 크기 부분의 주기 함수화가 가능한 수식들만 남게 된다.

[154] 상술한 내용을 2개의 빔인 경우를 예를 들어 설명한다.

[155] 2개의 빔을 가정하면, 상기 <수학식 12>에서 M=2가 된다. 따라서 <수학식 12>는 2개의 오일러 형식 복소수의 합이 되고, <수학식 12>를 하나의 오일러 형식의 복소수로 변환하기 위하여, <수학식 12>의 두 개의 오일러 형식의 복소수의 위상값을 상기 <수학식 15>의 A, B에 대입하고 정리하면 <수학식 12>는 하기 <수학식 16>이 된다.

[156] <수학식 16>

[157]

$$w_k(l) = e^{j\frac{\{2\pi f_1 T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_1\} + j\{2\pi f_2 T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_2\}}{2}} \cos \frac{\{2\pi f_1 T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_1\} - \{2\pi f_2 T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_2\}}{2}$$

[158] 상기 <수학식 16>에서 위상 부분이 위상 천이기가 담당해야 하는 k번째 안테나에 연결되는 TRM의 위상이고, 상기 <수학식 16>에서 크기 부분은 감쇄기가 담당해야 하는 k번째 안테나에 연결되는 TRM의 크기이다.

[159] 이하에서 상기 <수학식 16> 중 위상 성분에 대하여 하기 <수학식 17> 내지 <수학식 23>을 참조하여 설명한다.

[160] 상기 <수학식 16>에서 위상 성분만을 하기 <수학식 17>로 나타내었다

[161] <수학식 17>

[162]

$$\frac{2\pi f_1 T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_1 + 2\pi f_2 T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_2}{2}$$

[163] 상기 <수학식 17>을 정리하면 <수학식 18>이 된다.

[164] <수학식 18>

[165]

$$\pi(f_1 + f_2)T_s l + \frac{(k-1)\pi(\sin \theta_1 + \sin \theta_2)}{2}$$

[166] 앞서 설명된 것처럼 k번째 안테나 소자에 대한 2개의 빔의 복소 이득값의 합이 도 4에 도시된 복소 이득값들 중 하나가 되기 위해서는, 상기 <수학식 16>의 위상 성분인 <수학식 18>이 TRM의 위상 천이기가 표현할 수 있는 위상값들인

$$2\pi \frac{1}{2^{N_p}}$$

이득 조건 중 위상 조건이다. 여기서  $N_p$ 는 위상 천이기의 비트 수 이다.

[167] <수학식 18>를 구성하는 두 개의 인자의 합이  $2\pi \frac{1}{2^{N_p}}$ 의 배수 꼴로 표현되기

위해서는 <수학식 18>의 첫 번째 구성인자인  $\pi(f_1 + f_2)T_s l$ 와 두 번째 구성

인자인  $\frac{(k-1)\pi(\sin \theta_1 + \sin \theta_2)}{2}$ 이 각각  $2\pi \frac{1}{2^{N_p}}$ 의 배수로 표현되어야

한다. 이를 수식화하면 <수학식 19>와 <수학식 20>이 된다.

[168] <수학식 19>

[169]

$$\pi(f_1 + f_2)T_s l = 2\pi \frac{I_1}{2^{N_p}}$$

[170] <수학식 20>

$$\frac{(k-1)\pi(\sin \theta_1 + \sin \theta_2)}{2} = 2\pi \frac{I_2}{2^{N_p}}$$

[172] 상기 <수학식 19>와 <수학식 20>에서,  $I_1, I_2$ 는 설계 파라미터들로서 정수값이다.

[173] 한편, 상기 <수학식 20>을 주파수( $f_1, f_2$ )와 방향( $\sin \theta_1, \sin \theta_2$ )에 관하여 정리하면, <수학식 20>은 하기 <수학식 21>로 표현된다.

[174] <수학식 21>

[175]

$$(f_1 + f_2)l = 2 \frac{I_1}{2^{N_p}} f_s$$

$$(k-1)(\sin \theta_1 + \sin \theta_2) = 4 \frac{I_2}{2^{N_p}}$$

[176]

여기서,  $f_s = \frac{1}{T_s}$  이다.

[177]

또한, <수학식 21>에서 I1를 1의 배수로 설정하면 <수학식 21>을 새로운 정수  $i_1$ 에 관하여 정리할 수 있고, 동일한 방식으로 <수학식 21>에서 I2를 k-1의 배수로 설정하면 새로운 정수  $i_2$ 에 관하여 정리할 수 있다. 이렇게 정리하면, <수학식 21>은 하기 <수학식 22>로 표현된다.

[178]

<수학식 22>

[179]

$$f_1 + f_2 = 2 \frac{\hat{I}_1}{2^{N_p}} f_s$$

$$\sin \theta_1 + \sin \theta_2 = 4 \frac{\hat{I}_2}{2^{N_p}}$$

[180]

상술한 과정에 의하면, <수학식 22>는 하나의 아날로그 빔 형성기를 이용하여 2개의 빔을 생성하기 위하여, k번째 안테나 소자에 대하여 2개의 빔에 의한 복소 이득값의 합이 도 4에 도시된 복소 이득값들 중 하나가 되도록 하는 위상 조건이 된다.

[181]

이하에서는 상기 <수학식 16>의 크기와 관련하여 <수학식 23> 내지 <수학식 29>를 참조하여 복소 이득값 조건 중 크기 조건을 설명한다. 상기 크기 부분은 TRM의 감쇄기가 담당하게 된다.

[182]

먼저 상기 <수학식 16>의 크기 부분만을 다시 쓰면 하기 <수학식 23>이 된다.

[183]

<수학식 23>

[184]

$$\cos \frac{\{2\pi f_1 T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_1\} - \{2\pi f_2 T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_2\}}{2}$$

[185]

상기 <수학식 23>은 TRM에서 일반적으로 사용되는 감쇄기가 가지는 격자(grid)와 완전하게 일치시키기 어려운 구조를 가지고 있다.

[186]

그러나 상기 <수학식 23>에서도 도 4에 도시된 복소 이득값의 크기값에 해당하는 감쇄 레벨 값이 발생하도록 할 수 있다. 이를 위해서는 기존의 감쇄기에서 왜곡된 왜곡 타입(distortion type)의 감쇄기를 새로 만들고, 상기 왜곡 타입 감쇄기를 지원할 수 있도록 해야 한다.

- [187] 다른 방식으로는 상기 <수학식 23>으로부터 기존의 감쇄기에서 표현할 수 있는 감쇄 레벨(attenuation level) 값에 최대한 근접하는 값을 찾아야 한다. 본 개시의 실시예에서는 후자의 방식을 이용하기로 한다.
- [188] 먼저 <수학식 23>에서 변화하는 정수(integer number)들은 1, k인데, 변화하는 1, k에 값에 따라 <수학식 23>의 값이 도 4에 도시된 크기 값 중 하나가 되도록 하기 위해서는, 상기 <수학식 23>에 포함되어 있는 코사인 함수 내부의 인자들이 주기적인 값을 갖도록 해야 한다. 본 개시의 실시예에서는 코사인 함수 내부의 인자들이 갖는 값이 앞서 위상에서 사용된 값과 유사하게  $2\pi \times (1/2)^{N_a}$ 의 배수가 되도록 한다. 상기  $N_a$ 는 감쇄기가 가지는 비트 수를 나타낸다
- [189] 상기 <수학식 23>에 포함된 코사인 함수 내부의 인자들을 다시 정리하면 하기 <수학식 24>가 된다.
- [190] <수학식 24>
- [191] 
$$\frac{2\pi f_1 T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_1 - 2\pi f_2 T_s l + (k-1)\pi \sin \theta_2}{2}$$
- [192] <수학식 25>
- [193] 
$$\pi(f_1 - f_2)T_s l + \frac{(k-1)\pi(\sin \theta_1 - \sin \theta_2)}{2}$$
- [194] 앞서 위상 천이기에 관한 <수학식 18>에서 설명된 경우와 유사한 방식으로, <수학식 25>에서 두 개의 인자들의 합이 변화하는 1, k에 따라 주기적인 값을 가지려면, 상기 <수학식 25>의 첫 번째 인자와 두 번째 인자가 각각 하기 <수학식 26>과 <수학식 27>을 만족해야 한다.
- [195] <수학식 26>
- [196] 
$$\pi(f_1 - f_2)T_s l = 2\pi \frac{I_3}{2^{N_a}}$$
- [197] <수학식 27>
- [198] 
$$\frac{(k-1)\pi(\sin \theta_1 - \sin \theta_2)}{2} = 2\pi \frac{I_4}{2^{N_a}}$$
- [199] 상기 <수학식 26>과 <수학식 27> 각각에서
- [200]  $I_3, I_4$ 는 임의의 설계 파라미터들인 정수 값으로 실험적으로 결정된다.
- [201] 또한,  $N_a$ 는 감쇄기가 가질 비트 수를 나타낸다.
- [202] 한편, 상기 <수학식 27>을 주파수( $f_1, f_2$ )와 방향( $\sin \theta_1, \sin \theta_2$ )에 대한 식으로 정리하면 하기 <수학식 28>을 얻을 수 있다.

[203] <수학식 28>

[204]

$$(f_1 - f_2)l = 2 \frac{I_3}{2^{N_a}} f_s$$

$$(k-1)(\sin \theta_1 + \sin \theta_2) = 4 \frac{I_4}{2^{N_a}}$$

[205] 여기서,  $I_3$  을 1 의 배수로 설정하면 새로운 정수  $\hat{I}_3$  에 관한 식으로 정리할 수

있고,

[206]  $I_4$  를 k-1 의 배수로 설정하면 새로운 정수  $\hat{I}_4$  에 관한 식으로 정리할 수 있다.

[207] 그에 따라 상기 <수학식 28>은 하기 <수학식 29>로 표현된다.

[208] <수학식 29>

[209]

$$f_1 - f_2 = 2 \frac{\hat{I}_3}{2^{N_a}} f_s$$

$$\sin \theta_1 + \sin \theta_2 = 4 \frac{\hat{I}_4}{2^{N_a}}$$

[210] 상술한 과정에 의하면, <수학식 29>는 하나의 아날로그 빔 형성기를 이용하여 2개의 빔을 생성하기 위하여, k번째 안테나 소자에 대하여 2개의 빔에 의한 복소 이득값의 합이 도 4에 도시된 복소 이득값들 중 하나가 되도록 하는 크기 조건이 된다.

[211] 지금까지의 과정을 정리하면, <수학식 22>는 하나의 아날로그 빔 형성기를 이용하여 2개의 빔을 생성하기 위한 위상 조건으로부터 생성된 식이고, <수학식 29>는 크기 조건으로부터 생성된 식이다. 두 개의 조건 식 모두 빔 방향( $\sin \theta_1, \sin \theta_2$ )과 변조 주파수( $f_1, f_2$ )에 관한 선형 방정식이고,

$$\hat{I}_1, \hat{I}_2, \hat{I}_3, \hat{I}_4$$

파라미터로서 실험적으로 결정되는 값이다. 따라서 임의의

$$\hat{I}_1, \hat{I}_2, \hat{I}_3, \hat{I}_4$$

값을 상기 두 개의 조건식에 대입하고, 4개의 선형 방정식을 풀면, 빔 방향( $\sin \theta_1, \sin \theta_2$ )과 변조 주파수( $f_1, f_2$ ) 쌍의 값을 구할 수 있을 것이다.

[212] 즉, 상술한 위상 천이기에 대한 위상 조건식인 <수학식 22>와 감쇄기에 대한 크기 조건식인 <수학식 29>를 함께 합하여 아래에 <수학식 30>과, <수학식 31>로 다시 쓰고, 이 두 개의 식을 선형 방정식으로 표현하면, 하기 <수학식 32>를 얻을 수 있다.

[213] <수학식 30>

[214]

$$f_1 + f_2 = 2 \frac{\hat{I}_1}{2^{N_p}} f_s$$

$$\sin \theta_1 + \sin \theta_2 = 4 \frac{\hat{I}_2}{2^{N_p}}$$

[215] <수학식 31>

[216]

$$f_1 - f_2 = 2 \frac{\hat{I}_3}{2^{N_a}} f_s$$

$$\sin \theta_1 + \sin \theta_2 = 4 \frac{\hat{I}_4}{2^{N_a}}$$

[217] <수학식 32>

[218]

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \frac{\hat{I}_1}{2^{N_p}} f_s \\ 2 \frac{\hat{I}_3}{2^{N_a}} f_s \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sin \theta_1 \\ \sin \theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \frac{\hat{I}_2}{2^{N_p}} \\ 4 \frac{\hat{I}_4}{2^{N_a}} \end{bmatrix}$$

[219] 상술한 것처럼 상기 <수학식 32>에  $\hat{I}_1, \hat{I}_2, \hat{I}_3, \hat{I}_4$  는 설계 파라미터로서

임의의 값이다. 즉, 상기 <수학식 32>에 상기  $\hat{I}_1, \hat{I}_2, \hat{I}_3, \hat{I}_4$  에 임의의

값들을 실험적으로 대입하고 방정식을 풀면 {빔 방향( $\theta_1, \theta_2$ )과, 주파수( $f_1, f_2$ )} 쌍의 값이 결정된다. 이때  $\hat{I}_1, \hat{I}_2, \hat{I}_3, \hat{I}_4$  는 임의의 값을 대입할 수 있기

때문에 {빔 방향( $\theta_1, \theta_2$ )과, 주파수( $f_1, f_2$ )}의 조합들의 개수는 매우 많을 것이다. 따라서 다수의 {빔 방향( $\theta_1, \theta_2$ )과, 주파수( $f_1, f_2$ )}값들을 테이블 형식으로 미리 저장하고, 빔을 이용하여 신호를 수신하고자 할 경우 상기 저장된 테이블에서 필요한 빔의 개수에 해당하는 빔의 방향과 변조 주파수 쌍을 획득하여 신호를 수신할 수 있다.

[220] 예를 들면, 테이블 형태로 아래 <표 1>과 같은 형식으로 저장될 수 있다.

[221] 표 1

[Table 1]

| 빔 방향     | 변조 주파수                                                                                                         |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| {01, 02} | {f1, f5}, {f3, f7}, {f2, f7}, {f6, f11}, {f2, f5}, {f4, f3}                                                    |
| {03, 04} | {f5, f15}, {f6, f8}, {f8, f4}, {f3, f2}, {f7, f1}, {f4, f1}, {f10, f2}, {f3, f1}, {f5, f6}, {f3, f8}, {f8, f1} |
| .        | .                                                                                                              |
| .        | .                                                                                                              |
| .        | .                                                                                                              |

[222] 상기 <표 1>은 이해를 돕기 위한 일 예이다. 즉,  $\hat{I}_1, \hat{I}_2, \hat{I}_3, \hat{I}_4$  를 상기

<수학식 31>에 대입하면, {빔 방향(01, 02), 주파수(f1, f2)}의 쌍의 해가 결정되는데, 많은 수의 선형 방정식의 해로부터 상기 <표 1>과 같이 두 개의 빔 방향 쌍에 대하여 대응하는 변조 주파수 쌍들이 구해질 것이다. 또한, 상기 <표 1>에서 빔 방향 쌍{01, 02}에 대해서는 변조 주파수 쌍은 총 6쌍으로 예시되었고, 빔 방향 쌍{03, 04}에 대해서는 총 11쌍으로 예시되었듯이, 빔 방향 쌍에 대응한 변조 주파수 쌍들의 개수는 다를 수 있음은 물론이다.

[223] 이렇게 {빔 방향(01, 02), 주파수(f1, f2)}에 대하여 <표 1>과 같은 테이블을 저장한 이후에, 신호를 수신할 때 원하는 빔 방향 쌍이 있다면, 해당 빔 방향 쌍에 대한 주파수 쌍의 값들 중 하나를 선택하고, 빔 방향 쌍과 주파수 쌍에 따라 TRM의 위상과 크기 값을 조정하면, 하나의 아날로그 빔 형성기를 이용하여 복수 개의 빔을 동시에 생성한 결과가 될 것이다.

[224] 지금까지 빔의 개수가 2개인 경우를 예를 들어 설명하였다. 이하에서는 빔의 개수가 4개인 경우를 예를 들어 설명한다.

[225] 기본적인 방식은 빔의 개수가 2개인 경우와 동일한다. 즉, N개의 안테나 소자들에 대하여 4개의 빔을 사용할 때 중 임의의 k번째 안테나 소자에 대한 복소 이득을 오일러 형식으로 표현하고, 오일러 형식으로 표현된 복소 이득값의 위상 부분과 크기 부분 각각이 도 4에 도시된 복소 이득값의 위상값들과 크기 값들 중 하나로 표현되도록 하는 조건에 해당하는 방향과 변조 주파수 쌍을 찾는 것이다.

[226] 빔의 개수가 4개인 경우도 앞서 설명된 빔의 개수가 2개인 경우와 기본적으로 동일한 방식이므로 빔의 개수가 4개인 경우의 실시예를 간략히 설명한다.

[227] 먼저 오일러 형식으로 표현된 4개의 복소수를 2개의 오일러 형식으로 표현된 복소수의 합으로 표현하면 하기 <수학식 33>과 같이 표현된다.

[228] <수학식 33>

[229]

$$e^{jA} + e^{jB} + e^{jC} + e^{jD} = 2e^{j\frac{(A+B)}{2}} \cos\left(\frac{B-A}{2}\right) + 2e^{j\frac{(C+D)}{2}} \cos\left(\frac{D-C}{2}\right)$$

[230] 상기 <수학식 33>과 같이 오일러 형식으로 표현된 2개의 복소수로 구성된 복소수를 하나의 오일러 형식을 가지는 복소수를 얻는 방법은 2가지이다.

[231] 첫 번째 방식은 두 개의 오일러 형식을 가지는 복소수들 각각의 위상 부분이 서로 같다고 가정하는 것이고, 두 번째 방식은 각 오일러 형식의 복소수들의 크기 부분이 서로 같다고 가정하는 것이다.

[232] 먼저, 첫 번째 방식에 따라 위상 부분이 같다고 가정하면, 하기 <수학식 34>의 조건식을 얻을 수 있다.

[233] <수학식 34>

[234]

$$A+B=C+D$$

[235] 상기 <수학식 34>에 따라, 상기 <수학식 33>로부터 하기 <수학식 35>의 오일러 형식을 얻을 수 있다.

[236] <수학식 35>

[237]

$$\begin{aligned} e^{jA} + e^{jB} + e^{jC} + e^{jD} &= 2e^{j\frac{(A+B)}{2}} \cos\left(\frac{B-A}{2}\right) + 2e^{j\frac{(C+D)}{2}} \cos\left(\frac{D-C}{2}\right) \\ &= 2e^{j\frac{(A+B)}{2}} \left( \cos\left(\frac{B-A}{2}\right) + \cos\left(\frac{D-C}{2}\right) \right) \end{aligned}$$

[238] 편의를 위하여, 상기 A, B, C, D에 실제의 복소수 값을 대입하지 않고 설명한다. 상기 <수학식 35>에서  $e^{j\frac{(A+B)}{2}}$  부분은 위상 천이기가 담당해야 하는 부분이고,

상기 <수학식 35>에서  $\cos\left(\frac{B-A}{2}\right) + \cos\left(\frac{D-C}{2}\right)$  부분은 감쇄기가 담당해야

하는 부분이다.

[239] 그리고 두 개의 코사인 함수의 합이 제한된 범위에 있어야 하므로, 이것이 가능하도록 두 개의 코사인 함수의 인자 값을 설정하는 수학식을 구하면, 2개의 빔의 경우와 마찬가지로 선형 방정식을 얻을 수 있다. 이후에는 설계 파라미터들을 적절히 설정하여 변조 주파수와 빔의 방향을 계산 할 수 있게 된다. 지금까지 위상 부분이 같다는 가정에서 설명하였다.

[240] 두 번째 방식으로, 상기 <수학식 32>에서 두 개의 복소수들 각각의 크기 부분이 같다고 가정하면, 하기 <수학식 35>의 조건식을 얻을 수 있다.

[241] <수학식 36>

[242]  $B - A = D - C$

[243] 상기 <수학식 36>에 따르면, 상기 <수학식 35>는 하기 <수학식 37>의 오일러 형식으로 표현될 수 있다.

[244] <수학식 37>

[245] 
$$\begin{aligned} e^{jA} + e^{jB} + e^{jC} + e^{jD} &= 2e^{j\frac{(A+B)}{2}} \cos\left(\frac{B-A}{2}\right) + 2e^{j\frac{(C+D)}{2}} \cos\left(\frac{D-C}{2}\right) \\ &= 2\cos\left(\frac{B-A}{2}\right) \left( e^{j\frac{(A+B)}{2}} + e^{j\frac{(C+D)}{2}} \right) = 4\cos\left(\frac{B-A}{2}\right) \cos\left(\frac{C+D-A-B}{4}\right) e^{j\frac{(A+B+C+D)}{4}} \end{aligned}$$

[246] 상기 <수학식 37>에서 위상 부분인  $e^{j\frac{(A+B+C+D)}{4}}$  은 위상 천이기가

담당해야 하는 부분이다. 2개의 빔을 가정한 실시예와 동일한 방식으로 임의의 설정 파라미터를 포함하는 수학식을 얻을 수 있다.

[247] 한편, 상기 <수학식 37>에서  $\cos\left(\frac{B-A}{2}\right) \cos\left(\frac{C+D-A-B}{4}\right)$  는 감쇄기가

담당해야 하는 부분이다. 2개의 빔을 가정한 실시예와 동일한 방식에 의하여 임의의 설정 파라미터를 포함하는 수학식을 얻을 수 있다. 이후, 두 개의 코사인함수의 곱이 도 4에 도시된 값들 중 하나가 되도록 하기 위하여, 두 개의 코사인 함수의 인자 값을 설정하기 위한 수학식을 구한다.

[248] 한편, 빔의 개수가 4개인 경우에서 더 확장하여, 빔의 개수가 2L(L은 3 이상의 자연수)인 경우에도 동일한 방식으로 각각의 빔들에 대한 변조 주파수와 빔 방향을 획득할 수 있을 것이다.

[249] 2. 위상 천이기와 감쇄기의 M개의 빔 생성 및 빔 별 주파수 변조 수행- 903, 905단계

[250] 상술한 바에 따라 {(빔 방향 쌍), (변조 주파수 쌍)}이 결정 또는 (테이블로부터) 선택되면 해당 {(빔 방향 쌍), (변조 주파수 쌍)}에 대한 신호가 빔 제어부(807)로부터 TRM의 위상 천이기와 감쇄기에 전달된다. 이후, 위상 천이기와 감쇄기는 자신의 비트를 샘플링 타임에 따라 계속해서 변화시켜서 시간이 변화함에 따라 빔 조향 및 빔 별 응답의 주파수 변조를 수행한다.

[251] 2개의 빔을 가정하면, <수학식 10>에서 빔 방향{01, 02}과 변조 주파수(f1, f2)가 이미 결정되어 고정된 값이 되고, k도 고정된 값이다. 따라서 <수학식 10>에서 시간 t만이 변수가 되는데, t는 여기서 비트 샘플링 타임인(ts) 단위로 변화하기 때문에, 전체적인 복소 이득값도 변화하게 된다. 따라서 위상 천이기와 감쇄기도 W(k)를 구현하기 위해서 샘플링 타임에 맞추어 위상 천이기의 비트와 감쇄기의 비트를 스위칭해야 한다. 그래야만 W(k)가 도 4에 도시된 복소 이득값들 중

하나가 될 수 있기 때문이다.

- [252] 기존의 방식과 비교하면, 기존에는 TRM이 고정된 복소 이득값을 사용하였기 때문에 위상 천이기와 감쇄기의 비트는 샘플링 타임에 따라 스위칭될 필요가 없었다. 그러나 본 개시의 실시예에서는 하나의 아날로그 빔 형성기로 복수 개의 빔을 동시에 생성하는데, 상술한 방식에 의하여 빔 방향{01, 02}과 변조 주파수( $f_1, f_2$ )가 결정되면 <수학식 10>의  $W(k)$ 가 시간에 따라 도 4의 복소 이득값들 중 하나로 변화함을 의미한다. 따라서 본 개시의 실시예에서는  $k$ 번째 안테나 소자를 위한 복수의 빔에 의한 전체 복소 이득값이 시간적으로 변화하기 때문에, 시간적으로 변화하는 복소 이득값에 따라 위상 천이기와 감쇄기의 비트로 변화해야 하는 것이다.
- [253] 3. 대역 통과 필터를 통한 빔 별 응답 분리-909단계
- [254] 수신기에서 디지털화된 출력 신호는 대역 통과 필터를 통하여 각각 분리될 수 있다. 이에 대해서는 도 6에서 설명된 바와 같다.
- [255] 4 분리된 신호 별 주파수 변조 신호의 복조-911단계
- [256] 대역 통과 필터를 통하여 분리된 빔 별 응답은 주파수 변조에 의하여  $e^{j2\pi ft}$  부분이 곱해져 있는 상태이다. 따라서 다시  $e^{-j2\pi ft}$ 부분을 곱하여 복조해주면 각각의 빔 별 응답을 얻을 수 있다.
- [257] 지금까지 본 개시의 실시예를 상세히 설명하였다. 본 개시의 실시예에서는 하나의 빔 형성기와 하나의 수신기를 이용하여 복수의 빔 방향을 조향하고 복수의 빔 응답을 동시에 획득하기 위하여 시변 빔 가중치를 사용하여 신호 송수신 중에 빔을 형성하는 복소 이득값을 변화시켜서 빔 별 응답을 주파수 변조하여 하나의 수신기에서의 출력이 특정 주파수 대역으로 이동하도록 하여 신호의 디지털 프로세싱 과정에서 빔 별로 응답을 분리할 수 있다. 이렇게 하면 단말의 제작 비용이 감소하고, 복수 개의 빔 응답을 디지털 시그널 프로세싱(DSP) 하여 이를 이용한 적응적 프로세싱이 가능하도록 하여 최적의 빔을 찾는 데 드는 시간을 감소시킬 수 있다.
- [258] 또한, 본 개시의 실시예는 복수 개의 빔 응답을 받아서 활용하는 여러 분야에 적용이 가능하다. 예를 들어, 빔을 매개체로 사용하는 WiGig 전용 단말에 적용하여 빔 스위칭에 드는 시간을 감소시킬 수 있다. 또한, 레이더의 경우 타겟의 방향을 추적(tracking)하는 단일 펄스 안테나(monopulse antenna)에 도입하여 적응적 프로세싱의 자유도(degree of freedom)를 증가시킬 수 있다. 또한 차세대 통신기술 중 하나인 BDMA의 단말에 적용하여, 하나의 RF 체인(chain)을 가지고 있는 단말과 비교했을 때 많은 이점이 있다.
- [259] 또한, 보다 빠르게 최적 빔을 찾을 수 있으므로 기지국간의 핸드 오버 시에 최적의 빔을 선택하는 시간이 빨라지므로, 주변 기지국의 탐색 및 핸드오버 개시(handover initiation), 네트워크 재진입(network re-entry) 과정도 빠르게 수행이 가능하여 끊김 없는 핸드오버(seamless handover)를 구현할 수 있다.
- [260] 본 개시가 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 개시가 그 기술적

사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 한편, 본 명세서와 도면에는 본 개시의 바람직한 실시예에 대하여 개시하였으며, 비록 특정 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 개시의 기술 내용을 쉽게 설명하고 발명의 이해를 돕기 위한 일반적인 의미에서 사용된 것이지, 본 개시의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예 외에도 본 개시의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

## 청구범위

- [청구항 1] N개의 안테나 소자를 포함하는 다중 안테나 시스템에서 M 개의 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법에 있어서, 상기 M개의 빔에 대한 빔 방향과, 빔 응답의 주파수 변조를 위한 변조 주파수를 상기 M개의 빔 별로 설정하는 과정과, 상기 빔 별로 설정된 빔 방향과 변조 주파수에 따라 상기 M 개의 빔을 생성하는 과정과, 상기 생성된 M개의 빔들을 이용하여 수신 신호에 대한 M개의 빔 응답을 생성하는 과정과, 상기 생성된 M개의 빔 응답을 상기 빔 별로 설정된 변조 주파수를 이용하여 주파수 변조하는 과정과, 상기 주파수 변조된 M개의 빔 응답을 대역 통과 필터링하여, 상기 M개의 빔 응답 별로 분리하는 과정과, 상기 분리된 M개의 빔 응답을 각각 복조하는 과정을 포함하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 빔 방향과 변조 주파수를 설정하는 과정은, k번째 안테나 소자에 설정되는 상기 M개의 빔 각각에 상기 빔 별 변조 주파수를 곱한 값의 합이, 상기 k번째 안테나 소자에 연결된 송수신 모듈(TRM)에 의하여 표현될 수 있는 복소 이득값들 중 하나가 되는 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들을 결정하는 과정과, 상기 M개의 빔 각각에 대한 빔 방향 및 변조 주파수를, 상기 결정된 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들 중에서 선택하는 과정을 포함하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법.
- [청구항 3] 제 2항에 있어서, 상기 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들을 결정하는 과정은, 상기 M개의 빔 각각에 상기 빔 별 변조 주파수를 곱한 값의 합을 크기와 위상을 가지는 복소수로 변환하는 과정과, 상기 변환된 위상이 상기 TRM 내의 위상천이기가 표현할 수 있는 위상값의 배수가 되도록 하고, 상기 변환된 크기가 상기 TRM 내의 감쇄기가 표현할 수 있는 크기값의 배수가 되도록 하는 상기 빔 방향 및 변조 주파수 쌍을 결정하는 과정을 포함하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법.
- [청구항 4] 제 3항에 있어서, 상기 위상천이기가 표현할 수 있는 위상값은,  $2\pi \times (1/2)^{N_p}$  이며, 여기서  $N_p$ 는 위상 천이기의 비트 수임을 특징으로 하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법.
- [청구항 5] 제 3항에 있어서, 상기 감쇄기가 표현할 수 있는 위상값은,  $2\pi \times (1/2)^{N_a}$  이며, 여기서  $N_a$ 는 위상 천이기의 비트 수임을 특징으로 하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법.
- [청구항 6] 제2항에 있어서, 상기 결정된 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들을 테이블 형태로 저장하는 과정을 더 포함하는 다중 빔을 이용하여

신호를 수신하는 방법.

[청구항 7] 제 1항에 있어서, 상기  $M$ 개의 빔 각각에 상기 빔 별 변조 주파수를 곱한 값의 합은, 시간에 따라 변하는 값을 특징으로 하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 방법.

[청구항 8]  $N$ 개의 안테나 소자를 포함하는 다중 안테나 시스템에서  $M$  개의 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 장치에 있어서, 상기  $M$ 개의 빔에 대한 빔 방향과, 빔 응답의 주파수 변조를 위한 변조 주파수를 상기  $M$ 개의 빔 별로 설정하는 빔 제어부와, 상기 빔 별로 설정된 빔 방향과 변조 주파수에 따라 상기  $M$  개의 빔을 생성하는 빔 형성기와, 상기 생성된  $M$ 개의 빔들을 이용하여 수신 신호에 대한  $M$ 개의 빔 응답을 생성하는 수신부와, 상기 생성된  $M$ 개의 빔 응답을 상기 빔 별로 설정된 변조 주파수를 이용하여 주파수 변조하고, 상기 주파수 변조된  $M$ 개의 빔 응답을 대역 통과 필터링하여 상기  $M$ 개의 빔 응답 별로 분리하는 디지털 신호 처리부와, 상기 분리된  $M$ 개의 빔 응답을 각각 복조하는 복조부를 포함하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 장치.

[청구항 9] 제 8항에 있어서, 상기 빔 제어부는,  $k$ 번째 안테나 소자에 설정되는 상기  $M$ 개의 빔 각각에 상기 빔 별 변조 주파수를 곱한 값의 합이, 상기  $k$ 번째 안테나 소자에 연결된 송수신 모듈(TRM)에 의하여 표현될 수 있는 복소 이득값들 중 하나가 되는 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들을 결정하고, 상기  $M$ 개의 빔 각각에 대한 빔 방향 및 변조 주파수를, 상기 결정된 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들 중에서 선택함을 특징으로 하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 장치.

[청구항 10] 제 9항에 있어서, 상기 빔 제어부는, 상기  $M$ 개의 빔 각각에 상기 빔 별 변조 주파수를 곱한 값의 합을 크기와 위상을 가지는 복소수로 변환하고, 상기 변환된 위상이 상기 TRM 내의 위상천이기가 표현할 수 있는 위상값의 배수가 되도록 하고, 상기 변환된 크기가 상기 TRM 내의 감쇄기가 표현할 수 있는 크기값의 배수가 되도록 하는 상기 빔 방향 및 변조 주파수 쌍을 결정함을 특징으로 하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 장치.

[청구항 11] 제 10항에 있어서, 상기 위상천이기가 표현할 수 있는 위상값은,  $2\pi \times (1/2)^{N_p}$ 이며, 상기,  $N_p$ 는 위상 천이기의 비트 수임을 특징으로 하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 장치.

[청구항 12] 제 10항에 있어서, 상기 감쇄기가 표현할 수 있는 위상값은,  $2\pi \times (1/2)^{N_a}$ 이며, 여기서  $N_a$ 는 위상 천이기의 비트 수임을 특징으로 하는 다중 빔을 이용하여 신호를 수신하는 장치.

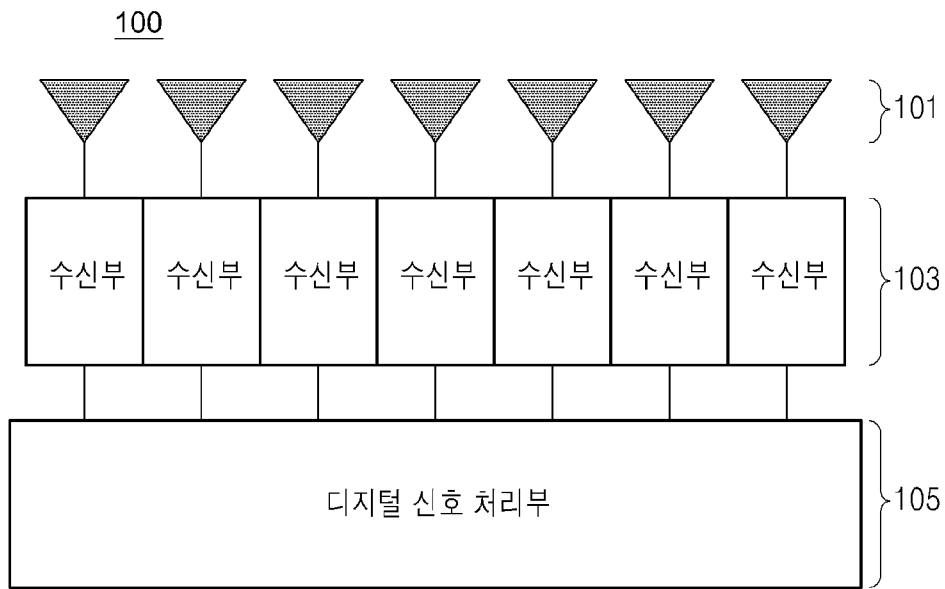
[청구항 13] 제 10항에 있어서, 상기 결정된 빔 방향 및 변조 주파수 쌍들을

테이블 형태로 저장하는 저장부를 더 포함하는 다중 빔을  
이용하여 신호를 수신하는 장치.

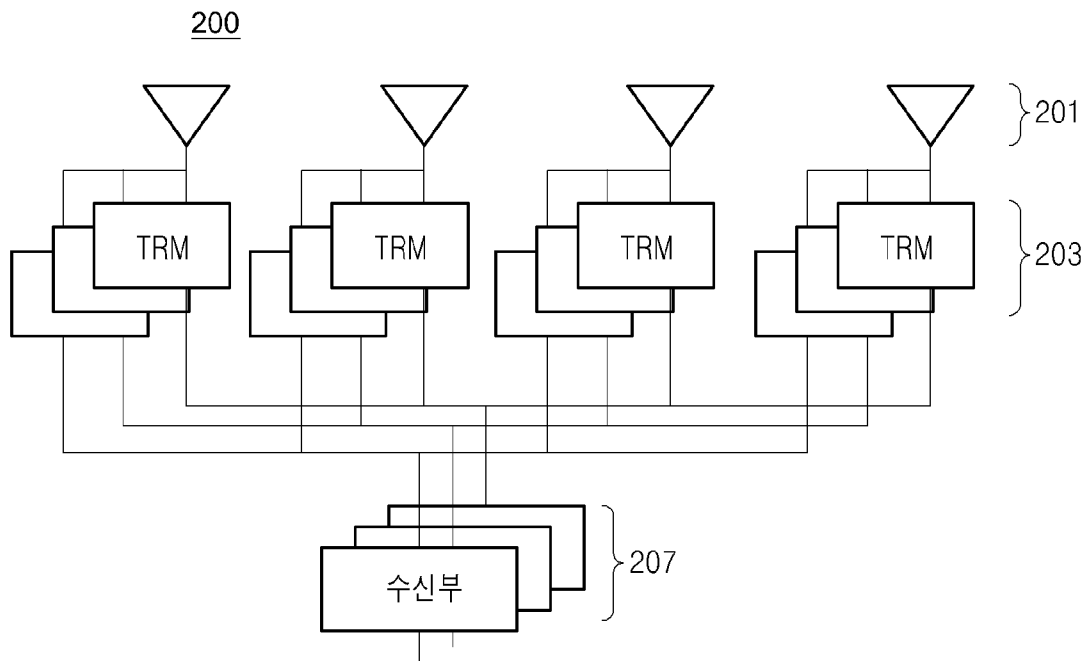
[청구항 14]

제 8항에 있어서, 상기  $M$ 개의 빔 각각에 상기 빔 별 변조 주파수를  
곱한 값의 합은, 시간에 따라 변하는 값을 특징으로 하는 다중  
빔을 이용하여 신호를 수신하는 장치.

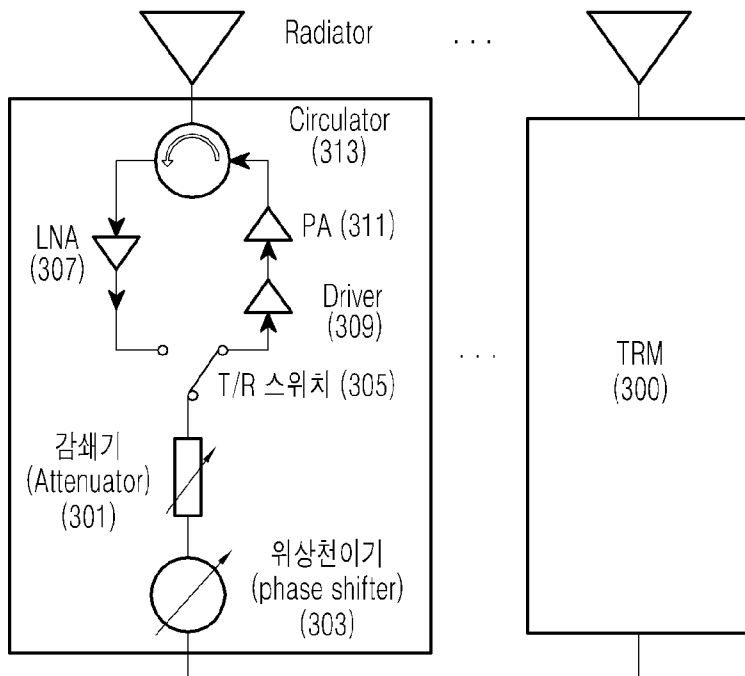
[Fig. 1]



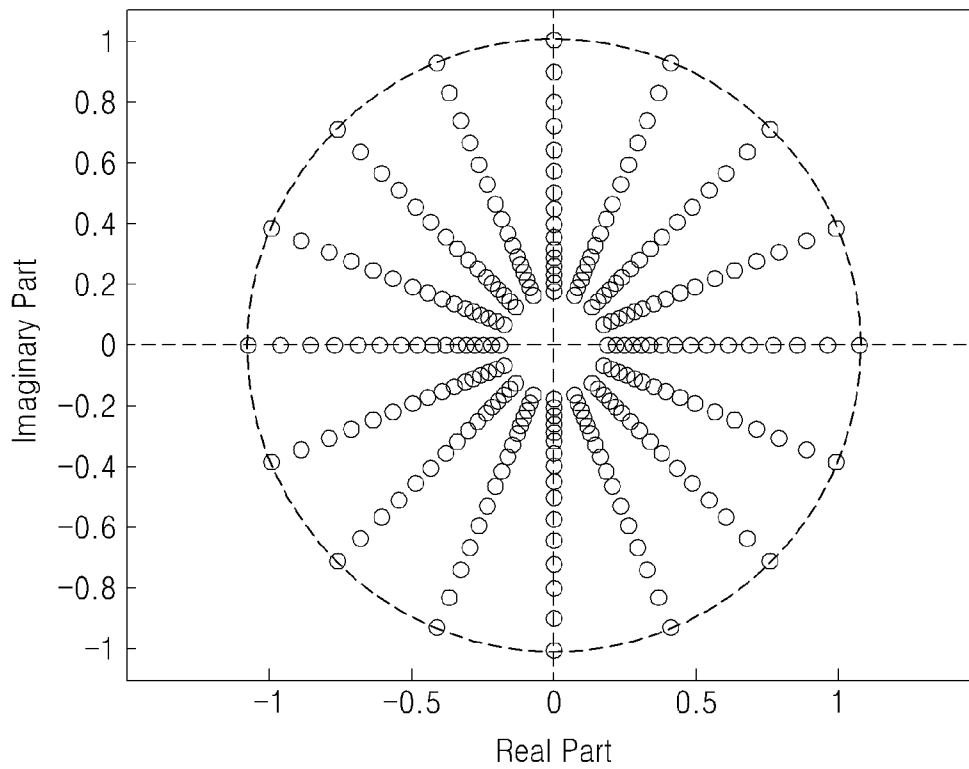
[Fig. 2]



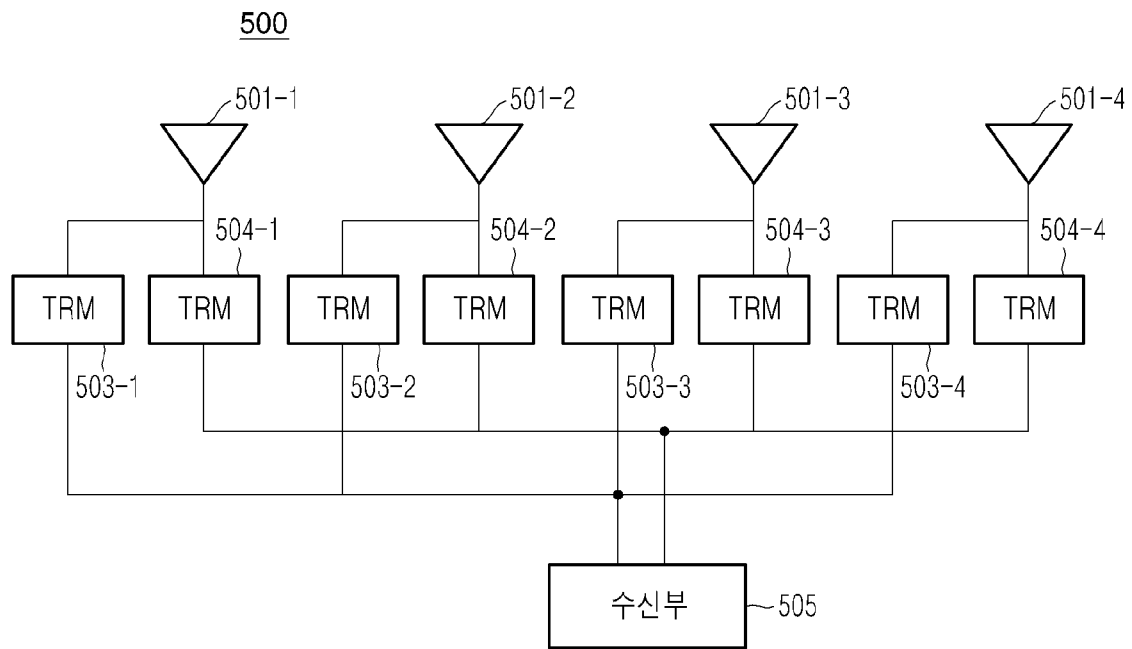
[Fig. 3]



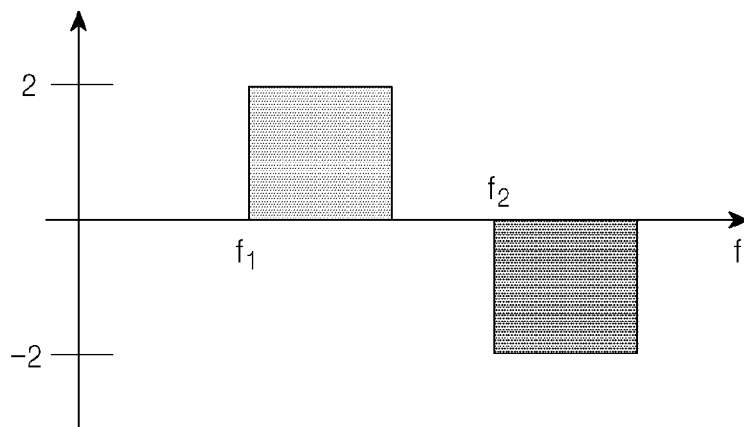
[Fig. 4]



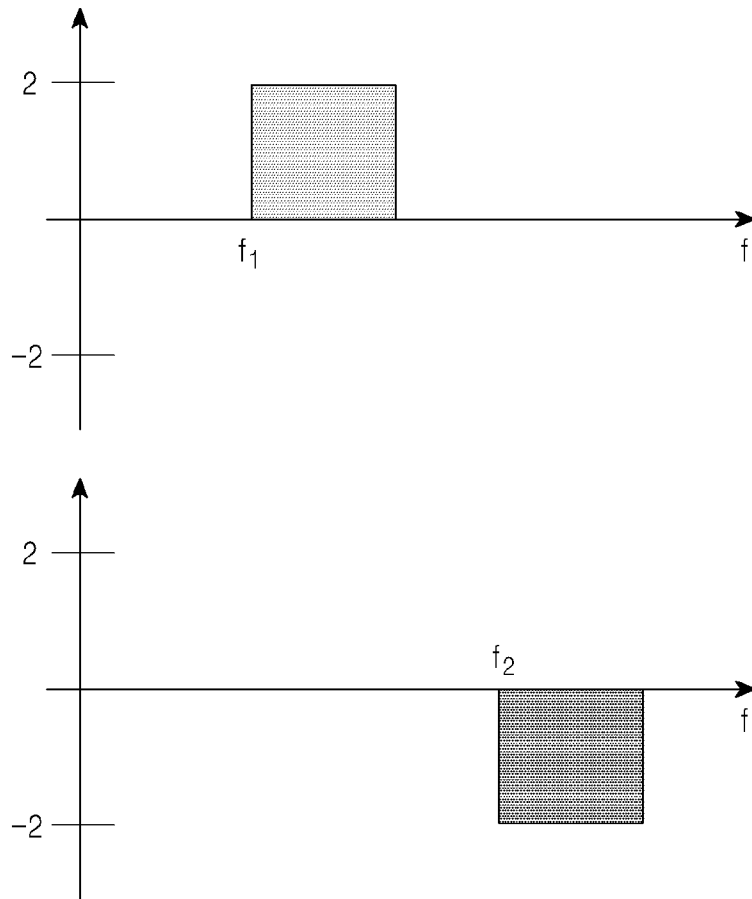
[Fig. 5]



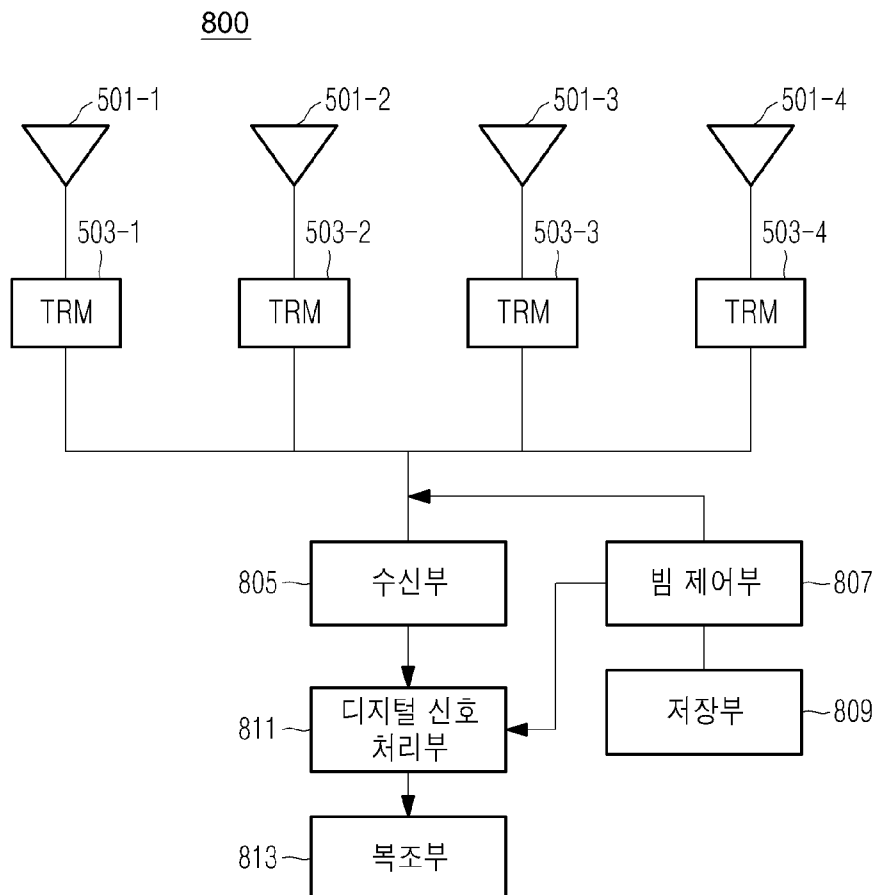
[Fig. 6]



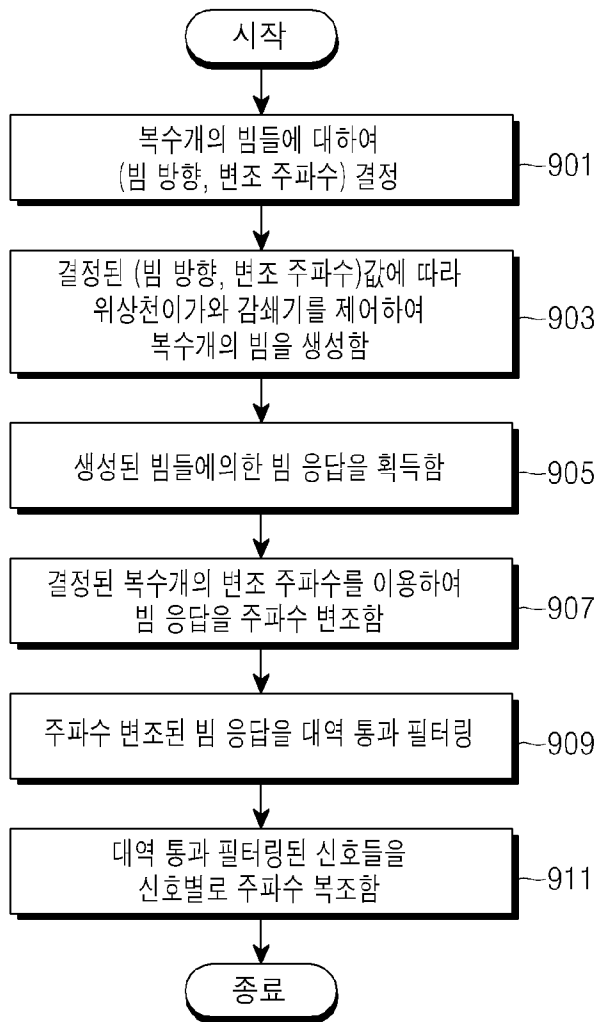
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2014/010611****A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H04B 7/08(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04B 7/08; H04W 88/02; H01Q 3/00; H04W 36/08; H04W 8/00; H04W 72/04; H04B 7/04; H01Q 3/26

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) &amp; Keywords: multiple antenna, multiple beam, beam direction, beam response, modulation frequency, band pass filtering, separation, demodulation, dual frequency, phase shifter, Attenuator

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | US 2013-0051364 A1 (SEOL, Ji-Yun et al.) 28 February 2013<br>See paragraphs 50-55, 68; and figures 1, 4.            | 1-14                  |
| A         | US 2009-0051592 A1 (LEE, Jung Won et al.) 26 February 2009<br>See paragraphs 38-57; claims 1, 15; and figures 4A-8. | 1-14                  |
| A         | WO 2013-154584 A1 (INTEL CORPORATION) 17 October 2013<br>See paragraphs 62-68; claims 18, 20; and figure 4.         | 1-14                  |
| A         | US 2010-0189055 A1 (YLITALO, Juha) 29 July 2010<br>See paragraphs 46-64; and figure 4.                              | 1-14                  |
| A         | US 2012-0172096 A1 (SAMARDZIJA, Dragan M. et al.) 05 July 2012<br>See paragraphs 41, 51-54; and figure 2.           | 1-14                  |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**03 FEBRUARY 2015 (03.02.2015)**

Date of mailing of the international search report

**04 FEBRUARY 2015 (04.02.2015)**

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office  
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,  
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.

**PCT/KR2014/010611**

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| US 2013-0051364 A1                        | 28/02/2013          | AU 2012-299557 A1       | 20/02/2014          |
|                                           |                     | CN 103875271 A          | 18/06/2014          |
|                                           |                     | EP 2749060 A2           | 02/07/2014          |
|                                           |                     | JP 2014-527367 A        | 09/10/2014          |
|                                           |                     | KR 10-2013-0021569 A    | 06/03/2013          |
|                                           |                     | WO 2013-028023 A2       | 28/02/2013          |
|                                           |                     | WO 2013-028023 A3       | 25/04/2013          |
| US 2009-0051592 A1                        | 26/02/2009          | US 2012-202548 A1       | 09/08/2012          |
|                                           |                     | US 2014-134956 A1       | 15/05/2014          |
|                                           |                     | US 8164521 B2           | 24/04/2012          |
|                                           |                     | US 8633855 B2           | 21/01/2014          |
|                                           |                     | WO 2009-026583 A2       | 26/02/2009          |
|                                           |                     | WO 2009-026583 A3       | 07/05/2009          |
| WO 2013-154584 A1                         | 17/10/2013          | US 2013-0308717 A1      | 21/11/2013          |
| US 2010-0189055 A1                        | 29/07/2010          | EP 2171876 A1           | 07/04/2010          |
|                                           |                     | EP 2171876 A4           | 11/12/2013          |
|                                           |                     | US 8270375 B2           | 18/09/2012          |
|                                           |                     | WO 2009-000964 A1       | 31/12/2008          |
| US 2012-0172096 A1                        | 05/07/2012          | CN 103443997 A          | 11/12/2013          |
|                                           |                     | EP 2661787 A2           | 13/11/2013          |
|                                           |                     | JP 2014-509100 A        | 10/04/2014          |
|                                           |                     | KR 10-2013-0112935 A    | 14/10/2013          |
|                                           |                     | US 8457698 B2           | 04/06/2013          |
|                                           |                     | WO 2012-094166 A2       | 12/07/2012          |
|                                           |                     | WO 2012-094166 A3       | 26/10/2012          |

**A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))****H04B 7/08(2006.01)i****B. 조사된 분야**

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

H04B 7/08; H04W 88/02; H01Q 3/00; H04W 36/08; H04W 8/00; H04W 72/04; H04B 7/04; H01Q 3/26

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) &amp; 키워드: 다중 안테나, 다중 빔, 빔 방향, 빔 응답, 변조 주파수, 대역 통과 필터링, 분리, 복조, 주파수 쌍, 위상천이기, 감쇄기

**C. 관련 문헌**

| 카테고리* | 인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재                                                             | 관련 청구항 |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| A     | US 2013-0051364 A1 (JI-YUN SEOL 외 4명) 2013.02.28<br>단락 50-55, 68; 및 도면 1, 4 참조.        | 1-14   |
| A     | US 2009-0051592 A1 (JUNGWON LEE 외 1명) 2009.02.26<br>단락 38-57; 청구항 1, 15; 및 도면 4A-8 참조. | 1-14   |
| A     | WO 2013-154584 A1 (INTEL CORPORATION) 2013.10.17<br>단락 62-68; 청구항 18, 20; 및 도면 4 참조.   | 1-14   |
| A     | US 2010-0189055 A1 (JUHA YLITALO) 2010.07.29<br>단락 46-64; 및 도면 4 참조.                   | 1-14   |
| A     | US 2012-0172096 A1 (DRAGAN M. SAMARDZIJA 외 4명) 2012.07.05<br>단락 41, 51-54; 및 도면 2 참조.  | 1-14   |

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

\* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&amp;” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2015년 02월 03일 (03.02.2015)

국제조사보고서 발송일

2015년 02월 04일 (04.02.2015)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소



대한민국 특허청

(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,

4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 ++82 42 472 3473

심사관

강희국

전화번호 +82-42-481-8264



| 국제조사보고서에서<br>인용된 특허문헌 | 공개일        | 대응특허문헌                                                                                                                                     | 공개일                                                                                            |
|-----------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| US 2013-0051364 A1    | 2013/02/28 | AU 2012-299557 A1<br>CN 103875271 A<br>EP 2749060 A2<br>JP 2014-527367 A<br>KR 10-2013-0021569 A<br>WO 2013-028023 A2<br>WO 2013-028023 A3 | 2014/02/20<br>2014/06/18<br>2014/07/02<br>2014/10/09<br>2013/03/06<br>2013/02/28<br>2013/04/25 |
| US 2009-0051592 A1    | 2009/02/26 | US 2012-202548 A1<br>US 2014-134956 A1<br>US 8164521 B2<br>US 8633855 B2<br>WO 2009-026583 A2<br>WO 2009-026583 A3                         | 2012/08/09<br>2014/05/15<br>2012/04/24<br>2014/01/21<br>2009/02/26<br>2009/05/07               |
| WO 2013-154584 A1     | 2013/10/17 | US 2013-0308717 A1                                                                                                                         | 2013/11/21                                                                                     |
| US 2010-0189055 A1    | 2010/07/29 | EP 2171876 A1<br>EP 2171876 A4<br>US 8270375 B2<br>WO 2009-000964 A1                                                                       | 2010/04/07<br>2013/12/11<br>2012/09/18<br>2008/12/31                                           |
| US 2012-0172096 A1    | 2012/07/05 | CN 103443997 A<br>EP 2661787 A2<br>JP 2014-509100 A<br>KR 10-2013-0112935 A<br>US 8457698 B2<br>WO 2012-094166 A2<br>WO 2012-094166 A3     | 2013/12/11<br>2013/11/13<br>2014/04/10<br>2013/10/14<br>2013/06/04<br>2012/07/12<br>2012/10/26 |