

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0022780

(43) 공개일자 2020년03월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/0456 (2017.01) H04B 7/06 (2017.01)

(52) CPC특허분류

H04B 7/0456 (2013.01)

H04B 7/0617 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0098843

(22) 출원일자 2018년08월23일

심사청구일자 2018년08월23일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

성원진

서울특별시 서초구 잠원로4길 34-11

양지영

서울특별시 마포구 승문4길 9

김희원

서울특별시 성북구 종암로13길 30-5, 202호

(74) 대리인

특허법인 피씨알

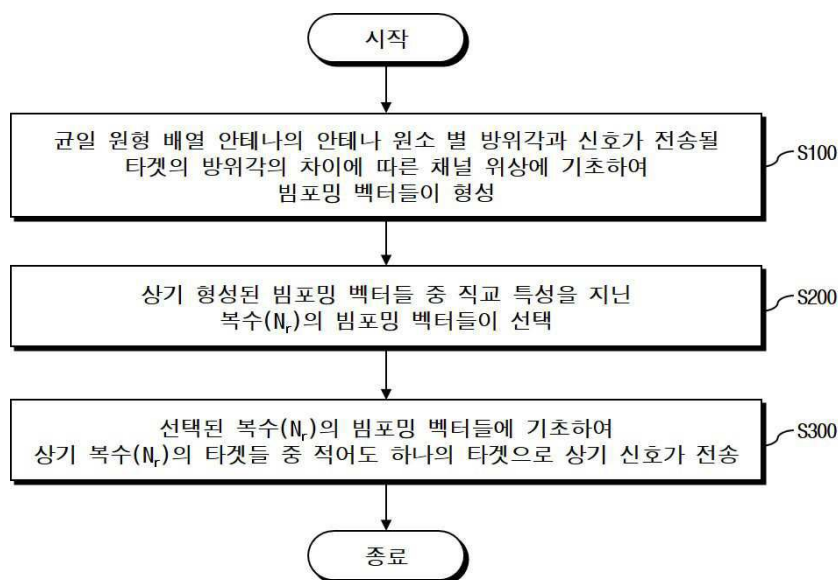
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 다중 빔 송신 장치 및 이를 이용한 다중 빔 전송 방법

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법은 (a) 균일 원형 배열 안테나의 안테나 원소 별 방위각과 신호가 전송될 타겟의 방위각의 차이에 따른 채널 위상에 기초하여 빔포밍 벡터들이 형성되는 단계, (b) 형성된 빔포밍 벡터들 중 직교 특성(Orthogonality)을 지닌 복수(N_r)의 빔포밍 벡터들이 선택되는 단계 및 (c) 선택된 복수(N_r)의 빔포밍 벡터들에 기초하여 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 신호가 전송되는 단계가 포함될 수 있다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018K000035

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 연구성과활용진흥원

연구사업명 공공연구성과기술사업화지원

연구과제명 밀리미터파 환경에서 P2MP 전송에 적합한 원형 안테나 어레이 시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2017.04.03 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

균일 원형 배열(Uniform Circular Array: UCA) 안테나를 사용하여 복수(N_r)의 타겟들로 신호를 전송하기 위한 다중 빔 전송 방법에 있어서,

- (a) 상기 균일 원형 배열 안테나의 안테나 원소 별 방위각과 상기 신호가 전송될 타겟의 방위각의 차이에 따른 채널 위상에 기초하여 빔포밍 벡터들이 형성되는 단계;
- (b) 상기 형성된 빔포밍 벡터들 중 직교 특성(Orthogonality)을 지닌 복수(N_r)의 빔포밍 벡터들이 선택되는 단계; 및
- (c) 상기 선택된 복수 (N_r)의 빔포밍 벡터들에 기초하여 상기 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 상기 신호가 전송되는 단계가 포함되는 다중 빔 전송 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 (a) 단계에는 오버 샘플링(over sampling)을 통해 오버 샘플링 계수(N_o) 배만큼 증가된 수의 빔포밍 벡터들이 형성되는 단계;가 더 포함되는 다중 빔 전송 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 (b) 단계에는

- (b1) 타겟 채널과의 상관도에 따른 빔포밍 벡터들이 선택되는 단계;
 - (b2) 상기 (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되는 단계가 포함되고,
- 상기 (b2) 단계에서 빔포밍 벡터들이 직교적인 것으로 판단된 경우 상기 (c)단계에서는 상기 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 각각의 빔포밍 벡터에 기초하여 상기 신호가 전송되고,
- 상기 (b2) 단계에서 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에는 상기 (b2) 단계에서는 상기 신호의 전송에 사용될 빔포밍 벡터들 중 적어도 어느 하나가 조정되는 단계가 더 포함되는 다중 빔 전송 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 (b2) 단계는 상기 (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스 차이가 직교집합 S 에 속하는지 여부에 따라 상기 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되고,

상기 직교집합 S 는 상기 (a) 단계에서 형성된 빔포밍 벡터들의 상기 오버 샘플링 계수(N_o)만큼 발생한 상관도의 패턴들에 있어서, 기준상관도 이하의 상관도를 만족하는 상기 형성된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스에 따른 빔 인덱스 차이의 집합인 다중 빔 전송 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 타겟들의 수(N_r)가 2이고, 상기 (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m, n 일 때, 상기 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 중 하나의 빔포밍 벡터의 조정은,

상기 빔 인덱스 m 및 n 중 어느 하나는 고정되고, 나머지 하나의 인덱스는 상기 고정된 인덱스에 기준 인덱스 차이 b 만큼 더해짐으로써 이루어지고,

상기 기준 인덱스 차이 b 는 상기 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 상기 빔 인덱스(m, n)의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나인 다중 빔 전송 방법.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 타겟들의 수(N_r)가 2이고, 상기 (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m, n 일 때, 상기 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 모두의 조정은,

$|b - a|$ 의 값이 홀수인 경우에는 상기 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a+1}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지는 $-\frac{b-a-1}{2}$ 만큼 더해지며,

$|b - a|$ 의 값이 짝수인 경우에는 상기 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지는 $-\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지며,

상기 b 는 상기 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 상기 빔 인덱스(m, n)의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나인 다중 빔 전송 방법.

청구항 7

균일 원형 배열 안테나(Uniform Circular Array: UCA)를 사용하여 복수(N_r)의 타겟들로 신호를 전송하기 위한 다중 빔 송신 장치에 있어서,

상기 균일 원형 배열 안테나의 안테나 원소 별 방위각과 상기 신호가 전송될 타겟의 방위각의 차이에 따른 채널 위상에 기초하여 빔포밍 벡터들이 형성되는 빔포밍벡터형성부;

상기 형성된 빔포밍 벡터들 중 직교 특성(Orthogonality)을 지닌 복수(N_r)의 빔포밍 벡터들이 선택되는 빔포밍 벡터선택부; 및

상기 선택된 복수(N_r)의 빔포밍 벡터들에 기초하여 상기 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 상기 신호가 전송되는 신호전송부;가 포함되는 다중 빔 송신 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 빔포밍벡터형성부에서는 오버 샘플링(over sampling)을 통해 오버 샘플링 계수(N_o) 배만큼 증가된 수의 빔

포밍 벡터들이 형성되는 다중 빔 송신 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 빔포밍벡터선택부에서는 타겟 채널과의 상관도에 따른 빔포밍 벡터들이 선택되고, 상기 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되며,

상기 빔포밍벡터선택부에서 빔포밍 벡터들이 직교적인 것으로 판단된 경우 상기 신호전송부에서는 상기 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 각각의 빔포밍 벡터에 기초하여 상기 신호가 전송되고,

상기 빔포밍벡터선택부에서 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에는 상기 빔포밍벡터선택부에서는 상기 신호의 전송에 사용될 빔포밍 벡터들 중 적어도 어느 하나가 조정되는 다중 빔 송신 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 빔포밍벡터선택부에서는 상기 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스 차이가 직교집합 S 에 속하는지 여부에 따라 상기 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되고,

상기 직교집합 S 는 상기 빔포밍벡터형성부에서 형성된 빔포밍 벡터들의 상기 오버샘플링 계수(N_o)만큼 발생한 상관도의 패턴들에 있어서, 기준상관도 이하의 상관도를 만족하는 상기 형성된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스에 따른 빔 인덱스 차이의 집합인 다중 빔 송신 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 빔포밍벡터선택부에서 상기 타겟들의 수(N_r)가 2이고, 상기 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m , n 일 때, 상기 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에 상기 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 중 하나의 빔포밍 벡터의 조정은,

상기 빔 인덱스 m 및 n 중 어느 하나는 고정되고, 나머지 하나의 인덱스는 상기 고정된 인덱스에 기준 인덱스 차이 b 만큼 더해짐으로써 이루어지고,

상기 기준 인덱스 차이 b 는 상기 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 상기 빔 인덱스(m , n)의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나인 송신 장치.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 빔포밍벡터선택부에서 상기 타겟들의 수(N_r)가 2이고, 상기 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m , n 일 때, 상기 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에 상기 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 모두의 조정은,

$|b - a|$ 의 값이 홀수인 경우에는 상기 빔 인덱스 m , n 중 어느 하나는 $\frac{b-a+1}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지 하나는

$-\frac{b-a-1}{2}$ 만큼 더해지며,

$|b-a|$ 의 값이 짝수인 경우에는 상기 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지 하나는 $-\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지며,

상기 b 는 상기 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 상기 빔 인덱스(m, n)의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나인 송신 장치.

청구항 13

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항의 방법을 구현하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다중 빔 송신 장치 및 이를 이용한 다중 빔 전송 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 다중 입출력 송수신(MIMO) 시스템에서 균일 원형 배열(Uniform Circular Array, UCA) 안테나의 기하 구조를 반영하여 빔포밍 벡터들을 형성하고, 형성된 빔포밍 벡터들 중에서 직교 특성을 가진 빔포밍 벡터들을 전송하도록 하기 위한 다중 빔 전송 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 대규모 다중 입출력 송수신(Massive Multiple-Input Multiple-Output, Massive MIMO) 전송 방식은 전송 속도 증가와 주파수 효율 향상을 위한 주요 기술로 활발히 연구되고 있다. 특히, 5G 이동통신 시스템에서 요구되는 높은 주파수 효율을 달성하기 위해서는 대규모 다중 입출력 송수신(Massive MIMO) 기술 활용이 필수적이다.

[0004] 전술한 대규모 다중 입출력 송수신(Massive MIMO) 시스템의 성능을 향상시키기 위해 신호의 방사 모양을 이용하는 방안이 논의되고 있으며, 빔포밍(beamforming)은 원하는 신호의 방사 모양을 형성하는 기술로써 빔포밍은 다중 안테나를 이용하여 빔에 방향성을 부여함으로써 송수신 이득을 높이고 수신자에 대한 수신 신호 강도를 높일 수 있다.

[0005] 특히, 다중 빔 전송은 지리적으로 분산되어 있는 다수의 수신자들에게 신호를 동시에 전송함으로써 전체 시스템의 수율이 향상될 수 있다. 다만, 상기 다중 빔 전송은 전송하고자 하는 목표 위치에 따라 채널 환경이 변화할 수 있어 빔 선택에 따라 신호 세기와 간섭이 결정될 수 있다. 따라서, 다중 빔 간 간섭을 줄임으로써 신호 세기를 높일 수 있는 빔 선택 방안을 사용하면 신호 대 간섭 및 잡음 비(signal-to-interference-plus-noise ratio, SINR)를 증가시킬 수 있다.

[0006] 또한, 상기 다중 빔 전송에 있어서, 다양한 형태의 안테나 어레이를 활용하는 방안이 논의되고 있는데, 특히 균일 원형 배열(Uniform Circular Array, UCA) 안테나 구조에서 전술한 바와 같이 다중 빔 간 간섭을 줄이기 위한 대안은 아직 제시된 바 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 1. 대한민국 등록특허공보 제10-1679132호 "대규모 안테나를 이용하는 다중 사용자 무선 통신 시스템에서 다중 신호 전송 방법" (2016.11.17등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명은 균일 원형 배열 안테나에서 적합한 빔 형성 방안을 제시하고자 함에 목적이 있다.
- [0010] 또한, 균일 원형 배열 안테나를 사용하는 다중 빔 전송에 있어서, 빔 간 간섭을 줄여 원하는 신호를 효율적으로 전송하고자 함에 목적이 있다.
- [0011] 본 발명에서 이루고자 하는 기술적 목적들은 이상에서 언급한 사항들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 기술적 과제들은 이하 설명할 본 발명의 실시예들로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 고려될 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일 실시예로써, 균일 원형 배열(Uniform Circular Array: UCA) 안테나를 사용하여 복수(N_r)의 타겟들로 신호를 전송하기 위한 다중 빔 전송 방법이 제공될 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법은 (a) 균일 원형 배열 안테나의 안테나 원소 별 방위각과 신호가 전송될 타겟의 방위각의 차이에 따른 채널 위상에 기초하여 빔포밍 벡터들이 형성되는 단계, (b) 형성된 빔포밍 벡터들 중 직교 특성(Orthogonality)을 지닌 복수(N_r)의 빔포밍 벡터들이 선택되는 단계 및 (c) 선택된 복수(N_r)의 빔포밍 벡터들에 기초하여 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 신호가 전송되는 단계가 포함될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법의 (a) 단계에는 오버 샘플링(over sampling)을 통해 오버 샘플링 계수(N_o) 배만큼 증가된 수의 빔포밍 벡터들이 형성되는 단계가 더 포함될 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법의 (b) 단계에는 (b1) 타겟 채널과의 상관도에 따른 빔포밍 벡터들이 선택되는 단계, (b2) 상기의 (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되는 단계가 포함되고, 상기의 (b2) 단계에서 빔포밍 벡터들이 직교적인 것으로 판단된 경우 (c) 단계에서는 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 각각의 빔포밍 벡터에 기초하여 신호가 전송되고, 상기의 (b2) 단계에서 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에는 상기의 (b2) 단계에서는 신호의 전송에 사용될 빔포밍 벡터들 중 적어도 어느 하나가 조정되는 단계가 더 포함될 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법의 (b2) 단계는 (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스 차이가 직교집합 S 에 속하는지 여부에 따라 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되고, 직교집합 S 는 (a) 단계에서 형성된 빔포밍 벡터들의 오버 샘플링 계수(N_o)만큼 발생한 상관도의 패턴들에 있어서, 기준상관도 이하의 상관도를 만족하는 형성된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스에 따른 빔 인덱스 차이의 집합일 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법의 타겟들의 수(N_r)가 2이고, (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m, n 일 때, 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 중 하나의 빔포밍 벡터의 조정은, 빔 인덱스 m 및 n 중 어느 하나는 고정되고, 나머지 하나의 인덱스는 고정된 인덱스에 기준 인덱스 차이 b 만큼 더해줌으로써 이루어지고, 기준 인덱스 차이 b 는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 빔 인덱스 (m, n)의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법의 타겟들의 수(N_r)가 2이고, (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m, n 일 때, 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 모두의 조정은, $|b - a|$ 의 값

이 홀수인 경우에는 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a+1}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지 하나는 $-\frac{b-a-1}{2}$ 만큼 더해지며, $|b-a|$ 의 값이 짝수인 경우에는 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지 하나는 $-\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지며, b 는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 빔 인덱스 (m, n) 의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나일 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예로써, 균일 원형 배열 안테나(Uniform Circular Array: UCA)를 사용하여 복수(N_r)의 타겟들로 신호를 전송하기 위한 다중 빔 송신 장치가 제공될 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 송신 장치는 균일 원형 배열 안테나의 안테나 원소 별 방위각과 신호가 전송될 타겟의 방위각의 차이에 따른 채널 위상에 기초하여 빔포밍 벡터들이 형성되는 빔포밍벡터형성부, 형성된 빔포밍 벡터들 중 직교 특성(Orthogonality)을 지닌 복수(N_r)의 빔포밍 벡터들이 선택되는 빔포밍벡터선택부 및 선택된 복수(N_r)의 빔포밍 벡터들에 기초하여 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 신호가 전송되는 신호전송부가 포함될 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 장치의 빔포밍벡터형성부에서는 오버 샘플링(over sampling)을 통해 오버 샘플링 계수(N_o) 배만큼 증가된 수의 빔포밍 벡터들이 형성될 수 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 장치의 빔포밍벡터선택부에서는 타겟 채널과의 상관도에 따른 빔포밍 벡터들이 선택되고, 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되며, 빔포밍벡터선택부에서 빔포밍 벡터들이 직교적인 것으로 판단된 경우 신호전송부에서는 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 각각의 빔포밍 벡터에 기초하여 신호가 전송되고, 빔포밍벡터선택부에서 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에는 빔포밍벡터선택부에서는 신호의 전송에 사용될 빔포밍 벡터들 중 적어도 어느 하나가 조정될 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 장치의 빔포밍벡터선택부에서는 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스 차이가 직교집합 S 에 속하는지 여부에 따라 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되고, 직교집합 S 는 빔포밍 벡터형성부에서 형성된 빔포밍 벡터들의 오버샘플링 계수(N_o)만큼 발생한 상관도의 패턴들에 있어서, 기준상관도 이하의 상관도를 만족하는 형성된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스에 따른 빔 인덱스 차이의 집합일 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 장치의 빔포밍벡터선택부에서 타겟들의 수(N_r)가 2이고, 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m, n 일 때, 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 중 하나의 빔포밍 벡터의 조정은, 빔 인덱스 m 및 n 중 어느 하나는 고정되고, 나머지 하나의 인덱스는 고정된 인덱스에 기준 인덱스 차이 b 만큼 더해짐으로써 이루어지고, 기준 인덱스 차이 b 는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 빔 인덱스 (m, n) 의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나일 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 장치의 빔포밍벡터선택부에서 타겟들의 수(N_r)가 2이고, 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m, n 일 때, 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 모두의 조정은, $|b-a|$ 의 값이 홀수인 경우에는 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a+1}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지 하나는 $-\frac{b-a-1}{2}$ 만큼 더해지며, $|b-a|$ 의 값이 짝수인 경우에는 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지 하나는 $-\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지며, b 는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 빔 인덱스 (m, n) 의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나일 수 있다.

[0027] 한편, 본 발명의 일 실시 예로써, 전술한 방법을 구현하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체가 제공될 수 있다.

발명의 효과

- [0029] 이러한 본 발명은 균일 원형 배열 안테나의 구조적 특징을 반영하여 효과적인 빔 형성이 가능하도록 함으로써 다양한 위치에 존재하는 수신기에 동시에 신호가 전송되도록 할 수 있다.
- [0030] 또한, 다중 빔 전송 시 빔 간 직교 특성(Orthogonality)을 활용하여 빔 간 간섭을 감소시킬 수 있으며, 이를 통하여 대규모 다중 입출력 송수신(Massive MIMO) 시스템의 전체 수율을 향상시킬 수 있다.
- [0031] 본 발명의 실시 예들에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 이하의 본 발명의 실시 예들에 대한 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 도출되고 이해될 수 있다. 즉, 본 발명을 실시함에 따른 의도하지 않은 효과들 역시 본 발명의 실시 예들로부터 당해 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 도출될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법을 사용하는 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 전송 시스템을 나타낸 예시도이다.
- 도 2 내지 도 4은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 5는 본 발명의 다중 빔 전송 방법이 수행되는 균일 원형 배열 안테나를 나타내는 예시도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법에서 형성되는 빔포밍 벡터들을 나타낸 예시도이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법에서 빔 간 상관도 패턴을 나타낸 예시도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송에 사용하기 위한 빔 인덱스 차이를 나타낸 예시도이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법에 있어서, 전송될 빔을 조정하는 과정을 나타낸 순서도이다.
- 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법의 합 전송률을 나타낸 예시도이다.
- 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 송신 장치를 나타낸 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0035] 본 명세서에서 사용되는 용어에 대해 간략히 설명하고, 본 발명에 대해 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0036] 본 발명에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 당 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 관례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 발명의 설명 부분에서 상세히 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 본 발명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌, 그 용어가 가지는 의미와 본 발명의 전반에 걸친 내용을 토대로 정의되어야 한다.
- [0037] 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있음을 의미한다. 또한, 명세서에 기재된 "...부", "모듈" 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어로 구현되거나 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 명세서 전체에서 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, "그 중간에 다른 소자를 사이에 두고" 연결되어 있는 경우도 포함한다.
- [0038] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.
- [0039] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법을 사용하는 MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)전

송 시스템을 나타낸 예시도이다.

[0040] 도 1을 참조하면, MIMO 전송 시스템은 대규모 다중 입출력 송수신 시스템으로써, 다중의 입출력이 가능한 안테나 시스템에 해당할 수 있다. 특히, 본 발명의 다중 빔 전송 방법은 균일 원형 배열 안테나를 활용한 MIMO 전송 시스템에서 수행될 수 있다.

[0041] 본 발명의 일 실시예로써, 균일 원형 배열(Uniform Circular Array: UCA)안테나를 사용하여 복수(N_r)의 타겟들로 신호를 동시에 전송하기 위한 다중 빔 전송 방법이 제공될 수 있다.

[0042] 본 발명의 다중 빔 전송 방법이 수행되는 균일 원형 배열(Uniform Circular Array, UCA) 안테나는 복수의 안테나 원소들이 원형으로 균일하게 배치되는 안테나 배열일 수 있다. 여기에서 안테나 배열은 복수의 안테나 원소들이 공간상에 배치되는 전기적인 회로 구성을 지칭할 수 있다.

[0043] 도 5는 본 발명의 다중 빔 전송 방법이 수행되는 균일 원형 배열(UCA) 안테나를 나타내는 예시도이다.

[0044] 전술한 바와 같이 균일 원형 배열(UCA) 안테나는 복수(M)의 안테나 원소들이 소정의 반지름(R)을 가지는 원의 원주 상에 균일한 간격으로 배치되는 안테나에 해당될 수 있다. 도 5를 참조하면, 안테나 원소들의 수(M)가 24인 경우로써, 반지름 R 인 원의 원주 상에 24개의 안테나 원소들(A0, A1, A2...)이 균일하게 배치된 상태가 확인될 수 있다.

[0045] 본 발명의 다중 빔 전송 방법에서 타겟은 본 발명을 수행함으로써 다중 빔을 수신하는 대상을 나타내는 것으로, 상기 타겟은 전송 신호를 수신하는 휴대폰, 태블릿 PC, 랩탑 등 사용자 단말이거나 무선 통신이 가능한 전자 디바이스를 지칭할 수 있다.

[0046] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법을 나타낸 순서도인데, 도 2를 참조하면 본 발명의 다중 빔 전송 방법은 (a) 균일 원형 배열 안테나의 안테나 원소 별 방위각과 신호가 전송될 타겟의 방위각의 차이에 따른 채널 위상에 기초하여 빔포밍 벡터들이 형성되는 단계, (b) 형성된 빔포밍 벡터들 중 직교 특성(Orthogonality)을 지닌 복수(N_r)의 빔포밍 벡터들이 선택되는 단계 및 (c) 선택된 복수 (N_r)의 빔포밍 벡터들에 기초하여 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 신호가 전송되는 단계가 포함될 수 있다.

[0047] 이하에서는 본 발명의 다중 빔 전송 방법에서 균일 원형 배열 안테나의 안테나 원소 별 방위각과 신호가 전송될 타겟의 방위각의 차이에 따른 채널 위상에 기초하여 빔포밍 벡터들이 형성되는 단계(S100)에 대하여 설명한다.

[0048] 먼저, 도 5를 참조하면 균일 원형 배열 안테나에서 빔포밍 벡터들을 형성함에 있어서, 채널 위상을 도출하기 위

해 안테나 원소(A_m) 별 전파 이동 거리 차($d_m = R - R \cos(\Phi - \Phi_m), m = 0, 1, \dots, M - 1$)를 아래의 [수학식 1]과 같이 나타낼 수 있다.

[0049] [수학식 1]

$$d_m = R - R \cos(\Phi - \Phi_m), m = 0, 1, \dots, M - 1$$

[0050]

[0051] 도 5를 참조하면, 상기 [수학식 1] 에서 Φ 는 0번째 안테나 원소(A0)의 정면 방향인 안테나 기준 송신방향(bore-sight)과 타겟(Ex. 스마트폰, 태블릿 PC 등 사용자 단말)이 이루는 각도로써, 타겟으로 전송하고자 하는

빔의 방위각을 나타내고, Φ_m 는 m번째 안테나 원소(A_m)에서 전송하고자 하는 빔의 방위각을 나타내며, R 은 전술한 바와 같이 원형 안테나에서 원의 반지름을 나타낸다. 상기 [수학식 1]에서의 안테나 원소 별 전파 이동 거리 차(d_m)를 기초로 원소 별 채널 위상 차를 구할 수 있는데, m번째 안테나 원소(A_m)의 채널 위상 θ_m 를 아래의 [수학식 2]와 같이 나타낼 수 있다.

[0052] [수학식 2]

$$\theta_m = 2\pi f_c \tau_m = \frac{2\pi d_m}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} \{R - R \cos(\Phi - \Phi_m)\}$$

[0053]

[0054] 상기 [수학식 2]에서 f_c 는 중심 주파수를 나타내고, λ 는 파장을 나타낸다. 상기 [수학식 2]의 안테나 원소 별 채널 위상을 표시한 채널 위상 벡터는 아래 [수학식 3]과 같이 나타낼 수 있다.

[0055] [수학식 3]

$$\boldsymbol{\theta} = [\theta_0 \ \theta_1 \ \dots \ \theta_{M-1}]^T$$

$$= \left[\frac{2\pi}{\lambda} \{R - R \cos(\Phi - \Phi_0)\} \ \frac{2\pi}{\lambda} \{R - R \cos(\Phi - \Phi_1)\} \ \dots \ \frac{2\pi}{\lambda} \{R - R \cos(\Phi - \Phi_{M-1})\} \right]^T$$

[0056]

[0057] 상기 [수학식 3]을 기초로 하여 균일 원형 배열 안테나의 안테나 원소 별 거리 차이에 따른 채널 위상 보정을 위한 빔포밍 벡터가 형성될 수 있다. 즉, 본 발명의 다중 빔 전송 방법은 균일 원형 배열 안테나에서 사용되는 코드벡터로 균일 원형 배열 안테나의 기하 구조를 반영한 빔포밍 벡터가 사용될 수 있다. 상기 안테나의 기하 구조를 반영한 빔포밍 벡터의 원소(v_m)는 아래 [수학식 4]와 같이 나타낼 수 있다.

[0058] [수학식 4]

$$v_m = e^{-j\theta_m} = e^{-\frac{j2\pi d_m}{\lambda}}$$

[0059]

[0060] 상기 [수학식 4]의 빔포밍 벡터의 원소(v_m)로 구성된 빔포밍 벡터는 다음 [수학식 5]와 같이 나타낼 수 있다.

[0061] [수학식 5]

$$\mathbf{v} = e^{-j\boldsymbol{\theta}} = [v_0 \ v_1 \ v_2 \ \dots \ v_{M-1}]^T = [e^{-j\theta_0} \ e^{-j\theta_1} \ e^{-j\theta_2} \ \dots \ e^{-j\theta_{M-1}}]^T$$

$$= \left[e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\{R-R\cos(\Phi-\Phi_0)\}} \ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\{R-R\cos(\Phi-\Phi_1)\}} \ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\{R-R\cos(\Phi-\Phi_2)\}} \ \dots \ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\{R-R\cos(\Phi-\Phi_{M-1})\}} \right]^T$$

[0062]

[0063] 상기 [수학식 5]는 본 발명의 다중 빔 전송 방법에서 형성되는 빔포밍 벡터를 나타내는 것으로, 상기 빔포밍 벡터는 타겟의 방위각과 균일 원형 배열 안테나의 안테나 원소 방위각의 차이에 따른 채널 위상을 구한 후, 상기 채널 위상을 기초로 형성될 수 있다.

[0064] 도 3는 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법을 나타낸 순서도인데, 도 3를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법의 (a) 단계(S100)에는 오버 샘플링(over sampling)을 통해 오버 샘플링 계수(N_o) 배만큼 증가된 수의 빔포밍 벡터들이 형성되는 단계(S110)가 더 포함될 수 있다.

[0065] 즉, 상기의 균일 원형 배열 안테나의 기하 구조에 따라 형성된 빔포밍 벡터들에 있어서, 오버 샘플링을 진행함으로써 따라 안테나 원소 수(M)에 오버 샘플링 계수(N_o)만큼 배가 된 수($\mathbf{N} = \mathbf{M} \times \mathbf{N}_{o}$)의 빔포밍 벡터들이 형성될 수 있다. 결국, 균일 원형 배열 안테나의 구조에서 타겟의 방위각에 의해 결정되는 빔포밍 벡터들에 있어서, 빔포밍 벡터들은 상기 오버 샘플링 과정에 따른 양자화된 N개의 방위각에 대하여 형성될 수 있다. 상기 양자화된 N개의 방위각 중 n번째 빔포밍 벡터는 아래 [수학식 6]과 같이 나타낼 수 있다.

[0066] [수학식 6]

$$\mathbf{v}_n = \frac{1}{\sqrt{M}} [v_{n,0} \ v_{n,1} \ v_{n,2} \ v_{n,3} \ \dots \ v_{n,M-1}]^T$$

$$= \left[e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\{R-R\cos(\Phi_n-\Phi_0)\}} \ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\{R-R\cos(\Phi_n-\Phi_1)\}} \ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\{R-R\cos(\Phi_n-\Phi_2)\}} \ \dots \ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}\{R-R\cos(\Phi_n-\Phi_{M-1})\}} \right]^T$$

[0067]

[0068] 상기 [수학식 6]에서 Φ_n 는 상기의 과정에서 형성되는 빔포밍 벡터의 양자화된 N개의 방위각 중 n번째 방위각을 나타낸 것으로, $\Phi_n = 2\pi n/N, n = 0, 1, \dots, N-1$ 와 같이 나타낼 수 있다.

[0069] 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법에서 형성되는 빔포밍 벡터들을 나타낸 예시도이다. 도 6을 참조하면, 안테나 원소의 수(M)가 24이고, 오버 샘플링 계수(N_o)가 2인 경우 N은 48로써, 양자화된 48개의 빔포밍 벡터들이 형성된 상태가 나타나 있다. 특히, 도 3에서는 본 발명의 다중 빔 전송 방법에 따라 형성된 48개의 빔포밍 벡터들 중 2개의 빔포밍 벡터로 $\mathbf{V}_4$ 및 $\mathbf{V}_{40}$ 가 선택되어 각각의 타겟에 동시에 신호가 전송되는 상태가 나타나 있다.

[0070] 이상에서 설명한 바와 같이 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법에서 균일 원형 배열 안테나의 기하 구조에 기초하여 빔포밍 벡터들을 형성할 수 있는데(S100), 상기 빔포밍 벡터들이 형성된 이후에는 빔포밍 벡터들 중 직교 특성(Orthogonality)을 지닌 빔포밍 벡터들이 선택(S200)되고, 선택된 빔포밍 벡터들에 기초하여 복수의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 신호가 전송(S300)될 수 있다.

[0071] 본 발명의 다중 빔 전송 방법은 균일 원형 배열 안테나에서 동시에 복수의 타겟들로 신호가 전송될 시 빔 간 상관도를 고려하여 전송될 빔이 선택될 수 있다. 본 발명의 다중 빔 전송 방법에서는 빔 간 상관도가 0에 가까워지도록 하기 위하여 빔포밍 벡터들의 직교 특성이 고려될 수 있다.

[0072] 이하에서는 상기 빔 간 상관도에 따라 직교 특성을 지닌 빔포밍 벡터들이 선택되도록 하기 위한 과정(S200)을 설명한다.

[0073] 먼저, 상관도(correlation)는 다중 입출력 송수신(MIMO) 시스템의 특성을 측정하기 위해 이용되는 파라미터 중 하나로써, MIMO 채널에서 신호의 수신 능력의 독립성을 나타낼 수 있다. 즉, 상관도가 낮을수록 MIMO 시스템의 신호 경로가 독립적인 것으로 판단될 수 있다. 본 발명의 다중 빔 전송 방법에서 빔 간 상관도는 아래 [수학식 7]과 같이 표현될 수 있다.

[0074] [수학식 7]

$$\mu(n, m) = |\mathbf{v}_n^H \mathbf{v}_m|^2, n, m = 0, 1, \dots, N-1$$

[0076] 상기 [수학식 7]에서 n, m은 빔 인덱스에 해당하고, H는 Hermitian 연산자를 나타낸다. 상기 [수학식 7]에 따른 빔 간 상관도는 0과 1 사이의 값으로 나타낼 수 있고, 상기 빔 간 상관도가 0에 가까운 값일수록 두 빔이 직교적인 관계를 가지는 것으로 판단될 수 있다. 도 6을 참조하면, 선택된 $\mathbf{V}_4$ 및 $\mathbf{V}_{40}$ 사이의 상관도가 0에 가까운 값을 가진다면 $\mathbf{V}_4$ 및 $\mathbf{V}_{40}$ 가 서로 직교적인 관계에 해당될 수 있다.

[0077] 본 발명의 다중 빔 전송 방법에서는 전술한 바와 같이 상관도가 0에 가까운 값을 가지는 경우 직교 특성을 가지는 것으로 판단하는데, 이러한 판단을 위해서는 상관도가 0에 가까운 정도를 결정하기 위한 기준 상관도 값이 결정될 필요가 있다.

[0078] 즉, 전송될 빔을 선택하기 위해 아래의 [수학식 8]을 만족하는 빔 인덱스가 탐색되어야 하고, 상관도가 0에 가까운 정도에 따라 직교 특성을 가지는지 아닌지를 판단하기 위한 기준 상관도 값이 결정되어야 한다.

[0079] [수학식 8]

$$\mu(n, m) < x$$

[0081] 구체적으로 상기 [수학식 8]과 같이 [수학식 7]의 빔 간 상관도가 기준 상관도 값 x보다 작은 경우에 빔 간 직교 특성을 가지는 것으로 나타낼 수 있다. 즉, 기준 상관도 값 x에 따라 빔 간 직교성을 판단하는 기준이 달라질 수 있고, 기준 상관도 값 x가 작아질수록 빔 간 직교적인 특성이 강한 것으로 판단될 수 있다. 기준 상관도 x가 작아지면 빔 간 독립성이 강해져 빔 간 간섭을 줄일 수 있지만, 상기 [수학식 8]을 만족하는 빔 인덱스 집합이 줄어들 수 있다. 이는, 본 발명의 다중 빔 전송 방법을 수행하여 전송할 수 있는 빔의 방향 혹은 빔의 선택에 제한적인 요소가 될 수 있다. 이와 같이 기준 상관도 값 x에 따라 수신 신호 세기가 달라지거나 전송할 수 있는 빔 방향이 줄어들 수 있으므로, 기준 상관도 값 x는 반복된 실험 및 다중 빔 전송의 목적에 따라 적절한 값으로 선택되어야 한다.

- [0082] 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법에서 빔 간 상관도 패턴을 나타낸 예시도이다.
- [0083] 도 7을 참조하면, 기준 인덱스 n 을 고정시키고, 나머지 빔 인덱스인 m 의 변화에 따라 빔 간 상관도가 변화하는 패턴 혹은 양상이 나타나 있다. 도 7은 빔 인덱스 차에 따른 상관도가 (a) 및 (b)로 각각 달리 표현되어 있다. 도 7의 (a) 및 (b)와 같이 상관도가 다른 패턴으로 형성되는 것은 전술한 오버 샘플링에 따른 빔포밍 벡터 형성 (S200)에 따른 것으로, 오버 샘플링 계수(N_o)만큼의 상관도 패턴이 형성될 수 있다. 즉, 도 7에서는 전술한 바와 같이 오버 샘플링 계수(N_o)가 2인 경우를 예로 든 것으로, 두 개의 서로 다른 상관도 패턴이 형성되어 있는 것이 확인될 수 있다.
- [0084] 더욱 구체적으로는 n 을 오버 샘플링 계수(N_o)로 나누었을 때의 나머지에 해당하는 mod 함수 결과 값에 따라 서로 다른 상관도 패턴 규칙이 형성될 수 있다. 상기 도 7의 (a)는 $n \bmod N_o = 0$ 인 경우에 발생될 수 있는 빔 상관도 패턴에 해당하고, 도 7의 (b)는 $n \bmod N_o = 1$ 인 경우에 발생될 수 있는 빔 상관도 패턴에 해당한다.
- [0085] 또한, 도 7을 참조하면 도 7의 (a) 및 (b) 각각의 상관도 패턴에 있어서, 상관도가 0에 가까운 값을 가지는 특정 빔 인덱스 차가 존재함을 확인할 수 있다. 더불어, 후술하는 바와 같이 도 7의 (a) 및 (b) 모두에 공통적인 빔 인덱스 차에서 상관도가 0에 가까운 값을 가지는 경우도 확인될 수 있다.
- [0086] 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송에 사용하기 위한 빔 인덱스 차이를 나타낸 예시도이다.
- [0087] 도 8을 참조하면, 직교 특성을 가지는 빔 선택에 있어서, $n \bmod N_o = 0$ 인 경우가 도시된도 7의 (a)에서 직교 특성을 가지는 빔 인덱스 차이에 대하여 빨간색 점선으로 테두리가 형성되고, $n \bmod N_o = 1$ 인 경우가 도시된도 7의 (b)에서 직교 특성을 가지는 빔 인덱스 차이에 대하여 파란색 점선으로 테두리가 형성된 상태가 도시되어 있다.
- [0088] 즉, 오버 샘플링에 따라 발생하는 각각의 상관도 패턴에 있어서, 각 상관도 패턴에서 상기 [수학식 8]을 만족하는 빔 인덱스 차이가 파란색 또는 빨간색의 점선 테두리로 형성되고, 각각의 상관도 패턴만을 만족하는 빔 인덱스 차이는 파란색 또는 빨간색의 점선 테두리와 함께 사선 문양으로 표시되고, 발생된 상관도 패턴 모두를 만족하는 빔 인덱스 차이에 대하여는 빨간색 및 파란색 점선 테두리와 함께 점 문양이 표시되어 있다. 예를 들어, 도 8에서 $\pm 8, \pm 10, \pm 13, \pm 17, \pm 23$ 의 빔 인덱스 차이는 n 이 짝수인 경우 상관도 패턴과 n 이 홀수인 경우 상관도 패턴 모두에 대하여 [수학식 8]에 해당되고, $\pm 16, \pm 18, \pm 20$ 의 경우에는 n 이 짝수인 경우 상관도 패턴 및 n 이 홀수인 경우 상관도 패턴 중 어느 하나의 상관도 패턴에 대하여 [수학식 8]에 해당되는 것으로 해석될 수 있다.
- [0089] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법에서는 오버 샘플링에 따라 발생하는 모든 상관도 패턴에 대하여 공통적으로 [수학식 8]을 만족하는 빔 인덱스 차이의 집합을 직교집합 S 로 정의하고, 상기 직교집합 S 의 빔 인덱스 차이를 만족하는 빔포밍 벡터가 선택됨으로써 타겟들로 전송될 수 있다. 즉, 상관도 패턴들에 공통적으로 직교 특성을 가지는 것으로 판단되는 빔 인덱스 차이의 집합인 직교집합 S 는 아래 [수학식 9]와 같이 표현될 수 있다.
- [0090] [수학식 9]
- [0091]
$$S = \{n - m \mid \mu(n, m) < x\}$$
- [0092] 도 8을 참조하면, 전술한 바와 같이 상기 [수학식 9]을 만족하는 직교집합 S 는 $S = \{\pm 8, \pm 10, \pm 13, \pm 17, \pm 23\}$ 에 해당된다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송방법에서는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이에 기초하여 빔포밍 벡터가 선택되고, 선택된 빔포밍 벡터들을 통해 각각의 타겟으로 신호가 전송될 수 있다.
- [0093] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법이 나타낸 순서도인데, 도 4를 참조하면, 다중 빔 전송 방법의 (b) 단계(S200)에는 (b1) 타겟 채널과의 상관도에 따른 빔포밍 벡터들이 선택되는 단계(S210), (b2) 상기의 (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되는 단계(S220)가 포함되고, 상기의 (b2) 단계(S220)에서 빔포밍 벡터들이 직교적인 것으로 판단된 경우 (c) 단계에서는 복수(N_r)의 타겟들 중 적어도 하나의

타겟으로 각각의 빔포밍 벡터에 기초하여 신호가 전송(S230)되고, 상기의 (b2) 단계(S220)에서 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에는 상기의 (b2) 단계에서는 신호의 전송에 사용될 빔포밍 벡터들 중 적어도 어느 하나가 조정(S240)되는 단계가 더 포함될 수 있다.

- [0094] 구체적으로, 형성된 빔포밍 벡터들 중 직교 특성을 지닌 복수의 빔포밍 벡터들이 선택(S200)되기 위해서는 먼저 타겟 채널과의 상관도에 따른 빔포밍 벡터들이 선택(S210)되어야 한다.
- [0095] 즉, 다중 입출력 송수신(MIMO) 시스템에서 수신단 측인 사용자 단말에 해당되는 복수의 타겟들에 있어서, 빔 간 상관도가 아닌 타겟 채널과의 상관도에 따른 빔 인덱스(n, m)가 우선적으로 선택될 수 있다. 다시 말하면, 다른 빔과의 상관도는 고려함이 없이 사용자 단말에 해당되는 방위각과 가장 가까운 빔이 선택되는 과정이 먼저 수행될 수 있다.
- [0096] 다음으로, 상기 S210 단계에서 타겟 채널과의 상관도에 따라 우선적으로 선택된 빔 인덱스(n, m)에 기초한 빔포밍 벡터들이 직교적인 관계에 있는지 판단되는 과정(S220)이 수행될 수 있다.
- [0097] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법의 (b2) 단계는 (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스 차이가 직교집합 S 에 속하는지 여부에 따라 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되고, 직교집합 S 는 (a) 단계에서 형성된 빔포밍 벡터들의 오버 샘플링 계수(N_o)만큼 발생한 상관도의 패턴들에 있어서, 기준상관도 이하의 상관도를 만족하는 형성된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스에 따른 빔 인덱스 차이의 집합일 수 있다.
- [0098] 상기 선택된 빔 인덱스에 기초하여 빔포밍 벡터들이 직교적인 관계에 있는지에 대한 판단(S220)은 선택된 빔 인덱스(n, m)의 빔 인덱스 차이 $a(a = n - m)$ 가 전술한 [수학식 9]의 빔 인덱스 차이의 집합인 직교집합 S 에 속하는지 여부에 따라 이루어질 수 있다.
- [0099] 상기 판단 과정(S220)에서 선택된 빔 인덱스의 차이 a 가 직교집합 S 의 원소 중 어느 하나에 해당하는 경우에는 선택된 빔 간 상관도가 [수학식 8]을 만족하는 것으로, 상관도가 0에 가까운 값에 해당되어 빔 간 직교 특성이 있는 것으로 판단될 수 있다. 이와는 달리, 상기 판단 과정(S220)에서 선택된 빔 인덱스의 차이 a 가 직교집합 S 의 원소 중 어느 것에도 해당되지 않는 경우에는 선택된 빔 간 상관도가 [수학식 8]을 만족하지 못하는 것으로 빔 간 직교 특성이 없는 것으로 판단될 수 있다.
- [0100] 상기 판단 과정(S220) 이후는 빔포밍 벡터들이 직교 특성을 가지는지 아닌지에 따라 다중 빔 전송 과정이 달라질 수 있다.
- [0101] 구체적으로, 상기 판단 과정(S220)에서 선택된 빔 인덱스의 차이 a 가 직교집합 S 의 원소 중 어느 하나에 해당되어 빔 간 직교 특성이 있는 것으로 판단된 경우에는 복수의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 각각의 빔포밍 벡터에 기초하여 신호가 전송될 수 있다.
- [0102] 또한, 상기 판단 과정(S220)에서 선택된 빔 인덱스의 차이 a 가 직교집합 S 의 원소 중 어느 것에도 해당되지 않는 경우에는 빔 간 직교 특성이 없는 것으로 판단되어, 신호 전송에 사용될 빔포밍 벡터들 중 어느 하나가 조정(S240)될 수 있다.
- [0103] 즉, 판단 과정(S220)에서 빔 간 직교 특성이 없는 것으로 판단된 경우에는 신호 전송에 사용될 빔포밍 벡터들 중 적어도 어느 하나가 조정(S240)된 이후에, 상기 조정된 빔포밍 벡터를 기초로 신호가 각각의 타겟들로 전송될 수 있다.
- [0104] 이하에서는, 상기 판단 과정(S220)에서 빔 간 직교 특성이 없는 것으로 판단된 경우에는 신호 전송에 사용될 빔포밍 벡터들 중 적어도 어느 하나가 조정(S240)되는 단계에 대하여 구체적으로 살펴본다.
- [0105] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법에 있어서, 전송될 빔을 조정하는 과정을 나타낸 순서도이다.
- [0106] 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법의 타겟들의 수(N_r)가 2이고, (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m, n 일 때, 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 중 하나의 빔포밍 벡터의 조정(S242)은, 빔 인덱스 m 및 n 중 어느 하나는 고정되고, 나머지 하나의 인덱스는 고정된

인덱스에 기준 인덱스 차이 b 만큼 더해줌으로써 이루어지고, 기준 인덱스 차이 b 는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 빔 인덱스(m, n)의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나일 수 있다.

[0107] 즉, 본 발명의 다중 빔 전송 방법에서 신호를 2개의 타겟들에 대하여 송신하는 경우에 하나의 빔은 조정을 하지 않고, 나머지의 빔을 조정함으로써 빔 간 직교 특성을 갖도록 할 수 있다.

[0108] 예를 들면, 빔 인덱스가 $n=10$, $m=1$ 인 경우, 빔 인덱스 차이 a 는 $(a = n - m)$ 에서, $a = 9$ 에 해당된다. 전술한 바와 같이, 도 8에서 오버 샘플링에 따른 두 개의 상관도 패턴을 모두 만족하는 직교집합 S 는 $S = \{\pm 8, \pm 10, \pm 13, \pm 17, \pm 23\}$ 에 해당되므로, 기준 인덱스 차이 b 는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 빔 인덱스(m, n)의 차이 $a = 9$ 와 가장 가까운 값들인 8, 10 중 어느 하나에 해당될 수 있다. 빔 인덱스 m 및 n 중 m을 고정시킨다면, 조정된 n' 은 $(n' = 1 + 8)$ 또는 $(n' = 1 + 10)$ 에 해당될 수 있다. 즉, 빔 인덱스 (m' , n')는 (1, 9) 또는 (1, 11)로 조정되어 빔 간 직교 특성을 가질 수 있다.

[0109] 도 9를 참조하여 두 개의 빔 모두를 조정하는 방법(S243)에 대하여 살펴보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 방법의 타겟들의 수(N_r)가 2이고, (b1) 단계에서 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m, n 일 때, 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 모두의 조정은, $|b - a|$ 의 값이 홀수인 경우에는 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a+1}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지 하나는 $-\frac{b-a-1}{2}$ 만큼 더해지며(S244), $|b - a|$ 의 값이 짝수인 경우에는 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지 하나는 $-\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지며(S245), b 는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 빔 인덱스 (m, n)의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나일 수 있다.

[0110] 즉, 본 발명의 다중 빔 전송 방법에서 신호를 2개의 타겟들에 대하여 송신하는 경우에 두 개의 빔 모두를 조정함으로써 빔 간 직교 특성을 갖도록 할 수 있다.

[0111] 예를 들면, $n=15$, $m=1$ 인 경우, 빔 인덱스 차이 a 는 $(a = n - m)$ 에서, $a = 14$ 에 해당된다. 전술한 바와 같이, 도 8에서 오버 샘플링에 따른 두 개의 상관도 패턴을 모두 만족하는 직교집합 S 는 $S = \{\pm 8, \pm 10, \pm 13, \pm 17, \pm 23\}$ 에 해당되므로, 기준 인덱스 차이 b 는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 빔 인덱스(m, n)의 차이 $a = 14$ 가장 가까운 값인 13에 해당될 수 있다. 이 경우, $|b - a|$ 의 값이 $|b - a| = 1$ 로써 홀수인 경우에 해당되므로, 빔 인덱스 m, n 중 하나인 m은 $\frac{b-a+1}{2}$ 만큼 더해져 조정된 m' 는 $m' = m + \frac{b-a+1}{2}$ 에서 $m' = 2$ 에 해당되고, 나머지 하나의 빔 인덱스 n은 $-\frac{b-a-1}{2}$ 만큼 더해져 조정된 n' 은 $n' = n + (-\frac{b-a-1}{2})$ 에서 $n' = 15$ 에 해당된다. 즉, 빔 인덱스 (m' , n')는 (2, 15)로 조정되어 빔 간 직교 특성을 가질 수 있다.

[0112] 상기에서 설명한 타겟들의 수가 2 인 경우에 두 개의 빔포밍 벡터들 중 적어도 어느 하나의 조정 방법은 타겟들의 수가 3 이상인 경우에도 마찬가지로 적용될 수 있다. 타겟들의 수가 3 인 경우를 예로 들면, 3개의 빔 인덱스 (n, m, p)에 있어서, 2개의 빔 인덱스 쌍들인 (n, m), (m, p) 및 (p, n) 모두에 대하여 직교집합 S 에 속하도록 빔 인덱스를 조정함으로써, 빔들 간 직교 특성이 갖도록 조정할 수 있다. 즉, 본 발명의 다중 빔 전송 방법을 수행하여 동시에 전송하는 빔의 수가 3개인 경우에는, 기준 빔 n에 따라 아래의 [수학식 10]을 만족하도록 빔들이 조정된다면 각각의 빔들 간 직교 특성을 가질 수 있다.

[0113] [수학식 10]

$$S' = \{(n, m, p) | \mu(n, m) < x \text{ and } \mu(m, p) < x \text{ and } \mu(n, p) < x\}$$

[0115] 상기 [수학식 10]과 같이 전송하는 3개의 빔에 있어서, 3개의 빔 각각 서로에 대하여 모두 직교 특성을 갖는 빔 인덱스 차이의 직교집합을 S' 으로 표현할 수 있다. 도 8을 참조하면, 상기 [수학식 10]을 만족하는 직교집합을 S' 는 $S' = \{(n, m, p) | (n, n+10, n+23), (n, n+13, n+23), (n, n-10, n+13), (n, n-13, n+10)\}$ 과 같이, 총 4개의 직교 집합들이 발생될 수 있다.

[0116] 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법의 합 전송률을 나타낸 예시도이다.

[0117] 본 발명의 일 실시 예에 따른 다중 빔 전송 방법의 성능 평가를 위한 파라미터 중 하나로 합 전송률이 이용될 수 있다. 합 전송률은 아래의 [수학식 11]과 같이 표현될 수 있다.

[0118] [수학식 11]

$$R_{K'} = \sum \log_2(1 + \Gamma_i) = \sum_{i=1}^{K'} \log_2 \left(1 + \frac{|\mathbf{h}_i \mathbf{v}_i|^2}{\sum_{k \neq i} |\mathbf{h}_i \mathbf{v}_k|^2 + N_o} \right) [\text{bps/Hz}]$$

[0120] 상기 [수학식 11]에서 K' 은 신호가 동시 전송될 타겟들의 수를 나타내고, Γ_i 는 타겟 i의 신호 대 간섭 및 잡음 비를 나타내며, $\mathbf{h}_i$ 는 타겟 i의 기하학적 채널을 나타내고, $\mathbf{v}_i$ 는 타겟 i에 대한 빔, N_o 는 잡음을 나타낸다.

[0121] 도 10을 참조하면, 도 10은 타겟들의 수 K' 가 2인 경우로써, 본 발명의 다중 빔 전송 방법의 상기 판단 과정(S220)에 따른 판단 결과에 따라 빔 인덱스를 조정하지 않은 경우(n, m), 두 개의 빔 인덱스 중 하나의 빔 인덱스만 조정된 경우(n, m') 및 두 개의 빔 인덱스 모두를 조정된 경우(n', m')에 따른 합 전송률이 나타나 있다. 구체적으로, 도 10에서 빔 인덱스를 조정하지 않은 경우(n, m)에는 평균 합 전송률은 11.4로 나타나고, 두 개의 빔 인덱스 중 하나의 빔 인덱스만 조정된 경우(n, m')의 평균 합 전송률은 13.6으로 나타나며, 두 개의 빔 인덱스 모두를 조정된 경우(n', m')의 평균 합 전송률은 13.7로 나타난다. 즉, 두 개의 빔 인덱스 중 적어도 어느 하나의 빔 인덱스를 조정하여 선택된 빔포밍 벡터에 기초하여 타겟들에 신호를 전송하는 경우에 평균 합 전송률이 커지는 것을 확인할 수 있다. 또한, 도 10에서 목표 위치 방위각의 차이가 적은 부분에 비하여, 두 개의 빔 인덱스 중 적어도 어느 하나의 빔 인덱스를 조정하는 경우에 합 전송률이 증가함을 확인할 수 있다.

[0122] 본 발명의 일 실시예로써, 균일 원형 배열 안테나(Uniform Circular Array: UCA)를 사용하여 복수(Nr)의 타겟들로 신호를 전송하기 위한 다중 빔 송신 장치(10)가 제공될 수 있다.

[0123] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 송신 장치(10)를 나타낸 블록도인데, 도 11을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 송신 장치(10)는 균일 원형 배열 안테나의 안테나 원소 별 방위각과 신호가 전송될 타겟의 방위각의 차이에 따른 채널 위상에 기초하여 빔포밍 벡터들이 형성되는 빔포밍벡터형성부(100), 형성된 빔포밍 벡터들 중 직교 특성(Orthogonality)을 지닌 복수(Nr)의 빔포밍 벡터들이 선택되는 빔포밍벡터선택부(200) 및 선택된 복수(Nr)의 빔포밍 벡터들에 기초하여 복수(Nr)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 신호가 전송되는 신호전송부(300)가 포함될 수 있다.

[0124] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 장치의 빔포밍벡터형성부(100)에서는 오버 샘플링(over sampling)을 통해 오버 샘플링 계수(No) 배만큼 증가된 수의 빔포밍 벡터들이 형성될 수 있다.

[0125] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 장치의 빔포밍벡터선택부(200)에서는 타겟 채널과의 상관도에 따른 빔포밍 벡터들이 선택되고, 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되며, 빔포밍벡터선택부(200)에서 빔포밍 벡터들이 직교적인 것으로 판단된 경우 신호전송부(300)에서는 복수(Nr)의 타겟들 중 적어도 하나의 타겟으로 각각의 빔포밍 벡터에 기초하여 신호가 전송되고, 빔포밍벡터선택부(200)에서 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에는 빔포밍벡터선택부(200)에서는 신호의 전송에 사용될 빔포밍 벡터들 중 적어도 어느 하나가 조정될 수 있다.

[0126] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 장치의 빔포밍벡터선택부(200)에서는 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인

텍스 차이가 직교집합 S 에 속하는지 여부에 따라 선택된 빔포밍 벡터들이 직교적인지 판단되고, 직교집합 S 는 빔포밍벡터형성부(100)에서 형성된 빔포밍 벡터들의 오버샘플링 계수(No)만큼 발생한 상관도의 패턴들에 있어서, 기준상관도 이하의 상관도를 만족하는 형성된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스에 따른 빔 인덱스 차이의 집합일 수 있다.

[0127] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 장치의 빔포밍벡터선택부(200)에서 타겟들의 수(N_r)가 2이고, 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m, n 일 때, 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 중 하나의 빔포밍 벡터의 조정은, 빔 인덱스 m 및 n 중 어느 하나는 고정되고, 나머지 하나의 인덱스는 고정된 인덱스에 기준 인덱스 차이 b 만큼 더해짐으로써 이루어지고, 기준 인덱스 차이 b 는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 빔 인덱스 (m, n)의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나일 수 있다.

[0128] 본 발명의 일 실시예에 따른 다중 빔 전송 장치의 빔포밍벡터선택부(200)에서 타겟들의 수(N_r)가 2이고, 선택된 빔포밍 벡터들의 빔 인덱스가 m, n 일 때, 빔포밍 벡터들이 직교하지 않는 것으로 판단된 경우에 타겟들의 수(N_r)에 상응하는 두 개의 빔포밍 벡터들 모두의 조정은, $|b-a|$ 의 값이 홀수인 경우에는 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a+1}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지 하나는 $-\frac{b-a-1}{2}$ 만큼 더해지며, $|b-a|$ 의 값이 짝수인 경우에는 빔 인덱스 m, n 중 어느 하나는 $\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지고, 나머지 하나는 $-\frac{b-a}{2}$ 만큼 더해지며, b 는 직교집합 S 에 속하는 빔 인덱스 차이 중에서 빔 인덱스 (m, n)의 차이 a 와 가장 가까운 값들 중 어느 하나일 수 있다.

[0129] 한편, 본 발명의 일 실시 예로써, 전술한 방법을 구현하기 위한 프로그램이 기록된 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체가 제공될 수 있다.

[0130] 또한, 전술한 방법은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성 가능하고, 컴퓨터 판독 가능 매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 또한, 상술한 방법에서 사용된 데이터의 구조는 컴퓨터 판독 가능 매체에 여러 수단을 통하여 기록될 수 있다. 본 발명의 다양한 방법들을 수행하기 위한 실행 가능한 컴퓨터 프로그램이나 코드를 기록하는 기록 매체는, 반송파(carrier waves)나 신호들과 같이 일시적인 대상들은 포함하는 것으로 이해되지는 않아야 한다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드 디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, DVD 등)와 같은 저장 매체를 포함할 수 있다.

[0131] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

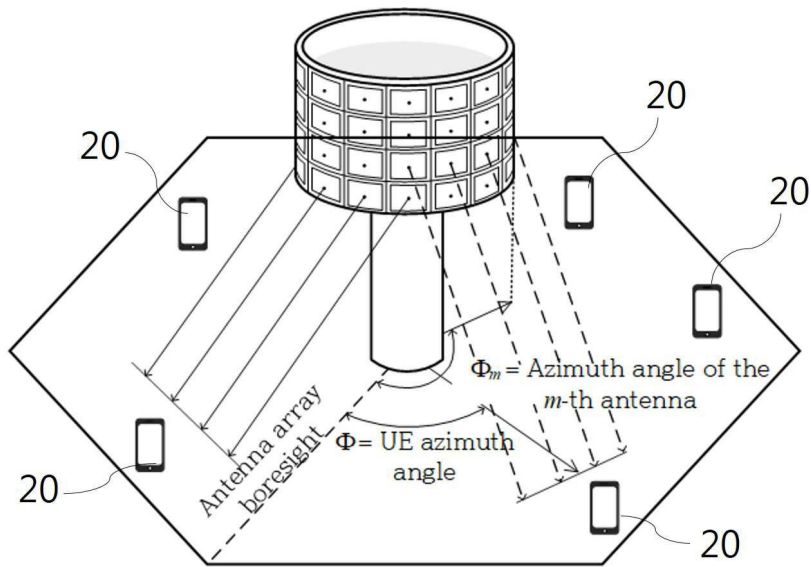
[0132] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

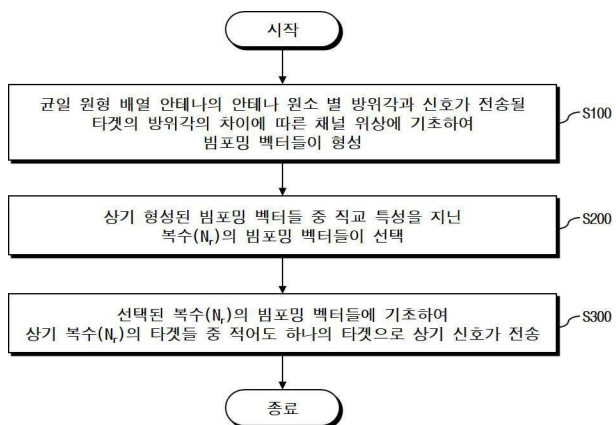
[0134] 10 : 다중 빔 송신 장치 100 : 빔포밍벡터형성부
200 : 빔포밍벡터선택부 300 : 신호전송부

도면

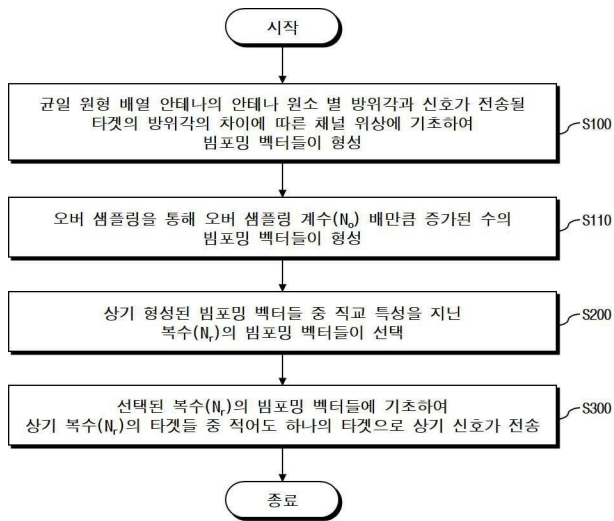
도면1



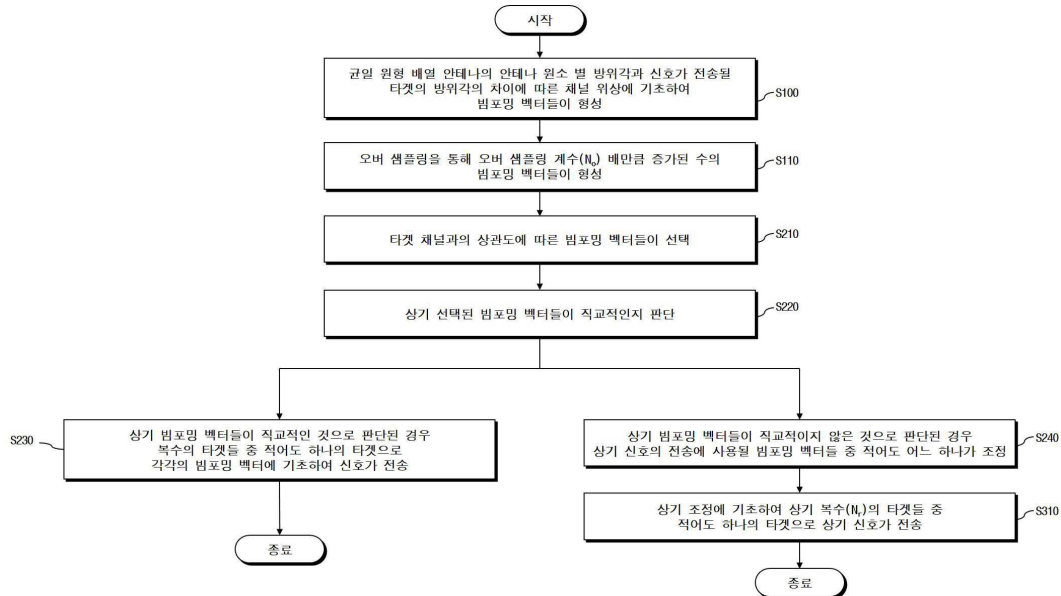
도면2



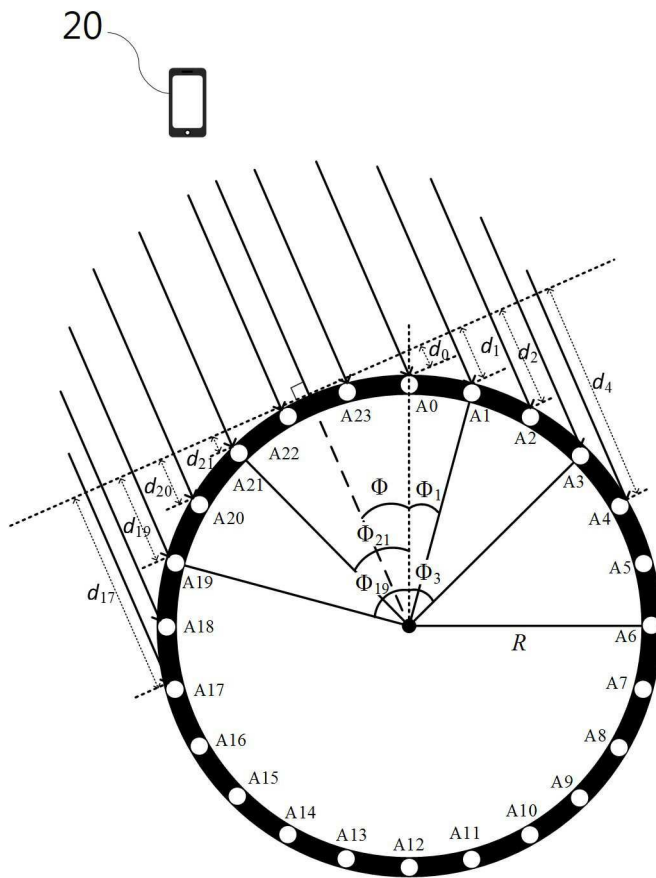
도면3



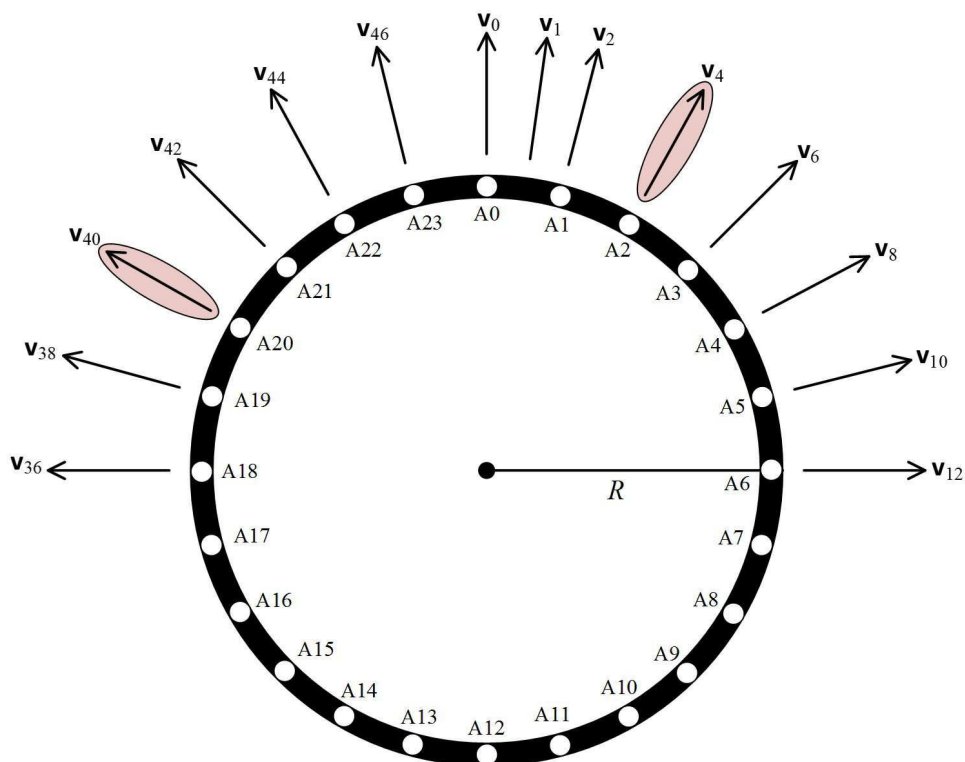
도면4



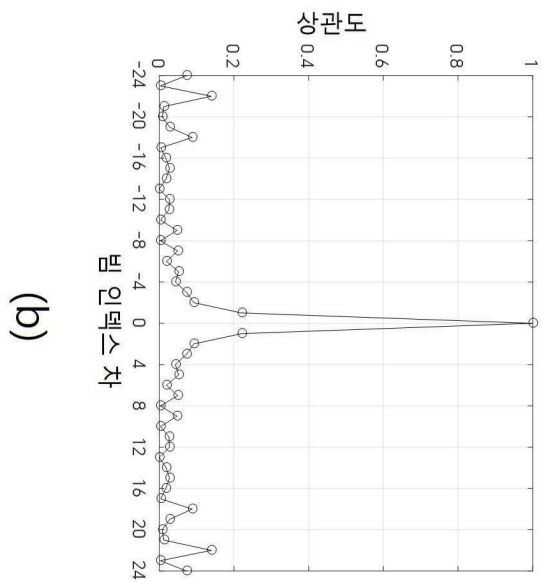
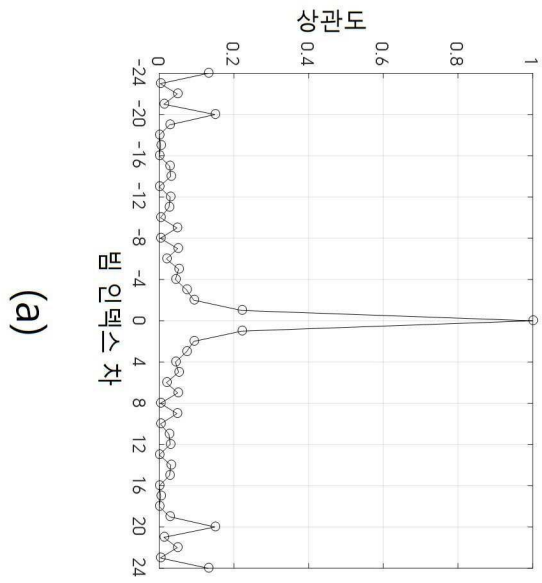
도면5



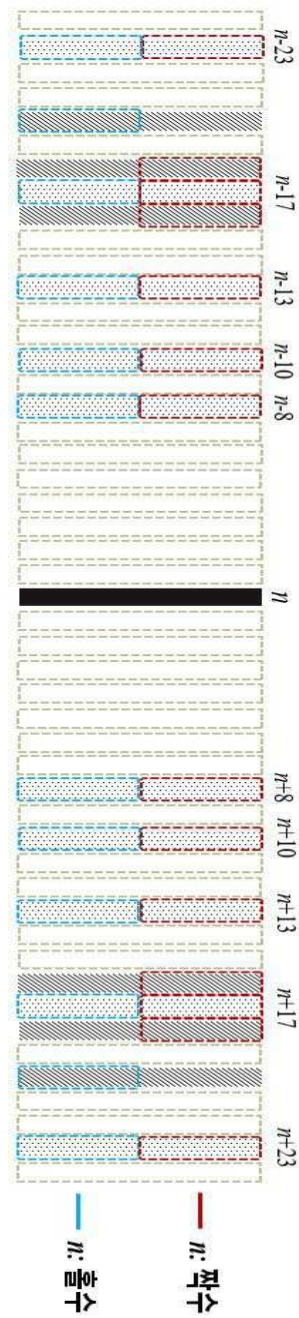
도면6



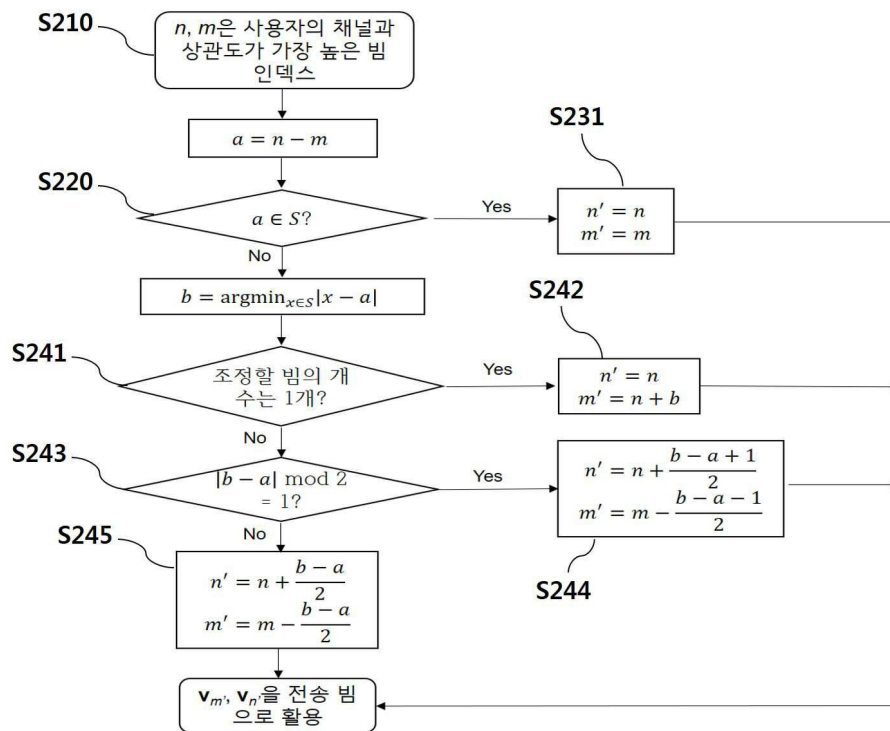
도면7



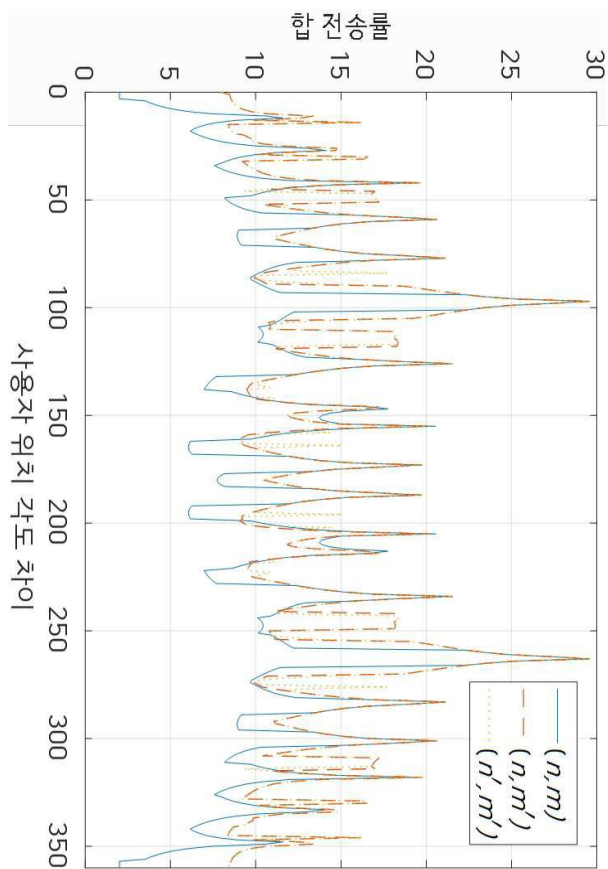
도면8



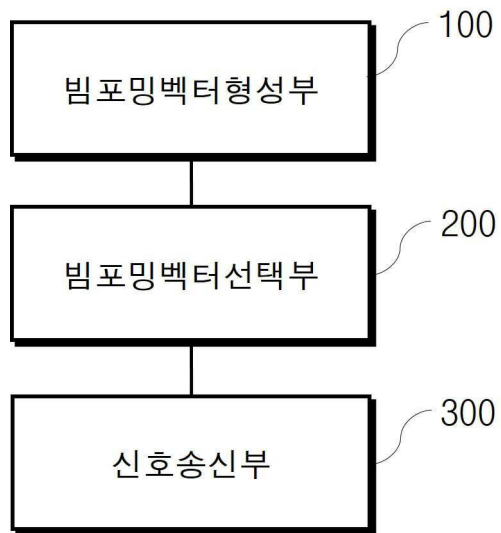
도면9



도면10



도면11



10