



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년11월25일

(11) 등록번호 10-2183213

(24) 등록일자 2020년11월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04B 7/04 (2017.01)

(21) 출원번호 10-2014-0056525

(22) 출원일자 2014년05월12일

심사청구일자 2019년05월13일

(65) 공개번호 10-2014-0133481

(43) 공개일자 2014년11월19일

(30) 우선권주장

1020130052993 2013년05월10일 대한민국(KR)

(56) 선행기술조사문헌

3GPP R1-131035

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

(72) 발명자

김찬홍

경기도 화성시 병점3로 117 (병점동, 안화동마을
주공9단지) 901동 1505호

김태영

경기도 성남시 분당구 미금로 177 까치마을신원아
파트 308동 103호

설지윤

경기도 성남시 분당구 불정로 179 정든마을동아2
단지아파트 208동 801호

(74) 대리인

권혁록, 이정순

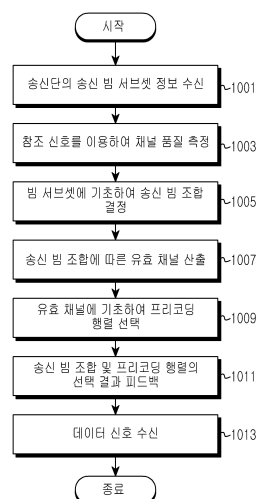
전체 청구항 수 : 총 40 항

심사관 : 이미현

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 송수신 빔을 선택하기 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 하이브리드 빔포밍(hybrid beamforming)을 지원하는 무선 통신 시스템에서 송수신 빔을 선택하기 위한 것으로, 수신단의 동작 방법은, 송신단으로부터 상기 송신단의 아날로그 송신 빔(beam)들에 대한 서브셋(subset) 정보를 수신하는 과정과, 상기 서브셋 정보에 기초하여 상기 수신단으로의 데이터 신호 송신에 사용될 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정을 포함한다. 또한, 본 발명은 상술한 실시 예와 다른 실시 예들도 포함한다.

대표도 - 도10

(56) 선행기술조사문헌
3GPP R1-131150
KR1020120036748 A
KR1020130017572 A
KR1020130021569 A

명세서

청구범위

청구항 1

무선 통신 시스템에서 수신단의 동작 방법에 있어서,
송신단으로부터 상기 송신단의 아날로그 송신 빔(beam)들에 대한 서브셋(subset) 정보를 수신하는 과정과,
상기 서브셋 정보에 기초하여 상기 수신단으로의 데이터 신호 송신에 사용될 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정을 포함하며,
상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들을 분류한 적어도 하나의 서브셋을 지시하는 정보 및 상기 서브셋을 분류하는데 필요한 정보 중 하나를 포함하며,
상기 적어도 하나의 서브셋 각각은, 한계치 이하의 상관도를 가지는 빔들로 구성되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정은,
공간 다중화(spatial multiplexing)를 위한 빔 조합으로서, 동일한 서브셋에 속한 빔들을 포함하도록 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정은,
각 서브셋에서 가장 우수한 채널 품질을 제공하는, 다중화 차수(order)에 대응되는 개수의 빔들을 식별하는 과정과,
서브셋 별로 식별된 빔들의 채널 품질 합(sum)을 산출하는 과정과,
가장 큰 채널 품질 합을 가지는 서브셋에서 식별된 빔들을 상기 송신 빔들의 조합으로서 결정하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정은,
공간 다중화(spatial multiplexing)를 위한 빔 조합으로서, 모든 송신 빔들 중 가장 큰 채널 품질 값들을 가지며, 그리고, 임계치 미만의 상관도를 가지는 다중화 차수 만큼 개수의 송신 빔들을 포함하도록 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정은,
 상기 송신단의 모든 아날로그 송신 빔들 중 최대 채널 품질을 제공하는 제1빔을 선택하는 과정과,
 상기 채널 품질이 큰 순서로 나머지 빔들을 상기 제1빔과 순차적으로 비교하는 과정과,
 비교 결과 상기 제1빔과의 상관도가 임계치 이상이면, 해당 빔을 상기 송신 빔들의 조합에서 제외하는 과정과,
 상기 비교 결과 상기 제1빔과의 상관도가 임계치 미만이면, 해당 빔을 상기 송신 빔들의 조합에 포함시키는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정은,
 다이버시티(diversity)를 위한 빔 조합으로서, 서로 다른 서브셋에 속한 빔들을 포함하도록 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,
 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정은,
 상기 송신단의 모든 아날로그 송신 빔들 중 최대 채널 품질을 제공하는 제1빔을 선택하는 과정과,
 상기 채널 품질이 큰 순서로 나머지 빔들을 상기 제1빔과 순차적으로 비교하는 과정과,
 비교 결과 상기 제1빔과 동일한 서브셋에 속하면, 해당 빔을 상기 송신 빔들의 조합에서 제외하는 과정과,
 상기 비교 결과 상기 제1빔과 동일한 서브셋에 속하지 아니하면, 해당 빔을 상기 송신 빔들의 조합에 포함시키는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정은,
 다이버시티(diversity)를 위한 빔 조합으로서, 특정 서브 셋 내의 송신 빔들 또는 모든 송신 빔들 중 가장 큰 채널 품질 값들을 가지는 다이버시티 차수 만큼 개수의 송신 빔들을 포함하도록 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,
 상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 빔 계수를 구성하는 크기 및 위상 값 벡터(vector) 집합, 상기 송신단의 아날로그 빔 계수를 나타내는 조향각(steering angle) 값 집합, 상기 송신단의 서브셋 분류 결과를 나타내는 MIMO 모드 별 비트맵(bitmap) 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

서브셋에 속하는 빔들 중 모든 2개의 빔 쌍(pair)의 상관도가 상기 한계치 이하가 되도록 상기 송신단이 송신 빔들에 대한 서브셋 분류를 결정하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 적어도 하나의 서브셋은, MIMO(Multiple Input Multiple Output) 모드에 따라 서로 다르게 결정되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 서브셋 정보는, 주기적으로 방송되는 시스템 정보로서 수신되거나, 초기 접속 절차 중 수신되거나, 상기 초기 접속 절차 후 수신되거나, 또는, 핸드오버 절차 중 교환되는 시스템 정보로서 수신되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 송신단에서 송신되는 적어도 하나의 참조 신호를 이용하여 상기 송신 빔 별 채널 품질을 측정하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 송신 빔들의 조합에 따른 유효 채널(effective channel)을 산출하는 과정과,

상기 유효 채널에 기초하여 디지털 빔포밍을 위한 프리코딩(precoding) 행렬을 선택하는 과정과,

상기 송신 빔들의 조합 및 상기 프리코딩 행렬의 선택 결과를 상기 송신단으로 송신하는 과정과,

상기 송신단에서 상기 프리코딩 행렬에 의해 디지털 빔포밍되고, 상기 송신 빔들의 조합에 의해 아날로그 빔포밍된 데이터 신호를 수신하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

무선 통신 시스템에서 송신단의 동작 방법에 있어서,

상기 송신단의 아날로그 송신 빔(beam)들에 대한 서브셋(subset) 정보를 송신하는 과정과,

상기 서브셋 정보에 기초하여 결정된 송신 빔들의 조합을 수신단으로부터 수신하는 과정과,

상기 송신 빔들의 조합을 이용하여, 상기 수신단으로의 데이터 신호 송신에 대해 아날로그 빔포밍을 수행하는 과정을 포함하며,

상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들을 분류한 적어도 하나의 서브셋을 지시하는 정보 및 상기 서브셋을 분류하는데 필요한 정보 중 하나를 포함하며,

상기 적어도 하나의 서브셋 각각은, 한계치 이하의 상관도를 가지는 빔들로 구성되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 송신 빔들의 조합은, 공간 다중화(spatial multiplexing)를 위한 빔 조합으로서, 동일한 서브셋에 속한 빔들로 구성되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 송신 빔들의 조합은, 다이버시티(diversity)를 위한 빔 조합으로서, 서로 다른 서브셋에 속한 빔들로 구성되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 빔 계수를 구성하는 크기 및 위상 값 벡터(vector) 집합, 상기 송신단의 아날로그 빔 계수를 나타내는 조향각(steering angle) 값 집합, 상기 송신단의 서브셋 분류 결과를 나타내는 MIMO 모드 별 비트맵(bitmap) 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 19

제15항에 있어서,

상기 서브셋 정보는, MIMO(Multiple Input Multiple Output) 모드에 따라 서로 다른 서브셋 분류 결과들을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 20

제15항에 있어서,

상기 서브셋 정보는, 주기적으로 방송되는 시스템 정보로서 수신되거나, 초기 접속 절차 중 수신되거나, 상기 초기 접속 절차 후 수신되거나, 또는, 핸드오버 절차 중 교환되는 시스템 정보로서 수신되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 21

무선 통신 시스템에서 수신단 장치에 있어서,

송신단으로부터 상기 송신단의 아날로그 송신 빔(beam)들에 대한 서브셋(subset) 정보를 수신하는 통신부와,

상기 서브셋 정보에 기초하여 상기 수신단으로의 데이터 신호 송신에 사용될 송신 빔들의 조합을 결정하는 제어부를 포함하며,

상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들을 분류한 적어도 하나의 서브셋을 지시하는 정보 및 상기 서브셋을 분류하는데 필요한 정보 중 하나를 포함하며,

상기 적어도 하나의 서브셋 각각은, 한계치 이하의 상관도를 가지는 빔들로 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 22

제21항에 있어서,

상기 제어부는, 공간 다중화(spatial multiplexing)를 위한 빔 조합으로서, 동일한 서브셋에 속한 빔들을 포함하도록 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 23

제22항에 있어서,

상기 제어부는, 각 서브셋에서 가장 우수한 채널 품질을 제공하는, 다중화 차수(order)에 대응되는 개수의 빔들을 식별하고, 서브셋 별로 식별된 빔들의 채널 품질 합(sum)을 산출하고, 가장 큰 채널 품질 합을 가지는 서브셋에서 식별된 빔들을 상기 송신 빔들의 조합으로서 결정하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 24

제21항에 있어서,

상기 제어부는, 공간 다중화(spatial multiplexing)를 위한 빔 조합으로서, 모든 송신 빔들 중 가장 큰 채널 품질 값들을 가지며, 그리고, 임계치 미만의 상관도를 가지는 다중화 차수 만큼 개수의 송신 빔들을 포함하도록 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 송신단의 모든 아날로그 송신 빔들 중 최대 채널 품질을 제공하는 제1빔을 선택하고, 상기 채널 품질이 큰 순서로 나머지 빔들을 순차적으로 비교하고, 비교 결과 상기 제1빔과의 상관도가 임계치 이상이면, 해당 빔을 상기 송신 빔들의 조합에서 제외하고, 상기 비교 결과 상기 제1빔과의 상관도가 임계치 미만이면, 해당 빔을 상기 송신 빔들의 조합에 포함시키는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 26

제21항에 있어서,

상기 제어부는, 다이버시티(diversity)를 위한 빔 조합으로서, 서로 다른 서브셋에 속한 빔들을 포함하도록 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 27

제26항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 송신단의 모든 아날로그 송신 빔들 중 최대 채널 품질을 제공하는 제1빔을 선택하고, 상기 채널 품질이 큰 순서로 나머지 빔들을 순차적으로 비교하고, 비교 결과 상기 제1빔과 동일한 서브셋에 속하면, 해당 빔을 상기 송신 빔들의 조합에서 제외하고, 상기 비교 결과 상기 제1빔과 동일한 서브셋에 속하지 아니하면, 해당 빔을 상기 송신 빔들의 조합에 포함시키는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 28

제21항에 있어서,

상기 제어부는, 다이버시티(diversity)를 위한 빔 조합으로서, 특정 서브셋 내의 송신 빔들 중 또는 모든 송신

빔들 중 가장 큰 채널 품질 값들을 가지는 다이버시티 차수 만큼 개수의 송신 빔들을 포함하도록 상기 송신 빔들의 조합을 결정하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 29

제21항에 있어서,

상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 빔 계수를 구성하는 크기 및 위상 값 벡터(vector) 집합, 상기 송신단의 아날로그 빔 계수를 나타내는 조향각(steering angle) 값 집합, 상기 송신단의 서브셋 분류 결과를 나타내는 MIMO 모드 별 비트맵(bitmap) 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 30

제29항에 있어서,

상기 제어부는, 서브셋에 속하는 빔들 중 모든 2개의 빔 쌍(pair)의 상관도가 상기 한계치 이하가 되도록 상기 송신단이 송신 빔들에 대한 서브셋 분류를 결정하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 31

제21항에 있어서,

상기 적어도 하나의 서브셋은, MIMO(Multiple Input Multiple Output) 모드에 따라 서로 다르게 결정되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 32

제21항에 있어서,

상기 서브셋 정보는, 주기적으로 방송되는 시스템 정보로서 수신되거나, 초기 접속 절차 중 수신되거나, 상기 초기 접속 절차 후 수신되거나, 또는, 핸드오버 절차 중 교환되는 시스템 정보로서 수신되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 33

제21항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 송신단에서 송신되는 적어도 하나의 참조 신호를 이용하여 상기 송신 빔 별 채널 품질을 측정하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 34

제21항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 송신 빔들의 조합에 따른 유효 채널(effective channel)을 산출하고, 상기 유효 채널에 기초하여 디지털 빔포밍을 위한 프리코딩(precoding) 행렬을 선택하고,

상기 통신부는, 상기 송신 빔들의 조합 및 상기 프리코딩 행렬의 선택 결과를 상기 송신단으로 송신하고, 상기 송신단에서 상기 프리코딩 행렬에 의해 디지털 빔포밍되고, 상기 송신 빔들의 조합에 의해 아날로그 빔포밍된 데이터 신호를 수신하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 35

무선 통신 시스템에서 송신단 장치에 있어서,

상기 송신단의 아날로그 송신 빔(beam)들에 대한 서브셋(subset) 정보를 송신하고, 상기 서브셋 정보에 기초하여 결정된 송신 빔들의 조합을 수신단으로부터 수신하는 통신부와,

상기 송신 빔들의 조합을 이용하여, 상기 수신단으로의 데이터 신호 송신에 대해 아날로그 빔포밍을 수행하도록 제어하는 제어부를 포함하며,

상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들을 분류한 적어도 하나의 서브셋을 지시하는 정보 및 상기 서브셋을 분류하는데 필요한 정보 중 하나를 포함하며,

상기 적어도 하나의 서브셋 각각은, 한계치 이하의 상관도를 가지는 빔들로 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 36

제35항에 있어서,

상기 송신 빔들의 조합은, 공간 다중화(spatial multiplexing)를 위한 빔 조합으로서, 동일한 서브셋에 속한 빔들로 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 37

제35항에 있어서,

상기 송신 빔들의 조합은, 다이버시티(diversity)를 위한 빔 조합으로서, 서로 다른 서브셋에 속한 빔들로 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 38

제35항에 있어서,

상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 빔 계수를 구성하는 크기 및 위상 값 벡터(vector) 집합, 상기 송신단의 아날로그 빔 계수를 나타내는 조향각(steering angle) 값 집합, 상기 송신단의 서브셋 분류 결과를 나타내는 MIMO 모드 별 비트맵(bitmap) 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 39

제35항에 있어서,

상기 서브셋 정보는, MIMO(Multiple Input Multiple Output) 모드에 따라 서로 다른 서브셋 분류 결과들을 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 40

제35항에 있어서,

상기 서브셋 정보는, 주기적으로 방송되는 시스템 정보로서 수신되거나, 초기 접속 절차 중 수신되거나, 상기 초기 접속 절차 후 수신되거나, 또는, 핸드오버 절차 중 교환되는 시스템 정보로서 수신되는 것을 특징으로 하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무선 통신 시스템에서 빔포밍(beamforming)에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 무선 통신망의 데이터 사용량은 기하급수적으로 증가하고 있다. 이에 따라, 다음 세대(beyond 4G) 이동 통신 기술은 실외 환경에서도 기가비트(Gigabyte)급 통신을 지원해야 하며, 이를 위한 후보 기술로 밀리미터(mm) 대역에서의 빔포밍(beamforming) 기술이 최근 주목을 받고 있다. 상기 밀리미터 대역은 기존 저주파 대역에 비해 광대역을 사용할 수 있는 장점을 가진다. 그러나, 상기 밀리미터 대역은 채널 감쇄가 큰 단점을 가진다. 상기 빔포밍은 다수의 안테나를 사용하여 특정한 방향으로 신호의 세기를 증가시킬 수 있는 기술로 과거 많은 연구가 이뤄졌으나, 고주파 대역에서 파장의 길이가 짧아짐으로 인해 다수의 안테나를 작은 영역에 집적할 수 있다. 따라서, 상기 빔포밍 기술이 상기 밀리미터 대역의 채널 감쇄를 극복할 수 있는 중요한 기술로서 다시금 주목 받고 있다.

[0003] 상기 빔포밍은 디지털(digital) 단, 즉, 기저대역(baseband), D/A(Digital to Analog) 변환 이후, 또는, RF(Radio Frequency) 단 중 어느 부분에서도 구현될 수 있다. 상기 빔포밍을 디지털단에서 구현하는 경우, 빔 계수(beamforming coefficient), 즉, 신호의 세기 및 위상(phase)을 조정하기 용이하다. 그러나, 이 경우, 안테나마다 기저대역-D/A-RF로 이어지는 RF 체인(chain)이 구비되어야 하므로, 비용 및 구현에 어려움이 있다. 반면, 상기 빔포밍을 RF단에서 구현하는 경우, 가격은 저렴하나, 신호의 세기 및 위상을 미세하게 조정하는 것은 어렵다.

[0004] 하이브리드(hybrid) 빔포밍은, 몇 개의 RF 체인만으로 기저대역을 구성하고, 각 RF 체인마다 다시 RF 빔포머(beamformer)를 결합함으로써, 디지털 프리코더(precoder)를 통해 다중 데이터를 전송하고, RF 빔포머를 통해 빔포밍 이득을 얻는 방식이다. 따라서, 상기 하이브리드 빔포밍의 경우, 상술한 디지털 빔포밍 및 아날로그 빔포밍 기술 대비 적절한 트레이드 오프(trade-off)가 이루어질 수 있다.

[0005] 상기 하이브리드 빔포밍은 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 시스템과 결합이 가능하며, 그 구조는 다양하게 구현될 수 있다. 예를 들어, 하나의 물리적인 어레이 안테나(array antenna)에 다수의 RF 체인들의 빔포머들이 덧셈기(adder)를 통해 연결될 수 있다. 이 경우, 각 RF 체인마다의 RF 빔포머와 연결되는 어레이 안테나가 동일하다. 따라서, 각 RF 빔포머의 빔 계수에 따라 기저대역 기준의 유효 채널(effective channel)의 상관도(correlation)가 크게 높아질 수 있다. 다시 말해, 빔포밍을 위해 사용되는 빔들 간 상관도가 빔 계수에 따라 변화하게 된다. 상기 빔들 간 상관도의 변화는 사용되는 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 모드에 따라 성능을 악화시킬 수도, 또는, 개선시킬 수도 있다. 그러므로, 상기 하이브리드 빔포밍 구조에서, 상기 빔들 간 상관도를 고려하여 실제 데이터 송수신에 사용할 빔을 적절히 선택하기 위한 대안이 제시되어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 실시 예는 무선 통신 시스템에서 데이터 송수신에 사용할 빔을 선택하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[0007] 본 발명의 다른 실시 예는 무선 통신 시스템에서 빔들 간 상관도에 따라 빔들의 서브셋을 정의하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[0008] 본 발명의 또 다른 실시 예는 무선 통신 시스템에서 서브셋을 고려하여 데이터 송수신에 사용될 빔 조합을 결정하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

[0009] 본 발명의 또 다른 실시 예는 무선 통신 시스템에서 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 모드 대응하는 규칙에 따라 서브셋을 고려하여 데이터 송수신에 사용될 빔 조합을 결정하기 위한 장치 및 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 동작 방법은, 송신단으로부터 상기 송신단의 아날로그 송신 빔(beam)들에 대한 서브셋(subset) 정보를 수신하는 과정과, 상기 서브셋 정보에 기초하여 상기 수신단

으로의 데이터 신호 송신에 사용될 송신 빔들의 조합을 결정하는 과정을 포함한다. 상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들을 분류한 적어도 하나의 서브셋을 지시하는 정보 및 상기 서브셋을 분류하는데 필요한 정보 중 하나를 포함하며, 상기 적어도 하나의 서브셋 각각은, 한계치 이하의 상관도를 가지는 빔들로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 송신단의 동작 방법은, 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들에 대한 서브셋 정보를 송신하는 과정과, 상기 서브셋 정보에 기초하여 결정된 송신 빔들의 조합을 수신단으로부터 수신하는 과정과, 상기 송신 빔들의 조합을 이용하여, 상기 수신단으로의 데이터 신호 송신에 대해 아날로그 빔포밍을 수행하는 과정을 포함한다. 상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들을 분류한 적어도 하나의 서브셋을 지시하는 정보 및 상기 서브셋을 분류하는데 필요한 정보 중 하나를 포함하며, 상기 적어도 하나의 서브셋 각각은, 한계치 이하의 상관도를 가지는 빔들로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단 장치는, 송신단으로부터 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들에 대한 서브셋 정보를 수신하는 통신부와, 상기 서브셋 정보에 기초하여 상기 수신단으로의 데이터 신호 송신에 사용될 송신 빔들의 조합을 결정하는 제어부를 포함한다. 상기 서브셋 정보는, 상기 서브셋 정보, 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들을 분류한 적어도 하나의 서브셋을 지시하는 정보 및 상기 서브셋을 분류하는데 필요한 정보 중 하나를 포함하며, 상기 적어도 하나의 서브셋 각각은, 한계치 이하의 상관도를 가지는 빔들로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 송신단 장치는, 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들에 대한 서브셋 정보를 송신하고, 상기 서브셋 정보에 기초하여 결정된 송신 빔들의 조합을 수신단으로부터 수신하는 통신부와, 상기 송신 빔들의 조합을 이용하여, 상기 수신단으로의 데이터 신호 송신에 대해 아날로그 빔포밍을 수행하도록 제어하는 제어부를 포함한다. 상기 서브셋 정보는, 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들을 분류한 적어도 하나의 서브셋을 지시하는 정보 및 상기 서브셋을 분류하는데 필요한 정보 중 하나를 포함하며, 상기 적어도 하나의 서브셋 각각은, 한계치 이하의 상관도를 가지는 빔들로 구성되는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0014] 하이브리드(hybrid) 빔포밍(beamforming)을 지원하는 무선 통신 시스템에서 아날로그 빔들 간 상관도에 따라 빔들의 서브셋(subset)들을 정의하고, MIMO(Multiple Input Multiple Output) 모드에 따라 상기 서브셋을 고려하여 빔들을 선택함으로써, 효과적인 빔포밍을 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 하이브리드(hybrid) 빔포밍(beamforming) 구조를 도시한다.
 도 2는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 하이브리드 빔포밍 구조를 도시한다.
 도 3은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 하이브리드 빔포밍 구조를 도시한다.
 도 4 내지 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 서브셋(subset) 정보의 송신 예들을 도시한다.
 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 서브셋 정보의 구성 예들을 도시한다.
 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 동작 절차를 도시한다.
 도 11은 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 송신단의 동작 절차를 도시한다.
 도 12는 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 빔 조합 결정 절차를 도시한다.
 도 13은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 빔 조합 결정 절차를 도시한다.
 도 14는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 빔 조합 결정 절차를 도시한다.
 도 15는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 빔 조합 결정 절차를 도시한다.
 도 16은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 송신단의 블록 구성을 도시한다.
 도 17은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 블록 구성을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 동작 원리를 상세히 설명한다. 하기에서 본 발명을 설명에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0017] 이하 본 발명은 하이브리드(hybrid) 빔포밍(beamforming)을 채용한 무선 통신 시스템에서 빔포밍을 위한 빔을 선택하는 기술에 대해 설명한다. 이하 본 발명은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)/OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 방식의 무선 통신 시스템을 예로 들어 설명한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 하이브리드 빔포밍 구조를 도시한다.
- [0019] 상기 도 1을 참고하면, 상기 하이브리드 빔포밍은 디지털 빔포밍 블록(110), 체인(chain) 블록(120), 아날로그 빔포밍 블록(130)을 통해 수행된다. 구체적으로, 상기 디지털 빔포밍 블록(110)은 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 인코더(encoder)(112), 기저대역 프리코더(baseband precoder)(114)를 포함한다. 상기 체인 블록(120)은 N개 체인들을 포함하며, 각 체인은 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform) 블록(122), P/S(Parallel to Serial) 블록(124), DAC(Digital to Analog Converter)(126)를 포함한다. 상기 아날로그 빔포밍 블록(130)은 N개의 믹서(mixer)들(132-1 내지 132-N), $N \times K$ 개의 위상(phase) 및 크기 변환 소자들로 구성된 RF 빔포머들(beamformers)(134-1 내지 134-NK), K개의 덧셈기(adder)들(136-1 내지 136-K), K개의 PA(Power Amplifier)들(138-1 내지 138-K), K개의 신호 방사 소자들을 구비한 어레이 안테나(array antenna)(140)를 포함한다. 상기 도 1에 도시된 하이브리드 빔포밍 구조는 일 예이며, 구체적인 구성은 다양하게 구현될 수 있다.
- [0020] 상기 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 하이브리드 빔포밍은 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 전송 기법과 결합이 가능하다. 상기 도 1을 참고하면, 하나의 물리적인 어레이 안테나(140)에 다수의 체인(chain)들(120)의 RF 빔포머들(134-1 내지 134-NK)이 상기 덧셈기들(136-1 내지 136-K)을 통해 연결될 수 있다. 이 경우, N개의 체인들 각각에서 서로 다른 아날로그 빔이 하나씩 형성될 수 있고, 기저대역 기준으로, 상기 MIMO 인코더(112) 및 상기 기저대역 프리코더(114)를 통해, 다이버시티(diversity), 공간 다중화(spatial multiplexing) 등과 같은 기존 MIMO 기법이 수행될 수 있다. 또한, 송수신 피드백량을 고려하여, 상기 기저대역 프리코더(114)에서 지원하는 프리코딩(precoding) 및 상기 RF 빔포머(134-1 내지 134-NK)에서 지원하는 빔의 종류를 유한 개로 제한하여 운용하는 것이 가능하다. 이때, 상기 기저대역 프리코더(114)는 코드북(codebook) 기반 PMI(Preferred Matrix Index)에 대응될 수 있고, 상기 RF 빔포머(134-1 내지 134-NK)는 빔 인덱스 (beam index)와 같은 새로운 피드백을 필요로 한다.
- [0021] 상기 도 1과 같은 구조에 따르면, 각 체인의 RF 빔포머와 연결되는 어레이 안테나는 동일하다. 구체적으로, 서로 다른 체인의 신호는 서로 다른 RF 빔포머에 의해 아날로그 빔포밍되나, 서로 다른 RF 빔포머에 의해 생성된 빔은 어레이 안테나의 안테나 별로 합산된다. 따라서, 각 RF 빔포머의 빔 계수에 따라 기저대역 기준의 유효 채널(effective channel)의 상관도(correlation)가 크게 높아질 수 있다. 상기 상관도가 높아지는 경우, 독립적인 채널 경로 형성을 어렵게 하여 MIMO 전송 방식(transmission mode), 특히, RF 체인 별로 서로 다른 데이터 심벌을 송신하는 공간 다중화 기법 또는 체인 별로 서로 다른 사용자에게 데이터 심벌을 보내는 다중 사용자(MU: Multi-User) MIMO 기법의 성능이 악화될 수 있다. 반대로, 모든 체인으로 동일한 데이터 심벌을 전송하는 다이버시티 모드 모드인 경우, 채널 상관도가 높아짐에 따라 다이버시티 오더(diversity order)는 감소될 수 있으나, 수신 SNR(Signal to Noise Ratio) 이득은 높아질 수 있다. 그러므로, 빔 계수 조절에 따라 적절한 트레이드 오프(trade-off) 지점이 선택될 수 있다. 제한된 피드백 환경의 경우, 빔 계수 조절은 유한 개의 빔들 중에서 특정 빔을 선택함으로써 이루어질 수 있다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 MIMO 모드에 따른 서로 다른 빔 선택 방식이 요구된다.
- [0022] 따라서, 본 발명은 제한된 피드백 환경에서 하이브리드 빔포밍 시스템 성능을 향상시키기 위해 MIMO 전송 방식에 따라 빔의 상관도를 고려한 빔 선택 방안을 제안한다.

[0023] RF 단의 어레이 안테나가 ULA(uniform linear array) 형태이고, RF 빔포머는 신호의 위상만 조정 가능하다고 하면, RF 빔포밍 벡터는 다음과 같이 표현될 수 있고, 하나의 위상 값은 하나의 빔에 일대일 대응될 수 있다.

수학식 1

$$\mathbf{w}(\theta_{ij}^t) = \frac{1}{\sqrt{N_t}} \begin{bmatrix} 1 \\ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}d \sin \theta_{ij}^t} \\ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}2d \sin \theta_{ij}^t} \\ \vdots \\ e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(N_t-1)d \sin \theta_{ij}^t} \end{bmatrix}$$

[0025] 상기 <수학식 1>에서, 상기 $\mathbf{w}(\theta_{ij}^t)$ 는 송신단 i번째 RF 체인의 j번째 RF 빔포밍 벡터, 상기 N_t 는 송신단의 안테나 개수, 상기 θ_{ij}^t 는 송신단 i번째 RF 체인의 j번째 빔의 위상을 의미한다. 여기서, 상기 i는 0 이상 N_{RF}^t-1 이하의 정수 값을 가지며, 상기 j는 0 이상 $N_B^t(i)-1$ 이하의 정수 값을 가진다. 상기 N_{RF}^t 는 송신단의 RF 체인 개수, 상기 $N_B^t(i)$ 는 송신단의 i번째 RF 체인에서 운용 가능한 빔의 개수를 의미한다.

[0026] 일반적인 무선 통신 시스템에서, 송신단이 특정 MIMO 모드에 대한 채널 품질 정보를 요청하면 수신단은 CQI(channel quality indicator), RI(rank indicator), PMI 중 적어도 하나의 정보를 피드백한다. 하이브리드 빔포밍 시스템의 경우, RF 빔에 대한 정보가 더 요구된다. 상기 수신단은 미드앰블(midamble)과 같은 참조 신호(reference signal)를 통해 송신단의 모든 빔 조합에 대응되는 채널 정보를 획득할 수 있고, MIMO 운용 시 각 RF 체인별 최적의 송신 빔 조합을 결정한 후, 이를 피드백 할 수 있다. 예를 들어, 상기 수신단은 RF 체인별 BI(Beam Index)를 전송할 수 있다. 이때, 가능한 모든 빔 조합의 집합은 하기 <수학식 2>와 같이 표현될 수 있다.

수학식 2

$$K = \left\{ \left(\theta_{0j_0}^t, \theta_{1j_1}^t, \dots, \theta_{(N_{RF}^t-1)j_{N_{RF}^t-1}}^t \right) \middle| j_i = 0, 1, \dots, N_B^t(i) - 1, i = 0, 1, \dots, N_{RF}^t - 1 \right\}$$

[0028] 상기 <수학식 2>에서, 상기 K 는 가능한 모든 빔 조합의 집합, 상기 θ_{ij}^t 는 송신단 i번째 RF 체인의 j번째 빔의 위상, 상기 N_{RF}^t 는 송신단의 RF 체인 개수, 상기 $N_B^t(i)$ 는 송신단의 i번째 RF 체인에서 운용 가능한 빔의 개수를 의미한다.

[0029] 상기 가능한 모든 빔 조합의 집합에 포함되는 원소의 개수, 즉, 빔 조합의 개수는 하기 <수학식 3>과 같이 표현될 수 있다.

수학식 3

$$|K| = \prod_{i=0}^{N_{RF}^t-1} N_B^t(i)$$

[0031] 상기 <수학식 3>에서, 상기 $|K|$ 는 가능한 모든 빔 조합의 집합에 포함되는 원소의 개수, 상기 N_{RF}^* 는 송신단의 RF 체인 개수, 상기 $N_B^*(i)$ 는 송신단의 i 번째 RF 체인에서 운용 가능한 빔의 개수를 의미한다.

[0032] 임의의 2개 송신 RF 체인들의 2개 빔들 간 상관도는 하기 <수학식 4>와 같이 정의될 수 있다.

수학식 4

$$\rho_{rs}^{pq} = \left| \mathbf{w}(\theta_{pr}^t)^H \mathbf{w}(\theta_{qs}^t) \right|$$

[0033]

[0034] 상기 <수학식 4>에서, 상기 ρ_{rs}^{pq} 는 p 번째 RF 체인의 r 번째 RF 빔 및 q 번째 RF 체인의 s 번째 RF 빔 간 상관도, 상기 $\mathbf{w}(\theta_{pr}^t)$ 는 송신단 p 번째 RF 체인의 r 번째 RF 빔포밍 벡터, 상기 $\mathbf{w}(\theta_{qs}^t)$ 는 송신단 q 번째 RF 체인의 s 번째 RF 빔포밍 벡터, 상기 H 는 허미션(hermitian)으로서 복소 켤레 및 전치(complex conjugate and transpose)를 의미한다.

[0035] RF 빔포밍 벡터가 상기 <수학식 1>과 같이 정규화된 경우, 상관도 ρ_{rs}^{pq} 는 0과 1 사이의 값을 가질 수 있고, 1에 가까울수록 2개 빔들 간 상관도가 높다. 극단적인 예로, 2개 빔들의 위상이 동일한 경우 상관도는 1이며, 2개 빔들이 서로 직교(orthogonal)하면 상관도는 0이다.

[0036] 본 발명은 MIMO 모드 별로 적합한 상관도 한계치(threshold)를 정의하고, 송신 빔 조합을 결정할 때 상기 <수학식 3>과 같은 $|K|$ 개의 후보들 중에서 한계치를 초과하는 상관도를 가지는 조합의 후보를 검색 대상에서 제외한다. 단, 일부 MIMO 모드들에 대한 상관도 한계치들은 동일할 수 있다.

[0037] 빔 개수 $N_B^*(i)$ 가 체인 별로 모두 상이하고, 각 빔의 위상 θ_{ij}^t 도 모두 상이한 경우, 빔 조합을 결정하는 알고리즘의 예는 하기 <표 1>과 같다.

표 1

1	초기화	
	A	$K' = \emptyset$
	B	한계치 ρ_{th} 를 주어진 MIMO 모드에 따라 설정
	2 For $k: 0$ to $ K - 1$	
	A	k 번째 후보: $\left(\theta_{0j_0}^t, \theta_{1j_1}^t, \dots, \theta_{(N_{RF}^t-1)j_{N_{RF}^t-1}}^t \right)$, 플래그 $f = 1$ 로 설정.
	B	$\left(\theta_{0j_0}^t, \theta_{1j_1}^t, \dots, \theta_{(N_{RF}^t-1)j_{N_{RF}^t-1}}^t \right)$ 내의 2개 빔들 θ_{pr}^t 및 θ_{qs}^t 의 모든 조합들에 대하여, (조합의 총 개수 = $\binom{N_{RF}^t}{2}$)
	i	$\rho_{rs}^{pq} > \rho_{th}$ 이면, $f = 0$ 으로 설정하고, B 루프 벗어남.
	C	$f = 1$ 이면, $K' \leftarrow K' \cup \left\{ \left(\theta_{0j_0}^t, \theta_{1j_1}^t, \dots, \theta_{(N_{RF}^t-1)j_{N_{RF}^t-1}}^t \right) \right\}$
3	메모리에 K' 를 저장.	
4	참조 신호 수신 후, 주어진 지표(metric)에 따라 K' 에서 최적의 후보 선택.	

[0038]

[0039] 상기 <표 1>에서, 단계4의 경우, 최적의 빔 조합을 찾는 기준은 유효 SINR 최대화(effective SINR maximization), 상호 정보 용량 최대화(mutual information (capacity) maximization), 최소 SNR 최대화(minimum SNR maximization) 중 하나 또는 둘 이상의 조합으로서 정의될 수 있다.

[0040] 즉, 상기 <표 1>과 같이, 각 서브셋은 상기 서브셋에 속하는 빔들 중 모든 2개의 빔 쌍(pair)의 상관도가 상기 한계치 이하가 되도록 정의된다. 여기서, 상기 한계치는 서브셋들에 포함되는 송신 빔들의 개수의 편차가 지나치게 크지 아니하도록 정의됨이 바람직하다. 동일한 결과를 위해, 상기 <표 1>과 다른 알고리즘이 사용될 수 있다.

[0041] RF 빔포머의 구현 복잡도 및 BI 피드백 효율성을 고려하면, 모든 송신단 RF 체인에서 동일한 수의 빔을 운용하고, 각 체인 별 빔들의 위상도 동일하게 설정하는 실시 예도 가능하다. 즉, $N_B^t(0)=N_B^t(1)=\dots=N_B^t(N_{RF}^t-1)=N_B^t$, $\theta_{0j}^t=\theta_{1j}^t=\dots=\theta_{(N_{RF}^t-1)j}^t=\theta_j^t$ 과 같이 설정될 수 있다. 이 경우, 하나의 주어진 송신 빔 집합

$\Theta^t=\{\theta_0^t, \theta_1^t, \dots, \theta_{(N_B^t-1)}^t\}$ 는 상관도 기준에 따라 몇 개의 서브셋(subset)으로 분류될 수 있다. 이 경우, 빔 조합을 결정하는 알고리즘의 예는 하기 <표 2>와 같다

표 2

1	초기화	
	A	$\Theta^t = \{\theta_0^t, \theta_1^t, \dots, \theta_{N_B^t-1}^t\}$
	B	한계치 ρ_{th} 를 주어진 MIMO 모드에 따라 설정
	C	$i \leftarrow 0$
2	$\Theta^t \neq \emptyset$ 인 동안 아래 A 내지 D 수행	
	A	새로운 서브셋 Θ_i 생성 및 특정 θ_c^t 선택 ($\theta_c^t \in \Theta^t$)
	B	$\Theta_i = \{\theta_c^t\}$ 로 설정하고, $\Theta^t = \Theta^t - \{\theta_c^t\}$
	C	$\Theta^t \neq \emptyset$ 이면, $\Theta^t \neq \emptyset$ 인 동안 아래 i 및 ii 수행.
	i	특정 θ_d^t 선택 ($\theta_d^t \in \Theta^t$)
	ii	$\rho_{cd} < \rho_{th}$ 이면, $\Theta_i = \Theta_i \cup \{\theta_d^t\}$ 및 $\Theta^t = \Theta^t - \{\theta_d^t\}$
	D	$i \leftarrow i + 1$
3	모든 Θ_i 를 메모리에 저장	
4	참조 신호 수신 후, 주어진 지표(metric)에 따라 각 Θ_i 에서 최적의 후보 검색하고, 검색된 후보들 중 최적의 후보를 다시 선택.	

[0042]

[0043] 즉, 상기 <표 2>와 같이, 각 서브셋은 상기 서브셋에 속하는 빔들 중 모든 2개의 빔 쌍(pair)의 상관도가 상기 한계치 이하가 되도록 정의된다. 동일한 결과를 위해, 상기 <표 2>와 다른 알고리즘이 사용될 수 있다.

[0044] 상술한 서브셋의 결정을 위한 실시 예는, 상기 도 1과 같은 하이브리드 빔포밍 구조에 기초하여 설명되었다. 상기 도 1과 달리, 본 발명의 다른 실시 예에 따라, 하기 도 2 또는 하기 도 3과 같은 하이브리드 빔포밍 구조가 사용될 수 있다.

[0045] 도 2는 본 발명의 다른 실시 예에 따른 하이브리드 빔포밍 구조를 도시한다. 상기 도 2는 디지털 경로가 하나의 하나의 서브(sub) 어레이 안테나와 연결되는 구조를 예시한다.

[0046] 상기 도 2를 참고하면, 상기 하이브리드 빔포밍은 디지털 빔포밍 블록(210), 체인 블록(220), 아날로그 빔포밍 블록(230)을 통해 수행된다. 구체적으로, 상기 디지털 빔포밍 블록(210)은 MIMO 인코더(212), 기저대역 프리코더 (214)를 포함한다. 상기 체인 블록(220)은 N개 체인들을 포함하며, 각 체인은 IFFT 블록(222), P/S 블록 (224), DAC (226)를 포함한다. 상기 아날로그 빔포밍 블록(230)은 N개의 믹서들(232-1 내지 232-N), N×K개의 위상 및 크기 변환 소자들로 구성된 RF 빔포머들(234-1 내지 234-NK), K개의 PA들(238-1 내지 238-K), K개의 신호 방사 소자들을 구비한 서브 어레이 안테나들(240-1 내지 240-M)을 포함한다. 상기 도 2의 빔포밍 구조의 경우, 상기 체인 블록(230) 내 각 RF 체인들 각각은 독립적인 서브 어레이 안테나(240)를 가진다.

[0047] 도 3은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 하이브리드 빔포밍 구조를 도시한다. 상기 도 3은 각 디지털 경로가 모든 서브 어레이 안테나들과 연결되는 구조를 예시한다.

[0048] 상기 도 3을 참고하면, 상기 하이브리드 빔포밍은 디지털 빔포밍 블록(310), 체인 블록(320), 아날로그 빔포밍 블록(330)을 통해 수행된다. 구체적으로, 상기 디지털 빔포밍 블록(310)은 MIMO 인코더(312), 기저대역 프리코더(314)를 포함한다. 상기 체인 블록(320)은 N개 체인들을 포함하며, 각 체인은 IFFT 블록(322), P/S 블록(324), DAC(326)를 포함한다. 상기 아날로그 빔포밍 블록(330)은 N개의 믹서들(332-1 내지 332-N), $N \times K$ 개의 위상 및 크기 변환 소자들로 구성된 RF 빔포머 서브셋들(334-1 내지 334-NK), K개의 덧셈기들(336-1 내지 336-K), K개의 PA들(338-1 내지 338-K), K개의 신호 방사 소자들을 구비한 서브 어레이 안테나들(340-1 내지 340-M)을 포함한다.

[0049] 상기 도 3에 도시된 구조는 상기 도 1 및 상기 도 2를 모두 지원할 수 있는 일반적인 구조의 예시이다. 예를 들어, 상기 도 3의 구조에서, 하나의 안테나만을 사용하면 상기 도 1과 유사한 구조가 구현될 수 있다. 또한, 상기 도 3의 구조에서, RF 체인 개수 및 안테나 개수를 동일하게 한 후, 상호 대응하는 경로에만 non-zero 빔포밍 계수를 적용하고, 나머지에 zero(0) 계수를 적용하면, 상기 도 2와 유사한 구조가 구현될 수 있다. 여기서, zero(0) 계수의 적용은 연결을 끊는 경우를 포함한다.

[0050] 상기 도 3과 같은 하이브리드 빔포밍 구조의 경우, 빔포밍 벡터들은 하기 <수학식 5>와 같이 표현될 수 있다.

수학식 5

$$\mathbf{w}_{RF1} = \begin{bmatrix} \vec{w}_{11} \\ \vec{w}_{21} \\ \vec{w}_{31} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{w}_{RF2} = \begin{bmatrix} \vec{w}_{21} \\ \vec{w}_{22} \\ \vec{w}_{32} \end{bmatrix}$$

[0051]

[0052] 상기 <수학식 5>에서, \mathbf{w}_{RFn} 은 n번째 RF 체인에 대한 빔포밍 벡터들, \vec{w}_{nm} 은 n번째 RF 체인 및 m번째 서브 어레이 안테나에 대응하는 빔포밍 벡터를 의미한다.

[0053] 상기 <수학식 5>는 RF 체인 개수가 2, 서브 어레이 안테나 개수가 3인 경우의 빔포밍 벡터들을 예시한다. 이 경우, 빔포밍 벡터들 간 상관도는 하기 <수학식 6>과 같이 결정될 수 있다.

수학식 6

$$\rho = \left| \mathbf{w}_{RF1}^H \mathbf{w}_{RF2} \right| = \left| \vec{w}_{11}^H \vec{w}_{21} + \vec{w}_{21}^H \vec{w}_{22} + \vec{w}_{31}^H \vec{w}_{32} \right| \neq 0$$

[0054]

[0055] 상기 <수학식 6>에서, 상기 ρ 는 빔포밍 벡터들 간 상관도, \mathbf{w}_{RFn} 은 n번째 RF 체인에 대한 빔포밍 벡터들, \vec{w}_{nm} 은 n번째 RF 체인 및 m번째 서브 어레이 안테나에 대응하는 빔포밍 벡터를 의미한다.

[0056] 유한 개의 빔 셋이 각 서브 어레이 별로 정해져 있는 경우, 서브 어레이 안테나 별 빔을 서로 조합함으로써, 상기 <수학식 5>와 유사하게 총(total) 빔포밍 벡터들을 구성한 후, 상술한 방식에 따라 상관도를 기준으로 서브 셋들이 결정될 수 있다.

[0057] 정리하면, 상기 <수학식 1>의 RF 빔포밍 벡터는 하기 <수학식 7>과 같이 일반화될 수 있다.

수학식 7

$$\mathbf{w}_{RF1} = \begin{bmatrix} \vec{w}_{11} \\ \vec{w}_{21} \\ \vdots \\ \vec{w}_{N_t^{sa}1} \end{bmatrix}$$

[0058]

[0059] 상기 <수학식 7>에서, 상기 \mathbf{w}_{RFn} 은 n번째 RF 체인에 대한 빔포밍 벡터들, 상기 \vec{w}_{nm} 은 n번째 RF 체인 및 m번째 서브 어레이 안테나에 대응하는 빔포밍 벡터, 상기 N_t^{sa} 는 서브 어레이 안테나의 개수를 의미한다.

[0060] 상기 <수학식 7>에 나타난 각 \vec{w}_{nm} 은 상기 <수학식 1>에 표현된 빔포밍 벡터에 해당한다. 상기 <수학식 7>에서, N_t^{sa} 가 1이면, 상기 도 1과 같은 빔포밍 구조에 적용되는 빔포밍 벡터가 구성된다.

[0061] 또한, 상기 <수학식 2> 및 상기 <수학식 3>의 $N_B^i(i)$ 는 상기 <수학식 8>과 같이 정의될 수 있다.

수학식 8

$$N_B^i(i) = N_B^{SA1} \times N_B^{SA2} \times \dots \times N_B^{SAN_t^{sa}}$$

[0062]

[0063] 상기 <수학식 8>에서, 상기 $N_B^i(i)$ 는 송신단의 i번째 RF 체인에서 운용 가능한 빔의 개수, 상기 $N_B^{SA m}$ 은 m번째 서브 어레이 안테나에서 운용 가능한 빔의 개수, 상기 N_t^{sa} 는 서브 어레이 안테나의 개수를 의미한다.

[0064] 즉, 상기 <수학식 8>을 참고하면, i번째 RF 체인에서 운용 가능한 빔의 개수는 서브 어레이 안테나 별 빔 개수들의 곱으로 표현된다. 따라서, 상기 도 1과 같은 하이브리드 빔포밍 구조의 경우, N_t^{sa} 는 1이다.

[0065] 상술한 바와 같이, 빔들 간 상관도에 따라 빔들의 서브셋들이 결정된다. 구체적으로, 상기 <표 1> 또는 상기 <표 2>와 같은 알고리즘에 따라 한계치 미만의 상관도를 가지는 빔들로 구성된 적어도 하나의 서브셋이 결정된다. 이때, MIMO 모드 별로 다른 서브셋들이 구성될 수 있다. 다시 말해, 전체 빔들은 적어도 하나의 서브셋들로 분류되며, 이때, MIMO 모드에 따라 서로 다른 서브셋 분류가 결정될 수 있다. 예를 들어, 특정 2개의 빔들 b1, b2이 존재하는 경우, b1 및 b2는 공간 다중화 모드의 경우 동일한 서브셋에 속하나, 다이버시티 모드의 경우 서로 다른 서브셋에 속할 수 있다.

[0066] 상기 적어도 하나의 서브셋은, 기지국의 송신 빔들에 대해 결정되거나, 또는, 상기 기지국의 수신 빔들에 대해 결정될 수 있다. 이 경우, 상기 적어도 하나의 서브셋은 상기 기지국의 RF 체인들, 어레이 안테나 등의 하드웨어 특성을 고려하여 결정된다. 또한, 상기 적어도 하나의 서브셋은, 단말의 송신 빔들에 대해 결정되거나, 또는, 상기 단말의 수신 빔들에 대해 결정될 수 있다. 이 경우, 상기 적어도 하나의 서브셋은 상기 단말의 RF 체인들, 어레이 안테나 등의 하드웨어 특성을 고려하여 결정된다. 따라서, 상기 서브셋은 상기 기지국 및 상기 단말의 제조 과정에서 결정되고, 미리 저장될 수 있다.

- [0067] 상기 빔들의 서브셋을 이용하면, 기지국 및 단말은 상관을 고려한 빔 선택을 수행할 수 있다. 예를 들어, 빔들 간 상관계수가 낮을수록 성능이 우수한 MIMO 모드로 동작하는 경우, 상기 기지국 및 상기 단말은 일정 시간 자원 또는 주파수 자원 범위 내에서 동일 서브셋 내의 빔들의 조합을 사용할 수 있다. 반대로, 빔들 간 상관계수가 높을수록 성능이 우수한 MIMO 모드로 동작하는 경우, 상기 기지국 및 상기 단말은 일정 시간 자원 또는 주파수 자원 범위 내에서 서로 다른 서브셋 내의 빔들의 조합을 사용할 수 있다.
- [0068] 상기 서브셋이 프레임(frame) 또는 서브프레임(subframe)에 대응될 수 있다. 예를 들어, 기지국은 특정 서브프레임 내에서 동일한 서브셋 내의 빔들만을 지원할 수 있다. 즉, 기지국은 서브프레임마다 사용 가능한 빔들을 제한할 수 있으며, 이때, 사용되는 빔들의 선택 기준이 상기 서브셋일 수 있다.
- [0069] 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 기지국 및 상기 단말은 자신의 빔들에 대한 서브셋 정보를 공유함 없이도, 상술한 바와 같이 서브셋을 활용할 수 있다. 예를 들어, 송신 빔포밍을 위한 송신 빔의 선택이 송신단에 의해 이루어지는 경우, 상기 송신단이 수신단에게 상기 송신단의 송신 빔들에 대한 서브셋 정보를 제공하지 아니하더라도, 상기 송신단은 서브셋을 고려하여 다수의 빔들을 선택할 수 있다. 반면, 빔포밍을 위한 송신 빔의 선택이 수신단에 의해 이루어지더라도, 송신단의 아날로그 빔 집합이 미리 결정되어 있는 경우, 상기 수신단은 송신단으로부터의 별도의 시그널링 없이 상기 송신단의 송신 빔들의 상관을 계산할 수 있다. 이에 따라, 상기 수신단은 계산된 상관계수에 기초하여 송신단의 MIMO 모드별 서브셋을 결정하고, 메모리에 저장할 수 있다. 추후, 기지국이 하향링크 전송을 위해 특정 MIMO 모드에 대한 BI, PMI 피드백을 요청할 경우, 상기 수신단은 스스로 결정한 서브셋 정보를 활용할 수 있다.
- [0070] 본 발명의 다른 실시 예에 따라, 상술한 바와 같은 서브셋의 활용을 위해, 상기 송신단 및 상기 수신단은 서브셋 정보를 공유해야 한다. 예를 들어, 송신단의 아날로그 빔 집합이 미리 결정되어 있지 아니한 경우, 예를 들어, 제조사마다 아날로그 빔 집합이 상이하여 송신단의 서브셋 정보를 수신단에게 알려주어야 하는 경우, 예를 들어, 상기 서브셋 정보는 시그널링(signaling)을 통해 교환될 수 있다. 구체적으로, 상기 시그널링을 통해 적어도 하나의 서브셋의 식별 정보, 각 서브셋에 포함되는 빔들의 식별 정보가 전달될 수 있으며, 추가적으로, 상기 빔들의 빔 계수들을 포함하는 빔 벡터들이 전달될 수 있다. 여기서, 상기 빔 계수는 크기 및 위상의 조합으로 표현될 수 있다.
- [0071] 상기 송신단이 기지국인 경우, 상기 서브셋 정보는 다음과 같이 전송될 수 있다. 예를 들어, 상기 기지국은 서브셋 정보를 방송 채널을 통해 주기적으로 전송할 수 있다. 도 4를 참고하면, 401단계에서, 기지국(410)은 단말(420)로 서브셋 정보를 포함하는 주기적인 방송 메시지를 송신한다. 여기서, 상기 방송 메시지는 시스템 정보일 수 있다. 다른 예로, 상기 기지국은 상기 서브셋 정보를 단말이 전원이 켜졌을 때 초기 접속한 이후 전송할 수 있다. 도 5를 참고하면, 501단계에서, 기지국(510) 및 단말(520)은 초기 접속 절차를 수행한다. 상기 초기 접속 절차 수행 후, 503단계에서, 상기 기지국(510)은 상기 단말(520)로 상기 서브셋 정보를 송신한다. 단, 상기 도 5와 달리, 상기 서브셋 정보의 송신은 상기 초기 접속 절차 중 일부로서 포함될 수 있다. 또 다른 예로, 상기 기지국은 핸드오프(handoff) 시 타겟 기지국으로 진입하는 과정에서 송신되는 시스템 정보에 상기 서브셋 정보를 포함시킬 수 있다. 도 6을 참고하면, 601단계에서, 서빙 기지국(610-1), 타겟 기지국(610-2), 단말(620)은 상기 단말(620)의 핸드오버 절차를 수행한다. 상기 핸드오버 절차 수행 중, 603단계에서, 상기 타겟 기지국(610-2)은 상기 단말(620)로 상기 서브셋 정보를 송신한다. 만일, 단말 별로 서브셋 정보를 전송하는 경우, 예를 들어, 상기 도 5 및 상기 도 6과 같은 경우, 기지국은 단말에서 운용 가능한 MIMO 모드를 식별하고, 상기 단말에서 운용 가능한 MIMO 모드에 한해서만 상기 서브셋 정보를 송신할 수 있다.
- [0072] 상기 송신단이 단말인 경우, 다시 말해, 상향링크에서 단말이 기지국으로 다중 빔으로 송신하는 경우, 상기 서브셋 정보는 다음과 같이 전송될 수 있다. 단말마다 자신의 빔에 대한 참조 신호를 개별적으로 전송할 수 있는 구간이 주어진다면, 기지국에 진입하여 전송 채널이 형성된 후, 상기 단말은 서브셋 정보를 송신할 수 있다. 예를 들어, 상기 단말은 초기 진입 절차를 통해 상기 서브셋 정보를 전송할 수 있다. 도 7을 참고하면, 701단계에서, 단말(720) 및 기지국(710)은 초기 진입 절차를 수행한다. 이때, 상기 초기 진입 절차 수행 중, 703단계에서, 상기 단말(720)은 상기 기지국(710)으로 상기 서브셋 정보를 송신한다. 다른 예로, 상기 단말은 핸드오버 시 시스템 정보를 교환하는 과정에서 상기 서브셋 정보를 전송할 수 있다. 도 8을 참고하면, 801단계에서, 서빙 기지국(810-1), 타겟 기지국(810-2), 단말(820)은 상기 단말(820)의 핸드오버 절차를 수행한다. 상기 핸드오버 절차 수행 중, 803단계에서, 상기 단말(820)은 상기 타겟 기지국(810-2)으로 상기 서브셋 정보를

송신한다. 이후, 상기 타겟 기지국(810-2)이 상기 단말(820)로부터 상향링크 데이터 전송 요청을 수신하면, 상기 타겟 기지국(810-2)은 상기 단말(820)에게 사운딩 채널을 할당하고, 빔 참조 신호를 수신한 후, 미리 저장된 서브셋 정보에 기초하여 최적의 빔 및 코드북 조합을 선택하고, 상기 최적의 빔 및 코드북을 알리는 정보를 상향링크 자원 할당 정보와 함께 상기 단말(820)에게 전송할 수 있다. 이에 따라, 상기 단말(820)은 서브셋 정보에 기초하여 선택된 빔 및 코드북을 사용하여 다중 빔 전송을 수행한다.

[0073] 상기 서브셋 정보가 시그널링되는 경우, 상기 서브셋 정보의 구체적인 형태는 다양하게 구성될 수 있다. 예를 들어, 상기 서브셋 정보는 이하 도 9과 같이 구성될 수 있다.

[0074] 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 서브셋 정보의 구성 예들을 도시한다. 상기 도 9에서, (a)는 빔 계수들을 포함하는 실시 예, (b)는 분류 결과를 포함하는 실시 예를 도시한다.

[0075] 상기 도 9의 (a)를 참고하면, 본 발명의 실시 예에 따라, 수신단이 스스로 서브셋을 결정할 수 있도록, 송신단이 아날로그 빔 계수를 알려줄 수 있다. 예를 들어, 상기 송신단은 상기 빔 계수를 구성하는 크기 및 위상 값 자체를 전달할 수 있다. 다른 예로, 상기 <수학식 1>과 같은 ULA(Uniform Linear Array) 또는 UPA(Uniform Planar Array)를 사용하는 경우, 빔포밍 벡터를 하나 또는 둘 이상의 조향각(steering angle) 값들에 일대일로 대응시키는 것이 가능하므로, 상기 송신단은 상기 조향각(steering angle) 값만을 부호화하여 전송할 수 있다. 여기서, 상기 조향각이 하나이면 ULA, 상기 조향각이 2개이면 UPA로 정의될 수 있다. 예를 들어, 송신단이 체인 별로 8개의 빔을 사용할 수 있는 ULA로 구성된 경우, 상기 송신단이 수신단에 제공해야 할 정보는 각 빔에 해당하는 8개의 조향각(steering angle) 값들이며, 상기 조향각 값들을 부호화하는 데 필요한 비트 수는 요구되는 정확도에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어 -60° 에서 60° 까지 10° 간격으로 표현한다면 13개 레벨들이 요구되므로, 빔 하나 당 4비트(16레벨)가 필요하다.

[0076] 상기 도 9의 (b)를 참고하면, 본 발명의 다른 실시 예에 따라, 송신단이 서브셋 식별 정보 및 서브셋에 포함된 빔들의 식별 정보를 알려줄 수 있다. 이 경우, MIMO 모드 별로 서브셋 개수 및 서브셋 내의 빔 수가 달라질 수 있으므로, MIMO 모드, 서브셋 개수, 빔 수를 모두 구별할 수 있도록 부호화된다. 일반적으로 송신단에서 운용 가능한 빔 개수는 미드앰블, 사운딩 신호와 같은 참조 신호의 패턴(pattern)에 영향을 받기 때문에, 상기 운용 가능한 빔 개수는 고정적일 수 있다. 또한, 동일한 비트 수로 해당 정보를 부호화해야 하는 제약이 주어진다면, 상기 서브셋 정보는 {MIMO 모드 인덱스}-{빔 별 서브셋 인덱스} 형태로 부호화될 수 있다. 예를 들어, 다이버시티/공간다중화 등의 2 가지 MIMO 모드들로 서브셋 종류가 구별되고, 서브셋 종류가 최대 2개, 송신단의 빔 수가 8개인 경우, 서브셋 정보는 $m_0m_1m_2m_3m_4m_5m_6m_7$ 의 9비트로 표현될 수 있다. 여기서, 상기 m_0 는 MIMO 모드 식별자, 나머지 m_1 내지 m_8 의 8비트는 비트맵(bitmap)으로서, 각 빔이 속하는 서브셋 식별자일 수 있다. 구체적인 예로, m_0 가 0이면 다이버시티, 1이면 공간다중화를 의미하고, m_1 내지 m_8 가 01010101이면 1, 3, 5, 7번 빔은 서브셋 0에, 2, 4, 6, 8번 빔은 서브셋 1에 속함을 의미할 수 있다.

[0077] 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 동작 절차를 도시한다.

[0078] 상기 도 10을 참고하면, 상기 수신단은 1001단계에서 송신단의 송신 빔 서브셋 정보를 수신한다. 상기 서브셋 정보는 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들을 분류한 적어도 하나의 서브셋을 지시하는 정보 및 상기 서브셋을 분류하는데 필요한 정보 중 하나를 포함한다. 예를 들어, 상기 수신단이 단말인 경우, 상기 수신단은 초기 접속 과정에서 상기 서브셋 정보를 수신하거나, 또는, 상기 초기 접속 직후 상기 서브셋 정보를 수신하거나, 또는, 기지국에서 방송하는 시스템 정보로부터 상기 서브셋 정보를 획득하거나, 또는, 상기 수신단의 핸드오버 절차 중 상기 서브셋 정보를 수신할 수 있다. 다른 예로, 상기 수신단이 기지국인 경우, 상기 수신단은 상기 송신단의 초기 접속 과정에서 상기 서브셋 정보를 수신하거나, 또는, 상기 초기 접속 직후 상기 서브셋 정보를 수신하거나, 또는, 상기 송신단의 핸드오버 절차 중 상기 서브셋 정보를 수신할 수 있다.

[0079] 상기 서브셋 정보를 수신한 후, 상기 수신단은 1003단계로 진행하여 상기 송신단에서 송신되는 참조 신호를 이용하여 채널 품질을 측정한다. 구체적으로, 상기 참조 신호는 프리앰블, 미드앰블, 동기 신호, 파일럿 신호 등이 될 수 있다. 또한, 상기 채널 품질을 수신 신호 세기(RSS: Received Signal Strength)일 수 있다. 다른 예로, 상기 채널 품질은 SINR(Signal to Interference and Noise Ratio), SNR(Signal and Noise Ratio), CINR(Carrier to Interference and Noise Ratio) 중 하나가 될 수 있다. 여기서, 상기 수신단은 상기 송신단의

송신 빔 별로 채널 품질을 측정한다. 즉, 상기 참조 신호는 상기 송신단에서 각 송신 빔으로 빔포밍되어 반복적으로 송신된다. 다시 말해, 송신 빔 개수 만큼의 참조 신호들이 송신될 수 있다.

[0080] 이후, 상기 수신단은 1005단계로 진행하여 상기 송신단의 빔 서브셋 정보에 기초하여 데이터 신호에 적용될 송신 빔 조합을 결정한다. 이때, 상기 수신단은 적용될 MIMO 모드에 대응하는 기준에 따라 다수의 빔들을 선택함으로써, 상기 송신 빔 조합을 결정한다. 상기 송신 빔 조합 결정에 대한 구체적 과정은 본 발명의 실시 예에 따라 달라질 수 있다. 이하 본 발명은 이하 도 12 내지 이하 도 15를 참고하여 상기 송신 빔 조합 결정의 실시 예를 설명한다.

[0081] 상기 송신 빔 조합을 결정한 후, 상기 수신단은 1007단계로 진행하여 상기 송신 빔 조합에 따른 유효 채널(effective channel)을 산출한다. 이때, 상기 수신단은 서로 다른 MIMO 모드들에 대해 선택된 다수의 빔 조합들 각각에 대한 유효 채널들을 산출할 수 있다. 다시 말해, 상기 수신단은 MIMO 모드 별 유효 채널을 결정할 수 있다. 상기 유효 채널은 실제 채널 및 빔 계수의 곱으로 표현되는 것으로서, 아날로그 빔포밍에 의한 영향을 고려한 채널을 의미한다. 단, 상기 유효 채널을 산출하기 위해, 상기 수신단이 반드시 상기 빔 계수를 알아야 하는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 유효 채널은 빔포밍 적용된 참조 신호를 통해 추정된 채널 값들의 조합으로 산출될 수 있다.

[0082] 상기 유효 채널을 산출한 후, 상기 수신단은 1009단계로 진행하여 상기 유효 채널에 기초하여 프리코딩 행렬을 선택한다. 상기 프리코딩 행렬을 디지털 빔포밍을 위한 빔 계수들을 나타내는 행렬로서, PMI(Precoding Matrix Index)로 식별될 수 있다. 예를 들어, 상기 수신단은 MIMO 모드에 따라 프리코딩 행렬을 선택할 수 있다. 여기서, 상기 MIMO 모드는 다이버시티 모드, 공간 다중화 모드 중 하나일 수 있다.

[0083] 상기 프리코딩 행렬을 선택한 후, 상기 수신단은 1011단계로 진행하여 상기 송신 빔 조합 및 상기 프리코딩 행렬의 선택 결과를 상기 송신단으로 피드백한다. 상기 선택 결과는 상기 송신 빔 조합에 포함되는 빔들을 지시하는 아날로그 빔 인덱스, 상기 프리코딩 행렬을 지시하는 디지털 빔 인덱스(예: PMI)를 포함할 수 있다. 본 발명의 다른 실시 예에 따라, 상기 수신단은 다수의 MIMO 모드들에 대한 송신 빔 조합들 및 유효 채널들을 피드백할 수 있다. 이 경우, 실행될 MIMO 모드는 상기 송신단에 의해 결정될 수 있다.

[0084] 이후, 상기 수신단은 1013단계로 진행하여 데이터 신호를 수신한다. 상기 데이터 신호는 송신단에서 디지털 빔포밍 및 아날로그 빔포밍된 후 송신된다. 이때, 상기 디지털 빔포밍은 상기 1011단계에서 피드백된 프리코딩 행렬에 의해, 상기 아날로그 빔포밍은 상기 1011단계에서 피드백된 송신 빔 조합에 의해 이루어진다.

[0085] 도 11은 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 송신단의 동작 절차를 도시한다.

[0086] 상기 도 11을 참고하면, 상기 송신단은 1101단계에서 상기 송신단의 송신 빔 서브셋 정보를 수신단으로 송신한다. 상기 서브셋 정보는 상기 송신단의 아날로그 송신 빔들을 분류한 적어도 하나의 서브셋을 지시하는 정보 및 상기 서브셋을 분류하는데 필요한 정보 중 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 수신단이 단말인 경우, 상기 송신단은 상기 수신단의 초기 접속 과정에서 상기 서브셋 정보를 송신하거나, 또는, 상기 수신단의 상기 초기 접속 직후 상기 서브셋 정보를 송신하거나, 또는, 기지국에서 방송하는 시스템 정보를 통해 상기 서브셋 정보를 송신하거나, 또는, 상기 수신단의 핸드오버 절차 중 상기 서브셋 정보를 송신할 수 있다. 다른 예로, 상기 수신단이 기지국인 경우, 상기 수신단은 상기 송신단의 초기 접속 과정에서 상기 서브셋 정보를 수신하거나, 또는, 상기 초기 접속 직후 상기 서브셋 정보를 수신하거나, 또는, 상기 송신단의 핸드오버 절차 중 상기 서브셋 정보를 수신할 수 있다.

[0087] 이후, 상기 송신단은 1103단계에서 상기 수신단으로부터 송신 빔 조합 및 프리코딩 행렬의 선택 결과를 수신한다. 상기 선택 결과는 상기 송신 빔 조합에 포함되는 빔들을 지시하는 아날로그 빔 인덱스, 상기 프리코딩 행렬을 지시하는 디지털 빔 인덱스(예: PMI)를 포함할 수 있다.

[0088] 이후, 상기 송신단은 1105단계로 진행하여 데이터 신호를 송신한다. 구체적으로, 상기 송신단은 상기 수신단으로 송신할 데이터를 변조하고, 디지털 빔포밍 및 아날로그 빔포밍한 후, 빔포밍된 신호들을 송신한다. 이때, 상기 디지털 빔포밍은 상기 1103단계에서 피드백된 프리코딩 행렬에 의해, 상기 아날로그 빔포밍은 상기 1103단계에서 피드백된 송신 빔 조합에 의해 이루어진다.

[0089] 상술한 바와 같이, 수신단은 송신단의 송신 빔 서브셋에 기초하여 데이터 송신에 사용될 송신 빔 조합을 결정한

다. 이때, 상기 송신 빔 조합은 MIMO 모드에 따라 다른 기준에 의해 결정될 수 있다. 상기 MIMO 모드에 따른 빔 조합 결정을 간략히 설명하면 다음과 같다.

- [0090] 예를 들어, 송신단의 전체 송신 빔 집합 B는 {b0, b1, b2, b3, b4, b5, b6, b7, b8, b9, b10, b11, b12, b13, b14, b15}일 수 있다. 이때, 송신 빔 서브셋들은 B1 및 B2로서, B1은 {b0, b2, b4, b6, b8, b10, b12, b14}, B2는 {b1, b3, b5, b7, b9, b11, b13, b15}로 정의될 수 있다.
- [0091] MIMO 모드가 다이버시티 모드인 경우, 송신 빔 조합은 각 서브셋에서 최대 수신 신호 세기를 가지는 1개의 빔들을 선택함으로써 결정될 수 있다. 구체적으로, 2×1 다이버시티인 경우, 상기 수신단은 서브셋 B1에서 최대 수신 신호 세기를 제공하는 1개의 빔을, 서브셋 B2에서 최대 수신 신호 세기를 제공하는 1개의 빔을 상기 빔 조합에 포함시킨다. 상기 다이버시티 모드의 경우, 다이버시티 차수(diversity order)보다 SNR 이득(gain)이 성능에 큰 영향을 주기 때문이다. 다른 예로, 상기 MIMO 모드가 다이버시티 모드인 경우, 상기 서브셋과 무관하게 빔들 간 상관도를 고려하여 상기 빔 조합이 결정될 수 있다. 구체적으로, 2×1 다이버시티인 경우, 상기 수신단은 상기 전체 빔 집합 B에서 빔 인덱스를 수신 신호 세기를 기준으로 내림차순 정렬 후, 상관도에 무관하게 가장 큰 수신 신호 세기를 제공하는 2개의 빔들을 선택할 수 있다.
- [0092] MIMO 모드가 공간 다중화 모드인 경우, 송신 빔 조합은 각 서브셋에서 수신 신호 세기가 높은 필요한 개수의 빔들을 선택한 후, 가장 큰 수신 신호 세기 합을 가지는 서브셋을 선택함으로써 결정될 수 있다. 구체적으로, 2×2 공간 다중화인 경우, 상기 수신단은 서브셋 B1에서 가장 큰 수신 신호 세기를 가지는 2개의 빔들을, 서브셋 B2에서 가장 큰 수신 신호 세기를 가지는 2개의 빔들을 판단한 후, B1 및 B2 중 더 큰 수신 신호 세기 합을 가지는 서브셋에서 판단된 2개의 빔들을 상기 송신 빔 조합에 포함시킨다. 상기 공간 다중화 모드의 경우, 유효 채널의 상관도를 낮추는 것이 성능에 큰 영향을 주기 때문이다. 다른 예로, 상기 MIMO 모드가 다이버시티 모드인 경우, 상기 서브셋과 무관하게 빔들 간 상관도를 고려하여 상기 빔 조합이 결정될 수 있다. 구체적으로, 2×2 공간 다중화인 경우, 상기 수신단은 상기 전체 빔 집합 B에서 빔 인덱스를 수신 신호 세기를 기준으로 내림차순 정렬 후, 최대 큰 수신 신호 세기를 제공하는 1번째 빔을 선택한다. 그리고, 상기 수신단은 상기 1번째 빔과 2번째 빔의 상관도가 임계치 미만이면 상기 2번째 빔을 선택하고, 상기 상관도가 임계치 이상이면 상기 1번째 빔과 3번째 빔의 상관도를 비교한다. 상기 수신단은 이를 반복하여 2개의 빔들을 선택한다.
- [0093] 이하, 본 발명은 이하 도 12 내지 이하 도 15를 참고하여 상술한 송신 빔 조합 결정의 실시 예들을 구체적으로 설명한다. 이하 도 12 내지 이하 도 15에서, 수신단은 수신 신호 세기에 기초하여 빔들을 선택한다. 그러나, 상기 수신 신호 세기는 채널 품질의 일 예로서, 상기 수신 신호 세기는 SINR, CINR, SNR 등 다른 지표(metric)로 대체될 수 있다.
- [0094] 도 12는 본 발명의 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 빔 조합 결정 절차를 도시한다.
- [0095] 상기 도 12를 참고하면, 상기 수신단은 1201단계에서 서브셋 별 최대 수신 신호 세기를 제공하는 빔을 판단한다. 다시 말해, 상기 수신단은 송신단의 모든 송신 빔들 각각에 대한 수신 신호 세기를 측정하고, 각 서브셋에서 최대 수신 신호 세기를 제공하는 빔을 판단한다. 이에 따라, 상기 서브셋 개수 만큼의 빔들이 식별된다.
- [0096] 이후, 상기 수신단은 1203단계로 진행하여 다이버시티 차수에 대응하는 개수 만큼 서브셋 당 하나의 빔들을 선택한다. 즉, 상기 수신단은 상기 1201단계에서 식별된 서브셋 별 최대 수신 신호 세기를 제공하는 빔들 중 상기 차수에 대응하는 개수 만큼의 빔들을 선택한다. 예를 들어, 상기 수신단은 가장 높은 수신 신호 세기를 제공하는 빔들을 선택할 수 있다. 다른 예로, 상기 수신단은 서브셋 별 빔들 중 가장 상관도가 높은 조합의 빔들을 선택할 수 있다.
- [0097] 도 13은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 빔 조합 결정 절차를 도시한다.
- [0098] 상기 도 13을 참고하면, 상기 수신단은 1301단계에서 모든 서브셋에서 수신 신호 세기 순서로 빔들을 정렬한다. 즉, 상기 수신단은 서브셋과 무관하게 빔들을 정렬한다.
- [0099] 이후, 상기 수신단은 1303단계로 진행하여 서브셋과 무관하게 다이버시티 차수에 대응하는 개수 만큼 수신 신호 세기 순서에 따라 빔들을 선택한다. 예를 들어, 다이버시티 차수가 2인 경우, 상기 수신단은 전체 빔들 중 수신

신호 세기가 큰 2개 빔들을 상기 빔 조합에 포함시킨다.

- [0100] 상기 도 13에 도시된 실시 예는 서브셋과 무관하게 빔들을 선택한다. 본 발명의 다른 실시 예에 따라, 상기 수신단은, 다이버시티 차수에 대응하는 개수 만큼 빔들을 선택하되, 하나의 서브셋 내의 빔들로 상기 빔 조합을 결정할 수 있다. 이때, 상기 하나의 서브셋은 미리 정의된 기준에 의해 선택될 수 있다. 예를 들어, 상기 하나의 서브셋은 평균 신호 세기가 가장 큰 서브셋일 수 있다.
- [0101] 도 14는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 빔 조합 결정 절차를 도시한다.
- [0102] 상기 도 14를 참고하면, 상기 수신단은 1401단계에서 각 서브셋에서 수신 신호 세기 순서로 공간 다중화 차수에 대응하는 개수의 빔들을 판단한다. 예를 들어, 상기 공간 다중화 차수가 2인 경우, 상기 수신단은 각 서브셋에서 수신 신호 세기가 큰 2개 빔들을 판단한다. 이에 따라, 각 서브셋 마다, 2개의 큰 수신 신호 세기를 제공하는 빔들이 식별된다.
- [0103] 이후, 상기 수신단은 1403단계로 진행하여 상기 가장 큰 수신 신호의 세기 합을 가지는 서브셋에서 판단된 빔들을 식별한다. 다시 말해, 상기 수신단은 상기 1401단계에서 식별된 빔들의 서브셋 별 수신 신호 세기 합을 산출하고, 상기 수신 신호 세기 합이 가장 큰 서브셋에서 식별된 빔들을 상기 빔 조합에 포함시킨다.
- [0104] 도 15는 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 빔 조합 결정 절차를 도시한다.
- [0105] 상기 도 15를 참고하면, 상기 수신단은 1501단계에서 모든 서브셋에서 수신 신호 세기 순서로 빔들을 정렬한다. 즉, 상기 수신단은 서브셋과 무관하게 빔들을 정렬한다.
- [0106] 상기 빔들을 정렬한 후, 상기 수신단은 1503단계로 진행하여 최대 수신 신호 세기를 제공하는 1번째 빔을 선택한다. 다시 말해, 상기 수신단은 전체 송신 빔들 중 가장 큰 수신 신호 세기를 제공하는 빔을 상기 빔 조합에 포함시킨다.
- [0107] 이후, 상기 수신단은 1505단계로 진행하여 선택된 빔 및 n번째 빔 간 상관도가 임계치 미만인지 판단한다. 여기서, 상기 n은 최초 2로 초기화된다. 만일, 상기 상관도가 상기 임계치 이상이면, 상기 수신단은 1507단계로 진행하여 상기 n을 1 증가한 후, 상기 1505단계로 되돌아간다. 이때, 상기 선택된 빔이 다수인 경우, 상기 상관도의 임계치 미만 여부 판단은 각 선택된 빔에 대해 수행되고, 적어도 하나의 선택된 빔과 상기 n번째 빔 간 상관도가 임계치 이상이면, 상기 수신단은 상기 1507단계로 진행한다.
- [0108] 반면, 상기 상관도가 상기 임계치 미만이면, 상기 수신단은 1509단계로 진행하여 상기 n번째 빔을 선택한다. 다시 말해, 상기 수신단은 상기 n번째 빔을 상기 빔 조합에 포함시킨다.
- [0109] 이후, 상기 수신단은 1511단계로 진행하여 공간 다중화 차수만큼의 빔들이 선택되었는지 판단한다. 다시 말해, 상기 수신단은 필요한 개수의 빔들의 선택을 완료하였는지 판단한다. 상기 공간 다중화 차수만큼의 빔들이 선택되지 아니하였으면, 상기 수신단은 상기 1507단계로 진행하여 상기 n을 1 증가한 후, 상기 1505단계로 되돌아간다. 즉, 상기 수신단은 상기 공간 다중화 차수만큼의 빔들이 선택될 때 까지 상기 1505단계 내지 1509단계를 반복한다.
- [0110] 도 16은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 송신단의 블록 구성을 도시한다.
- [0111] 상기 도 16을 참고하면, 상기 송신단은 RF(Radio Frequency)처리부(1610), 기저대역(baseband)처리부(1620), 저장부(1630), 제어부(1640)를 포함한다.
- [0112] 상기 RF처리부(1610)는 신호의 대역 변환, 증폭 등 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능을 수행한다. 즉, 상기 RF처리부(1610)는 상기 기저대역처리부(1620)으로부터 제공되는 기저대역 신호를 RF 대역 신호로 상향 변환한 후 안테나를 통해 송신하고, 상기 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향 변환한다. 예를 들어, 상기 RF처리부(1610)는 송신 필터, 수신 필터, 증폭기, 믹서(mixer), 오실레이터(oscillator), DAC(Digital to Analog Convertor), ADC(Analog to Digital Convertor) 등을 포함할 수 있다. 상기 도 16에 도시된 바와 같이, 상기 송신단은 다수의 안테나들을 구비하며, 상기 다수의 안테나들은 적어도 하나의 어레이 안테나를 구성할 수 있다. 또한, 상기 RF처리부(1610)는 상기 다수의 안테나들에 대응하는 개수의 RF 체인들을 포

함할 수 있다. 그리고, 상기 RF처리부(1610)는 아날로그 빔포밍을 수행한다. 상기 아날로그 빔포밍을 위해, 상기 RF처리부(1610)는 상기 도 1, 상기 도 2 또는 상기 도 3의 상기 아날로그 빔포밍 블록(130, 230, 330)과 같은 구성을 포함할 수 있다.

[0113] 상기 기저대역처리부(1620)은 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열 간 변환 기능을 수행한다. 예를 들어, 데이터 송신 시, 상기 기저대역처리부(1620)은 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심벌들을 생성한다. 또한, 피드백 정보 수신 시, 상기 기저대역처리부(1620)은 상기 RF처리부(1610)로부터 제공되는 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다. 예를 들어, OFDM 방식에 따르는 경우, 데이터 송신 시, 상기 기저대역처리부(1620)은 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심벌들을 생성하고, 상기 복소 심벌들을 부반송파들에 매핑한 후, IFFT 연산 및 CP 삽입을 통해 OFDM 심벌들을 구성한다. 또한, 피드백 정보 수신 시, 상기 기저대역처리부(1620)은 상기 RF처리부(1610)로부터 제공되는 기저대역 신호를 OFDM 심벌 단위로 분할하고, FFT 연산을 통해 부반송파들에 매핑된 신호들을 복원한 후, 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다. 또한, 상기 기저대역처리부(1620)은 디지털 빔포밍을 수행한다. 상기 디지털 빔포밍을 위해, 상기 기저대역처리부(1620)은 상기 도 1, 상기 도 2 또는 상기 도 3의 상기 디지털 빔포밍 블록(110, 210, 310)과 같은 구성을 포함할 수 있다.

[0114] 상기 기저대역처리부(1620) 및 상기 RF처리부(1610)는 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 상기 기저대역처리부(1620) 및 상기 RF처리부(1610)는 송신부, 수신부, 또는, 송수신부로 지칭될 수 있다.

[0115] 상기 저장부(1630)는 상기 송신단 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장한다. 특히, 상기 저장부(1630)는 상기 송신단의 송신 빔들 간 상관도를 기준으로 정의된 송신 빔 서브셋 정보를 저장한다. 예를 들어, 상기 송신 빔 서브셋은 상기 <표 1> 또는 상기 <표 2>와 같은 알고리즘에 따라 정의될 수 있다. 또는, 상기 저장부(1630)는 상기 송신단의 수신 빔들 간 상관도를 기준으로 정의된 수신 빔 서브셋 정보를 저장할 수 있다. 그리고, 상기 저장부(1630)는 상기 제어부(1640)의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.

[0116] 상기 제어부(1640)는 상기 송신단의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 상기 제어부(1640)는 상기 기저대역처리부(1620) 및 상기 RF처리부(1610)을 통해 신호를 송수신한다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 제어부(1640)는 수신단으로 빔 서브셋 정보를 제공하고, 상기 수신단으로부터의 피드백 정보에 따라 빔포밍을 수행하기 위한 제어를 수행한다. 예를 들어, 상기 제어부(1640)는 상기 송신단이 상기 도 11에 도시된 절차를 수행하도록 제어한다. 본 발명의 실시 예에 따른 상기 제어부(1640)의 동작은 다음과 같다.

[0117] 상기 제어부(1640)는 상기 기저대역처리부(1620) 및 상기 RF처리부(1610)를 통해 상기 송신단의 상기 저장부(1630)에 저장된 빔 서브셋 정보를 수신단으로 송신한다. 이후, 상기 제어부(1640)는 상기 RF처리부(1610) 및 상기 기저대역처리부(1620)를 통해 상기 수신단으로부터 송신 빔 조합 및 프리코딩 행렬의 선택 결과를 포함하는 피드백 정보를 수신하고, 상기 피드백 정보에 따라 데이터 신호를 디지털 빔포밍 및 아날로그 빔포밍하도록 상기 기저대역처리부(1620) 및 상기 RF처리부(1610)를 제어한다.

[0118] 도 17은 본 발명의 또 다른 실시 예에 따른 무선 통신 시스템에서 수신단의 블록 구성을 도시한다.

[0119] 상기 도 17을 참고하면, 상기 수신단은 RF처리부(1710), 기저대역처리부(1720), 저장부(1730), 제어부(1740)를 포함한다.

[0120] 상기 RF처리부(1710)는 신호의 대역 변환, 증폭 등 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능을 수행한다. 즉, 상기 RF처리부(1710)는 상기 기저대역처리부(1720)으로부터 제공되는 기저대역 신호를 RF 대역 신호로 상향 변환한 후 안테나를 통해 송신하고, 상기 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향 변환한다. 예를 들어, 상기 RF처리부(1710)는 송신 필터, 수신 필터, 증폭기, 믹서, 오실레이터, DAC, ADC 등을 포함할 수 있다. 상기 도 17에 도시된 바와 같이, 상기 수신단은 다수의 안테나들을 구비하며, 상기 다수의 안테나들은 적어도 하나의 어레이 안테나를 구성할 수 있다. 또한, 상기 RF처리부(1710)는 상기 다수의 안테나들에 대응하는 개수의 RF 체인들을 포함할 수 있다. 그리고, 상기 RF처리부(1710)는 아날로그 빔포밍을 수행할 수 있다. 상기 아날로그 빔포밍을 위해, 상기 RF처리부(1710)는 상기 도 1, 상기 도 2 또는 상기 도 3의 상기 아날로그 빔포밍 블록(130, 230, 330)과 같은 구성을 포함할 수 있다.

[0121] 상기 기저대역처리부(1720)은 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열 간 변환 기능을 수행한다. 예를 들어, 피드백 정보 송신 시, 상기 기저대역처리부(1720)은 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심벌들을 생성한다. 또한, 데이터 수신 시, 상기 기저대역처리부(1720)은 상기 RF처리부(1710)로부터 제공되

는 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다. 예를 들어, OFDM 방식에 따르는 경우, 피드백 정보 송신 시, 상기 기저대역처리부(1720)는 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 복소 심벌들을 생성하고, 상기 복소 심벌들을 부반송파들에 매핑한 후, IFFT 연산 및 CP 삽입을 통해 OFDM 심벌들을 구성한다. 또한, 데이터 수신 시, 상기 기저대역처리부(1720)는 상기 RF처리부(1710)로부터 제공되는 기저대역 신호를 OFDM 심벌 단위로 분할하고, FFT 연산을 통해 부반송파들에 매핑된 신호들을 복원한 후, 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원한다. 또한, 상기 기저대역처리부(1720)는 디지털 빔포밍을 수행할 수 있다. 상기 디지털 빔포밍을 위해, 상기 기저대역처리부(1720)는 상기 도 1, 상기 도 2 또는 상기 도 3의 상기 디지털 빔포밍 블록(110, 120, 130)과 같은 구성을 포함할 수 있다.

[0122] 상기 기저대역처리부(1720) 및 상기 RF처리부(1710)는 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 상기 기저대역처리부(1720) 및 상기 RF처리부(1710)는 송신부, 수신부, 또는, 송수신부로 지칭될 수 있다.

[0123] 상기 저장부(1730)는 상기 수신단 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장한다. 특히, 상기 저장부(1730)는 송신단으로부터 제공받은 상기 송신단의 송신 빔들 간 상관도를 기준으로 정의된 송신 빔 서브셋 정보를 저장한다. 예를 들어, 상기 송신 빔 서브셋은 상기 <표 1> 또는 상기 <표 2>와 같은 알고리즘에 따라 정의될 수 있다. 또는, 상기 저장부(1730)는 상기 송신단의 수신 빔들 간 상관도를 기준으로 정의된 수신 빔 서브셋 정보를 저장할 수 있다. 나아가, 상기 저장부(1730)는 상기 수신단의 수신 빔들 간 상관도를 기준으로 정의된 수신 빔 서브셋 정보 또는 상기 수신단의 송신 빔들 간 상관도를 기준으로 정의된 송신 빔 서브셋 정보를 더 저장할 수 있다. 그리고, 상기 저장부(1730)는 상기 제어부(1740)의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공한다.

[0124] 상기 제어부(1740)는 상기 수신단의 전반적인 동작들을 제어한다. 예를 들어, 상기 제어부(1740)는 상기 기저대역처리부(1720) 및 상기 RF처리부(1710)을 통해 신호를 송수신한다. 본 발명의 실시 예에 따라, 상기 제어부(1740)는 송신단으로부터 빔 서브셋 정보를 제공받고, 상기 빔 서브셋 정보에 기초하여 데이터 통신에 사용될 아날로그 빔 조합 및 디지털 빔을 결정할 수 있다. 예를 들어, 상기 제어부(1740)는 상기 수신단이 상기 도 10에 도시된 절차를 수행하도록 제어한다. 또한, 상기 제어부(1740)는 상기 수신단이 상기 도 12 내지 상기 도 15에 도시된 절차를 수행하도록 제어한다. 본 발명의 실시 예에 따른 상기 제어부(1740)의 동작은 다음과 같다.

[0125] 상기 제어부(1740)는 상기 RF처리부(1710) 및 상기 기저대역처리부(1720)를 통해 송신단의 송신 빔 서브셋 정보를 수신하고, 상기 송신단에서 송신되는 참조 신호를 이용하여 채널 품질을 측정한다. 이후, 상기 제어부(1740)는 상기 송신단의 빔 서브셋 정보에 기초하여 데이터 신호에 적용될 송신 빔 조합을 결정할 수 있다. 상기 송신 빔 조합에 따른 유효 채널을 산출한다. 상기 유효 채널을 산출한 후, 상기 제어부(1740)는 상기 유효 채널에 기초하여 MIMO 모드에 적합한 프리코딩 행렬을 선택한다. 상기 프리코딩 행렬을 선택한 후, 상기 제어부(1740)는 상기 송신 빔 조합 및 상기 프리코딩 행렬의 선택 결과를 포함하는 피드백 정보를 생성한 후, 상기 기저대역처리부(1720) 및 상기 RF처리부(1710)를 통해 상기 피드백 정보를 송신한다. 이후, 상기 제어부(1740)는 상기 피드백 정보에 따라 디지털 빔포밍 및 아날로그 빔포밍된 데이터 신호를 수신한다.

[0126] 상술한 제어부(1740)의 동작 중, 상기 송신 빔 조합을 결정하는 데 있어서, MIMO 모드에 따라 미리 정의된 규칙들이 적용된다. 예를 들어, MIMO 모드가 다이버시티 모드인 경우, 송신 빔 조합은 각 서브셋에서 최대 수신 신호 세기를 가지는 1개의 빔들을 선택함으로써 결정될 수 있다. 다른 예로, 상기 MIMO 모드가 다이버시티 모드인 경우, 상기 서브셋과 무관하게 빔들의 수신 신호 세기를 고려하여 상기 빔 조합이 결정될 수 있다. 또 다른 예로, 상기 MIMO 모드가 다이버시티 모드인 경우, 특정 하나의 서브셋 내의 빔들만으로 상기 빔 조합이 결정될 수 있다. 예를 들어, MIMO 모드가 공간 다중화 모드인 경우, 송신 빔 조합은 각 서브셋에서 수신 신호 세기가 높은 필요한 개수의 빔들을 선택한 후, 가장 큰 수신 신호 세기 합을 가지는 서브셋을 선택함으로써 결정될 수 있다.

[0127] 본 발명의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합의 형태로 구현될(implemented) 수 있다.

[0128] 소프트웨어로 구현하는 경우, 하나 이상의 프로그램(소프트웨어 모듈)을 저장하는 컴퓨터 판독 가능 저장 매체가 제공될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장되는 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치(device) 내의 하나 이상의 프로세서에 의해 실행 가능하도록 구성된다(configured for execution). 하나 이상의 프로그램은, 전자 장치로 하여금 본 발명의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들을 실행하게 하는 명령어

(instructions)를 포함한다.

[0129] 이러한 프로그램(소프트웨어 모듈, 소프트웨어)은 랜덤 액세스 메모리 (random access memory), 플래시(flash) 메모리를 포함하는 불휘발성(non-volatile) 메모리, 롬(ROM: Read Only Memory), 전기적 삭제가능 프로그램가능 롬(EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory), 자기 디스크 저장 장치(magnetic disc storage device), 콤팩트 디스크 롬(CD-ROM: Compact Disc-ROM), 디지털 다목적 디스크(DVDs: Digital Versatile Discs) 또는 다른 형태의 광학 저장 장치, 마그네틱 카세트(magnetic cassette)에 저장될 수 있다. 또는, 이들의 일부 또는 전부의 조합으로 구성된 메모리에 저장될 수 있다. 또한, 각각의 구성 메모리는 다수 개 포함될 수도 있다.

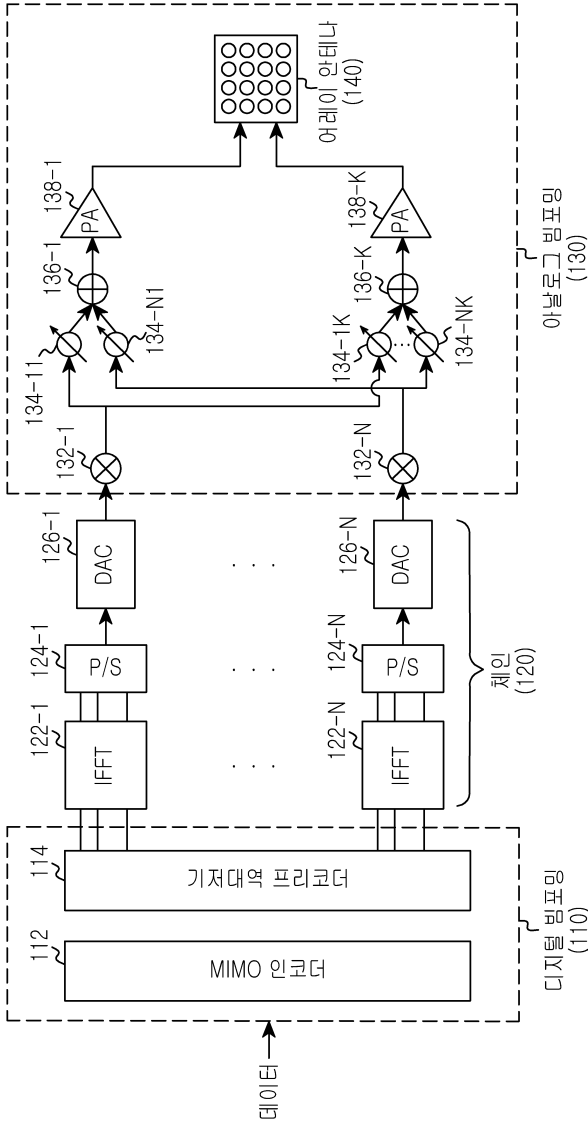
[0130] 또한, 상기 프로그램은 인터넷(Internet), 인트라넷(Intranet), LAN(Local Area Network), WLAN(Wide LAN), 또는 SAN(Storage Area Network)과 같은 통신 네트워크, 또는 이들의 조합으로 구성된 통신 네트워크를 통하여 접근(access)할 수 있는 부착 가능한(attachable) 저장 장치(storage device)에 저장될 수 있다. 이러한 저장 장치는 외부 포트를 통하여 본 발명의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수 있다. 또한, 통신 네트워크상의 별도의 저장장치가 본 발명의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수도 있다.

[0131] 상술한 본 발명의 구체적인 실시 예들에서, 발명에 포함되는 구성 요소는 제시된 구체적인 실시 예에 따라 단수 또는 복수로 표현되었다. 그러나, 단수 또는 복수의 표현은 설명의 편의를 위해 제시한 상황에 적합하게 선택된 것으로서, 본 발명이 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.

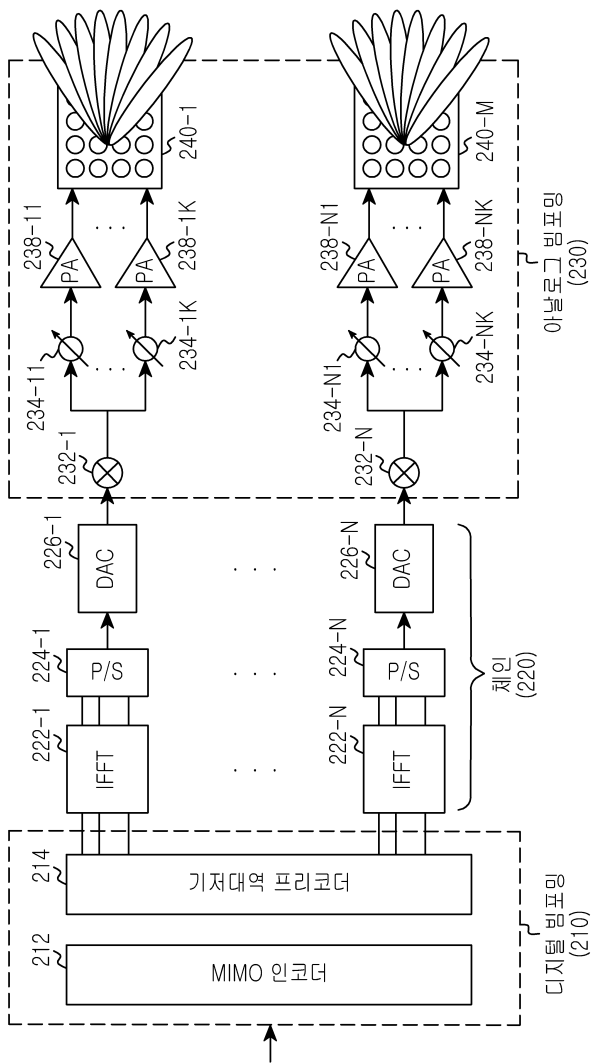
[0132] 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

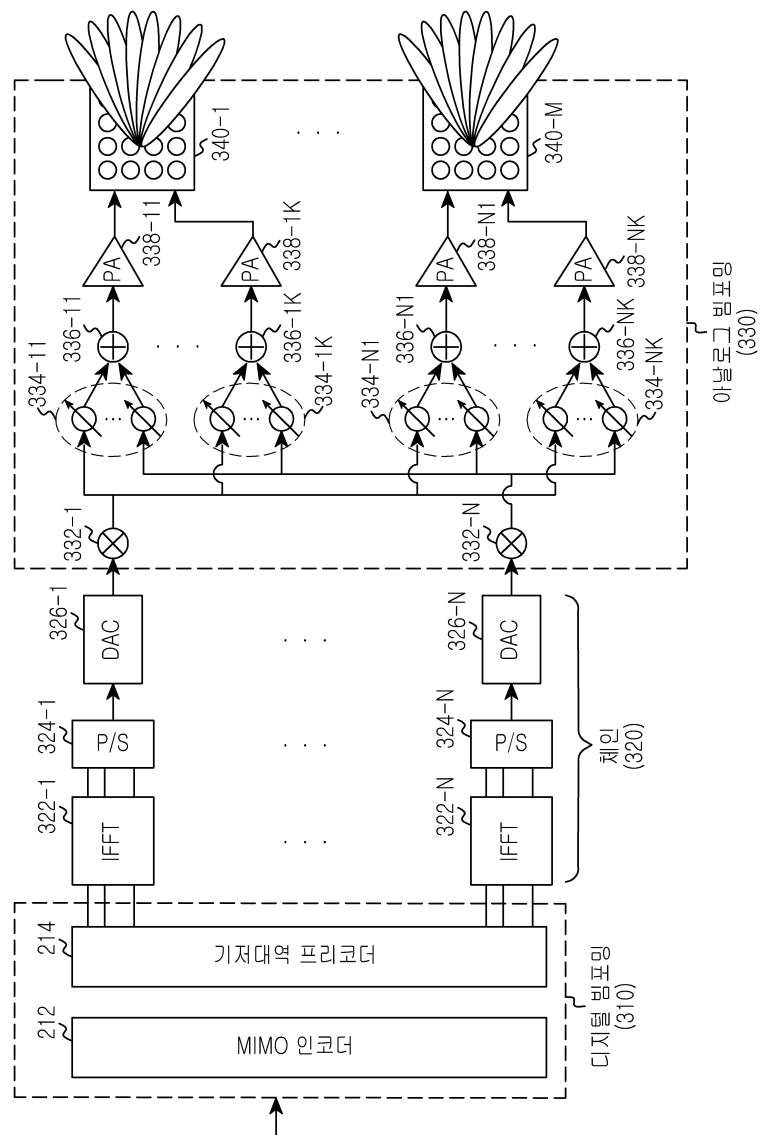
도면1



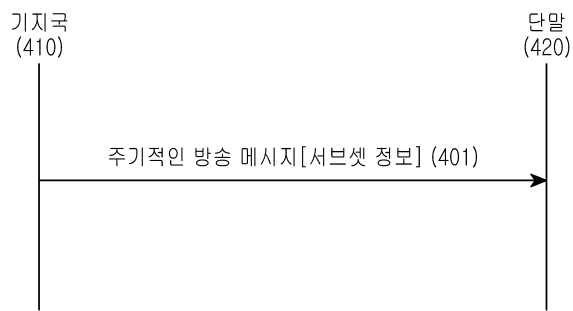
도면2



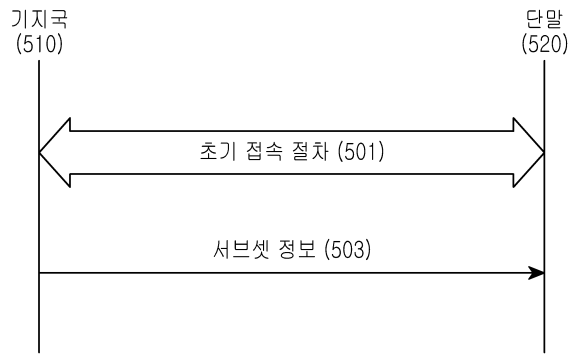
도면3



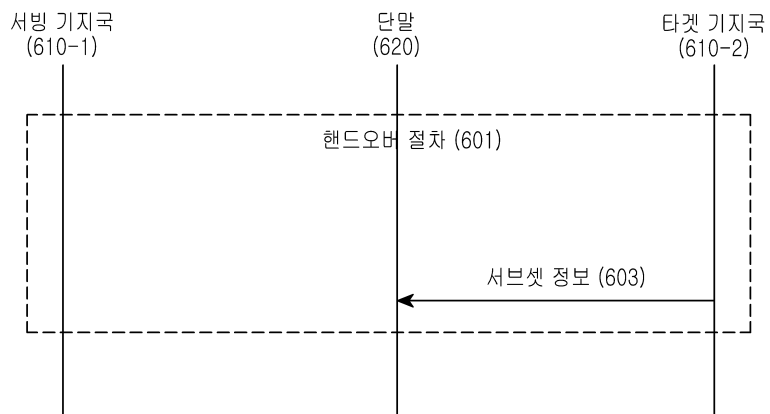
도면4



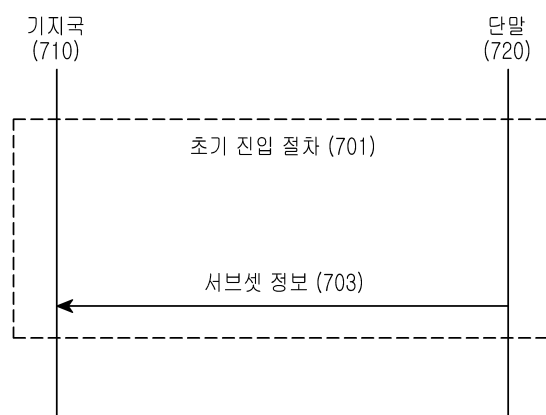
도면5



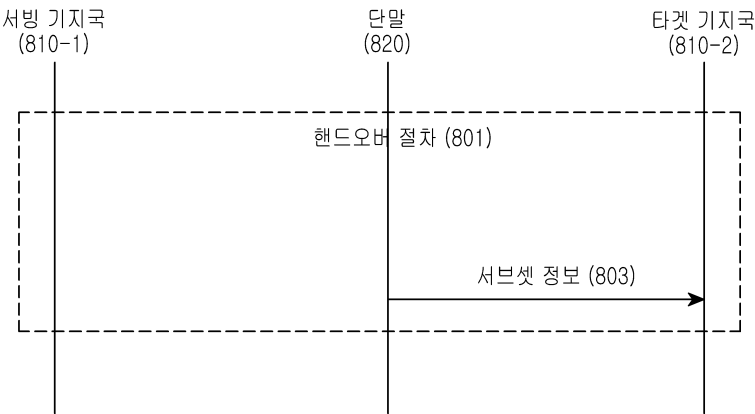
도면6



도면7



도면8



도면9

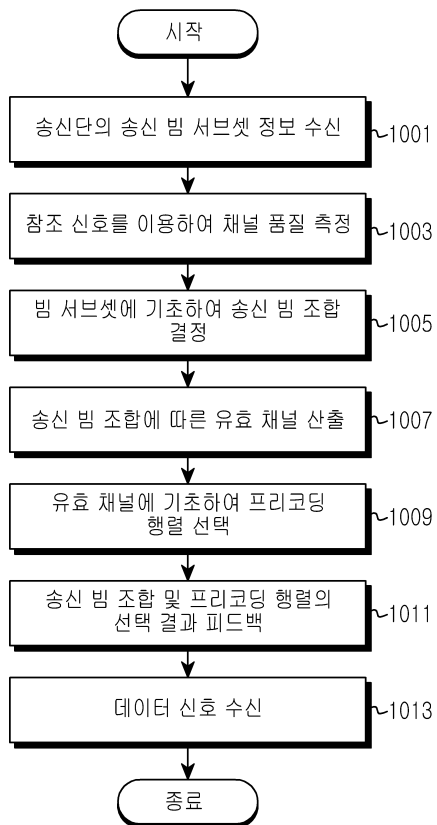


(a)

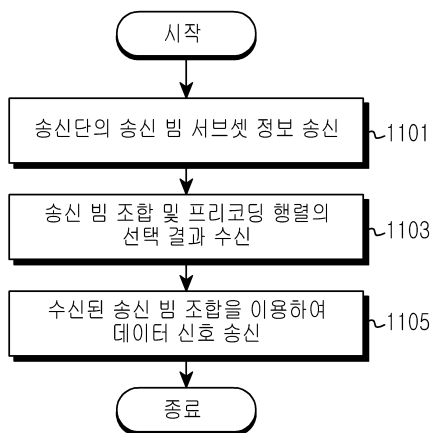


(b)

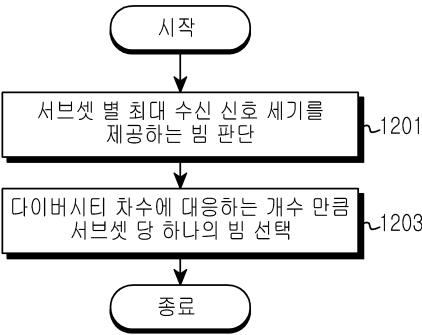
도면10



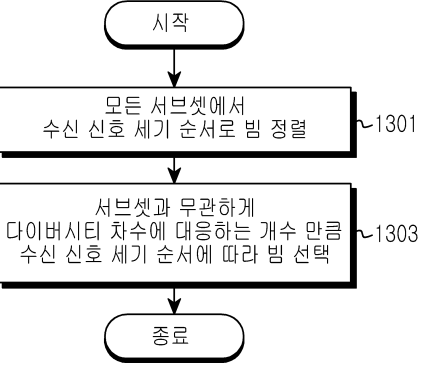
도면11



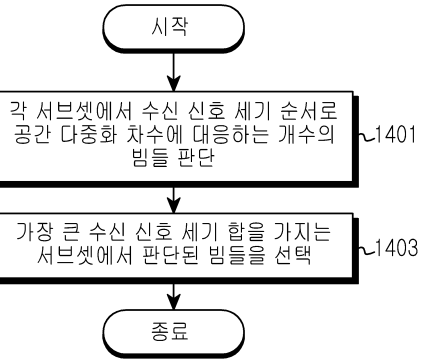
도면12



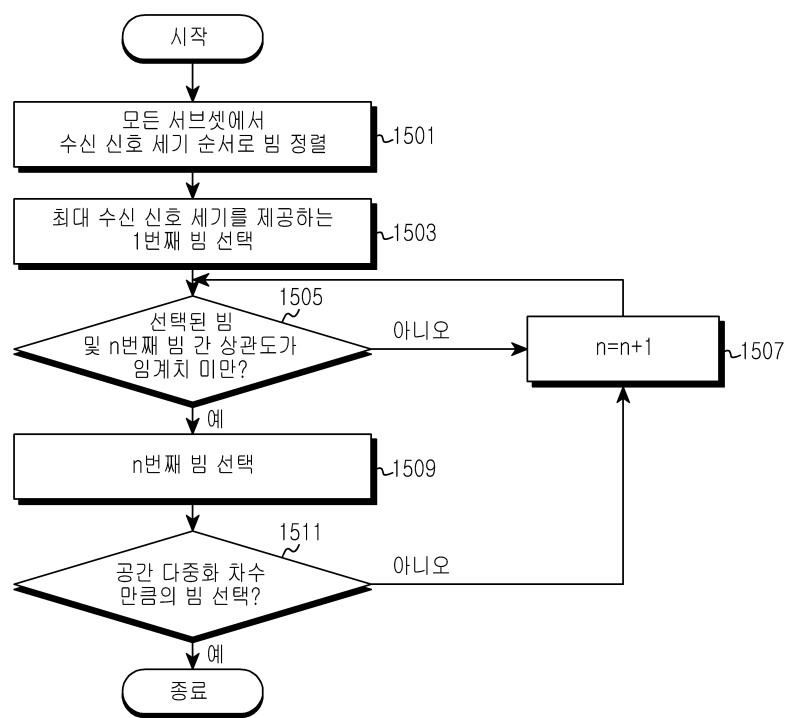
도면13



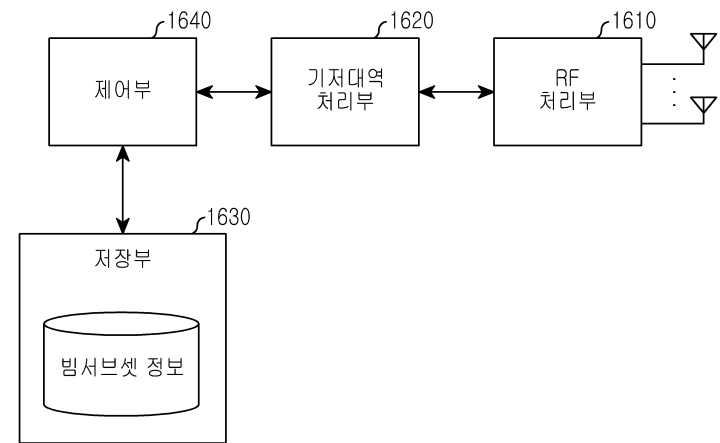
도면14



도면15



도면16



도면17

