



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월18일
(11) 등록번호 10-2204393
(24) 등록일자 2021년01월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04W 84/12 (2009.01) H04B 7/04 (2017.01)
H04W 28/06 (2009.01)
(21) 출원번호 10-2013-0084230
(22) 출원일자 2013년07월17일
심사청구일자 2018년07월04일
(65) 공개번호 10-2015-0009824
(43) 공개일자 2015년01월27일
(56) 선행기술조사문헌
JP2013528027 A*
KR1020090025034 A*
KR1020120106859 A*
US20130102256 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
구지훈
경기 화성시 병점중앙로 204, 105동 603호 (진안동, 월드메르디앙1단지아파트)
박장용
서울 성북구 한천로99길 43-3, (장위동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 9 항

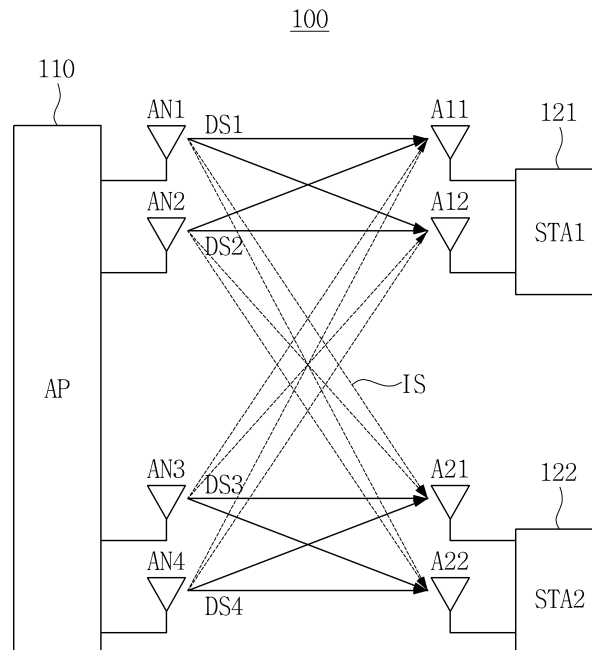
심사관 : 최상호

(54) 발명의 명칭 무선랜 단말기의 구동 방법

(57) 요약

본 발명의 하나의 실시형태에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법은 다수의 무선랜 단말들로 요구 신호를 동시에 전송할 수 있는 AP(Access Point)로부터 적어도 하나의 요구 신호와 적어도 하나의 간섭 신호를 수신하는 무선랜 단말기의 구동 방법에 있어서, 채널을 추정하고, 이에 기초하여 추정된 채널 행렬을 생성하는 단계, 상기 추정된 (뒷면에 계속)

대표도 - 도2



채널 행렬로부터 상기 요구 신호의 채널 행렬과 상기 간섭 신호의 채널 행렬을 분리하는 단계, 상기 간섭 신호의 채널 행렬에 대한 채널 열 벡터들의 Norm 값을 계산하는 단계, 상기 계산된 결과에 기초하여 상기 Norm 값이 큰 순서에 따라 N개의 채널 열 벡터들을 추출하는 단계, 상기 추출된 N개의 채널 열 벡터들을 합쳐 추출된 간섭 신호의 채널 행렬을 생성하는 단계, 상기 요구 신호의 채널 행렬과 상기 추출된 간섭 신호의 채널 행렬을 합쳐 가상 채널의 행렬을 생성하는 단계 및 상기 가상 채널의 행렬을 이용하여 SD(Sphere Decoding) 알고리즘을 실행하는 단계를 포함한다.

또한, 본 발명의 다른 하나의 실시형태에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법은 상기 무선랜 단말기에 의하여 상기 스트림 신호를 분석하는 단계, 상기 분석된 결과에 기초하여 상기 스트림 신호로부터 상기 요구 신호와 상기 간섭 신호를 분리하는 단계, 상기 간섭 신호의 변조 방식을 확인하는 단계 및 상기 간섭 신호의 변조 방식을 감소된 Lattice Points로 설정하는 단계를 포함한다.

(72) 발명자

김민준

서울 서초구 반포대로22길 54, 702호 (서초동, JC 라디앙아파트)

김재석

서울 구로구 경인로65길 16-15, 1104동 502호 (신도림동, e편한세상대림4차아파트)

김현섭

서울 강남구 삼성로 212, 18동 903호 (대치동, 은마아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

적어도 하나의 AP 안테나를 포함하고, DL(Down-Link) MU-MIMO(Multiple User Multiple Input Multiple Output)를 지원하며, 다수의 무선랜 단말기들로 요구 신호를 동시에 전송할 수 있는 AP(Access Point)로부터 적어도 하나의 요구 신호와 적어도 하나의 간섭 신호를 적어도 하나의 단말기 안테나를 통하여 수신하는 무선랜 단말기의 구동 방법에 있어서,

채널을 추정하고, 이에 기초하여 추정된 채널 행렬을 생성하는 단계;

상기 추정된 채널 행렬로부터 상기 요구 신호의 채널 행렬과 상기 간섭 신호의 채널 행렬을 분리하는 단계; 및

상기 분리된 요구 신호의 채널 행렬과 상기 분리된 간섭 신호의 채널 행렬을 이용하여 상기 요구 신호 및 상기 간섭 신호를 검출하는 단계를 포함하고,

상기 요구 신호 및 간섭 신호를 검출하는 단계는,

상기 간섭 신호의 채널 행렬에 대한 채널 열 벡터들의 Norm 값을 계산하는 단계;

상기 계산된 결과에 기초하여 상기 Norm 값이 큰 순서에 따라 N개의 채널 열 벡터들을 추출하는 단계;

상기 추출된 N개의 채널 열 벡터들을 합쳐 추출된 간섭 신호의 채널 행렬을 생성하는 단계; 및

상기 요구 신호의 채널 행렬과 상기 추출된 간섭 신호의 채널 행렬을 합쳐 가상 채널의 행렬을 생성하는 단계를 더 포함하는 무선랜 단말기의 구동 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 요구 신호 및 상기 간섭 신호를 검출하는 단계는,

상기 가상 채널의 행렬을 이용하여 SD(Sphere Decoding) 알고리즘을 실행하는 단계를 포함하는 무선랜 단말기의 구동 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 Norm 값을 계산하는 단계는 상기 간섭 신호의 채널 행렬에 대한 채널 열 벡터의 크기를 계산하는 단계를 포함하는 무선랜 단말기의 구동 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 AP에 의하여 채널 상태 정보(channel state information; CSI)를 이용하여 만든 프리코딩(precoding) 행렬에 스트림(stream) 신호를 곱하여 상기 무선랜 단말기로 상기 적어도 하나의 AP 안테나를 통하여 전송하는 단계를 더 포함하는 무선랜 단말기의 구동 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

802.11ac 프로토콜(protocol)에 따라 상기 적어도 하나의 단말기 안테나를 통하여 상기 스트림 신호를 수신하는

단계를 더 포함하는 무선랜 단말기의 구동 방법.

청구항 7

AP(Access Point)로부터 스트림(stream) 신호를 수신하며, DL(Down-Link) MU-MIMO(Multiple User Multiple Input Multiple Output)를 지원하는 무선랜 단말기의 구동 방법에 있어서,

상기 무선랜 단말기에 의하여 상기 스트림 신호를 분석하는 단계;

상기 분석된 결과에 기초하여 상기 스트림 신호로부터 요구 신호와 간섭 신호를 분리하는 단계;

상기 간섭 신호의 변조 방식을 확인하는 단계; 및

상기 간섭 신호의 변조 방식에 대응하는 Lattice Points를 상기 확인된 간섭 신호의 변조 방식에 대응하는 Lattice Points보다 더 감소된 제1 Lattice Points로 설정하는 단계를 포함하는 무선랜 단말기의 구동 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 요구 신호의 변조 방식을 확인하는 단계; 및

상기 요구 신호의 변조 방식을 상기 확인된 요구 신호의 변조 방식에 대응하는 제2 Lattice Points로 설정하는 단계를 더 포함하는 무선랜 단말기의 구동 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 제1 Lattice points와 상기 제2 Lattice Points를 합쳐 Lattice Points 집합을 생성하는 단계를 더 포함하는 무선랜 단말기의 구동 방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 제1 Lattice Points로 설정하는 단계는,

상기 간섭 신호의 변조 방식을 상기 제2 Lattice Points보다 더 감소된 Lattice Points로 설정하는 단계를 포함하는 무선랜 단말기의 구동 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 무선랜 단말기(Wireless LAN)에 관한 것으로, DL(Down-Link) MU-MIMO(Multiple User Multiple Input Multiple Output) OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템에서 간섭 신호를 제거하기 위한 무선랜 단말기의 구동 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] DL MU-MIMO OFDM 시스템에서 BS(Base Station) 또는 AP(Access Point)는 다수의 단말들과 통신을 한다. 이 경우, 각 단말(Station)은 자신이 수신하고자 하는 요구 신호(Desired signal) 외의 신호, 즉 간섭 신호(Interference signal)를 받게 된다. 따라서, 각 단말 간의 간섭이 발생된다.

[0003] 수신된 간섭 신호는 요구 신호의 검출을 방해하고, 이로 인하여 무선랜 단말기는 성능 저하를 일으킬 것이다. 이를 해결하기 위하여, 멀티 유저 시스템에서는 프리코딩(precoding)이라는 기술을 사용한다. 프리코딩 기술은 BS 또는 AP에서 채널 상태 정보를 이용하여 만든 프리코딩 행렬을 신호에 곱하여 전송함으로써 단말들 각각에게 원하는 신호만을 보내는 기술이다. 무선랜 단말기는 프리코딩 기술을 사용함으로써 각 단말은 간섭 신호 없이 요구 신호만을 받아 검출할 수 있다. 종래기술은 BS 또는 AP에서의 프리코딩이 완벽하다는 가정하에 수신단이 요구 신호에 대해서만 고려하고 있다.

[0004] 하지만, 실제의 통신 환경에서는 피드백 데이터는 비트(bit) 단위로 양자화된 후 전해지기 때문에 오차없는 데이터를 전하는 것은 불가능할 뿐만 아니라 채널 추정 오류 또한 존재한다. 따라서, 프리코딩은 완벽하게 이루어지지 않게 된다.

[0005] 결국 각 단말은 어느 정도의 간섭 신호를 수신하게 된다. 수신된 간섭 신호는 요구 신호에 비해 낮은 상대적으로 작을 것이다. 그러나, 사용자의 수가 많을수록 간섭 신호의 합은 요구 신호의 검출에 충분히 악영향을 끼칠 만큼 커질 것이다. 이로 인하여, 무선랜 단말기의 성능은 떨어지거나 에러 플로어(error floor) 현상이 발생할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 간섭 신호를 추가적으로 검출하고 이를 제거하여 간섭의 영향을 줄임으로써 수신 성능을 높이는 무선랜 단말기의 구동 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 하나의 실시형태에 따른 무선랜 단말기는 적어도 하나의 AP 안테나를 포함하고, DL(Down-Link) MU-MIMO(Multiple User Multiple Input Multiple Output)를 지원하며, 다수의 무선랜 단말기들로 요구 신호를 동시에 전송할 수 있는 AP(Access Point)로부터 적어도 하나의 요구 신호와 적어도 하나의 간섭 신호를 적어도 하나의 단말기 안테나를 통하여 수신하는 무선랜 단말기의 구동 방법에 있어서, 채널을 추정하고, 이에 기초하여 추정된 채널 행렬을 생성하는 단계, 상기 추정된 채널 행렬로부터 상기 요구 신호의 채널 행렬과 상기 간섭 신호의 채널 행렬을 분리하는 단계 및 상기 분리된 요구 신호의 채널 행렬과 상기 분리된 간섭 신호의 채널 행렬을 이용하여 상기 요구 신호 및 상기 간섭 신호를 검출하는 단계를 포함한다.

[0008] 실시 예로서, 상기 간섭 신호의 채널 행렬에 대한 채널 열 벡터들의 Norm 값을 계산하는 단계, 상기 계산된 결과에 기초하여 상기 Norm 값이 큰 순서에 따라 N개의 채널 열 벡터들을 추출하는 단계, 상기 추출된 N개의 채널 열 벡터들을 합쳐 추출된 간섭 신호의 채널 행렬을 생성하는 단계, 및 상기 요구 신호의 채널 행렬과 상기 추출된 간섭 신호의 채널 행렬을 합쳐 가상 채널의 행렬을 생성하는 단계를 더 포함한다.

[0009] 실시 예로서, 상기 요구 신호 및 상기 간섭 신호를 검출하는 단계는 상기 가상 채널의 행렬을 이용하여 SD(Sphere Decoding) 알고리즘을 실행하는 단계를 포함한다.

[0010] 실시 예로서, 상기 Norm 값을 계산하는 단계는 상기 간섭 신호의 채널 행렬에 대한 채널 열 벡터의 크기를 계산하는 단계를 포함한다.

[0011] 실시 예로서, 상기 AP에 의하여 채널 상태 정보(channel state information; CSI)를 이용하여 만든 프리코딩(precoding) 행렬에 스트림(stream) 신호를 곱하여 상기 무선랜 단말기로 상기 적어도 하나의 AP 안테나를 통하여 전송하는 단계를 더 포함한다.

[0012] 실시 예로서, 802.11ac 프로토콜(protocol)에 따라 상기 적어도 하나의 단말기 안테나를 통하여 상기 스트림 신호를 수신하는 단계를 더 포함한다.

[0013] 실시 예로서, 상기 AP에 의하여 상기 요구 신호 및 상기 간섭 신호 각각을 QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 방식으로 변조하는 단계를 더 포함한다.

[0014] 실시 예로서, 상기 요구 신호 및 상기 간섭 신호 각각의 변조 방식을 확인하는 단계 및 상기 확인된 변조 방식에 대응하는 Lattice Points를 이용하여 상기 요구 신호 및 상기 간섭 신호 각각을 검출하는 단계를 더 포함한다.

[0015] 본 발명의 다른 하나의 실시형태에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법은 DL(Down-Link) MU-MIMO(Multiple User Multiple Input Multiple Output)를 지원하는 AP(Access Point)로부터 스트림(stream) 신호를 수신하는 무선랜 단말기의 구동 방법에 있어서, 상기 무선랜 단말기에 의하여 상기 스트림 신호를 분석하는 단계, 상기 분석된 결과에 기초하여 상기 스트림 신호로부터 상기 요구 신호와 상기 간섭 신호를 분리하는 단계, 상기 간섭 신호의 변조 방식을 확인하는 단계 및 상기 간섭 신호의 변조 방식을 상기 확인된 간섭 신호의 변조 방식보다 더 감소된 변조 방식에 대응하는 제1 Lattice Points로 설정하는 단계를 포함한다.

- [0016] 실시 예로서, 상기 요구 신호의 변조 방식을 확인하는 단계 및 상기 요구 신호의 변조 방식을 상기 확인된 요구 신호의 변조 방식에 대응하는 제2 Lattice Points로 설정하는 단계를 더 포함한다.
- [0017] 실시 예로서, 상기 제1 Lattice points와 상기 제2 Lattice Points를 합쳐 Lattice Points 집합을 생성하는 단계를 더 포함한다.
- [0018] 실시 예로서, 상기 제1 Lattice Points로 설정하는 단계는 상기 간섭 신호의 변조 방식을 상기 제2 Lattice Points보다 더 감소된 Lattice Points로 설정하는 단계를 포함한다.
- [0019] 실시 예로서, 상기 간섭 신호를 상기 제1 Lattice Points를 이용하여 검출하는 단계를 더 포함한다.
- [0020] 실시 예로서, 상기 제2 Lattice Points로 설정하는 단계는 상기 요구 신호의 변조 방식을 상기 확인된 요구 신호의 변조 방식에 대응하는 Lattice Points로 설정하는 단계를 포함한다.
- [0021] 실시 예로서, 상기 요구 신호를 상기 제2 Lattice Points를 이용하여 검출하는 단계를 더 포함한다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 실시 예에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법은 간섭 신호를 추가적으로 검출하고, 상기 간섭 신호를 제거하여 간섭의 영향을 줄임으로써 수신 성능을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 무선랜 시스템을 도시한 블록도이다.
- 도 2는 간섭 신호의 영향을 고려한 무선랜 시스템을 도시한 블록도이다.
- 도 3은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법을 도시한 순서도이다.
- 도 4는 64-QAM으로 변조된 요구 신호 및 간섭 신호 각각에 대한 Lattice points를 도시한다.
- 도 5은 도 4에 도시된 요구 신호의 변조 방식과 간섭 신호의 변조 방식에 따른 검출 레벨을 도시한 개념도이다.
- 도 6은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법을 도시한 순서도이다.
- 도 7은 도 2에 도시된 무선랜 단말기의 성능을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 본문에 개시되어 있는 본 발명의 실시 예들에 대해서, 특정한 구조적 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 실시 예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 실시 예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본문에 설명된 실시 예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다.
- [0025] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0026] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0027] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0028] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 개시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이

존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0029] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0030] 한편, 어떤 실시 예가 달리 구현 가능한 경우에 특정 블록 내에 명기된 기능 또는 동작이 순서도에 명기된 순서와 다르게 일어날 수도 있다. 예를 들어, 연속하는 두 블록이 실제로는 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 관련된 기능 또는 동작에 따라서는 상기 블록들이 거꾸로 수행될 수도 있다.
- [0031] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예들을 설명한다.
- [0032] 도 1은 무선랜 시스템을 도시한 블록도이다.
- [0033] 도 1을 참조하면, 무선랜 시스템(100)은 DL(Down-Link) MU-MIMO(Multiple User Multiple Input Multiple Output)를 지원할 수 있다. 무선랜 시스템(100)은 DL MU-MIMO를 지원하는 AP(Access Point; 110), 제1 무선랜 단말기(Station1; 121) 및 제2 무선랜 단말기(122)를 포함할 수 있다. 또한, 무선랜 시스템(100)은 두 개 이상의 단말기들을 더 포함할 수 있다.
- [0034] 제1 무선랜 단말기(121)는 제1 및 제2 단말기 안테나들(A11, A12)을 포함하도록 구성된다. 또한, 제2 무선랜 단말기(122)는 제1 및 제2 단말기 안테나들(A21, A22)을 포함하도록 구성된다. AP(110)는 제1 내지 제4 AP 안테나(AN1-AN4)를 포함하도록 구성될 것이다. 또한, AP(110)는 네 개 이상의 안테나를 포함하도록 구성될 수 있다.
- [0035] AP(110)는 제1 또는 제2 무선랜 단말기(121-122)로 데이터를 전송하기 위하여, 채널을 추정할 수 있다. 이를 통하여, AP(110)는 채널 상태 정보(channel state information; CSI)를 얻을 것이다. AP(110)는 채널 상태 정보(CSI)를 이용하여 만든 프리코딩(precoding) 행렬에 스트림(stream) 신호를 곱하여 전송할 것이다. 이를 통하여, AP(110)는 간섭 신호가 없는 요구 신호만을 제1 또는 제2 무선랜 단말기(121-122)로 전송할 수 있다.
- [0036] AP(110)는 제1 및 제2 AP 안테나(AN1-AN2)를 통하여 제1 무선랜 단말기(121)의 제1 및 제2 단말기 안테나(A11, A12)로 제1 및 제2 요구 신호(DS1-DS2)를 전송할 수 있다. AP(110)는 제3 및 제4 AP 안테나(AN3-AN4)를 통하여 제2 무선랜 단말기(122)의 제1 및 제2 단말기 안테나(A21, A22)로 제3 및 제4 요구 신호(DS3-DS4)를 전송할 수 있다.
- [0037] 수학식 1은 간섭 신호의 영향이 없다고 가정한 멀티유저(Multiuser) MIMO-OFDM(Multi-Input Multi-Output Orthogonal Frequency Division Multiplexing) DL(down link)의 무선랜 시스템(100)에서, U명의 사용자 중 i번째 무선랜 단말기가 받는 수신 신호 벡터 y_i 와 전송 신호 벡터 x , 프리코딩 행렬 V , 채널 행렬 H 그리고 잡음 n 의 관계식을 나타낸다. H_i 는 i번째 무선랜 단말기에 도달하는 채널 행렬을 의미하고, x_i 와 V_i 는 각각 i번째 무선랜 단말기에 해당하는 부분 벡터 및 행렬을 의미한다. \hat{H} 는 i번째 무선랜 단말기가 추정한 채널 행렬이며, 이는 $\hat{H} = H_i V_i$ 를 만족할 것이다. 따라서, 무선랜 시스템(100)에서 간섭 신호(interference signal)가 모두 0이 된다고 가정하면, 제1 및 제2 무선랜 단말기(121-122) 각각은 요구 신호(desired signal; DS)와 잡음(noise; n)만을 수신할 것이다.

수학식 1

$$\begin{aligned}
 \mathbf{y}_i &= \mathbf{H}_i \mathbf{V} \mathbf{x} + \mathbf{n} \\
 &= \mathbf{H}_i \mathbf{V}_i \mathbf{x}_i + \underbrace{\sum_{j=1, j \neq i}^U \mathbf{H}_i \mathbf{V}_j \mathbf{x}_j}_{=0} + \mathbf{n} \\
 &= \underbrace{\hat{\mathbf{H}}_i \mathbf{x}_i}_{\text{요구 신호}} + \underbrace{\mathbf{n}}_{\text{잡음}}
 \end{aligned}$$

[0038]

[0039] 도 2는 간섭 신호의 영향을 고려한 무선랜 시스템을 도시한 블록도이다.

[0040] 도 2를 참조하면, 무선랜 시스템(100)은 AP(110), 제1 무선랜 단말기(121) 및 제2 무선랜 단말기(122)를 포함할 것이다. 제1 무선랜 단말기(121)는 제1 및 제2 단말기 안테나들(A11, A12)을 포함하도록 구성된다. 또한, 제2 무선랜 단말기(122)는 제1 및 제2 단말기 안테나들(A21, A22)을 포함하도록 구성된다. AP(110)는 제1 내지 제4 AP 안테나(AN1-AN4)를 포함하도록 구성된다.

[0041] 실제로, 무선랜 시스템(100)은 간섭 신호(interference signal; IS)의 영향을 받을 수 있다. 즉, AP(110)가 제1 또는 제2 무선랜 단말기(121-122)들 각각으로 제1 내지 제4 요구 신호(DS1-DS4)를 전송하는 경우, 제1 내지 제4 요구 신호(DS1-DS4) 각각에 의하여 간섭 신호(IS)가 발생될 수 있다. 예를 들면, AP(110)는 제1 및 제2 AP 안테나(AN1-AN2)를 통하여 제1 무선랜 단말기(121)의 제1 및 제2 단말기 안테나(A11, A12)로 제1 및 제2 요구 신호(DS1-DS2)를 전송하는 경우, 제1 및 제2 요구 신호(DS1-DS2)는 제2 무선랜 단말기(122)의 제1 및 제2 단말기 안테나(A21, A22)에 대하여 간섭 신호(IS)로 작용할 수 있다.

[0042] 계속해서 도 2를 참조하면, 무선랜 시스템(100)에는 피드백 비트 양자화(feedback bit quantization)의 오류 및 채널 추정의 오류로 인해 프리코딩 행렬(Precoding Matrix)에 오차가 발생할 수 있다. 따라서, 수학식 2와 같이 무선랜 시스템(100)에서 간섭 신호는 모두 0이 되지 않고, 제1 및 제2 무선랜 단말기(121-122) 각각은 요구 신호(DS), 간섭 신호(IS) 및 잡음(n)을 수신할 수 있다.

수학식 2

$$\begin{aligned}
 \mathbf{y}_i &= \mathbf{H}_i \mathbf{V} \mathbf{x} + \mathbf{n} \\
 &= \mathbf{H}_i \mathbf{V}_i \mathbf{x}_i + \underbrace{\sum_{j=1, j \neq i}^U \mathbf{H}_i \mathbf{V}_j \mathbf{x}_j}_{\neq 0} + \mathbf{n} \\
 &= \underbrace{\hat{\mathbf{H}}_i \mathbf{x}_i}_{\text{요구 신호}} + \underbrace{\sum_{j=1, j \neq i}^U \hat{\mathbf{H}}_j \mathbf{x}_j}_{\text{간섭 신호}} + \underbrace{\mathbf{n}}_{\text{잡음}}
 \end{aligned}$$

[0043]

[0044] 수학식 3은 간섭 신호(IS)가 없는 경우를 가정한 전송 방식을 나타내는 수학식 1을 수학식 2에 대입하여 나타낸 것이다. $\arg \min$ 함수는 괄호안의 함수를 최소로 만드는 $\hat{\mathbf{x}}_i$ 값을 출력한다.

수학식 3

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{x}}_i &= \arg \min_{\hat{\mathbf{x}}_i} \left\| \mathbf{y}_i - \hat{\mathbf{H}}_i \hat{\mathbf{x}}_i \right\|^2 \\ &= \arg \min_{\hat{\mathbf{x}}_i} \left\| \hat{\mathbf{H}}_i (\mathbf{x}_i - \hat{\mathbf{x}}_i) + \sum_{j=1, j \neq i}^U \hat{\mathbf{H}}_j \mathbf{x}_j + \mathbf{n} \right\|^2\end{aligned}$$

[0045]

[0046]

간섭 신호(IS)가 없는 경우를 가정한 전송 방법은 요구 신호(DS)의 수신만을 가정하기 때문에, 간섭 신호(IS)의 영향으로 인하여 무선랜 시스템(100)의 성능은 감소될 수 있다. 이를 해결하기 위하여, 본 발명의 실시 예에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법은 종래의 요구 신호(DS)만을 검출하는 방식을 확장하여 요구 신호(DS) 및 간섭 신호(IS)까지 모두 검출하여 성능을 향상시킬 수 있다.

[0047]

수학식 3에서 검출 대상은 $\hat{\mathbf{X}}_i$ 에서 $\hat{\mathbf{X}}$ 로 치환하여 대입하면, 수학식 4가 된다. 수학식 4에 의하면, 수학식 2에서 존재하는 간섭 신호(IS)를 요구 신호(DS)와 함께 검출함으로써 간섭 신호(IS)의 영향이 제거될 것이다.

수학식 4

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{x}} &= \arg \min_{\hat{\mathbf{x}}} \left\| \mathbf{y}_i - \hat{\mathbf{H}} \hat{\mathbf{x}} \right\|^2 \\ &= \arg \min_{\hat{\mathbf{x}}} \left\| \hat{\mathbf{H}} (\mathbf{x} - \hat{\mathbf{x}}) + \mathbf{n} \right\|^2\end{aligned}$$

[0048]

[0049]

본 발명의 실시 예에 따른 무선랜 단말기는 간섭 신호(IS)를 추가적으로 검출하고 이를 제거하여 간섭의 영향을 줄임으로써 수신 성능을 높일 수 있다.

[0050]

본 발명의 실시 예에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법은 SD(Sphere Decoding) 방법의 복잡도를 줄이기 위하여 간섭 신호의 선택 방법을 포함한다. 간섭 신호의 추가 검출 방법은 채널 오더링(Channel Ordering) 및 간섭 스트림(stream) 선택 부분, 요구 신호와 간섭 신호를 합친 가상 채널 생성 부분, 및 형성된 가상 채널에서의 검출 방법을 포함한다.

[0051]

본 발명의 실시 예에 따른 무선랜 단말기에서 간섭 신호를 추가하여 종래의 SD 방법을 사용하기 위해서는 채널 행렬의 랭크(Rank)를 늘릴 필요가 있다.

[0052]

수학식 5는 요구 신호(DS)와 간섭 신호(IS)를 포함한 검출 방법의 코스트 메트릭(cost metric)을 나타낸다. 수학식 6은 수학식 5에서 랭크 디피센트(rank-deficient) 상황에서의 코스트 메트릭에 적용한 것을 나타낸다. 랭크 디피센트 상황이란 전송기(즉, AP(110))의 안테나 개수보다 수신기(즉, 제1 또는 무선랜 제2 단말기(121-122))의 안테나 개수가 더 적은 경우이다.

수학식 5

$$\hat{\mathbf{x}} = \arg \min_{\hat{\mathbf{x}}} \left\| \mathbf{y}_i - \hat{\mathbf{H}} \hat{\mathbf{x}} \right\|^2$$

[0053]

수학식 6

$$\hat{\mathbf{x}} = \arg \min_{\hat{\mathbf{x}}} \left\| \mathbf{D}(\mathbf{G}^{-1} \hat{\mathbf{H}} \mathbf{y} - \hat{\mathbf{x}}) \right\|^2$$

$$\text{where } \mathbf{G} = \hat{\mathbf{H}}^H \hat{\mathbf{H}} + \alpha \mathbf{I} = \mathbf{D}^H \mathbf{D}$$

[0054]

[0055] 도 3은 본 발명의 제1 실시 예에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법을 도시한 순서도이다.

[0056] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 제1 실시 예에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법은 추정된 채널 행렬을 요구 신호(DS)의 채널과 간섭 신호(IS)의 채널로 분리한 후, 간섭 신호(IS)의 채널에 대한 채널 열 벡터의 Norm 값을 기준으로 N개를 추출한다. 요구 신호(DS)의 채널과 추출된 간섭 신호(IS)의 채널을 합쳐 가상 채널의 행렬을 생성한다.

[0057] 예를 들면, 수학식 7은 추정된 채널 행렬($\hat{\mathbf{H}}$)로부터 요구 신호(DS)의 채널(\mathbf{H}_D)과 간섭 신호(IS)의 채널(\mathbf{H}_I)이 분리된 것을 나타낸다. $\arg \max$ 함수는 괄호안의 함수를 최대로 만드는 $\tilde{\mathbf{H}}_I$ 값을 출력한다.

수학식 7

$$\hat{\mathbf{H}} = [\mathbf{H}_D \quad \mathbf{H}_I]$$

$$\mathbf{H}_D = \hat{\mathbf{H}}_i$$

$$\mathbf{H}_I = [\hat{\mathbf{H}}_j]_{j=1 \dots U, j \neq i}$$

[0058]

수학식 8

$$\tilde{\mathbf{H}}_I = [\tilde{\mathbf{H}}_{I,1} \dots \tilde{\mathbf{H}}_{I,N}] = \left\{ \arg \max_k \left\| [\mathbf{H}_I]_j \right\|^2 \right\}_{k=1 \sim N}$$

where $[\mathbf{H}]_j$ is jth column vector of \mathbf{H} and \max_k means kth largest value

[0059]

[0060] 간섭 신호(IS)의 크기가 큰 것을 우선적으로 제거하기 위하여, 무선랜 단말기의 구동 방법은 수학식 7의 간섭 신호(IS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_I)을 수학식 8에 따라 Norm 값이 큰 순서로 N개의 채널 열 벡터를 선택하고, 선택된 N개

의 스트림(stream)의 채널 열 벡터를 합쳐 추출된 간섭 신호(IS)의 채널 행렬($\tilde{\mathbf{H}}_I$)을 구성한다.

[0061] N은 총 간섭 신호(IS)의 개수이다. N의 값이 증가할수록 무선랜 단말기의 성능은 향상될 수 있다. 그러나, 이로 인하여 복잡도 역시 증가될 수 있다. 따라서, 환경에 따라 N의 값은 가변적으로 선택된다.

[0062] 가상 채널의 행렬($\tilde{\mathbf{H}}$)은 수학식 9에 따라 요구 신호(DS)의 채널(\mathbf{H}_D)과 간섭 신호(IS)의 채널 행렬($\tilde{\mathbf{H}}_I$)이 합쳐서 최종적으로 생성된다. SD(sphere decoding) 방법은 생성된 가상 채널의 행렬($\tilde{\mathbf{H}}$)을 이용하여 수학식 6에 따라 실행된다.

수학식 9

$$\tilde{\mathbf{H}} = [\mathbf{H}_D \ \tilde{\mathbf{H}}_I]$$

[0063]

[0064] 계속해서 도 2 및 도 3을 참조하면, S11 단계에서, AP(110)는 제1 무선랜 단말기(121)로 스트림(stream) 신호(즉, 데이터 신호)를 전송한다. 제1 무선랜 단말기(121)는 요구 신호(DS)를 수신하기 위한 채널을 추정한다. 이를 기초하여 제1 무선랜 단말기(121)는 추정된 채널 행렬($\hat{\mathbf{H}}$)을 생성한다. 실시 예로서, 채널의 추정은 Least-Square의 방식을 포함할 수 있다.

[0065] S12 단계에서, 수학식 7에 따라, 제1 무선랜 단말기(121)는 상기 추정된 채널 행렬($\hat{\mathbf{H}}$)로부터 요구 신호(DS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_D)과 간섭 신호(IS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_I)을 분리한다.

[0066] S13 단계에서, 제1 무선랜 단말기(121)는 상기 분리된 채널 행렬이 요구 신호(DS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_D)인지 간섭 신호(IS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_I)인지를 판단한다. 요구 신호(DS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_D)은 S14 단계에서 처리되고, 간섭 신호(IS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_I)은 S15 내지 S17 단계에서 처리된다.

[0067] S14 단계에서, 제1 무선랜 단말기(121)는 상기 추정된 채널 행렬($\hat{\mathbf{H}}$)로부터 분리된 요구 신호(DS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_D)을 저장하고, S18 단계를 실행한다.

[0068] S15 단계에서, 제1 무선랜 단말기(121)는 추정된 채널 행렬($\hat{\mathbf{H}}$)로부터 분리된 간섭 신호(IS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_I)을 저장한다.

[0069] S16 단계에서, 제1 무선랜 단말기(121)는 간섭 신호(IS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_I)에 대한 채널 열 벡터의 Norm 값을 계산한다.

[0070] S17 단계에서, 제1 무선랜 단말기(121)는 계산된 Norm 값에 기초하여 1에서 N번째 큰 간섭 신호(IS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_I)에 대한 채널 열 벡터만을 추출한다.

[0071] S18 단계에서, 제1 무선랜 단말기(121)는 요구 신호(DS)의 채널 행렬(\mathbf{H}_D)과 추출된 간섭 신호의 채널 행렬($\tilde{\mathbf{H}}_I$)을 합쳐 가상 채널의 행렬($\tilde{\mathbf{H}}$)을 생성한다. 제1 무선랜 단말기(121)는 가상 채널의 행렬($\tilde{\mathbf{H}}$)을 이용하여 AP(110)로부터 스트림 신호를 수신할 것이다. 따라서, 제1 무선랜 단말기(121)는 간섭 신호의 영향이 차단된 상기 스트림 신호를 수신할 것이다.

[0072] 도 4는 64-QAM으로 변조된 요구 신호 및 간섭 신호 각각에 대한 Lattice points를 도시한다. QAM(Quadrature Amplitude Modulation)은 디지털 신호에 따라 반송파의 진폭과 위상을 변화시키는 방식이다.

[0073] 도 2 및 도 4를 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법은 요구 신호(DS)를 Original

Lattice Points 방법에 의하여 검출하고, 간섭 신호(IS)를 감소된 Lattice Points 방법에 의하여 검출한다. 감소된 Lattice Points 방법은 간섭 신호(IS)를 낮은 변조 방식에 따라 검출하는 방법이다. 이를 통하여, 본 발명의 실시 예에 따른 무선랜 단말기의 복잡도를 줄일 수 있다. 실시 예로서, Original Lattice Points 방법은 64 QAM Lattice Points를 포함하고, 감소된 Lattice Points 방법은 4 QAM Lattice Points를 포함한다.

- [0074] 간섭 신호(IS)의 검출은 간섭 신호(IS)의 제거를 목적으로 하기 때문에 간섭 신호(IS)의 검출은 정확한 간섭 신호(IS)의 심볼(symbol) 검출을 필요로 하지 않을 것이다. 따라서, 간섭 신호(IS)의 검출은 본래의 변조 방식에 따르지 않고, 다른 변조 방식으로 실행될 수 있다. 예를 들면, 간섭 신호(IS)의 검출은 요구 신호(DS)의 검출과 동일한 64-QAM Lattice Points 방식에 따라 실행될 수도 있으나, 이보다 낮은 검출 방식인 4-QAM Lattice Points 방식에 따라 실행될 수 있다.
- [0075] 간섭 신호(IS)의 값은 요구 신호(DS)에 비해 상당히 작을 것이므로, 간섭 신호(IS)의 검출에서 발생하는 오차는 굉장히 작은 값을 가지게 된다. 따라서, 간섭 신호(IS)의 검출에 본래의 변조 방식보다 낮은 변조 방식으로 처리하여 검출하는 것으로 인하여 무선랜 단말기(즉, 제1 또는 제2 무선랜 단말기(121-122))의 성능은 크게 하락하지 않을 것이다.
- [0076] 낮은 변조 방식으로 재설정된 감소된 Lattice Points는 Original Lattice Points 에 비해 훨씬 줄어든 lattice point 개수를 가지므로 복잡도가 감소될 것이다. 도 4의 예시된 바에 따르면, 이론적으로 $(1/16)^N$ 의 복잡도가 감소될 수 있다. N은 간섭 신호의 개수이다.
- [0077] 도 5은 도 4에 도시된 요구 신호의 변조 방식과 간섭 신호의 변조 방식에 따른 검출 레벨을 도시한 개념도이다.
- [0078] 도 2, 도 4 및 도 5를 참조하면 요구 신호(DS)의 검출 레벨을 N 레벨이라고 하면, 간섭 신호(IS)의 검출은 N레벨보다 더 낮은 K레벨로 설정될 것이다. 예를 들면, 도 4에서 간섭 신호(IS)는 위상 정보만을 통하여 4개의 노드(node)들로 나타낼 수 있다. 이에 반하여, 도 4에서 요구 신호(DS)는 위상 정보와 크기 정보를 통하여 64개의 노드들로 나타낼 수 있다.
- [0079] 도 6은 본 발명의 제2 실시 예에 따른 무선랜 단말기의 구동 방법을 도시한 순서도이다.
- [0080] 도 2 및 도 6을 참조하면, S21 단계에서, 예를 들면, 제1 무선랜 단말기(121)는 AP(110)로부터 스트림(stream) 신호를 수신한다고 가정하면, 제1 무선랜 단말기(121)는 상기 스트림 신호를 분석한다.
- [0081] S22 단계에서, 상기 분석된 결과에 기초하여, 제1 무선랜 단말기(121)는 상기 스트림 신호로부터 요구 신호(DS)와 간섭 신호(IS)를 분리한다.
- [0082] S23 단계에서, 제1 무선랜 단말기(121)는 상기 분리된 신호가 요구 신호(DS)인지 간섭 신호(IS)인지를 판단한다. 만약 분리된 신호가 요구 신호(DS)이면, S24 및 S25 단계를 실행하고, 그렇지 않으면, S26 및 S27 단계를 실행한다. 요구 신호(DS)는 S24 및 S25 단계에서 처리되고, 간섭 신호(IS)는 S26 및 S27 단계에서 처리된다.
- [0083] S24 단계에서, 제1 무선랜 단말기(121)는 요구 신호(DS)의 변조 방식을 확인한다.
- [0084] S25 단계에서, 상기 확인된 결과에 따라, 제1 무선랜 단말기(121)는 요구 신호(DS)를 Original Lattice Points로 설정한다. 실시 예로서, Original Lattice Points는 64 Lattice Points로 설정된다.
- [0085] S26 단계에서, 제1 무선랜 단말기(121)는 간섭 신호(IS)의 변조 방식을 확인한다.
- [0086] S27 단계에서, 상기 확인된 결과에 따라, 제1 무선랜 단말기(121)는 간섭 신호(IS)를 감소된 Lattice Points로 설정한다. 실시 예로서, 감소된 Lattice Points는 4 Lattice Points로 설정된다.
- [0087] S28 단계에서, 제1 무선랜 단말기(121)는 Original lattice points의 집합과 감소된 Lattice Points를 합쳐 Lattice Points 집합을 생성한다. 제1 무선랜 단말기(121)는 Lattice Points 집합에 기초하여 상기 스트림 신호를 검출할 수 있다. 예를 들면, 제1 무선랜 단말기(121)는 요구 신호(DS)를 64개의 Lattice points들에 기초하여 검출하고, 간섭 신호(IS)를 4개의 Lattice points들에 기초하여 검출한다. 따라서, 제1 무선랜 단말기(121)는 간섭 신호(IS)를 검출하는 방식의 복잡도를 낮출 수 있다.
- [0088] 도 7은 도 2에 도시된 무선랜 단말기의 성능을 도시한 그래프이다.
- [0089] 도 2 및 도 7을 참조하면, 가로축은 비트 에너지 대 잡음 전력비(E_b/N_0)를 나타내고, 세로축은 패킷 에러율(PER

: Packet Error Rate)를 나타낸다.

- [0090] IEEE 802.11ac 시스템을 기반으로 하는 무선랜 단말기의 시뮬레이션(simulation) 환경으로는 채널 양자화의 비트는 4타입(type)을 사용하여 프리코딩(Precoding)의 오차를 만들 수 있고, 4개의 무선랜 단말기들이 각각 2개의 안테나를 사용하고, 모든 전송단이 MCS7(64-QAM, 5/6 coding rate) 방식을 사용하도록 설정된다. 또한 채널 추정에는 Least-Square의 방식이 사용된다.
- [0091] 간섭 신호를 고려하지 않는 종래기술인 SD(sphere decoding) 방식과 QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 방식으로 간섭 신호를 1개(N=1) 검출하여 제거하는 방법과 간섭 신호를 2개(N=2) 검출하여 제거하는 방법이 도시된다. QPSK는 위상 편이 변조(Phase Shift Keying; PSK)의 하나로 디지털 신호인 0과 1의 2비트(bit)를 모아서 반송파의 4위상에 대응시켜서 전송하는 방식이다.
- [0092] 간섭 신호를 고려하지 않는 SD 방법보다 간섭 신호를 검출하여 제거하는 방법(N=1 & N=2)이 성능이 좋은 것을 알 수 있다. 또한, 검출하여 제거하는 간섭 신호의 수(N)을 높일수록 성능이 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0093] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 무선랜 단말기는 전체적인 에러율의 감소뿐만 아니라 높은 비트 에너지 대 잡음 전력비(E_b/N_0)에서 나타나는 에러 플로우 현상을 감소시킬 수 있다. 또한, 간섭 신호의 수가 2인 경우(N=2), 시뮬레이션을 통하여 무선랜 단말기는 PER 1%에 도달할 수 있다.
- [0094] 본 발명은 도면에 도시된 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

산업상 이용가능성

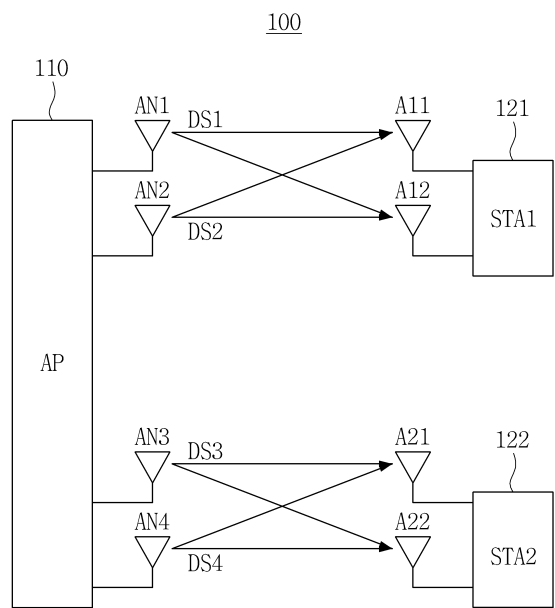
- [0095] 본 발명은 DL MU- MIMO 무선랜 시스템에 적용이 가능할 것이다.
- [0096] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

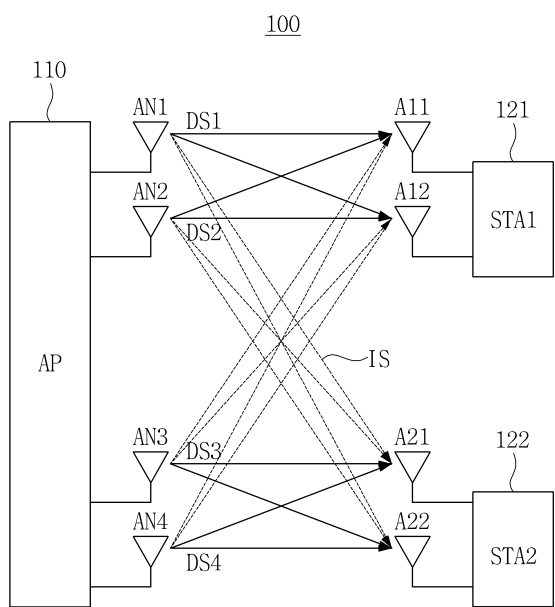
- [0097] 100 : 무선랜 시스템
110 : AP
121 : 제1 무선랜 단말기
122 : 제2 무선랜 단말기

도면

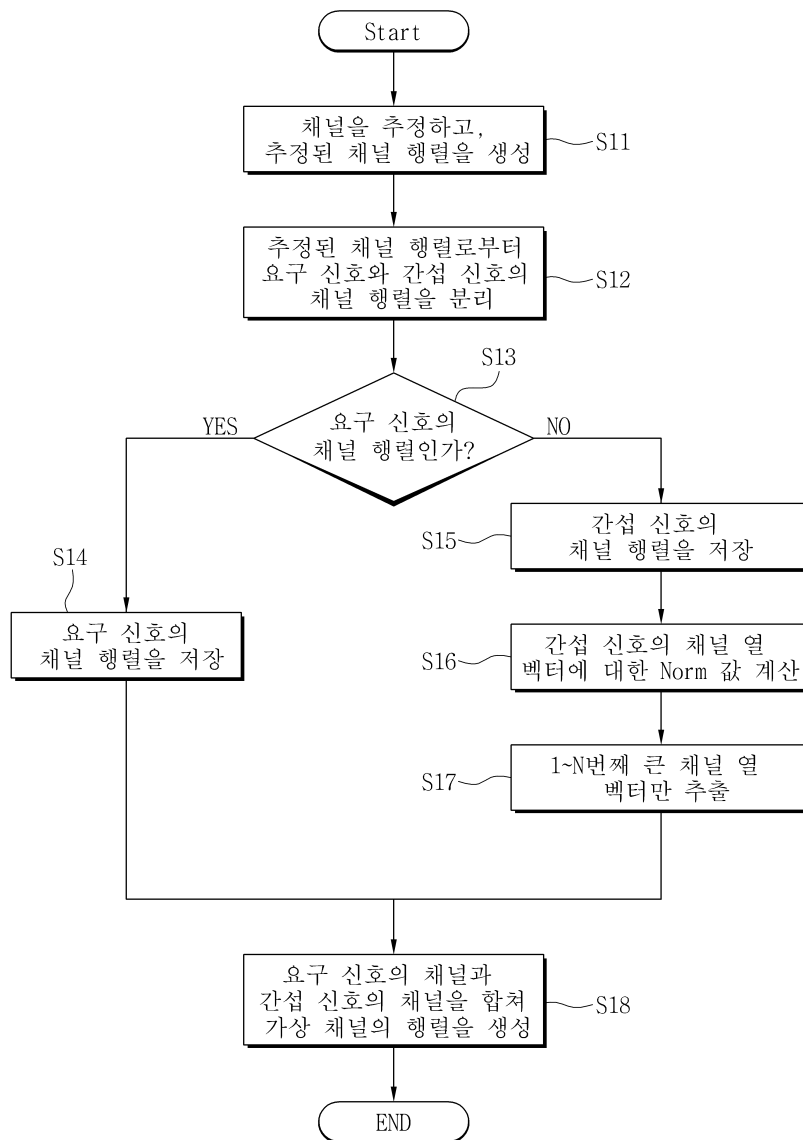
도면1



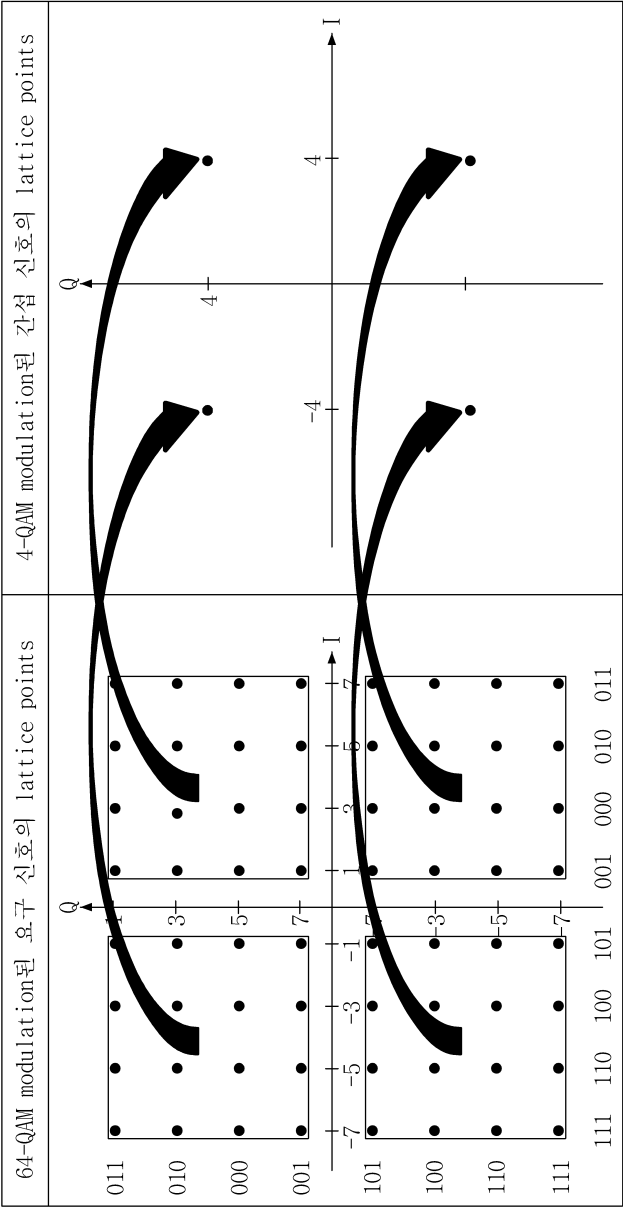
도면2



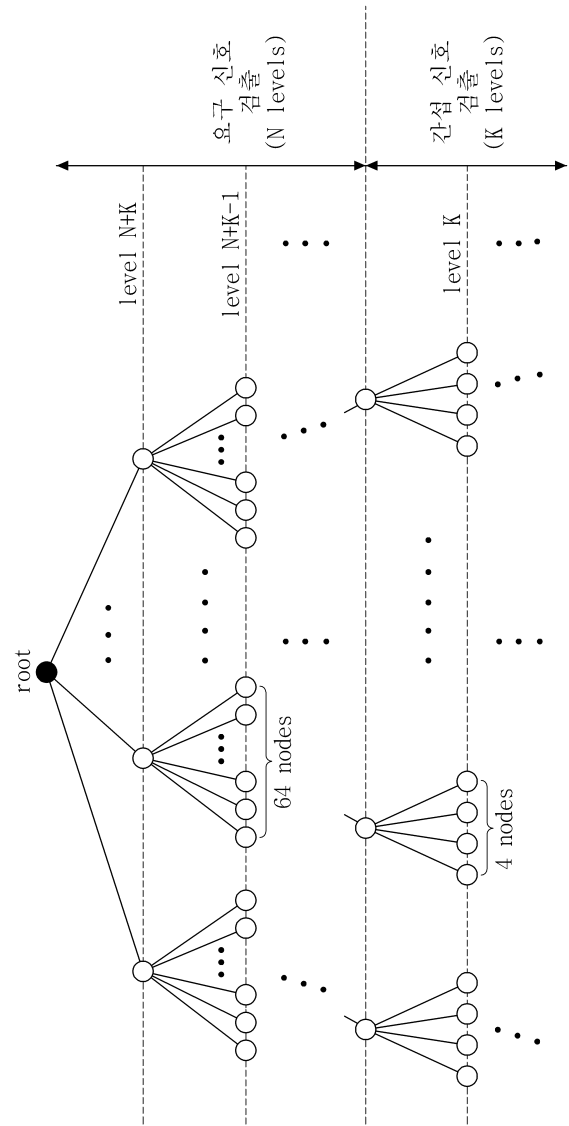
도면3



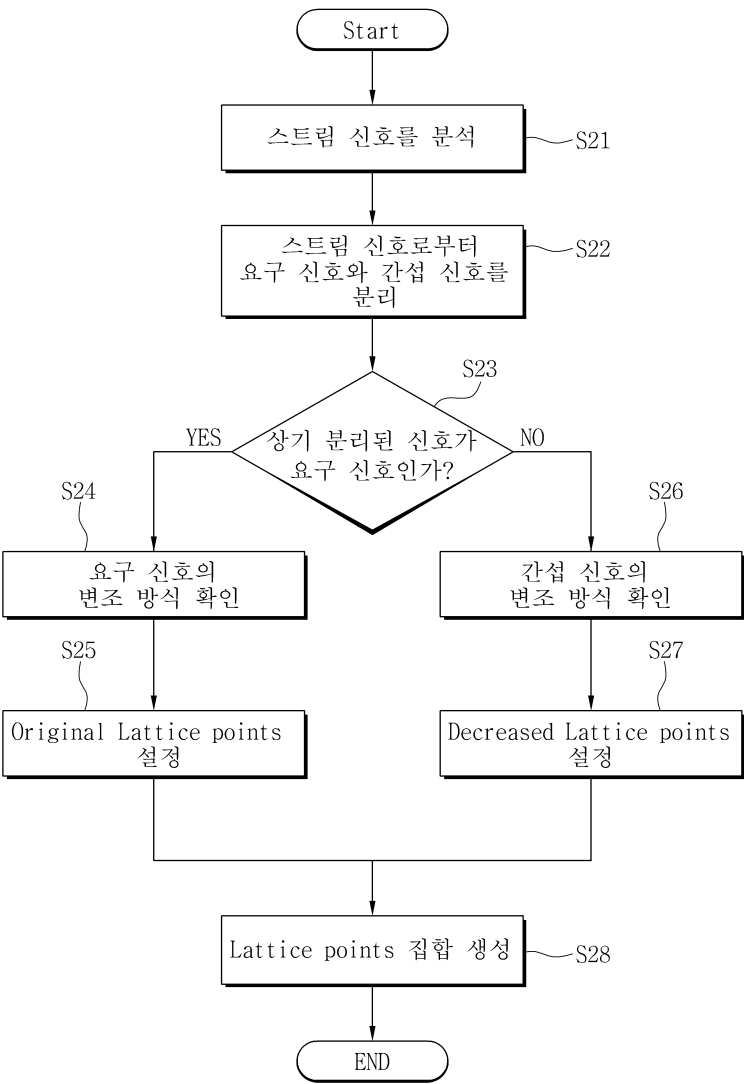
도면4



도면5



도면6



도면7

