



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년04월17일
 (11) 등록번호 10-1970065
 (24) 등록일자 2019년04월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H04B 7/08 (2017.01) H04B 7/0413 (2017.01)
 (52) CPC특허분류
 H04B 7/0837 (2013.01)
 H04B 7/0413 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0111610
 (22) 출원일자 2017년09월01일
 심사청구일자 2017년09월01일
 (65) 공개번호 10-2019-0025230
 (43) 공개일자 2019년03월11일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR100922961 B1*
 KR102008011051 A
 KR101048976 B1
 KR1020090097838 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 세종대학교산학협력단
 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
 (72) 발명자
 송형규
 경기도 성남시 분당구 중앙공원로 17, 320동 303호(서현동, 시범단지한양아파트)
 노재현
 서울특별시 송파구 동남로13길 44-22, 301호(가락동)
 (74) 대리인
 민영준

전체 청구항 수 : 총 9 항

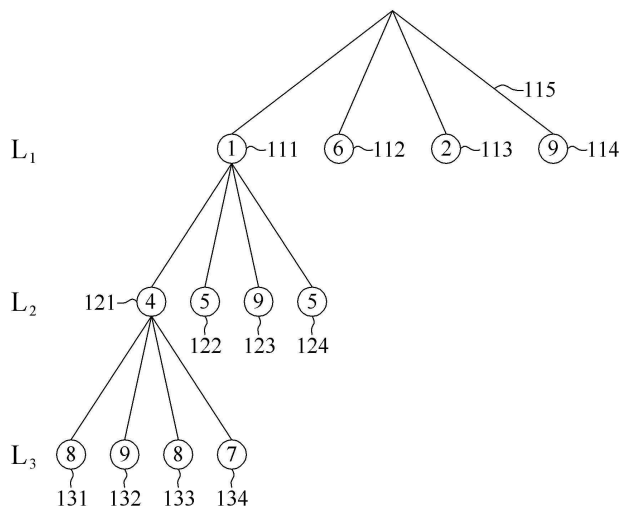
심사관 : 이철수

(54) 발명의 명칭 MIMO 시스템에서, 신호 검출 방법

(57) 요약

신호 검출 과정에서의 복잡도를 줄일 수 있는 MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법이 개시된다. 개시된 신호 검출 방법은 미리 설정된 변조 방식에 대한 정상도의 정상점 개수에 따라서, 경로 연장 후보 심볼 개수를 결정하는 단계; 제1레이어의 후보 심볼 중에서, 상기 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 제1경로 연장 후보 심볼을 선택하는 단계; 상기 제1경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 제1누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택하는 단계; 및 제1누적 유클리드 거리값보다 큰 유클리드 거리값을 나타내는 상기 제1레이어의 후보 심볼의 경로를 제거하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017-0-00217

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신산업기술개발

연구과제명 투명도와 레이어 가변형 실감 사이니지 기술

기 여 율 1/1

주관기관 서울과학기술대학교 산학협력단

연구기간 2017.04.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

미리 설정된 변조 방식에 대한 정상도의 정상점 개수에 따라서, 경로 연장 후보 심볼 개수를 결정하는 단계;

제1레이어의 후보 심볼 중에서, 상기 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 제1경로 연장 후보 심볼을 선택하는 단계;

상기 제1경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 제1누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택하는 단계; 및

제1누적 유클리드 거리값보다 큰 유클리드 거리값을 나타내는 상기 제1레이어의 후보 심볼의 경로를 제거하는 단계

를 포함하는 MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 제1경로 연장 후보 심볼을 선택하는 단계는

제1레이어의 후보 심볼 중에서, 상기 유클리드 거리값이 작은 순서대로 상기 제1경로 연장 후보 심볼을 선택하는

MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 경로 연장 후보 심볼 개수를 결정하는 단계는

하기의 수학식을 이용하여 상기 경로 연장 후보 심볼 개수(T)를 결정하며,

[수학식]

$$T = \log_2 |S|$$

여기서, S는 상기 정상점 개수인

MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제1누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택하는 단계는

상기 제1경로 연장 후보 심볼로부터 연장된, 제2레이어의 후보 심볼 중에서, 상기 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 제2경로 연장 후보 심볼을 결정하는 단계; 및

상기 제2경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 상기 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 상기 제1누적 유클리드 거리

값이 최소인 후보 심볼을 선택하는 단계
를 포함하는 MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 제1레이어의 후보 심볼의 경로가 제거된 후 나머지 심볼 및 상기 제1경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 상기 제2레이어의 후보 심볼 중에서, 상기 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 제3경로 연장 후보 심볼을 선택하는 단계;

상기 제3경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 상기 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 제2누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택하는 단계; 및

상기 제2누적 유클리드 거리값보다 큰 누적 유클리드 거리값을 나타내는 상기 제2레이어의 후보 심볼의 경로를 제거하는 단계

를 더 포함하는 MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 신호 검출 방법은

QRD-M 검출 기법에 기반한 신호 검출 방법인

MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법.

청구항 7

제1레이어의 후보 심볼 중에서, 미리 저장된 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 제1경로 연장 후보 심볼을 결정하는 단계;

상기 제1경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 제1누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택하는 단계; 및

제1누적 유클리드 거리값보다 작은 유클리드 거리값을 나타내는 상기 제1레이어의 후보 심볼의 경로를 제거하는 단계를 포함하며,

상기 경로 연장 후보 심볼 개수는, 변조 방식에 대한 성상도의 성상점 개수에 따라서, 결정되는,

MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 제1경로 연장 후보 심볼을 결정하는 단계는

제1레이어의 후보 심볼 중에서, 상기 유클리드 거리값이 작은 순서대로 상기 제1경로 연장 후보 심볼을 결정하는

MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법.

청구항 9

제 7항에 있어서,
 상기 경로 연장 후보 심볼 개수는
 비선형 함수에 의해 결정되는
 MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 MIMO 시스템에서, 신호 검출 방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 신호 검출 과정에서의 복잡도를 줄일 수 있는 신호 검출 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] MIMO 시스템은 송신기에서 서로 다른 다수의 독립적인 신호를 전송하므로 수신기는 높은 신뢰성을 지니는 신호 검출 기법을 요구한다. 다수의 신호 검출 기법 중, ML (Maximum Likelihood) 검출 기법은 최적의 오류 성능을 지닌다. ML 검출 기법은 수신 신호와 사용되어진 변조 차수에 따라 가능한 경우의 모든 후보군과의 유클리드 거리를 계산하여, 그 거리값이 가장 작은 것에 해당하는 후보군을 송신 신호로 추정한다. 그러나 ML 검출 기법은 복잡도가 매우 높아 실제로 구현되기 어려워 주로 다른 신호 검출 기법과 비교용 척도로서 사용된다.

[0004] QRD-M(QR Decomposition-M Algorithm) 검출 기법은 ML 검출 기법에 비해 매우 낮은 복잡도를 지니면서 유사한 오류 성능을 지닌다. 이는 ML 검출 기법과 달리 각 레이어(layer)에서 M개의 후보군만 선정하므로 ML 검출 기법보다 복잡도가 낮지만, huge MIMO 시스템에서는 복잡도가 역시 비선형적으로 증가하여 실제로 구현되기 어렵다. 따라서 보다 복잡도가 감소된 신호 검출 방법이 요구된다.

[0005] 관련 선행문헌으로 대한민국 등록특허 제10-0922961호가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 낮은 복잡도를 가지면서 높은 검출 성능을 제공할 수 있는 MIMO 시스템에서, 신호 검출 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따르면, 미리 설정된 변조 방식에 대한 성상도의 성상점 개수에 따라서, 경로 연장 후보 심볼 개수를 결정하는 단계; 제1레이어의 후보 심볼 중에서, 상기 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 제1경로 연장 후보 심볼을 선택하는 단계; 상기 제1경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 제1누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택하는 단계; 및 제1누적 유클리드 거리값보다 큰 유클리드 거리값을 나타내는 상기 제1레이어의 후보 심볼의 경로를 제거하는 단계를 포함하는 MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법이 제공된다.

[0010] 또한 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 제1레이어의 후보 심볼 중에서, 미리 저장된 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 제1경로 연장 후보 심볼을 결정하는 단계; 상기 제1경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 제1누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택하는 단계; 및 제1누적 유클리드 거리값보다 작은 유클리드 거리값을 나타내는 상기 제1레이어의 후보 심볼의 경로를 제거하는 단계를 포함하며, 상기 경로 연장 후보 심볼 개수는, 변조 방식에 대한 성상도의 성상점 개수에 따라서, 결정되는, MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법이 제공된다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따르면, 신호 검출 과정에서의 복잡도가 효과적으로 감소할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 복잡도가 감소된 종래의 QRD-M 신호 검출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 MIMO 통신 시스템을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 신호 검출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법의 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 신호 검출 방법의 BER 성능을 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 신호 검출 방법의 복잡도 감소 효과를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0017] 본 발명은 트리 구조를 이용하는 신호 검출 과정에서 일부 경로를 제거하여 복잡도를 줄일 수 있는 MIMO 통신 시스템에서의 신호 검출 방법을 제안한다.

[0018] 경로를 제거한다는 것은, 신호 검출 과정에서 후보 심볼을 판단해야하는 경우의 수를 줄이는 것이기 때문에, 복잡도가 줄어들 수 있다. 특히 본 발명은, 첫번째 레이어에서 복수개의 후보 심볼을 선택하고, 선택된 복수개의 후보 심볼로부터 계산되는 누적 유클리드 거리값을 임계값으로 이용하여 경로를 제거하는데, 단일 후보 심볼로부터 누적 유클리드 거리값을 계산하는 경우와 비교하여 보다 작은 누적 유클리드 거리값이 도출될 확률이 높아지기 때문에, 보다 많은 경로가 제거될 수 있다.

[0019] 결국, 본 발명에 따르면, 신호 검출 과정에서의 복잡도가 효과적으로 감소할 수 있다.

[0020] 본 발명은 트리 구조를 이용하여 신호를 검출하는 방법에 적용될 수 있으며, 이하에서는 일실시예로서, QRD-M 검출 기법에 기반한 신호 검출 방법이 일실시예로서 설명된다.

[0021] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0023] 도 1은 복잡도가 감소된 종래의 QRD-M 신호 검출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0024] 도 1은, 변조 방식이 QPSK, M은 4, 총 3개의 안테나 즉, 3개의 레이어로 구성된 트리 구조를 도시한다.

[0025] 제1레이어(L₁)에서, 4개의 후보 심볼(111, 112, 113, 114)이 생성되고, 후보 심볼(111, 112, 113, 114) 중 유클리드 거리(Squared Euclidean Distance)값이 가장 작은 후보 심볼(111)이 선택된다. 유클리드 거리는 정상도상에서 수신 신호와 정상점 사이의 거리를 나타낸다. 유클리드 거리값은 메트릭(metric) 값으로 불릴 수 있다.

[0026] 제2레이어(L₂)에서, 선택된 후보 심볼(111)로부터 연장된 4개의 후보 심볼(121, 122, 123, 124)이 생성되고, 누적 유클리드 거리(ASED, Accumulated Squared Euclidean Distance)값이 가장 작은 후보 심볼(121)이 선택된다. 누적 유클리드 거리는 현재 레이어에서 계산된 유클리드 거리와 이전 레이어에서 계산된 유클리드 거리의 합을 나타낸다.

[0027] 제3레이어(L₃)에서, 선택된 후보 심볼(111)로부터 연장된 4개의 후보 심볼(131, 132, 133, 134)이 생성되고, 누적 유클리드 거리값이 가장 작은 후보 심볼(134)의 누적 유클리드 거리값이 제1임계값으로 설정된다.

[0028] 제1임계값은 제1레이어(L₁)에서 경로를 제거하는 기준값으로 이용된다. 따라서, 제1레이어(L₁)에서, 후보 심볼(134)의 누적 유클리드 거리값인 7보다 큰 유클리드 거리값 9를 나타내는 후보 심볼(114)의 경로(115)가 제거된다.

[0029] 이후, 제2레이어(L₂)에서의 후보 심볼의 경로를 제거하기 위해, 제1레이어(L₁)에서 경로가 제거되지 않은 나머지

후보 심볼(112, 113)에 대해서 전술된 과정을 거쳐 제3레이어(L₃)에서의 누적 유클리드 거리값을 계산하고, 최소 누적 유클리드 거리값을 제2임계값으로 설정하여, 제2레이어(L₂)에서 경로를 제거할 수 있다.

[0030] 이 경우, 전술된 바와 같이, 제1레이어에서 최소 유클리드 거리값을 나타내는 단일의 후보 심볼로부터 누적 유클리드 거리값이 계산되기 때문에, 최종 레이어에서의 누적 유클리드 거리값을 나타내는 후보 심볼의 개수가, 제1레이어에서 복수의 후보 심볼을 선택하여 누적 유클리드 거리값을 계산하는 경우와 비교하여 적을 수 밖에 없다. 따라서, 제1레이어에서 제거될 수 있는 경로가 제거되지 못하는 경우가 발생하며, 이러한 현상은 다른 레이어에서도 동일하게 발생할 수 있다. 결국, 종래의 방법에 따르면 신호 검출 과정에서의 복잡도를 효과적으로 감소시키지 못하는 결과를 초래한다.

[0032] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 MIMO 통신 시스템을 설명하기 위한 도면이며, 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 신호 검출 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0033] 도 2를 참조하면, 송신 장치(210) 및 수신 장치(220) 각각은 다중 안테나를 포함한다.

[0034] 송신 장치(210)는 미리 설정된 변조 방식에 따라 맵핑된 심볼을 다중 송신 안테나를 통해 전송한다. 수신 장치(220)는 다중 수신 안테나를 통해 전송된 심볼을 수신하며, 신호 검출 과정을 수행한다. 다중 송신 안테나로부터 전송된 심볼들은 모든 수신 안테나를 통해 수신된다.

[0035] 수신 장치는 수신된 신호로부터 신호 검출 과정을 통해 최종 심볼을 결정한다. 이 때, 일실시예로서, 수신 장치는 QRD-M 검출 기법을 이용하여 최종 심볼을 결정할 수 있으며, 검출 과정에서의 복잡도를 줄이기 위해 최종 레이어를 제외한 레이어에서 복수개의 경로 연장 후보 심볼을 결정하여, 각 레이어에서 후보 심볼의 경로를 제거할 수 있다.

[0036] 도 3은 도 1에 도시된 바와 같이, 변조 방식으로 QPSK를 이용하며, 총 3개의 안테나가 구비된 통신 시스템에서, M이 4인 QRD-M 방식에 따른 신호 검출 과정을 설명하기 위한 트리 구조를 도시한다. 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 신호 검출 방법에서는, 도 1과 달리, 제1레이어에서 복수개의 후보 심볼이 경로 연장 후보 심볼로 결정된다.

[0037] 본 발명에 따른 수신 장치는 미리 설정된 변조 방식에 대한 정상도의 정상점 개수에 따라서, 경로 연장 후보 심볼 개수를 결정하고, 제1레이어의 후보 심볼 중에서, 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 경로 연장 후보 심볼을 선택한다.

[0038] 본 발명에 따른 수신 장치는 정상점 개수가 증가할수록 경로 연장 후보 심볼 개수를 증가시켜 경로 연장 후보 심볼을 선택할 수 있으며, 일 실시예로서, [수학식 1]과 같이 로그 함수를 이용하여, 경로 연장 후보 심볼 개수(T)를 결정할 수 있다. 상위 레이어에서 하위 레이어로 갈수록 후보 심볼의 개수는 비선형적으로 증가하기 때문에, 본 발명에 따른 수신 장치는 비선형 함수를 이용하여 경로 연장 후보 심볼을 선택하고 복잡도를 감소시킨다.

수학식 1

$$T = \log_2 |S|$$

[0039]

[0040] 여기서, S는 변조 방식에 대한 정상도의 정상점 개수를 나타낸다. QPSK 방식의 경우 정상점이 4개이기 때문에, 도 3의 경우 경로 연장 후보 심볼 개수(T)는 2가 된다.

[0041] 따라서 본 발명에 따른 수신 장치는 제1레이어의 후보 심볼 중에서, 2개의 경로 연장 후보 심볼을 선택하며, 후보 심볼의 유클리드 거리값이 작은 순서대로 경로 연장 후보 심볼을 선택할 수 있다. 따라서, 도 1과 달리 도 3에서는 제1후보 심볼(111) 뿐만 아니라 제3후보 심볼(113)으로부터도 경로가 연장되어 제2레이어(L₂)에서 후보 심볼들이 생성된다.

[0042] 결국, 제2레이어(L₂)에서는 총 8개의 후보 심볼(121 내지 128)이 생성되며, 본 발명에 따른 수신 장치는 제2레이어(L₂)에서 2개의 경로 연장 후보 심볼을 선택한다. 8개의 후보 심볼(121 내지 128) 중에서, 제1 및 제8후보

심볼(121, 128)의 누적 유클리드 거리값이 가장 작고 또한 두번째로 작기 때문에, 제1 및 제8후보 심볼(121, 128)이 경로 연장 후보 심볼로 선택된다.

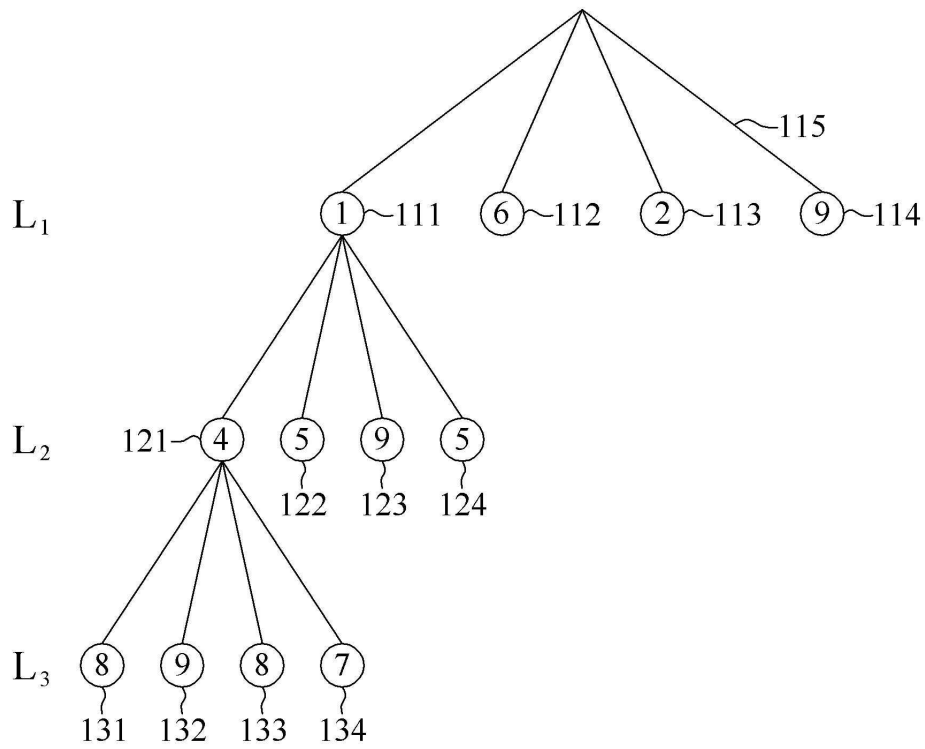
- [0043] 이후, 2개의 경로 연장 후보 심볼(121, 128)로부터 경로가 연장되어 제3레이어(L₃)에서 8개의 후보 심볼(131 내지 138)이 생성된다. 최종 레이어인 제3레이어(L₃)에서 8개의 후보 심볼(131 내지 138) 중 제8후보 심볼(138)의 누적 유클리드 거리값이 최소이기 때문에, 5가 제1임계값으로 설정되며, 수신 장치는 제1레이어(L₁)에서 5보다 작은 유클리드 거리값을 나타내는 제2 및 제4후보 심볼(112, 114)의 경로(115, 116)를 제거한다.
- [0044] 도 1에서는 제4후보 심볼(114)의 경로(115)만이 제거되는데 반해, 본 발명에 따르면, 제4후보 심볼(114)의 경로(115) 뿐만이 아니라 제2후보 심볼(112)의 경로(116)도 제거될 수 있다. 즉 본 발명에 따르면, 레이어에서 제거되는 경로의 개수가 증가할 수 있으며, 따라서 신호 검출 과정에서의 복잡도가 효과적으로 감소할 수 있다.
- [0045] 제1레이어(L₁)의 경로가 제거된 이후, 수신 장치는 전술된 과정과 동일한 과정을 반복하여 제2레이어(L₂)의 경로를 제거한다. 수신장치는 제1레이어(L₁)의 후보 심볼의 경로(115, 116)가 제거된 후 나머지 심볼(111, 112) 및 제1레이어(L₁)의 경로 연장 후보 심볼(111, 112)로부터 연장된 제2레이어(L₂)의 후보 심볼 중에서, 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 경로 연장 후보 심볼을 선택한다. 도 3에서는 제1레이어(L₁)에서 경로가 제거된 나머지 심볼과 제1레이어(L₁)의 경로 연장 후보 심볼이 동일하지만, 16QAM 이나 64QAM과 같이 보다 큰 사이즈의 성상도에 기반한 변조 방식이 이용되는 경우, 레이어에서의 후보 심볼이 증가하기 때문에 경로가 제거된 나머지 심볼에 대해서도 경로를 연장하는 과정이 필요하다.
- [0046] 제2레이어(L₂)에서 제1 및 제8후보 심볼(121, 128)이, 경로 연장 후보 심볼로 선택되며, 수신 장치는 제2레이어(L₂)의 경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택하고, 선택된 누적 유클리드 거리값보다 큰 유클리드 거리값을 나타내는 제2레이어(L₂)의 후보 심볼의 경로를 제거한다. 도 3에서, 5보다 큰 누적 유클리드 거리값을 나타내는 제3, 및 제7 후보 심볼(123, 127)의 경로(129, 130)가 제거될 수 있다.
- [0047] 수신 장치는 제2레이어에서, 경로가 제거된 나머지 심볼로부터 경로를 연장하여 후보 심볼을 생성하고, 제3레이어에서의 후보 심볼중 누적 유클리드 거리값이 가장 작은 후보 심볼을 선택한다. 선택된 후보 심볼 및 선택된 후보 심볼과 연결된 후보 심볼들이 최종 심볼로 결정된다.
- [0049] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 MIMO 통신 시스템에서 신호 검출 방법의 흐름도이다.
- [0050] 본 발명에 따른 신호 검출 방법은 MIMO 통신 시스템에서 신호를 수신하는 모든 장치에서 수행될 수 있으며, 이하에서는 도 2의 수신 장치에서 수행되는 신호 검출 방법이 일실시예로서 설명된다.
- [0051] 본 발명에 따른 수신 장치는 미리 설정된 변조 방식에 대한 성상도의 성상점 개수에 따라서, 경로 연장 후보 심볼 개수를 결정(S410)한다. 단계 S410에서 수신 장치는 비선형 함수를 이용하여 경로 연장 후보 심볼 개수를 결정할 수 있으며, 일실시예로서, [수학식 1]을 이용하여 경로 연장 후보 심볼 개수를 결정할 수 있다.
- [0052] 본 발명에 따른 수신 장치는 제1레이어의 후보 심볼 중에서, 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 제1경로 연장 후보 심볼을 선택(S420)한다. 단계 S420에서 수신 장치는, 제1레이어의 후보 심볼 중에서, 유클리드 거리값이 작은 순서대로 제1경로 연장 후보 심볼을 선택할 수 있다.
- [0053] 이후 수신 장치는 제1경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 제1누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택(S430)한다.
- [0054] 보다 구체적으로 수신 장치는 제1경로 연장 후보 심볼로부터 연장된, 제2레이어의 후보 심볼 중에서, 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 제2경로 연장 후보 심볼을 결정하며, 제2경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 제1누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택한다.
- [0055] 그리고 수신 장치는, 제1누적 유클리드 거리값보다 큰 유클리드 거리값을 나타내는 제1레이어의 후보 심볼의 경로를 제거(S440)한다. 즉, 제1누적 유클리드 거리값은 제1레이어의 후보 심볼의 경로 제거를 위한 임계값으로 작용한다.
- [0056] 이후, 수신 장치는 전술된 단계를 반복하여 다른 레이어의 후보 심볼의 경로를 제거할 수 있다. 수신 장치는 제

1레이어의 후보 심볼의 경로가 제거된 후 나머지 심볼 및 제1경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 제2레이어의 후보 심볼 중에서, 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 복수개의 제3경로 연장 후보 심볼을 선택하고, 제3경로 연장 후보 심볼로부터 연장된 최종 레이어의 후보 심볼 중에서, 제2누적 유클리드 거리값이 최소인 후보 심볼을 선택한다. 그리고 제2누적 유클리드 거리값보다 큰 누적 유클리드 거리값을 나타내는 상기 제2레이어의 후보 심볼의 경로를 제거한다.

- [0057] 한편, 실시예에 따라서 본 발명에 따른 수신 장치는 단계 S410을 수행하지 않고 미리 저장된 경로 연장 후보 심볼 개수만큼 제1경로 연장 후보 심볼을 결정할 수 있다.
- [0059] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 신호 검출 방법의 BER 성능을 나타내는 도면이다.
- [0060] 도 5에서는 16QAM 변조 방식을 이용하는 2X2 및 4X4의 MIMO-OFDM 통신 시스템에서 QRD-M 검출 기법 및 ML 검출 기법에 따른 시뮬레이션 결과가 도시되고 있다.
- [0061] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 신호 검출 방법(제안된 QRD-M)의 BER 성능과 기존의 QRD-M 검출 기법 및 ML 검출 기법에 따른 BER 성능이 거의 동일함을 확인할 수 있다.
- [0062] 결국, 본 발명에 따르면 신호 검출 과정에서의 복잡도가 감소하면서도 검출 성능이 감소되지 않고 유지될 수 있다.
- [0064] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 신호 검출 방법의 복잡도 감소 효과를 설명하기 위한 도면이다.
- [0065] 도 6에서는 16QAM 변조 방식을 이용하는 2X2 MIMO-OFDM 통신 시스템의 신호 검출 과정에서, 경로가 제거된 후의 전체 레이어의 평균 생존 경로의 개수가 도시되고 있다. 도 6에서는, 평균 생존 경로의 개수가 적을수록 복잡도가 낮음을 나타낸다.
- [0066] 기존의 경로 제거를 수행하지 않는 QRD-M 검출 기법은 M 값에 무관하게 SNR에 따라 일정한 결과를 볼 수 있는데, 이는 각 레이어에서 항상 고정된 개수의 후보군을 선정하기 때문이다. 본 발명에 따른 신호 검출 방법(제안된 QRD-M)의 복잡도는 기존의 QRD-M 검출 기법보다 복잡도가 낮으며, SNR이 증가할수록 M값이 1인 기존의 QRD-M 검출 기법의 복잡도에 근사함을 알 수 있다. 이는 수신기에서 SNR이 증가할수록 문턱값에 대한 정확도가 높아지고 이로 인해 불필요한 생존 경로에 대한 구별이 명확하게 이루어지기 때문이다.
- [0067] 또한, 도 6에서는 적응적 QRD-M 검출 기법과 LR(Lattice Reduction)-aided QRD-M 검출 기법의 복잡도가 함께 도시되고 있는데, 적응적 QRD-M 검출 기법과 LR-aided QRD-M 검출 기법 모두 복잡도를 줄이기 위해 불필요한 생존 경로를 제거하지만, 본 발명에 따른 신호 검출 방법보다 복잡도가 높은 것을 알 수 있다. 본 발명에 따른 신호 검출 방법은 변조 차수를 고려하여 경로 제거를 위한 임계값을 설정하기 때문에, 변조 차수가 증가함에 따라 비선형적으로 복잡도가 증가하는 것을 방지할 수 있다.
- [0069] 앞서 설명한 기술적 내용들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예들을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 하드웨어 장치는 실시예들의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0071] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

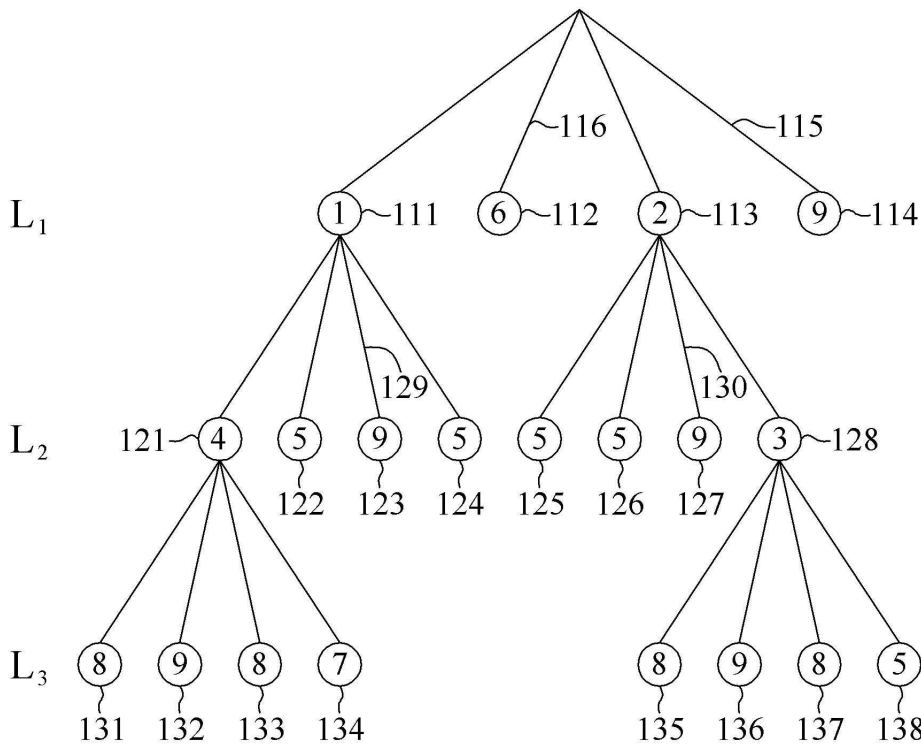
도면1



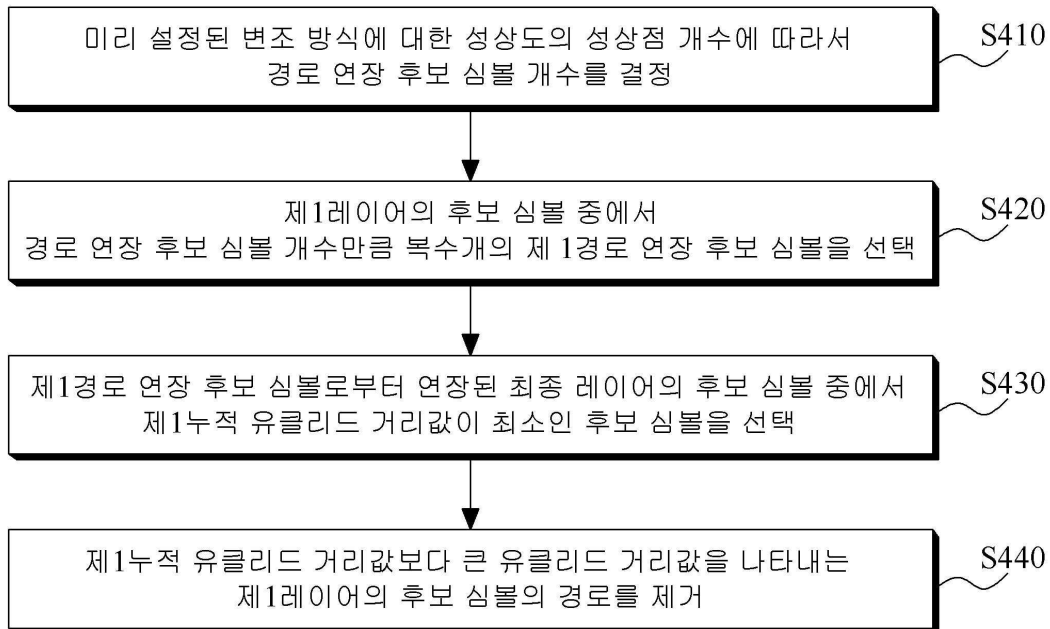
도면2



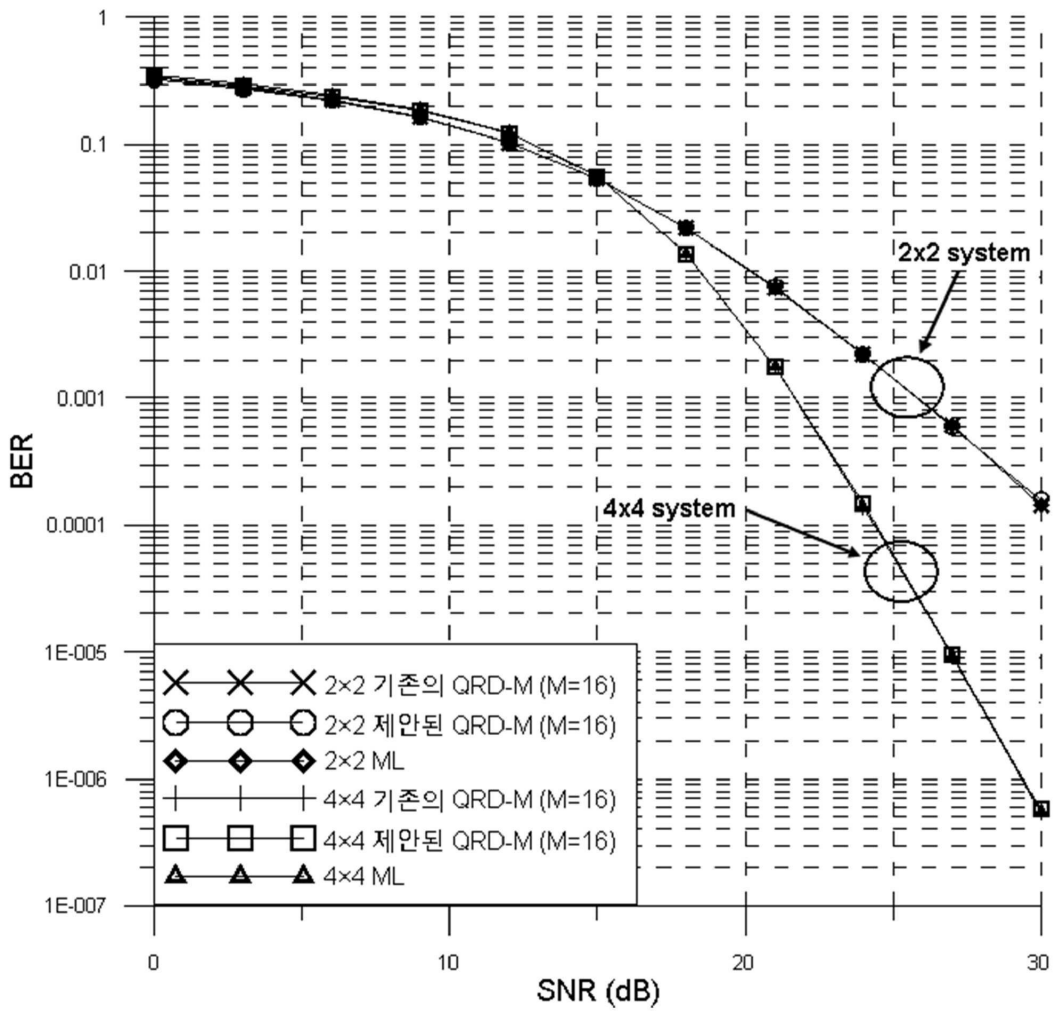
도면3



도면4



도면5



도면6

