



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2019년02월15일  
 (11) 등록번호 10-1949031  
 (24) 등록일자 2019년02월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H04L 25/03 (2006.01) H04B 7/0413 (2017.01)  
 H04L 25/02 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 H04L 25/03242 (2013.01)  
 H04B 7/0413 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2017-0108461  
 (22) 출원일자 2017년08월28일  
 심사청구일자 2017년08월28일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101348557 B1\*  
 KR1020080021323 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 세종대학교산학협력단  
 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)  
 (72) 발명자  
 김종광  
 서울특별시 노원구 마들로 59, 11동 106호(월계동, 월계미성아파트)  
 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 5 항

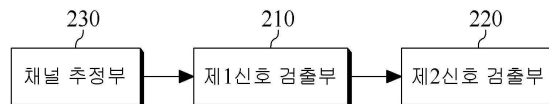
심사관 : 황철규

(54) 발명의 명칭 MIMO-OFDM 시스템에서, 신호 검출 방법 및 장치

**(57) 요약**

채널 상태에 따라서 k-best 검출 기법과 LR-SIC 검출 기법을 적응적으로 적용하는 신호 검출 방법 및 장치가 개시된다. 개시된 MIMO-OFDM 시스템에서 신호 검출 방법은 채널 상태를 판단하는 단계; 상기 채널 상태에 따라서, k-best 검출 기법을 위한 k값 및 적어도 하나의 레이어를 선택하는 단계; 상기 k-best 검출 기법에 기반하여, 상기 선택된 레이어에서, 수신 신호에 대한 k개의 후보 심볼을 결정하는 단계; 및 상기 k개의 후보 심볼을 이용하여, 상기 수신 신호에 대해 LR-SIC 검출 기법을 적용하는 단계를 포함한다.

**대표도** - 도2



(52) CPC특허분류

*H04L 25/024* (2013.01)

*H04L 25/03891* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711055930

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 방송통신산업기술개발

연구과제명 투명도와 레이어 가변형 실감 사이니지 기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 서울과학기술대학교산학협력단

연구기간 2017.04.01 ~ 2017.12.31

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

채널 상태를 판단하는 단계;

상기 채널 상태에 따라서, k-best 검출 기법을 위한 k값 및 적어도 하나의 레이어를 선택하는 단계;

상기 k-best 검출 기법에 기반하여, 상기 선택된 레이어에서, 수신 신호에 대한 k개의 후보 심볼을 결정하는 단계; 및

상기 k개의 후보 심볼을 이용하여, 상기 수신 신호에 대해 LR-SIC 검출 기법을 적용하는 단계를 포함하며,

상기 채널 상태를 판단하는 단계는

채널 행렬의 조건수가 제1임계값보다 작은 경우, 상기 채널 상태를 제1상태로 판단하는 단계;

상기 채널 행렬의 조건수가 상기 제1임계값 이상이며, 상기 제1임계값보다 큰 제2임계값보다 작은 경우, 상기 채널 상태를 제2상태로 판단하는 단계; 및

상기 채널 행렬의 조건수가 상기 제2임계값 이상인 경우, 상기 채널 상태를 제3상태로 판단하는 단계를 포함하며,

상기 제1 및 제2임계값은

서브 캐리어별 채널 행렬의 조건수에 따라 결정되는

MIMO-ODFM 시스템에서 신호 검출 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 제1임계값은, 상기 서브캐리어별 채널 행렬의 조건수를 평균한 값이며,

상기 제2임계값은, 상기 제1임계값과, 상기 서브 캐리어별 채널 조건수의 표준 편차를 합한 값인

MIMO-ODFM 시스템에서 신호 검출 방법.

#### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 k값 및 상기 선택된 레이어의 개수는

상기 채널 상태가 제1상태에서 제3상태로 변함에 따라 증가하는

MIMO-ODFM 시스템에서 신호 검출 방법.

**청구항 6**

제 1항에 있어서,  
 상기 선택된 레이어의 개수는  
 수신 장치의 수신 안테나의 개수보다 적은 개수인  
 MIMO-ODFM 시스템에서 신호 검출 방법.

**청구항 7**

제 1항에 있어서,  
 상기 LR-SIC 검출 기법을 적용하는 단계는  
 상기 수신 신호에서, 상기 k개의 후보 심볼 성분을 제거하여, 상기 LR-SIC 검출 기법을 적용하는  
 MIMO-ODFM 시스템에서 신호 검출 방법.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

삭제

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 MIMO-OFDM 시스템에서, 신호 검출 방법 및 장치에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 채널 상태에 따라 k-best 검출 기법과 LR-SIC 검출 기법을 적응적으로 적용하는 신호 검출 방법 및 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] MIMO-OFDM은 다양한 무선 통신 시스템에서 많이 사용되고 있다. MIMO-OFDM 시스템은 추가적인 전력이나 대역폭 없이 높은 데이터 전송률과 채널 용량을 제공한다. 하지만 MIMO-OFDM 시스템에서 모든 송신 안테나에서 동시에 데이터를 전송하고 각각의 수신 안테나에서 모든 신호를 받기 때문에, 자기 신호를 제외한 다른 신호들은 간섭 신호로 여겨진다. 이러한 이유로 신호 검출 기법은 높은 데이터 전송률을 위해서 매우 중요하다.

[0004] 여러 신호 검출 기법들 중에서 ML(Maximum Likelihood) 검출 기법은 최적의 검출 기법으로 수신될 수 있는 모든 신호의 조합과 수신된 신호를 비교하여 가장 차이가 적은 신호 조합을 선택하는 기법이다. 하지만 변조 차수와 안테나 수에 따라서 복잡도가 높아 실제 시스템에 적용하기에 적합하지 않다.

[0005] 비선형 검출 기법인 K-best BFTS(Breadth First Tree Searching) 검출 기법 중 트리구조를 이용한 QRD-M(QR Decomposition with M algorithm) 검출 기법은 수신 신호와 기준 신호와의 비교를 통해 가능성이 가장 높은 신호들을 후보군으로 두어 누적된 거리가 차이가 가장 작은 신호 집합을 수신 신호로 결정하며, M값이 변조 차수와 동일할 때 ML 검출 기법과 동일한 성능을 가지는 준 ML 검출 기법이다.

[0006] 하지만 QRD-M 검출 기법 역시 변조차수와 안테나 수에 따라 ML 검출 기법의 복잡도 보다는 낮지만 여전히 높은 복잡도를 지니고 있다. 다른 비선형 검출 기법인 SIC(Successive Interference Cancellation) 검출 기법은 신호들을 검출기에 다른 신호들의 간섭을 없애고 검출하는 기법으로 복잡도가 낮은 편이지만 성능 역시 높지

않다. SIC 검출 기법은 LR(Lattice Reduction)과 같이 쓰여 성능을 높이지만 복잡도 또한 증가한다.

[0007] 관련 선행문헌으로 대한민국 공개특허 제2011-0057000호, 제2008-0042383호가 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명은 낮은 복잡도를 가지면서 높은 검출 성능을 제공할 수 있는 MIMO-OFDM 시스템에서, 신호 검출 방법 및 장치를 제공하기 위한 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0011] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따르면, 채널 상태를 판단하는 단계; 상기 채널 상태에 따라서, k-best 검출 기법을 위한 k값 및 적어도 하나의 레이어를 선택하는 단계; 상기 k-best 검출 기법에 기반하여, 상기 선택된 레이어에서, 수신 신호에 대한 k개의 후보 심볼을 결정하는 단계; 및 상기 k개의 후보 심볼을 이용하여, 상기 수신 신호에 대해 LR-SIC 검출 기법을 적용하는 단계를 포함하는 MIMO-OFDM 시스템에서 신호 검출 방법이 제공된다.

[0012] 또한 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 채널 추정을 통해 채널 상태를 판단하는 채널 추정부; 상기 채널 상태에 따라서, k-best 검출 기법을 위한 k값 및 적어도 하나의 레이어를 선택하고, 상기 k-best 검출 기법에 기반하여, 상기 선택된 레이어에서 수신 신호에 대한 k개의 후보 심볼을 결정하는 제1신호 검출부; 및 상기 k개의 후보 심볼을 이용하여, 상기 수신 신호에 대해 LR-SIC 검출 기법을 적용하는 제2신호 검출부를 포함하는 MIMO-OFDM 시스템에서 신호 검출 장치가 제공된다.

**발명의 효과**

[0014] 본 발명에 따르면, 채널 상태에 따라서 적응적으로 k-best 검출 기법과 LR-SIC 검출 기법을 적용함으로써, 신호 검출의 복잡도는 감소시키면서 검출 성능을 향상시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0016] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 MIMO-OFDM 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 신호 검출 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 MIMO-OFDM 시스템에서 수신 신호 검출 기법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 k-best 검출 기법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 수신 신호 검출 방법과 다른 검출 방법의 SER 결과를 도시하는 도면이다.
- 도 6은 본 발명에 따른 수신 신호 검출 방법과 다른 검출 방법의 복잡도를 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0017] 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.

[0018] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 MIMO-OFDM 시스템을 설명하기 위한 도면이며, 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 신호 검출 장치를 설명하기 위한 도면이다.

[0021] 도 1을 참조하면, 송신 장치(110) 및 수신 장치(120) 각각은 다중 안테나를 구비하며, 송신 장치(110)의 심볼은 서브 캐리어를 통해 수신 장치(120)로 전송된다.

[0022] 보다 구체적으로, 송신 장치(110)는 미리 설정된 변조 방식에 따라 맵핑된 심볼을 다중 송신 안테나를 통해 전송한다. 수신 장치(120)는 다중 수신 안테나를 통해 전송된 심볼을 수신하며, 신호 검출 과정을 수행한다. 다중

송신 안테나로부터 전송된 심볼들은 모든 수신 안테나를 통해 수신된다.

- [0023] 수신 장치(120)는 신호 검출 장치를 포함하며, 본 발명에 따른 신호 검출 장치는 도 2에 도시된 바와 같이, 제1 신호 검출부(210), 제2신호 검출부(220) 및 채널 추정부(230)를 포함한다.
- [0024] 채널 추정부(230)는 채널 추정을 통해 송신 장치와 수신 장치 사이의 채널 상태를 판단한다. 채널 추정부(230)는 채널 추정을 통해 얻어진 채널 행렬부터 조건수(condition number)를 계산하고, 이러한 조건수와 미리 설정된 임계값을 비교하여 채널 상태가 양호(well-conditioned)한지 아니면 불량(ill-conditioned)한지를 판단할 수 있다.
- [0025] 제1신호 검출부(210)는 k-best 검출 기법에 따라 신호 검출을 수행한다. 이 때, 제1신호 검출부(210)는 채널 상태에 따라서 k-best 검출 기법을 위한 파라미터를 선택하며, k-best 검출 기법을 위한 파라미터로서, k(자연수)값 및 적어도 하나의 레이어를 선택한다.
- [0026] k-best 검출 기법은 수신 안테나에 대응되는 레이어별로 k개의 후보 심볼을 결정한 후, 최종 레이어에서 유클리드 거리값이 가장 작은 후보 심볼을 최종 심볼로 결정하는 기법이다. 예컨대, 수신 장치가 4개의 수신 안테나를 구비한다면 4개의 레이어 각각에 대해 k개의 후보 심볼이 결정된다.
- [0027] 따라서 모든 수신 안테나에 대응되는 레이어별로 k개의 후보 심볼이 결정된다면, 복잡도가 매우 증가하는데, 제1신호 검출부(210)는 채널 상태가 양호할 경우 신호 검출에 따른 복잡도가 줄어들 수 있도록 파라미터를 결정한다. 그리고, 채널 상태가 불량할 경우에는 복잡도가 증가하더라도 우수한 신호 검출 성능이 발휘될 수 있도록 파라미터를 결정한다.
- [0028] 그리고 제1신호 검출부(230)는 k-best 검출 기법에 기반하여, 선택된 레이어에서 수신 신호에 대한 k개의 후보 심볼을 결정한다. 다시 말해, 제1신호 검출부(230)는 수신 안테나에 대응되는 모든 레이어별로 k개의 후보 심볼을 결정하는 것이 아니라, 선택된 레이어에 대해서만 k개의 후보 심볼을 결정한다. 복잡도가 줄어들 수 있도록, 제1신호 검출부(230)는 수신 안테나의 개수보다 적은 범위 내에서 레이어를 선택하는 것이 바람직하다.
- [0029] 제2신호 검출부(240)는 LR-SIC 검출 기법에 따라 신호 검출을 수행하며, 제1신호 검출부(230)의 검출 결과를 이용하여 신호 검출을 수행한다. 제2신호 검출부(240)는 k개의 후보 심볼을 이용하여, 수신 신호에 대해 LR-SIC 검출 기법을 적용할 수 있다.
- [0030] 전송된 바와 같이, 제1신호 검출부(230)에서 선택되는 레이어의 개수는 안테나의 개수보다 적기 때문에, k-best 검출 기법만으로 최종 수신 신호를 검출할 수 없으며, 따라서 추가적인 신호 검출 과정이 필요한데, 본 발명은 LR-SIC 검출 기법을 이용하여 최종적으로 신호 검출을 수행한다.
- [0031] 결국, 본 발명에 따르면, 채널 상태에 따라서 신호 검출에 따른 복잡도가 줄어들 수 있도록 k-best 검출 기법을 위한 파라미터를 선택하고, LR-SIC 검출 기법을 적용함으로써, 신호 검출의 복잡도는 감소시키면서 검출 성능을 향상시킬 수 있다.
- [0033] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 MIMO-ODFM 시스템에서 수신 신호 검출 기법을 설명하기 위한 도면이며, 도 4는 k-best 검출 기법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0034] 본 발명에 따른 수신 장치는 채널 상태를 판단(S310)하고, 판단된 채널 상태에 따라서, k-best 검출 기법을 위한 k값(k는 자연수) 및 적어도 하나의 레이어를 선택(S320)한다.
- [0035] 단계 S310에서 수신 장치는, 일실시예로서 채널 행렬의 조건수를 이용하여 채널 상태를 3개의 상태로 판단할 수 있다. 채널 행렬의 조건수가 1에 가까울수록 채널의 직교성이 높아 잡음 증폭이 발생하지 않으므로, 채널 행렬의 조건수가 작을수록 채널 상태가 양호한 것으로 판단될 수 있다.
- [0036] 채널 행렬의 조건수( $\kappa(H)$ )는 [수학식 1]과 같이 계산될 수 있으며, 항상 1이상이다. 채널 행렬의 특이값(singular value)은 특이값 분해(Singular Value Decomposition, SVD)를 통해 얻어질 수 있다.

수학식 1

$$\kappa(H) = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\min}} \geq 1$$

[0037]

[0038] 여기서,  $\sigma_{\max}$  는 채널 행렬의 특이값 중 최대값을 나타내며,  $\sigma_{\min}$  는 채널 행렬의 특이값 중 최소값을 나타낸다.

[0039] 수신 장치는 채널 행렬의 조건수가 제1임계값보다 작은 경우, 채널 상태를 제1상태로 판단한다. 제1상태는 3개의 상태중 가장 양호한 상태이다. 그리고 수신 장치는 채널 행렬의 조건수가 제1임계값 이상이며, 제1임계값보다 큰 제2임계값보다 작은 경우, 채널 상태를 제2상태로 판단한다. 제2상태는 3개의 상태중 불량한 상태이다. 그리고 수신 장치는 채널 행렬의 조건수가 제2임계값 이상인 경우, 채널 상태를 제3상태로 판단한다. 제3상태는 3개의 상태중 가장 불량한 상태이다.

[0040] 제1 및 제2임계값은 서브 캐리어별 채널 행렬의 조건수에 따라 결정될 수 있으며, 제1임계값( $\lambda$ )은 일실시예로서 [수학식 2]와 같이 서브캐리어별 채널 행렬의 조건수를 평균하여 계산될 수 있다.

수학식 2

$$\lambda = \frac{1}{\alpha} \sum_{i=1}^{\alpha} \kappa_i(H)$$

[0041]

[0042] 여기서,  $\alpha$  는 서브 캐리어의 개수를 나타내며,  $i$  는 서브 캐리어의 인덱스를 나타낸다.

[0043] 제2임계값( $\omega$ )은 일실시예로서, [수학식 3]과 같이 계산될 수 있다.

수학식 3

$$\omega = \lambda + \beta$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{\alpha-1} \sum_{i=1}^{\alpha} |\kappa_i(H) - \lambda|^2}$$

[0044]

[0045] 여기서,  $\beta$  는 서브 캐리어별 채널 조건수의 표준 편차를 나타낸다.

[0046] 단계 S320에서 수신 장치는 채널 상태가 양호할수록 보다 작은 k값 및 보다 적은 레이어의 개수를 선택한다. 다시 말해, 채널 상태가 제1상태에서 제3상태로 갈수록 선택되는 k값 및 레이어의 개수는 증가할 수 있다.

[0047] 전술된 바와 같이, 채널 상태가 양호할 경우 신호 검출에 유리하므로 수신 장치는 보다 작은 k값 및 레이어의 개수를 선택하여 k-best 신호 검출 기법 적용에 따른 복잡도를 줄일 수 있다. 반대로 채널 상태가 불량할 경우 신호 검출에 불리하므로 수신 장치는 보다 큰 k값 및 레이어의 개수를 선택하여 신호 검출 성능을 높일 수 있다.

[0048] 예컨대, 수신 장치가 총 4개의 수신 안테나를 구비하는 경우, 제1상태에서는 제1레이어, 제2상태에서는 제1 및 제2레이어, 제3상태에서는 제1 내지 제3레이어가 선택될 수 있다. 모든 레이어가 선택된다면 후술되는 LR-SIC

검출 기법이 적용되기 어려우므로, 단계 S320에서는 수신 안테나의 개수보다 적은 개수의 레이어가 선택되는 것이 바람직하다.

- [0049] 이후 수신 장치는 k-best 검출 기법에 기반하여, 선택된 레이어에서 수신 신호에 대한 k개의 후보 심볼을 결정(S330)하고, k개의 후보 심볼을 이용하여, 수신 신호에 대해 LR-SIC 검출 기법을 적용함으로써 최종적으로 수신 신호를 검출(S340)한다.
- [0050] 단계 S330 및 S340에 대한 이해를 돕기 위해, 도 4를 참조하여 k-best 검출 기법에 대해 간단히 설명하기로 한다.
- [0051] k-best 검출 기법은 도 4에 도시된 바와 같이, 레이어별 노드와 노드 사이를 연결하는 경로(path)로 구성되는 트리 구조를 이용한다. 도 4에서 N은 레이어를 나타내며, N의 아래 첨자 T는 레이어의 인덱스를 나타낸다. 그리고 노드는 성상도 상의 성상점, 즉 레퍼런스 심볼을 나타내며, 각 레이어에서 레퍼런스 심볼 중 k개의 후보 심볼이 결정된다. k개의 후보 심볼은 성상도 상에서 수신 신호와 성상점 사이의 유클리드 거리에 따라 결정된다.
- [0052] 최종 레이어(N<sub>T</sub>)에서 k개의 후보 심볼 중, 최소 유클리드 거리를 나타내는 후보 심볼이 최종 심볼로 결정되며, 최종 심볼과 경로를 통해 연결되는 노드 들이 각 레이어에서의 최종 심볼로 결정된다. 따라서, 모든 레이어 즉 모든 안테나에서 수신되는 최종 신호가 결정될 수 있다.
- [0053] 본 발명에 따른 수신 장치는, 수신 안테나에서 대응되는 모든 레이어에서 k개의 후보 심볼을 결정하지 않고, 단계 S330에서 채널 상태에 따라서 보다 적은 레이어에서 후보 심볼을 결정한다. 예컨대, 전송된 바와 같이, 제1 상태에서는 제1레이어(N<sub>1</sub>), 제2상태에서는 제1 및 제2레이어(N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>), 제3상태에서는 제1 내지 제3레이어(N<sub>1</sub> 내지 N<sub>3</sub>)에서 후보 심볼을 결정할 수 있다.
- [0054] 또한 k값 역시 채널 상태에 따라서 적응적으로 결정되므로 본 발명에 따르면, 신호 검출에 따른 복잡도가 감소함과 동시에 검출 성능을 유지할 수 있다.
- [0055] k-best 검출 기법에 따르면, 수신 안테나에서 대응되는 모든 레이어에서 k개의 후보 심볼이 결정되어야 수신 신호가 검출될 수 있는데, 본 발명에 따른 수신 장치는, 일부 레이어에 대해서만 k개의 후보 심볼을 결정하므로, 단계 S340에서 k개의 후보 심볼에 대해, LR-SIC 검출 기법을 적용하여 최종적으로 수신 신호를 검출한다.
- [0056] LR-SIC 검출 기법은, 격자 감소 기법과, 연속 간섭 제거(SIC) 기법이 결합된 기법으로서, 이전 단계의 신호 검출 결과를 이용하여 순차적으로 심볼을 검출하는 기법이다. 본 발명에 따른 수신 장치는 단계 S330에서 결정된 레이어 별 k개의 후보 심볼을 이용하여 단계 S340에서 LR-SIC 기법을 수행한다.
- [0057] 보다 구체적으로 설명하면, 수신 장치는 수신 신호에서, 선택된 레이어에 대한 k개의 후보 심볼 성분을 제거하여, LR-SIC 검출 기법을 적용한다. 예컨대, 수신 신호(Y)를 [수학식 4]와 같이 표현할 경우, k개의 후보 심볼 성분이 제거된 신호( $Y_k$ )는 [수학식 5]와 같이 표현될 수 있다.

**수학식 4**

$$Y = HX + N$$

[0058]

[0059] 여기서, H는 채널 행렬, X는 전송 심볼, N은 노이즈를 나타낸다.

**수학식 5**

$$Y_k = \widehat{H}T T^{-1} \widehat{X}_k + N$$

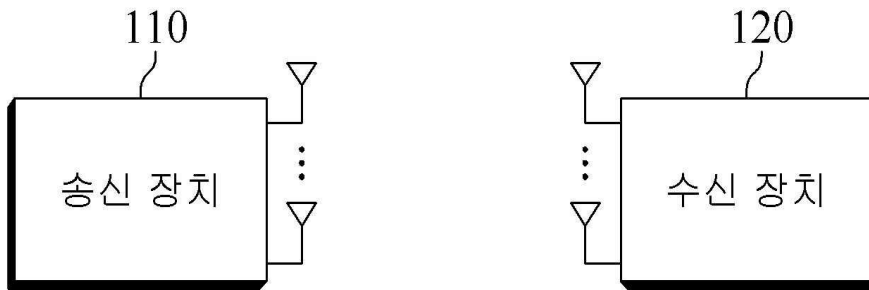
[0060]



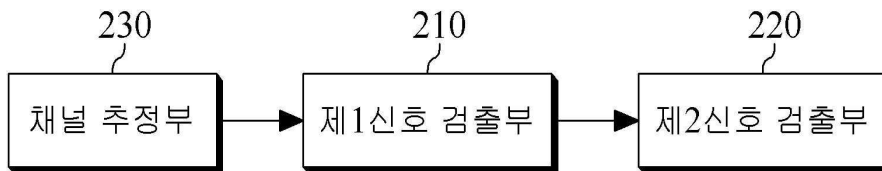
- [0061] 여기서,  $\hat{H}$  는 k개의 후보 심볼 성분 제거후 남아 있는 전송 심볼 성분의 채널에 대한 채널 행렬이며,  $\hat{X}_k$ 는 남아있는 전송 심볼이며, T는 LR 연산을 통해 계산된 유니타리 행렬을 나타낸다.
- [0062] 이후, 수신 장치는 선택된 레이어 중 최종 레이어의 k개의 후보 심볼 각각에 대해 LR-SIC 기법을 적용하고, 선택되지 않은 나머지 레이어에서의 수신 신호를 검출한다. 예컨대, 총 4개의 레이어가 존재하고, 제1 및 제2레이어에 대해 k개의 후보 심볼이 결정된 경우, 수신 장치는 제2레이어의 k개의 후보 심볼 각각에 대해 k번 LR-SIC 기법을 적용한다. 유클리드 거리에 따라 제3 및 제4레이어에서의 최종 심볼이 결정될 수 있고, 최종 심볼과 연결된 제1 및 제2레이어의 노드가 최종 심볼로 결정된다. 결국 모든 레이어에서의 최종 심볼이 결정될 수 있다.
- [0064] 도 5는 본 발명에 따른 수신 신호 검출 방법과 다른 검출 방법의 SER(Symbol Error Rate) 결과를 도시하는 도면이며, 도 6은 본 발명에 따른 수신 신호 검출 방법과 다른 검출 방법의 복잡도를 나타내는 도면이다.
- [0065] 도 5는 64-QAM 변조 기법을 사용하는 4X4 MIMO-OFDM 시스템에서의 신호 검출 시뮬레이션 결과를 도시하고 있다. 도 5에서는 K-best BFTS 검출 기법, LR-SIC 검출 기법 및 ML 검출 기법에 따른 SER이 본 발명에 따른 SER과 함께 도시되어 있다.
- [0066] 도 6은 신호 검출에 필요한 곱셈 연산을 나타내는 도면으로서, 필요한 곱셈 연산이 많을수록 복잡도가 증가함을 나타낸다.
- [0067] 도 5 및 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 수신 신호 검출 방법은 다른 검출 방법들과 비교하여, 신호 검출에 따른 복잡도는 감소하면서도 유사한 신호 검출 성능을 제공함을 확인할 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 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

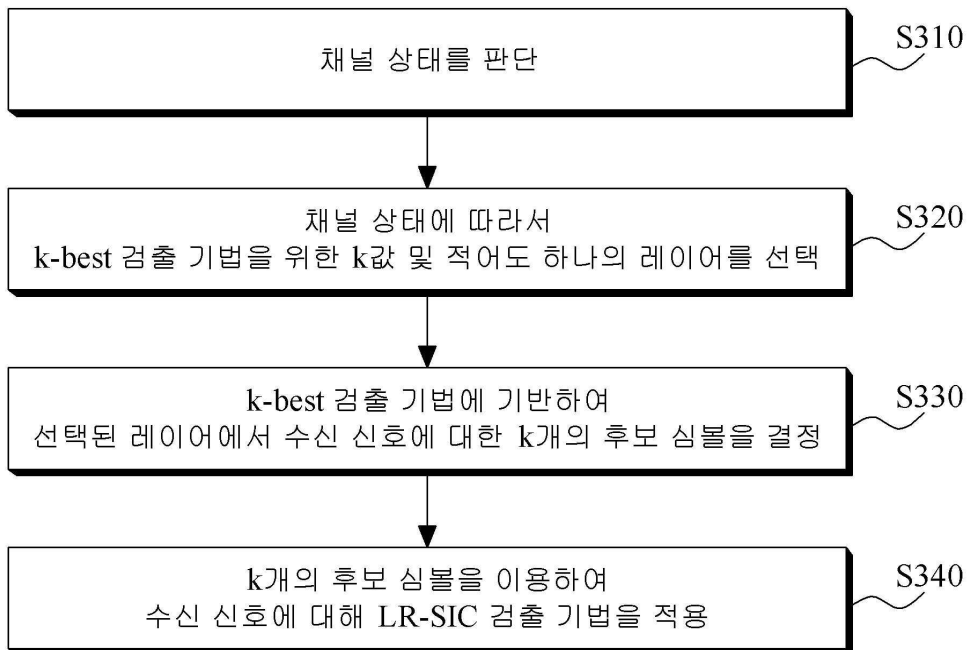
도면1



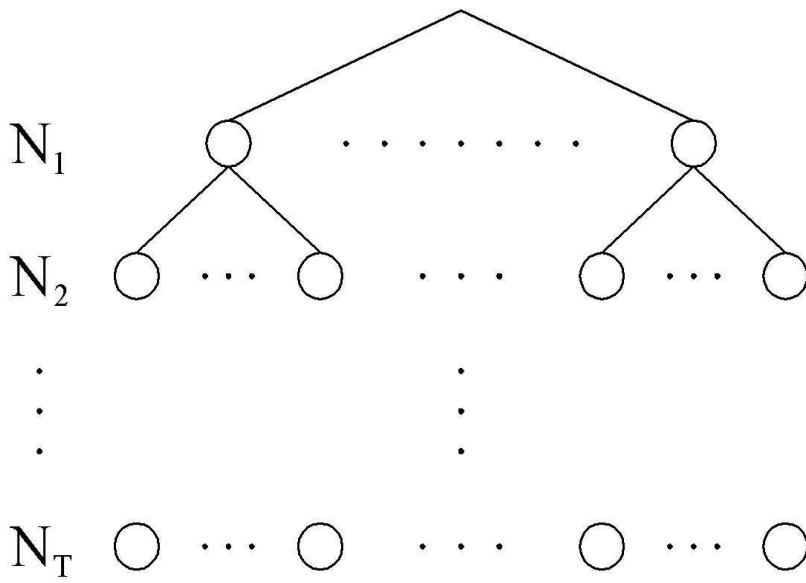
도면2



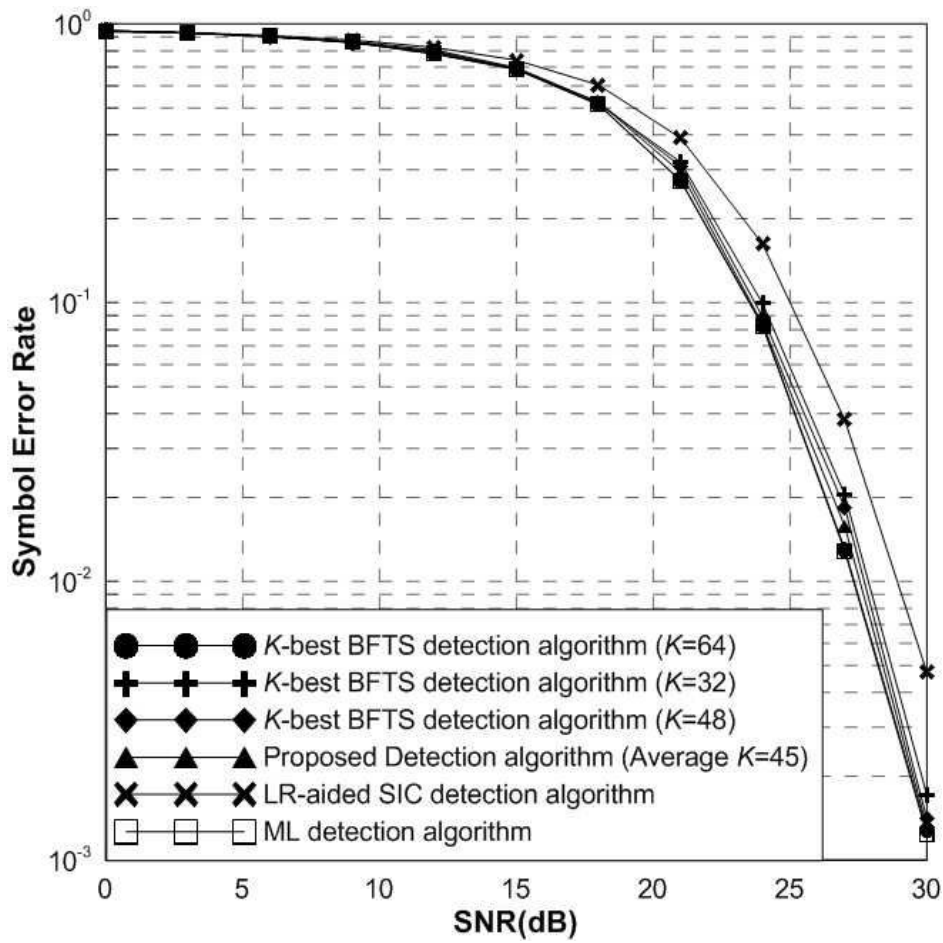
도면3



도면4



도면5



도면6

Detection Algorithms		Required multiplication calculations	
		4×4	8×8
<b>K-Best BFTS detection algorithm</b>	$K = 32$	99136	350464
	$K = 48$	148288	522496
	$K = 64$	197440	694528
<b>LR-aided SIC detection algorithm</b>	$K = 1$	1559	11788
<b>Proposed detection algorithm</b>	Adaptive	57897 ( $K = 45$ )	163222 ( $K = 42$ )