



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월08일  
(11) 등록번호 10-2274959  
(24) 등록일자 2021년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H04L 1/20 (2006.01) H04L 1/00 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H04L 1/203 (2013.01)  
H04L 1/0001 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0030254  
(22) 출원일자 2017년03월09일  
심사청구일자 2020년03월09일  
(65) 공개번호 10-2018-0103389  
(43) 공개일자 2018년09월19일  
(56) 선행기술조사문헌  
US20150078477 A1  
KR1020130006850 A  
KR1020090012530 A  
US20130039436 A1

(73) 특허권자  
삼성전자주식회사  
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
김재원  
서울특별시 양천구 목동서로 130, 405동 1903호(목동, 목동신시가지아파트4단지)  
최수용  
서울특별시 서대문구 연세로 50, 716호 (제2공학관)  
(74) 대리인  
권혁록, 이정순

전체 청구항 수 : 총 18 항

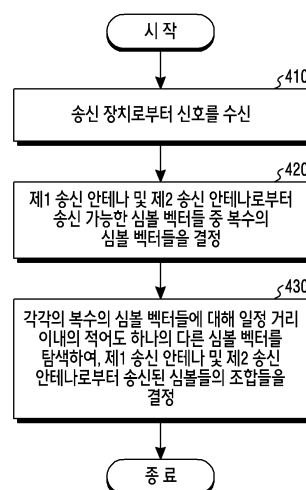
심사관 : 김혜린

(54) 발명의 명칭 무선 통신 시스템에서 신호 검출을 위한 방법 및 장치

(57) 요약

본 개시는 LTE(Long Term Evolution)와 같은 4G(4th generation) 통신 시스템 이후 보다 높은 데이터 전송률을 지원하기 위한 5G(5th generation) 또는 pre-5G 통신 시스템에 관련된 것이다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 수신 장치의 동작 방법은, 복수의 송신 안테나들을 포함하는 송신 장치로부터 신호를 수신하는 과정과, 상기 수신된 신호에 기반하여, 상기 복수의 송신 안테나들 중 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼 벡터들 중 복수의 심볼 벡터들을 결정하는 과정과, 각각의 상기 복수의 심볼 벡터들에 대해, 각각의 상기 복수의 심볼 벡터들과 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 탐색하여, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합들을 결정하는 과정을 포함한다. 이에 따라, BER(bit error rate) 성능이 향상될 수 있고, 복잡도 및 지연(latency)이 감소될 수 있다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

**H04L 1/0054** (2013.01)

(72) 발명자

**공규열**

서울특별시 마포구 포은로2가길 36, 105동 602호  
(합정동)

---

**박정균**

서울특별시 서대문구 연희로16길 25, 404호 (연희동)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

무선 통신 시스템에서 수신 장치의 동작 방법에 있어서,

송신 장치의 복수의 송신 안테나들을 통해 송신된 신호를 수신하는 과정,

상기 수신된 신호로부터 제1 송신 안테나에 대한 후보 심볼 및 제2 송신 안테나에 대한 각각의 가능한 심볼에 간섭 제거를 적용함으로써, 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나에 대한 후보 심볼 벡터를 획득하는 과정,

심볼 벡터들에 대한 최대 우도(maximum likelihood) 메트릭에 기초하여 상기 후보 심볼 벡터로부터 일정 거리 이내의 상기 심볼 벡터들 중에서 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나에 대한 다른 후보 심볼 벡터를 획득하는 과정,

상기 다른 후보 심볼 벡터에 기초한 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나에 대한 심볼 벡터를 획득하는 과정을 포함하고,

상기 복수의 송신 안테나들은 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나를 포함하는 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 수신된 신호로부터 상기 제1 송신 안테나에 대한 각각의 가능한 심볼에 대한 간섭 제거를 적용함으로써, 상기 후보 심볼을 포함하는 상기 제1 송신 안테나에 대한 후보 심볼들을 획득하는 과정을 더 포함하는 방법.

#### 청구항 3

제2항에 있어서, 상기 후보 심볼들은,

상기 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들 각각을 포함하는 임시 해 벡터(solution vector)들 중에서 우도(likelihood)의 크기 순서가 연속하지 않는 벡터들 각각에서 식별되는 방법.

#### 청구항 4

제2항에 있어서, 상기 후보 심볼들은,

상기 수신 장치에 의해 수신된 입력, MCS(modulation and coding scheme) 레벨, 상기 수신 장치와 상기 송신 장치간 채널의 품질, BER(bit error rate) 중 적어도 하나에 기반하여 식별되는 방법.

#### 청구항 5

제2항에 있어서,

제1 심볼 벡터로부터 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 검색함으로써, 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 제1 조합을 식별하는 과정,

제2 심볼 벡터로부터 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 검색함으로써, 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 제2 조합을 식별하는 과정을 더 포함하고,

상기 제1 심볼 벡터는 상기 후보 심볼들 중 하나와 상기 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합으로부터 결정되고,

상기 제2 심볼 벡터는 상기 후보 심볼들 중 다른 하나와 상기 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합으로부터 결정되는 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제1 조합과 상기 제2 조합이 동일한 경우,

상기 제2 조합을, 상기 후보 심볼들 중 다른 하나와 상기 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들 중에서 상기 제2 심볼 벡터와 다른 심볼 조합으로 대체하는 과정을 더 포함하는 방법.

#### 청구항 7

제5항에 있어서, 상기 제2 심볼 벡터로부터 상기 일정 거리 이내의 상기 적어도 하나의 다른 심볼 벡터는,

상기 제1 심볼 벡터로부터 상기 일정 거리 이내의 상기 적어도 하나의 다른 심볼 벡터와 다른 벡터로 탐색되는 방법.

#### 청구항 8

제5항에 있어서, 상기 제2 조합은,

상기 제2 심볼 벡터로부터 상기 일정 거리를 초과하는 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 탐색하여 결정되는 방법.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 복수의 송신 안테나들은 제3 송신 안테나를 더 포함하고,

상기 수신된 신호로부터 상기 심볼 벡터 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 각각의 가능한 심볼에 대한 간섭 제거를 적용함으로써, 상기 제1 송신 안테나, 상기 제2 송신 안테나 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 후보 심볼 벡터를 획득하는 과정,

상기 제1 송신 안테나, 상기 제2 송신 안테나 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 상기 후보 심볼 벡터로부터 일정 거리 이내의 제1 송신 안테나, 제2 송신 안테나 및 제3 송신 안테나에 대한 다른 후보 심볼 벡터를 획득하는 과정,

상기 제1 송신 안테나, 상기 제2 송신 안테나 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 상기 다른 후보 심볼 벡터에 기초하여 상기 제1 송신 안테나, 상기 제2 송신 안테나 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 심볼 벡터를 획득하는 과정을 더 포함하는 방법.

#### 청구항 10

무선 통신 시스템에서 수신 장치에 있어서,

송신 장치의 복수의 송신 안테나들을 통해 송신되는 신호를 수신하도록 구성된 송수신부와,

상기 송수신부와 동작 가능하게 연결되는 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 수신된 신호로부터 제1 송신 안테나에 대한 후보 심볼 및 제2 송신 안테나에 대한 각각의 가능한 심볼에

간섭 제거를 적용함으로써, 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나에 대한 후보 심볼 벡터를 획득하고, 심볼 벡터들에 대한 최대 우도(maximum likelihood) 메트릭에 기초하여 상기 후보 심볼 벡터로부터 일정 거리 이내의 상기 심볼 벡터들 중에서 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나에 대한 다른 후보 심볼 벡터를 획득하고,

상기 다른 후보 심볼 벡터에 기초하여 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나에 대한 심볼 벡터를 획득하도록 구성되고,

상기 복수의 송신 안테나들은 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나를 포함하는 장치.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 수신된 신호로부터 상기 제1 송신 안테나에 대한 간섭 제거를 적용함으로써, 상기 후보 심볼을 포함 하는 상기 제1 송신 안테나에 대한 후보 심볼들을 획득하도록 더 구성되는 장치.

#### 청구항 12

제11항에 있어서, 상기 후보 심볼들은,

상기 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들 각각을 포함하는 임시 해 벡터(solution vector)들 중에서 우도(likelihood)의 크기 순서가 연속하지 않는 벡터들 각각에서 식별되는 장치.

#### 청구항 13

제11항에 있어서, 상기 후보 심볼들은,

상기 수신 장치에 의해 수신된 입력, MCS(modulation and coding scheme) 레벨, 상기 수신 장치와 상기 송신 장치간 채널의 품질, BER(bit error rate) 중 적어도 하나에 기반하여 식별되는 장치.

#### 청구항 14

제11항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

제1 심볼 벡터로부터 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 검색함으로써, 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 제1 조합을 식별하고,

제2 심볼 벡터로부터 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 검색함으로써, 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 제2 조합을 식별하도록 더 구성되고,

상기 제1 심볼 벡터는 상기 후보 심볼들 중 하나와 상기 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합으로부터 결정되고,

상기 제2 심볼 벡터는 상기 후보 심볼들 중 다른 하나와 상기 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합으로부터 결정되는 장치.

#### 청구항 15

제14항에 있어서, 상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 제1 조합과 상기 제2 조합이 동일한 경우, 상기 제2 조합을, 상기 후보 심볼들 중 다른 하나와 상기 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들 중에서 상기 제2 심볼 벡터와 다른 심볼 조합으로 대체하는 장

치.

#### 청구항 16

제14항에 있어서, 상기 제2 심볼 벡터로부터 상기 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터는, 상기 제1 심볼 벡터로부터 상기 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터와 다른 벡터로 탐색되는 장치.

#### 청구항 17

제14항에 있어서, 상기 제2 조합은,

상기 제2 심볼 벡터로부터 상기 일정 거리를 초과하는 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 탐색하여 결정되는 장치.

#### 청구항 18

제10항에 있어서,

상기 복수의 송신 안테나들은 제3 송신 안테나를 더 포함하고,

상기 적어도 하나의 프로세서는,

상기 수신된 신호로부터 상기 심볼 벡터 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 각각의 가능한 심볼에 대한 간섭 제거를 적용함으로써, 상기 제1 송신 안테나, 상기 제2 송신 안테나 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 후보 심볼 벡터를 획득하고,

상기 제1 송신 안테나, 상기 제2 송신 안테나 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 상기 후보 심볼 벡터로부터 일정 거리 이내의 상기 제1 송신 안테나, 상기 제2 송신 안테나 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 다른 후보 심볼 벡터를 획득하고,

상기 제1 송신 안테나, 상기 제2 송신 안테나 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 상기 다른 후보 심볼 벡터에 기초하여 상기 제1 송신 안테나, 상기 제2 송신 안테나 및 상기 제3 송신 안테나에 대한 심볼 벡터를 획득하도록 구성되는 장치.

#### 청구항 19

삭제

#### 청구항 20

삭제

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 개시(disclosure)는 일반적으로 무선 통신 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로 무선 통신 시스템에서 신호 검출을 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0003] 4G(4<sup>th</sup> generation) 통신 시스템 상용화 이후 증가 추세에 있는 무선 데이터 트래픽 수요를 충족시키기 위해, 개선된 5G(5<sup>th</sup> generation) 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템을 개발하기 위한 노력이 이루어지고 있다. 이러한 이유로, 5G 통신 시스템 또는 pre-5G 통신 시스템은 4G 네트워크 이후(Beyond 4G Network) 통신 시스템 또는

LTE(Long Term Evolution) 시스템 이후(Post LTE) 시스템이라 불리어지고 있다.

- [0004] 높은 데이터 전송률을 달성하기 위해, 5G 통신 시스템은 초고주파(mmWave) 대역(예를 들어, 60기가(60GHz) 대역과 같은)에서의 구현이 고려되고 있다. 초고주파 대역에서의 전파의 경로손실 완화 및 전파의 전달 거리를 증가시키기 위해, 5G 통신 시스템에서는 빔포밍(beamforming), 거대 배열 다중 입출력(massive MIMO), 전차원 다중 입출력(Full Dimensional MIMO, FD-MIMO), 어레이 안테나(array antenna), 아날로그 빔형성(analog beamforming), 및 대규모 안테나 (large scale antenna) 기술들이 논의되고 있다.
- [0005] 또한 시스템의 네트워크 개선을 위해, 5G 통신 시스템에서는 진화된 소형 셀, 개선된 소형 셀(advanced small cell), 클라우드 무선 액세스 네트워크 (cloud radio access network, cloud RAN), 초고밀도 네트워크(ultra-dense network), 기기 간 통신(Device to Device communication, D2D), 무선 백홀 (wireless backhaul), 이동 네트워크(moving network), 협력 통신(cooperative communication), CoMP(Coordinated Multi-Points), 및 수신 간섭제거(interference cancellation) 등의 기술 개발이 이루어지고 있다.
- [0006] 이 밖에도, 5G 시스템에서는 진보된 코딩 변조(Advanced Coding Modulation, ACM) 방식인 FQAM(Hybrid Frequency Shift Keying and Quadrature Amplitude Modulation) 및 SWSC(Sliding Window Superposition Coding)과, 진보된 접속 기술인 FBMC(Filter Bank Multi Carrier), NOMA(Non Orthogonal Multiple Access), 및 SCMA(Sparse Code Multiple Access) 등이 개발되고 있다.
- [0007] 무선 통신 시스템에서 신호 송신 및 수신을 위해 사용되는 고차 변복조 방식은 한정된 주파수 자원 내에서의 전송 효율을 증대시킬 수 있다. 예를 들어, 고차 변복조 방식에 따르면, 하나의 전송 심볼에 더 많은 수의 비트(bit)가 할당될 수 있다. 이러한 고차 변복조 기술이 다중 입출력 안테나(MIMO) 시스템에 활용될 경우, 추가적인 주파수 할당이나 전력 증가 없이도 통신 용량이 획기적으로 향상될 수 있다는 장점이 있지만, 송신 안테나의 수와 변조 차수가 증가함에 따라 연산 복잡도가 지수적으로 증가하므로, 신호 검출 시 최대 우도(maximum likelihood, ML)에 가까운 성능을 달성하기 위해서는 높은 복잡도의 수신 기법이 요구된다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0009] 따라서, 본 개시의 다양한 실시 예들은 무선 통신 시스템에서 신호 검출을 효율적으로 수행하기 위한 방법 및 장치를 제공한다.
- [0010] 본 개시의 다양한 실시 예들은 수신된 신호에 대한 BER(bit error rate) 성능을 향상시키기 위한 방법 및 장치를 제공한다.
- [0011] 본 개시의 다양한 실시 예들은 신호를 검출하기 위한 지연 시간(latency)을 감소시키기 위한 방법 및 장치를 제공한다.
- [0012] 본 개시의 다양한 실시 예들은 복수의 심볼 벡터들에 대해 개별적으로 심볼 벡터 탐색을 수행하여 수신 성능을 향상시키기 위한 방법 및 장치를 제공한다.

### 과제의 해결 수단

- [0014] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 수신 장치의 동작 방법은, 복수의 송신 안테나들을 포함하는 송신 장치로부터 신호를 수신하는 과정과, 상기 수신된 신호에 기반하여, 상기 복수의 송신 안테나들 중 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼 벡터들 중 복수의 심볼 벡터들을 결정하는 과정과, 각각의 상기 복수의 심볼 벡터들에 대해, 각각의 상기 복수의 심볼 벡터들과 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 탐색하여, 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합들을 결정하는 과정을 포함한다.
- [0015] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 무선 통신 시스템에서 수신 장치는, 복수의 송신 안테나들을 포함하는 송신 장치로부터 신호를 수신하는 통신부와, 상기 수신된 신호에 기반하여, 상기 복수의 송신 안테나들 중 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼 벡터들 중 복수의 심볼 벡터들을 결정하고, 각각의 상기 복수의 심볼 벡터들에 대해, 각각의 상기 복수의 심볼 벡터들과 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 탐색하여, 상기 제1 송신 안테나 및 상기 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합들을 결정하는 제어부를 포함한다.

## 발명의 효과

[0017] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 방법 및 장치는, 복수의 개별적인 심볼 탐색 및 검출을 수행함으로써, BER(bit error rate) 성능을 향상시키고, 복잡도 및 지연(latency)을 감소시킬 수 있도록 한다.

## 도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 환경을 도시한다.

도 2는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 수신 장치의 기능적 구성을 도시한다.

도 3a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 제1 방식 300에 의한 신호 검출 절차를 도시한다.

도 3b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 제2 방식 310에 의한 신호 검출 절차를 도시한다.

도 4는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 흐름도이다.

도 5는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 절차를 도시한다.

도 6a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 선택 규칙에 기반하여 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 흐름도이다.

도 6b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 그룹에 기반하여 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 흐름도이다.

도 7은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 선택 규칙 및/또는 그룹에 기반하여 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 절차를 도시한다.

도 8은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 심볼 벡터 탐색의 결과 발생한 동일한 심볼들의 조합을 처리하기 위한 흐름도이다.

도 9은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 심볼 벡터 탐색의 결과 발생한 동일한 심볼들의 조합을 처리하기 위한 절차를 도시한다.

도 10a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 심볼 벡터 탐색의 결과 동일한 심볼들의 조합이 발생되지 않도록 하기 위한 제1 흐름도를 도시한다.

도 10b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 심볼 벡터 탐색의 결과 동일한 심볼들의 조합이 발생되지 않도록 하기 위한 제2 흐름도를 도시한다.

도 11는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 심볼 벡터 탐색의 결과 동일한 심볼들의 조합이 발생하지 않도록 하기 위한 절차를 도시한다.

도 12a 내지 도 12c는 심볼 벡터 탐색을 위한 테이블을 도시한다.

도 13은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 추가 송신 안테나를 더 포함하는 송신 안테나들로부터 송신된 심볼들의 조합을 결정하기 위한 흐름도이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 개시에서 사용되는 용어들은 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 다른 실시 예의 범위를 한정하려는 의도가 아닐 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 용어들은 본 개시에 기재된 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가질 수 있다. 본 개시에 사용되는 용어들 중 일반적인 사전에 정의된 용어들은, 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 동일 또는 유사한 의미로 해석될 수 있으며, 본 개시에서 명백하게 정의되지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다. 경우에 따라서, 본 개시에서 정의된 용어일지라도 본 개시의 실시 예들을 배제하도록 해석될 수 없다.

[0021] 이하에서 설명되는 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어적인 접근 방법을 예시로서 설명한다. 하지만, 본 개시의 다양한 실시 예들에서는 하드웨어와 소프트웨어를 모두 사용하는 기술을 포함하고 있으므로, 본 개시의 다양한 실시 예들이 소프트웨어 기반의 접근 방법을 제외하는 것은 아니다.

[0022] 이하 본 개시는 무선 통신 시스템에서 신호를 검출하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다. 구체적으로, 본 개시

는 복수의 심볼 벡터들 각각에 대해 개별적으로 심볼 벡터 탐색을 수행함으로써, 신호 검출을 위한 BER(bit error rate) 성능을 향상시키고, 복잡도 및 지연(latency)을 감소시킬 수 있도록 하는 동작들을 설명한다.

[0023] 이하 설명에서 사용되는 제어 정보를 지칭하는 용어, 연산 상태를 위한 용어(예: 단계(step), 동작(operation), 절차(procedure)), 데이터를 지칭하는 용어(예: 정보(information), 비트(bit), 심볼(symbol)), 망 객체(network entity)들을 지칭하는 용어(예: 수신 장치, 송신 장치), 메시지들을 지칭하는 용어(예: 신호(signal), 데이터(data), 시그널링(signaling), 심볼(symbol), 스트림(stream)), 장치의 구성 요소를 지칭하는 용어 등은 설명의 편의를 위해 예시된 것이다. 따라서, 본 발명이 후술되는 용어들에 한정되는 것은 아니며, 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어가 사용될 수 있다.

[0024] 또한, 본 개시의 다양한 실시 예들은, 다른 통신 시스템에서도, 용이하게 변형되어 적용될 수 있다. 또한, 본 개시는, 설명의 편의를 위하여 단방향으로 예로 설명하나, 다양한 실시 예들에 따른 장치 및 방법은 양방향에도 적용 가능하다.

[0026] 도 1은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 환경 100을 도시한다. 무선 통신 환경 100은 송신 장치 110 및 수신 장치 120을 포함할 수 있다.

[0027] 도 1을 참고하면, 송신 장치 110은 수신 장치 120에게 신호를 송신할 수 있다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 송신 장치 110으로부터 신호를 수신할 수 있다. 수신 장치 120은 신호를 검출하기 위해, 다수의 수신 알고리즘들을 지원할 수 있다. 예를 들어, 수신 장치 120은 ML(maximum likelihood), ZF(zero forcing), MMSE(minimum mean square error), MMSE-SIC(successive interference cancelation), IF(integer forcing) 기법들 중 적어도 하나를 지원할 수 있다. 수신 장치 120은 수신 장치 120에 대한 제어 정보, 설정 정보 또는 송신 장치 110에 의해 측정된 정보에 기초하여 다수의 수신 알고리즘들 중 하나를 선택하고, 수신된 신호의 처리를 위해 사용할 수 있다.

[0028] 송신 장치 110 및 수신 장치 120은 신호의 송신 방향에 따른 구분이다. 따라서, 신호의 송신 방향이 변경될 경우 송신 장치 110이 수신 장치 120으로서 기능할 수 있고, 반대로 수신 장치 120이 송신 장치 110으로 기능할 수 있다. 예를 들어, 하향링크 통신 시, 송신 장치 110은 기지국(base station), 수신 장치 120은 단말(terminal)일 수 있다. 다른 예로, 상향링크 통신 시, 송신 장치 110은 단말, 수신 장치 120은 기지국일 수 있다. 또한, D2D(device to device) 통신 시, 송신 장치 110은 단말, 수신 장치 120은 다른 단말일 수 있다. 여기서, D2D 통신은 사이드링크(sidelink) 통신으로 지칭될 수 있다. 또한, 송신 장치 110은 기지국, 수신 장치 120은 다른 기지국일 수 있다. 나열된 예시들 외, 송신 장치 110 및 수신 장치 120은 다른 다양한 장치들일 수 있다.

[0029] 여기서, 기지국은, 단말에게 무선 접속을 제공하는 네트워크 요소(network element, NE)이다. 기지국은, '액세스 포인트(access point, AP)', '이노드비(eNodeB, eNB)', '5G 노드(5th generation node)', '5G 노드비(5G NodeB, NB)', '무선 포인트(wireless point)', '송수신 포인트(transmission/reception point, TRP)' 또는 이와 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어로 지칭될 수 있다.

[0030] 여기서, 단말은 사용자에게 의해 사용되는 장치로서, 기지국과 무선 채널(wireless channel)을 통해 통신을 수행한다. 단말은, '사용자 장비(user equipment, UE)', '이동국(mobile station)', '가입자국(subscriber station)', '원격 단말(remote terminal)', '무선 단말(wireless terminal)', '전자 장치(electronic device)', 또는 '사용자 장치(user device)' 또는 이와 동등한 기술적 의미를 가지는 다른 용어로 지칭될 수 있다.

[0031] 수신 장치 120이 수신하는 신호는 하기의 수학식 1과 같이 표현할 수 있다.

### 수학식 1

$$Y = HX + Z$$

[0033]

[0035] 여기서, Y는 수신 장치 120이 수신하는 신호, X는 송신 장치 110이 송신하는 신호를 나타낸다. H는 송신 장치 110과 수신 장치 120 사이의 채널 행렬(matrix)을 나타낸다. Z는 채널 사이의 잡음(noise)을 나타낸다. 송신 장치 110의 안테나가  $N_T$ 개이고, 수신 장치 120의 안테나가  $N_R$ 개인 경우, X는  $N_T \times 1$  크기의 벡터이고, Y 및 Z는  $N_R$

$x$  1 크기의 벡터이고,  $H$ 는  $N_R \times N_T$ 의 크기의 행렬일 수 있다.

- [0036] 이하 도 2 내지 도 13에서는, 송신 장치와 수신 장치로 구분하여 설명하나, 이는 설명의 편의를 위한 것일 뿐, 장치의 기능들이 명칭에 의해 한정되지 않는다.
- [0038] 도 2는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따른 무선 통신 시스템에서 수신 장치 120의 기능적 구성을 도시한다. 도 2에 예시된 구성은 도 1의 수신 장치 120의 구성으로서 이해될 수 있다. 이하 사용되는 '...부', '...기' 등의 용어는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리하는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어나 소프트웨어, 또는, 하드웨어 및 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다. 또한, 전술한 바와 같이, 장치의 기능들이 명칭에 의해 한정되지 않는 바, 이하 설명은, 수신 장치 120이 도 1의 송신 장치 110으로부터 신호를 수신하기 위한 구성뿐만 아니라, 송신 장치 110에게 신호를 전송하기 위한 구성을 포함하여 설명한다.
- [0039] 도 2를 참고하면, 수신 장치 120은, 통신부 210, 저장부 220, 및 제어부 230을 포함할 수 있다.
- [0040] 통신부 210은 무선 채널을 통해 신호를 송수신하기 위한 기능들을 수행할 수 있다. 예를 들어, 통신부 210은 시스템의 물리 계층 규격에 따라 기저대역 신호 및 비트열(bit sequence) 간 변환 기능을 수행할 수 있다. 예를 들어, 제어 정보 송신 시, 통신부 210은 송신 비트열을 부호화 및 변조함으로써 변조 심볼들을 생성할 수 있다. 또한, 데이터 수신 시, 통신부 210은 기저대역 신호를 복조 및 복호화를 통해 수신 비트열을 복원할 수 있다. 또한, 통신부 210은 기저대역 신호를 RF(radio frequency) 대역 신호로 상향변환한 후 안테나를 통해 송신하고, 안테나를 통해 수신되는 RF 대역 신호를 기저대역 신호로 하향변환할 수 있다. 예를 들어, 통신부 210은 디코더(decoder), 복조기(demodulator), ADC(analog to digital convertor), 수신 필터, 증폭기, 믹서(mixer), 및 오실레이터(oscillator) 등을 포함할 수 있다. 또한, 통신부 210이 신호를 송신하는 경우에는, 인코더(encoder), 변조기(modulator), DAC(digital to analog convertor), 및 송신 필터 등을 추가적으로 포함할 수 있다.
- [0041] 통신부 210은 복수의 안테나들을 포함할 수 있다. 통신부 210은, 복수의 안테나들 각각을 통해 복수의 스트림들을 수신할 수 있다. 또한, 통신부 210은 다수의 RF 체인들을 포함할 수 있다. 나아가, 통신부 210은 빔포밍(beamforming)을 수행할 수 있다. 빔포밍을 위해, 통신부 210은 다수의 안테나들 또는 안테나 요소(element)들을 통해 송수신되는 신호들 각각의 위상 및 크기를 조절, 즉, 아날로그 빔포밍을 수행할 수 있다. 또는, 통신부 210은 디지털 신호에 대한 빔포밍, 즉, 디지털 빔포밍을 수행할 수 있다.
- [0042] 또한, 통신부 210은 서로 다른 주파수 대역의 신호들을 처리하기 위해 서로 다른 통신 모듈들을 포함할 수 있다. 나아가, 통신부 210은 서로 다른 다수의 무선 접속 기술들을 지원하기 위해 다수의 통신 모듈들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 서로 다른 무선 접속 기술들은 블루투스 저 에너지(bluetooth low energy, BLE), Wi-Fi(wireless fidelity), WiGig(WiFi gigabyte), 셀룰러 망(예: LTE, LTE-A, 5G(5th generation) 망) 등을 포함할 수 있다. 또한, 서로 다른 주파수 대역들은 극고단파(SHF:super high frequency)(예: 2.5GHz, 5GHz) 대역, 밀리미터파(millimeter wave)(예: 30GHz, 60GHz) 대역을 포함할 수 있다.
- [0043] 통신부 210은 상술한 바와 같이 신호를 송신 및 수신한다. 이에 따라, 통신부 210은 송신기(transmitter), 수신기(receiver) 또는 송수신기(transceiver)로 지칭될 수 있다. 또한, 이하 설명에서 무선 채널을 통해 수행되는 송신 및 수신은 통신부 210에 의해 상술한 바와 같은 처리가 수행되는 것을 포함하는 의미로 사용된다.
- [0044] 저장부 220은 수신 장치 120의 동작을 위한 기본 프로그램, 응용 프로그램, 설정 정보 등의 데이터를 저장할 수 있다. 저장부 220은 휘발성 메모리, 비휘발성 메모리 또는 휘발성 메모리와 비휘발성 메모리의 조합으로 구성될 수 있다. 그리고, 저장부 220은 제어부 230의 요청에 따라 저장된 데이터를 제공할 수 있다.
- [0045] 제어부 230은 수신 장치 120의 전반적인 동작들을 제어할 수 있다. 예를 들어, 제어부 230은 통신부 210을 통해 신호를 송신 및 수신할 수 있다. 또한, 제어부 230은 저장부 220에 데이터를 기록하고(write), 읽을 수 있다(read). 이를 위해, 제어부 230은 적어도 하나의 프로세서(processor) 또는 마이크로(micro) 프로세서를 포함하거나, 또는, 프로세서의 일부로 구성될 수 있다. 또한, 통신부 210의 일부 및 제어부 230은 CP(communication processor)로 지칭될 수 있다. 특히, 제어부 230은, 후술되는 다양한 실시 예들에 따라 송신 장치 110으로부터 수신되는 심볼들을 수신 알고리즘에 기반하여 검출하고, 신호를 디코딩할 수 있다. 제어부 230은, 계산을 수행하는 연산부, 등화기(equalizer), 디텍터(detector) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 연산부, 등화기, 디텍터는, 저장부 220에 저장된 명령어 집합 또는 코드로서, 적어도 일시적으로 제어부 230에 상주된(resided) 명령어/코드 또는 명령어/코드를 저장한 저장 공간이거나, 또는, 제어부 230을 구성하는 회로(circuitry)의 일부일 수 있다.

- [0046] 등화기는, 통신부 210을 통해 수신되는 신호의 잡음 또는 심볼 간 간섭(inter-symbol interference, ISI)을 제거하거나 감소시킬 수 있다. 디텍터는 수신되는 심볼의 값을 검출(detection)할 수 있다. 또한, 디텍터는, 비트 값에 대한 확률로부터 판정(decision)(예: 경판정(hard decision), 연판정(soft decision))을 수행할 수 있다.
- [0047] 도 2는 수신 장치 120의 구성을 예시한다. 여기서, 도 2의 구성이 기지국의 구성인 경우, 백홀(backhaul) 망과 통신을 수행하기 위한 인터페이스를 제공하는 백홀 통신부가 더 포함될 수 있다.
- [0048] 도 1 내지 도 2에 대한 설명에서는, 신호를 수신하기 위한 환경, 신호를 수신하기 위한 장치의 구성이 서술되었다. 이하, 도 3a 및 도 3b에 대한 설명에서는 신호 검출을 위한 제1 방식 300 및 제2 방식 310이 설명되고, 신호 검출을 위해 본 개시의 다양한 실시 예에서 사용되는 용어가 정의된다.
- [0050] 도 3a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 제1 방식 300 300에 의한 신호 검출 절차를 도시한다. 도 3a에서는 수신 장치 120가 송신 장치 110의 4개의 송신 안테나(제1 송신 안테나, 제2 송신 안테나, 제3 송신 안테나 및 제4 송신 안테나)를 통해 송신되는 신호를 수신하여 수신된 신호를 검출하는 것을 가정한다. 그러나, 이는 설명의 편의를 위한 것이고, 본 개시의 다양한 실시 예들은 수신 장치 120가 송신 장치 110의 다양한 수의 안테나를 통해 송신되는 신호를 수신하는 경우에도 동일하게 적용될 수 있다. 또한, 본 개시의 다양한 실시 예들에서 신호 검출은 수신 장치 120의 복수의 송신 안테나들(예: 제1 송신 안테나, 제2 송신 안테나, 제3 송신 안테나 및 제4 송신 안테나) 각각을 통해 송신된 심볼이 무엇인지를 검출하는 과정을 포함할 수 있다.
- [0051] 제1 방식 300에 의한 심볼 검출 절차는 도 3a에 도시된 것과 같이 4단계의 과정들을 포함할 수 있다. 제1 방식 300에 의한 심볼 검출 절차가 4단계의 과정들을 포함하는 이유는 수신 장치 120가 송신 장치 110의 4개의 송신 안테나를 통해 송신되는 신호를 수신하기 때문이다. 예를 들어, 수신 장치 120가 다른 수의 송신 안테나를 통해 송신되는 신호를 수신하는 경우에는 제1 방식 300에 의한 심볼 검출 절차는 다른 수의 단계들을 포함할 수 있다.
- [0052] 수신 장치 120는 각각의 단계에서 각각의 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들을 순차적으로 결정할 수 있다. 예를 들어, 수신 장치 120는 제1 단계에서 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들을 결정할 수 있고, 제2 단계에서 수신 장치 120는 제1 단계에서 결정된 심볼들이 제1 송신 안테나를 통해 송신되었음을 전제로 수신된 신호에서 간섭을 제거하고, 간섭이 제거된 신호에서 제2 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들을 결정할 수 있다. 이와 같은 동작을 반복함으로써, 수신 장치 120는 각각의 제3 단계 및 제4 단계에서 제3 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼과, 제4 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼을 결정되는 심볼을 결정할 수 있다. 다시 말해서, 수신 장치 120는 '제1 송신 안테나 → 제2 송신 안테나 → 제3 송신 안테나 → 제4 송신 안테나'의 순서로 각각의 송신 안테나들로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼을 결정한다. 여기에서, 제1 송신 안테나 → 제2 송신 안테나 → 제3 송신 안테나 → 제4 송신 안테나'의 순서는 각각의 송신 안테나들에 대한 채널 상태의 순서일 수 있다. 다시 말해서, 제1 송신 안테나의 채널 상태가 가장 양호하고, 제4 송신 안테나의 채널 상태가 가장 불량할 수 있다. 특정 송신 안테나에 대한 채널 상태는, 예를 들면, 채널 행렬 H에서 특정 송신 안테나에 해당하는 벡터의 놈(norm) 값으로 정의될 수 있다.
- [0053] 이하에서는 각 단계에서 수행되는 절차들이 보다 상세히 설명된다. 도 3a에서, 표기(notation) ' $x_{p,q}$ '는 송신 안테나 p로부터 송신된 심볼 x의 인덱스가 q인 것을 나타낸다.
- [0054] 1단계에서, 수신 장치 120는 제1 단계에서 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들을 결정한다. 이를 위해, 수신 장치 120는 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들 각각에 대한 임시 해 벡터(solution vector)를 결정할 수 있다. 여기에서 '송신 가능한 심볼들'은 변조 차수에 대응하는 모든 심볼들을 의미한다. 예를 들어, 변조 차수가 4인 경우(즉, 신호 변조를 위해 16-QAM(quadrature amplitude modulation)이 적용됨), '송신 가능한 심볼들'은 16-QAM에 대응하는 성상도(constellation)에서 모든 16개의 심볼들을 의미할 수 있다. 이와 같이, 변조 차수가 4가 아닌 다른 경우에 대해서도 '송신 가능한 심볼들'이 정의될 수 있다. 변조 차수가 4일 경우, 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들은 도 3a에 도시된 것과 같이 ' $x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{1,16}$ '일 수 있다. 또한, '임시 해 벡터'는 특정 메트릭(metric) 또는 기법에 따라 각각의 송신 안테나들로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들의 조합을 의미할 수 있고, '해 벡터'는 임시 해 벡터들 중 최종적으로 결정된 하나의 임시 해 벡터일 수 있다. 이하, '심볼들의 조합'은 '심볼 조합' 또는 '심볼 벡터'로 지칭될 수 있다. 예를 들어, 도 3a에 도시된 것처럼 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼  $x_{1,1}$ 에 대한 임시 해 벡터는 MMSE(minimum mean square error)-OSIC(ordered successive interference cancellation) 기법에 따라 [ $x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,2}, x_{4,1}$ ]로 결정될 수 있다. MMSE-OSIC 기법은 수신된 신호에서 이미 결정된 심볼에 대한 간섭을 제거하면서 순차적으로 다

음 심볼들을 결정하는 기법을 의미한다. 따라서, 수신 장치 120은 심볼  $x_{-1,1}$ 이 주어진 경우 MMSE-OSIC 기법에 따라 순차적으로  $x_{2,1}$ ,  $x_{3,2}$ ,  $x_{4,1}$ 을 결정함으로써,  $x_{1,1}$ 에 대한 임시 해 벡터  $[x_{1,1}, x_{2,1}, x_{3,2}, x_{4,1}]$ 를 결정할 수 있다. 이와 같이, 수신 장치 120은 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들  $x_{1,1}$ ,  $x_{1,2}$ , ...,  $x_{1,16}$  각각에 대해 임시 해 벡터를 결정할 수 있다. 도 3a에 도시된 것과 같이 1단계에서는 16개의 임시 해 벡터가 결정될 수 있다.

[0055] 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들 각각에 대한 임시 해 벡터를 결정한 후, 수신 장치 120은 임시 해 벡터들의 메트릭 값을 결정할 수 있다. 예를 들어, 메트릭 값은 최대 우도(maximum likelihood, ML) 메트릭의 크기일 수 있다. ML 메트릭에 따라 추정된 송신 신호가  $x_{ML}$ 일 경우,  $x_{ML}$ 은 하기의 <수학식 2>와 같이 표현될 수 있다.

## 수학식 2

[0057] 
$$x_{ML} = \operatorname{argmin} \|y - Hx\|$$

[0059] <수학식 2>에서,  $x_{ML}$ 은 ML 메트릭에 따라 추정된 송신 신호 벡터,  $x$ 는 송신 신호 벡터,  $y$ 는 수신 신호 벡터,  $H$ 는 송신 장치 110과 수신 장치 120 사이의 채널 행렬을 의미한다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, <수학식 2>에서  $\|y - Hx\|$  값(또는, 이의  $n$  거듭 제곱 값. 여기에서,  $n$ 은 0보다 큰 실수임)은 'ML 메트릭 값' 또는 'ML 메트릭의 크기'로 지칭될 수 있다.

[0060] 수신 장치 120은 임시 해 벡터들의 메트릭 값들에 기반하여, 임시 해 벡터들 중 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들을 결정할 수 있다. 도 3a는 일 예로서 1단계에서 ML 메트릭의 크기가 낮은 순서대로 3개의 임시 해 벡터들  $[x_{1,4}, x_{2,6}, x_{3,16}, x_{4,9}]$ ,  $[x_{1,7}, x_{2,9}, x_{3,12}, x_{4,7}]$  및  $[x_{1,13}, x_{2,15}, x_{3,6}, x_{4,6}]$ 가 결정된 것을 도시한다(미리 결정된 수=3). 그러나, 3개의 임시 해 벡터들이 결정된 것은 예시적인 것이고, 미리 결정된 수가 무엇인지에 따라 다양한 수의 임시 해 벡터들이 결정될 수 있다. 수신 장치 120은 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들에서 제1 송신 안테나에 해당하는 심볼을 추출함으로써, 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼을 결정할 수 있다. 도 3a에서, 결정된 3개의 임시 해 벡터들에서 제1 송신 안테나에 해당하는 심볼  $x_{1,4}$ ,  $x_{1,7}$  및  $x_{1,13}$ 은 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼일 수 있다.

[0061] 2단계에서, 수신 장치 120은 1단계에서 결정된 심볼들과 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들 각각에 대한 임시 해 벡터를 결정한다. 본 개시에서, '집합  $A=\{a1, a2\}$  및 집합  $B=\{b1, b2, b3\}$ 의 조합들'은 집합  $A$ 와 집합  $B$ 의 곱집합(product set)  $C=\{(a1,b1), (a1,b2), (a1,b3), (a2,b1), (a2,b2), (a3,b2)\}$ 의 전부 또는 일부 원소를 의미할 수 있고, 하나의 조합은 곱집합  $C$ 의 원소들 중 하나를 의미할 수 있다. 도 3a에서, 1단계에서 결정된 3개의 심볼들과 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 16개의 심볼들(16-QAM인 경우)의 조합들은  $3 \times 16=48$ 개의 심볼 벡터들로 정의될 수 있다. 수신 장치 120은 1단계에서와 유사하게 MMSE-OSIC 기법에 따라 48개의 조합들 각각에 대한 임시 해 벡터를 결정할 수 있다. 예를 들어, 수신 장치 120은 심볼 벡터(또는, 조합)  $[x_{1,4}, x_{2,1}]$ 에 대해 MMSE-OSIC 기법에 따라 순차적으로  $x_{3,2}$ ,  $x_{4,1}$ 을 결정함으로써, 심볼 벡터  $[x_{1,4}, x_{2,1}]$ 에 대한 임시 해 벡터  $[x_{1,4}, x_{2,1}, x_{3,2}, x_{4,1}]$ 를 결정할 수 있다. 이와 같이, 수신 장치 120은 모든 48개의 조합들 각각에 대한 임시 해 벡터를 결정할 수 있다. 그 후, 수신 장치 120은 임시 해 벡터들의 메트릭 값에 기반하여 임시 해 벡터들 중 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들을 결정할 수 있다. 도 3a에서는 일 예로서 2단계에서 ML 메트릭의 크기 순서대로 3개의 임시 해 벡터들  $[x_{1,4}, x_{2,2}, x_{3,7}, x_{4,11}]$ ,  $[x_{1,4}, x_{2,15}, x_{3,6}, x_{4,4}]$  및  $[x_{1,13}, x_{2,15}, x_{3,6}, x_{4,6}]$ 가 결정된 것을 도시한다. 수신 장치 120은 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들에서 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나에 해당하는 심볼 벡터를 추출함으로써, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터를 결정할 수 있다. 도 3a에서, 결정된 3개의 임시 해 벡터들에서 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나에 해당하는 심볼 벡터  $[x_{1,4}, x_{2,2}]$ ,  $[x_{1,4}, x_{2,15}]$  및  $[x_{1,13}, x_{2,15}]$ 는 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터일 수 있다.

[0062] 3단계 및 4단계에서는 수신 장치 120은 이전 단계에서 결정된 심볼 벡터들과 송신 안테나(3단계에서는 제3 송신 안테나, 4단계에서는 제4 송신 안테나일 수 있음)로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들 각각에 대한 임시 해 벡

터를 결정할 수 있다. 이후의 동작은 제2 단계에서 수신 장치 120이 조합들 각각에 대한 임시 해 벡터들을 결정한 이후의 동작과 동일하게 수행될 수 있다. 4단계까지의 동작이 완료되면, 송신기 110의 모든 송신 안테나들로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터가 결정될 수 있다. 예를 들어, 도 3a는 모든 송신 안테나들로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터가  $[x_{1,4}, x_{2,2}, x_{3,16}, x_{4,2}]$ ,  $[x_{1,4}, x_{2,2}, x_{3,16}, x_{4,16}]$  및  $[x_{1,4}, x_{2,15}, x_{3,15}, x_{4,16}]$ 인 것을 도시한다. 수신 장치 120은 4단계까지의 동작 완료 이후 결정된 미리 결정된 수의 심볼 벡터들 중 메트릭 값이 최적인(best) 심볼 벡터를 최종적인 해 벡터로 결정할 수 있다. 본 개시에서, 상술한 제1 방식 300 300은 'MMSE-OSIC'<sup>2</sup> 방식 또는 기법으로 지칭될 수 있다.

[0063] 제1 방식 300에 의한 신호 검출 절차는 각 송신 안테나로부터 송신 가능한 모든 심볼들을 고려하므로, 복잡도가 높을 수 있다. 또한, 각 단계에서 결정된 심볼 또는 심볼 벡터를 전체로 다음 단계에서 심볼 벡터가 결정되므로, 이전 단계의 심볼 또는 심볼 벡터가 적절히 선택되지 아니한 경우 오차가 전파될 수 있다(error propagation).

[0065] 도 3b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 제2 방식 310에 의한 신호 검출 절차를 도시한다.

[0066] 제2 방식 310에 따르면, 수신 장치 120은 '심볼 벡터 1 315 -> 심볼 벡터 2 325 -> 심볼 벡터 3 335 -> 심볼 벡터 4 345 -> 심볼 벡터 5 355'의 순서로 임시 해 벡터를 탐색(search)해 나가면서, 최적의 해 벡터를 결정할 수 있다. 이하 제2 방식 310에 따른 최적의 해 벡터 탐색 방식은 하기에서 보다 상세히 설명된다.

[0067] 수신 장치 120은 심볼 벡터 1 315로부터 심볼 벡터 2 325를 탐색하기 위해, 심볼 벡터 1 315의 인접 영역인 영역 1 320을 결정할 수 있다. 여기에서, 심볼 벡터 1 315는 제1 방식 300에 따라 결정된 최초의 심볼 벡터일 수 있다. 그러나, 최초의 심볼 벡터는 제1 방식 300이 아닌 다른 방식에 따라서 결정될 수 있다. 본 개시에서, '인접 영역'은 특정 심볼 벡터와 심볼 벡터 영역에서 일정 거리 이내에 심볼 벡터들의 집합을 의미한다. 여기에서, 심볼 벡터 영역  $G$ 는  $G=S^n$ 으로 정의될 수 있고,  $S$ 는 변조 차수에 대응하는 모든 심볼들의 집합,  $n$ 은 심볼 벡터의 디멘전(dimension) 또는 차원을 의미한다. '일정 거리'는 심볼 벡터를 구성하는 각 심볼과 인접한 심볼의 개수를 의미할 수 있다. 예를 들어,  $S=\{-3, -1, 1, 3\}$ ,  $n=3$  및 일정 거리가 2로 정의될 경우, 심볼 벡터  $[3, -1, -3]$ 의 인접 영역은 하기의 <표 1>과 같이 정의될 수 있다.

표 1

[0069]

1	-1	-3
-1	-1	-3
3	-3	-3
3	1	-3
3	-1	-1
3	-1	1

[0071] 상기 <표 1>에서, 각 행은 인접 영역을 구성하는 각각의 심볼 벡터들을 나타낸다. 다시 말해서, 인접 영역은 심볼 벡터의 각 심볼을 일정 거리에 해당하는 개수의 심볼들로 대체함으로써 결정될 수 있다. 이하 본 개시에서, '인접 영역'은 '벡터 이웃(vector neighbor)', 또는 '타부(tabu) 목록'으로도 지칭될 수 있다.

[0072] 영역 1 320을 결정한 후, 수신 장치 120은 영역 1 320에서 심볼 벡터 2 325를 탐색할 수 있다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 영역 1 320을 구성하는 심볼 벡터들 중에서 심볼 벡터 2 325를 결정할 수 있다. 예를 들어, 심볼 벡터 2 325는 영역 1 320을 구성하는 심볼 벡터들 중 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 심볼 벡터일 수 있다. 결정된 심볼 벡터 2 325는 임시 해 벡터로 여겨질 수 있다. 그 후, 심볼 벡터 2 325로부터 심볼 벡터 3 335를 탐색하는 동작은 심볼 벡터 1 315로부터 심볼 벡터 2 325가 탐색되는 동작과 유사하게 수행될 수 있으며, 심볼 벡터 4 345 및 심볼 벡터 5 355 또한 유사하게 결정될 수 있다. 이러한 제2 방식 310에서, 특정 심볼 벡터를 결정한 이후(또는, 최초의 심볼 벡터가 결정된 이후) 다음 심볼 벡터를 결정하기까지의 프로세스는 '1회의 연산 주기(an iteration)'으로 지칭될 수 있다.

[0073] 만약, 수신 장치 120이 특정 심볼 벡터의 인접 영역에서 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 다음 심볼 벡터를 탐색하는 경우, 동일한 임시 해 벡터가 반복적으로 탐색될 수 있다. 예를 들어, '심볼 벡터 1 315 -> 심볼 벡터 2 325 -> 심볼 벡터 3 335 -> 심볼 벡터 4 345' 순서로 임시 해 벡터가 탐색된 이후, 심볼 벡터 4 345에서 다시 심볼 벡터 1 315가 임시 해 벡터로 탐색되는 경우, 수신 장치 120은 심볼 벡터 1 315, 심볼 벡터 2 325, 심볼

벡터 3 335 및 심볼 벡터 4 345만을 반복적으로 탐색할 뿐, 다른 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 5 355)를 탐색하지 못할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 수신 장치 120은 중복적으로 탐색된 심볼 벡터의 목록을 생성하여, 중복적으로 탐색된 심볼 벡터가 탐색되지 않을 연산 주기의 횟수, 즉 탐색 금지 횟수를 기록(record)할 수 있다. 수신 장치 120은 특정 심볼 벡터의 인접 영역에서 탐색 금지 횟수가 설정되지 아니한 심볼 벡터들(탐색 금지 횟수가 0인 심볼 벡터들을 포함함) 중에서 ML 메트릭이 가장 낮은 심볼 벡터를 다음 심볼 벡터로 결정함으로써, 심볼 벡터가 중복적으로 탐지되는 것을 방지할 수 있다. 예를 들어, 심볼 벡터 4 345로부터 심볼 벡터 1 315가 탐색되지 않고, 심볼 벡터 5 355가 탐색될 수 있다. 수신 장치 120은 수행된 연산 주기의 횟수가 미리 결정된 횟수를 초과하거나, 중복된 심볼 벡터가 탐색된 횟수가 미리 결정된 횟수를 초과할 경우, 제2 방식에 따른 알고리즘을 종료하고, 탐색된 심볼 벡터들 중 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 심볼 벡터를 최종적인 해 벡터로 결정할 수 있다.

[0074] 도 3b는 심볼 벡터에 대해 제2 방식 310에 의한 탐색이 수행되는 것을 예시하나, 심볼 벡터가 아닌 심볼에 대해서도 제2 방식 310에 의한 탐색이 수행될 수 있다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 1차원 심볼 공간  $G=S$ 에서도 제2 방식 310과 같이 심볼을 탐색해 가면서 해 심볼(solution symbol)을 결정할 수 있다. 본 개시에서, 상술한 제2 방식 310은 '심볼 벡터 탐색' 또는 '타부 서치(tabu search)' 방식 또는 기법으로 지칭될 수 있다.

[0075] 제2 방식 310에 의한 신호 검출 절차는 초기의 임시 해 벡터로부터 다음 심볼 벡터를 반복적으로 결정하므로, 초기 임시 해 벡터가 무엇인지에 따라 BER 성능이 크게 달라질 수 있고, 신호 검출을 위한 지연 시간이 증가할 수 있다.

[0077] 도 4는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 흐름도이다. 도 4에 도시된 동작들은 수신 장치 120에서 수행될 수 있다.

[0078] 도 4를 참고하면, 410 단계에서, 수신 장치 120은 송신 장치 110으로부터 신호를 수신한다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 송신 장치 110은 복수의 송신 안테나들을 포함할 수 있고, 수신 장치 120은 복수의 송신 안테나들을 통해 송신되는 신호를 수신할 수 있다. 예를 들어, 복수의 송신 안테나들은 제1 송신 안테나와 제2 송신 안테나를 포함할 수 있다. 이 때, 수신 장치 120이 복수의 수신 안테나들을 포함하는 경우, 각각의 수신 안테나는 복수의 송신 안테나들 각각으로부터 송신된 신호가 합해진 신호를 수신할 수 있다.

[0079] 420 단계에서, 수신 장치 120은 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼 벡터들 중 복수의 심볼 벡터들을 결정한다. 수신 장치 120은 수신된 신호에 기반하여, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼 벡터들 중 복수의 심볼 벡터들을 결정할 수 있다. 예를 들어, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼 벡터들은 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들과 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들일 수 있다. 도시되지 아니하였으나, 수신 장치 120은 수신된 신호에 기반하여 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들을 결정할 수 있고, 복수의 심볼 벡터들은 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들과 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들에서 결정될 수 있다. 예를 들어, 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들을 결정하는 동작은 도 3a에서 예시된 제1 방식의 1단계 절차에 따라 미리 결정된 수의 심볼들을 결정하는 동작에 대응될 수 있고, 복수의 심볼 벡터들을 결정하는 동작은 도 3a에서 예시된 제1 방식의 2단계 절차에 따라 미리 결정된 수의 심볼 벡터들을 결정하는 동작에 대응될 수 있다.

[0080] 430 단계에서, 수신 장치 120은 각각의 복수의 심볼 벡터들에 대해 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 탐색하여 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합들을 결정한다. 수신 장치 120은 각각의 복수의 심볼 벡터들에 대해, 각각의 심볼 벡터들과 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 탐색하여, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합들을 결정할 수 있다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 430 단계에서 수신 장치 120이 적어도 하나의 다른 심볼 벡터를 탐색하는 동작은, 제2 방식에 따라 특정 심볼 벡터의 인접 영역에서 다음 심볼 벡터를 탐색하는 동작에 대응될 수 있다.

[0081] 도 4에서 설명된 것과 같이, 본 개시의 실시 예들에 따른 수신 장치 120은 복수의 심볼 벡터들에 대해 심볼 벡터 탐색을 수행할 수 있다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 복수의 심볼 벡터들에 대해 병렬적으로 심볼 벡터 탐색을 수행함으로써, 단일 심볼 벡터에 대해 심볼 벡터 탐색을 수행하는 경우보다 높은 BER 성능을 달성할 수 있다. 또한, 각각의 심볼 벡터 탐색에서 수행되는 연산 주기의 횟수가 낮도록 설정함으로써, 신호 검출을 위한 지연 시간을 줄일 수 있다. 도 4에서 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 절차는 이하에서 도 5와 함께 보다 상세히 설명된다.

- [0083] 도 5는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 절차를 도시한다. 도 5에서 숫자를 둘러싸고 있는 원은 숫자에 대응하는 인덱스의 심볼을 나타낸다.
- [0084] 수신 장치 120은 1단계 510에서 우도에 따라 순서대로 N개의 심볼들을 선정할 수 있다. 여기에서, N은 각각의 1단계 510 및 2단계 520에서 선정되는 심볼들 또는 심볼 벡터들의 수를 의미한다. 또한,  $M_c$ 는 변조 차수에 대응하는 모든 심볼들의 수를 의미한다. 도 5는  $N=3$ ,  $M_c=16$ 인 것을 가정하나, 이는 설명의 편의를 위해 예시된 것이고, 다양한 N 및  $M_c$  값에 대해서도 도 5에 따른 실시 예가 동일하게 적용될 수 있다.
- [0085] 1단계 510은 도 3a에서 예시된 제1 방식의 제1 단계에 대응될 수 있다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들(도 5에서는  $M_c=16$ 개의 심볼들)의 조합들 각각에 대한 임시 해 벡터를 결정하고, ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 N개의 임시 해 벡터들(도 5에서는  $N=3$ 개의 임시 해 벡터들) 각각에서 제1 송신 안테나에 해당하는 심볼을 추출함으로써, 제1 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들을 결정할 수 있다. 도 5의 1단계 510에서는 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 임시 해 벡터에서 심볼 4가, ML 메트릭의 크기가 두 번째로 낮은 임시 해 벡터에서 심볼 3이, ML 메트릭의 크기가 세 번째로 낮은 임시 해 벡터에서 심볼 2가 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼로 결정되었다.
- [0086] 2단계 520은 제1 하위 단계(sub step) 550과 제2 하위 단계 560를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 하위 단계 550은 도 3a에서 예시된 제1 방식의 2단계에 대응될 수 있다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 제1 하위 단계 550에서 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정된 심볼들(도 5에서는 심볼 2, 심볼 3, 심볼 4)과 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들(도 5에서는  $M_c=16$ 개의 심볼들)의 조합들 각각에 대한 임시 해 벡터를 결정하고, ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 N개의 임시 해 벡터들(도 5에서는  $N=3$ 개의 임시 해 벡터들) 각각에서 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나에 해당하는 심볼 벡터를 추출함으로써, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터를 결정할 수 있다. 도 5의 제1 하위 단계 550에서는 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 임시 해 벡터에서 심볼 벡터 530-1([3, 5])가, ML 메트릭의 크기가 두 번째로 낮은 임시 해 벡터에서 심볼 벡터 530-2 ([3, 4])가, ML 메트릭의 크기가 세 번째로 낮은 임시 해 벡터에서 심볼 벡터 530-3 [4, 1]가 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터로 결정되었다.
- [0087] 수신 장치 120은 제2 하위 단계 560에서, 제1 하위 단계 550에서 결정된 각각의 심볼 벡터 530-1, 530-2 및 530-3에 대해 개별적으로 심볼 벡터 탐색을 수행하여, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합을 결정할 수 있다. 예를 들어, 수신 장치 120은 각각의 심볼 벡터 530-1, 530-2 및 530-3로부터 시작하여 인접 영역에서 다음 심볼 벡터를 탐색하는 동작을 반복적으로 수행하여, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합들 540-1([3,4]), 540-2([3,5]) 및 540-3([4,5])을 결정할 수 있다. 여기에서, 심볼들의 조합 540-1은 심볼 벡터 530-1로부터 시작하여 심볼 벡터 탐색이 수행된 결과이고, 심볼들의 조합 540-2는 심볼 벡터 530-2로부터 시작하여 심볼 벡터 탐색이 수행된 결과이고, 심볼들의 조합 540-3은 심볼 벡터 530-3으로부터 시작하여 심볼 벡터 탐색이 수행된 결과일 수 있다.
- [0088] 도 5에서, 1 단계 510에서는 심볼 벡터 탐색이 수행되지 아니한 것으로 도시되었으나, 이는 예시적인 것이고, 제1 단계 510에서도 심볼 벡터 탐색이 수행될 수 있다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 심볼 2, 심볼 3 및 심볼 4 각각에 대해 인접 영역의 심볼들을 반복적으로 탐색하여, 제1 송신 안테나로부터 송신된 심볼들을 결정할 수 있다.
- [0089] 또한, 도 5에서는 2 단계 520 이후의 절차가 도시되지 아니하였으나, 이는 설명의 편의를 위한 것이고, 수신 장치 520은 송신 안테나의 개수에 따라 3 단계 또는 그 이후의 단계에 해당하는 절차를 수행할 수 있다. 이는 하기의 도 13에서 보다 상세히 설명된다.
- [0090] 도 5에 따르면, 1단계 510에서, 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정된 심볼들(예: 심볼 2, 3, 4)은 각각 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 N개의 임시 해 벡터들(도 5에서는  $N=3$ 개의 임시 해 벡터들)부터 결정될 수 있다. 그러나, 이는 예시적인 것이고, 수신 장치 120은 ML 메트릭의 크기 순서가 연속하지 않는 N개의 임시 해 벡터들로부터 제1 송신 안테나에 대한 심볼들을 결정할 수 있다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들 각각에 대한 임시 해 벡터들 중에서, ML 메트릭의 크기 순서가 연속하지 않는 N개의 임시 해 벡터들 각각에서 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정된 심볼을 결정할 수 있다. 이하 도 6a에서는 수신 장치 120이 ML 메트릭의 크기 순서가 연속하지 않는 N개의 임시 해 벡터들로부터 심볼 또는 심볼 벡터를 결정하기 위한 방법이 설명된다.

- [0092] 도 6a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 선택 규칙에 기반하여 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 흐름도이다.
- [0093] 도 6a를 참고하면, 610 단계에서, 수신 장치 120은 선택 규칙을 확인한다. 선택 규칙은 하나의 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들을 결정하거나, 복수의 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터들을 결정하기 위해, 모든 가능한 임시 해 벡터들 중에서 미리 결정된 수의 임시 해 벡터를 선택하기 위한 규칙을 의미할 수 있다. 예를 들어, 선택 규칙은 ML 메트릭의 크기 순서가 연속하는 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들이 선택되도록 지시하는 규칙일 수 있다. 선택 규칙이 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 3개의 임시 해 벡터들이 선택되도록 지시할 경우, 선택 규칙은 [1 2 3]으로 표현될 수 있다. 또 다른 예로, 선택 규칙은 ML 메트릭의 크기 순서가 연속하지 않는 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들이 선택되도록 지시하는 규칙일 수 있다. 선택 규칙이 모든 가능한 임시 해 벡터들 중에서 ML 메트릭의 크기가 가장 작은 임시 해 벡터, 여섯 번째로 작은 임시 해 벡터 및 열 번째로 작은 임시 해 벡터들이 선택되도록 지시할 경우, 선택 규칙은 [1 6 10]으로 표현될 수 있다. 선택 규칙은 임시 해 벡터들이 선택되기 위한 미리 결정된 수가 무엇인지, 및/또는 ML 메트릭의 크기 순서가 무엇인지에 따라 다양하게 표현될 수 있다. 또한, 선택 규칙이 ML 메트릭의 크기 순서를 지시하는 것은 예시적인 것이고, 선택 규칙은 ML 메트릭이 아닌, 다른 메트릭에 기반하여 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들이 선택되도록 지시할 수 있다.
- [0094] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 선택 규칙은 수신 장치 120에 수신된 입력, MCS(modulation and coding scheme) 레벨, 수신 장치 120과 송신 장치 110간의 채널 품질 및 BER 중 적어도 하나에 기반하여 결정될 수 있다. 따라서, 선택 규칙은 고정된 값이 아니라, 수신 장치 120에 수신된 입력, MCS(modulation and coding scheme) 레벨, 수신 장치 120과 송신 장치 110간의 채널 품질 및 BER 중 적어도 하나에 기반하여 적응적으로 변경될 수 있다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 선택 규칙을 적응적으로 변경할 수 있다.
- [0095] 620 단계에서, 수신 장치 120은 선택 규칙에 기반하여 복수의 임시 해 벡터들을 결정한다. 수신 장치 120은 선택 규칙에 기반하여 모든 가능한 임시 해 벡터들 중에서 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들을 선택할 수 있다. 예를 들어, 수신 장치 120은 선택 규칙에 따라 ML 메트릭의 크기 순서가 연속하거나, 연속하지 않는 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들을 선택할 수 있다. 또 다른 예로, 수신 장치 120은 선택 규칙에 따라 ML 메트릭의 크기 순서가 아닌, 다른 메트릭에 기반하여 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들을 선택할 수 있다.
- [0096] 630 단계에서, 수신 장치 120은 복수의 임시 해 벡터들 각각에서 심볼 또는 심볼 벡터를 결정한다. 예를 들어, 복수의 임시 해 벡터들이 제1 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들에 대한 임시 해 벡터들에서 결정된 경우, 수신 장치 120은 복수의 임시 해 벡터들 각각에서 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼을 결정할 수 있다. 또 다른 예로, 복수의 임시 해 벡터들이 제1 송신 안테나에 대한 심볼과 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들에 대한 임시 해 벡터들에서 결정된 경우, 수신 장치 120은 복수의 임시 해 벡터들 각각에서 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터를 결정할 수 있다.
- [0097] 상술한 것과 같이, 하나의 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼들을 결정하거나, 복수의 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터들을 결정하기 위해, 모든 가능한 임시 해 벡터들 중에서 미리 결정된 수의 임시 해 벡터가 선택될 수 있다. 그러나, 모든 가능한 임시 해 벡터들은 미리 결정된 수의 그룹들로 구분될 수 있고, 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들은 그룹들 각각으로부터 결정될 수 있다. 이하 도 6b에서는 수신 장치 120이 임시 해 벡터들의 그룹들에서 미리 결정된 수의 임시 해 벡터들 및 심볼 벡터들을 결정하기 위한 방법이 설명된다.
- [0099] 도 6b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 그룹에 기반하여 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 흐름도이다.
- [0100] 도 6b를 참고하면, 640 단계에서, 수신 장치 120은 임시 해 벡터들에 대한 복수의 그룹들을 설정한다. 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 수신 장치 120은 각각의 단계마다 하나의 추가적인 송신 안테나가 고려될 경우의 심볼들 또는 심볼들의 조합을 결정할 수 있다. 수신 장치 120은 이전 단계에서 결정된 심볼들 또는 심볼들의 조합들 각각과, 현재 단계에서 고려되는 추가적인 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들을 결정할 수 있고, 결정된 조합들 각각에 대한 임시 해 벡터들을 결정할 수 있다. 복수의 그룹들은 이전 단계에서 결정된 심볼들 또는 심볼들의 조합들 각각으로부터 결정된 임시 해 벡터들을 포함하도록 설정될 수 있다. 이전 단계에서 미리 결정된 수의 심볼들 또는 심볼들의 조합들이 결정되었으므로, 복수의 그룹들은 미리 설정된 수만큼 설정될 수 있다.
- [0101] 650 단계에서, 수신 장치 120은 복수의 그룹들 각각에서 적어도 하나의 임시 해 벡터를 결정한다. 예를 들어,

수신 장치 120은 복수의 그룹들 각각에서 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 임시 해 벡터를 결정할 수 있다.

- [0102] 660 단계에서, 수신 장치 120은 결정된 임시 해 벡터에서 심볼 벡터를 결정한다. 수신 장치 120은 결정된 임시 해 벡터에서, 현재 단계에서 고려된 추가적인 송신 안테나 및 이전 단계까지 고려된 송신 안테나(들)에 대응하는 심볼 벡터를 추출하여, 심볼 벡터를 결정할 수 있다.
- [0103] 이하의 도 7에서는 도 6a 및 도 6b의 흐름도에 관한 내용이 구체적인 예시와 함께 설명된다.
- [0105] 도 7은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 선택 규칙 및/또는 그룹에 기반하여 송신 심볼들의 조합을 결정하기 위한 절차를 도시한다.
- [0106] 도 7에서, 수신 장치 120은 1단계 510에서 선택 규칙 [1 6 10]에 따라 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정된 심볼들(심볼 1, 4, 5)을 결정할 수 있다.
- [0107] 또한, 수신 장치 120은 2단계 520에서 모든 임시 해 벡터들 중에서 ML 메트릭에 기반하여 N개의 임시 해 벡터들(도 7에서는 N=3개의 임시 해 벡터들)을 결정하는 대신, 모든 임시 해 벡터들을 N개의 그룹으로 구분하고, 각각의 N개의 그룹에서 ML 메트릭에 기반하여 하나의 임시 해 벡터를 결정할 수 있다. 예를 들어, 수신 장치 120은 1단계 510에서 결정된 심볼들(도 7에서는 심볼 1, 심볼 4 및 심볼 5) 중 하나(예: 심볼 1)와 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들 각각에 대한 임시 해 벡터들을 제1 그룹 730으로 설정할 수 있다. 또 다른 예로, 수신 장치 120은 1단계 510에서 결정된 심볼들 중 다른 하나(예: 심볼 4)와 제2 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들 각각에 대한 임시 해 벡터들을 제2 그룹 740으로 설정할 수 있다. 유사하게, 수신 장치 120은 1단계 510에서 결정된 심볼들 중 나머지 하나(예: 심볼 5)에 기반하여 제3 그룹 750을 결정할 수 있다. 수신 장치 120은 각각의 제1 그룹 730, 제2 그룹 740 및 제3 그룹 750에서 ML 메트릭의 크기가 가장 작은 하나의 임시 해 벡터를 결정하고, 결정된 각각의 임시 해 벡터에서 심볼 벡터 760-1([1, 1]), 760-2([4, 1]) 및 760-3([5, 16])을 결정할 수 있다. 그 후, 수신 장치 120은 심볼 벡터 760-1, 760-2 및 760-3 각각에 대해 개별적으로 심볼 벡터 탐색을 수행하여, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합 770-1([1, 5]), 770-2([1, 5]), 770-3([5, 14])을 결정할 수 있다.
- [0108] 도 7에서와 같이, 수신 장치 120이 1단계 510에서 선택 규칙에 기반하여 ML 메트릭의 크기 순서가 연속하지 않는 임시 해 벡터들 각각에서 제1 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정된 심볼을 결정하고, 제2 단계에서 그룹(730, 740, 750) 별로 심볼 벡터 760-1, 760-2 및 760-3을 결정함으로써, 제2 단계 520에서 심볼 벡터 탐색을 통해 최종적으로 결정되는 심볼들의 조합 770-1, 770-2 및 770-3이 서로 중복될 가능성이 감소할 수 있다. 또한, 도 7은 1단계 510에서 선택 규칙에 기반하여 심볼들이 결정되고, 2단계 520에서 그룹 별로 심볼 벡터들이 결정됨을 예시하나, 다양한 변경이 가능하다. 예를 들어, 수신 장치 120은 1단계 510에서 선택 규칙에 기반하여 심볼들을 결정하되, 2단계 520에서는 그룹 별로 심볼 벡터들을 결정하지 않고, 각 그룹의 임시 해 벡터들을 모두 포함하는 전체 임시 해 벡터들 중 N개의 임시 해 벡터들에서 심볼 벡터들을 결정할 수 있다. 또 다른 예로, 수신 장치 120은 1단계 510에서 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 N개의 임시 해 벡터들로부터 제1 송신 안테나의 추정 심볼들을 결정하고, 제2 단계 520에서 그룹 별로 심볼 벡터들을 결정할 수 있다. 이러한 변경에 의해서도, 심볼 벡터 탐색을 통해 최종적으로 결정되는 심볼들의 조합이 서로 중복될 가능성은 감소할 수 있다.
- [0109] 그럼에도 불구하고, 복수의 심볼 벡터들 각각에 대해 개별적으로 심볼 벡터 탐색을 수행할 경우, 심볼 벡터 탐색의 결과로서 결정되는 심볼들의 조합은 서로 중복될 수 있다. 심볼들의 조합이 중복될 경우, 이후의 단계에서 개별적인 심볼 벡터 탐색이 수행될 수 없으므로, BER 성능이 감소할 수 있다. 따라서, 수신 장치 120은 심볼 벡터 탐색을 수행함에 따라 중복되는 심볼들의 조합이 발생하지 않도록 하거나, 중복되는 심볼들의 조합이 이미 발생한 경우 이를 처리할 수 있어야 한다. 이하 도 8에서는 심볼 벡터 탐색의 결과 중복되는 심볼들의 조합이 발생한 경우 이를 처리하기 위한 방법이 설명된다.
- [0111] 도 8은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 심볼 벡터 탐색의 결과 발생한 동일한 심볼들의 조합을 처리하기 위한 흐름도이다.
- [0112] 도 8을 참고하면, 810 단계에서, 수신 장치 120은 제1 조합과 제2 조합이 동일한지 여부를 결정한다. 여기에서, 제1 조합과 제2 조합은 서로 다른 심볼 벡터로부터 심볼 벡터 탐색이 수행되는 것에 의해 결정된 심볼들의 조합일 수 있다. 각각의 제1 조합 및 제2 조합에서 동일한 송신 안테나에 대응하는 심볼이 동일할 경우, 제1 조합과 제2 조합은 동일한 것으로 결정될 수 있다.
- [0113] 제1 조합과 제2 조합이 동일할 경우, 820 단계에서, 수신 장치 120은 제2 조합을 다른 심볼들의 조합으로 대체한다. 또는, 수신 장치 120은 제1 조합을 다른 심볼들의 조합으로 대체할 수 있다. 여기에서, 다른 심볼들의 조

합은 제1 조합 및 제2 조합 각각이 결정되기 위한 심볼 벡터 탐색의 최초의 심볼 벡터와는 다른 심볼 벡터로 결정될 수 있다. 예를 들어, 제1 조합 및 제2 조합 각각이 결정되기 위한 심볼 벡터 탐색의 최초의 심볼 벡터가 전체 임시 해 벡터들 중 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 임시 해 벡터들에서 결정된 경우, 다른 심볼들의 조합은 ML 메트릭의 크기가 다음으로 낮은 임시 해 벡터에서 결정될 수 있다. 또 다른 예로, 제1 조합 및 제2 조합 각각이 결정되기 위한 심볼 벡터 탐색의 최초의 심볼 벡터가 임시 해 벡터들의 그룹에서 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 임시 해 벡터에서 결정된 경우, 다른 심볼들의 조합은 해당 그룹에서 ML 메트릭의 크기가 다음으로 낮은 임시 해 벡터에서 결정될 수 있다. 다른 심볼들의 조합이 결정되는 임시 해 벡터가 전체 임시 해 벡터들 또는 임시 해 벡터들의 그룹에서 ML 메트릭의 크기 순서에 기반하여 결정되는 것은 예시적인 것이고, 다른 기준에 따라 결정될 수 있다. 예를 들어, 다른 심볼들의 조합이 결정되는 임시 해 벡터는 전체 임시 해 벡터들 또는 임시 해 벡터들의 그룹에서 선택 규칙에 기반하여 결정될 수 있다.

[0114] 제1 조합과 제2 조합이 상이한 경우, 제1 조합과 제2 조합은 적절하게 결정된 것이므로, 수신 장치 120은 본 알고리즘을 종료한다.

[0115] 이하 도 9에서는 도 8의 흐름도에 관한 내용이 구체적인 예시와 함께 설명된다.

[0117] 도 9은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 심볼 벡터 탐색의 결과 발생한 동일한 심볼들의 조합을 처리하기 위한 절차를 도시한다. 도 9에서 1단계 510 및 2단계 520을 통해 심볼들의 조합 770-1, 770-2 및 770-3이 결정되는 과정은 도 7에서 설명된 것과 동일하다. 도 9에 따르면, 제1 그룹 730에 속한 심볼 벡터 760-1로부터 심볼 벡터 탐색을 통해 결정된 심볼들의 조합 770-1([1,5])과, 제2 그룹 730에 속한 심볼 벡터 760-2로부터 심볼 벡터 탐색을 통해 결정된 심볼들의 조합 770-2([1,5])는 서로 동일하다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 심볼 벡터 탐색을 통해 결정된 심볼들의 조합 770-1과 심볼들의 조합 770-2가 서로 동일하다고 결정할 수 있다. 이 경우, 수신 장치 120은 심볼들의 조합 770-1 및 심볼들의 조합 770-2 중 하나를 다른 심볼들의 조합으로 대체할 수 있다. 예를 들어, 도 9에 도시된 것처럼 심볼들의 조합 770-2는 심볼들의 조합 910으로 대체될 수 있다. 도 9에 따르면, 심볼들의 조합 910은 제2 그룹 740에 포함된 임시 해 벡터들 중 하나에서 결정될 수 있다. 다시 말해서, 대체된 심볼들의 조합 770-2가 제2 그룹 740에 속한 임시 해 벡터의 심볼 벡터 760-2로부터 결정되었으므로, 대체하는 심볼들의 조합 910은 제2 그룹 740에 속한 다른 임시 해 벡터에서 결정될 수 있다. 여기에서, 심볼들의 조합 910은 제2 그룹 740에 속한 임시 해 벡터들 중 선택 규칙(도 9에서, 선택 규칙 [1 6 10]이 적용됨)에 따라 ML 메트릭의 크기가 여섯 번째로 작은 임시 해 벡터에서 결정될 수 있다. 그러나, 이는 예시적인 것이고, 심볼들의 조합 910은 선택 규칙과 관계 없이, ML 메트릭의 크기에 기반하여 제2 그룹 740에 속한 임시 해 벡터들 중 하나에서 결정될 수 있다. 또한, 제2 단계 520에서 그룹들 730, 740 및 750이 설정되지 않은 경우, 심볼들의 조합 910은 제 각 그룹의 임시 해 벡터들을 모두 포함하는 전체 임시 해 벡터들 중 하나에서 결정될 수 있다. 예를 들어, 심볼들의 조합 910은 선택 규칙 또는 ML 메트릭의 크기에 기반하여 심볼 벡터 760-1, 심볼 벡터 760-2 및 심볼 벡터 760-3이 결정되지 아니한 모든 임시 해 벡터들 중 하나에서 결정될 수 있다.

[0118] 도 9은 1단계 510에서 선택 규칙에 기반하여 심볼들이 결정되고, 2단계 520에서 그룹 별로 심볼 벡터들이 결정됨을 예시하나, 다양한 변형이 가능하다. 예를 들어, 수신 장치 120은 1단계 510에서 선택 규칙에 기반하여 심볼들을 결정하되, 2단계 520에서는 그룹 별로 심볼 벡터들을 결정하지 않고, 각 그룹의 임시 해 벡터들을 모두 포함하는 전체 임시 해 벡터들 중 N개의 임시 해 벡터들에서 심볼 벡터들을 결정할 수 있다. 또 다른 예로, 수신 장치 120은 1단계 510에서 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 N개의 임시 해 벡터들로부터 제1 송신 안테나의 추정 심볼들을 결정하고, 제2 단계 520에서 그룹 별로 심볼 벡터들을 결정할 수 있다. 또 다른 예로, 수신 장치 120은 도 5에서와 같이 1단계 510에서 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 N개의 임시 해 벡터들로부터 심볼들을 결정하고, 제2 단계 520에서 각 그룹의 임시 해 벡터들을 모두 포함하는 전체 임시 해 벡터들 중 N개의 임시 해 벡터들에서 심볼 벡터들을 결정할 수 있다.

[0119] 도 8 및 도 9에서는 심볼 벡터 탐색의 결과 중복되는 심볼들의 조합이 발생한 경우 이를 처리하기 위한 방법이 설명되었다. 이하 도 10에서는 수신 장치 120이 심볼 벡터 탐색을 수행함에 따라 중복되는 심볼들의 조합이 발생하지 않도록 하기 위한 방법이 설명된다.

[0121] 도 10a는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 심볼 벡터 탐색의 결과 동일한 심볼들의 조합이 발생되지 않도록 하기 위한 제1 흐름도를 도시한다.

[0122] 도 10a를 참고하면, 1210 단계에서, 수신 장치 120은 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터의 인접 영역이 중복된 심볼 벡터를 포함하는지 여부를 결정한다. 중복된 심볼 벡터는 다른 심볼 벡터로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터를 의미할 수 있다. 다시 말해서, 특정 심볼 벡터로

부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터의 인접 영역이 다른 심볼 벡터로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터를 포함할 경우, 다른 심볼 벡터로부터 결정된 심볼 벡터는 중복된 심볼 벡터로 지칭될 수 있다.

[0123] 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터의 인접 영역이 중복된 심볼 벡터를 포함할 경우, 1020 단계에서, 수신 장치 120은 중복된 심볼 벡터가 제외된 영역에서 다음 심볼 벡터를 결정한다. 이에 따라, 다음 심볼 벡터는 중복된 심볼 벡터가 아닌 심볼 벡터로 결정될 수 있고, 수신 장치 120은 중복되는 심볼 벡터 탐색이 수행되는 것을 방지할 수 있다. 결과적으로, 수신 장치 120은 복수의 개별적인 심볼 벡터 탐색들의 결과 동일한 심볼들의 조합이 발생하지 않도록 할 수 있다.

[0124] 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터의 인접 영역이 중복된 심볼 벡터를 포함하지 않을 경우, 1030 단계에서, 수신 장치 120은 인접 영역에서 다음 심볼 벡터를 결정한다.

[0126] 도 10b는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 심볼 벡터 탐색의 결과 동일한 심볼들의 조합이 발생되지 않도록 하기 위한 제2 흐름도를 도시한다.

[0127] 도 10b를 참고하면, 1040 단계에서, 수신 장치 120은 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터의 인접 영역이 중복된 심볼 벡터를 포함하는지 여부를 결정한다. 1040 단계에서 수행되는 프로세스는 1210 단계에서 수행되는 프로세스와 동일할 수 있다.

[0128] 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터의 인접 영역이 중복된 심볼 벡터를 포함할 경우, 1050 단계에서, 수신 장치 120은 중복된 심볼 벡터가 다른 심볼 벡터로 대체된 영역에서 다음 심볼 벡터를 결정한다. 이에 따라, 다음 심볼 벡터는 인접 영역에서 중복된 심볼 벡터가 아닌 심볼 벡터로 결정되거나, 대체된 심볼 벡터로 결정될 수 있다. 대체된 심볼 벡터는 인접 영역에 포함되지 아니하므로, 대체된 심볼 벡터는 인접 영역에 대응하는 거리를 초과할 수 있다. 다시 말해서, 특정 연산 주기에 대한 다음 심볼 벡터는 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터와 일정 거리를 초과하는 심볼 벡터로 결정될 수 있다. 1020 단계와 달리, 1050 단계에서는 중복된 심볼 벡터가 다른 심볼 벡터로 대체된 영역에서 심볼 벡터 탐색이 수행되므로, 다음 심볼 벡터가 결정되기 위한 후보 심볼 벡터들의 수는 동일하게 유지될 수 있다. 수신 장치 120은 중복된 심볼 벡터가 다른 심볼 벡터로 대체된 영역에서 다음 심볼 벡터를 결정함으로써, 중복되는 심볼 벡터 탐색이 수행되는 것을 방지할 수 있다. 결과적으로, 수신 장치 120은 복수의 개별적인 심볼 벡터 탐색들의 결과 동일한 심볼들의 조합이 발생하지 않도록 할 수 있다.

[0129] 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터의 인접 영역이 중복된 심볼 벡터를 포함하지 않을 경우, 1030 단계에서, 수신 장치 120은 인접 영역에서 다음 심볼 벡터를 결정한다.

[0130] 이하의 도 11에서는 도 10a 및 도 10b의 흐름도에 관한 내용이 구체적인 예시와 함께 설명된다.

[0132] 도 11는 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 심볼 벡터 탐색의 결과 동일한 심볼들의 조합이 발생하지 않도록 하기 위한 절차를 도시한다. 도 11에서 1단계 510 및 2단계 520을 통해 심볼들의 조합 760-1, 760-2 및 760-3이 결정되는 과정은 도 7에서 설명된 것과 동일하다.

[0133] 수신 장치 120은 각각의 심볼 벡터 760-1, 760-2 및 760-3에 대한 심볼 벡터 탐색을 수행할 수 있다. 예를 들어, 수신 장치 120은 심볼 벡터 760-1에 대한 심볼 벡터 탐색 과정에서 심볼 벡터 760-1의 인접 영역을 결정하고, 인접 영역에서 ML 메트릭의 크기가 가장 낮은 심볼 벡터 또는 탐색 금지 횟수가 설정되지 아니한 심볼 벡터들(탐색 금지 횟수가 0인 심볼 벡터들을 포함함) 중에서 ML 메트릭이 가장 낮은 심볼 벡터를 다음 심볼 벡터로 결정할 수 있다(1회의 연산 주기). 수신 장치 120은 결정된 다음 심볼 벡터에 대해서도 동일한 연산 주기를 수행할 수 있으며, 이러한 연산 주기는 수행된 연산 주기의 횟수가 미리 결정된 횟수를 초과하거나, 중복된 심볼 벡터가 탐색된 횟수가 미리 결정된 횟수를 초과할 때까지 계속하여 수행될 수 있다. 수신 장치 120은 마지막 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터를 심볼 벡터 탐색에 의한 최종적인 심볼들의 조합으로 결정할 수 있다. 수신 장치 120은 심볼 벡터 760-2 및 760-3에 대해서도 심볼 벡터 760-1에 대해 상기에서 설명된 것과 동일한 방법으로 심볼들의 조합을 결정할 수 있다.

[0134] 변조 차수에 대응하는 모든 심볼들의 집합이  $S=\{-3, -1, 1, 3\}$ 인 경우, 심볼 벡터 760-1로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터  $[3, -1, -3]$ 의 인접 영역은 도 12a의 테이블 1200과 같이 정의될 수 있다. 테이블 1200에서 첫 행을 제외한 각각의 행은 인접 영역에 포함된 각각의 심볼 벡터들을 나타낸다. 도 12a에서, 인접 영역은 심볼 벡터  $[3, -1, -3]$ 과의 거리가 2 이내인 영역으로 정의되었다. 이에 따라, 인접 영역은 심볼 벡터  $[3, -1, -3]$ 의 첫 번째 성분 심볼 3이 심볼 3과 인접한 2개의 심볼 1, -1로 대체된 심볼 벡터

들과(테이블 1200의 두 번째, 세 번째 행), 두 번째 성분 심볼 -1이 심볼 -1과 인접한 2개의 심볼 -3, 1로 대체된 심볼 벡터들과(테이블 1200의 네 번째, 다섯 번째 행), 세 번째 성분 심볼 -3이 심볼 -3과 인접한 2개의 심볼 -1, 1로 대체된 심볼 벡터들(여섯 번째, 일곱 번째 행)로 구성될 수 있다.

[0135] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 수신 장치 120은 심볼 벡터 760-1, 760-2 및 760-3 각각에 대해 개별적으로 심볼 벡터 탐색을 수행할 수 있다. 이 경우, 특정 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 760-1)로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터의 인접 영역(예: 테이블 1200)은, 다른 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 760-2, 또는 심볼 벡터 760-3)로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터를 포함할 수 있다. 따라서, 중복되는 심볼 벡터에 대해 심볼 벡터 탐색이 수행될 수 있고, 이 경우 서로 다른 심볼 벡터로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 결과가 동일한 심볼들의 조합으로 결정될 수 있다.

[0136] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 수신 장치 120은 심볼 벡터 탐색을 수행함에 따라 중복되는 심볼들의 조합이 발생하지 않도록 하기 위해, 특정 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 760-1)로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 [3, -1, -3])의 인접 영역(예: 테이블 1200)에서, 다른 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 760-2, 또는 심볼 벡터 760-3)로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터가 제외된 영역에서 다음 심볼 벡터를 결정할 수 있다. 도 12b의 테이블 1210은 테이블 1200에서 다른 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 760-2, 또는 심볼 벡터 760-3)로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 [-1, 1, -3])가 제외된 영역을 나타낸다. 수신 장치 120은 테이블 1210으로 표현되는 영역에서 다음 심볼 벡터를 결정함으로써, 다른 심볼 벡터로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 [-1, 1, -3])가 다음 심볼 벡터로 결정되지 않도록 할 수 있다.

[0137] 또한, 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 수신 장치 120은 심볼 벡터 탐색을 수행함에 따라 중복되는 심볼들의 조합이 발생하지 않도록 하기 위해, 특정 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 760-1)로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 [3, -1, -3])의 인접 영역(예: 테이블 1200)에서, 다른 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 760-2, 또는 심볼 벡터 760-3)로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터가 대체된 영역에서 다음 심볼 벡터를 결정할 수 있다. 도 12c의 테이블 1220은 테이블 1200에서 다른 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 760-2, 또는 심볼 벡터 760-3)로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 [-1, 1, -3])가 심볼 벡터 [-3, -1, -3]으로 대체된 영역을 나타낸다. 여기에서, 대체된 심볼 벡터 [-3, -1, -3]와 테이블 1200의 인접 영역이 결정되기 위한 심볼 벡터 [3, -1, -3]간 거리는 2를 초과한다. 다시 말해서, 심볼 벡터 [3, -1, -3]의 성분 심볼 3과 인접한 2개의 심볼은 1, -1이므로, 심볼 벡터 [3, -1, -3]의 성분 심볼 3이 심볼 -3으로 대체된 심볼 벡터 [-3, -1, -3]는 심볼 벡터 [3, -1, -3]와의 거리가 2를 초과한다. 이에 따르면, 인접 영역에서 심볼 벡터가 대체될 경우 대체된 심볼 벡터는 일정 영역에 대응하는 거리를 초과할 수 있다. 심볼 벡터가 대체됨으로써, 다음 심볼 벡터가 결정되기 위한 후보 심볼 벡터들(예: 테이블 1220에 표현된 심볼 벡터들)의 수는 동일하게 유지될 수 있다. 또한, 수신 장치 120은 테이블 1220으로 표현되는 영역에서 다음 심볼 벡터를 결정함으로써, 다른 심볼 벡터로부터 시작된 심볼 벡터 탐색의 특정 연산 주기에서 결정된 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 [-1, 1, -3])가 다음 심볼 벡터로 결정되지 않도록 할 수 있다. 이에 더하여, 수신 장치 120은 인접 영역에 대응하는 거리를 초과하는 심볼 벡터(예: 심볼 벡터 [-3, -1, -3])이 다음 심볼 벡터로 결정되도록 할 수 있다.

[0138] 상술한 것과 같이, 수신 장치 120은 인접 영역에서 중복되는 심볼 벡터가 제외되거나 대체된 심볼 벡터들의 집합에서 심볼 벡터 탐색을 수행함으로써, 최종적으로 결정된 심볼들의 조합이 중복되지 않도록 할 수 있다. 도 11는 각각의 심볼 벡터 760-1, 760-2 및 760-3에 대해 중복된 심볼 벡터가 탐색되지 않도록 심볼 벡터 탐색을 수행을 수행한 결과, 최종적인 심볼들의 조합 1110-1([1,5]), 심볼들의 조합 1110-2([1,8]) 및 심볼들의 조합 1110-3(5,14))가 중복되지 않는 것을 도시한다.

[0139] 도 11는 1단계 510에서 선택 규칙에 기반하여 심볼들이 결정되고, 2단계 520에서 그룹 별로 심볼 벡터들이 결정됨을 예시하나, 다양한 변경이 가능하다. 예를 들어, 수신 장치 120은 1단계 510에서 선택 규칙에 기반하여 심볼들을 결정하되, 2단계 520에서는 그룹 별로 심볼 벡터들을 결정하지 않고, 각 그룹의 임시 해 벡터들을 모두 포함하는 전체 임시 해 벡터들 중 N개의 임시 해 벡터들에서 심볼 벡터들을 결정할 수 있다. 또 다른 예로, 수신 장치 120은 1단계 510에서 ML 매트릭의 크기가 가장 낮은 N개의 임시 해 벡터들로부터 제1 송신 안테나의 추정 심볼들을 결정하고, 제2 단계 520에서 그룹 별로 심볼 벡터들을 결정할 수 있다. 또 다른 예로, 수신 장치 120은 도 5에서와 같이 1단계 510에서 ML 매트릭의 크기가 가장 낮은 N개의 임시 해 벡터들로부터 심볼들을 결정하고, 제2 단계 520에서 각 그룹의 임시 해 벡터들을 모두 포함하는 전체 임시 해 벡터들 중 N개의 임시 해

벡터들에서 심볼 벡터들을 결정할 수 있다.

- [0140] 도 4 내지 도 12에서는 예시적으로 송신 장치 110의 복수의 송신 안테나들 중 두 개의 송신 안테나(제1 송신 안테나, 제2 송신 안테나)로부터 송신된 심볼들의 조합들을 결정하는 동작이 설명되었다. 그러나, 수신 장치 120은 다른 송신 안테나들에 대해서도 심볼들의 조합을 결정할 수 있으며, 이하 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합이 결정된 이후 제3 송신 안테나를 더 포함하는 송신 안테나들로부터 송신된 심볼들의 조합을 결정하는 동작이 설명된다.
- [0142] 도 13은 본 개시의 다양한 실시 예들에 따라 추가 송신 안테나를 더 포함하는 송신 안테나들로부터 송신된 심볼들의 조합을 결정하기 위한 흐름도이다. 도 13에서 예시되는 동작들은 수신 장치 120이 심볼 벡터 탐색을 수행하여 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합을 이미 결정한 후에 수행될 수 있다.
- [0143] 도 13을 참고하면, 1310 단계에서, 수신 장치 120은 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합과, 제3 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들에서 심볼 벡터들을 결정한다. 예를 들어, '제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합'이  $[x_{1,1}, x_{2,5}]$ 이고, '제3 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들'이  $x_{3,1}, x_{3,2}, \dots, x_{3,16}$ (변조 차수: 4)인 경우, '제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합과 제3 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들'은  $[x_{1,1}, x_{2,5}, x_{3,1}], [x_{1,1}, x_{2,5}, x_{3,2}], \dots, [x_{1,1}, x_{2,5}, x_{3,16}]$ 일 수 있다. 수신 장치 120은 심볼 벡터 탐색을 통해 결정된 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나에 대한 다른 심볼들의 조합에 대해서도 제3 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들과의 조합들을 결정할 수 있다. 예를 들어, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합들이 3개인 경우, 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합과 제3 송신 안테나로부터 송신 가능한 심볼들의 조합들은  $3 \times 16 = 48$ 개일 수 있다. 수신 장치 120은 조합들 각각에 대한 임시 해 벡터를 결정할 수 있다. 임시 해 벡터는 조합들 각각이 대응되는 송신 안테나들로부터 송신된 것으로 추정된 심볼 조합임을 전제로, 다른 송신 안테나로부터 송신된 심볼들을 추정함으로써 결정될 수 있다. 예를 들어, 임시 해 벡터는 MMSE-OSIC 기법에 기반하여 결정될 수 있다. 수신 장치 120은 ML 메트릭의 크기 및/또는 선택 규칙에 기반하여 임시 해 벡터들 중 N개의 임시 해 벡터들을 결정할 수 있다. 예를 들어, N개의 임시 해 벡터들은 ML 메트릭의 크기가 가장 작은 순서로 결정되거나, 선택 규칙에 따라 특정한 순위의 ML 메트릭의 크기에 대응하는 임시 해 벡터들로 결정될 수 있다. 수신 장치 120은 결정된 N개의 임시 해 벡터들 각각에서 제1 송신 안테나, 제2 송신 안테나 및 제3 송신 안테나에 해당하는 심볼 벡터를 추출함으로써, 제1 송신 안테나, 제2 송신 안테나 및 제3 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터를 결정할 수 있다. 제1 송신 안테나, 제2 송신 안테나 및 제3 송신 안테나로부터 송신된 것으로 추정되는 심볼 벡터들은 1310 단계에서 결정되는 심볼 벡터들일 수 있다. 다시 말해서, 1310 단계에서 결정되는 심볼 벡터는 제1 송신 안테나 및 제2 송신 안테나뿐만 아니라 제3 송신 안테나에 대한 심볼 성분을 포함하므로, 도 4의 420 단계에서 결정된 복수의 심볼 벡터들보다 디멘전이 더 클 수 있다.
- [0144] 1320 단계에서, 수신 장치 120은 각각의 심볼 벡터들에 대해, 각각의 심볼 벡터들과 일정 거리 이내의 적어도 하나의 다른 벡터를 탐색하여, 제1 송신 안테나, 제2 송신 안테나 및 제3 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합들을 결정한다. 다시 말해서, 수신 장치 120은 각각의 심볼 벡터들에 대해 개별적으로 심볼 벡터 탐색을 수행하여 제1 송신 안테나, 제2 송신 안테나 및 제3 송신 안테나로부터 송신된 심볼들의 조합들을 결정할 수 있다. 여기에서, 1320 단계에서 수행되는 심볼 벡터 탐색은 430 단계에서 수행되는 심볼 벡터 탐색과 비교하여 더 높은 차원의 심볼 벡터에 대해 수행될 수 있다.
- [0145] 도 13에서는 송신 장치 110의 복수의 송신 안테나들 중 세 개의 송신 안테나(제1 송신 안테나, 제2 송신 안테나 및 제3 송신 안테나)로부터 송신된 심볼들의 조합들을 결정하는 동작이 설명되었으나, 수신 장치 120은 도 13에 설명된 것과 유사한 방식으로 다른 송신 안테나들에 대한 심볼들의 조합을 순차적으로 결정할 수 있다. 이 경우, 심볼 벡터 탐색에서 고려되는 송신 안테나의 수가 증가할수록 더 높은 차원의 심볼 벡터에 대해 심볼 벡터 탐색이 수행될 수 있다.
- [0147] 본 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들은 하드웨어, 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 조합의 형태로 구현될(implemented) 수 있다.
- [0148] 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 개시의 청구항 또는 명세서에 기재된 실시 예들에 따른 방법들을 실행하게 하는 명령어

(instructions)를 포함한다.

[0149] 이러한 프로그램(소프트웨어 모듈, 소프트웨어)은 랜덤 액세스 메모리 (random access memory), 플래시(flash) 메모리를 포함하는 불휘발성(non-volatile) 메모리, 롬(read only memory, ROM), 전기적 삭제가능 프로그램가능 롬(electrically erasable programmable read only memory, EEPROM), 자기 디스크 저장 장치(magnetic disc storage device), 콤팩트 디스크 롬(compact disc-ROM, CD-ROM), 디지털 다목적 디스크(digital versatile discs, DVDs) 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.

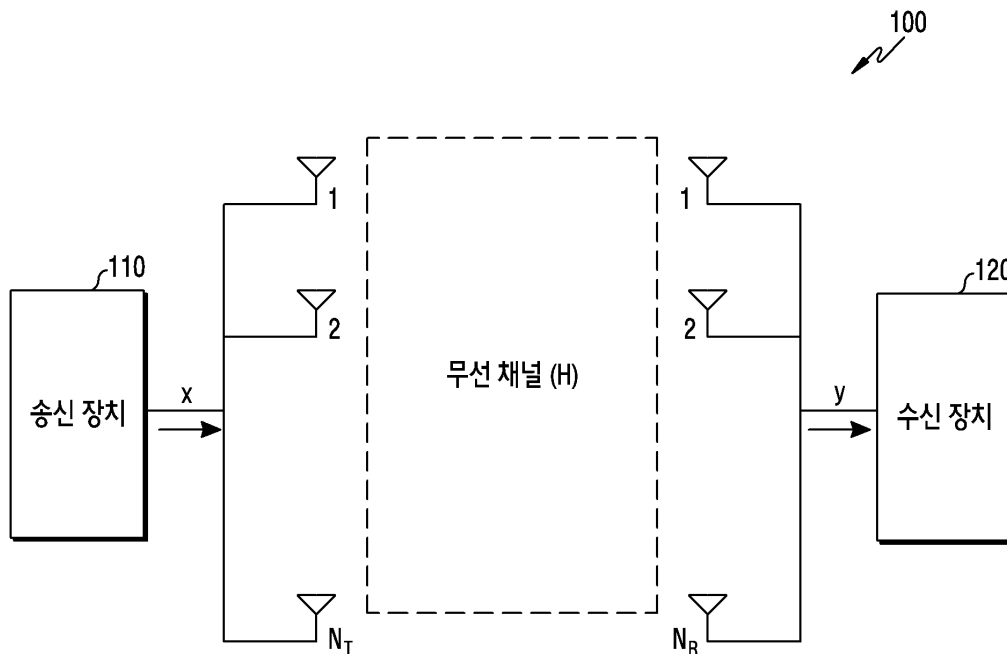
[0150] 또한, 프로그램은 인터넷(Internet), 인트라넷(Intranet), LAN(local area network), WAN(wide area network), 또는 SAN(storage area network)과 같은 통신 네트워크, 또는 이들의 조합으로 구성된 통신 네트워크를 통하여 접근(access)할 수 있는 부착 가능한(attachable) 저장 장치(storage device)에 저장될 수 있다. 이러한 저장 장치는 외부 포트를 통하여 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수 있다. 또한, 통신 네트워크상의 별도의 저장장치가 본 개시의 실시 예를 수행하는 장치에 접속할 수도 있다.

[0151] 상술한 본 개시의 구체적인 실시 예들에서, 개시에 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 개시가 단수 또는 복수의 구성 요소에 제한되는 것은 아니며, 복수로 표현된 구성 요소라 하더라도 단수로 구성되거나, 단수로 표현된 구성 요소라 하더라도 복수로 구성될 수 있다.

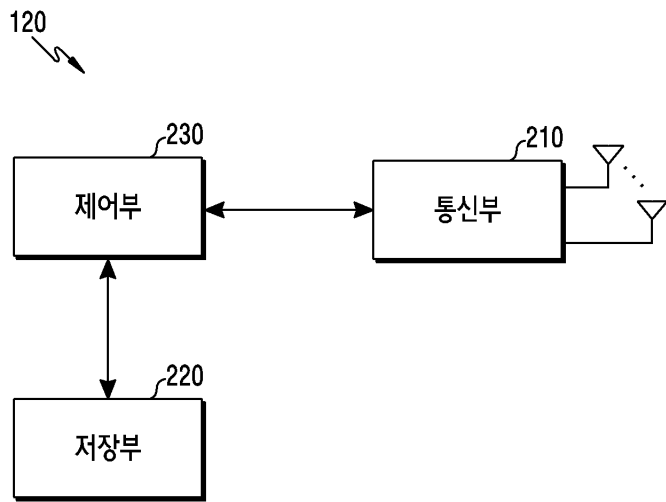
[0152] 한편 본 개시의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 개시의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 개시의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

## 도면

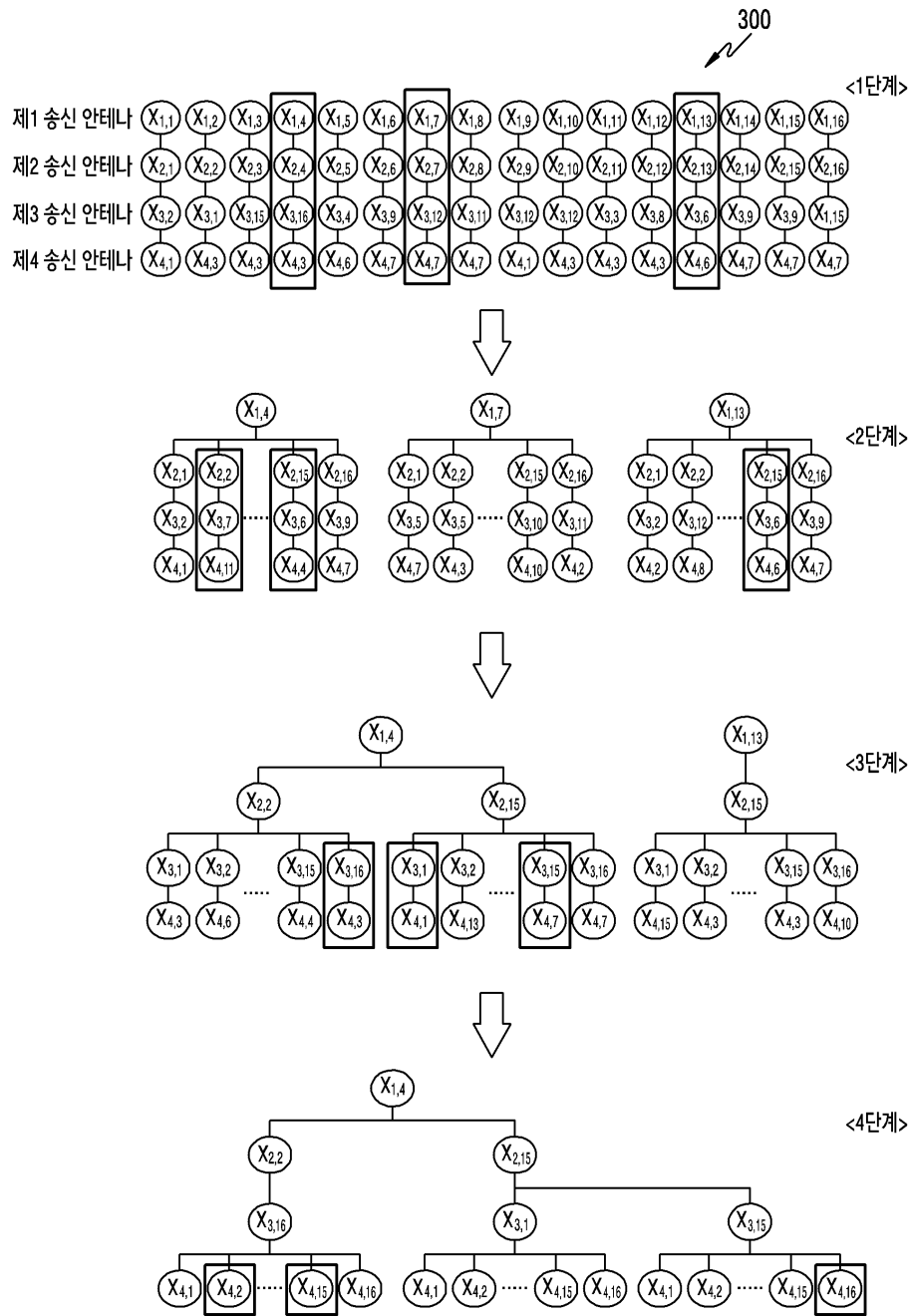
### 도면1



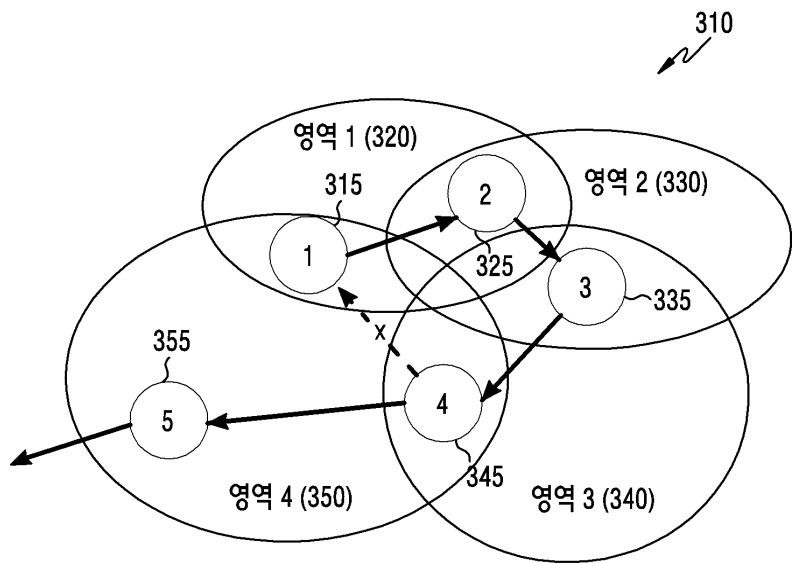
도면2



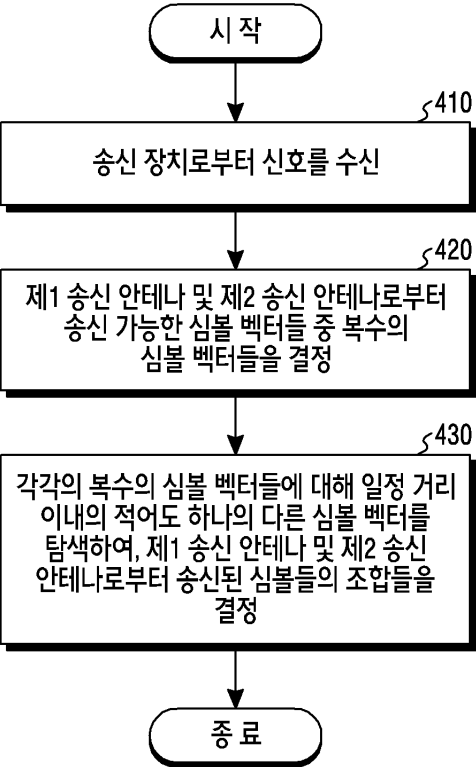
도면3a



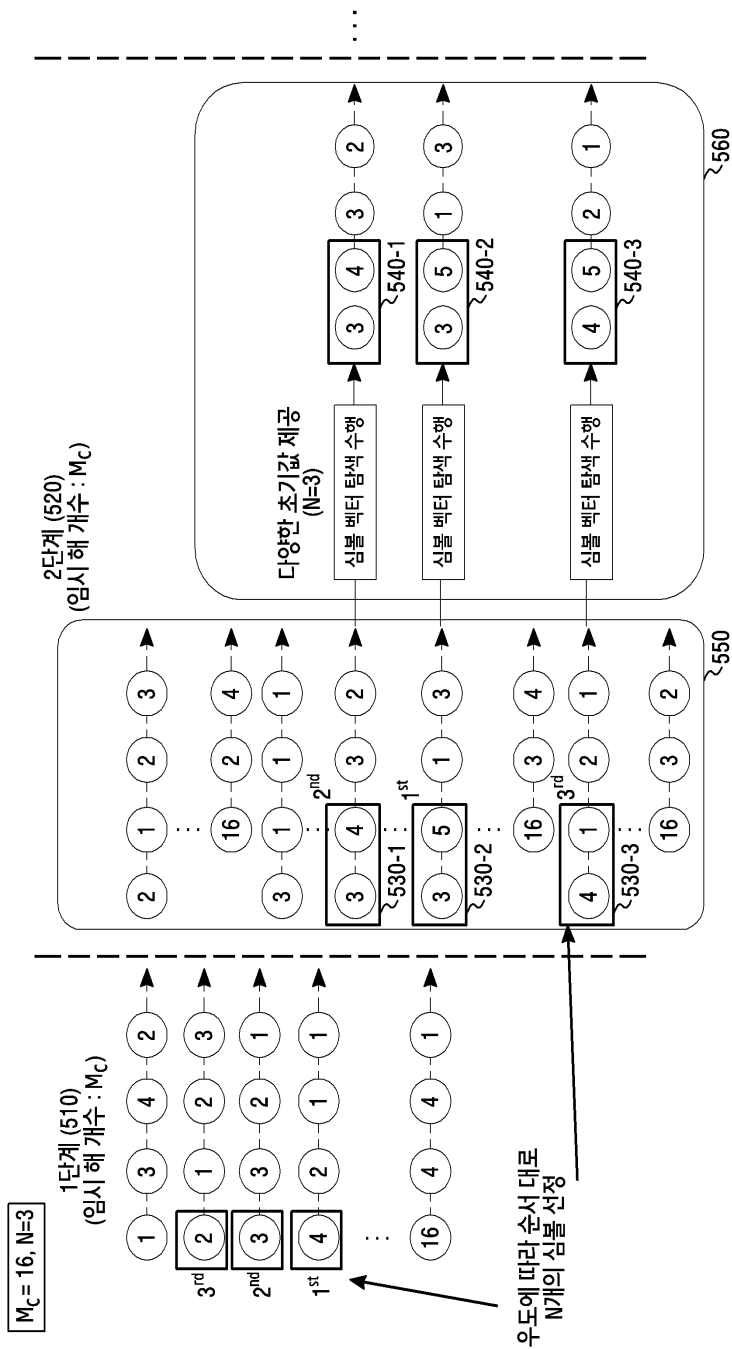
도면3b



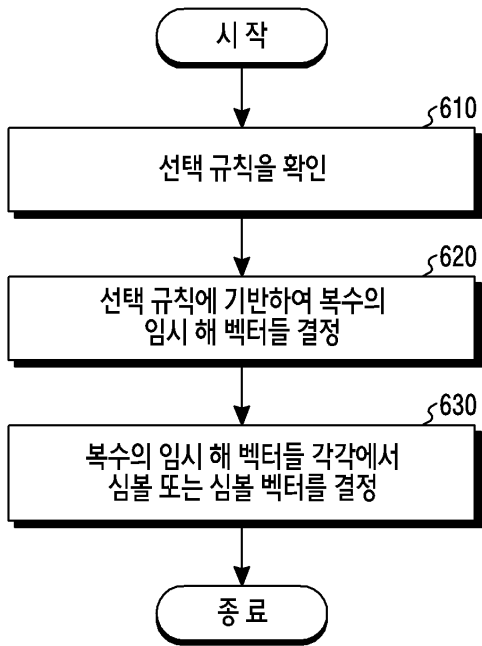
도면4



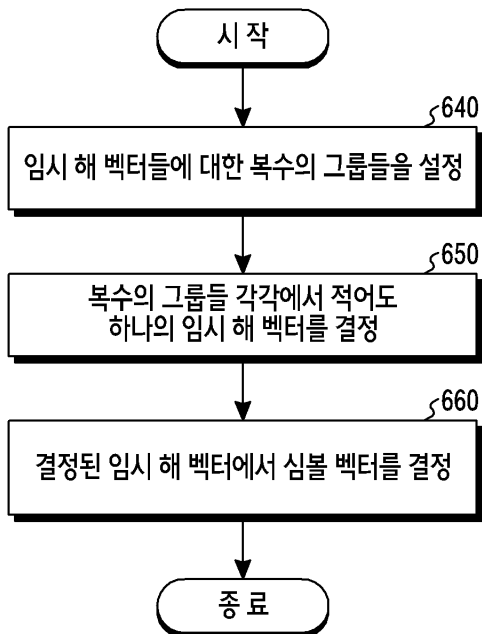
도면5



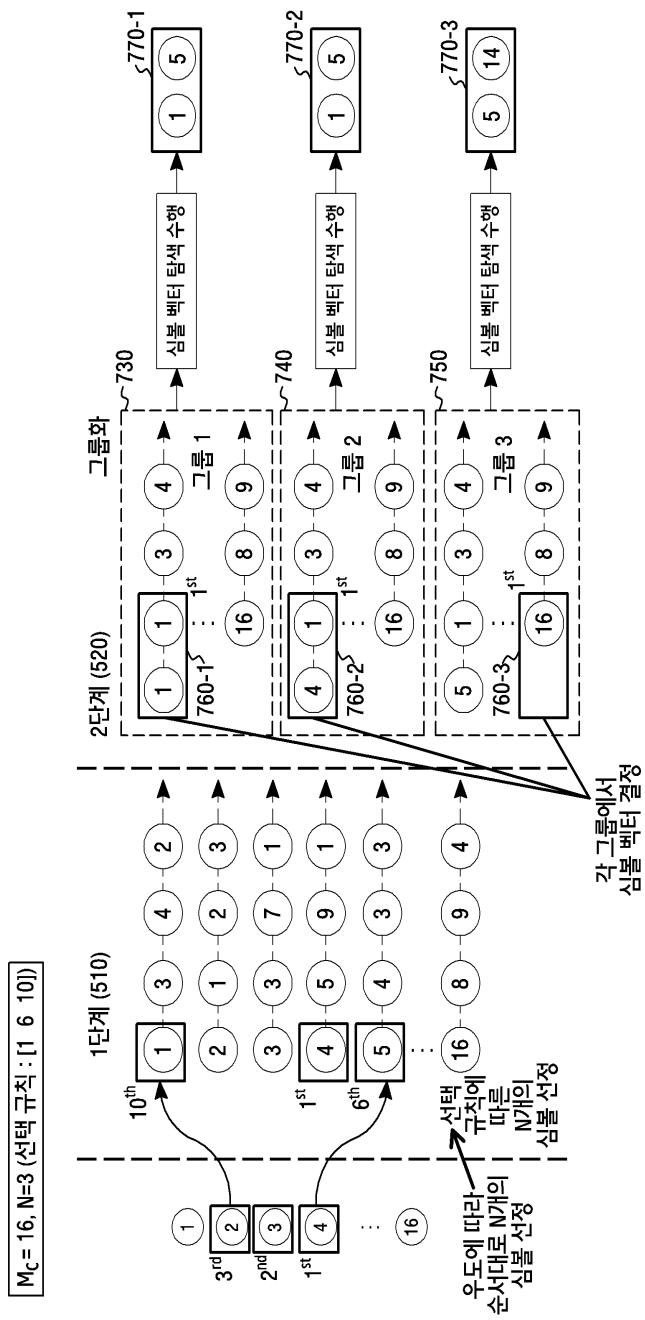
도면6a



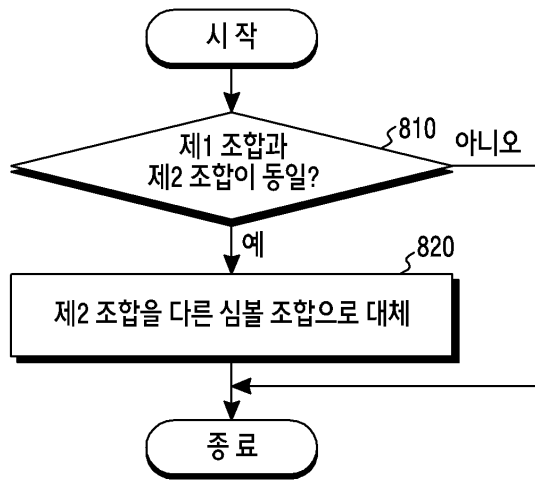
도면6b



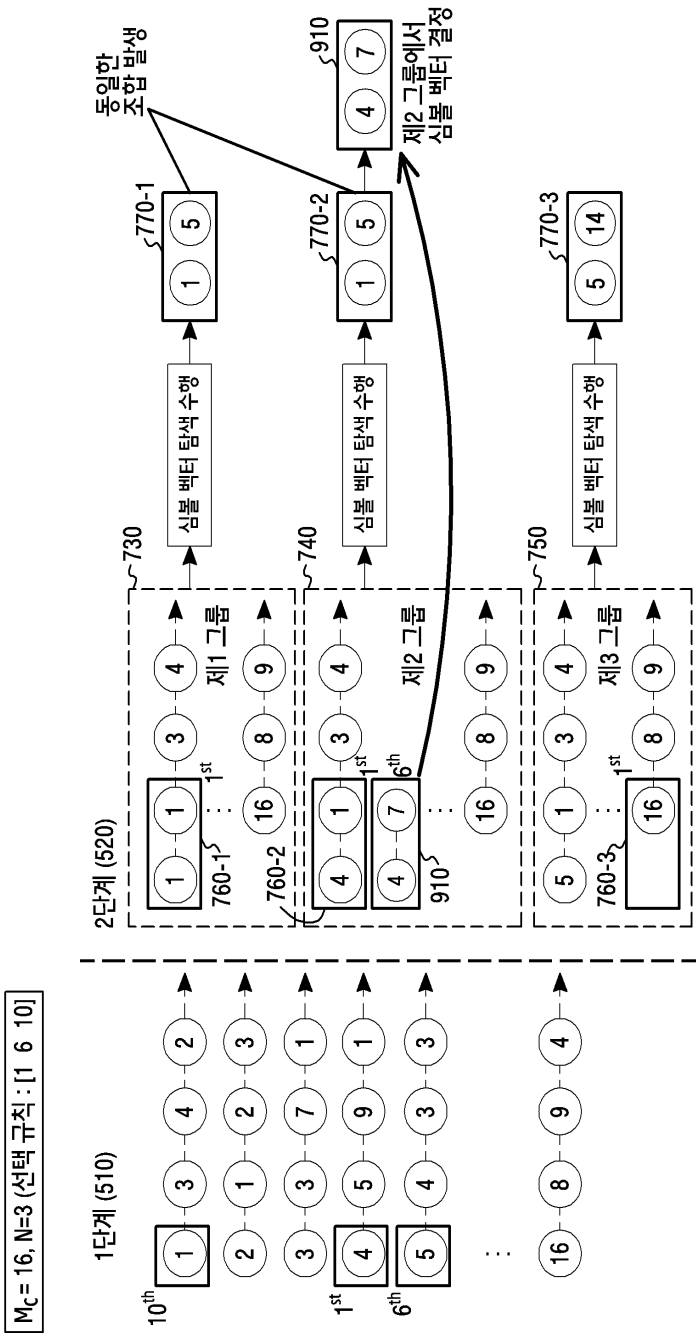
도면7



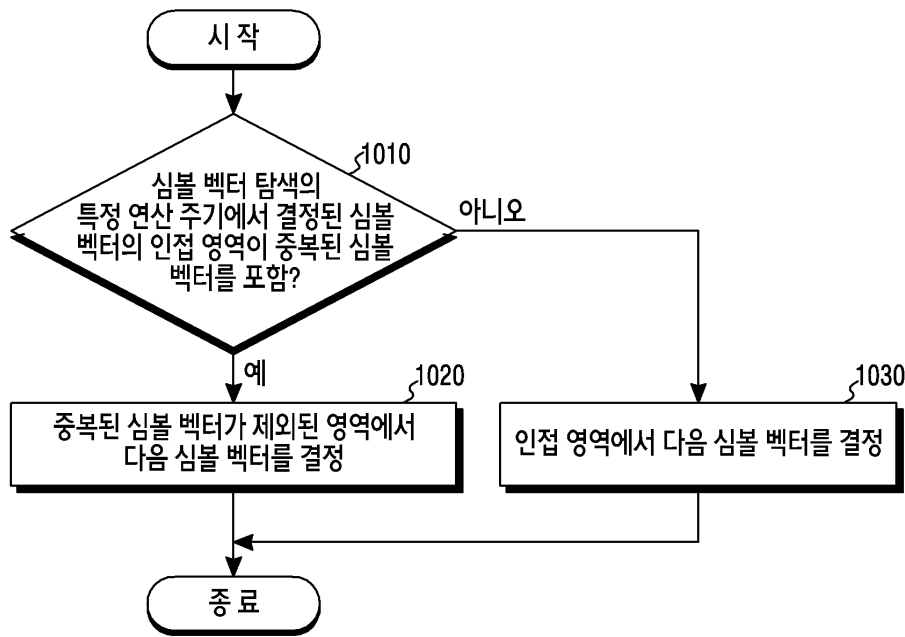
도면8



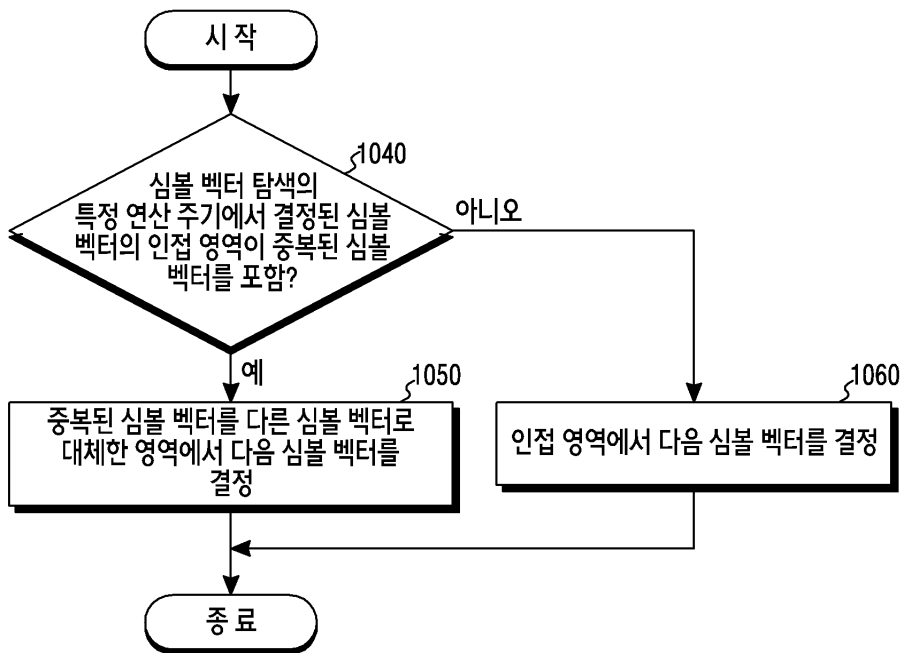
도면9



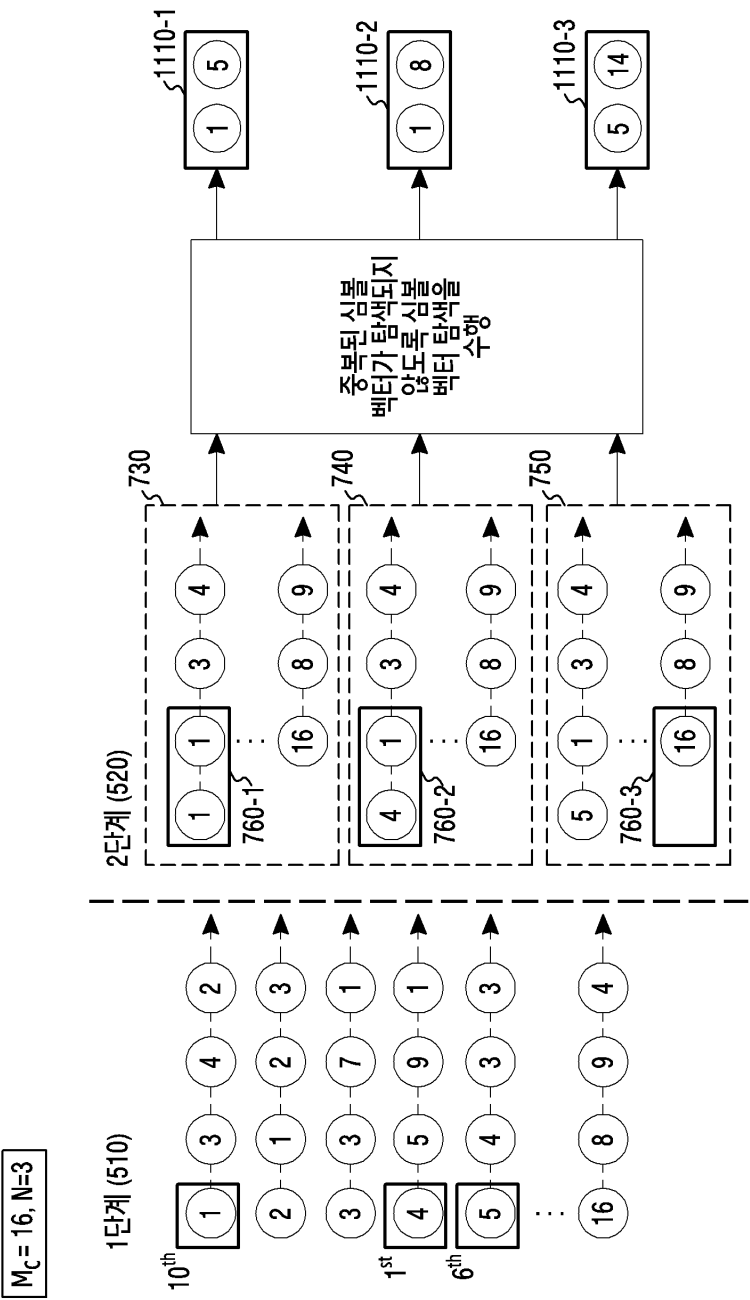
도면10a



도면10b



도면11



1

1

3

4

⋮

16

8

9

9

2단계 (520)

760-1

760-2

760-3

730

740

750

중복된 심볼  
벡터가 탐색되지  
않도록 심볼을  
수행

1110-1

1110-2

1110-3

1

5

1

8

5

14

도면12a

l = 1	l = 2	l = 3	~1200
1	-1	-3	
-1	-1	-3	
3	-3	-3	
3	1	-3	
3	-1	-1	
3	-1	1	

도면12b

l = 1	l = 2	l = 3	~1210
1	-1	-3	
-1	-1	-3	
3	-3	-3	
3	1	-3	
3	-1	-1	
3	-1	1	

도면12c

l = 1	l = 2	l = 3	~1220
1	-1	-3	
-1	-1	-3	
-3	-1	-3	
3	-3	-3	
3	1	-3	
3	-1	-1	↶ 대체
3	-1	1	

도면13

