



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년01월19일

(11) 등록번호 10-2205226

(24) 등록일자 2021년01월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H04B 7/06 (2017.01) H04B 7/0413 (2017.01)
H04B 7/08 (2017.01) H04L 1/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류
H04B 7/0691 (2013.01)
H04B 7/0413 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0056286

(22) 출원일자 2020년05월12일

심사청구일자 2020년05월12일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020170031983 A*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

정방철

대전광역시 서구 관저동로90번길 15, 103동 602호(관저동, 관저리슈빌)

이기훈

대전광역시 유성구 배울2로 78, 606동 402호(관평동, 대덕테크노밸리6단지아파트)

(74) 대리인

특허법인 정안

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 양찬호

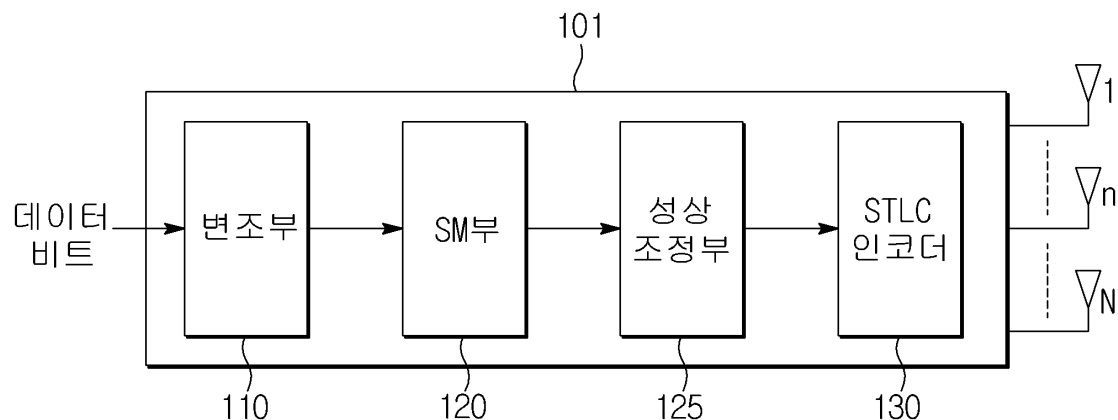
(54) 발명의 명칭 시공간 선형 부호화 기반 공간 변조를 이용한 다중 안테나 통신 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명은 시공간 선형 부호화 기반 공간 변조를 이용한 다중 안테나 통신 방법 및 장치에 관한 것으로, 복수의 안테나가 구비된 송신단에서 데이터 통신을 위한 무선 신호를 생성하는 방법은 전송할 복수의 데이터 비트를 획득하는 동작, 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 일부를 소정의 변조 방식으로 변조하여 제1 변조 심볼 및 제2

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



변조 심볼을 생성하는 동작, 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 기초로 상기 복수의 안테나 중 상기 무선 신호를 전송할 안테나를 선택하는 동작 및 상기 선택된 안테나와 상기 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보, 상기 제1 변조 심볼 및 상기 제2 변조 심볼을 사용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 제1 시간 슬롯 및 제2 시간 슬롯에서 상기 선택된 안테나를 통해 전송될 무선 신호인 제1 STLC 신호 및 제2 STLC 신호를 생성하는 동작을 포함할 수 있다. 이에 따라, 무선 통신 시스템에서 신호 대 잡음비 대비 평균 비트 오류율을 개선할 수 있다.

(52) CPC특허분류

H04B 7/0697 (2013.01)

H04B 7/0891 (2013.01)

H04L 1/0618 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR102094428 B1*

KR1020150135993 A

KR1020180061455 A

KR101800976 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711093133
과제번호	2017-0-01635-003
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	정보통신기획평가원
연구사업명	정보통신기술인력양성(R&D)
연구과제명	자가충전형 초소형 전국단위 위치추적 시스템 원천기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2019.01.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711094913
과제번호	2019R1A2B5B01070697
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	B5G/IoT 시스템을 위한 데이터중심 무선 액세스/백홀 네트워크 원천기술 개발
기 여 율	1/2
과제수행기관명	충남대학교 산학협력단
연구기간	2019.06.01 ~ 2020.02.29

공지에외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

복수의 안테나가 구비된 송신단에서 2L 개의 시간 슬롯에서 전송할 무선 신호를 생성하는 방법에 있어서,
2L 개의 시간 슬롯 각각에서 무선 신호를 전송할 안테나를 정의하되 안테나 별로 짝수 개가 지정되도록 하는 코드북을 획득하는 동작;

전송할 복수의 데이터 비트를 획득하는 동작;

상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 일부를 이용하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에 대응하는 2L 개의 변조 심볼을 생성하는 동작;

상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 이용하여 코드북 인덱스(index)를 결정하는 동작;

상기 2L 개의 변조 심볼이 전송되는 안테나에 따라 상이한 정상도를 갖도록 하기 위한 정상 조정 기법을 적용하는 동작; 및

상기 결정된 코드북 인덱스에 기초하여 상기 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 무선 신호를 전송할 안테나와 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보 및 상기 2L 개의 변조 심볼을 사용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에서 전송될 무선 신호인 2L 개의 STLC 신호를 생성하는 동작을 포함하고,

상기 2L 개의 STLC 신호를 생성하는 동작은,

상기 2L 개의 변조 심볼을 동일한 안테나를 통해 전송될 2개의 변조 심볼로 구성되는 L개의 변조 심볼 쌍으로 형성하는 동작;

상기 L개의 변조 심볼 쌍 각각에 대해 해당 변조 심볼 쌍이 전송될 안테나와 수신단 안테나 사이의 채널 정보를 이용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 2개의 STLC 신호를 생성하는 동작; 및

상기 생성된 2개의 STLC 신호를 대응하는 변조 심볼 쌍이 전송될 시간 슬롯에서 전송되도록 할당하는 동작을 포함하는, 무선 신호 생성 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 성상 조정 기법은,

상기 복수의 안테나 각각에 대해 서로 상이한 전송 전력을 할당함으로써 변조 심볼의 성상을 조정하는 전력 제어 기법 및 상기 복수의 안테나 각각에서 전송되는 변조 심볼에 대해 서로 상이한 위상을 적용함으로써 변조 심볼의 성상을 조정하는 위상 조향 기법 중 적어도 하나를 포함하는, 무선 신호 생성 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 복수의 안테나 각각에 대해 할당된 상기 전송 전력 정보 및 상기 위상 정보 중 적어도 하나와 상기 코드북을 상기 수신단으로 제공하는 동작을 더 포함하는, 무선 신호 생성 방법.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 코드북 인덱스를 결정하는 동작은,

상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 $2L-1$ 개의 데이터 비트를 이용하여 상기 코드북 인덱스를 결정하는 동작을 포함하는, 무선 신호 생성 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

제5항에 있어서,

상기 $2L$ 개의 변조 심볼을 동일한 안테나를 통해 전송될 2개의 변조 심볼로 구성되는 L 개의 변조 심볼 쌍으로 형성하는 동작은,

상기 코드북 인덱스에 의해 결정된 상기 $2L$ 개의 시간 슬롯에서 사용될 안테나 정보에 기초하고, 첫번째 시간 슬롯에서 시작하여 동일한 안테나를 사용할 시간 슬롯에 대응하는 2개의 변조 심볼을 하나의 변조 심볼 쌍으로 형성하는 동작을 포함하는, 무선 신호 생성 방법.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

$2L$ 개의 시간 슬롯 단위로 무선 신호를 전송하는 송신 장치에 있어서,

복수의 안테나;

입력되는 복수의 데이터 비트 중 일부를 소정의 변조 방식으로 변조하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에 대응하는 2L 개의 변조 심볼을 생성하는 변조부;

상기 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 기초로 상기 복수의 안테나 중 상기 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 사용될 안테나를 정의하되 안테나 별로 짝수 개가 지정되도록 하는 코드북의 인덱스를 결정하는 SM(spatial multiplexing)부;

상기 2L 개의 변조 심볼이 전송되는 안테나에 따라 상이한 성상도를 갖도록 하기 위한 성상 조정 기법을 적용하는 성상 조정부; 및

상기 결정된 코드북 인덱스에 기초하여 상기 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 무선 신호를 전송할 안테나와 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보 및 상기 2L 개의 변조 심볼을 사용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에서 전송될 무선 신호인 2L 개의 STLC 신호를 생성하는 STLC 인코더를 포함하고,

상기 STLC 인코더는,

상기 2L 개의 변조 심볼을 동일한 안테나를 통해 전송될 2개의 변조 심볼로 구성되는 L개의 변조 심볼 쌍으로 형성하고,

상기 L개의 변조 심볼 쌍 각각에 대해 해당 변조 심볼 쌍이 전송될 안테나와 수신단 안테나 사이의 채널 정보를 이용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 2개의 STLC 신호를 생성하고, 상기 생성된 2개의 STLC 신호를 대응하는 변조 심볼 쌍이 전송될 시간 슬롯에서 전송되도록 할당하는, 송신 장치.

청구항 16

삭제

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 성상 조정부는,

성상 조정 기법으로 상기 복수의 안테나 각각에 대해 서로 상이한 전송 전력을 할당함으로써 상기 변조 심볼들의 성상을 조정하는 전력 제어 기법 및 상기 복수의 안테나 각각에서 전송되는 변조 심볼에 대해 서로 상이한 위상을 적용함으로써 변조 심볼의 성상을 조정하는 위상 조향 기법 중 적어도 하나를 적용하는, 송신 장치.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 SM부는,

상기 복수의 데이터 비트 중 $2L-1$ 개의 데이터 비트를 이용하여 상기 코드북 인덱스를 결정하는, 송신 장치.

청구항 19

삭제

청구항 20

제15항에 있어서,

상기 STLC 인코더는,

상기 코드북 인덱스에 의해 결정된 상기 2L 개의 시간 슬롯에서 사용될 안테나 정보에 기초하고, 첫번째 시간 슬롯에서 시작하여 동일한 안테나를 사용할 시간 슬롯에 대응하는 2개의 변조 심볼을 하나의 변조 심볼 쌍으로

형성하는, 송신 장치.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 다양한 실시 예들은 다중 안테나 통신 방법 및 시스템에 관한 것으로, 좀 더 상세하게는 시공간 선형 부호화 기반 공간 변조를 이용한 다중 안테나 통신 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 5G 시스템 및 와이파이 시스템과 같은 무선 통신에서 점점 더 빠른 전송 속도와 높은 신뢰도가 요구되고 있다. 이러한 요구를 만족시키기 위하여 MIMO(multiple input multiple output) 통신 환경을 제공하고 다중 안테나 송수신 기술이 적용하는 방안이 적용되어져 왔다.
- [0004] 다중 안테나 송수신 기술은 종래의 주파수 및 시간 자원을 이용한 통신에서 공간 자원을 추가적으로 이용하여 통신하도록 함으로써 빠른 전송 속도 및 높은 신뢰도를 제공할 수 있는 통신 기술 중의 하나이다.
- [0005] 다중 안테나 송수신 기술 중의 하나인 공간 다중화(spatial multiplexing) 기술은 송신단의 각 안테나로 서로 상이한 정보 신호를 전송함으로써 데이터 전송률을 증가시킬 수 있지만, 송수신단 설계 및 연산 복잡도가 증가하고, 각 안테나에서 전송하는 신호간 간섭으로 인한 성능 열화와 같은 문제가 발생할 수 있다.
- [0006] 공간 변조(spatial modulation)는 송신단이 다중 안테나를 가질 때, 전송하고자 하는 정보 신호에 따라 복수의 안테나 중 일부를 선택하여 신호를 전송하는 기법이다. 송신단은 선택한 안테나를 통해 진폭 및 위상 변조 심볼을 전송하며, 수신단은 수신된 신호로부터 송신단이 전송한 변조 심볼과 전송에 사용된 안테나의 인덱스를 획득할 수 있다. 이에 따라, 선택된 안테나의 인덱스를 추가적인 정보 신호로 활용할 수 있어 주파수 효율을 높일 수 있다. 또한, 복수의 안테나 중 일부 안테나만을 선택하여 신호를 전송하도록 함에 따라, 다른 안테나에 의해 야기되는 간섭에 의한 성능 감소를 완화할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] MIMO 환경에서 공간 다중화 기술과 공간 변조 기술을 결합한다면 송수신단 복잡도를 낮추면서 데이터 전송률을 높일 수 있다. 따라서, 공간 다중화 기술과 공간 변조 기술이 결합된 상황 하에서 주파수 성능을 최적화할 수 있는 효율적인 변조 기법이 요구된다.
- [0009] 본 발명의 다양한 실시 예는 MIMO 통신 환경에서 시공간 선 부호(space-time line code, STLC) 기법과 공간 변조가 결합된 데이터 변조 방법을 제안하고, 해당 변조 방법에서 성능을 더욱 개선하기 위하여 안테나별 성상을 상이하게 하는 방식을 적용한 통신 방법 및 시스템을 제공함에 있다.
- [0010] 본 문서에서 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 복수의 안테나가 구비된 송신단에서 데이터 통신을 위한 무선 신호를 생성하는 방법은 전송할 복수의 데이터 비트를 획득하는 동작, 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 일부를 소정의 변조 방식으로 변조하여 제1 변조 심볼 및 제2 변조 심볼을 생성하는 동작, 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 기초로 상기 복수의 안테나 중 상기 무선 신호를 전송할 안테나를 선택하는 동작 및 상기 선택된 안테나와 상기 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보, 상기 제1 변조 심볼 및 상기 제2 변조 심볼을 사용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 제1 시간 슬롯 및 제2 시간 슬롯에서 상기 선택된 안테나를 통해 전송될 무선 신호인 제1 STLC 신호 및 제2 STLC 신호를 생성하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0013] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 복수의 안테나가 구비된 송신단에서 2L 개의 시간 슬롯에서 전송할 무선

신호를 생성하는 방법은 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 무선 신호를 전송할 안테나를 정의하는 코드북을 획득하는 동작, 전송할 복수의 데이터 비트를 획득하는 동작, 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 일부를 이용하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에 대응하는 2L 개의 변조 심볼을 생성하는 동작, 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 이용하여 코드북 인덱스(index)를 결정하는 동작 및 상기 결정된 코드북 인덱스에 기초하여 상기 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 무선 신호를 전송할 안테나와 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보 및 상기 2L 개의 변조 심볼을 사용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에서 전송될 무선 신호인 2L 개의 STLC 신호를 생성하는 동작을 포함할 수 있다.

[0014] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 송신 장치는 복수의 안테나, 입력되는 복수의 데이터 비트 중 일부를 소정의 변조 방식으로 변조하여 제1 변조 심볼 및 제2 변조 심볼을 생성하는 변조부, 상기 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 기초로 상기 복수의 안테나 중 상기 변조 심볼들을 전송할 안테나를 선택하는 공간 변조(spatial multiplexing, SM)부 및 상기 SM부가 선택한 안테나와 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보 및 상기 변조 심볼들을 사용하여 시공간 선형 부호화(space time line code, STLC)를 수행하여 제1 시간 슬롯 및 제2 시간 슬롯에서 상기 SM부가 선택한 안테나를 통해 전송될 상기 무선 신호인 제1 STLC 신호 및 제2 STLC 신호를 생성하는 STLC 인코더를 포함할 수 있다.

[0015] 본 개시의 다양한 실시 예들에 따르면, 2L 개의 시간 슬롯 단위로 무선 신호를 전송하는 송신 장치는 복수의 안테나, 입력되는 복수의 데이터 비트 중 일부를 소정의 변조 방식으로 변조하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에 대응하는 2L 개의 변조 심볼을 생성하는 변조부, 상기 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 기초로 상기 복수의 안테나 중 상기 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 사용될 안테나를 정의하는 코드북의 인덱스를 결정하는 SM(spatial multiplexing)부 및 상기 결정된 코드북 인덱스에 기초하여 상기 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 무선 신호를 전송할 안테나와 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보 및 상기 2L 개의 변조 심볼을 사용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에서 전송될 무선 신호인 2L 개의 STLC 신호를 생성하는 STLC 인코더를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 개시에서 제안하는 방법 및 장치는 신호 대 잡음비 대비 평균 비트 오류율 성능을 종래의 변조 방식에 비하여 개선시킬 수 있다. 그 결과로 본 개시에서 제안하는 방법 및 시스템은 종래의 시스템에 비하여 주파수 성능을 개선할 수 있다.

[0018] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 개시에서 제안하는 시공간 선형 부호화 기반 공간 변조 방법이 적용될 수 있는 MIMO 통신 시스템의 일부 및 송신단과 수신단의 구성을 간략하게 도시한 도면이다.

도 2는 일 실시 예에 따른 안테나 별 검출 후보 정상도를 도시한 도면이다.

도 3은 안테나별 성상의 위치를 상이하게 하기 위한 성상 조정부(125)를 추가적으로 포함하는 송신단(101)을 도시한 도면이다.

도 4는 일 실시 예에 따라, 전력 제어 기법이 부가된 시스템에서 검출 후보 정상도를 도시한 도면이다.

도 5는 일 실시 예에 따라, 위상 조향 기법이 부가된 시스템에서 검출 후보 정상도를 도시한 도면이다.

도 6은 일 실시 예에 따라, 전력 제어 기법 및 위상 조향 기법이 부가된 시스템에서 검출 후보 정상도를 도시한 도면이다.

도 7은 2L 시간 슬롯을 위한 STLC 신호를 생성하는 일 예를 도시한 도면이다.

도 8은 본 개시에서 제안하는 시공간 선형 부호화(STLC) 기반 공간 변조 전송 신호 생성 방법을 도시한 흐름도이다.

도 9는 본 개시에서 제안하는 2L 개의 시간 슬롯에 걸쳐 전송할 시공간 선형 부호화(STLC) 기반 공간 변조 전송

신호 생성 방법을 도시한 흐름도이다.

도 10은 송신단(101)이 2L 개의 변조 심볼에 기초하여 2L 개의 STLC 신호를 생성하는 동작을 도시한 흐름도이다.

도면의 설명과 관련하여, 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일 또는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 명세서에 개시된 실시 예를 상세히 설명하되, 도면 부호에 관계없이 동일하거나 유사한 구성요소는 동일한 참조 번호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0022] 이하의 설명에서 사용되는 구성요소에 대한 접미사 '모듈' 또는 '부'는 명세서 작성의 용이함만이 고려되어 부여되거나 혼용되는 것으로서, 그 자체로 서로 구별되는 의미 또는 역할을 갖는 것은 아니다. 또한, '모듈' 또는 '부'는 소프트웨어 구성요소 또는 FPGA(field programmable gate array), ASIC(application specific integrated circuit)과 같은 하드웨어 구성요소를 의미할 수 있으며, '부' 또는 '모듈'은 어떤 역할들을 수행한다. 그렇지만 '부' 또는 '모듈'은 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니다. '부' 또는 '모듈'은 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다. 따라서, 일 예로서 '부' 또는 '모듈'은 소프트웨어 구성요소들, 객체지향 소프트웨어 구성요소들, 클래스 구성요소들 및 태스크 구성요소들과 같은 구성요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들, 및 변수들을 포함할 수 있다. 구성요소들과 '부' 또는 '모듈'들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성요소들 및 '부' 또는 '모듈'들로 결합되거나 추가적인 구성요소들과 '부' 또는 '모듈'들로 더 분리될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 몇몇 실시예들과 관련하여 설명되는 방법 또는 알고리즘의 단계는 프로세서에 의해 실행되는 하드웨어, 소프트웨어 모듈, 또는 그 2 개의 결합으로 직접 구현될 수 있다. 소프트웨어 모듈은 RAM 메모리, 플래시 메모리, ROM 메모리, EPROM 메모리, EEPROM 메모리, 레지스터, 하드 디스크, 착탈형 디스크, CD-ROM, 또는 당업계에 알려진 임의의 다른 형태의 기록 매체에 상주할 수도 있다. 예시적인 기록 매체는 프로세서에 커플링되며, 그 프로세서는 기록 매체로부터 정보를 판독할 수 있고 저장 매체에 정보를 기입할 수 있다. 다른 방법으로, 기록 매체는 프로세서와 일체형일 수도 있다. 프로세서 및 기록 매체는 주문형 집적회로(ASIC) 내에 상주할 수도 있다. ASIC은 사용자 단말기 내에 상주할 수도 있다.
- [0024] 본 명세서에 개시된 실시 예를 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 명세서에 개시된 실시 예의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 첨부된 도면은 본 명세서에 개시된 실시 예를 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위한 것일 뿐, 첨부된 도면에 의해 본 명세서에 개시된 기술적 사상이 제한되지 않으며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0025] 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0026] 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.
- [0027] 본 개시에서는 시공간 선형 부호화와 공간 변조가 결합된 시공간 선형 부호화 기반 공간 변조(STLC-SM) 방법을 제안한다.
- [0028] 도 1은 본 개시에서 제안하는 시공간 선형 부호화 기반 공간 변조 방법이 적용될 수 있는 MIMO 통신 시스템의 일부 및 송신단과 수신단의 구성을 간략하게 도시한 도면이다.
- [0029] 도 1을 참조하면, MIMO 통신 시스템은 복수의 안테나(1 내지 N)를 포함하는 송신단(100)과 복수의 안테나를 포함하는 수신단(200)을 포함할 수 있다.

- [0030] 일 실시 예에 따라, 송신단(100)은 4G 또는 5G 통신 시스템의 기지국 또는 WiFi 통신 시스템의 AP(access point)에 구비되고, 기지국 또는 AP에 포함되는 타 부품에 의해 생성된 데이터 비트를 변조하여 복수의 안테나 중 일부를 이용하여 전송할 수 있다. 또한, 수신단(200)은 4G 또는 5G 통신 시스템의 단말 또는 WiFi 통신 시스템의 단말에 구비되고, 복수의 안테나를 통해 수신한 신호로부터 데이터 비트를 검출할 수 있다.
- [0031] 다양한 실시 예들에 따르면, 송신단(100)은 입력되는 데이터 비트를 변조하는 변조부(110), 변조된 신호를 전송할 안테나를 선택하는 SM(spatial modulation)부(120) 및 시공간 전 부호 기법에 따라 신호를 부호화하는 STLC 인코더(130)를 포함할 수 있다.
- [0032] 변조부(110)는 M-QAM(quadrature amplitude modulation) 또는 M-PSK(phase shift keying)와 같은 M차의 변조를 수행하여 변조 심볼을 생성할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 변조부(110)는 2차의 QPSK 변조기를 사용할 수 있다. QPSK 변조기는 2개의 데이터 비트를 이용하여 1개의 변조 심볼을 생성할 수 있다. 다른 일 실시 예에 따라, 변조부(110)는 3차의 8-PSK 변조기를 사용할 수 있다. 8-PSK 변조기는 3개의 데이터 비트를 이용하여 1개의 변조 심볼을 생성할 수 있다. 다른 일 실시 예에 따라, 변조부(110)는 4차의 16-QAM 변조기를 사용할 수 있다. 16-QAM 변조기는 4개의 데이터 비트를 이용하여 1개의 변조 심볼을 생성할 수 있다.
- [0033] SM부(120)는 공간 변조를 수행하는데, 공간 변조는 송신단(100)이 가지고 있는 복수의 안테나 중에서 하나를 선택하는 방식으로 변조를 수행할 수 있다. 예를 들면 송신단(100)이 4개의 안테나를 가지고 있는 경우 입력된 2개의 데이터 비트에 기초하여 4개의 안테나를 선택할 수 있다. 즉, 입력된 2개의 데이터 비트가 "00"인 경우 첫 번째 안테나를 선택하고, "01"인 경우 두 번째 안테나를 선택하고, "10"인 경우 세 번째 안테나를 선택하고, "11"인 경우 네 번째 안테나를 선택할 수 있다. 따라서, 공간 변조를 통해 신호를 전송하는 안테나를 결정함으로써, 추가적인 데이터 비트를 수신단(200)으로 전송할 수 있다.
- [0034] STLC 인코더(130)는 변조부(110)에서 생성한 2개의 변조 심볼(x_1 , x_2)을 이용하여 SM부(120)에 의해 선택된 안테나를 통해 방출할 STLC 신호를 생성할 수 있다. 생성된 STLC 신호는 다음 수학적 식 1과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 1

$$s_1 = \frac{h_{n,1}^* x_1 + h_{n,2}^* x_2}{\sqrt{\gamma_n}}, \quad s_2 = \frac{h_{n,2}^* x_1 - h_{n,1}^* x_2}{\sqrt{\gamma_n}}$$

[0035]

- [0036] 여기서, s_1 과 s_2 는 첫 번째 시간 슬롯과 두 번째 시간 슬롯에 전송되는 STLC 신호이고, x_1 과 x_2 는 변조부(110)에서 생성한 첫 번째 시간 슬롯과 두 번째 시간 슬롯에 해당하는 변조 심볼이고, $h_{n,m}$ 은 송신단(100)의 n (도 1의 예에서 n 는 1 내지 N 중의 하나인 자연수) 번째 안테나와 수신단(200)의 m (도 1의 예에서 m 은 1 또는 2임) 번째 안테나

$$\sqrt{\gamma_n}$$

나 사이 무선 채널을 나타낸다. 그리고 '*'는 켄레(conjugate) 신호임을 나타낸다. 은 두 시간 슬롯에 해당하는 STLC 신호의 전력을 정규화 하기 위한 값으로 송신단(100)의 n 번째 안테나의 수신단(200)의 두 안테나에

$$\sqrt{\gamma_n} = \|\mathbf{h}_n\| \quad \mathbf{h}_n = [h_{n,1} \quad h_{n,2}]^T$$

대한 무선 채널 이득을 나타내며 이고, 이다.

[0037]

일 실시 예에 따라, 송신단(100)이 4개의 안테나를 가지고, 변조부(110)가 QPSK 변조기로 구성된다면, 송신단(100)은 입력되는 6개의 데이터 비트를 이용하여 2개의 시간 슬롯에서 선택된 안테나에서 전송되는 STLC 신호를 생성할 수 있다. 예를 들어, 입력되는 데이터 비트가 "110110"이라고 하면, 송신단(100)의 변조부(110)는 "110110" 중 첫 번째 두 비트 "11"을 이용하여 첫 번째 시간 슬롯에 해당하는 QPSK 변조 심볼(x_1)을 생성하고, 두 번째 두 비트 "01"을 이용하여 두 번째 시간 슬롯에 해당하는 QPSK 변조 심볼(x_2)을 생성할 수 있다. 그리고 송신단(100)의 SM부(120)는 세 번째 두 비트 "10"을 이용하여 STLC 신호를 전송할 안테나(예: 세 번째 안테나)를 선택할 수 있다. STLC 인코더(130)는 세 번째 안테나와 수신단(200) 안테나 사이의 무선 채널 정보($h_{3,1}$, $h_{3,2}$)와 변조부(110)에서 생성한 두 개의 시간 슬롯에 해당하는 변조 심볼(x_1 , x_2)을 이용하여 두 개의 시간 슬롯에서 선택된 안테나를 통해 전송될 STLC 신호(s_1 , s_2)를 생성할 수 있다. 따라서, 송신단(100)은 두 개의 시간 슬롯을 이

용하여 6개의 데이터 비트 정보를 포함하는 신호를 전송할 수 있다.

[0038] 다른 일 실시 예에 따라, 송신단(100)이 8개의 안테나를 가지고 있고, 변조부(110)가 16-QAM 변조기로 구성된다면 송신단은 11개의 데이터 비트를 이용하여 선택된 안테나를 통해 전송될 STLC 신호(s_1, s_2)를 생성할 수 있다. 따라서, 송신단(100)은 두 개의 시간 슬롯을 이용하여 11개의 데이터 비트 정보를 포함하는 신호를 전송할 수 있다.

[0039] 상술한 설명에서 입력되는 데이터 비트들 중에서 변조부(110)가 사용하는 비트의 위치 및 SM부(120)가 사용하는 비트의 위치는 일 실시 예일뿐이며, 미리 설정된 송신단(100)과 수신단(200) 사이의 규약에 따라 다양하게 결정될 수 있다.

[0040] 상술한 바와 같이, 송신단(100)은 선택된 안테나를 이용하여 STLC 신호를 두 개의 시간 슬롯에 걸쳐 각각 전송할 수 있다. 수신단(200)은 무선 채널을 통과하여 온 신호를 수신단(200)이 가지고 있는 복수의 안테나를 통해 수신할 수 있다.

[0041] 수신단(200)이 2개의 안테나를 가지고 있는 경우, 2개의 안테나를 통해 수신된 신호는 다음 수학적 식 2와 같이 행렬로 표현할 수 있다.

수학적 식 2

$$\begin{bmatrix} y_{1,1} & y_{1,2} \\ y_{2,1} & y_{2,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{n,1} \\ h_{n,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 & s_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} \\ w_{2,1} & w_{2,2} \end{bmatrix}$$

[0042]

[0043] 여기서, $y_{m,t}$ 와 $w_{m,t}$ 는 각각 수신단(200)의 m번째 안테나로 t번째 시간 슬롯에 수신된 신호와 이때 발생하는 잡음을 의미하며, 일 실시 예에 따라, 모든 잡음은 백색 잡음으로 가정할 수 있다.

[0044] 도 1을 참조하면, 수신단(200)은 복수의 안테나로부터 수신한 신호에서 데이터 비트를 복호하기 위하여 선형 결합기(linear combination, LC)(210) 및 JML(joint maximum likelihood) 검출기(220)를 포함할 수 있다.

[0045] 선형 결합기(210)는 두 개의 안테나를 통해 두 개의 시간 슬롯에서 수신한 네 개의 수신 신호($y_{1,1}, y_{1,2}, y_{2,1},$

$$\bar{y}_1, \bar{y}_2$$

$y_{2,2}$)를 선형 결합하여 STLC 선형 결합 신호()를 획득할 수 있다. 선형 결합기(210)에서 수행하는 STLC 선형 결합은 다음 수학적 식 3과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 3

$$\begin{aligned} \bar{y}_1 &= y_{1,1} + y_{2,2}^* = \sqrt{\gamma_n} x_1 + w_{1,1} + w_{2,2}^* \\ \bar{y}_2 &= y_{2,1}^* - y_{1,2} = \sqrt{\gamma_n} x_2 + w_{2,1}^* - w_{1,2} \end{aligned}$$

[0046]

$$\bar{y}_1, \bar{y}_2$$

[0047] JML 검출기(220)는 선형 결합기(210)에서 획득한 STLC 선형 결합 신호()를 기초로 각 안테나별 정상도와

$$\hat{\mathbf{x}}$$

$$\hat{\mathbf{n}}$$

비교하여 두 시간 슬롯에서 전송된 것으로 추정되는 변조 심볼()과 안테나 번호()를 다음 수학적 식 4에 따라 검출할 수 있다.

수학식 4

$$[\hat{\mathbf{x}}, \hat{n}] = \arg \min_{\mathbf{x}, n} \|\bar{\mathbf{y}} - \sqrt{\gamma_n} \mathbf{x}\|$$

[0048]

$$\mathbf{x} = [x_1 \ x_2]^T$$

[0049]

여기서, $\mathbf{x}$ 는 M-QAM 변조 심볼의 성상도(constellation diagram) 상의 신호 점 벡터를 나타내며,

$$\sqrt{\gamma_n} \mathbf{x} \quad \mathbf{x} \quad \sqrt{\gamma_n}$$

x_1 및 x_2 는 M-QAM 변조 심볼 중의 하나이며, 실제 비교를 위한 성상도는 $\sqrt{\gamma_n} \mathbf{x}$ 로 변조 심볼()을 $\sqrt{\gamma_n}$ 만큼 곱한 값일 수 있다.

[0050]

JML 검출기(220)는 수학식 4에 기초하여 수신한 STLC 선형 결합 신호의 성상과 안테나 별 성상도를 비교하여 그

$$\hat{\mathbf{x}} \quad \hat{n}$$

차이가 가장 작을 때의 변조 심볼()과 안테나 번호()를 추정하여 전송된 데이터 비트들을 최종적으로 결정할 수 있다. 그런데, 송신단 안테나와 수신단 안테나 각각의 채널이 동일한 분포를 가진다면 송신단 n번째 안테나

$$\sqrt{\gamma_n}$$

의 수신단 두 안테나에 대한 무선 채널 이득() 또한 동일한 분포를 가진다. 이에 따라, JML 검출기(220)에서 송신된 변조 심볼 및 안테나 추정을 위하여 사용하는 안테나 별 성상도가 비슷하게 형성될 수 있다.

[0051]

도 2는 일 실시 예에 따른 안테나 별 검출 후보 성상도를 도시한 도면이다.

[0052]

도 2는 일 실시 예에 따라, 변조부(110)는 QPSK 변조기를 사용하고 송신단의 안테나가 2개인 경우의 성상도를 도시한 도면이다.

$$\sqrt{\gamma_n}$$

[0053]

송신단 n번째 안테나의 수신단 두 안테나에 대한 무선 채널 이득()이 거의 유사한 경우 도 2에 도시된 바와 같이 송신단 첫번째 안테나에 대한 검출 후보 성상도(311, 313, 315, 317)와 송신단 두번째 안테나에 대한 검출 후보 성상도(321, 323, 325, 327)가 거의 동일한 위치에 있을 수 있다. 따라서, STLC 선형 결합 신호(331, 333)와 비교를 통해 송신한 데이터 비트를 추정하는 경우 추정 오류가 발생할 수 있다. 따라서, 비트 오류율(BER)이 커질 수 있다.

[0054]

이러한 시공간 선형 부호화 기반 공간 변조 방법의 비트 오류율을 개선하기 위하여 본 개시에서는 안테나별 성상의 위치를 상이하게 하는 통신 방법을 제안한다.

[0055]

도 3은 안테나별 성상의 위치를 상이하게 하기 위한 성상 조정부(125)를 추가적으로 포함하는 송신단(101)을 도시한 도면이다.

[0056]

성상 조정부(125)는 수신단(200)에서 JML 검출기(220)가 변조 심볼 및 안테나를 추정하기 위해 사용하는 각 안테나 별 검출 후보 성상도의 성상 사이 거리를 증가시킬 수 있다.

[0057]

제1 실시 예로서 성상 조정부(125)는 각 안테나 별 상이한 신호 전송 전력을 할당하는 전력 제어 기법을 사용하여 성상 사이 거리를 증가시킬 수 있다. 예를 들면 송신단(101)이 2개의 안테나를 가지고 있는 경우, 첫번째 안테나에서는 제1 전력(P_1)으로 전송하고, 두번째 안테나에서는 제2 전력(P_2)으로 전송할 수 있다. 이때, 송신단(101)은 제1 전력(P_1)과 제2 전력(P_2)을 수신단(200)에 알려줌으로써 수신단(200)이 이를 기초로 추정을 위한 각 안테나 별 성상도를 결정하도록 할 수 있다.

[0058]

일 실시 예에 따라, 송신단(101)은 n번째 안테나를 위한 제n 전력(P_n)을 임의로 미리 설정할 수 있다. 예를 들면, 송신단(101)이 4개의 안테나를 가지고 있는 경우, 다음 수학식 5와 같이 각 안테나에서 신호 전송 시에 사용할 전력을 미리 설정할 수 있다.

수학식 5

$$\begin{aligned} P_1 &= (1 + a)P \\ P_2 &= (1 + b)P \\ P_3 &= (1 - a)P \\ P_4 &= (1 - b)P \end{aligned}$$

[0059]

[0060] 여기서, P는 전송 시에 사용하는 평균 전력이고, P_n은 n번째 안테나가 신호 전송 시에 사용할 전력일 수 있다. a 및 b는 미리 설정된 서로 다른 0과 1 사이의 값일 수 있다. 송신단(101)의 성상 조정부(125)는 SM부(120)에 의해 선택된 안테나에 기초하여 수학식 5에 따른 전력으로 신호를 전송할 수 있다.

[0061] 다른 일 실시 예에 따라, 송신단(101)은 각 안테나의 평균 채널 이득(γ_n)에 기초하여 각 안테나가 사용할 전력을 설정할 수 있다. 예를 들면, 평균 채널 이득이 큰 안테나에 대하여는 더 높은 전력을 사용하도록 설정하고, 평균 채널 이득이 작은 안테나에 대하여는 더 낮은 전력을 사용하도록 설정할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 4개의 안테나 중에서 각 안테나의 평균 채널 이득이 2번째>3번째>4번째>1번째의 순서로 큰 경우 다음 수학식 6과 같이 각 안테나에서 신호를 전송하는 데 사용할 전력을 결정할 수 있다.

수학식 6

$$\begin{aligned} P_1 &= (1 - b)P \\ P_2 &= (1 + a)P \\ P_3 &= (1 + b)P \\ P_4 &= (1 - a)P \end{aligned}$$

[0062]

[0063] 여기서, P는 전송 시에 사용하는 평균 전력이고, P_n은 n번째 안테나가 신호 전송 시에 사용할 전력일 수 있다. a 및 b는 미리 설정된 서로 다른 0과 1 사이의 값일 수 있는데, a는 b보다 클 수 있다.

[0064] 다른 일 실시 예에 따라, 송신단의 안테나가 2개인 경우에는 다음 수학식 7과 같이 각 안테나에서 신호 전송 시에 사용할 전력을 미리 설정할 수 있다.

수학식 7

$$\begin{aligned} P_1 &= (1 + a)P \\ P_2 &= (1 - a)P \end{aligned}$$

[0065]

[0066] 상술한 수학식들에서, a 및 b는 전력 제어 계수라 칭할 수 있다. 전력 제어 계수는 송수신단 모두 변조 방법 및 차수와 송신단 각 안테나의 무선채널 이득을 고려하여 검출 후보 성상도에서 점과 점 사이 거리를 유도한 것으로부터 획득할 수 있다.

[0067] 일 실시 예로 송신단(101)의 안테나가 2개인 경우에는 다음 수학식 8에 따라 전력 제어 계수 a를 획득할 수 있다.

수학식 8

$$a^* = \arg \max_a [\min [\|d\|]]$$

[0068]

$$d = [\delta_1 \ \delta_2]^T$$

[0069]

여기서, δ_1 이고, δ_2 및 δ_1 는 검출 후보 성상도에서 모든 점과 점 사이 거리 집합에 포함되는 값이

$$\|d\| = 0$$

며, $\delta_1 = 0$ 인 경우는 제외한다.

[0070]

전력 제어 기법이 부가된 송신단(101)의 STLC 인코더(130)에서 생성되는 STLC 신호는 다음 수학식 9과 같이 표현될 수 있다.

수학식 9

$$s_1^{PC} = \sqrt{P_n} s_1 = \frac{\sqrt{P_n}}{\sqrt{\gamma_n}} (h_{n,1}^* x_1 + h_{n,2}^* x_2^*)$$

$$s_2^{PC} = \sqrt{P_n} s_2 = \frac{\sqrt{P_n}}{\sqrt{\gamma_n}} (h_{n,2}^* x_1^* - h_{n,1}^* x_2)$$

[0071]

$$s_1^{PC} \quad s_2^{PC}$$

[0072]

여기서, s_1^{PC} 과 s_2^{PC} 는 전력 제어 기법이 부가된 송신단(101)의 첫번째 시간 슬롯과 두번째 시간 슬롯에 전송되는 STLC 신호이고, x_1 과 x_2 는 변조부(110)에서 생성한 첫번째 시간 슬롯과 두번째 시간 슬롯에 해당하는 변조 심볼이고, $h_{n,m}$ 은 송신단(101)의 n (도 3의 예에서 n 는 1 내지 N 중의 하나인 자연수)번째 안테나와 수신단(200)의 m (도 1의 예에서 m 은 1 또는 2임)번째 안테나 사이 무선 채널을 나타낸다. 그리고 '*'는 켄레(conjugate) 신호

$$\sqrt{\gamma_n}$$

임을 나타낸다. $\sqrt{\gamma_n}$ 은 두 시간 슬롯에 해당하는 STLC 신호의 전력을 정규화하기 위한 값으로 송신단(100)의 n

$$\sqrt{\gamma_n} = \|h_n\|$$

번째 안테나의 수신단(200)의 두 안테나에 대한 무선 채널 이득을 나타내며 $\sqrt{\gamma_n}$ 이고,

$$h_n = [h_{n,1} \ h_{n,2}]^T$$

이다. 그리고, P_n 은 송신단(101)의 n 번째 안테나가 STLC 신호를 전송할 때 사용하는 전력을 나타내며, 일 실시 예에 따라, 수학식 5 또는 수학식 6 또는 수학식 7의 값을 가질 수 있다.

[0073]

수신단(200)이 2개의 안테나를 가지고 있는 경우, 2개의 안테나를 통해 수신된 신호는 위의 수학식 2와 유사하게 다음 수학식 10과 같이 행렬로 표현할 수 있다.

수학식 10

$$\begin{bmatrix} y_{1,1} & y_{1,2} \\ y_{2,1} & y_{2,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{n,1} \\ h_{n,2} \end{bmatrix} [s_1^{PC} \ s_2^{PC}] + \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} \\ w_{2,1} & w_{2,2} \end{bmatrix}$$

[0074]

[0075]

여기서, $y_{m,t}$ 와 $w_{m,t}$ 는 각각 수신단(200)의 m 번째 안테나로 t 번째 시간 슬롯에 수신된 신호와 이때 발생하는 잡음을 의미하며, 일 실시 예에 따라, 모든 잡음은 백색 잡음으로 가정할 수 있다.

[0076] 그리고 선형 결합기(210)에서 수학식 10의 네 개의 수신 신호($y_{1,1}$, $y_{1,2}$, $y_{2,1}$, $y_{2,2}$)를 선형 결합하여 획득한 $\bar{y}_1, \bar{y}_2$ STLC 선형 결합 신호()는 다음 수학식 11과 같이 표현될 수 있다.

수학식 11

$$\begin{aligned}\bar{y}_1 &= y_{1,1} + y_{2,2}^* = \sqrt{P_n \gamma_n} x_1 + w_{1,1} + w_{2,2}^* \\ \bar{y}_2 &= y_{2,1}^* - y_{1,2} = \sqrt{P_n \gamma_n} x_2 + w_{2,1}^* - w_{1,2}\end{aligned}$$

[0077]

[0078] JML 검출기(220)는 선형 결합기(210)에서 획득한 STLC 선형 결합 신호($\bar{y}_1, \bar{y}_2$)를 기초로 두 시간 슬롯에서 전송된 것으로 추정되는 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}$)과 안테나 번호($\hat{n}$)를 다음 수학식 12에 따라 검출할 수 있다.

수학식 12

$$[\hat{\mathbf{x}}, \hat{n}] = \arg \min_{\mathbf{x}, n} \|\bar{\mathbf{y}} - \sqrt{P_n \gamma_n} \mathbf{x}\|$$

[0079]

[0080] 여기서, $\mathbf{x} = [x_1 \ x_2]^T$ 는 M-QAM 변조 심볼의 성상도(constellation diagram) 상의 신호 점 벡터를 나타내며, x_1 및 x_2 는 M-QAM 변조 심볼 중의 하나이다.

[0081] 도 4는 일 실시 예에 따라, 전력 제어 기법이 부가된 시스템에서 검출 후보 성상도를 도시한 도면이다.

[0082] 각 안테나 별로 상이한 전송 전력(P_n)을 사용함에 따라 송신단(101)의 첫번째 안테나로 전송한 경우의 검출 후보 성상(411, 413, 415, 417)과 두번째 안테나로 전송한 경우의 검출 후보 성상(421, 423, 425, 427)이 도 4에 도시된 바와 같이 상당히 멀리 떨어질 수 있다. 따라서, 수학식 12에 따라 STLC 선형 결합 신호의 성상(431, 433)과 비교를 통해 송신한 데이터 비트를 추정하는 경우 도 2에 도시된 안테나별 검출 후보 성상도를 이용하는 경우에 비하여 추정 오류를 감소시킬 수 있다.

[0083] 제2 실시 예로서 성상 조정부(125)는 각 안테나에 대한 검출 후보 성상이 상이한 위상을 가지도록 하는 위상 조향 기법을 사용하여 안테나별 검출 후보 성상 사이 거리를 증가시킬 수 있다. 예를 들면 송신단(101)이 2개의 안테나를 가지고 있는 경우, 첫번째 안테나에 대하여는 기본 성상 위치에서 제1 위상(p_1)만큼 회전하여 검출 후보 성상이 위치하도록 하고, 두번째 안테나에 대하여는 기본 성상 위치에서 제2 위상(p_2)만큼 회전하여 검출 후보 성상이 위치하도록 할 수 있다. 이때, 송신단(101)은 제1 위상(p_1)과 제2 위상(p_2)을 수신단(200)에 알려줌으로써 수신단(200)이 이를 기초로 추정을 위한 각 안테나 별 검출 후보 성상도를 결정하도록 할 수 있다.

[0084] 일 실시 예에 따라, 송신단(101)은 n번째 안테나를 위한 제n 위상(p_n)을 임의로 미리 설정할 수 있다. 그리고 설정된 위상 값을 수신단(200)에 알려줄 수 있다.

[0085] 위상 조향 기법이 부가된 송신단(101)의 STLC 인코더(130)에서 생성되는 STLC 신호는 다음 수학식 13과 같이 표현될 수 있다.

수학식 13

$$s_1^{PS} = \frac{h_{n,1}^* x_1 e^{j\theta n} + h_{n,2}^* x_2 e^{-j\theta n}}{\sqrt{\gamma_n}}$$

$$s_2^{PS} = \frac{h_{n,2}^* x_1 e^{-j\theta n} - h_{n,1}^* x_2 e^{j\theta n}}{\sqrt{\gamma_n}}$$

[0086]

$$s_1^{PS} \quad s_2^{PS}$$

[0087]

여기서, s_1^{PS} 과 s_2^{PS} 는 위상 조향 기법이 부가된 송신단(101)의 첫번째 시간 슬롯과 두번째 시간 슬롯에 전송되는 STLC 신호이고, x_1 과 x_2 는 변조부(110)에서 생성한 첫번째 시간 슬롯과 두번째 시간 슬롯에 해당하는 변조 심볼이고, $h_{n,m}$ 은 송신단(101)의 n (도 3의 예에서 n 는 1 내지 N 중의 하나인 자연수)번째 안테나와 수신단(200)의 m (도 1의 예에서 m 은 1 또는 2임)번째 안테나 사이 무선 채널을 나타낸다. 그리고 '*'는 켄레(conjugate) 신호

$$\sqrt{\gamma_n}$$

임을 나타낸다. $\sqrt{\gamma_n}$ 은 두 시간 슬롯에 해당하는 STLC 신호의 전력을 정규화하기 위한 값으로 송신단(100)의 n

$$\sqrt{\gamma_n} = \|\mathbf{h}_n\|$$

번째 안테나의 수신단(200)의 두 안테나에 대한 무선 채널 이득을 나타내며 $\sqrt{\gamma_n} = \|\mathbf{h}_n\|$ 이고,

$$\mathbf{h}_n = [h_{n,1} \quad h_{n,2}]^T$$

이다. 그리고, ρ_n 은 송신단(101)의 n 번째 안테나가 STLC 신호를 전송할 때 추가적으로 인가하는 위상 조향 계수일 수 있다. 위상 조향 계수(ρ_n)는 변조부(110)의 신호 변조 방법 및 차수와 송신단 안테나 수에 따라 사전 정의될 수 있으며, QPSK 변조기를 고려하는 경우 위상 조향 계수(ρ_n)는 다음 수학식 14와 같이 정의될 수 있다.

수학식 14

$$\theta_n^* = \frac{\pi}{2} \frac{n-1}{N}, n = 1, \dots, N$$

[0088]

[0089]

수신단(200)이 2개의 안테나를 가지고 있는 경우, 2개의 안테나를 통해 수신된 신호는 위의 수학식 2와 유사하게 다음 수학식 15와 같이 행렬로 표현할 수 있다.

수학식 15

$$\begin{bmatrix} y_{1,1} & y_{1,2} \\ y_{2,1} & y_{2,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{n,1} \\ h_{n,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1^{PS} & s_2^{PS} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} \\ w_{2,1} & w_{2,2} \end{bmatrix}$$

[0090]

[0091]

여기서, $y_{m,t}$ 와 $w_{m,t}$ 는 각각 수신단(200)의 m 번째 안테나로 t 번째 시간 슬롯에 수신된 신호와 이때 발생하는 잡음을 의미하며, 일 실시 예에 따라, 모든 잡음은 백색 잡음으로 가정할 수 있다.

[0092]

그리고 선형 결합기(210)에서 수학식 8의 네 개의 수신 신호($y_{1,1}$, $y_{1,2}$, $y_{2,1}$, $y_{2,2}$)를 선형 결합하여 획득한 STLC

$$\bar{y}_1, \bar{y}_2$$

선형 결합 신호($\bar{y}_1, \bar{y}_2$)는 다음 수학식 16과 같이 표현될 수 있다.

수학식 16

$$\begin{aligned}\bar{y}_1 &= y_{1,1} + y_{2,2}^* = \sqrt{\gamma_n} x_1 e^{j\theta_n} + w_{1,1} + w_{2,2}^* \\ \bar{y}_2 &= y_{2,1}^* - y_{1,2} = \sqrt{\gamma_n} x_2 e^{j\theta_n} + w_{2,1}^* - w_{1,2}\end{aligned}$$

[0093]

[0094] JML 검출기(220)는 선형 결합기(210)에서 획득한 STLC 선형 결합 신호($\bar{y}_1, \bar{y}_2$)를 기초로 두 시간 슬롯에서 전송된 것으로 추정되는 변조 심볼($\hat{x}$)과 안테나 번호($\hat{n}$)를 다음 수학식 17에 따라 검출할 수 있다.

수학식 17

$$[\hat{x}, \hat{n}] = \arg \min_{\mathbf{x}, n} \|\bar{\mathbf{y}} - \sqrt{\gamma_n} \mathbf{x} e^{j\theta_n}\|$$

[0095]

[0096] 여기서, $\mathbf{x} = [x_1 \ x_2]^T$ 는 M-QAM 변조 심볼의 성상도(constellation diagram) 상의 신호 점 벡터를 나타내며, x_1 및 x_2 는 M-QAM 변조 심볼 중의 하나이다.

[0097] 도 5는 일 실시 예에 따라, 위상 조향 기법이 부가된 시스템에서 검출 후보 성상도를 도시한 도면이다.

[0098] 각 안테나 별로 상이한 위상 조향 계수(ρ_n)를 사용함에 따라 송신단(101)의 첫번째 안테나로 전송한 경우의 검출 후보 성상(511, 513, 515, 517)과 두번째 안테나로 전송한 경우의 검출 후보 성상(521, 523, 525, 527)이 도 5에 도시된 바와 같이 상당히 멀리 떨어질 수 있다. 따라서, 수학식 17에 따라 STLC 선형 결합 신호의 성상(531, 533)과 비교를 통해 송신한 데이터 비트를 추정하는 경우 도 2에 도시된 안테나별 검출 후보 성상도를 이용하는 경우에 비하여 추정 오류를 감소시킬 수 있다.

[0099] 제3 실시 예로서 성상 조정부(125)는 상술한 전력 제어 기법 및 위상 조합 기법을 함께 사용하여 안테나별 검출 후보 성상 사이 거리를 증가시킬 수 있다. 예를 들면 송신단(101)이 2개의 안테나를 가지고 있는 경우, 첫번째 안테나에 대하여는 미리 설정된 제1 위상(ρ_1) 및 제1 전력(P_1)에 기초하여 검출 후보 성상이 위치하도록 하고, 두번째 안테나에 대하여는 제2 위상(ρ_2) 및 제2 전력(P_2)에 기초하여 검출 후보 성상이 위치하도록 할 수 있다. 이때, 송신단(101)은 제1 위상(ρ_1), 제2 위상(ρ_2), 제1 전력(P_1) 및 제2 전력(P_2)을 수신단(200)에 알려줌으로써 수신단(200)이 이를 기초로 추정을 위한 각 안테나 별 검출 후보 성상도를 결정하도록 할 수 있다.

[0100] 제 n 전력 및 제 n 위상은 각각 수학식 5 내지 7 또는 수학식 14에 따라 결정될 수 있다.

[0101] 전력 제어 기법 및 위상 조향 기법이 함께 부가된 송신단(101)의 STLC 인코더(130)에서 생성되는 STLC 신호는 다음 수학식 18과 같이 표현될 수 있다.

수학식 18

$$\begin{aligned}s_1^{PCS} &= \sqrt{P_n} \frac{h_{n,1}^* x_1 e^{j\theta_n} + h_{n,2}^* x_2^* e^{-j\theta_n}}{\sqrt{\gamma_n}} \\ s_2^{PCS} &= \sqrt{P_n} \frac{h_{n,2}^* x_1^* e^{-j\theta_n} - h_{n,1}^* x_2 e^{j\theta_n}}{\sqrt{\gamma_n}}\end{aligned}$$

[0102]

$$s_1^{PCS} \quad s_2^{PCS}$$

[0103] 여기서, s_1^{PCS} 과 s_2^{PCS} 는 전력 제어 기법 및 위상 조향 기법이 부가된 송신단(101)의 첫번째 시간 슬롯과 두번째 시간 슬롯에 전송되는 STLC 신호이고, x_1 과 x_2 는 변조부(110)에서 생성한 첫번째 시간 슬롯과 두번째 시간 슬롯에 해당하는 변조 심볼이고, $h_{n,m}$ 은 송신단(101)의 n (도 3의 예에서 n 는 1 내지 N 중의 하나인 자연수)번째 안테나와 수신단(200)의 m (도 1의 예에서 m 은 1 또는 2임)번째 안테나 사이 무선 채널을 나타낸다. 그리고 '*'는

$$\sqrt{\gamma_n}$$

켈레(conjugate) 신호임을 나타낸다. $\sqrt{\gamma_n}$ 은 두 시간 슬롯에 해당하는 STLC 신호의 전력을 정규화하기 위한 값

$$\sqrt{\gamma_n} = \|\mathbf{h}_n\|$$

으로 송신단(100)의 n 번째 안테나의 수신단(200)의 두 안테나에 대한 무선 채널 이득을 나타내며

$$\mathbf{h}_n = [h_{n,1} \quad h_{n,2}]^T$$

이고, P_n 이다. 그리고, P_n 은 송신단(101)의 n 번째 안테나가 STLC 신호를 전송할 때 사용하는 전력을 나타내며, ρ_n 은 송신단(101)의 n 번째 안테나가 STLC 신호를 전송할 때 추가적으로 인가하는 위상 조향 계수일 수 있다.

[0104] 수신단(200)이 2개의 안테나를 가지고 있는 경우, 2개의 안테나를 통해 수신된 신호는 위의 수학적 식 2와 유사하게 다음 수학적 식 19와 같이 행렬로 표현할 수 있다.

수학적 식 19

$$\begin{bmatrix} y_{1,1} & y_{1,2} \\ y_{2,1} & y_{2,2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{n,1} \\ h_{n,2} \end{bmatrix} [s_1^{PCS} \quad s_2^{PCS}] + \begin{bmatrix} w_{1,1} & w_{1,2} \\ w_{2,1} & w_{2,2} \end{bmatrix}$$

[0105]

[0106] 여기서, $y_{m,t}$ 와 $w_{m,t}$ 는 각각 수신단(200)의 m 번째 안테나로 t 번째 시간 슬롯에 수신된 신호와 이때 발생하는 잡음을 의미하며, 일 실시 예에 따라, 모든 잡음은 백색 잡음으로 가정할 수 있다.

[0107] 그리고 선형 결합기(210)에서 수학적 식 8의 네 개의 수신 신호($y_{1,1}$, $y_{1,2}$, $y_{2,1}$, $y_{2,2}$)를 선형 결합하여 획득한 STLC

$$\bar{y}_1, \bar{y}_2$$

선형 결합 신호($\bar{y}_1, \bar{y}_2$)는 다음 수학적 식 20과 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 20

$$\begin{aligned} \bar{y}_1 &= y_{1,1} + y_{2,2}^* = \sqrt{P_n \gamma_n} x_1 e^{j\theta_n} + w_{1,1} + w_{2,2}^* \\ \bar{y}_2 &= y_{2,1}^* - y_{1,2} = \sqrt{P_n \gamma_n} x_2 e^{j\theta_n} + w_{2,1}^* - w_{1,2} \end{aligned}$$

[0108]

$$\bar{y}_1, \bar{y}_2$$

[0109] JML 검출기(220)는 선형 결합기(210)에서 획득한 STLC 선형 결합 신호($\bar{y}_1, \bar{y}_2$)를 기초로 두 시간 슬롯에서 전송

$$\hat{\mathbf{x}} \quad \hat{n}$$

된 것으로 추정되는 변조 심볼($\hat{\mathbf{x}}$)과 안테나 번호($\hat{n}$)를 다음 수학적 식 21에 따라 검출할 수 있다.

수학식 21

$$[\hat{\mathbf{x}}, \hat{n}] = \arg \min_{\mathbf{x}, n} \|\bar{\mathbf{y}} - \sqrt{P_n \gamma_n} \mathbf{x} e^{j\theta_n}\|$$

[0110]

$$\mathbf{x} = [x_1 \ x_2]^T$$

[0111]

여기서, $\mathbf{x}$ 는 M-QAM 변조 심볼의 정상도(constellation diagram) 상의 신호 점 벡터를 나타내며, x_1 및 x_2 는 M-QAM 변조 심볼 중의 하나이다.

[0112]

도 6은 일 실시 예에 따라, 전력 제어 기법 및 위상 조향 기법이 부가된 시스템에서 검출 후보 정상도를 도시한 도면이다.

[0113]

각 안테나 별로 상이한 신호 전송 전력(P_n) 및 위상 조향 계수(ρ_n)를 사용함에 따라 송신단(101)의 첫번째 안테나로 전송한 경우의 검출 후보 정상(611, 613, 615, 617)과 두번째 안테나로 전송한 경우의 검출 후보 정상(621, 623, 625, 627)이 도 5에 도시된 바와 같이 상당히 멀리 떨어질 수 있다. 따라서, 수학식 21에 따라 STLC 선형 결합 신호의 정상(631, 633)과 비교를 통해 송신한 데이터 비트를 추정하는 경우 도 2에 도시된 안테나별 검출 후보 정상도를 이용하는 경우에 비하여 추정 오류를 감소시킬 수 있다.

[0114]

상술한 실시 예들에서 JML 검출기(220)는 송신단(100, 101)의 동일한 안테나를 통해 2개의 시간 슬롯에서 전송된 STLC 신호에 기초하여 전송된 데이터 비트를 추정하는 것을 제시하고 있다. 이는 STLC 인코더(130)과 2개의 시간 슬롯에 전송되는 변조 비트를 결합하여 인코딩하는 것에 기인한 것이다.

[0115]

이에 더하여 2개의 시간 슬롯 이상의 복수 개(예: 2L 개)의 시간 슬롯에서 전송된 STLC 신호에 기초하여 JML 검출기(220)가 전송된 데이터 비트를 추정하도록 할 수 있다. 이 경우, 더 많은 STLC 신호를 기초로 수행하므로 비트 오류율 성능을 개선할 수 있다.

[0116]

본 개시에서 제안하는 STLC-SM 기법에 기초하여 복수 개의 시간 슬롯에서 STLC 신호를 전송하는 경우 각 시간 슬롯에서 사용될 안테나를 선택하는 것이 문제될 수 있다. 즉, 상술한 방식에서 SM부(120)는 송신단(100, 101)의 안테나 수가 2개인 경우 1개의 데이터 비트를 이용하여 2개의 안테나 중 하나를 선택하고, 안테나 수가 4개인 경우 2개의 데이터 비트를 이용하여 4개의 안테나 중 하나를 선택할 수 있도록 하였다. 하지만 2L개의 시간 슬롯동안 다양한 안테나 순서 조합을 통하여 STLC 신호를 전송하도록 할 수 있으며, 이를 위하여 본 개시에서는 코드북(codebook) 기반 시간 슬롯 안테나 선택 기법을 제안한다. 이에 따라, SM부(120)는 코드북의 인덱스(index) 중 하나를 임의로 선택하고, 송신단(101, 101)은 선택된 인덱스에 지정된 각 시간 슬롯의 안테나를 통해 해당 시간 슬롯에서의 STLC 신호를 송신할 수 있다.

[0117]

표 1은 송신단이 2개의 안테나를 구비하고 있고, L은 2인 경우, 즉 4개의 시간 슬롯을 이용하여 STLC 신호를 전송하여 JML 검출을 수행하는 경우에 사용될 수 있는 코드북의 일 예를 나타낸다.

표 1

[0118]

인덱스	시간 슬롯			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	1	2	2
3	2	2	1	1
4	2	2	2	2
5	1	2	1	2
6	1	2	2	1
7	2	1	1	2
8	2	1	2	1

[0119]

STLC 인코더(130)는 변조부(110)에서 출력되는 2개의 시간 슬롯의 변조 심볼을 이용하여 하나의 채널, 즉 하나의 송신 안테나에서의 전송을 가정하여 수학식 1, 수학식 9, 수학식 13 또는 수학식 18에 따라 STLC 신호를 생

성한다. 따라서, 표 1의 코드북의 각 인덱스에는 안테나 별로 짝수 개를 가지고 있어야 한다. 예를 들면, 인덱스 1의 경우 4개의 첫번째 안테나만을 가지고 있고, 인덱스 4의 경우에는 4개의 두번째 안테나만을 가지고 있고, 다른 인덱스의 경우에는 2개의 첫번째 안테나와 2개의 두번째 안테나를 가지고 있다.

[0120] 다음 표 2는 송신단이 2개의 안테나를 구비하고 있고, L은 3인 경우, 즉 6개의 시간 슬롯을 이용하여 STLC 신호를 전송하여 JML 검출을 수행하는 경우에 사용될 수 있는 코드북의 일 예를 나타낸 것이다. 표 2의 경우에는 코드북의 각 인덱스에는 각 안테나 별로 짝수 개가 지정되어 있다.

표 2

[0121]

인덱스	시간 슬롯					
	1	2	3	4	5	6
1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2
3	1	1	2	2	1	1
4	2	2	1	1	1	1
5	1	1	2	2	2	2
6	2	2	1	1	2	2
7	2	2	2	2	1	1
8	2	2	2	2	2	2
9	1	1	1	2	2	1
10	1	2	2	1	1	1
11	1	1	1	2	1	2
12	1	1	2	1	1	2
13	1	2	1	1	1	2
14	2	1	1	1	1	2
15	1	1	2	1	2	1
16	1	2	1	1	2	1
17	2	1	1	1	2	1
18	1	2	1	2	1	1
19	2	1	1	2	1	1
20	2	1	2	1	1	1
21	2	2	2	1	1	2
22	2	1	1	2	2	2
23	2	2	2	1	2	1
24	2	2	1	2	2	1
25	2	1	2	2	2	1
26	1	2	2	2	2	1
27	2	2	1	2	1	2
28	2	1	2	2	1	2
29	1	2	2	2	1	2
30	2	1	2	1	2	2
31	1	2	2	1	2	2
32	1	2	1	2	2	2

[0122] 상술한 코드북은 미리 설정되어 송신단(100, 101) 및 수신단(200)이 공유하고 있어 매 4개의 시간 슬롯 또는 매 6개의 시간 슬롯에서 STLC 신호를 전송할 안테나 및 STLC 신호를 수신할 안테나를 인식할 수 있다.

[0123] 송신단(100, 100)의 SM부(120)는 입력되는 데이터 비트에 기초하여 코드북의 인덱스를 선택할 수 있다. 예를 들어 표 1의 코드북을 사용하는 경우 SM부(120)는 2비트의 입력되는 데이터비트를 이용하여 4개의 인덱스 중 하나를 선택할 수 있다. 또는 표2의 코드북을 사용하는 경우, SM부(120)는 5비트의 입력되는 데이터 비트를 이용하여 32개의 인덱스 중 하나를 선택할 수 있다.

[0124] 송신단(100, 101)은 SM부(120)가 선택한 인덱스에 기초하여 2L 시간 슬롯 동안 사용할 안테나 인덱스(1 또는 2)를 코드북에 기반하여 선택할 수 있다.

[0125] 변조부(110)는 2L 시간 슬롯 동안에 전송될 변조 심볼을 생성할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 변조부(110)가 QPSK 변조기를 사용하면 4L 개의 데이터 비트를 이용하여 2L 개의 변조 심볼을 생성할 수 있다. 다른 일 실시

예에 따라, 변조부(110)가 16QAM 변조기를 사용하면 8L 개의 데이터 비트를 이용하여 2L 개의 변조 심볼을 생성할 수 있다. 따라서, 송신단(100, 101)의 변조부(110)가 QPSK 변조기를 사용하고 L=2이면, 송신단(100, 101)은 총 11비트의 데이터 비트를 변조하여 STLC 신호를 생성하여 수신단(200)으로 전송할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 송신단(100, 101)의 변조부(110)는 총 11비트의 데이터 비트 중 처음 8비트를 이용하여 4개의 변조 심볼(x_1, x_2, x_3, x_4)을 생성하고, SM부(120)는 총 11비트의 데이터 비트 중 마지막 3비트를 이용하여 표 1의 8개의 코드북 인덱스 중 하나를 선택할 수 있다. 예를 들어 입력되는 데이터 비트가 "10011110110"인 경우, 변조부(110)는 최초 "10"에 대응하는 변조 심볼(x_1), 다음 "01"에 대응하는 변조 심볼(x_2), 다음 "11"에 대응하는 변조 심볼(x_3), 및 다음 "10"에 대응하는 변조 심볼(x_4)을 생성할 수 있고, SM부(120)는 마지막 "110"에 대응하는 코드북 인덱스 7을 선택할 수 있다. 송신단(100, 101)은 선택된 코드북 인덱스 7에 기초하여 첫번째 시간 슬롯 및 네번째 시간 슬롯에서는 두번째 안테나를 이용하여 STLC 신호를 전송하고, 두번째 시간 슬롯 및 세번째 시간 슬롯에서는 첫번째 안테나를 이용하여 STLC 신호를 전송할 수 있다.

[0126] STLC 인코더(130)는 변조부(110)에서 생성한 2L 개의 변조 심볼을 이용하여 2L 개의 시간 슬롯에서 전송될 STLC 신호를 생성할 수 있다. 이때, STLC 인코더(130)는 첫번째 시간 슬롯에 해당하는 변조 심볼부터 순차적으로 같은 안테나를 통해 전송될 변조 심볼 두 개씩 쌍을 지어 부호화하여 STLC 신호를 생성할 수 있다.

[0127] 도 7은 2L 시간 슬롯을 위한 STLC 신호를 생성하는 일 예를 도시한 도면이다.

[0128] 도 7을 참조하면, 변조부(110)는 2L(예: L=3) 시간 슬롯 각각에 대응하는 2L 개의 변조 심볼($x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6$)을 생성할 수 있다.

[0129] SM부(120)에서 선택한 코드북 인덱스가 표 2의 19라면 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 사용될 전송 안테나 조합은 [2 1 1 2 1 1]가 된다. 그러면 STLC 인코더(130)는 전송될 안테나가 동일한 첫번째 및 네번째 변조 심볼(x_1, x_4)을 하나의 쌍으로 하여 첫번째와 네번째 시간 슬롯에서 두번째 안테나를 통해 전송될 한 쌍의 STLC 신호(s_1, s_4)를 생성하고, 순차적으로 다음으로 전송될 안테나가 동일한 두번째 및 세번째 변조 심볼(x_2, x_3)을 하나의 쌍으로 하여 두번째와 세번째 시간 슬롯에서 첫번째 안테나를 통해 전송될 한 쌍의 STLC 신호(s_2, s_3)를 생성하고, 순차적으로 다음으로 전송될 안테나가 동일한 다섯 번째 및 여섯 번째 변조 심볼(x_5, x_6)을 하나의 쌍으로 하여 다섯 번째와 여섯 번째 시간 슬롯에서 첫번째 안테나를 통해 전송될 한 쌍의 STLC 신호(s_5, s_6)를 생성할 수 있다.

[0130] 전력 제어 기법 및 위상 조향 기법이 모두 적용된 경우에, 송신되는 STLC 신호는 다음 수학적 식 22와 같이 표현될 수 있다.

수학적 식 22

$$s_{t_1}^{CB} = \sqrt{P_n} \frac{h_{n,1}^* x_{t_1} e^{j\theta_n} + h_{n,2}^* x_{t_2} e^{-j\theta_n}}{\sqrt{\gamma_n}}$$

$$s_{t_2}^{CB} = \sqrt{P_n} \frac{h_{n,2}^* x_{t_1} e^{-j\theta_n} - h_{n,1}^* x_{t_2} e^{j\theta_n}}{\sqrt{\gamma_n}}$$

[0131]

[0132] 여기서, 아래 첨자 t_1 및 t_2 는 각각 변조 심볼 쌍 및 STLC 신호 쌍 중 첫번째 변조 심볼 및 STLC 신호와 두번째 변조 심볼 및 STLC 신호에 해당함을 나타낸다.

[0133] 송신단(100, 101)은 STLC 신호를 2L 시간 슬롯에 걸쳐 선택된 코드북 인덱스에 의해 결정된 안테나를 통해 전송할 수 있다.

[0134] 수신단(200)은 2L 시간 슬롯동안 STLC 신호를 수신할 수 있다.

[0135] 수신단(200)에 수신된 신호는 다음 수학적 식 23와 같이 표현될 수 있다.

수학식 23

$$y_{1,t} = h_{n,1}s_t + w_{1,t}, \quad y_{2,t} = h_{n,2}s_t + w_{2,t}$$

[0136]

[0137] 여기서, $y_{m,t}$ 는 수신단(200)의 m번째 안테나로 t번째 시간 슬롯에 수신된 신호이며, $w_{m,t}$ 는 수신단(200)의 m번째 안테나에서 수신된 잡음을 나타낸다.

[0138] 수신단(200)의 선형 결합기(210)는 수신된 $y_{m,t}$ 를 코드북에 기반하여 첫번째 시간 슬롯부터 순차적으로 두 개씩 동일한 안테나를 통해 수신한 것으로 추정되는 수신 신호끼리 STLC 선형 결합을 수행하여 2L 개의 STLC 선형 결합 신호($\bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{2L}$)를 생성할 수 있다.

[0139] JML 검출기(220)는 STLC 선형 결합 신호($\bar{y}_1, \dots, \bar{y}_{2L}$)에 기초하여 변조 심볼($\hat{x}$)과 코드북의 인덱스 번호($\hat{n}$)를 다 음 수학식 24에 따라 검출함으로써 전송된 데이터 비트열을 복호할 수 있다.

수학식 24

$$[\hat{x}, \hat{n}] = \arg \min_{\mathbf{x}, n} \|\bar{\mathbf{y}} - \sqrt{\Gamma} \mathbf{x}\|$$

[0140]

[0141] 여기서 $\hat{\mathbf{x}} = [\hat{x}_1 \ \hat{x}_1 \ \dots \ \hat{x}_{2L}]$ 으로 2L 개의 추정된 변조 신호이고, $\hat{n}$ 는 추정된 인덱스 번호이고, $\Gamma = \begin{bmatrix} \sqrt{P_{n_1} \gamma_{n_1}} e^{j\theta_{n_1}} & \sqrt{P_{n_2} \gamma_{n_2}} e^{j\theta_{n_2}} & \dots & \sqrt{P_{n_{2L}} \gamma_{n_{2L}}} e^{j\theta_{n_{2L}}} \end{bmatrix}$ 이고, $\bar{\mathbf{y}} = [\bar{y}_1 \ \bar{y}_2 \ \dots \ \bar{y}_{2L}]$ 이다.

[0142] 상술한 설명을 정리하면 본 개시에서 제안하는 장치는 다음과 같이 요약될 수 있다.

[0143] 다양한 실시 예들에 따르면, 상술한 송신단을 포함하는 송신 장치는 복수의 안테나, 입력되는 복수의 데이터 비트 중 일부를 소정의 변조 방식으로 변조하여 제1 변조 심볼 및 제2 변조 심볼을 생성하는 변조부, 상기 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 기초로 상기 복수의 안테나 중 상기 변조 심볼들을 전송할 안테나를 선택하는 SM(spatial multiplexing)부 및 상기 SM부가 선택한 안테나와 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보 및 상기 변조 심볼들을 사용하여 시공간 선형 부호화(space time line code, STLC)를 수행하여 제1 시간 슬롯 및 제2 시간 슬롯에서 상기 SM부가 선택한 안테나를 통해 전송될 상기 무선 신호인 제1 STLC 신호 및 제2 STLC 신호를 생성하는 STLC 인코더를 포함할 수 있다.

[0144] 다양한 실시 예들에 따르면, 송신 장치는 상기 제1 변조 심볼 및 상기 제2 변조 심볼이 상기 SM부가 선택한 안테나에 따라 상이한 성상도를 갖도록 하기 위한 성상 조정 기법을 적용하는 성상 조정부를 더 포함할 수 있다.

[0145] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 성상 조정부는 성상 조정 기법으로 상기 복수의 안테나 각각에 대해 서로 상이한 전송 전력을 할당함으로써 상기 변조 심볼들의 성상을 조정하는 전력 제어 기법 및 상기 복수의 안테나 각각에서 전송되는 변조 심볼에 대해 서로 상이한 위상을 적용함으로써 변조 심볼의 성상을 조정하는 위상 조정 기법 중 적어도 하나를 적용할 수 있다.

[0146] 다양한 실시 예들에 따르면, 2L 개의 시간 슬롯 단위로 무선 신호를 전송하는 송신 장치는 복수의 안테나, 입력

되는 복수의 데이터 비트 중 일부를 소정의 변조 방식으로 변조하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에 대응하는 2L 개의 변조 심볼을 생성하는 변조부, 상기 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 기초로 상기 복수의 안테나 중 상기 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 사용될 안테나를 정의하는 코드북의 인덱스를 결정하는 SM(spatial multiplexing)부 및 상기 결정된 코드북 인덱스에 기초하여 상기 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 무선 신호를 전송할 안테나와 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보 및 상기 2L 개의 변조 심볼을 사용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에서 전송될 무선 신호인 2L 개의 STLC 신호를 생성하는 STLC 인코더를 포함할 수 있다.

[0147] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 송신 장치는 상기 2L 개의 변조 심볼이 전송되는 안테나에 따라 상이한 성상도를 갖도록 하기 위한 성상 조정 기법을 적용하는 성상 조정부를 더 포함할 수 있다.

[0148] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 성상 조정부는 성상 조정 기법으로 상기 복수의 안테나 각각에 대해 서로 상이한 전송 전력을 할당함으로써 상기 변조 심볼들의 성상을 조정하는 전력 제어 기법 및 상기 복수의 안테나 각각에서 전송되는 변조 심볼에 대해 서로 상이한 위상을 적용함으로써 변조 심볼의 성상을 조정하는 위상 조향 기법 중 적어도 하나를 적용할 수 있다.

[0149] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 SM부는 상기 복수의 데이터 비트 중 $2L-1$ 개의 데이터 비트를 이용하여 상기 코드북 인덱스를 결정할 수 있다.

[0150] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 STLC 인코더는 상기 2L 개의 변조 심볼을 동일한 안테나를 통해 전송될 2개의 변조 심볼로 구성되는 L개의 변조 심볼 쌍으로 형성하고, 상기 L개의 변조 심볼 쌍 각각에 대해 해당 변조 심볼 쌍이 전송될 안테나와 수신단 안테나 사이의 채널 정보를 이용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 2개의 STLC 신호를 생성하고, 상기 생성된 2개의 STLC 신호를 대응하는 변조 심볼 쌍이 전송될 시간 슬롯에서 전송되도록 할당할 수 있다.

[0151] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 STLC 인코더는 상기 코드북 인덱스에 의해 결정된 상기 2L 개의 시간 슬롯에서 사용될 안테나 정보에 기초하고, 첫번째 시간 슬롯에서 시작하여 동일한 안테나를 사용할 시간 슬롯에 대응하는 2개의 변조 심볼을 하나의 변조 심볼 쌍으로 형성할 수 있다.

[0152] 도 8은 본 개시에서 제안하는 시공간 선형 부호화(STLC) 기반 공간 변조 전송 신호 생성 방법을 도시한 흐름도이다.

[0153] 도 8의 흐름도는 도 3의 송신단(101)에서 수행될 수 있다.

[0154] 도 8을 참조하면, 동작 S810에서, 송신단(101)은 데이터 통신을 위한 전송 신호를 생성하기 위하여 전송할 데이터 비트를 획득할 수 있다. 전송할 데이터 비트의 수는 변조 방법 및 송신단(101)이 구비한 안테나 수에 기초하여 결정될 수 있다. 일 실시 예에 따라 QPSK 변조 방법을 사용하고 송신단(101)이 구비한 안테나 수가 2개인 경우 전송할 데이터 비트의 수는 5개일 수 있다. 다른 일 실시 예에 따라, 8PSK 변조 방법을 사용하고 송신단(101)이 구비한 안테나 수가 4개인 경우 전송할 데이터 비트의 수는 8개일 수 있다. 즉, 시공간 선형 부호화 기반 공간 변조 방법은 상술한 것과 같은 비트 수만큼의 데이터 비트를 이용하여 2개의 시간 슬롯에서 수신단으로 전송할 STLC 신호를 생성할 수 있다.

[0155] 동작 S820에서, 송신단(101)은 획득한 데이터 비트 중 일부를 이용하여 한 쌍의 변조 심볼을 생성할 수 있다. 일 실시 예에 따라, QPSK 변조 방법을 사용하는 경우, 송신단(101)은 획득한 데이터 비트 중에서 처음 2개의 비트를 이용하여 제1 변조 심볼을 생성하고, 다음 2개의 비트를 이용하여 제2 변조 심볼을 생성할 수 있다. 다른 일 실시 예에 따라, 8PSK 변조 방법을 사용하는 경우, 송신단(101)은 획득한 데이터 비트 중에서 처음 3개의 비트를 이용하여 제1 변조 심볼을 생성하고, 다음 3개의 비트를 이용하여 제2 변조 심볼을 생성할 수 있다.

[0156] 동작 S830에서, 송신단(101)은 상기 변조 심볼 쌍을 전송할 안테나를 선택할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 송신단(101)은 획득한 데이터 비트 중에서 마지막 1개의 비트를 이용하여 구비된 2개의 안테나 중에서 상기 변조 심볼 쌍을 전송할 안테나를 선택할 수 있다. 다른 일 실시 예에 따라, 송신단(101)은 획득한 데이터 비트 중에서 마지막 2개의 비트를 이용하여 구비된 4개의 안테나 중에서 상기 변조 심볼 쌍을 전송할 안테나를 선택할 수 있다.

[0157] 동작 S840에서, 송신단(101)은 비트 오류율을 개선하기 위하여 상기 변조 심볼 쌍에 성상 조정 기법을 선택적으로 적용할 수 있다. 성상 조정 기법은 전력 제어 기법 및/또는 위상 조향 기법일 수 있다. 전력 제어 기법은 상기 변조 심볼이 전송될 안테나에 따라 상이한 전력을 사용하도록 하는 것이고, 위상 조향 기법은 상기 변조 심

볼이 전송될 안테나에 따라 상기 변조 심볼에 상이한 위상값을 추가적으로 부가하는 것이다.

- [0158] 일 실시 예에 따라, 전력 제어 기법에 기초하여 송신단(101)은 첫번째 안테나를 통해 상기 변조 심볼을 전송하는 경우 제1 전력(P_1)을 할당하여 전송하고, 두번째 안테나를 통해 상기 변조 심볼을 전송하는 경우 제2 전력(P_2)을 할당하여 전송할 수 있다. 이에 따라, 검출 후보 성상이 도 4에 도시된 것과 같을 수 있다.
- [0159] 다른 일 실시 예에 따라, 위상 제어 기법에 기초하여 송신단(101)은 첫번째 안테나를 통해 상기 변조 심볼을 전송하는 경우 제1 위상(ρ_1)만큼 상기 변조 심볼을 회전시켜 전송하고, 두번째 안테나를 통해 상기 변조 심볼을 전송하는 경우 제2 위상(ρ_1)만큼 변조 심볼을 회전시켜 전송할 수 있다. 이에 따라, 검출 후보 성상이 도 5에 도시된 것과 같을 수 있다.
- [0160] 다른 일 실시 예에 따라, 전력 제어 기법 및 위상 제어 기법에 기초하여 송신단(100)은 첫번째 안테나를 통해 상기 변조 심볼을 전송하는 경우 제1 위상(ρ_1)만큼 상기 변조 심볼을 회전시키고, 제1 전력(P_1)을 할당하여 전송하고, 두번째 안테나를 통해 상기 변조 심볼을 전송하는 경우 제2 위상(ρ_1)만큼 변조 심볼을 회전시키고, 제2 전력(P_2)을 할당하여 전송할 수 있다. 이에 따라, 검출 후보 성상이 도 6에 도시된 것과 같을 수 있다.
- [0161] 동작 S850에서, 송신단(101)은 한 쌍의 변조 심볼에 기초하여 한 쌍의 STLC 신호를 생성할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 한 쌍의 변조 심볼은 성상 조정 기법이 적용된 변조 심볼일 수 있다. 송신단(101)은 수학적 9, 수학적 13 또는 수학적 18에 나타나 있는 바처럼 동작 S830에서 선택된 전송될 안테나와 수신단의 안테나들 사이의 채널 정보를 이용하여 인코딩하여 한 쌍의 STLC 신호를 생성할 수 있다. 생성된 한 쌍의 STLC 신호는 동작 S830에서 선택된 안테나를 통해 2개의 시간 슬롯에 걸쳐 수신단(200)으로 전송될 수 있다.
- [0162] 도 9는 본 개시에서 제안하는 2L 개의 시간 슬롯에 걸쳐 전송할 시공간 선형 부호화(STLC) 기반 공간 변조 전송 신호 생성 방법을 도시한 흐름도이다.
- [0163] 도 9의 흐름도는 도 3의 송신단(101)에서 수행될 수 있다.
- [0164] 도 9를 참조하면, 동작 S910에서, 전송 신호 생성을 위해 요구되는 파라미터 및 코드북을 설정할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 파라미터는 전송 신호가 송신될 시간 슬롯을 나타내는 2L, 전력 제어 기법이 적용되는 경우 각 안테나에 적용된 전력, 위상 조향 기법이 적용되는 경우 각 안테나에 적용될 위상을 포함할 수 있다. 코드북은 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 신호 송신에 사용될 안테나를 결정하기 위해 사용될 수 있다. 상기 표 1 또는 표 2에 도시된 바처럼, 송신단(101)이 2개의 안테나를 구비한 경우, L 값에 따라 2^{2L-1} 개의 서로 상이한 안테나 순서 배열을 가질 수 있고, 이러한 안테나 순서 배열과 대응하여 인덱스 값을 할당함으로써 코드북을 설정할 수 있다. 따라서, 송신단(101)이 2개의 안테나를 구비한 경우, 코드북은 2^{2L-1} 개의 인덱스 값을 가지고 각각의 인덱스에 대해 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 사용될 안테나를 정의한 것일 수 있다. 설정된 코드북은 송신단(101)뿐만 아니라 수신단(200)에도 구비되어 JML(joint maximum likelihood)에 기초하여 송신한 데이터 비트를 검출시에 사용될 수 있다.
- [0165] 동작 S920에서, 전송할 데이터 비트를 획득할 수 있다. 전송할 데이터 비트 수는 사용하는 시간 슬롯 개수(2L), 변조 방법 및 코드북 인덱스 수에 따라 달라질 수 있다. 일 실시 예에 따라, QPSK 변조 방법을 사용하는 경우, 변조 심볼 생성을 위하여 4L 개의 데이터 비트가 필요하고, 표 1 또는 표 2의 코드북의 인덱스를 선택하기 위하여 $2L-1$ 개의 데이터 비트가 필요한 바, 송신단(101)은 총 $6L-1$ 개의 데이터 비트를 획득할 필요가 있다. 다른 일 실시 예에 따라, 16QAM 변조 방법을 사용하는 경우, 변조 심볼 생성을 위하여 8L 개의 데이터 비트가 필요하고, 코드북의 인덱스를 선택하기 위하여 $2L-1$ 개의 데이터 비트가 필요한 바, 송신단(101)은 총 $10L-1$ 개의 데이터 비트를 획득할 필요가 있다.
- [0166] 동작 S930에서, 송신단(101)은 획득한 데이터 비트 중 일부를 이용하여 2L 개의 변조 심볼($x_1, x_2, \dots, x_{2L}$)을 생성할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 송신단(101)이 QPSK 변조 방법을 사용하는 경우, 송신단(101)은 총 $6L-1$ 개의 데이터 비트 중에서 4L 개의 데이터 비트를 이용하여 2L 개의 변조 심볼을 생성할 수 있다. 이때, 획득한 데이터 비트에서 순차적으로 2 비트를 사용하여 하나의 변조 심볼을 생성할 수 있다. 다른 일 실시 예에 따라, 송신단(101)이 16QAM 변조 방법을 사용하는 경우, 송신단(101)은 총 $10L-1$ 개의 데이터 비트 중에서 8L 개의 데이터 비트를 이용하여 2L 개의 변조 심볼을 생성할 수 있다. 이때, 획득한 데이터 비트에서 순차적으로 4 비트를 사용하여 하나의 변조 심볼을 생성할 수 있다.

- [0167] 동작 S940에서, 송신단(101)은 2L 개의 변조 심볼을 전송할 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 사용할 안테나를 선택할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 송신단(101)은 코드북에 기반하여 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 사용할 안테나를 선택할 수 있다. 코드북은 표 1 또는 표 2에 도시된 바와 같이 2L 개의 시간 슬롯에서 신호 전송에 사용할 안테나를 정의한 것일 수 있다. 송신단(101)은 획득한 데이터 비트 중에서 2L-1 개의 비트의 값에 기초하여 코드북의 인덱스를 결정할 수 있다. 그리고 송신단(101)은 결정된 인덱스가 지정하는 각 시간 슬롯에서의 안테나를 이용하여 신호를 전송하도록 결정할 수 있다.
- [0168] 동작 S950에서, 송신단(101)은 비트 오류율을 개선하기 위하여 성상 조정 기법을 선택적으로 적용할 수 있다. 성상 조정 기법은 전력 제어 기법 및/또는 위상 조향 기법일 수 있다. 전력 제어 기법은 변조 심볼이 전송될 안테나에 따라 상이한 전력을 사용하도록 하는 것이고, 위상 조향 기법은 변조 심볼이 전송될 안테나에 따라 변조 심볼에 상이한 위상 값을 추가적으로 부가하는 것이다.
- [0169] 일 실시 예에 따라, 전력 제어 기법에 기초하여 송신단(101)은 첫번째 안테나를 통해 변조 심볼을 전송하는 경우 제1 전력(P_1)을 할당하여 전송하고, 두번째 안테나를 통해 변조 심볼을 전송하는 경우 제2 전력(P_2)을 할당하여 전송할 수 있다. 이에 따라, 검출 후보 성상이 도 4에 도시된 것과 같을 수 있다.
- [0170] 다른 일 실시 예에 따라, 위상 제어 기법에 기초하여 송신단(101)은 첫번째 안테나를 통해 변조 심볼을 전송하는 경우 제1 위상(ρ_1)만큼 변조 심볼을 회전시켜 전송하고, 두번째 안테나를 통해 변조 심볼을 전송하는 경우 제2 위상(ρ_2)만큼 변조 심볼을 회전시켜 전송할 수 있다. 이에 따라, 검출 후보 성상이 도 5에 도시된 것과 같을 수 있다.
- [0171] 다른 일 실시 예에 따라, 전력 제어 기법 및 위상 제어 기법에 기초하여 송신단(100)은 첫번째 안테나를 통해 변조 심볼을 전송하는 경우 제1 위상(ρ_1)만큼 변조 심볼을 회전시키고, 제1 전력(P_1)을 할당하여 전송하고, 두번째 안테나를 통해 변조 심볼을 전송하는 경우 제2 위상(ρ_2)만큼 변조 심볼을 회전시키고, 제2 전력(P_2)을 할당하여 전송할 수 있다. 이에 따라, 검출 후보 성상이 도 6에 도시된 것과 같을 수 있다.
- [0172] 동작 S960에서, 송신단(101)은 2L 개의 변조 심볼에 기초하여 2L 개의 STLC 신호를 생성할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 2L 개의 변조 심볼은 성상 조정 기법이 적용된 변조 심볼일 수 있다.
- [0173] 도 10은 송신단(101)이 2L 개의 변조 심볼에 기초하여 2L 개의 STLC 신호를 생성하는 동작을 도시한 흐름도이다. 도 10은 동작 S960의 일 실시 예일 수 있다.
- [0174] 도 10을 참조하면, 동작 S961에서, 송신단(101)은 2L 개의 변조 심볼을 L 개의 변조 심볼 쌍으로 분류할 수 있는데, 각 변조 심볼 쌍은 코드북에 기초하여 동일한 안테나를 통해 전송한 두 개의 변조 심볼로 구성될 수 있다. 일 실시 예에 따라, 송신단(101)은 첫번째 시간 슬롯에 해당하는 변조 심볼부터 순차적으로 같은 안테나를 통해 전송되어야 하는 변조 심볼 두 개를 하나의 변조 심볼 쌍으로 형성할 수 있다. 예를 들어, 도 7에 도시된 바와 같이, 동작 S940에서 선택된 코드북 인덱스가 표 2의 19라면 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 사용될 안테나 조합은 [2 1 1 2 1 1]이 된다. 그러면 전송될 안테나가 동일한 첫번째 및 네번째 변조 심볼(x_1 , x_4)을 하나의 변조 심볼 쌍으로 형성하고, 순차적으로 다음으로 전송될 안테나가 동일한 두번째 및 세번째 변조 심볼(x_2 , x_3)을 하나의 변조 심볼 쌍으로 형성하고, 순차적으로 다음으로 전송될 안테나가 동일한 다섯 번째 및 여섯 번째 변조 심볼(x_5 , x_6)을 하나의 변조 심볼 쌍으로 형성할 수 있다.
- [0175] 동작 S963에서, 송신단(101)은 수학적 9, 수학적 13 또는 수학적 18에 나타나 있는 바와 같이 하나의 변조 심볼 쌍을 형성하는 두 개의 변조 심볼을 해당 변조 심볼 쌍이 전송될 안테나와 수신단의 안테나들 사이의 채널 정보를 이용하여 인코딩하여 한 쌍의 STLC 신호를 생성할 수 있다. 예를 들면, 송신단(101)은 첫번째 및 네번째 변조 심볼(x_1 , x_4)로 구성된 변조 심볼 쌍에 대해 첫번째 및 네번째 시간 슬롯에서 전송될 STLC 신호(s_1 , s_4)로 구성되는 STLC 신호 쌍을 생성할 수 있다. 또한, 송신단(101)은 두번째 및 세번째 변조 심볼(x_2 , x_3)로 구성된 변조 심볼 쌍에 대해 두번째 및 세번째 시간 슬롯에서 전송될 STLC 신호(s_2 , s_3)로 구성되는 STLC 신호 쌍을 생성할 수 있다. 또한, 다섯 번째 및 여섯 번째 변조 심볼(x_5 , x_6)로 구성된 변조 심볼 쌍에 대해 다섯 번째 및 여섯 번째 시간 슬롯에서 전송될 STLC 신호(s_5 , s_6)로 구성되는 STLC 신호 쌍을 생성할 수 있다.
- [0176] 동작 S965에서, 송신단(101)은 생성된 L 개의 STLC 신호 쌍, 즉 2L 개의 STLC 신호를 대응하는 변조 심볼 쌍이

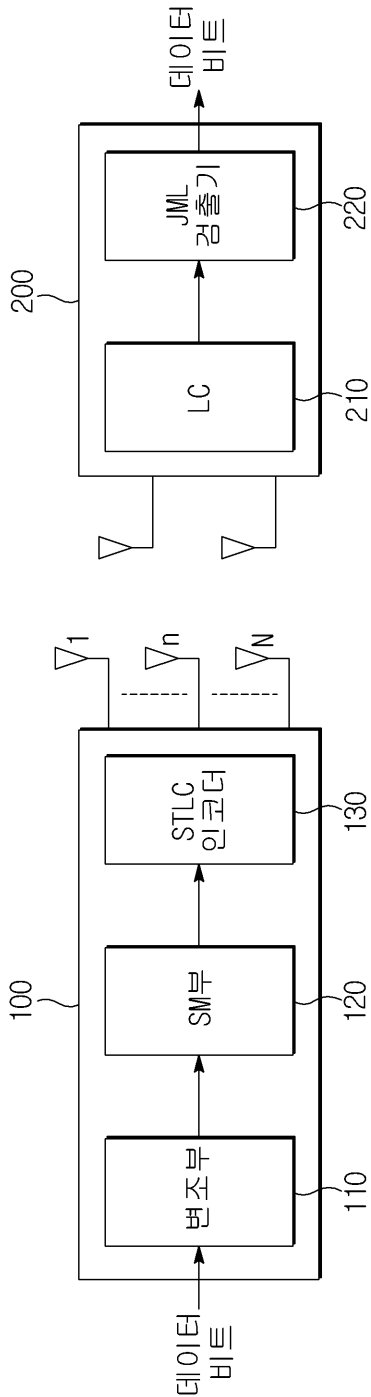
전송될 시간 슬롯에서 전송되도록 할당할 수 있다. 예를 들면 송신단(101)은 첫번째 STLC 신호(s1)를 첫번째 시간 슬롯에 할당하고, 여섯 번째 STLC 신호(s6)를 여섯 번째 시간 슬롯에 할당할 수 있다. 그리고 동작 S940에서 선택된 코드북 인덱스에 기초하여 2L 개의 시간 슬롯 각각에 대해 선택된 안테나를 통해 2L 개의 시간 슬롯에 걸쳐 할당된 STLC 신호가 수신단(200)으로 전송될 수 있다.

- [0177] 다양한 실시 예들에 따르면, 복수의 안테나가 구비된 송신단에서 데이터 통신을 위한 무선 신호를 생성하는 방법은 전송할 복수의 데이터 비트를 획득하는 동작, 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 일부를 소정의 변조 방식으로 변조하여 제1 변조 심볼 및 제2 변조 심볼을 생성하는 동작, 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 기초로 상기 복수의 안테나 중 상기 무선 신호를 전송할 안테나를 선택하는 동작 및 상기 선택된 안테나와 상기 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보, 상기 제1 변조 심볼 및 상기 제2 변조 심볼을 사용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 제1 시간 슬롯 및 제2 시간 슬롯에서 상기 선택된 안테나를 통해 전송될 무선 신호인 제1 STLC 신호 및 제2 STLC 신호를 생성하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0178] 상술한 동작 방법을 요약하면 다음과 같을 수 있다.
- [0179] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 제1 변조 심볼 및 상기 제2 변조 심볼이 상기 선택된 안테나에 따라 상이한 정상도를 갖도록 하기 위한 정상 조정 기법을 적용하는 동작을 더 포함할 수 있다.
- [0180] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 정상 조정 기법은 상기 복수의 안테나 각각에 대해 서로 상이한 전송 전력을 할당함으로써 변조 심볼의 성상을 조정하는 전력 제어 기법 및 상기 복수의 안테나 각각에서 전송되는 변조 심볼에 대해 서로 상이한 위상을 적용함으로써 변조 심볼의 성상을 조정하는 위상 조향 기법 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0181] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 방법은 상기 복수의 안테나 각각에 대해 할당된 상기 전송 전력 정보 및 상기 위상 정보를 상기 수신단으로 제공하는 동작을 더 포함할 수 있다.
- [0182] 다양한 실시 예들에 따르면, 복수의 안테나가 구비된 송신단에서 2L 개의 시간 슬롯에서 전송할 무선 신호를 생성하는 방법은 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 무선 신호를 전송할 안테나를 정의하는 코드북을 획득하는 동작, 전송할 복수의 데이터 비트를 획득하는 동작, 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 일부를 이용하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에 대응하는 2L 개의 변조 심볼을 생성하는 동작, 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 나머지 일부를 이용하여 코드북 인덱스(index)를 결정하는 동작 및 상기 결정된 코드북 인덱스에 기초하여 상기 2L 개의 시간 슬롯 각각에서 무선 신호를 전송할 안테나와 무선 신호를 수신하는 수신단 안테나 사이의 채널 정보 및 상기 2L 개의 변조 심볼을 사용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 상기 2L 개의 시간 슬롯에서 전송될 무선 신호인 2L 개의 STLC 신호를 생성하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0183] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 방법은 상기 2L 개의 변조 심볼이 전송되는 안테나에 따라 상이한 정상도를 갖도록 하기 위한 정상 조정 기법을 적용하는 동작을 더 포함할 수 있다.
- [0184] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 정상 조정 기법은 상기 복수의 안테나 각각에 대해 서로 상이한 전송 전력을 할당함으로써 변조 심볼의 성상을 조정하는 전력 제어 기법 및 상기 복수의 안테나 각각에서 전송되는 변조 심볼에 대해 서로 상이한 위상을 적용함으로써 변조 심볼의 성상을 조정하는 위상 조향 기법 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0185] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 방법은 상기 복수의 안테나 각각에 대해 할당된 상기 전송 전력 정보 및 상기 위상 정보 중 적어도 하나와 상기 코드북을 상기 수신단으로 제공하는 동작을 더 포함할 수 있다.
- [0186] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 코드북 인덱스를 결정하는 동작은 상기 획득한 복수의 데이터 비트 중 2L-1 개의 데이터 비트를 이용하여 상기 코드북 인덱스를 결정하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0187] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 2L 개의 STLC 신호를 생성하는 동작은 상기 2L 개의 변조 심볼을 동일한 안테나를 통해 전송될 2개의 변조 심볼로 구성되는 L개의 변조 심볼 쌍으로 형성하는 동작, 상기 L개의 변조 심볼 쌍 각각에 대해 해당 변조 심볼 쌍이 전송될 안테나와 수신단 안테나 사이의 채널 정보를 이용하여 시공간 선형 부호화(STLC)를 수행하여 2개의 STLC 신호를 생성하는 동작 및 상기 생성된 2개의 STLC 신호를 대응하는 변조 심볼 쌍이 전송될 시간 슬롯에서 전송되도록 할당하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0188] 다양한 실시 예들에 따르면, 상기 2L 개의 변조 심볼을 동일한 안테나를 통해 전송될 2개의 변조 심볼로 구성되는 L개의 변조 심볼 쌍으로 형성하는 동작은 상기 코드북 인덱스에 의해 결정된 상기 2L 개의 시간 슬롯에서 사용될 안테나 정보에 기초하고, 첫번째 시간 슬롯에서 시작하여 동일한 안테나를 사용할 시간 슬롯에 대응하는 2

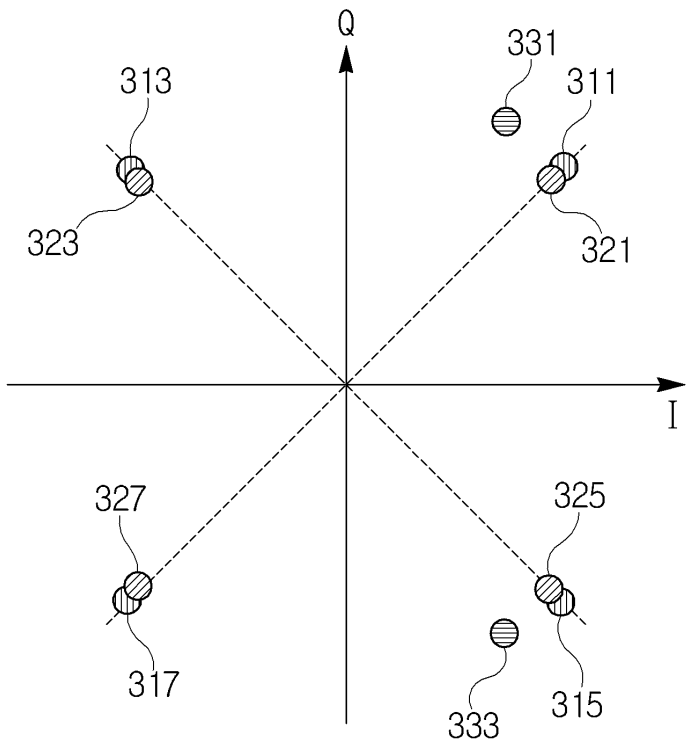
개의 변조 심볼을 하나의 변조 심볼 쌍으로 형성하는 동작을 포함할 수 있다.

도면

도면1

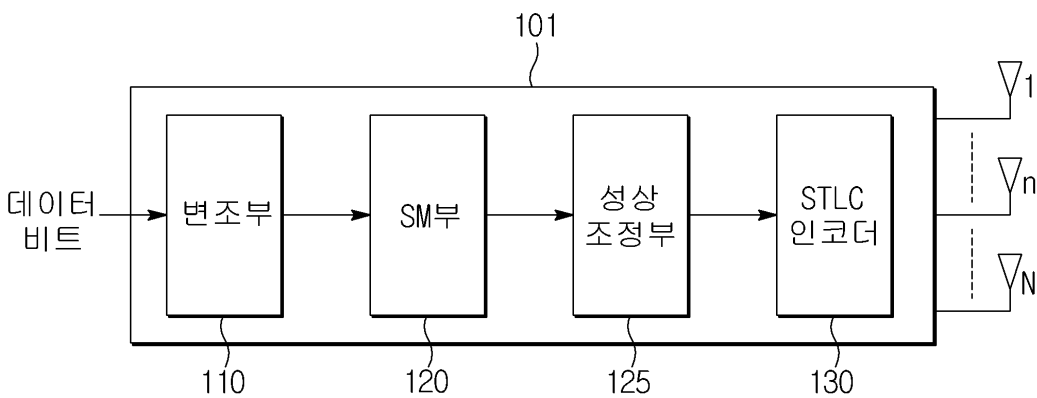


도면2

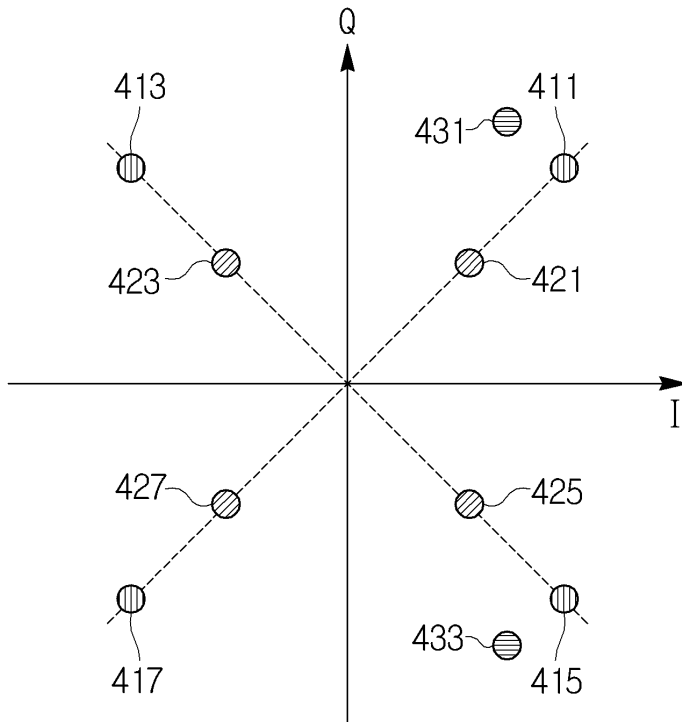


- ⊖ 첫번째 안테나에 대한 검출 후보 성상
- ⊗ 두번째 안테나에 대한 검출 후보 성상
- ⊙ 수신한 STLC 선형 결합 신호의 성상

도면3

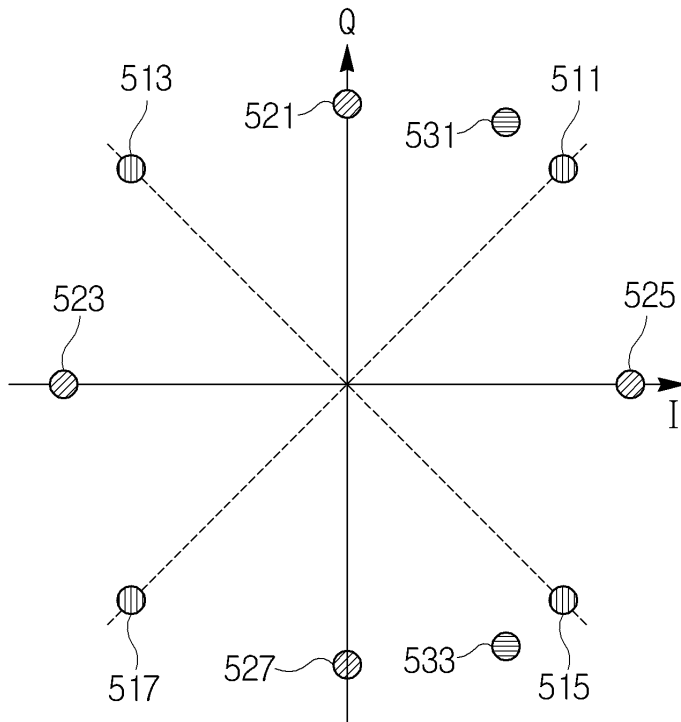


도면4



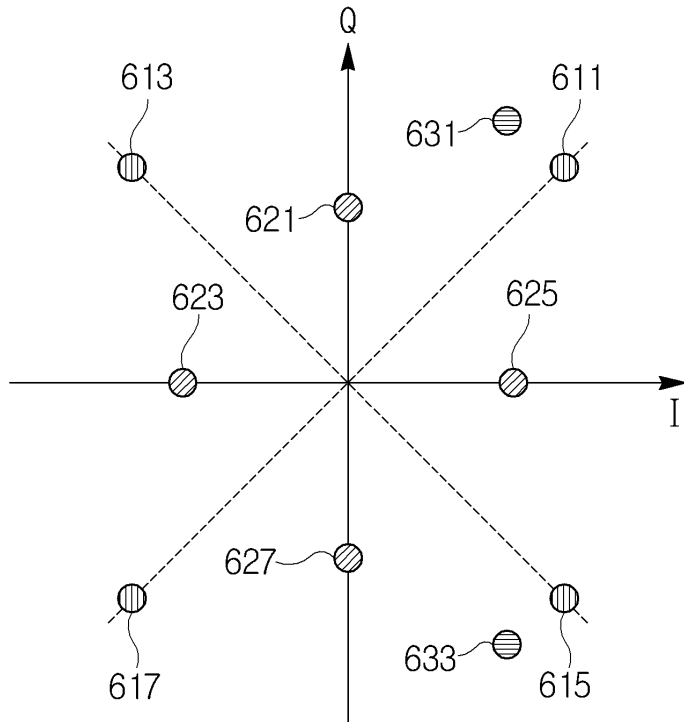
- ⊙ 첫번째 안테나에 대한 검출 후보 성상
- ⊗ 두번째 안테나에 대한 검출 후보 성상
- ⊖ 수신한 STLC 선형 결합 신호의 성상

도면5



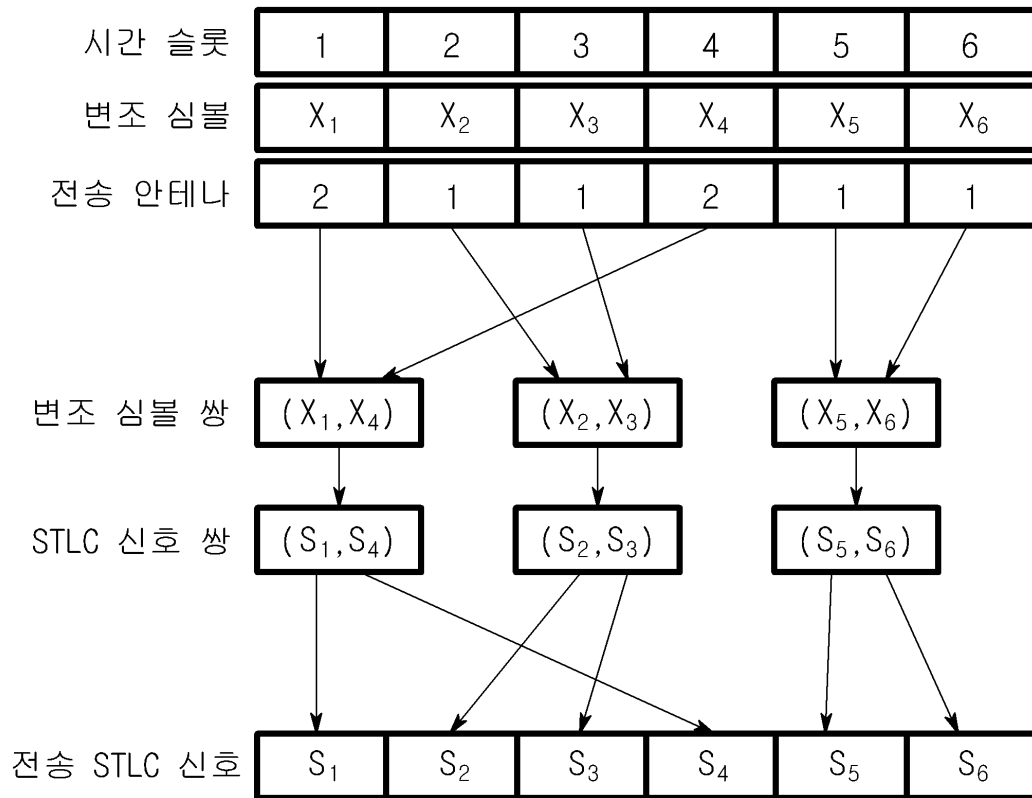
- ⦿ 첫번째 안테나에 대한 검출 후보 성상
- ⦿ 두번째 안테나에 대한 검출 후보 성상
- ⦿ 수신한 STLC 선형 결합 신호의 성상

도면6

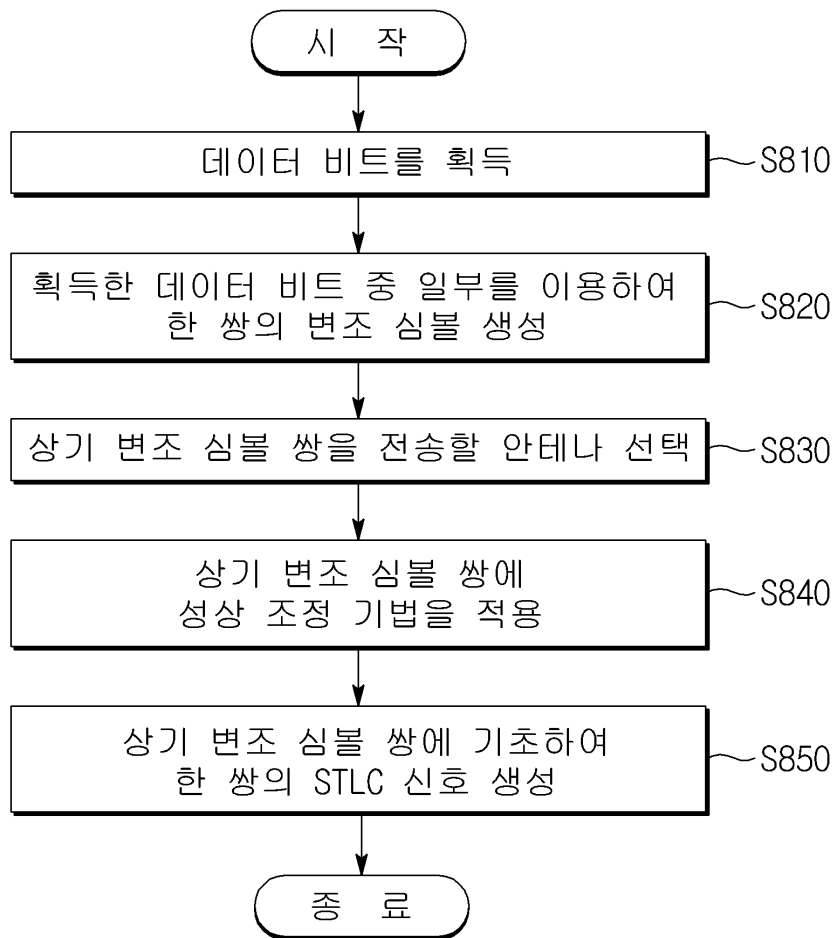


- ⦶ 첫번째 안테나에 대한 검출 후보 성상
- ⦶ 두번째 안테나에 대한 검출 후보 성상
- ⦶ 수신한 STLC 선형 결합 신호의 성상

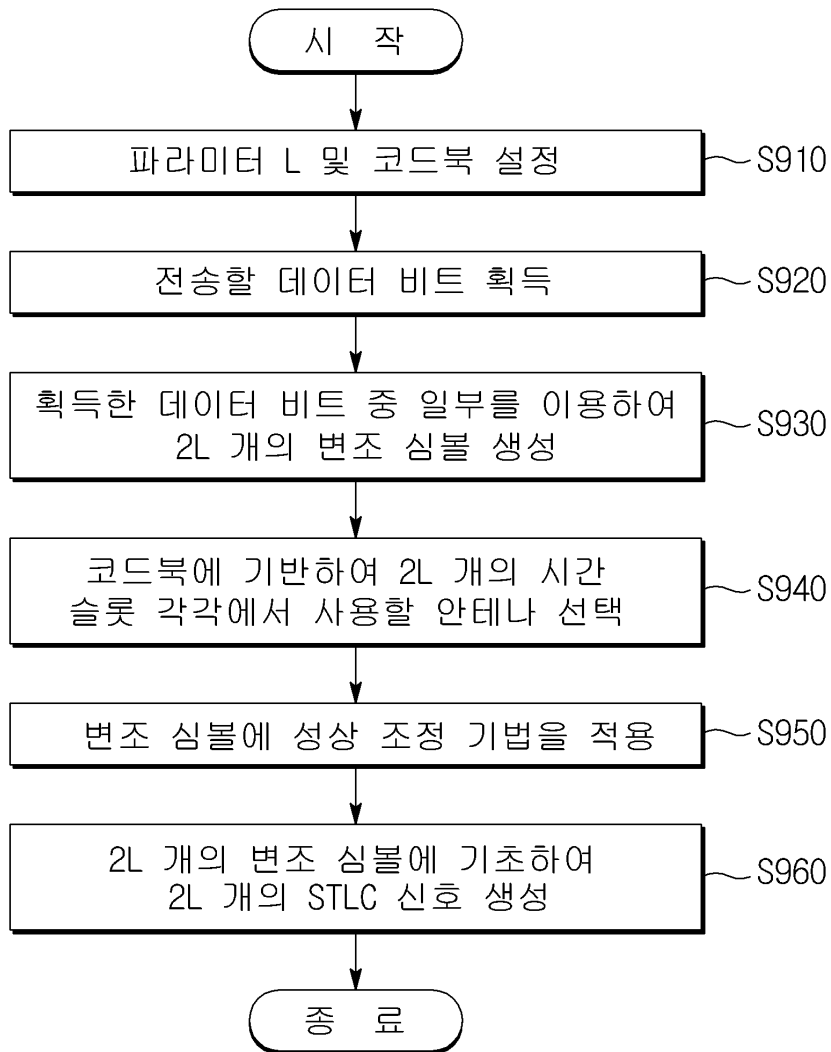
도면7



도면8



도면9



도면10

