



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0024448
(43) 공개일자 2016년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H04L 27/26 (2006.01) H04L 25/02 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0111141

(22) 출원일자 2014년08월26일

심사청구일자 2014년08월26일

(71) 출원인

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

정방철

경상남도 통영시 서송정3길 21-18, 로즈빌 101호

반태원

경기도 성남시 분당구 관교로 393, 붓들마을아파트 213동 301호

박정홍

경상남도 통영시 인평동 천함길 14-10번지

(74) 대리인

김영재

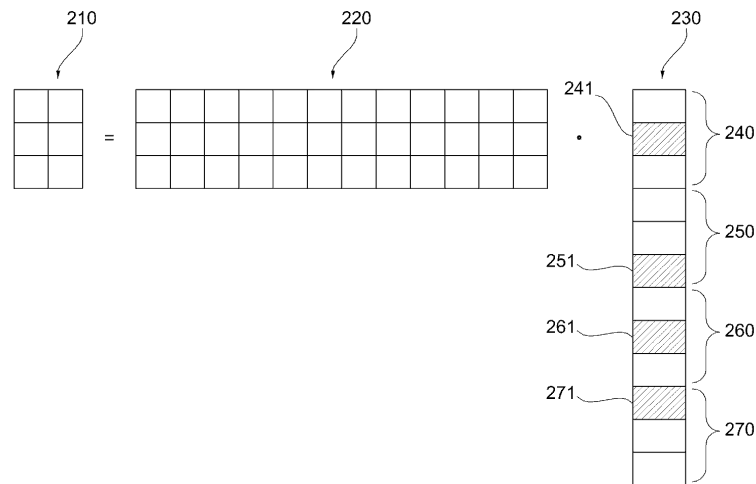
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 다중사용자 공간변조시스템에서 압축 센싱 기법을 이용하여 전송 신호를 복원하는 장치 및 방법

(57) 요약

수신 신호에서 전송 신호를 복원하는 복원 장치 및 복원 방법이 개시된다. 복원 장치 및 복원 방법은 복수의 전송 안테나에 대한 인덱스를 선택한 후, 안테나 인덱스 각각에 대하여 병렬적으로 직교 매칭 퍼스ٹ 기법을 적용하며, 직교 매칭 퍼스ٹ 기법의 반복 과정을 수행하는 경우 이전의 인덱스에 해당하는 안테나를 가진 사용자의 모든 안테나 인덱스를 제외하고 다음 인덱스를 찾는다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345205288

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원사업

연구과제명 압축센싱기반의 Large-Scale 무선 네트워크 원천기술 개발(2차년)

기 여 율 1/1

주관기관 경상대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

공간 변조 방식을 이용하여 전송 장치들로부터 전송된 전송 신호를 수신 신호로부터 복원하는 복원 장치에 있어서,

상기 각 전송 장치들이 구비한 복수의 전송 안테나들 중에서 복수의 전송 안테나에 대한 인덱스를 선택하는 안테나 인덱스 선택부;

상기 선택된 인덱스들에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 반복 적용하여 상기 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 잔차 행렬 및 상기 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 복원 신호를 생성하는 반복 계산부; 및

상기 잔차 행렬들 중에서 가장 작은 잔차를 생성하는 잔차 행렬에 대응되는 복원 신호를 상기 전송 신호의 복원 신호로 선택하는 복원 신호 선택부

를 포함하고,

상기 반복 계산부는 상기 각 전송 장치가 구비한 복수의 전송 안테나에 대응되는 인덱스들 중에서 기 선택된 인덱스를 제외한 다른 인덱스들 중에서 다음 인덱스를 선택하여 상기 직교 매칭 퍼스 기법을 적용하는 복원 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 안테나 인덱스 선택부는 상기 전송 장치들로부터 상기 수신 장치까지의 벡터 채널을 원소로 하는 채널 행렬의 각 열벡터와 상기 수신 신호와의 상관도에 따라서 상기 전송 안테나의 인덱스를 선택하는 복원 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 반복 계산부는 상기 직교 매칭 퍼스 기법이 반복됨에 따라 추가된 전송 안테나의 인덱스들의 스펠(span) 위로의 정사영(orthogonal projection)을 결정하고, 상기 결정된 정사영에 기반하여 잔차 신호를 생성하는 복원 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 반복 계산부는 상기 채널 행렬의 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 상기 정사영을 산출하는 복원 장치.

청구항 5

공간 변조 방식을 이용하여 전송 장치들로부터 전송된 전송 신호를 수신 신호로부터 복원하는 복원 방법에 있어서,

상기 각 전송 장치들이 구비한 복수의 전송 안테나들 중에서 복수의 전송 안테나에 대한 인덱스를 선택하는 단계;

상기 선택된 인덱스들에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 반복 적용하여 상기 선택된 인덱스들 각각에

대응되는 잔차 행렬 및 상기 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 복원 신호를 생성하는 단계; 및

상기 잔차 행렬들 중에서 가장 작은 잔차를 생성하는 잔차 행렬에 대응되는 복원 신호를 상기 전송 신호의 복원 신호로 선택하는 단계

를 포함하고,

상기 반복 계산하는 단계는 상기 각 전송 장치가 구비한 복수의 전송 안테나에 대응되는 인덱스들 중에서 기 선택된 인덱스를 제외한 다른 인덱스들 중에서 다음 인덱스를 선택하여 상기 직교 매칭 퍼스ٹ 기법을 적용하는 복원 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 안테나 인덱스를 선택하는 단계는 상기 전송 장치들로부터 상기 수신 장치까지의 벡터 채널을 원소로 하는 채널 행렬의 각 열벡터와 상기 수신 신호와의 상관도에 따라서 상기 전송 안테나의 인덱스를 선택하는 복원 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 반복 적용하는 단계는 상기 직교 매칭 퍼스ٹ 기법이 반복됨에 따라 추가된 전송 안테나의 인덱스들의 스펜(span) 위로의 정사영(orthogonal projection)을 결정하고, 상기 결정된 정사영에 기반하여 잔차 신호를 생성하는 복원 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 반복 적용하는 단계부는 상기 채널 행렬의 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 상기 정사영을 산출하는 복원 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

하기의 실시예들은 압축 센싱 분야에 관한 것으로, 구체적으로는 압축 센싱 기법을 병렬적으로 적용하여 수신 신호에서 전송 신호를 복원하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

나이퀴스트 샘플링(Nyquist sampling) 이론은 현재 대부분의 디지털 장치에서 아날로그 신호를 획득하는데 사용되는 근간이 되는 이론이다. 이 이론에 의하면 아날로그 신호를 완벽히 복원하기 위해서 해당 아날로그 신호 주파수 대역폭의 두 배 이상의 주파수로 샘플링을 해야 한다. 이 이론은 간결하고 명쾌하지만, 신호를 완전히 무결하게 복원하기 위한 충분조건(sufficient condition)이기에 신호의 특성이 반영되지 않는다. 최근 고화질 영상 처리나 고속 통신 시스템 등의 예에서 볼 수 있듯이 샘플링 해야 하는 데이터양이 급격히 늘어남에 따라서 이 이론의 효율성에 대한 의문이 꾸준히 제기되어 왔다.

[0003]

Candes와 Donoho등은 복원하고자 하는 신호벡터에서 0의 개수가 많은 경우, 나이퀴스트 샘플링 보다 훨씬 높은 압축률로 된 신호를 완벽하게 복원할 수 있음을 증명하였다. 이 이론을 흔히 압축 센싱 이라고 불리운다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0004] 하기 실시예들의 목적은, 신호를 복원하는 복원 장치의 오류 확률을 감소시키는 것이다.
- [0005] 하기 실시예들의 목적은, 공간 변조 방식을 이용하여 전송된 전송 신호에 대하여 복수의 신호가 전송된 것으로 추정하는 것을 방지하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0006] 예시적 실시예에 따르면, 공간 변조 방식을 이용하여 전송 장치들로부터 전송된 전송 신호를 수신 신호로부터 복원하는 복원 장치에 있어서, 상기 각 전송 장치들이 구비한 복수의 전송 안테나들 중에서 복수의 전송 안테나에 대한 인덱스를 선택하는 안테나 인덱스 선택부, 상기 선택된 인덱스들에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 반복 적용하여 상기 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 잔차 행렬 및 상기 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 복원 신호를 생성하는 반복 계산부 및 상기 잔차 행렬들 중에서 가장 작은 잔차를 생성하는 잔차 행렬에 대응되는 복원 신호를 상기 전송 신호의 복원 신호로 선택하는 복원 신호 선택부를 포함하고, 상기 반복 계산부는 상기 각 전송 장치가 구비한 복수의 전송 안테나에 대응되는 인덱스들 중에서 기 선택된 인덱스를 제외한 다른 인덱스들 중에서 다음 인덱스를 선택하여 상기 직교 매칭 퍼스 기법을 적용하는 복원 장치가 제공된다.
- [0007] 여기서, 상기 안테나 인덱스 선택부는 상기 전송 장치들로부터 상기 수신 장치까지의 벡터 채널을 원소로 하는 채널 행렬의 각 열벡터와 상기 수신 신호와의 상관도에 따라서 상기 전송 안테나의 인덱스를 선택할 수 있다.
- [0008] 그리고, 상기 반복 계산부는 상기 직교 매칭 퍼스 기법이 반복됨에 따라 추가된 전송 안테나의 인덱스들의 스펠(span) 위로의 정사영(orthogonal projection)을 결정하고, 상기 결정된 정사영에 기반하여 잔차 신호를 생성할 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 반복 계산부는 상기 채널 행렬의 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 상기 정사영을 산출할 수 있다.
- [0010] 또 다른 예시적 실시예에 따르면, 공간 변조 방식을 이용하여 전송 장치들로부터 전송된 전송 신호를 수신 신호로부터 복원하는 복원 방법에 있어서, 상기 각 전송 장치들이 구비한 복수의 전송 안테나들 중에서 복수의 전송 안테나에 대한 인덱스를 선택하는 단계, 상기 선택된 인덱스들에 대하여 직교 매칭 퍼스 기법을 병렬적으로 반복 적용하여 상기 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 잔차 행렬 및 상기 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 복원 신호를 생성하는 단계 및 상기 잔차 행렬들 중에서 가장 작은 잔차를 생성하는 잔차 행렬에 대응되는 복원 신호를 상기 전송 신호의 복원 신호로 선택하는 단계를 포함하고, 상기 반복 계산하는 단계는 상기 각 전송 장치가 구비한 복수의 전송 안테나에 대응되는 인덱스들 중에서 기 선택된 인덱스를 제외한 다른 인덱스들 중에서 다음 인덱스를 선택하여 상기 직교 매칭 퍼스 기법을 적용하는 복원 방법이 제공된다.
- [0011] 여기서, 상기 안테나 인덱스를 선택하는 단계는 상기 전송 장치들로부터 상기 수신 장치까지의 벡터 채널을 원소로 하는 채널 행렬의 각 열벡터와 상기 수신 신호와의 상관도에 따라서 상기 전송 안테나의 인덱스를 선택할 수 있다.
- [0012] 그리고, 상기 반복 적용하는 단계는 상기 직교 매칭 퍼스 기법이 반복됨에 따라 추가된 전송 안테나의 인덱스들의 스펠(span) 위로의 정사영(orthogonal projection)을 결정하고, 상기 결정된 정사영에 기반하여 잔차 신호를 생성할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 반복 적용하는 단계부는 상기 채널 행렬의 의사 역행렬(Pseudo Inverse Matrix)을 이용하여 상기 정사영을 산출할 수 있다.

발명의 효과

- [0014] 하기 실시예들에 따르면, 신호를 복원하는 복원 장치의 오류 확률을 감소시킬 수 있다.
- [0015] 하기 실시예들에 따르면, 공간 변조 방식을 이용하여 전송된 전송 신호에 대하여 복수의 신호가 전송된 것으로

추정하는 것을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 예시적 실시예에 따라서 수신 장치가 복수의 전송 장치로부터 공간 변조 방식을 이용하여 전송된 전송 신호를 수신하는 것을 도시한 도면이다.
- 도 2는 수신 신호와 전송 신호의 관계를 도시한 도면이다.
- 도 3은 예시적 실시예에 따른 복원 장치의 구조를 도시한 블록도이다.
- 도 4는 예시적 실시예에 따른 복원 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하, 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- [0018] 도 1은 예시적 실시예에 따라서 수신 장치가 복수의 전송 장치로부터 공간 변조 방식을 이용하여 전송된 전송 신호를 수신하는 것을 도시한 도면이다.
- [0019] 전송 장치들(120, 130)은 복수의 전송 안테나들(121, 131)을 이용하여 데이터를 수신 장치(110)로 전송한다. 일측에 따르면, 전송 장치들(120, 130)은 공간 변조 방식을 이용하여 데이터를 변조하고, 변조된 데이터를 복수의 전송 안테나들(121, 131)을 이용하여 전송할 수 있다. 공간 변조 방식은 전송 장치(120, 130)가 구비한 복수의 전송 안테나들(121, 131) 중에서 어느 하나의 안테나만을 이용하여 데이터를 전송하는 기술이다. 따라서, 각 전송 장치(120, 130)는 하나의 RF 체인만을 구비하고, RF 체인을 이용하여 변조된 데이터를 해당 데이터에 매핑된 하나의 안테나(121, 131)를 이용하여 전송한다.
- [0020] 수신 장치(110)가 수신한 수신 신호는 각 전송 장치(120, 130)로부터 각각 수신한 전송 신호가 모두 포함된다. 수신 신호에 포함된 각각의 전송 신호를 복원하는 방법으로 최대 우도(ML: Maximum Likelihood) 검출 기법을 사용할 수도 있다. 그러나, 최대 우도 검출 기법의 경우, 검출의 복잡성으로 인하여 전송 장치(120, 130)의 개수가 많은 상황에서는 사용할 수 없다.
- [0021] 최근 이러한 신호 검출 기법의 복잡도 문제를 해소하기 위하여 압축 센싱(Compressed Sensing)기법을 이용한 검출 방법이 제안되었다. 압축 센싱 기법을 이용하여 전송된 신호를 복원하는 기법 중에서, 직교 매칭 퍼스uits(OMP: Orthogonal Matching Pursuit) 기법은 비교적 낮은 복잡도로 비교적 우수한 성능을 보이는 것으로 알려져 있다. 직교 매칭 퍼스uits 기법은 매 반복 과정에서 채널 행렬의 열벡터들 중에서 수신 신호와 상관도가 높은 열벡터의 인덱스를 전송 신호의 서포트 인덱스(support index)로 1개씩 추가하여 최종적으로 송신 신호를 복원하는 기법이다. 그러나, 직교 매칭 퍼스uits 기법은 최대 우도 기법에 비해 복잡도는 낮지만 성능의 격차가 매우 큰 단점이 있었다.
- [0022] 이하의 명세서에서는 도 1에 도시된 바와 같이 복수개의 전송 장치(120, 130)가 데이터를 수신 장치로 각각 전송하는 다중 사용자 환경을 고려하여 직교 매칭 퍼스uits 기법을 개선한 복원 기법이 제안된다. 제안된 직교 매칭 퍼스uits 기법은 K개의 전송 장치(120, 130)들이 각각 N_t 개의 전송 안테나(121, 131)를 구비하는 경우를 가정한 KN_t 개의 전송 안테나(121, 131)를 고려할 수 있다.
- [0023] 예시적 실시예에 따른 복원 장치는 수신 장치(110)로 동작하여 수신 신호로부터 전송 장치(120, 130)가 전송한 전송 신호를 복원한다.
- [0024] 도 2는 수신 신호와 전송 신호의 관계를 도시한 도면이다.
- [0025] 도 2에서, 수신 신호(210) y 는 수신 장치가 복수의 수신 안테나를 이용하여 수신한 신호이다. 여기서, y 는

$y \in C^{N_r \times 1}$ 이다. N_r 은 수신 장치의 수신 안테나의 개수를 나타낸다.

[0026]

채널 행렬(220) H 는 전송 장치로부터 수신 장치까지의 벡터 채널을 원소로 하는 행렬이다. 여기서, $H \in C^{N_r \times N_t K}$ 이다. N_t 는 각 전송 장치에 구비된 전송 안테나의 개수고, K 는 전송 장치의 개수이다.

[0027]

전송 신호 행렬(240, 250, 260, 270)은 각 전송 장치가 전송한 전송 신호들을 원소로 하는 행렬이다. 여기서, 전송 신호 행렬의 열은 $N_t K$ 이다. 전송 신호 행렬의 1 번째 행으로부터 N_t 번째 행(240)까지는 첫 번째 전송 장치가 전송한 전송 신호를 원소로 한다. 또한 전송 신호 행렬의 N_t+1 번째 행으로부터 $2N_t$ 번째 행(250)까지는 두 번째 전송 장치가 전송한 전송 신호를 원소로 한다.

[0028]

공간 변조 방식은 전송 장치가 구비한 복수의 전송 안테나들 중에서 어느 하나의 안테나만을 이용하여 데이터를 전송하는 기술이다. 따라서, 각 전송 장치가 전송한 전송 신호들(240, 250, 260, 270) 중에서 대부분은 그 값이 '0'이고, 오직 하나의 신호만(241, 251, 261, 271)이 값을 가진다.

[0029]

만약 채널 행렬(220)이 정방 행렬이라면, 복원 장치는 채널 행렬(220)의 역행렬을 산출하여 수신 신호(210)로부터 전송 신호(240, 250, 260, 270)를 복원할 수 있다. 그러나, 일반적으로 $N_t K$ 의 크기는 N_r 의 크기보다 훨씬 크다. 따라서, 복원 장치는 채널 행렬(220)의 역행렬을 산출하지 못하는 경우가 대부분이다. 따라서, 수신 신호(210)로부터 전송 신호를 복원하는 것은 대부분의 경우 쉽지 않다.

[0030]

다만, 도 2에 도시된 바와 같이, 전송 신호(240, 250, 260, 270)의 대부분이 '0'의 값을 가지고, 일부만이 '0' 아닌 값을 가지는 경우, 전송 신호(240, 250, 260, 270)는 성긴 신호(sparse signal)라 할 수 있으며, 압축 센싱 기법을 이용하여 수신 신호(210)로부터 전송 신호(240, 250, 260, 270)를 복원할 수 있다.

[0031]

이하 도 3을 참조하여 수신 신호(210)로부터 전송 신호(240, 250, 260, 270)를 복원하는 복원 장치의 동작에 대하여 구체적으로 설명하기로 한다.

[0032]

도 3은 예시적 실시예에 따른 복원 장치의 구조를 도시한 블록도이다. 예시적 실시예에 따른 복원 장치(300)는 수신부(310), 안테나 인덱스 선택부(320), 반복 계산부(330), 복원 신호 선택부(340)를 포함한다.

[0033]

수신부(310)는 공간 변조 방식을 이용하여 전송 장치들로부터 전송된 전송 신호를 수신하여 수신 신호를 생성한다. 일측에 따르면, 수신부(310)는 복수의 수신 안테나를 이용하여 전송 신호들을 수신할 수 있다. 수신 신호는 전송 장치와 수신 장치간의 벡터 채널을 경유하며 왜곡된 전송 신호를 포함한다.

[0034]

여기서, 공간 변조 방식은 전송 장치가 구비한 복수의 전송 안테나들(121, 131) 중에서 어느 하나의 안테나만을 이용하여 데이터를 전송하는 기술이다. 이 경우에, 데이터를 전송하는 전송 안테나는 활성화된 안테나로, 데이터를 전송하지 않는 다른 안테나들은 비활성화된 안테나로 구분할 수 있다.

[0035]

안테나 인덱스 선택부(320)는 복수의 전송 안테나들 중에서 복수의 전송 안테나에 대한 인덱스를 선택한다. 뿐만 아니라, 안테나 인덱스 선택부(320)는 직교 매칭 퍼스 기법의 파라미터들을 초기화하고, 직교 매칭 퍼스 기법의 첫 번째 계산 과정을 수행한다.

[0036]

먼저, 안테나 인덱스 선택부(320)는 하기 수학식 1과 같이 직교 매칭 퍼스 기법의 파라미터들을 초기화 할 수 있다.

[0037] [수학식 1]

[0038]
$$\mathbf{r}_0^m = \mathbf{y}$$

[0039]
$$\Lambda_0^m = \emptyset$$

[0040]
$$U_0^m = \emptyset$$

[0041]
$$t = 1$$

[0042] 여기서, $\mathbf{y}$ 는 수신부(310)가 수신한 수신 신호이고, t 는 직교 매칭 퍼스 기법의 반복 횟수를 나타내는 인덱스이고, m 은 병렬적으로 적용되는 직교 매칭 퍼스 기법을 구분하는 인덱스이다. $1 \leq m \leq M$ 이고, 여기서, M 은 병렬적으로 적용되는 직교 매칭 퍼스 기법의 개수이다.

[0043] $\mathbf{r}_t^m$ 는 t 번째 반복 횟수에서 m 번째 직교 매칭 퍼스 기법의 잔차 행렬이다. Λ_t^m 는 t 번째 반복 횟수에서 m 번째 직교 매칭 퍼스 기법의 안테나 인덱스 행렬이다. U_t^m 는 t 번째 반복 횟수에서 m 번째 직교 매칭 퍼스 기법의 사용자 인덱스 행렬이다.

[0044] 또한, 안테나 인덱스 선택부(320)는 K 개의 전송 장치가 구비한 $N_t K$ 개의 전송 안테나들 중에서 복수의 전송 안테나에 대한 인덱스를 선택한다. 안테나 인덱스 선택부(320)는 M 개의 전송 안테나에 대한 인덱스를 선택할 수 있다. 안테나 인덱스 선택부(320)는 전송 장치들로부터 수신 장치까지의 벡터 채널을 원소로 하는 채널 행렬의 각 열벡터와 수신 신호와의 상관도에 따라서 전송 안테나의 인덱스를 선택할 수 있다.

[0045] 일측에 따르면, 안테나 인덱스 선택부(320)는 채널 행렬의 각 열을 L2-norm으로 정규화하고, 정규화된 채널 행렬의 각 열과 수신 신호와의 상관도를 계산할 수 있다. 안테나 인덱스 선택부(320)는 상관도가 가장 큰 M 개의 열의 인덱스를 전송 안테나에 대한 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 로 선택할 수 있다.

[0046] 일측에 따르면, 안테나 인덱스 선택부(320)는 하기 수학식 2와 같이 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 를 결정할 수 있다.

[0047] [수학식 2]

$$\begin{aligned}
\lambda_t^1 &= \arg\max_{i=1}^{KN_t} \left| \langle y, h_i / \|h_i\|_2 \rangle \right| \\
\lambda_t^2 &= \arg \max_{i=1, i \neq \lambda_t^1}^{KN_t} \left| \langle y, h_i / \|h_i\|_2 \rangle \right| \\
\lambda_t^3 &= \arg \max_{i=1, i \neq \lambda_t^1, \lambda_t^2}^{KN_t} \left| \langle y, h_i / \|h_i\|_2 \rangle \right| \\
&\vdots \\
\lambda_t^M &= \arg \max_{i=1, i \neq \lambda_t^1, \lambda_t^2, \dots, \lambda_t^{M-1}}^{KN_t} \left| \langle y, h_i / \|h_i\|_2 \rangle \right|
\end{aligned}$$

[0048]

[0049]

안테나 인덱스 선택부(320)는 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 를 결정할 뿐만 아니라, 직교 매칭 퍼스 기법의 첫 번째 계산 과정을 수행할 수 있다.

[0050]

이 경우에, 안테나 인덱스 선택부(320)는 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 가 포함된 전송 장치의 전송 안테나들 모두를 사용자 인덱스 행렬 U_t^m 에 병합할 수 있다. 또한, 안테나 인덱스 선택부(320)는 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 를 안테나 인덱스 행렬 Λ_t^m 에 병합할 수 있다.

[0051]

일층에 따르면, 안테나 인덱스 선택부(320)는 하기 수학적 식 3에 따라서 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 가 포함된 전송 장치의 전송 안테나들 모두를 사용자 인덱스 행렬 U_t^m 에 병합하고, 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 를 안테나 인덱스 행렬 Λ_t^m 에 병합할 수 있다.

[0052]

[수학적 식 3]

$$\begin{aligned}
k &= \lceil \lambda_t^m / N_t \rceil \\
I_k &= \{N_t(k-1)+1, N_t(k-1)+2, \dots, N_t \cdot k\} \\
U_t^m &= U_{t-1}^m \cup I_k. \\
\Lambda_t^m &= \Lambda_{t-1}^m \cup \{\lambda_t^m\}
\end{aligned}$$

[0053]

[0054] 안테나 인덱스 선택부(320)는 안테나 인덱스 행렬 Λ_t^m 의 원소로 이루어진 채널 행렬의 열들을 수신 신호 y 로 정사영한 P_t^m 를 결정할 수 있다. 일측에 따르면, 안테나 인덱스 선택부(320)는 하기 수학식 4에 따라서 정사영한 P_t^m 를 결정하고 $\hat{x}_t^m$ 을 계산할 수 있다.

[0055] [수학식 4]

$$P_t^m = \left\{ \left(H_{\Lambda_t^m} \right)^T H_{\Lambda_t^m} \right\}^{-1} \left(H_{\Lambda_t^m} \right)^T$$

[0056]

$$\hat{x}_t^m = P_t^m \cdot y$$

[0057]

[0058] 또한, 안테나 인덱스 선택부(320)는 추정된 수신 신호 $\hat{y}_t^m$ 와 잔차 행렬 r_t^m 를 계산하여 업데이트 할 수 있다. 일측에 따르면, 안테나 인덱스 선택부(320)는 하기 수학식 5와 같이 추정된 수신 신호 $\hat{y}_t^m$ 와 잔차 행렬 r_t^m 를 업데이트 할 수 있다.

[0059] [수학식 5]

$$\begin{aligned} \hat{y}_t^m &= H_{\Lambda_t^m} \cdot \hat{x}_t^m \\ r_t^m &= y - \hat{y}_t^m \end{aligned}$$

[0060]

[0061] 이후 안테나 인덱스 선택부(320)는 각각의 $m(1 \leq m \leq M)$ 에 대하여 $t=2$ 를 대입할 수 있다.

[0062] 반복 계산부(330)는 직교 매칭 퍼스ٹ 기법의 두 번째 계산 과정부터 정해진 횟수의 계산 과정을 반복하여 수행한다. 반복 계산부(330)는 직교 매칭 퍼스ٹ 기법의 계산 과정을 반복 적용하여 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 잔차 행렬 및 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 복원 신호들을 생성한다. 일측에 따르면, 반복 계산부(330)는 M개의 인덱스 각각에 대하여 직교 매칭 퍼스ٹ 기법을 병렬적으로 반복하여 적용할 수 있다.

[0063] 먼저, 반복 계산부(330)는 활성화된 전송 안테나의 인덱스 λ_t^m 를 결정한다. 일측에 따르면, 정규화된 채널 행

렬의 각 열과 잔차 행렬과의 상관도가 가장 큰 열의 인덱스를 전송 안테나의 인덱스 λ_t^m 로 결정할 수 있다. 일측에 따르면, 반복 계산부는 각 전송 장치가 구비한 복수의 전송 안테나에 대응되는 각 인덱스들 중에서, 기 선택된 인덱스를 제외한 다른 인덱스들 중에서 인덱스를 선택할 수 있다.

[0064] 일측에 따르면, 반복 계산부는 하기 수학적 식 6과 같이 정규화된 채널 행렬의 각 열들 중에서 U_t^m 에 그 인덱스가 포함된 열을 제외한 다른 열들 중에서 인덱스를 선택할 수 있다.

[0065] [수학적 식 6]

[0066]
$$\lambda_t^m = \arg \max_{i=1 \setminus U_{t-1}^m}^{KN_t} \left| \left\langle \mathbf{r}_{t-1}^m, \mathbf{h}_i / \|\mathbf{h}_i\|_2 \right\rangle \right|$$

[0067] 또한, 반복 계산부(330)는 안테나의 인덱스 λ_t^m 가 포함된 전송 장치의 전송 안테나의 인덱스 모두를 U_t^m 에 병합하고, 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 를 안테나 인덱스 행렬 Λ_t^m 에 병합할 수 있다.

[0068] 일측에 따르면, 반복 계산부(330)는 하기 수학적 식 7에 따라서 안테나의 인덱스 λ_t^m 가 포함된 전송 장치의 전송 안테나의 인덱스 모두를 U_t^m 에 병합하고, 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 를 안테나 인덱스 행렬 Λ_t^m 에 병합할 수 있다.

[0069] [수학적 식 7]

[0070]
$$\begin{aligned} k &= \lceil \lambda_t^m / N_t \rceil \\ I_k &= \{N_t(k-1)+1, N_t(k-1)+2, \dots, N_t \cdot k\} \\ U_t^m &= U_{t-1}^m \cup I_k. \\ \Lambda_t^m &= \Lambda_{t-1}^m \cup \{\lambda_t^m\} \end{aligned}$$

[0071] 반복 계산부(330)는 안테나 인덱스 행렬 Λ_t^m 의 원소로 이루어진 채널 행렬의 열들을 수신 신호 $\mathbf{y}$ 로 정사영한 $\mathbf{P}_t^m$ 를 결정할 수 있다. 일측에 따르면, 반복 계산부(330) 는 하기 수학적 식 8에 따라서 정사영한 $\mathbf{P}_t^m$ 를 결정하고 $\hat{\mathbf{x}}_t^m$ 을 계산할 수 있다.

[0072] [수학식 8]

$$P_t^m = \left\{ \left(H_{\Lambda_t^m} \right)^T H_{\Lambda_t^m} \right\}^{-1} \left(H_{\Lambda_t^m} \right)^T$$

[0073]

$$\hat{x}_t^m = P_t^m \cdot y$$

[0074]

[0075] 또한, 반복 계산부(330)는 추정된 수신 신호 $\hat{y}_t^m$ 와 잔차 행렬 r_t^m 를 계산하여 업데이트 할 수 있다. 일측에 따르면, 반복 계산부(330)는 하기 수학식 9와 같이 추정된 수신 신호 $\hat{y}_t^m$ 와 잔차 행렬 r_t^m 를 업데이트 할 수 있다.

[0076] [수학식 9]

$$\begin{aligned} \hat{y}_t^m &= H_{\Lambda_t^m} \cdot \hat{x}_t^m \\ r_t^m &= y - \hat{y}_t^m \end{aligned}$$

[0077]

[0078] 복원 장치(300)는 직교 매칭 퍼스 기법의 반복 계산을 K 번 수행할 수 있다. 이 경우에, 반복 계산부(330)는 현재의 계산 횟수 t 와 K를 비교할 수 있다. 만약, $t < K$ 이면, 반복 계산부(330)는 $t = t + 1$ 를 수행하고, 다시 수학식 6에 따라서 활성화된 전송 안테나의 인덱스 λ_t^m 를 선택할 수 있다.

[0079] 그러나, $t = K$ 이면, 반복 계산부(330)는 동작을 종료한다.

[0080] 복원 신호 선택부(340)는 직교 매칭 퍼스 기법이 M개의 초기 인덱스들 각각에 대하여 적용되어 생성된 M개의 잔차 행렬들 중에서, 가장 작은 잔차를 생성하는 잔차 행렬에 대응되는 복원 신호를 전송 신호의 복원 신호로 선택할 수 있다. 일측에 따르면, 복원 신호 선택부(340)는 하기 수학식 10에 따라서 전송 신호의 복원 신호를 선택할 수 있다.

[0081] [수학식 10]

$$\hat{m} = \underset{m}{\operatorname{argmin}} \| \mathbf{r}_K^m \|_2$$

$$\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{P}_K^{\hat{m}} \mathbf{y}$$

[0082]

[0083]

여기서, $\hat{m}$ 은 가장 작은 잔차를 생성하는 잔차 행렬의 인덱스이고, $\hat{\mathbf{x}}$ 은 전송 신호의 복원 신호이다.

[0084]

도 3에 도시된 실시예에 따르면, 복원 장치는 M개의 직교 매칭 퍼스uits 기법을 병렬적으로 적용한 후 M 개의 복원 신호 중 잔차(Residual)가 가장 작은 복원 신호를 전송 신호의 복원 신호로 선택함으로써 오류 확률을 감소시킬 수 있다.

[0085]

도 3에 도시된 실시예에서는 다중 사용자(MU: Multi-User) 환경의 공간 변조(SM: Spatial Modulation) 시스템에서 직교 매칭 퍼스uits(OMP: Orthogonal Matching Pursuit) 검출 기법을 적용하여 신호 복원 성능을 개선하는 기법이 제안되었다. 다중 사용자 공간 변조 기법을 이용하면 각 전송 장치는 N_t 개의 안테나 중 1개의 안테나만을 사용하여 데이터를 전송한다. 따라서, 복원 장치는 데이터의 이러한 특성을 고려하여 첫 번째 반복 과정을 수행한 후 두 번째 이후의 인덱스를 찾을 때에는 이전의 인덱스에 해당하는 안테나를 가진 전송 장치의 모든 안테나를 제외하고 다음 인덱스를 찾는다. 이것은 하나의 전송 장치가 구비한 복수의 전송 안테나들 중에서 오직 하나의 전송 안테나 만이 활성화되어 전송 신호를 전송하는 공간 변조 방식의 특성을 고려한 것이다. 즉, 하나의 전송 장치가 구비한 N_t 개의 전송 안테나들 중에서 오직 하나의 안테나만이 선택되고, 2개 이상의 안테나가 선택되는 것을 방지하여 오류 확률을 감소시킬 수 있다.

[0086]

도 4는 예시적 실시예에 따른 복원 방법을 단계별로 설명한 순서도이다.

[0087]

단계(410)에서, 복원 장치는 공간 변조 방식을 이용하여 전송 장치들로부터 전송된 전송 신호를 수신하여 수신 신호를 생성한다. 공간 변조 방식은 전송 장치가 구비한 복수의 전송 안테나들 중에서 어느 하나의 안테나만을 이용하여 데이터를 전송하는 기술이다.

[0088]

단계(420)에서, 복원 장치는 복수의 전송 안테나들 중에서 복수의 전송 안테나에 대한 인덱스를 선택한다. 그리고, 직교 매칭 퍼스uits 기법의 파라미터들을 초기화하고, 직교 매칭 퍼스uits 기법의 첫 번째 계산 과정을 수행한다.

[0089]

일측에 따르면, 복원 장치는 수학적 식 1과 같이 직교 매칭 퍼스uits 기법의 파라미터들을 초기화할 수 있다.

[0090]

또한, 복원 장치는 K 개의 전송 장치가 구비한 $N_t K$ 개의 전송 안테나들 중에서 복수의 전송 안테나에 대한 인덱스를 선택한다. 복원 장치는 전송 장치들로부터 수신 장치까지의 벡터 채널을 원소로 하는 채널 행렬의 각 열벡터와 수신 신호와의 상관도에 따라서 전송 안테나의 인덱스를 선택할 수 있다.

[0091]

일측에 따르면, 복원 장치는 채널 행렬의 각 열을 L2-norm으로 정규화하고, 정규화된 채널 행렬의 각 열과 수신 신호와의 상관도를 계산할 수 있다. 복원 장치는 상관도가 가장 큰 M개의 열의 인덱스를 전송 안테나에 대한 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 로 선택할 수 있다. 일측에 따르면, 안 복원 장치는 수학적 식 2와 같이 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 를 결정할 수 있다.

[0092]

복원 장치는 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 를 결정할 뿐만 아니라, 직교 매칭 퍼스uits 기법의 첫 번째 계산 과정을 수행할 수 있다.

[0093]

이 경우에, 복원 장치는 수학적 식 3과 같이 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 가 포함된 전송 장치의 전송

안테나들 모두를 사용자 인덱스 행렬 U_t^m 에 병합할 수 있다. 또한, 복원 장치는 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 를 안테나 인덱스 행렬 Λ_t^m 에 병합할 수 있다.

[0094]

복원 장치는 안테나 인덱스 행렬 Λ_t^m 의 원소로 이루어진 채널 행렬의 열들을 수신 신호 y 로 정사영한 P_t^m 를 결정하고 $\hat{x}_t^m$ 을 수학식 4와 같이 결정할 수 있다. 또한, 복원 장치는 수학식 5와 같이, 추정된 수신 신호 $\hat{y}_t^m$ 와 잔차 행렬 r_t^m 를 계산하여 업데이트 할 수 있다.

[0095]

이후 복원 장치는 각각의 $m (1 \leq m \leq M)$ 에 대하여 $t = 2$ 를 대입할 수 있다.

[0096]

단계(430)에서, 복원 장치는 직교 매칭 퍼스 기법의 두 번째 계산 과정부터 정해진 횟수의 계산 과정을 반복하여 수행한다. 복원 장치는 직교 매칭 퍼스 기법의 계산 과정을 반복 적용하여 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 잔차 행렬 및 선택된 인덱스들 각각에 대응되는 복원 신호들을 생성할 수 있다.

[0097]

단계(430)에서, 복원 장치는 활성화된 전송 안테나의 인덱스 λ_t^m 를 결정할 수 있다. 일측에 따르면, 복원 장치는 수학식 6과 같이 정규화된 채널 행렬의 각 열들 중에서 U_{t-1}^m 에 그 인덱스가 포함된 열을 제외한 다른 열들 중에서 인덱스를 선택할 수 있다.

[0098]

또한, 복원 장치는 수학식 7에 따라서 안테나의 인덱스 λ_t^m 가 포함된 전송 장치의 전송 안테나의 인덱스 모두를 U_t^m 에 병합하고, 안테나 인덱스 $\lambda_t^m (m \in 1, 2, \dots, M)$ 를 안테나 인덱스 행렬 Λ_t^m 에 병합할 수 있다.

[0099]

복원 장치는 수학식 8에 따라서 안테나 인덱스 행렬 Λ_t^m 의 원소로 이루어진 채널 행렬의 열들을 수신 신호 y 로 정사영한 P_t^m 를 결정하고 $\hat{x}_t^m$ 을 결정할 수 있다.

[0100]

복원 장치는 수학식 9에 따라서, 추정된 수신 신호 $\hat{y}_t^m$ 와 잔차 행렬 r_t^m 를 계산하여 업데이트 할 수 있다.

[0101]

복원 장치는 직교 매칭 퍼스 기법의 반복 계산을 K 번 수행할 수 있다. 이 경우에, 복원 장치는 현재의 계산 횟수 t 와 K를 비교할 수 있다. 만약, $t < K$ 이면, 복원 장치는 $t = t + 1$ 를 수행하고, 다시 수학식 6에 따라서 활성화된 전송 안테나의 인덱스 λ_t^m 를 선택할 수 있다. 그러나, $t = K$ 이면, 복원 장치는 반복 계산을 종료한다.

[0102]

단계(440)에서, 복원 장치는 수학식 10에 따라서, 직교 매칭 퍼스 기법이 M개의 초기 인덱스들 각각에 대하여 적용되어 생성된 M개의 잔차 행렬들 중에서, 가장 작은 잔차를 생성하는 잔차 행렬에 대응되는 복원 신호를 전송 신호의 복원 신호로 선택할 수 있다.

[0103] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0104] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

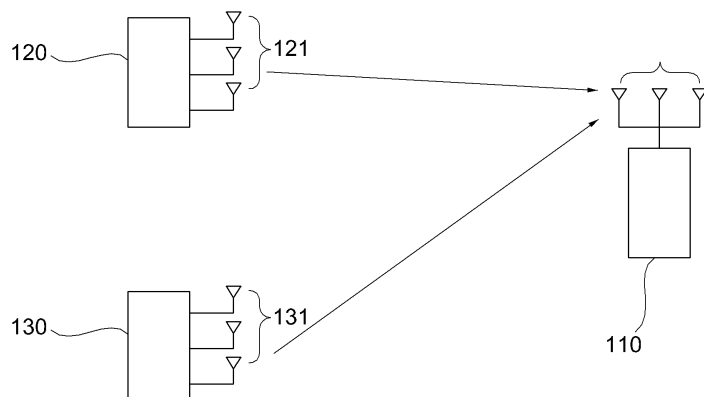
[0105] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

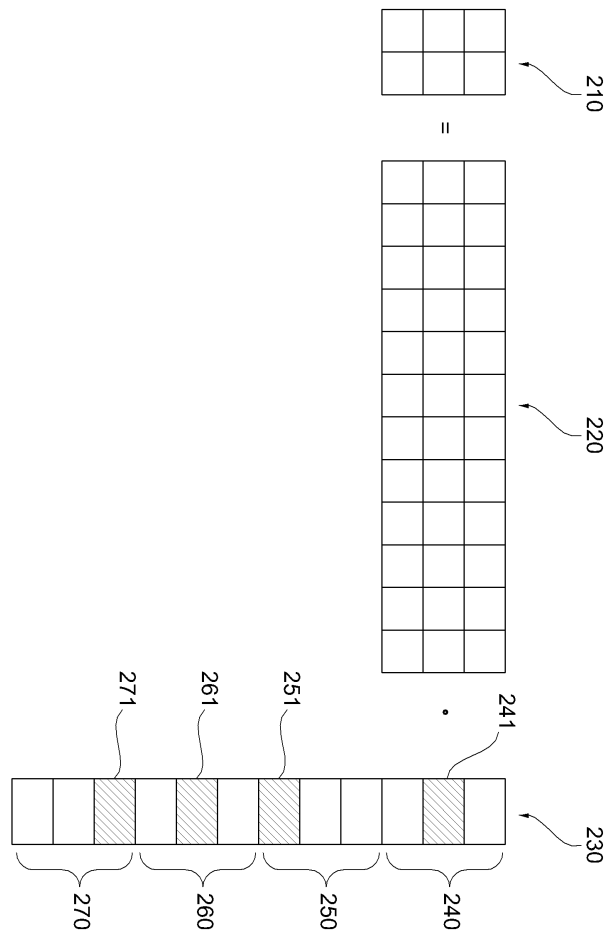
[0106] 110: 수신 장치
111: 수신 안테나
120, 130: 전송 장치
121, 131: 전송 안테나

도면

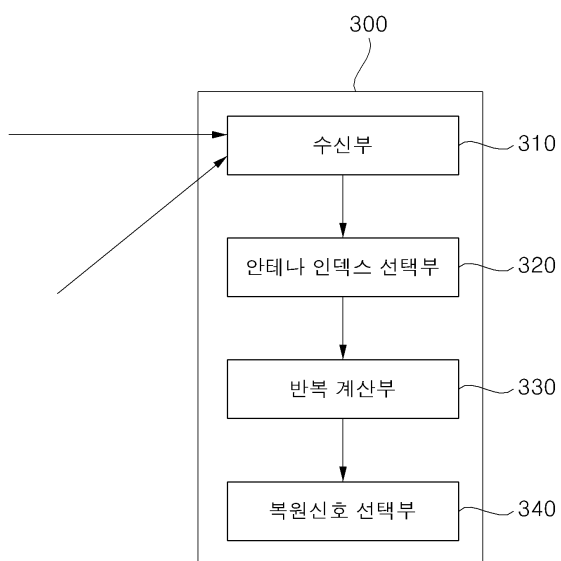
도면1



도면2



도면3



도면4

