(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년09월07일
(11) 등록번호 10-0980647
(24) 등록일자 2010년09월01일

(51) Int. Cl.
H04B 7/04 (2006.01) *H04B 5/02* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0067479
(22) 출원일자 2007년07월05일
심사청구일자 2008년09월11일
(65) 공개번호 10-2009-0003000
(43) 공개일자 2009년01월09일
(56) 선행기술조사문헌
WO2007051192 A2
KR1020060049146 A
WO2007027825 A2
KR1020060096360 A
전체 청구항 수 : 총 19 항

(73) 특허권자
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
(72) 발명자
황인수
경기 용인시 기흥구 농서동 삼성종합기술원 기숙사 Y-501
김영수
경기 성남시 분당구 정자동 29 선경연립 111-401호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
권혁록, 이정순

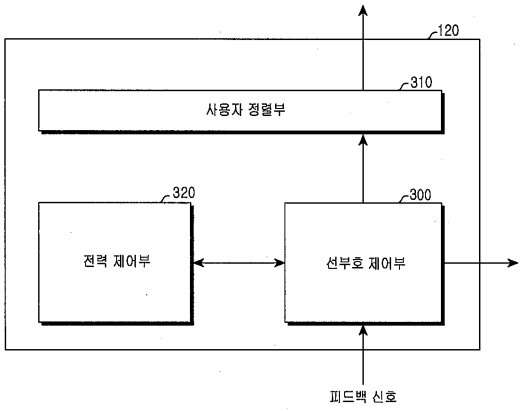
심사관 : 박보미

(54) 다중 안테나 시스템에서 간섭 제거 장치 및 방법

(57) 요 약

본 발명은 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 간섭을 제거하기 위한 장치 및 방법에 관한 것으로서, 서비스를 제공하는 적어도 하나의 수신 안테나들에 대한 채널 정보를 이용하여 상기 수신 안테나들의 다이버시티 이득이 최대가 되도록하는 선부호(Precode)를 생성하는 과정과, 더티 페이퍼 코딩에 따른 전력 손실과 쉐이핑 손실(Shaping loss)을 고려하여 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력을 갱신하는 과정과, 상기 갱신한 전송 전력에 따라 상기 선부호를 갱신하여 송신 신호를 선부호화(Precoding)하는 과정과, 각각의 수신 안테나들로 전송할 상기 선부호화된 송신 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행하는 과정을 포함하여 더티 페이퍼 코딩에 따른 오류 확산을 줄이고 더티 페이퍼 코딩에 의한 전력 손실 및 쉐이핑 손실을 줄여 서비스를 제공하는 사용자들의 수신 신호대 간섭 및 잡음비를 일정하게 맞출 수 있는 이점이 있다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

조면균

경기 성남시 분당구 이매동 아름마을삼호아파트 401동-701호

고은석

경기 수원시 영통구 영통동 1043-3 101호

타록 바히드

미국 MA 02139, 157 플래즌트 스트리트 아파트 350 캠브리지

특허청구의 범위

청구항 1

다중 안테나 시스템의 송신 단에서 간섭을 제거하기 위한 방법에 있어서,

서비스를 제공하는 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 채널 정보를 이용하여 상기 적어도 하나의 수신 안테나 각각에 대한 전송 전력을 제어하는 과정과,

상기 적어도 하나의 수신 안테나의 다이버시티 이득이 최대가 되도록, 상기 적어도 하나의 수신 안테나 각각에 대한 전송 전력과 일정한 비례 관계를 갖는 선부호(Precode)를 생성하는 과정과,

비선형 선부호 방식에 따른 전력 손실과 쉐이핑 손실(Shaping loss)에 따른 신호대 간섭 및 잡음비(Signal to Interference and Noise Ratio) 또는 신호의 전체 합 용량(Sum Capacity)의 변화량에 따라 상기 적어도 하나의 수신 안테나 각각에 대한 전송 전력을 갱신하는 과정과,

상기 제어한 전송 전력과 상기 갱신한 전송 전력의 차이에 따라 상기 생성한 선부호를 갱신하는 과정과,

상기 갱신한 선부호를 이용하여 송신 신호를 선부호화(Precoding)하는 과정과,

각각의 수신 안테나들로 전송할 상기 선부호화된 송신 신호에 대한 비선형 선부호화를 수행하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전송전력을 제어하는 과정은,

상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 신호대 간섭 및 잡음비(Signal to Interference and Noise Ratio) 또는 전체 합 용량(Sum Capacity)을 산출하는 과정과,

상기 신호대 간섭 및 잡음비 또는 전체 합 용량을 이용하여 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 전송 전력을 산출하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 선부호를 생성한 후, 상기 생성한 선부호를 구성하는 행들을 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 신호대 간섭 및 잡음비 또는 전체 합 용량에 따라 정렬하는 과정을 더 포함하여,

상기 선부호를 갱신하는 과정은, 상기 제어한 전송 전력과 상기 갱신한 전송 전력의 차이에 따라 상기 정렬한 선부호를 갱신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 선부호는, 하기 수학식 10과 같은 원소로 구성되는 것을 특징으로 하는 방법.

수학식 10

$$a_{k,j}=\sqrt{P_j}\cdot\frac{h^{*}_{j,k}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{N}|h_{j,k}|^2}}$$

여기서, 상기 $a_{k,j}$는 j번째 송신 안테나와 k번째 수신 안테나의 다이버시티 이득을 최대가 되도록 송신 신호를 선부호화하는 선부호 행렬의 원소, 상기 P_j는 j번째 수신 안테나에 대한 전송 전력, 상기 $h_{j,k}$는 j번째 수신 안테

나와 k번째 송신 안테나 사이의 채널 정보, 상기 N은 송신 안테나의 개수를 나타냄.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 전송 전력을 갱신하는 과정은,

상기 비선형 선부호 방식에 따른 전력 손실과 쉐이핑 손실(Shaping loss)에 의해 변화하는 상기 적어도 하나의 수신 안테나의 신호대 간섭 및 잡음비 또는 전체 합 용량을 산출하는 과정과,

상기 적어도 하나의 수신 안테나의 신호대 간섭 및 잡음비 또는 신호의 전체 합 용량의 차이가 기준 값보다 큰 경우, 상기 선부호를 생성하기 위해 사용된 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 전송 전력을 갱신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 수신 안테나의 신호대 간섭 및 잡음비 또는 전체 합 용량의 차이가 상기 기준 값보다 작은 경우, 상기 선부호를 생성하기 위해 사용한 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 전송 전력을 유지하는 과정을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 선부호를 갱신하는 과정은,

상기 갱신한 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 전송 전력을 적용하여 생성한 가중 치를 이용하여 상기 선부호를 갱신하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 선부호를 갱신하는 과정은,

상기 갱신한 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 전송 전력을 적용하여 상기 적어도 하나의 수신 안테나의 다이버시티 이득이 최대가 되도록하는 선부호를 다시 생성하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 비선형 선부호 방식을 수행하는 과정은,

상기 선부호화된 송신 신호 행렬의 행(row)을 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 신호대 간섭 및 잡음비 또는 전체 합 용량에 따라 정렬하는 과정과,

상기 정렬된 송신 신호에 대한 비선형 선부호화를 수행하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 송신 신호를 선부호화 후, 상기 송신 신호와 간섭 신호의 비율에 따라 비선형 선부호화에 의한 간섭량의 증가 여부를 확인하는 과정과,

상기 간섭량의 증가 여부를 고려하여 상기 비선형 선부호화를 수행할 것인지 결정하는 과정을 더 포함하여,

상기 송신 신호와 간섭 신호의 비율이 기준 값보다 작은 경우, 상기 선부호화된 송신 신호에 대한 비선형 선부호를 수행하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

다중 안테나 시스템의 송신 단 장치에 있어서,

서비스를 제공하는 적어도 하나의 수신 안테나의 채널 정보를 이용하여 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 전송 전력을 제어하고, 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 다이버시티 이득이 최대가 되도록, 상기 적어도 하나의 수신 안테나 각각에 대한 전송 전력과 일정한 비례 관계를 갖는 선부호를 생성하는 제어부와,

상기 선부호를 이용하여 송신신호를 선부호화하고, 상기 선부호화된 송신 신호에 대한 비선형 선부호화를 수행하여 각각의 송신 안테나들을 통해 전송하는 송신부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비(Signal to Interference and Noise Ratio) 또는 신호의 전체 합 용량(Sum Capacity)을 이용하여 산출한 전송 전력을 이용하여 선부호를 생성하고, 상기 제어부에서 제어한 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 전송 전력과 전력 제어부로부터 제공받은 상기 적어도 하나의 수신 안테나의 갱신된 전송 전력의 차이에 따라 상기 선부호를 갱신하는 선부호 제어부와,

상기 비선형 선부호 방식에 따른 전력 손실과 쉐이핑 손실(Shaping loss) 에 의해 감소하는 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 신호대 간섭 및 잡음비 또는 신호의 전체 합 용량을 산출하고, 상기 신호대 간섭 및 잡음비 또는 전체 합 용량을 이용하여 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 전송 전력을 산출하고, 상기 적어도 하나의 수신 안테나의 신호대 간섭 및 잡음비 또는 전체 합 용량의 차이가 기준 값보다 큰 경우, 상기 적어도 하나의 수신 안테나의 신호대 간섭 및 잡음비 또는 전체 합 용량을 이용하여 상기 선부호를 생성하기 위해 사용한 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 전송 전력을 갱신하는 전력 제어부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 선부호 제어부는, 상기 전력 제어부에서 갱신한 상기 적어도 하나의 수신 안테나의 전송 전력에 따라 상기 선부호를 갱신하거나 새로운 선부호를 생성하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 선부호 제어부는, 하기 수학식 11과 같은 원소로 구성되는 선부호를 생성하는 것을 특징으로 하는 장치.

수학식 11

$$a_{k,j}=\sqrt{P_j}\cdot\frac{h^{*}_{j,k}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{N}|h_{j,k}|^2}}$$

여기서, 상기 $a_{k,j}$는 j번째 송신 안테나와 k번째 수신 안테나의 다이버시티 이득을 최대가 되도록 송신 신호를 선부호화하는 선부호 행렬의 원소, 상기 P_j는 j번째 수신 안테나에 대한 전송 전력, 상기 $h_{j,k}$는 j번째 수신 안테나와 k번째 송신 안테나 사이의 채널 정보, 상기 N은 송신 안테나의 개수를 나타냄.

청구항 15

삭제

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 전력 제어부는, 상기 적어도 하나의 수신 안테나에 대한 신호대 간섭 및 잡음비 또는 전체 합 용량의 차이가 기준 값보다 작은 경우, 상기 선부호를 생성하기 위해 사용한 상기 수신 안테나들에 대한 전송 전력을 유지하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17

제 12 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 적어도 하나의 수신 안테나의 채널 정보에 따라 전송 신호 행렬의 행(row) 또는 선부호 행렬의 행을 정렬하도록 제어하는 정렬부를 더 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 송신부는,

상기 제어부로부터 제공받은 선부호를 이용하여 송신신호를 선부호화하는 선부호부와,

상기 선부호화된 송신 신호를 상기 제어부의 제어에 따라 정렬한 후 비선형 선부호화를 수행하여 각각의 송신 안테나들을 통해 전송하는 비선형 선부호부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 송신부는,

상기 제어부의 제어에 따라 전송 신호를 정렬한 후, 상기 제어부로부터 제공받은 선부호를 이용하여 송신신호를 선부호화하는 선부호부와,

상기 선부호화된 송신 신호에 대한 비선형 선부호를 수행하여 각각의 송신 안테나들을 통해 전송하는 비선형 선부호부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 20

제 11 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 송신 신호를 선부호화 후, 상기 송신 신호와 간섭 신호의 비율을 고려하여 상기 비선형 선부호화를 수행할 것인지 결정하여, 상기 송신 신호와 간섭 신호의 비율이 기준 값보다 작은 경우에만 비선형 선부호를 수행하도록 제어하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 무선통신시스템에서 간섭 제거 장치 및 방법에 관한 것으로서, 특히 다중 안테나 시스템에서 간섭 제거시 사용자별 QoS를 만족하도록 전력을 제어하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 무선 이동통신 시장의 급성장으로 인하여 무선 환경에서 다양한 멀티미디어 서비스가 요구된다. 따라서 최근에는 상기 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 전송 데이터의 대용량화 및 데이터 전송의 고속화가 진행되면서 한정된 주파수를 효율적으로 사용할 수 있는 다중 안테나 시스템(예 : MIMO(Multiple Input Multiple Output))의 연구가 진행되고 있다.

[0003] 상기 다중 안테나 시스템은 안테나별로 서로 독립적인 채널을 이용하여 데이터를 전송하여 추가적인 주파수나 송신 전력 할당 없이도 단일 안테나 시스템에 비해 전송 신뢰도와 전송률을 증가시킬 수 있다. 또한, 상기 다중 안테나 시스템은 다중 안테나를 통해 확보한 공간자원을 동시에 여러 명의 사용자가 공유하여 주파수 효율을 더욱 높일 수 있다.

[0004] 상기 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템은 사용자들간 또는 안테나들간 간섭이 발생한다. 따라서, 상기 다중 안테나 시스템은 영 강압(Zero Forcing) 빔 형성(Beam forming) 방식이나 최소 평균 제곱 오차(Minimum Mean Square Error) 방식과 같은 선형 방식을 이용하여 간섭을 줄일 수 있다.

[0005] 상기 다중 안테나 시스템에서 선형 방식을 이용하여 간섭을 제거하는 경우, 상기 다중 안테나 시스템은 구현이 쉽고, 이용할 수 있는 채널 정보가 전체 채널 정보에 비해 적더라도 에러율이 크게 증가하지 않는다는 이점이 있다. 하지만, 상기 선형방식을 이용하여 간섭을 제거하는 경우, 상기 다중 안테나 시스템은 다중 안테나를 통해 얻을 수 있는 최대 채널 용량을 얻을 수 없는 문제점이 있다.

[0006] 따라서, 상기 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템은 비선형 방식의 선부호화(Pre-coding) 방식인 더티 페이퍼 코딩(Dirty Paper Coding)을 이용하여 상기 사용자들간 또는 안테나들간 간섭을 제거한다. 상기 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템에서 상기 더티 페이퍼 코딩을 사용하는 경우, 송신 단은 모듈로(modulo) 연산을 통해 간섭을 고려한 양의 정수 값을 송신 신호에 가감하여 수신 단으로 전송한다. 이때, 상기 수신 단은 상기 송신 단과 동일한 모듈로 연산을 통해 정보를 유추할 수 있다. 예를 들어, 상기 다중 안테나 시스템은 모듈로(Modulo) 연산을 통해 상기 더티 페이퍼 코딩을 1차원으로 적용한 THP(Tonlinson-Harashima Precoding) 또는

상기 더티 페이퍼 코딩을 N차원 벡터로 적용한 VP(Vector Perturbation)을 이용하여 간섭을 제거할 수 있다.

[0007] 상술한 바와 같이 상기 다중 사용자 환경의 다중 안테나 시스템은 선형 또는 비선형 방식을 이용하여 사용자들 간 또는 안테나들 간 간섭을 줄일 수 있다.

[0008] 하지만, 상기 선형 방식을 이용하여 간섭을 제거하는 경우, 신호를 전송하기 위해 선택한 사용자들간 채널이 직교하지 않으면 상기 다중 안테나 시스템의 성능 열화 및 송신 전력이 낭비되는 문제점이 있다. 한편, 상기 비선형 방식을 이용하여 간섭을 제거하는 경우, 상기 다중 안테나 시스템의 각 사용자별 전송 속도가 일정해야하며 더티 페이퍼 코딩의 사용으로 인해 사용자별 정확한 QoS(Quality of Service)가 보장되지 않는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0009] 따라서, 본 발명의 목적은 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 최대 다이버시티 이득을 얻기 위한 선부호화(Precoding)와 더티 페이퍼 코딩(Dirty Paper Coding)을 이용하여 사용자별 또는 안테나별 간섭을 제거하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.

[0010] 본 발명의 다른 목적은 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 간섭 제거시 각 사용자별 QoS를 만족하도록 사용자별 전송 전력을 제어하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.

[0011] 본 발명의 또 다른 목적은 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 간섭 제거시 각 수신 안테나별 QoS를 만족하도록 사용자별 전송 전력을 제어하기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.

[0012] 본 발명의 또 다른 목적은 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 더티 페이퍼 코딩을 이용하여 간섭을 제거하는 경우 발생하는 오류 확산을 줄이기 위한 장치 및 방법을 제공함에 있다.

과제 해결수단

[0013] 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 제 1 견지에 따르면, 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 간섭을 제거하기 위한 방법은, 서비스를 제공하는 적어도 하나의 수신 안테나들에 대한 채널 정보를 이용하여 상기 수신 안테나들의 다이버시티 이득이 최대가 되도록하는 선부호(Precode)를 생성하는 과정과, 더티 페이퍼 코딩에 따른 전력 손실과 쉐이핑 손실(Shaping loss)을 고려하여 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력을 갱신하는 과정과, 상기 갱신한 전송 전력에 따라 상기 선부호를 갱신하여 송신 신호를 선부호화(Precoding)하는 과정과, 각각의 수신 안테나들로 전송할 상기 선부호화된 송신 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행하는 과정을 포함하한다.

[0014] 본 발명의 제 2 견지에 따르면, 다중 안테나 시스템의 송신 단 장치는, 서비스를 제공하는 적어도 하나의 수신 안테나들의 채널 정보를 이용하여 상기 수신 안테나들에 대한 전송 전력을 제어하고, 상기 전송 전력을 이용하여 상기 수신 안테나들에 대한 다이버시티 이득이 최대가 되는 선부호를 생성하는 제어부와, 상기 선부호를 이용하여 송신신호를 선부호화하고, 상기 선부호화된 송신 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행하여 각각의 송신 안테나들을 통해 전송하는 송신부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 삭제

[0016] 삭제

효 과

[0017] 상술한 바와 같이, 다중 안테나 시스템에서 사용자별 QoS(Quality of Service)를 만족하도록 전송 전력을 제어하고, 사용자별 신호대 간섭 및 잡음비에 따라 송신 신호를 정렬하여 비선형 방식을 간섭을 제거함으로써, 더티 페이퍼 코딩에 따른 오류 확산을 줄이고 더티 페이퍼 코딩에 의한 전력 손실 및 쉐이핑 손실을 줄여 서비스를

제공하는 사용자들의 수신 신호대 간섭 및 잡음비를 일정하게 맞출 수 있는 이점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0018] 이하 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 그리고, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단된 경우 그 상세한 설명은 생략한다.

[0019] 이하 본 발명은 다중 안테나 시스템에서 사용자들간 또는 수신 안테나들 간의 간섭을 제거하기 위한 기술에 대해 설명한다. 특히, 이하 본 발명은 상기 다중 안테나 시스템에서 간섭제거 시 사용자별 QoS(Quality of Service)를 만족하도록 전송 전력을 제어하고, 영 강압 기반(Zero-Forcing Based) 더티 페이퍼 코딩(Dirty Paper Coding)에 따른 오류 확산(Error Propagation)을 줄이기 위한 기술에 대해 설명한다.

[0020] 이하 설명에서 다중 안테나 시스템은 2×2시스템을 예를 들어 설명하지만, M×N시스템의 경우에도 동일하게 적용할 수 있다. 또한, 이하 설명에서 2×2시스템은 하기 도 1에 도시된 바와 같이 두 개의 안테나를 구비하는 송신 단과 하나의 안테나를 구비하는 두 개의 수신 단으로 가정하여 설명하지만, 각각 두 개의 안테나를 구비하는 송신 단과 수신 단인 경우에도 동일하게 적용할 수 있다.

[0021] 상기 다중 안테나 시스템은 사용자별 QoS를 만족하도록 전력을 제어하는 방식과 동일하게 하나의 수신 단에 포함되는 각각의 수신 안테나별 QoS를 만족하도록 전송 전력을 제어할 수 있다. 따라서, 이하 설명은 수신 안테나별 QoS를 만족하도록 전송 전력을 제어하는 것으로 가정하여 설명한다. 여기서, 상기 수신 단은 각각의 사용자들이 상기 송신 단으로부터 신호를 수신받는 수단으로 이하 설명에서 사용자와 동일한 의미를 갖는다.

[0022] 도 1은 본 발명에 따른 다중 안테나 신시스템의 구조를 도시하고 있다.

[0023] 상기 도 1에 도시된 바와 같이 상기 다중 안테나 시스템의 2개의 안테나를 구비하는 송신 단과 각각 하나의 안테나를 구비하는 두 개의 수신 단으로 구성된다.

[0024] 먼저 상기 송신 단은 부호부(100), 송신부(110), 간섭 제거 제어부(120) 및 안테나들을 포함하여 구성된다. 미도시되었지만, 상기 송신 단은 서비스 영역에 위치하는 수신 단들 중 서비스를 제공하기 위해 수신 단을 선택하는 스케줄러는 포함한다.

[0025] 상기 부호부(100)는 상기 스케줄러에서 선택한 수신 단으로 전송할 송신 신호를 미리 정해진 변조수준(예 : MCS(Modulation and Coding Scheme)레벨)에 따라 부호 및 변조하여 출력한다.

[0026] 상기 송신부(110)는 수신 단들간 또는 수신 안테나들간 간섭을 제거하기 위해 상기 간섭 제거 제어부(120)의 제어에 따라 상기 부호부(100)로부터 제공받은 신호를 선부호화 및 더티 페이퍼 코딩하여 각각의 송신 안테나들을 통해 출력한다.

[0027] 즉, 상기 송신부(110)는 상기 간섭 제거 제어부(120)로부터 제공받은 선부호 행렬을 이용하여 상기 부호부(100)로부터 제공받은 신호를 선부호화한다. 이후, 상기 송신부(110)는 상기 간섭 제거 제어부(120)의 제어에 따라 상기 선부호화된 신호를 정렬하여 더티 페이퍼 코딩한다.

[0028] 상기 간섭 제거 제어부(120)는 서비스 영역에 포함되는 수신 단들로부터 수신되는 채널 정보에 따라 각각의 수신 안테나들의 다이버시티 이득이 최대가 되도록 하는 선부호 행렬을 생성하여 상기 송신부(110)로 제공한다.

[0029] 또한, 상기 간섭 제거 제어부(120)는 상기 서비스를 제공할 수신 안테나별 QoS를 만족하도록 전력을 제어한다. 이때, 상기 간섭 제거 제어부(120)는 상기 수신 안테나별 QoS를 만족하도록 제어된 전력을 이용하여 선부호 행렬을 생성하거나 생성된 선부호 행렬을 갱신할 수 있다.

[0030] 또한, 상기 간섭 제거 제어부(120)는 더티 페이퍼 코딩에 따른 오류 확산을 줄이기 위해 상기 수신 단들로 전송할 신호를 정렬하여 더티 페이퍼 코딩을 수행하도록 상기 송신부(110)를 제어한다. 이때, 상기 간섭 제거 제어부(120)는 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량(Sum Capacity)이 최대가 되게 상기 수신 단들로 전송할 신호를 정렬하도록 상기 송신부(110)를 제어한다.

[0031] 다음으로 수신 단(130-1. 130-2)은 수신부(131-1, 131-2), 복호부(133-1, 133-2) 및 채널 추정부(135-1, 135-

2)를 포함하여 구성된다. 여기서, 상기 수신 단 1(130-1)과 수신 단 2(130-2)는 동일하게 구성된다.

[0032] 상기 수신부(131-1, 131-2)는 수신 안테나를 통해 수신된 신호를 상기 복호부(133-1, 133-2)와 채널 추정부(135-1, 135-2)로 전송한다. 이때, 상기 수신부(131-1, 131-2)는 상기 송신 단의 송신부(110)에서 수행한 더티 페이퍼 코딩과 선부호에 의해 부호화된 신호를 복호한다.

[0033] 상기 복호부(133-1, 133-2)는 상기 수신부(131-1, 131-2)로부터 제공받은 신호를 미리 정해진 변조 수준(예 : MCS레벨)에 따라 복조 및 복호하여 전송 신호를 검출한다.

[0034] 상기 채널 추정부(135-1, 135-2)는 상기 수신부(131-1, 131-2)로부터 제공받은 신호를 이용하여 하향링크 채널을 추정한다. 이후, 상기 채널 추정부(135-1, 135-2)는 상기 하향링크 채널 정보를 상기 송신 단으로 피드백한다.

[0035] 도 2는 본 발명에 따른 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 송신부의 블록 구성을 도시하고 있다.

[0036] 상기 도 2에 도시된 바와 같이 상기 송신부(110)는 선부호부(200)와 더티 페이퍼 부호부(210)를 포함하여 구성된다.

[0037] 먼저 상기 선부호부(200)는 상기 간섭 제거 제어부(120)로부터 제공받은 수신 안테나별 최대 다이버시티 이득을 얻을 수 있도록 생성한 선부호 행렬을 이용하여 상기 부호부(100)로부터 제공받은 신호를 선부호화한다.

[0038] 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 상기 선부호부(200)로부터 제공받은 선부호화된 행렬의 행(row)을 상기 간섭 제거 제어부(120)의 제어에 따라 정렬하여 더티 페이퍼 코딩을 수행한다. 즉, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 상기 간섭 제거 제어부(120)의 제어에 따라 각 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량이 최대가 되도록 상기 선부호화된 행렬의 행(row)을 정렬하여 더티 페이퍼 코딩한다. 여기서, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)에서 상기 선부호화된 행렬의 행을 정렬함에 따라 수신 안테나들의 순서가 바뀌게 된다. 따라서, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 상기 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 따라 수신 안테나들을 정렬하여 더티 페이퍼 코딩한다.

[0039] 예를 들어, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 사용자들간 또는 수신 안테나들 간 간섭을 줄이기 위해 간섭 신호에 비례하도록 전송 신호를 부호화하여 출력한다. 이때, 수신 단이 상기 송신 단으로부터 수신받는 신호는 하기 <수학식 1>과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0040] $$r = Hx + n = HAc + n = Bc + n$$

[0041] 여기서, 상기 r은 송신 단으로부터 수신받은 신호를 나타내고, 상기 H는 송신 단과 수신 안테나 사이의 채널을 나타내며, 상기 x는 상기 송신 단에서 선부호화 및 더티 페이퍼 코딩하여 전송한 신호를 나타낸다. 또한, 상기 n은 상기 수신 안테나의 백색 잡음(Additive White Gaussian Noise)을 나타내고, 상기 A는 송신 단에서 각 수신 안테나별 최대 다이버시티 이득을 위한 선부호 및 더티 페이퍼 코딩을 위한 행렬을 나타내며, 상기 c는 송신 단에서 전송한 원본 신호를 나타낸다.

[0042] 상기 <수학식 1>을 이용하여 수신 안테나별로 수신하는 신호를 나타내면 하기 <수학식 2>와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 2

[0043] $$\begin{aligned} r_1 &= b_{11} c_1 + b_{12} c_2 + \cdots + b_{1N} c_N + n_1 \\ r_2 &= [\, b_{21} c_1] + b_{22} c_2 + \cdots + b_{2N} c_N + n_2 \\ &\vdots \\ r_K &= [\, b_{K1} c_1 + b_{K2} c_2 + \cdots + b_{K(N-1)} c_{N-1}] + b_{KN} c_N + n_K \end{aligned}$$

[0044] 여기서, 상기 r_i는 i번째 수신 안테나를 통해 수신된 신호를 나타내고, 상기 $b_{i,j}$는 송신 단의 j번째 송신 안테나

에서 수신 단의 i번째 수신 안테나로 전송하는 신호의 최대 다이버시티 이득을 위한 선부호 및 더티 페이퍼 코딩을 위한 행렬을 나타내며, 상기 c_j는 상기 송신 단에서 j번째 송신 안테나를 통해 전송한 원본 신호를 나타낸다. 또한, 상기 n_i는 수신 단에서 i번째 상기 수신 안테나의 백색 잡음을 나타낸다.

[0045] 이때, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 사용자들간 또는 안테나들간 간섭을 제거하기 위해 영 강압 기반 더티 페이퍼 코딩을 이용하여 상기 <수학식 2>의 []부분을 제거할 수 있다. 즉, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 첫 번째 수신 안테나로는 원본 신호를 전송한다. 이때, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 상기 첫 번째 수신 안테나에서 수신하는 신호 r_1을 알 수 있다.

[0046] 이후, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 상기 첫 번째 수신 안테나로 전송한 신호(c_1)를 이용한 더티 페이퍼 코딩을 수행하여 두 번째 수신 안테나로 전송할 신호의 간섭을 제거한다. 즉, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 상기 r_1을 복호하여 검출한 c_1을 이용하여 두 번째 수신 안테나에서 $[b_{21}c_1]$가 제거된 신호를 수신할 수 있도록 상기 두 번째 수신 안테나로 전송할 신호에 상기 $[b_{21}c_1]$를 고려한 값으로 부호화한다.

[0047] 상술한 바와 같이 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 c_1을 이용하여 c_2의 간섭을 제거하고, c_1부터 c_{N-1}를 이용하여 c_N의 간섭을 제거한다.

[0048] 하지만, c_1에 오류가 포함된 경우, 상기 c_1에 포함된 오류가 상기 c_2뿐만 아니라 c_K까지 신호를 복호하는데 영향을 미쳐 상기 c_1의 오류가 점점 확산된다.

[0049] 이를 해결하기 위해 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 상기 간섭 제거 제어부(120)의 제어에 따라 수신 안테나들을 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량을 고려하여 정렬한다. 이후, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 상기 정렬된 수신 안테나들에 따라 채널 상태가 좋아 오류가 발생할 확률이 낮은 수신 안테나들로 전송할 신호부터 더티 페이퍼 코딩을 수행한다. 또한, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 상기 정렬된 수신 안테나들로 전송한 신호를 수신 안테나별 간섭 신호에 고려하여 더티 페이퍼 코딩을 수행한다. 이때, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 하기 <수학식 3>과 같이 수신 안테나별 간섭 신호를 적용한 값으로 전송신호를 더티 페이터 코딩한다.

수학식 3

[0050]
$$u_j = \frac{\left[\sum_{i=1}^{j-1} b_{ji}\, c_i\right]}{b_{jj}}$$

[0051] 여기서, 상기 u_j는 j번째 수신 안테나로 전송할 신호를 더티 페이퍼 코딩하기 위한 변수를 나타내고, 상기 $\sum_{i=1}^{j-1} b_{ji}\, c_i$는 상기 j번째 수신 안테나에 대한 간섭 신호를 나타낸다.

[0052] 상기 <수학식 3>과 같이 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 수신 안테나별 간섭 신호를 고려하여 j번째 수신 안테나로 전송할 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행한다.

[0053] 상기 더티 페이퍼 코딩을 수행하는 경우, j번째 수신 안테나의 채널에 대한 간섭 신호의 영향이 기준 값 이상이면 더티 페이퍼 코딩을 수행하는 과정에서 오류가 발생한 확률이 높다. 따라서, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 간섭 신호와 송신 신호의 상대적인 비율에 따라 선택적으로 더티 페이퍼 코딩을 수행할 수 있다. 따라서, 상기 더티 페이퍼 부호부(210)는 오류가 큰 신호가 다음 신호에 영향을 미치지 않도록 할 수 있다.

[0054] 도 3은 본 발명의 실시 예에 따른 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 간섭 제거 제어부의 블록 구성을 도시하고 있다.

[0055] 상기 도 3에 도시된 바와 같이 상기 간섭 제거 제어부(120)는 선부호 제어부(300), 사용자 정렬부(310) 및 전력 제어부(320)를 포함하여 구성된다.

[0056] 상기 선부호 제어부(300)는 수신 단들로부터 수신되는 채널 정보에 따라 각 수신 안테나별로 다이버시티 이득이 최대가 되도록하는 선부호 행렬을 생성한다. 예를 들어, 상기 선부호 제어부(300)는 하기 <수학식 4>와 같은 원소로 구성되는 선부호 행렬을 생성한다.

수학식 4

$$a_{k,j}=\sqrt{P_j}\cdot\frac{h^{*}_{j,k}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{N}|h_{j,k}|^2}}$$

[0057]

[0058] 여기서, 상기 $a_{k,j}$는 j번째 송신 안테나와 k번째 수신 안테나의 다이버시티 이득을 최대가 되도록 전송 신호를 선부호화하는 선부호 행렬의 원소를 나타내고, 상기 P_j는 j번째 수신 안테나로 전송할 신호의 전송 전력을 나타낸다. 또한, 상기 $h_{j,k}$는 j번째 수신 안테나와 k번째 송신 안테나 사이의 채널 정보를 나타내며, 상기 N은 송신 안테나의 개수를 나타낸다.

[0059] 상기 송신 단은 전체 전송 전력을 일정하게 유지하기 위해 상기 <수학식 4>에서 산출한 선부호 행렬의 원소들이 하기 <수학식 5>의 조건을 만족해야한다.

수학식 5

$$\sum_{i=1}^{2}\sum_{j=1}^{2}|a_{i,j}|^2=1$$

[0060]

[0061] 여기서, 상기 $a_{i,j}$는 j번째 송신 안테나와 i번째 수신 안테나의 다이버시티 이득을 최대가 되도록 전송 신호를 선부호화하는 선부호 행렬의 원소를 나타낸다. 이때, 상기 $|a_{i,j}|^2$는 상기 $a_{i,j}$의 전송 전력(P_j)을 나타낸다.

[0062] 상기 <수학식 5>에 따라 상기 선부호 행렬의 원소들에 대한 전력의 합은 1이 되어야 한다.

[0063] 또한, 상기 <수학식 4>와 같은 원소로 구성되는 선부호 행렬에서 각 열의 전송 전력은 수신 안테나별 혹은 사용자별 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 최적화되어야 한다. 따라서, 상기 선부호 제어부(300)는 각 수신 안테나들에 대한 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량을 산출한다. 이후, 상기 선부호 제어부(300)는 각 수신 안테나별 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 최적화되도록 상기 선부호 행렬에서 각 수신 안테나에 대한 전송 전력을 제어한다. 예를 들어, 상기 각 수신 안테나에 대한 신호대 간섭 및 잡음비를 하기 <수학식 6>과 같이 산출할 수 있다.

수학식 6

$$\lambda_K=\frac{|b_{KK}c_K|^2}{\left|\sum_{j=K+1}^{N}b_{Kj}c_j\right|^2+\frac{1}{SNR_K}}$$

[0064]

[0065] 여기서, 상기 λ_k는 k번째 수신 안테나에 대한 신호대 간섭 및 잡음비를 나타내고, 상기 SNR_k는 k번째 수신 안테나에 대한 원래 신호대 잡음비를 나타낸다. 또한, 상기 $b_{i,K}$는 K번째 송신 안테나를 통해 전송되는 신호를 i번째 수신 안테나의 다이버시티 이득을 최대가 되도록 선부호화하는 선부호 행렬과 채널 행렬의 곱에 대한 원소를 나타내고, 상기 N은 송신 안테나의 개수를 나타낸다.

[0066] 상기 <수학식 6>을 이용하면 상기 도 1과 같이 구성되는 다중 안테나 시스템에서 첫 번째 수신 안테나와 두 번

째 수신 안테나의 신호대 간섭 및 잡음비를 하기 <수학식 7>과 같이 산출할 수 있다.

수학식 7

$$\lambda_1 = \frac{|h_{11}a_{11} + h_{12}a_{21}|^2}{|h_{11}a_{12} + h_{12}a_{22}|^2 + \frac{1}{SNR_1}}$$

$$\lambda_2 = |h_{21}a_{12} + h_{22}a_{22}|^2 \cdot SNR_2$$

[0067]

[0068] 여기서, 상기 λ_i는 i번째 수신 안테나의 신호대 간섭 및 잡음비를 나타내고, 상기 h_{ij}는 i번째 수신 안테나와 j번째 송신 안테나 사이의 채널을 나타내며, 상기 a_{ij}는 j번째 송신 안테나를 통해 전송되는 신호를 i번째 수신 안테나의 다이버시티 이득을 최대가 되도록 선부호화하는 선부호 행렬의 원소를 나타내고, 상기 SNR_i는 i번째 수신 안테나의 신호대 잡음비를 나타낸다.

[0069] 상기 선부호 제어부(300)는 상기 <수학식 7>의 a를 상기 <수학식 4>로 치환하고 상기 첫 번째 수신 안테나와 두 번째 수신 안테나의 신호대 간섭 및 잡음비가 $\lambda_1=\lambda_2$를 만족하므로 하기 <수학식 8>과 같이 첫 번째 수신 안테나의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 최적화된 전송 전력(P_1)을 산출할 수 있다.

수학식 8

$$\sqrt{|h_{11}|^2+|h_{12}|^2}\cdot P_1 = (1-K\cdot P_1)^2 \cdot \frac{|h_{11}h^*_{21}+h_{12}h^*_{22}|^2}{\sqrt{|h_{21}|^2+|h_{22}|^2}^2}\cdot SNR_2 + (1-K\cdot P_1)\cdot\sqrt{|h_{21}|^2+|h_{22}|^2}\cdot\frac{SNR_2}{SNR_1}$$

[0070]

[0071] 여기서, 상기 h_{ij}는 i번째 수신 안테나와 j번째 송신 안테나 사이의 채널을 나타내고, 상기 P_i는 i번째 수신 안테나로 전송하기 위한 전송 전력을 나타내며, 상기 SNR_i는 i번째 수신 안테나의 신호대 잡음비를 나타낸다.

[0072] 상기 선부호 제어부(300)는 상기 <수학식 8>을 이용하여 첫 번째 수신 안테나에 대한 전송 전력을 산출한다. 이때 첫 번째 수신 안테나와 두 번째 수신 안테나에 대한 전송 전력의 합이 1($P_1+P_2=1$)이 되어야 하므로 상기 선부호 제어부(300)는 상기 첫 번째 수신 안테나에 대한 전송 전력을 이용하여 두 번째 수신 안테나에 대한 전송 전력을 산출할 수 있다.

[0073] 이후, 상기 선부호 제어부(300)는 상기 전력 제어부(320)에서 결정되는 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력에 따라 상기 선부호 행렬의 각 원소를 갱신할 수 있다. 예를 들어, 상기 선부호 제어부(300)는 수신 안테나들의 채널 정보에 따라 선부호 행렬을 생성한다. 이후, 상기 전력 제어부(320)에서 결정되는 전송 전력에 대한 가중치를 적용하여 선부호 행렬을 변경할 수 있다. 다른 실시 예로, 상기 선부호 제어부(300)는 상기 전력 제어부(320)로부터 제공받은 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력을 적용하여 선부호 행렬을 생성할 수도 있다.

[0074] 상기 사용자 정렬부(310)는 상기 선부호 제어부(300)로부터 제공받은 각각의 수신 안테나들에 대한 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 따라 서비스를 제공할 수신 안테나들을 정렬한다. 이때, 상기 사용자 정렬부(310)는 상기 <수학식 7>과 같이 산출된 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량과 상기 <수학식 6>과 <수학식 7>의 순서를 섞어서 산출된 신호대 간섭 및 잡음비 또는 전체 합 용량을 고려하여 상기 수신 안테나들을 정렬한다.

[0075] 이후, 상기 사용자 정렬부(310)는 상기 정렬된 수신 안테나들의 정보를 이용하여 상기 더티 페이퍼 부호부(210)에서 상기 선부호부(200)로부터 제공받은 행렬의 열(row)을 정렬하도록 제어한다.

[0076] 상기 전력 제어부(320)는 상기 선부호 제어부(300)로부터 제공받은 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량을 이용하여 더티 페이퍼 코딩에 따른 전력 손실과 쉐이핑 손실(Shaping loss)에 따른 전송 전력이 최적화되도록 각 수신 안테나에 대한 전송 전력을 제어한다. 상기 더티 페이퍼 코딩을 수행하는 경우, 상기 송신 단은 전송 신호의 심볼들을 간섭을 고려한 값으로 부호화하기 때문에 M/(M-1)의 전력을 더 사용한다. 또한, 상기 송신 단은 더티 페이퍼 코딩에 따른 쉐이핑 손실이 발생한다. 따라서, 상기 전력 제어부(320)는 상

기 더티 페이퍼 코딩에 따른 전력 손실과 쉐이핑 손실을 고려하여 각 수신 안테나에 대한 전송 전력이 최적화되도록 전송 전력을 제어한다. 여기서, 상기 M은 변조 지수(modulation order)를 나타낸다.

[0077] 예를 들어, 상기 전력 제어부(320)는 상기 전력 손실 및 쉐이핑 손실을 고려하여 산출한 각각의 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비의 차가 하기 <수학식 9>를 만족하도록 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력을 제어한다.

수학식 9

[0078] $$|SINR_{1,k} - SINR_{2,k}| < \varepsilon$$

[0079] 여기서, 상기 $SINR_{i,k}$는 전력 손실 및 쉐이핑 손실을 고려한 i번째 송신 안테나와 k번째 수신 안테나 사이의 신호대 간섭 및 잡음비를 나타내고, 상기 ε는 기준 값을 나타낸다.

[0080] 상기 전력 제어부(320)는 상기 전력 손실 및 쉐이핑 손실을 고려하여 산출한 각각의 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비가 상기 <수학식 9>을 만족하면 상기 선부호 제어부(300)에서 산출한 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력을 유지한다. 하지만, 상기 전력 손실 및 쉐이핑 손실을 고려하여 산출한 각각의 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비가 상기 <수학식 9>를 만족하지 못하면, 상기 선부호 제어부(300)에서 산출한 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력을 일정비율 가감한다. 다른 실시 예를 들어, 상기 전력 제어부(320)는 상기 전력 손실 및 쉐이핑 손실을 고려하여 산출한 각각의 수신 안테나들의 전체 합 용량의 차를 이용하여 상기 <수학식 9>와 동일하게 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력을 제어할 수도 있다.

[0081] 만일, 상기 전력 제어부(320)에서 전송 전력을 제어하는 경우, 상기 전력 제어부(320)는 상기 변경된 수신 안테나들의 전송 전력을 상기 선부호 제어부(300)로 제공하여 선부호 행렬을 갱신하도록 한다.

[0082] 이하 설명은 상기 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 사용자들 간 또는 수신 안테나들 간 간섭을 제거하기 위한 방법에 대해 설명한다.

[0083] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따라 다중 안테나 시스템에서 간섭을 제거하기 위한 절차를 도시하고 있다.

[0084] 상기 도 4를 참조하면, 먼저 상기 송신 단은 401단계에서 서비스를 제공하기 위한 수신 단들이 포함하는 수신 안테나들에 대한 채널 정보를 확인한다. 예를 들어, 상기 송신 단은 서비스 영역에 위치하는 수신 단들로부터 제공받은 피드백 정보를 통해 상기 수신 단들이 포함하는 수신 안테나들의 채널정보를 확인한다. 이후, 상기 송신 단은 스케줄링을 통해 상기 수신 단들 중 서비스를 제공하기 위한 수신 단들을 선택한다.

[0085] 상기 서비스를 제공하기 위한 수신 단들이 포함하는 수신 안테나들의 채널 정보를 확인한 후, 상기 송신 단은 403단계로 진행하여 상기 수신 안테나들의 채널 정보를 이용하여 각각의 수신 안테나별 다이버시티 이득이 최대가 되도록하는 선부호 행렬을 생성한다. 예를 들어, 상기 송신 단은 상기 <수학식 4>의 원소로 이루어지는 선부호 행렬을 생성한다. 이때, 상기 송신 단은 상기 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 최적화되는 전송 전력을 이용하여 상기 선부호 행렬을 생성한다.

[0086] 상기 선부호 행렬을 생성한 후, 상기 송신 단은 405단계로 진행하여 상기 수신 안테나들을 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 따라 정렬한다. 또한, 상기 송신 단은 상기 선부호 행렬의 행들을 상기 정렬한 수신 안테나들과 동일하게 정렬한다.

[0087] 이후, 상기 송신 단은 407단계로 진행하여 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력이 쉐이핑 손실과 더티 페이퍼 코딩에 의한 전력 손실을 고려하여 각각의 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 최적화되는지 확인한다. 즉, 상기 송신 단은 각각의 수신 안테나들에 대한 쉐이핑 손실과 상기 전력 손실을 고려한 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량을 산출한다. 이후, 상기 송신 단은 상기 산출한 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비의 차 혹은 전체 합 용량의 차와 기준 값 1을 비교한다.

[0088] 만일, 상기 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량의 차가 기준 값 1보다 크거나 같으면 ($|SINR_{1,k}-SINR_{2,k}| \geq$ 기준 값 1 혹은 $|C_{1,k}-C_{2,k}| \geq$ 기준값 1), 상기 송신 단은 417단계로 진행하여 각각의 수신 안테나들에 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량이 최적이 되는 전력을 할당한다. 즉, 상기 송신 단은 상기 선부호 행렬을 생성하기 위해 산출한 각 수신 안테나에 대한 전송 전력을 쉐이핑 손실과 전력 손실을 고려한

전송 전력으로 조절한다.

[0089] 이후, 상기 송신 단은 419단계로 진행하여 상기 변경된 수신 안테나들에 대한 전송 전력에 따라 상기 403단계에서 생성한 선부호 행렬을 갱신한다. 예를 들어, 상기 송신 단은 상기 403단계에서 생성한 선부호 행렬에 상기 변경된 전송 전력에 따른 가중치를 적용하여 상기 선부호 행렬을 갱신한다. 다른 실시 예로 상기 송신 단은 상기 변경된 전송 전력을 상기 <수학식 4>에 적용하여 새로운 선부호 행렬을 생성할 수도 있다.

[0090] 상기 선부호 행렬을 갱신한 후, 상기 송신 단은 상기 407단계로 되돌아가 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력이 쉐이핑 손실과 상기 전력 손실을 고려한 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 최적화되는지 확인한다.

[0091] 한편, 상기 407단계에서 상기 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량의 차가 기준 값 1보다 작으면($|SINR_{1,k}-SINR_{2,k}|$ < 기준 값 1 혹은 $|C_{1,k}-C_{2,k}|$ < 기준값 1), 상기 송신 단은 409단계로 진행하여 상기 생성한 선부호 행렬을 이용하여 전송 신호를 선부호화한다.

[0092] 상기 선부호화를 수행한 후, 상기 송신 단은 411단계로 진행하여 j번째 수신 안테나로 전송할 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단하기 위해 상기 전송 신호와 간섭 신호의 비율을 확인한다. 이때, 상기 송신 단은 상기 405단계에서 정렬된 순서에 따라 상기 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단한다.

[0093] 만일, 상기 간섭 신호의 비율이 기준 값 2보다 큰 경우, 상기 송신 단은 421단계로 진행하여 상기 j번째 수신 안테나로 전송할 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행하지 않고 0으로 설정한다. 즉, 상기 송신 단은 상기 선부호화된 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행할 때, 간섭의 영향이 커 부호화하는 과정에서 오류가 발생할 확률이 큰 신호에 대해서는 더티 페이퍼 코딩을 수행하지 않도록 제어한다.

[0094] 이후, 상기 송신 단은 다음 채널의 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단하기 위한 상기 수신 안테나 인덱스인 j를 한 단계 증가시킨다. 이후, 상기 송신 단은 상기 411단계로 되돌아가 상기 증가된 j번째 수신 안테나로 전송할 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단한다.

[0095] 한편, 상기 간섭 신호의 비율이 기준 값 2보다 작거나 같은 경우, 상기 송신 단은 413단계로 진행하여 상기 j번째 수신 안테나로 전송할 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행한다.

[0096] 이후, 상기 송신 단은 415단계로 진행하여 모든 송신 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행하였는지 확인한다.

[0097] 만일, 모든 송신 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행하지 않은 경우($j < K$), 상기 송신 단은 상기 421단계로 진행하여 다음 채널의 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단하기 위해 상기 수신 안테나 인덱스인 j를 한 단계 증가시킨다.

[0098] 이후, 상기 송신 단은 상기 411단계로 진행하여 한 단계 증가한 j 번째 수신 안테나로 전송할 신호에 에 대한 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단한다.

[0099] 한편, 상기 415단계에서 모든 송신 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행한 경우($j \geq K$), 상기 송신 단은 본 알고리즘을 종료한다.

[0100] 도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따라 다중 안테나 시스템에서 간섭을 제거하기 위한 절차를 도시하고 있다.

[0101] 상기 도 5를 참조하면, 먼저 상기 송신 단은 501단계에서 서비스를 제공하기 위한 수신 단들이 포함하는 수신 안테나들에 대한 채널 정보를 확인한다. 예를 들어, 상기 송신 단은 서비스 영역에 위치하는 수신 단들로부터 제공받은 피드백 정보를 통해 상기 수신 단들이 포함하는 수신 안테나들의 채널정보를 확인한다. 이후, 상기 송신 단은 스케줄링을 통해 상기 수신 단들 중 서비스를 제공하기 위한 수신 단들을 선택한다.

[0102] 상기 서비스를 제공하기 위한 수신 단들이 포함하는 수신 안테나들의 채널 정보를 확인한 후, 상기 송신 단은 503단계로 진행하여 상기 수신 안테나들의 채널 정보를 이용하여 각 수신 안테나별 다이버시티 이득이 최대가 되도록하는 선부호 행렬을 생성한다. 예를 들어, 상기 송신 단은 상기 <수학식 4>의 원소로 이루어지는 선부호 행렬을 생성한다. 이때, 상기 송신 단은 상기 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 최적화되는 전송 전력을 이용하여 상기 선부호 행렬을 생성한다.

[0103] 상기 선부호 행렬을 생성한 후, 상기 송신 단은 505단계로 진행하여 각 수신 안테나에 대한 전송 전력이 쉐이핑 손실과 더티 페이퍼 코딩에 따른 전력 손실을 고려한 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 최적화되는지

확인한다. 즉, 상기 송신 단은 각각의 수신 안테나들에 대한 쉐이핑 손실과 상기 전력 손실을 고려한 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량을 산출한다. 이후, 상기 송신 단은 상기 산출한 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비의 차 혹은 전체 합 용량의 차와 기준 값 1을 비교한다.

[0104] 만일, 상기 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량의 차가 기준 값 1보다 크거나 같으면 ($|SINR_{1,k}-SINR_{2,k}| \geq$ 기준 값 1 혹은 $|C_{1,k}-C_{2,k}| \geq$ 기준값 1), 상기 송신 단은 517단계로 진행하여 각각의 수신 안테나들에 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량이 최적이 되는 전력을 할당한다. 즉, 상기 송신 단은 상기 선부호 행렬을 생성하기 위해 산출한 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력을 쉐이핑 손실과 전력 손실을 고려한 전송 전력으로 조절한다.

[0105] 이후, 상기 송신 단은 519단계로 진행하여 상기 변경된 수신 안테나들에 대한 전송 전력에 따라 상기 503단계에서 생성한 선부호 행렬을 갱신한다. 예를 들어, 상기 송신 단은 상기 503단계에서 생성한 선부호 행렬에 상기 변경된 전송 전력에 따른 가중치를 적용하여 상기 선부호 행렬을 갱신한다. 다른 실시 예로 상기 송신 단은 상기 변경된 전송 전력을 상기 <수학식 4>에 적용하여 새로운 선부호 행렬을 생성할 수도 있다.

[0106] 상기 선부호 행렬을 갱신한 후, 상기 송신 단은 상기 505단계로 되돌아가 각각의 수신 안테나들에 대한 전송 전력이 쉐이핑 손실과 상기 전력 손실을 고려한 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 최적화되는지 확인한다.

[0107] 한편, 상기 505단계에서 상기 수신 안테나들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량의 차가 기준 값 1보다 작으면($|SINR_{1,k}-SINR_{2,k}| <$ 기준 값 1 혹은 $|C_{1,k}-C_{2,k}| <$ 기준값 1), 상기 송신 단은 507단계로 진행하여 상기 생성한 선부호 행렬을 이용하여 송신 신호를 선부호화한다.

[0108] 상기 선부호화를 수행한 후, 상기 송신 단은 509단계로 진행하여 상기 수신 안테나들에 대한 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 따라 상기 선부호화된 신호를 정렬한다. 이때, 상기 송신 단은 상기 선부호화된 신호 행렬의 행(row)을 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량이 큰 순서대로 정렬한다. 이 경우, 상기 송신 단에서 서비스를 제공하기 위한 수신 안테나들의 순서도 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량의 크기에 따라 정렬된다.

[0109] 상기 송신 신호를 정렬한 후, 상기 송신 단은 511단계로 진행하여 j번째 수신 안테나로 전송할 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단하기 위해 상기 전송 신호와 간섭 신호의 비율을 확인한다. 이때, 상기 송신 단은 상기 509단계에서 정렬된 순서에 따라 상기 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단한다.

[0110] 만일, 상기 간섭 신호의 비율이 기준 값 2보다 큰 경우, 상기 송신 단은 521단계로 진행하여 상기 j번째 수신 안테나로 전송할 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행하지 않고 0으로 설정한다. 즉, 상기 송신 단은 상기 선부호화된 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행할 때, 간섭의 영향이 커 부호화하는 과정에서 오류가 발생할 확률이 큰 신호에 대해서는 더티 페이퍼 코딩을 수행하지 않도록 제어한다.

[0111] 이후, 상기 송신 단은 다음 채널의 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단하기 위한 상기 수신 안테나 인덱스인 j를 한 단계 증가시킨다. 이후, 상기 송신 단은 상기 511단계로 되돌아가 상기 증가된 j번째 수신 안테나로 전송할 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단한다.

[0112] 한편, 상기 간섭 신호의 비율이 기준 값 2보다 작거나 같은 경우, 상기 송신 단은 513단계로 진행하여 상기 j번째 수신 안테나로 전송할 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행한다.

[0113] 이후, 상기 송신 단은 515단계로 진행하여 모든 송신 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행하였는지 확인한다.

[0114] 만일, 모든 송신 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행하지 않은 경우($j < K$), 상기 송신 단은 상기 521단계로 진행하여 다음 채널의 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단하기 위한 상기 수신 안테나 인덱스인 j를 한 단계 증가시킨다.

[0115] 이후, 상기 송신 단은 상기 511단계로 진행하여 한 단계 증가한 j 번째 수신 안테나로 전송할 신호에 에 대한 더티 페이퍼 코딩 수행 여부를 판단한다.

[0116] 한편, 상기 515단계에서 모든 송신 신호에 대한 더티 페이퍼 코딩을 수행한 경우($j \geq K$), 상기 송신 단은 본 알고리즘을 종료한다.

[0117] 이하 설명은 상기 다중 안테나 시스템에서 사용자별 또는 수신 안테나별 간섭을 제거하는 경우, 수신 안테나별 QoS(Quality of Service)를 만족하도록 전송 전력을 제어하고, 더티 페이퍼 코딩(Dirty Paper Coding)에 따른 오류 확산(Error Propagation)을 줄이기 위한 정렬에 따른 성능 변화에 대해 설명한다.

[0118] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따라 다중 안테나 시스템에서 간섭 제거에 따른 성능 변화 그래프를 도시하고 있다. 여기서, 가로축은 신호대 잡음비를 나타내고, 세로축은 오류 발생 확률을 나타낸다.

[0119] 상기 도 6을 참조하면 상기 도 6의 (a)는 전송 전력을 제어하지 않고 더티 페이퍼 코딩을 수행하는 경우의 오류가 발생할 확률을 나타내고, 상기 도 6의 (b)는 본 발명에 따라 전송 전력을 제어하고 더티 페이퍼 코딩을 수행하는 경우의 오류가 발생할 확률을 나타낸다.

[0120] 상기 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이 DPC2의 첫 번째 사용자와 두 번째 사용자의 신호대 잡음비에 따른 오류 발생 확률이 더티 페이퍼 코딩에 의한 전력 손실과 쉐이핑 손실에 의해 큰 차이가 발생한다.

[0121] 하지만, 상기 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이 더티 페이퍼 코딩에 의한 전력 손실과 쉐이핑 손실을 고려하여 전력을 제어한 후, 더티 페이퍼 코딩을 수행하면, DPC2의 첫 번째 사용자와 두 번째 사용자의 신호대 잡음비에 따른 오류 발생 확률이 동일하게 나타난다.

[0122] 상술한 실시 예에서 상기 다중 안테나 시스템의 송신 단은 사용자별 QoS(Quality of Service)를 만족하도록 전송 전력을 제어된 선부호 행렬을 이용하여 전송 신호를 선부호화한다. 이후, 상기 송신 단은 수신 단들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 따라 상기 선부호화된 전송 신호를 정렬하여 더티 페이퍼 코딩을 수행한다.

[0123] 다른 실시 예로 상기 다중 안테나 시스템의 송신 단은 수신 단들의 신호대 간섭 및 잡음비 혹은 전체 합 용량에 따라 선부호화되지 않은 전송 신호를 정렬하여 더티 페이퍼 코딩을 수행할 수도 있다.

[0124] 한편 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시 예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능하다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니 되며 후술하는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면의 간단한 설명

[0125] 도 1은 본 발명에 따른 다중 안테나 신시스템의 구조를 도시하는 도면,

[0126] 도 2는 본 발명에 따른 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 송신부의 블록 구성을 도시하는 도면,

[0127] 도 3은 본 발명에 따른 다중 안테나 시스템의 송신 단에서 간섭 제거 제어부의 블록 구성을 도시하는 도면,

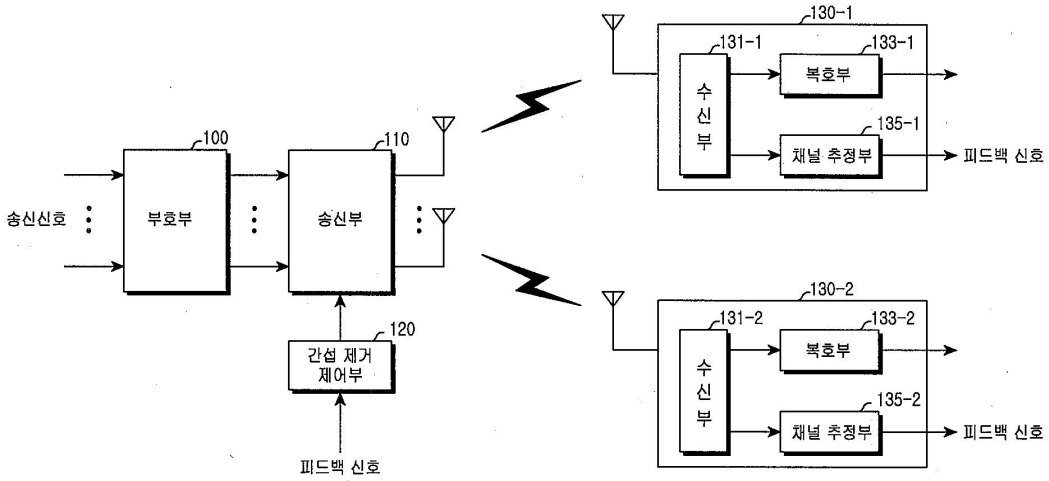
[0128] 도 4는 본 발명의 실시 예에 따라 다중 안테나 시스템에서 간섭을 제거하기 위한 절차를 도시하는 도면,

[0129] 도 5는 본 발명의 다른 실시 예에 따라 다중 안테나 시스템에서 간섭을 제거하기 위한 절차를 도시하는 도면, 및

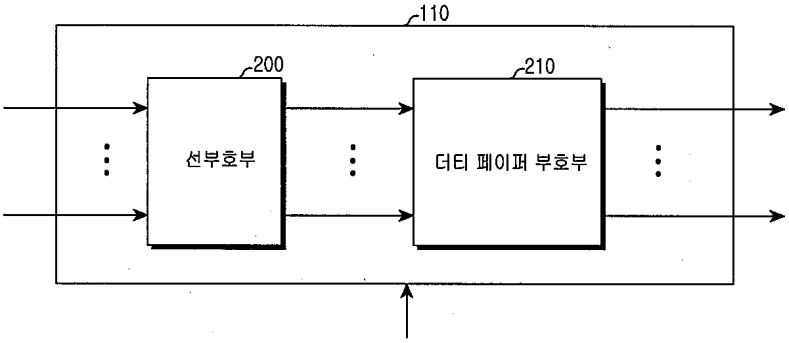
[0130] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따라 다중 안테나 시스템에서 간섭 제거에 따른 성능 변화 그래프.

도면

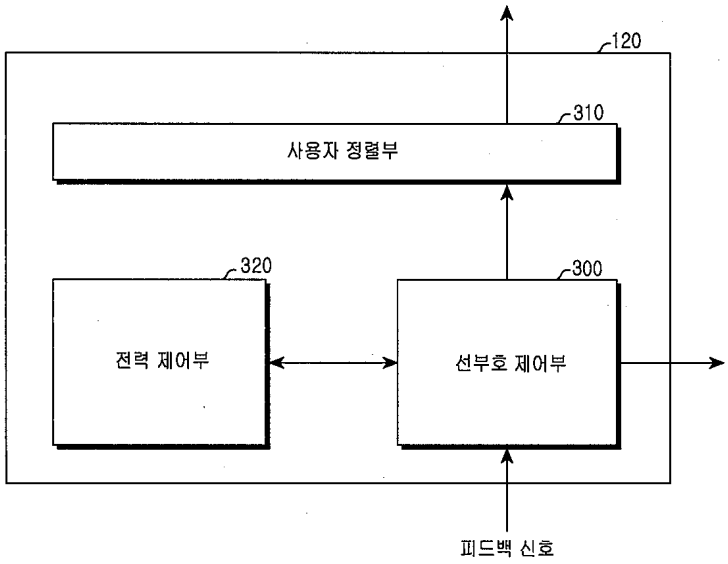
도면1


송신신호
부호부
100
송신부
110
간섭 제거 제어부
120
피드백 신호
130-1
131-1
수신부
133-1
복호부
135-1
채널 추정부
피드백 신호
130-2
131-2
수신부
133-2
복호부
135-2
채널 추정부
피드백 신호

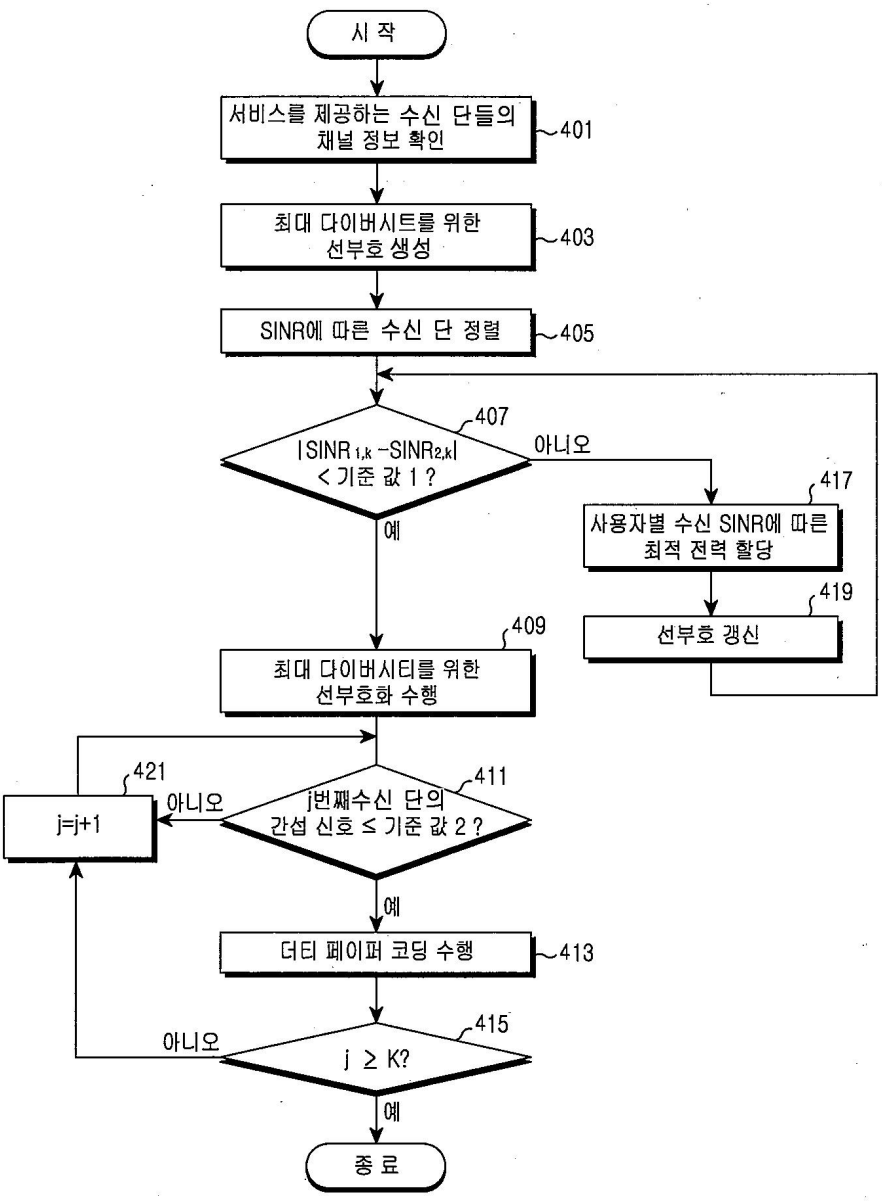
도면2


110
200
선부호부
210
더티 페이퍼 부호부

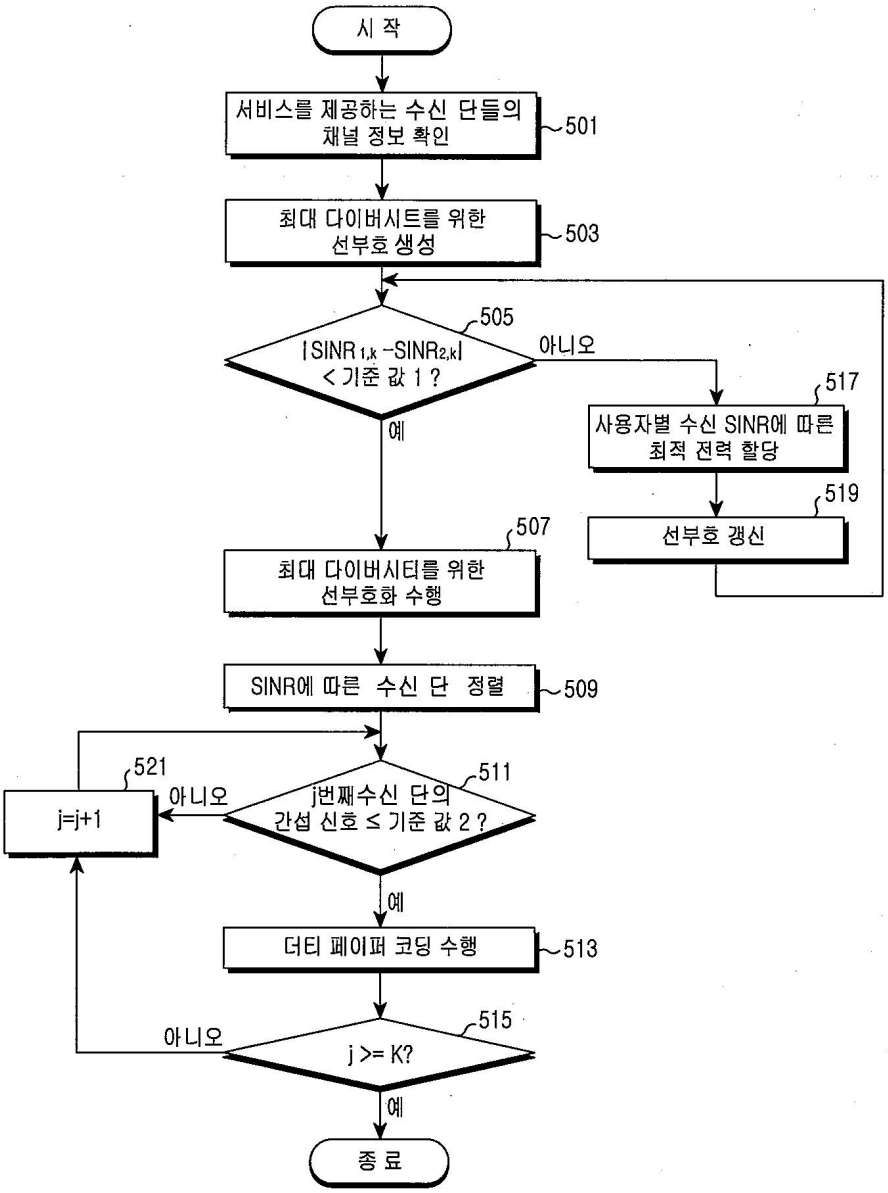
도면3



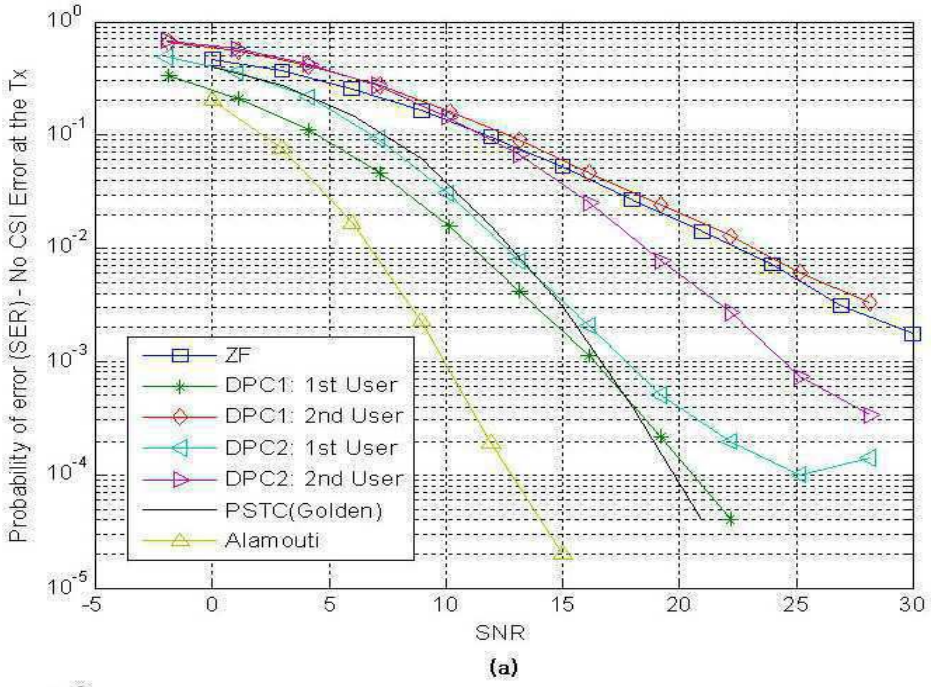
도면4


시 작
서비스를 제공하는 수신 단들의 채널 정보 확인
401
최대 다이버시트를 위한 선부호 생성
403
SINR에 따른 수신 단 정렬
405
407
|SINR 1,k -SINR2,k| < 기준 값 1 ?
아니오
예
417
사용자별 수신 SINR에 따른 최적 전력 할당
419
선부호 갱신
409
최대 다이버시티를 위한 선부호화 수행
421
j=j+1
아니오
411
j번째수신 단의 간섭 신호 ≤ 기준 값 2 ?
예
더티 페이퍼 코딩 수행
413
415
아니오
j ≥ K?
예
종 료

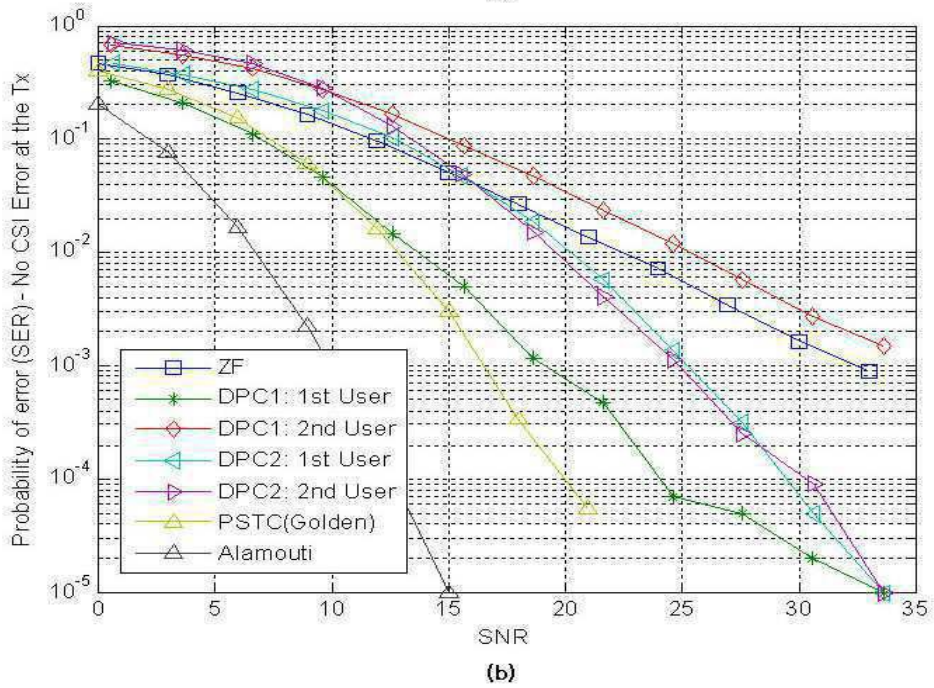
도면5


시 작
서비스를 제공하는 수신 단들의 채널 정보 확인
501
최대 다이버시트를 위한 선부호 생성
503
505
|SINR1,k -SINR2,k| < 기준 값 1 ?
아니오
예
517
사용자별 수신 SINR에 따른 최적 전력 할당
519
선부호 갱신
507
최대 다이버시티를 위한 선부호화 수행
SINR에 따른 수신 단 정렬
509
521
j=j+1
아니오
511
j번째수신 단의 간섭 신호 ≤ 기준 값 2 ?
예
더티 페이퍼 코딩 수행
513
515
아니오
j >= K?
예
종 료

도면6


Probability of error (SER) - No CSI Error at the Tx
SNR
ZF
DPC1: 1st User
DPC1: 2nd User
DPC2: 1st User
DPC2: 2nd User
PSTC(Golden)
Alamouti

(a)


Probability of error (SER) - No CSI Error at the Tx
SNR
ZF
DPC1: 1st User
DPC1: 2nd User
DPC2: 1st User
DPC2: 2nd User
PSTC(Golden)
Alamouti

(b)