

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. (11) 공개번호 10-2006-0064501
H04B 7/04 (2006.01) (43) 공개일자 2006년06월13일

(21) 출원번호 10-2005-0077485
(22) 출원일자 2005년08월23일

(30) 우선권주장 1020040103244 2004년12월08일 대한민국(KR)

(71) 출원인 한국전자통신연구원
대전 유성구 가정동 161번지

(72) 발명자 이희수
대전 유성구 노은동 열매마을아파트 907-1305호
이효진
대구 달서구 감삼동 190-12
안재영
대전 유성구 전민동 엑스포아파트 105-1203호

(74) 대리인 신영무

심사청구 : 있음

(54) 다중 안테나 송수신 시스템의 제어 방법, 송신기 및 수신기

요약

본 발명은 MIMO 시스템의 제어 방법에 있어서, (a) 수신기에서 MIMO 채널을 추정하고 순차적 간섭 제거 기법을 사용하여 데이터 스트림을 검출하는 단계; (b) 상기 수신기에서 상기 추정된 채널을 이용하여 \underline{s} 와 \underline{p} 를 구한 후 $[\underline{p}_1, \underline{p}_2, \dots, \underline{p}_{M-1}, SINR_M^s]$ 에 해당하는 정보를 송신기로 피드백하는 단계; 및 (c) 상기 송신기에서 상기 피드백된 정보를 이용하여 스트림별 데이터 전송률 및 스트림별 송신 전력을 결정하는 단계를 포함하는 제어 방법을 제공한다. 또한, 본 발명은 MIMO 시스템의 제어방법에 있어서, (a) 수신기에서 MIMO 채널을 추정하고 안테나로부터 받은 신호를 이용하여 데이터 스트림을 검출하는 단계; (b) 상기 수신기에서 상기 추정된 채널을 이용하여 상기 송신기로 피드백될 피드백 파라미터인 순차적 간섭 제거 순서 및 순차적 간섭 제거가 반영된 스트림별 SINR에 해당하는 정보를 추출한 후 이를 상기 송신기로 피드백하는 단계; 및 (c) 송신기에서 상기 피드백된 파라미터를 이용하여 상기 송신기의 복수의 스트림 중에서 상기 수신기에 할당될 스트림을 결정하고, 스트림별 데이터 전송률을 결정하는 단계를 포함하는 제어 방법을 제공한다.

대표도

도 1

색인어

다중 안테나, 송수신 시스템, 송신기, 수신기

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 의한 MIMO 시스템을 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 제 2 실시예에 의한 MIMO 시스템을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 제 2 실시예에 의한 MIMO 시스템의 개선된 효과를 설명하기 위한 모의 실험 결과를 나타내는 도면이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 다중 안테나 송수신(Multiple Input Multiple Output, 이하 MIMO라 함) 시스템의 제어 방법 및 이에 사용될 수 있는 송신기 및 수신기에 관한 발명으로서, 특히 용량을 증가시킬 수 있는 MIMO 시스템의 제어 방법 및 이에 사용될 수 있는 송신기 및 수신기에 관한 발명이다.

송신기와 수신기에 여러 개의 안테나를 사용하는 다중 안테나 송수신(Multiple Input Multiple Output, 이하 MIMO라 함) 방식은 주파수 효율 증대와 송수신 다양성에 의한 성능 향상 가능성으로 무선/이동 통신 시스템에서 가장 주목받고 있는 기술 가운데 하나이다.

MIMO 시스템의 종래기술로서, 단일값 분해(singular value decomposition, 이하 SVD라 함) 기법이 있다. SVD 기법은 송신기가 수신기로부터 피드백된 완벽한 채널 상태 정보의 단일값 분해를 이용함으로써 최대의 성능을 얻는 방법이다. 그러나 일반적으로 주파수 분할 다중화(frequency division duplexing, 이하 FDD라 함) 같은 시스템에서는 송신기가 채널 행렬을 알기 위해서는 수신기에서 이 정보를 알려줘야 하는데 이 정보의 양이 매우 커서 채널이 시간적으로 변하는 환경에서는 적용하기가 곤란하다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 제한적인 채널 정보만을 송신기에 피드백하여 성능을 높이려는 기술들이 연구 개발되었다. 이러한 기술들로는 안테나 별 속도 제어(per antenna rate control, 이하 PARC라 함) 기법, 스트림 별 속도 제어(per stream rate control, 이하 PSRC라 함) 기법 및 PU2RC(per unitary basis stream user rate control) 기법 등이 있다.

이들 중 PARC 기법은 수신기에서 순차적 간섭 제거 수신 기법을 사용하면서, 각 안테나 별 신호 대 간섭 노이즈 합 비(Signal-to-interference-plus-noise ratio, 이하 SINR이라 함) 정보만을 피드백하여 MIMO 채널의 이론적 개환(open loop) 채널 용량을 얻을 수 있는 기법이다.

또한, PSRC 기법은 PARC가 각 데이터 스트림을 각각의 안테나에 따로 실어 보내는데 반하여, 각 데이터 스트림을 수신 단으로부터 피드백된 유니터리 행렬(unitary matrix)을 사용하여 전처리 부호화(precoding)하여 보내는 기법이다. 이 기법은 송신 단에서 전처리 부호화를 위해 사용 가능한 다수의 유니터리 행렬 중 어느 것을 사용할지를 수신기에서 피드백하고 이 행렬의 각 열 벡터로 전처리 부호화하여 각각의 데이터 스트림을 전송한다. 수신기에서는 각각의 전처리 부호화되는 데이터 스트림의 SINR을 또한 피드백하고, 송신 단은 피드백된 각각의 SINR을 가지고 각 스트림의 데이터 전송률을 결정하여 데이터를 전송한다.

또한, 다중안테나를 사용하는 송수신 단말들 사이의 링크의 성능을 향상시키는 PARC 및 PSRC 기법들과 달리, PU2RC 기법은 다중안테나를 사용하는 단말들이 다수개가 존재할 때 다중 사용자(multiuser) 다이버시티(diversity)를 이용하여 성능을 향상시키는 기법이다. 이 기법은 기지국에서 다수의 데이터 스트림을 전송하는데 각각의 데이터 스트림을 유니터리 행렬의 각 열 벡터로 전처리 부호화하여 보낸다. 이는 PSRC 기법과 동일한데 PSRC 기법과 다른 점은 각각의 데이터 스트림을 다른 사용자들에게 보낸다는 것이다. 각 사용자로부터 데이터 스트림의 SINR을 피드백 받아 각각의 데이터 스트림에 대하여 가장 좋은 SINR을 갖는 사용자에게 그 데이터 스트림을 할당하여 시스템의 성능을 높이는 방법이다.

이러한 종래기술에 의한 MIMO 시스템의 기법인 PARC 및 PSRC 기법은 모두 각 안테나 혹은 데이터 스트림의 송신전력이 동일하게 유지하여야 하므로, 송신 전력을 조절할 수 있는 방식에 비하여 채널 용량(channel capacity)이 작다는 문제점이 있다. 이 기법들은 모두 각 안테나 혹은 데이터 스트림의 송신전력이 동일하다는 전제가 있다. 기지국의 송신전력을 각 안테나 혹은 데이터 스트림이 동일한 크기로 나누어 가진다고 가정했을 때, 수신 단에서 순차적 간섭 제거 기법을 사용했을 경우의 SINR을 피드백한다. 만약 특정한 안테나 혹은 데이터 스트림의 SINR이 다른 것들에 비하여 안 좋다고 하더라도 동일한 전력을 할당한다. 만약 여기에 할당되는 전력을 줄이거나 없애고 그 전력을 다른 좋은 SINR을 갖는 안테나 혹은 데이터 스트림에 추가적으로 할당하고 그 데이터 스트림의 전송률을 높인다면 전체적인 데이터 전송률의 합을 증가시킬 수 있다. 그러나 이들 방식은 송신기에서 임의로 송신 전력을 바꿀 수 없다. 그 이유는 수신기에 피드백한 SINR 정보는 모든 안테나 혹은 데이터 스트림의 송신전력이 동일하다는 전제하에서 계산된 값이기 때문이다. 만약 송신 단에서 송신전력의 변화를 주게 되면 각 데이터 스트림의 수신 SINR을 알 수가 없기 때문이다.

또한, PU2RC는 PARC 및 PSRC 방식에 비해 다중사용자 환경에서 다중 사용자 디버시티를 이용하여 성능을 높일 수 있는 장점이 있지만, PARC 혹은 PSRC 기법처럼 연속적인 간섭 제거(successive interference cancellation)를 사용하여 데이터 스트림간 간섭을 제거할 수가 없다는 단점이 있으며, 이에 반하여, PARC 및 PSRC는 PU2RC 방식에 비해 연속적인 간섭 제거(successive interference cancellation)를 사용하여 데이터 스트림간 간섭을 제거할 수 있다는 장점이 있으나, 다중사용자 환경에서 다중 사용자 디버시티를 이용하여 성능을 높일 수 없다는 단점이 있다. 실제 두 방식의 성능을 비교해보면 시스템 내에 있는 사용자 수 및 채널 환경에 따라 성능이 좋고 나쁜 때가 있다. 일반적으로 사용자 수가 많고 LOS (line of sight)에 가까운 채널 환경일수록 PU2RC 방식의 성능이 우수하고, 반대로 사용자 수가 적고 산란이 풍부한(rich scattering) 환경에 가까울수록 PARC 혹은 PSRC 방식의 성능이 우수하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 상기한 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 채널 용량을 증가시킬 수 있는 MIMO 시스템의 제어 방법 및 이에 사용될 수 있는 송신기 및 수신기를 제공하는 것이다.

또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 안테나 혹은 데이터 스트림의 송신전력을 같게 할 수밖에 없는 PARC 및 PSRC 기법의 한계를 극복하기 위하여, 이들 기법과 피드백되는 정보의 크기는 같으면서 효과적으로 송신전력을 달리할 수 있는 MIMO 시스템의 제어 방법 및 이에 사용될 수 있는 송신기 및 수신기를 제공하는 것이다.

또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 사용자수, 채널 환경 등에 따라 성능이 좋고 나빠지는 기존의 PU2RC 및 PARC, PSRC 등의 한계를 극복하여 어떠한 환경에서도 위 방식보다 좋은 성능을 보일 수 있는 MIMO 시스템의 제어 방법 및 이에 사용될 수 있는 송신기 및 수신기를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상술한 목적을 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제 1 측면은 송신기 및 수신기가 다중안테나를 사용하는 MIMO 시스템의 제어 방법에 있어서, (a) 상기 수신기에서 MIMO 채널을 추정하고, 순차적 간섭 제거 기법을 사용하여 데이터 스트림을 검출하는 단계; (b) 상기 수신기에서 상기 추정된 채널을 이용하여 수학식 1을 만족하는 \mathbf{S} 와 \mathbf{P} 를 구한 후 $[\overline{p_1}, \overline{p_2}, \dots, \overline{p_{M-1}}, \overline{SINR_M^s}]$ 에 해당하는 정보를 상기 송신기로 피드백하는 단계; 및 (c) 상기 송신기에서 상기 피드백된 정보를 이용하여 데이터 스트림별 데이터 전송률 및 송신 전력을 결정하는 단계를 포함하는 제어 방법을 제공한다.

$$p_1 + \frac{p_1}{SINR_1^s} = p_2 + \frac{p_2}{SINR_2^s} = \dots = p_M + \frac{p_M}{SINR_M^s}$$

$$\sum_{1 \leq k \leq M} p_k = P$$

(상기 수학식에서, s 는 순차적인 간섭 제거 순서를 의미하고, p 는 스트림별 송신 전력을 의미하고, $SINR_k^s$ 은 스트림 k 이 전 스트림의 신호를 완전히 제거했을 때 스트림 k 의 SINR을 의미하고, P 는 송신기의 전력을 의미한다.)

본 발명의 제 2 측면은 안테나로부터 수신된 신호로부터 순차적 간섭 제거 수신 기법을 이용하여 복수의 데이터 스트림을 복원하는 심볼 검출부 및 복호부; 상기 복수의 데이터 스트림을 다중화하여 출력하는 다중화부; 상기 안테나로부터 수신된 신호로부터 MIMO 채널 정보를 추정하는 채널 추정부; 및 상기 추정된 MIMO 채널 정보를 이용하여 송신기로 피드백될 파

라미터를 추출하는 피드백 파라미터 추출부를 포함하며, 상기 피드백 파라미터는 $[p_1, p_2, \dots, p_{M-1}, SINR_M^s]$ 에 해당하는 정보이고, \mathbf{s} 와 \mathbf{P} 는 상기 수학식 1을 만족하는 값인 MIMO 수신기를 제공한다.

본 발명의 제 3 측면은 고속의 사용자 데이터를 복수의 저속 데이터 스트림으로 변환하는 역다중화부; 상기 복수의 데이터 스트림을 채널 부호화하는 복수의 부호화부; 상기 부호화된 데이터 스트림을 심볼로 맵핑하는 복수의 심볼 맵퍼; 상기 심볼에 전처리 부호화 벡터(precoding vector)를 곱하여 송신 안테나로 전송하거나, 안테나 매핑을 통하여 안테나로 전송하는 복수의 전처리 부호화/안테나 맵핑부; 및 수신된 피드백 파라미터를 이용하여 스트림별 송신 전력 및 데이터 전송률을

제어하는 적응 전송 제어부를 포함하여, 상기 피드백 파라미터는 $[p_1, p_2, \dots, p_{M-1}, SINR_M^s]$ 에 해당하는 정보이고, \mathbf{s} 와 \mathbf{P} 는 상기 수학식 1을 만족하는 값인 MIMO 송신기를 제공한다.

본 발명의 제 4 측면은 다중안테나를 가진 송신기 및 다중안테나를 가진 복수의 수신기를 포함하며, 각 수신기에 전송될 각 사용자 데이터는 상기 송신기에서 전송되는 복수의 스트림중 상기 각 사용자에게 할당된 스트림을 통하여 전송되는 MIMO 시스템의 제어방법에 있어서, (a) 상기 수신기에서 MIMO 채널을 추정하고 안테나로부터 받은 신호를 이용하여 데이터 스트림을 검출하는 단계; (b) 상기 수신기에서 상기 추정된 채널을 이용하여 상기 송신기로 피드백될 피드백 파라미터인 순차적 간섭 제거 순서 및 순차적 간섭 제거가 반영된 스트림별 SINR에 해당하는 정보를 추출한 후 이를 상기 송신기로 피드백하는 단계; 및 (c) 상기 송신기에서 상기 피드백된 파라미터를 이용하여 상기 송신기의 복수의 스트림 중에서 상기 수신기에 할당될 스트림을 결정하고, 스트림별 데이터 전송률을 결정하는 단계를 포함하는 제어 방법을 제공한다.

본 발명의 제 5 측면은 다중안테나를 가진 송신기 및 다중안테나를 가진 복수의 수신기를 포함하며, 각 수신기에 전송될 각 사용자 데이터는 상기 송신기의 복수의 스트림 중 상기 각 사용자에게 할당된 스트림을 통하여 전송되는 MIMO 시스템에 사용되는 수신기에 있어서, 안테나로부터 수신된 신호로부터 순차적 간섭 제거 수신 기법을 이용하여 복수의 데이터 스트림을 구하는 심볼 검출부 및 복호부; 상기 복수의 데이터 스트림 중 상기 수신기에 할당된 데이터 스트림을 다중화하여 출력하는 다중화부; 상기 안테나로부터 수신된 신호로부터 MIMO 채널 정보를 추정하는 채널 추정부; 및 상기 추정된 MIMO 채널 정보를 이용하여 송신기로 피드백될 파라미터인 순차적 간섭 제거 순서 및 순차적 간섭 제거가 반영된 스트림별 SINR을 추출하는 피드백 파라미터 추출부를 포함하는 MIMO 수신기를 제공한다.

본 발명의 제 6 측면은 입력되는 다수의 사용자 데이터들을 각각의 스트림에 할당하는 사용자 선택부 (여기서 하나의 사용자에게 복수의 스트림이 할당될 수 있다. 이 경우 그 사용자의 데이터를 복수의 저속 데이터로 변환하고 각각의 저속 데이터를 하나의 스트림에 할당한다.); 상기 사용자 선택부에서 출력되는 복수의 데이터 스트림을 채널 부호화하는 복수의 부호화부; 상기 부호화된 데이터 스트림을 심볼로 맵핑하는 복수의 심볼 맵퍼; 상기 심볼에 전처리 부호화 벡터(precoding vector)를 곱하여 송신 안테나로 전송하거나, 단지 안테나 매핑을 통하여 안테나로 전송하는 복수의 전처리 부호화/안테나 맵핑부; 및 수신된 피드백 파라미터인 순차적 간섭 제거 순서 및 순차적 간섭 제거가 반영된 스트림별 SINR을 이용하여 상기 입력되는 사용자들의 데이터들을 어떤 스트림에 할당할 지를 결정하고, 스트림별 데이터 전송률을 결정하는 적응 전송 제어부를 포함하는 MIMO 송신기를 제공한다.

이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시예들은 여러가지 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래에서 상술하는 실시예들로 인하여 한정되는 식으로 해석되어서는 안된다. 본 발명의 실시예들은 당업계에서 평균적 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

(제 1 실시예)

도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 의한 MIMO 시스템을 나타내는 도면이다. 도 1을 참조하면 MIMO 시스템은 송신기(110) 및 수신기(120)를 포함한다. 송신기(110)는 역다중화부(111), 복수의 채널 부호화부(112), 복수의 심볼 맵퍼(113), 복수의 전처리 부호화/안테나 맵핑부(114) 및 적응 전송 제어부(115)를 포함한다. 수신기(120)는 심볼 검출부(symbol detector)(121), 복호부(122), 다중화부(123), 채널 추정부(124) 및 피드백 파라미터 추출부(125)를 포함한다.

고속의 사용자 데이터는 역다중화부(111)를 거쳐 다수개의 저속의 데이터 스트림으로 나누어지며, 이렇게 나누어진 각각의 데이터 스트림은 채널 부호화부(112)를 거쳐 부호화되며, 부호화된 데이터 스트림은 심볼 맵퍼(113)를 거쳐 심볼화된다. 이렇게 만들어진 심볼은 전처리 부호화/안테나 맵핑부(114)에서 각 스트림에 해당하는 전처리 부호화 벡터(precoding vector)가 곱해져서 송신 안테나로 전송되거나 단순히 안테나 매핑을 통하여 안테나로 전송된다. 각 스트림에 해당하는 전처리 부호화 벡터는 어떤 특정 벡터로 항상 고정되어 있을 수도 있으며, 수신기에서 피드백된 전처리 부호 벡터를 기반으로 적응전송 제어부의 명령에 의해 바뀔 수도 있다.

수신기(120)에서 안테나를 통해 수신된 벡터 신호는 소정의 순서에 의해서 심볼 검출부(121)에 의해 검출(detection)된다. 맨처음 검출된 신호는 복호부(122)를 통하여 원래의 정보로 복원되며, 이 정보는 다중화부(123)에서 다중화된다. 복호부(122)에서 복원된 신호를 다시 인코딩하여 원래의 송신 단에서 전송한 신호를 만들며, 이 신호에 채널을 곱하여 수신된 신호에서 빼준다. 이렇게 함으로써 첫번째 검출된 신호는 다른 나머지 데이터 스트림들에게 간섭을 전혀 미치지 않게 된다. 이것은 일반적인 순차적 간섭 제거 수신 기법이다. 본 발명은 수신기(120)에서 이러한 순차적 간섭 제거 수신 기법의 사용을 전제로 한다. 또한 본 발명에서는 수신기(120)에서 MIMO 채널을 추정할 수 있다고 가정하고 채널 추정부(124)에서 채널 추정을 담당한다. 여기서 추정된 채널은 심볼 검출부(121)의 입력으로 들어가 각각의 데이터 스트림들을 검출하는데 사용한다.

또한 채널 추정부(124)에서 추정된 채널 행렬은 피드백 파라미터 추출부(125)로 입력이 되는데, 이 피드백 파라미터 추출부(125)의 역할은 추정된 MIMO 채널 행렬에 대하여 송신기(110)에 보낼 정보를 가공하는 역할을 한다. 피드백 파라미터 추출부(125)에서 도출된 정보는 송신기(110)에 피드백되며, 송신기(110)의 적응 전송 제어부(115)는 피드백 파라미터 추출부(125)로부터 얻은 정보를 가지고 각각의 데이터 스트림을 어떻게 보낼지를 결정하고, 이에 따라 채널 부호화부(112), 심볼 맵퍼(113), 및 전처리 부호화/안테나 맵핑부(114)를 제어한다.

도 1의 송수신기(110, 120) 구조는 PARC 및 PSRC의 송수신기 구조와 유사하다. 다만, 도 1의 송수신기(110, 120)는 스트림별 SINR을 피드백하는 PARC 및 PSRC와 비교하여, 수신기(120)에서 송신기(110)로 피드백되는 정보가 다르므로, 피드백 파라미터 추출부(125) 및 적응 전송 제어부(115)가 그 동작을 달리한다. 또한, 도 1의 송신기(110)는 전송률뿐만 아니라 송신 전력도 변경되므로, 전처리 부호화/안테나 맵핑부(114)도 그 구조를 달리할 수 있다. 즉, 전처리 부호화/안테나 맵핑부(114)는 적응 전송 제어부(115)의 제어에 따라 스트림으로 출력되는 신호의 송신전력을 제어할 수 있다. 전처리 부호화/안테나 맵핑부(114)는 전처리 부호화 벡터(precoding vector)의 크기를 조정함으로써, 스트림별로 출력되는 신호의 송신전력을 제어할 수 있다.

지금부터는 본 발명의 제 1 실시예에서의 피드백 파라미터 추출부(125) 및 적응 전송 제어부(115)의 작동 방식에 대하여 설명한다. 먼저 수신기(120)의 채널 추정부(124)는 MIMO 채널을 추정한다. 이 때, 추정된 채널 행렬을 H 라 하자. 즉 행렬 H 의 i 번째 행의 j 번째 열의 값 H_{ij} 는 j 번째 송신안테나와 i 번째 수신안테나 사이의 채널 값이다. 또한 H_j 는 H 의 j 번째 열 벡터로 하자.

일반적으로 유니터리 행렬, U 로 전처리 부호화하는 경우는 하나의 데이터 스트림이 여러 안테나에 걸쳐서 신호가 전송되지만 이러한 경우도 MIMO 채널 행렬을 H_U 라 생각하면 하나의 데이터 스트림이 하나의 안테나로 전송되는 경우로 바꾸어 생각할 수 있다. 그러므로 지금부터는 편의상 하나의 데이터 스트림은 하나의 안테나만을 통하여 전송된다고 가정하자.

송신 안테나의 개수는 M 이라 하고, 수신 안테나 개수는 N 이라 하자. k 번째안테나 데이터 스트림에 대한 송신 전력은 p_k 이라고 하자. 집합 $\{1, 2, \dots, M\}$ 의 순열들의 집합을 S 라 하고 $s \in S$ 라 할 때 s_k 는 s 의 k 번째 원소이다. 만약, 복호부(122)의 순차적 간섭 제거 과정에서 s 의 순서로 안테나 데이터 스트림을 디코딩한다면 s_k 번째 데이터 스트림에 대한 수신 신호 y_k 는 수학식 2과 같다.

$$y_k = \sqrt{p_{s_k}} H_k x_k + \sum_{k < t \leq M} \sqrt{p_{s_t}} H_{s_t} x_{s_t} + n$$

여기서 x_k 는 k 번째 안테나 스트림의 송신 신호이고 n 은 잡음 벡터이다.

위 신호의 SINR은 수신 알고리즘을 어떤 것을 쓰느냐에 따라서 달라진다. 일례로 만약 수신 알고리즘이 MMSE라 할 때, 안테나별 송신 전력이 벡터 p 이고, $p=\{p_k\}$ 일 때 최적의 MMSE 가중치 벡터(weighting vector)를 $w(p)$ 라 한다면 수신 SINR은 수학식 3로 구해진다.

$$SINR_{s_k}^{MMSE}(p) = \frac{p_{s_k} |w^*(p)H_k|^2}{\sum_{k < i \leq M} p_{s_i} |w^*(p)H_{s_i}|^2 + |w^*(p)n|^2}$$

일반적으로 최적의 이론적인 채널 용량을 최대화하려면 수학식 4의 최적화 식의 해를 구하면 된다.

$$\max_{s,p} \sum_{1 < k \leq M} \log_2(1 + SINR_{s_k}(p))$$

$$s.t. \mathbf{1}^T p \leq P$$

여기서 P 는 송신기의 최대 송신 전력이다.

위 최적화 문제의 해인 순열 s 와 각각의 안테나 송신전력 p 는 최대의 채널 용량을 얻도록 한다. 피드백 파라미터 추출부는 위의 최적화 문제의 해를 풀고 여기에서 나온 p 를 송신기에 피드백한다. 그러나 송신전력만을 피드백하는 것이 아니라 각 안테나별 SINR들도 피드백한다. 송신기의 적응 전송 제어부는 이렇게 받은 정보를 바탕으로 각 안테나별로 전력 및 전송률을 제어한다. 송신전력은 피드백된 송신전력을 사용하며, 데이터 전송률은 피드백된 SINR에 맞추어 요구 PER을 만족하는 데이터 전송률로 보낸다. 위의 방법은 PARC 혹은 PSRC 등에 비해 전송 전력을 최적화하며, 각각의 SINR에 맞는 데이터 전송률로 전송하여 보다 높은 채널 용량을 보장한다. 그러나 이 방식은 종래의 PARC 및 PSRC에 비하여 피드백 되는 정보가 2배로 늘어난다.

그러나, 도 1에 표현된 MIMO 시스템은 피드백 정보의 양이 PARC 혹은 PSRC와 같으면서 안테나 스트림별 송신전력을 달리하여 성능을 증가시키는 방법을 이용한다. 일반적으로 다수개의 직교 채널이 있을 때 각 직교 채널의 잡음의 전력이

$$\delta_1^2, \delta_2^2, \dots, \delta_M^2$$

와 같이 주어져 있을 때 채널 용량의 합을 최대로 하는 전력의 할당은 워터 필링(water filling)에 의한 방법이라고 잘 알려져 있다. 이 때, 워터 필링(water filling)에 의한 최적의 해는 수학식 5와 같다.

$$\delta_1^2 + p_1 = \delta_2^2 + p_2 = \dots = \delta_M^2 + p_M = \Omega$$

$$\text{if } \Omega < \delta_q^2, p_q = 0$$

$$\sum_{1 \leq k \leq M} p_k = P$$

잡음 세기와 자기 신호 세기의 합이 일정하고, 잡음의 세기가 이 합보다도 크면 전력을 할당하지 않는 것이다. 그런데 이것은 채널들간에 서로 간섭이 없는 직교 채널들이었을 경우의 해이다. 수신기에서 순차적 간섭 제거 기법을 사용하는 경우 수신기를 통과하는 각각의 데이터 스트림들은 서로간에 그 자체로는 직교하지 않는다. 그러나 순차적 간섭 제거 기법을 사용할 때 먼저 디코딩되는 스트림들은 나중에 디코딩되는 스트림에 간섭을 끼치지 않는다. 반면 나중에 디코딩되는 스트림의 신호는 앞에 디코딩 되는 신호들에 간섭을 끼치게 된다. 그러므로 완전히 직교하지는 않지만 직교의 성격 또한 가지고 있기 때문에 위의 수학식 5의 형태로 전력을 할당한다면 성능의 향상을 가져올 수 있다.

순차적인 간섭 제거 순서(먼저 디코딩 되는 순서)를 s 라 하고 안테나(데이터 스트림)별 전력을 벡터 p 로 할당했을 때 안테나 k 이전 스트림의 신호를 완전히 제거했을 때 안테나 k 의 SINR을 $SINR_k^s$ 라 하자. 그럼 수학식 6를 만족하는 p 로 전력을 할당한다.

$$p_1 + \frac{p_1}{SINR_1^s} = p_2 + \frac{p_2}{SINR_2^s} = \dots = p_M + \frac{p_M}{SINR_M^s}$$

$$\sum_{1 \leq k \leq M} p_k = P$$

위의 식을 만족하는 \bar{s} 와 \bar{p} 를 구한 후 피드백 파라미터 추출부(125)는 송신기(110)에 수학식 7의 정보를 보낸다.

$$[\bar{p}_1, \bar{p}_2, \dots, \bar{p}_{M-1}, \bar{SINR}_M^s]$$

위의 채널 정보를 받은 송신기(110)의 적응 전송 제어부(115)는 1부터 $M-1$ 번째 안테나 데이터 스트림의 송신 전력은 피드백 받은 값을 그대로 사용하며, M 번째 안테나의 송신 전력은 수학식 8로부터 구한다.

$$P - \sum_{1 \leq k \leq M-1} p_k$$

1부터 $M-1$ 까지의 다른 안테나 데이터 스트림을 위한 SINR은 다음의 수학식 9로부터 구한다.

$$SINR_j^s = \frac{p_j SINR_M^s}{(p_M - p_j) SINR_M^s + p_M}$$

각 안테나 스트림의 SINR을 가지고 각 데이터 스트림의 데이터 전송률을 결정한다.

위에서와 같이 제안된 방식은 $[\bar{p}_1, \bar{p}_2, \dots, \bar{p}_{M-1}, \bar{SINR}_M^s]$ 의 M 개의 데이터만을 피드백한다. 이는 PARC 및 PSRC에서의 피드백 되는 정보의 양과 같다. 이런 동일한 양의 피드백 정보만을 가지고 스트림별로 전송률 제어를 할 뿐만 아니라 데이터 전송률을 높이기 위한 송신전력 제어까지 할 수 있다.

(제 2 실시예)

제 1 실시예에서는 하나의 주어진 송수신 링크에서의 성능을 높이는 방안을 제시하였는데, 제 2 실시예에서는 다수의 다중 안테나를 가진 사용자가 존재할 때 성능을 높이는 방안을 제시한다. 앞서서도 간략히 언급한 바와 같이 PU2RC 기법은 다중 사용자 MIMO 환경에서 각각의 사용자에게 적절한 스트림을 할당하는 기법이다. 여기서 각 스트림은 그 스트림에 해당하는 전처리 부호화 벡터가 곱해져서 다중안테나를 통하여 전송된다.

각각의 데이터 스트림을 유니터리 벡터(unitary vector)로 전처리 부호화한 후 이들을 각각의 사용자에게 할당하는 기법이다. 이는 다중 사용자 다이버시티를 이용하여 시스템의 성능을 높이는 방법이다. 그러나 이 방법은 PARC 혹은 PSRC와 비교하여 다른 스트림으로 가는 간섭을 제거할 수 없다는 단점이 있다. 제 2 실시예에서 제안하는 방식은 다중 사용자 다이버시티도 얻고 순차적 간섭 제거(succesive interference cancellation)를 통한 간섭 제거도 활용할 수 있는 방안을 제시한다.

도 2는 본 발명의 제 2 실시예에 의한 MIMO 시스템을 나타내는 도면이다. 도 2를 참조하면 MIMO 시스템은 송신기(210) 및 수신기(220)를 포함한다. 송신기(210)는 사용자 선택부(211), 복수의 채널 부호화부(212), 복수의 심볼 맵퍼(213), 복수의 전처리 부호화/안테나 맵핑부(214) 및 적응 전송 제어부(215)를 포함한다. 수신기(220)는 심볼 검출부(221), 복호부(222), 다중화부(223), 채널 추정부(224) 및 피드백 파라미터 추출부(225)를 포함한다.

도 2의 송수신기(210, 220)의 구조 및 각 구성 블록의 동작은 도 1의 송수신기(110, 120)의 구조 및 각 구성 블록의 동작과 크게 다르지 아니하다. 다만, 순차적 간섭 제거 순서(복호순서)와 순차적 간섭제거가 반영된 스트림별 SINR을 송신기(210)로 피드백하므로, 피드백 파라미터 추출부(225)와 적응 전송 제어부(215)의 동작이 도 1의 피드백 파라미터 추출부(125)와 적응 전송 제어부(115)의 동작과 다르다. 또한, 도 2의 MIMO 시스템은 다수의 사용자에게 스트림을 할당하여야 하므로, 각각의 스트림에 적응 전송 제어부(215)의 제어에 따라 사용자 데이터를 할당하는 사용자 선택부(211)를 포함한다. 일례로 기지국 안테나 개수가 4개이고 사용자 수가 3명일 때, 스트림1은 사용자1에게 할당되고 안테나 2와 3은 사용자2에게 할당되고 스트림4는 사용자3에게 할당될 수 있다. 위의 일례의 사용자 2와 같이 한 사용자에게 복수의 스트림이 할당되는 경우 사용자 선택부(211)는 사용자2의 데이터를 두개의 병렬적인 저속의 데이터들로 나누고 각각을 하나의 스트림에 할당한다. 즉 하나는 스트림2에 나머지 하나는 스트림3에 할당한다.

도 2의 송수신기(210, 220)의 동작과 PU2RC 방식의 가장 큰 차이점은 도 2의 송수신기(210, 220)는 순차적 간섭제거 순서(복호 순서)와 순차적 간섭 제거가 고려된 SINR을 피드백한다는 점이다. 반면에 PU2RC는 복호 순서를 피드백하지 않으며, SINR 또한 순차적 간섭제거를 가정하지 않은 SINR을 피드백한다.

본 발명의 순차적 간섭제거 순서의 결정 및 이에 해당하는 SINR은 일례로 아래와 같은 방법으로 계산 되어질 수 있다. 그러나 본 발명이 아래와 같은 알고리즘을 쓰는 것으로 제한되는 것은 아니다.

수신기(220)의 채널 추정부(224)가 MIMO 채널을 추정한다. 그런 후 각각의 스트림별로 다른 스트림의 간섭을 제거하지 않았을 때의 SINR을 계산한다. 이렇게 계산된 SINR중 가장 큰 SINR을 갖는 스트림을 선택한다. 이 때 선택된 스트림 번호를 s_1 이라하고, 이때의 s_1 스트림에 해당하는 SINR을 $SINR(S_1)$ 이라 하자. 그 다음 s_1 데이터 스트림으로부터 발생하는 신호의 간섭이 모두 제거되었다고 가정했을 때 나머지 스트림들의 SINR을 계산한다. 이렇게 계산된 SINR중 가장 큰 SINR을 갖는 스트림을 선택한다. 이 때 선택된 스트림 번호를 s_2 이라하고, 이때의 s_2 스트림에 해당하는 SINR을 $SINR(S_2)$ 이라 하자. 이런 후 s_1 과 s_2 데이터 스트림들로부터 발생하는 신호의 간섭이 모두 제거되었다고 가정했을 때 나머지 스트림들의 SINR을 계산한다. 이렇게 계산된 SINR중 가장 큰 SINR을 갖는 스트림을 선택한다. 이 때 선택된 스트림 번호를 s_3 이라하고, 이때의 s_3 스트림에 해당하는 SINR을 $SINR(S_3)$ 이라 하자. 이러한 과정을 모든 스트림이 선택될 때 혹은 미리 한계로 정해놓은 수(T)까지 수행한다. (여기서 $T \leq M$ 이다.) 이런 후 피드백 파라미터 추출부(225)는 s_1, s_2, \dots, s_T 의 복호 순서(순차적 간섭제거 순서)와 $SINR(s_1), SINR(s_2), \dots, SINR(s_T)$ 의 순차적 간섭 제거가 고려된 각 스트림별 SINR을 기지국 송신기(210)에 피드백 하게 된다.

기지국 송신기(210)에서는 모든 사용자로부터 피드백된 위의 정보를 가지고 아래의 두가지 조건을 가지고 각 데이터 스트림을 사용자에게 할당한다.

조건1: 하나의 데이터 스트림은 두 명 이상의 사용자에게 할당 될 수 없다.

조건2: 어떤 사용자 k 에게 스트림 i 를 할당하려면, 그 사용자의 피드백된 순차적 간섭제거순서(복호순서)에서 i 보다 앞선 스트림 들은 이 사용자에게 반드시 할당되어야 한다.

위의 조건을 만족하도록 하면서 각각의 스트림을 사용자에게 할당한다. 이 때 시스템의 성능을 최대화하도록 기지국 송신기(210)는 스트림을 할당한다.

예를 들어 시스템내에 사용자가 3명이 있고 기지국의 최대 송신 스트림의 수가 4개라 하자. 이 때 각 사용자로부터 피드백된 복호순서(간섭제거 순서)가 아래와 같다고 하자.

사용자 1: 3,1,4,2

사용자 2: 2,3,1,4

사용자 3: 4,2,1,3

만약 사용자 2에게 스트림 2번과 3번을 할당했다했을 때, 사용자 3에게 스트림 4를 할당 할 수 있다. 그러나 사용자 1에게 나머지 스트림인 1번을 할당할 수가 없다. 왜냐하면 사용자 1에게 스트림 1을 할당하려면 사용자 1에게 스트림 3이 반드시 먼저 할당되어야 하기 때문이다.

반면 만약 사용자 1에게 스트림 3과 1을 할당했다면 사용자 2에게 스트림 2를 할당할 수가 있으며, 사용자 3에게도 스트림 4를 할당할 수가 있게 된다. 이 할당은 위의 조건1과 조건2를 동시에 만족하기 때문이다.

어떤 사용자에게 특정 스트림이 할당되면 그 스트림을 위한 데이터 전송률은 피드백된 SINR을 기반으로 결정한다.

도 3은 본 발명의 제 2 실시예에 의한 MIMO 시스템의 개선된 효과를 설명하기 위한 모의 실험 결과를 나타내는 도면이다. 도 3에서 x축은 사용자 수를 나타내며, y축은 채널 용량을 나타내며, 그 단위는 주파수(Hz)당 전송속도(BPS)이다. 모의 실험은 신호대 잡음비(signal-to-noise ratio, 이하 SNR이라 함.)가 10이고, 송신기의 안테나가 4개이고, 수신기의 안테나가 4개인 상태에서 수행되었다.

모의 실험결과, 사용자가 적은 경우에는 PARC가 PU2RC에 비하여 용량이 크므로 PARC가 PU2RC에 비하여 우수하고, 이와 반대로 사용자가 많은 경우에는 PU2RC가 PARC에 비하여 용량이 크므로 PU2RC가 PARC에 비하여 우수함을 알 수 있다. 또한, 본 발명의 제 2 실시예에 의한 MIMO 시스템(Invention 2)의 용량이 사용자 수와 무관하게 PARC 및 PU2RC의 용량과 같거나 크음을 알 수 있다. 따라서, 모의 실험결과, 본 발명의 제 2 실시예에 의한 MIMO 시스템(Invention 2)이 PARC 및 PU2RC보다 성능이 우수함을 알 수 있다.

발명의 효과

또한, 본 발명에 의한 MIMO 시스템의 제어 방법 및 이에 사용될 수 있는 송신기 및 수신기는 채널 용량을 증가시킬 수 있다는 장점이 있다.

본 발명에 의한 MIMO 시스템의 제어 방법 및 이에 사용될 수 있는 송신기 및 수신기는 PARC, PSRC 등과 피드백되는 정보의 크기는 같으면서 효과적으로 송신전력을 달리할 수 있다는 장점이 있다.

또한, 본 발명에 의한 MIMO 시스템의 제어 방법 및 이에 사용될 수 있는 송신기 및 수신기는 기존의 PU2RC 및 PARC, PSRC 등의 한계를 극복하여 어떠한 환경에서도 종래기술에서 제시한 방식보다 좋은 성능을 보일 수 있다는 장점이 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

송신기 및 수신기가 다중안테나를 사용하는 MIMO 시스템의 제어 방법에 있어서,

(a) 상기 수신기에서 MIMO 채널을 추정하고, 순차적 간섭 제거 기법을 사용하여 데이터 스트림을 검출하는 단계;

(b) 상기 수신기에서 상기 추정된 채널을 이용하여 다음의 수학식을 만족하는 $\overline{\mathbf{s}}$ 와 $\overline{\mathbf{P}}$ 를 구한 후

$[\overline{p_1}, \overline{p_2}, \dots, \overline{p_{M-1}}, \overline{SINR_M^s}]$ 에 해당하는 정보를 상기 송신기로 피드백하는 단계; 및

$$p_1 + \frac{P_1}{SINR_1^s} = p_2 + \frac{P_2}{SINR_2^s} = \dots = p_M + \frac{P_M}{SINR_M^s}$$

$$\sum_{1 \leq k \leq M} p_k = P$$

(상기 수학식에서, s는 순차적인 간섭 제거 순서를 의미하고, p는 스트림별 송신 전력을 의미하고, $SINR_k^s$ 은 스트림 k 이전 스트림의 신호를 완전히 제거했을 때 스트림 k의 SINR을 의미하고, P는 송신기의 전력을 의미한다.)

(c) 상기 송신기에서 상기 피드백된 정보를 이용하여 스트림별 데이터 전송률 및 송신 전력을 결정하는 단계를 포함하는 제어 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 스트림별 송신 전력을 구함에 있어서, 1부터 M-1번째 스트림의 송신 전력은

$\overline{[P_1, P_2, \dots, P_{M-1}]}$ 으로 할당하고, M번째 스트림의 송신 전력은 $P - \sum_{1 \leq k \leq M-1} P_k$ 으로 할당하는 제어 방법.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 (c) 단계에서 스트림별 데이터 전송률을 구함에 있어서, 1부터 M-1번째 스트림을 위한 SINR은 다음의 수학식으로부터 구하고,

$$SINR_j^s = \frac{p_j SINR_M^s}{(p_M - p_j) SINR_M^s + p_M}$$

각 스트림의 SINR을 이용하여 각 데이터 스트림의 데이터 전송률을 결정하는 제어 방법.

청구항 4.

안테나로부터 수신된 신호로부터 순차적 간섭 제거 수신 기법을 이용하여 복수의 데이터 스트림을 복원하는 심볼 검출부 및 복호부;

상기 복수의 데이터 스트림을 다중화하여 출력하는 다중화부;

상기 안테나로부터 수신된 신호로부터 MIMO 채널 정보를 추정하는 채널 추정부; 및

상기 추정된 MIMO 채널 정보를 이용하여 송신기로 피드백될 파라미터를 추출하는 피드백 파라미터 추출부를 포함하며,

상기 피드백 파라미터는 $\overline{[P_1, P_2, \dots, P_{M-1}, SINR_M^s]}$ 에 해당하는 정보이고, 여기에서, $SINR_k^s$ 은 스트림 k 이전 스트림의 신호를 제거했을 때 스트림 k의 SINR을 의미하고, \overline{S} 와 \overline{P} 는 다음의 수학식을 만족하는 값이고,

$$p_1 + \frac{p_1}{\text{SINR}_1^s} = p_2 + \frac{p_2}{\text{SINR}_2^s} = \dots = p_M + \frac{p_M}{\text{SINR}_M^s}$$

$$\sum_{1 \leq k \leq M} p_k = P$$

상기 수학식에서 s는 순차적인 간섭 제거 순서를 의미하고, p는 스트림별 송신 전력을 의미하고, P는 상기 송신기의 전력을 의미하는 MIMO 수신기.

청구항 5.

고속의 사용자 데이터를 복수의 저속 데이터 스트림으로 변환하는 역다중화부;

상기 복수의 데이터 스트림을 채널 부호화하는 복수의 부호화부;

상기 부호화된 데이터 스트림을 심볼로 맵핑하는 복수의 심볼 맵퍼;

상기 심볼에 전처리 부호화 벡터(precoding vector)를 곱하여 송신 안테나로 전송하거나, 안테나 매핑을 통하여 안테나로 전송하는 복수의 전처리 부호화/안테나 맵핑부; 및

수신된 피드백 파라미터를 이용하여 스트림별 송신 전력 및 데이터 전송률을 제어하는 적응 전송 제어부를 포함하여,

상기 피드백 파라미터는 $[p_1, p_2, \dots, p_{M-1}, \text{SINR}_M^s]$ 에 해당하는 정보이고, 여기에서, SINR_k^s 은 스트림 k 이전 스트림의 신호를 제거했을 때 스트림 k의 SINR을 의미하고, \mathbf{s} 와 \mathbf{P} 는 다음의 수학식을 만족하는 값이고,

$$p_1 + \frac{p_1}{\text{SINR}_1^s} = p_2 + \frac{p_2}{\text{SINR}_2^s} = \dots = p_M + \frac{p_M}{\text{SINR}_M^s}$$

$$\sum_{1 \leq k \leq M} p_k = P$$

상기 수학식에서 s는 순차적인 간섭 제거 순서를 의미하고, p는 스트림별 송신 전력을 의미하고, P는 상기 송신기의 전력을 의미하는 MIMO 송신기.

청구항 6.

제 5 항에 있어서,

상기 적응 전송 제어부는 상기 복수의 채널 부호화부 및 상기 복수의 심볼 맵퍼를 제어함으로써 상기 스트림별 데이터 송신률을 제어하며, 상기 복수의 전처리 부호화/안테나 맵핑부를 제어하여 상기 스트림별 송신 전력을 제어하는 MIMO 송신기.

청구항 7.

제 5 항에 있어서,

상기 적응 전송 제어부가 상기 스트림별 송신전력을 결정함에 있어서, 1부터 M-1번째 스트림의 송신 전력은

$\overline{[P_1, P_2, \dots, P_{M-1}]}$ 으로 할당하고, M번째 스트림의 송신 전력은 $P - \sum_{1 \leq k \leq M-1} P_k$ 으로 할당하는 송신기.

청구항 8.

제 5 항에 있어서,

상기 적응 전송 제어부가 상기 스트림별 데이터 전송률을 결정함에 있어서, 1부터 M-1번째 스트림을 위한 SINR은 다음의 수학적식으로부터 구하고,

$$SINR_j^s = \frac{p_j SINR_M^s}{(p_M - p_j) SINR_M^s + p_M}$$

각 스트림의 SINR을 이용하여 스트림별 데이터 전송률을 결정하는 송신기.

청구항 9.

다중안테나를 가진 송신기 및 다중안테나를 가진 복수의 수신기를 포함하며, 각 수신기에 전송될 각 사용자 데이터는 상기 송신기에서 전송되는 복수의 스트림 중 상기 각 사용자에게 할당된 스트림을 통하여 전송되는 MIMO 시스템의 제어방법에 있어서,

- (a) 상기 수신기에서 MIMO 채널을 추정하고, 안테나로부터 받은 신호를 이용하여 데이터 스트림을 검출하는 단계;
- (b) 상기 수신기에서 상기 추정된 채널을 이용하여 상기 송신기로 피드백될 피드백 파라미터인 순차적 간섭 제거 순서 및 순차적 간섭 제거가 반영된 스트림별 SINR에 해당하는 정보를 추출한 후 이를 상기 송신기로 피드백하는 단계; 및
- (c) 상기 송신기에서 상기 피드백된 파라미터를 이용하여 상기 송신기의 복수의 스트림 중에서 상기 수신기에 할당될 스트림을 결정하고, 스트림별 데이터 전송률을 결정하는 단계를 포함하는 제어 방법.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기 (b) 단계를 수행함에 있어서,

상기 수신기에서 상기 추정된 채널을 이용하여 상기 송신기로 피드백될 피드백 파라미터에 전처리 부호화 벡터를 포함하고, 상기 전처리 부호화 벡터를 사용하는 경우의 순차적 간섭 제거 순서 및 순차적 간섭 제거가 반영된 스트림별 SINR에 해당하는 정보를 추출한 후 이를 상기 송신기로 피드백하는 단계를 포함하는 제어방법

청구항 11.

제 9 항에 있어서,

상기 (b) 단계는

(b1) 각각의 상기 송신기의 스트림별로 다른 스트림의 간섭을 제거하지 않았을 때의 SINR을 계산하는 단계;

(b2) 이렇게 계산된 SINR중 가장 큰 SINR을 갖는 상기 송신기의 스트림을 선택하여, 선택된 스트림의 번호 및 선택된 스트림의 SINR을 저장하는 단계;

(b3) 이전 단계에서 선택된 스트림으로부터 발생하는 신호의 간섭이 제거된 경우의 나머지 스트림들의 SINR을 계산하는 단계;

(b4) 이렇게 계산된 SINR중 가장 큰 SINR을 갖는 스트림을 선택하여, 선택된 스트림의 번호 및 선택된 스트림의 SINR을 저장하는 단계;

(b5) 모든 스트림에 대하여 또는 소정의 스트림 수까지 상기 (b3) 단계 및 (b4) 단계를 반복하는 단계; 및

(b6) 순차적으로 저장된 상기 선택된 스트림의 번호 및 상기 선택된 스트림의 SINR을 상기 피드백 파라미터인 순차적 간섭 제거 순서 및 순차적 간섭 제거가 반영된 스트림별 SINR로서 상기 송신기로 피드백하는 단계를 포함하는 제어 방법.

청구항 12.

제 9 항에 있어서,

상기 (c) 단계를 수행함에 있어서,

하나의 스트림은 둘 이상의 수신기에게 할당될 수 없다는 조건 및

어떤 수신기 k에게 스트림 i를 할당하려면, 그 수신기의 피드백된 순차적 간섭제거순서에서 i보다 앞선 스트림들은 이 수신기에게 반드시 할당되어야 한다는 조건을 만족하도록 수신기에 스트림을 할당하는 제어방법.

청구항 13.

제 12 항에 있어서,

상기 (c) 단계를 수행함에 있어서,

상기 조건들을 만족하면서 시스템의 성능을 최대화 하도록 스트림을 할당하는 제어 방법.

청구항 14.

제 12 항에 있어서,

상기 (c) 단계를 수행함에 있어서,

상기 수신기에 스트림이 할당되면 그 스트림을 위한 데이터 전송률은 상기 피드백된 SINR을 기반으로 결정하는 제어 방법.

청구항 15.

다중안테나를 가진 송신기 및 다중안테나를 가진 복수의 수신기를 포함하며, 각 수신기에 전송될 각 사용자 데이터는 상기 송신기의 복수의 스트림 중 상기 각 사용자에게 할당된 스트림을 통하여 전송되는 MIMO 시스템에 사용되는 수신기에 있어서,

안테나로부터 수신된 신호로부터 순차적 간섭 제거 수신 기법을 이용하여 복수의 데이터 스트림을 구하는 심볼 검출부 및 복호부;

상기 복수의 데이터 스트림 중 상기 수신기에 할당된 데이터 스트림을 다중화하여 출력하는 다중화부;

상기 안테나로부터 수신된 신호로부터 MIMO 채널 정보를 추정하는 채널 추정부; 및

상기 추정된 MIMO 채널 정보를 이용하여 피드백될 파라미터인 순차적 간섭 제거 순서 및 순차적 간섭 제거가 반영된 각 스트림별 SINR를 추출하는 피드백 파라미터 추출부를 포함하는 MIMO 수신기.

청구항 16.

다중안테나를 가진 송신기 및 다중안테나를 가진 복수의 수신기를 포함하며, 각 수신기에 전송될 각 사용자 데이터는 상기 송신기의 복수의 스트림 중 상기 각 사용자에게 할당된 스트림을 통하여 전송되는 MIMO 시스템에 사용되는 수신기에 있어서,

추정된 MIMO 채널 정보를 이용하여 피드백될 파라미터에 전처리 부호화 벡터를 포함하고, 이러한 전처리 부호화 벡터를 사용하는 경우의 순차적 간섭 제거 순서 및 순차적 간섭 제거가 반영된 각 스트림별 SINR를 추출하는 피드백 파라미터 추출부를 포함하는 MIMO 수신기.

청구항 17.

입력되는 다수의 사용자 데이터들을 각각의 스트림에 할당하는 사용자 선택부;

상기 사용자 선택부에서 출력되는 복수의 데이터 스트림을 채널 부호화하는 복수의 부호화부;

상기 부호화된 데이터 스트림을 심볼로 맵핑하는 복수의 심볼 맵퍼;

상기 심볼에 수신기로부터 피드백된 전처리 부호화 벡터(precoding vector)를 곱하여 송신 안테나로 전송하거나, 수신기에서 전처리부호화 벡터를 피드백하지 않는 경우 상기 스트림에 미리 정해진 전처리 부호화 벡터를 곱하여 송신 안테나로 전송하는 복수의 전처리 부호화/안테나 맵핑부; 및

수신된 피드백 파라미터인 순차적 간섭 제거 순서 및 순차적 간섭 제거가 반영된 스트림별 SINR을 이용하여 상기 입력되는 사용자들의 데이터들을 어떤 스트림에 할당할 지를 결정하고, 스트림별 데이터 전송률을 결정하는 적응 전송 제어부를 포함하는 MIMO 송신기.

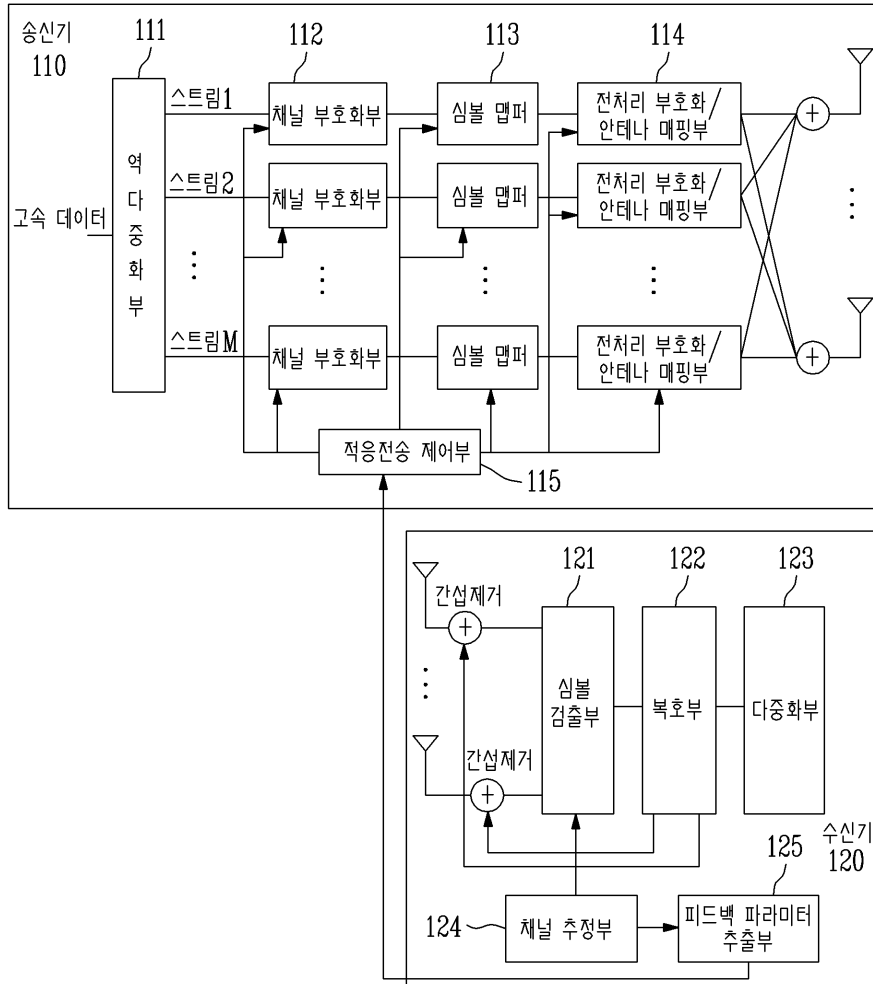
청구항 18.

제 17 항에 있어서,

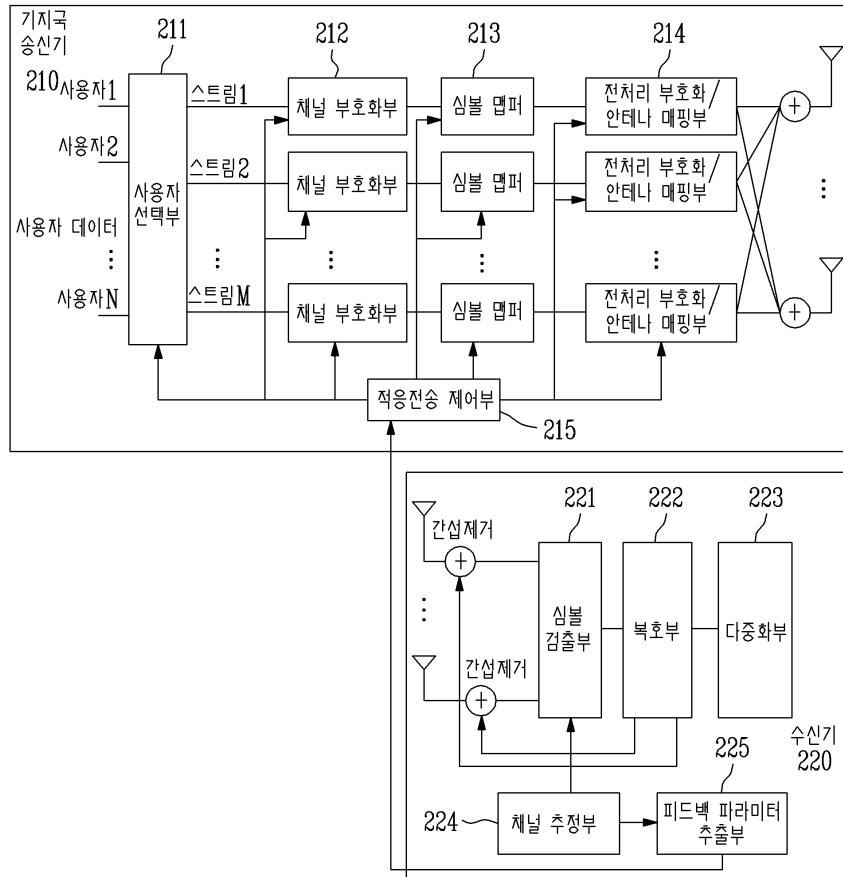
상기 적응 전송 제어부는 상기 사용자 선택부를 제어하여 상기 입력되는 사용자들의 데이터들이 상기 송신기의 복수의 스트림 중 어느 스트림에 할당될지를 제어하고, 상기 복수의 채널 부호화부 및 상기 복수의 심볼 맵퍼를 제어하여 상기 안테나별 데이터 송신률을 제어하는 MIMO 송신기.

도면

도면1



도면2



도면3

