

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국(43) 국제공개일
2010년 7월 8일 (08.07.2010)

(10) 국제공개번호

WO 2010/077086 A2

PCT

(51) 국제특허분류:

H04B 7/06 (2006.01) H04B 7/08 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2009/007954

(22) 국제출원일:

2009년 12월 30일 (30.12.2009)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2008-0137637 2008년 12월 31일 (31.12.2008) KR

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 포스데이터 주식회사 (POSDATA CO., LTD.) [KR/KR]; 경기도 성남시 분당구 석현동 276-2, 463-775 Gyeonggi-do (KR). 재단법인 서울대학교산학협력재단 (SNU R & DB FOUNDATION) [KR/KR]; 서울시 관악구 신림동 산 56-1, 151-742 Seoul (KR).

(72) 발명자; 겸

(75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 이정우 (LEE, Jung-Woo) [KR/KR]; 서울시 관악구 봉천 7동 산 4-2 교수 아파트 122A 동 302 호, 151-818 Seoul (KR). 이건준 (LI, Jian-Jun) [CN/KR]; 경기도 성남시 분당구 서현동 255-1 풍림아이원플러스 T-802, 463-862 Gyeonggi-do (KR).

(74) 대리인: 주봉진 (JU, Bong-Jin); 서울시 강남구 역삼동 601-18 은성빌딩 5층, 135-080 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

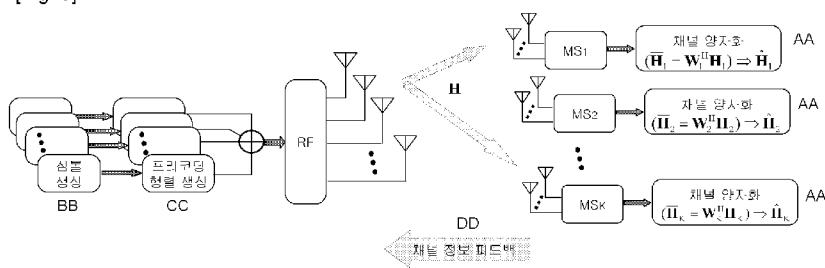
공개:

- 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: TRANSMITTING/RECEIVING APPARATUS AND METHOD IN MULTIUSER MIMO SYSTEM

(54) 발명의 명칭 : 다중사용자 MIMO 시스템에서의 송수신 장치 및 방법

[Fig. 3]



AA ... Channel quantization

BB ... Symbol generation

CC ... Precoding matrix generation

DD ... Channel information feedback

(57) Abstract: The present invention relates to a transmitting/receiving apparatus and method in a multiuser MIMO (Multiple Input Multiple Output) system. According to the present invention, considering that each receiver having a multiplicity of antennas uses an antenna synthesis method or a receiving antenna selection method to receive a stream from a transmitter, channel information therefor is fed back such that channel information to feed back to the transmitter can be reduced and system performances can be improved.

(57) 요약: 본 발명은 다중사용자(Multiuser) MIMO(Multiple Input Multiple Output) 시스템에서의 송수신 장치 및 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 복수개의 안테나를 구비하는 각 수신단이 수신 안테나 합성 기법 또는 수신 안테나 선택 기법을 사용하여 송신단으로부터 하나의 스트림(stream)을 받는 경우를 고려하고 이에 대한 채널 정보를 피드백 함으로써, 송신단으로 피드백되는 채널 정보를 감소시키고 시스템 성능을 향상시킬 수 있다.

명세서

다중사용자 MIMO 시스템에서의 송수신 장치 및 방법 기술분야

- [1] 본 발명은 다중사용자(Multiuser) MIMO(Multiple Input Multiple Output) 시스템에서의 송수신 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 다중사용자 MIMO 시스템에서 복수개의 수신 안테나를 구비하는 수신단이 수신 안테나 합성 기법 또는 수신 안테나 선택 기법을 통해 송신단으로 피드백되는 채널 정보를 감소시키는 수신 장치 및 방법과, 이에 상응하는 송신 장치 및 방법에 관한 것이다.
- 배경기술**
- [2] 최근 무선통신의 전송용량을 높이기 위하여 송신단과 수신단이 다수의 안테나를 사용하는 MIMO(Multiple Input Multiple Output) 시스템이 큰 각광을 받으며 연구되고 있다.
- [3] 이러한 MIMO 시스템은 크게 개루프(open loop) MIMO와 폐루프(closed loop) MIMO로 구분될 수 있는데, 개루프 MIMO는 송신단이 채널 상황을 모르는 상태로 통신하는 방식이고, 폐루프 MIMO는 송신단이 수신단으로부터 피드백된 채널 정보를 참조하여 통신하는 방식이다. 개루프 MIMO의 경우 이론적 전송용량에 이르기 위해서는 시간영역과 공간영역에서 동시에 적용된 복잡한 코딩 기법을 이용해야 하고 이는 또한 안테나의 수가 증가할수록 검출의 복잡도가 크게 증가하는 단점이 있다. 이에 따라, 실제 시스템에서는 각 송신 안테나별로 채널 상태에 따라 독립적인 변조 및 코딩 기법을 적용함으로써 개루프 방식의 이론적 용량에 근접하는 폐루프 MIMO가 선호된다.
- [4] 이하, 폐루프 MIMO 시스템을 보다 상세히 설명하면, 수신단(사용자 단말)은 먼저 자신의 채널을 추정한 후 이를 스칼라 양자화(SQ; Scalar Quantization) 기법, 벡터 양자화(VQ; Vector Quantization) 기법 등을 이용하여 양자화하고, 양자화된 채널 정보를 송신단(기지국)으로 피드백한다. 그러면, 송신단은 수신단으로부터 피드백된 채널 정보를 이용하여 사용자들을 선택하고, 선택된 사용자들간의 간섭 신호를 제거하기 위하여 프리코딩 행렬(precoding matrix)을 생성한 후, 각 사용자 단말로 전송할 데이터를 프리코딩하여 전송한다.
- [5] 프리코딩을 위해 일반적으로 널리 사용되는 방식 중 하나로 블록 대각화(BD; Block Diagonalization) 프리코딩 기법이 있는데, 다중사용자 MIMO 시스템에서 블록 대각화 프리코딩 기법을 사용하기 위해서는 각 사용자의 채널을 상당히 정확히 알아야 한다. 그러므로, 수신단(사용자 단말)은 각 채널의 정보를 보다 세밀하게 양자화해야 하는데, 이 경우 벡터 양자화 기법은 계산량이 상당히 많기 때문에 개별 사용자 단말에서는 사용하기 불편한 문제점이 있다. 따라서, 스칼라 양자화 기법이 선호되고 있는데, 이는 계산량이 작은 대신 피드백되는

비트수(채널 정보)가 상대적으로 많으면 또한 채널 행렬의 크기에 비례하여 피드백 비트수가 증가한다. 따라서, 다중사용자 MIMO 시스템에 적용할 경우 피드백되는 채널 정보의 양이 매우 커지는 문제점이 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위하여 창안된 것으로, 본 발명의 목적은 다중사용자 MIMO 시스템에서 피드백되는 채널 정보를 감소시키는 시스템 성능을 향상시키기 위한 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- [7] 본 발명의 다른 목적은 다중사용자 MIMO 시스템에서 수신 안테나 합성 기법 또는 수신 안테나 선택 기법을 이용하여 송신단으로부터 하나의 스트림(stream)을 받는 경우를 고려하고 이에 대한 채널 정보를 피드백함으로써 송신단으로 피드백되는 채널 정보를 감소시키는 수신 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- [8] 본 발명의 또 다른 목적은 다중사용자 MIMO 시스템에서 특이값 분해(SVD; Singular Value Decomposition)를 이용하여 채널 행렬을 채널 벡터로 변환하고 이를 양자화함으로써 송신단으로 피드백되는 채널 정보를 감소시키는 수신 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- [9] 본 발명의 또 다른 목적은 다중사용자 MIMO 시스템에서 감소된 채널 정보에 상응하여 프리코딩하는 송신 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

기술적 해결방법

- [10] 상기 목적을 위하여, 본 발명의 일 형태에 따른 다중사용자 MIMO 시스템에서의 수신 장치는, 복수개의 수신 안테나를 통해 수신된 신호를 이용하여 채널을 추정하는 채널 추정부; 상기 추정된 채널에 대한 채널 행렬을 수신 안테나 합성 기법 또는 수신 안테나 선택 기법을 이용하여 채널 벡터로 변환하는 채널 정보 감소부; 및 상기 변환된 채널 벡터를 기 설정된 경계값에 기초하여 양자화(quantization)하여 양자화된 채널 정보를 생성하는 채널 정보 양자화부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [11] 그리고, 본 발명의 일 형태에 따른 다중사용자 MIMO 시스템에서의 수신 방법은, 복수개의 수신 안테나를 통해 수신된 신호를 이용하여 채널을 추정하는 단계; 상기 추정된 채널에 대한 채널 정보를 수신 안테나 합성 기법 또는 수신 안테나 선택 기법을 이용하여 감소시키는 단계; 및 상기 감소된 채널 정보를 기 설정된 경계값에 기초하여 양자화(quantization)하여 양자화된 채널 정보를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [12] 한편, 본 발명의 일 형태에 따른 다중사용자 MIMO 시스템에서의 송신 장치는, 복수개의 사용자 단말로부터 감소된 채널 정보인 채널 벡터를 수신하는 채널 정보 수신부; 상기 수신된 채널 벡터에 기초하여, 상기 복수개의 사용자 단말들 중 MIMO를 위한 사용자 단말을 선택하는 사용자 선택부; 상기 선택된 사용자

단말 각각에 대한 채널 벡터를 합성하여 상기 선택된 사용자 단말 전체에 대한 채널 행렬을 생성하고, 상기 채널 행렬을 이용하여 프리코딩 행렬을 생성하는 프리코딩 행렬 생성부; 및 상기 선택된 사용자 단말로 전송할 데이터를 상기 프리코딩 행렬을 이용하여 프리코딩하여 전송하는 데이터 전송부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [13] 그리고, 본 발명의 일 형태에 따른 다중사용자 MIMO 시스템에서의 송신 방법은, 복수개의 사용자 단말로부터 감소된 채널 정보인 채널 벡터를 수신하는 단계; 상기 수신된 채널 벡터에 기초하여, 상기 복수개의 사용자 단말들 중 MIMO를 위한 사용자 단말을 선택하는 단계; 상기 선택된 사용자 단말 각각에 대한 채널 벡터를 합성하여 상기 선택된 사용자 단말 전체에 대한 채널 행렬을 생성하고, 상기 채널 행렬을 이용하여 프리코딩 행렬을 생성하는 단계; 및 상기 선택된 사용자 단말로 전송할 데이터를 상기 프리코딩 행렬을 이용하여 프리코딩하여 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

유리한 효과

- [14] 본 발명에 따르면, 다중사용자 MIMO 시스템에서 복수개의 안테나를 구비하는 각 수신단이 수신 안테나 합성 기법 또는 수신 안테나 선택 기법을 사용하여 송신단으로부터 하나의 스트림(stream)을 받는 경우를 고려하고 이에 대한 채널 정보를 피드백함으로써, 송신단으로 피드백되는 정보를 감소시킬 수 있으며, 또한 시스템 성능을 향상시킬 수 있다.

- [15] 또한, 본 발명에 따르면 다중사용자 MIMO 시스템에서 감소된 채널 정보에 상응하여 사용자간 간섭 제거를 위한 제1 프리코딩 행렬과 고유 모드를 위한 제2 프리코딩 행렬을 이용하여 프리코딩함으로써 시스템 성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [16] 도 1은 본 발명이 적용될 수 있는 다중사용자 MIMO 시스템 모델을 예시한 도면이다.

- [17] 도 2는 종래기술에 따른 채널 정보 피드백 방식을 설명하는 개요도이다.

- [18] 도 3은 본 발명에 따른 채널 정보 피드백 방식을 설명하는 개요도이다.

- [19] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 채널 정보 감소 장치의 구성도이다.

- [20] 도 5는 도 4의 채널 정보 감소부의 상세 구성도이다.

- [21] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 프리코딩 장치의 구성도이다.

- [22] 도 7은 도 6의 프리코딩 행렬 생성부의 상세 구성도이다.

- [23] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 채널 정보 감소 방법의 흐름도이다.

- [24] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 프리코딩 방법의 흐름도이다.

- [25] 도 10은 송신단이 완전한 채널을 알 때 수신 안테나 합성 기법을 사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 SNR 대 채널 용량을 나타낸 그래프이다.

- [26] 도 11은 스칼라 양자화 기법을 사용했을 때 수신 안테나 합성 기법을 사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 SNR 대 채널 용량을 나타낸 그래프이다.

[27] 도 12는 송신단이 완전한 채널을 알 때 수신 안테나 선택 기법을 사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 SNR 대 채널 용량을 나타낸 그래프이다.

[28] 도 13은 스칼라 양자화 기법을 사용했을 때 수신 안테나 합성 기법을 사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 SNR 대 채널 용량을 나타낸 그래프이다.

발명의 실시를 위한 형태

[29] 이하에서는 첨부 도면 및 바람직한 실시 예를 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다. 참고로, 하기 설명에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다.

[30] 먼저, 도 1은 본 발명이 적용될 수 있는 다중사용자 MIMO 시스템의 모델을 예시한 것이다. 참고로, 본 시스템 모델에서 채널은 다운링크(Downlink) 채널이며, 이는 TDD(Time Division Duplex) 및 FDD(Frequency Division Duplex)에 모두 적용될 수 있다.

[31] 도 1을 참조하면, 본 시스템 모델에서는 M (M 은 2 이상의 정수)개의 안테나를 구비한 기지국(송신단)과 각각 N_i (N_i 는 2 이상의 정수; $i=1,2,3,\dots,K_t$)개의 안테나를 구비한 사용자 단말(수신단)을 가정하며, 기지국은 총 K_t (K_t 는 2 이상의 정수)개의 사용자 단말들 중에서 K (K 는 1 이상의 정수)개의 사용자 단말을 선택하여 통신한다.

[32] 그리고, 상기 시스템 모델에서 송수신 신호의 관계는 하기 수학식 1과 같이 표현될 수 있다.

[33] [수학식 1]

$$y_i = \sqrt{P_i} H_i \sum_{j=1}^n V_j x_j + n_i$$

[35]

[36] 여기서, i 는 사용자 단말 인덱스이며,

\mathbf{x}_i

는 i 번째 사용자 단말로의 송신 신호,

\mathbf{y}_i

는 i 번째 사용자 단말의 수신 신호,

\mathbf{V}_i

는 i 번째 사용자 단말에 대한 프리코딩 행렬,

\mathbf{H}_i

는 i 번째 사용자 단말에 대한 채널 행렬,

\mathbf{P}_i

는 i 번째 사용자 단말에 할당된 전력,

\mathbf{n}_i

는 i 번째 사용자 단말에 대한 노이즈(noise)이다. 그리고,

\mathbf{H}_i

와

\mathbf{n}_i

는 각각 독립적이고 동일한 분포(i.i.d.; independently and identically distributed)를 가지며, 평균이 0이고 표준편차가 1인 정규분포 $N(0,1)$ 을 따른다고 가정한다.

[37] 이하, 전술한 시스템 모델에 기초하여 본 발명을 상세 설명한다.

[38] 먼저, 도 2 및 도 3을 참조하여 본 발명과 종래기술에 따른 채널 정보 피드백 방식의 차이점을 간단히 설명하면 다음과 같다.

[39] 도 2는 종래기술에 따른 채널 정보 피드백 방식을 설명하는 개요도이다. 도 2를 참조하면, 기지국(송신단)이 파일럿을 포함하는 신호를 사용자 단말(수신단)로 전송하면, 각각의 사용자 단말은 상기 파일럿을 이용하여 자신의 채널

\mathbf{H}_i

($i=1,2,3,\dots,K_t$)을 추정한다. 이 경우, i 번째 사용자 단말에 의해 추정된 채널

\mathbf{H}_i

는 $N_i \times M$ 행렬이 되며, 여기서 M 은 기지국의 송신 안테나 수, N_i 는 사용자 단말이 구비한 수신 안테나 수이다. 참고로, 이하에서는 설명의 편의를 위하여 각 사용자 단말이 구비하는 안테나 수를 N 개로 통일하며, 따라서 각 사용자 단말에 의해 추정된 채널

\mathbf{H}_i

는 $N \times M$ 행렬이 된다.

[40] 각 사용자 단말은 채널

\mathbf{H}_i

를 추정한 후, 이를 스칼라 양자화 기법을 이용하여 양자화하여 채널 정보를 생성한다. 이 경우 양자화된 채널 정보

$\hat{\mathbf{H}}_i$

($\hat{=}$

\mathbf{H}_i

)는 $N \times M$ 행렬이 되며, 사용자 단말은 이와 같이 생성된 채널 정보(채널 행렬)를 기지국으로 피드백한다.

[41] 그러나, 종래기술에 따른 채널 정보 피드백 방식은 사용자 단말이 구비하는 수신 안테나에 대응하는 각각의 채널 정보를 피드백하기 때문에 피드백 정보가 많아지며, 특히 많은 비트수를 필요로 하는 스칼라 양자화의 경우에는 피드백해야 할 정보가 더욱 많아진다.

[42] 한편, 도 3은 본 발명에 따른 채널 정보 피드백 방식을 설명하는 개요도이다. 도 3을 참조하면, 마찬가지로 기지국(송신단)이 파일럿을 포함하는 신호를 사용자 단말(수신단)로 전송하면, 각각의 사용자 단말은 상기 파일럿을 이용하여 자신의 채널

\mathbf{H}_i

($i=1,2,3,\dots,K_t$)을 추정한다. ($i=1,2,3,\dots,K_t$)을 추정한다.

[43] 그 후, 본 발명에서는 추정된 채널

\mathbf{H}_i

($N \times M$ 행렬)을 수신 안테나 합성 기법 또는 수신 안테나 선택 기법을 이용하여 채널 벡터

$\bar{\mathbf{H}}$

($1 \times M$ 행렬)로 변환한다. 이는 송신 안테나의 수에 상응하는 스트림(stream)들을 하나의 스트림으로 가정함으로써 피드백하는 채널 정보를 감소시키는데, 수신 안테나 선택 기법의 경우 예컨대 채널 상태가 가장 좋은 수신 안테나를 선택하고 이에 대한 채널 벡터($1 \times M$ 행렬)를 생성할 수 있으며, 수신 안테나 합성 기법의 경우 예컨대 특이값 분해(SVD; Singular Value Decomposition)를 통해

\mathbf{W}_i^H

($1 \times N$ 행렬)(이하, '안테나 합성 벡터'라 함)를 생성하고 채널 행렬

\mathbf{H}_i

에 안테나 합성 벡터

\mathbf{W}_i^H

을 곱함으로써 채널 벡터

$$\bar{\mathbf{H}} = \mathbf{W}_i^H \mathbf{H}_i$$

($1 \times M$ 행렬)를 생성할 수 있다.

[44] 그리고, 이와 같이 생성된 채널 벡터를 스칼라 양자화하여 양자화된 채널 정보를 생성한다. 이 경우 양자화된 채널 정보

$\hat{\mathbf{H}}_i$

($\hat{=}$)

$$\bar{\mathbf{H}} = \mathbf{W}_i^H \mathbf{H}_i$$

))는 $1 \times M$ 행렬이 되며, 사용자 단말은 상기 생성된 채널 정보(채널 벡터)를 기지국으로 피드백한다.

[45]

[46] 이하에서는 도 4 내지 도 9를 참조하여 본 발명을 상세 설명한다.

[47] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중사용자 MIMO 시스템에서의 수신 장치의 구성도이다.

[48] 도 4를 참조하면, 본 발명에 따른 수신 장치는 채널 추정부(110), 채널 행렬 변환부(120), 채널 정보 양자화부(130), 채널 정보 전송부(140) 등을 포함한다.

[49] 채널 추정부(110)는 예컨대 복수개의 수신 안테나를 통해 각각 수신된 신호들로부터 파일럿들을 추출하고, 추출된 파일럿들을 이용하여 시간 오프셋(TO; Time Offset), 반송파 주파수 오프셋(CFO; Carrier Frequency Offset) 등을 보상한 후 채널을 추정한다. 이와 같이 추정된 채널은 채널 행렬

\mathbf{H}_i

($N \times M$ 행렬)로 나타낼 수 있으며, 여기서 M 은 기지국의 송신 안테나 수, N 은

사용자 단말의 수신 안테나 수이다.

- [50] 채널 정보 감소부(120)는 채널 추정부(110)에서 추정된 채널에 대해 수신 안테나 합성 기법, 수신 안테나 선택 기법 등을 이용하여 채널 정보를 감소시킨다.
- [51] 수신 안테나 합성(receive antenna combining) 기법은 복수개의 수신 안테나를 합성하여 하나의 스트림(stream)을 받는 경우를 고려한 것이며, 수신 안테나 선택(receive antenna selection) 기법은 복수개의 수신 안테나 중 하나의 안테나를 선택하여 이에 대한 채널 정보를 전송하는 것이다.
- [52] 도 5는 수신 안테나 합성 기법을 이용하는 경우 채널 정보 감소부(120)의 세부 구성을 예시한 것인데, 도시된 바와 같이, 채널 정보 감소부(120)는 안테나 합성 벡터 생성부(122) 및 채널 벡터 생성부(124)를 포함한다.
- [53] 안테나 합성 벡터 생성부(122)는 채널 행렬 \mathbf{H}_i ,
 $(N \times M$ 행렬)를 특이값 분해(SVD)하여 안테나 합성 벡터를 생성한다. 이를 상술하면, 안테나 합성 벡터 생성부(122)는 채널 행렬 \mathbf{H}_i
 $(N \times M$ 행렬)를 하기 수학식 2와 같이 특이값 분해(SVD)하여, 2개의 유니터리 행렬(Unitary Matrix)
 \mathbf{U}_i
 및
 \mathbf{V}_i^H
 와 대각선 행렬(Diagonal Matrix)
 \mathbf{S}_i
 를 생성한다.
- [54] [수학식 2]
- [55]
$$\mathbf{H}_i = \mathbf{U}_i \mathbf{S}_i \mathbf{V}_i^H$$
- [56]
- [57] 여기서
 \mathbf{U}_i
 $(N \times N$ 행렬)는 채널 행렬 \mathbf{H}_i
 의 좌측 고유벡터(eigenvector)의 유니터리 행렬이고,
 \mathbf{S}_i
 $(N \times M$ 행렬)는 채널 행렬 \mathbf{H}_i
 의 고유값(eigenvalue)의 대각선 행렬이며,
 \mathbf{V}_i^H

($M \times M$ 행렬)는 채널 행렬

\mathbf{H}_i

의 우측 고유벡터의 유니터리 행렬이다.

[58] 그리고, 좌측 유니터리 행렬

\mathbf{U}_i

($N \times N$ 행렬)의 첫번째 열

\mathbf{W}_i

($N \times 1$ 행렬)의 헤르미트(hermitian)

\mathbf{W}_i^H

행렬 ($1 \times N$ 행렬)을 구하고, 이를 안테나 합성 벡터로 사용한다.

[59] 채널 벡터 생성부(124)는 채널 행렬

\mathbf{H}_i

에 안테나 합성 벡터

\mathbf{W}_i''

를 곱함으로써, 채널 행렬

\mathbf{H}_i

($N \times M$ 행렬)를 채널 벡터

$\bar{\mathbf{H}} = \mathbf{W}_i^H \mathbf{H}_i$

($1 \times M$ 행렬)로 변환한다.

[60] 한편, 채널 정보 양자화부(130)는 이와 같이 감소된 채널 정보(채널 벡터

$\bar{\mathbf{H}}$

)를 스칼라 양자화 기법, 벡터 양자화 기법 등을 이용하여 양자화하여, 양자화된 채널 정보

$\hat{\mathbf{H}}_i$

($\hat{=}$)

$\bar{\mathbf{H}} = \mathbf{W}_i'' \mathbf{H}_i$

))를 생성한다.

[61] 이 경우, 채널 정보 양자화부(130)는 스칼라 양자화 기법을 사용하는 것이 바람직하며, 이 때 경계값과 대표값은 예컨대 로이드 최대 조건(Lloyd Max condition)을 이용하여 구할 수 있다. 참고로, 로이드 최대 조건은 소스(source)의 확률밀도함수(pdf; probability density function)와 누적분포함수(cdf; cumulative distribution function)를 이용하거나 트레이닝 집합(training set)을 이용하여 양자화값을 구하는 방법이며, 하기 표 1 및 표 2는 각각 로이드 최대 조건을 이용하여 안테나 합성 기법 및 안테나 선택 기법을 위한 경계값과 대표값을 산출한 것이다.

[62] [표 1] 안테나 합성 기법을 위한 경계값과 대표값

[63]

비트수	경계값	대표값
1	0	± 0.7114
2	$0, \pm 0.8437$	$\pm 0.3955, \pm 1.2918$
3	$0, \pm 0.4344, \pm 0.8989, \pm 1.4653$	$\pm 0.2147, \pm 0.6541, \pm 1.1437, \pm 1.7868$
4	$0, \pm 0.2186, \pm 0.4458, \pm 0.6823,$ $\pm 0.9342, \pm 1.2117, \pm 1.5358, \pm 1.9646$	$\pm 0.1066, \pm 0.3306, \pm 0.5609, \pm 0.8038,$ $\pm 1.0647, \pm 1.3586, \pm 1.7129, \pm 2.2162$

[64]

[65] [표 2] 안테나 선택 기법을 위한 경계값과 대표값

[66]

비트수	경계값	대표값
1	0	± 0.5642
2	$0, \pm 0.6941$	$\pm 0.3202, \pm 1.0677$
3	$0, \pm 0.3540, \pm 0.7425, \pm 1.2360$	$\pm 0.1733, \pm 0.5346, \pm 0.9504, \pm 1.5217$
4	$0, \pm 0.1826, \pm 0.3694, \pm 0.5654,$ $\pm 0.7771, \pm 1.0161, \pm 1.3039, \pm 1.6978$	$\pm 0.0908, \pm 0.2744, \pm 0.4644, \pm 0.6664,$ $\pm 0.8881, \pm 1.1441, \pm 1.4630, \pm 1.9325$

[67]

[68] 마지막으로, 채널 정보 전송부(140)는 이와 같이 양자화된 채널 정보

 $\hat{\mathbf{H}}_i$

(1×M 행렬)를 기지국(송신단)으로 피드백한다.

[69]

[70] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중사용자 MIMO 시스템에서의 송신 장치의 구성도이다.

[71] 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 송신 장치는 채널 정보 수신부(210), 사용자 선택부(220), 프리코딩 행렬 생성부(330), 데이터 전송부(240) 등을 포함한다.

[72] 채널 정보 수신부(210)는 복수(K_i)개의 사용자 단말로부터 각각 피드백된 채널 정보를 수신한다. 사용자 단말로부터 피드백된 채널 정보는 전술한 바와 같이 채널 벡터 $\hat{\mathbf{H}}_i$

가 된다.

[73] 그러면, 사용자 선택부(220)는 각 사용자 단말로부터 피드백된 채널 정보를 이용하여 사용자 선택 기법에 의해 사용자 단말을 선택한다. 사용자 선택 기법은 다양한 방법을 사용할 수 있지만, 채널 용량에 기반한 사용자 선택 기법이나 본 출원인에 의해 동일자(2008년 12월 31일자)로 출원된 특허출원
제10-2008-0137636호 "다중사용자 MIMO 시스템에서 사용자 선택 장치 및

"방법"에 기재된 BER(Bit Error Rate)에 기반한 사용자 선택 기법을 이용하는 것이 바람직하며, 상기 특허출원에 기재된 내용은 본 명세서에 포함되어 결합된다 할 것이다.

[74] 한편, 사용자 선택부(220)에 의해 선택된 K개의 사용자 단말에 대한 채널 정보 $\tilde{\mathbf{H}}$

($K \times M$ 행렬)는 하기 수학식 3과 같이 나타낼 수 있다. 참고로, 하기 수학식 3에서

$\hat{\mathbf{H}}_i$

($i=1,2,\dots,K$)는 i번째 사용자 단말의 채널 정보($1 \times M$ 행렬)이다.

[수학식 3]

$$[76] \quad \tilde{\mathbf{H}} = \begin{bmatrix} \hat{\mathbf{H}}_1 \\ \hat{\mathbf{H}}_2 \\ \vdots \\ \hat{\mathbf{H}}_K \end{bmatrix}$$

[77]

[78] 프리코딩 행렬 생성부(230)는 사용자 선택부(220)에서 선택된 사용자 단말들에 대한 프리코딩 행렬을 생성한다. 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 프리코딩 행렬 생성부(230)는 도 7에 도시된 바와 같이 제1 프리코딩 행렬 생성부(232) 및 제2 프리코딩 행렬 생성부(234)를 포함한다.

[79] 제1 프리코딩 행렬 생성부(232)는 사용자간 간섭(inter-user interference)을 없애기 위한 제1 프리코딩 행렬

\mathbf{T}

($M \times M$ 행렬)를 생성한다. 여기서, 제1 프리코딩 행렬

\mathbf{T}

는 예컨대 제로 포싱 빔포밍(zero-forcing beamforming)을 이용하여 생성할 수 있으며, 제1 프리코딩 행렬

\mathbf{T}

의 j번째 열

\mathbf{T}_j

($M \times 1$ 행렬)은 하기 수학식 4를 만족한다.

[수학식 4]

$$[81] \quad \hat{H}_i T_j = 0 \quad (i \neq j)$$

[82]

[83] 제2 프리코딩 행렬 생성부(234)는 각 사용자 단말을 고유모드(eigenmode)로 분리하기 위한 제2 프리코딩 행렬

\mathbf{R}_i

($M \times 1$ 행렬)를 생성한다. 여기서, 제2 프리코딩 행렬

\mathbf{R}_i

는

$\hat{\mathbf{H}}_i \mathbf{T}_i$

를 특이값 분해하여 얻을 수 있으며, 이를 상술하면 다음과 같다.

[84] 먼저, 하기 수학식 5와 같아

$\hat{\mathbf{H}}_i \mathbf{T}_i$

를 특이값 분해한다.

[85] [수학식 5]

[86] $\hat{\mathbf{H}}_i \mathbf{T}_i = \mathbf{L}_i \cdot \Sigma_i \cdot \mathbf{Y}_i^H = \mathbf{L}_i \cdot \Sigma_i \cdot [\mathbf{R}_i \ \hat{\mathbf{R}}_i]^H$ for $i = 1, \dots, K$

[87]

[88] 여기서,

\mathbf{L}_i

는

$\hat{\mathbf{H}}_i \mathbf{T}_i$

의 좌측 고유벡터(eigenvector)의 유니터리 행렬이며,

\sum_i

는

$\hat{\mathbf{H}}_i \mathbf{T}_i$

의 고유값(eigenvalue)의 대각선 행렬이며,

\mathbf{Y}_i^H

는

$\hat{\mathbf{H}}_i \mathbf{T}_i$

의 우측 고유벡터의 유니터리 행렬이다. 그리고,

\mathbf{R}_i

는

\mathbf{Y}_i^{II}

의 첫번째 열($M \times 1$ 행렬)이며

$\hat{\mathbf{R}}_i$

는

\mathbf{Y}_i^{II}

의 나머지 열에 해당하는 행렬이다.

[89] 그러면, 최종적인 프리코딩 행렬은 수학식 6과 같다.

[90] [수학식 6]

[91]

$$\mathbf{V}_i = \mathbf{T}_i \mathbf{R}_i$$

[92]

[93] 이에 따라, 제1 프리코딩 행렬

$$\mathbf{T}_j$$

는 사용자간의 갑섭을 제거시키는 행렬로서 전체 시스템을 K개의 독립적인 다중 안테나 시스템으로 분해시키고, 제2 프리코딩 행렬

$$\mathbf{R}_i$$

는 K개의 독립적인 다중 안테나 시스템을 고유모드(eigenmode)로, 즉 MIMO를 SISO(Single Input Single Output)로 분해시킨다.

[94]

마지막으로, 데이터 전송부(240)는 이와 같이 생성된 최종적인 프리코딩 행렬을 이용하여 사용자 단말로 데이터를 전송한다.

[95]

[96] 참고로, 각 선택된 사용자 단말의 수신 신호는 하기 수학식 7과 같이 표현될 수 있다.

[97]

[수학식 7]

[98]

$$\begin{aligned} y_i &= H_i \sum_{j=1}^K V_j x_j + n_i = H_i \sum_{j=1}^K T_j R_j x_j + n_i \quad \text{for } i = 1, \dots, K \\ &= H_i T_i R_i x_i + H_i \sum_{j=1, j \neq i}^K T_j R_j x_j + n_i \end{aligned}$$

[99]

[100] 여기서,

$$\mathbf{x}_i$$

는 i번째 사용자 단말로 전송할 신호이고,

$$\mathbf{y}_i$$

는 i번째 사용자 단말이 수신하는 신호이다. 그리고,

$$\mathbf{n}_i$$

는 노이즈(noise)이며, K는 선택된 사용자 단말의 수이다.

[101]

그리고, 이에 대한 디코딩은 하기 수학식 8과 같이 수행되며, 여기서

$$\tilde{x}_i$$

는 최종 디코딩된 신호이다.

[102]

[수학식 8]

[103]

$$\hat{y}_i = W_i^H y_i = W_i^H H_i T_i R_i x_i + W_i^H H_i \sum_{j=1, j \neq i}^K T_j R_j x_j + W_i^H n_i \quad \text{for } i = 1, \dots, K$$

$$\tilde{x}_i = \frac{1}{W_i^H H_i T_i R_i} \hat{y}_i \quad \text{for } i = 1, \dots, K$$

[104]

[105] 이하에서는 도 8 및 도 9를 참조하여 본 발명에 따른 다중사용자 MIMO 시스템에서의 송수신 방법을 설명한다. 참고로, 본 발명에 따른 수신 방법 및 송신 방법에 대한 구체적 과정 또는 동작 원리는 전술한 수신 장치 및 송신 장치에 대한 설명을 참조할 수 있으므로 중복적인 설명은 생략하고 간단히 설명한다.

[106] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 다중사용자 MIMO 시스템에서의 수신 방법의 흐름도이다.

[107] 먼저 단계 S810에서, 사용자 단말(수신단)은 복수개의 수신 안테나를 통해 수신된 신호들로부터 파일럿들을 추출하고, 추출된 파일럿들을 이용하여 시간 오프셋(TO; Time Offset), 반송파 주파수 오프셋(CFO; Carrier Frequency Offset) 등을 보상한 후 채널을 추정한다. 이와 같이 추정된 채널은 채널 행렬 \mathbf{H}_i ,

($N \times M$ 행렬)로 나타낼 수 있으며, 여기서 M 은 기지국의 송신 안테나 수, N 은 사용자 단말의 수이다.

[108] 그리고, 단계 S820에서는, 상기 추정된 채널에 대해 수신 안테나 합성 기법, 수신 안테나 선택 기법 등을 이용하여 채널 정보를 감소시킨다.

[109] 여기서, 수신 안테나 합성(receive antenna combining) 기법은 복수개의 수신 안테나를 합성하여 하나의 스트림(stream)을 받는 경우를 고려한 것이며, 수신 안테나 선택(receive antenna selection) 기법은 복수개의 수신 안테나 중 하나의 안테나를 선택하여 이에 대한 채널 정보를 전송하는 것이다.

[110] 이 때, 수신 안테나 합성 기법을 이용하는 경우, 채널 행렬

\mathbf{H}_i

($N \times M$ 행렬)를 특이값 분해(SVD)하여 안테나 합성 벡터

\mathbf{W}_i^H

($1 \times N$ 행렬)를 생성하고, 상기 채널 행렬

\mathbf{H}_i

에 안테나 합성 벡터

\mathbf{W}_i^H

를 곱함으로써, 채널 행렬

\mathbf{H}_i

($N \times M$ 행렬)를 채널 벡터

$\overline{\mathbf{H}} = \mathbf{W}_i^H \mathbf{H}_i$

($1 \times M$ 행렬)로 변환하여 채널 정보를 감소시킨다.

[111] 단계 S830에서는, 이와 같이 감소된 채널 정보(채널 벡터

$\overline{\mathbf{H}}$

)를 스칼라 양자화 기법, 벡터 양자화 기법 등을 이용하여 양자화하여,

양자화된 채널 정보

$\hat{\mathbf{H}}_i$

(\equiv)

$$\bar{\mathbf{H}} = \mathbf{W}_i^H \mathbf{H}_i$$

))를 생성한다. 이 경우, 양자화는 스칼라 양자화 기법을 사용하는 것이 바람직하며, 이 때 경계값과 대표값은 로이드 최대 조건(Lloyd Max condition)을 이용하거나 가우시안(Gaussian) 분포를 이용하여 구할 수 있다.

[112] 마지막으로, 단계 S840에서는, 상기 양자화된 채널 정보를 기지국(송신단)으로 피드백한다.

[113]

[114] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 다중사용자 MIMO 시스템에서의 송신 방법의 흐름도이다.

[115] 단계 S910에서, 기지국(송신단)은 복수(K_t)개의 사용자 단말(수신단)로부터 각각 피드백된 채널 정보를 수신한다. 참고로, 사용자 단말로부터 피드백된 채널 정보는 채널 벡터

$\hat{\mathbf{H}}_i$

가 된다.

[116] 단계 S920에서, 기지국은 각 사용자 단말로부터 피드백된 채널 정보를 이용하여 사용자 선택 기법에 의해 사용자 단말을 선택한다. 이 때, 사용자 선택 기법은 채널 용량에 기반한 사용자 선택 기법이나 BER(Bit Error Rate)에 기반한 사용자 선택 기법을 이용할 수 있다.

[117] 단계 S930에서, 기지국은 선택된 사용자 단말에 대한 프리코딩 행렬을 생성한다. 이 경우, 프리코딩 행렬은 사용자간 간섭(inter-user interference)을 제거하기 위한 제1 프리코딩 행렬

\mathbf{T}_j

및 각 사용자 단말을 고유모드(eigenmode)로 분리하기 위한 제2 프리코딩 행렬

\mathbf{R}_j

를 생성한다. 그리고, 상기 제1 프리코딩 행렬과 제2 프리코딩 행렬을 곱하여 최종 프리코딩 행렬

$$\mathbf{V}_i = \mathbf{T}_i \mathbf{R}_i$$

을 생성한다.

[118] 마지막으로, 단계 S940에서, 이와 같이 생성된 최종 프리코딩 행렬을 이용하여 데이터를 프리코딩한 후 사용자 단말로 전송한다.

[119]

[120] 한편, 도 10 내지 도 13은 본 발명이 적용된 경우와 그렇지 않은 경우에 대하여 SNR(Signal to Noise Ratio) 대 채널 용량(sum-capacity)을 비교한 그래프이다.

[121] 구체적으로, 도 10은 송신단이 완전한 채널을 알 때 수신 안테나 합성 기법을

사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 SNR 대 채널 용량을 나타낸 그래프이고, 도 11은 스칼라 양자화 기법을 사용했을 때 수신 안테나 합성 기법을 사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 SNR 대 채널 용량을 나타낸 그래프이다. 그리고, 도 12는 송신단이 완전한 채널을 알 때 수신 안테나 선택 기법을 사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 SNR 대 채널 용량을 나타낸 그래프이고, 도 13은 스칼라 양자화 기법을 사용했을 때 수신 안테나 합성 기법을 사용한 경우와 그렇지 않은 경우의 SNR 대 채널 용량을 나타낸 그래프이다.

- [122] 여기서, M 은 기지국의 송신 안테나의 수, N 은 사용자 단말의 수신 안테나의 수, K_t 는 셀(cell) 내의 전체 사용자 단말의 수를 나타낸다. 그리고, 일반적인 블록 대각화 기법을 사용하는 경우(stream per MS = 2)는 기지국에서 $K=2$ 개의 선택된 사용자 단말로 각각 2개의 스트림이 전송되며, 안테나 합성 기법(Coordinated) 또는 안테나 선택 기법(antenna selection)을 사용하는 경우는 기지국에서 $K=4$ 개의 선택된 사용자 단말로 각각 1개의 스트림이 전송된다.
- [123] 그래프를 통해 알 수 있는 바와 같이, 안테나 합성 기법 또는 안테나 선택 기법을 사용하는 경우가 대부분의 SNR 영역에서 성능이 우수한 것을 알 수 있으며, 이는 피드백 비트수가 감소됨에도 불구하고 더 많은 사용자 단말로 데이터를 보낼 수 있기 때문이다.
- [124]
- [125] 지금까지 본 발명을 바람직한 실시예를 참조하여 상세히 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 당업자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적 특징들을 변경하지 않고서 다른 구체적인 다양한 형태로 실시할 수 있는 것이므로, 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다.
- [126] 그리고, 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특히 청구범위에 의하여 특정되는 것이며, 특히 청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

청구범위

- [1] 다중사용자 MIMO 시스템에서의 수신 장치로서,
복수개의 수신 안테나를 통해 수신된 신호를 이용하여 채널을 추정하는
채널 추정부;
상기 복수개의 수신 안테나에 대해 추정된 채널 정보를 하나의 수신
안테나에 대한 채널 정보로 변환하는 채널 정보 감소부; 및
상기 변환된 채널 정보를 기지국으로 전송하는 채널 정보 전송부를
포함하는 수신 장치.
- [2] 제1항에 있어서
상기 채널 정보 감소부는, 상기 복수개의 수신 안테나에 대해 추정된 채널
정보인 채널 행렬을 수신 안테나 합성 기법 또는 수신 안테나 선택 기법을
이용하여 상기 하나의 수신 안테나에 대한 채널 정보인 채널 벡터로
변환하는 것을 특징으로 하는 수신 장치.
- [3] 제2항에 있어서,
상기 채널 정보 감소부는
상기 채널 행렬에 대해 특이값 분해(SVD; Singular Value Decomposition)를
수행하여 안테나 합성 벡터를 생성하는 안테나 합성 벡터 생성부; 및
상기 안테나 합성 벡터와 상기 채널 행렬을 곱하여 채널 벡터를 생성하는
채널 벡터 생성부를 포함하는 것을 특징으로 하는 수신 장치.
- [4] 제3항에 있어서,
상기 안테나 합성 벡터는 특이값 분해된 상기 채널 행렬의 좌측
유니터리(unitary) 행렬의 첫 번째 열벡터인 것을 특징으로 하는 수신 장치.
- [5] 제2항에 있어서,
상기 수신 안테나 선택 기법은 채널 상태가 가장 좋은 수신 안테나의 채널
벡터를 선택하는 것을 특징으로 하는 특징으로 하는 수신 장치.
- [6] 제2항에 있어서,
상기 변환된 채널 벡터를 기 설정된 경계값에 기초하여
양자화(quantization)하여 양자화된 채널 정보를 생성하는 채널 정보
양자화부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수신 장치.
- [7] 제6항에 있어서,
상기 양자화는 스칼라 양자화(scalar quantization) 기법을 이용하는 것을
특징으로 하는 수신 장치.
- [8] 제7항에 있어서,
상기 양자화(quantization)를 위한 경계값은 로이드 최대 조건(Lloyd Max
condition) 또는 가우시안(Gaussian) 분포를 이용하여 산출되는 것을
특징으로 하는 수신 장치.
- [9] 제1항에 있어서,

상기 채널은 FDD(Frequency Division Duplex) 다운링크(Downlink) 채널인 것을 특징으로 하는 수신 장치.

- [10] 다중사용자 MIMO 시스템에서의 수신 방법으로서, 복수개의 수신 안테나를 통해 수신된 신호를 이용하여 채널을 추정하는 단계; 상기 복수개의 수신 안테나에 대해 추정된 채널 정보를 하나의 수신 안테나에 대한 채널 정보로 감소시키는 단계; 및 상기 감소된 채널 정보를 기지국으로 전송하는 단계를 포함하는 수신 방법.
- [11] 제10항에 있어서, 상기 채널 정보 감소 단계 이후에, 상기 감소된 채널 정보를 기 설정된 경계값에 기초하여 양자화(quantization)하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수신 방법.
- [12] 제10항에 있어서 상기 채널 정보 감소 단계는, 상기 복수개의 수신 안테나에 대해 추정된 채널 정보인 채널 행렬을 수신 안테나 합성 기법 또는 수신 안테나 선택 기법을 이용하여 상기 하나의 수신 안테나에 대한 채널 정보인 채널 벡터로 변환하는 것을 특징으로 하는 수신 방법.
- [13] 제12항에 있어서, 상기 채널 정보 감소 단계는 상기 추정된 채널의 채널 행렬에 대해 특이값 분해(SVD; Singular Value Decomposition)를 수행하여 안테나 합성 벡터를 생성하는 단계; 및 상기 안테나 합성 벡터와 상기 채널 행렬을 곱하여 채널 벡터를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 수신 방법.
- [14] 제13항에 있어서, 상기 안테나 합성 벡터는 특이값 분해된 상기 채널 행렬의 좌측 유니터리(unitary) 행렬의 첫 번째 열벡터인 것을 특징으로 하는 수신 방법.
- [15] 다중사용자 MIMO 시스템에서의 송신 장치로서, 복수개의 사용자 단말로부터 감소된 채널 정보인 채널 벡터를 수신하는 채널 정보 수신부; 상기 수신된 채널 벡터에 기초하여, 상기 복수개의 사용자 단말들 중 MIMO를 위한 사용자 단말을 선택하는 사용자 선택부; 상기 선택된 사용자 단말 각각에 대한 채널 벡터를 합성하여 상기 선택된 사용자 단말 전체에 대한 채널 행렬을 생성하고, 상기 채널 행렬을 이용하여 프리코딩(precoding) 행렬을 생성하는 프리코딩 행렬 생성부; 및 상기 선택된 사용자 단말로 전송할 데이터를 상기 프리코딩 행렬을 이용하여 프리코딩하여 전송하는 데이터 전송부를 포함하는 송신 장치.
- [16] 제15항에 있어서, 상기 프리코딩 행렬 생성부는,

상기 채널 행렬을 이용하여, 사용자간 간섭(inter-user interference) 제거를 위한 제1 프리코딩 행렬을 생성하는 제1 프리코딩 행렬 생성부; 및 상기 채널 행렬과 제1 프리코딩 행렬을 이용하여, 각 사용자 단말을 고유모드(eigenmode)로 분리하기 위한 제2 프리코딩 행렬을 생성하는 제2 프리코딩 행렬 생성부를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 장치.

- [17] [17] 항에 있어서,
상기 제1 프리코딩 행렬은 상기 채널 행렬에 대해 제로 포싱 범포밍(zero-forcing beamforming)을 수행하여 생성하는 것을 특징으로 하는 송신 장치.
- [18] [18] 항에 있어서,
상기 제2 프리코딩 행렬은 상기 채널 행렬과 제1 프리코딩 행렬의 곱에 대해 특이값 분해(SVD; Singular Value Decomposition)를 수행하여 생성하는 것을 특징으로 하는 송신 장치.
- [19] [19] 항에 있어서,
상기 제2 프리코딩 행렬은 특이값 분해된 상기 채널 행렬과 제1 프리코딩 행렬의 곱의 우측 유니터리(unitary) 행렬의 첫 번째 열벡터인 것을 특징으로 하는 송신 장치.
- [20] [20] 항에 있어서,
상기 사용자 선택부는 채널 용량 또는 BER(Bit Error Ratio)에 기반하여 사용자 단말을 선택하는 것을 특징으로 하는 송신 장치.
- [21] [21] 항에 있어서,
다중사용자 MIMO 시스템에서의 송신 방법으로서,
복수개의 사용자 단말로부터 감소된 채널 정보인 채널 벡터를 수신하는 단계;
상기 수신된 채널 벡터에 기초하여, 상기 복수개의 사용자 단말들 중 MIMO를 위한 사용자 단말을 선택하는 단계;
상기 선택된 사용자 단말 각각에 대한 채널 벡터를 합성하여 상기 선택된 사용자 단말 전체에 대한 채널 행렬을 생성하고, 상기 채널 행렬을 이용하여 프리코딩(precoding) 행렬을 생성하는 단계; 및
상기 선택된 사용자 단말로 전송할 데이터를 상기 프리코딩 행렬을 이용하여 프리코딩하여 전송하는 단계를 포함하는 송신 방법.
- [22] [22] 항에 있어서,
상기 프리코딩 행렬 생성 단계는,
상기 채널 행렬을 이용하여, 사용자간 간섭(inter-user interference) 제거를 위한 제1 프리코딩 행렬을 생성하는 단계; 및
상기 채널 행렬과 제1 프리코딩 행렬을 이용하여, 각 사용자 단말을 고유모드(eigenmode)로 분리하기 위한 제2 프리코딩 행렬을 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 송신 방법.
- [23] [23] 항에 있어서,

상기 제2 프리코딩 행렬은 상기 채널 행렬과 제1 프리코딩 행렬의 곱에 대해 특이값 분해(SVD; Singular Value Decomposition)를 수행하여 생성하는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

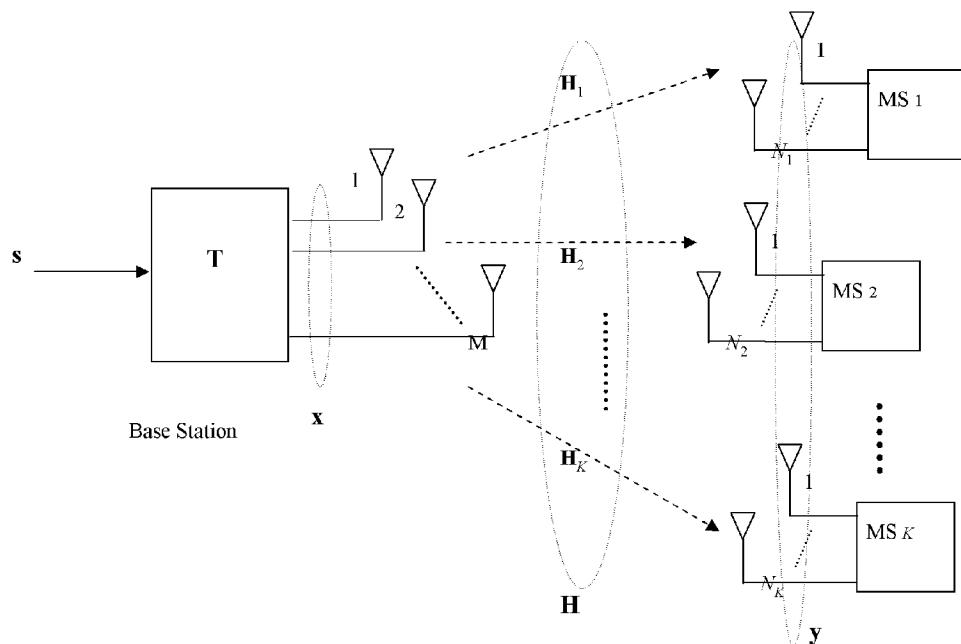
[24] 제23항에 있어서,

상기 제2 프리코딩 행렬은 특이값 분해된 상기 채널 행렬과 제1 프리코딩 행렬의 곱의 우측 유니터리(unitary) 행렬의 첫 번째 열벡터인 것을 특징으로 하는 송신 방법.

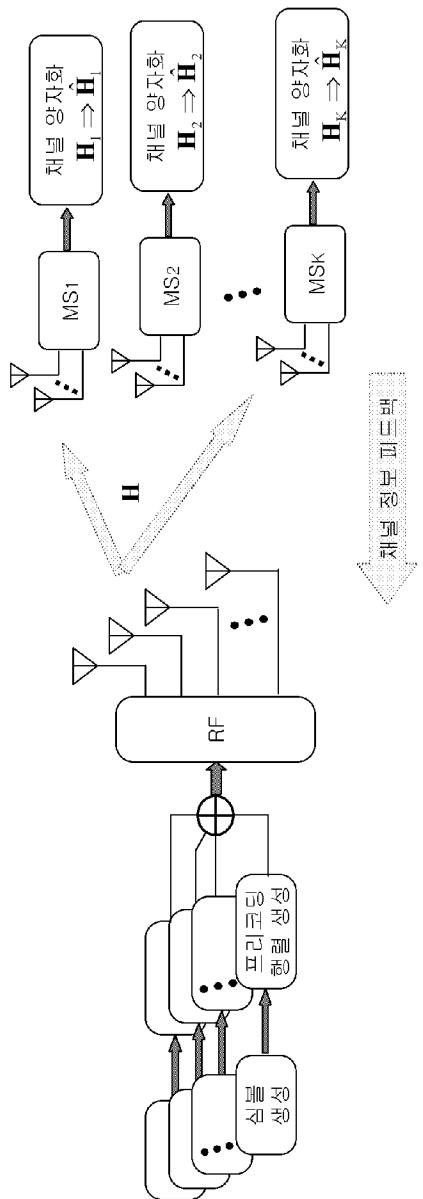
[25] 제21항에 있어서,

상기 사용자 단말을 선택하는 단계는 채널 용량 또는 BER(Bit Error Ratio)에 기반하여 사용자 단말을 선택하는 것을 특징으로 하는 송신 방법.

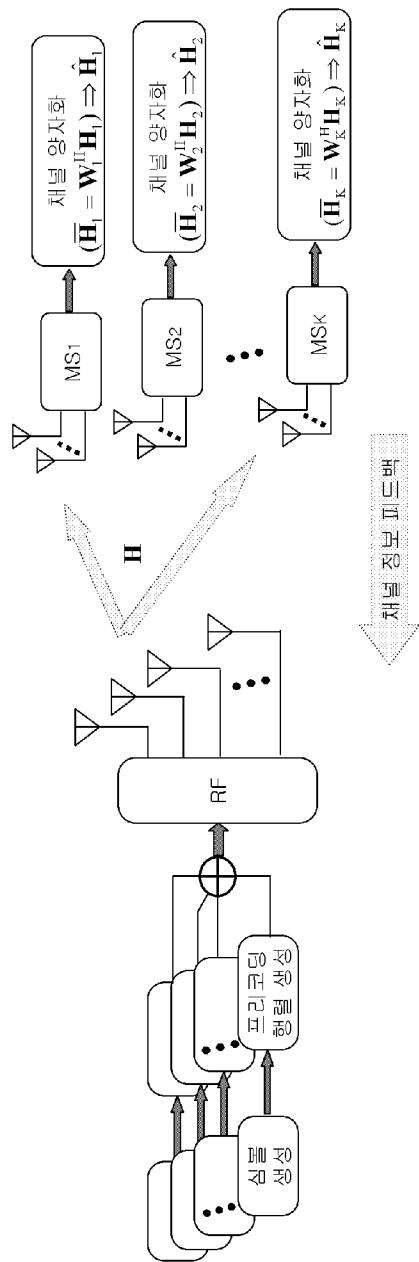
[Fig. 1]



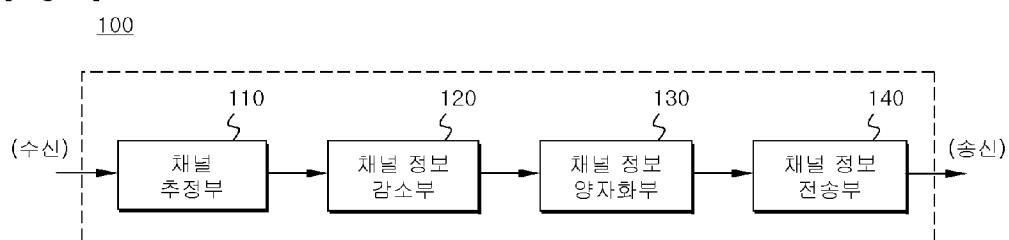
[Fig. 2]



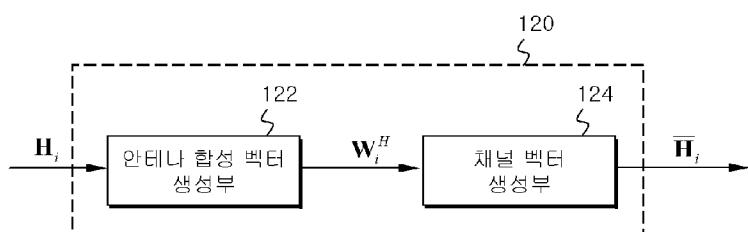
[Fig. 3]



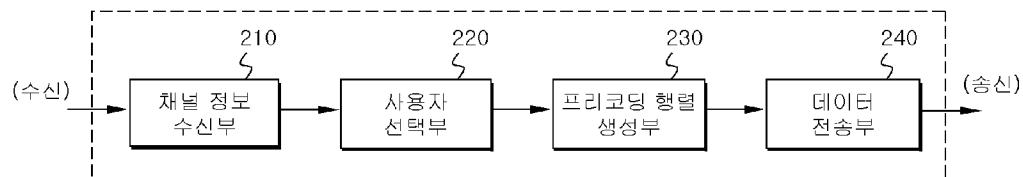
[Fig. 4]



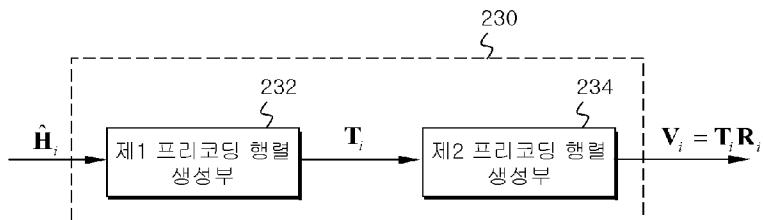
[Fig. 5]



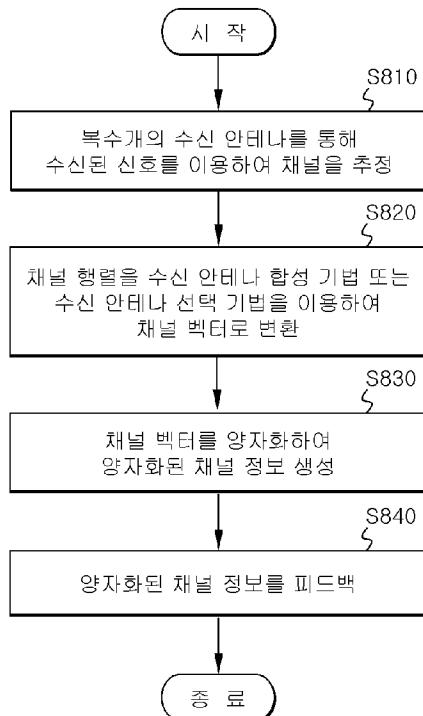
[Fig. 6]

200

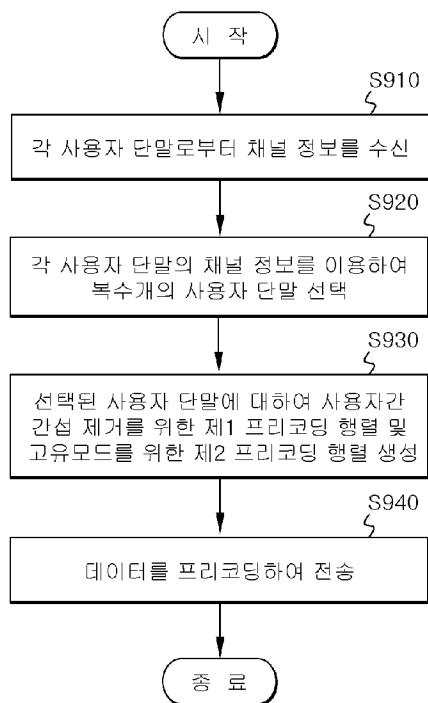
[Fig. 7]



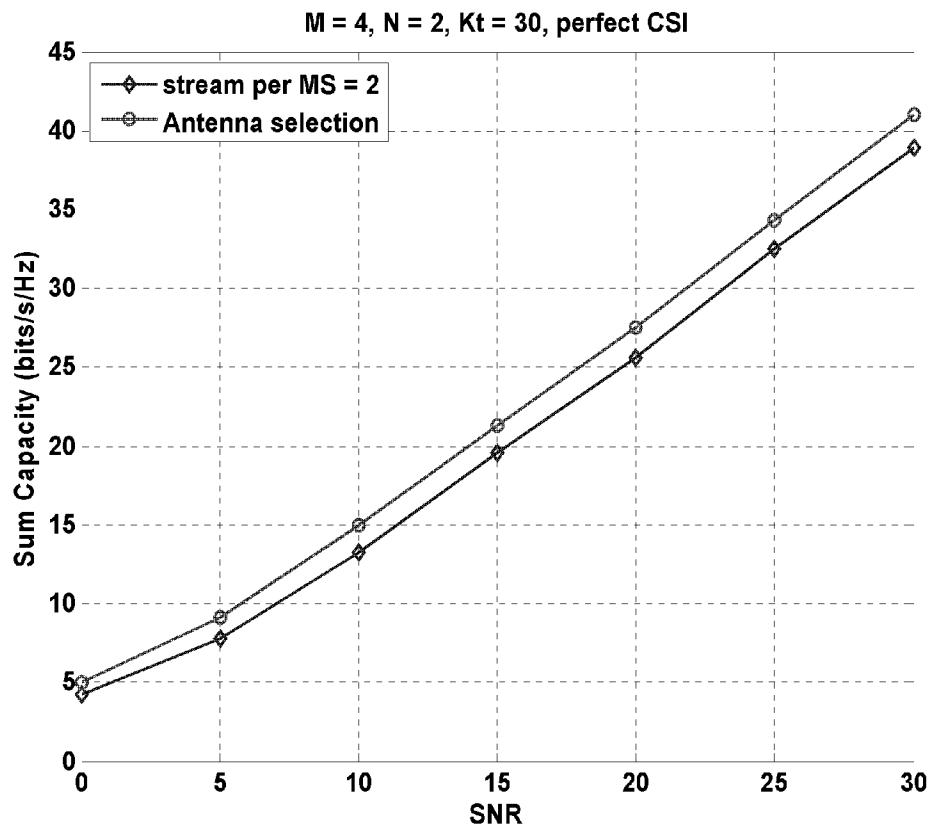
[Fig. 8]



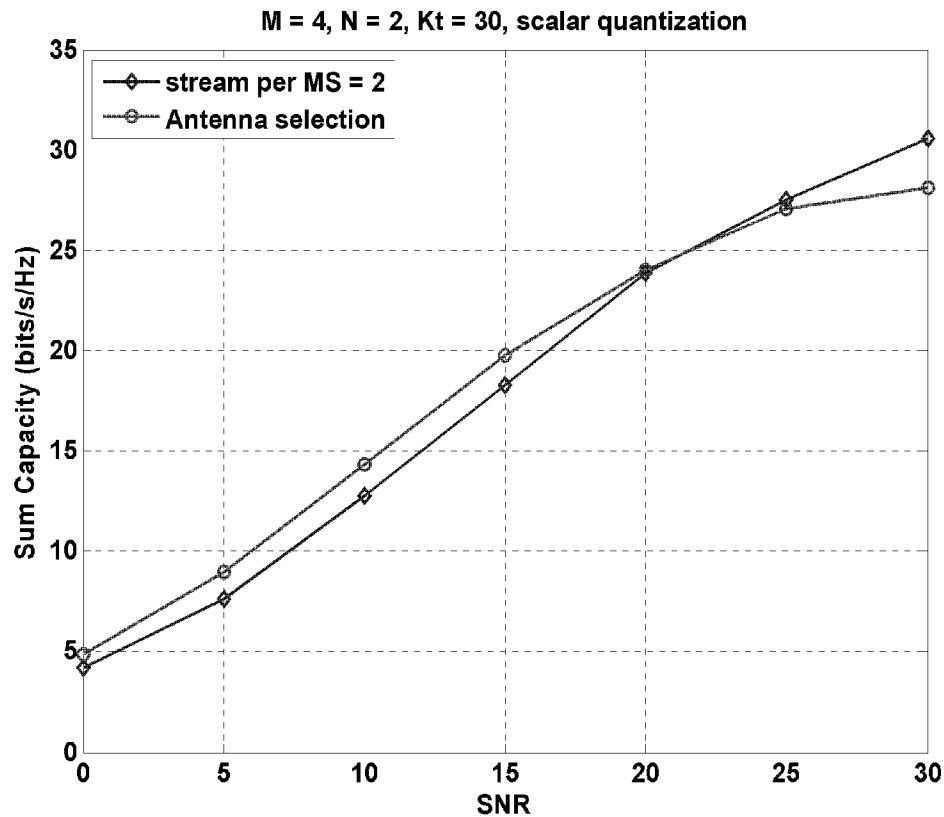
[Fig. 9]



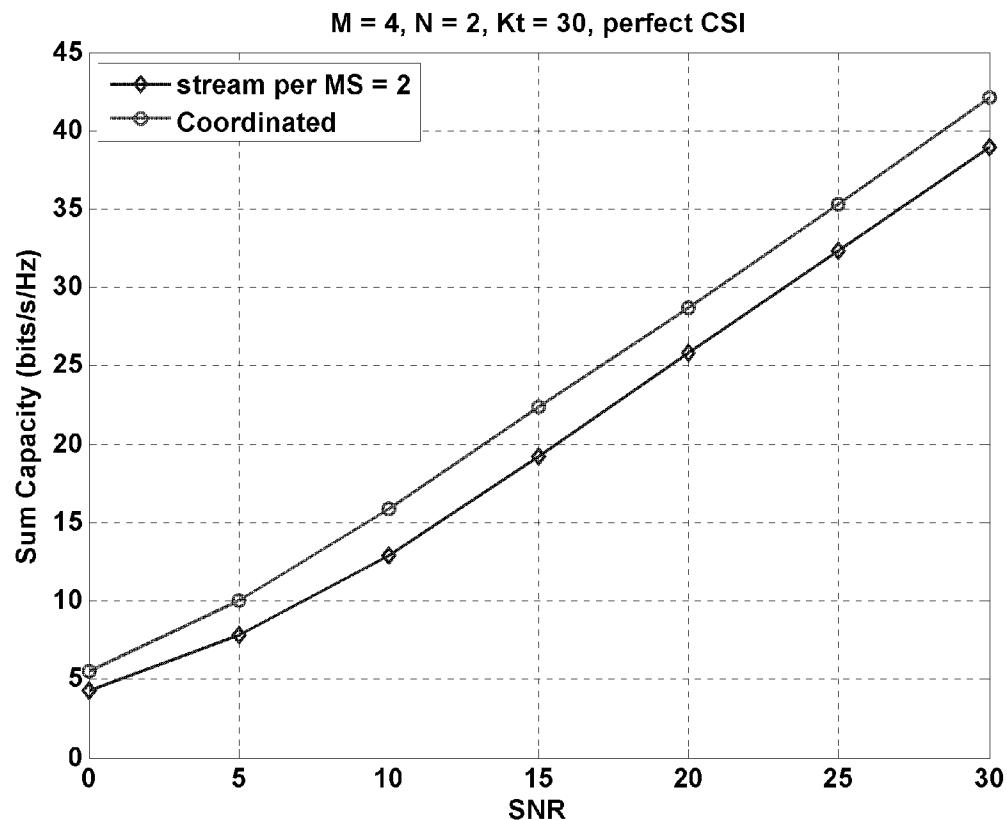
[Fig. 10]



[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]

